

The background of the entire page is a photograph of a landscape. In the foreground, there is a large, flat, greyish-brown area that appears to be a dried-up pond or a construction site, with visible cracks in the ground. In the middle ground, there is a small body of water reflecting the sky. Beyond the water, there is a line of green vegetation and a small red building. In the far background, there are several tall, thin structures, possibly power line towers, against a clear blue sky.

Den Gl. Fabriks- grund Notat 2.2C

Oprensningsscenarier for
Den Gl. Fabriksgrund, Cheminova

REGION MIDTJYLLAND

11. AUGUST 2021

Indhold

1	Forord	5
2	Indledning	6
3	Baggrund	8
4	Målsætning for oprensningen	11
5	Indsatsområde for oprensningen	12
5.1	Omfang af oprensning i forhold til acceptkriterier	12
5.2	Fastlæggelse af oprensningsniveauer	12
5.3	Oprensningsscenarier	15
6	Afværgemetoder	18
6.1	In situ termisk afværge	18
6.2	Ex situ termisk afværge	19
6.3	Ex situ jordvask	19
7	Beskrivelse af oprensningsscenarier	21
7.1	Generelle forberedende arbejder	21
7.1.1	Adgangsforhold og arbejdsareal	21
7.1.2	Indledende arbejder	22
7.1.2.1	Sikring mod oversvømmelse	22
7.1.2.2	Afskærende spuns	22
7.1.2.3	Fjernelse af betonkonstruktioner i jorden	22
7.1.2.4	Bygning på arealet	23
7.1.2.5	Undersøgelsesboringer og dræn	23
7.1.2.6	Sikring af eksisterende installationer og ledningsanlæg	23
7.1.2.7	Afdræning af jorden inden for spunsen	23
7.2	In-situ termisk afværge	24
7.2.1	Oprensningsscenarier	24
7.2.2	Termisk anlæg	25
7.2.2.1	Termiske boringer	26
7.2.2.2	Moniteringsboringer	27
7.2.2.3	Afdækning i terræn	27
7.2.3	Behandlingsanlæg	27

7.2.4	Oprensningseffekt	29
7.2.5	Oprensningstid	29
7.2.6	Betydning af spunsens tæthed	29
7.2.7	Afkøling ved spuns	30
7.2.8	Driftsstop	30
7.2.9	Vejrforhold	30
7.2.10	Afledte effekter	30
7.2.11	Risikoanalyse for afgørende parametre	31
7.2.12	Supplerende projekteringsparametre	31
7.2.13	Arbejds miljø	31
7.2.14	Dokumentation af oprensning	32
7.2.15	Retablering	32
7.3	Ex situ termisk afværge	33
7.3.1	Termisk anlæg	33
7.3.2	Afgravning og spunsvæg	33
7.3.3	Afgravning og grundvandssænkning	34
7.3.4	Jordhåndtering	34
7.3.4.1	Afgravning af terrænnær kviksvulforurenet jord.	34
7.3.4.2	Opgravning af forurenet jord	35
7.3.4.3	Mellemdeponering af forurenet jord og transportveje	35
7.3.4.4	Opfyldning af udgravningen	35
7.3.4.5	Vejanlæg transport og pladser for håndtering af forurenet jord mv.	36
7.3.5	Behandlingsanlæg for forurenet jord	36
7.3.6	Oprensningseffekt	37
7.3.7	Oprensningstid	37
7.3.8	Driftsstop	37
7.3.9	Vejrforhold	37
7.3.10	Afledte effekter	38
7.3.11	Risikoanalyse for afgørende parametre	38
7.3.12	Supplerende projekteringsparametre	38
7.3.13	Arbejds miljø	38
7.3.14	Dokumentation af oprensning	39
7.3.15	Retablering	39
7.4	Ex situ jordvask	40
7.4.1	Jordvaskanlæg	40
7.4.2	Spunsvæg	40
7.4.3	Afgravning og grundvandssænkning	40
7.4.4	Jordhåndtering	40
7.4.5	Behandlingsanlæg	41
7.4.6	Oprensningseffekt	43

7.4.7	Oprensningstid	44
7.4.8	Driftsstop	44
7.4.9	Vejrforhold	44
7.4.10	Afledte effekter	45
7.4.11	Risikoanalyse for afgørende parametre	45
7.4.12	Supplerende projekteringsparametre	45
7.4.13	Arbejdsmiljø	46
7.4.14	Dokumentation af oprensning	46
7.4.15	Retablering	46
8	Referencer	47

BILAG:

- | | |
|----------|--|
| 1 | Oversigtskort den Gl. Fabriksgrund |
| 2 | Plan over fabriksbygning og mulige hotspot. |
| 3 | Oprensningsvoluminer |
| 4 | Plan, Oprensningsomfang pesticider og kviksølv |
| 5 | Plan, Oprensningsomfang kviksølv |
| 6 | Oversigtskort ex-situ termisk oprensning |
| 7 | Plan. Mulig placering af spunsvæg. |

Tegninger:

Tegning	F1_K10_H1_002
---------	---------------

Projekt nr.: 10409136

Dokument nr.:

Version

Revision

Udarbejdet af HES

Kontrolleret af MPC og KWE

Godkendt af HES

1 Forord

I forbindelse med gennemførelse af afværgeforanstaltninger på en af Danmarks generationsforureninger – den gamle Cheminova fabriksgrund – 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 Høfde 42, 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 på den Gl. Fabriksgrund.

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

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

I kapitel 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, 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 den Gl. Fabriksgrund, mens kapitel 7 indeholder en nærmere beskrivelse af de tre nævnte afværgeteknikker.

Nedenstående figur 2.1, udsnit af bilag 1, viser et oversigtskort over området ved den Gl. Fabriksgrund med placering af selve grunden og omkringliggende arealer, herunder de to områder for havnesediment fra Thyborøn Havn.



Figur 2.1. Oversigtskort over området ved den Gl. Fabriksgrund og omkringliggende arealer. Udsnit af bilag 1.

3 Baggrund

For øvrige beskrivelser vedr. forureningsforhold henvises til notat 2.2B.

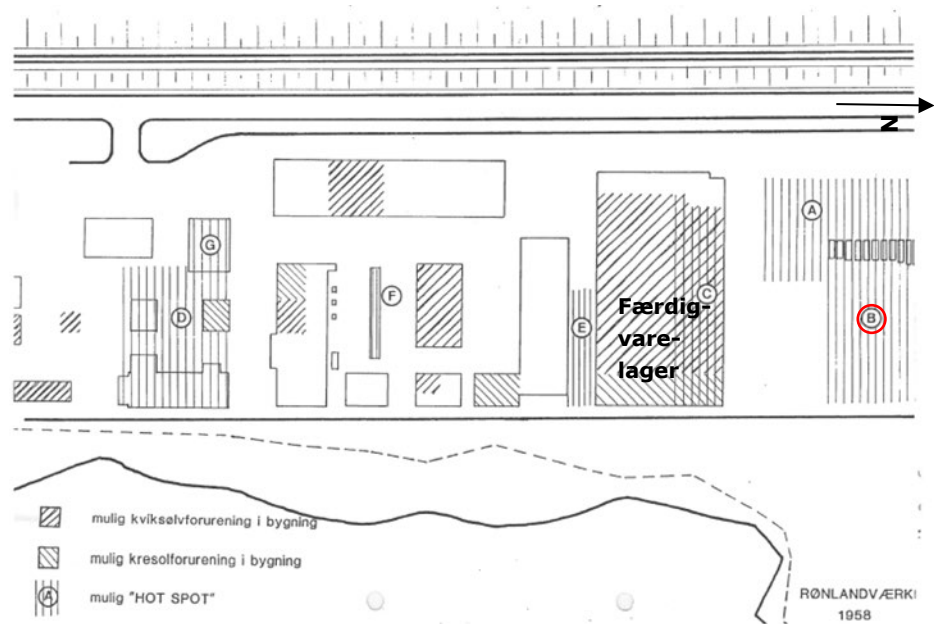
For beskrivelser af eksisterende tekniske anlæg på og ved den Gl. Fabriksgrund henvises til notat 2.2A, hvor der er givet en beskrivelse af tekniske anlæg på og nær den Gl. Fabriksgrund.

I 1953 flyttede Cheminova fabrikken fra Måløv til Harboøre Tange på et areal lige øst for Harboørevej og syd for Rønland. Fabrikken blev som nævnt anlagt i 1953, men blev ombygget og udbygget af flere gange. Eksempler på bygningsmasse fremgår af nedenstående foto fra hhv. 1953 i figurene 3.1. Fabrikken var i drift på dette område frem til 1961. Der blev produceret fosforinsekticider (fx parathion og malathion), fenoxy-herbicider (fx MCPA) og organiske kviksølv-fungicider /6/.



Figur 3.1. Flyfoto fra 1953 af den Gl. Fabriksgrund

I det historiske materiale er der jf. /6/ oplysninger om, at fast affald fra produktionen blev nedgravet nord og syd for den gamle fabrik. Det fremgår endvidere, at affald blev afbrændt og deponeret på opfyldningspladsen nord for fabriksarealet. Det nævnes også, at området mod nord har karakter af en losseplads, og at der er deponeret jern i området (område B på nedenstående figur 3.2). Der er endvidere oplysninger om, at der er deponeret svovl nord for det tidligere færdigvarelager.

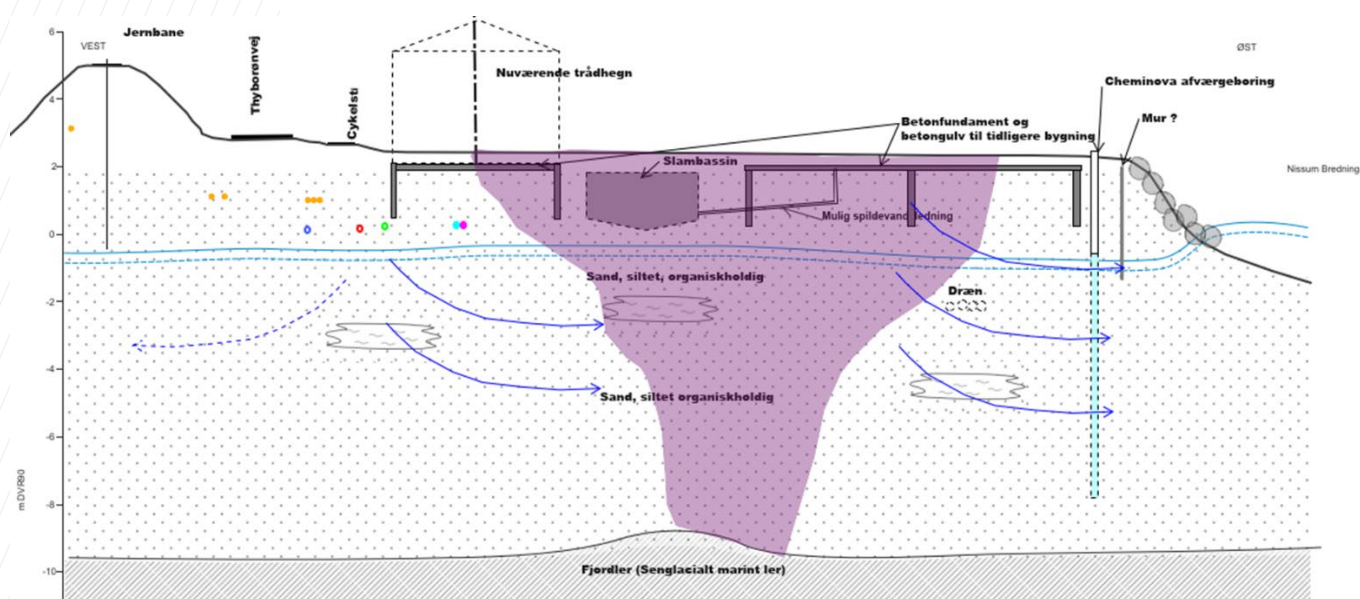


Figur 3.2 Oversigt over mulige hotspots (benævnt A-G) på den Gl. Fabriksgrund. Gengivet i /6/ fra ældre materiale, se også bilag 2.

I forhold til udførelse af afværgeforanstaltninger på den Gl. Fabriksgrund er der en række tekniske installationer som udførelsesmæssigt kan få betydning for gennemførelse af afværgeforanstaltningerne. Dette omfatter bl.a. efterladte bygningsrester i jorden, som f.eks. fundamenter, betongulve, betongrave, slambassin, ledningsanlæg, borer m.m.

Den Gl. Fabriksgrund er beliggende lige op til Thyborønvej, som er en befærdet hovedvej ligesom Nordvestjyske Baners banelinje er beliggende i nærheden af den Gl. Fabriksgrund. Langs landevejen ligger desuden forsyningsledninger for el, gas, vand, spildevand, telekommunikation m.m.

Et konceptuelt snit (vest – øst) gennem den gamle Fabriksgrund med illustrering af tekniske installationer og potentiel forureningsudbredelse er vist i nedenstående figur 3.3.



Figur 3.3. Konceptuelt snit med illustration af efterladte tekniske installationer på den Gl. Fabriksgrund samt potentiel forureningsudbredelse (violet skravering).

For nærmere redegørelse for de efterladte tekniske installationer henvises til Notat 2.2A.

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

4 Målsætning for oprensningen

I området med den Gl. Fabriksgrund er der, som ovenfor nævnt, påvist en kraftig forurening med pesticidprodukter og kviksølv, der kan give anledning til en uacceptabel påvirkning af både Nisum Bredning og Harbøre Fjord, ligesom der kan være kontaktrisiko ved færdsel på arealet.

Til reduktion af udsivning af forureningskomponenter til omkringliggende recipienter er der etableret et afværgeanlæg til oppumpning af grundvand. Anlægget udgøres af hhv. pumpeboringer og drænledninger til afskæring af forureningsudsivningen. Denne foranstaltning tænkes ikke videreført efter gennemførelse af afværgeforanstaltningerne.

