

The background of the entire page is a photograph of a long, straight stone pier extending from a sandy beach into the sea. The pier is constructed from large, dark, rectangular stone blocks. On the left side of the pier, a stone block has the number "42" painted on it in yellow. The sea is a deep blue-green color, and the sky is a clear, bright blue with a few wispy white clouds. The horizon line is visible in the distance.

Bæredygtig- hedsvurdering Notat 2.6

Bæredygtighedsvurdering af
oprensningsscenarier

REGION MIDTJYLLAND

31. MAJ 2021

Indhold

1	Forord	3
2	Indledning	4
3	Forudsætninger	4
4	Bæredygtighedsvurderingsmetoden	7
4.1	Hovedkriterier, underkriterier og tildeling af scorer	7
4.2	Successiv livscyklusscreening	7
4.2.1	Livscyklusmetode	7
4.2.2	Successiv beregningsproces	8
4.3	Gennemførelse af workshop	8
5	Inddata af værdier og scorer indenfor hoved- og underkriterier	9
5.1	Effekt	9
5.2	Økonomi	10
5.3	Tid	11
5.4	Miljø	12
5.5	Samfund	15
6	Samlede resultater	18
6.1	Diskussion af bæredygtighedsvurderingen	19
7	Referencer	19

BILAG

1. Bæredygtighedsværktøj udfyldt på baggrund af workshop den 6. maj 2021
 2. Kommentarer til værdisætning af kriterier
 3. Successiv livscyklusscreening
-

Projekt nr.: 10409136

Dokument nr.:

Version 0

Revision 1

Udarbejdet af KWE

Kontrolleret af MPC

Godkendt af KWE

1 Forord

I forbindelse med gennemførelse af afværgeforanstaltninger på to af Danmarks generationsforureninger – Høfde 42 og 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.

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

Med dette notat er der foretaget en overordnet kvalitativ bæredygtighedsvurdering af 3 alternative afværgemetoder for anvendelse på både Høfde 42 og Cheminovas gamle fabriksgrund. De aktuelle vurderinger tager afsæt forholdene ved Høfde 42. Afværgemetoderne omfatter:

- In situ termisk afvæрге
- Ex situ termisk afvæрге
- Ex situ jordvask

Bæredygtighedsvurderingen er baseret på Region Midtjyllands bæredygtighedsværktøj af 2015. For de tre metoder er der tillige gennemført lokalitetsspecifikke livscyklusscreeninger med henblik på at tilvejebringe et datagrundlag for hovedkriteriet Miljø.

3 Forudsætninger

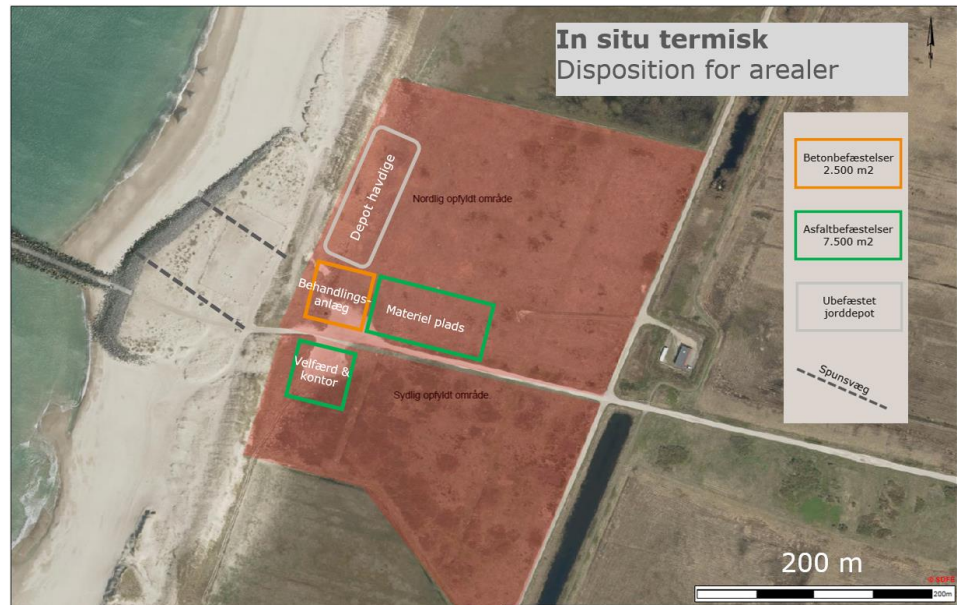
I vurderingen af projektets bæredygtighed indgår projektets fysiske omfang i hovedkriterierne Miljø og Samfund. Behovet for befæstede pladser og veje indebærer eksempelvis både et ressourceforbrug og anlægsarbejder til etablering og senere fjernelse ved projektets afslutning. Ligeledes har arealdisponeringen betydning for eksempelvis indgriben i de eksisterende omgivelser og gener for besøgende i området.

Som en forudsætning for den samlede bæredygtighedsvurdering af de 3 alternative afværgemetoder er der derfor antaget en arealdisponering og behov for etablering af asfaltbefæstede arbejdsveje og pladser samt betonbefæstede arbejdsområder, hvor der kan ske egentlig jordhåndtering eller opstilling af behandlingsanlæg.

Det antagede omfang fremgår af nedenstående Figur 3.1 - Figur 3.3. Fælles anlæg for metoderne omfatter:

- Jorddepot for en midlertidig flytning af havdiget (ubefæstet),
- Materialplads (50 m * 100 m, asfaltbefæstet),
- Plads for velfærdsforanstaltninger og kontor (50 m * 50 m, asfaltbefæstet),
- Spunsvægge for en sektionering af behandlingsområdet (200 m * 10 m dyb).

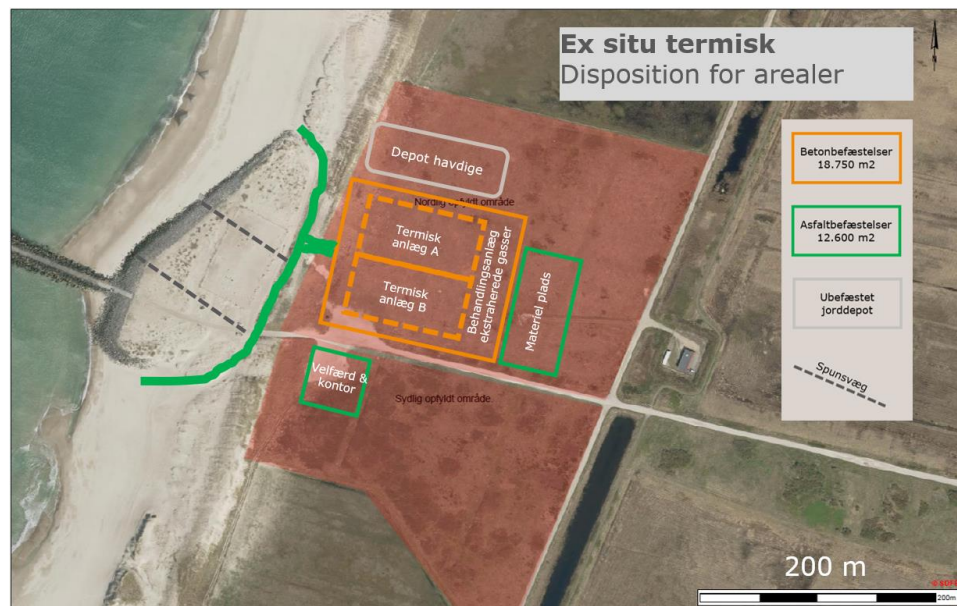
Figur 3.1: Antaget arealdisposition for in situ termisk behandling



For in situ termisk behandling jf. Figur 3.1 påregnes yderligere behov for:

- Plads til behandlingsanlæg for ekstraherede gasser (50 m * 50 m, betonbefæstet).

Figur 3.2: Antaget arealdisposition for ex situ termisk behandling



For ex situ termisk behandling jf. Figur 3.2 påregnes yderligere behov for:

- Plads for jordbehandlingsanlæg (125 m * 150 m, betonbefæstet),
- To kamre (Termiske anlæg A og B) for den termiske behandling hver på 50 m * 100 m og en væghøjde på 4 m. Etableret i jernbeton,

Anlæg for ekstraherede gasser mv. placeres på betonbefæstelsen umiddelbart øst for de to kamre for den termiske behandling.

Figur 3.3: Antaget arealdisposition for ex situ jordvask



For ex situ jordvask påregnes en periodisk opgravning fra Høfde 42 deponiområdet, hvor den opgravede jord placeres i et mellemdepot for uren jord. Herfra fødes jordvaskanlægget kontinuert. Efter jordvaskanlægget placeres den rensede jord i et mellemdepot for ren jord. Periodisk transporteres den rensede jord til Høfde 42 området hvor den rensede jord genindbygges i en sektion separeret fra den urensede jord i deponiet.

Der påregnes således yderligere behov for:

- Plads for mellemdeponering af uren jord (75 m * 75 m, betonbefæstet)
- Plads for jordvask anlæg (75 m * 75 m, betonbefæstet)
- Plads for mellemdeponering af ren jord (75 m * 75 m, betonbefæstet).

Det understreges, at de gjorte forudsætninger repræsenterer et pragmatisk skøn og således ikke er et udtryk for gennemtænkte projektplaner eller ønsker til projektet udformning fra Region Midtjylland.

4 Bæredygtighedsvurderingsmetoden

Formålet med de alternative afværgeløsninger for kemikaliedepotet ved Høfde 42 er at beskytte Vesterhavet mod udsivning af toksiske stoffer fra depotet. Dertil kommer afledte effekter som massefjernelse, færre gener for besøgende i området mv., som også indgår i den samlede bæredygtighedsvurdering.

Bæredygtighedsvurderingen er baseret på et Bæredygtighedsværktøj, der er udviklet af DTU Miljø for Region Midtjylland i 2015 /ref. 1 og 2/. Med værktøjet er det muligt at lave en sammenlignende vurdering af flere afværgemetoders bæredygtighed.

4.1 Hovedkriterier, underkriterier og tildeling af scorer

Metoden er opbygget som en multikriterievurderingsmetode, der inddrager følgende hovedkriterier:

- Effekt - effekt af afværge,
- Økonomi - omkostninger af afværge,
- Tid - tidshorisont for afværge.

Og de afledte påvirkninger som følge af projektets gennemførelse på

- Miljø og
- Samfund.

Hovedkriterierne er inddelt i en række underkriterier. På baggrund af en vurdering af metodernes præstation for både hoved- og underkriterier, samt en vægtning af kriteriernes vigtighed, beregnes en samlet bæredygtighedsscore for hver løsning. Ved at sammenligne de opnåede scorer kan bæredygtigheden af løsningerne sammenlignes relativt til hinanden.

Resultatet siger dermed kun noget om løsningernes relative bæredygtighed og kan ikke bruges til at sige, om en given løsning er bæredygtig i absolut forstand. Værktøjet kan benyttes til at sammenligne bæredygtigheden af afværgeløsninger for en forurennet lokalitet, hvor der allerede er truffet beslutning om, at der skal ske afværge.

4.2 Successiv livscyklusscreening

4.2.1 Livscyklusmetode

Som udgangspunkt foreskriver hovedkriteriet Miljø anvendelse af RemS (multikriterieværktøj fra 2010, der inkluderer et forenklet LCA-værktøj dedikeret til vurdering af afværgeprojekter) i forbindelse med metodernes livscyklusscreening. RemS bygger på EDIP 97 LCA-metoden og benytter inddataskabeloner for en række velkendte afværgeteknikker, hvor forbruget af materialer, energi, transport mv. er forud defineret for et "standard" projekt. Ved brugen af RemS fremkommer projektspecifikke inddata ved en skalering i forhold til det aktuelle afværgeprojektets omfang, fx som en funktion af oprensningens volumen, -dybde mv. RemS indeholder imidlertid ikke skabeloner for de aktuelle afværgemetoder ex-situ termisk oprensning og jordvask. RemS har derfor ikke kunnet anvendes i den aktuelle livscyklusvurdering.

Aktuelt er livscyklusscreeningen baseret på EDIP 2003 LCA-metoden ved anvendelse af standard LCA-værktøjet SimaPro med de generelt senest opdaterede Eco-invent enhedsprocesser (typisk 2014). Dokumentation for den udførte livscyklusscreening er vedlagt i Bilag 3.

Med EDIP 2003 metoden er normaliseringsreferencer for emissioner i forhold til en gennemsnitpersons påvirkninger i dag således relativt gamle. Dette har størst betydning for anvendelsen af elektricitet, idet produktionsmetoden har ændret sig væsentligt i retning af mere vedvarende energi i de senere år. Specifikt for forbrug af elektricitet er der derfor foretaget en opdatering af enhedsprocessen svarende til år 2019. Der er redegjort nøjere herfor i Bilag 3, Appendix 1.

4.2.2 Successiv beregningsproces

Som følge af, at der ikke foreligger konkrete projektplaner er der som grundlag for den samlede bæredygtighedsvurdering og for livscyklusscreeningen i særdeleshed gjort en række antagelser om projekternes fysiske udformning, omfang af entreprenørmaskiners arbejder samt forbrug af elektricitet og kemikalier mv.

I takt med at der opnås konkret viden om projektudformning vil det være muligt at foretage opdateringer af livscyklusvurderingerne efterhånden som datagrundlaget udvikles – i det følgende omtalt som *successiv livscyklusvurdering*. Datagrundlaget vil således udvikle sig fra skøn baseret på metodekendskab og forventninger til afværgeprojektets omfang til nøjere estimerer baseret på detailundersøgelser, fastlæggelse af afværgestrategi og acceptkriterier samt projekteringen af projektets anlægstekniske gennemførelse.

En sådan proces vil kunne understøtte en optimering af det samlede projekt i relation til minimering af ressourceforbrug og de afledte påvirkninger fra projektets gennemførelse.

4.3 Gennemførelse af workshop

Der er gennemført en workshop den 6. maj 2021 med deltagelse af repræsentanter fra Region Midtjylland, Rambøll og NIRAS. Som grundlag for workshoppen havde NIRAS udarbejdet et udkast til bæredygtighedsvurdering.

Workshoppen omfattede dels en gennemgang og diskussion af grundlaget for den konkrete bæredygtighedsvurdering, dels fastlæggelse af vægtningsfaktorer. Dertil blev den aktuelt anvendte metode for livscyklusscreening præsenteret.

Fastlagte vægtningsfaktorer fremgår af bæredygtighedsværktøjet, der er vedlagt i Bilag 1. Referencer for inddata og kortfattede argumenter for valg af vægtningsfaktorer mv. fremgår af tabeller i Bilag 2. Bilag 1 og 2 kan således betragtes som et beslutningsreferat fra workshoppen.

Efter workshoppen har NIRAS gennemført en opdatering af inddata til bæredygtighedsværktøjet, herunder den gennemførte livscyklusscreening. I forbindelse hermed er der i højere grad medtaget antagede processer for jordvask samt ekstern forbrænding af restmængder af jord/sedimenter, der ikke kan renses on-site. Endelig er det aktuelle notat udarbejdet på baggrund af den gennemførte workshop.

5 Inddata af værdier og scorer indenfor hoved- og underkriterier

Nedenstående tabeller gengiver inddata i form af tildelte værdier samt scorer i forbindelse med vægtningen dels af den indbyrdes vigtighed mellem hovedkriterierne, dels mellem underkriterierne indenfor Miljø og Samfund, jf. Bilag 1.

For detaljerede kommentarer til tildelte værdier henvises til oversigtstabeller i Bilag 2.

5.1 Effekt

Indenfor hovedkriteriet Effekt er det valgt at anvende tre underkategorier, nemlig effekten i forhold til, at:

- hindre udsivning til Vesterhavet
- reducere forureningsmassen i deponiet og
- reducere risici i forhold til arealanvendelsen.

Hver af disse underkategorier er vurderet i forhold til effekten for henholdsvis pesticider og kviksølv. Disse underkategorier vægtes indbyrdes lige.

Tabel 5.1: Tildelte værdier for reduktion af:

- Masseflux til havet
- Masse i jordmiljø
- Koncentration i forhold til arealanvendelse

		A1 In situ termisk	A2 Ex situ termisk	A3 Ex situ jordvask
	Reduktion	Værdi	Værdi	Værdi
Udsivning til havet - pesticider	Masseflux	99%	99%	95%
Udsivning til havet - kviksølv	Masseflux	99%	99%	99%
Jordmiljø - pesticider	Masse	99%	99%	95%
Jordmiljø - kviksølv	Masse	95%	99%	99%
Arealanvendelse - pesticider	Koncentration	99%	99%	95%
Arealanvendelse - kviksølv	Koncentration	99%	99%	99%

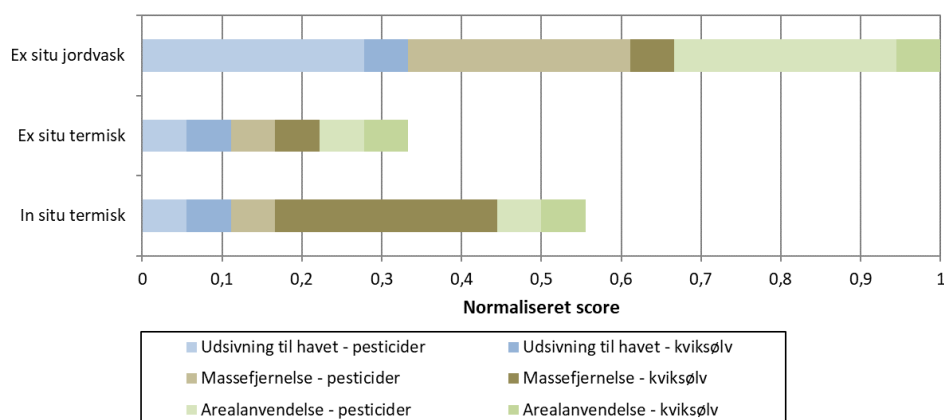
100%: Angiver fuldstændig reduktion/fjernelse

0%: Angiver ingen reduktion/fjernelse

Der forventes generelt en høj effektivitet ved både in situ og ex situ termisk oprensning. For in situ påregnes dog en lidt mindre sikkerhed for massefjernelse hvad angår oprensning af kviksølv. Dette vurderes dog ikke kritisk i forhold til udsivning til Vesterhavet.

