

JUNI 2023
LILLEBÆLT VIND A/S

LILLEBÆLT SYD VINDMØLLEPARK

MILJØKONSEKVENSRAPPORT FOR VINDMØLLEPARK TIL HAVS

BILAG F1 HYDROGRAFI OG VANDKVALITET

ADRESSE COWI A/S
Parallelvej 2
2800 Kongens Lyngby

TLF +45 56 40 00 00
FAX +45 56 40 99 99
WWW cowi.dk

PROJEKTNR.

A234064

DOKUMENTNR.

A234064-ATR04-F

VERSION

4.0

UDGIVELSESDATO

27-06-2023

BESKRIVELSE

Kortlægning af de hydrografi-
ske forhold

UDARBEJDET

CRJ

KONTROLLERET

THRY

GODKENDT

MEAS

INDHOLD

1	Indledning	2
2	Konklusion	4
3	Baggrund	4
3.1	Vindmølleparken	4
3.2	Sedimentbeskrivelse	11
3.3	Sedimentspild	15
3.4	Områder med høj miljømæssig sårbarhed	18
4	Metode	19
4.1	Den anvendte model	19
4.2	Modelbathymetri	20
4.3	Modelparametre	22
4.4	Randdata	23
4.5	Scenarieperioden	27
4.6	Kalibrering	28
4.7	Usikkerhedsvurdering	30
5	Modelresultater	31
5.1	Suspenderet sediment	31
5.2	Sedimentation	42
5.3	Ændring af strømningsmønster	46
5.4	Koncentrationer af frigivne stoffer	51
6	Referencer	56

BILAG

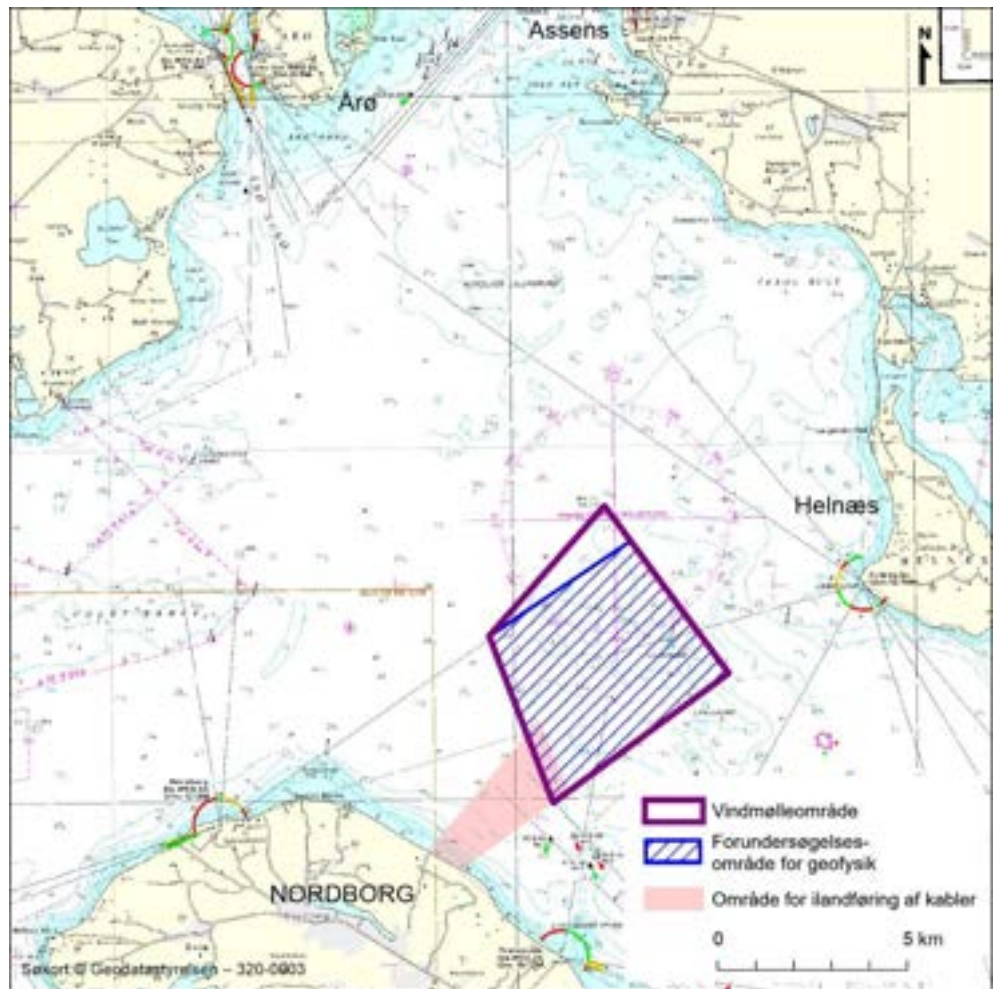
Bilag A	Miljøanalyse af sedimentprøver
Bilag B	Positioner og dimensioner af fundamenttyper
Bilag C	Udbredelsesplot for tungmetaller, TBT, BI ₅ , N og P
Bilag D	Udbredelsesplot for tungmetaller, TBT, N og P, nedspuling af kabel

1 Indledning

Det er formålet med dette notat at beskrive spredning af sediment og miljøfremmede stoffer under anlæg af vindmøllefundamenter, så påvirkningen af havets

flora og fauna kan vurderes. Rapporten bygger bl.a. på resultater fra en tidligere undersøgelse på samme sted af en lidt anden vindmøllepark (COWI, 2019).

Der er set på to fundamenttyper for vindmøller, gravitationsfundamenter (GBS) og monopile-fundamenter (MP). Der er undersøgt 4 forskellige layouts af møller, hver for en anden møllestørrelse. Undersøgelsesområdet fremgår af Figur 1-1.



Figur 1-1 Detaljeret opmåling af dybdeforhold i området til vindmøllepark Lillebælt Syd.

Under driftsfasen skal møllefundamenters påvirkning af strømningsfeltet beskrives, derunder bestemmelse af strømningsblokering og mulig påvirkning fra frigivelse af sedimenter og miljøfarlige stoffer samt påvirkning af saltholdighedsforholdene. Det er formålet at vurdere, i hvor høj grad iltfattigt bundvand ved øget blanding omkring vindmølleparken vil kunne påvirke forholdene negativt i det nærliggende Natura 2000-område.

Der er desuden i marts 2018 udtaget sedimentprøver fra fem områder (se Figur 3-10 og Bilag A), som repræsenterer de foreslåede vindmølleplaceringer. Prøverne er undersøgt i godkendt laboratorium for forureningsgrad. Der blev ikke fundet væsentlige forureninger i de udtagne prøver.

2 Konklusion

Det konkluderes på baggrund af analysen, at påvirkningen af strømforhold og strømningsblokeringen i Lillebælt er meget små. Blokeringen er langt mindre end blokeringen er i Storebælt selv efter kompensationsafgravning i Storebælt. Møllefundamenternes strømningsblokering - uanset om der er tale om gravitationsfundamenter eller monopæle - anses derfor for at være uden praktisk betydning for gennemstrømningsforholdene. Påvirkningen af strømmønstreet er modeleret og anses for at være minimal og uden praktisk betydning for strømmingen i Lillebælt.

Koncentrationen af suspenderet sediment under etablering af vindmøllefundamenter begrænser sig til nærzonen på $2 \times 1 \text{ km}^2$ og indebærer sedimentkoncentrationer, som i middel er under 2 mg/l (grænsen for om en sedimentfane er synlig), og som meget lokalt, dvs. 1-2 km, omkring gravearbejdet overskrider grænsen på 10 mg/l (grænsen for undvigeadfærd for sild) i sammenlagt under 1 time i hele anlægsperiode. Sedimentationstykkelsen i et område på $1 \times 2 \text{ km}^2$ er mindre end 0,2 mm.

Frigivelse af tungmetaller og TBT fra de bløde sedimenter under udgravning til GBS-fundamenterne forventes i nærzone på omkring 1-2 km fra udgravningerne ikke at overskride de lovgivne vandkvalitetskriterier. Koncentrationsændringerne på grund af anlægsarbejderne vil være af væsentlig mindre størrelsesorden end kravværdierne.

Frigivelsen af iltforbrugende stoffer vurderes ikke at ville sænke iltindholdet mærkbart i nærområdet under gravearbejdet. Ligeledes vil frigivelse af tungmetaller, næringsstofferne kvælstof og fosfor ikke øge koncentrationsniveauerne i nærområdet mærkbart.

3 Baggrund

3.1 Vindmølleparken

Der undersøges fire forskellige scenarier, der hver omfatter forskellige antal vindmøller, placeringer og møllestørrelser. Alle vindmøller har mindst 500 m afstand til Natura 2000-området N197 *"Flensborg Fjord, Bredgrund og farvandet omkring Als"*. Vindmøllerne påtænkes placeret fortrinsvis uden for områder med blød bund.

Vindmølleparken etableres enten med gravitations- eller monopælsfundamenter. Gravitationsfundamenter – Gravity Based Structures (GBS), bugseres i flydende tilstand til lokaliteten, hvorefter de sænkes på havbunden, der forinden er blevet udskiftet med et stabilt underlag. Vindmølleparken kan også etableres med monopæle (MP), der nedrammes i havbunden uden nævneværdig spredning af sediment eller opløst stof.

Møllernes position og nøgledimensioner er givet i Bilag B i denne rapport. De undersøgte scenarier er beskrevet i Tabel 3-1 nedenfor. Det bemærkes, at der i

det følgende såvel anvendes begreber "scenarie" og "layout" for de forskellige møllekonfigurationer.

Tabel 3-1 Scenarie beskrivelse mht antal og fundamenttype

Nr	Scenarie	Effekt (MW)	Antal	Fundament
1	Sc.1a	14	11	MP
2	Sc.1b	14	11	GBS
3	Sc.3a	11	14	MP
4	Sc.3b	11	14	GBS
5	Sc.4a	7,2	23	MP
6	Sc.5s	15	10	MP
7	Sc.5b	15	10	GBS

Scenarie 1a og 1b (Store vindmøller)

Scenarierne omfatter 11 store vindmøller på 14 MW hver. Positionerne er vist på Figur 3-1. Vindmøllerne kan enten etableres med monopæle (MP) eller med gravitationsfundamenter (GBS), hhv. scenarie 1a og scenarie 1b. Der er ikke gennemført sedimentspild for MP-fundamenter, da disse strukturer ikke kræver marine jordarbejder, da de bliver vibreret eller slået i havbunden.

Scenarie 3a og 3b (Mellemstore vindmøller)

Scenarierne omfatter 14 mellemstore vindmøller på 11 MW hver. Positionerne er vist på Figur 3-2. Vindmøllerne kan enten etableres med monopæle (MP) eller med gravitationsfundamenter (GBS), hhv. scenarie 3a og scenarie 3b. Der er ikke gennemført sedimentspild for MP-fundamenter, da disse strukturer ikke kræver marine jordarbejder, da de bliver vibreret eller slået i havbunden.

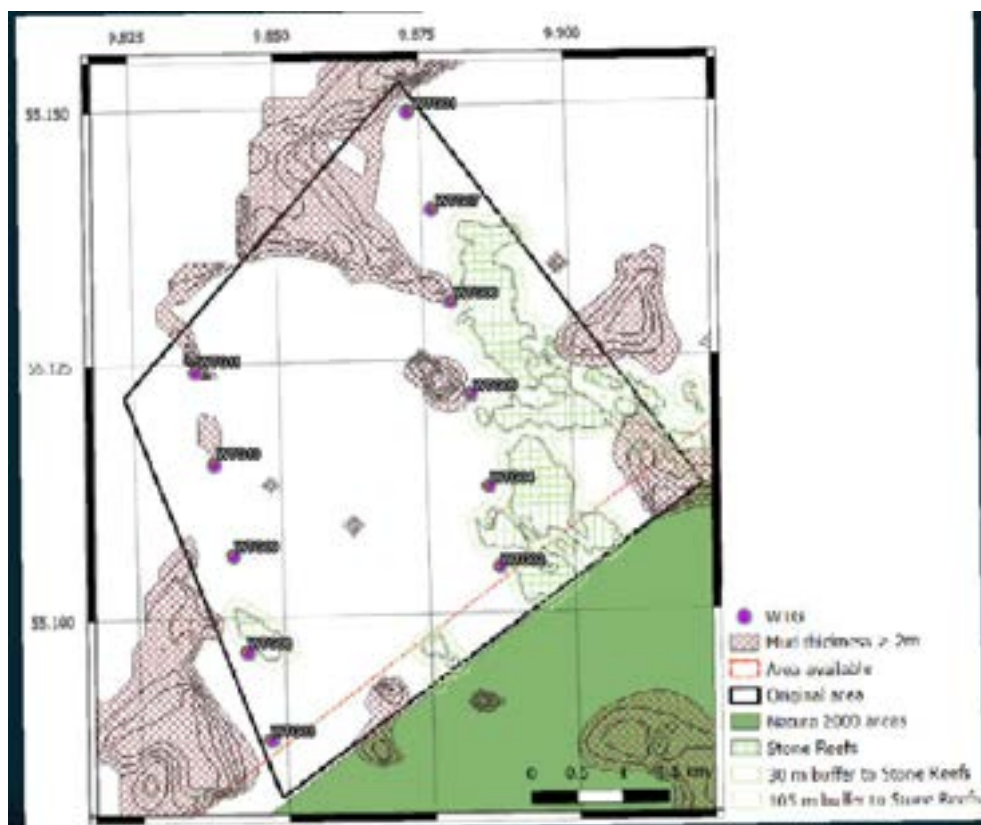
Scenarie 4a (Små vindmøller)

Scenarierne omfatter 23 små vindmøller på 7,2 MW hver. Positionerne er vist på Figur 3-3. Vindmøllerne kan udelukkende etableres med monopæle (MP). Der er ikke gennemført sedimentspild for MP-fundamenter, da disse strukturer ikke kræver marine jordarbejder, da de bliver vibreret eller slået i havbunden.

Scenarie 5a og 5b (Meget store vindmøller)

Dette scenarie omfatter 10 møller på 15 MW hver. Position og nummerering er angivet i Figur 3-4. Vindmøllerne kan enten etableres med monopæle (MP) eller med gravitationsfundamenter (GBS), hhv. scenarie 5a og scenarie 5b. Der er ikke gennemført sedimentspild for MP-fundamenter, da disse strukturer ikke kræver marine jordarbejder, da de bliver vibreret eller slået i havbunden.

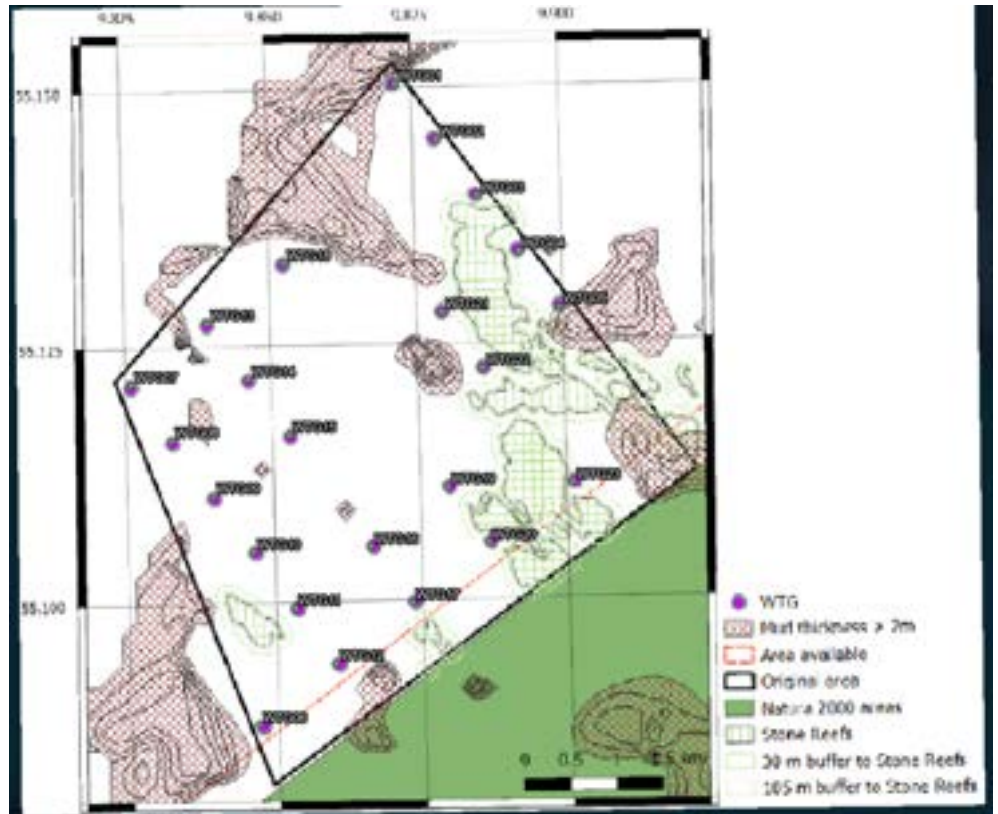
Møllernes placering for hvert scenarie er vist på et søkort overlagt en opmåling af tykkelsen af blødbund i nedenstående Figur 3-1 til Figur 3-4. Ilandføring af kabler er vist i Figur 1-1.



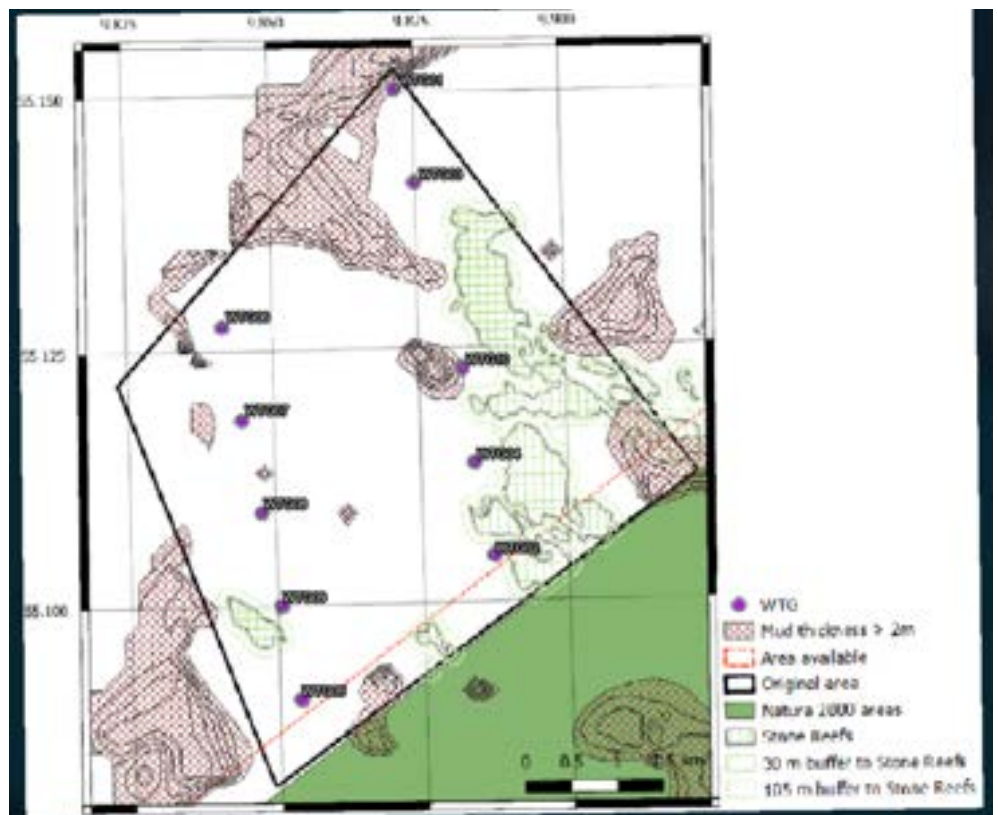
Figur 3-1 Scenarie 1a og 1b



Figur 3-2 Scenarie 3a og 3b



Figur 3-3 Scenarie 4a



Figur 3-4 Scenarie 5a og 5b

Med hensyn til kabellægning påregnes det at gennemføre dette ved jetting. For alle scenarier vil der blive modelleret samme ilandføringskabler fra

vindmølleparkens sydvestlige hjørne til Als. For de forskellige vindpark layouts er kabelgrøfterne søgt lagt på en måde at de i mindst muligt omfang påvirker såvel stenrev som blødbundsområder. På de strækninger der "jettes" gennem blød bund modelleres sedimentspredning og stoffrigivelse. På de resterende strækninger påregnes havbunden at være sandet eller stenet og der påregnes derfor ikke betydende sedimentspild eller stoffrigivelse, se Figur 3-5 til Figur 3-8.



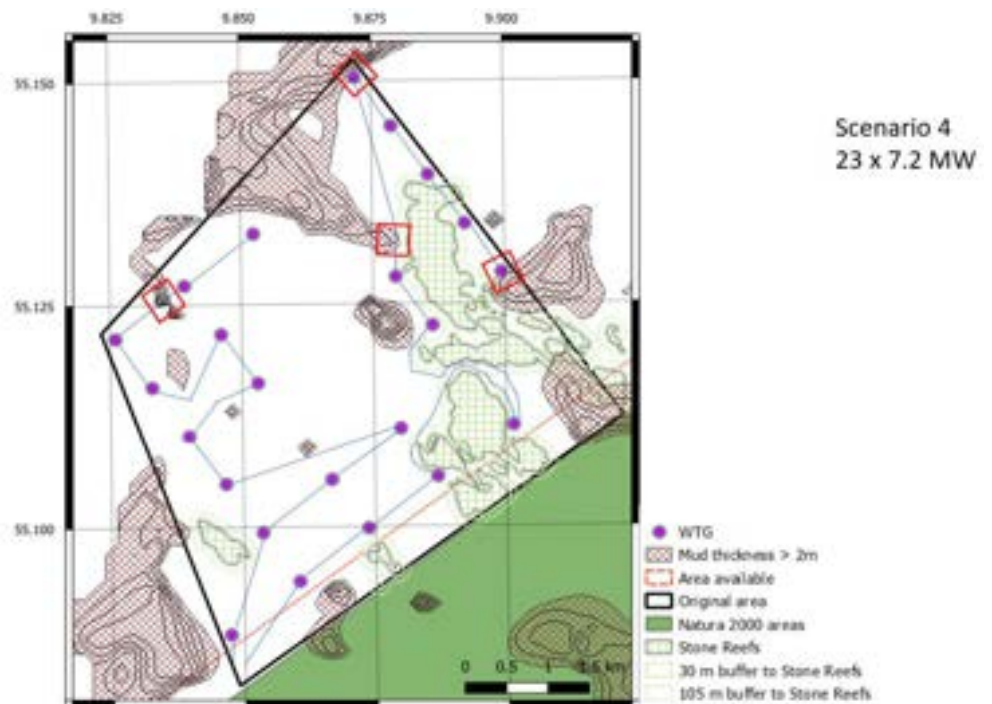
Figur 3-5

Scenarie 1a og 1b

Kabel grøfter med angivelse af de strækninger med røde firkanter hvor det påregnes at påvirke blødbund.



Figur 3-6 Scenarie 3a og 3b
Kabel grøfter med angivelse af de strækninger med røde firkanter hvor det påregnes at påvirke blødbund.



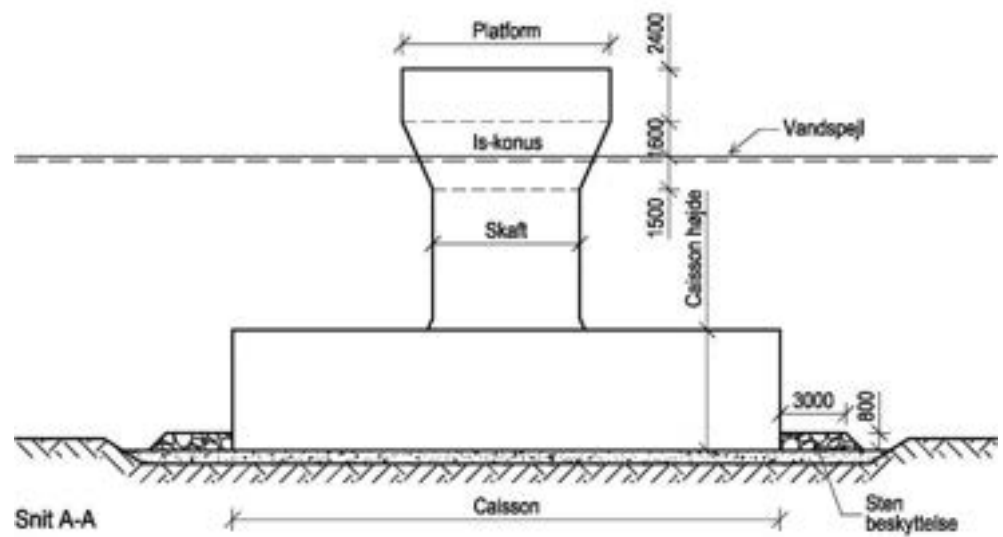
Figur 3-7 Scenarie 4a
Kabel grøfter med angivelse af de strækninger med røde firkanter hvor det påregnes at påvirke blødbund.



Figur 3-8 Scenarie 5a og 5b
Kabel grøfter med angivelse af de strækninger med røde firkanter hvor det påregnes at påvirke blødbund.

Gravitationsfundamenterne for vindmøllerne antages at have en cirkulær fundamentbase (caisson). På den cirkulære base står skaftet, som ligeledes har et cirkulært tværsnit, og som når hele vejen op over vandoverfladen. Havbunden umiddelbart omkring fundamentet skal beskyttes mod erosion ved et lag af sten, der anlægges, så beskyttelseslaget er i niveau med havbunden. For hvert møllefundament forventes der at blive opgravet og bortskaffet sediment svarende til caissonens-diameter og under antagelse af en udgravningsdybde på ca. 2,5 m og en skråning på 1:3.

Det er forudsat, at udgravningen for et vindmøllefundament foregår i otte timer pr. dag (på grund af dagslys) over en periode på otte til elleve dage. Derefter bruges én dag til flytning til næste position.

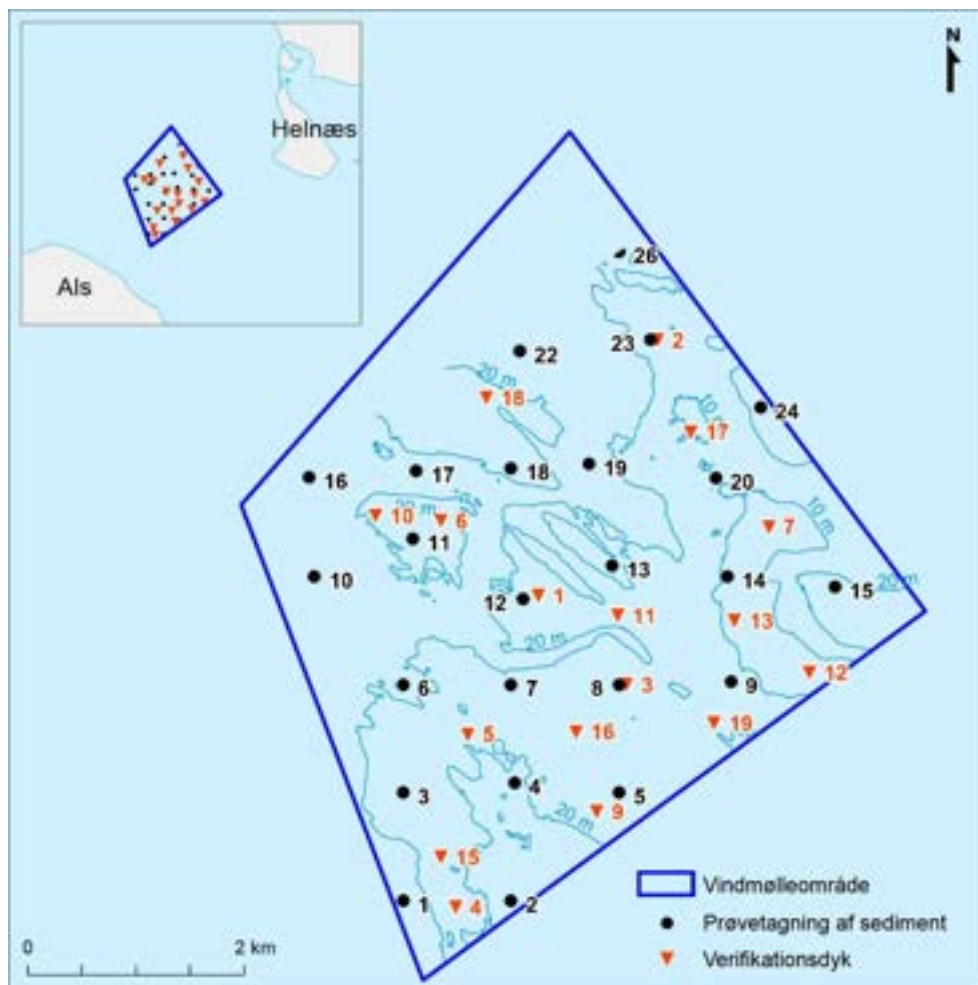


Figur 3-9 Principskitse af vindmøllefundament. Dimensionerne for de forskellige design er angivet i Bilag B (Dimensionerne på skitsen er fra et tidligere design).

Position og fundamenternes hoveddimensioner er givet i Bilag B.

3.2 Sedimentbeskrivelse

Sedimentprøver er taget fra følgende positioner, se Figur 3-10.



Figur 3-10 Positioner for sedimentprøver og verifikationsdyk. Dybdeangivelse i DVR90.

3.2.1 Kornstørrelser

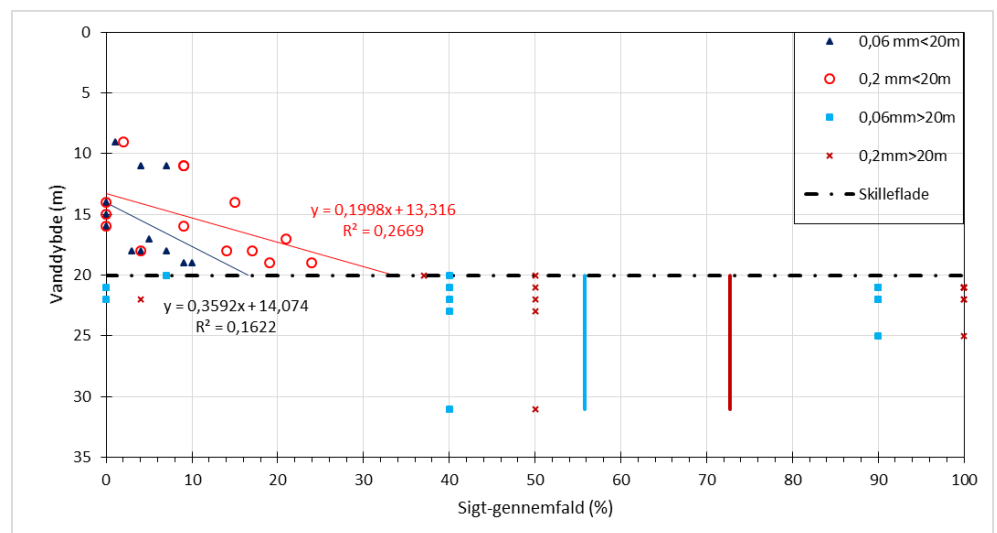
Kornkurver for sedimentprøver er dokumenteret i miljøkonsekvensvurderingens Bilag D (Nellemann, 2017). De fleste sedimenter er karakteriseret som sand eller gytje, enkelte prøver er beskrevet som ler eller grus.

Positionerne af prøvetagningsstederne og positionen af de planlagte gravitationsfundamenter er ikke identiske. For at beskrive sedimentforholdene på en systematisk måde, ved at inddrage den eksisterende information fra alle sedimentprøver, er der opstillet en sammenhæng mellem de fine sedimentationers vægtandel (%) og den dybde D, hvor sedimentet er blevet udtaget på:

For hver kornkurve (Figur 3-11) bestemmes de vægtfraktioner, der kan passere hhv. 0,06 mm sigten (overgang mellem fin sand og grov silt) og 0,2 mm sigten (overgang mellem sand af klassen mellem og fin). For de prøver, hvor en kornkurve ikke kunne bestemmes, og som blev betegnet som gytje, er det antaget 100% gennemfald for både 0,06 mm og 0,2 mm sigte, da kun en ubetydelig andel kan antages at være mineralsk og med en diameter større end 0,1 mm. Det skal understreges, at dette skøn er behæftet med betydende usikkerhed, "til den

sikre side”, det vil sige, at spildet bevidst overvurderes, hvor prøverne er behæftet med usikkerhed.

Af Figur 3-11 fremgår det, at sedimentet er undersøgt repræsentativt for hele området, det vil sige, at der er udlagt et net af punkter for sedimentprøver, der nogenlunde har samme indbyrdes afstand. Denne fremgangsmåde er fordelagtig, hvis sedimentets tilstand domineres af stedlig variation. I nærværende område omfatter undersøgelsesområdet store forskelle i vanddybden, hvilket er forventeligt, idet vindmøller fortrinsvis placeres på lokaliteter, der ligger så højt som muligt (og derfor højere end nabo-områderne). En kortlægning af forekomsten af finkornet sediment, gytje og ler (Bilag C), viser, at de fine sedimenter (på engelsk "mud") er fordelt i de dybe områder. En analyse af kornkurverne for de undersøgte sedimenter viser en afhængighed af indholdet af fine sedimenter med vanddybden, se Figur 3-11.



Figur 3-11 Sammenhæng mellem sedimentets indhold af blød bund og vanddybde. Blød bund er her defineret som den procentvise gennemfald af sediment gennem et 0,06 mm og 0,2 mm sigte.

Figuren viser det procentvise gennemfald af sediment gennem et 0,06 mm sigte (blå og sorte) og et 0,2 mm sigte (røde) som funktion af vanddybden, hvor sedimentprøven blev taget fra. For vanddybder mindre end 20 m findes, at bløde sedimenter er væsentlig mindre udbredt end for vanddybder over 20 m. Dette er i overensstemmelse med den oceanografiske forståelse af lagdelingen i Lillebælt, hvor en stabil lagdeling ligger mellem 15 m og 20 m. Ved indstrømmende saltholdigt og derfor tungere vand fra Kattegat mod Kieler Bugt (sydgående strøm) vil dette vand typisk ligge dybt og følge bunden, indtil det rammer det meget tunge vand i Kieler Bugt / Lillebælt og så indlejres i en passende dybde, typisk omkring de 20 m. Kun i ekstreme tilfælde vil det indstrømmende vand være så salt, at det trænger dybere ned i Kieler Bugtens salte bundvand. Kieler Bugtens bundvand tilføres tungt saltvand fortrinsvis gennem de dybe render i Storebælt. Det betyder, at bunden over ca. 20 m jævnlgt "skylles" rent for bløde sedimenter. Under 20 m vil strømningen være væsentlig mere rolig og vil derfor give mulighed for, at bløde sedimenter kan aflejres. Der observeres meget høje indhold af bløde sedimenter for vanddybder over 20 m. På Figur 3-11 er det valgt at indtegne regressionslinjer for de to blødbundsfraktioner 0,02 mm og 0,6 mm

for vanddybder mindre end 20 m, mens der for større vanddybder er valgt middelværdien.

Disse regressioner og middelværdier er anvendt til at vurdere sedimentforholdene på lokaliteterne for selve møllefundamenterne, hvor dybden kendes (formlerne fra figuren inverteres for at give gennemfaldsprocenten som funktion af dybden – ikke omvendt). Resultaterne er givet nedenfor:

Tabel 3-2 Anvendt sammenhæng mellem vanddybden D og gennemfaldsprocenten W af hhv. silt og finsand

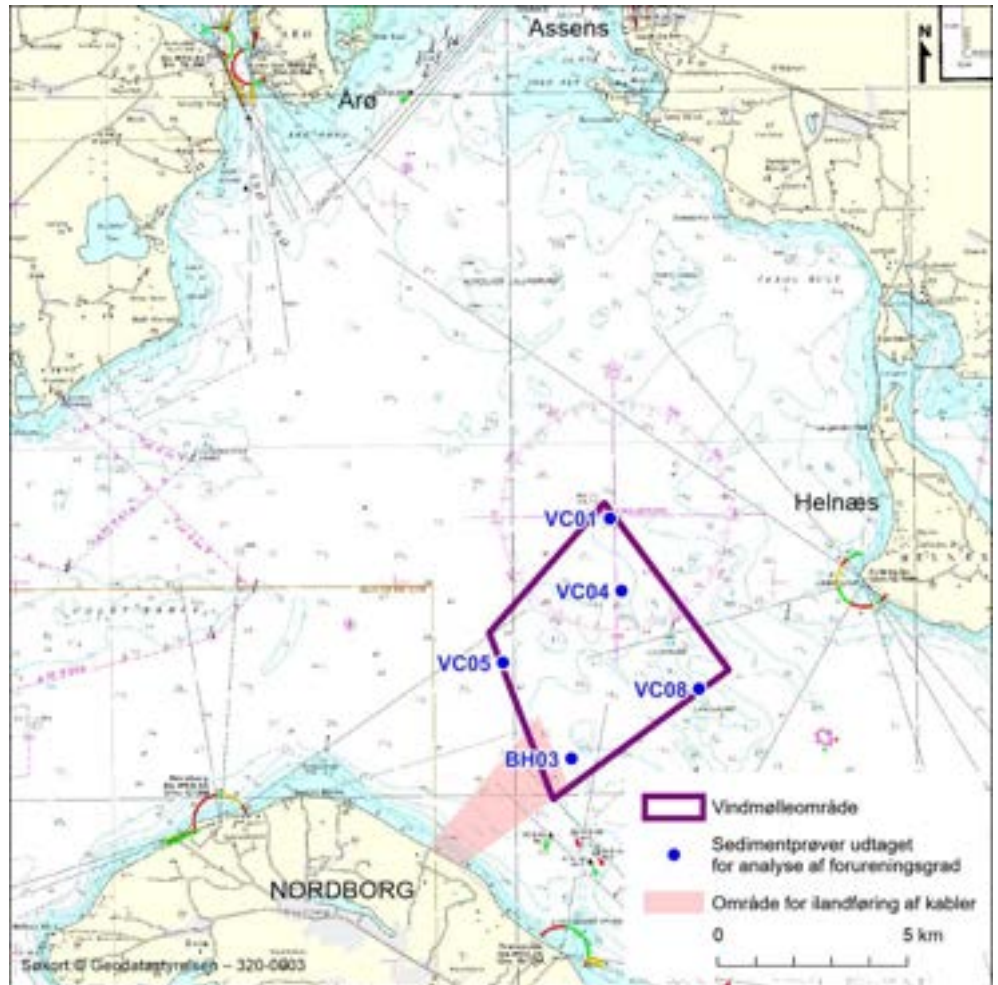
Vanddybde (m)	Gennemfaldsprocent W (%)	
	Silt (0,06 mm)	Finsand (0,2 mm)
$D < 14$	0	
$14 < D < 20$	$2,8 \cdot D - 39,2$	
$D < 13,3$		0
$13,3 < D < 20$		$5 \cdot D - 66,5$
$D > 20$	56	73

Det bemærkes at gennemfald af finsand også omfatter gennemfaldet af silt. Mængden af finsand fraktionen består derfor af forskellen mellem gennemfaldet gennem 0,2 mm sigtet og 0,06 mm sigtet.

Usikkerheden for de fundne vægtprocenter for gennemfald vurderes at være omkring 50 %; de giver dermed kun en størrelsesorden. Sedimentprøverne er taget fra sedimentoverfladen. I mangel på prøver fra dybere lag er det antaget, at denne prøve er repræsentativ for hele det afgravede materiale.

3.2.2 Indhold af forskellige stoffer

Der er udtaget sedimentprøver på 5 stationer i mølleområdet, se Figur 3-12. Analyserne er præsenteret i afsnit 5.4 og Bilag A.



Figur 3-12 Positioner af sedimentprøver, som er analyseret for miljøfremmede stoffer.

3.3 Sedimentspild

De resulterende vægtprocenter for sigte gennemfald gennem de to valgte sigter er angivet i Tabel 3-4 og

Tabel 3-5. Der bestemmes karakteristiske diametre for de to sigtevidder 0,06 mm og 0,2 mm. De karakteristiske diametre er angivet i Tabel 3-3.

Tabel 3-3 Karakteristiske diametre

Navn	Sigtens maskevidde (mm)	Karakteristisk diameter (mm)
Silt	0,06	0,01
Finsand	0,2	0,09

Ved en sedimentmængde pr. fundament på 4.000 til 6.000 m³ og en densitet på 1.500 kg/m³ findes en masse på 6.000 til 9.000 t. Modelleringen omfatter gravearbejde for hvert fundament i 8 timer per dag over 8-11 dage, dvs. svarende til en graverate på 550 m³/dag. Hvis der vælges et mere intensivt graveforløb

over kortere tid, vil sedimentkoncentrationen og sedimentationsraterne øges tilsvarende og strække sig over kortere tid. Sedimentpåvirkningerne er dog så små og lokale, at den mulige øgede intensitet stadig vil være uden betydning for det omgivende miljø.

Sedimentspildet forudsættes fordelt jævnt over vandsøjlen. Dette svarer til, at gravemaskinen taber lige meget sediment på skovlens vej fra havets bund til vandoverfladen.

Ved beregning af sedimentspildet gælder den overordnede vurdering, at der ved f.eks. anvendelse af gravemaskine ("Backhoe" type) spildes maks. 5% og nogenlunde tilsvarende ved fladgrab, afhængig af, om prammen, der læsses på, er med eller uden overløb. Dette svarer typisk til andelen under finsand fraktionen. Ved kabel nedspuling spildes 100% på grund af "jetting". Til gengæld tilføres spildt sediment og frigivet stof til det nederste modellag (2 m over bunden). Da der i nærværende graveoperationer delvist arbejdes i til dels meget bløde sedimenter, er det forventes spild på 5% fordelt på silt og finsand i forhold til deres relative andel ved den sedimentsammensætning, der svarer til lokalitetens vanddybde, se Tabel 3-2. Der er anvendt følgende nøgleparametre:

Spild: 5%, 100%

Sedimentdensitet: 1,5 t/m³

Gravrate: 550 m³/dag, svarende til 28,5 kg/s ved 8 timer per døgn)

Spildraterne for hvert fundament i hvert scenarie er givet i tabellerne nedenfor. Fundamenter uden spildrater er placeret på havbund, der ikke er registreret som "mud" og har derfor ikke betydende spild af bløde sedimenter.

Følgende forklaring er givet til nedenstående Tabel 3-4

Mølle nr.: Se Figur 3-1

Mudder dybde: Aflæste dybder fra Figur 3-1

Vanddybder: Angivet af EnergiNet (Pers. com.)

Muddervolumen: Beregnet som det volumen som fundamentet fylder i mudderslaget.

Gennemfald (%): Beregnet efter kurverne i Tabel 3-2 (for hver fraktion)

Spild: Beregnet som gennemfaldsprocent ganget med graveintensiteten (28,5 kg/s) for hver fraktion

Varighed: Muddervolumen ganget med densiteten divideret med gravintensiteten omregnet fra sekunder til timer.

Tabel 3-4 Spildrater for layout 1B, store møller, se positioner i Figur 3-1.
Vindmølle nummer (1-11) og tilhørende vægtprocenter af hhv. 0,06 mm fraktionen (silt) og 0,2 mm fraktionen (finsand).

Mølle nr	Mudder dybde (m)	Vand-dybde (m)	Mudder vol. (m ³)	Silt fraktion (%)	Finsand fraktion (%)	Spild silt (kg/s)	Spild finsand (kg/s)	Varig-hed(ti-mer)
1	2,5	19,8	3142	16,2	16,3	0,7	0,7	45,8
5	0	16,7	0	7,6	9,4	0,7	0,7	0,0
6	0	22,2	0	56,0	17,0	0,7	0,7	0,0
8	0	16,8	0	7,8	9,7	0,7	0,7	0,0
10	2,5	18,9	3142	13,7	14,3	1,1	0,3	45,8
11	2,5	19,8	3142	16,2	16,3	1,1	0,3	45,8

Tabel 3-5 Spildrater for layout 3B, mellem store møller, se positioner i Figur 3-2.
Vindmølle nummer (1-14) og tilhørende vægtprocenter af hhv. 0,06 mm fraktionen (silt) og 0,2 mm fraktionen (finsand).

Mølle nr	Mudder dybde (m)	Vand-dybde (m)	Mudder vol. (m ³)	Silt frak-tion (%)	Finsand fraktion (%)	Spild silt (kg/s)	Spild finsand (kg/s)	Varig-hed(ti-mer)
1	2,5	20,7	2405	56,0	17,0	1,1	0,3	35,0
2	0	18,3	0	12,0	13,0	0,7	0,7	0,0
3	0	14,8	0	2,2	5,3	0,4	1,0	0,0
4	2,5	19,5	2405	15,4	15,6	0,7	0,7	35,0
5	2,5	22,2	2405	56,0	17,0	1,1	0,3	35,0
6	2,5	20,4	2405	56,0	17,0	1,1	0,3	35,0
7	0	18,8	0	13,4	14,1	0,7	0,7	0,0
8	2,5	21,4	2405	56,0	17,0	1,1	0,3	35,0
9	0	16,8	0	7,8	9,7	0,6	0,8	0,0
10	2,5	22,7	2405	56,0	17,0	1,1	0,3	35,0
11	0	21,4	0	56,0	17,0	1,1	0,3	0,0
12	0	21,3	0	56,0	17,0	1,1	0,3	0,0
13	0	18,3	0	12,0	13,0	0,7	0,7	0,0
14	0	16,8	0	7,8	9,7	0,6	0,8	0,0

Tabel 3-6 Spilddrater for layout 5B, meget storemøller, se positioner i Figur 3-4Figur . Vindmølle nummer (1-14) og tilhørende vægtprocenter af hhv. 0,06 mm fraktionen (silt) og 0,2 mm fraktionen (finsand).

Mølle nr	Mudderdybde (m)	Vanddybde (m)	Muddervol. (m ³)	Siltfraktion (%)	Finsandfraktion (%)	Spild silt (kg/s)	Spild finsand (kg/s)	Varighed(timer)
1	2,5	20,7	3976	56,0	17,0	1,1	0,3	57,9
2	0	16,7	0	7,6	9,4	0,6	0,8	0,0
3	0	19,0	0	14,0	14,5	0,7	0,7	0,0
4	0	16,9	0	8,1	9,9	0,6	0,8	0,0
5	0	19,8	0	16,2	16,3	0,7	0,7	0,0
6	0	20,5	0	56,0	17,0	1,1	0,3	0,0
7	0	20,9	0	56,0	17,0	1,1	0,3	0,0
8	0	19,6	0	15,7	15,8	0,7	0,7	0,0
9	0	16,8	0	7,8	9,7	0,6	0,8	0,0
10	2,5	19,3	3976	14,8	15,2	0,7	0,7	57,9

For sediment spild under gravearbejdet for kabelgrøften forventes der kun at graves i bløde materialer i den ydre halvdel af grøften, 2 gange ca. 200 m, se Figur 3-5 til Figur 3-8Figur . Grøften vil være 1½ m dyb og 1½ m bred. Der anvendes følgende rater:

Tabel 3-7 Spilddrater for 2 kabelgrøfter til og fra vindmølleparken, alle layouts, se positioner i Figur 1-1, Figur 3-5 - Figur 3-8.