Målsætningen for de kommende afværgeforanstaltninger er dels at sikre at udsivningen fra den Gl. Fabriksgrund ikke udgør en uacceptabel risiko for Nisum Bredning og Harbøre Fjord, dels at der ikke fremadrettet er en kontaktrisiko ved almindelig færdsel på arealet. Oprensningen skal således sikre, at udsivningen af restforureninger fra lokaliteten ikke giver anledning til påvirkning af recipienterne, der overskrider de marine miljøkvalitetskriterier samt sikrer arealanvendelsen.

Ud over at målsætningen for afværgeforanstaltningerne fremadrettet er at sikre vandkvaliteten i de nærliggende recipienter er et andet hovedformål med afværgeforanstaltningerne at opnå en betydelig massereduktion af både pesticidprodukter og kviksølv. Der er ikke umiddelbart opstillet et mål for størrelsen af massereduktionen af de nævnte stoffer. Men en optimal massereduktion tænkes opnået ved en kombination af særskilt indsats i kildeområder og massereduktion i omkringliggende områder med afsæt i, hvad der giver den største oprensning i kg forureningsmasse i forhold til indsats.

Samlet set kan målsætningen for oprensningen på den Gl. Fabriksgrund sammenfattes til:

- Reduktion i fluxen ud af området til en flux, der sikrer, at recipienterne Nisum Bredning og Harbøre Fjord ikke påvirkes i uacceptabel grad.
- Sikring af arealanvendelsen.
- Stor massereduktion i kildeområder.
- Massereduktion i områder uden for kildeområder.

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 Gl. 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 for den Gl. Fabriksgrund givet forslag til en maksimal jordkoncentration for EP3 på 0,1 mg/kg TS og for kviksølv på 1 mg/kg TS.

Ovennævnte beregninger er baseret på, at der foretages oprensning i de dele af den Gl. Fabriksgrund, hvor der er påvist kraftigst forurening. På dette grundlag er det vurderet, at ved oprensning af 29 delarealer (Voronoi arealer, se figur 5.1) på i alt ca. 6.600 m², til ovenstående acceptable jordkoncentrationer, vil der ikke ske en uacceptabel påvirkning af hverken Nisum Bredning eller Harboøre Fjord. En vigtig del af beregningsforudsætningerne er dog, at det fremadrettet sikres, at nedbør på arealet, der omfattes af den Gl. Fabriksgrund, alene afvandes mod Nisum Bredning. Dette da fortyndingen i Harboøre Fjord er så lille, at selv hvis en mindre del af nedbøren ledes mod Harboøre Fjord, vil det medføre uacceptabel påvirkning af fjorden.

Med hensyn til risikovurdering i forhold til kontaktrisiko bemærkes, at der ikke er fastsat jordkvalitetskriterier for sum af pesticider. Men for parathion er jordkvalitetskriteriet til sammenligning også 0,1 mg/kg TS. Tilsvarende er jordkvalitetskriteriet for kviksølv 1 mg/kg TS og 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 maksimal tilladelig jordkoncentration af kviksølv på 1 mg/kg TS og for pesticider (EP3) en jordkoncentration på 0,1 mg/kg TS inden for de 29 Voronoi arealer. Desuden indgår der i scenarierne også supplerende oprensning til afskæringskriteriet på 3 mg/kg med hensyn til massereduktion og afværgelse i forhold til kontaktrisiko (øverste 0,5 m).

5.2 Fastlæggelse af oprensningsniveauer

Udgangspunktet for oprensningen er som nævnt i afsnit 4 både en massereduktion, sikring af at udsivende forurenede grundvand ikke påvirker recipienterne uacceptabelt, og at der efter gennemførelse af afværgeforanstaltningerne ikke er kontaktrisiko ved færdsel på arealet.

I Notat 2.4 er der ved beregning af udsivning fra den Gl. Fabriksgrund til nærliggende recipienter taget udgangspunkt i oprensning af de 29 kraftigst forurenede delarealer/delvoluminer. Med oprensning af disse voluminer vurderes der således ikke at ske en uacceptabel påvirkning af Nisum Bredning. I forhold til Harboøre Fjord er det antaget, at der etableres hydrauliske foranstaltninger således at grundvand ikke strømmer mod fjorden.

Oprensningsdybderne i de enkelte delarealer er skønnet ud fra en gennemgang af analysedata. Oprensningsdybden for kviksølv er valgt til dække indhold, der er større end 1 mg/kg TS, mens der for ethylparathion (EP3) i de 29 delarealer tænkes oprenset ned til en værdi på 0,1 mg/kg TS svarende til de i notat 2.4 beregnede acceptable jordkoncentrationer. For massereduktion i områder udenfor de 29 delarealer er oprensningsdybden for kviksølv valgt svarende til afskæringskriteriet

på 3 mg/kg TS. For området i øvrigt er oprensning i forhold til kontaktrisiko også valgt til afskæringskriteriet på 3 mg/kg TS for kviksølv.

Hvor forureningen med disse stoffer ikke er vertikalt afgrænset i dybden er der valgt en oprensningsdybde svarende til ½ m til 1 m ned i Fjordleren, som træffes ca. 11 m u.t. (kote ca. -9). De valgte oprensningsdybder for de enkelte delarealer fremgår af nedenstående tabel 5.1, der også er vedlagt i bilag 3. Oversigt over arealer, der oprenses for hhv. pesticider og kviksølv fremgår af bilag 4 og 5. Arealer med rød raste repræsenterer områder, som oprenses med baggrund i beregningerne for acceptabel udsivning til recipienterne. Arealer med blå raste repræsenterer områder, som oprenses for reduktion af massen af kviksølv. Endelig repræsenterer arealer med gul/orange raste områder, der oprenses af hensyn til kontaktrisiko.

Som det fremgår af tabel 5.1 er der en del delarealer, hvor der beregningsmæssigt forekommer ret store masser af kviksølv. De delarealer, hvor der er målt indhold af kviksølv i jorden over 3 mg/kg, er inddraget som supplerende oprensningsområder, markeret med blå raste arealer på bilag 5 samt i tabel 5.1.

Endelig i forhold til kontaktrisiko kan det vælges at oprense helt terrænnær kviksølvforurening, dvs. områder med indhold af kviksølv i jorden over 3 mg/kg TS. Sikringen i forhold til kontaktrisiko kan enten ske ved oprensning af jorden eller afdækning med tilkørt uforurennet jord, såfremt den løsning kan tillades.

Tabel 5.1. Oversigt over oprensningsarealer og masser jf. /1/ samt indsatsområder og forslag til oprensningsdybder. **Rød** raste: Oprensning af pesticider og kviksølv. **Blå** raste: Oprensning af kviksølv. **Orange** raste: Terrænnær oprensning af kviksølv.

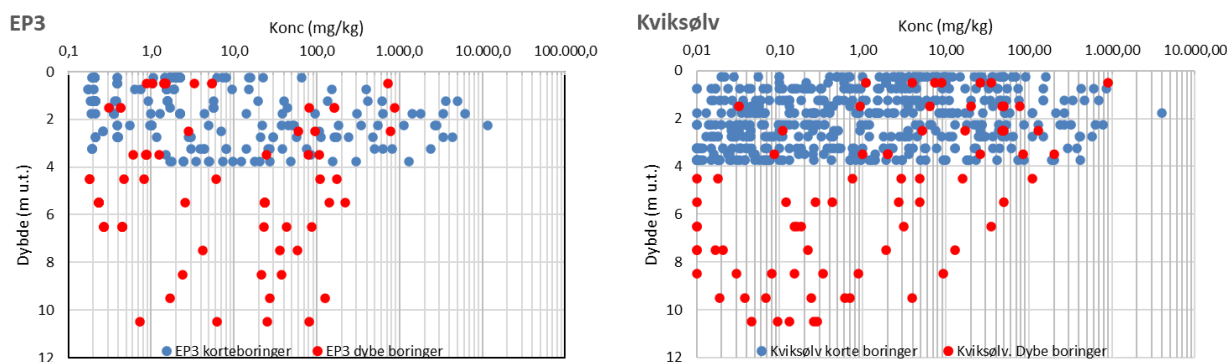
Borings ID	Areale	E-Sulfotep	M-Amino-P3	MP3	Malathion	E-Amino-P3	EP3	Kviksølv	Oprens- ningsdybde pesticider	Oprens- ningsdybde kviksølv 3 mg/kg	Oprensings- dybde pesticider og kviksølv	Oprensings- dybde kviksølv	Overflade oprensning dybde >3 mg/kg
	m2	g	g	g	g	g	g	g	m u.t.	m u.t.			
B01	369	81.263	0	74.359	1.674	16.216	975	48.151	11	4			
B02	256	112.147	0	32.256	146.833	110.448	1.864.625	171.249	11	11			
B03	229	0	0	0	0	4.610	496	3.060		0			
B04	163	176	0	88	59	3.651	3.541	47.027	11,5	11,5			
B05	201	5.251	0	903	111	46.643	148.411	230.463	12	12			
B06	116	3.651	967	71.765	112.520	1.108	3.360.048	501.120	12	12			
B07	133	866	23	700	10.619	24.917	97.652	79.361	11	11			
B08	186	20.439	1.174	60.901	13.357	42.089	536.591	1.367.658	11	11			
B09	63	162	0	117	0	0	184	4.032	11	11			
B10	255	1.928	0	0	92	0	525	305.740		11			
B11	150	151.811	1.032	64.754	5.118	16.466	742.258	1.117.665	11	11			
B12	81	0	0	1.157	29	6.584	57.954	39.782	11	11			
B13	115	2.131	0	250	586	2.878	34.300	31.348	11	11			
B14	105	26.975	1.364	343.092	1.365	82.002	1.824.701	10.123	11	11			
B15	107	6.681	0	28.581	4.014	9.559	824.165	59.330	11	11			
B16	462	0	0	0	0	0	708	9.425		3			
B17	808	0	148	588	0	143	576	5.987		0,5			
B18	192	0	0	0	0	0	0	4.681		1,5			
B19	194	0	0	0	0	0	0	2.327		0,5			
B20	215	0	0	38	190	0	0	4.580		2			
B21	721	0	0	0	260	0	0	2.204					
B22	299	0	0	0	176	0	0	14.740		1,5			
B23	347	0	0	0	0	0	0	16.122		0,5			
B24	420	0	0	0	0	0	135	2.509		1			
B25	276	0	0	0	0	0	0	550					
B26	149	0	0	0	0	124	542	4.427		2			
B27	595	0	0	0	0	0	0	1.672					
B28	198	0	0	0	174	0	0	2.264		2			
B29	193	0	0	0	0	0	36	857		0,5			
B30	173	0	0	0	290	0	0	203					
B31	203	0	0	0	0	0	0	28.455		2			
B32	353	0	0	0	0	0	0	12.035		0,5			
B33	787	0	0	0	0	0	0	7.868		0,5			
B34	216	0	0	0	0	0	0	670					
B35	1.419	0	0	0	0	0	0	45.263		2			
B36	384	3.219	0	253	289	27.949	72.392	68.809	11	3,5			
B37	274	441	0	2.644	784	4.315	93.400	65.842	11	11			
B38	265	0	0	0	0	0	0	21.539		1,5			
B39	182	0	0	414	30	5.077	71.959	298.527	11	11			
B40	251	0	0	0	0	0	0	1.837					
B41	214	0	0	0	0	0	0	647					
B42	208	0	0	0	0	0	0	464					
B43	165	0	0	0	0	0	0	156					
B44	992	0	0	0	0	0	0	5.184					
B45	888	0	0	0	170	0	0	312					
B46	651	0	0	0	0	0	0	704					
B47	395	11.697	0	14.207	582.066	61.536	480.494	15.137	11	11			
B48	583	0	0	0	223	112	756	2.967		0,5			
B49	612	0	0	0	0	1.603	1.212	33.687		3,5			
B50	552	0	0	0	0	0	0	905					
B51	368	0	0	512	0	3.463	579	81.525		2			
B52	780	1.417	0	6.358	270	3.793	3.191	76.518	11	11			
B53	198	9.593	0	257	0	14.430	17.817	35.476	11	11			
B54	514	91	91	91	181	363	0	6.044		1,5			
B55	577	0	0	0	0	0	604	2.267					
B56	424	0	0	0	0	0	298	5.458		3,5			
B57	293	0	0	0	0	16.461	2.997	6.603	12	3			
B58	357	0	0	0	0	0	0	40.535		3,5			
B59	356	21.284	1.137	5.925	11.696	92.627	335.148	11.547	12	3,5			
B60	289	465	0	503	743	35.601	84.001	13.208	11	11			
B61	875	0	0	0	0	2.054	0	55.204		3,5			
B62	571	0	0	0	0	0	0	18.840		3,5			
B63	1.108	0	0	0	0	0	0	9.118		1			
B64	444	0	0	0	0	0	0	1.055					
B65	358	0	0	0	0	0	0	20.653		1			
B66	410	0	0	0	0	0	0	29.276		2			
B67	576	0	0	0	0	0	0	5.879					
B68	346	0	0	0	0	0	0	647					
B69	976	0	0	0	0	0	0	589					
B70	127	12.521	747	45.706	1.031	17.951	400.596	14.747	12	5			
B71	155	7.925	84	3.624	5.729	70.166	237.147	27.847	11	8			
B72	276	124	0	222	275	3.405	42.527	489.342	11	4			
B73	509	0	0	0	0	183	2.515	6.924	11	0,5			
B74	89	1.690	38	0	192	8.796	8.426	32.118	11	6			
B75	100	4.009	47	129	217	3.243	18.983	18.826	11	4			
B76	208	4.900	571	10.287	8.910	75.624	500.344	225.501	12	12			

5.3 Oprensningsscenarier

I nedenstående afsnit er opstillet en række oprensningsscenarier baseret på de i afsnit 5.2 angivne oprensningsdybder og arealer. Der er således tale om teoretisk baserede valg af scenarier/voluminer, der efterfølgende kan tilpasses ud fra den enkelte oprensningsteknik.