For ex situ jordvask opereres med tre fraktioner; Over-size fraktionen, hvor renseeffektiviteten er ukendt, sandfraktionen hvor der jf. pilotforsøg MOPS forventes en effekt >95%, samt en slamfraktion 100%, hvor der ved ekstern termisk behandling forventes en effektivitet på 100%. Sammenfattende for de 3 fraktioner påregnes en effektivitet på 95% for alle 3 underkategorier.

Figur 5.1: Normaliserede scorer for Effekt



De normaliserede scorer for Effekt fremgår af Figur 5.1, idet den laveste score repræsenterer den højeste effektivitet. Ex situ termisk opnår den laveste score og vurderes samlet at have den højeste effektivitet. Samtidig bemærkes at selv en betydelig ulige vægtning ikke vil ændre på denne rangfølge.

5.2 Økonomi

Hovedkriteriet Økonomi er opdelt i tre underkriterier. Udover de vurderede anlægsomkostninger til etablering, drift, monitoring og afvikling indgår desuden underkriterierne "Teknisk usikkerhed" og "Modenhed af teknik".

Tabel 5.2: Specifikation af teknisk usikkerhed og modenhed af teknik kapitaliseret som et procenttilæg til anlægsomkostningen.

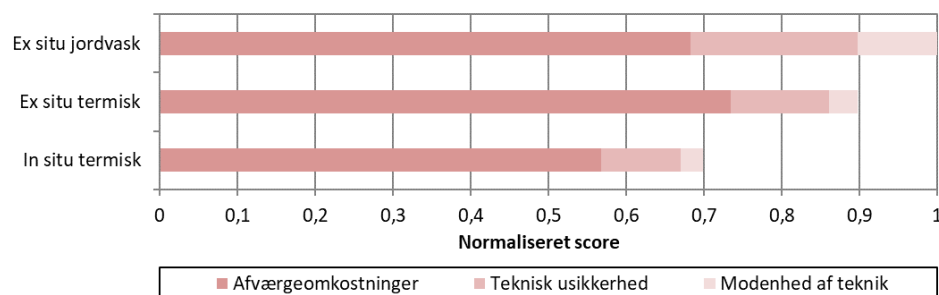
	A1 In situ termisk [Score/%-tillæg]	A2 Ex situ termisk [Score/%-tillæg]	A3 Ex situ jordvask [Score/%-tillæg]
Teknisk usikkerhed	2,7/18%	2,6/17%	4,2/32%
Modenhed af teknik	2,0/5%	2,0/5%	4,0/15%

Teknisk usikkerhed afspejler usikkerheden i afværgemetodens effekt og forløb. Hvor sikre er vi på at opnå den ønskede effekt indenfor den afsatte tid og de budgetterede omkostninger? Den tekniske usikkerhed vurderes på en skala fra 1-5, hvor 1 angiver, at der ingen nævneværdig usikkerhed er, mens 5 angiver, at der er en meget stor teknisk usikkerhed. Denne usikkerhed omregnes til en procentvis ekstra omkostning (fra 0 til 50% ekstra omkostninger). For in situ og ex situ termisk vurderes usikkerhedsniveau til lavt – moderat, der kapitaliseres til en meromkostning på henholdsvis 18% og 17%. For ex situ jordvask er der vurderet en stor teknisk usikkerhed, der er kapitaliseret til en meromkostning på 32%.

Modenhed af teknikken afspejler, hvor klar den enkelte teknik er til implementering, herunder om der inden igangsættelse er behov for yderligere undersøgelser, treatability tests, pilottests osv. Modenheden vurderes på en skala fra 1-5, hvor 1 angiver meget stor modenhed og 5 angiver meget lav modenhed. Den tekniske modenhed omregnes ligeledes til en procentvis ekstra omkostning (fra 0 til 20% ekstra omkostninger). For in situ og ex situ termisk vurderes modenheden høj, hvilket kapitaliseres til en meromkostning på 5%. For ex situ jordvask er modenheden vurderet lav, hvilket giver en kapitaliseret meromkostning på 15%.

Der er tidligere udarbejdet estimater for de samlede oprensningssomkostninger for de tre alternative afværgemetoder, /ref. 4/. Forudsætninger hvad angår oprensningens omfang er dog ændret, men den relative forskel metoderne imellem vurderes dog tilnærmelsesvis uændret. På den baggrund er afværgeomkostningerne medtaget som normerede værdier hvor ex situ termisk og in situ termisk er billigst, jf. Figur 5.2.

Figur 5.2: Normaliserede scorer for Økonomi



Den samlede økonomi med tillæg for teknisk usikkerhed og modenhed af teknik fremgår som normaliserede scorer af Figur 5.2, idet den laveste score repræsenterer den laveste omkostning. Som nævnt vurderes in situ termisk at indebære den laveste økonomiske omkostning. Samtidig bemærkes det, at selv betydelige ændrede scorer på teknisk usikkerhed og modenhed af teknik ikke vil kunne ændre på rangfølgen.

5.3 Tid

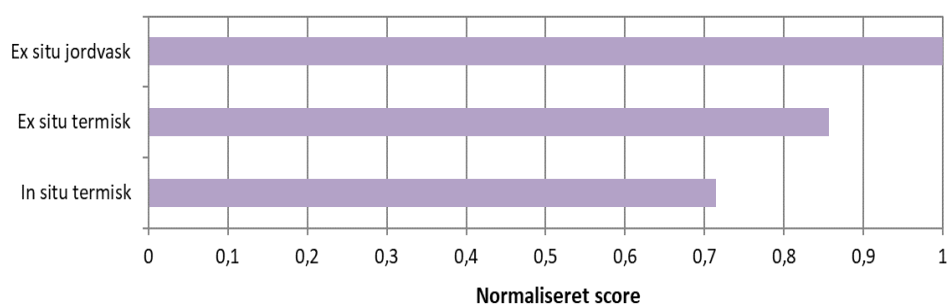
Hovedkriteriet Tid omfatter følgende faser; Planlægning og udbud, projektering, forberedende arbejder og etablering, drift af afværgeanlæg samt afvikling og efterkontrol.

Tabel 5.3: Vurdering af tidsforbrug til projektering, etablering, drift samt afvikling og efterkontrol.

	A1 In situ termisk [År]	A2 Ex situ termisk [År]	A3 Ex situ jordvask [År]
Tidsforbrug	5	6	7

Det samlede tidsforbrug er estimeret til 5 à 7 år, hvor in situ termisk forventes at kunne gennemføres hurtigst, mens ex situ jordvask er estimeret til 7 år.

Figur 5.3: Normaliserede scorer for Tid



Forskellen i tidsforbrug afspejles i de normaliserede scorer som fremgår af Tabel 5.3. Det bemærkes, at i forbindelse med den overordnede vægtning mellem hovedkriterierne tillægges tidsforbruget en vægt på 0, hvorfor forskellen i tidsforbrug ikke får betydning for den samlede vurdering. Såfremt tid alligevel tillægges en vægt vil in situ termisk opnå den bedste (laveste) score.

5.4 Miljø

Hovedkriteriet miljø repræsenterer påvirkning på miljøet, som er forårsaget af den pågældende afværgemetode.

De fleste af disse afledte miljøpåvirkninger opgøres ved en overordnet livscyklusvurdering (LCA). I livscyklusvurderingen inddrages alle miljøpåvirkninger og resourceforbrug fra udvinding af råstoffer til endelig affaldsbehandling. Livscyklusvurderingen er afrapporteret i Bilag 3.

De fem underkriterier indenfor hovedkriteriet Miljø er kort beskrevet herunder:

- Emissioner til luft og vand: Samlebetegnelse for udledning af drivhusgasser, forsurende forbindelser, næringssalte til vandmiljø opgjort som N og P (eutrofikering) samt fotokemisk ozondannelse grundet udledning af uforbrændte organiske forbindelser. (Opgjort ved LCA, se Bilag 3)
- Økotoksicitet: Udledning af kemikalier til vand og jord, som er giftige for dyr og planter. Aktuelt er anvendt sum af "vand akut", "vand kronisk" og "jord kronisk". (Opgjort ved LCA, se Bilag 3)
- Affald: Affaldsprodukter fra udvinding af råstoffer, produktion af energi og materialer samt aktuelt også slagter fra afbrænding af forurenede jord. (Opgjort ved LCA, se Bilag 3)
- Ressourceforbrug: Dette omfatter brugen af energiresourcer, metaller og mineralske ressourcer. (Opgøres som én aggregeret værdi ved LCA, se Bilag 3)
- Jordkvalitet efter behandling: Løsningsmetodens biogeokemiske påvirkning af den lokale jordkvalitet samt påvirkningen af forholdene for det terrestriske miljø (dyr og planter). Der er for begge typer af påvirkning tale om en kvalitativ vurdering på en skala fra 1-5.

De beregnede afledte miljøpåvirkninger fra projektets gennemførelse for ovenstående kategorier er sammenstillet i Tabel 5.4. Påvirkninger baseret på LCA beregninger er normaliserede i forhold til en gennemsnitpersons årlige påvirkninger (personækvivalenter). De tildelte scorer for påvirkning af jordkvalitet er sammenstillet i Tabel 5.5.

De enkelte parametre kan sammenlignes indbyrdes mellem afværgemetoderne. Men forskellen mellem parametre kan ikke umiddelbart sammenlignes, idet effekterne på miljøet – og dermed alvorligheden – ikke er sammenlignelige.

De væsentligste rapporterede parametre vurderes at omfatte følgende klima- og miljøparametre:

- Drivhuseffekt (Global Warming Potential – GWP)
- Forsuring (Acidification)
- Næringssaltbelastning i vandmiljøet (Eutrophication, vand N og P)

Tabel 5.4: Afledte negative miljøpåvirkninger fra projektets gennemførelse.

Beregninger er baseret på livscyklusscreening – se også Bilag 3.

	A1 In situ termisk [PE]	A2 Ex situ termisk [PE]	A3 Ex situ jordvask [PE]
Emissioner til luft og vand			
Drivhuseffekt	1.755	2.148	1.472
Forsuring	1.895	2.448	2.963
Eutrofiering, vand, N	744	903	1.428
Eutrofiering, vand, P	11.846	16.062	14.231
Fotokemisk ozondannelse	2.341	3.008	3.238
Økotoksicitet	44.657	47.282	15.172
Affald	4.264	6.363	7.170
Forbrug af ressourcer	3.660	5.517	3.339

PE – Person ækvivalenter (gennemsnitlig emission/forbrug pr. person)

Drivhuseffekten repræsenterer bidraget til den globale opvarmning fra udslip af en række klimagasser (CO₂, CH₄, NO_x mv.) og anses for overordentlig vigtig i global sammenhæng. Forsuring og næringssaltbelastning er vigtige miljøindikatorer af lokal og regional betydning og har særlig stor bevågenheden i de nordiske farvande og søer. Dette uagtet, at påvirkningen primært vil være knyttet til produktionsstedet, hvilket er diskuteret yderligere i Appendix A.

For de termiske teknikker er det primært elektricitetsforbruget, der bidrager til påvirkninger generelt. Elektricitetsforbruget ved de termiske metoder er således estimeret til ca. 100 GWh, mens det for ex situ jordvask er estimeret til ca. 2 GWh. Som anført i Bilag 3, Appendix 1 er der foretaget en opdatering af enhedsprocessen for elektricitetsforbrug, hvad angår bidraget til drivhuseffekten. Grundet manglende data er der ikke foretaget en tilsvarende opdatering for de øvrige påvirkninger på mennesker, miljø, ressourceforbrug og affald. Erfaringsmæssigt ændrer disse sig imidlertid tilnærmelsesvis proportionalt med drivhuseffekten. På den baggrund vurderes det, at påvirkningen ved de termiske metoder reelt er ca. halvdelen af de i Tabel 5.4 beregnede værdier for alle parametre eksklusiv drivhuseffekt (som er opdateret til 2019 niveau). En tilsvarende overestimering forventes ikke ved ex situ jordvask da elektricitetsforbruget er betydeligt lavere.

For ex situ jordvask er påvirkninger generelt primært knyttet til det antagede behov for ekstern forbrænding af jord (5% af jordmængden) samt det antagede forbrug af kemikalier (svovlsyre og natriumhydroxid). Beregningsmæssigt er der for forbrænding af jord anvendt en enhedsproces for forbrænding af flyveaske og scrubber slam (farligt affald), som en tilnærmet erstatningsproces (proxy) for forbrænding af forurennet jord. Dels er varmekapacitet - og dermed energiforbrug ved forbrænding - af samme størrelse, dels er brændværdien tilnærmelsesvis 0 for begge materialer.

Tabel 5.5: Vurderet jordkvalitet efter oprensning

	A1 In situ termisk [Score]	A2 Ex situ termisk [Score]	A3 Ex situ jordvask [Score]
Biogeokemisk påvirkning af oprenset jord/grundvand	4	5	5
Påvirkning af terrestrisk miljø på oprenset lokalitet	2	4	3

Scorer er på en skala 1 – 5, hvor 1 er ingen nævneværdig påvirkning og 5 er meget stor negativ påvirkning.

Vurderingen af jordkvalitet efter oprensning fremgår af Tabel 5.5. Oprensningsområdet udgør et strandareal, mens diverse pladser for materieloplag og jordbehandling mv. forudsættes placeret på arealet Cheminovahullet. Den vurderede jordkvalitet er baseret dels på det forhold, at strandområdet i sig selv har et begrænset terrestrisk miljø, der må forventes hurtigt at gendannes, dels størrelsen af de delarealer, der inddrages og hvor overjorden midlertidigt afrømmes. For kommentarer til scoringer henvises til Bilag 2.

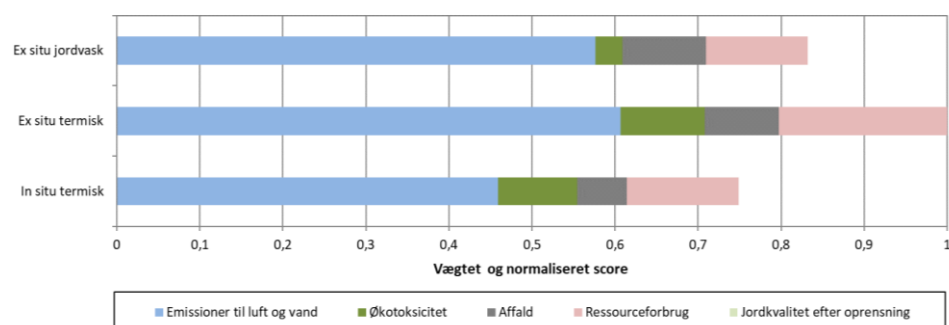
Ud over normaliseringen af påvirkningerne er der også foretaget en indbyrdes vægtning af underkriterierne. Den valgte vægtning og baggrunden herfor fremgår af Tabel 5.6.

Tabel 5.6: Vægtning af underkriterier for hovedkriteriet Miljø

Underkriterier	Vægt	Baggrund for vægtning
Emissioner til luft og vand	0,6	Omfatter drivhuseffekt (global påvirkning) samt forsurening og næringssaltbelastning af vandmiljø (regionale påvirkninger). Høj vægt.
Økotoxicitet	0,1	Omfatter aggregering af "vand akut", "vand kronisk" og "jord kronisk" (regionale påvirkninger). Lav vægt.
Affald	0,1	Omfatter aggregering af "fast affald", "farligt affald", "radioaktivt affald" og "slagge/aske" (regionale påvirkninger). Lav vægt.
Ressourceforbrug	0,2	Omfatter én aggregeret værdi for ressourceforbrug (global påvirkning). Moderat vægt.
Jordkvalitet efter oprensning	0,0	Strandområde med begrænset terrestrisk miljø og græsarealer (Cheminovahullet), der hurtigt gendannes. Ingen vægt.

På baggrund af ovenstående fremgår de vægtede og normaliserede scorer for hovedkriteriet Miljø af Figur 5.4.

Figur 5.4: Vægtede og normaliserede scorer for hovedkriteriet Miljø.



De tre alternative afværgemetoder har tilsyneladende relativt ensartede scorer mellem 0,75 og 1,0. Ydermere bemærkes det, at emissionerne til luft og vand udgør den klart største andel af scorerne, hvilket hænger sammen med den høje vægtning på 0,6.

In situ termisk har den laveste score og dermed det regningsmæssigt bedste miljøprofil. Det bemærkes, at datagrundet for ex situ jordvask ikke er belyst i samme grad som de in situ og ex situ termiske metoder. Det er dog medtaget groft estimerede inddata for energi- og materialeforbrug, men som må anses behæftet med stor usikkerhed både hvad angår brugen af kemikalier og kvantificeringen af energiforbrug.

Det vurderes overvejende sandsynligt, at in situ termisk selv ved en ændret vægtning vil opnå den bedste (laveste) scoring. Udfaldet af rangordenen vil formentlig kun kunne ændre sig mellem ex situ termisk og ex situ jordvask såfremt ex situ jordvask viser sig mere miljøbelastende end antaget.

Det bemærkes, at underkriteriet "Jordkvalitet efter oprensning" aktuelt ikke tillægges nogen vægt, hvorfor dette kriterie ikke får betydning for den samlede vurdering.

