



BILAGSRAPPORT SKAGEN

MILJØKONSEKVENSRAPPORT
KYSTBESKYTTELSE

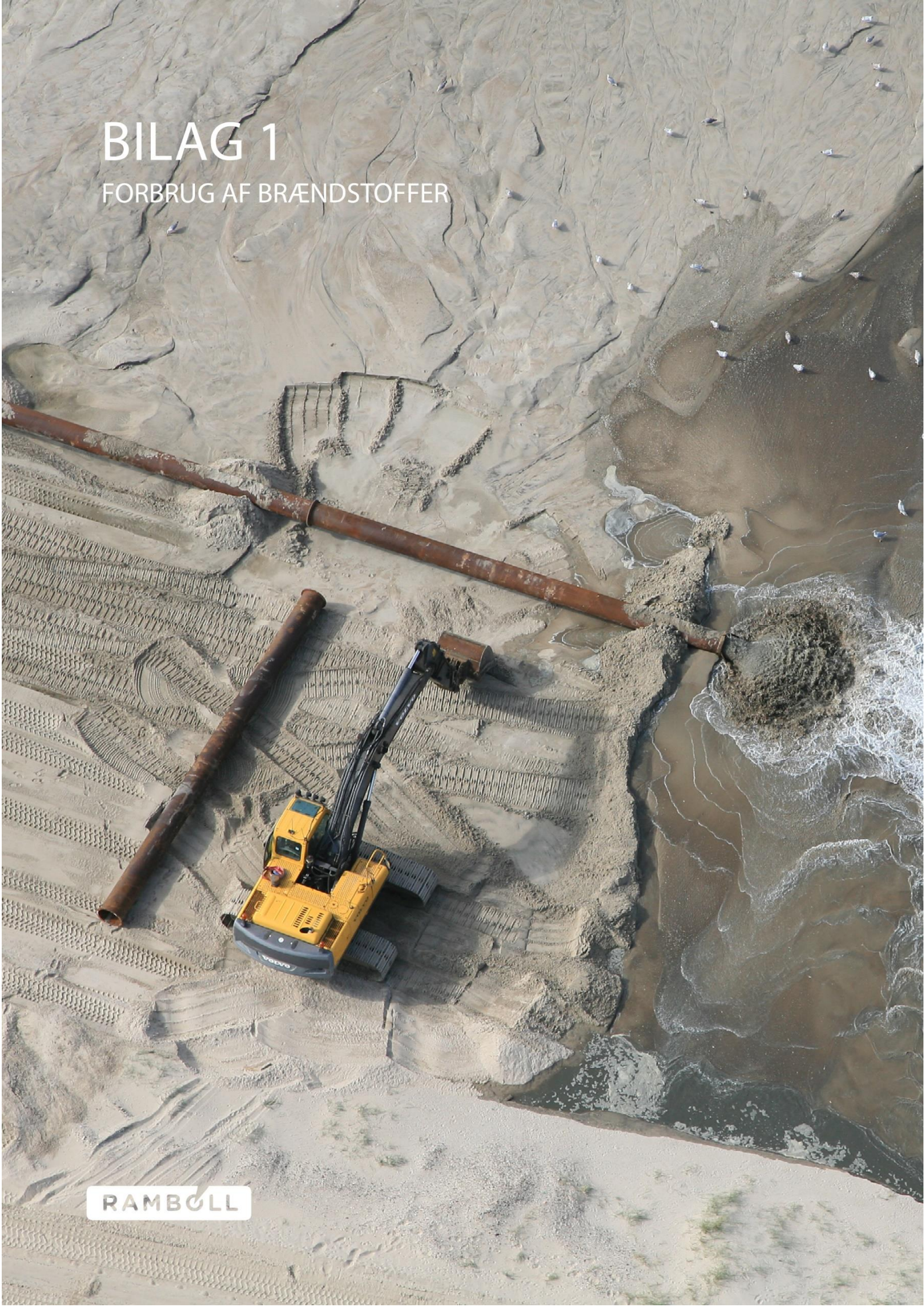
BILAG 1	FORBRUG AF BRÆNDSTOFFER	4
BILAG 2	STØJ OG UNDERVANDSSTØJ	10
BILAG 3	SKIBSTRAFIK OG RISIKO FOR STØRRE ULYKKER	20
BILAG 4	SEDIMENTATION, HYDRAULIK, MORFOLOGI	26
BILAG 5	EMISSIONER	27
BILAG 6	EMISSIONER – RESULTATER	42
BILAG 7	BUNDFauna OG BUNDFLORA	43
BILAG 8	ARTBESKRIVELSE MARINE FORHOLD, FISK	44
BILAG 9	VÆSENTLIGHEDSVURDERING	102