Mølle nr	Mudderdybde (m)	Vanddybde (m)	Muddervol. (m ³)	Siltfraktion (%)	Finsandfraktion (%)	Spild silt (kg/s)	Spild finsand (kg/s)	Varighed(timer)
1	1,5	22	450	56,0	17,0	1,1	0,3	6,6
2	1,5	22	450	56,0	17,0	1,1	0,3	6,6

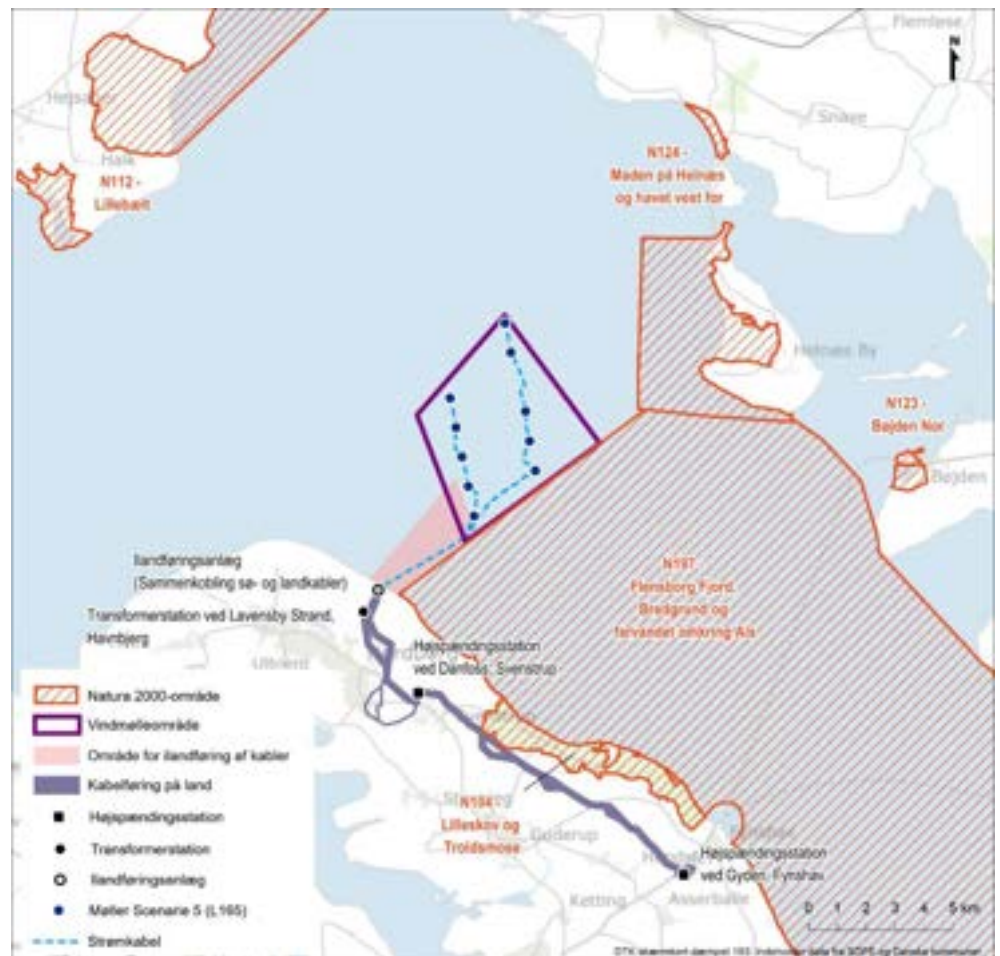
Det vurderes at jetting og tildækning af kabelgrøften vil foregå under vand med minimal flytning af havsedimentet. Tilbagefyld efter nedlægning af kabel vil ikke være påkrævet ved jetting. Jetting metoden forventes at bidrage med et samlet spild, som igen skønnes til at være 100% af det opgravede materiale.

Med den anvendte varighed på 6,6 timer for 200 m, svarer det til en hastighed af jetting udstyret på ca. 0,03 km/time eller 0,02 knob.

3.4 Områder med høj miljømæssig sårbarhed

De miljøfølsomme områder er kortlagte på baggrund af feltundersøgelser og dokumenteret i "Baggrundsrapport om Habitatkortlægning". En illustration af det nærmeste Natura 2000-områder er givet i Figur 3-13. Udpegningsgrundlaget for

områderne umiddelbart syd for de planlagte vindmøller er marsvin og naturtyper, bl.a. sandbanker og stenrev. Udpegningsgrundlag for området nord for er desuden også forskellige fuglearter.



Figur 3-13 Illustration af beskyttede områder (MST, 2019).

De højtliggende dele af stenrev omkring vindmøllerne, dvs. stenrev på vanddybder mindre end 20 m, vil blive "skyllet" rene for eventuel aflejret sedimentspild efter et par strømhændelser (2-3 måneder), som beskrevet i afsnit 3.2.

4 Metode

4.1 Den anvendte model

En tredimensional hydrodynamisk model (MIKE3FM) etableres for projektområdet. Modellen omfatter modulerne hydrodynamik og spredning (advektion og dispersion) og kan modellere spredningen af sediment. For de stoffer, der foreligger sedimentkoncentrationer for, beregnes frigivelse og spredning.

Modellen betegnes også som en mekanistisk model. Såvel betegnelsen "dynamisk" som betegnelsen "mekanistisk" betyder, at modellen er baseret på de ligninger der beskriver princippet om massebevarelse og impulsbevarelse. Disse ligninger er formuleret som differentialligninger i tidsdomænet.

Den matematiske MIKE 3-model er et omfattende modelsystem for 3-dimensionale, frie overfladestrømninger. Modellen er udviklet og modificeret kontinuerligt på baggrund af tusindvis af anvendelser fra hele verden over de sidste to deka-der. Modellen løser de styrende ligninger for bevarelse af masse og moment. Modellen kræver en modeltopografi (Bathymetrien) og er styret af input data, som er tidsserier, der er anvendt på modelranden. Sådanne randdata kan være vandstand, densitetsfordeling, vind og vandføring. Sammen med ligningerne styrer disse randdata tilstanden inden for modelområdet. Modellens resultater består af tidsserier for udvalgte parametre, som igen kan behandles for at give kort over koncentrationsfordeling, hastighedsvektorkort, sandsynligheder for overskridelse af en tærskelværdi, osv. i 3-dimensionale afbildninger.

MIKE 3-systemet omfatter følgende moduler:

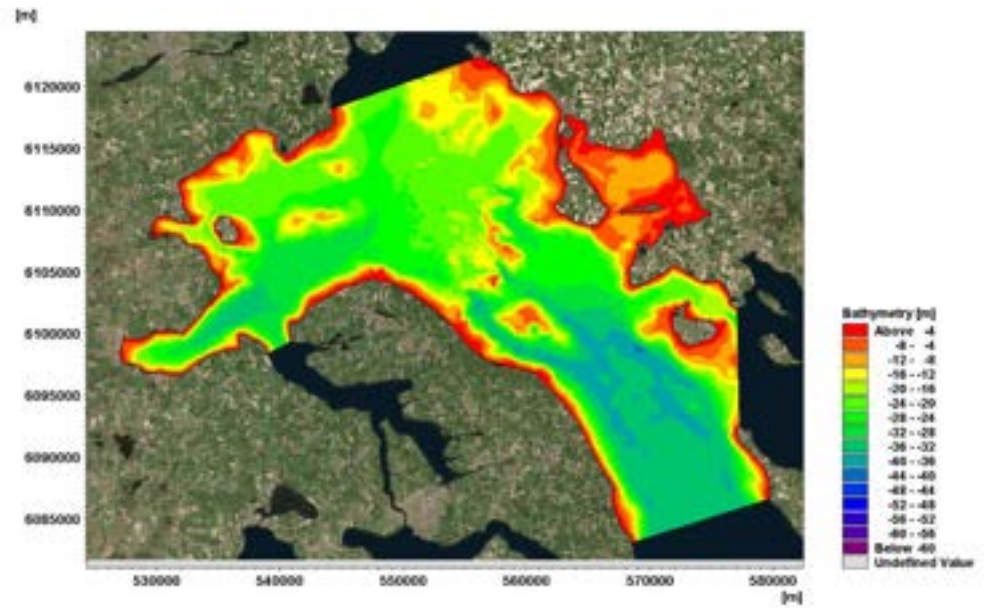
- Hydrodynamik (HD): Dette modul beskriver vandstand og strømhastighed. For mere information se venligst:
http://www.dhisoftware.com/mike3/Description/Application_Areas.htm
- Mud modelling (MT): Bestemmelse af nettoerosion og sedimentation af ko-hæsive sedimenter (Mudder, ler). Der regnes kun på mudder og ler, som er en del af sedimentspildet, ikke på eventuelle påvirkninger af eksisterende mudderlag. Modulet omfatter ligeledes processer for resuspension. Der modelleres på fraktionerne silt og finsand. For mere information se venligst:
http://www.dhisoftware.com/mike3/Description/Mud_Transport.htm

MIKE 3-modellen er 3-dimensional, dvs. den beregner alle tilstandsvariable for hver lag i dybden, i hver beregningscelle og for hvert tidskridt. Dette betyder, at strømningsfænomener i forbindelse med lagdeling er beskrevet i modellen.

Modellens udfordringer ligger i beskrivelsen af lagdeling på grund af tyngdefor-skelte, hvor skarpe saltholdighedsgradienter i modellen udjævnes af numeriske årsager. Derudover udfordres modellen i beskrivelsen af spredningsprocesserne, hvor den stedlige opløselighed af en model i celler med en intern homogen til-stand vil give en kunstig øget spredning af stof. Spredningen er derudover dre- vet af koncentrationsgradienter og ikke udelukkende af turbulente processer. Dette forhold bidrager yderligere til en øget spredning. Disse forhold vil reducere de maksimale koncentrationer, til gengæld vil det øge de påvirkede arealer. Med den valgte størrelse af beregningselementrenes størrelse er denne uhensigts- mæssige effekt søgt minimeret. Modellen er verificeret med DHI model (DHI 2017). Der er fundet en acceptabel overensstemmelse modeller, og det anses ikke som nødvendigt kalibrere modellen finere givet påvirkningens varighed og omfang.

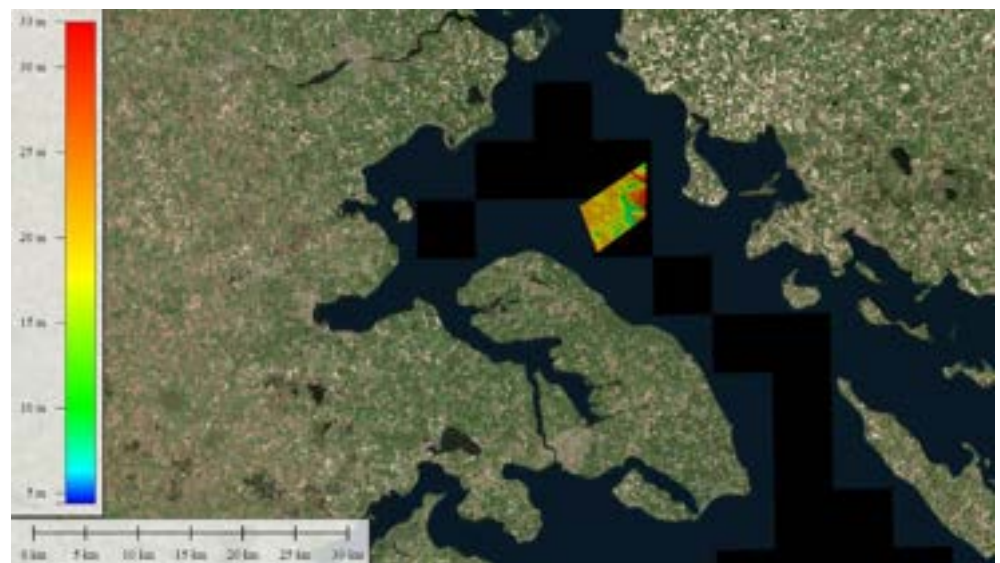
4.2 Modelbathymetri

Modellen opstilles over bathymetrien (dybdeforhold) udarbejdet over Farvands- væsenets bathymetri over de Indre Danske Farvande med en opløsning på 50m x 50m, se Figur 4-1. Derudover er der gennemført detaljeret opmålinger (se Fi- gur 4-2) i undersøgelsesområdet, hvor data er indsamlet i et net på 5m x 5m.

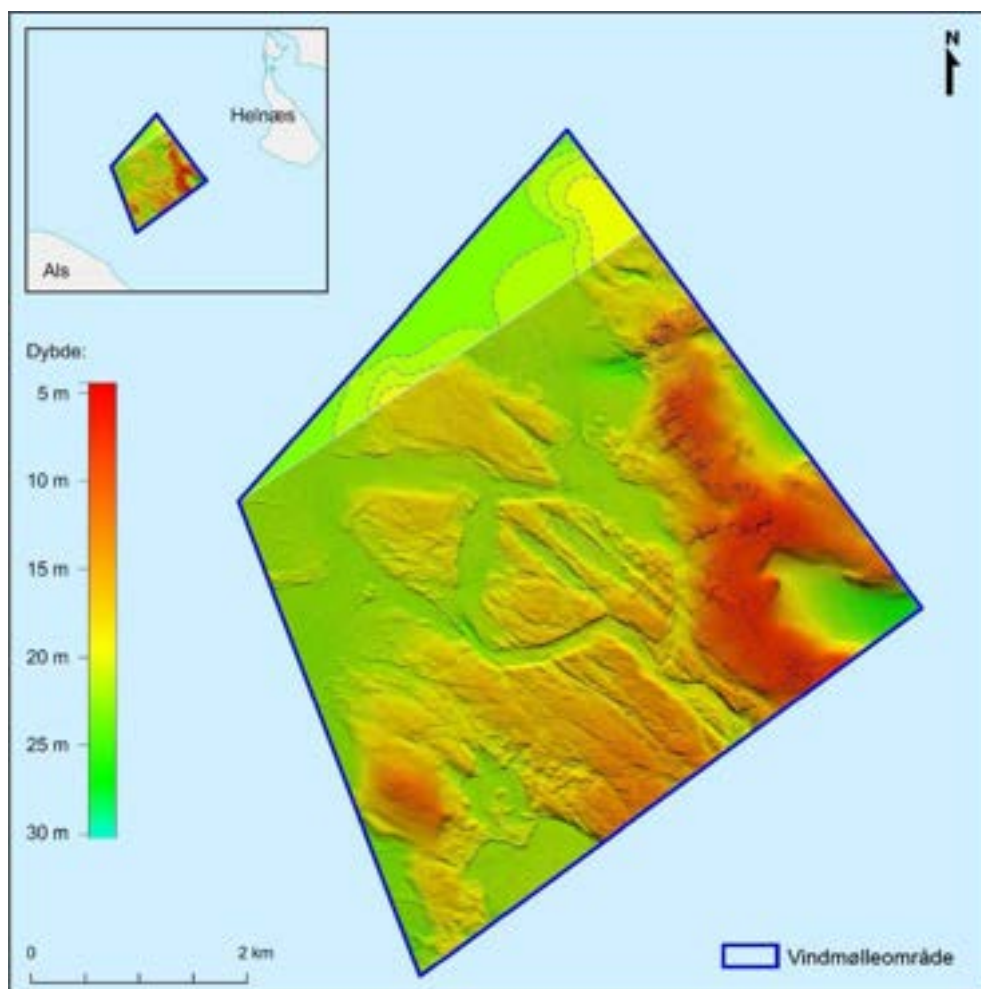


Figur 4-1 Modelområdet bathymetri (dybdeforhold).

En detaljeret opmåling af bundforholdene er gennemført (Bilag D) og dækker nærområdet for vindmølleparken, se Figur 4-3.



Figur 4-2 Område, hvor der er gennemført detaljeret opmåling af bundtopografien og som indgår i modelbathymetrien.



Figur 4-3 Kort over de detaljerede opmålinger af bundtopografien (Bilag D). Dybder er angivet i DVR90.

Ovenstående forstørrelse af den detaljerede opmåling illustrerer i vor høj grad dybdeforholdene under vand varierer i området.

Modelopløseligheden i MIKE3 FM variere fra 50 x50 m i nærområdet til 500 x 500 m i fjernfeltet.

4.3 Modelparametre

Parametrene til sedimentmodellering er angivet i Tabel 4-1.

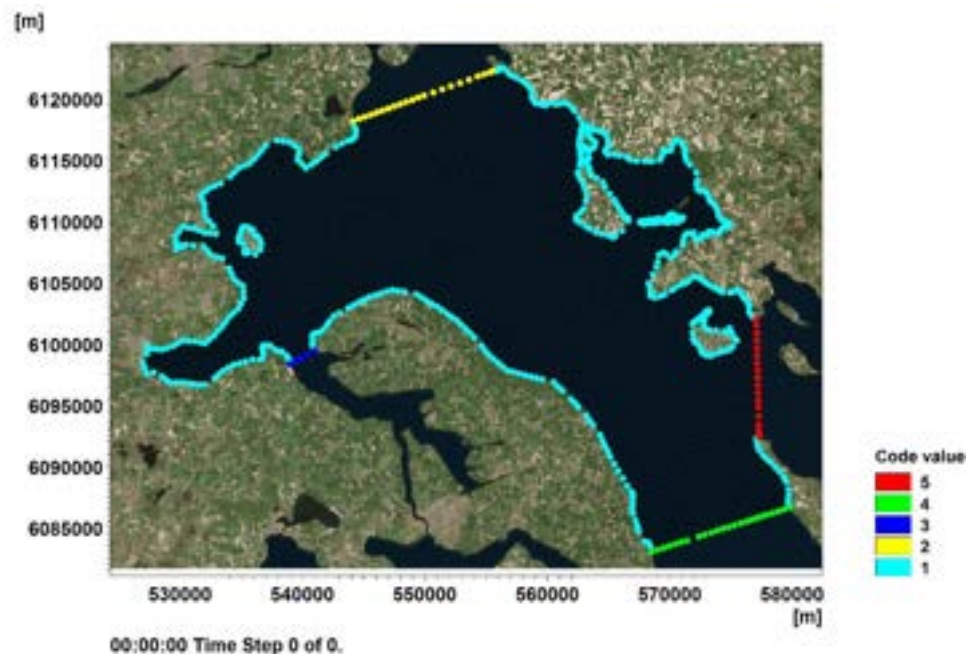
Tabel 4-1 Parametre til sedimentmodellering

Parameter (Dimension)	Værdi
Faldhastighed silt fraktion (mm/s)	0,04
Faldhastighed finsand fraktion (mm/s)	0,6
Kritisk forskydningsspænding deposition (N/m ²)	0,07
Kritisk forskydningsspænding erosion (N/m ²)	0,1

Der er ikke regnet med flokkulering, hvilket givet langsomme faldhastigheder og dermed sedimentkoncentrationer til den høje og dermed konservative side.

4.4 Randdata

Metocean randdata for vandstand, vind, saltholdighed og temperatur er fra DHI for perioden 15. juni 2014 til 31. august 2014 (DHI, 2017). Denne periode er udvalgt, fordi den indeholder vejr og strømforhold, der er typiske set over en længere periode, og fordi perioden repræsenterer rolige forhold, hvor fortynding af udledt sedimentspild foregår langsomt. Den har derfor været anvendt i tidligere modelleringer i ansøgninger til klap- og udledningstilladelser i Danmark. Modellens rande fremgår af Figur 4-4.



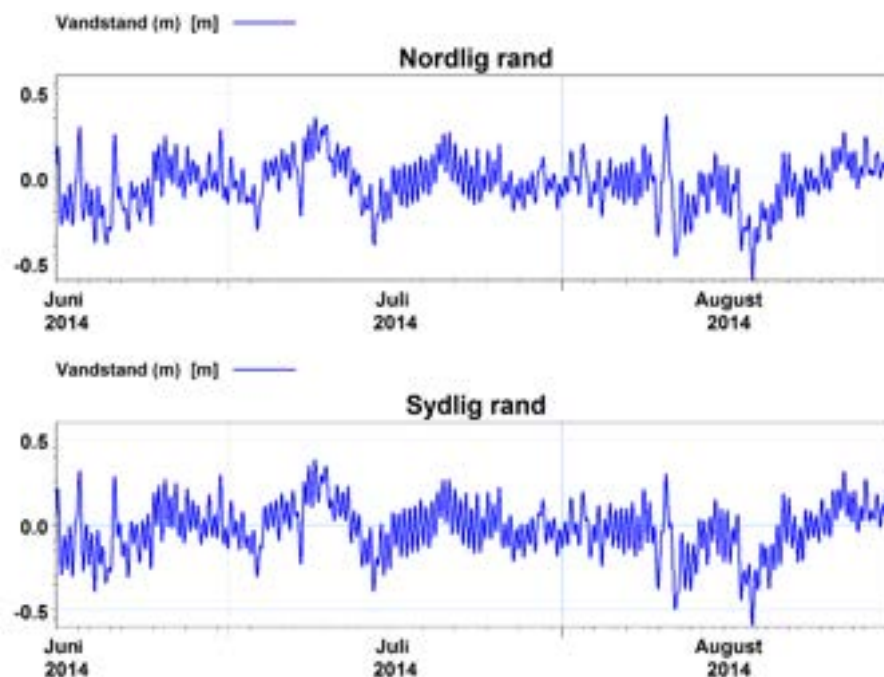
Figur 4-4 Modelområdet med forskellige rande for den hydrauliske beregningsmodel:
 1 *Turkis*: Kystlinje
 2 *Gul*: Nordlig rand (Halk-Assens): Åben rand
 3 *Blå*: Rand mod Als Fjord: Lukket rand
 4 *Grøn*: Sydlig rand (Mommark-Ærø): Åben rand
 5 *Rød*: Østlig rand (Fåborg-Ærø): Åben rand.

For de åbne rande er der angivet modellerede tidsafhængige vandstande på langs af randen. Strømforhold, salinitet og temperatur er angivet for hvert trekantelement på langs af randen samt i hver dybde. For den lukkede rand mod Als Fjord gælder, at vandstrømmen på tværs af randen er lukket, da en sådan strømning anses for at være så lille, at den ikke påvirker forholdene omkring vindmøllerne betydeligt.

4.4.1 Vandstand

Vandstandsvariationer over tid viser et stort set identisk billede for nordlig og sydlig rand (Figur 4-5). Derudover viser vandstanden bidrag både fra Kattegats tidevand af 12 timers frekvens og fra de meteorologiske variationer af uge frekvens svarende til passage af høj- og lavtryksområder, Figur 4-6. Randdata bekræfter den oceanografiske forståelse af sammenhængen mellem vind og

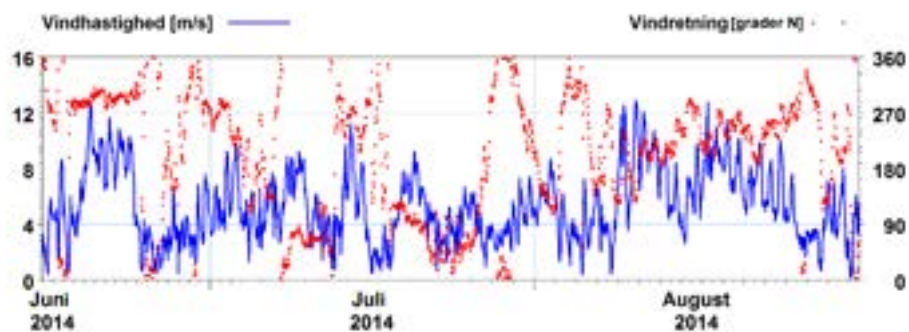
oceanografien, hvor vestenvind medfører sydgående strømning gennem bæltet, som igen giver anledning til stigende saltholdigheder.



Figur 4-5 Vandstandsvariationerne på nordlig (Halk-Assens) og sydlig rand (Mømark – Ærø).

4.4.2 Vind

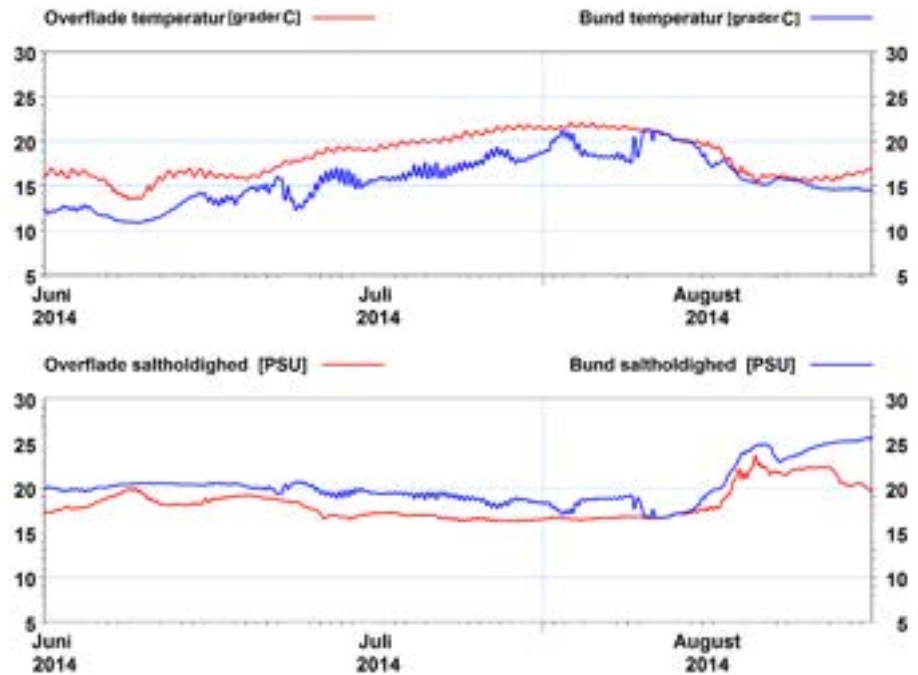
De modellerede vindhastigheder og vindretninger på en position svarende til midt i vindmølleområdet er vist på Figur 4-6.



Figur 4-6 Modellerede vindhastigheder (blå linje, venstre Y-akse) og vindretninger (røde punkter, højre y-akse), (DHI, 2017).

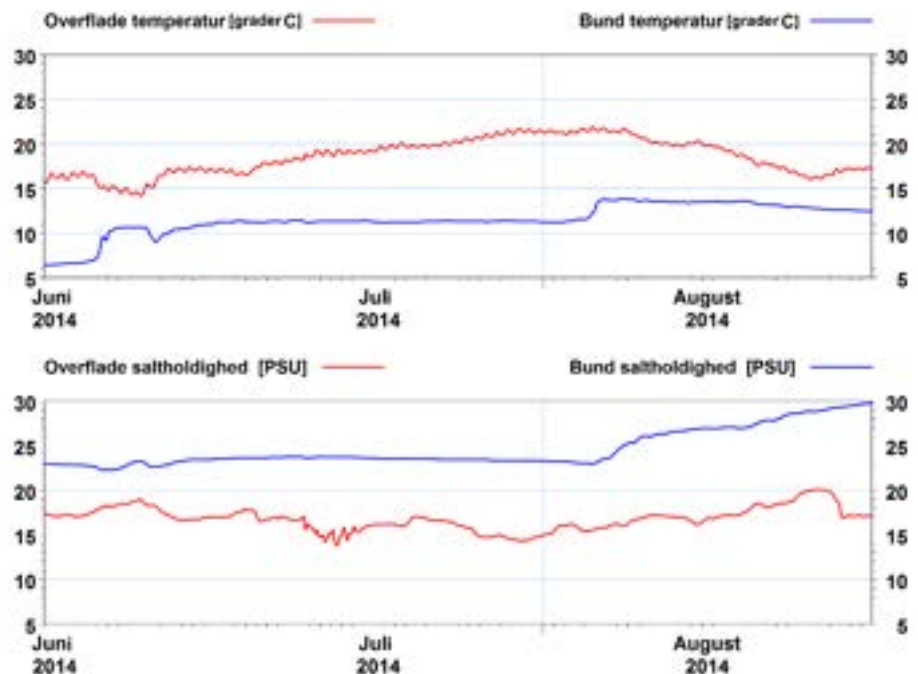
4.4.3 Temperatur og saltholdigheder

Tidsserier for temperatur og saltholdigheder på den nordlige rand er vist for overflade og bund (20 m) på Figur 4-7.



Figur 4-7 Nordlige rand
Tidsserier for modellerede temperaturer (øvre figur) og saltholdigheder (nedre figur) på et centralt punkt på den nordlige rand for hhv. overflade (rød) og bund (blå).

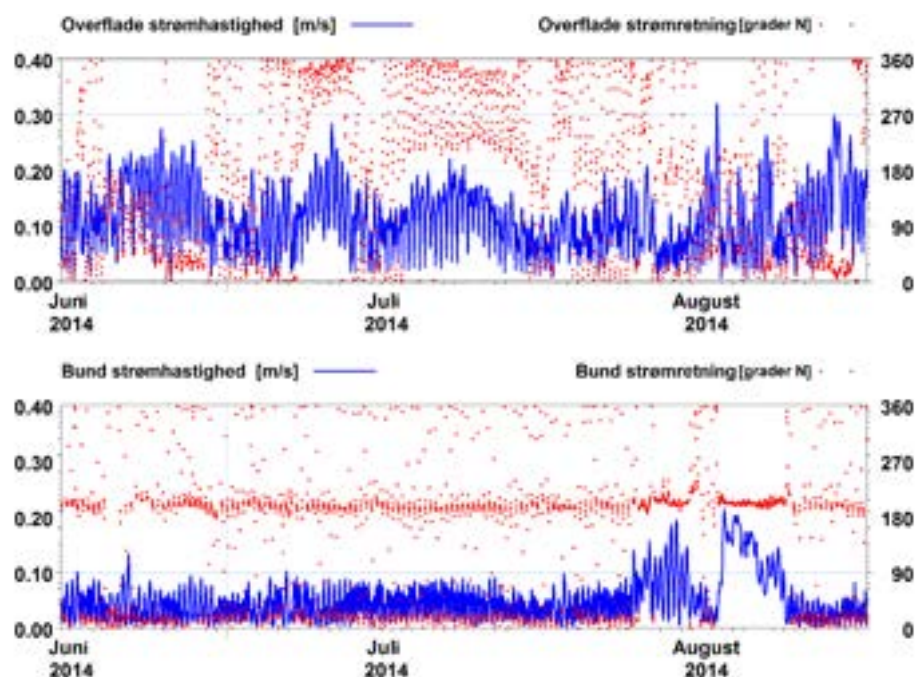
Tidsserier for temperatur og saltholdigheder på den sydlige rand er vist for overflade og bund (30 m) på Figur 4-8.



Figur 4-8 Sydlige rand
Tidsserier for modellerede temperaturer (øvre figur) og saltholdigheder (nedre figur) på et centralt punkt på den sydlige rand for hhv. overflade (rød) og bund (blå).

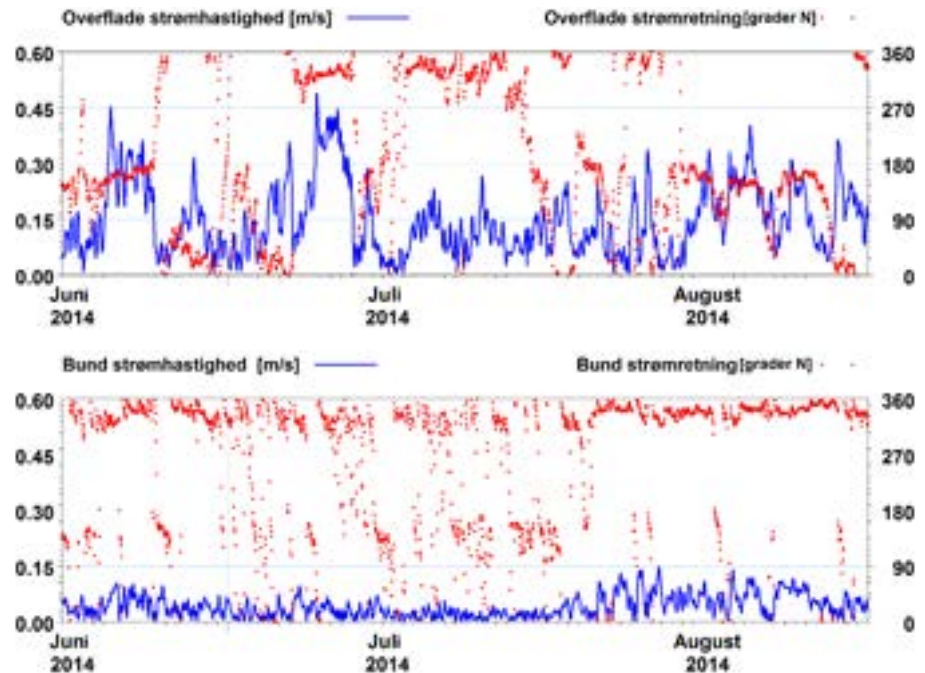
4.4.4 Strømhastighed og strømretning

Tidsserier for strømhastighed og strømretning på den nordlige rand er vist for overflade og bund (20 m) på Figur 4-9.



Figur 4-9 Nordlige rand
Tidsserier for modellerede temperaturer (øvre figur) og saltholdigheder (nedre figur) p på et centralt punkt på den nordlige rand for hhv. overflade (rød) og bund (blå).

Tidsserier for strømhastighed og strømretning på den sydlige rand er vist for overflade og bund (30 m) på Figur 4-10.



Figur 4-10 Sydlige rand
Tidsserier for modellerede temperaturer (øvre figur) og saltholdigheder (nedre figur) på et centralt punkt på den sydlige rand for hhv. overflade (rød) og bund (blå).

4.5 Scenarieperioden

I afsnit 3.2 er det fundet, at der kun forventes blød bund på en del af de foreslåede placeringer af vindmøller. Udgravning til hvert møllefundament forventes at tage omkring 6 dage plus 1 dag til flytning til ny position, i alt 7 dage.

Der foreligger en modelleringsperiode på 77 dage. Der påregnes en uge i begyndelsen af modelleringsperioden for at tillade en indkøring af strømningsfeltet og en uge i slutningen for at tillade sedimentation af det sidst frigivne sediment. Dette medfører, at der kun kan modelleres effekten af 9 fundamenter, hvis de modelleres sekventielt dvs. efter hinanden. Derfor planlægges modelleringen således, at modelperioden gentages således spild fra alle fundamenter modelleres.

Modelleringen er gennemført for alle jordarbejder i samme simulering. Da der spildes sediment ud for ét møllefundament ad gangen og da der graves i 6 dage for hvert fundament, bestemmes middel koncentrationen i den uge hvor der graves for et bestemt fundament som middelværdien for den pågældende simuleringssperiode multipliceret med forholdet mellem simuleringssperiode og graveperiode. På den måde bestemmes middelkoncentrationen i den uge der graves ud for hvert fundament. Metoden har den fordel at uge-middelkoncentrationer for alle fundamenter er med i samme plot, selvom fanerne fra de enkelte fundamenter vil være tidsligt forskudte.

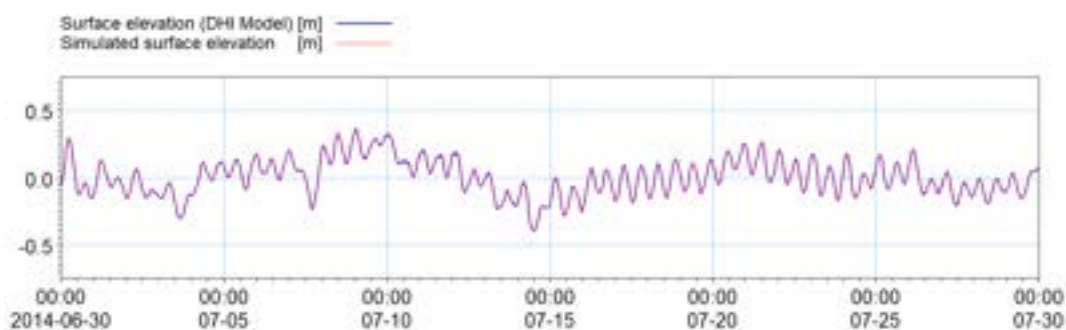
4.6 Kalibrering

Kalibreringen er foretaget på en station midt i vindmølleområdet, se Figur 4-11. På denne position er der rekvideret modellerede data for vandstand, saltholdighed og strøm fra DHI overordnede Danmarksmodel. Disse (model data) er så anvendt til at sammenligne data fra den foreliggende model for at eftervise konsistens mellem de to modellers resultater.



Figur 4-11 Position af kalibreringspunkt.

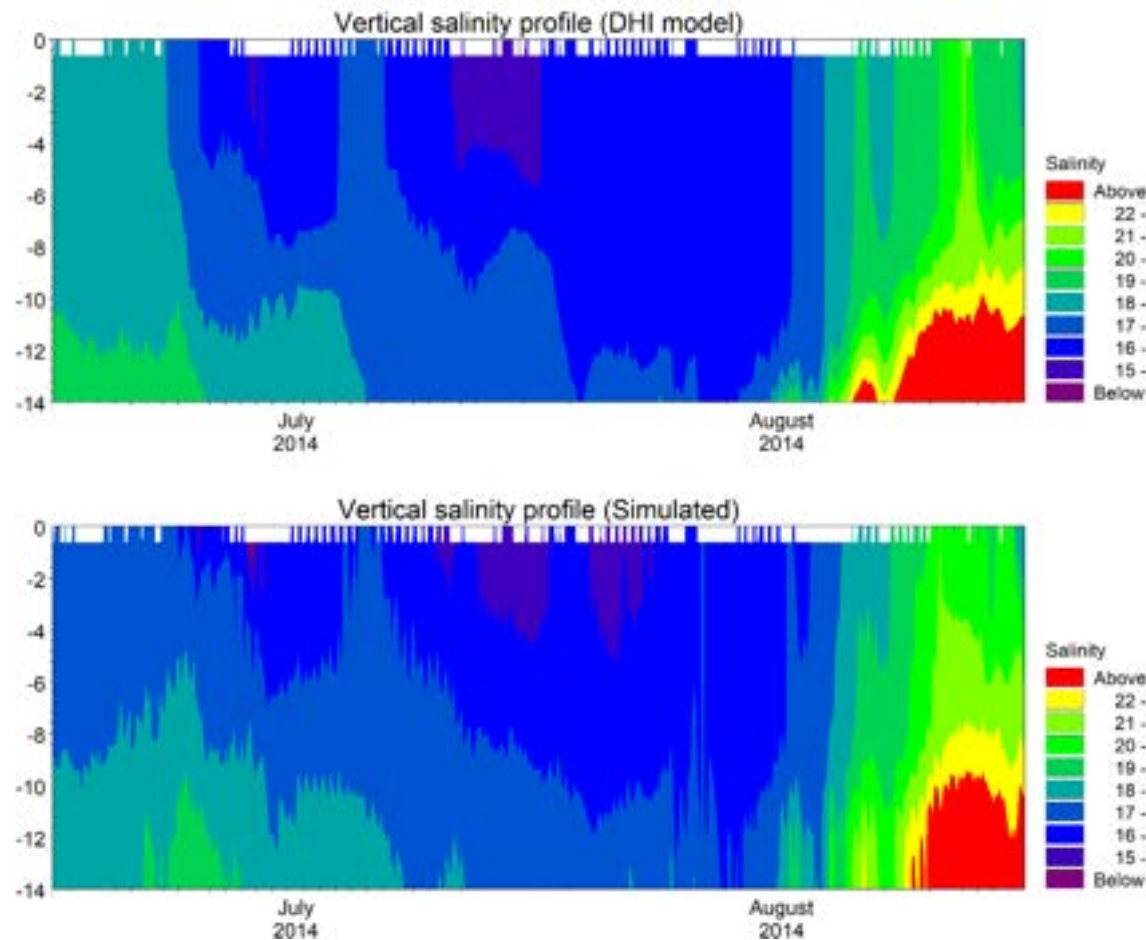
Vandstandsdata er vist på Figur 4-12.



Figur 4-12 Sammenligning af vandstanden på kalibreringspositionen simuleret ved DHIs overordnede model (blå linje) og den foreliggende lokale model (rød linje).

Som det ses af ovenstående, er forskellen mellem de to linjer næsten ikke til at se. Vandstanden simuleres derfor tilfredsstillende.

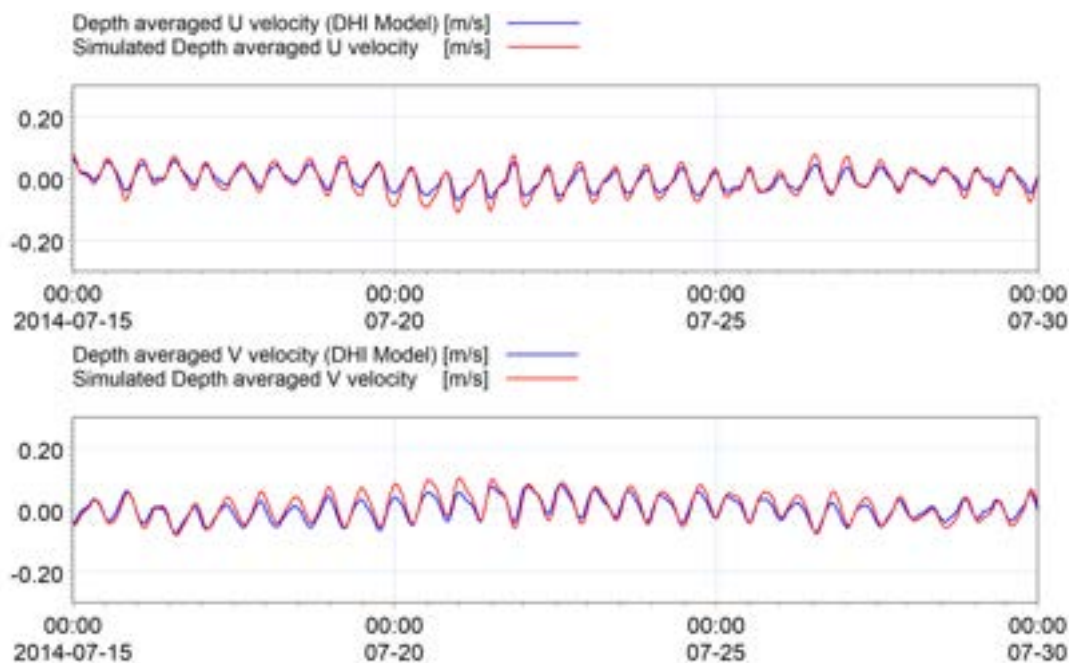
Tilsvarende vises saltholdighedsdata på Figur 4-13.



Figur 4-13 Vertikale saltholdighedsprofiler på kalibreringspositionen, simuleret ved DHIs overordnede model (øvre panel) og den foreliggende lokale model (nedre panel).

Det ses, at saltholdighedens tidslige variation såvel som den dybdemæssige variation er simuleret med høj grad af overensstemmelse. Dette gælder såvel niveauerne som de tidlige og dybdemæssige udviklinger.

De to vinkelrette hastighedskomponenter U og V midlet over dybden er vist på Figur 4-14. Hastighederne er integreret over dybden. U beskriver strømkomponenten mod øst, mens V beskriver strømmen mod nord.



Figur 4-14 Sammenligning af strømkomponenter på kalibreringspositionen simuleret ved DHIs overordnede model (blå linje) og den foreliggende lokale model (rød linje).

Den kvalitative sammenhæng er meget overbevisende, således reproduceres individuelle "deformationer" af den astronomiske tidevandsbølge med meget høj nøjagtighed såvel i størrelsesorden (amplitude) som i tidspunkt (fase).

Det ses, at den aktuelle model viser højere strømhastigheder på denne position sammenlignet med den regionale model fra DHI. Dette henføres til, at positionen befinder sig midt i området for vindmøller, hvor vanddybden er relativt lille, og hvor strømhastighederne derfor er særligt påvirket af bundforholdene. Dertil kommer, at den lokale model anvender en meget højere opløst bathymetri end den regionale model, og at der derfor må forventes afvigelser mellem de to modeller såvel på strømhastigheden som på strømrretningen.

På baggrund af ovenstående slutes det derfor, at modellen er velkalibreret til det foreliggende formål.

4.7 Usikkerhedsvurdering

Usikkerhedsvurderingen er baseret på en generel vurdering ved denne form for modellering og afhænger bl.a. af usikkerheden af de anvendte randdata og kildebeskrivelser (spilrate, sedimentsammensætning etc.) samt dimensionerne af møllefundamenterne og kan derudfra estimeres til:

- > Vandstand: $< \pm 1$ cm
- > Saltholdighed: ± 1 PSU
- > Strømhastigheder: $\pm 10\%$
- > Sedimentkoncentration: $\pm 20\%$
- > Sedimentation: $\pm 20\%$.

Det bemærkes, at resultaterne typisk er vist som udbredelseskort, hvor et bestemt koncentrationsinterval er angivet med en farve og et areal. Der er usikkerhed på såvel intervallerne (indikeret ved tallene ovenfor) som på udbredelsen.

Usikkerheden på udbredelsen hidrører fra a) det aktuelle anvendte strømnings-scenarie b) fra modellens opløselighed (størrelse af beregningscellerne) og c) modellens metode til at simulere selve spredningsprocessen.

5 Modelresultater

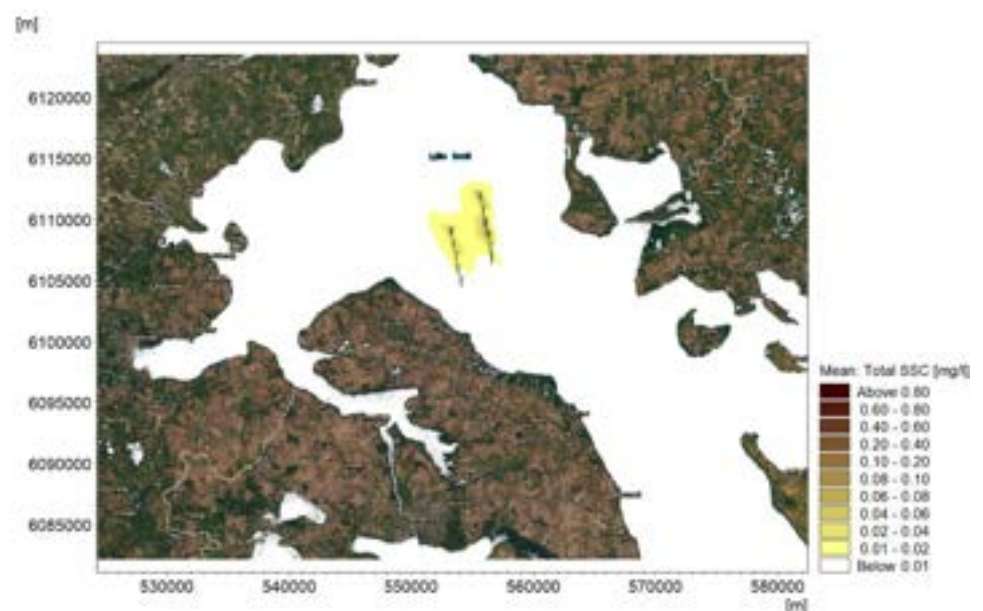
5.1 Suspenderet sediment

Modelleringen af suspenderet sediment er beregnet for scenarier med fundamenter af typen "Gravity Based Structures" (GBS) samt fra jetting af ilandføringskabler og "interconnecting" kabler mellem møllerne. Monopile fundamenter (MP) vil ikke give anledning til sedimentspild og er derfor ikke modelleret.