5.5 Samfund

Hovedkriteriet Samfund dækker over en påvirkninger, der i høj grad sker i lokalområdet ved Høfde 42. Disse påvirkninger vurderes på en skala fra 1-5, hvor 1 betegner en lille påvirkning og 5 betegner en høj påvirkning. Derudover inkluderer det sundhedspåvirkninger relateret til humantoksiske udledninger fra hele livscyklus af afværgemetoden (se Figur 5.2 i Bilag 3).

De fem underkriterier indenfor hovedkriteriet Samfund omfatter:

- Gener for beboere/naboer/nabolag: Støj, vibrationer, støv, tung trafik, fysiske gener og æstetisk gener grundet installationer). Opgøres på en skala fra 1-5.
- Påvirkning af arealanvendelse: Restriktioner i tilknytning til oprensningsområdet fx. badning og fiskeri, færdsel på området under og efter behandling samt gener oplevet under behandling (støj, støv mv.). Opgøres på en skala fra 1-5.
- Sundhedseffekter: Udledning af kemikalier, der er toksiske overfor mennesker (Opgjort ved LCA, se Bilag 3)
- Arbejdsmiljørisici: Graden af arbejdsmiljømæssige risici under håndteringen af forureningen ved Høfde 42 både på lokaliteten, under transport og ved behandling af jord. Opgøres på en skala fra 1-5.
- Kultur og omdømme: Løsningsmetodens påvirkning af landskabstyper/kulturminder samt områdets renommé i forhold til beboere, tilflyttere og turister. Opgøres på en skala fra 1-5.

De tildelte scorer for samfundspåvirkninger fra projektets gennemførelse for ovenstående kategorier er sammenstillet i Tabel 5.7.

Tabel 5.7: Afledte negative påvirkninger af samfundet fra projektets gennemførelse.

		A1 In situ termisk [Score]	A2 Ex situ termisk [Score]	A3 Ex situ jordvask [Score]
Gener for beboere/naboer				
	Tidsramme for afværgelse, jf. afsnit 5.3	(5 år)	(6 år)	(7 år)
	Grad af gener - afværgelse	1	2	3
Påvirkning af arealanvendelse				
	Under afværgelse	3	5	4
	Efter afværgelse	1	1	1
Arbejdsmiljø		2,5	4	5
Kultur og omdømme				
	Påvirkning af landskabstyper/kulturminder	1	3	2
	Påvirkning af renommé af område	1	2	2

Scorer er på en skala 1 – 5, hvor 1 er ingen nævneværdig påvirkning og 5 er meget stor negativ påvirkning. For påvirkning af renommé svarer 1 til meget stor positiv påvirkning og 5 til ingen nævneværdig positiv påvirkning.

I Tabel 5.8 er sundhedseffekterne udtrykt som humantoksiske påvirkninger baseret på LCA beregninger gengivet normaliserede i forhold til en gennemsnitpersons årlige påvirkninger (personækvivalenter).

Tabel 5.8: Afledte negative påvirkninger af menneskers sundhed fra projektets gennemførelse.

Beregninger er baseret på livscyklusscreening – se også Bilag 3.

	A1 In situ termisk [PE]	A2 Ex situ termisk [PE]	A3 Ex situ jordvask [PE]
Humantoksicitet, via luft	1.406	1.708	1.464

PE – Person ækvivalenter (gennemsnitlig emission/forbrug pr. person)

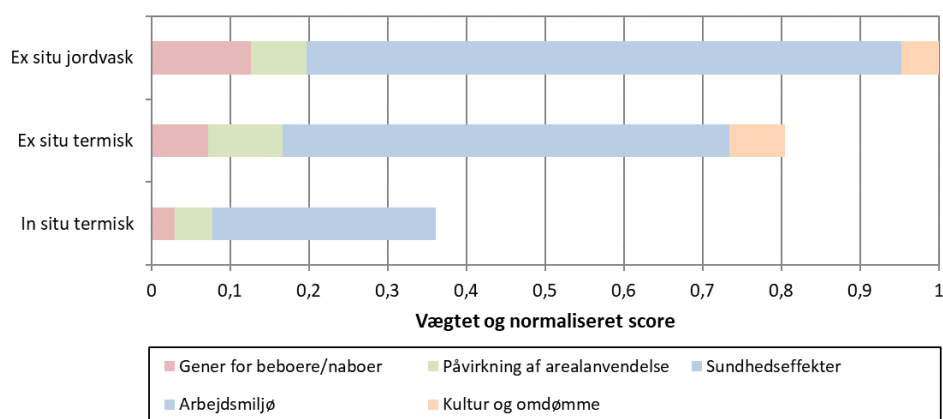
Underkriterierne er tillige vægtet indbyrdes. Den valgte vægtning og baggrunden herfor fremgår af Tabel 5.9.

Tabel 5.9: Vægtning af underkriterier for Samfund

Underkriterier	Vægt	Baggrund for vægtning
Gener for beboere/naboer	0,10	Der er ikke beboere i nærområdet, men der vil være gener for turisters adgang til strand og bagland, da adgangsvejen lukkes for offentlig adgang.
Påvirkning af arealanvendelse	0,15	Omfatter den fysiske ændring af nærområdet som følge af anlæg af befæstede veje, pladser mv. herunder regulering af terræn, etablering af befæstelser, afvanding mv.
Sundhedseffekter	0,00	Kriteriet knytter sig til humantoksicitet baseret på LCA. Det er således regningsmæssige globale/europæiske/nationale betragtninger primært knyttet til emissioner fra produktionen af energi og materialer, der forbruges i projektet.
Arbejdsmiljø	0,60	Arbejdsmiljø tillægges relativt stor betydning, idet der er tale om særligt farlige stoffer og lang varighed af arbejdet.
Kultur og omdømme	0,15	Påvirkning af landskabstyper/kulturminder samt renommé.

På baggrund af ovenstående fremgår de vægtede og normaliserede scorer for hovedkriteriet Samfund af Figur 5.5.

Figur 5.5: Vægtede og normaliserede scorer for hovedkriteriet Samfund.



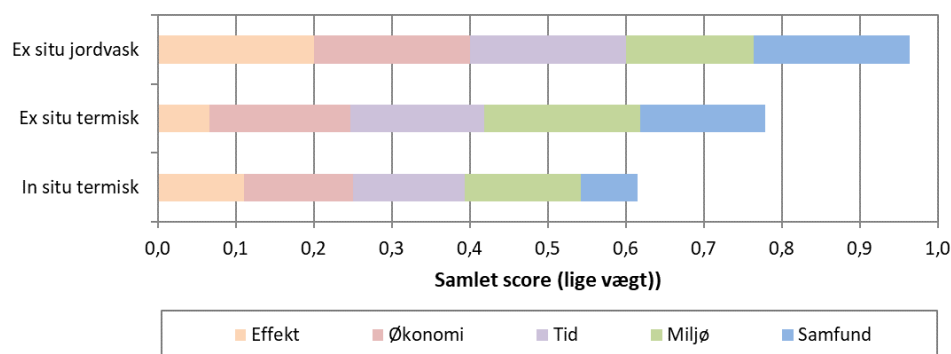
Der er relativt stor forskel på de opnåede scorer for de tre alternative afværgemetoder. Ydermere bemærkes det, at underkriteriet Arbejdsmiljø udgør den klart største andel af scorerne, hvilket hænger sammen med den høje vægtning på 0,6.

In situ termisk har den klart laveste score på 0,36 og dermed den regningsmæssigt bedste profil i relation til påvirkningerne på samfundet. Det vurderes, at selv større ændringer i vægtningen ikke vil kunne ændre rangordenen eller det absolute resultatet væsentligt.

6 Samlede resultater

Afværgemetodernes totale scorer udregnet som summen af de normaliserede scorer for hver af hovedkriterierne Miljø, Samfund, Økonomi, Effekt og Tid er vist i Figur 6.1 under antagelse af, at de fem hovedkriterier vægtes lige højt.

Figur 6.1: Scorer for den samlede bæredygtighed ved lige vægt af hovedkriterier



Ved en lige vægt af hovedkriterierne opnår in situ rensning den bedste (laveste) score på 0,62 mens ex situ termisk opnår 0,78 og ex situ jordvask 0,97.

Hovedkriterierne er i tillæg hertil vægtet indbyrdes som anført i Tabel 6.1. Det fremgår heraf, at Effekt og Økonomi samlet set vægtes med 0,70, hvorfor disse hovedkriterier har stor betydning.

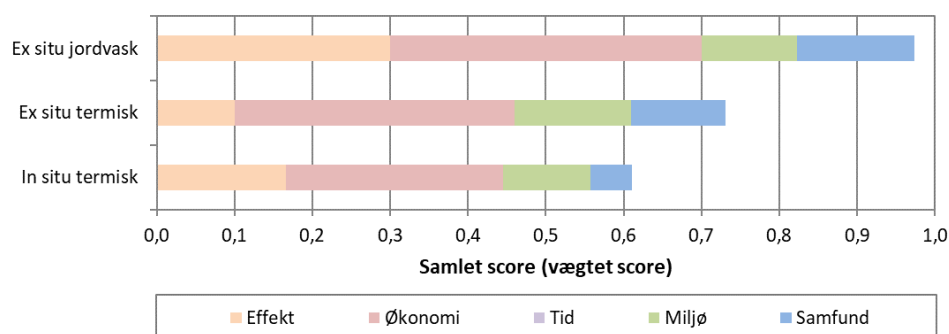
Tabel 6.1: Vægtning af hovedkriterier

Underkriterier	Vægt	Baggrund for vægtning
EFFEKT	0,30	Det vægtes højt, at mål for oprensning opnås.
ØKONOMI	0,40	Omkostningseffektivitet og -niveau indenfor bevillingsramme har høj vægt ligesom betydningen af teknisk usikkerhed og modenhed af teknologi indgår her.
TID	0,00	Oprensningstid tillægges ikke vægt, idet oprensningsperioder forventes af samme størrelse (få år).
MILJØ	0,15	Ressourceforbrug og emissioner og deres påvirkninger på klima, mennesker og miljø samt affaldsproduktion har moderat vægt.
SAMFUND	0,15	Relevante underkriterier er begrænset til påvirkning af lokale arealer, arbejdsmiljø samt landskab og renommé. Tillægges moderat vægt set i lyset af, at arbejdsmiljø skal sikres i henhold til lovgivning.

Dette ændrer imidlertid ikke den relative forskel mellem de tre alternative afværgemetoder væsentligt. Således opnår in situ rensning den bedste (laveste) score på 0,61 mens ex situ termisk opnår 0,73 og ex situ jordvask 0,97.

Figur 6.2: Scorer for den samlede bæredygtighed ved individuel vægtning af hovedkriterier

Vægtningsfaktorer fremgår af Tabel 6.1



Det vurderes, at selv større ændringer i vægtningen ikke vil kunne ændre rangordenen eller det absolutte resultatet væsentligt.

6.1 Diskussion af bæredygtighedsvurderingen

Udfaldet af bæredygtighedsvurdering viser, at in situ termisk for alle hovedkriterier opnår en bedre (lavere) score end ex situ løsningerne. Dertil kommer, at selv betydelige ændringer i vægtningen på såvel hoved- som underkriterier ikke vil kunne ændre på rangordenen.

Det forhold at ex situ metoderne indebærer behov for store befæstede arealer og omfattende arbejder med opgravning og intern transport af jord bidrager i sig selv væsentligt til denne forskel, der stort set afspejles i forskellen mellem in situ og ex situ termisk oprensning.

Hertil kommer, at ex situ jordvask forventes at have en lidt ringere effektivitet, en større teknisk usikkerhed samt en lavere modenhed. Disse tre faktorer bidrager alle til den aktuelle vægtning hvorved ex situ jordvask opnår den samlet set ringeste (højeste) score.

7 Referencer

1. Bæredygtighedsværktøj udviklet af DTU Miljø for Region Midtjylland, juni 2015
2. Værktøj til sammenligning af bæredygtigheden af afværgeteknikker. Manual. Udarbejdet af DTU for Region Midtjylland, juni 2015.
3. Bæredygtighedsvurdering af løsningsalternativer for kemikaliedepotet ved Høfde 42. Udarbejdet af DTU for Region Midtjylland, november 2014.
4. Region Midtjylland. Rapport, Afværgemuligheder Cheminovas gamle fabriksgrund og Høfde 42 (opdateret). August 2019 (opdateret oktober, 2020).
5. Results from MOPS treatment of sand from Groyne 42, Pilot demonstrations of MOPS. Final Report. Udarbejdet af Fortum, oktober 2020. Fortrolig.

Bilag 1

Bæredygtighedsvurdering af oprensningsscenarier

Bæredygtighedsværktøj

- udfyldt på baggrund af workshop den 6. maj 2021

1 Scenarier og vægte

Generel info

Case

Høfte 42, Harboøre

Denne workbook er opdateret af NIRAS på baggrund af workshop den 6. maj 2021/KWE

Afværgeløsninger, der sammenlignes i vurderingen:

A1

In situ termisk

A2

Ex situ termisk

A3

Ex situ jordvask

A4

A5

Bæredygtighedsværktøj udviklet af DTU Miljø for Region Midtjylland

Juni 2015

Gitte L. Søndergaard, Philip J. Binning, Poul L. Bjerg

DTU Miljø

Institut for Vand og Miljøteknologi

midt

regionmidtjylland

Tilhørende manual: Værktøj til sammenligning af bæredygtigheden af afværgeteknikker

Juni 2015

Gitte L. Søndergaard, Philip J. Binning, Poul L. Bjerg

Denne workbook er opdateret af NIRAS på baggrund af workshop den 6. maj 2021/KWE

Læsevejledning for den aktuelle brug ved Høfte 42, maj 2021 /NIRAS

0,3

Celle med indtastet værdi i oplæg til workshop (eller ændring pga fejl i default

0,4

Celle med ændret indtastet værdi i forbindelse med workshop den 6. maj 2021

Område for kommentering af aktuelle inddata. Se også Bilag 2

Indgår i

Bemærkning eller tydeliggørelse

25%

Valgt variabel, der indgår i beregningsformel

"Default" anvendes om indhold i regneark som modtaget

Vægte for hovedkriterier.

Vægtene skal summere til 1

Kriterium	Vægt	Default
EFFEKT	0,30	0,25
ØKONOMI	0,40	0,25
TID	0,00	0
MILJØ	0,15	0,25
SAMFUND	0,15	0,25

Vægte for underkriterier (MILJØ).

Vægtene skal summere til 1

Kriterium	Vægt	Default
Emissioner til luft og vand	0,60	0,2
Økotoksicitet	0,10	0,2
Affald til deponi	0,10	0,2
Ressourcer	0,20	0,2
Lokal jordkvalitet	0,00	0,2

Vægte for underkriterier (SAMFUND).

Vægtene skal summere til 1

Kriterium	Vægt	Default
Gener for beboere/naboer	0,10	0,25
Påvirkning af arealanvendelse	0,15	0
Sundhedseffekter	0,00	0,25
Arbejdsmiljø	0,60	0,25
Kultur og omdømme	0,15	0,25

Vedr. beregning af vægte:

Vægte kan beregnes ved simpel rangering eller analytical hierarchy process i excelarket "Bæredygtig afværge -vægtning".

Hvis et hoved- eller underkriterium ikke indgår i vurderingen gives det en vægt på nul.

Argumenter for aktuel vægtning

Det vægtes højt at mål for oprensning opnås

Omkostningseffektivitet og -niveau indenfor bevillingsramme har høj vægt. Betydningen at teknisk usikkerhed og modenhed af teknologi indgår her

Oprensningstid tillægges ikke vægt, idet oprensningsperioder forventes af samme størrelse (få år)

Ressourceforbrug og emissioner og deres påvirkninger på klima, mennesker og miljø samt affaldsproduktion har moderat vægt

Relevante underkriterier er begrænset til påvirkning af lokale arealer, arbejdsmiljø samt landskab og renommé. Tillægges moderat vægt set i lyset af, at arbejdsmiljø skal sikres i henhold til lovgivning

* Omfatter drivhuseffekt (global påvirkning) samt forsuring og næringssaltbelastning af vandmiljø (regionale påvirkninger primært i tilknytning til produktion af energi- og materialeressourcer). Høj vægt

* Omfatter aggregering af "vand akut", "vand kronisk" og "jord kronisk" (regionale påvirkninger primært i tilknytning til produktion af energi- og materialeressourcer). Lav vægt

* Omfatter aggregering af "fast affald", "farligt affald", "radioaktivt affald" og "slagge/aske" (regionale påvirkninger primært i tilknytning til produktion af energi- og materialeressourcer). Lav vægt

* Omfatter én aggregeret værdi (global påvirkning). Moderat vægt

Strandområde med begrænset terrestrisk miljø, der hurtigt gendannes. Ingen vægt

Der er ikke beboere i nærområdet, men der vil være gener for turisters adgang til strand og bagland, da adgangsvejen lukkes for offentlig adgang. Der ses bort fra øget trafik, idet jordtransport kun forventes internt på lokalitete

Omfatter den fysiske ændring af nærområdet som følge af anlæg af befæstede veje, pladser mv. herunder regulering af terræn, etablering af befæstelser, afvanding mv.

* Kriteriet knytter sig til humantoksicitet baseret på LCA. Det er således regningsmæssige globale/europæiske/nationale betragtninger primært knyttet til emissioner fra produktionen af energi og materialer, der forbruges.

Arbejdsmiljø tillægges relativt stor betydning, idet der er tale om særligt farlige stoffer og lang varighed af arbejdet

Påvirkning af landskabstyper/kulturminder samt renommé

* LCA beregninger repræsenterer regionale eller globalepåvirkninger, der er knyttet til råstofudvinding, forarbejdning, produktion af materialer og elekticitet samt forbrug af fossile brændstoffer.