Desuden skal det bemærkes, at beregningen af oprensningsvoluminer og dermed også massefjernelse er behæftet med nogen usikkerhed. Således er hver boring med analyser tildelt et statistisk areal. Kun få boringer er ført til stor dybde (ned til Fjordleren), hvorfor det i masseberegningerne jf. /6/ er antaget at for de korte boringer (ført til 4 m u.t.) repræsenterer nederste prøve forureningsniveauet ned til Fjordleren. Fordelingen af indholdet af hhv. EP3 og kviksølv i jordprøver med dybden er vist i nedenstående figur 5.1. Som det ses af figuren aftager koncentrationen af både EP3 og kviksølv med dybden, men der forekommer dog stadig ret høje indhold af begge stoffer i stor dybde.

Figur 5.1. Fordeling af hhv. EP3 og kviksølv i jord med dybden for hhv. korte og dybe boringer.



Oprensningen i scenario A indebærer en indsats således, at den fremtidige udsivning fra den Gl. Fabriksgrund ikke medfører en uacceptabel belastning af de nærliggende recipienter med stoffer, der relateres til fabriksgrunden. Dette scenario er et grundlæggende scenario, som bør gennemføres for at opfylde målsætningen i forhold til udsivning.

Scenario B er et tillægsscenario til scenario A og omfatter primært en forøget massefjernelse af kviksølv.

Scenario C er som scenario A et grundlæggende oprensningsscenario og har til formål fremadrettet at sikre arealanvendelsen i relation til kontaktrisiko.

Scenario A.

Scenario A omhandler oprensning af hhv. pesticider og kviksølv i et omfang, således at udsivning af stoffer fra den Gl. Fabriksgrund til nærliggende recipienter ikke påvirker disse i uønsket grad.

Oprensningen i scenario A omfatter de på bilag 4 viste arealer med røde skraveringer. I alt er der tale om et samlet areal på ca. 6.600 m² og et volumen på ca. 75.000 m³. Inden for et område der dækker den Gl. Fabriksgrund (alle voronoi arealer) beregnes, at der forekommer ca. 12.750 kg EP3. Heraf forekommer ca. 12.740 kg inden for oprensningsområdet. Oprenses til 0,1 mg/kg TS inden for

dette volumen medfører dette en samlet oprensning på ca. 12.730 kg, og dermed en oprensningsgrad på 99,8 %.

Oprensningen af kviksølv, for at opnå den ønskede målsætning, omfatter ikke helt samme volumen som for EP3. Med udgangspunkt i de valgte oprensningsdybder udgør voluminet for kviksølvoprensningen ca. 54.000 m³. Det lidt mindre volumen for kviksølvoprensningen opstår som følge af, at kviksølvforureningen i større omfang findes terrænnært.

Inden for det af Voronoi arealerne givne volumen er der med udgangspunkt i de foreliggende analyser beregnet at forekomme 6.300 kg kviksølv. Oprensningen omfatter de anførte felter og dybder. Antages der oprenset til 1 mg/kg TS fjernes i alt ca. 5.300 kg kviksølv svarende til en oprensningsgrad på ca. 84 %.

Scenario B.

Dette scenario er et tillægsscenario til scenario A, og omfatter en øget fjernelse af kviksølv. Tillægsarealerne fremgår af bilag 5 i form af de blå skraverede arealer. I alt udgør de blå arealer ca. 8.000 m² og et volumen på 22.000 m³ med udgangspunkt i de i tabel 5.1 anførte oprensningsdybder.

Oprenses disse områder også, betyder det en fjernelse af yderligere ca. 700 kg kviksølv og dermed øges oprensningsgraden til ca. 95 %.

Scenario C.

Scenario C er baseret på oprensning af det øverste jordlag på den Gl. Fabriksgrund. Scenariet kan egentlig opdeles i 2 dele som:

- C1: Tillæg til scenario A og B.
- C2: Tillæg til scenario A samt den øverste ½ meter på arealerne omfattet af scenario B.

Scenario C1. Tillægsarealet for Scenario C1 fremgår af bilag 5, de med gult skraverede arealer, og udgør i alt ca. 8.000 m². Det øverste jordlag oprenses til en dybde på 0,5 – 1 m u.t. I alt udgør dette ca. 8.000 m³ jord til rensning. Herved fjernes ca. 50 kg kviksølv inden for disse området. Dette er en mindre masse og uden større betydning i forhold til massereduktionen, men hovedformålet med dette oprensningsscenarie er at eliminere kontaktrisiko ved færdsel på arealet.

Scenario C2. Scenario C2 omfatter arealerne i scenario C1 (gul skraveret) samt de øvre jordlag (0,5 m) for scenario B (blå arealer). Denne variation kan vælges, hvis det vurderes ikke at være fordelagtigt at gennemføre Scenario B i fuldt omfang. Samlet set vil oprensning af øvre jordlag i Scenario C2, som tillæg til Scenario A, udgøre et areal på 16.000 m² og et volumen på 12.000 m³. Som nævnt ovenfor er massefjernelsen i C – scenarierne ikke stor, men det er heller ikke hovedformålet.

De ovenfor beskrevne scenarier for oprensning af forureningen på den Gl. Fabriksgrund kan sammenfattes til følgende scenarier, tabel 5.2, der alle er gennemførlige og uafhængig af oprensningsteknikken:

Tabel 5.2. Kombination af oprensningsscenarier.

Oprensning	Målsætning			
	Udsivning og massefjernelse	Øget massefjernelse kviksølv	Kontaktrisiko	
			Ekstern	on-site
Scenario	A		C2	
	A			C2
	A	B	C1	
	A	B		C1

Oprensningen i scenario A og B tænkes udført ved oprensningsteknikker som in-situ jordbehandling (f.eks. termisk) og/eller opgravning og ex-situ jordbehandling (f.eks. termisk eller jordvask). Rensning af jorden i scenario C2 kan foretages ved nævnte metoder eller jorden kan transporteres til et eksternt jordbehandlingsanlæg/deponi (scenario C1).

Oprensningseffekten ved gennemførelse af de i tabel 5.2 anførte oprensningsscenarier kan sammenfattes som anført i nedenstående tabel 5.3.

Tabel 5.3. Oprensningseffekt ved oprensning i scenario A og B enkeltvis eller samlet.

Scenario	Areal (m²)	Jordmasse (ton)	Masse EP (kg)	Oprensset EP	Masse Hg (kg)	Oprensset Hg
A	6.600	135.000	12.750	12.730		
A		97.200			6.300	5.300
B	8.000	48.600			750	700
C1	8.000	14.400				
C2	16.000	21.600				
Oprensningsgrad			99,80%		84%	

Oprensningsscenario C1 og C2 er alene tiltag det udføres med henblik på at mindske kontaktrisiko. I disse scenarier sker der kun en meget beskeden massefjernelse af forureningskomponenter, som ikke har nogen betydning for den overordnede samlede oprensningseffekt.

6 Afværgemetoder

Nedenfor er givet en kort beskrivelse af de tre relevante afværgemetoder for oprensning af forureningen på den Gl. Fabriksgrund:

- 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 jordmaterialets 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 (Electrical 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.

Der er tidligere gennemført treatabilityforsøg /3/ og pilotforsøg /2/ med jord fra Høfde 42. Resultaterne af disse forsøg vurderes at være direkte anvendelige i forhold til oprensningen på den Gl. Fabriksgrund, idet der stort set er tale om samme type forureningskomponenter og jordbundsforhold.

Treatabilityforsøg /3/ med jord fra Høfde 42 har vist, at der ved opvarmning til ca. 100 °C kan opnås en ret stor massefjernelse af pesticider, 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 de opstillede målsætninger for acceptable udsivning af pesticider til recipienter.

Pilotforsøg med jord fra Høfde 42 /2/ med konduktiv opvarmning har vist, at ved denne metode er det muligt at opnå temperaturer, 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 °C eller derover. I den Gl. Fabriksgrund, som i Høfde 42 depotet, forekommer en del svovl og svovlforbindelser. Fordampning og mobilisering af disse sker når jorden opvarmes til mere end 170-220 °C. Som nævnt ovenfor forventes den mest effektive fjernelse af kviksølv på metallisk form og bundet som kviksølv-sulfid, at ske ved en opvarmning af jorden til ca. 500 °C, alt afhængig af beluftningen af jordmatrixen.

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 teknikken effektivitet, at oprensningsområdet er afskåret fra 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 den GI. Fabriksgrund.

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 og 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 teknikken effektivitet, at den opgravede jord, der skal behandles, har en lavt vandindhold. Det vil derfor være hensigtsmæssigt at gennemføre en dræning/grundvandssænkning indenfor oprensningsområdet og foretage en fornøden trykaflastning i sandlaget. Det oppumpede vand må forventes at være forurenet med pesticider og kviksølv, og vil derfor skulle renses 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 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/grundvandssenkning dels en sikring af trykaflastningen i de dybereliggende 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 oprensningsområdet og tilhørende arbejdsarealer kan som udgangspunkt ske fra Thyborønvej [181] via indkørslen syd for den Gl. Fabriksgrund. I notat 2.2A er redegjort lidt nærmere for adgang til lokaliteten og hvilke arealer, der kan disponeres over til oplagring af materiel, materialer, opstilling af diverse behandlingsanlæg m.m. En oversigtsplan over mulige arealer til disse formål er vedlagt i bilag 1, som også fremgår af notat 2.2A-bilag 1.

Det område, som der kan disponeres 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 arealet nord for den Gl. Fabriksgrund evt. i kombination med dele af det sydlige sedimentdepot. Alt afhængig af afværgeteknik og oprensningsscenarie er det muligt at dele af den Gl. Fabriksgrund vil kunne anvendes til disse formål. Det bemærkes, at anvendes arealet nord for den Gl. Fabriksgrund vil det formentlig være hensigtsmæssigt at etablere en indkørsel til arealet direkte fra Thyborønvej, forudsat der kan opnås tilladelse til dette.

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.

Etableres arbejds-, materiel- og/eller oplagsplads på arealet nord for den Gl. Fabriksgrund er det vigtigt, at tage højde for, at området gennemskæres af en del ledninger, som ikke må beskadiges, se f.eks. tegning F1_K10_H1_002.

Forsyningsforhold i området er beskrevet i notat 2.2A. For tilslutning af arbejdsplads til eksisterende vandforsyning har Lemvig Vand & Spildevands hovedvandledning langs Thyborønvej, som der muligvis kan tilsluttes til.

Sanitært spildevand og spildevand i øvrigt fra drift af arbejdspladsen må forventes at skulle bortskaffes med slamsuger eller evt. ved tilslutning til Lemvig Vand & Spildevands ledning langs Thyborønvej. Ledningen er dog en trykledning, så det er muligt forsyningen ikke vil acceptere tilslutning direkte til ledningen. De nærmere forhold omkring afledning af spildevand afklares af entreprenøren med Lemvig Vand & Spildevand.

Elforsyning til drift af arbejdsplads forventes at kunne etableres fra transformatorren på Rønland.

7.1.2 Indledende arbejder

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

7.1.2.1 Sikring mod oversvømmelse

Oprensningsområdet er beliggende ud mod den inddæmmede sø til det nordlige sedimentdepot. Selvom der ikke er direkte forbindelse til Nissum Bredning bør der tages højde for mulig oversvømmelse under højvande i Limfjorden.

Da området ligger ret lavt kan der i situationer med f.eks. skybrud være risiko for lokale oversvømmelser, hvorfor det bør sikres, at overfladevand effektivt kan ledes væk.

7.1.2.2 Afskærende spuns

Som anført i notat 2.2A vurderes det hensigtsmæssigt at etablere afskærende spunsvægge omkring oprensningsområderne uanset, om oprensningen gennemføres ved in-situ eller ex-situ oprensningsteknik.

Ved in-situ er spunsvæggens væsentligste formål at hindre indstrømning af vand i oprensningsområdet, mens spunsvæggens formål ved ex-situ oprensning er at sikre udgravningernes stabilitet og afskære indstrømning af vand.

Spunsvæggene dimensioneres til det enkelte formål både hvad angår rammedybde og styrke af selve væggen inkl. evt. forankringer.

Det bemærkes, at de i afsnit 7.1.2.3 nævnte betonkonstruktioner kan udgøre en væsentlig besværliggørelse for etablering af væggen. På traceet for spunsvæggene kan det således blive nødvendigt lokalt at grave betonkonstruktionerne op, uanset om de f.eks. ved in-situ afværge af hensyn til selve afværgeren kan efterlades i jorden.

7.1.2.3 Fjernelse af betonkonstruktioner i jorden

Behovet for fjernelse af de efterladte fundamenter, betonplader o.l. i jorden vurderes i forhold til den valgte afværgeteknik. For in-situ oprensning vil det formentlig ikke være nødvendigt at fjerne betonkonstruktionerne for at gennemføre oprensningen. Efterlades betonen og forekommer den i større flader kan det medføre, at det kan blive vanskeligt effektivt at ekstrahere poreluft fra det overliggende tynde jordlag. Dette kan dog imødekommes ved enten at afgrave overjorden og bortskaffe den til ekstern deponering eller afgrave og samle jorden i et ubefæstet område, hvor den kan indgå i den termiske oprensning i øvrigt.

For afgravningsløsninger vil betonfundamenterne udgøre en gene, idet de skal opgraves. Ved termisk behandling af den opgravede jord kan de optagne betonkonstruktioner indgå i jorden i behandlingskamrene (piles). Evt. kan det være hensigtsmæssigt med en første nedbrydning i mindre stykker. Knusning vil nok ikke være hensigtsmæssig, da støv fra betonen kan indeholde forureningskomponenter.