Forord

Denne bilagsrapport indeholder fagbilag, der indgår som en del af den samlede miljøkonsekvensrapport for kystbeskyttelse på strækningen ved Skagen.

BILAG 1

FORBRUG AF BRÆNDSTOFFER



RAMBOLL

I det følgende beskrives metoden og resultaterne for beregning af brændstofressourcer i forbindelse med kystbeskyttelse af to specifikke kyststrækninger, hhv. en nord og en syd for Skagen Havn. Oplysninger om andet ressourceforbrug i forbindelse med projektet er beskrevet i kapitel 3 om *Projektbeskrivelse* i miljøkonsekvensrapporten.

1.1 Opgørelse over brændstofforbrug

Afsnittet beskriver forbruget af brændstoffer i forbindelse med kystbeskyttelse af to strækninger, der ligger hhv. nord og syd for Skagen Havn.

1.1.1 Scenarier

Der er foretaget beregning af olieforbruget der skal skønnes anvendt til sandfordringen. Der er foretaget beregning på følgende scenarier.

Scenarie 1a omfatter:

- 1-3 sandfodringskibe med laststørrelse 2.000 m³ opererer på den samme kampagne. Kampagnen gennemføres enten som kystnær fodring eller strandfodring.
- Kystnær fodring sker alene ved klapning.
- Losningstiden er estimeret til fem minutter per tur.

Scenarie 1b omfatter:

- Strandfodring sker ved indpumpning via bundliggende rørledning. Antal af skibe er tilpasset, så der aldrig er ventetid ved pumperørledningen, forventeligt ét til tre skibe.
- Der anvendes samme skibsstørrelser, som scenarie 1a.
- På land arbejder to gravemaskiner med håndtering af rørledningen, og én gummiged supporterer med flytning af rørledning og gennemfører afretning til sidst efter indpumpning. Der tages ikke højde for olieforbruget og emissioner for maskiner på land.
- I forhold til scenarie 1a er det kun losningstiden, som er ændret. Denne var fem minutter per tur i scenarie 1a, og er estimeret til 80 minutter per tur i scenarie 1b.

Scenarie 2a omfatter:

- Ét sandfodringskib med laststørrelse 6.000 m³ opererer på den samme kampagne. Kampagnen gennemføres enten som kystnær fodring eller strandfodring.
- Kystnær fodring sker ved delvis rainbowing (op til 50 % af lasten) og delvis klapning (50 % af lasten).
- Losningstiden er estimeret til 60 minutter per tur.

Scenarie 2b omfatter:

- Strandfodring sker ved indpumpning via bundliggende rørledning.
- Der anvendes samme skibsstørrelser, som scenarie 2a.
- På land arbejder to gravemaskiner med håndtering af rørledningen, og én gummiged supporterer med flytning af rørledning og gennemfører afretning til sidst efter indpumpning. Der tages ikke højde for olieforbruget og emissioner for maskiner på land.
- I forhold til scenarie 2a tager losning i scenarie 2b 80 minutter per tur mod 60 minutter per tur i scenarie 2a.

Brændstofmængden til entreprenørmaskiner på land er begrænset i forhold til brændstofforbruget til skibe for scenarierne, og er derfor ikke opgjort i det følgende.

1.1.2 Beregninger og antagelser

Beregningen er foretaget på baggrund af skibsstørrelse og afstand mellem indvindingsområde og kysten.