- Emissioner og økotoksiske påvirkninger lokalt ved H42 indgår ikke - eksempelvis fra afdampning fra forureningen eller fordampningen af eventuelle anvendte kemikalier

- Produktionen af affald i forbindelse med opresningen på H42 indgår ikke - fx beton og vejbelægninger, som ikke genbruges. Ligeledes indgår afdampningen fra forureningen ikke.

- Beregnede sundhedseffekter er ikke knyttet til emissioner eller andre påvirkninger lokalt ved H42. Dette bør indgå i kriteriet for arbejdsmiljø

2 EFFEKT

1. ORDENS KRITERIUM: EFFEKT			A1	A2	A3	A4	A5	A1	A2	A3	A4	A5	A1	A2	A3	A4	A5	
			In situ termisk	Ex situ termisk	Ex situ jordvask	0	0	In situ termisk	Ex situ termisk	Ex situ jordvask	0	0	In situ termisk	Ex situ termisk	Ex situ jordvask	0	0	
2. ORDENS KRITERIUM	3. ordens kriteriu	Opgørelsesmetode	Værdi	Værdi	Værdi	Værdi	Værdi	1-værdi	1-værdi	1-værdi	1-værdi	1-værdi	Score (0-1)	Score (0-1)	Score (0-1)	Score (0-1)	Score (0-1)	
Udsivning til havet - pesticider	Pesticider	Reduktion i masse/masseflux (andel)	99%	99%	95%	1	1	0,01	0,01	0,05	0,00	0,00	0,06	0,06	0,28	0,00	0,00	
Udsivning til havet - kviksølv	Kviksølv		99%	99%	99%	1	1	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,06	0,06	0,06	0,00	0,00	
Massefjernelse - pesticider	Pesticider	Reduktion i masse/koncentration (andel)	99%	99%	95%	1	1	0,01	0,01	0,05	0,00	0,00	0,06	0,06	0,28	0,00	0,00	
Massefjernelse - kviksølv	Kviksølv		95%	99%	99%	1	1	0,05	0,01	0,01	0,00	0,00	0,28	0,06	0,06	0,00	0,00	
Indeklima - pesticider	Pesticider	Reduktion i koncentration/flux til indeklima (andel)	100%	100%	100%	1	1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Indeklima - kviksølv	Kviksølv		100%	100%	100%	1	1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Arealanvendelse - pesticider	Pesticider	Reduktion i koncentration (andel)	99%	99%	95%	1	1	0,01	0,01	0,05	0,00	0,00	0,06	0,06	0,28	0,00	0,00	
Arealanvendelse - kviksølv	Kviksølv		99%	99%	99%	1	1	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,06	0,06	0,06	0,00	0,00	
100%: Angiver fuldstændig reduktion/fjernelse								Sum	0,1	0,06	0,18	0	0	0,56	0,333	1,000	0,000	0

Bemærk. Af hensyn til diagrammer et titler i 2. ordenskriterium kombineret med 3. ordenskriterium

0%: Angiver ingen reduktion/fjernelse

Normalisering

Score = 1

Score = 0

hældning

Fejl er rettet:

0,18

0

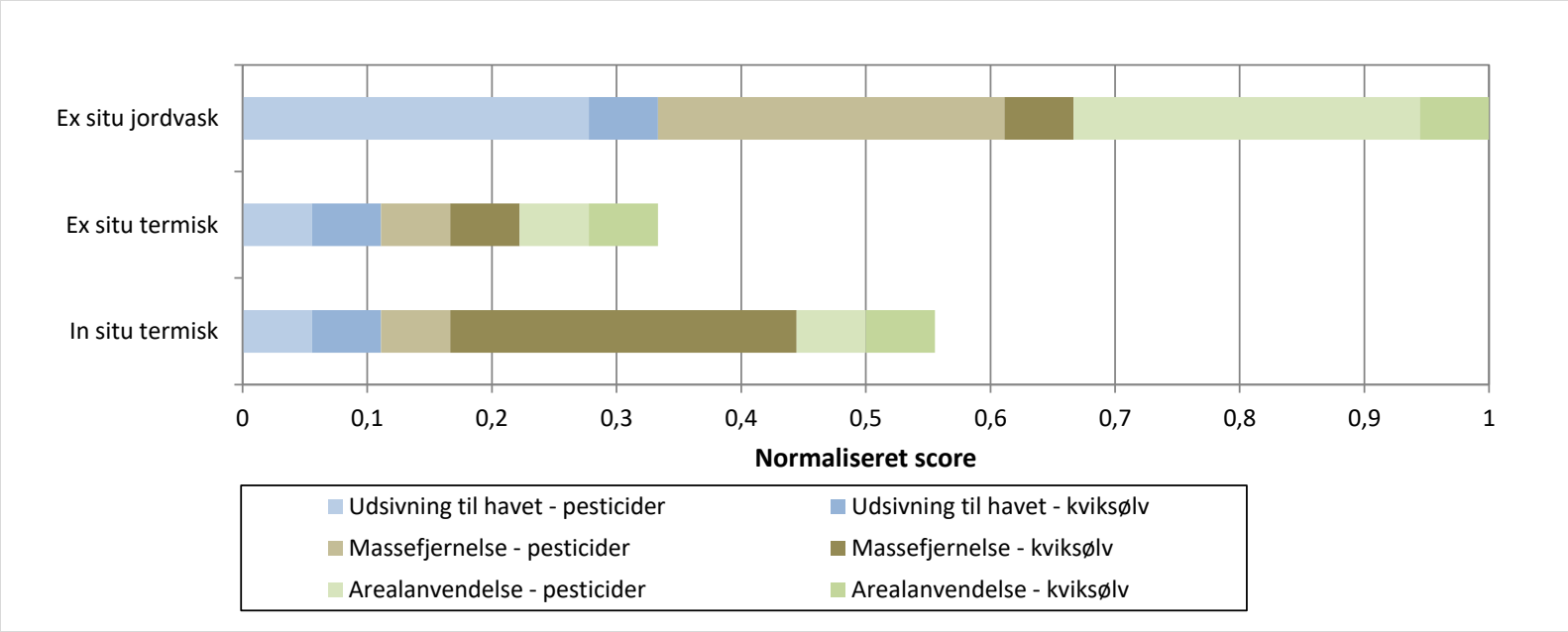
5,55555556

Vedr. 2.ordens kriterier under effekt:

Disse vælges/tilpasses så de passer til oprensningskriterierne for den specifikke lokalitet, se Boks 2 i manual.
NB: For kriterier, der ikke medtages sættes effekten til 1 for alle alternativer

Kommentarer ifm tildeling af værdier er sammenfattet i Bilag 2

Normaliserede scorer for EFFEKT



3 ØKONOMI

1. ORDENS KRITERIUM: ØKONOMI			A1	A2	A3	A4	A5	A1	A2	A3	A4	A5		
			In situ termi	Ex situ termi	Ex situ jordv.		0	0	In situ termi	Ex situ termi	Ex situ jordv.		0	0
2. ORDENS KRITERIUM	Enhed	Opgørelsesmetode	Værdi	Værdi	Værdi	Værdi	Værdi	Score (0-1)	Score (0-1)	Score (0-1)	Score (0-1)	Score (0-1)		
Afværgeomkostninger	Mio. Kr.	Projektspecifik opgørelse, nutidsværdi	242	313	291	1,00	1,00	0,57	0,73	0,68	0,00	0,00		
Teknisk usikkerhed	Mio. Kr.	Teknisk usikkerhed skala 1-5	2,7	2,6	4,2									
		Teknisk usikkerhed	43,6	54,1	91,7	0,15	0,15	0,10	0,13	0,22	0,00	0,00		
Modenhed af teknik	Mio. Kr.	Modenhed af teknik skala 1-5	2,0	2,0	4,0									
		Modenhed af teknik	12,1	15,7	43,7	0,15	0,15	0,03	0,04	0,10	0,00	0,00		
Sum omkostninger inkl teknisk usikkerhed og moden		298	383	426	1,30	1,30	0,70	0,90	1,00	0,00	0,00			
		Normalisering		Score = 1	Score = 0	hældning								
				426,32	0	0,002345683		Normaliserede scorer for ØKONOMI						

Teknisk usikkerhed

Vurdér den tekniske usikkerhed for hver af afværgeteknologierne. Med teknisk usikkerhed menes usikkerhed på afværgetodens effekt og forløb. Den tekniske usikker omregnes til en procentvis ekstra omkostning.

Den tekniske usikkerhed kan evt vurderes på følgende skala: Der kan tages udgangspunkt i ekspertpanelets gennemsnitlige vurderinger i tabellen herunder

- 1 - Ingen nævneværdig usikkerhed → 0-10 % ekstra omkostninger
- 2 - Lille usikkerhed → 10-20 % ekstra omkostninger
- 3 - Moderat usikkerhed → 20-30 % ekstra omkostninger
- 4 - Stor usikkerhed → 30-40 % ekstra omkostninger
- 5 - Meget stor usikkerhed → 40-50 % ekstra omkostninger

Ekspertpanelets gennemsnitlige vurder		Teknisk usikkerhed	
Teknik		Gennemsnit	Standardafvigelse
Fysiske metoder			
Oppumpning og on-site behandling i aktivt k	3,3	0,63	
Indeslutning (fx med stålspons eller slurrywa	2,2	0,83	
Termisk oprensning (damp, ledningsevne, m	2,1	0,32	
Afgravning og off-site behandling (mileudlæ	1,8	0,42	
Vakuumentilation (soil vapor extraction) ell	3,3	0,63	
Kemiske metoder			
In situ basisk hydrolyse ved tilsætning af nat	3,7	0,50	
In situ kemisk oxidation (generel vurdering)	3,7	0,50	
Specifikke vurderinger for forskellige ISCO metoder:			
a) In situ kemisk oxidation (Permanganat)	3,6	0,55	
b) In situ kemisk oxidation (Persulfat)	4,0	0,00	
c) In situ kemisk oxidation (Fenton's)	3,6	0,55	
d) In situ kemisk oxidation (Ozon)	4,0	0,71	
e) In situ kemisk oxidation (S-ISCO: Surfactan	3,8	0,45	
Forceret udvaskning med overfladeaktive st	4,1	0,60	
Soil mixing med nulvalent jern	2,8	0,67	
Permeabel reaktiv væg med nulvalent jern	3,4	0,52	
Biologiske metoder			
Stimuleret biologisk nedbrydning (bioaugme	3,8	0,67	
Moniteret naturlig nedbrydning	3,4	1,01	
Phytooprensning	4,3	0,82	

Modenhed af teknik

Vurdér modenheten for hver af afværgeteknologierne. Er teknikken klar til implementering eller kræver det flere forundersøgelser såsom treatability tests og pilotforsøg?

Den tekniske usikker omregnes til en procentvis ekstra omkostning.

Den tekniske usikkerhed kan evt vurderes på følgende skala: Der kan tages udgangspunkt i ekspertpanelets gennemsnitlige vurderinger i tabellen herunder

- 1 -Meget stor modenhed → Klar til igangsætning - 0% ekstra omkostninger
- 2 -Stor modenhed → 5 % ekstra omkostninger
- 3 - Middel modenhed → 10 % ekstra omkostninger
- 4 - Lav usikkerhed → 15 % ekstra omkostninger
- 5 - Meget lav modenhed → 20 % ekstra omkostninger

Kommentarer ifm tildeling af værdier er sammenfattet i Bilag 2

Nedenstående blå værdier for omkostning, skala og procenttillæg indgår som inddata i de gule beregningsceller

Afværgeomkostninger

A1	242
A2	313
A3	291

Teknisk usikkerhed

A1 Skala 1-5	2,7
A1 Procentti	18%
A2 Skala 1-5	2,6
A2 Procenttillæg	17%
A3 Skala 1-5	4,2
A3 Procenttillæg	32%

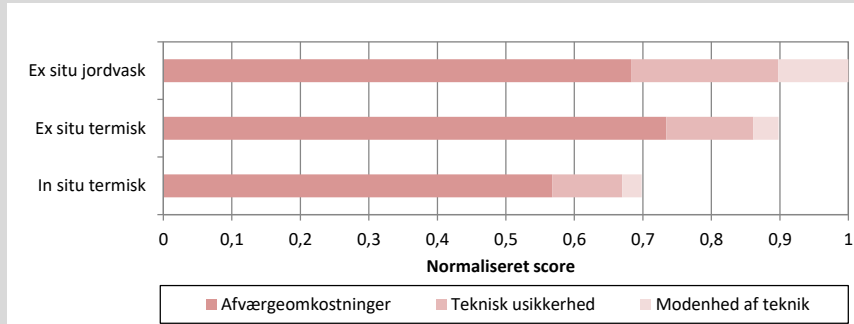
Modenhed af teknik

A1 Skala 1-5	2,0
A1 Procentti	5%
A2 Skala 1-5	2,0
A2 Procenttillæg	5%
A3 Skala 1-5	4,0
A3 Procenttillæg	15%

NB: Der sker ikke automatisk en omregning fra den kvalitative vurdering til en ekstra omkostning. Her skal brugeren selv indtastes den anvendte procent i formlen ud for henholdsvis "Teknisk usikkerhed" og "Modenhed af teknik"

Se notat vedr Høfte 42, Appendix B Økonomi

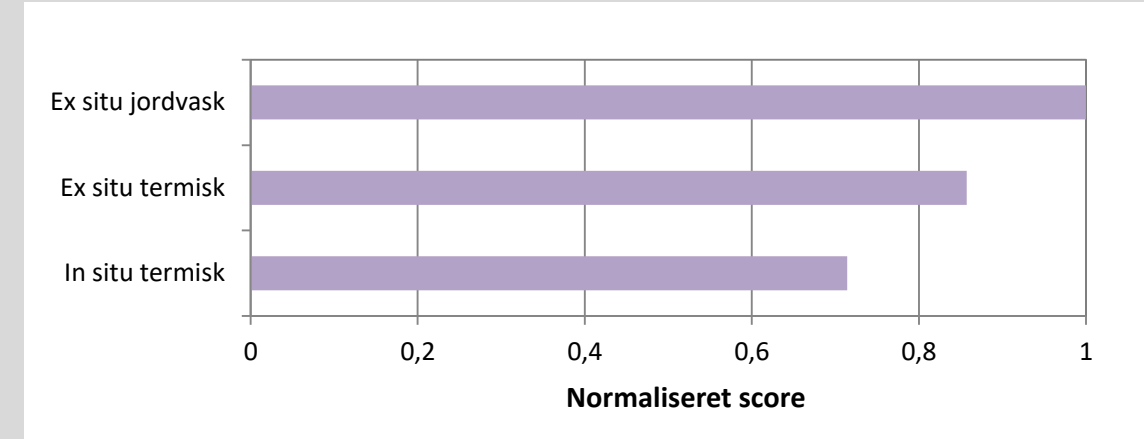
Normaliserede scorer for ØKONOMI



4 TID

1. ORDENS KRITERIUM: TID	A1	A2	A3	A4	A5	A1	A2	A3	A4	A5	
	In situ termi	Ex situ termi	Ex situ jordv		0	0	In situ termi	Ex situ termi	Ex situ jordvas	0	0
2. ORDENS KRITERIUM	Værdi	Værdi	Værdi	Værdi	Værdi	Score (0-1)	Score (0-1)	Score (0-1)	Score (0-1)	Score (0-1)	
Tidsforbrug (år)	5	6	7	0	0	0,71	0,86	1,00	0,00	0,00	
Normalisering:	Score = 1	Score = 0	hældning (a)			Score (y = ax)					
Fejl er rettet:	7,00		0	0,143							
Kommentarer ifm tildeling af værdier er sammenfattet i Bilag 2											