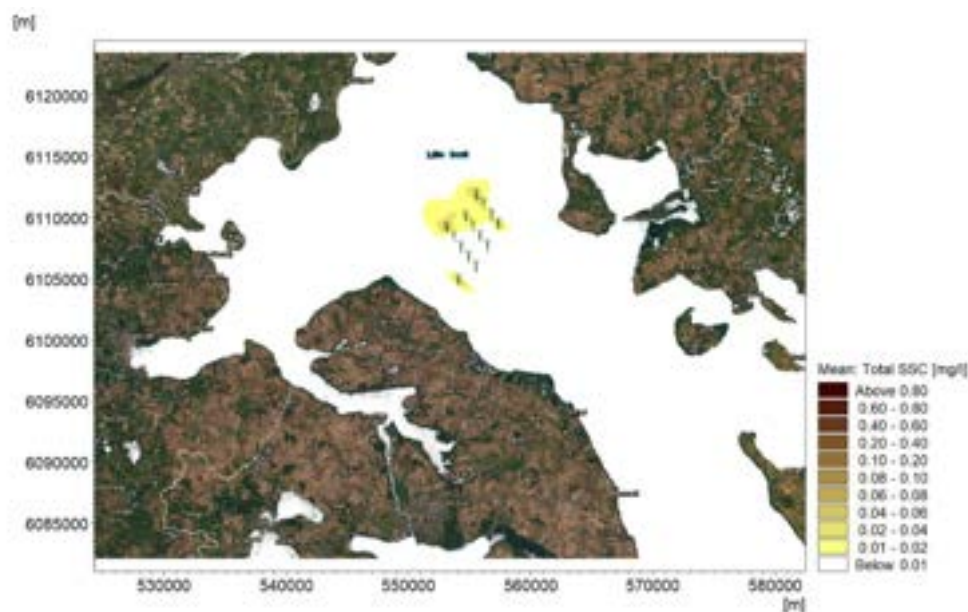
Middelkoncentrationen over hele graveperioden er vist i plottene nedenfor.

5.1.1 Middelkoncentration af suspenderet sediment

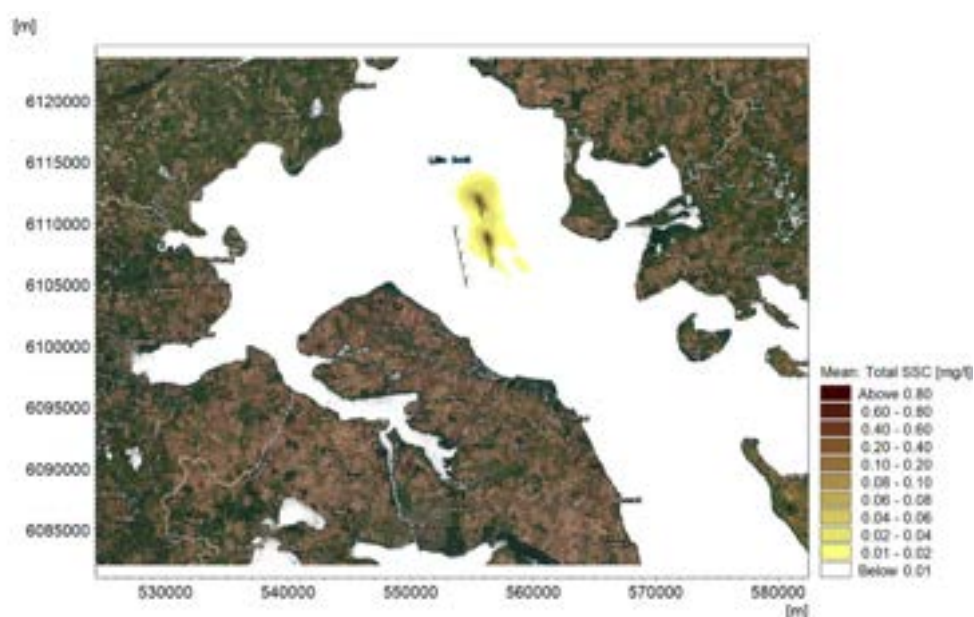
Koncentrationer er midlet over dybden og midlet perioden hvor der graves per fundament. Den er vist for scenarierne i Figur 5-1 til Figur 5-3.



Figur 5-1 Middel af koncentrationen af suspenderet sediment under marine jordarbejder ved scenarie 1B.



Figur 5-2 Middel af koncentrationen af suspenderet sediment under marine jordarbejder ved scenarie 3B.

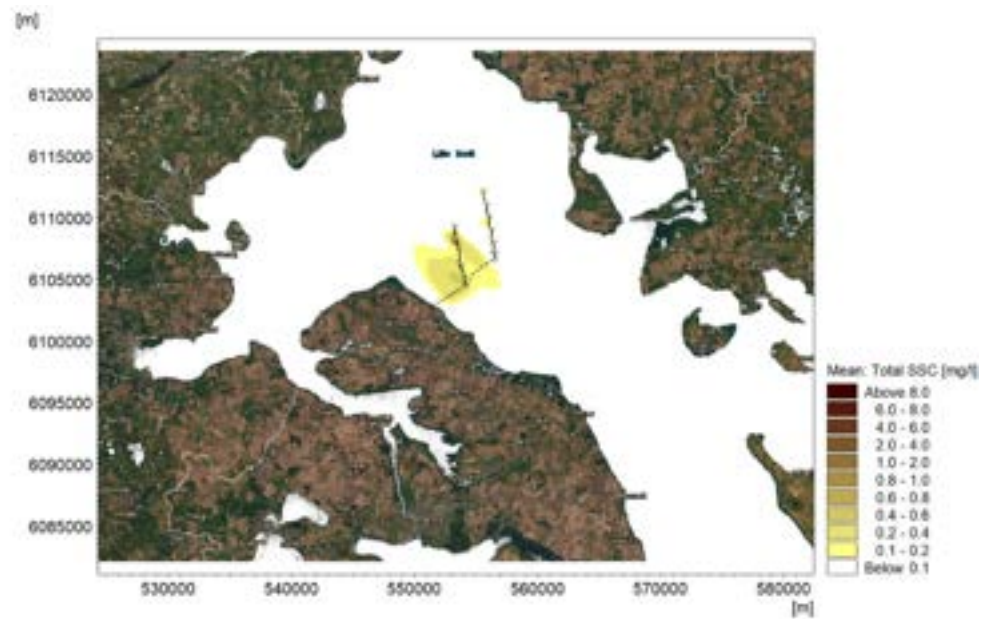


Figur 5-3 Middel af koncentrationen af suspenderet sediment under marine jordarbejder ved scenarie 5B.

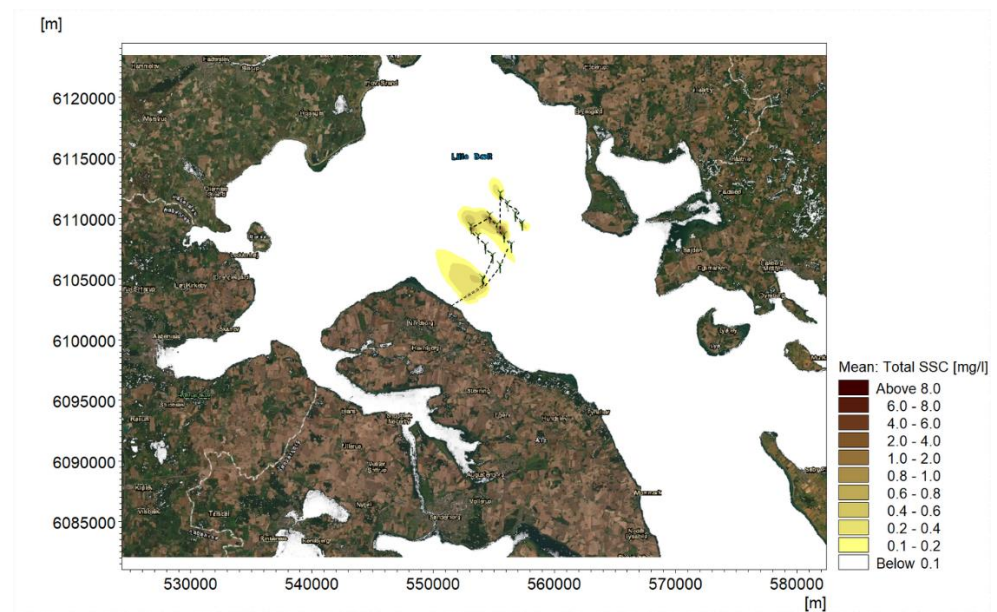
Det ses af ovenstående, at middelkoncentrationen af suspenderet stof under graveaktivitet på en position for et GBS-fundament ikke forventes at overskride 1 mg/l i fanen udenfor arbejdsområdet.

Ved nedspuling af ilandføringskabler spredtes fint sediment i den af grøften der forløber gennem blød bund. Dermed foregår den meste sedimentspredning i den dybe halvdel af strækningen, dvs. den østlige del, der er tæt på møllerne og fjern fra stranden. For forbindelseskablet mellem møllerne spredtes der kun sediment, hvor nedspulingen foregår i eller tæt ved blødbundsområder. Bemærk at disse modelleringer også omfatter layout 4.

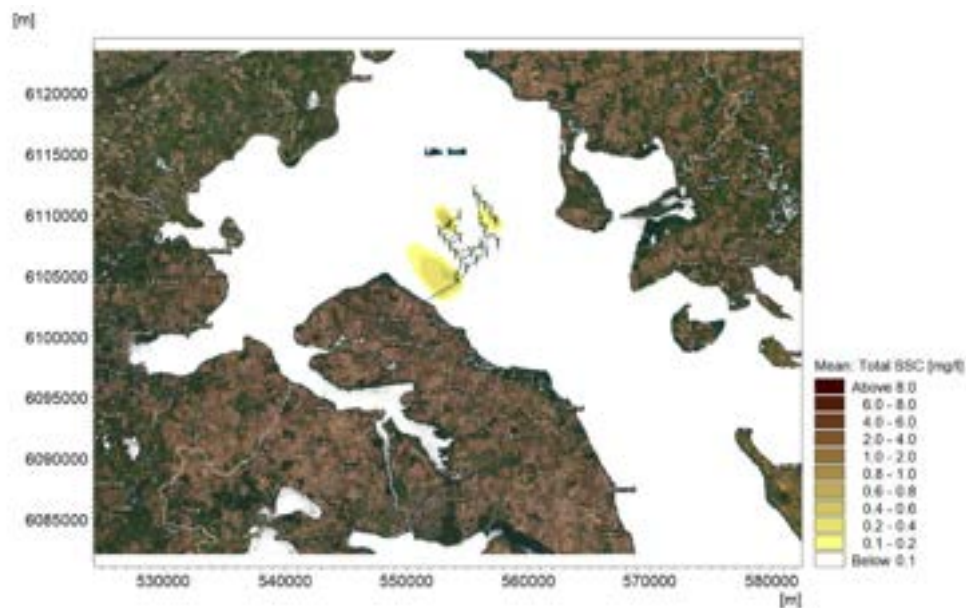
Sedimentkoncentrationer under nedspuling af kabler er vist i nedenstående figurer:



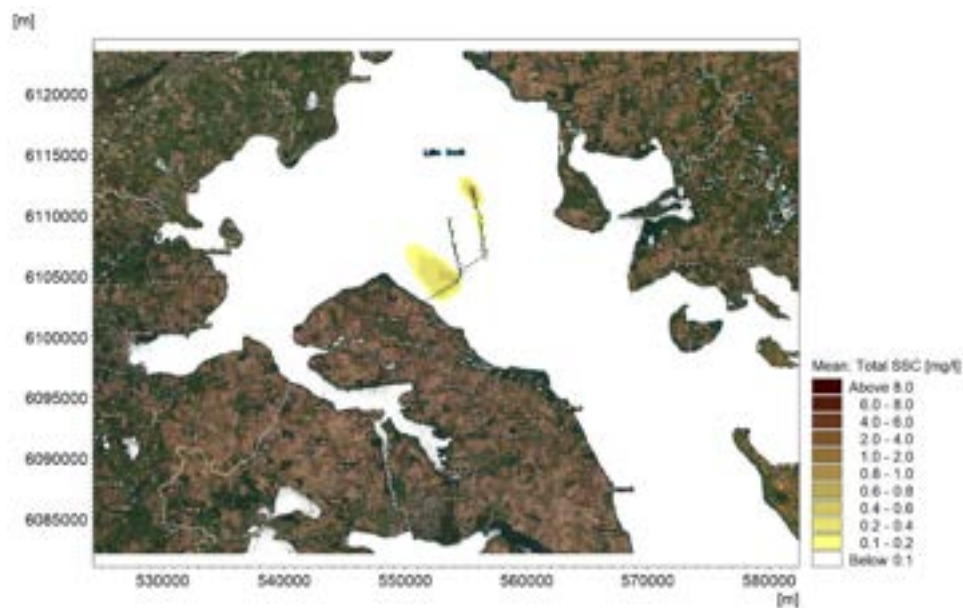
Figur 5-4 Layout 1: Middel af koncentrationen af suspenderet sediment under nedspuling af kabel.



Figur 5-5 Layout 3: Middel af koncentrationen af suspenderet sediment under nedspuling af kabel.



Figur 5-6 Layout 4: Middel af koncentrationen af suspenderet sediment under nedspuling af kabel.



Figur 5-7 Layout 5: Middel af koncentrationen af suspenderet sediment under nedspuling af kabel.

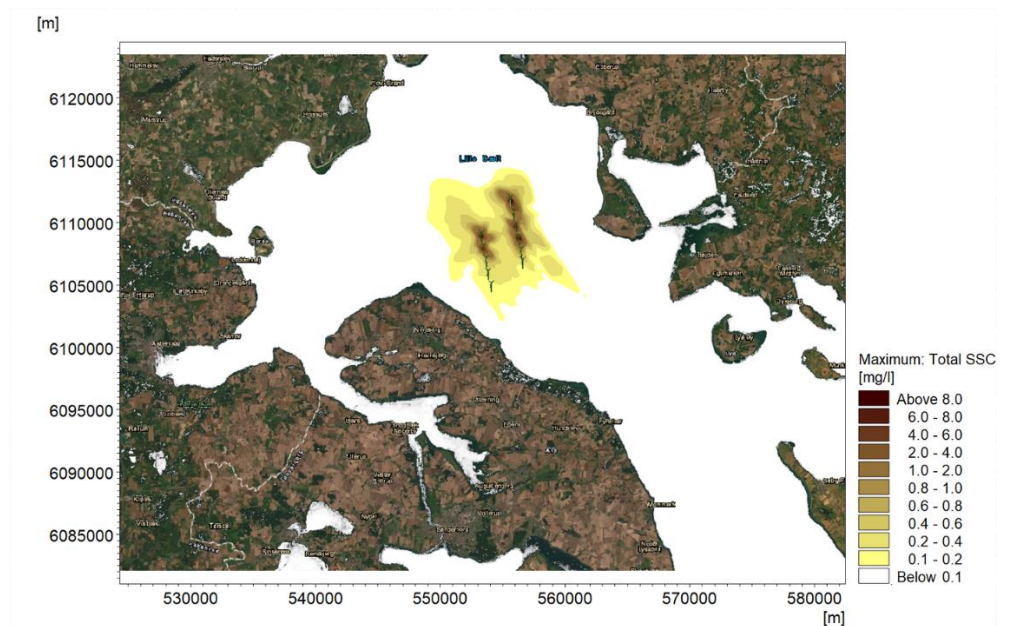
Nedspulingen vil ikke give anledning til højere koncentrationer end ca. 1 mg/l under spulingsprocessen i fanen nedstrøms for spuleaktiviteten. I umiddelbar nærhed af spuleaktiviteten vil der forekomme højere koncentrationer.

Erfaringer fra byggeri af Øresundsforbindelsen har vist, at en sedimentfane først kan observeres med det menneskelige øje, hvis koncentrationen er over 2 mg/l og hvis sedimentet består af kalk. Der forventes derfor ikke synlige faner i større områder og længere perioder.

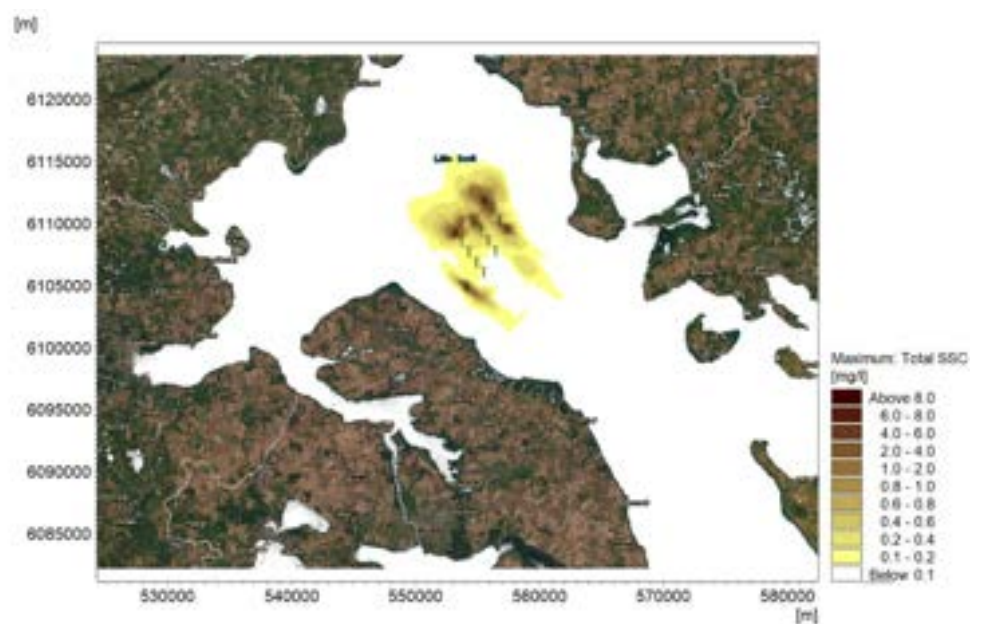
5.1.2 Maksimale koncentration af suspenderet sediment

De maksimale koncentrationer af suspenderet sediment er vist for de to scenarier i nedenstående figurer. De maksimale koncentrationer angiver den højeste koncentration over ½ times varighed, hvilket som helst sted under hele simuleringsperioden. I hvert beregningselement (50m x 50m i nærområdet) beregnes den dybdeintegrerede middelværdi. For hele graveperioden udvælges så den maksimale værdi i hvert beregningselement.

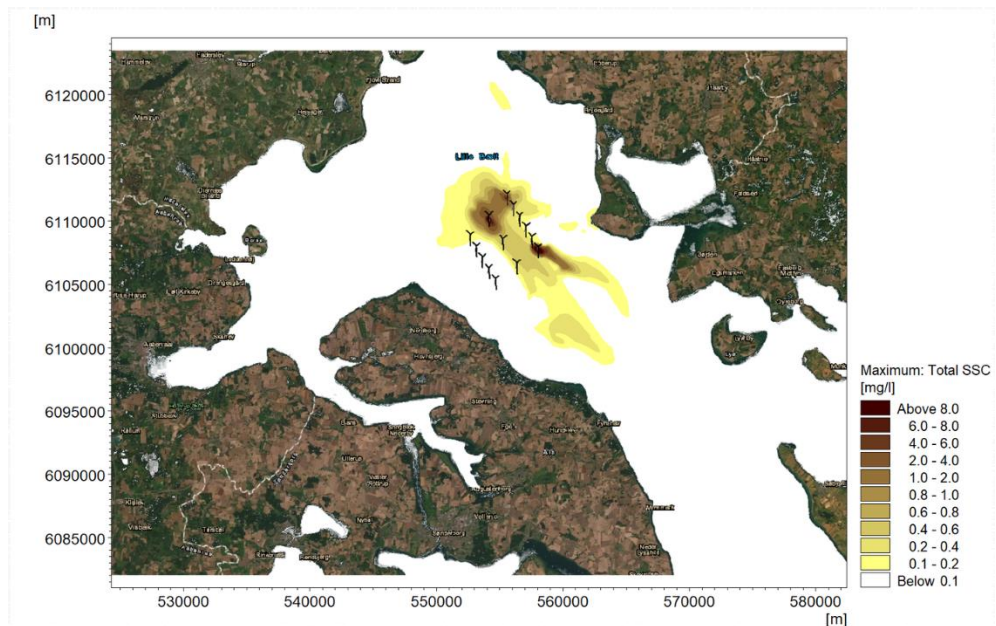
De maksimale koncentrationer som vist i nedenstående figurer vil dermed ikke forekomme samtidige.



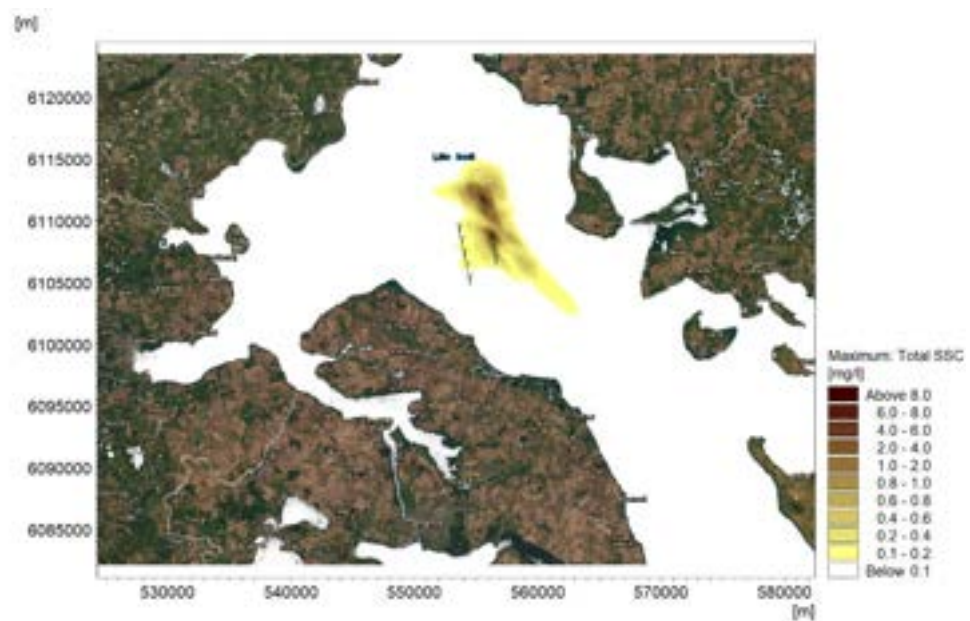
Figur 5-8 Maksimale koncentrationer af suspenderet sediment er vist for scenarie 1B.



Figur 5-9 Maksimale koncentrationer af suspenderet sediment er vist for scenarie 3B.



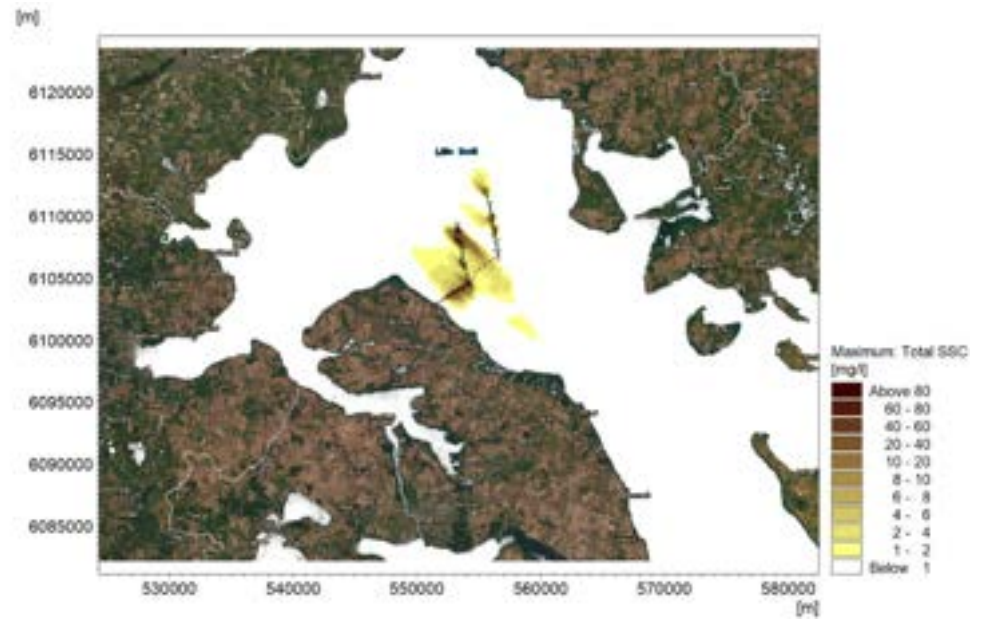
Figur 5-10 Maksimale koncentrationer af suspenderet sediment er vist for scenarie 3B.



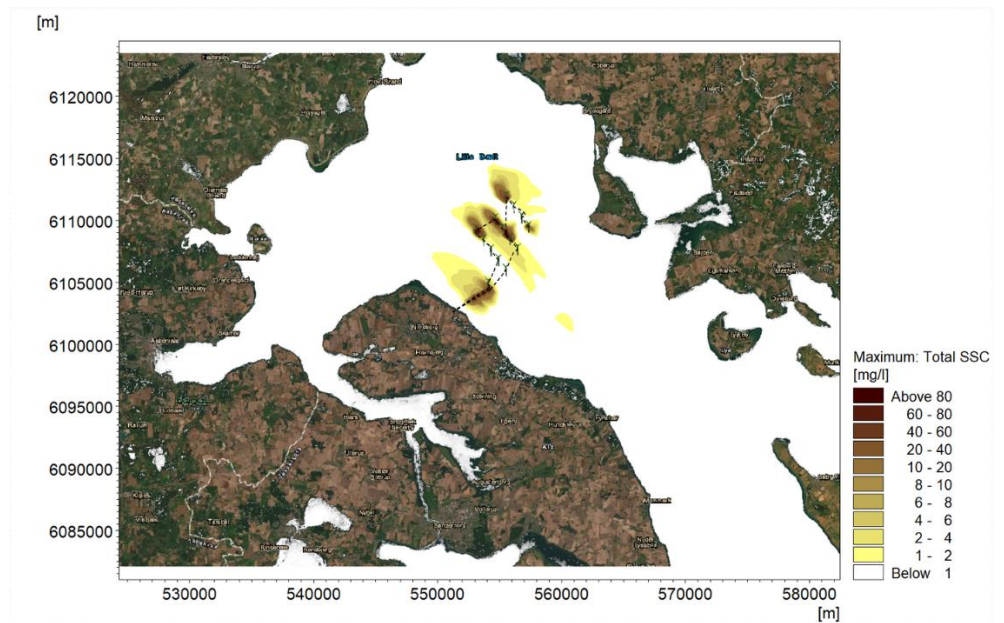
Figur 5-11 Maksimale koncentrationer af suspenderet sediment er vist for scenarie 5B.

Det observeres at de maksimale sedimentkoncentrationer ligger omkring og under 10 mg/l i fanen nedstrøms for graveaktiviteterne for fundamentene.

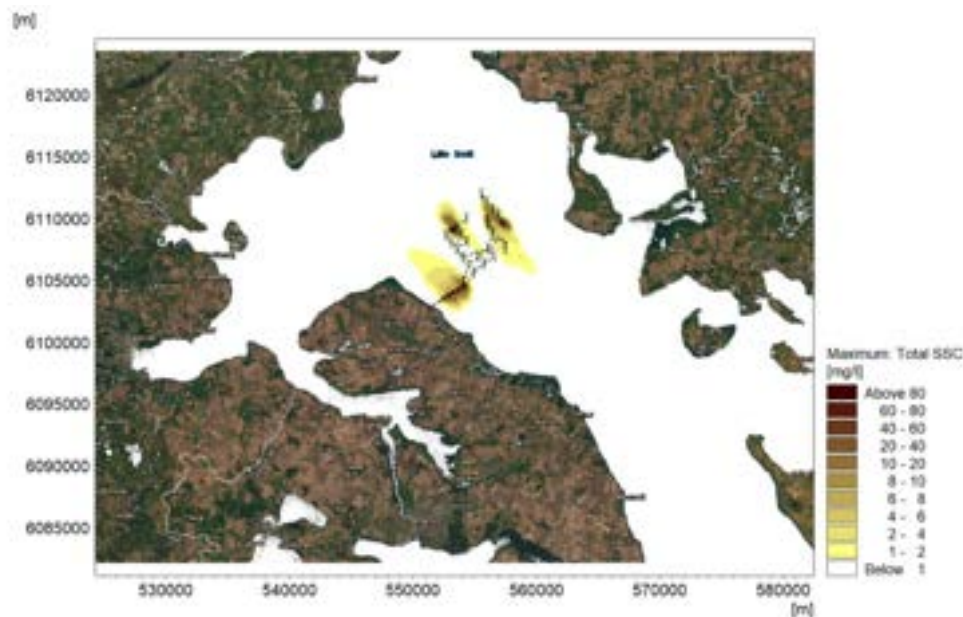
For nedspuling af kablerne findes følgende maksimale sedimentkoncentrationer:



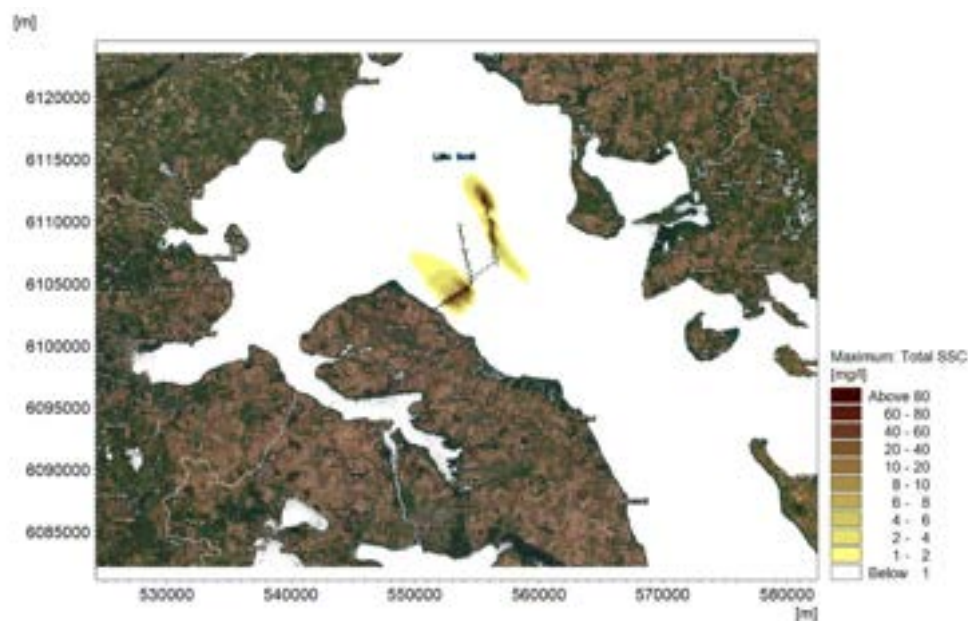
Figur 5-12 Layout 1: Maksimale koncentrationer af suspenderet sediment under anlæg af kabelgrøften. Kabelposition er indikeret med stiplede linje.



Figur 5-13 Layout 3: Maksimale koncentrationer af suspenderet sediment under anlæg af kabelgrøften.



Figur 5-14 Layout 4: Maksimale koncentrationer af suspenderet sediment under anlæg af kabelgrøften.



Figur 5-15 Layout 5: Maksimale koncentrationer af suspenderet sediment under anlæg af kabelgrøften.

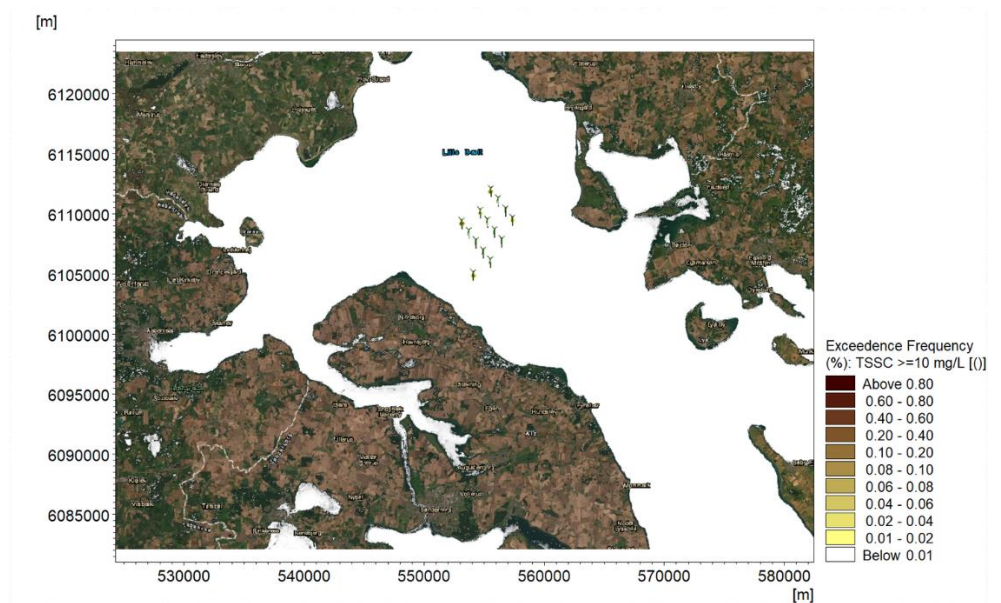
Det observeres at de maksimale sedimentkoncentrationer ligger omkring og under 100 mg/l i fanen nedstrøms for spuleaktiviteten.

5.1.3 Overskridelsessandsynlighed

Sild, torsk og hvilling udviser flugadfærd ved sedimentkoncentrationer over 10 mg/l (Great Belt A/S, 1994) (FeBEC, 2013). Sandsynligheden for at denne tærskelværdi overskrides under gravearbejdets varighed er blevet simuleret og vist som en procentdel af graveperioden.



Figur 5-16 Sandsynlighed for overskridelses af 10 mg/l koncentrationen for suspenderet stof i scenarie 1B.



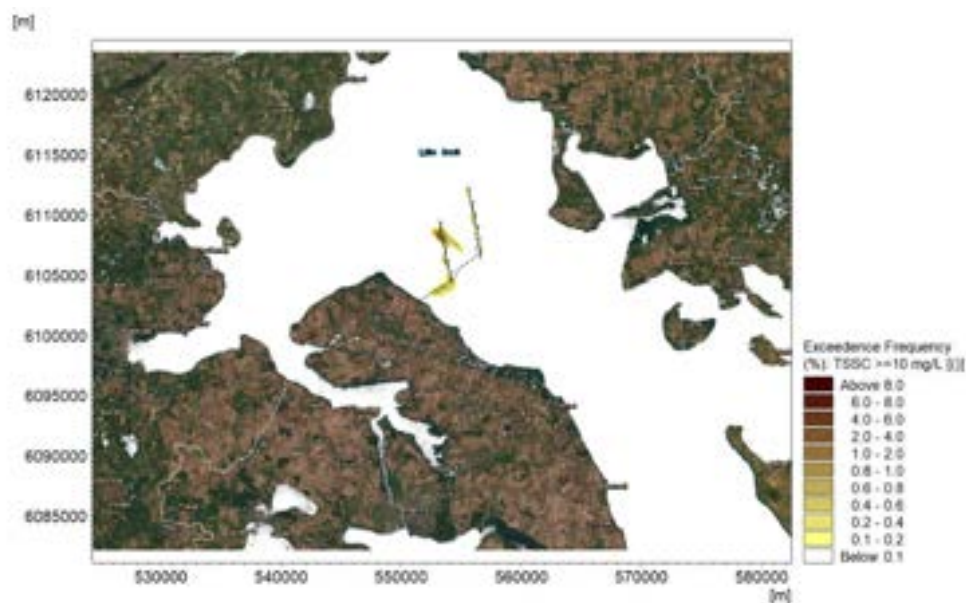
Figur 5-17 Sandsynlighed for overskridelses af 10 mg/l koncentrationen for suspenderet stof i scenarie 3B.



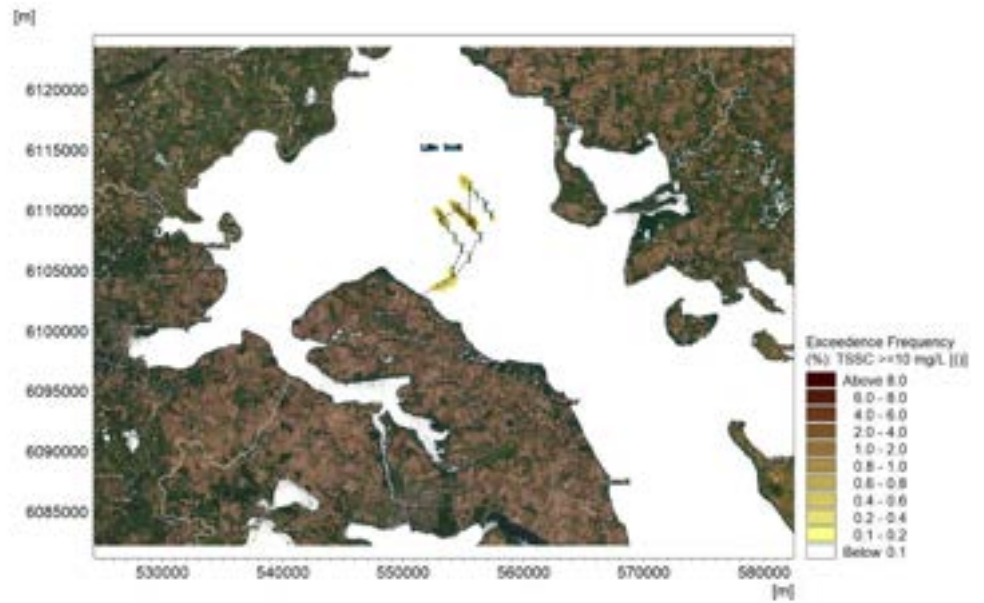
Figur 5-18 Sandsynlighed for overskridelse af 10 mg/l koncentrationen for suspenderet stof i scenarie 5B.

Det ses af ovenstående Figur 5-16 til Figur 5-18, at tærskelværdien overskrides i en brøkdel af procent af tiden og det kun i umiddelbar nærhed af gravearbejdet.

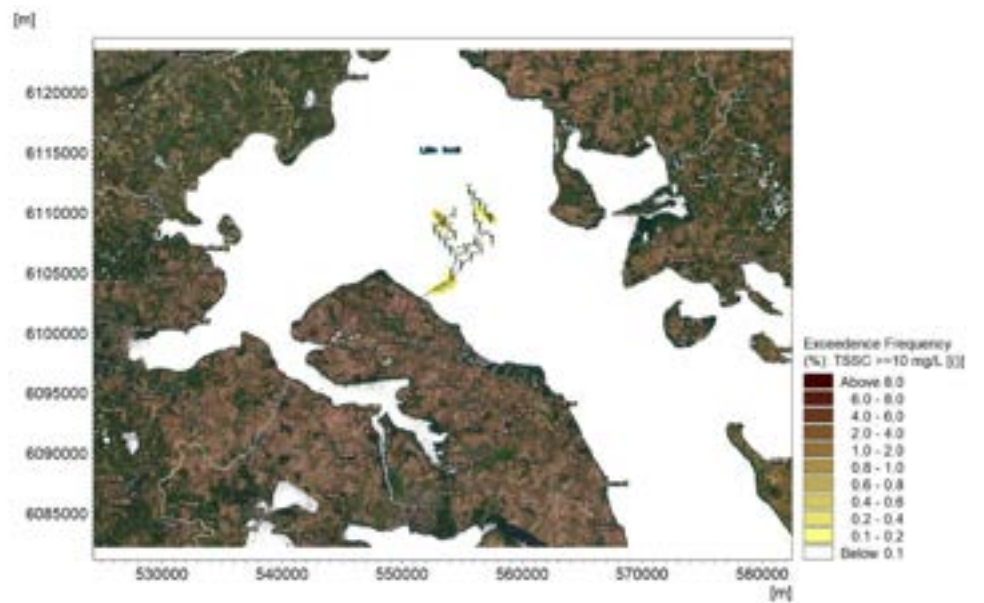
Med hensyn til overskridelse af 10 mg/l kriteriet under nedspuling af kabler er resultaterne vist for 4 scenarier:



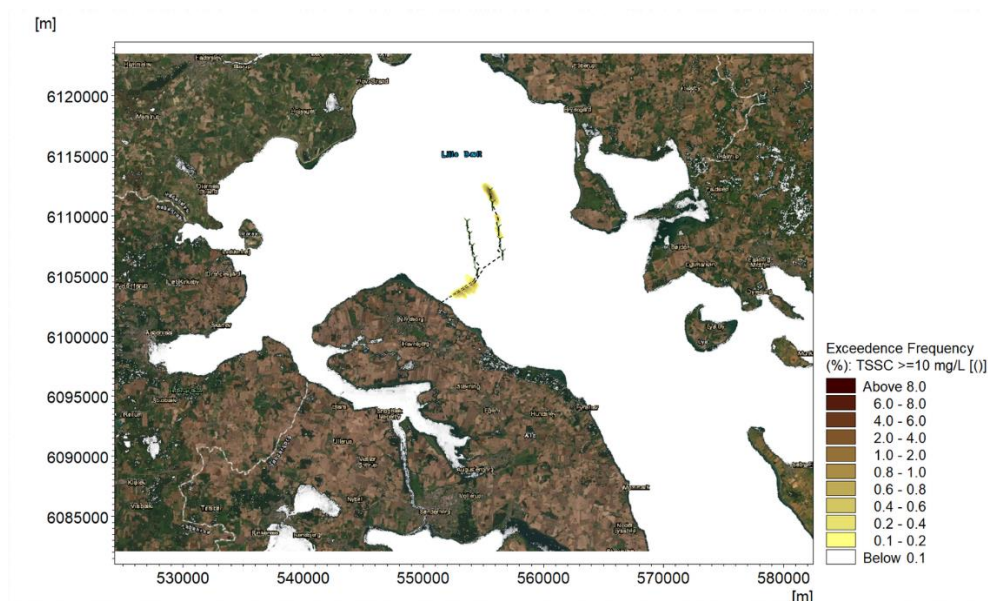
Figur 5-19 Sandsynlighed for overskridelse af 10 mg/l koncentrationen for suspenderet stof under kabel nedspuling i scenarie 1.



Figur 5-20 Sandsynlighed for overskridelses af 10 mg/l koncentrationen for suspenderet stof under kabel nedspuling i scenarie 3.



Figur 5-21 Sandsynlighed for overskridelses af 10 mg/l koncentrationen for suspenderet stof under kabel nedspuling i scenarie 4.



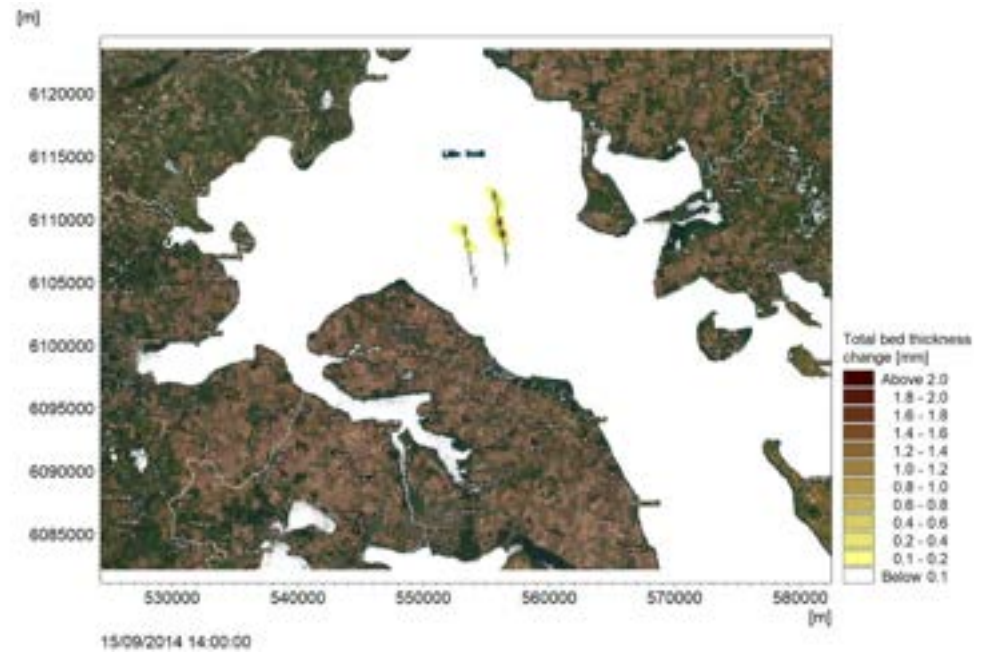
Figur 5-22 Sandsynlighed for overskridelses af 10 mg/l koncentrationen for suspenderet stof under kabel nedspuling i scenarie 5.

Det ses at overskridelsessandsynligheder under nedspuling af kabler på ca. 1% af spulingtiden på ca. 7 timer for et kabelafsnit svarer til en varighed på mindre end 5 minutter. Denne påvirkning ligger i meget snævre områder omkring de enkelte fundamenter.

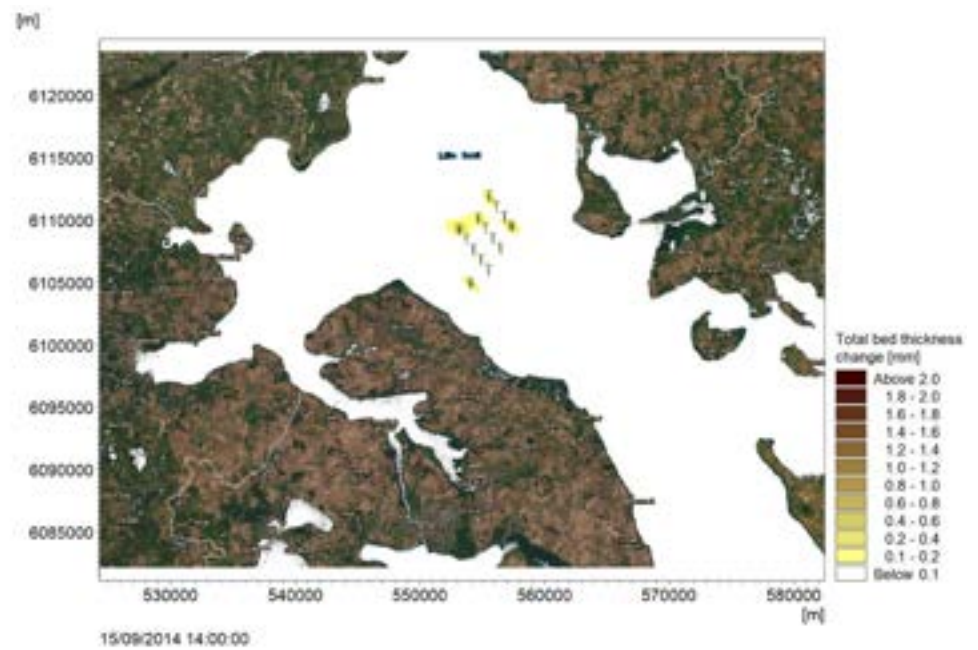
Fisk vil derfor have rig mulighed for at undvige sedimentfanerne.