Sejladsdistancerne omfatter kun sejlads, mens sandfodringskibene er i gang med sandfodringsaktiviteter. Sejlads, grundet skibet skal have nye forsyninger, anden service, eller skibet ligger til i havn, er ikke medtaget.

Der ses desuden bort fra den tid, der er anvendt til indvinding af sand. Således estimeres kun sejltid mellem indvindingsområde og kyststrækningen og tilbage igen samt losningstid, for dernæst at kunne estimere forbruget af bunkerolie nødvendig for operationen.

I hvert scenarie skal der leveres 300.000 m³ sand i perioden fra 2020-24, hentet fra indvindingsområdet nordøst for Skagen.

Skibene anvendt til scenarierne er kort gengivet i Tabel 1-1.

	Sandfodringskib 2.000 m ³	Sandfodringskib 6.000 m ³
Dybgang, fuld lastet	4,5 m	7,0 m
Indvinding	60 min.	70 min.
Sejlhastighed	9 knob	10 knob
Splitning, effektiv	5 min.	5 min.
Rainbowing, effektiv	60 min.	60 min.
Rørledning, effektiv	80 min.	80 min.
Klargøring til indbygning/indvinding	15 min.	15 min.
Maks. sandvolumen ombord, skibsmål	1.400	4.500

Tabel 1-1. Specifikationer på udvalgte skibsstørrelser.

Generelt og uafhængig af skibsstørrelse er det estimeret, at 1 m³ opsuget vand plus sand vejer 1,5 ton, at skibet kun kan fyldes 2/3, før maksimal dybgang nås, og at kun 2/3 af det opsugede materiale er sand. At skibet evt. kun losser 90% af sin last, er indeholdt i, at skibet kun kan laste 2/3, før det opnår sin maksimale dybgang. Tørstofvolumen tilladt på sandfodringskibene er vist i Tabel 1-2.

Lastekapacitet (m ³)	Sandfodringskib 2.000 m ³	Sandfodringskib 6.000 m ³
Tørstofvolumen pr tur (m³)	889	2.667

Tabel 1-2. Tørstofvolumen tilladt på sandfodringskibene.

Beregningerne for olieforbrug per time er gjort i Excel programmet "SHIP-DESMO" for Bulk Carrier, som er tilgængelig på danske rederiers hjemmeside. Programmet er tilpasset sandfodringskibenes egenskaber, efter konsultation med programmets udvikler.

Sandfodringskibenes olieforbrug per time i tom og fuld tilstand, samt ved losning ses i Tabel 1-3. Olieforbruget ved losning er estimeret til at være 1,5 gange forbruget i fuld lastet tilstand.

	2.000 m ³	6.000 m ³
Olieforbrug, tomt (kg/time)	141	312
Olieforbrug, fuldt (kg/time)	128	267
Olieforbrug, losning (kg/time)	192	401

Tabel 1-3. Forbrug af olie pr. time for modelskibet i tom og fuld tilstand, samt ved losning.

Der er et højere olieforbrug ved tom last, da det antages, at skibet sejler med 40 % ballast efter losning og tilbage til indvindingsområdet. Dette gøres for at sikre, at skibets skruer er under vandets overflade, hvilket ikke er den optimale tilstand for sejlads, da der er større modstand, når skibet sejler, hvilket medfører et øget olieforbrug i forhold til, når skibet har fuld last. Vejrforholdene er altid antaget at være Beaufort 4.5.

1.1.3

Resultater

Resultaterne for hvert scenarie er præsenteret nedenfor.

Scenarie 1a

Der benyttes et skib med en lastekapacitet på 2.000 m³ med egenskaberne beskrevet i Tabel 1-1.

For et skib med lastekapacitet på 2.000 m³, medfører antagelserne om lasteevne, at det maksimalt kan fragte 889 m³ sand per tur. Givet den totale mængde sand, der skal fragtes, skal der foretages i alt 338 ture. Middelfaststanden per tur betyder, at skibene i alt skal sejle 5.063 km.

Det antages at sandfodringskibene sejler med en konstant hastighed på ni knob, se Tabel 1-4.