Normaliserede scorer for TID



5 MILJØ (2 sider)

1. ORDENS KRITERIUM: MILJØ				A1	A2	A3	A4	A5	A1	A2	A3			
				In situ termisk	Ex situ termisk	Ex situ jordvask		0	0	In situ termisk	Ex situ termisk	Ex situ jordvask		
2. ORDENS KRITERIUM	3. ORDENS KRITERIUM	Enhed	Opgørelsesmetode	Værdi	Værdi	Værdi	Værdi	Værdi		Delsum				
Emissioner til luft og vand	Drivhusgasudledning	PE	EDIP 2003	1.755	2.148	1.472		1	1	Emissioner til luft og vand (PE total)	17.865	23.645	22.306	
	Forsuring	PE	EDIP 2003	1.895	2.448	2.963		1	1	Økotoksicitet (PE total)	44.658	47.283	15.173	
	Eutrofiering, vand, N og P	PE	EDIP 2003	12.590	16.965	15.659		1	1	Affald (kg-total) (PE)	4.264	6.363	7.170	
	Fotokemisk ozondannelse	PE	EDIP 2003	1.625	2.083	2.212		1	1	Ressourcer (PR-total) (PE) all	3.660	5.517	3.339	
Økotoksicitet	Persistent-tøksicitet	PE		1	1	1		1	1	Lokal jordkvalitet (sum)	6,0	9,0	8,0	
	Økotoksicitet, aggregering af "vand akut", "vand kronisk" og "jord kronisk"	PE	EDIP 2003	44.657	47.282	15.172		1	1	Normalisering:	Score=1	Score=0	hældning (a)	
Affald	Affald/jord til deponering (se note*)	Aktuelt output EDIP2003	PE	4.264	6.363	7.170		4	4	Emissioner til luft og vand (PE total)	23644,7		0	4,22928E-05
Ressourceforbrug	Energiressourcer	Råolie	PR	0	0	0		1,0	1,0	Økotoksicitet (PE total)	47283,0		0	2,11493E-05
		Naturgas	PR	0	0	0		1,0	1,0	Affald (kg total)	7169,929755		0	0,000139471
		Uran	PR	0	0	0		1,0	1,0	Ressourcer (PR total)	5516,8		0	0,000181266
		Stenkul	PR	0	0	0		1,0	1,0	Lokal jordkvalitet (sum)	10		2	0,125
		Brunkul	PR	0	0	0		1,0	1,0					
		Aluminium	PR	0	0	0		1,0	1,0	Kommentarer ifm tildeling af værdier til kriterierne "Emissioner til luft og vand", "Økotoksicitet"	Værdier er baseret på en lokalitetsspecifik opgørelse af estimeret energi- og materialeforbrug for de 3 aldre hvor Ecoinvent enhedsprocesser (generelt fra 2014) i SimaPro er anvendt med EDIP 2003 metoden.			
		Jern	PR	0	0	0		1,0	1,0					
		Krom	PR	0	0	0		1,0	1,0					
		Nikkel	PR	0	0	0		1,0	1,0					
		Kobber	PR	0	0	0		1,0	1,0					
	Mangan	PR	0	0	0		1,0	1,0						
	Molybdæn	PR	0	0	0		1,0	1,0						
	Mineralske ressourcer	Sand og grus, kvalitet	PR	Livscyklusvurdering (RemS)/Projektspecifik opgørelse og forsyningshorisont	0	0	0		1,0	1,0	For elektricitet er emissioner, der bidrager til drivhuseffekt opdateret med emissioner svarende til 2019 baseret på de seneste tilgængelige data.			
	Resources (all)	PE	EDIP2003	Bemærk: Ikke vægtede værdier	3.660	5.517	3.339		1,0	1,0				
	I ovenstående rækker forudsætter regnearket inddata fra RemS (EDIP97). Aktuelt er der anvendt inddata baseret på SimaPro (EDIP2003). Se Bilag 3													
	Jordkvalitet efter oprensning	Biogeokemisk påvirkning af oprenset jord/grundvand	-	Skala 1-5 (se forklaring nedenfor)	4,0	5,0	5,0		1,0	1,0	Kommentarer ifm tildeling af værdier til kriteriet "Jordkvalitet efter oprensning" er sammenfattet i Bilag 3			
	(Se forklaring nedenfor)	Påvirkning af terrestrisk miljø på oprenset lokalitet	-	Skala 1-5 (se forklaring nedenfor)	2,0	4,0	3,0		1,0	1,0				

I ovenstående rækker forudsætter regnearket inddata fra RemS (EDIP97). Aktuelt er der anvendt inddata baseret på SimaPro (EDIP2003). Se Bilag 3

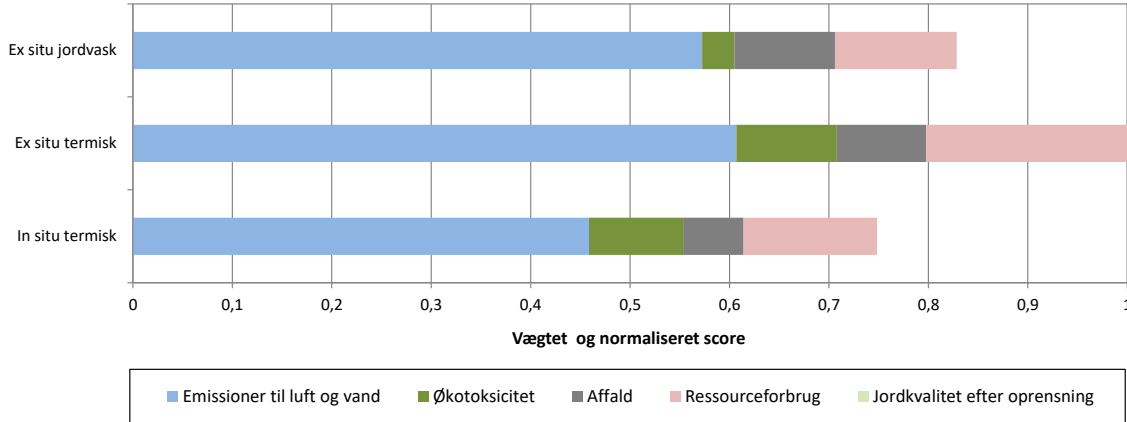
Jordkvalitet efter oprensning				
A) Biogeokemisk påvirkning af oprenset jord/grundvand				
Vurdér afværgeteknologiernes biogeokemiske påvirkning (ændring af pH, redoxforhold, vandindhold, organisk indhold) af jorden/grundvandet der renses op grundet fx kemikalietilsætning og temperaturændring . Påvirkningerne skyldes alene de indgreb, der følger af afværgen. Forureningens påvirkning i sig selv skal ikke inkluderes i vurderingen				
B) Påvirkning af terrestrisk miljø på oprenset lokalitet				
Vurdér afværgeteknologiens negative påvirkning af det terrestriske miljø på og i umiddelbar nærhed af den forurenede grund. Med det terrestriske miljø menes land- og jordlevende planter og dyr, herunder fx regnorme, mus, svampe, græs, urter, buske, træer.				
Påvirkninger skyldes afledte effekter i jordmiljøet i de øverste jordlag (ca. ½ meter) som fx udtørring, kemisk påvirkning eller bortgravning af jord				
A og B vurderes på følgende skala: Der kan tages udgangspunkt i ekspertpanelets gennemsnitlige vurderinger i tabellen herunder				
1 - Ingen nævneværdig negativ påvirkning				
2 - Lille negativ påvirkning				
3 - Moderat negativ påvirkning				
4 - Stor negativ påvirkning				
5 - Meget stor negativpåvirkning				
Ekspertpanelets gennemsnitlige vurderinger samt standardafvigelse		A) Biogeokemisk påvirkning af oprenset jord/grundvand		B) Påvirkning af terrestrisk miljø på oprenset lokalitet
Teknik		Gennemsnit	Standard-afvigelse	Gennemsnit
Fysiske metoder				
Oppumpning og on-site behandling i aktivt kulfilter (Pump and treat)		1,9	0,57	1,3
Indeslutning (fx med stålspons eller slurrywall)		1,8	0,92	1,9
Termisk oprensning (damp, ledningsevne, modstandsoptørring, radiobølger)		3,8	0,79	3,9
Afgravning og off-site behandling (mileudlægning)		3,3	1,42	4,2
Vakuumentilation (soil vapor extraction) eller 2-fase ekstraktion (dual phase extraction)		2,3	0,71	1,8
Kemiske metoder				
In situ basisk hydrolyse ved tilsætning af natriumhydroxid og on-site eller off-site vandrensning		4,3	0,87	2,2
In situ kemisk oxidation (generel vurdering)		4,1	0,78	2,3
Specifikke vurderinger for forskellige ISCO metoder:				
a) In situ kemisk oxidation (Permanganat)		3,8	0,75	2,0
b) In situ kemisk oxidation (Persulfat)		3,8	0,98	1,8
c) In situ kemisk oxidation (Fenton's)		3,8	0,75	2,3
d) In situ kemisk oxidation (Ozon)		3,5	0,55	2,3
e) In situ kemisk oxidation (S-ISCO: Surfactant + persulfat + hydrogenperoxid + katalysator tilsættes)		4,0	0,63	2,2
Soil mixing med nulvalent jern		4,1	0,64	4,3
Permeabel reaktiv væg med nulvalent jern		3,1	1,10	2,4
Biologiske metoder				
Stimuleret biologisk nedbrydning (bioaugmentation og evt. substrat- og næringsstofftilsætning)		2,8	1,09	1,8
Moniteret naturlig nedbrydning		1,0	0,00	1,1
Phytooprensning		1,4	0,52	2,4

Reference indgår i vurdering
Reference indgår i vurdering

Note vedr. affald/jord til deponering:

Såfremt RemS anvendes til at vurdere affaldsmængden, skal det bemærkes at RemS automatisk antager at 50% af jorden ved en afgravningsløsning deponeres, mens i jorden deponeres eller ingen jord deponeres bør dette rettes manuelt. Dette kan gøre enten ved:
A) Kun at inkludere deponerede jordmængder i denne opgørelse og indskrive dem direkte i ton under de forskellige afværgescenarier eller
B) At reducere/forøge resultatet fra RemS angivet i PE, med den ændrede affaldsmængde. Her kan anvendes at 1 PE modsvarer 1350 kg affald til deponi.

Normaliserede scorer for MILJØ



5 MILJØ (2 sider)

A4	A1		A2	A3	A4		0	A1		A2	A3	A4		0	A1	A2	A3	A4		0
0	0 In situ termisk		Ex situ termisk	Ex situ jordvask	0		0 1	In situ termisk		Ex situ termisk	Ex situ jordvask	0		0	0 In situ termisk	Ex situ termisk	Ex situ jordvask	0		0
	Score (0-1)		Score (0-1)	Score (0-1)	Score (0-1)	Score (0-1)	Vægt	Vægtet score		Vægtet score	Vægtet score	Vægtet score	Vægtet score	Vægtet score	Score (0-1)	Score (0-1)	Score (0-1)	Score (0-1)	Score (0-1)	Score (0-1)
4	4,0	0,76	1,00	0,94	0,00	0,00	0,00	0,600	0,45	0,60	0,60	0,57	0,00	0,00	0,46	0,61	0,61	0,57	0,00	0,00
2,0	2,0	0,94	1,00	0,32	0,00	0,00	0,00	0,100	0,09	0,10	0,10	0,03	0,00	0,00	0,10	0,10	0,10	0,03	0,00	0,00
4	4	0,59	0,89	1,00	0,00	0,00	0,00	0,100	0,06	0,09	0,09	0,10	0,00	0,00	0,06	0,09	0,09	0,10	0,00	0,00
1,0	1,0	0,66	1,00	0,61	0,00	0,00	0,00	0,200	0,13	0,20	0,20	0,12	0,00	0,00	0,13	0,20	0,20	0,12	0,00	0,00
2,0	2,0	0,50	0,88	0,75	0,00	0,00	0,00	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
skæring (b=y1-a*x1)		Score (y) beregnes som: y= ax+b					sum		0,74	0,99	0,82	0,00	0,00	0,00	0,75	1,00	0,83	0,00	0,00	0,00
							Normalisering:		Score=1	Score=0	hældning (a)			Score (y) beregnes som: y= ax						
									0,99	0,00	1,011									

-0,25

", "Affald" og "Ressourceforbrug"

native teknikker. Denne opgørelse indgår i NIRAS' sagsmateriale. Opgørelsen er input til LCA beregning,

seret på data fra Energinet.

et i Bilag 2

de resterende 50% genanvendes. Såfremt det forventes at al

Som default henter værktøjdet inddata fra nedenstående EDIP97 tabeller

Input fra Livscyklusvudering i RemS - MILJØPÅVIRKNINGER (EDIP97)					
Værdierne kopieres fra RemS, ark 5, kolonne EG ud for de relevante teknikker					
LCA INPUT	A1	A2	A3	A4	A5
Indikator (PE)	In situ termisk	Ex situ termisk	Ex situ jordvask	0	0
Global opvarmning	1	1	1	1	1
Forsuring	1	1	1	1	1
Fotokemisk ozon	1	1	1	1	1
Næringssaltbelastning	1	1	1	1	1
Persistent toksicitet	1	1	1	1	1
Økotoksicitet	1	1	1	1	1
Human toksicitet	1	1	1	1	1
Fast affald	2.152	2.819	2.680	1	1
Farligt affald	55	59	20	1	1
Radioaktivt affald	1.691	3.096	4.118	1	1
Slagge/aske	366	389	352	1	1

Default anvender én aggregeret værdi af ovenstående 4 kategorier (EDIP97)

Aktuelt er ovenstående inddata for affald fra SimaPro (EDIP2003).

Input fra Livscyklusvudering i RemS - RESSOURCEFORBRUG (EDI97)					
Værdierne kopieres fra RemS, ark 5, kolonne CC ud for de relevante teknikker					
Indikator (PR)	A1	A2	A3	A4	A5
Råolie	0	0	0	1	1
Naturgas	0	0	0	1	1
Uran	0	0	0	1	1
Stenkul	0	0	0	1	1
Brunkul	0	0	0	1	1
Aluminium	0	0	0	1	1
Jern	0	0	0	1	1
Krom	0	0	0	1	1
Nikkel	0	0	0	1	1
Kobber	0	0	0	1	1
Mangan	0	0	0	1	1
Molybdæn	0	0	0	1	1
Sand/grus	0	0	0	1	1

Aktuelt er ressourcer nulstillet, da EDIP2003 ikke genererer de specifikke ressorucekategorier

Input fra Livscyklusvudering i SimaPro med EDIP2003 + Usetox					
LCA INPUT	A1	A2	A3	A4	A5
Indikator (PE)	In situ termisk	Ex situ termisk	Ex situ jordvask	0	0
Global opvarmning	1.755	2.148	1.472	1	1
Fotokemisk ozondannelse	1.625	2.083	2.212	1	1
Forsuring	1.895	2.448	2.963	1	1
	1	1	1	1	1
Eutrofiering, vand, N	744	903	1.428	1	1
Eutrofiering, vand, P	11.846	16.062	14.231	1	1
Økotoksicitet	44.657	47.282	15.172	1	1
Human toksicitet luft	1.406	1.708	1.464	1	1
Humantoksicitet (cancer)	1	1	1	1	1

Aktuelt for økotoksicitet er indsat sum af "vand akut", "vand kronisk" og "jord kronisk" [PE]

Aktuelt anvendes inddata (EDIP2003) for ovenstående kategorier

Bemærk at human toksicitet luft anvendes i fane 6 Samfund

Ressourcekategorier i denne tabel er default baseret på SimaPro EDIP97. Disse specifikke ressourcekategorierne indgår ikke i EDIP2003

Input fra Livscyklusvudering i SimaPro - RESSOURCEFORBRUG (EDIP97)					
Indikator (PR)	A1	A2	A3	A4	A5
Uran	1	1	1	1	1
Brunkul	1	1	1	1	1
Kul	1	1	1	1	1
Naturgas	1	1	1	1	1
Olie	1	1	1	1	1
Aluminium	1	1	1	1	1
Kobber	1	1	1	1	1
Krom	1	1	1	1	1
Jern	1	1	1	1	1
Mangan	1	1	1	1	1
Molybdæn	1	1	1	1	1
Nikkel	1	1	1	1	1
Platin	1	1	1	1	1
Palladium	1	1	1	1	1

Aktuelt er én samleparamter for ressourceforbrug (EDIP2003) medtaget. Se nedenfor

	A1	A2	A3	A4	A5
Resources (all)	3.660	5.517	3.339		

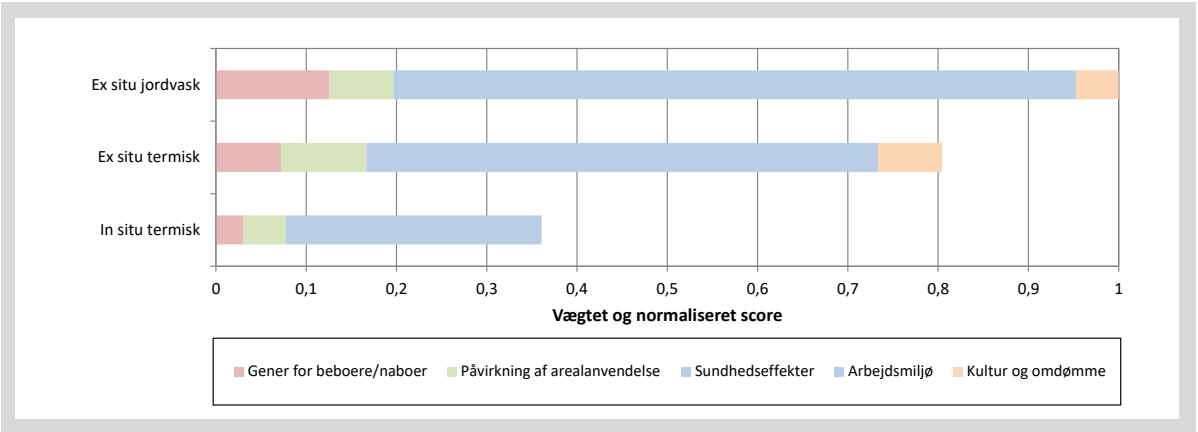
Den anvendte værdi er én aggregeret værdi for "alle ressourcer" baseret på enhedsprocesser fra ca. 2014