5.2 Sedimentation

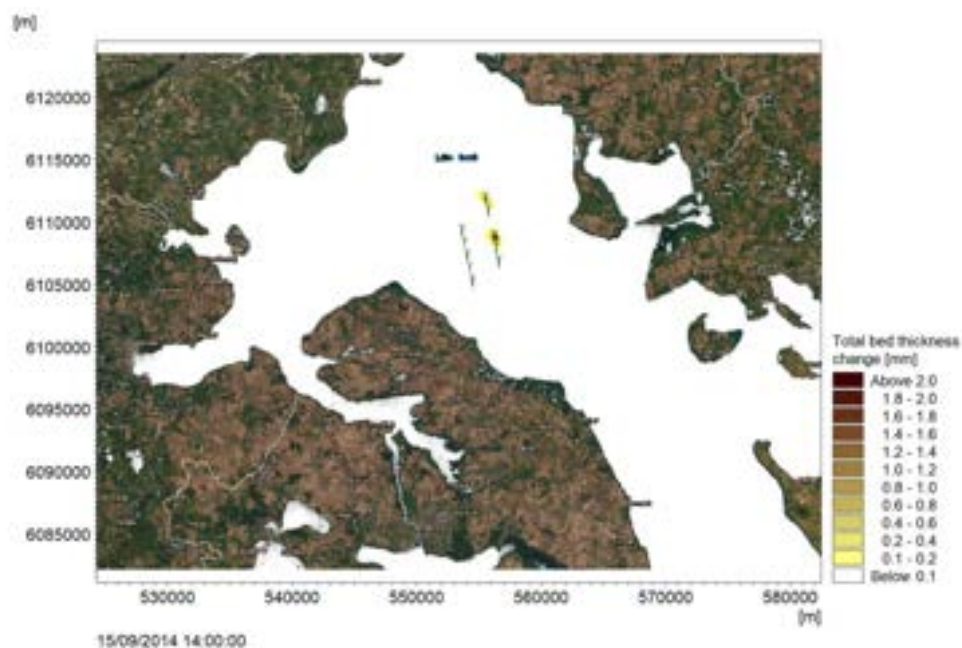
Nettosedimentation af gravearbejdets sedimentspild er beregnet for hvert sted i modelområdet og angivet i mm tykkelse. Sedimentation er vist for alle undersøgte scenarier. Netto sedimentationen omfatter såvel den umiddelbare sedimentation fra sedimentfanerne som resuspension (genophvirvling) af sedimenter fra havbunden, når strømforholdene er så dynamiske, at sedimentet bringes i suspension igen og transporteres videre, indtil forholdene bliver så rolige, at det bliver liggende. Lagtykkelserne er vist på Figur 5-23 - Figur 5-25.



Figur 5-23 Total sediment tykkelse (mm) efter hele jordarbejdet, scenarie 1B.



Figur 5-24 Total sediment tykkelse (mm) efter hele jordarbejdet, scenarie 3B.

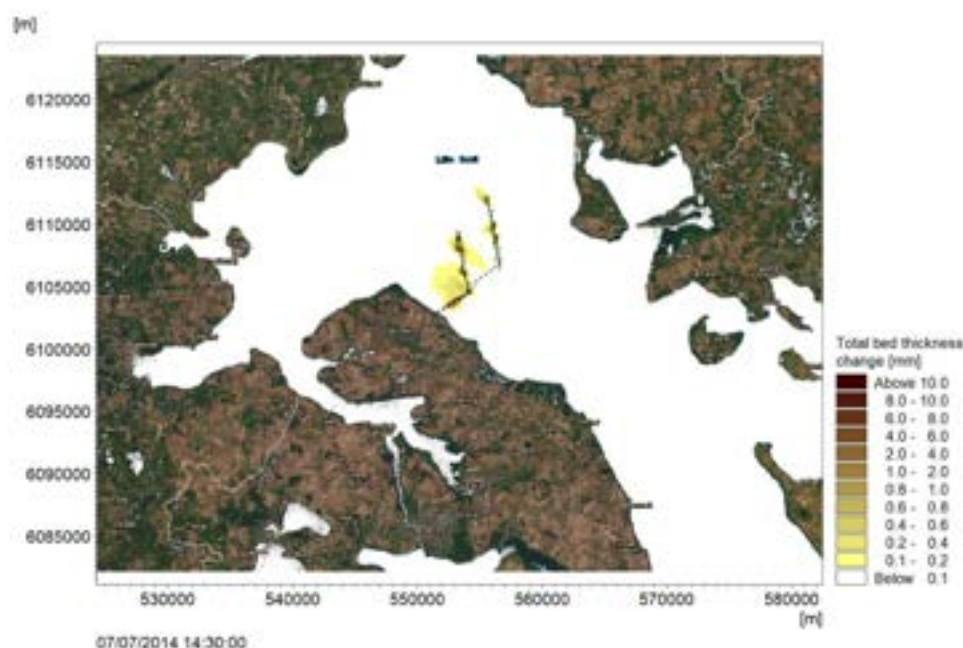


Figur 5-25 Total sediment tykkelse (mm) efter hele jordarbejdet, scenarie 5B.

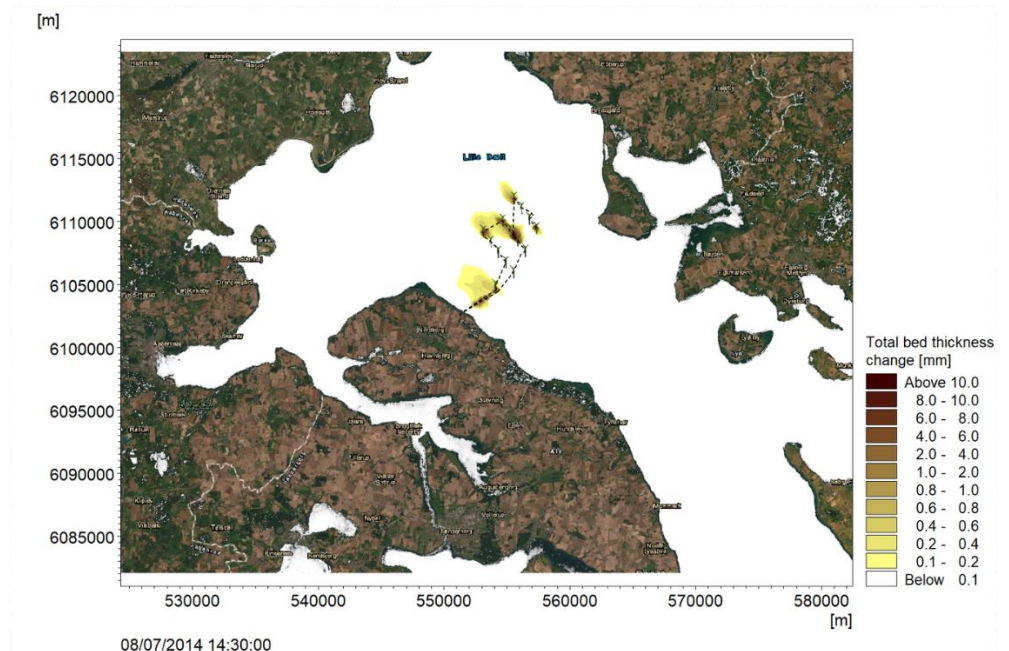
Ovenstående figurer viser, at nettosedimentationen er knyttet til nærområdet og er i størrelsesordenen mindre end 2 mm.

Figurerne viser tykkelsen af sedimenteret materiale under selve graveperioden og i 15 dage efter, således at næsten al sediment kan nå at falde ud af vandsøjlen. Modellen indregner effekter af resuspension, som foregår i perioder med høje strømhastigheder. Modelleringen beskriver derfor netto aflejring, dvs. at sedimenterne har været igennem spredning, udsynkning, samt omlægning pga. strøm og bølger.

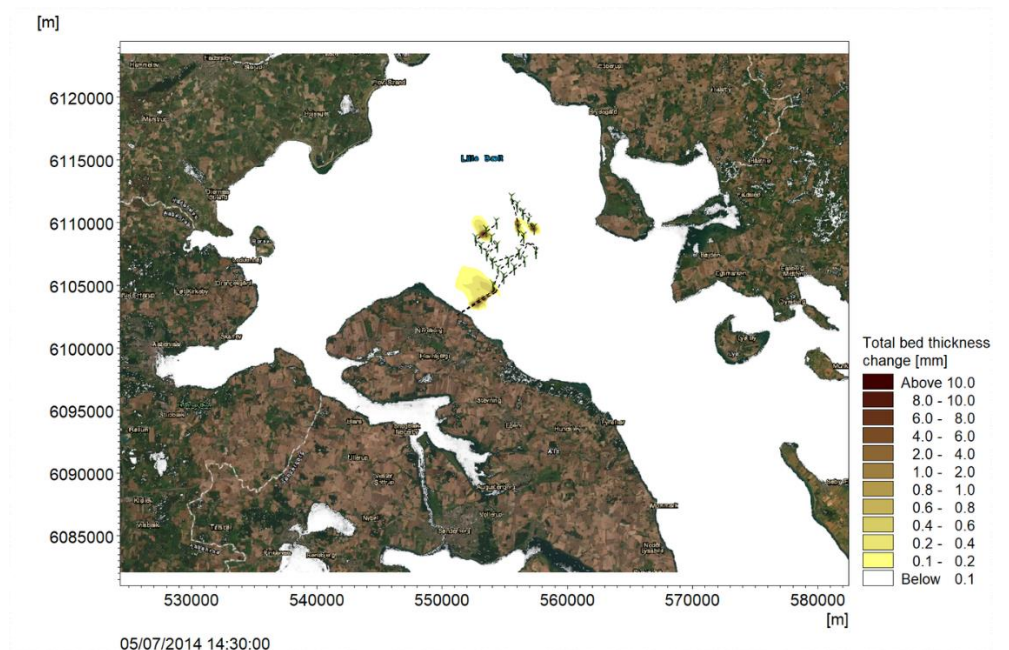
Sedimenttykkelse efter nedspuling af kabler er vist i det følgende:



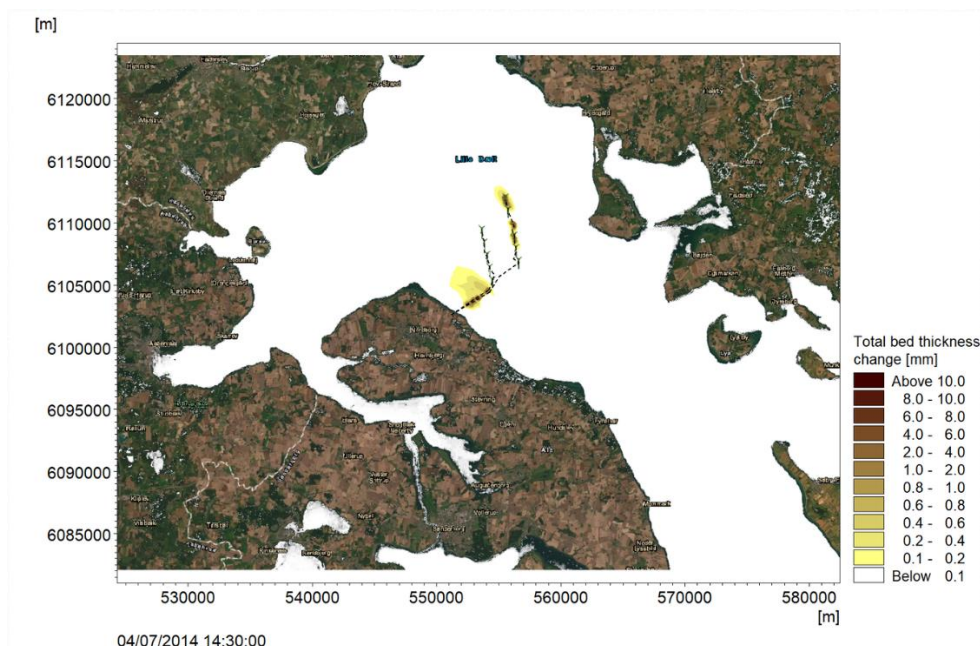
Figur 5-26 Total sediment tykkelse (mm) efter udgravning til kabelgrøfter, layout 1.



Figur 5-27 Total sediment tykkelse (mm) efter udgravning til kabelgrøfter, layout 3.



Figur 5-28 Total sediment tykkelse (mm) efter udgravning til kabelgrøfter, layout 4.



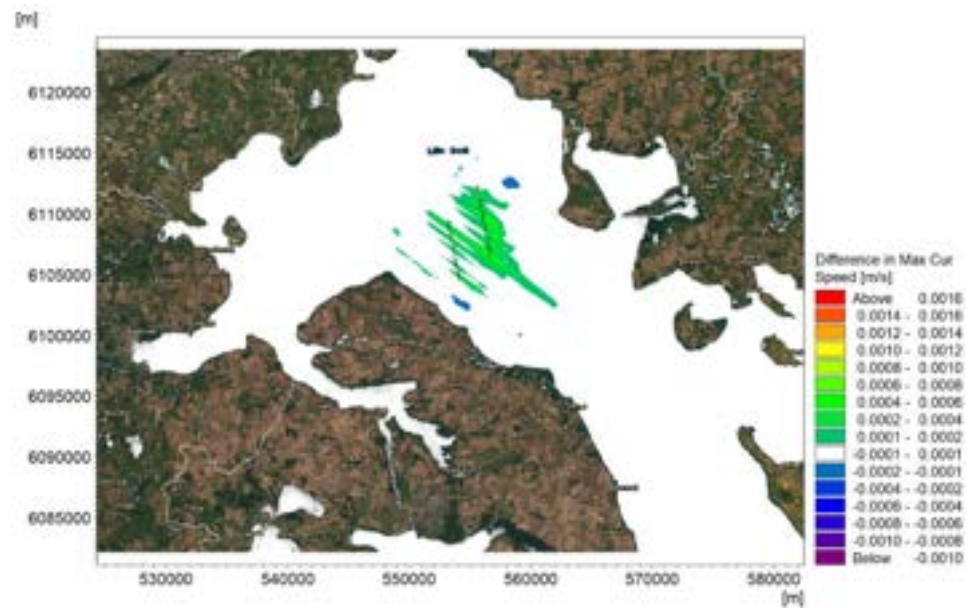
Figur 5-29 Total sediment tykkelse (mm) efter udgravning til kabelgrøfter, layout 5.

Ovenstående figurer viser, at nettosedimentationen fra nedspuling er knyttet til nærområdet og er i størrelsesordenen mindre end 2 mm.

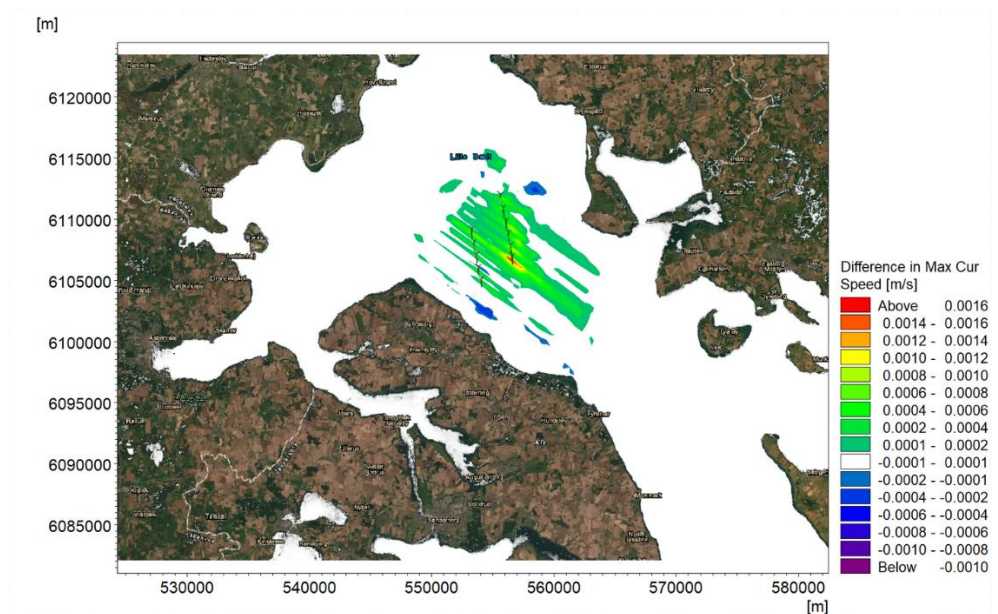
5.3 Ændring af strømningsmønster

5.3.1 Strømreduktion

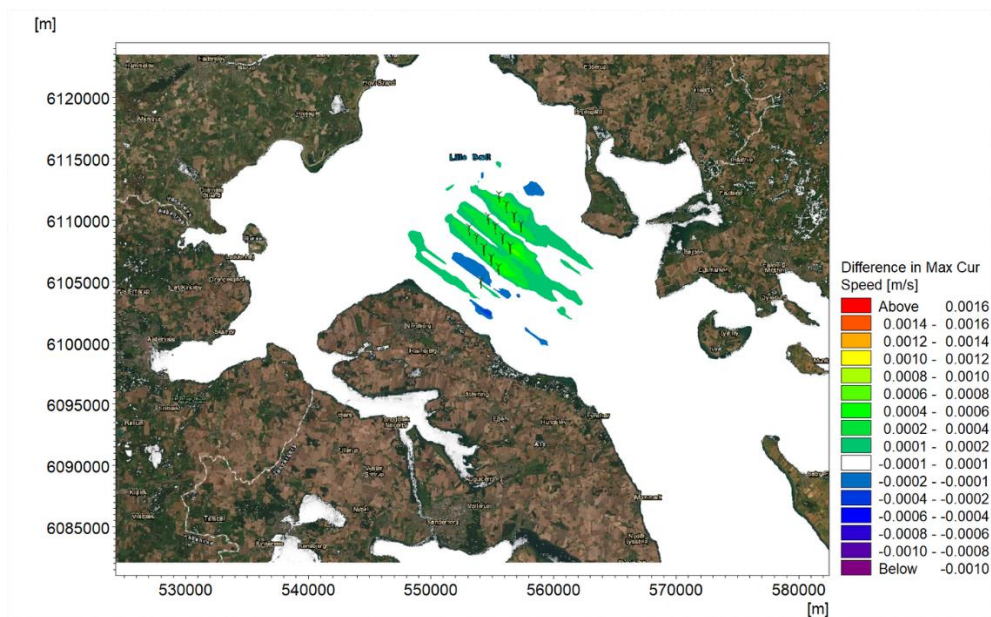
De maksimale strømreduktion under simuleringens varighed på grund af fundamenternes bremsende virkning er vist på nedenstående Figur 5-30 Figur - Figur 5-36.



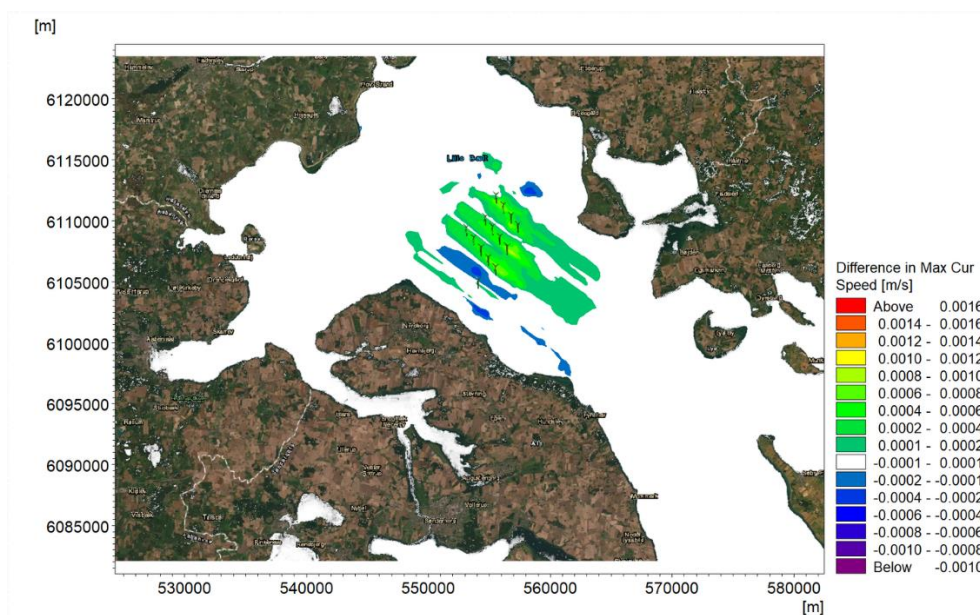
Figur 5-30 Scenarie 1A, MP, Store møller
Maksimal hastighedsreduktion på grund af møllefundamenterne (Dybdeintegreret strømhastighed).
Grønne og røde farver repræsenterer hastighedsreduktion, blå farver repræsenterer øget hastighed.



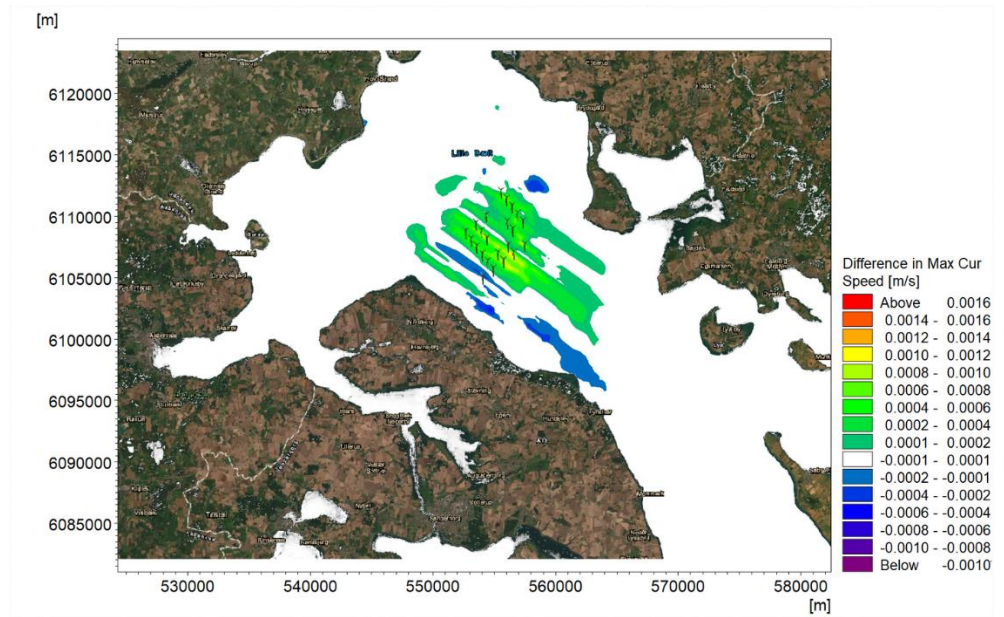
Figur 5-31 Scenarie 1B, GBS, Store møller
Maksimal hastighedsreduktion på grund af møllefundamenterne (Dybdeintegreret strømhastighed).



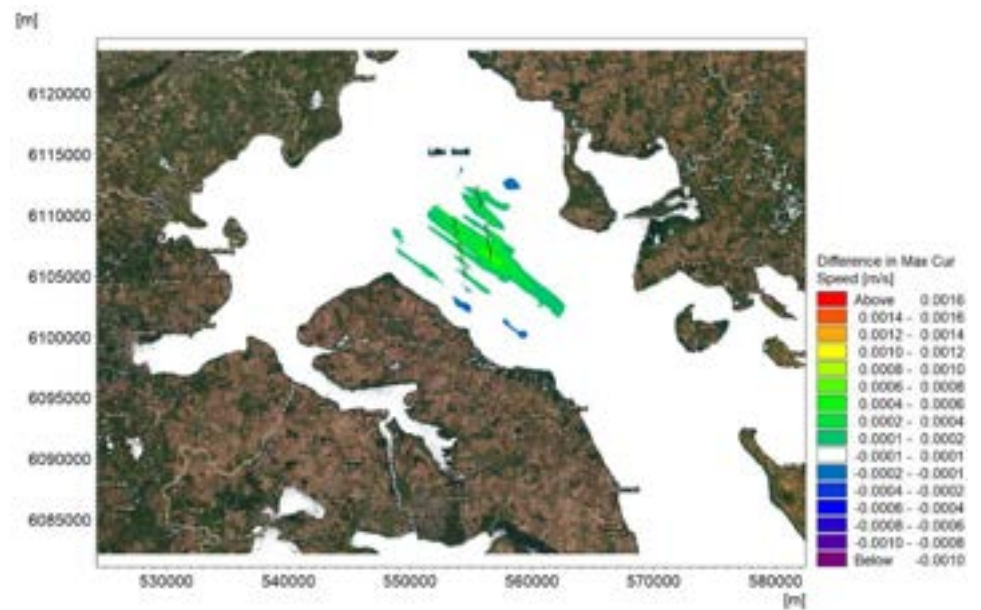
Figur 5-32 Scenarie 3A, MP, Mellemstore møller
Maksimal hastighedsreduktion på grund af møllefundamentene (Dybdeintegreret strømhastighed).



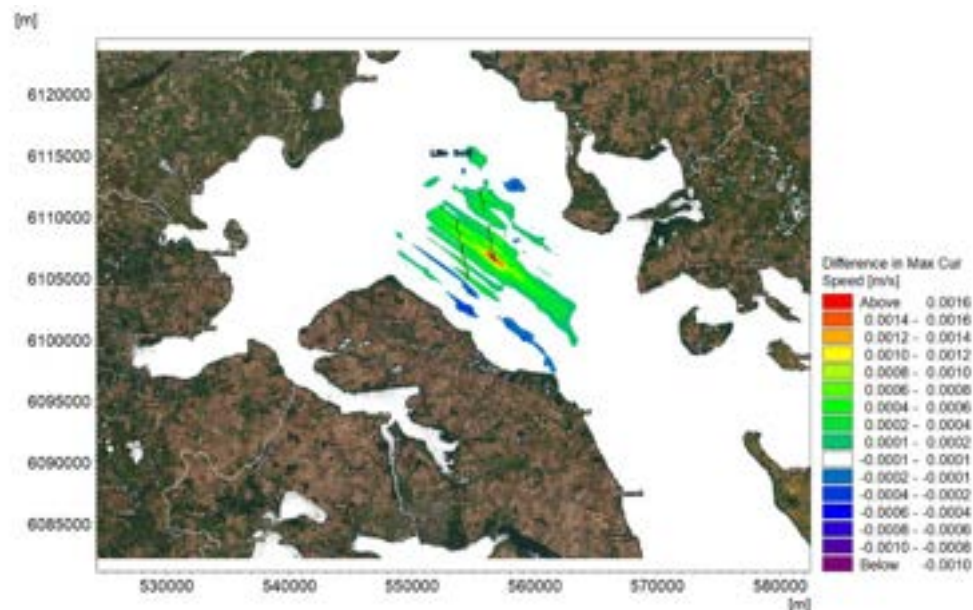
Figur 5-33 Scenarie 3B, GBS, Mellemstore møller
Maksimal hastighedsreduktion på grund af møllefundamentene (Dybdeintegreret strømhastighed).



Figur 5-34 Scenarie 4A, MP, Små møller
Maksimal hastighedsreduktion på grund af møllefundamenterne (Dybdeintegreret strømhastighed).



Figur 5-35 Scenarie 5A, GBS, Små store møller
Maksimal hastighedsreduktion på grund af møllefundamenterne (Dybdeintegreret strømhastighed).



Figur 5-36 Scenarie 5B, MP, Meget store møller
Maksimal hastighedsreduktion på grund af møllefundamentene (Dybdeintegreret strømhastighed).

På figurerne ses, at strømhastigheden i den 2 måneders lange simuleringsperiode bliver reduceret med mindre end 2 mm/s i nærområdet omkring møllefundamentene (orange områder).

I alt er de maksimale strøømændringer så små, at de ikke skønnes at være af praktisk konsekvens for hverken vandskifte eller havmiljø. Der er en tendens til at GBS-fundamentene ændrer strøøm mønstret lidt mere end MP-fundamentene. Om der er få store eller flere små fundamenter har tilsyneladende en mindre og ikke éntydig effekt på strøøm mønstret.

5.3.2 Strøømingsblokering

Strøømingsblokeringen er ikke af direkte betydning for vandmiljøet. Blokeringen har dog effekt på vandskifte og opholdstiden i de nærliggende havområder, og de parametre er derfor af primær interesse og behandlet her. Fordi blokering har spillet en stor rolle i anlæg af faste forbindelser i danske farvande, kan blokering forventes at være af interesse også i dette projekt og er derfor medtaget i dette bilag. Beregningen af strøømingsblokeringen forudsætter at modelområdet er valgt så stort, at eventuelle effekter af blokeringen på strøømingsforholdene på randene er så små, at de ikke er af betydning for modellering af strøømforholdene omkring vindmølleparken.

Beregningen af strøømingsblokeringen er gennemført efter følgende formel:

$$\Delta Q(T) = \frac{\int_T (|Q_{ref}(t)| - |Q_{scenario}(t)|) dt}{\int_A |Q_{ref}(t)| dt} 100\%$$

hvor Q_{ref} og $Q_{scenario}$ er de øjeblikkelige vandføringer til tiden t . Vandføringerne forstås her som de dybdeintegrerede hastigheder i ethvert punkt på et transekt

T på tværs af strømmingen. Vandføringen integreres desuden over tværsnittet T der går fra Als til Helnæs. Strømningsblokeringen er beregnet for alle scenarier og givet i nedenstående Tabel 5-1:

Tabel 5-1 Blokeringsprocenter for de forskellige scenarier

Scenarie	Fundament	Blokering (%)
Sc.1A	MP	0,00263
Sc.1B	GBS	0,00517
Sc.3A	MP	0,00360
Sc.3B	GBS	0,00489
Sc.4	MP	0,00551
Sc.5A	MP	0,00236
Sc.5B	GBS	0,00468

For alle scenarier findes at strømningsblokeringen er under 0,006 %. Dette er ca. 40 gange mindre end den resterende usikkerhed på 0,2 %, som ved de kompenserende afgravninger blev etableret som de såkaldte nulløsninger for Storebælt- og Øresundsforbindelserne, hvor blokeringen er vurderet som helt uden betydning.

Strømningsblokeringen kan derfor antages at være uden praktisk betydning for vandskiftet i Lillebælt og dermed ligeledes for Bælthavet og Østersøen.

5.4 Koncentrationer af frigivne stoffer

Da sedimentet antages at være uforstyrret, forventes ikke forhøjede koncentrationer af tungmetaller og miljøfremmede stoffer. Derfor forventes a priori ikke forhøjede frigivelser af tungmetaller eller miljøfremmede stoffer. Der modelleres stoffrigivelse for scenarier med GBS-fundamenter.

De målte koncentrationer i sedimentet på 5 lokaliteter i mølleområdet (se Figur) er angivet i Bilag A.

Der er gennemført følgende beregninger: For tungmetal- og TBT-koncentrationen er den målte maksimalværdi anvendt (konservativt), se Bilag A. For kvælstof, fosfor og BOD er målingerne i sedimenter fra Aarhus Bugt anvendt (COWI, 2022). Med hensyn til sedimentets indhold af kvælstof, fosfor og BOD antages forholdene i Aarhus Bugt at være sammenlignelige med sedimentindholdet af de samme stoffer i dyndområderne i Lillebælt. For tørstofdensiteten er middelværdien af alle målinger fra mølleområdet anvendt (Bilag A). For udvaskningsraterne er laboratorieresultater anvendt fra (DHI, 2003), (COWI, 2008) og (COWI, 2022). Der arbejdes med en graveintensitet på 550 m³/(8 timer) og en sedimentspilrate på 5%. Kildestyrkerne er beregnet som gennemsnit over alle fundamenter, hvor der graves i blødbund. Den anvendte modul for spredning af opløst stof er MIKE3 FM AD (Advektion, Dispersion). På denne baggrund beregnes følgende kildestyrker, som anvendes som input til modellens spredningsberegning:

Tabel 5-2 Kildestyrke af frigivet stof fra spildt sediment under opgravning af blød havbund under møllefundamentterne

Stof	Stofindhold (mg/kgTS)	Stofindhold (g/m ³)	Frigivelse (%)	Kildestyrke (g/s)
Kviksølv	0,005	0,007	1,14	6,8E-08
Nikkel	33	46	1,35	0,00053
Cadmium	0,64	0,88	0,34	2,6E-06
Kobber	31	43	0,39	0,00015
Bly	47	65	1,9	0,0011
Chrom	40	55	0,17	8,2E-05
Arsen	15	21	0,43	7,7E-05
Zink	133	184	1,89	0,0030
TBT (Tributyltin)	1,9	2,6	0,77	1,8E-05
Kvælstof	1354	1871	2,04	0,033
Fosfor	480	663	1,29	0,0074
BOD	795	1099	100	0,95

Stofindhold (mg/kgTS): Max. værdien af lab analyser fra 5 prøver

Stofindhold (g/m³): Stofindhold(mg/kgTS) · Middeltørstofdensitet (1,4t TS/m³)

Frigivelse (%): Lab forsøg fra (COWI, 2008) og (DHI, 2003)

Kildestyrke: Stofindhold (mg/m³) · frigivelsesprocent · spildprocent (5%) · Dredgingrate (550m³/8 time)

De modellerede udbredelseskort for middelkoncentrationen af ovenstående stoffer fra de tre layouts for GBS-fundamenter er angivet i Bilag C.

En oversigt over de modellerede koncentrationer er givet i Tabel 5-3 nedenfor. Med hensyn til udregningerne henvises til tabellerne i Bilag B.

Den modellerede middelkoncentration indebærer at koncentrationerne midles over hele simuleringsperiode (72 for Layout 1B og 2B eller 54 dage for Layout 3B). Derudover beregnes en middelværdi for koncentrationen omkring hver enkelt fundamentudgravning som er gældende i den tid, der graves på denne position. Graveaktiviteten per fundament tager 6 dage. I den tid, der graves på et fundament, vil koncentrationen derfor være 72/6 eller 54/6 gange højere end den modellerede gennemsnitskoncentration for hele simuleringsperioden.

For gravearbejdet for fundamenterne er en præsentation af resultatplot og beregninger af koncentrationer for hele simuleringsperioden og perioden for specifikke gravearbejdet givet i Bilag C og i Tabel 6-1.

For den opsummerende Tabel 5-3 forneden gælder følgende:

Middelkoncentration: Aflæsning af maksimale værdier fra figurer i Bilag C for simuleringsperiode

Koncentration under gravning: Skalering ift. gravningsperiode per fundament

IFF: I forvejen forekommende koncentration (Københavns kommune, 2017)

Resulterende: Koncentration under gravning+ IFF

Krav: Fra Bekendtgørelse nr. 796 af 13/06/2023

Naturlig baggrund: MST, 2017a

Resulterende krav= Krav (Bekendtgørelse nr. 796 af 13/06/2023)+Nat. baggrund

Tabel 5-3 Udgravning for fundamenter: Middelkoncentrationsforhold og miljøkvalitetskrav for frigivne stoffer: 8 tungmetaller, TBT, BOD, N og P.

Stof	IFF. koncentration (µg/L)	Resulterende konc. (µg/L)			Krav (Bek. 796) (µg/L)	Nat. baggrund (µg/L)	Resulterende kravværdi (µg/L)
		Layout 1B	Layout 3B	Layout 5B			
arsen	1,06	1,06	1,06	1,06	0,6	1	1,6
cadmium	0,025	0,025	0,025	0,025	0,2	-	0,2
krom	0,38	0,38	0,38	0,38	3,4	-	3,4
kobber	0,68	0,68	0,68	0,68	1	0,5	1,5
kviksølv	0,0013 ^{*)}	0,0013	0,0013	0,0013	0,07	-	0,07
nikkel	0,5	0,5	0,5	0,5	8,6	-	8,6
bly	0,56	0,56	0,56	0,56	1,3	-	1,3
Zink	4,3	4,3	4,3	4,3	7,8	1	8,8
TBT	0	1,9E-5	9,9E-6	1,7E-5	2E-4	-	2E-4
BI5	2	2	2	2	-	-	-
N	240	240	240	240	-	-	-
P	30	30	30	30	-	-	-

*) IFF-værdien for kviksølv er af DCE målt 4 gange i perioden 27/10/2021 til 21/12/2021 (Miljodata.dk (miljoportal.dk)). Middelværdien er anvendt.

For nedspuling af kabler er en præsentation af resultatplot og beregninger af koncentrationer for hele simuleringsperioden og perioden for specifikke gravearbejdet givet i Bilag D og i Tabel 5-4.

Tabel 5-4 Spuling under kabelnedlægning: Middelkoncentrationsforhold og miljøkvalitetskrav for frigivne stoffer: 8 tungmetaller, TBT, BOD, N og P

Stof	IFF. koncentration (µg/L)	Resulterende maks. konc. (µg/L)				Krav (Bek 796) (µg/L)	Nat. baggrund (µg/L)	Resulterende kravværdi (µg/L)
		Layout 1	Layout 3	Layout 4	Layout 5			
arsen	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06	0,6	1	1,6
cadmium	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,2	-	0,2
krom	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	3,4	-	3,4
kobber	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	1	0,5	1,5
kviksølv	0,0013	0,0013	0,0013	0,0013	0,0013	0,07	-	0,07
nikkel	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	8,6	-	8,6
bly	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	1,3	-	1,3
Zink	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	7,8	1	8,8
TBT	0	2,0E-5	1,8E-5	2,5E-5	2,7E-5	2E-4	-	2E-4
BI5	2	2	2	2	2	-	-	-
N	240	240	240	240	240	-	-	-
P	30	30	30	30	30	-	-	-

De resulterende koncentrationer er rundet til samme nøjagtighed som IFF-koncentrationer og mindst lige så nøjagtige som kravværdierne. Det ses at graveaktiviteten og spuleaktiviteten i den pågældende tid, hvor aktiviteterne pågår, ikke giver anledning til koncentrationer, der er forhøjet mærkbar i forhold til den i forvejen eksisterende koncentration. Ingen koncentration vil overstige grænseværdierne givet i BEK 796.

6 Referencer

- COWI, 2008: Natura 2000 vurdering af klapplads ved Gåseholm. Teknisk baggrundsrapport. Lemvig Kommune, Thisted Kommune, Thyborøn Havn og Kystdirektoratet, april 2008. COWI, 2021: "Notat vedr. fluxforsøg ved klapplads Fløjstrup Skov", Dok, Nr. A104076-PD-90, 17/12/2021.
- COWI, 2017: "Miljøkonsekvensvurdering Lillebælt Syd vindmøllepark", Bilag F hydrografi og vandkvalitet, A095938-007. For Sønderborg forsyning, Juli 2019.
- COWI, 2022, "Udvidelse af Aarhus Havn, modellering af sedimentspredning og stofspredning under klapning", Aarhus havn.
- DHI, 2003: "Køge Kommune. Jorddepot. Havneudvidelse og Rekreative områder. Baggrundsundersøgelser-Generering af udvaskningsdata og beregning af udvaskning".
- DHI, 2017: "Dataudtræk til randbetingelser for MIKE3 modellering i Lillebælt". Dataleverance – ikke publiceret.
- FeBEC, 2013: "Fish Ecology in Fehmarnbelt. Environmental Impact assessment Report". Report no. E4TR0041 – Volume I.
- Great Belt A/S, 1994: "Environment 1994", Great Belt A/S, Vester Søgade 10, DK 1601-Copenhagen V
- Google Earth, 2017: <https://www.google.com/earth/download/gep/agree.html>
- Københavns kommune, 2017: "Udregningskopi af 2017-0118300 Monitorering for miljøfremmede stoffer Københavns Havn 2017 22975596_10_0", Regneark, pers. komm.
- MST, 2017: MiljøGIS: <http://miljoegis.mim.dk/cbkort?profile=vandrammedirektiv2-2016>
- MST, 2017a: Datablade for tungmetaller
- MST, 2023: Bekendtgørelse nr. 796 af 13/06/2023. Bekendtgørelse om fastlæggelse af miljømål for vandløb, søer, overgangsvande, kystvande og grundvand. [Bekendtgørelse om fastlæggelse af miljømål for vandløb, søer, overgangsvande, kystvande og grundvand \(retsinformation.dk\)](#)
- Nellemann, 2017: "Opmålingsrapport, VVM-proces for Lillebælt Syd Vindmøllepark – Geofysisk undersøgelse", Kunde: COWI. Projekt nr. 1704977. Dok nr. D17-415244. Nellemann Survey, 27/10/2017.
- Vejdirektoratet, 2016: "VVM for bro over Vejle Fjord", http://www.vejdirektoratet.dk/DA/viden_og_data/publikationer/Lists/Publikationer/Attachments/928/VejleFjord_Milj%C3%B8vurdering-Del2.pdf

Bilag A Miljøanalyse af sedimentprøver

Sedimentprøver til miljøanalyse blev udtaget af GEO i marts 2018 på lokaliteterne i Figur 3-10. Prøverne blev udtaget i de øverste 30 cm af sedimentet som en såkaldt horisontal blandeprøve.

Med baggrund i "Miljøstyrelsens vejledning nr. 9702 af 20/10/2008 vedr. dumpning af optaget havbundsmateriale - klappning", er sedimentet analyseret for indhold af organiske tin-forbindelser (TBT), PAH-forbindelser og tungmetaller (kobber, kviksølv, nikkel, zink, cadmium, arsen, bly og krom). Der er ligeledes bestemt tørstofindhold, glødetab og kornkurver for alle prøver.

Resultatet viser, at sedimentprøverne fra boring VC1, VC5, VC8 og BH3 alle ligger under nedre aktionsniveau. Såfremt man har det rigtige prøveantal, og analyserne viser, at sedimentet ligger under nedre aktionsniveau, vil sedimentet kunne klappes (dog afhængig af området, f.eks. er der ekstra krav for Natura 2000-områder).

Sedimentprøven fra boring VC4 fra 0-0,3 m under havbunden ligger mellem nedre og øvre aktionsniveau (klasse B). Ved klappning af sedimentet skal der foretages en nærmere vurdering af materialet. Prøven er taget fra et dybt område (> 20 meter) med blødbund, hvor der ikke planlægges opstillet vindmøller. Prøven blev taget som referenceprøve. Ved modellering af stoffrigivelse er de maksimale koncentrationer anvendt for at være på den sikre side.

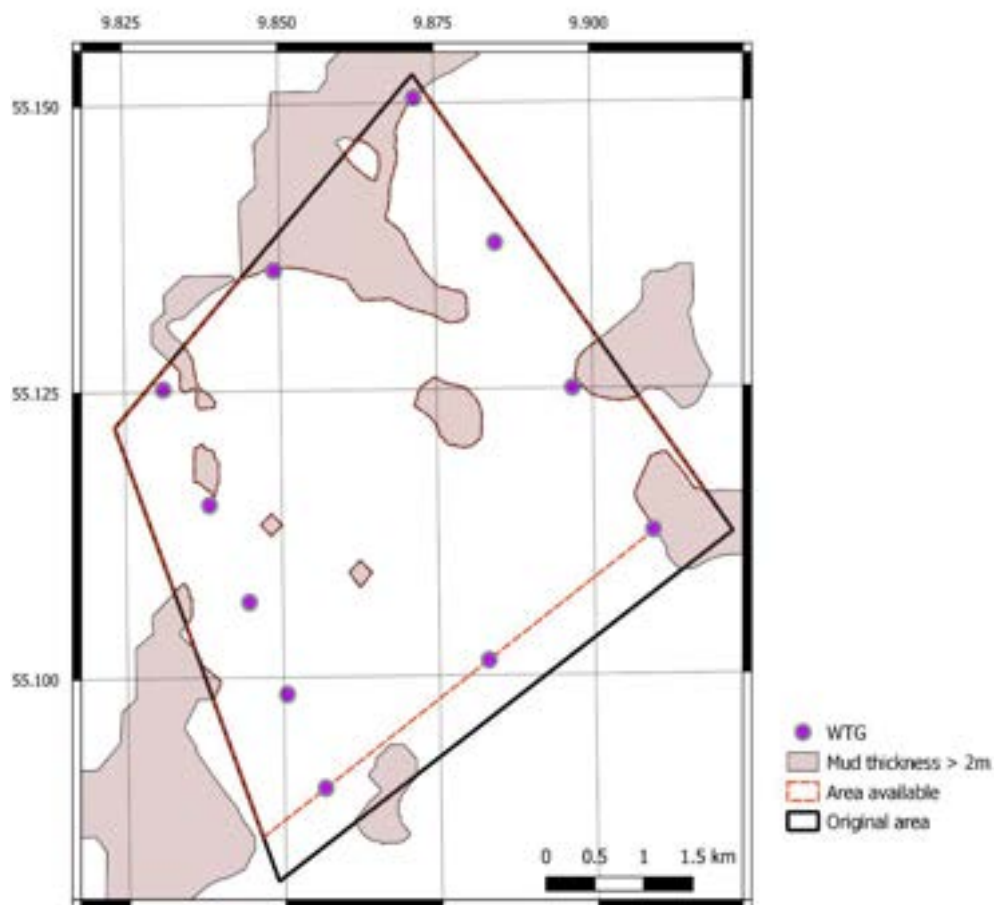
Tabel A- 1 Analyseresultater sammenlignet med grænserne for aktionsniveauer. Positionen er vist i Figur 3-10Figur .

Boring	Boring VC1	Boring VC4	Boring VC5	Boring VC8	Boring BH3	Nedre aktionsniveau (Klasse A)	Mellem (klasse B)	Øvre aktionsniveau (klasse C)
Dybde	0-0,3	0-0,3	0-0,3	0-0,3	0-0,3			
Kviksølv [mg/kg TS]	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,25		1
Nikkel [mg/kg TS]	8	33	8,6	0,96	9	30		60
Cadmium [mg/kg TS]	0,08	0,64	0,08	<0,02	0,04	0,4		2,5
Kobber [mg/kg TS]	7,3	31	6,3	1,6	3,2	20		90
Bly [mg/kg TS]	4,3	47	7,1	0,94	4,4	40		200
Chrom [mg/kg TS]	5,4	40	7,1	1,1	4	50		270
Arsen [mg/kg TS]	6,7	15	5	0,41	2,4	20		60
Zink [mg/kg TS]	21	133	26	8	16	130		500
TBT (Tributyltin) [µg/kg TS]	<1	1,9	<1	<1	<1	7		200
PAH Sum (Sediment) [mg/kg TS]	0,06	0,5	i, p,	i, p,	i, p,	3		30
PCB sum [µg/kg TS]	0,54	8,76	2,84	i, p,	i, p,	20		200
Massefylde [g/mL]	2,02	1,07	1,73	2,22	2			
Glødetab [mg/kg TS]	9670	134000	15800	3440	5550			
Tørstof [%]	84,2	20,5	76,2	89,4	84,3			

Bilag B Positioner og dimensioner af fundamenttyper

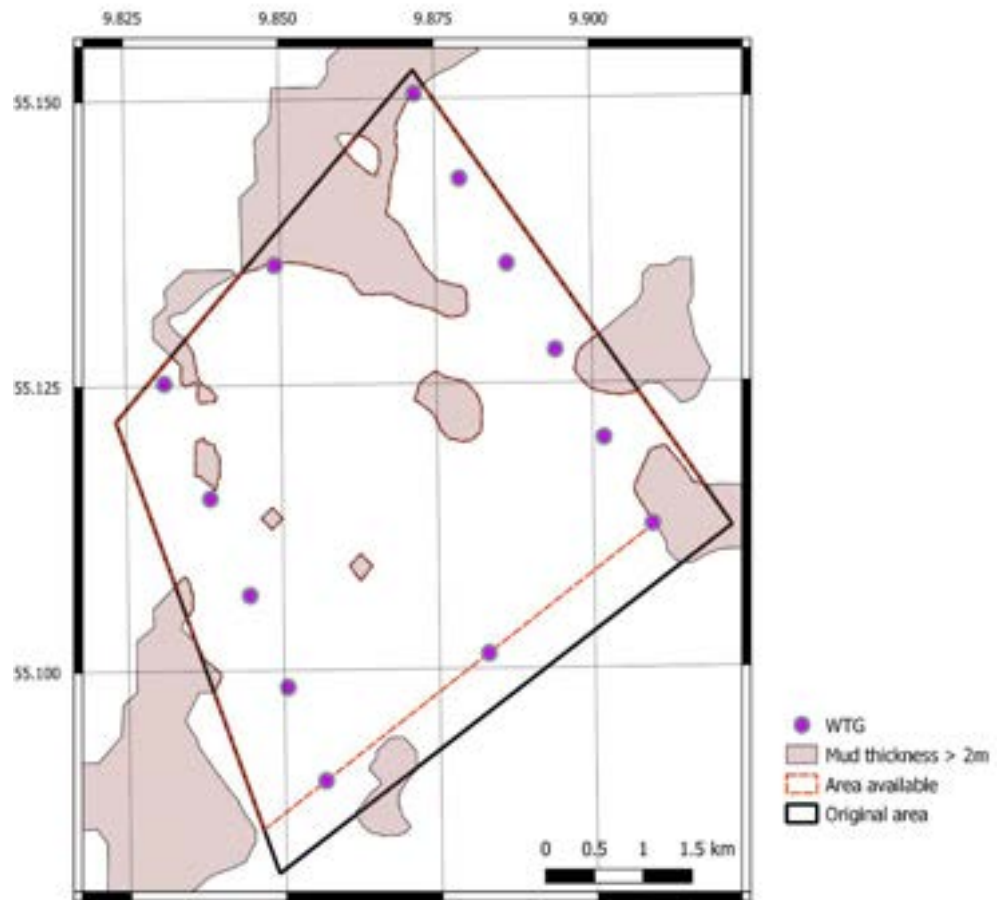
Positionerne for fundamentterne er for de forskellige scenarier ligeledes vist i nedenstående figurer.