	Tomt	Fuld	Losning
Sejltid (timer)	152	152	338

Tabel 1-4. Tid brugt på sejlads og losning for scenarie 1a.

Det totale olieforbrug for scenarie 1a er vist i Tabel 1-5.

Tilstand	Olieforbrug (kg)
Tomt	21.397
Fuldt	19.445
Losning	64.963
I alt	105.805

Tabel 1-5. Olieforbrug for scenarie 1a.

Scenarie 1b

Skibene skal sejle samme afstand, som i scenarie 1a, dvs. 5.063 km, men bruger 80 minutter på losning i stedet for fem minutter.

Det antages, at sandfodringskibene sejler med en konstant hastighed på ni knob, se Tabel 1-6.

	Tomt	Fuld	Losning
Sejltid (timer)	152	152	450

Tabel 1-6. Tid brugt på sejlads og losning for scenarie 1b.

Det totale olieforbrug for scenarie 1b er vist i Tabel 1-7.

Tilstand	Olieforbrug (kg)
Tomt	21.397
Fuldt	19.445
Losning	86.618
I alt	127.460

Tabel 1-7. Olieforbrug for scenarie 1b.

Scenarie 2a

Der benyttes et skib med en lastekapacitet på 6.000m³ med egenskaberne beskrevet i Tabel 1-1.

For et skib med lastekapacitet på 6.000 m³ medfører antagelserne om lasteevne, at det maksimalt kan fragte 2.667 m³ sand per tur. Givet den totale mængde sand, der skal fragtes, skal der foretages i alt 113 ture. Middelfaststanden per tur betyder, at skibene skal sejle i alt 1.688 km.

Sandfodringskibene sejler konstant med en hastighed af ti knob, se Tabel 1-8.

	Tomt	Fuld	Losning
Sejltid (timer)	45	45	113

Tabel 1-8. Tid brugt på sejlads og losning for scenarie 2a.

Det totale olieforbrug for scenarie 2a er vist i Tabel 1-9.

Tilstand	Olieforbrug (kg)
Tomt	14.182
Fuldt	12.141
Losning	45.066
I alt	71.389

Tabel 1-9. Olieforbrug for scenarie 2a.

Scenarie 2b

Skibene skal sejle samme afstand som i scenarie 2a, dvs. 1.688 km, men bruger 80 minutter på losning i stedet for op til 60 minutter.

Sandfodringskibene sejler konstant med en hastighed på ti knob, se Tabel 1-10.

	Tomt	Fuld	Losning
Sejltid (timer)	45	45	150

Tabel 1-10. Tid brugt på sejlads og losning for scenarie 2b.

Det totale olieforbrug for scenarie 2b er vist i Tabel 1-11.

Tilstand	Olieforbrug (kg)
Tomt	14.182
Fuldt	12.141
Losning	60.088
I alt	86.401

Tabel 1-11. Olieforbrug for scenarie 2b.

Opsummering

Beregningen af det totale olieforbrug under hvert scenarie er angivet i Tabel 1-12. Dertil kommer et mindre forbrug af brændstoffer til entreprenørmaskiner på land, som kun udgør en mindre del af det samlede brændstofforbrug og derfor ikke er indregnet.

Olieforbrug i kg			
1a	1b	2a	2b
105.806	127.460	71.389	86.411

Tabel 1-12. Totalt forbrug fra skibe under alle scenarier ved strandfodring og kystnær fodring i perioden 2020-24.

BILAG 2

STØJ OG UNDERVANDSSTØJ



RAMBØLL

De støjmæssige konsekvenser af aktiviteterne i forbindelse med kystbeskyttelse på kyststrækningen ved Skagen er undersøgt og beskrevet i dette bilag.

2.1 Støj

Støj defineres generelt som uønsket lyd. Lyd måles i enheden decibel, forkortet dB. Der tages ved måling og beregning af støj hensyn til, hvordan det menneskelige øre opfatter lyd, kaldet A-vægtning, og resultatet angives som normalt med enheden dB(A). Decibel er en logaritmisk enhed, og hvis to lige store støjniveauer adderes, vil det give et resultat, som er 3 dB højere.