6 SAMFUND

1. ORDENS KRITERIUM: SAMFUND				A1	A2	A3								A1	A2	A3	A1	A2	A3	A4	A5	A1	A2	A3	A4	A5	
				In situ termisk	Ex situ termisk	Ex situ jordvask								In situ termisk	Ex situ termisk	Ex situ jordvask	Vægt - hentes fra Ark 1	In situ termisk	Ex situ termisk	Ex situ jordvask	0	0	In situ termisk	Ex situ termisk	Ex situ jordvask	0	0
2. ORDENS KRITERIUM	3. ORDENS KRITERIUM	Enhed	Opgørelsesmetode	Værdi	Værdi	Værdi	Delsum	Score (0-1)			Score (0-1)	Score (0-1)	Vægt	Vægtet score	Vægtet score	Vægtet score	Vægtet score	Vægtet score	Vægtet score	Score (0-1)	Score (0-1)	Score (0-1)	Score (0-1)	Score (0-1)	Score (0-1)	Score (0-1)	
Gener for beboere/naboer	Tidsramme for afværge	År	Skala 1-5	5,0	6,0	7,0	Gener for beboere/naboer	5	12	21	0,24	0,57	1,00	0,100	0,02	0,06	0,10	0,00	0,00	0,03	0,07	0,13	0,01	0,01			
	Grad af gener - afværge			1,0	2,0	3,0	Påvirkning af arealanvendelse	4,0	6,0	5,0	0,25	0,50	0,38	0,150	0,04	0,08	0,06	0,00	0,00	0,05	0,09	0,07	0,00	0,00			
Påvirkning af arealanvendelse	Under afværge		Skala 1-5	3,0	5,0	4,0	Sundhedseffekter	1406	1708	1464	0,82	1,00	0,86	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			
	Efter afværge		Skala 1-5	1,0	1,0	1,0	Arbejdsmiljø	2,5	4,0	5,0	0,38	0,75	1,00	0,600	0,23	0,45	0,60	0,30	0,30	0,28	0,57	0,76	0,38	0,38			
Sundhedseffekter grundet afværge	Humantoksicitet, via luft	PE	Livscyklusvurdering (R)	1.406	1.708	1.464	Kultur og omdømme	2,0	5,0	4,0	0,00	0,38	0,25	0,150	0,00	0,06	0,04	0,00	0,00	0,00	0,07	0,05	0,00	0,00			
							Normalisering:	Score = 1	Score = 0	hældning (a)	Score (y) beregnes som: y= ax+b	0,29	0,64	0,79	0,30	0,30	0,36	0,80	1,00	0,38	0,38						
Arbejdsmiljø for afværgeaktiviteter	På lokalitet		Skala 1-5	2,5	4,0	5,0	Gener for beboere/naboer	21	0	0,048	Normalisering							Score = 1	Score = 0	hældning (a)	Score (y) beregnes som: y= ax						
	Off-site		Skala 1-5	Samlet vurdering anvendt			Påvirkning af arealanvendelse	10	2	0,125	0,79							0	1,25984252								
				Samlet vurdering anvendt			Sundhedseffekter	1708,142	0	0,001																	
	Transport		Skala 1-5	Samlet vurdering anvendt			Arbejdsmiljø	5	1	0,25																	
Kultur og omdømme	Påvirkning af landskabstyper/kulturminder		Skala 1-5	1	3	2	Kultur og omdømme	10	2	0,125																	
	Påvirkning af renommé af område		Skala 1-5	1	2	2																					

Kommentarer ifm tildeling af værdier er sammenfattet i Bilag 2

Gener for beboere/naboer; Påvirkning af arealanvendelse; Arbejdsmiljø for afværgeaktiviteter						
GENER FOR BEBOERE/NABOER						
Grad af gener - afværge						
Vurdér afværgeteknologiernes niveau af gener for beboere/naboer/nabolag til grunden der renses op mens afværgen står på (støj, vibrationer, støv, tung trafik, fysiske gener og æstetisk gener grundet installationer)						
Teknikkerne holdes op imod hinanden udelukkende i forhold til graden af gener. Tidsforbruget til den enkelte afværgemetode skal ikke tages i regning.						
PÅVIRKNING AF AREALANVENDELSE (RESTRIKTIONER)						
A) Under afværge						
Vurdér afværgeteknologiernes påvirkning af arealanvendelsen på den grund der renses op UNDER AFVÆRGE. I hvor høj grad sker der afspæring, som hindrer færdsel på området grundet installationer, indhegning mv samt gener i form af støj, støv og lign.						
B) Efter afværge						
Vurdér afværgeteknologiernes påvirkning af arealanvendelsen på den grund der renses op EFTER AFVÆRGE. Er der restriktioner for anvendelse af grunden fx nedsatte geotekniske egenskaber eller restriktioner på arealanvendelsen. Det forudsættes at der renses op til det ønskede niveau						
ARBEJDSMILJØ FOR AFVÆRGEAKTIVITETER						
Vurdér graden af potentielle arbejdsmiljøpåvirkninger for arbejdere på lokaliteten under afværge. Der ses på den samlede potentielle arbejdsmiljørisici forbundet med etablering, drift og monitorering af afværgeanlæg.						
For teknikker med off-site behandling/og eller transport af jord inkluderes arbejdsmiljøpåvirkninger på lokalitet såvel som off-site						
SKALA TIL VURDERINGER						
De ovenstående påvirkninger vurderes på følgende skala: Der kan tages udgangspunkt i ekspertpanelets gennemsnitlige vurderinger i tabellen herunder						
1 - Ingen nævneværdig negativ påvirkning						
2 - Lille negativ påvirkning						
3 - Moderat negativ påvirkning						
4 - Stor negativ påvirkning						
5 - Meget stor negativpåvirkning						
Ekspertpanelets gennemsnitlige vurderinger samt standardafvigelse		GENER FOR BEBOERE/NABOER	PÅVIRKNING AF AREALANVENDELSE (RESTRIKTIONER)		ARBEJDSMILJØ FOR AFVÆRGEAKTIVITETER	
		Standard-afvigelse	A) Under afværge	B) Efter afværge	Standard-afvigelse	Standard-afvigelse
Teknik		Gennemsnit	Gennemsnit	Gennemsnit	Gennemsnit	Gennemsnit
Fysiske metoder						
Oppumpning og on-site behandling i aktivt kulfilter (Pump and treat)		0,42	2,0	0,47	0,00	2,0
Indeslutning (fx med stålspons eller slurrywall)		1,07	3,2	1,23	0,71	2,7
Termisk oprensning (damp, ledningsevne, modstandsoptæmning, radiobølger)		0,67	4,5	0,71	0,71	4,0
Afgravning og off-site behandling (mileudlægning)		0,42	4,9	0,32	0,71	3,8
Vakuumentilation (soil vapor extraction) eller 2-fase ekstraktion (dual phase extraction)		0,92	3,0	1,15	0,33	2,3
Kemiske metoder						
In situ basisk hydrolyse ved tilsætning af natriumhydroxid og on-site eller off-site vandrensning		0,78	3,1	0,93	0,52	3,8
In situ kemisk oxidation (generel vurdering)		0,67	2,9	0,78	0,46	3,8
Specifikke vurderinger for forskellige ISCO metoder:						
a) In situ kemisk oxidation (Permanganat)		0,75	2,7	0,52	0,45	3,4
b) In situ kemisk oxidation (Persulfat)		0,82	3,0	0,89	0,45	3,4
c) In situ kemisk oxidation (Fenton's)		0,82	3,0	0,89	0,45	4,0
d) In situ kemisk oxidation (Ozon)		0,98	3,2	1,17	0,45	4,2
e) In situ kemisk oxidation (S-ISCO: Surfactant + persulfat + hydrogenperoxid + katalysator tilsættes)		1,00	2,8	0,84	0,45	3,8
Forceret udvaskning med overfladeaktive stoffer (Surfactant flushing)		0,73	2,6	0,53	0,35	2,6
Soil mixing med nulvalent jern		0,87	4,6	1,01	1,07	3,5
Permeabel reaktiv væg med nulvalent jern		0,97	3,5	1,27	0,93	2,8
Biologiske metoder						
Stimuleret biologisk nedbrydning (bioaugmentation og evt. substrat- og næringsstofftilsætning)		0,73	2,2	0,44	0,00	2,0
Moniteret naturlig nedbrydning		0,70	1,4	0,52	0,00	1,3
Phytooprensning		1,35	2,9	1,52	1,48	1,8



Note vedr. inkluderede kriterier:
Se Boks 2 i manualen som vejledning til at til- og fravælge kriterier.
Eksempel: For lokaliteter med beboere/naboer, der kan blive påvirket af afværgen, tilvælges kriteriet "Gener for beboere/naboer", mens kriteriet "Påvirkning af arealanvendelse" fravælges. For lokaliteter hvor der ikke bor mennesker på eller omkring lokaliteten (f.eks.et rekreativt område) tilvælges kriteriet "Påvirkning af arealanvendelse", mens kriteriet "Gener for beboere/naboer" fravælges

Arbejdsmiljø:
Såfremt kriteriet opdeles i 3 underkriterier skal normaliseringen ændres, således at en score =1 svarer til 15 (ret celle N13) og en score=0 svarer til 3 (ret celle O13).

Kultur og omdømme:
Såfremt kriteriet opdeles i 3 underkriterier skal normaliseringen ændres, således at en score =1 svarer til 10 (ret celle N14) og en score=0 svarer til 2 (ret celle O14).

Kultur og omdømme
PÅVIRKNING AF LANDSKABSTYPER/KULTURMINDER
Vurdér graden af afværgeteknologiernes negative påvirkninger af kulturminder og/eller landskabstyper
Skala til vurderinger
1 - Ingen nævneværdig negativ påvirkning
2 - Lille negativ påvirkning
3 - Moderat negativ påvirkning
4 - Stor negativ påvirkning
5 - Meget stor negativpåvirkning
PÅVIRKNING AF LOKALOMRÅDETS RENOMMÉ
Vurdér graden af afværgeteknologiernes positive påvirkninger af lokalområdets renommé i forhold til den nuværende situation som følge af behandlingen.
Skala til vurderinger
De ovenstående påvirkninger vurderes på følgende skala
1 - Meget stor positiv påvirkning
2 - Stor positiv påvirkning
3 - Moderat positiv påvirkning
4 - Lille positiv påvirkning
5 - Ingen nævneværdig positiv påvirkning

7 RESULTAT

Beregning af vægtet sum ved brug af vægte indtastet på ark 1

Normaliserede scorer hentes fra de foregående ark						
	In situ termisk	Ex situ termisk	Ex situ jordvask	0	0	Bemærkning
Miljø	0,75	1,00	0,83	0,00	0,00	Jo højere jo mere negativt
Samfund	0,36	0,80	1,00	0,38	0,38	Jo højere jo mere negativt
Økonomi	0,70	0,90	1,00	0,00	0,00	Jo højere jo dyrere
Effekt	0,56	0,33	1,00	0,00	0,00	Jo højere mindre effekt
Tid	0,71	0,86	1,00	0,00	0,00	Jo højere jo mere tidskrævende

4 HOVEDKRITERIER:

Lige vægt						
	In situ termisk	Ex situ termisk	Ex situ jordvask	0	0	Vægt 4 krit
Miljø	0,19	0,25	0,21	0,00	0,00	0,250
Samfund	0,09	0,20	0,25	0,10	0,10	0,250
Økonomi	0,17	0,22	0,25	0,00	0,00	0,250
Effekt	0,14	0,08	0,25	0,00	0,00	0,250
Sum, lige vægt (4 krit)	0,59	0,76	0,96	0,10	0,10	

Vægtet score						
	In situ termisk	Ex situ termisk	Ex situ jordvask	0	0	Fra Ark 1 Vægt 4 krit
Miljø	0,11	0,15	0,12	0,00	0,00	0,150
Samfund	0,05	0,12	0,15	0,06	0,06	0,150
Økonomi	0,28	0,36	0,40	0,00	0,00	0,400
Effekt	0,17	0,10	0,30	0,00	0,00	0,300
Vægtet sum (4 krit)	0,61	0,73	0,97	0,06	0,06	

5 HOVEDKRITERIER:

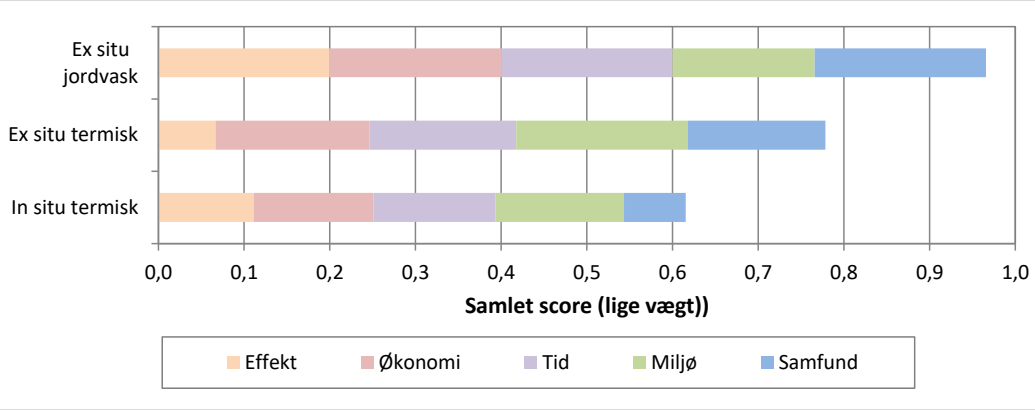
Lige vægt, 5 hovedkriterier						
	In situ termisk	Ex situ termisk	Ex situ jordvask	0	0	Vægt 5 krit
Effekt	0,11	0,07	0,20	0,00	0,00	0,2
Økonomi	0,14	0,18	0,20	0,00	0,00	0,2
Tid	0,14	0,17	0,20	0,00	0,00	0,2
Miljø	0,15	0,20	0,17	0,00	0,00	0,2
Samfund	0,07	0,16	0,20	0,08	0,08	0,2
Vægtet sum (5krit)	0,62	0,78	0,97	0,08	0,08	

Vægtet score, 5 hovedkriterier						
	In situ termisk	Ex situ termisk	Ex situ jordvask	0	0	Fra Ark 1 Vægt 5 krit
Effekt	0,17	0,10	0,30	0,00	0,00	0,300
Økonomi	0,28	0,36	0,40	0,00	0,00	0,400
Tid	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000
Miljø	0,11	0,15	0,12	0,00	0,00	0,150
Samfund	0,05	0,12	0,15	0,06	0,06	0,150
Vægtet sum (5krit)	0,61	0,73	0,97	0,06	0,06	

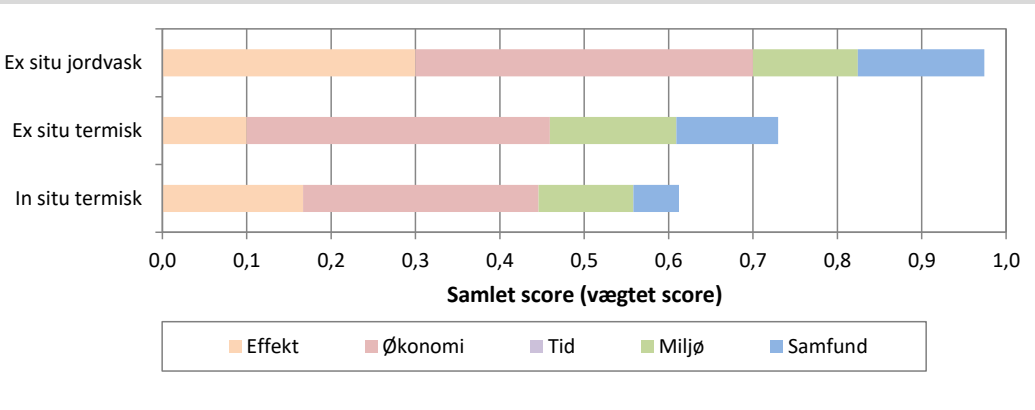
RESULTATGRAFER - 5 HOVEDKRITERIER

Bemærk: Dette resultat er kun gældende, hvis du har indtastet vægte for alle 5 hovedkriterier i ark 1

Lige vægt af hovedkriterier



Vægtet score



Bilag 2

Bæredygtighedsvurdering af oprensningsscenarier

Kommentarer til værdisætning af kriterier

Påvirkning		Værdi	Kommentarer i forbindelse med tildeling af værdier
<u>Udsivning til havet - masseflux</u>			
In situ termisk	Pesticider	99%	Jf. pilotforsøg vurderes godtgjort at en oprensningsgrad på >99% er realistisk.
	Kviksølv	99%	Ved pilotforsøget opnået 99% for den effektivt behandlede jord, men kun 77% hvis der ses på hele jordvoluminet til pilotforsøget. Men da der i forhold til udsivning kan tåles forholdsvis højt indhold af Hg sættes værdi til 99%.
Ex situ termisk	Pesticider	99%	Jf. pilotforsøget vurderes godtgjort at en oprensningsgrad på >99% er realistisk.
	Kviksølv	99%	Ved pilotforsøget opnået 99% for den effektivt behandlede jord, men kun 77% hvis der ses på hele jordvoluminet til pilotforsøget. Værdi sættes til 99% jf. in situ termisk.
Ex situ jordvask	Pesticider	95%	For jordvask er der egentlig 3 fraktioner. Over-size: ukendt. Sandfraktion: >95% jf. pilotforsøg MOPS, slam 100% hvis ekstern behandling. Med den foreliggende viden om alle 3 fraktioner sættes værdien til 95%.
	Kviksølv	99%	Jordvask: jf. pilotforsøget >99,5 %. Værdi sættes til 99%.
<u>Jordmiljø - massereduktion</u>			
In situ termisk	Pesticider	99%	Jf. pilotforsøg vurderes godtgjort at en oprensningsgrad på >99% er realistisk.
	Kviksølv	95%	Ved pilotforsøget opnået 99% for den effektivt behandlede jord, men kun 77% hvis der ses på hele jordvoluminet til pilotforsøget. Værdi sættes derfor til 95%.
Ex situ termisk	Pesticider	99%	Jf. pilotforsøg vurderes godtgjort at en oprensningsgrad på >99% er realistisk.
	Kviksølv	99%	Ved pilotforsøget opnået 99% for den effektivt behandlede jord, men kun 77% hvis der ses på hele jordvoluminet til pilotforsøget. I ex-situ vurderes, at man bedre kan styre processen, så her 99%.
Ex situ jordvask	Pesticider	95%	For jordvask er der egentlig 3 fraktioner. Over-size: ukendt. Sandfraktion: >95% jf. pilotforsøg MOPS, slam 100% hvis ekstern behandling. Med den foreliggende viden om alle 3 fraktioner sættes værdien til 95%.
	Kviksølv	99%	Jordvask: jf. pilotforsøget >99,5 %. Værdi er sat til 99%. Men det kan overvejes at sætte værdi lavere - eksempelvis 98%, da det er usikkert om alt materialet er indregnet i de 99%. (tre fraktioner: sten o.l. - sand - slam
<u>Arealanvendelse - reduceret koncentration</u>			
In situ termisk	Pesticider	99%	Jf. pilotforsøg vurderes godtgjort at en oprensningsgrad på >99% er realistisk.
	Kviksølv	99%	Ved pilotforsøget opnået 99% for den effektivt behandlede jord, men kun 77% hvis der ses på hele jordvoluminet til pilotforsøget. De øvre jordlag vurderes mindre belastet af Hg eller slet ikke. Værdi sættes til 99%.
Ex situ termisk	Pesticider	99%	Jf. pilotforsøg vurderes godtgjort at en oprensningsgrad på >99% er realistisk.
	Kviksølv	99%	Ved pilotforsøget opnået 99% for den effektivt behandlede jord, men kun 77% hvis der ses på hele jordvoluminet til pilotforsøget. I ex-situ vurderes, at man bedre kan styre processen, så her sættes værdien til 99%.
Ex situ jordvask	Pesticider	95%	For jordvask er der egentlig 3 fraktioner. Over-size: ukendt. Sandfraktion: >95% jf. pilotforsøg MOPS, slam 100% hvis ekstern behandling. Med den foreliggende viden om alle 3 fraktioner sættes værdien til 95%.
	Kviksølv	99%	Jordvask: jf. pilotforsøget >99,5 %. Værdi er sat til 99%. Men det kan overvejes at sætte værdi lavere - eksempelvis 98%, da det er usikkert om alt materialet er indregnet i de 99%. (tre fraktioner: sten o.l. - sand - slam.