Positioner scenario 1 (store møller)

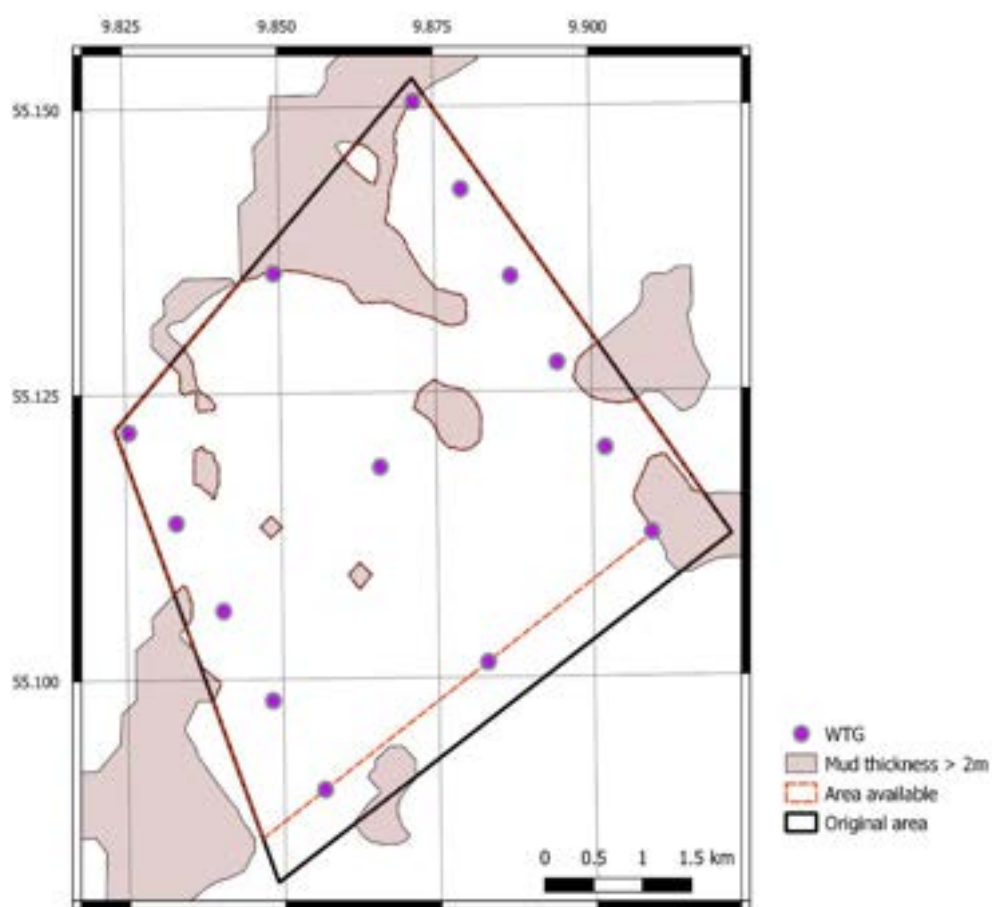


	WGS 84		UTM WGS 84 Z32N		Bathymetry
WTG ID	Lon [°]	Lat [°]	E [m]	N [m]	(EMODnet) [mMSL]
LBS_01	9,856512	55,0903	554666	6105175	-19,9
LBS_02	9,844608	55,10659	553884	6106978	-20,0
LBS_03	9,896745	55,12504	557184	6109073	-11,4
LBS_04	9,850531	55,09852	554273	6106085	-16,2
LBS_05	9,831154	55,12521	553001	6109040	-22,9
LBS_06	9,838369	55,11509	553475	6107919	-22,4
LBS_07	9,849045	55,13551	554128	6110200	-20,6
LBS_08	9,871772	55,15046	555556	6111881	-20,7
LBS_09	9,909451	55,11258	558012	6107697	-15,8
LBS_10	9,884555	55,13775	556389	6110478	-17,9
LBS_11	9,882902	55,10132	556335	6106422	-13,5

Positioner scenario 2 (mellemstore møller)

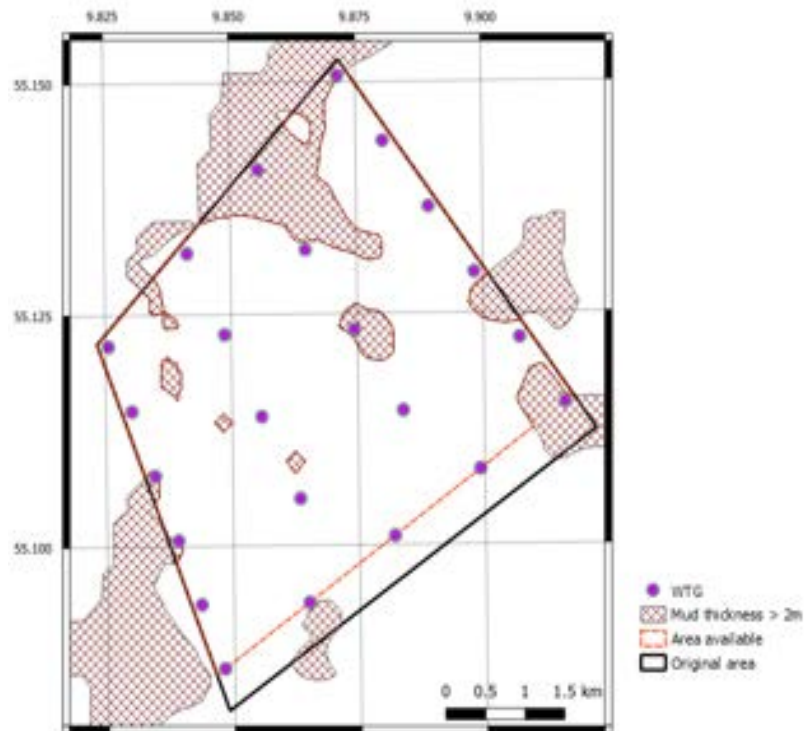


WTG ID	WGS 84		UTM WGS 84 Z32N		Bathymetry (EMODnet) [mMSL]
	Lon [°]	Lat [°]	E [m]	N [m]	
LBS_01	9,856512	55,090296	554666	6105175	-19,9
LBS_02	9,844608	55,106585	553884	6106978	-20,0
LBS_03	9,901766	55,120181	557511	6108536	-8,2
LBS_04	9,850531	55,098517	554273	6106085	-16,2
LBS_05	9,831154	55,125210	553001	6109040	-22,9
LBS_06	9,838369	55,115086	553475	6107919	-22,4
LBS_07	9,849045	55,135509	554128	6110200	-20,6
LBS_08	9,871772	55,150457	555556	6111881	-20,7
LBS_09	9,909451	55,112576	558012	6107697	-15,8
LBS_10	9,886400	55,135496	556510	6110228	-16,5
LBS_11	9,882902	55,101319	556335	6106422	-13,5
LBS_12	9,894069	55,127898	557009	6109389	-11,7
LBS_13	9,878927	55,142959	556023	6111053	-18,2

Positioner scenario 3 (små møller)

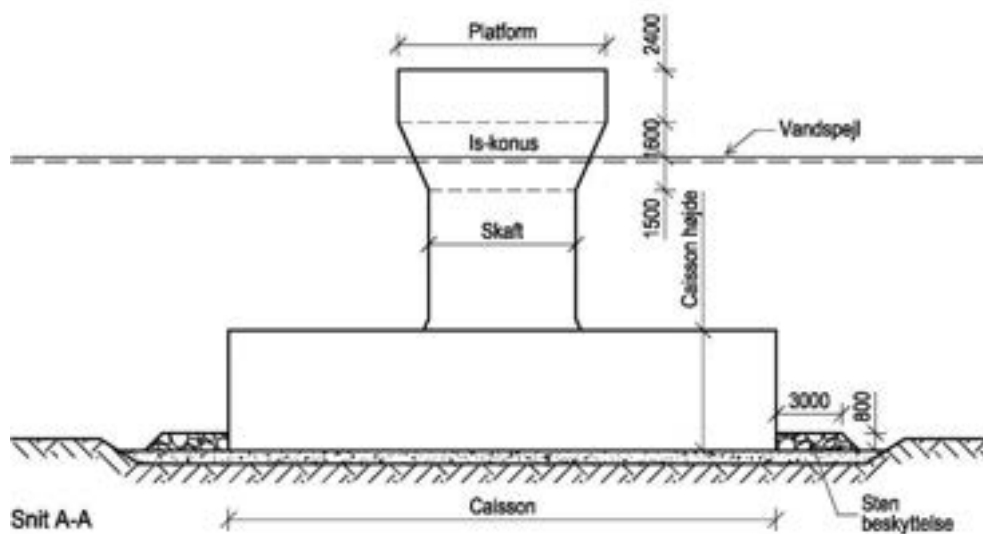
WTG ID	WGS 84		UTM WGS 84 Z32N		Bathymetry (EMODnet) [mMSL]
	Lon [°]	Lat [°]	E [m]	N [m]	
LBS_01	9,856512	55,090296	554666	6105175	-19,9
LBS_02	9,840488	55,105996	553622	6106909	-20,5
LBS_03	9,902067	55,120033	557531	6108520	-8,2
LBS_04	9,879279	55,142745	556046	6111029	-18,4
LBS_05	9,848299	55,098124	554131	6106039	-15,1
LBS_06	9,825554	55,121688	552649	6108644	-22,3
LBS_07	9,865894	55,118477	555226	6108318	-19,7
LBS_08	9,833048	55,113711	553137	6107762	-22,3
LBS_09	9,849045	55,135509	554128	6110200	-20,6
LBS_10	9,894489	55,127505	557037	6109345	-11,7
LBS_11	9,871772	55,150457	555556	6111881	-20,7
LBS_12	9,909451	55,112576	558012	6107697	-15,8
LBS_13	9,887130	55,135104	556557	6110185	-15,9
LBS_14	9,882902	55,101319	556335	6106422	-13,5

Positioner scenario 4 (meget små møller)



WTG ID	WGS 84		UTM WGS 84 Z32N		Bathymetry (EMODnet)
	Lon [°]	Lat [°]	E [m]	N [m]	[mMSL]
LBS_01	9,848068	55,086750	554132	6104773	-22,60
LBS_02	9,916068	55,115296	558430	6108005	-16,90
LBS_03	9,825559	55,121653	552649	6108640	-22,30
LBS_04	9,871430	55,150713	555534	6111909	-20,70
LBS_05	9,843589	55,093693	553837	6105543	-21,00
LBS_06	9,839121	55,100623	553542	6106310	-21,70
LBS_07	9,898247	55,129429	557274	6109563	-18,80
LBS_08	9,889283	55,136539	556692	6110347	-15,50
LBS_09	9,834604	55,107606	553245	6107084	-22,30
LBS_10	9,864988	55,093805	555202	6105572	-20,80
LBS_11	9,863352	55,105063	555082	6106823	-18,20
LBS_12	9,899122	55,108127	557360	6107193	-10,50
LBS_13	9,841315	55,131631	553641	6109762	-20,20
LBS_14	9,883929	55,114517	556382	6107892	-16,90
LBS_15	9,855493	55,140620	554532	6110774	-20,40
LBS_16	9,874349	55,123284	555758	6108860	-20,50
LBS_17	9,855852	55,113949	554592	6107806	-21,30
LBS_18	9,830095	55,114611	552948	6107860	-22,00
LBS_19	9,848640	55,122830	554120	6108789	-20,10
LBS_20	9,864806	55,131941	555138	6109815	-20,30
LBS_21	9,907139	55,122321	557851	6108779	-12,90
LBS_22	9,880334	55,143660	556112	6111132	-18,30
LBS_23	9,882054	55,100959	556281	6106381	-13,30

Mølledimensioner



Figur B- 1 Principskitse af vindmøllefundament. (Dimensionerne på skitsen er fra et tidligere design).

Tabel B- 1 Hoveddimensioner for møllefundamenter per scenarie.

Mølle størrelse	Scenarie	Foundation	Layout	No. WTGs	Turbine capacity [MW]	MP Diameter (m)	GBS Caisson diameter (m)	GBS Caisson height (m)	GBS Shaft diameter (m)	GBS Ice-conus lower level (m MSL)	GBS Ice-conus upper level (m MSL)	GBS platform diameter (m)	No WTGs
Stor	1a	MP	L056	11	14	7,5				-1,5	1,6	2,5	11
Stor	1b	GBS	L056	11	14		40	9,9	12,1	-1,5	1,6	17,1	11
Mellemstor	2a	MP	L091	13	12	7,5				-1,5	1,6	2,5	13
Mellemstor	2b	GBS	L091	13	12		37	8,8	10,7	-1,5	1,6	15,2	13
Lille	3a	MP	L039	14	11	7,5				-1,5	1,6	2,5	14
Lille	3b	GBS	L039	14	11		35	7,7	9,4	-1,5	1,6	13,3	14
Meget lille	4	MP	L104	23	7,2	7,5				-1,5	1,6	2,5	23

Tabel B- 2 Højde af skaft for hvert møllefundament i hvert scenarie (tabel 1 af 2)

Mølle størrelse	Scenario	Shaft height (m) per turbine											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Stor	1a	18,4	18,5	9,9	14,7	21,4	20,9	19,1	19,2	14,3	16,4	12,0	
Stor	1b	9,3	9,4	0,8	5,6	12,3	11,8	10,0	10,1	5,2	7,3	2,9	
Mellemstor	2a	18,4	18,5	6,7	14,7	21,4	20,9	19,1	19,2	14,3	15,0	12,0	10,2
Mellemstor	2b	10,4	10,5	-1,3	6,7	13,4	12,9	11,1	11,2	6,3	7,0	4,0	2,2
Lille	3a	18,4	19,0	6,7	16,9	13,6	20,8	18,2	20,8	19,1	10,2	19,2	14,3
Lille	3b	11,5	12,1	-0,2	10,0	6,7	13,9	11,3	13,9	12,2	3,3	12,3	7,4
Meget lille	4	21,1	15,4	20,8	19,2	19,5	20,2	17,3	14,0	20,8	19,3	16,7	8,7
negative values means no shaft													

Tabel B- 3 Højde af skaft for hvert møllefundament i hvert scenarie (tabel 2 af 2)

Mølle størrelse	Scenario	Shaft height (m) per turbine											
		13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	
Stor	1a												
Stor	1b												
Mellemstor	2a	16,7											
Mellemstor	2b	8,7											
Lille	3a	14,4	12,0										
Lille	3b	7,5	5,1										
Meget lille	4	18,7	15,4	18,9	19,0	19,8	20,5	18,6	18,8	11,4	16,8	11,8	
negative values means no shaft													

Tabel B- 4 Vanddybde ved hvert møllefundament i hvert scenarie (tabel 1 af 2)

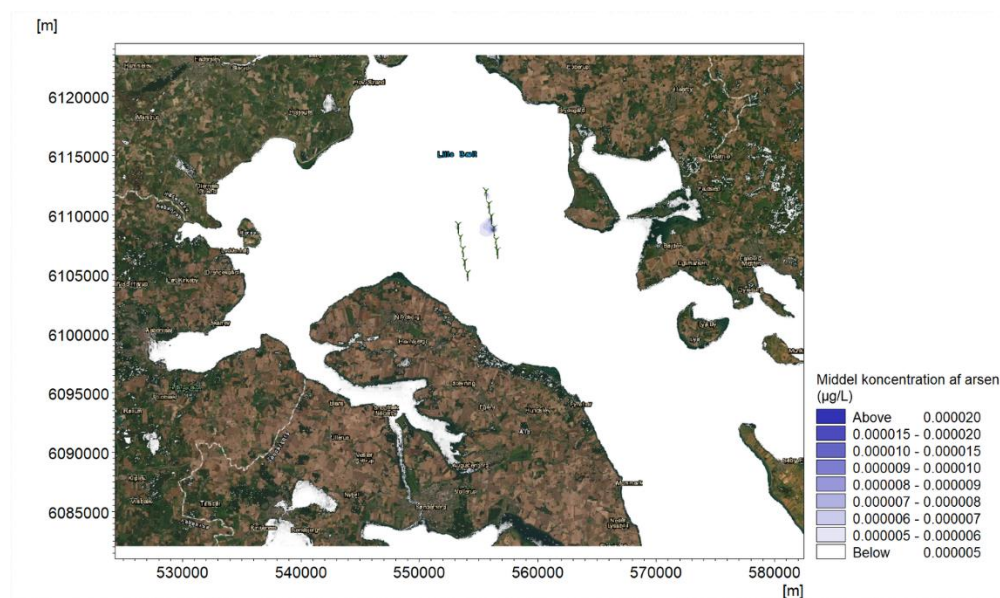
Mølle størrelse	Scenario	Water depth (m) at turbine											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Stor	1a	-19,9	-20,0	-11,4	-16,2	-22,9	-22,4	-20,6	-20,7	-15,8	-17,9	-13,5	
Stor	1b	-19,9	-20,0	-11,4	-16,2	-22,9	-22,4	-20,6	-20,7	-15,8	-17,9	-13,5	
Mellemstor	2a	-19,9	-20,0	-8,2	-16,2	-22,9	-22,4	-20,6	-20,7	-15,8	-16,5	-13,5	-11,7
Mellemstor	2b	-19,9	-20,0	-8,2	-16,2	-22,9	-22,4	-20,6	-20,7	-15,8	-16,5	-13,5	-11,7
Lille	3a	-19,9	-20,5	-8,2	-18,4	-15,1	-22,3	-19,7	-22,3	-20,6	-11,7	-20,7	-15,8
Lille	3b	-19,9	-20,5	-8,2	-18,4	-15,1	-22,3	-19,7	-22,3	-20,6	-11,7	-20,7	-15,8
Meget lille	4	-22,6	-16,9	-22,3	-20,7	-21,0	-21,7	-18,8	-15,5	-22,3	-20,8	-18,2	-10,2

Tabel B- 5 Vanddybde ved hvert møllefundament i hvert scenarie (tabel 2 af 2)

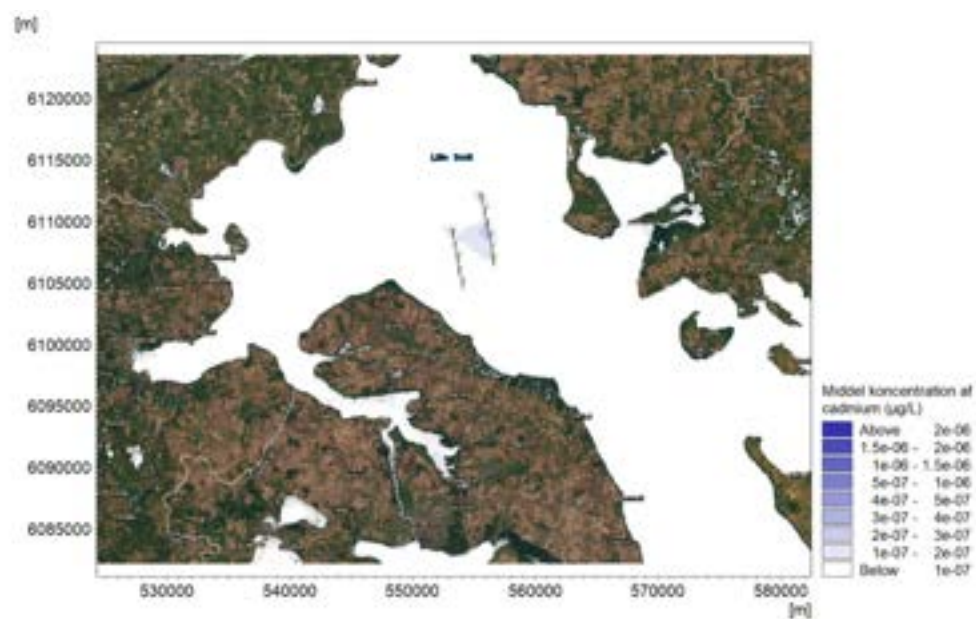
Mølle størrelse	Scenario	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	
Stor	1a												
Stor	1b												
Mellemstor	2a	-18,2											
Mellemstor	2b	-18,2											
Lille	3a	-15,9	-13,5										
Lille	3b	-15,9	-13,5										
Meget lille	4	-20,2	-16,9	-20,4	-20,5	-21,3	-22,0	-20,1	-20,3	-12,9	-18,3	-13,3	

Bilag C Udbredelsesplot for tungmetaller, TBT, BI₅, N og P

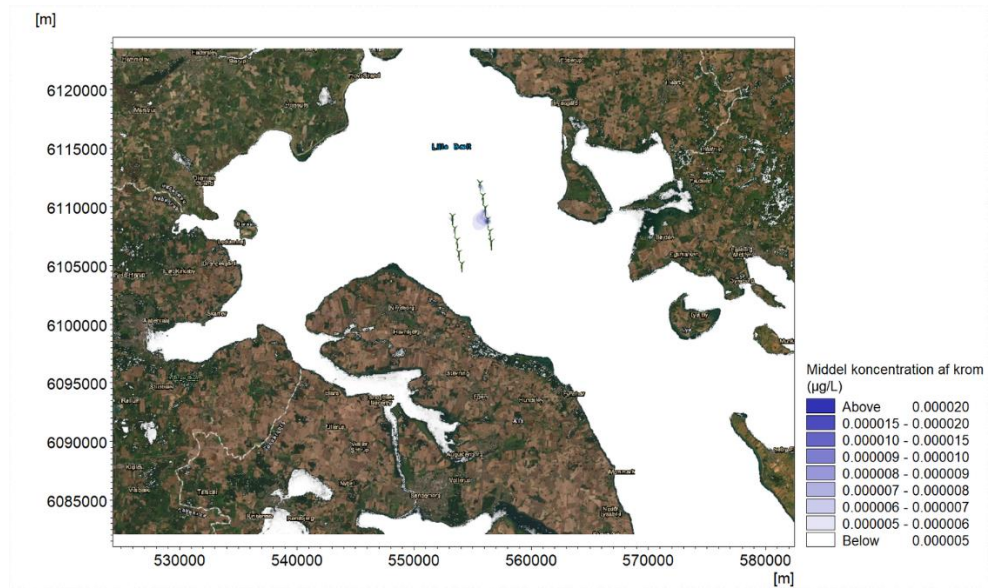
Scenarie 1B:



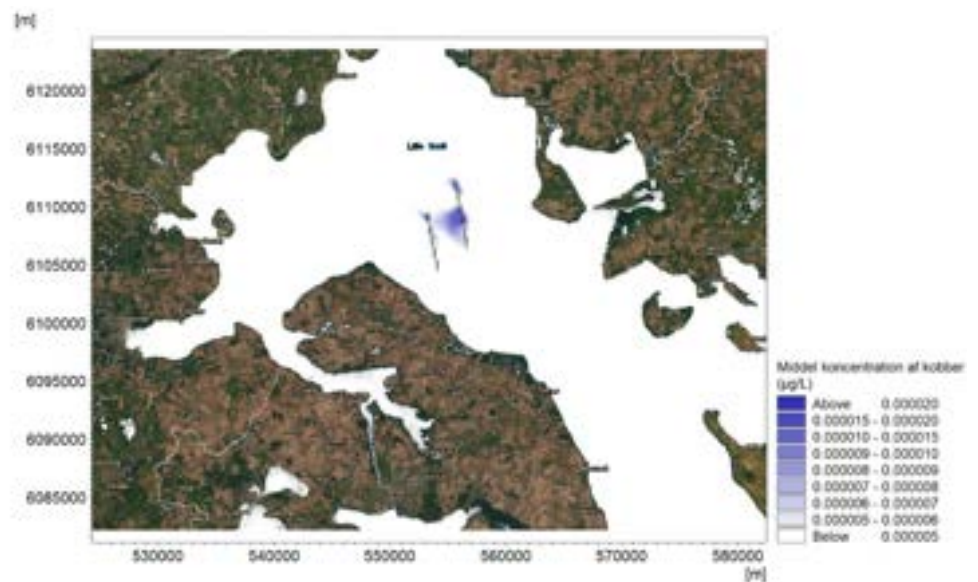
Figur C- 1 Scenarie 1B:Modelleret middelkoncentration af arsen



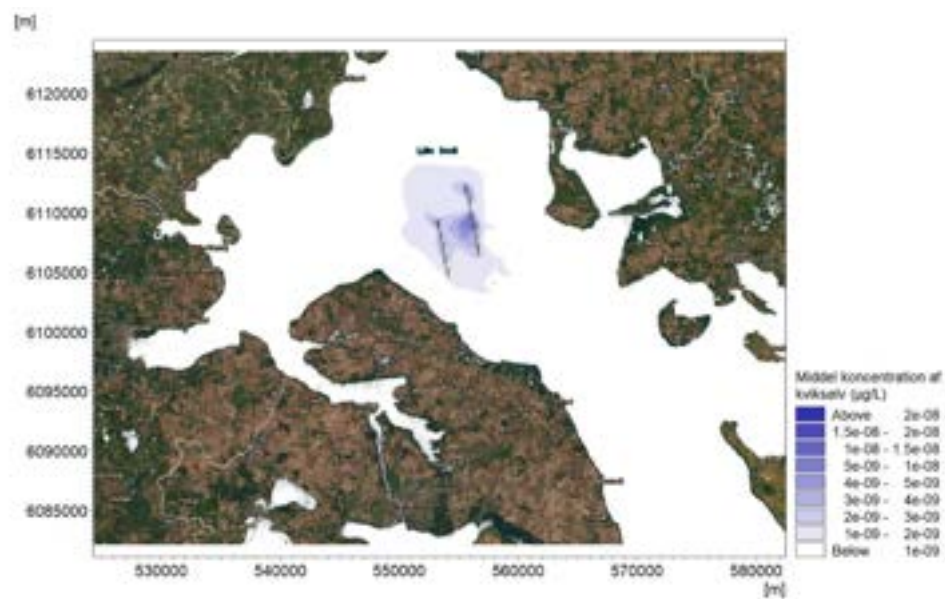
Figur C- 2 Scenarie 1B: Modelleret middelkoncentration af cadmium



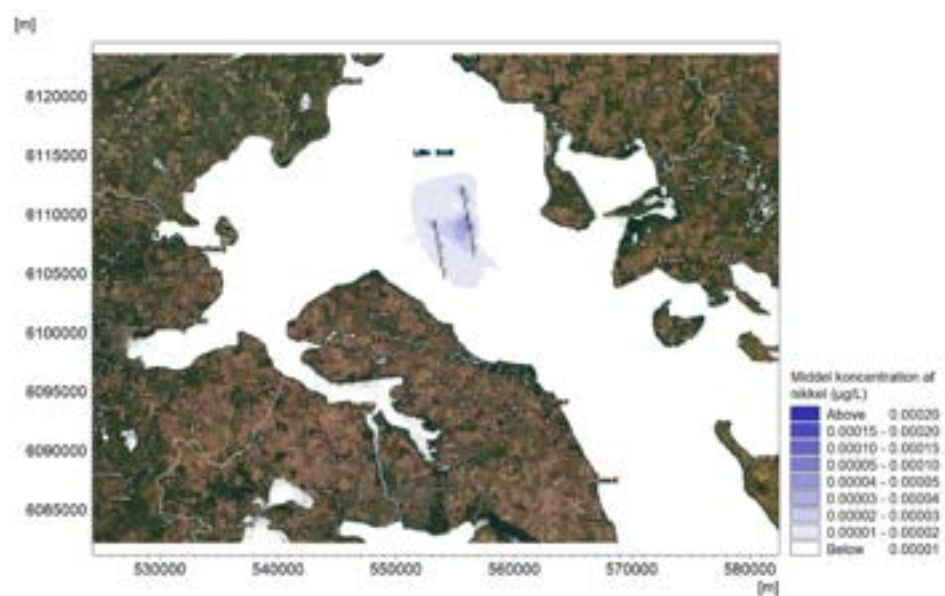
Figur C- 3 Scenarie 1B: Modelleret middelkoncentration af krom



Figur C- 4 Scenarie 1B: Modelleret middelkoncentration af kobber



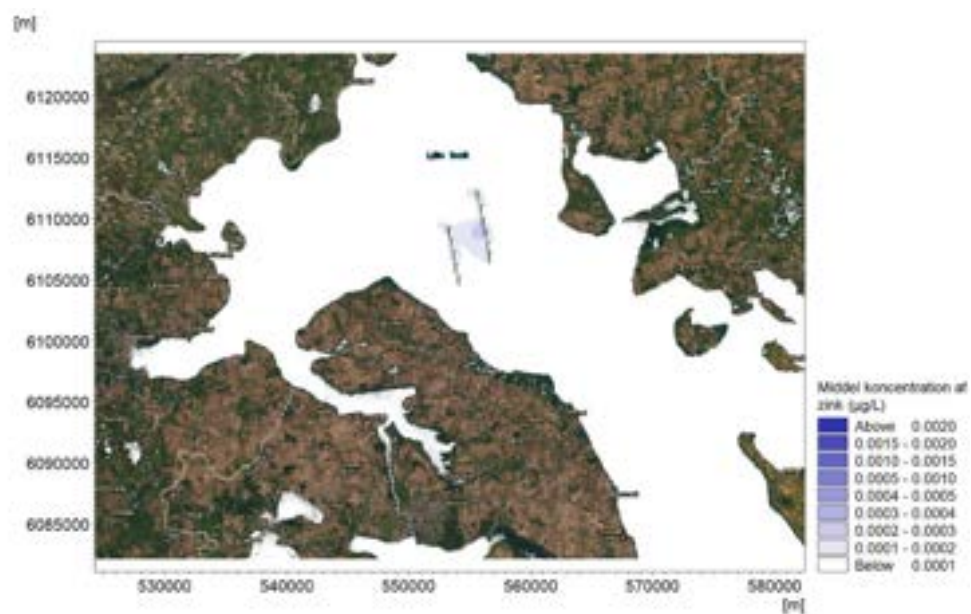
Figur C- 5 Scenarie 1B: Modelleret middelkoncentration af kviksølv



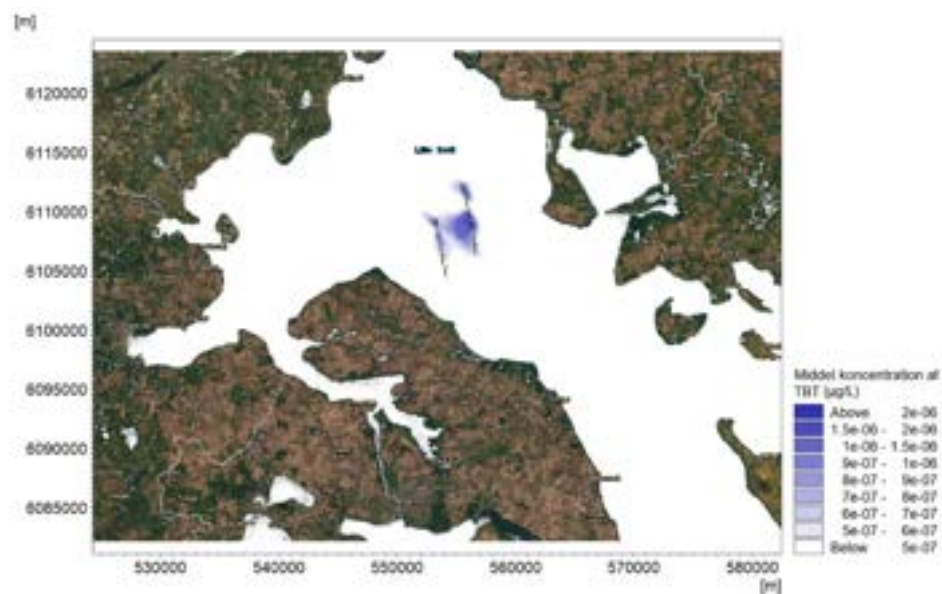
Figur C- 6 Scenarie 1B: Modelleret middelkoncentration af nikkel



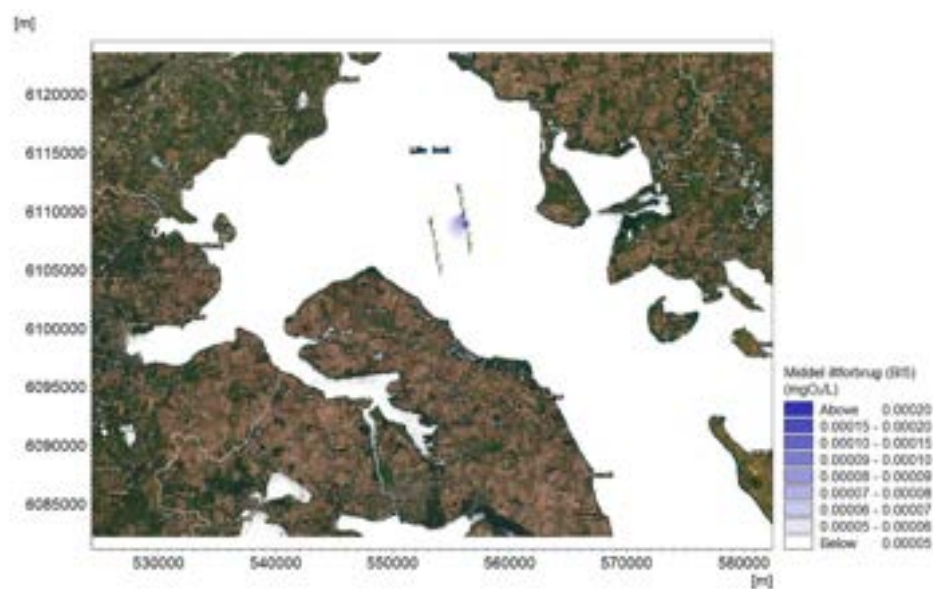
Figur C- 7 Scenarie 1B: Modelleret middelkoncentration af bly



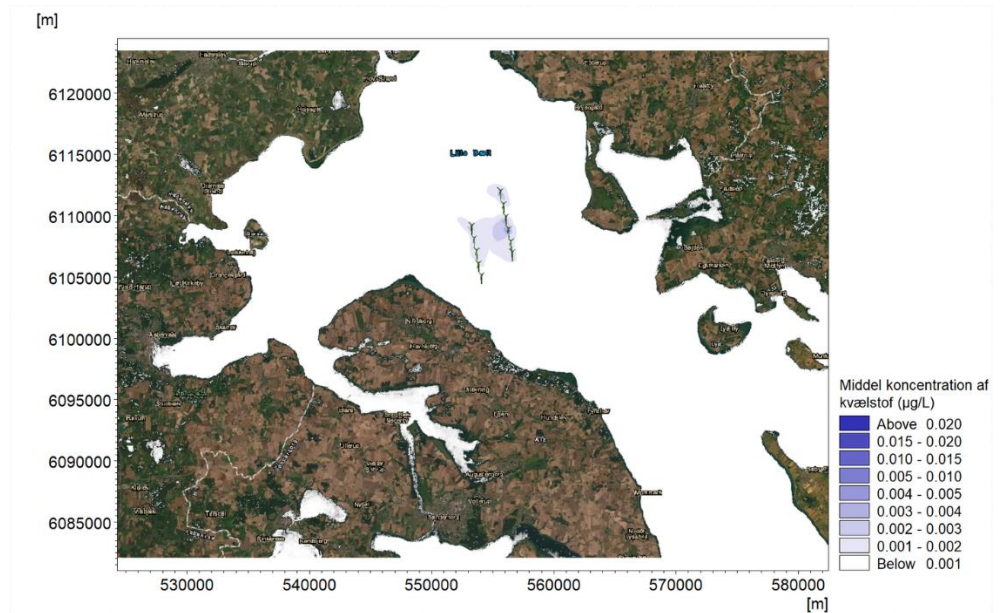
Figur C- 8 Scenarie 1B: Modelleret middelkoncentration af zink



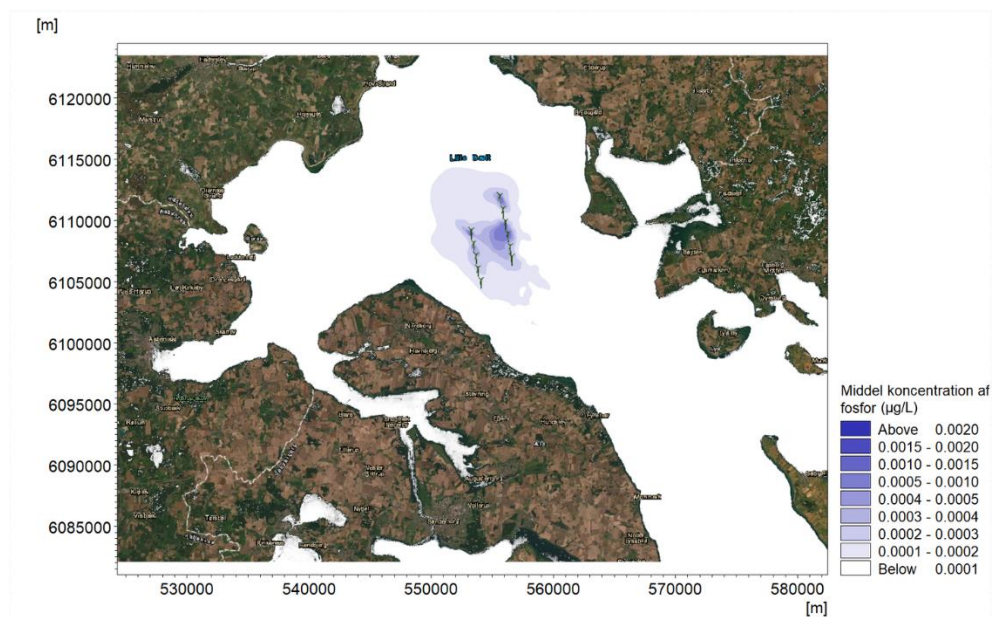
Figur C- 9 Scenarie 1B: Modelleret middeldkoncentration af TBT



Figur C- 10 Scenarie 1B: Modelleret middeldkoncentration af BI



Figur C- 11 Scenarie 1B: Modelleret middeldkoncentration af kvælstof N



Figur C- 12 Scenarie 1B: Modelleret middeldkoncentration af fosfor P

Middeldkoncentrationerne er i scenarie 1B bestemt over 72 døgn. Da middeldkoncentrationen er modelleret over en periode der er længere end perioden for udgravning for et enkelt fundament (ca. 6 dage, afhænger af diameter), er den modellerede middeldkoncentration modificeret iht forholdet mellem modelleringsperiode og graveperioden.

Tabel 6-1 Scenarie 1B
Middelkoncentrationsforhold af frigivne stoffer: 8 tungmetaller, TBT, BOD, N og P

Stof	Middel- kon- centra- tion (µg/L)	Koncen- tration under gravepe- riode (µg/L)	IFF. kon- centra- tion (µg/L)	Resulte- rende (µg/L)	Krav (Bek. 796) (µg/L)	Nat. bag gru- nd (µg/ L)	Resulte- rende krav- værdi (µg/L)
arsen	8E-06	7,7E-05	1,06	1,06	0,6	1	1,6
cadmium	3E-07	2,9E-06	0,025	0,025	0,2	-	0,2
krom	1E-05	9,7E-05	0,38	0,38	3,4	-	3,4
kobber	2E-05	1,5E-04	0,68	0,68	1	0,5	1,5
kviksølv	1E-08	9,7E-08	0,0013	0,0013	0,07	-	0,07
nikkel	5E-05	4,8E-04	0,5	0,5	8,6	-	8,6
bly	1E-04	9,7E-04	0,56	0,56	1,3	-	1,3
Zink	3E-04	2,9E-03	4,3	4,3	7,8	1	8,8
TBT	2E-06	1,9E-05	0	1,9E-05	0,0002	-	0,0002
BI5**)	8E-05	7,7E-04	2	2	-	-	-
N	3E-03	2,9E-02	240	240	-	-	-
P	1E-04	9,7E-04	30	30	-	-	-

**) BI5 er givet i mgO₂/L

Middelkoncentration: Aflæsning fra figurer i Bilag C for hele simuleringsperiode
 Koncentration under gravning: Skalering ift 6 dages gravning per fundament
 IFF: I forvejen forekommende koncentration (Københavns kommune, 2017),
 bortset fra kviksølv, som er fra Aarhus Bugt 2021 ([Miljodata.dk \(miljoeportal.dk\)](https://miljodata.dk/miljoeportal.dk)). Størrelsesorden for IFF af BOD i havvand efter ([bod in marine water - Google-søgning](#))

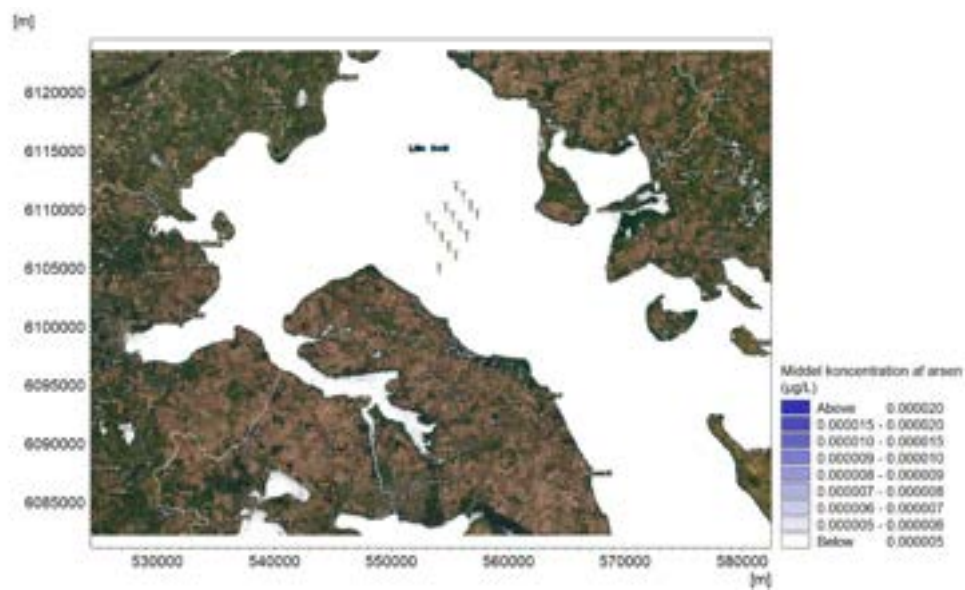
Resulterende: Koncentration under gravning+ IFE

Krav: Fra Bekendtgørelse nr. 796 af 13/06/2023

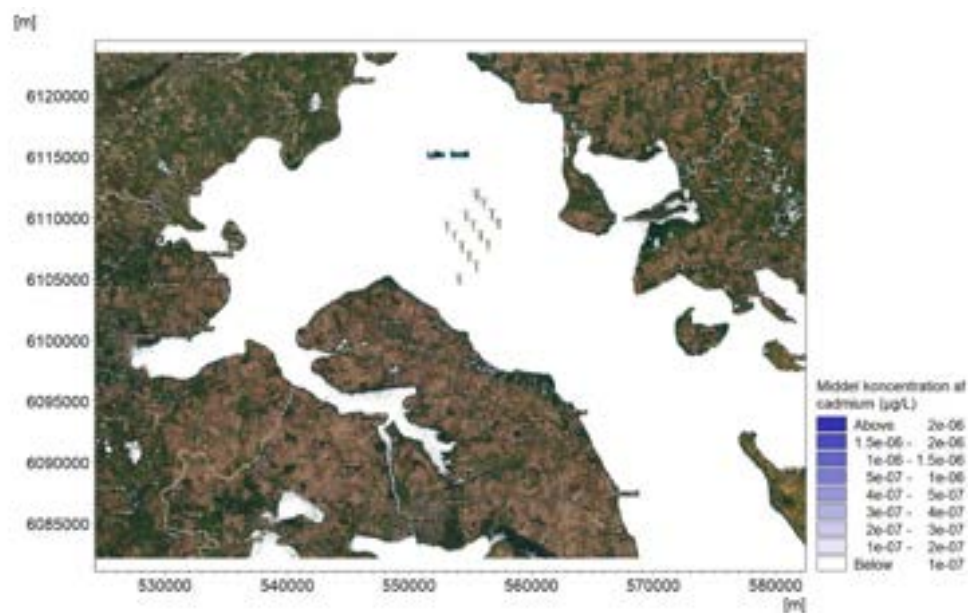
Naturlig baggrund: MST, 2017a

Resulterende krav= Krav (BEK nr. 796 af 13/06/2023)+Nat. baggrund

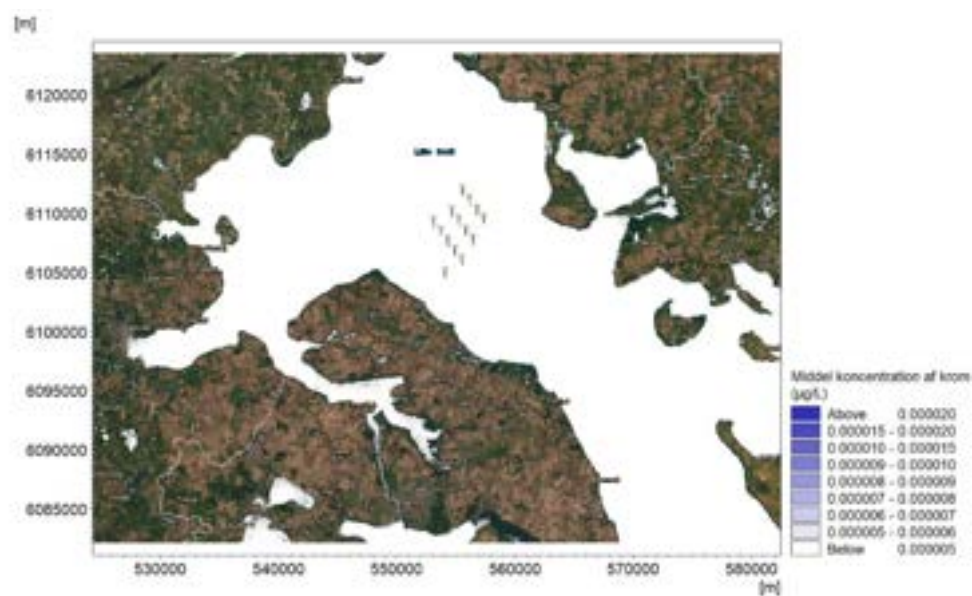
Scenarie 3B



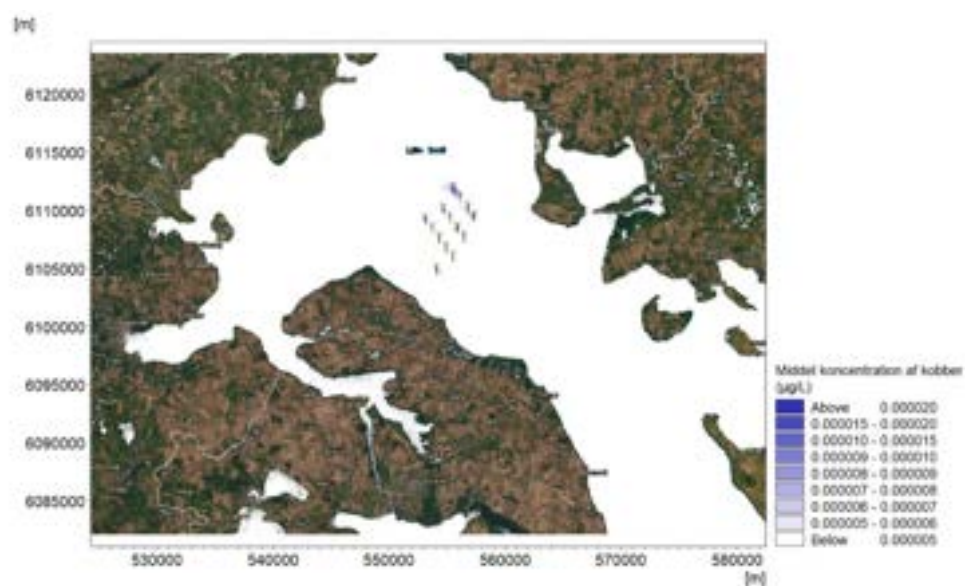
Figur C- 13 Scenarie 3B: Modelleret middelkoncentration af arsen