For teknikker som jordvask udgør betonkonstruktionerne derimod en gene, da de ikke kan behandles i anlæggene, hvorfor betonen formentlig må bortskaffes som forurenet affald.

7.1.2.4 *Bygning på arealet*

Den eksisterende teknikbygning på arealet tilhører FMC/Cheminova og forventes ikke at skulle anvendes fremadrettet. Bygning og tilhørende installationer fjernes efter nærmere aftale med FMC/Cheminova.

7.1.2.5 *Undersøgellesboringer og dræn*

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. Endvidere bør rørene overskæres under terræn, således de ikke fremadrettet vil kunne ses i naturen.

Det etablerede dræn på den sydlige del af den Gl. Fabriksgrund, se notat 2.2A, forventes ikke at skulle være i drift efter afværgeforanstaltningernes gennemførelse, hvorfor det kan afbrydes og afproppes.

7.1.2.6 *Sikring af eksisterende installationer og ledningsanlæg*

Inden for oprensningsområdet vurderes der ikke at forekomme installationer og ledningsanlæg, som skal bibeholdes. Men op til den vestlige del af oprensningsområdet er der en række 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 området for etablering af arbejdsplads samt tæt på oprensningsområdet, og som bør sikres mod skadelig påvirkning fra etablering og drift af afværgeforanstaltningerne. For nærmere informationer henvises til notat 2.2A.

Som det fremgår af plan med orienterende ledningsoplysninger, tegning F1_K10_H1_002, forløber der langs Thyborønvej:

- Vandledninger
- Telekabler
- El-kabler (høj og lavspænding)
- Gasledninger
- Spildevandsledninger, tryk

Ved evt. udvendig forankring af en omkransende spunsvæg er det 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, herunder også ledninger, der krydser arealerne.

7.1.2.7 *Afdræning af jorden inden for spunsen*

For både in-situ termisk oprensning og ex-situ teknikker, der omfatter opgravning af den forurenede jord, udføres indledningsvist en afdræning af oprensningsvolumenet. 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 f.eks. udføres ved at etablere pumpeboringer inden for spunsvæggen.

Selvom bunden af oprensningstvoluminet udgøres af ler, formentlig Fjordler, der anses for meget lavpermeabel, kan det ikke udelukkes, at når der etableres en ret stor opadrettet vertikal gradient, så kan det medføre, at der siver vand gennem leren og op i oprensningssonen. Ved in situ termisk opvarmning vil dette betyde ekstra energiforbrug til bortkogning af vand, hvis ikke det opsvivende bortpumpes.

Ved ex-situ afværge opgraves jorden til bund af oprensningssområdet. For at sikre stabiliteten er det især for denne løsning vigtigt, at der sikres mod bundbrud i forbindelse med opgravningen. Dette kan f.eks. sikres ved etablering af aflastningsboringer ført ned i evt. vandførende lag under udgravningen eller et passende stykke ned i leret, så stabiliteten af bunden kan opretholdes.

En størrelsesorden af vandmængden, der kan blive behov for at oppumpe, kan beregnes med udgangspunkt i Fjordler i kote ca. -10, og dermed en mættet zone på ca. 11 m, idet det omgivne vandspejl lidt konservativt antages at være i kote +1. Dette svarende til en vandmængde på 25.000 m³ til 60.000 m³ alt afhængig af oprensningssområdets størrelse.

Generelt vurderes de anførte vandmængder at være behæftet med nogen usikkerhed. Det vurderes, at en kapacitet på ca. 15 - 25 m³/t er passende for afdræning af de indspunsede områder. Som afdræningen 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 2.2B nævnte stoffer. Hvis vandet udledes til recipient vil der være behov for rensning af vandet for overholdelse af kriterierne i en kommende udledningstilladelse.

Forhold omkring afværgepumpning fra boringer og dræn samt potentialeforhold er beskrevet i notat 2.2A og 2.2B.

7.2 In-situ termisk afværge



7.2.1 Oprensningsscenarier

Som anført i afsnit 5 er der forskellige muligheder for valg af oprensningstvolumen/oprensningsscenarier, alt afhængig af hvilket niveau for massefjernelse af kviksløv, der findes fordelagtigt.

Målsætningen om, at der ikke bør være kontaktrisiko ved færdsel på arealet efter oprensningen kan opfyldes på flere forskellige måder. Der er her tale om oprensning af de øverste jordlag på formentlig 0,5 – 1 m's dybde. En mulighed kunne være indledningsvist at bortgrave jorden uden for oprensningsfelterne for scenario A og B, se tabel 5.2 og bilag 5, og behandle det eksternt eller afgrave og udlægge jorden over områder, hvor der i forvejen skal udføres termisk oprensning af kviksølvforurenet jord og dermed opnå en lidt større tykkelse af jordlag, der skal opvarmes/oprenses. Dette da det formentlig vil være uøkonomisk at gennemføre termisk oprensning af jordlag af kun 0,5 - 2 m's tykkelse.

Vedrørende oprensningen for pesticider og kviksølv vil det ikke nødvendigvis være behov for at opnå samme måltemperatur over hele oprensningsområdet, da de to stoffer fordampes ved forskellig temperatur. I det endelige design af oprensningsvoluminet kan det muligvis være fordelagtigt, at opdele oprensningsområdet i temperaturzoner, hvor en zone opvarmes til en måltemperatur, så pesticider oprenses og en zone (evt. overlappende med pesticidzonen) opvarmes til en temperatur, så kviksølv oprenses. For at sikre en effektiv vertikal oprensning ved graduering af temperaturen er det vigtigt at sikre, at de højeste temperatur er øverst, således at stoffer bragt på gasform ikke kondenserer i overliggende jord.

Umiddelbart vurderes det mest optimalt at foretage termisk in-situ oprensning som en samlet oprensning af hele oprensningsvoluminet omfattet af scenario A og evt. B, mens jorden der er omfattet af scenario C kan renses termisk eller bortskaffet til ekstern jordbehandling.

Opdeling af oprensningsvoluminet 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, til de oprensede områder. Denne adskillelse skal således være tæt for både vand og dampe samt kunne tåle opvarmning.

Som det ses af bilag 4 udgøres oprensningsområdet i scenario A af et samlet større område på den sydlige del af den Gl. Fabriksgrund, mens der er to lokale områder på den nordlige del af grunden. Der er tale om forholdsvis små områder, og inden oprensning af disse iværksættes kunne det være aktuelt at foretage supplerende beregninger af udsivningen fra disse i forhold til vurdering af nødvendigheden af at gennemføre oprensning i disse, dvs. felt B39, B72 og B73, se bilag 4.

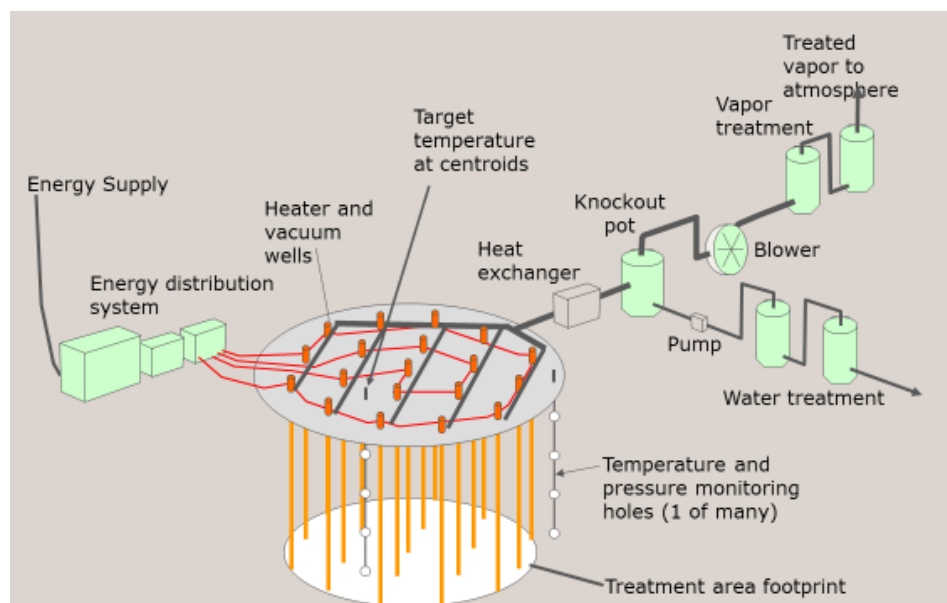
Vælges oprensningen at omfatte scenario A og B vurderes det hensigtsmæssigt at opdele området i to indspunsede delområder, som skitseret på bilag 5 og 7.

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 som konduktiv opvarmning (TCH) for at kunne opnå temperaturer på 200 °C eller mere for oprensning af pesticiderne og indtil ca. 500 °C 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 5.3 (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 7.1 er vist et konceptuelt design af et komplet termisk anlæg til konduktiv opvarmning.



Figur 7.1. Konceptuelt design af termisk anlæg til oprensning af jord.

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

7.2.2.1 Termiske borer

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 oprensningen foretages til den ønskede oprensningsdybde alt afhængig af hvilke oprensningsscenarier, der gennemføres.

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 beluftsboringer. Tilsvarende varmeboringerne er det vigtigt, at de designes til at kunne modstå temperaturen i oprensningsområdet.

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. 700 til 1.500 varmeboringer, afhængig af hvilke oprensningsscenarier der vælges, som typisk vil blive ført 1 m til 1,5 m under bund af 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 monitoring af tryk- og ventilationsforhold i oprensningsområdet. Boringerne fordeles strategisk med en lille overvægt af antal boringer i randområder og øvrige jævnt fordelt over oprensningsområdet.

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 *Afdækning i terræn*

Efter at alle installationer til det termiske anlæg er installeret vil det være fordelagtigt at udlægge et lag af isolering med en underliggende varmeresistent membran over oprensningsområdet med henblik på at reducere varmetabet fra oprensningsområdet, sikre høje temperaturer helt op til terrænoverfladen 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 kviksvølvfjernelse af jord fra Høfde 42 /2/ kan nogle af de mulige processtrin for rensning af forureningen i behandlingsanlægget være:

- Udfældningstank, hvor opvarmet forurenede 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 det skal så 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 svovlimpræget aktiv kul for opsamling af kviksvølv 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, som vurderes at være sammenlignelig med jord fra den Gl. Fabriksgrund.

Temperatur / °C	Forureningsstof	Risici
70-100	Organiske opløsningsmidler	Brandbare dampe, Sundhedsfare
70-120	Fosfater-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 °C. De organiske opløsningsmidler kan som udgangspunkt renses/opsamles på aktivt kul.

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

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 °C og kan opsamles på liquid GAC.

Svovl fordamper ved 200-240 °C og er brandbar. Det er vurderet nødvendigt at fjerne svovlen fra jorden før kviksølvet kan mobiliseres pga. dannelsen af det ikke flygtige kviksølv(sulfid) jf. /2/. Den fordampede svovl kan opsamles på aktivt kul.

Kviksølvet inden for oprensingsområdet i Høfde 42 findes primært som kviksølv(sulfid). I forbindelse med pilot-testen er der for mobilisering og fjernelse af kviksølvet i jorden foretaget en opvarmning af jorden til over 500 °C. For at øge mobiliteten er der foretaget en "ristning" af jorden, hvor der under opvarmningen tilføres ilt for omdannelse af kviksølv(sulfid) til kviksølv(oxid), der kan dekomponeres termisk.

I jorden på den Gl. Fabriksgrund er desuden påvist ret høje indhold af phenol og 4-chlor-2-methylphenol samt i mindre grad øvrige phenoler, se Notat 2.2B. Ved opvarmningen vil disse stoffer også overgå på gasform og indgå i den ekstraheerede luft. Stofferne fordamper ved 180 °C til 280 °C, mens antændelsestemperaturen er lavere. Der bør således tages stilling til sikkerheden i forbindelse med ekstraktion af disse gasser i forbindelse med oprensningen. De to stoffer indgår ikke i vurderingen af oprensningsmålsætningen, men formentlig vil phenol afdampe ved opvarmningen for rensning af pesticider, mens der nok skal en lidt højere temperatur til for også at fordampe 4-chlor-2-methylphenol.

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.

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 % inden for oprensningsområdet. I forhold til udsivning til recipient er der beregnet en forventelig gennemsnitlig acceptabel koncentration inden for oprensningsområdet for kviksølv på ca. 1 mg/kg TS, hvilket vurderes muligt at nå ved termisk in-situ oprensning ved temperaturer over 500 °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. I /1/ er anført samme tidshorisont for ex-situ termisk behandling. Det er muligt, at in-situ oprensningen kan gennemføres lidt hurtigere, da der ikke indgår jordhåndtering, men til gengæld kan tiden til opvarmning måske være lidt længere alt afhængig af grad af afkøling omkring oprensningsområdet. Samlet set vurderes 5 år som en realistisk tidsramme.

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 etablerede spunsvæg omkring oprensningsområdet er tæt, så der ikke sker en indsivning af grundvand til det drænedes 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 spunsålsene, hvor selv mindre låsesprængninger og åbninger vil kunne medføre indsivning af betydelige vandmængder.

Det er således vigtigt, at der foretages en vurdering af betydningen af spunsens tæthed og at der i dimensioneringen af antal varmeboringer for opnåelse af måltemperaturerne 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 hurtig 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 indsvivende vand gennem en utæt spuns kan der ske afkøling af spunsvæggens østlige side, der vender ud mod den inddæmmede sø i havnesedimentdepotet. Der er tale om forholdsvis stillestående vand, afkoges vandet uden for spunsvæggen, og det må påregnes, at der især på østsiden vil ske en løbende tilstrømning af kølende vand. På nord-, syd- og vestsiden vil det derimod muligvis være muligt at kunne sikre en hydraulisk kontrol ved at etablere en lokal grundvandssænkning.