Påvirkning Værdi Kommentarer i forbindelse med tildeling af værdier

Afværgeomkostninger

In situ termisk	[Score]	0,77	Jf. Rambøll estimat 2020. Volumen, el og udfordringer med opsvende/indsivende grundvand muligvis underestimeret. Men estimat relativt til alternativer er bedste estimat.
Ex situ termisk	[Score]	1,00	Jf. Rambøll estimat 2020. Volumen, el og udfordringer med opsvende/indsivende grundvand muligvis underestimeret. Men estimat relativt til alternativer er bedste estimat.
Ex situ jordvask	[Score]	0,93	Jf. Rambøll estimat 2020. Volumen, el og udfordringer med opsvende/indsivende grundvand muligvis underestimeret. Men estimat relativt til alternativer er bedste estimat.

Teknisk usikkerhed

In situ termisk	Skala 1-5	2,7	Lidt højere end eksperterne, da usikkerhed om opsvende/indsivende grundvand hhv. ekstraktion af poreluft pga. svovl indgår.
	Procenttillæg	18%	Indflydelse af afkøling, forekomst af fri fase, svovlproblematik betyder, at det vurderes som lav til moderat usikkerhed.
Ex situ termisk	Skala 1-5	2,6	Opgravning, opsvende/indsivende grundvand og termisk on-site indgår i eksperternes vurdering. Gennemsnit er 2,4. Konsensus om 2,6.
	Procenttillæg	18%	Afstivning af udgravning, opsvende/indsivende grundvand, transport af jord har de største usikkerheder. Opvarmning lav usikkerhed. Samlet en lav til moderat usikkerhed.
Ex situ jordvask	Skala 1-5	4,2	Afgravning og opsvende/indsivende grundvand indgår som ovenfor. Dertil kommer usikkerheden, om jorden rent faktisk kan renses til de forudsatte mål. Konsensus om 4,2.
	Procenttillæg	32%	Selvom eventuelle tekniske udfordringer ligger hos entreprenøren, også økonomisk, er der her forhold med slam, over-size materiale, m.m. som kan medføre forurening. Samlet set stor usikkerhed.

Modenhed af teknik

In situ termisk	Skala 1-5	2	Anses for velafprøvet og dokumenteret effektiv metode. Får score 2 grundet særligt speciel forurening. Samlet set lav modenhed.
	Procenttillæg	5%	Jf. nedenstående oversigt.
Ex situ termisk	Skala 1-5	2	Anses for velafprøvet og dokumenteret effektiv metode. Får score 2 grundet særligt speciel forurening. Samlet set stor modenhed.
	Procenttillæg	5%	Jf. nedenstående oversigt.
Ex situ jordvask	Skala 1-5	4	Jordvask er ikke ukendt metode, men udfordringen her er kombinationen af forureningskomponenter og i sær rensningen for pesticider. Samlet set lav modenhed.
	Procenttillæg	15%	Jf. nedenstående oversigt.

Vurdering af skala 1 - 5

Teknisk usikkerhed

- 1 - Ingen nævneværdig usikkerhed → 0-10 % ekstra omkostninger
- 2 - Lille usikkerhed → 10-20 % ekstra omkostninger
- 3 - Moderat usikkerhed → 20-30 % ekstra omkostninger
- 4 - Stor usikkerhed → 30-40 % ekstra omkostninger
- 5 - Meget stor usikkerhed → 40-50 % ekstra omkostninger

Modenhed af teknik

- 1 - Meget stor modenhed → Klar til igangsætning - 0% ekstra omkostninger
- 2 - Stor modenhed → 5 % ekstra omkostninger
- 3 - Middel modenhed → 10 % ekstra omkostninger
- 4 - Lav usikkerhed → 15 % ekstra omkostninger
- 5 - Meget lav modenhed → 20 % ekstra omkostninger

Påvirkning	Værdi	Kommentarer i forbindelse med tildeling af værdier
------------	-------	--

Afværgeomkostninger

In situ termisk	[År]	5	Planlægning og udbud (1 år), projektering (½ år), forberedende arbejder og etablering (1½ år), opvarmning (1 år), afkøling og efterkontrol 1 år). I alt 5 år
Ex situ termisk	[År]	6	Planlægning og udbud (1 år), projektering (½ år), forberedende arbejder og etablering (2½ år), opvarmning (1 år), afkøling og efterkontrol 1 år). I alt 6 år
Ex situ jordvask	[År]	7	Planlægning og udbud (1 år), projektering (½ år), forberedende arbejder og etablering (2 år), jordvask (3 år), tillæg for usikkerhed (½ år). I alt 7 år

Emissioner til luft og vand, økotoksicitet, affald samt ressourceforbrug

For underkriterierne "Emissioner til luft og vand", "Økotoksicitet", "Affald" samt "ressourceforbrug" henvises til sammenfattende omtale i afsnit 5,4 samt baggrundsdokumentation af LCA screening i Bilag 3.

Jordkvalitet efter oprensning Værdi Kommentarer i forbindelse med tildeling af værdier

Biogeokemisk påvirkning af oprenset jord/grundvand

In situ termisk	Skala 1-5	4	Kraftig påvirkning på alle parametre, dog bevares jordskelettets sortering og lagfølge
Ex situ termisk	Skala 1-5	5	Kraftig påvirkning på alle parametre inklusiv omgravning af jorden
Ex situ jordvask	Skala 1-5	5	Kraftig påvirkning på alle parametre inklusiv omgravning af jorden

Påvirkning af terrestrisk miljø på oprenset lokalitet

In situ termisk	Skala 1-5	2	Strandområde med begrænset terrestrisk miljø, der hurtigt gendannes. Et begrænset delareal fra Cheminovahullet inddrages til materieloplag og velfærdsområde mv.
Ex situ termisk	Skala 1-5	4	Strandområde med begrænset terrestrisk miljø, der hurtigt gendannes. Et relativt stort delareal fra Cheminovahullet inddrages til on site behandlingsanlæg, materieloplag og velfærdsområde mv.
Ex situ jordvask	Skala 1-5	3	Strandområde med begrænset terrestrisk miljø, der hurtigt gendannes. Et delareal af moderat størrelse inddrages fra Cheminovahullet til on site behandlingsanlæg, materieloplag og velfærdsområde mv.

Vurdering af skala 1 - 5 for jordkvalitet

- 1 - Ingen nævneværdig negativ påvirkning
- 2 - Lille negativ påvirkning
- 3 - Moderat negativ påvirkning
- 4 - Stor negativ påvirkning
- 5 - Meget stor negativpåvirkning

Gener for beboere/naboer	Værdi	Kommentarer i forbindelse med tildeling af værdier
--------------------------	-------	--

Tidsramme for afværg

In situ termisk	[År]	5	Estimerede varighed af oprensning. Jf. hovedkriterie "Tid"
Ex situ termisk	[År]	6	Estimerede varighed af oprensning. Jf. hovedkriterie "Tid"
Ex situ jordvask	[År]	7	Estimerede varighed af oprensning. Jf. hovedkriterie "Tid"

Grad af gener - afværg

In situ termisk	Skala 1-5	1,0	Ingen beboere på eller i nærheden af lokaliteten, men der er turister.
Ex situ termisk	Skala 1-5	2,0	Ingen beboere på eller i nærheden af lokaliteten, men der er turister. Ex situanlæg fylder mere.
Ex situ jordvask	Skala 1-5	3,0	Ingen beboere på eller i nærheden af lokaliteten, men der er turister. Ex situanlæg fylder mere og jordvaskanlægget kan være vanskelig at indpasse i miljøet

Påvirkning af arealanvendelse	Værdi	Kommentarer i forbindelse med tildeling af værdier
-------------------------------	-------	--

Under afværg

In situ termisk	Skala 1-5	3,0	Lukket arbejdsområde under afværg. Større areal for ex situ teknikker. Udgangsniveau 3 for in situ termisk vurderes i ballance med skala, men lavere end ekspertpanels vurdering. Relativt lille arealinddragelse af Cheminovahullet til materielpads mv.
Ex situ termisk	Skala 1-5	5,0	Relativt stor arealinddragelse af Cheminovahullet til materielpads, stort ex situ behandlingsområde mv.
Ex situ jordvask	Skala 1-5	4,0	Relativ stor arealinddragelse af Cheminovahullet til materielpads, moderat ex situ behandlingsområde mv. Men mere vedvarende transport af jord fra og til anlægget.

Efter afværg

In situ termisk	Skala 1-5	1,0	Efter retablering vil adgangs begrænsninger ophæves ligesom arealer generelt forventes at retabere biologisk relativt hurtigt.
Ex situ termisk	Skala 1-5	1,0	Efter retablering vil adgangs begrænsninger ophæves ligesom arealer generelt forventes at retabere biologisk relativt hurtigt.
Ex situ jordvask	Skala 1-5	1,0	Efter retablering vil adgangs begrænsninger ophæves ligesom arealer generelt forventes at retabere biologisk relativt hurtigt.

Sundhedseffekter grundet afværg

For underkriteriet "Humantoksicitet via luft" henvises til sammenfattende omtale i afsnit 5,5 samt baggrundsdokumentation af LCA screening i Bilag 3.

Arbejds miljø for afværgaktiviteter	Værdi	Kommentarer i forbindelse med tildeling af værdier
-------------------------------------	-------	--

In situ termisk	Skala 1-5	2,5	Emissioner begrænset til dampopsamling og behandling af dampe, kondensering, separering mv. i lukkede systemer. Men der er tale om særligt farlige stoffer.
Ex situ termisk	Skala 1-5	4,0	Som in situ termisk hvad angår den termiske proces. Hertil emissioner under opgravning, transport og indbygning for ex-situ behandling. Opgravning, transport og indbygningen sker i delperioder af den samlede behandlingsperiode
Ex situ jordvask	Skala 1-5	5,0	Emissioner under opgravning, transport, mellemdeponering, fødnig af behandlingsanlæg kontinuert over den samlede behandlingsperiode. Opsamling af dampe, dispergerede, opløste og fri fase fraktioner. Komplekst at etablere lukkede systemer.

Kultur og omdømme	Værdi	Kommentarer i forbindelse med tildeling af værdier
-------------------	-------	--

Påvirkning af landskabstyper/kulturminder

In situ termisk	Skala 1-5	1,0	Samme arealforskelle som for påvirkning af arealanvendelse under afværg, men påvirkning meget lavere.
Ex situ termisk	Skala 1-5	3,0	Do
Ex situ jordvask	Skala 1-5	2,0	Do

Påvirkning af renommé af område

In situ termisk	Skala 1-5	1,0	Fuld oprensning vil have både lokal og national stor betydning for renommé. In situ afværg indebærer både arealmæssigt og tidsmæssigt mindre omfang, hvilket her også tillægges en betydning i relation til renommé
Ex situ termisk	Skala 1-5	2,0	Fuld oprensning vil have både lokal og national stor betydning for renommé.
Ex situ jordvask	Skala 1-5	2,0	Fuld oprensning vil have både lokal og national stor betydning for renommé.

Vurdering af skala 1 - 5

Alle underkriterier eksklusiv påvirkning renommé

- 1 - Ingen nævneværdig negativ påvirkning
- 2 - Lille negativ påvirkning
- 3 - Moderat negativ påvirkning
- 4 - Stor negativ påvirkning
- 5 - Meget stor negativ påvirkning

Påvirkning af renommé af område

- 1 - Meget stor positiv påvirkning
- 2 - Stor positiv påvirkning
- 3 - Moderat positiv påvirkning
- 4 - Lille positiv påvirkning
- 5 - Ingen nævneværdig positiv påvirkning

Notat

Region Midtjylland - Regional udvikling

Afværge på Høfde 42

Successiv livscyklusscreening

Bilag 3

Projekt ID: 10409136

Ændret:

Revision: 1

Udarbejdet af KWE

Kontrolleret af MPC

Godkendt af KWE

Indhold

1	Introduktion	2
2	Formål	2
3	Afgrænsning	3
4	Opgørelse af forbrug	5
5	Beregning af påvirkninger	6
6	Referencer	8
Appendix 1: Metodebeskrivelse		9

NIRAS A/S

Ove Gjeddes Vej 35

5220 Odense SØ

T: +45 6312 1581

D: +45 6038 4163

E: KWE@NIRAS.DK

www.niras.dk

CVR-nr. 37295728

FRI, FIDIC

1 Introduktion

Dette bilag dokumenterer den livscyklusscreening, der er gennemført for alternative afværgemetoder som led i planlægningsfasen for oprensningen af kemikalieaf-faldsdepotet ved Høfde 42 i Harboøre. De vurderede metoder omfatter:

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

Forudsætningerne for gennemførelsen af de alternative afværgeprojekter er beskrevet i notat 2.1C Beskrivelse af oprensningsscenarier og afsnit 3 i notat 2.6 Bæredygtighedsvurdering af oprensningsscenarier.

Livscyklusscreeningen giver en overordnet kvantificering af de afledte negative på-virkninger på klima, mennesker og miljø samt ressourceforbrug for de aktuelle tre alternative afværgemetoder.

LCA screeningen er opdelt i følgende faser:

- Formål
- Afgrænsning
- Opgørelse af forbrug
- Beregning af påvirkninger

Faserne gennemgås i det følgende. I Appendiks 1 er der kortfattet redegjort for den anvendte LCA beregningsmetode.

2 Formål

Formålet med den aktuelle livscyklusscreening er at give et datagrundlag for hovedkriteriet Miljø i forbindelse med gennemførelsen af en bæredygtighedsvurdering baseret på Region Midtjyllands bæredygtighedsværktøj, der indgår som data-grundlag for regionens overordnede vurderinger af metodevalg.

Livscyklusscreeningen vil i et videre arbejde kunne tilpasses nøjere projektplaner, herunder udførelsesmetoder og materialevalg. Således vil det være muligt at identificere hvilke processer/aktiviteter, der har størst betydning, hvorved det vil være muligt at fokusere en indsats for optimering af projektet for at begrænse de afledte påvirkninger.

3 Afgrænsning

I forbindelse med LCA'en foretages en afgrænsning, der definerer hvilke processer og aktiviteter, der indgår i livscyklusvurderingen. I Tabel 3.1 er der givet en oversigt over lokalitetsspecifikke processer/aktiviteter, som indgår i de forberedende arbejder og afviklingen efter afslutningen af selve rensprocessen.

Tabel 3.1: Inddata til LCA for forberedende arbejder.

+: data indgår
- : data indgår ikke

Forberedende arbejder og afvikling	In situ termisk	Ex situ termisk	Ex situ jordvask
Flytning og retablering af havdige	+	+	+
Sikring af oprensningsområde mod oversvømmelse	-	-	-
Fjernelse af membran og overliggende dæklag	+	+	+
Fjernelse af testceller, testrør, katodebeskyttelse, bunkere	-	-	-
Sikring af eksisterende installationer og ledningsanlæg	-	-	-
Supplerende spunsvægge internt i behandlingsområde inklusiv retablering (trækning af spuns)	+	+	+
Betonbefæstede pladser for jordhåndtering (jernbeton) inklusiv bærelag af grus	-	+	+
Asfaltbefæstede arbejdsveje for jordtransport inklusiv bærelag af grus	-	+	+
Asfaltbefæstede pladser for materiel, velfærd og kontor inklusiv bærelag af grus	+	+	+
Behandlingskamre (jernbeton) for ex situ termisk behandling; 2 kamre à L*B*H = 100 * 50 * 4 m	-	+	-
Dræning af vand fra behandlingsområde samt tryksækning i undergrund i 2 år	+	+	+

I Tabel 3.2 er der givet en oversigt over lokalitetsspecifikke processer/aktiviteter, der er medtaget for selve jordbehandlingen.

Tabel 3.2: Inddata til LCA for jordbehandlingsprocesser.