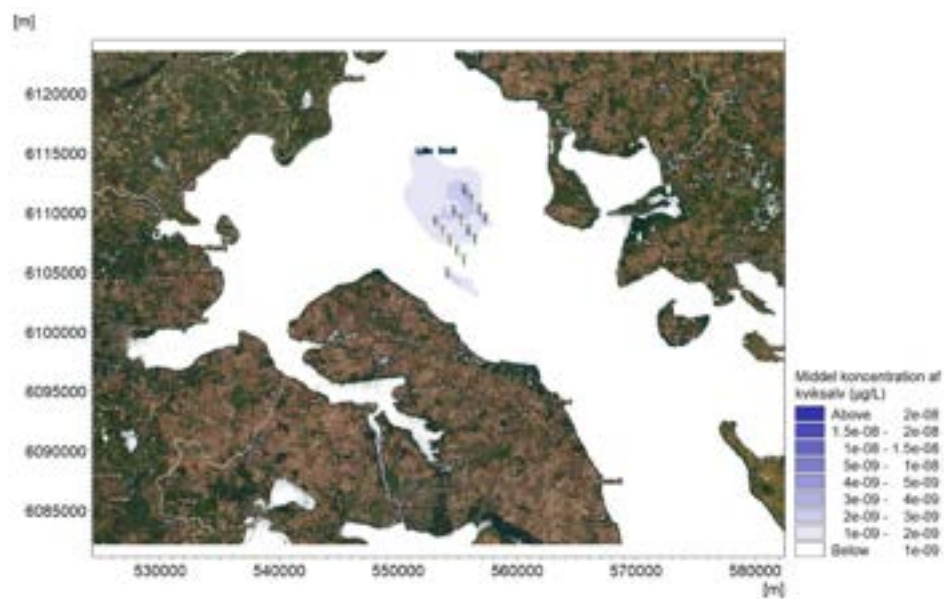
Figur C- 14 Scenarie 3B: Modelleret middelkoncentration af cadmium



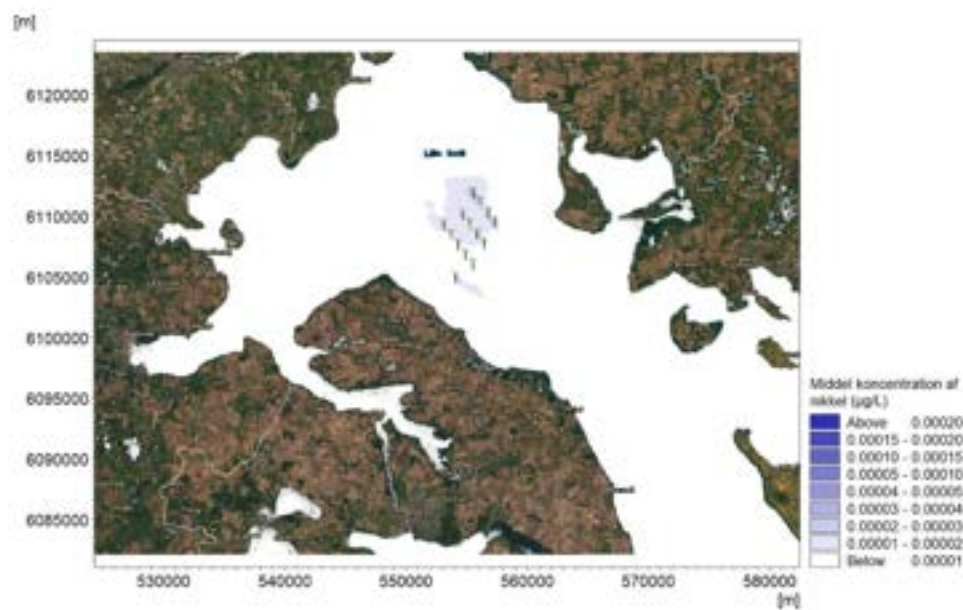
Figur C- 15 Scenarie 3B: Modelleret middelkoncentration af krom



Figur C- 16 Scenarie 3B: Modelleret middelkoncentration af kobber



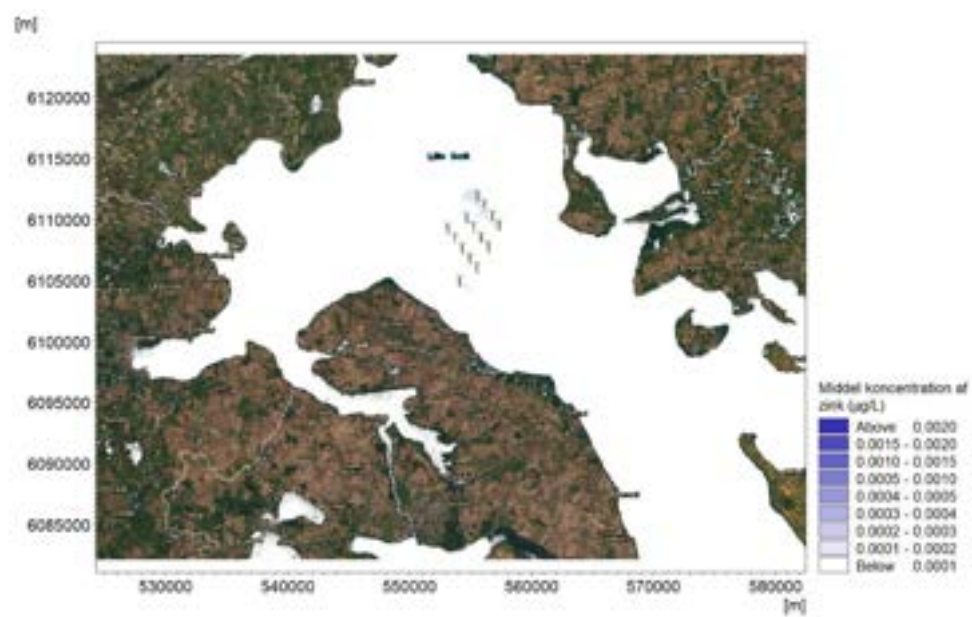
Figur C- 17 Scenarie 3B: Modelleret middelkoncentration af kviksølv



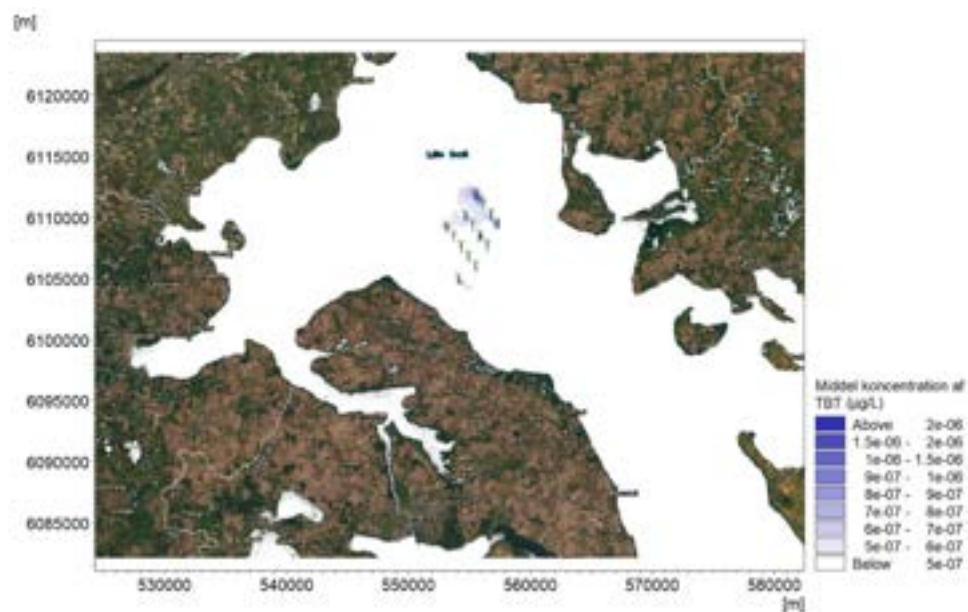
Figur C- 18 Scenarie 3B: Modelleret middelkoncentration af nikkel



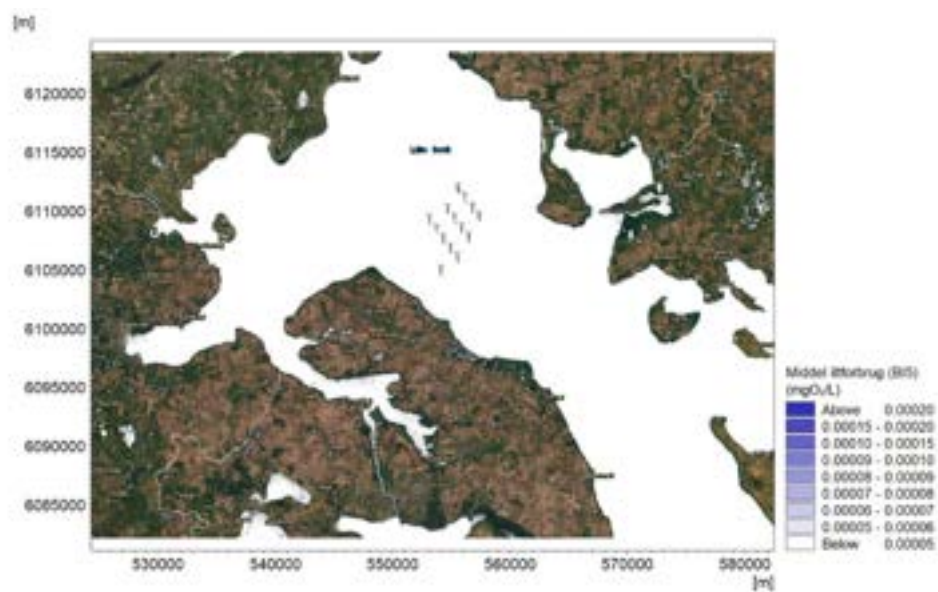
Figur C- 19 Scenarie 3B: Modelleret middelkoncentration af bly



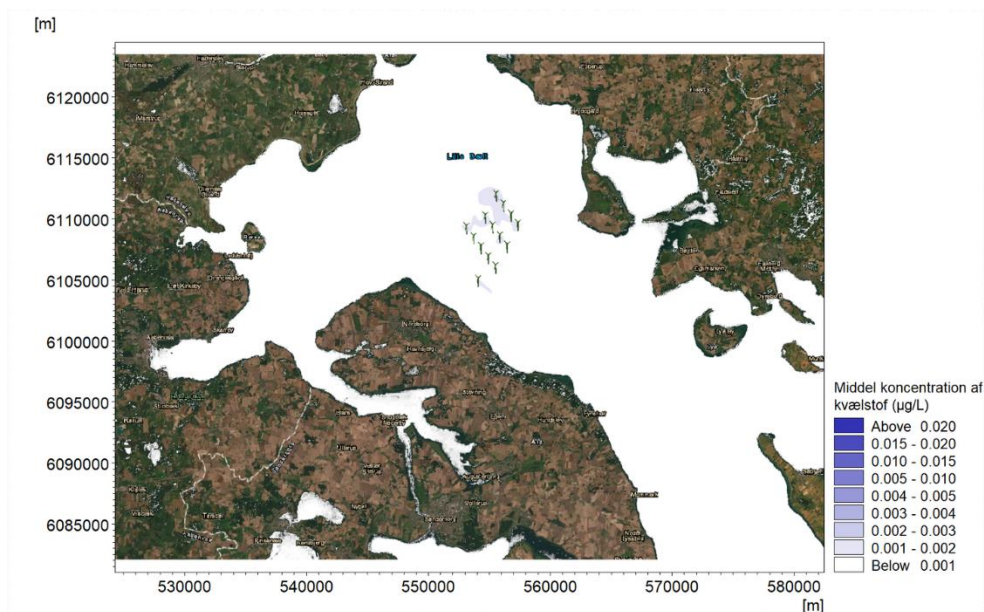
Figur C- 20 Scenarie 3B: Modelleret middelkoncentration af zink



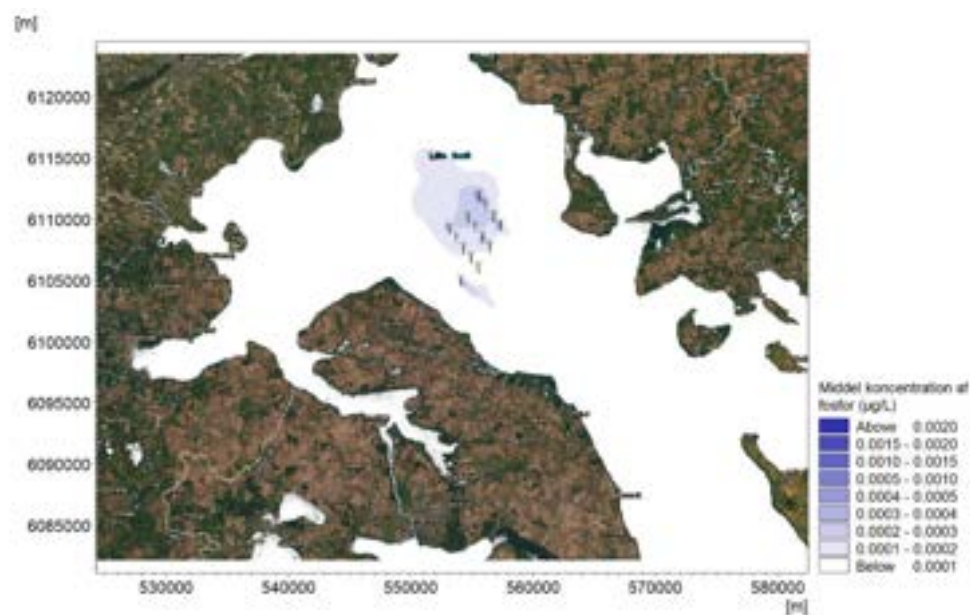
Figur C- 21 Scenarie 3B: Modelleret middelkoncentration af TBT



Figur C- 22 Scenarie 3B: Modelleret middelkoncentration af BIs



Figur C- 23 Scenarie 3B: Modelleret middeldkoncentration af kvælstof N



Figur C- 24 Scenarie 3B: Modelleret middeldkoncentration af fosfor P

Middeldkoncentrationerne er i scenarie 3B bestemt over 109 døgn. Da middeldkoncentrationen er modelleret over en periode der er længere end perioden for udgravning for et enkelt fundament (8,8 dage), er den modellerede middeldkoncentration modificeret iht forholdet mellem modelleringsperiode og graveperioden.

*Tabel 6-2 Scenarie 3B
Middelkoncentrationsforhold af frigivne stoffer: 8 tungmetaller, TBT, BOD,
N og P*

Stof	Middel- kon- centra- tion (µg/L)	Koncen- tration under gravepe- riode (µg/L)	IFF. kon- centra- tion (µg/L)	Resulte- rende (µg/L)	Krav (Bek. 796) (µg/L)	Nat. bag gru nd (µg/ L)	Resul- terende krav- værdi (µg/L)
arsen	5E-06	6,2E-05	1,06	1,06	0,6	1	1,6
cadmium	2E-07	2,5E-06	0,025	0,025	0,2	0	0,2
krom	5E-04	6,2E-03	0,38	0,38	3,4	0	3,4
kobber	8E-06	9,9E-05	0,68	0,68	1	0,5	1,5
kviksølv	4E-09	5,0E-08	0,0013	0,0013	0,07	0	0,07
nikkel	4E-05	5,0E-04	0,5	0,5	8,6	0	8,6
bly	6E-05	7,4E-04	0,56	0,56	1,3	0	1,3
Zink	2E-04	2,5E-03	4,3	4,3	7,8	1	8,8
TBT	8E-07	9,9E-06	0	9,9E-06	0,0002	0	0,0002
BI5**)	6E-05	7,4E-04	2	2	-	-	-
N	2E-03	2,5E-02	240	240	-	-	-
P	3E-04	3,7E-03	30	30	-	-	-

**) BI5 er givet i mgO₂/L

Middelkoncentration: Aflæsning fra figurer i Bilag C for hele simuleringsperiode

Koncentration under gravning: Skalering ift 6 dages gravning per fundament

IFF: I forvejen forekommende koncentration (Københavns kommune, 2017),

bortset fra kviksølv, som er fra Aarhus Bugt 2021 (Miljodata.dk (miljoepor-tal.dk)). Størrelsesorden for IFF af BOD i havvand efter ([bod in marine water - Google-søgning](#))

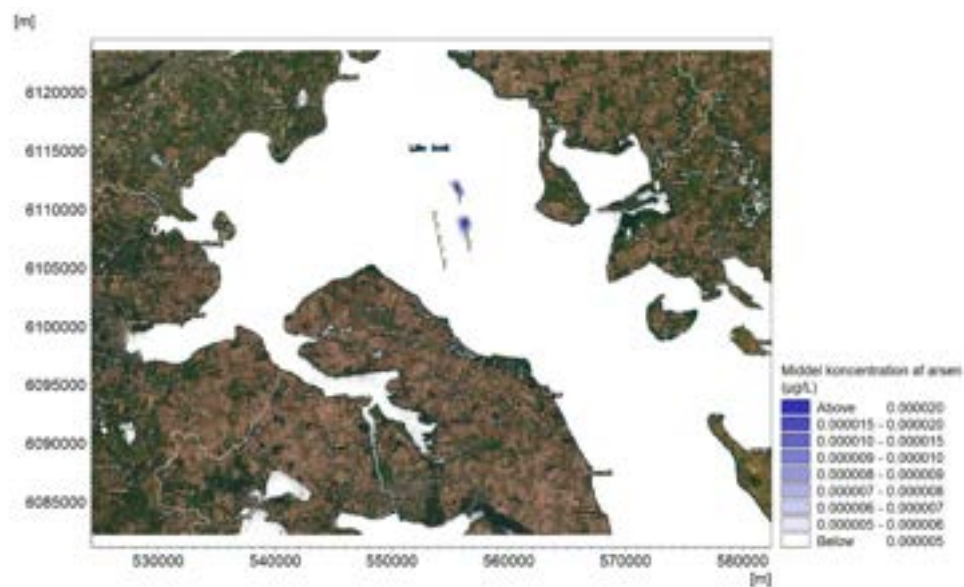
Resulterende: Koncentration under gravning+ IFE

Krav: Fra Bekendtgørelse nr. 796 af 13/06/2023

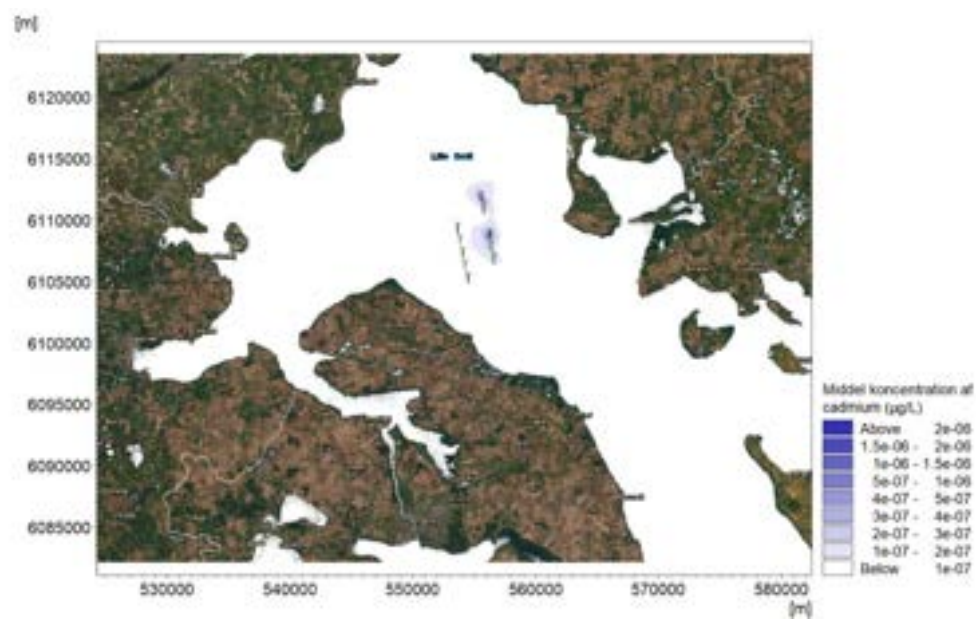
Naturlig baggrund: MST, 2017a

Resulterende krav= Krav (Bekendtgørelse nr. 796 af 13/06/2023)+Nat. baggrund

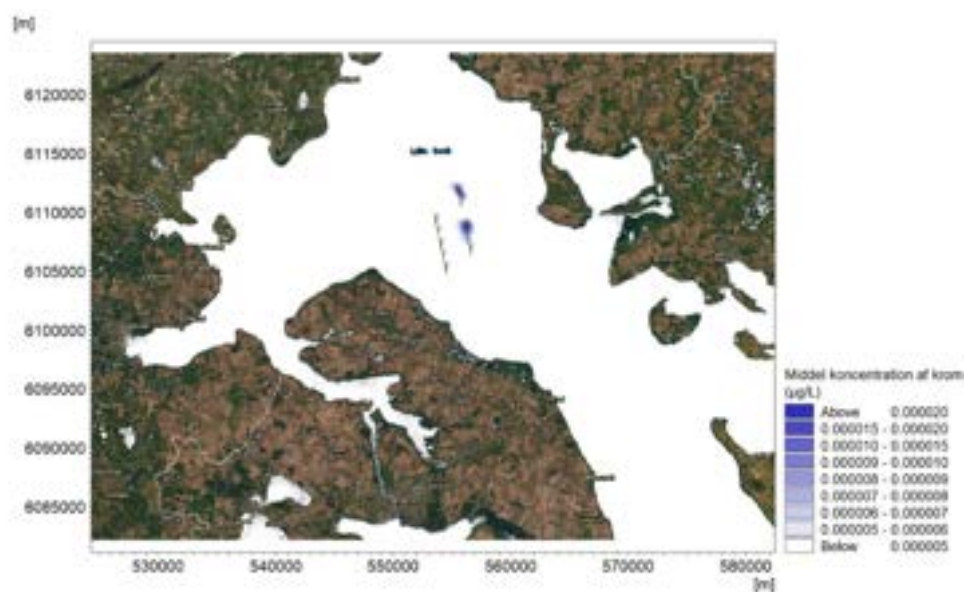
Scenarie 5B



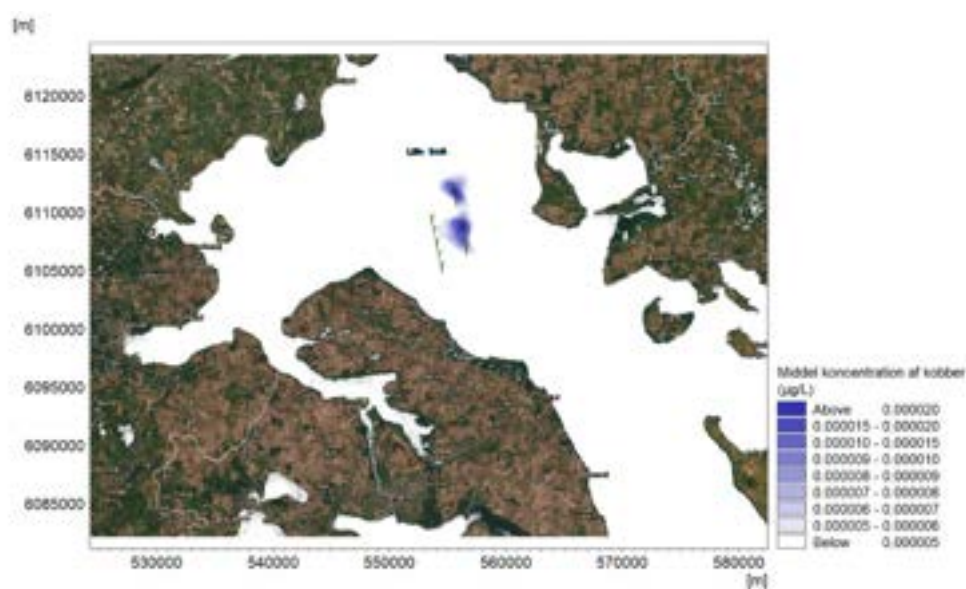
Figur C- 25 Scenarie 5B:Modelleret middelkoncentration af arsen



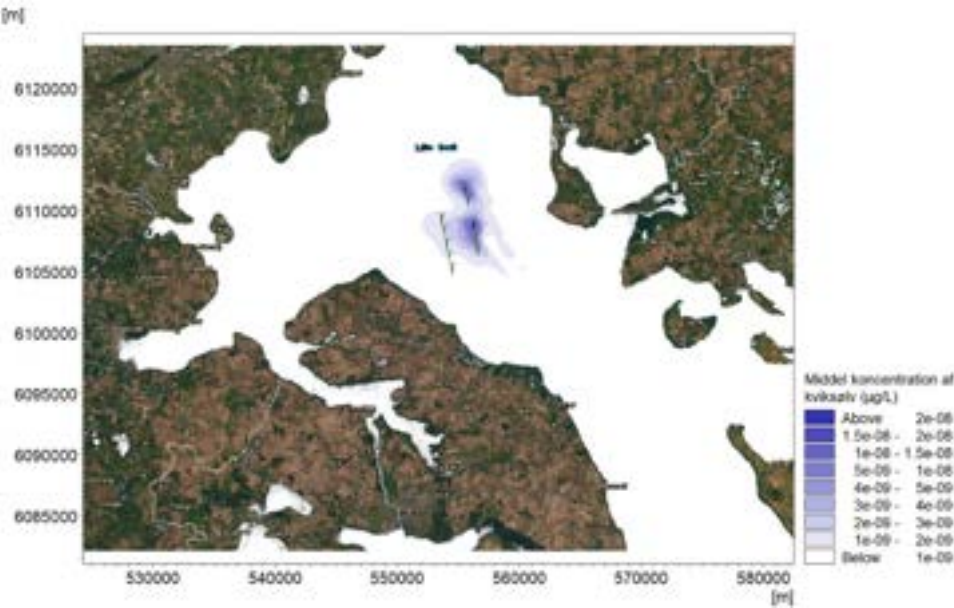
Figur C- 26 Scenarie 5B: Modelleret middelkoncentration af cadmium



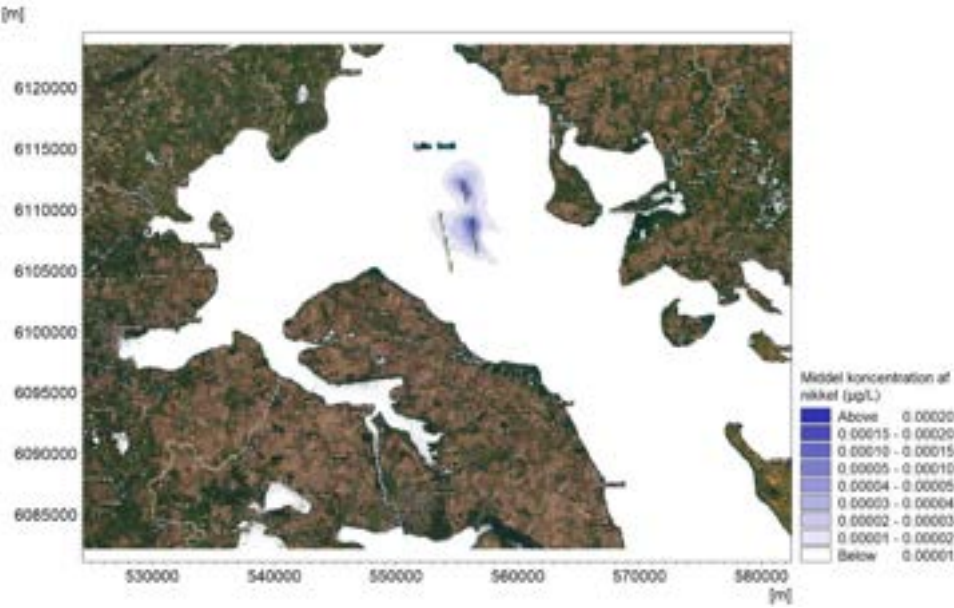
Figur C- 27 Scenarie 5B: Modelleret middelkoncentration af krom



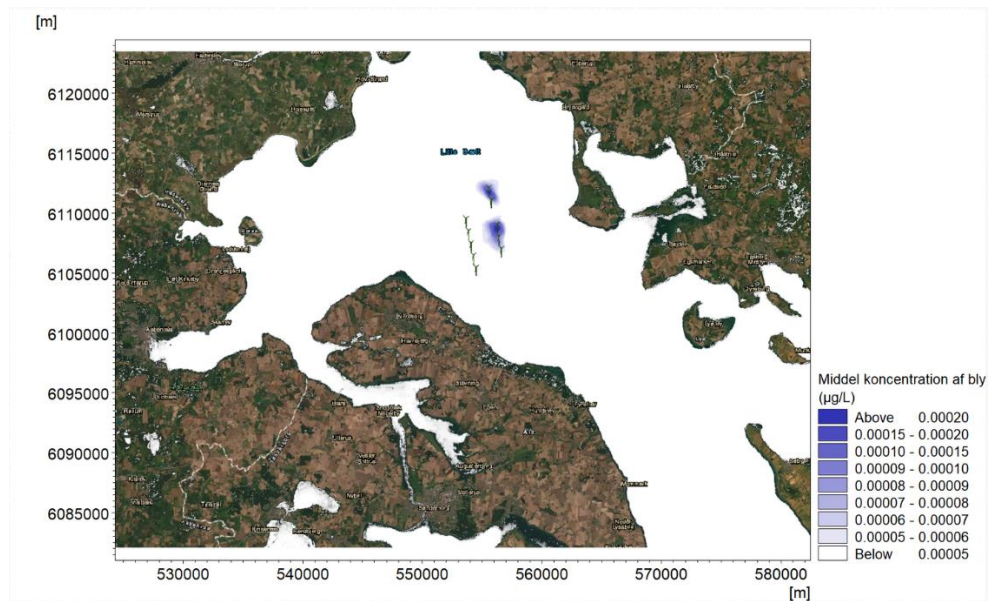
Figur C- 28 Scenarie 5B: Modelleret middelkoncentration af kobber



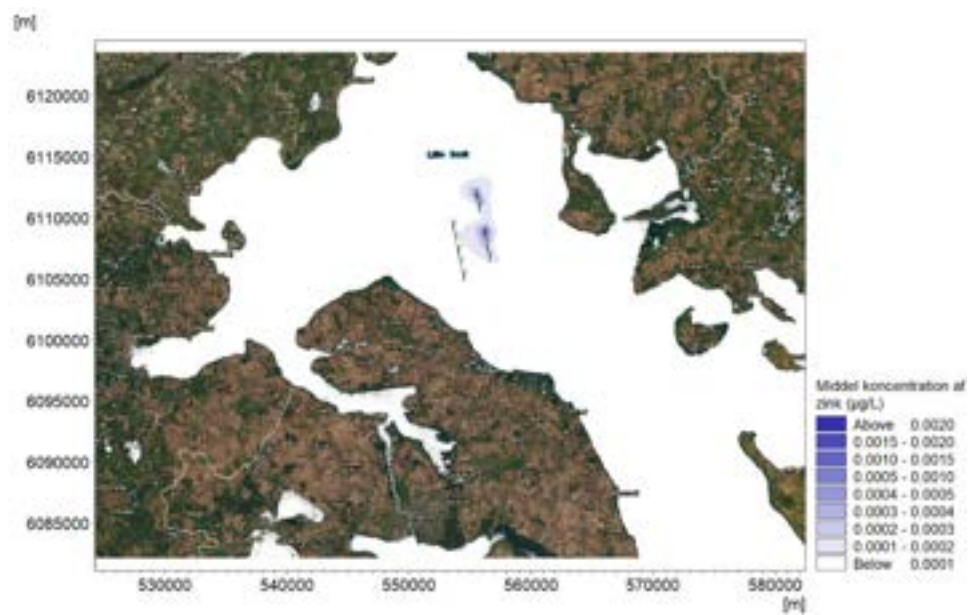
Figur C- 29 Scenarie 5B: Modelleret middelkoncentration af kviksølv



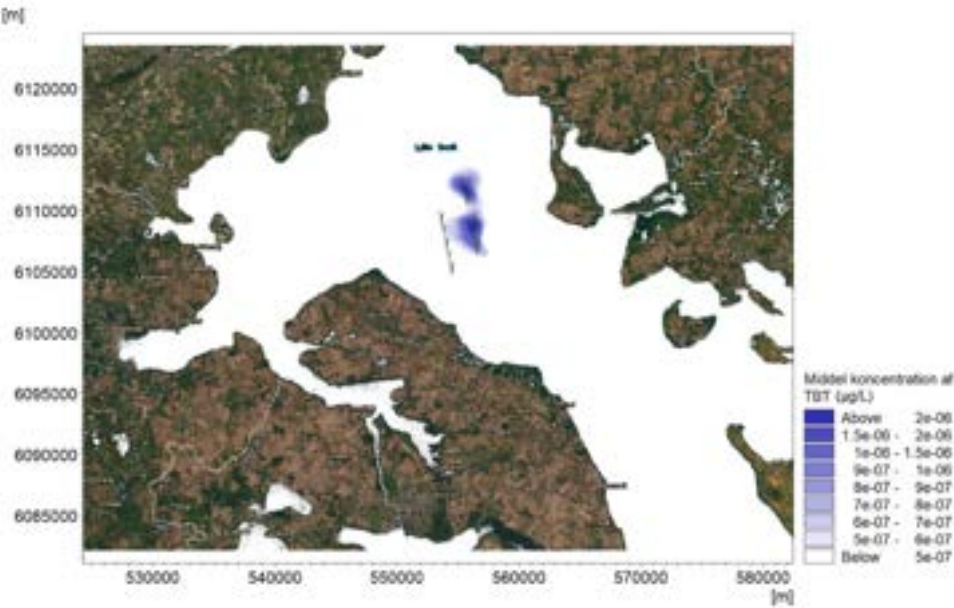
Figur C- 30 Scenarie 5B: Modelleret middelkoncentration af nikkel



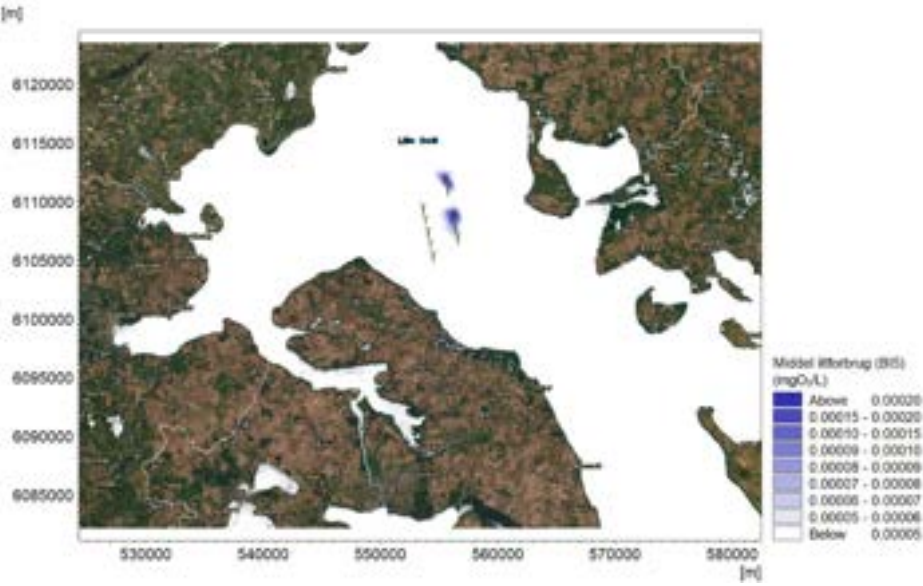
Figur C- 31 Scenarie 5B: Modelleret middelkoncentration af bly



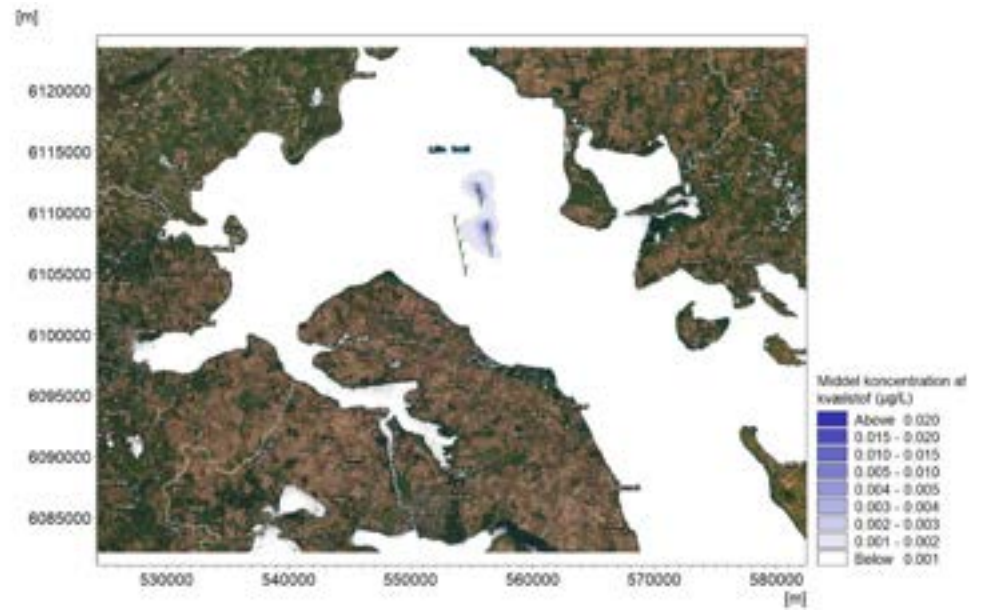
Figur C- 32 Scenarie 5B: Modelleret middelkoncentration af zink



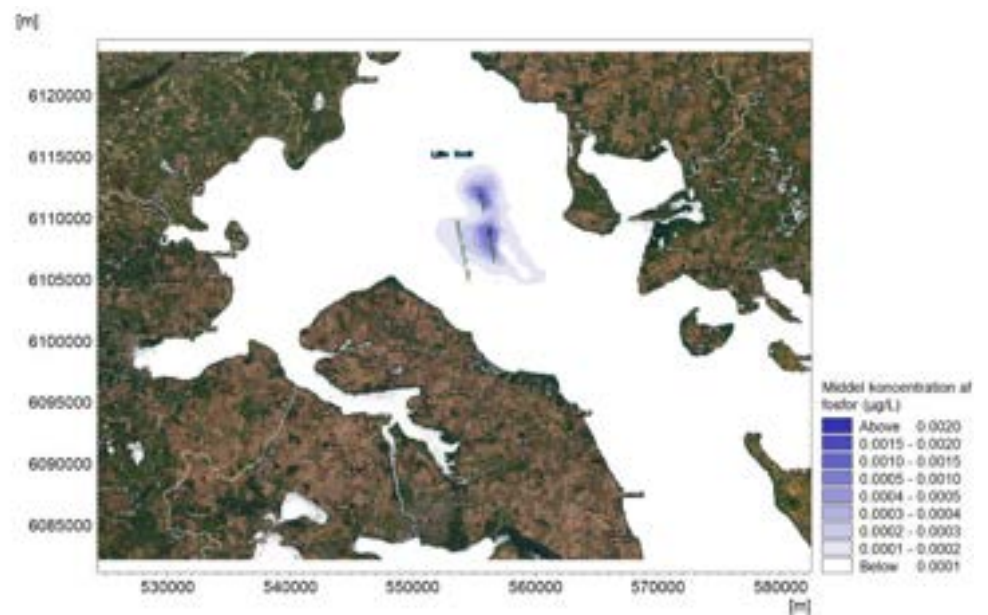
Figur C- 33 Scenarie 5B: Modelleret middelkoncentration af TBT



Figur C- 34 Scenarie 5B: Modelleret middelkoncentration af BIs



Figur C- 35 Scenarie 5B: Modelleret middeldkoncentration af kvælstof N



Figur C- 36 Scenarie 5B: Modelleret middeldkoncentration af fosfor P

Middeldkoncentrationerne er i scenarie 5B bestemt over 40 døgn. Da middeldkoncentrationen er modelleret over en periode der er længere end perioden for udgravning for et enkelt fundament (4,8 dage), er den modellerede middeldkoncentration modificeret iht forholdet mellem modelleringsperiode og graveperioden.