Støj i forbindelse med kystbeskyttelse vil ofte være varierende, også over kortere tid. I løbet af en dag kan en række aktiviteter foregå samtidig eller afløse hinanden, hvilket medfører variationer i støjen. Også over længere tid kan der være meget betydelige variationer, når anlægsarbejdet går fra en fase til en anden eller en projektaktivitet flytter sig i terrænet. Det er ikke mindst tilfældet ved kystbeskyttelse, hvor en del af arbejdet flytter sig langs stranden og derfor ofte kun optræder i kortere tid nær en bestemt bolig. Andre aktiviteter er mere knyttet til bestemte lokaliteter og i længere tid, f.eks. oplagspladser.

Endelig er det karakteristisk, at anlægsarbejde, og dermed støjen, er midlertidig og på et tidspunkt ophører helt, når kystbeskyttelsen på en given strækning er færdig.

2.2 Beregning af støj

Kystbeskyttelse indebærer brug af en række maskiner og udstyr, der kan give anledning til generende støj i omgivelserne. I forbindelse med kystbeskyttelsen, vil støjfølsomme bygninger nær kysten udsættes for støjbelastning, i forbindelse med indsejling og håndtering af sand på stranden.

2.2.1 Støjklilder

I projektbeskrivelsen beskrives fire mulige scenarier for sandfodring. Det er valgt i det følgende at tage udgangspunkt i det scenarie, der giver anledning til mest støj – dvs. et scenarie med strandfodring, hvor der både kommer støj fra fartøjer og entreprenørmaskiner på land. Støjbelastningen, der beskrives, vil derfor være den værste (worst case), som naboer kan blive udsat for i forbindelse med kystbeskyttelse.

Støjberegningerne anvender en beregningsmodel, hvori der indgår en række støjklilder. Støjklilderne er

- Rørledning og rørmunding fra sandfodringsskib på havet (støj målt af Rambøll ved strandfodring i Skagen, efteråret 2018)
- Gravemaskiner, dozer og frontlæsser på stranden

Gravemaskiner, gummiged og dozer arbejder med fordeling af det indpumpede sand og flytter røret fra sandfodringsskibet langs stranden efter hver tømning af skib. Aktiviteterne forudsættes i drift i 100% af tiden.

Støjklilderne i Tabel 2-1 er enten oplyst som generelle værdier for det givne typekøretøj eller målte kildestyrker. Den mest støjende situation i forbindelse med kystbeskyttelsen er valgt til fremvisning af støjbelastningen. Det forventes derfor, at der ikke vil være et højere støjniveau end det anviste af resultaterne.

Type	Effekt [L _{WA}]	Antal	Total effekt fra typen [L _{WA}]
Caterpillar CAT374 (Gravemaskine)	108	2	111
Caterpillar C9,3 227 kW (Dumper)	108	1	108
CAT D8 LGP 245 kW (Buldozer)	113	1	113
Multipurpose vessel	108	1	108
Self discharger / boxhold	111	1	111
Pipelines	110	1	110
TSHD Utrecht (Sandfordringsskib)	110	1	110
Fordelingsslanger	108	1	108
I alt	-	-	119,2

Tabel 2-1. Anlægsarbejde på kysten i forbindelse med den planlagte kystbeskyttelse.

2.2.2

Beregningsmetode

Støjkilderne er derefter placeret i beregningsprogrammet SoundPLAN, som kan simulere støjni-
veauet. SoundPLAN indeholder Miljøstyrelsens foreskrevne metoder til beregning af støj fra indu-
stri og er det i Danmark anvendte støjberegningsprogram. Støjudbredelsen vil variere alt efter
højden på klitten samt antallet af bygninger mv., der skærmer for støjkilden. Klitten er på stør-
stedelen af strækningen lav, hvorfor støjudbredelsen ikke forventes at blive dæmpet væsentligt
af klitten. Støjberegningerne er derfor foretaget ud fra en simpel beregningsmodel med fladt ter-
ræn. Der er ikke taget hensyn til eventuel afskærmning fra bygninger.
Overflader af terrænet er enten beregnet akustisk hårdt (vandoverflader) eller akustisk blødt
(landoverflader). Siden støjen dæmpes af porøse terræn, vil støjen være højere over vandover-
flader i støjudbredelseskortene.