+: data indgår
- : data indgår ikke

Jordbehandling	In situ termisk	Ex situ termisk	Ex situ jordvask
Ekstern vejtransport (diesel); transport af masser, gods, materiel, varer samt kørsel ifm tilsyn	+	+	+
Jordhåndtering; opgravning, transport, mellemdponering, genlæsning og genindbygning	+	+	+
Forbrug af materialer til in situ anlæg og etablering af borer (anlægsarbejde)	+	+	n/a
Forbrug af materialer til udstyr for ex situ behandlingsanlæg. Eksempelvis for rensning af gasser, væsker og jordrensning	-	-	-
Energiforbrug til primære processer (jordopvarmning og jordvask)	+	+	+
Energiforbrug til sekundære processer (ekstraktion, kondensering, behandling af vand og gasser)	+	+	+
Forbrug af kemikalier i forbindelse med jordvask	n/a	n/a	+
Ekstern jordbehandling (her forbrænding hos FORTUM)	n/a	n/a	+

I det omfang data ikke indgår skyldes det, at det ikke er relevant for den pågældende afværgemetode, at bidraget vurderes af underordnet betydning eller grundet manglende datagrundlag.

For termisk behandling er der antaget at jordopvarmning (primært energiforbrug) sker ved konduktiv opvarmning (TCH – Thermal Conductive Heating) og baseres på elektricitet fra dansk eldistribution. Sekundære processer omfattende drift af behandlingsanlæg, pladsstrøm mv. og baseres ligeledes på elektricitet fra dansk eldistribution.

Såfremt der anvendes naturgas on site til jordopvarmning må de afledte påvirkninger forventes signifikant større. Dette scenarie er ikke kvantificeret.

For ex situ jordvask er processer knyttet til den fysiske sortering, jordrensning samt intern jordtransport i selve jordvaskeanlægget beskrevet på et overordnet niveau i tilknytning til et tidligere gennemført pilotprojekt, der er rapporteret af Fortum i 2020 /ref. 6/. På denne baggrund er forbrug af elektricitet til drift af jordbehandlingsanlægget groft estimeret (primær proces). Recepter for anvendelse af kemikalier foreligger ikke. Der er i stedet gjort antagelser om forbrug af kemikalier og i hvilket omfang vaskevand genbruges. Der må derfor forventes stor usikkerhed på energiforbrug til jordbehandlingsanlæggets drift samt hvilke kemikalier, der reelt skal anvendes og i hvilke mængder. De gjorte antagelser er baseret på rapporten fra Fortum /ref. 6/.

Følgende generelle og historiske aktiviteter er ikke inkluderet i livscyklusscreeningen:

- Forundersøgelser, felt- og laboratorieundersøgelser, herunder eventuelle pilotforsøg
- Persontransport som led i kørsel til og fra arbejde
- Indkvartering og underhold/forplejning
- Eventuel ekstern deponering
- Materialeafskrivning på midlertidigt opstillede on site anlæg (pumper, behandlingsanlæg, elektriske anlæg, containere, velfærdsvogne mv.)
- Mindre forbrug af materialer og diverse komponenter, som umiddelbart vurderes at indebære et underordnet bidrag til de samlede påvirkninger.

4 Opgørelse af forbrug

Det samlede transportbehov, behov for entreprenørarbejder, forbrug af elektricitet samt materialeforbrug for de alternative afværgemetoder er sammenfattet i Figur 4.1.

Figur 4.1: Sammenfatning af inddata for opgørelse af forbrug af energi og materialer

Opgørelse af forbrug af energi og materialer					In situ termisk	Ex situ termisk	Ex situ jordvask
TRANSPORT							
Vej - diesel							
Bil, persontransport		km			16.800	16.800	21.600
Varevogn	< 3,5 t	km			42.000	42.000	54.000
Lastbil, godstransport	3,5 - 7,5 t	km			16.800	16.800	21.600
Lastbil, godstransport	7,5 - 16 t	km			16.800	16.800	21.600
Lastbil, godstransport	16 - 32 t	km			33.600	33.600	43.200
Lastbil, godstransport excl jord	> 32 t	km			26.607	110.789	79.097
Lastbil, transport af jord	> 32 t	km			17.813	57.251	248.187
ENTREPRENØRBEJDER							
Entreprenørarbejder - diesel							
Gravemaskine		m3			0	120.000	120.000
Loader/gummiged		m3			4.388	544.323	541.070
Arbejdsmaskine	Generel belastning	25 - 100 hk	h		555	3.096	2.202
Arbejdsmaskine	Høj belastning	> 100 hk	h		359	3.443	3.194
Arbejdsmaskine	Generel belastning	> 100 hk	h		2.958	3.179	0
ENERGIFORBRUG							
Forbrug af elektricitet on site							
Primære processer		kWh			85.000.000	85.000.000	1.693.200
Sekundære processer, behandling mv.		kWh			15.065.040	15.047.040	216.360
MATERIALEFORBRUG							
Metaller							
Stål		kg			464.283	1.152.998	481.875
Rustfrit stål		kg			12.765	6.382	0
Aktivt kul							
Aktivt kul		kg			56.000	56.000	0
Reaktanter							
Natrium hydroxid (50%)		kg			0	0	1.296.000
Svovlsyre		kg			0	0	1.080.000
Sand, grus og genbrugsmaterialer							
Bakkematerialer af sand og grus		m3			3.375	10.848	10.191
Konstruktionsmaterialer og belægninger							
Beton		m3			1.294	4.573	2.813
Asfalt		m3			1.000	1.765	1.765
EKSTERNE PROCESSER							
Industriel forbrænding							
Jordmængde til jordrensning	5%	tons			0	0	10.800

Forbrug er kvantificeret på baggrund af erfaringer fra tidligere anvendelse af in situ termisk opvarmning, estimerer for ekstraarbejder i forbindelse med ex situ termisk opvarmning samt redegørelse for MOPS jordvask /ref. 2/. Estimerne forrefindes i NIRAS sagsarkiv.

5 Beregning af påvirkninger

De beregnede absolutte påvirkninger for de alternative afværgemetoder er vist i Figur 5.1 med en opdeling i påvirkninger på klima, mennesker, miljø samt ressourcforbrug.

Figur 5.1: Påvirkninger i absolutte enheder

EDIP2003			In situ termisk	Ex situ termisk	Ex situ jordvask
Karakterisering	Enhed	Påvirkninger i absolutte enheder			
Klimapåvirkninger					
Global warming	kg CO2 eq	G	17.856.274	20.903.016	11.489.535
Påvirkninger af mennesker					
Human toxicity air	person	L	666.504.865.574	809.545.039.195	694.005.309.409
Human toxicity water	m3	R	636.104.992	856.527.958	496.697.508
Human toxicity soil	m3	R	12.226.490	14.710.841	11.964.791
Photochemical ozone formation (Human)	person.ppm.h	R	6.652	8.545	9.199
Miljøpåvirkninger					
Acidification	m2	R	745.957	963.776	1.166.614
Eutrophication, aquatic EP(N)	kg N	R	6.201	7.527	11.897
Eutrophication, aquatic EP(P)	kg P	R	3.337	4.525	4.009
Eutrophication, terrestrial	m2	R	1.884.654	2.215.689	1.735.223
Ecotoxicity water chronic	m3	R	101.137.414.160	106.485.014.865	31.163.621.733
Ecotoxicity water acute	m3	R	11.201.615.932	11.933.416.538	4.236.147.344
Ecotoxicity soil chronic	m3	R	17.780.867	22.732.673	22.610.946
Photochemical ozone formation (Vegetation)	m2*ppm*hours	R	96.740.250	123.991.103	131.644.444
Ressourceforbrug					
Resources (all)	PR2004	G	3.000	4.522	2.736
Affald					
Bulk waste	kg	L	2.904.681	3.804.277	3.616.970
Hazardous waste	kg	L	1.130	1.224	404
Radioactive waste	kg	L	271	495	659
Slags/ashes	kg	L	127.809	135.953	123.011
Forkortelser		PE	Personækvivalenter		
		L	Lokal påvirkning		
		R	Regional påvirkning		
		G	Global påvirkning		

I Figur 5.2 er bruttotabellen med beregningsresultaterne gengivet i normaliseret form, hvor påvirkningerne er sat i forhold til en gennemsnitpersons årlige påvirkninger (personækvivalenter).

Figur 5.2: Påvirkninger normaliseret i forhold til én persons emissioner pr. år

EDIP2003		In situ termisk Ex situ termisk Ex situ jordvask			
Normalisering	Enhed	Påvirkninger normaliseret i forhold til én persons emissioner pr. år			
Klimapåvirkninger					
Global warming	PE	G	1.755	2.148	1.472
Påvirkninger af mennesker					
Human toxicity air	PE	L	1.406	1.708	1.464
Human toxicity water	PE	R	13.485	18.158	10.530
Human toxicity soil	PE	R	1.516	1.824	1.484
Photochemical ozone formation (Human)	PE	R	2.341	3.008	3.238
Miljøpåvirkninger					
Acidification	PE	R	1.895	2.448	2.963
Eutrophication, aquatic EP(N)	PE	R	744	903	1.428
Eutrophication, aquatic EP(P)	PE	R	11.846	16.062	14.231
Eutrophication, terrestrial	PE	R	1.376	1.617	1.267
Ecotoxicity water chronic	PE	R	27.611	29.070	8.508
Ecotoxicity water acute	PE	R	16.802	17.900	6.354
Ecotoxicity soil chronic	PE	R	244	311	310
Photochemical ozone formation (Vegetation)	PE	R	1.625	2.083	2.212
Ressourceforbrug					
Resources (all)	PE	G	3.660	5.517	3.339
Affald					
Bulk waste	PE	L	2.152	2.819	2.680
Hazardous waste	PE	L	55	59	20
Radioactive waste	PE	L	1.691	3.096	4.118
Slags/ashes	PE	L	366	389	352
Forkortelser	PE	Personækvivalenter			
	L	Lokal påvirkning			
	R	Regional påvirkning			
	G	Global påvirkning			

Som inddata i Region Midtjyllands bæredygtighedsværktøj indgår de parametre, der er markeret med farver i Figur 5.2. For hovedkriteriet Miljø er næringssaltbelastning af jordmiljø (Eutrophication, terrestrial) således ikke medtaget. For hovedkriteriet Samfund indgår alene toksiske påvirkninger af mennesker via emissioner til atmosfæren (human toxicity air), mens 3 øvrige parametre for påvirkning af mennesker ikke indgår. Dette forhold diskuteres ikke yderligere, idet valget af parametre er knyttet til udviklingen af Region Midtjyllands bæredygtighedsværktøj. Uanset dette har valget af parametre ikke signifikant betydning for de videre beregninger i bæredygtighedsværktøjet.

6 Referencer

1. Ecoinvent databasen. <https://www.ecoinvent.org/home.html>
2. Results from MOPS treatment of sand from Groyne 42. Udarbejdet af Fortum, 2020? (udateret). Fortrolig.
3. Guidelines from the Danish Environmental Protection Agency. Spatial differentiation in life cycle impact assessment The EDIP2003 methodology. Michael Hauschild and José Potting. Institute for Product Development Technical University of Denmark, 2000. <https://lca-center.dk/wp-content/uploads/2015/08/Spatial-differentiation-in-life-cycle-impact-assessment-the-EDIP2003-methodology.pdf>
4. ISO 14040:2006; Environmental management - Life Cycle Assessment - Principles and framework
5. Region Hovedstaden, Amternes Videncenter for jordforurening samt Miljøstyrelsen. RemS – Beslutningsstøtteværktøj for valg af afværgestrategi overfor jord- og grundvandsforurening. Udarbejdet af NIRAS i samarbejde med DTU Miljø, 2010.
6. Results from MOPS treatment of sand from Groyne 42, Pilot demonstrations of MOPS. Final Report. Udarbejdet af Fortum, oktober 2020. Fortrolig.

Appendix 1: Metodebeskrivelse

LCA beregningsmodel

Livscyklusberegninger af påvirkningerne på klima, mennesker, miljø samt ressourceforbrug er foretaget med EDIP2003 metoden (ref. /3/). EDIP2003 metoden er en såkaldt klassisk attributional LCA, der giver et estimat over hvilke påvirkninger, der hører til den undersøgte proces/aktivitet og har således karakter af et LCA regnskab. Metoden er en videreudvikling af EDIP97 metoden, som er anvendt i RemS værktøjet /ref. 5/.

Beregningsprocessen har karakter af en screening og repræsenterer alene en metodisk tilnærmelse til LCA standarden ISO14040 /ref. 4/, som i fuldt omfang udgør en meget omfattende proces. Resultaterne af den aktuelle livscyklusscreening skal betragtes som grove overslag, idet inddata med den aktuelle pragmatiske tilgang til kvantificering af forbrug indebærer usikkerheder, der betyder, at forskelle på enkeltparametre bør være større end skønsmæssigt ~ 25% for at være signifikante.

Enhedsprocesser i LCA beregninger

De opgjorte forbrug jf. afsnit 4 konverteres til påvirkninger af klima, mennesker, miljø samt ressourceforbrug i en beregningsproces. Beregningsprocessen benytter en række enhedsprocesser, der hver er knyttet til én type af forbrug. LCA beregningerne benytter sig af enhedsprocesser fra Ecoinvent 3 databasen. Enhedsprocesser fra Ecoinvent er baseret på en omfattende aggregering af data, der succesivt opdateres af en gruppe af schweiziske organisationer /ref. 1/.

Aktuelt er der i genereringen af enhedsprocesser anvendt SimaPro LCA-software (v. 9.0.0.48 eller nyere).

Ecoinvents enhedsprocesser for producerede varer (stål, beton osv.) omfatter miljømæssige udvekslinger (ressourceforbrug og emissioner) relateret til materiale- og produktionsfase af en vare, dvs. udvinding af råstoffer, produktion og transport, men ikke brugsfasen og endelig bortskaffelse af den producerede vare. Enhedsprocesserne i Ecoinvent inddrager desuden infrastrukturelementer såsom opførelse af et produktionsanlæg, et køretøj m.v., der anvendes til produktion eller transport af varer. En andel af infrastrukturens miljøpåvirkninger tildeles det færdige produkt i et forhold, der er baseret på infrastrukturens anslåede levetid. For transport af personer og varer indgår på tilsvarende vis energiforbruget ved transporten såvel som en andel af transportmiddel og infrastrukturen svarende til de anslåede levetider herfor.

Beregningerne er baseret på tilgængelige enhedsprocesser fra Ecoinvent (pr. december 2020), som typisk repræsenterer procesforhold, som er ca. 5 år gamle. Langt de fleste processer – eksempelvis udvinding af råstoffer og produktion af materialer – udvikler sig så langsomt, så 5 – 10 år gamle enhedsprocesser fortsat vurderes at være repræsentative til det aktuelle formål.

For forbrug af massegoods (fx stål og cement) bør man i beregningsprocessen være opmærksom på, om LCA beregningerne repræsenterer globalt, europæisk eller regionalt producerede produkter, idet produktionsbetingelser kan indebære betydelige forskelle i emissioner og de reelle påvirkninger af mennesker grundet

Ecoinvent enhedsprocesser

Betydningen af valg af geografisk reference

forskellige krav til reguleringen af emissioner (BAT krav, rensning mv.) og arbejdsmiljøforhold.

De regningsmæssige påvirkninger på mennesker og miljø vil primært være knyttet til lokale/regionale forhold i forbindelse med ressourceudvinding og materialeproduktion. Eksempelvis vil påvirkninger på mennesker og miljø fra forbrug af elektricitet og cement fra Aalborg Portland være relativt små og vil primært ske i Danmark, mens påvirkninger fra cement og reaktanter fra udlandet ofte vil være relativt større og vil primært ske i det pågældende produktionsland. Denne viden om produktionsforhold er vigtig for tolkningen og man skal være klar over, at de enhedsprocesser, der er til rådighed for LCA beregninger ikke altid afspejler de lokale forhold i rimelig grad. Det bør man således forholde sig til kvalitativt i sin tolkning af beregningsresultaterne.

Lokalitetsspecifikke særlige forhold vil generelle LCA værktøjer ikke kunne håndtere. I det omfang det vurderes relevant vurderes sådanne særlige lokalitetsspecifikke emissioner. Eksempelvis kan det være relevant at vurdere betydningen af emissioner knyttet til en forureningsoprensning (humantoksiske/arbejdsmiljøpåvirkninger), udledninger af spildevand til lokalt biologisk rensesanlæg (risiko for hæmning/overbelastning, økotoksicitet for recipient mv.) eller behandling og deponering af overskudsjord (affald).

Opdateret enhedsproces for elektricitet

Termisk opvarmning med elektricitet og afværgeprojekter, der indebærer langvarig drift af behandlingsanlæg, indebærer relativt store forbrug af elektricitet. Samtidig er der de senere år i Danmark sket markante ændringer i den måde, der produceres elektricitet på i retning af en større andel af fornybar energi. Emissionen af drivhusgasser ($\text{CO}_2\text{-eq}$) i forbindelse med forbrug af elektricitet i Danmark – korigeret for import og eksport – var i 2019 på 157 g/kWh og udgør blot 33% af emissionen i 2009.

Aktuelt er der derfor udarbejdet en modificeret enhedsproces for dansk elektricitet, der repræsenterer elektricitet leveret til forbruger i Danmark i 2019. Der er i korrektionen taget højde for andelen af import/eksport, tab ved transformation og distribution samt allokering af afledte påvirkninger mellem el og fjernvarme med en varmevirkningsgrad på 125%, som Energistyrelsen anbefaler.

Modifikationen vedrører "klimagasserne" kuldioxid CO_2 , metan CH_4 og lattergas NO_2 . NO_2 bidrager også til forsurening, næringssaltbelastning og toksicitet for mennesker. Metan medvirker til fotokemisk ozondannelse, der kan give åndedrætslidelser. Modifikationen af enhedsprocessen for elektricitet opdaterer således klimapåvirkningen fuldt ud svarende til år 2019, mens de øvrige påvirkninger af mennesker og miljø kun delvist er opdateret. Med andre ord overestimerer beregningerne af påvirkningerne på mennesker, miljø samt ressourceforbrug afledt af elektricitetsforbrug i et omfang, der ikke er nøjere kvantificeret.