Mod øst kunne en løsning være at etablere en afskærende spuns nogle meter fra den etablerede omkransende 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.

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 at driftsperioden forlænges. Især er det kritisk, hvis der i forbindelse med driftsstop sker indsvivning 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 grundvandssænkingsanlæg således at konsekvenserne af evt. driftsstop bliver så små som mulige.

7.2.9 Vejrforhold

Lokaliteten er beliggende på den østlige side af Harboøre Tange og dermed lidt i læ for de kraftigste påvirkninger fra Vesterhavet. Der kan dog stadig opstå kraftige vandstandsstigninger i Limfjorden, som også vil kunne medføre forhøjet vandstand ved den Gl. Fabriksgrund.

Vejrforholdene kan således have stor betydning for de etablerede anlæg og driften af disse. Det er derfor vigtigt, at der ved design af oprensingsanlægget tages højde for risikoen for oversvømmelse, storme, vintervejr m.m. både i forhold til at dimensionere installationerne efter dette, men også i forhold til at 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. 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.

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 i forhold til en igangværende in situ oprensning.
- Svigt i/utilstrækkelig grundvandssænkning.
- Lækager/udslip fra procesanlæg.
- Driftsstop af varmebehandling.
- Sandsynlighed for deformationer af jorden, der kan medføre uacceptable beskadigelser af nærliggende infrastrukturanlæg (vej, jernbane m.m.).

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.

Dybden til det gennemgående lerlag, som forventes under den Gl. Fabriksgrund (formentlig Fjordleren) er kun bestemt i ganske få borer. Med henblik på at sikre, at den afgrænsende spunsvæg føres et passende stykke ned i denne ler, bør der gennemføres et supplerende antal borer, der føres mindst 2 – 3 m ned i leren. Nogle få af borerne kan udføres som geotekniske borer for at få informationer til ramning af spunsvæggen samt ikke mindst for vurdering af jordens sætningsegenskaber i forhold til vurdering af evt. sætninger i vej- og baneanlæg.

7.2.13 Arbejds miljø

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.

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.

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 samt phenol og 4-chlor-2-methylphenol.

Selve opfyldelse af målsætningen kan opstilles som en algoritme, hvor gennemsnitsværdi for slutkoncentration, antal og maksimalt indhold af forureningskomponenter i prøver angives, 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. For selve oprensningsområdet retableres som f.eks. nedenstående beskrivelse.

Med henblik på at opfylde målsætningen i forhold til Harboøre Fjord afsluttes anlægsarbejderne med etablering af omfangsdræn omkring oprensningsområdet for opsamling af mest mulig nedbør. For i størst mulig grad at reducere nedsivningen af nedbør vil det formentlig være hensigtsmæssigt at udlægge et lavpermeabelt lag af f.eks. moræneler ovenpå den genudlagte rensede jord. Lerlagets overflade etableres med fald mod afvandingsgrøfter i hhv. øst og vestsiden af den Gl. Fabriksgrund. Over lerlaget udlægges f.eks. 0,5 m sandfyld, hvori der lægges dræn, der føres ud i grøfterne. Der kan afsluttes med et tilkørt muldlag og arealet tilsås med græs, hvis området fremadrettet skal fungere som rekreativt areal. Ønskes anden anvendelse, f.eks. oplagsplads, P-plads e.l. er det også en mulighed, så længe det ikke ændrer på afdræningsforholdene.

7.3 Ex situ termisk afværg

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 den Gl. Fabriksgrund henvises til notat 2.2A.

For oprensningsscenarier i relation til oprensningsområde henvises til afsnit 7.2.1.

Lidt afhængig af tilgangen til opgaven med opgravning af forurenet jord indebærer ex-situ dog den mulighed, at opgravningsområderne i højere grad differentieres i forhold til afgravningsdybde og dermed behov for afstivende spunsvæg og grundvandssænkning. Muligheder for dette er skitseret i nedenstående afsnit 7.3.2 og 7.3.3

7.3.1 Termisk anlæg

For en generel beskrivelse af den termiske proces henvises til afsnit 7.2.2.

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

7.3.2 Afgravning og spunsvæg

Som indledningsvist nævnt indebærer ex-situ opgravningsløsningerne, at opgravningen af den forurenede jord kan planlægges ud fra estimerede dybder for opfyldelse af målsætningerne nævnt i afsnit 4. Med denne tilgang til løsning af afværgeopgaven vil omfanget af afstivende spunsvægge givet kunne optimeres. Man mister dog noget fleksibilitet ved denne tilgang, idet spunsvægge ikke lige flyttes uden ret store meromkostninger.

Som nævnt i afsnit 7.1.2.3 udgør de eksisterende betonkonstruktioner i jorden en gene især ved ex-situ opgravningsløsninger. Dette forudsættes løst i de følgende betragtninger.

Tages udgangspunkt i de på bilag 7 estimerede nødvendige afgravningsdybder vil man f.eks. kunne vælge en afgravningsstrategi ud fra behov for etablering af afstivning af udgravningerne. Vedrørende sænkning af grundvand henvises til afsnit 7.3.3.

- Afgravning 0 m til 2 m u.t. kan klares ved fri udgravning, evt. suppleret med gravekasse eller simpel afstivning.
- Afgravning fra 0 m til 3,5 - 4 m u.t. kan formentlig udføres inden for simpel afstivning, f.eks. stor gravekasse og/eller korte spunsvægge suppleret med sektionsvis afgravning således, at udgravningens stabilitet i forhold til omkringliggende tekniske anlæg sikres, jf. notat 2.2A.
- Afgravning til fuld dybde kan udføres ved etablering af afstivende spunsvæg ført ned i lerlaget, der træffes under kote ca. -9.

Omfanget af den dybe udgravning kan givet optimeres ved udførelse af supplerende undersøgelser for f.eks. afgrænsning af forureningen i vestlig retning, f.eks. i felt 52 vil det være af betydning, om området kunne reduceres i østlig retning.

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

De foreliggende pejleresultater indikerer, at der med afværgeforanstaltningerne i drift kan forventes et vandspejl i kote +0,2 til +0,5. Frit vandspejl kan forventes i kote ca. +1, jf. notat 2.2B.

Den eksisterende terrænoverflade er beliggende i kote +1,5 til kote +2. Dvs. vandspejl er beliggende 1 – 1,8 m u.t.

Alt afhængig af tilgangen til løsning af opgravningen i de forskellige opgravningsscenarier kan udgravning ned til 1-2 meters dybde formentlig klares ved simpel lænsning evt. suppleret med sugespidsler.

Afgravninger ned til et par meter under vandspejlet, dvs. 3 – 4 m u.t. kan formentlig tørholdes ved kombination af sugespidsler, evt. enkelte pumpeboringer og simpel lænsning. Alt afhængig af stabilitetsvurderinger i forhold til nærliggende tekniske anlæg (vej, bane, ledninger).

Endelig vurderes, at der for afgravning til stor dybde vil være behov for et grundvandssækningsanlæg, der udgøres af pumpeboringer, jf. afsnit 7.1.2.7.

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. Under gravearbejderne kan der formentlig være behov en løbende mindre oppumpning for tørholdelse af udgravningen.

7.3.4 Jordhåndtering

Jordhåndtering i forbindelse med den ex situ termiske afværge omfatter i hovedtræk afgravning af terrænnær kviksølvforurenet, jf. scenario C, opgravning af jord forurenet med pesticider og kviksølv, jf. scenario A og opgravning af jord primært forurenet med kviksølv, jf. scenario B. Den opgravede jord indbygges i Piles, hvor jorden renses, hvorefter den rensede jord enten kan anvendes til genindbygning eller deponeres på ekstern lokalitet. Foretages ekstern deponering vil der være behov for tilkørt uforurenet jord til opfyldning af udgravningerne.

7.3.4.1 Afgravning af terrænnær kviksølvforurenet jord.

Den detaljerede opgravningsstrategi fastlægges af den udførende entreprenør. Det vil således være væsentlig at sikre, at der sker mindst mulig færdsel på forurenede arealer, således at der ikke sker en spredning af forurenet jord til uforurenede arealer. Det vurderes således fordelagtigt at vente med afgravning af den

terrænnære kviksvølvforurenede jord i de gule felter på bilag 5 til sidst. Disse arealer grænser alle op til arealer med kraftigere forurening med kviksvølv og pesticider og arealer, hvor betonkonstruktioner formentlig skal fjernes. Herved sikres, at hvis der skulle ske en mindre spredning af forurenede jord vil det overvejende ske på arealer, hvor der sluttelig foretages en sidste afgravning.

7.3.4.2 *Opgravning af forurenede 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 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 forurenede jord og genindbygget uforurenede 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 den foreskrevne afgravningsdybde 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 er fuldt opgravet.

7.3.4.3 *Mellemdeponering af forurenede jord og transportveje*

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

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

7.3.4.4 *Opfyldning af udgravningen*

Opfyldningen af udgravningen kan ske ved

- opfyldning med rensede jord samt
- tilførte rene materialer

Eventuelle tilførte rene materialer, f.eks. indpumpet sandfyld, bør indbygges som drænedes materialer for at sikre en vis stabilitet, så man for eksempel kan færdes og/eller køre sikkert på det opfyldte område. Såfremt der indpumpes uspecifiserede materialer direkte til udgravningen, så 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 for afdræning før opfyldning i udgravningerne.

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 den rensede jord 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, så 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 forurenede jord mv.*

Transportveje samt pladser for evt. mellemdeponering af forurenede jord, jordbehandlingsanlæg for forurenede jord mv. bør etableres med kørestabile og tætte belægningsmaterialer, således at forurening ikke spredes til omgivelserne. Opsamlet vand ledes til vandbehandlingsanlæg før udledning til recipient. Pladser og transportveje bør sikres på en måde, så der ikke kan ske utilsigtet udløb af forurenede 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 forurenede jord**

Behandlingsanlæg og eventuelle mellemdepoter for forurenede jord kan f.eks. placeres på arealet nord for den Gl. Fabriksgrund. 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 oprensningsområdet i tre delområder (etaper) vil der således skulle håndteres 30.000 m³ til 40.000 m³ jord pr. etape alt afhængig af om det alene er scenario A og C eller A, B og C der gennemføres.

På bilag 6 er skitseret mulig placering og størrelse af piles. Hver pile tænkes at indeholde ca. 35.000 m³ jord, hvilket kan rummes inden for et areal på ca. 70 m x 100 m og med en højde på 5 m. Andre konfigurationer er selvfølgelig mulige, men alt andet lige vil der formentlig ved ex-situ termisk oprensning være behov for et større rådighedsareal, som skitseret på bilag 6, end for de øvrige oprensningsteknikker.

Piles skal etableres på et stabilt underlag dels for at sikre mod sætningsskader på selve anlægget, dels for at forebygge skader på eventuelle installationer, som findes i området. Behandlingsanlægget bør endvidere placeres, så der ikke er væsentlig risiko for oversvømmelse af dette.

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.

Rørføringer 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 oprensningsskema, de nødvendige opvarmnings-temperaturer, 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 7.2.14, 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 piles, der kan etableres samt hvor effektivt jorden inde i piles 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

Utsigtede driftsstop vil medføre en afkøling af behandlingsvolumenet, der vil kræve ekstra energi til at genopvarme til de ønskede oprensningstemperaturer samtidig med at 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 Pilen ligesom oversvømmelse af Piles kan medføre opfugtning af den forurenede jord.

Driftsstop i forhold til grundvandssænkningen kan dog være af meget alvorlig betydning, idet det kan medføre oversvømmelse af udgravningen og ikke mindst kan der være risiko for stabilitetssvigt i afstivningen af udgravningen.

7.3.9 Vejrforhold

Vejrets indflydelse på arbejdet vil især berøre udgravningsarbejderne inden for spunsvæggen samt stabiliteten af denne, jf. afsnit 7.1.2.1.

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 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

I forbindelse med opgravning af den forurenede jord må det forventes, at der fra selve udgravningen kan ske en afdampning af forureningskomponenter som kan give lugtgener. Desuden må det forventes, at under transport af den forurenede jord fra udgravningsområdet og til behandlingspilen, kan der opstå lugtgener, især i forbindelse med transport af den kraftigt forurenede jord.

Transport af jord til og fra opgravningsområdet vil medføre meget lokal transport med f.eks. dumpere til transport af jorden. Dette, samt drift af behandlingsanlægget, vil medføre et øget støjniveau i området.

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

Området der er omfattet af afgravningsområdet, området med piles og tilhørende driftsanlæg, og diverse jordmellemdpoter samt de interne transportveje mellem graveområde og behandlingsanlæg bør alle være afspærret for offentlig adgang.

Vælges det at foretage jordbehandlingen på anlægget etableret til rensning af jord fra Høfde 42 vil der forekomme en meget betydelig transport på strækningen fra den Gl. Fabriksgrund til behandlingsanlægget ved Høfde 42. "Transportkorridoren" vil passere både Thyborønvej og jernbanen, ligesom vejen ud mod Høfde 42 vil blive belastet betydeligt. Dette gælder både de rent trafikale risikoelementer, støv, støj, røg samt adgangsmuligheder til Vesterhavet.

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 i forhold til åben udgravning.
- Svigt i/utilstrekkelig grundvandssænkning.
- Afgravning i meget kraftigt forurenede 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 kviksvamp, men også pesticider med henblik på at optimere størrelsen af indsatsområderne.

Der bør gennemføres geotekniske undersøgelser til fastlæggelse af jordlagenes styrke- og deformationsparametre, som indgår i dimensionering af spunsvægge, beregning af stabilitet af udgravninger m.m.

7.3.13 Arbejds miljø

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 den fastlagte dybde og måske et mindre stykke under denne.