Bygninger ses grafisk på støjudbredelseskort, men er ikke medtaget i beregningsscenarierne.
Eventuelle refleksioner og afskærmning fra bygningerne er derfor ikke med i undersøgelsen. Stø-
jens udbredelse præsenteres i en højde som ved almindelige opholdsarealer, 1,5 meter over ter-
ræn.

Støjen samles i en arealkilde over et område på 50 meter i bredden og 100 meter i længden. Det
forudsættes derfor, at der støjes ens over arealet. Arealkilden flyttes herefter op langs kysten
over hele kyststrækningen, hvor strandfodring er forventet.

Ud fra de ovenstående forhold er der i SoundPLAN udregnet afstande, hvor støjens styrke fra
strandfodringen er faldet til 70 dB(A), 60 dB(A), 50 dB(A) og 40 dB(A). De beregnede afstande
kan ses af nedenstående tabel.

• Terræn	Afstand fra strandfodringen, hvor støjen er faldet til...			
	70 dB(A)	60 dB(A)	50 dB(A)	40 dB(A)
Fladt	70 meter	200 meter	520 meter	1.160 meter
10 meter klit/skrænt	40 meter	120 meter	330 meter	800 meter

Tabel 2-2. Afstande fra strandfodringen, hvor støjens styrke er faldet til hhv. 70 dB(A), 60 dB(A), 50 dB(A) og 40 dB(A).

Afstandene benyttes til at lave zoner omkring linjeføringen, hvor det forudsættes, at strandfodringen vil foregå. Zonerne er derfor ikke et udtryk for det støjniveau, som området vil udsættes for under hele strandfodringsaktiviteterne, med derimod et udtryk for støjniveauet på det tidspunkt, hvor strandfodringen giver anledning til de mest støjende forhold på den aktuelle lokalitet. Når strandfodringsaktiviteterne flytter sig op langs kysten, vil støjbelastningen derfor blive lavere i det pågældende område.

Samme fremgangsmåde er benyttet i en række gennemførte VVM-redegørelser for Vejdirektoratet og Banedanmark. Metoden er derfor gennemtestet i forbindelse med større anlægsarbejder, hvor anlægsarbejdet flyttes i forbindelse med byggeriet, i dette tilfælde strandfodringen. Et eksempel på dette er VVM-redegørelsen for Rute 54 Næstved-Rønnede¹ eller VVM-redegørelsen for Ny Bane til Billund².

2.2.3 Impulser

For visse typer anlægsarbejde kan der være risiko for, at støjen vil indeholde tydeligt hørbare impulser eller toner, der er ekstra generende. Den ekstra gene, der er knyttet til tydeligt hørbare impulser og toner, svarer til, at det målte eller beregnede støjniveau får et tillæg på 5 dB.

Det er imidlertid først i en kontrolsituation under arbejdets udførelse, at det med sikkerhed kan konstateres, om fænomenerne indgår i støjen, og om støj fra andre kilder, f.eks. trafikstøj, maskeerer eventuelle impulser eller toner, så de ikke er tydeligt hørbare.

I forbindelse med den planlagte kystbeskyttelse vil der dog med stor sandsynlighed ikke optræde tydeligt hørbare impulser i støjen, da der ikke indgår aktiviteter så som f.eks. ramning af spuns. I beregningerne af anlægsstøjen er der i denne undersøgelse ikke medtaget tillæg for toner og impulser.

2.2.4 Vibrationer

Anlægsarbejde kan undertiden give anledning til mærkbare vibrationer, der kan være generende. Normalt kan vibrationer med en styrke under 72 dB(KB) ikke registreres af mennesker. Det vurderes, at de projektaktiviteter, der gennemføres, ikke vil give anledning til betydende vibrationer, da sandfodringsaktiviteterne forbundet med anvendelse af skibe på havet og entreprenørmaskiner på land og deres påvirkning af omgivelserne er velkendte og ikke indeholder mekanisk eller anden aktivitet, som giver anledning til vibrationer, som afviger fra normal skibstrafik.