Tabel 6-3 Scenarie 5B
Middelkoncentrationsforhold af frigivne stoffer: 8 tungmetaller, TBT, BOD, N og P

Stof	Middel- koncen- tration (µg/L)	Koncen- tration under gravepe- riode (µg/L)	IFF. kon- centra- tion (µg/L)	Resulte- rende (µg/L)	Krav (Bek. 796) (µg/L)	Nat. bag gru- nd (µg/ L)	Resul- terende krav- værdi (µg/L)
arsen	1,0E-05	8,3E-05	1,06	1,06	0,6	1	1,6
cadmium	5,0E-07	4,2E-06	0,025	0,025	0,2	-	0,2
krom	1,5E-05	1,3E-04	0,38	0,38	3,4	-	3,4
kobber	2,0E-05	1,7E-04	0,68	0,68	1	0,5	1,5
kviksølv	1,0E-08	8,3E-08	0,0013	0,0013	0,07	-	0,07
nikkel	1,0E-04	8,3E-04	0,5	0,5	8,6	-	8,6
bly	2,0E-04	1,7E-03	0,56	0,56	1,3	-	1,3
Zink	5,0E-04	4,2E-03	4,3	4,3	7,8	1	8,8
TBT	2,0E-06	1,7E-05	0	1,7E-05	0,0002	-	0,0002
BI5**)	2,0E-04	1,7E-03	2	2	-	-	-
N	1,0E-02	8,3E-02	240	240	-	-	-
P	1,5E-03	1,3E-02	30	30	-	-	-

**) BI5 er givet i mgO₂/L

Middelkoncentration: Aflæsning fra figurer i Bilag C for hele simuleringsperiode
 Koncentration under gravning: Skalering ift 6 dages gravning per fundament
 IFF: I forvejen forekommende koncentration (Københavns kommune, 2017),
 bortset fra kviksølv, som er fra Aarhus Bugt 2021 (Miljodata.dk (miljoeportal.dk)). Størrelsesorden for IFF af BOD i havvand efter ([bod in marine water - Google-søgning](#))

Resulterende: Koncentration under gravning+ IFE

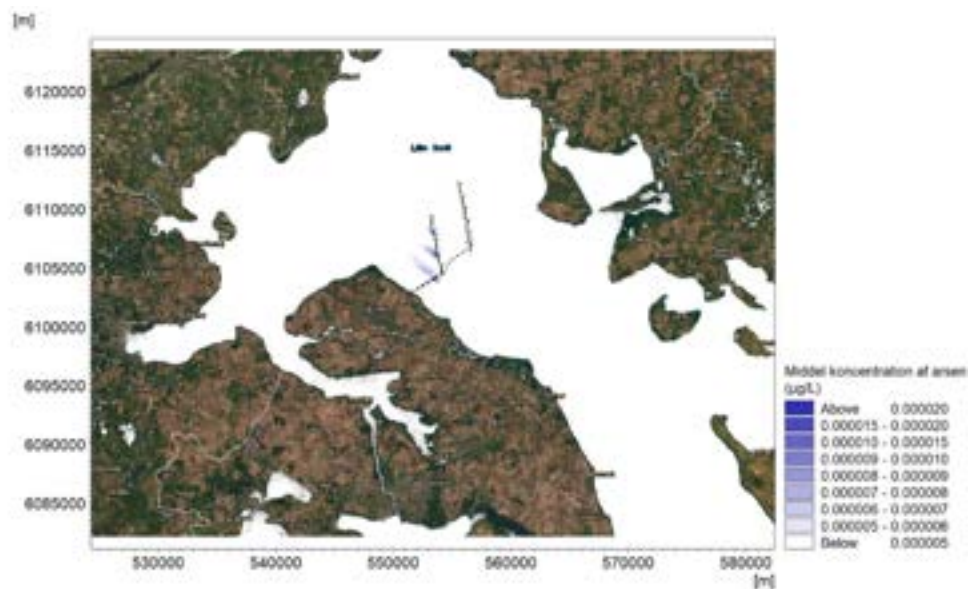
Krav: Fra Bekendtgørelse nr. 796 af 13/06/2023

Naturlig baggrund: MST, 2017a

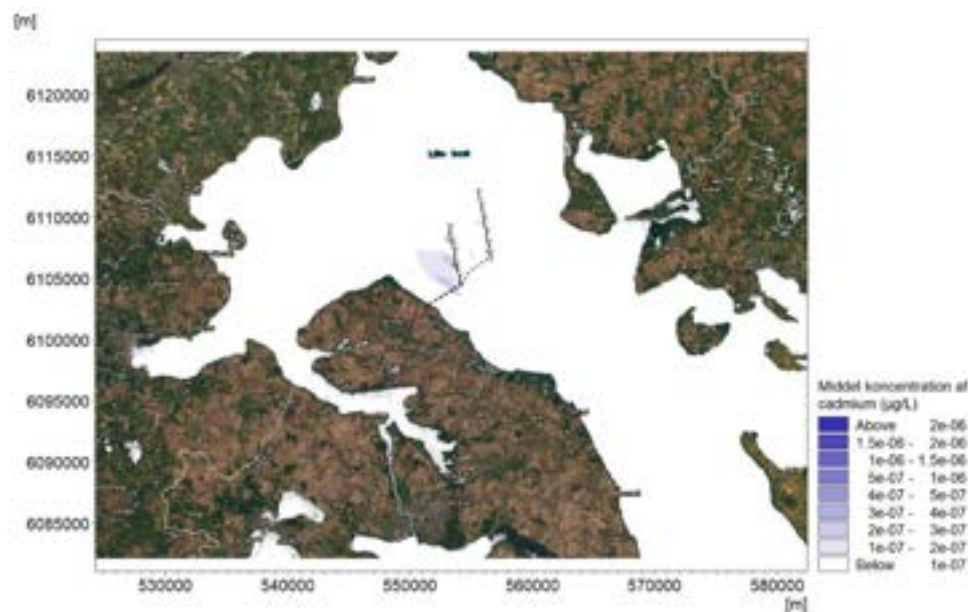
Resulterende krav= Krav (Bekendtgørelse nr. 796 af 13/06/2023)+Nat. baggrund

Bilag D Udbredelsesplot for tungmetaller, TBT, N og P, nedspuling af kabel

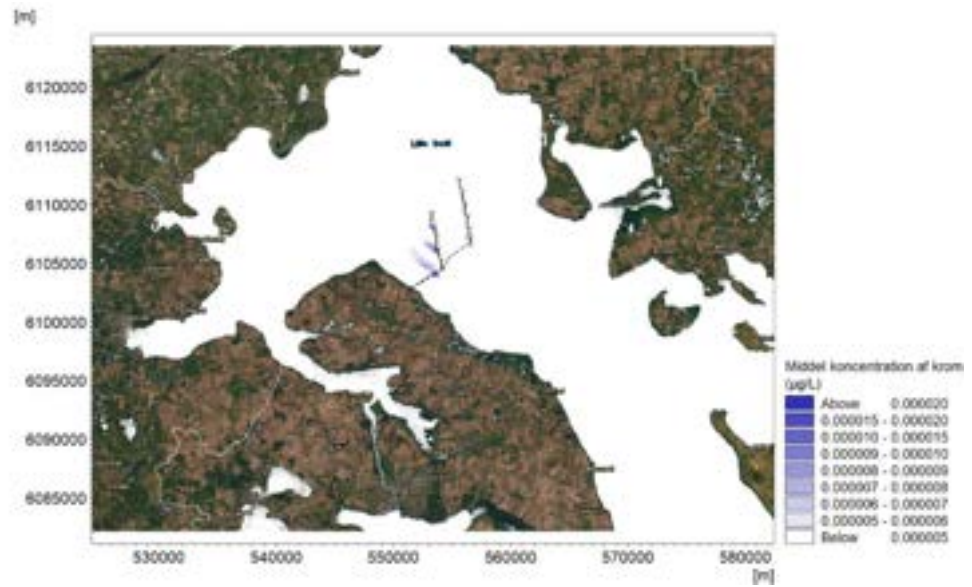
Layout 1



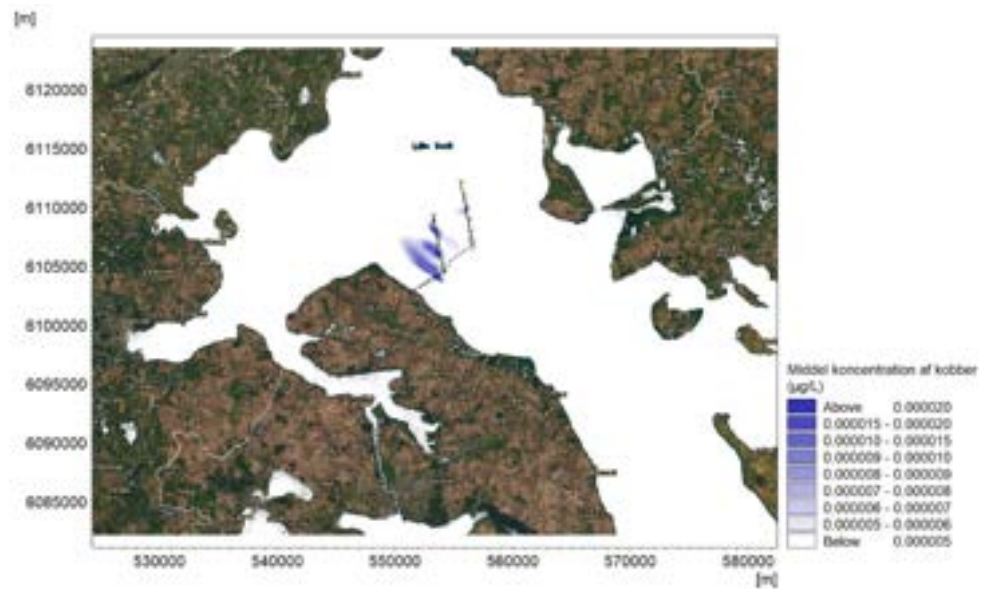
Figur D- 1 Layout 1: Nedspuling af kabler. Modelleret middelkoncentration af arsen



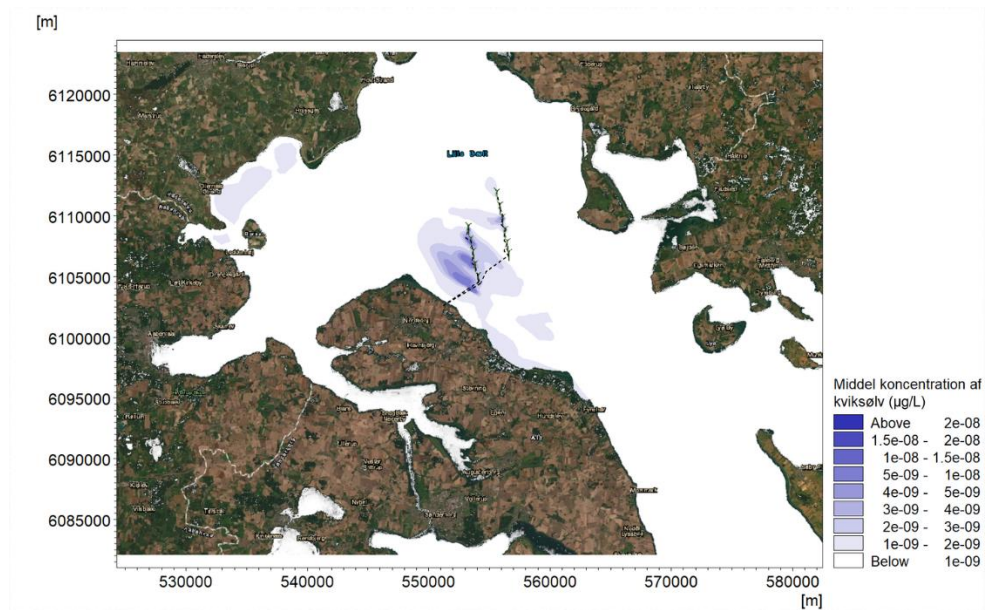
Figur D- 2 Layout 1: Nedspuling af kabler. Modelleret middelkoncentration af cadmium



Figur D- 3 Layout 1: Nedspuling af kabler. Modelleret middelkoncentration af krom



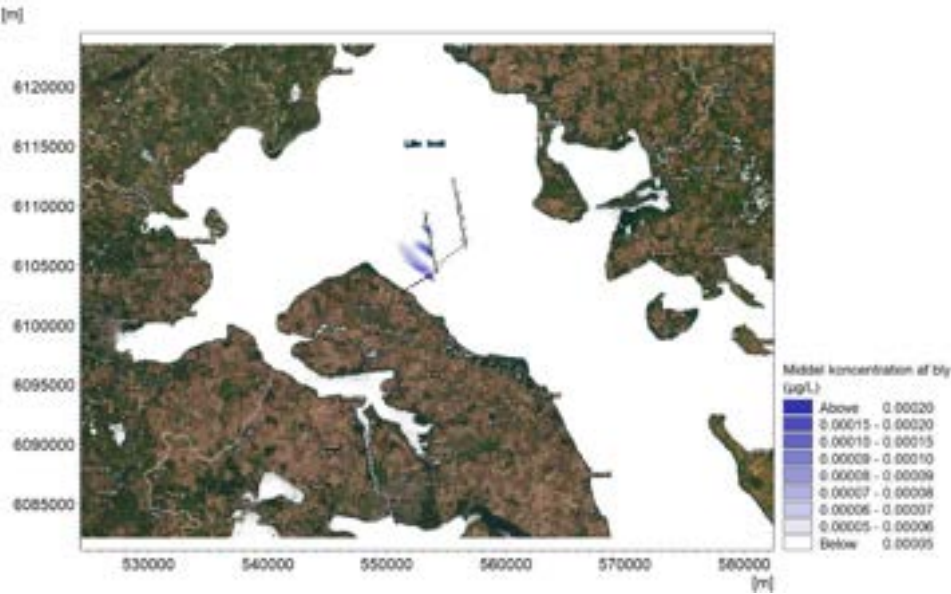
Figur D- 4 Layout 1: Nedspuling af kabler. Modelleret middelkoncentration af kobber



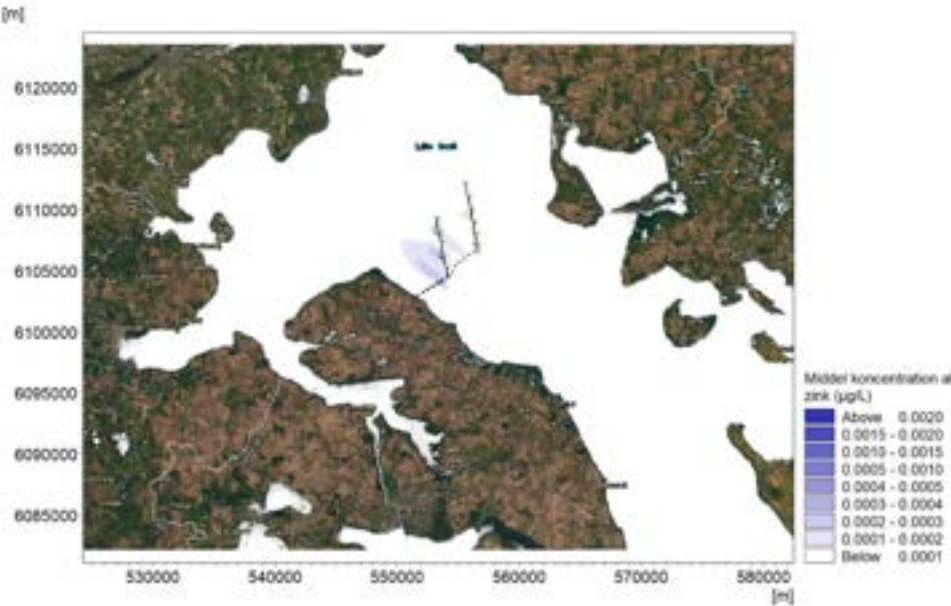
Figur D- 5 Layout 1: Nedspuling af kabler. Modelleret middelkoncentration af kviksølv



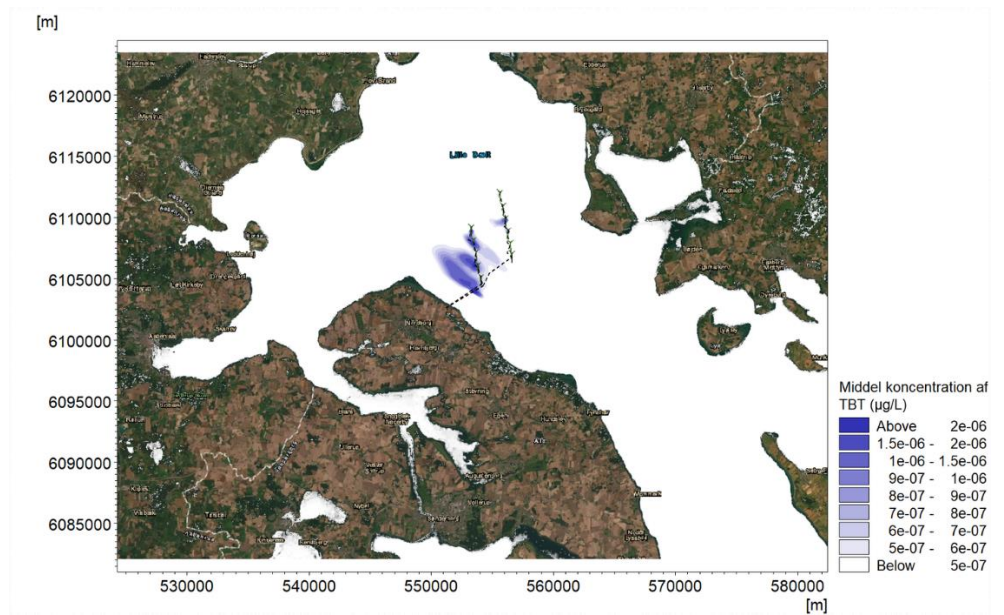
Figur D- 6 Layout 1: Nedspuling af kabler. Modelleret middelkoncentration af nikkel



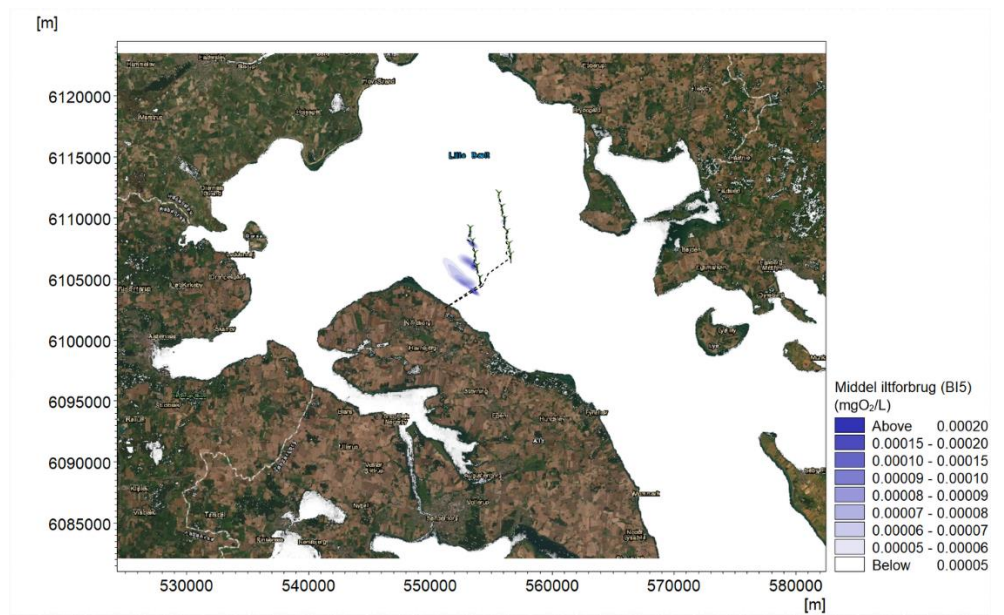
Figur D- 7 Layout 1: Nedspuling af kabler. Modelleret middelkoncentration af bly



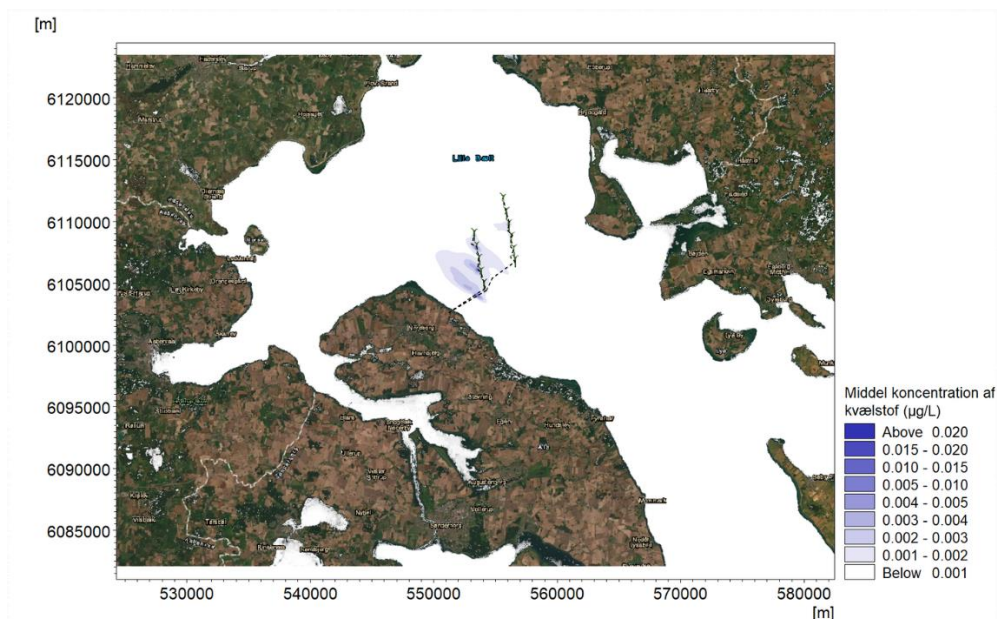
Figur D- 8 Layout 1: Nedspuling af kabler. Modelleret middelkoncentration af zink



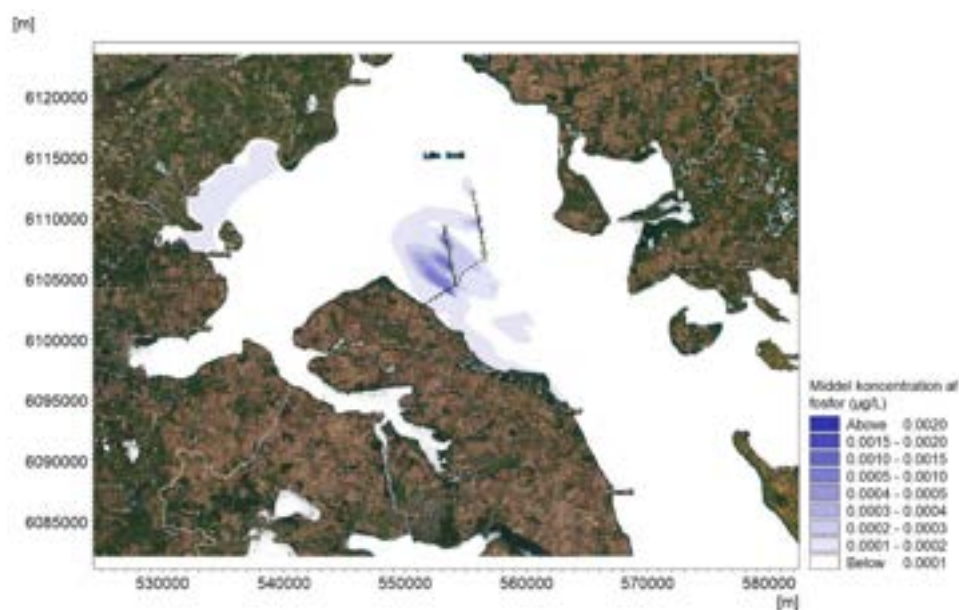
Figur D- 9 Layout 1: Nedspuling af kabler. Modelleret middelkoncentration af TBT



Figur D- 10 Layout 1: Nedspuling af kabler. Modelleret middelkoncentration af BI5



Figur D- 11 Layout 1: Nedspuling af kabler. Modelleret middelkoncentration af kvælstof



Figur D- 12 Layout 1: Nedspuling af kabler. Modelleret middelkoncentration af fosfor

Middelkoncentrationerne er i spuling i layout 1 bestemt over 22 døgn. Da middelkoncentrationen er modelleret over en periode der er længere end perioden for udgravning for et enkelt fundament (2,2 dage), er den modellerede middelkoncentration modificeret iht forholdet mellem modelleringsperiode og graveperioden.

Tabel 6-4 Layout 1
Middelkoncentrationsforhold af frigivne stoffer: 8 tungmetaller, TBT, BOD, N og P

Stof	Maks. middel-koncentration (µg/L)	Koncentration under graveperiode (µg/L)	IFF. koncentration (µg/L)	Resulterende (µg/L)	Krav (Bek. 796) (µg/L)	Nat. bag grund (µg/L)	Resulterende krav-værdi (µg/L)
arsen	1,0E-06	1,0E-05	1,06	1,06	0,6	1	1,6
cadmium	4,0E-07	4,0E-06	0,025	0,025	0,2	-	0,2
krom	1,0E-05	1,0E-04	0,38	0,38	3,4	-	3,4
kobber	2,0E-05	2,0E-04	0,68	0,68	1	0,5	1,5
kviksølv	1,0E-08	1,0E-07	0,0013	0,0013	0,07	-	0,07
nikkel	1,0E-04	1,0E-03	0,5	0,5	8,6	-	8,6
bly	1,5E-04	1,5E-03	0,56	0,56	1,3	-	1,3
Zink	4,0E-04	4,0E-03	4,3	4,3	7,8	1	8,8
TBT	2,0E-06	2,0E-05	0	2,0E-05	0,0002	-	0,0002
BI5**)	1,0E-04	1,0E-03	2	2	-	-	-
N	5,0E-03	5,0E-02	240	240	-	-	-
P	1,0E-03	1,0E-02	30	30	-	-	-

**) BI5 er givet i mgO₂/L

Middelkoncentration: Aflæsning fra figurer i Bilag D for hele simuleringsperiode
IFF: I forvejen forekommende koncentration (Københavns kommune, 2017),
bortset fra kviksølv, som er fra Aarhus Bugt 2021 (Miljodata.dk (miljoeportal.dk)). Størrelsesorden for IFF af BOD i havvand efter ([bod in marine water - Google-søgning](#))

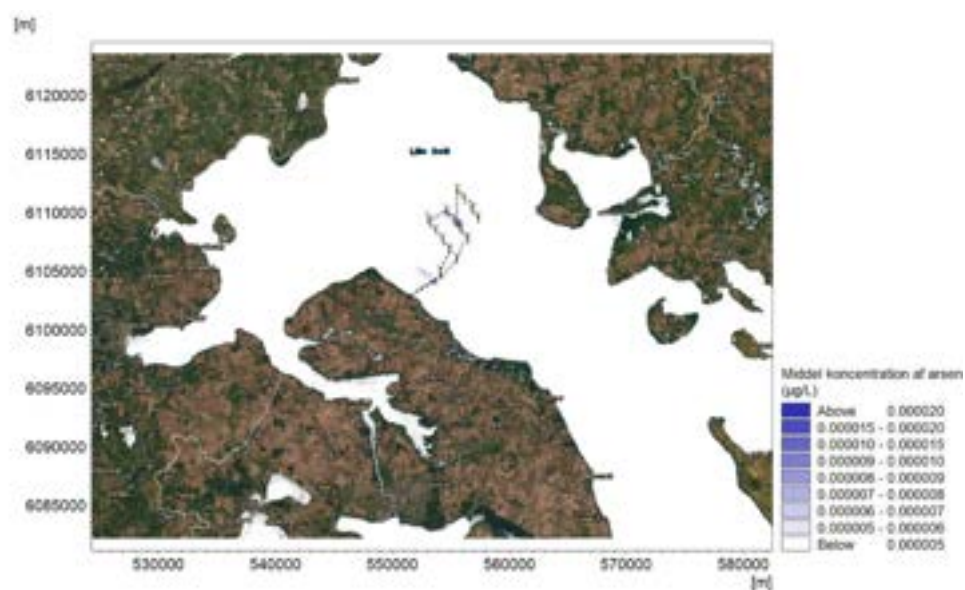
Resulterende: Koncentration under gravning+ IFE

Krav: Fra Bekendtgørelse nr. 796 af 13/06/2023

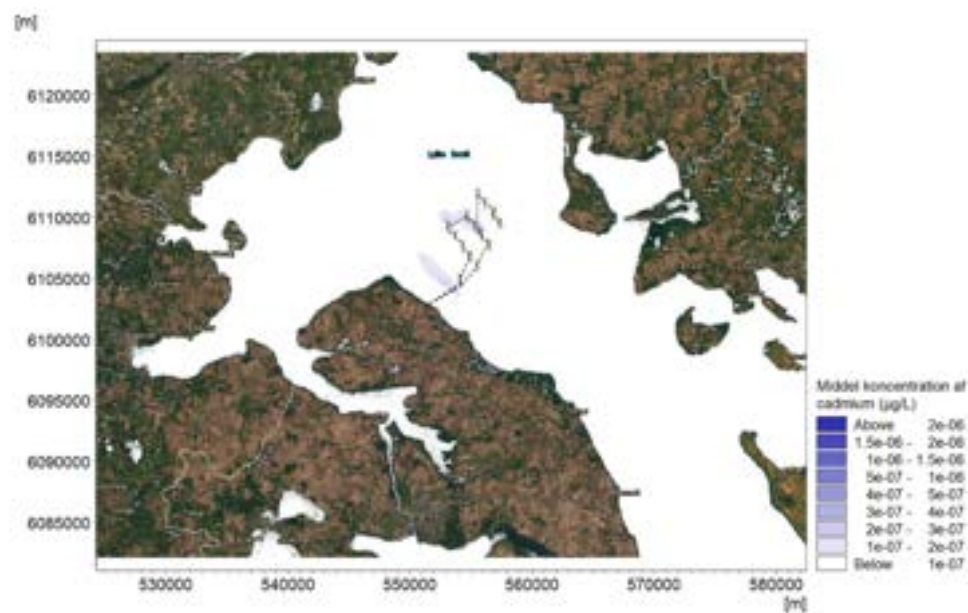
Naturlig baggrund: MST, 2017a

Resulterende krav= Krav (Bekendtgørelse nr. 796 af 13/06/2023)+Nat. baggrund

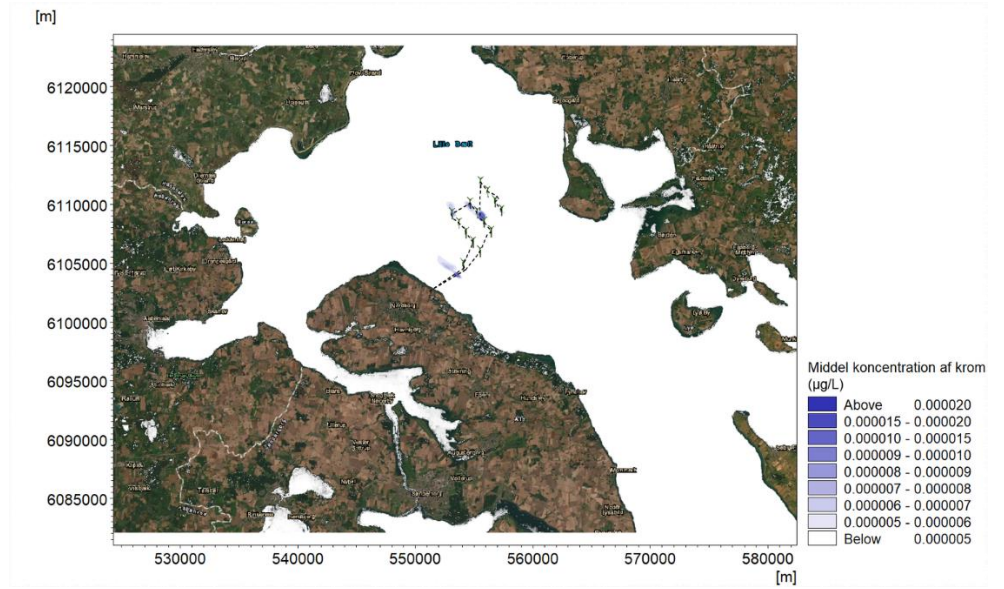
Layout 3



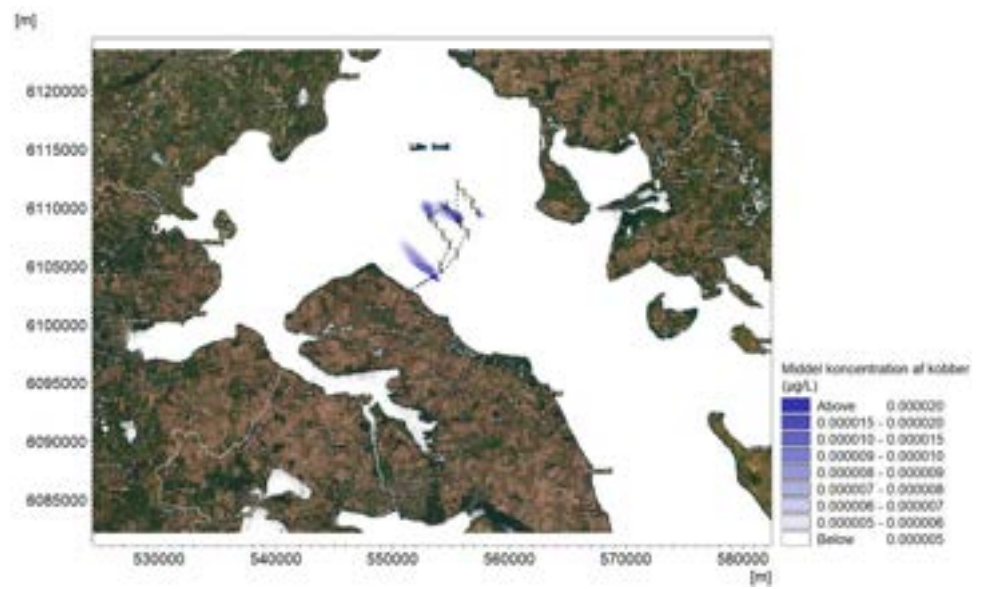
Figur D- 13 Layout 3: Nedspuling af kabler. Modelleret middelkoncentration af arsen



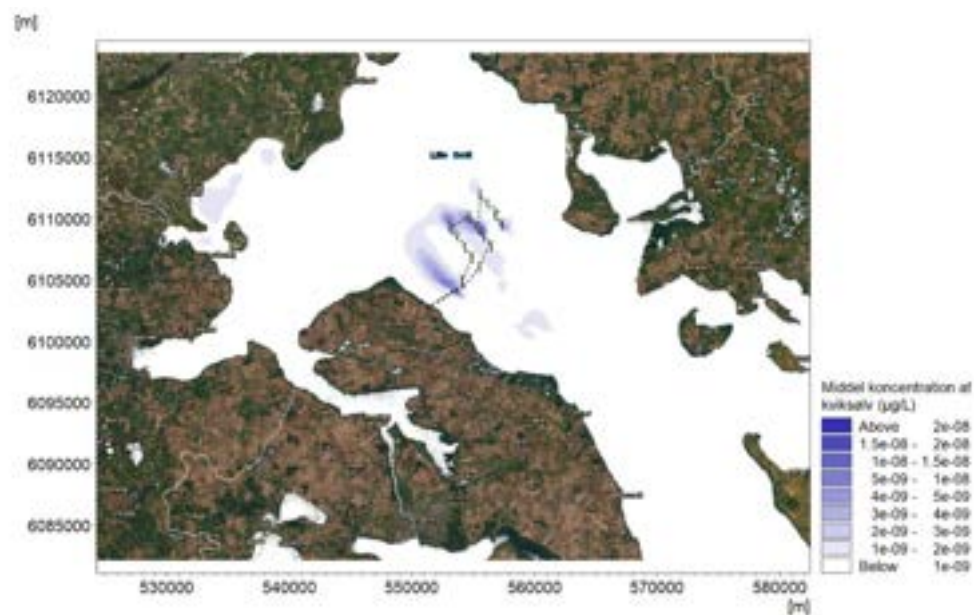
Figur D- 14 Layout 3: Nedspuling af kabler. Modelleret middelkoncentration af cadmium



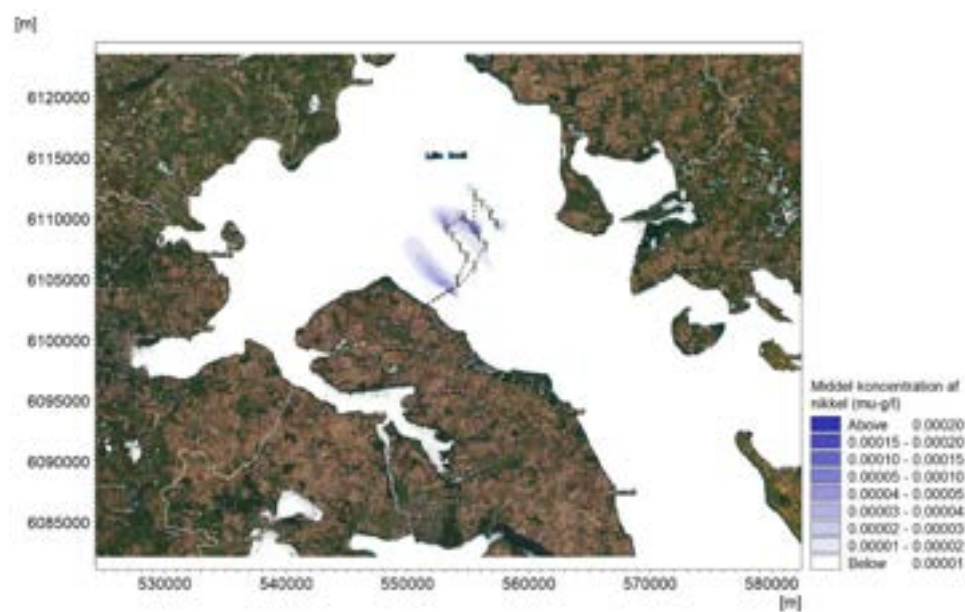
Figur D- 15 Layout 3: Nedspuling af kabler. Modelleret middelkoncentration af krom



Figur D- 16 Layout 3: Nedspuling af kabler. Modelleret middelkoncentration af kobber



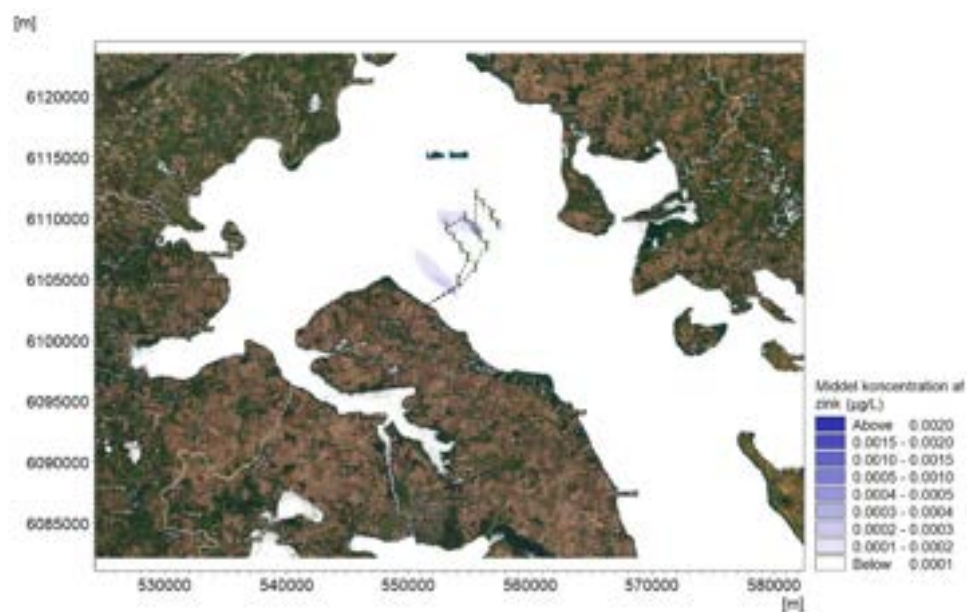
Figur D- 17 Layout 3: Nedspuling af kabler. Modelleret middelkoncentration af kviksølv



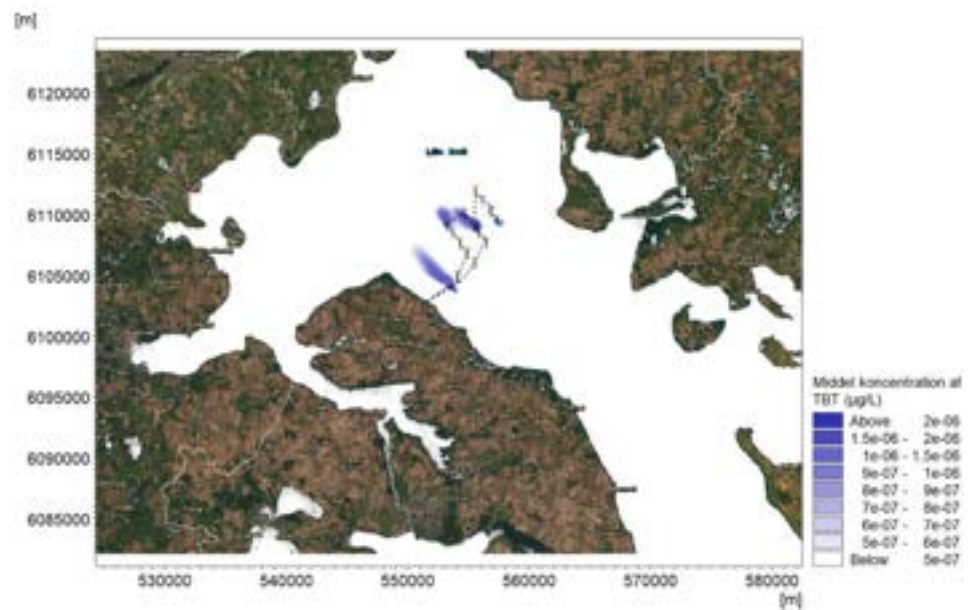
Figur D- 18 Layout 3: Nedspuling af kabler. Modelleret middelkoncentration af nikkel



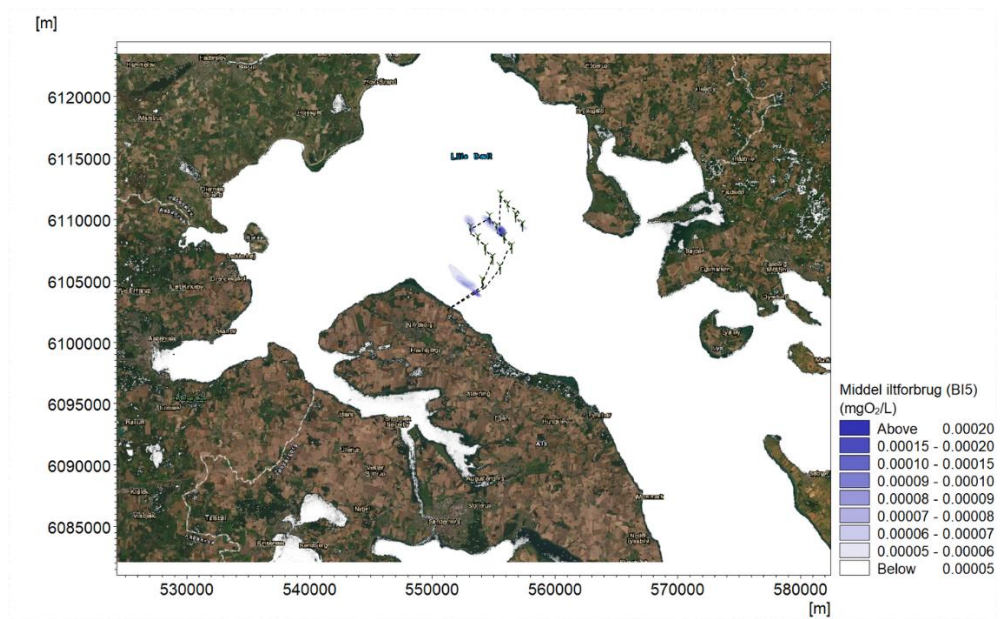
Figur D- 19 Layout 3: Nedspuling af kabler. Modelleret middelkoncentration af bly



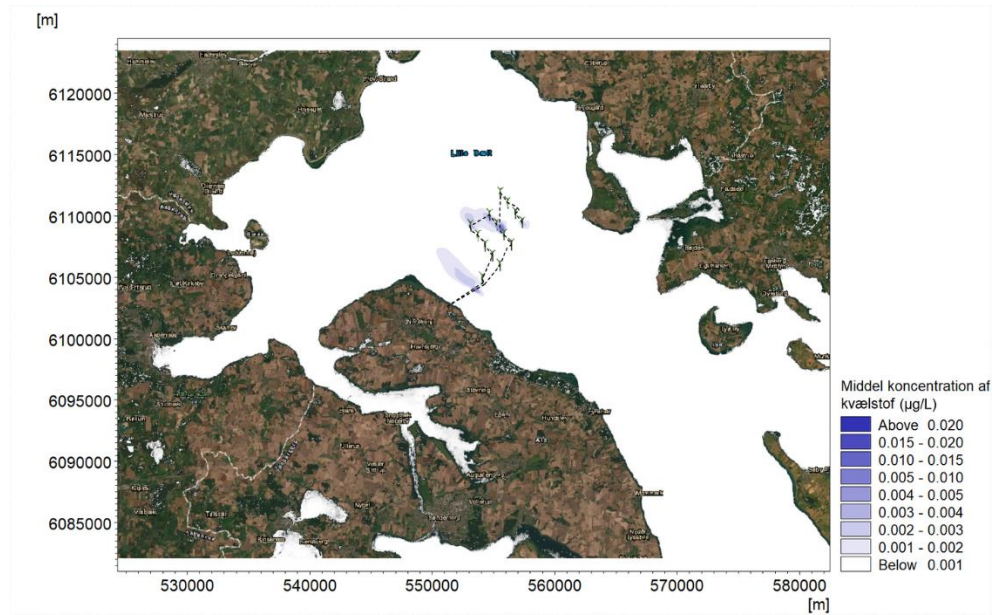
Figur D- 20 Layout 3: Nedspuling af kabler. Modelleret middelkoncentration af zink



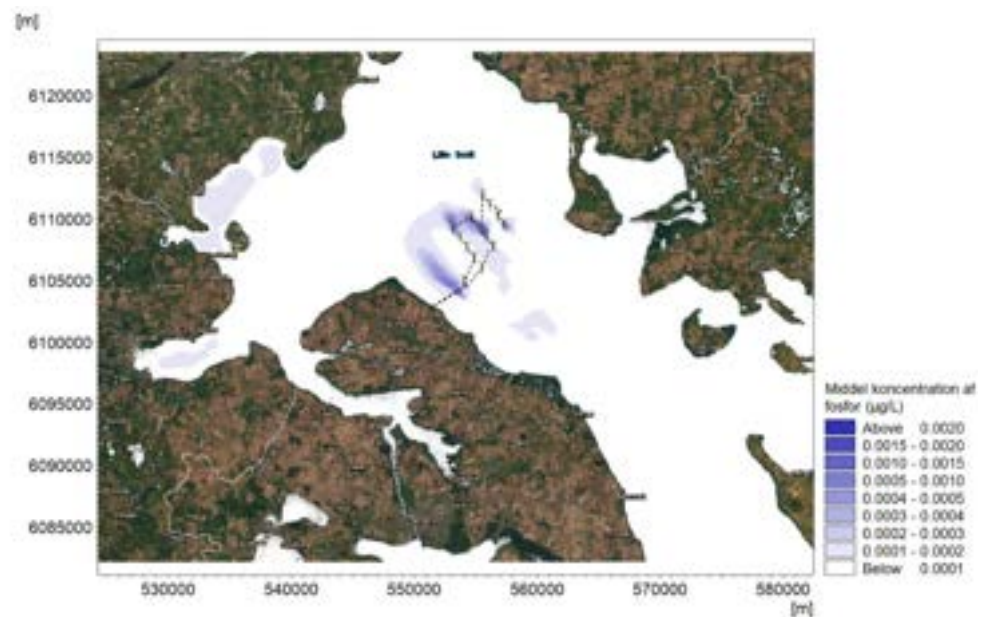
Figur D- 21 Layout 3: Nedspuling af kabler. Modelleret middelkoncentration af TBT



Figur D- 22 Layout 3: Nedspuling af kabler. Modelleret middelkoncentration af BI5



Figur D- 23 Layout 3: Nedspuling af kabler. Modelleret middelkoncentration af kvælstof



Figur D- 24 Layout 3: Nedspuling af kabler. Modelleret middelkoncentration af fosfor

Middelkoncentrationerne for layout 3, spuling i layout 1 bestemt over 23 døgn. Da middelkoncentrationen er modelleret over en periode der er længere end perioden for udgravning for et enkelt fundament (2,5 dage), er den modellerede middelkoncentration modificeret iht forholdet mellem modelleringsperiode og graveperioden.