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

Jf. afsnit 7.2.15.

7.4 Ex situ jordvask

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 den Gl. Fabriksgrund henvises til notat 2.2A.

For oprensningsscenarier i relation til oprensningsområde henvises til afsnit 7.2.1.

Lidt afhængig af tilgangen til opgaven med opgravning af forurenet jord indebærer ex-situ den mulighed, at opgravningsområderne i højere grad differentieres i forhold til afgravningsdybde og dermed behov for afstivende spunsvæg og grundvandssænkning. Muligheder for dette er skitseret i de tidligere afsnit 7.3.2 og 7.3.3.

7.4.1 Jordvaskanlæg

Oprrensning ved ex-situ jordvask er en kombination af oprensningsteknikker, hvor den forurenede jord graves op 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 7.1.2.2.

7.4.3 Afgravning og grundvandssænkning

Jf. afsnit 7.3.3.

7.4.4 Jordhåndtering

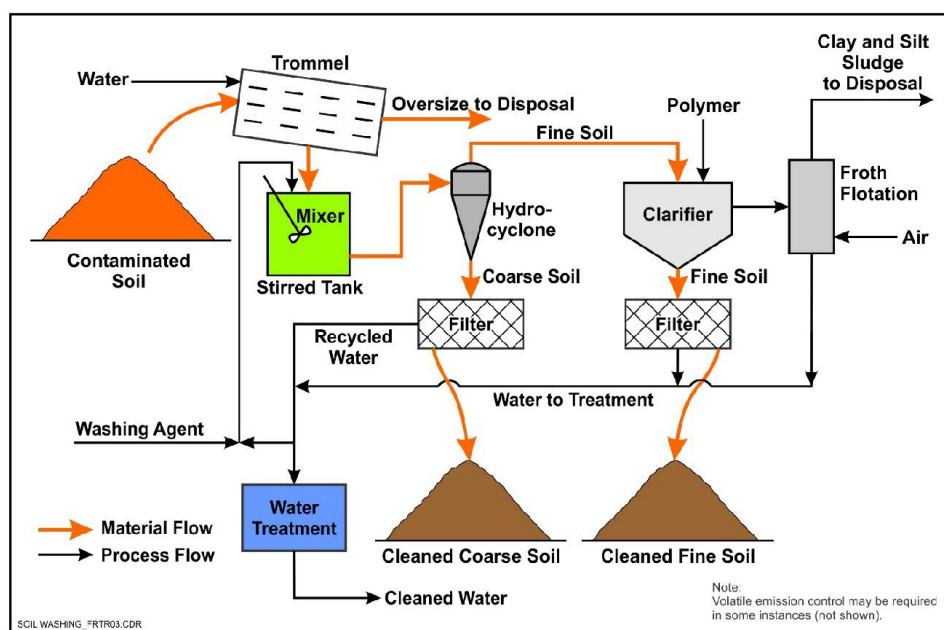
Jf. afsnit 7.3.4.

I tillæg til jordhånderingsbeskrivelsen i afsnit 7.3.4 kan jordhånderingsplanen for jordvask måske optimeres endnu mere. Ved jordvask er der ikke behov for et stort volumen opgravet jord for at behandlingsprocessen kan gå i gang. Derimod skal anlægget løbende fødes med et flow af jord på måske 20 ton pr. – 30 ton pr. time. Dette kan måske betyde, at afgravningsforløbet kan planlægges endnu mere detaljeret i de enkelte indsatsområder.

7.4.5 Behandlingsanlæg

Behandlingsanlæg og eventuelle mellemdepoter for forurennet jord forventes at kunne placeres på arealet nord for den Gl. Fabriksgrund, jf. bilag 1. Anlægget bør etableres på et stabilt underlag dels for at sikre mod sætningsskader på selve anlægget, dels for at forebygge skader på evt. eksisterende ledninger i området, jf. afsnit 7.1.2.6. 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 jordvaskningsløg til behandling af forurenede jord.



Figur 7.4.2. Konceptuelt procesdiagram for et anlæg til behandling af forurenede 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.

Et behandlingsanlæg med jordvask omfatter principielt følgende mulige procestrin for rensning af den forurenede jord.

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 forurenede 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. Der er ikke samme kendskab til jordmatrikens indhold af forskellige kornfraktioner som for Høfde 42, så det er på nuværende tidspunkt ikke muligt at vurdere indholdet af f.eks. "oversize" materiale i jorden på den Gl. Fabriksground. Ud fra de foreliggende jordartsbeskrivelser synes jorden på den Gl. Fabriksground dog at indeholde lidt mere organisk materiale end på Høfde 42.

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, højtryksvask

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 forurenede 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 højtryksvask.

Anvendes kun ét højtryksvaske-modul, bør der etableres flere mellemlagre for oplagring af mindre partier rensede 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 forurenede jord. Herunder også, at der udarbejdes en procedure for at behandlingsanlægget er rensede for materialer fra tidligere behandlinger.

Den rensede jord udlægges i et mellemd Depot, 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 tilsætning af f.eks. et flokkuleringsmiddel, udfældningstank, membranfilter, rentvandstank. Herfra kan vandet så pumpes videre til jordvask, mens en del måske pumpes gennem et finpudsingsanlæg, 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. Antages dette også at gælde for den Gl. Fabriksground skønnes dette at svare til mellem 7.000 ton og 10.000 ton filteraffald. Silt-/lerlaget, der findes på den nordlige del af den Gl. Fabriksground vurderes kun at bidrage med en mindre del til filterkager, alt afhængig af omfang af opgravning på denne del af grunden.

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. 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 renses 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 oprensningensvolumen vil den genopfyldte jord enten være uforurenet tilkørt jord eller renses 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. Et 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 laboratoriebasis viste denne optimering at have en effekt i form af, at prøver med indhold af ethylparathion på 17 – 23 mg/kg TS blev renses 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 jordvaskanlægget ekstraheres fra sandet.

En behandlingskapacitet vil typisk være på 20 - 30 ton/time. Dagligt vil der således kunne håndteres 200 - 300 tons jord. Regnes med 250 arbejdsdage på et år vil der således årligt kunne behandles 50.000 ton - 75.000 ton jord. Med en masse på den Gl. Fabriksgrund på mellem 150.000 ton og 200.000 ton vil anlægget således skulle drives i 3 - 4 år med ét anlæg i drift. Anvendes døgndrift vil behandlingskapaciteten stort set fordobles, og dermed vil totaltiden også reduceres tilsvarende. I dette er ikke indregnet behov for genbehandling af jord. Antages f.eks. at 20 % af jorden skal genbehandles, så vil det betyde en forøgelse af driftstiden på op mod 1 - 2 år, idet der ud over tid til selve behandlingen også vil indgå tid til omstilling af anlægget.

Det er givet, at det bliver selve jordvaskprocessen, der bliver afgørende for tidsforløbet for oprensningen. Som anført ovenfor kan selve det at rense jordvoluminet indebære en tidshorisont på 3 - 4 år. Hertil kommer så forberedelse, etablering af arbejdsplads, etablering af spunsvæggen, afdræning af opgravningsområdet 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 den Gl. Fabriksgrund ved jordvask kan således løbe op i en tidshorisont på 6 - 8 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 jordvaskanlægget 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, at have væsentlig 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 forbindelse med opgravning af den forurenede jord må det forventes, at der fra selve udgravningen kan ske en afdampning af forureningskomponenter som kan give lugtgener.

I forhold til ex-situ termisk afværge må ex-situ jordvask formentlig forventes at medføre, at transport af forurenede jord vil være fordelt over hele tidsperioden, som oprensningen forløber. Der skal løbende køres forurenede jord til jordvaskanlægget, ligesom der løbende skal køres rensede 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 jordmellemdpoter samt de interne transportveje mellem graveområde og behandlingsanlæg bør alle være afspærret for offentlig adgang.

Vælges det at foretage jordbehandlingen på anlægget etableret til rensning af jord fra Høfde 42 vil der forekomme en meget betydelig transport på strækningen fra den Gl. Fabriksgrund til behandlingsanlægget ved Høfde 42. "Transportkorridoren" vil passere både Thyborønvej og jernbanen, ligesom vejen ud mod Høfde 42 vil blive belastet betydeligt. Dette gælder både de rent trafikale risikoelementer, støv, støj, røg samt adgangsmuligheder til Vesterhavet.

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/utylstrækkelig grundvandssænkning.
- Afgravning i meget kraftig forurenede jord, måske med fri fase.
- Omfang af og behov for genrensning af jord.
- Lækager/udslip fra procesanlæg.
- Mængden af over-size materialer og slam

7.4.12 Supplerende projekteringsparametre

Jordvask er ikke en velafprøvet metode i Danmark. Med de komplekse stoffer, der forekommer i materialet i den Gl. Fabriksgrund, kan der for det endelige design være behov for en nærmere karakterisering af sammensætning og udbredelse af forureningskomponenterne, ligesom en nærmere karakterisering af forekomst af svovlprodukter, phenoler m.v. i jorden kan være fordelagtig. Herunder kan det være af betydning for rensningsprocessen i både jord og vaskevand at undersøge i hvilket omfang især phenol og 4-chlor-2-methylphenol kan fjernes ved denne teknik.

Desuden bør der gennemføres geotekniske undersøgelser til fastlæggelse af jordlagernes styrke- og deformationsparametre, som indgår i dimensionering af spuns-vægge, beregning af stabilitet af udgravninger m.m.

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 den angivne dybde og måske et mindre stykke ned i dette.

Jordprøver til kontrolanalyse udtages fra de rensede mellemlagre af jord. Prøvetagningsomfang og håndtering af analyseresultater tænkes foretaget efter samme principper som dokumentation for in-situ oprensningen, se afsnit 7.2.14.

7.4.15 Retablering

Retablering af arbejdsarealer og oprensningsområdet foretages som beskrevet i afsnit 7.2.15.

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.
- /6/ Forureningsundersøgelser, Cheminovas gamle fabriksgrund, Rambøll og Region Midtjylland, marts 2019.

BILAG 1

Oversigtskort

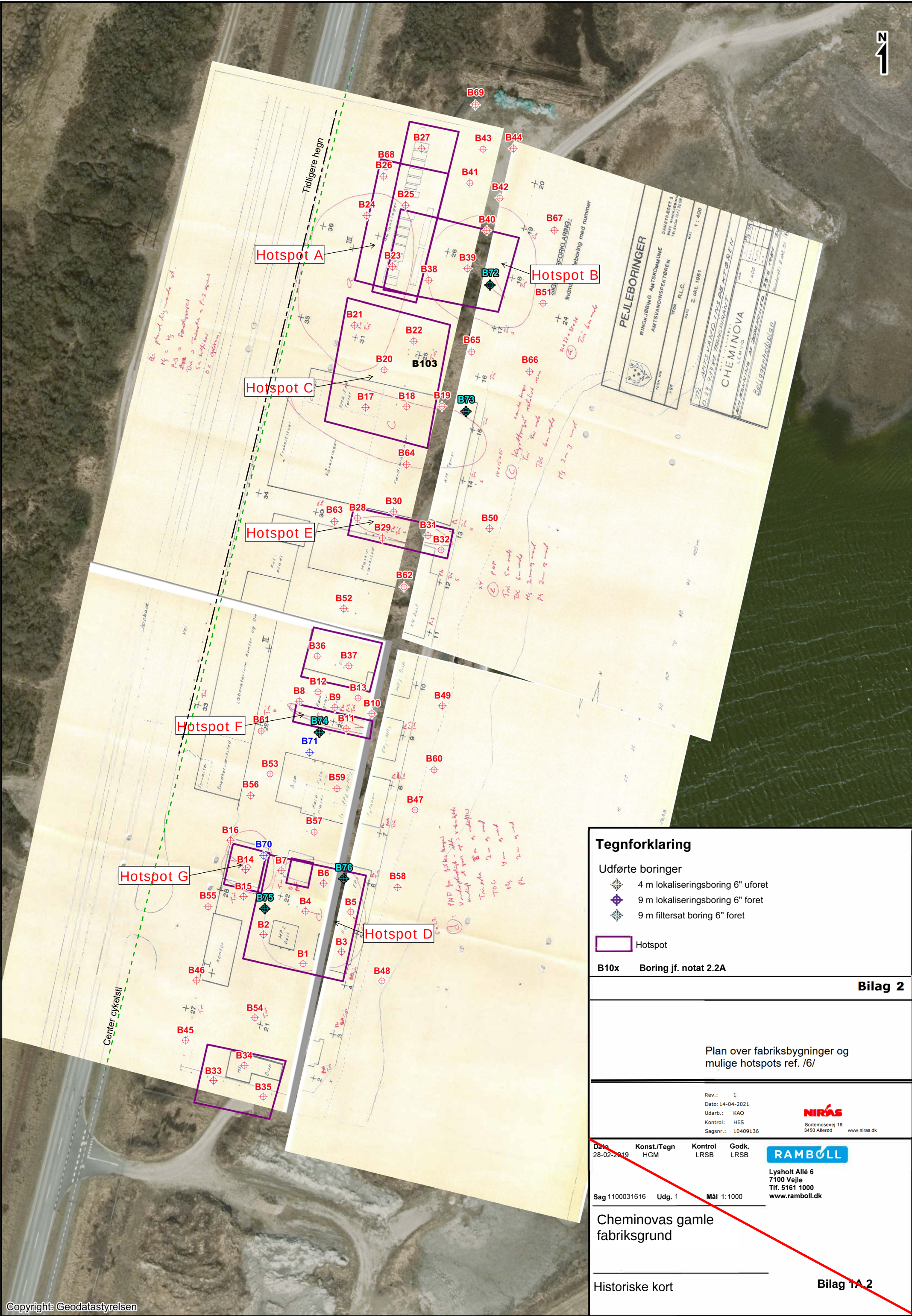


Den Gamle Fabriksgrund, Cheminova.
Oversigtskort.
Matrikelkort og rådighedsområde.

Tidspunkt: 19-02-2021 12:19:10
Udskrevet af: HES
Målestoksforhold: 1:2000

BILAG 2

Plan over fabriksbygninger
og mulige hotspot



Tegnforklaring

- Udførte borer
- 4 m lokaliseringsboring 6" uforet
 - 9 m lokaliseringsboring 6" foret
 - 9 m filtersat boring 6" foret

Hotspot

B10x Boring jf. notat 2.2A

Bilag 2

Plan over fabriksbygninger og mulige hotspots ref. /6/

Rev.: 1
Dato: 14-04-2021
Udarb.: KAO
Kontrol: HES
Sagsnr.: 10409136

NIRAS
Sortemosevej 19
3450 Allerød
www.niras.dk

RAMBOLL
Lysholt Allé 6
7100 Vejle
Tlf. 5161 1000
www.ramboll.dk

Sag 1100031616 Udg. 1 Mål 1:1000

Cheminovas gamle fabriksgrund

Historiske kort

BILAG 3

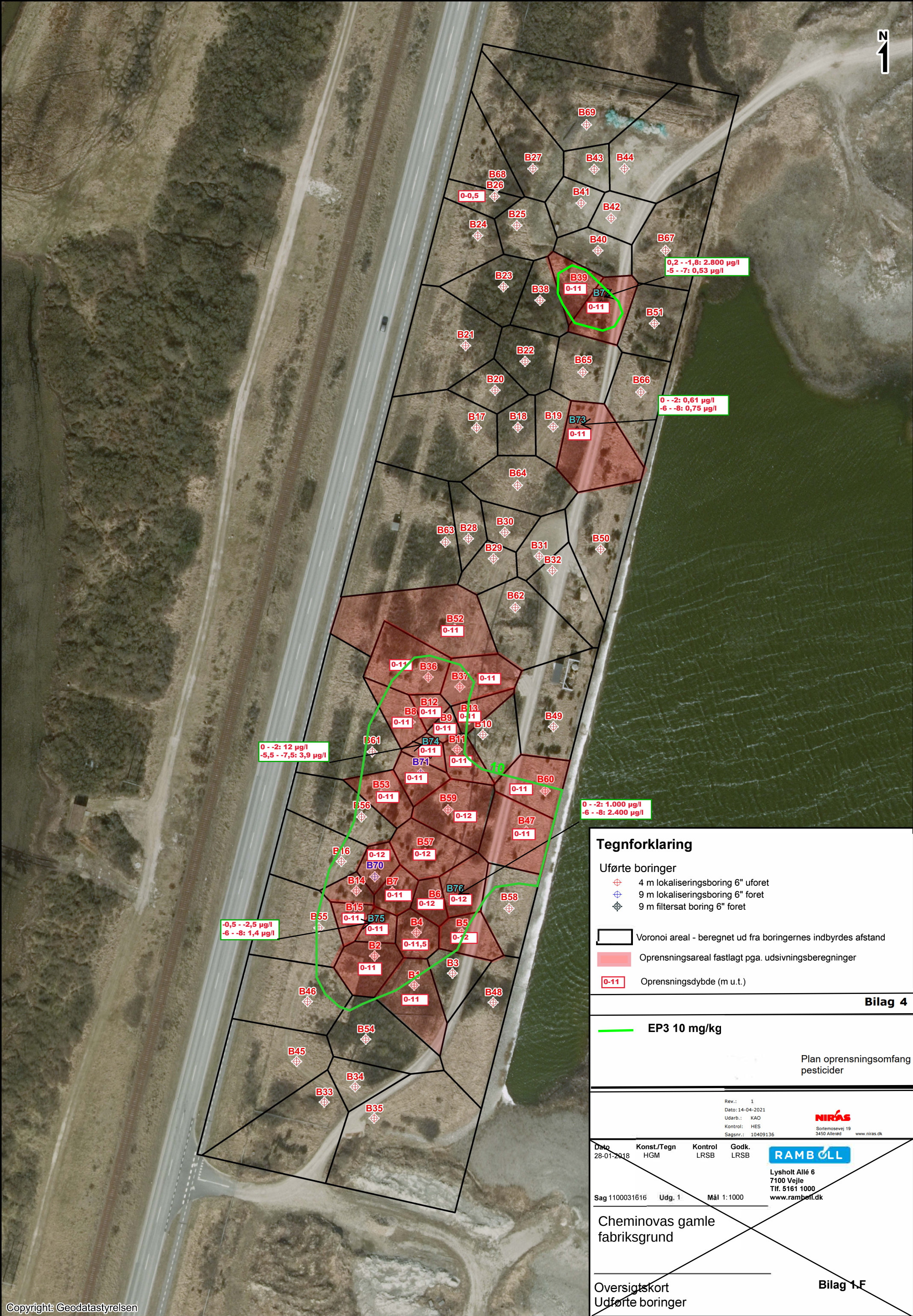
Tabel
Oprensningsområder.

Oversigt over oprensningsarealer og masser jf. /1/ samt indsatsområder og forslag til oprensningsdybder. **Rød raste:** Oprensning af pesticider og kviksølv. **Blå raste:** Oprensning af kviksølv. **Orange raste:** Terrænnær oprensning af kviksølv.

Borings ID	Areal	E-Sulfotep	M-Amino-P3	MP3	Malathion	E-Amino-P3	EP3	Kviksølv	Oprensningsdybde pesticider	Oprensningsdybde kviksølv 3 mg/kg	Oprensningsdybde pesticider og kviksølv	Oprensningsdybde kviksølv	Overflade oprensning kviksølv >3 mg/kg
	m2	g	g	g	g	g	g	g	m u.t.	m u.t.			
B01	369	81.263	0	74.359	1.674	16.216	975	48.151	11	4			
B02	256	112.147	0	32.256	146.833	110.448	1.864.625	171.249	11	11			
B03	229	0	0	0	0	4.610	496	3.060		0			
B04	163	176	0	88	59	3.651	3.541	47.027	11,5	11,5			
B05	201	5.251	0	903	111	46.643	148.411	230.463	12	12			
B06	116	3.651	967	71.765	112.520	1.108	3.360.048	501.120	12	12			
B07	133	866	23	700	10.619	24.917	97.652	79.361	11	11			
B08	186	20.439	1.174	60.901	13.357	42.089	536.591	1.367.658	11	11			
B09	63	162	0	117	0	0	184	4.032	11	11			
B10	255	1.928	0	0	92	0	525	305.740		11			
B11	150	151.811	1.032	64.754	5.118	16.466	742.258	1.117.665	11	11			
B12	81	0	0	1.157	29	6.584	57.954	39.782	11	11			
B13	115	2.131	0	250	586	2.878	34.300	31.348	11	11			
B14	105	26.975	1.364	343.092	1.365	82.002	1.824.701	10.123	11	11			
B15	107	6.681	0	28.581	4.014	9.559	824.165	59.330	11	11			
B16	462	0	0	0	0	0	708	9.425		3			
B17	808	0	148	588	0	143	576	5.987		0,5			
B18	192	0	0	0	0	0	0	4.681		1,5			
B19	194	0	0	0	0	0	0	2.327		0,5			
B20	215	0	0	38	190	0	0	4.580		2			
B21	721	0	0	0	260	0	0	2.204					
B22	299	0	0	0	176	0	0	14.740		1,5			
B23	347	0	0	0	0	0	0	16.122		0,5			
B24	420	0	0	0	0	0	135	2.509		1			
B25	276	0	0	0	0	0	0	550					
B26	149	0	0	0	0	124	542	4.427		2			
B27	595	0	0	0	0	0	0	1.672					
B28	198	0	0	0	174	0	0	2.264		2			
B29	193	0	0	0	0	0	36	857		0,5			
B30	173	0	0	0	290	0	0	203					
B31	203	0	0	0	0	0	0	28.455		2			
B32	353	0	0	0	0	0	0	12.035		0,5			
B33	787	0	0	0	0	0	0	7.868		0,5			
B34	216	0	0	0	0	0	0	670					
B35	1.419	0	0	0	0	0	0	45.263		2			
B36	384	3.219	0	253	289	27.949	72.392	68.809	11	3,5			
B37	274	441	0	2.644	784	4.315	93.400	65.842	11	11			
B38	265	0	0	0	0	0	0	21.539		1,5			
B39	182	0	0	414	30	5.077	71.959	298.527	11	11			
B40	251	0	0	0	0	0	0	1.837					
B41	214	0	0	0	0	0	0	647					
B42	208	0	0	0	0	0	0	464					
B43	165	0	0	0	0	0	0	156					
B44	992	0	0	0	0	0	0	5.184					
B45	888	0	0	0	170	0	0	312					
B46	651	0	0	0	0	0	0	704					
B47	395	11.697	0	14.207	582.066	61.536	480.494	15.137	11	11			
B48	583	0	0	0	223	112	756	2.967		0,5			
B49	612	0	0	0	0	1.603	1.212	33.687		3,5			
B50	552	0	0	0	0	0	0	905					
B51	368	0	0	512	0	3.463	579	81.525		2			
B52	780	1.417	0	6.358	270	3.793	3.191	76.518	11	11			
B53	198	9.593	0	257	0	14.430	17.817	35.476	11	11			
B54	514	91	91	91	181	363	0	6.044		1,5			
B55	577	0	0	0	0	0	604	2.267					
B56	424	0	0	0	0	0	298	5.458		3,5			
B57	293	0	0	0	0	16.461	2.997	6.603	12	3			
B58	357	0	0	0	0	0	0	40.535		3,5			
B59	356	21.284	1.137	5.925	11.696	92.627	335.148	11.547	12	3,5			
B60	289	465	0	503	743	35.601	84.001	13.208	11	11			
B61	875	0	0	0	0	2.054	0	55.204		3,5			
B62	571	0	0	0	0	0	0	18.840		3,5			
B63	1.108	0	0	0	0	0	0	9.118		1			
B64	444	0	0	0	0	0	0	1.055					
B65	358	0	0	0	0	0	0	20.653		1			
B66	410	0	0	0	0	0	0	29.276		2			
B67	576	0	0	0	0	0	0	5.879					
B68	346	0	0	0	0	0	0	647					
B69	976	0	0	0	0	0	0	589					
B70	127	12.521	747	45.706	1.031	17.951	400.596	14.747	12	5			
B71	155	7.925	84	3.624	5.729	70.166	237.147	27.847	11	8			
B72	276	124	0	222	275	3.405	42.527	489.342	11	4			
B73	509	0	0	0	0	183	2.515	6.924	11	0,5			
B74	89	1.690	38	0	192	8.796	8.426	32.118	11	6			
B75	100	4.009	47	129	217	3.243	18.983	18.826	11	4			
B76	208	4.900	571	10.287	8.910	75.624	500.344	225.501	12	12			

BILAG 4

Plan. Oprensningsomfang
pesticider



N
1

Tegnforklaring

- Uførte boringer
- 4 m lokaliseringsboring 6" uforet
 - 9 m lokaliseringsboring 6" foret
 - 9 m filtersat boring 6" foret
- Voronoi areal - beregnet ud fra boringernes indbyrdes afstand
- Oprensningsareal fastlagt pga. udsivningsberegninger
- Oprensningsdybde (m u.t.)