Tabel 6-5 Layout 3
Middelkoncentrationsforhold af frigivne stoffer: 8 tungmetaller, TBT, BOD, N og P

Stof	Maks. middel-koncentration (µg/L)	Koncentration under graveperiode (µg/L)	IFF. koncentration (µg/L)	Resulterende (µg/L)	Krav (Bek. 796) (µg/L)	Nat. baggrund (µg/L)	Resulterende krav-værdi (µg/L)
arsen	1,0E-06	9,2E-06	1,06	1,06	0,6	1	1,6
cadmium	4,0E-07	3,7E-06	0,025	0,025	0,2	-	0,2
krom	1,0E-05	9,2E-05	0,38	0,38	3,4	-	3,4
kobber	2,0E-05	1,8E-04	0,68	0,68	1	0,5	1,5
kviksølv	1,0E-08	9,2E-08	0,0013	0,0013	0,07	-	0,07
nikkel	1,0E-04	9,2E-04	0,5	0,5	8,6	-	8,6
bly	1,5E-04	1,4E-03	0,56	0,56	1,3	-	1,3
Zink	4,0E-04	3,7E-03	4,3	4,3	7,8	1	8,8
TBT	2,0E-06	1,8E-05	0	1,8E-05	0,0002	-	0,0002
BI5**)	1,0E-04	9,2E-04	2	2	-	-	-
N	5,0E-03	4,6E-02	240	240	-	-	-
P	1,0E-03	9,2E-03	30	30	-	-	-

**) BI5 er givet i mgO₂/L

Middelkoncentration: Aflæsning fra figurer i Bilag D for hele simuleringsperiode
IFF: I forvejen forekommende koncentration (Københavns kommune, 2017), bortset fra kviksølv, som er fra Aarhus Bugt 2021 (Miljodata.dk (miljoeportal.dk)). Størrelsesorden for IFF af BOD i havvand efter ([bod in marine water - Google-søgning](#))

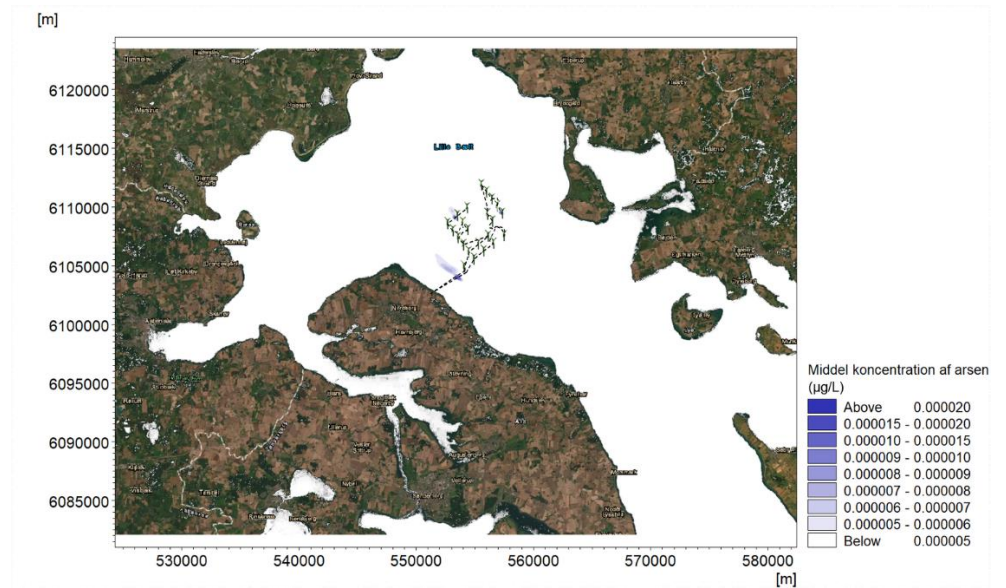
Resulterende: Koncentration under gravning+ IFE

Krav: Fra Bekendtgørelse nr. 796 af 13/06/2023

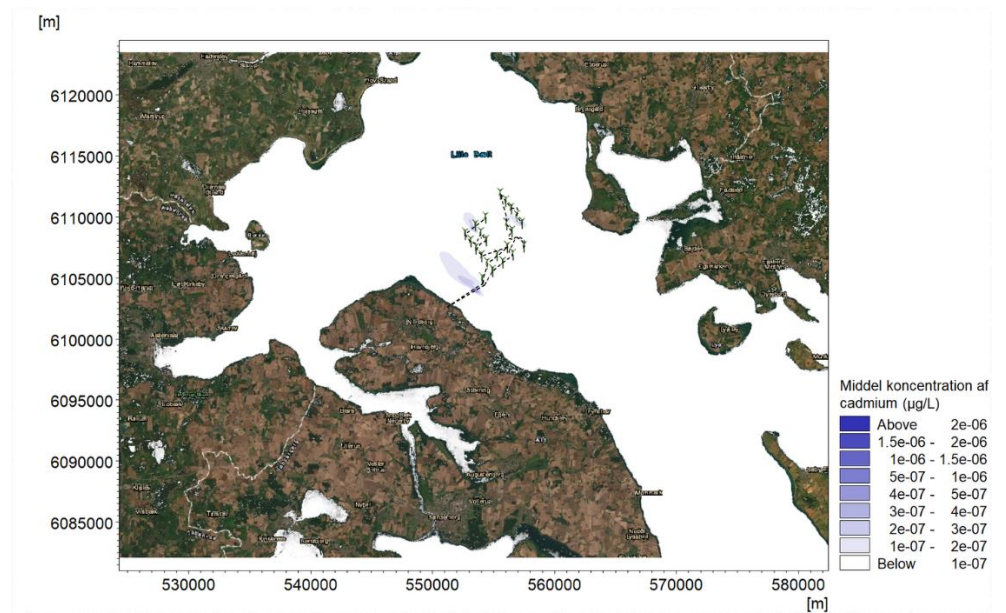
Naturlig baggrund: MST, 2017a

Resulterende krav= Krav (Bekendtgørelse nr. 796 af 13/06/2023)+Nat. baggrund

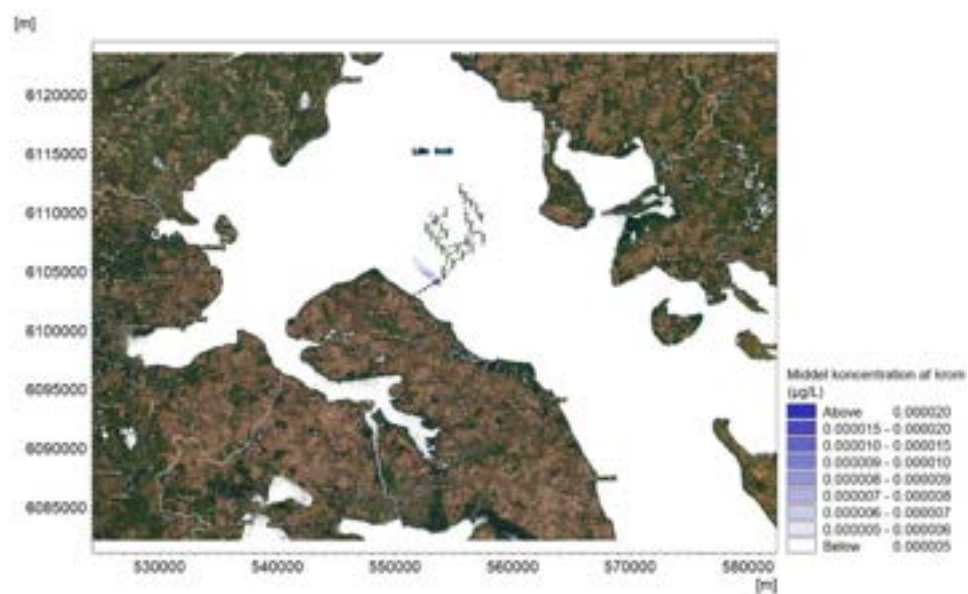
Layout 4



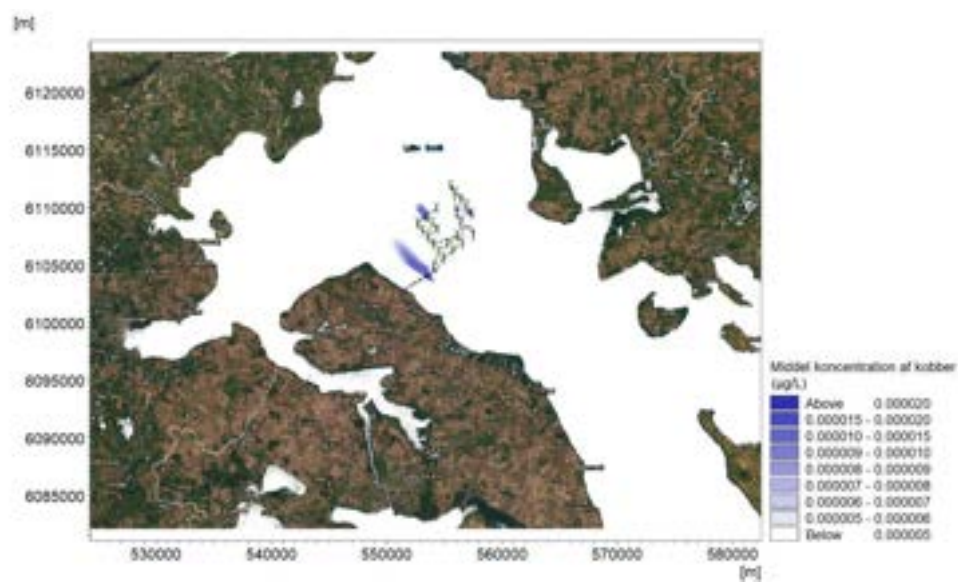
Figur D- 25 Layout 4: Nedspuling af kabler. Modelleret middelkoncentration af arsen



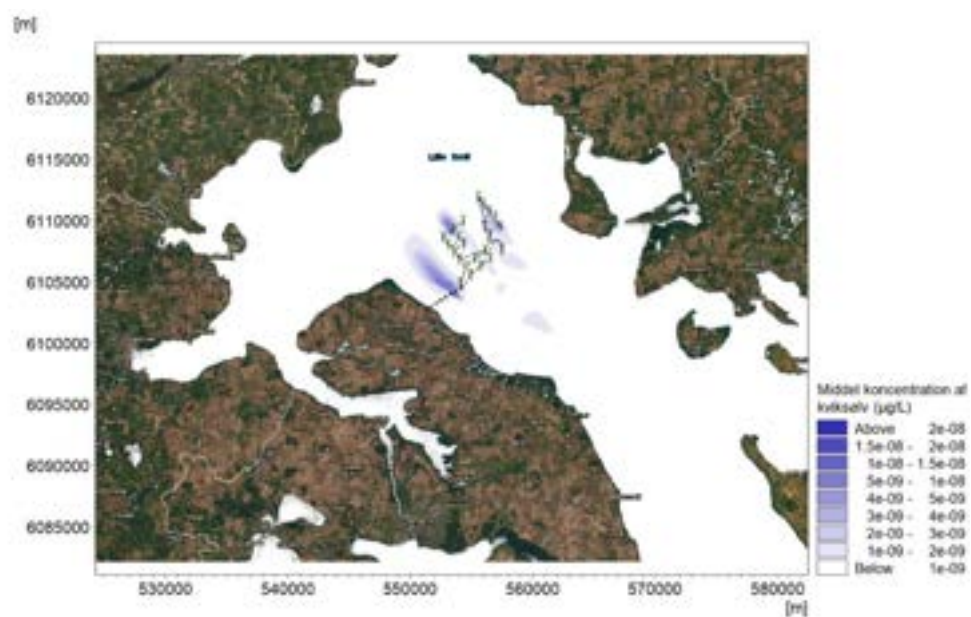
Figur D- 26 Layout 4: Nedspuling af kabler. Modelleret middelkoncentration af cadmium



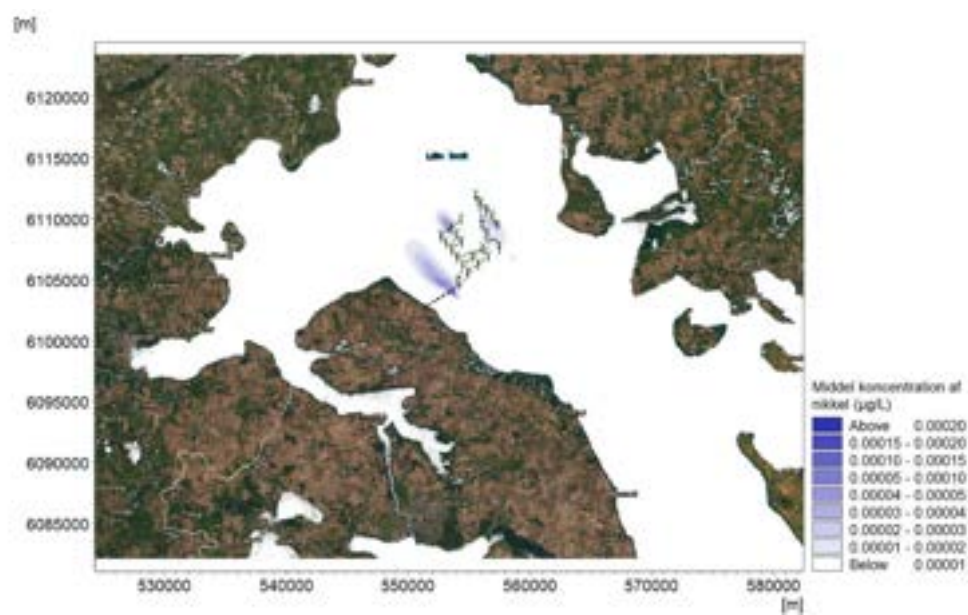
Figur D- 27 Layout 4: Nedspuling af kabler. Modelleret middelkoncentration af krom



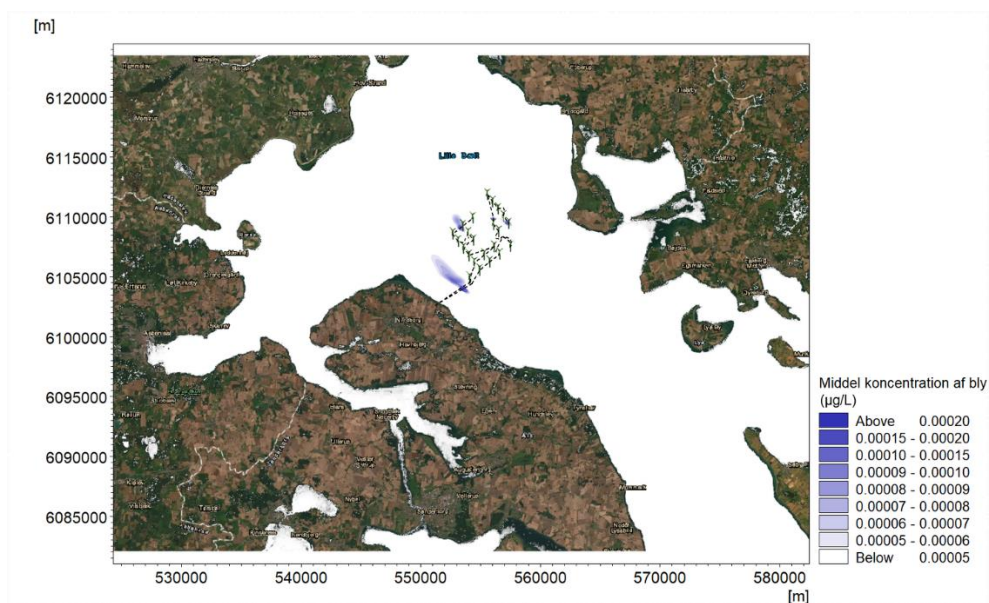
Figur D- 28 Layout 4: Nedspuling af kabler. Modelleret middelkoncentration af kobber



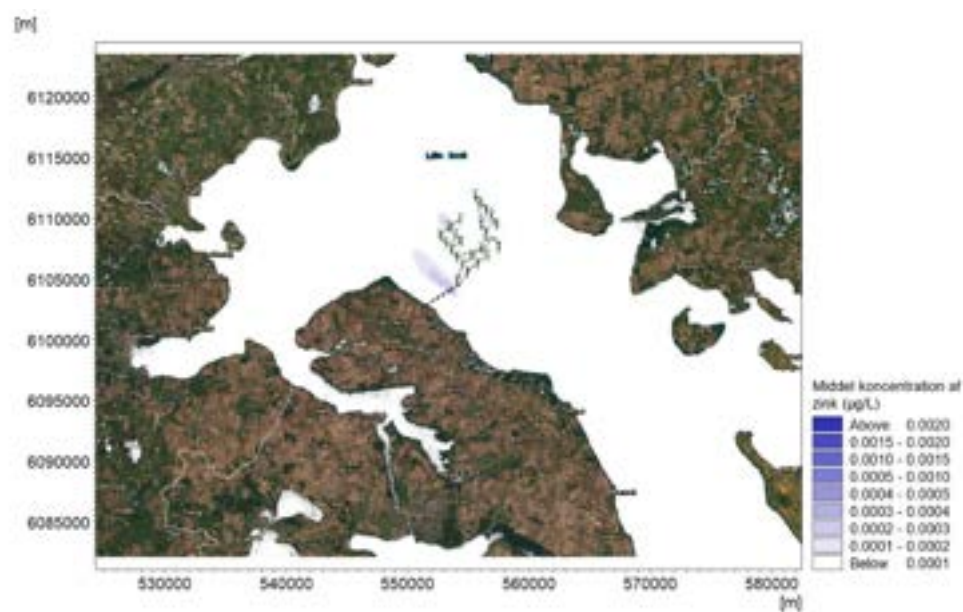
Figur D- 29 Layout 4: Nedspuling af kabler. Modelleret middelkoncentration af kviksølv



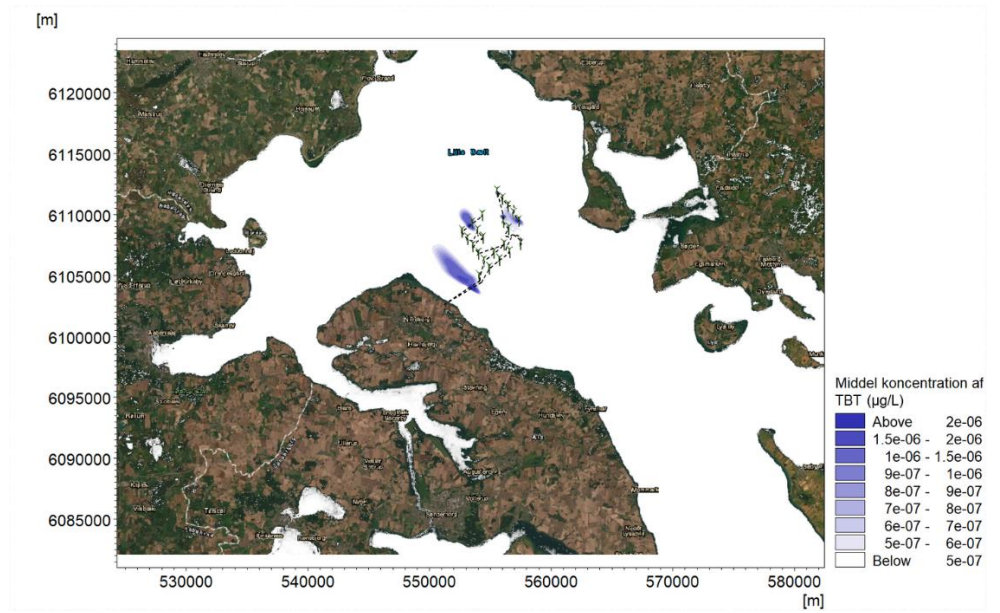
Figur D- 30 Layout 4: Nedspuling af kabler. Modelleret middelkoncentration af nikkel



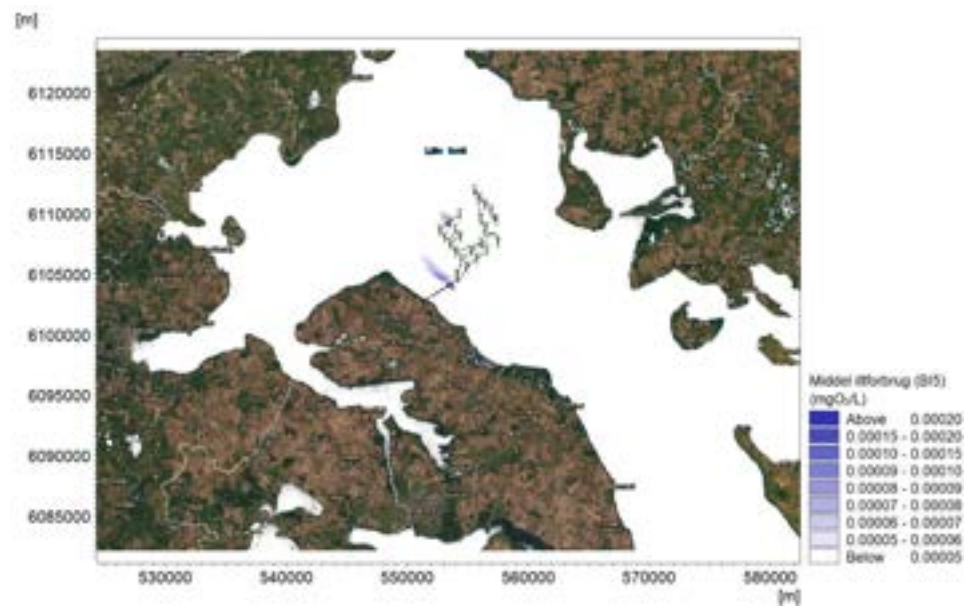
Figur D- 31 Layout 4: Nedspuling af kabler. Modelleret middelkoncentration af bly



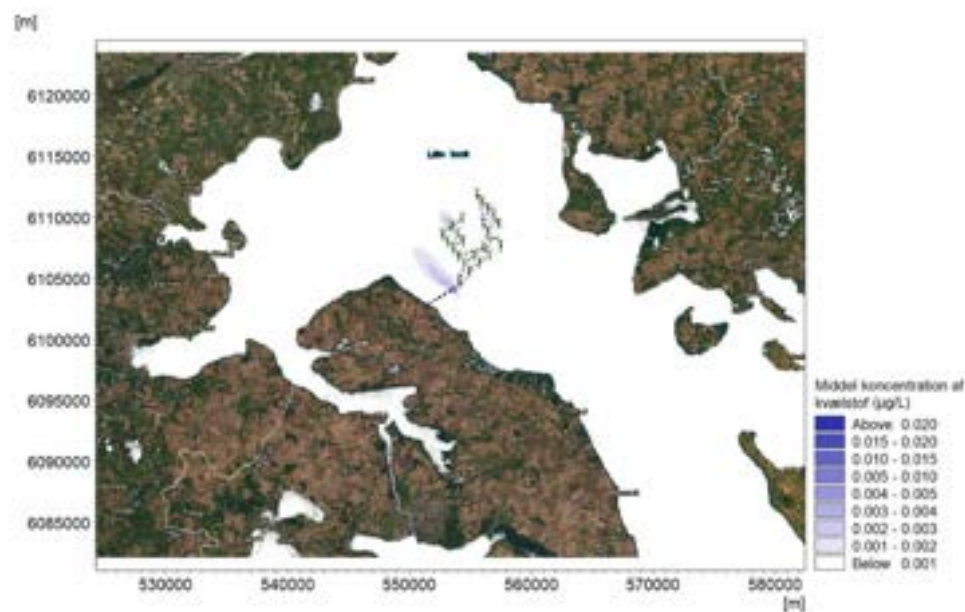
Figur D- 32 Layout 4: Nedspuling af kabler. Modelleret middelkoncentration af zink



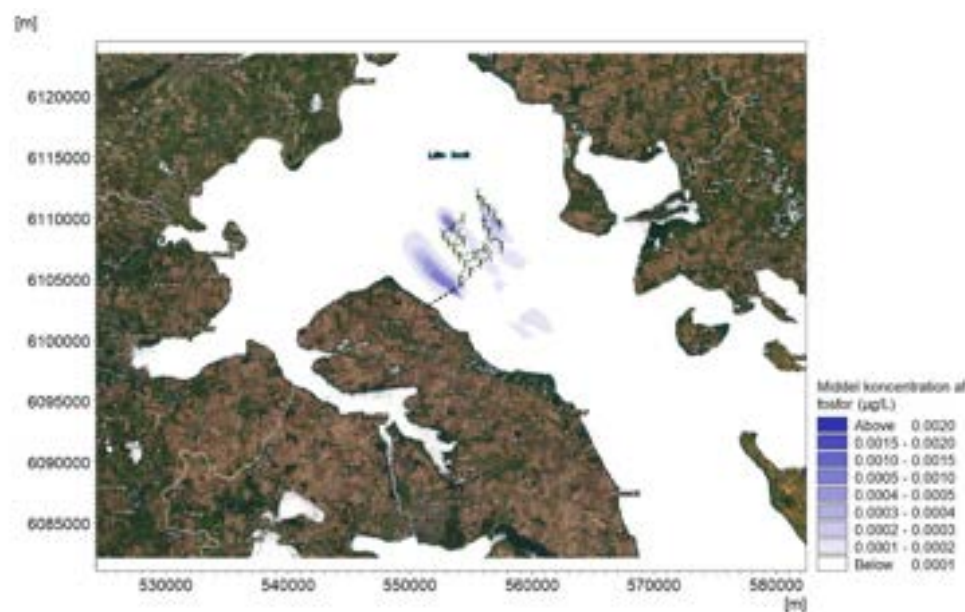
Figur D- 33 Layout 4: Nedspuling af kabler. Modelleret middelkoncentration af TBT



Figur D- 34 Layout 4: Nedspuling af kabler. Modelleret middelkoncentration af BI5



Figur D- 35 Layout 4: Nedspuling af kabler. Modelleret middelkoncentration af kvælstof



Figur D- 36 Layout 4: Nedspuling af kabler. Modelleret middelkoncentration af fosfor

Middelkoncentrationerne for layout 4, spuling i layout 1 bestemt over 20 døgn. Da middelkoncentrationen er modelleret over en periode der er længere end perioden for udgravning for et enkelt fundament (1,7 dage), er den modellerede middelkoncentration modificeret iht forholdet mellem modelleringsperiode og graveperioden.

Tabel 6-6 Layout 4
Middelkoncentrationsforhold af frigivne stoffer: 8 tungmetaller, TBT, BOD, N og P

Stof	Maks. middel-koncentration (µg/L)	Koncentration under graveperiode (µg/L)	IFF. koncentration (µg/L)	Resulterende (µg/L)	Krav (Bek. 796) (µg/L)	Nat. baggrund (µg/L)	Resulterende krav-værdi (µg/L)
arsen	1,0E-06	1,2E-05	1,06	1,06	0,6	1	1,6
cadmium	4,0E-07	4,7E-06	0,025	0,025	0,2	-	0,2
krom	1,0E-05	1,2E-04	0,38	0,38	3,4	-	3,4
kobber	2,0E-05	2,4E-04	0,68	0,68	1	0,5	1,5
kviksølv	1,0E-08	1,2E-07	0,0013	0,0013	0,07	-	0,07
nikkel	1,0E-04	1,2E-03	0,5	0,5	8,6	-	8,6
bly	1,5E-04	1,8E-03	0,56	0,56	1,3	-	1,3
Zink	4,0E-04	4,7E-03	4,3	4,3	7,8	1	8,8
TBT	2,0E-06	2,4E-05	0	2,4E-05	0,0002	-	0,0002
BI5**)	1,0E-04	1,2E-03	2	2	-	-	-
N	5,0E-03	5,9E-02	240	240	-	-	-
P	1,0E-03	1,2E-02	30	30	-	-	-

**) BI5 er givet i mgO₂/L

Middelkoncentration: Aflæsning fra figurer i Bilag D for hele simuleringsperiode
IFF: I forvejen forekommende koncentration (Københavns kommune, 2017), bortset fra kviksølv, som er fra Aarhus Bugt 2021 (Miljodata.dk (miljoeportal.dk)). Størrelsesorden for IFF af BOD i havvand efter ([bod in marine water - Google-søgning](#))

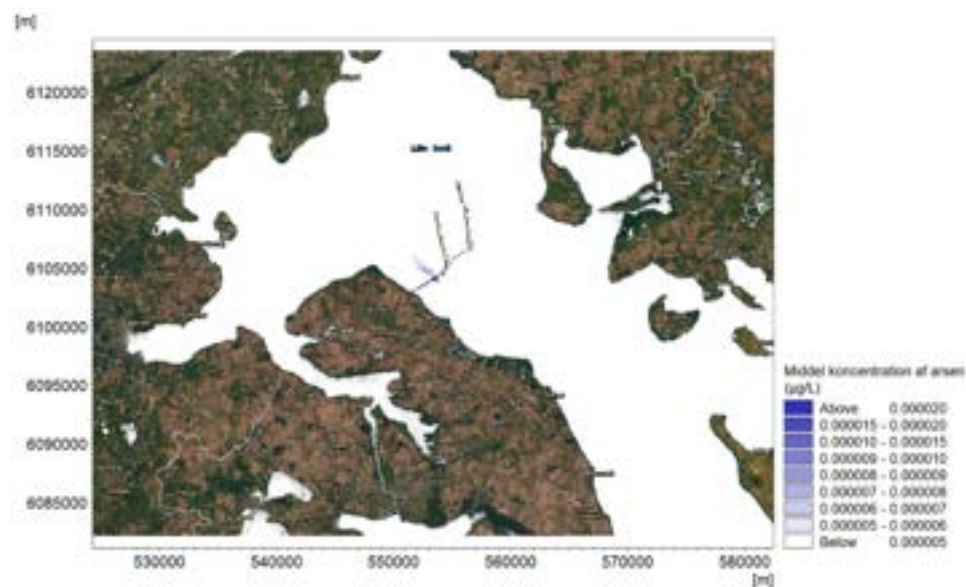
Resulterende: Koncentration under gravning+ IFE

Krav: Fra Bekendtgørelse nr. 796 af 13/06/2023

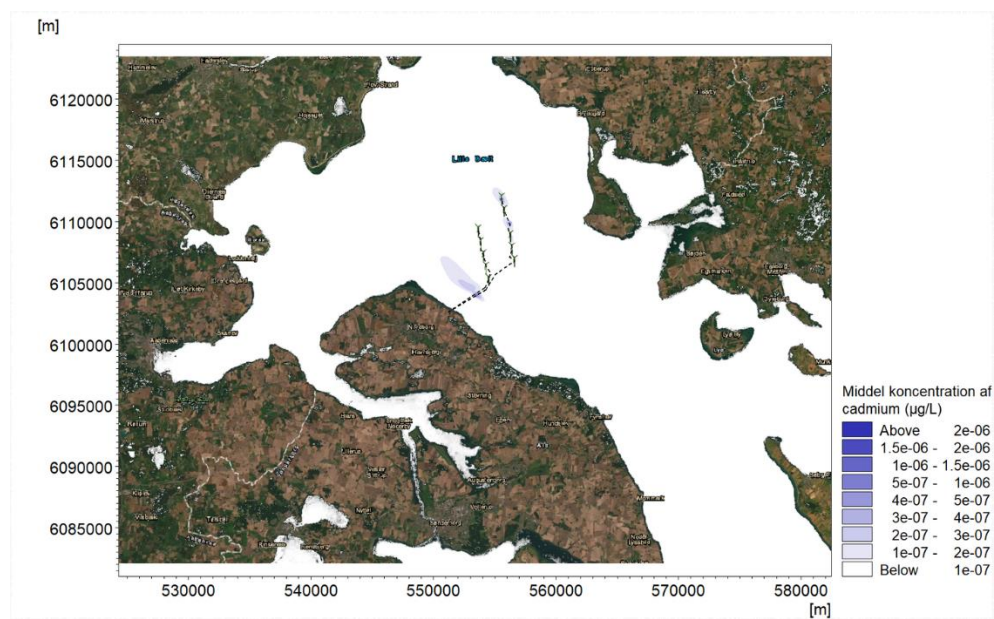
Naturlig baggrund: MST, 2017a

Resulterende krav= Krav (Bekendtgørelse nr. 796 af 13/06/2023)+Nat. baggrund

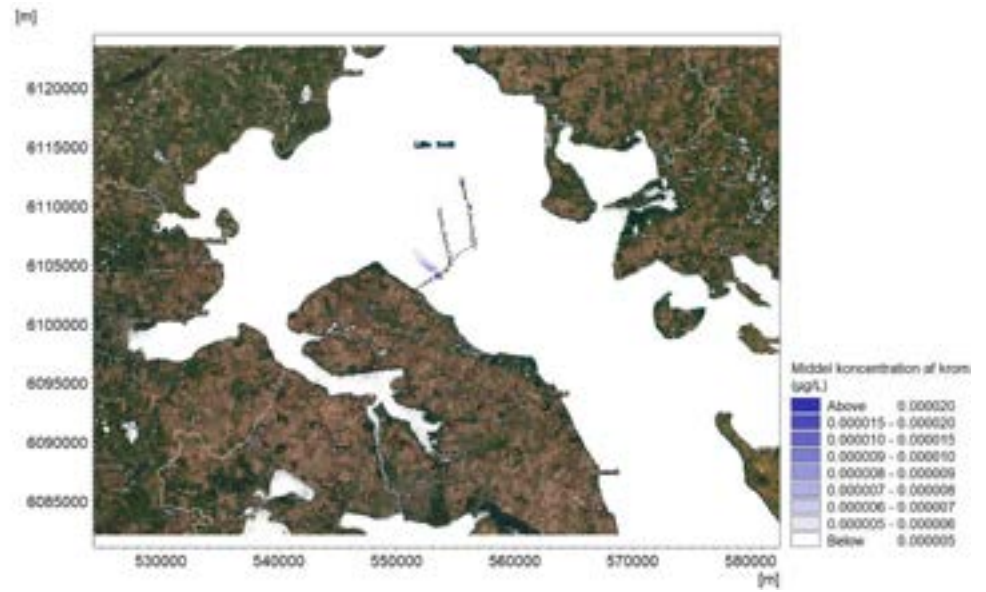
Layout 5



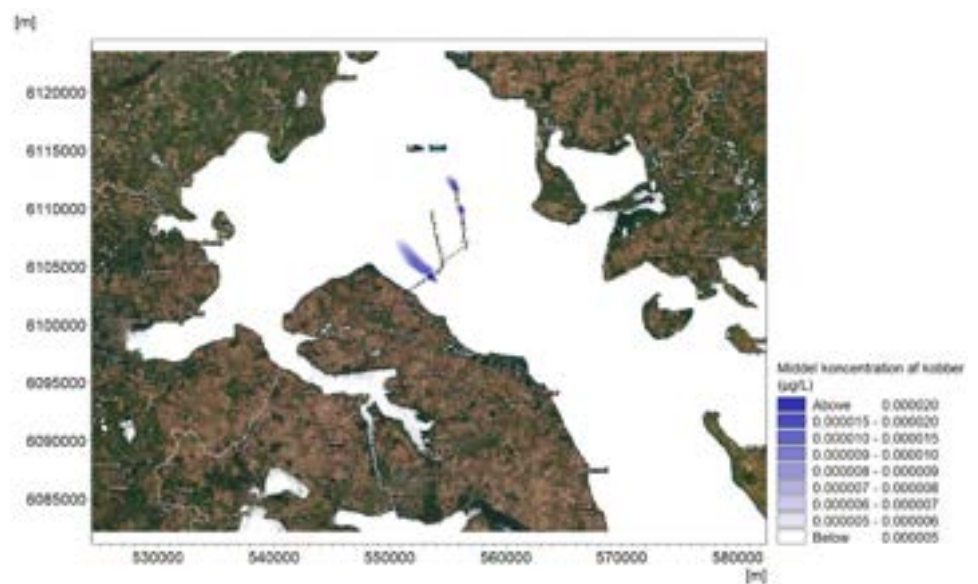
Figur D- 37 Layout 5: Nedspuling af kabler. Modelleret middelkoncentration af arsen



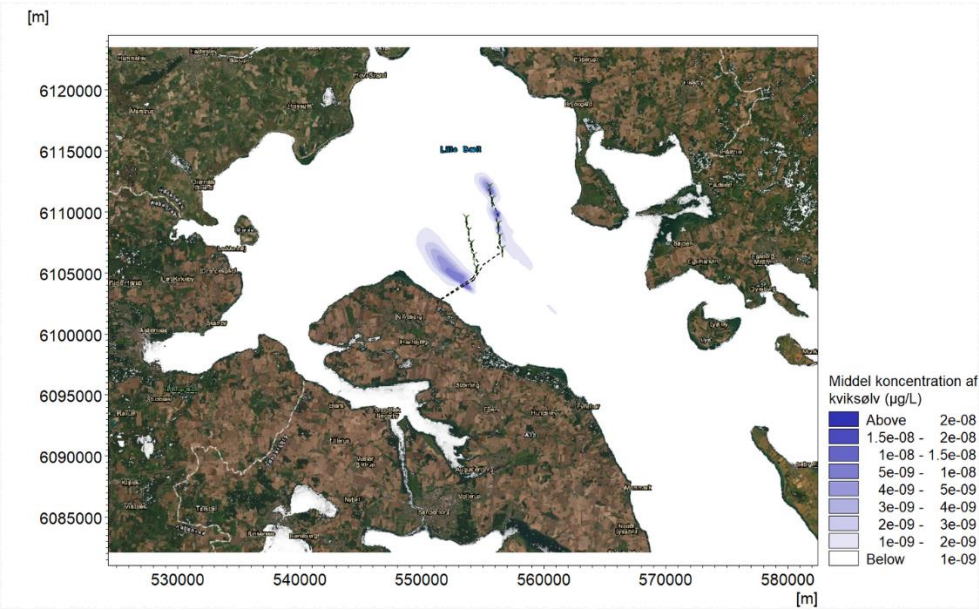
Figur D- 38 Layout 5: Nedspuling af kabler. Modelleret middelkoncentration af cadmium



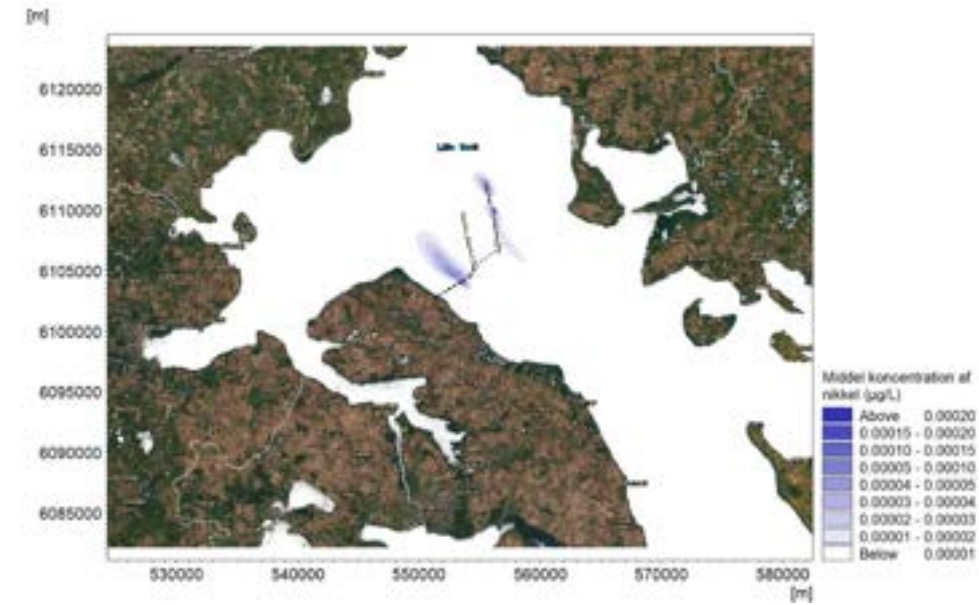
Figur D- 39 Layout 5: Nedspuling af kabler. Modelleret middelkoncentration af krom



Figur D- 40 Layout 5: Nedspuling af kabler. Modelleret middelkoncentration af kobber



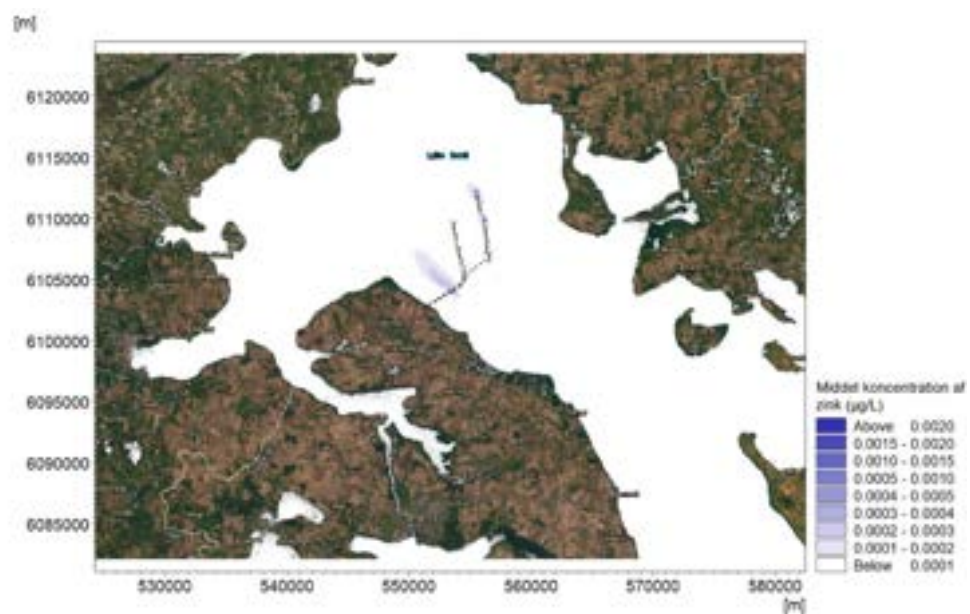
Figur D- 41 Layout 5: Nedspuling af kabler. Modelleret middelkoncentration af kviksølv



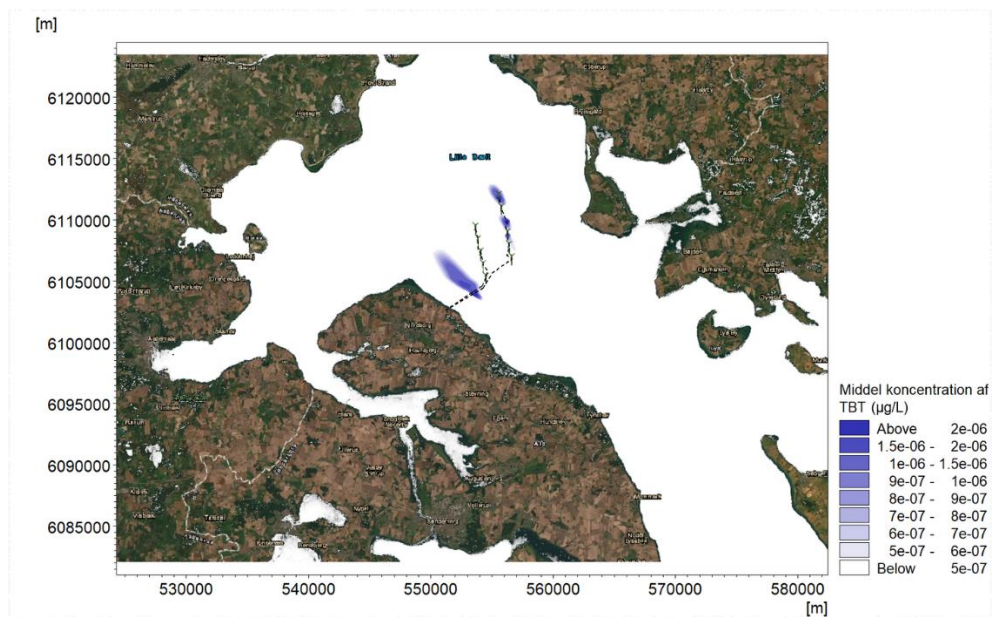
Figur D- 42 Layout 5: Nedspuling af kabler. Modelleret middelkoncentration af nikkel



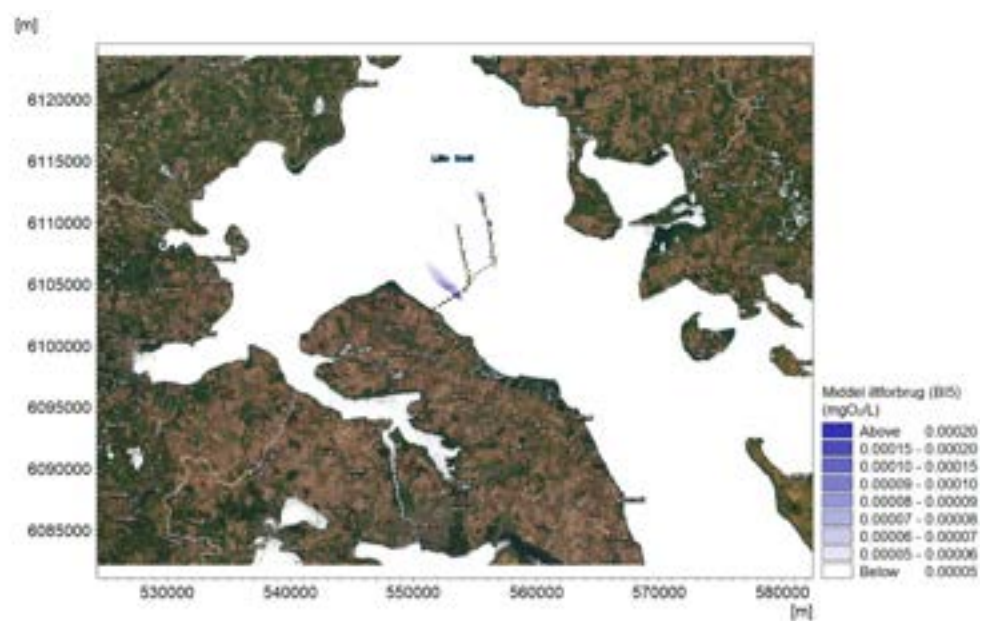
Figur D- 43 Layout 5: Nedspuling af kabler. Modelleret middelkoncentration af bly



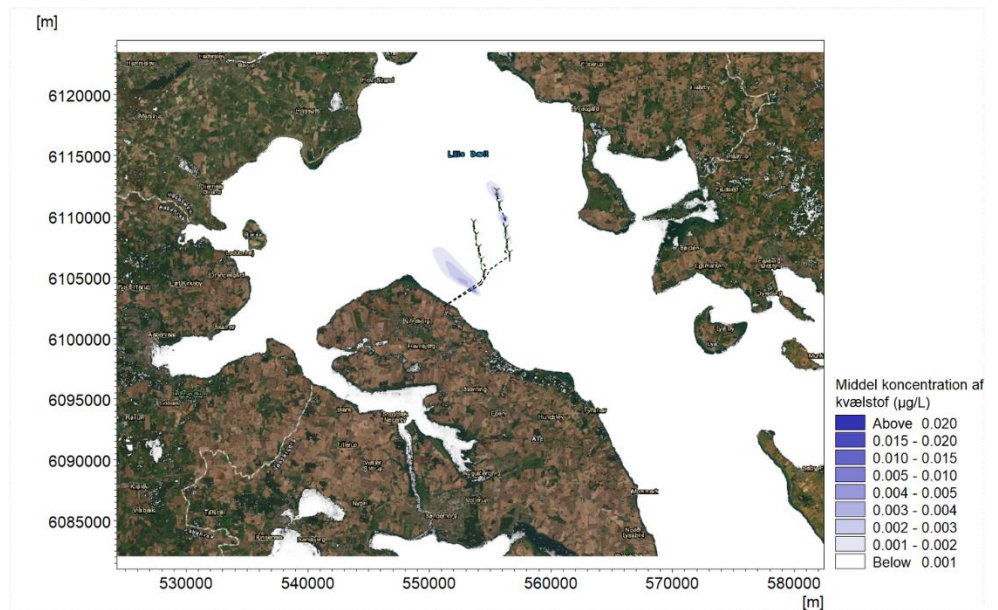
Figur D- 44 Layout 5: Nedspuling af kabler. Modelleret middelkoncentration af zink



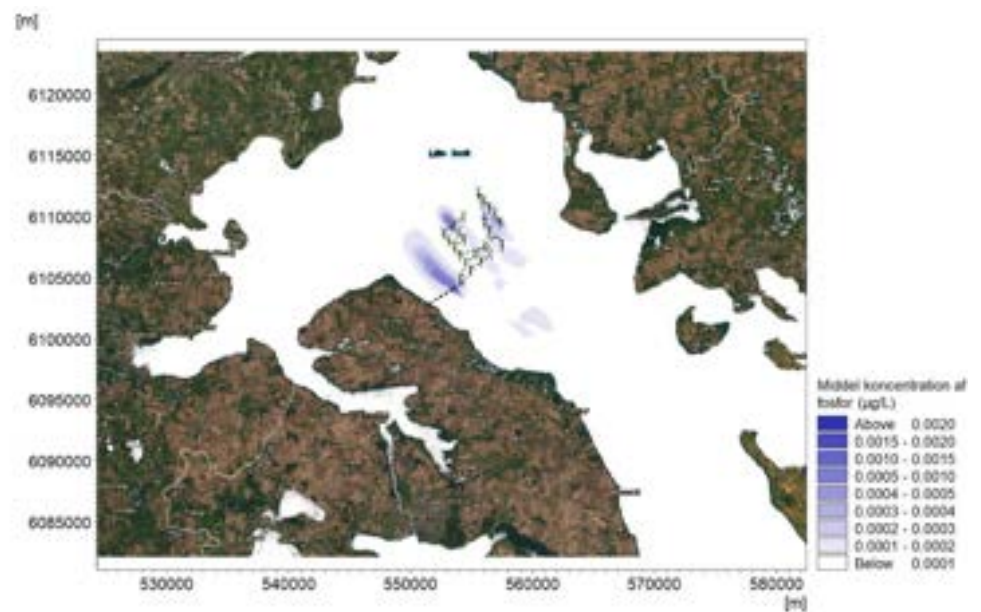
Figur D- 45 Layout 5: Nedspuling af kabler. Modelleret middelkoncentration af TBT



Figur D- 46 Layout 5: Nedspuling af kabler. Modelleret middelkoncentration af BI5



Figur D- 47 Layout 5: Nedspuling af kabler. Modelleret middelkoncentration af kvælstof



Figur D- 48 Layout 5: Nedspuling af kabler. Modelleret middelkoncentration af fosfor

Middelkoncentrationerne for layout 5, spuling i layout 1 bestemt over 19 døgn. Da middelkoncentrationen er modelleret over en periode der er længere end perioden for udgravning for et enkelt fundament (1,4 dage), er den modellerede middelkoncentration modificeret iht forholdet mellem modelleringsperiode og graveperioden.

Tabel 6-7 Layout 5
Middelkoncentrationsforhold af frigivne stoffer: 8 tungmetaller, TBT, BOD, N og P

Stof	Maks. middel-koncentration (µg/L)	Koncentration under graveperiode (µg/L)	IFF. koncentration (µg/L)	Resulterende (µg/L)	Krav (Bek. 796) (µg/L)	Nat. baggrund (µg/L)	Resulterende krav-værdi (µg/L)
arsen	1,0E-05	1,4E-04	1,06	1,06	0,6	1	1,6
cadmium	4,0E-07	5,4E-06	0,025	0,025	0,2	-	0,2
krom	1,0E-05	1,4E-04	0,38	0,38	3,4	-	3,4
kobber	2,0E-05	2,7E-04	0,68	0,68	1	0,5	1,5
kviksølv	1,0E-08	1,4E-07	0,0013	0,0013	0,07	-	0,07
nikkel	1,0E-04	1,4E-03	0,5	0,5	8,6	-	8,6
bly	1,5E-04	2,0E-03	0,56	0,56	1,3	-	1,3
Zink	4,0E-04	5,4E-03	4,3	4,3	7,8	1	8,8
TBT	2,0E-06	2,7E-05	0	2,7E-05	0,0002	-	0,0002
BI5**)	1,5E-04	2,0E-03	2	2	-	-	-
N	4,0E-03	5,4E-02	240	240	-	-	-
P	1,0E-05	1,4E-04	30	30	-	-	-

**) BI5 er givet i mgO₂/L

Middelkoncentration: Aflæsning fra figurer i Bilag D for hele simuleringsperiode
IFF: I forvejen forekommende koncentration (Københavns kommune, 2017), bortset fra kviksølv, som er fra Aarhus Bugt 2021 (Miljodata.dk (miljoeportal.dk)). Størrelsesorden for IFF af BOD i havvand efter ([bod in marine water - Google-søgning](#))

Resulterende: Koncentration under gravning+ IFE

Krav: Fra Bekendtgørelse nr. 796 af 13/06/2023

Naturlig baggrund: MST, 2017a

Resulterende krav= Krav (Bekendtgørelse nr. 796 af 13/06/2023)+Nat. baggrund