Bilag 4

EP3 10 mg/kg

Plan oprensningsomfang
pesticider

Rev.: 1
Dato: 14-04-2021
Udarb.: KAO
Kontrol: HES
Sagsnr.: 10409136

NIRAS
Sortemosevej 19
3450 Allerød
www.niras.dk

Dato: 28-01-2018
Konst./Tegn: HGM
Kontrol: LRSB
Godk.: LRSB

RAMBOLL
Lysholt Allé 6
7100 Vejle
Tlf. 5161 1000
www.ramboll.dk

Sag 1100031616
Udg. 1
Mål 1:1000

Cheminovas gamle
fabriksgrund

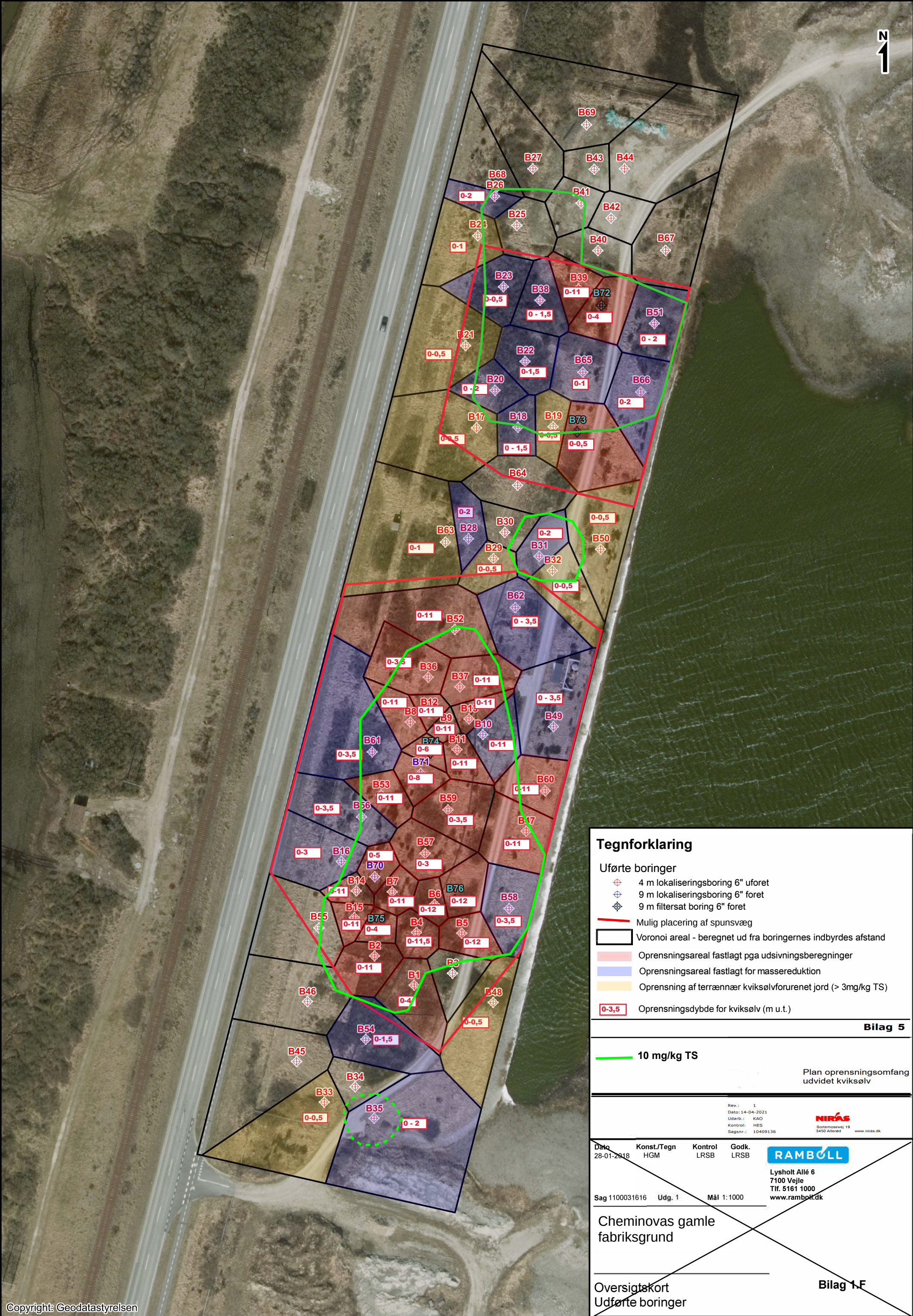
Oversigtskort
Udførte boringer

Bilag 1.F

Copyright: Geodatastyrelsen
Fil: Oversigt.wor

BILAG 5

Plan. Oprensningsomfang
kviksølv



Tegnforklaring

- Uførte boringer
- 4 m lokaliseringsboring 6" uforet
 - 9 m lokaliseringsboring 6" foret
 - 9 m filtersat boring 6" foret
- Mulig placering af spunsvej
- Voronoi areal - beregnet ud fra boringernes indbyrdes afstand
- Oprensningsareal fastlagt pga udsivningsberegninger
- Oprensningsareal fastlagt for massereduktion
- Oprensning af terrænnær kviksløvforurenet jord (> 3mg/kg TS)
- Oprensningsdybde for kviksløv (m u.t.)

Bilag 5

10 mg/kg TS

Plan oprensningsomfang
udvidet kviksløv

Rev.: 1
Dato: 14-04-2021
Udarb.: KAO
Kontrol: HES
Sagsnr.: 10409136

NIRAS
Sortemosevej 19
3450 Allerslev
www.niras.dk

Dato:
28-01-2018

Konst./Tegn
HGM

Kontrol
LRSB

Godk.
LRSB

RAMBOLL

Lysholt Allé 6
7100 Vejle
Tlf. 5161 1000
www.ramboll.dk

Sag 1100031616

Udg. 1

Mål 1:1000

Cheminovas gamle
fabriksgrund

Oversigtskort
Udførte boringer

Bilag 1.F

BILAG 6

Oversigtsplan ex-situ
termisk oprensning



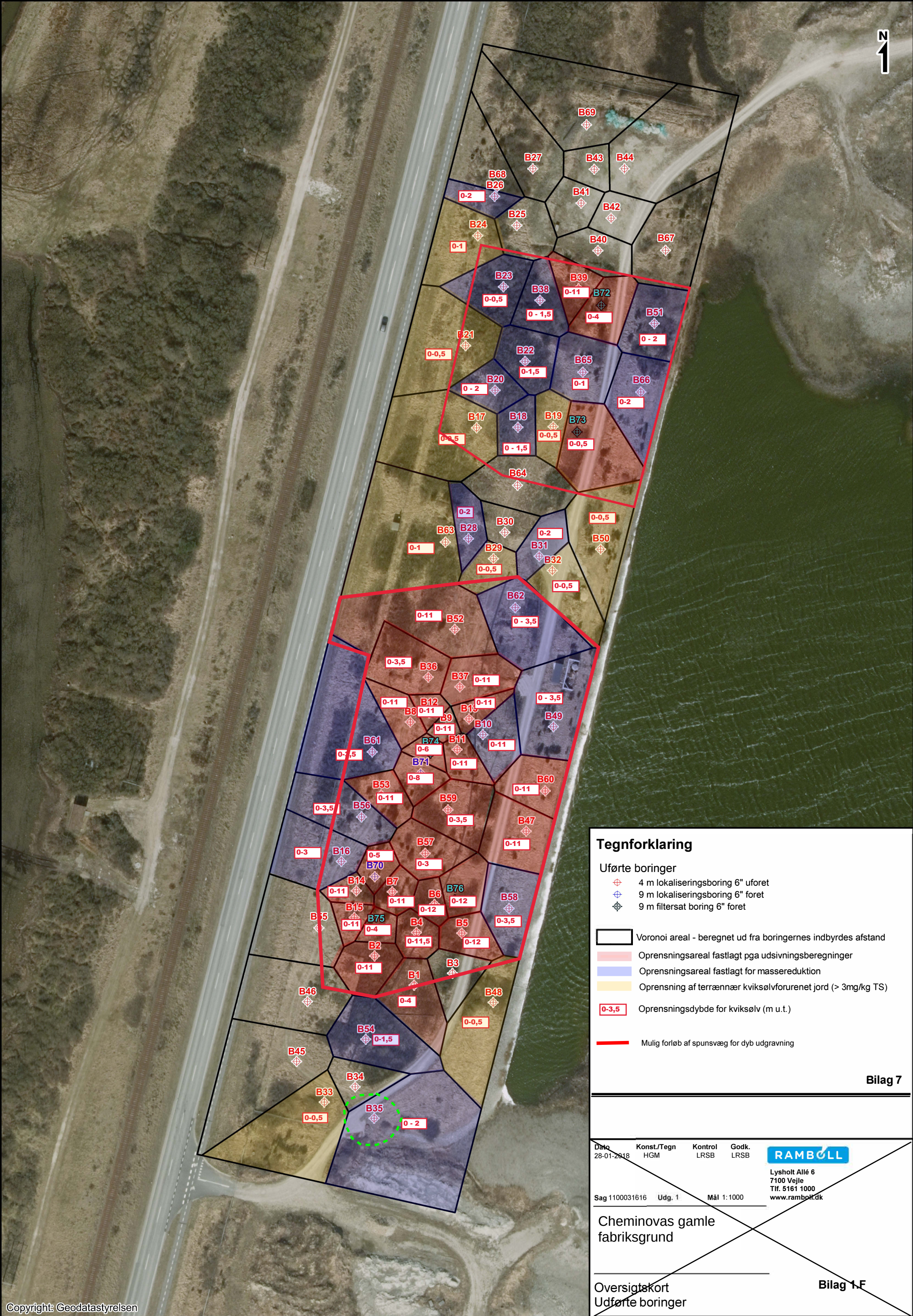
© SDFE

100m

	Den Gamle Fabriksgrund, Cheminova. Oversigtskort. Matrikelkort, potentielt oprensningsområde og rådighedsområde.	Tidspunkt: 19-02-2021 12:19:10 Udskrevet af: HES Målestoksforhold: 1:2000 Bilag 6
---	--	--

BILAG 7

Mulig placering af
spunsvæg, udgravning



Tegnforklaring

- Uførte boringer
- 4 m lokaliseringsboring 6" uforet
 - 9 m lokaliseringsboring 6" foret
 - 9 m filtersat boring 6" foret
- Voronoi areal - beregnet ud fra boringernes indbyrdes afstand
- Oprensningsareal fastlagt pga udsivningsberegninger
- Oprensningsareal fastlagt for massereduktion
- Oprensning af terrænnær kviksvølvforurenet jord (> 3mg/kg TS)
- Oprensningsdybde for kviksvølv (m u.t.)
- Mulig forløb af spunsvæg for dyb udgravning

Bilag 7

Date

28-01-2018

Konst./Tegn

HGM

Kontrol

LRSB

Godk.

LRSB

RAMBOLL

Lysholt Allé 6

7100 Vejle

Tlf. 5161 1000

www.ramboll.dk

Sag 1100031616

Udg. 1

Mål 1:1000

Cheminovas gamle
fabriksgrund

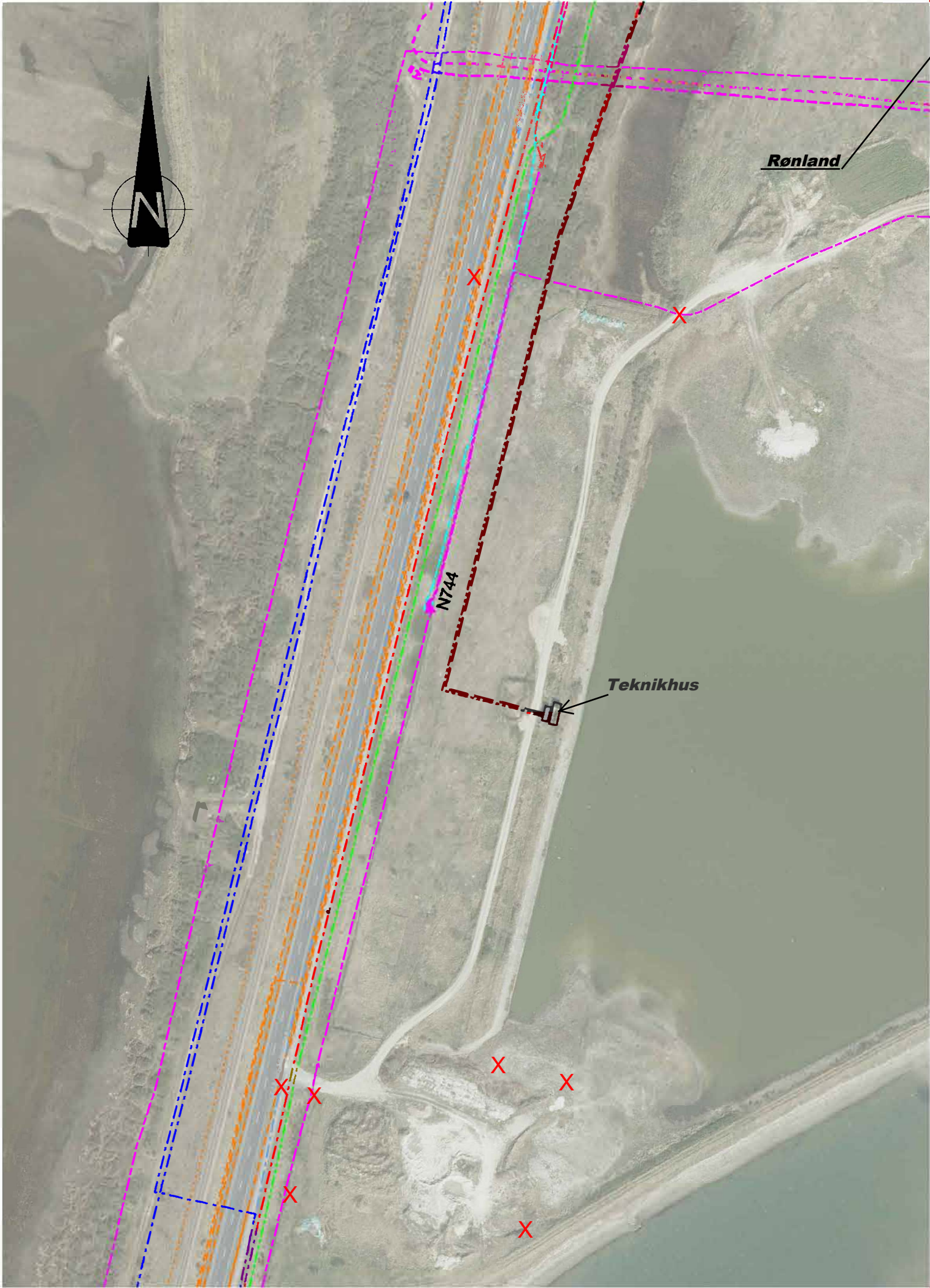
Oversigtskort
Udførte boringer

Bilag 1.F



TEGNING

F1_K10_H1_002



NOTE:

Koordinatsystem er i UTM32 Euref89

F1_K10_H1_002

SIGNATURER:

- Spildevandstrykledning, Cheminova
- Kabelrør, Cheminova
- Spildevandstrykledning, Lemvig Vand & Spildevand
- Vandledning, Lemvig Vand & Spildevand
- Foringsrør vand, Lemvig Vand & Spildevand
- Gasledning, Evida Nord
- Lavspænding 0,4 kV, NOE Net
- Mellemspænding 10 kV, NOE Net
- Højspænding 60 kV, Vestjyske Net
- Fiberkabel, Jysk Energi Fibernet
- Telefonkabel, TDC
- X

Hjørne af entrepriseområde

FORELØBIGT TRYK 2020.11.11

Udgave	Betegnelse/Revision	Dato	Udført	Kontrol	Godkendt
Sag:	Region Midtjylland Høfde 42 og Cheminovas gamle fabriksgrund	Projekt nr.:	10409136		
Emne:	Plan - Gl. Fabriksgrund. Ledningsanlæg langs Thyborønnen	Fase:			
		Tegn. nr.:			Rev.:
Dato:	Udf.: MSK	Kont.:	Godk.: HES	Skala: 1:2000	



Ove Gjeddes vej 35, 5220 Odense SØ

niras@niras.dk | +45 6312 1581