Det er dog ikke på samme måde som for støj på forhånd muligt at beregne, hvordan vibrationer spredes gennem jorden fra f.eks. arbejde på stranden til en bygning i omgivelserne. I denne undersøgelse er vurderinger af risikoen for vibrationspåvirkninger derfor baseret på erfaringer fra andre tilsvarende projekter med lignende projektaktiviteter, da der på kysten anvendes velkendte entreprenørmaskiner, og dette ikke anses for værende forbundet med risiko for vibrationsproblemer hos naboer til sandfodringsarbejdet.

Vibrationer fra sandfodringsaktiviteterne forventes ikke at medføre væsentlige komfortgener for naboer til stranden. Ligeledes forventes aktiviteterne ikke at give anledning til bygningsskader.

2.2.5 Lavfrekvent støj

Lavfrekvent støj er den del af den totale støj, der ligger i frekvensområdet 10–160 Hz. Lavfrekvent støj vurderes indendørs i bygninger. Det forventes ikke, at arbejdet i forbindelse med den planlagte kystbeskyttelse vil omfatte støjklender, der i særlig grad udsender lavfrekvent støj. Det

¹ Vejdirektoratet, 2016, VVM-redegørelse Rute 54, https://www.vejdirektoratet.dk/api/drupal/sites/default/files/publications/rute_54__nstvedrnede_1.pdf

² BaneDanmark, 2018 VVM-redegørelse Ny Bane til Billund, <https://www.bane.dk/Borger/Baneprojekter/Kommende-baneprojekter/Ny-bane-til-Billund/dokumenter>

vil derfor være totalstøjen (alle hørbare frekvenser), der er udslagsgivende for, om støj i det hele taget vil give anledning til væsentlige gener. Det vil også være tilfældet på større afstand af støj-kilderne, selvom støjen her kan opleves som mere lavfrekvent, fordi højfrekvent støj dæmpes mere end lavfrekvent støj over større afstand.

2.3 Støjbelastning

Der er i Danmark ikke fastsat generelle vejledende grænseværdier for støj fra anlægsarbejde, men det er almindelig praksis at vurdere støj fra anlægsarbejder i forhold til de kriterieværdier og almindelige arbejdstider, der fremgår af Tabel 2-3. Hvis kriterieværdierne overholdes, anses støjen fra anlægsarbejdet som ikke væsentlig. Det er praksis, at støjensyn ved anlægsarbejde fortrinsvis tager sigte på at begrænse gener for helårsboliger og tilsvarende.

Tidsrum	Kriterieværdi for væsentlig støj
Almindelig arbejdstid (dagperioden på hverdage, mandag til fredag kl. 07 – 18)	70 dB(A)
Alle andre tidsrum	40 dB(A)

Tabel 2-3. Kriterieværdier for væsentlig støj fra anlægsarbejde. Værdierne er det energiækvivalente, korrigerede, A-vægtede støjniveau, støjbelastningen, L_r i dB. Kriterieværdierne anvendes til vurdering af støj på facaden af helårsboliger og tilsvarende.

Antallet af støjfølsomme bygninger og øvrige bygninger i 70 dB(A) zonen og i 40 dB(A) zonen er optalt og gengives i miljøkonsekvensrapportens kapitel 20 om *Befolkning og menneskers sundhed* samt i afsnit 2.4 i dette bilag. Derved vises de støjfølsomme ejendomme, som er støjbelastet, hvis arbejdet foregår inden for almindelig arbejdstid (boliger udsat for støj over 70 dB(A)), og hvis det foregår i andre tidsrum (boliger der er udsat for støj over 40 dB(A)).

Støjberegningerne er udført med en simplificeret udbredelsesmetode, som giver et udtryk for støjniveauet i "worst case". Det er beregnet i hvilken afstand fra strandfodringsaktiviteten, at støjniveauet er 40 dB(A) og 70 dB(A). Baseret på de beregnede afstande er antallet af boliger, som kan blive udsat for støj bestemt.

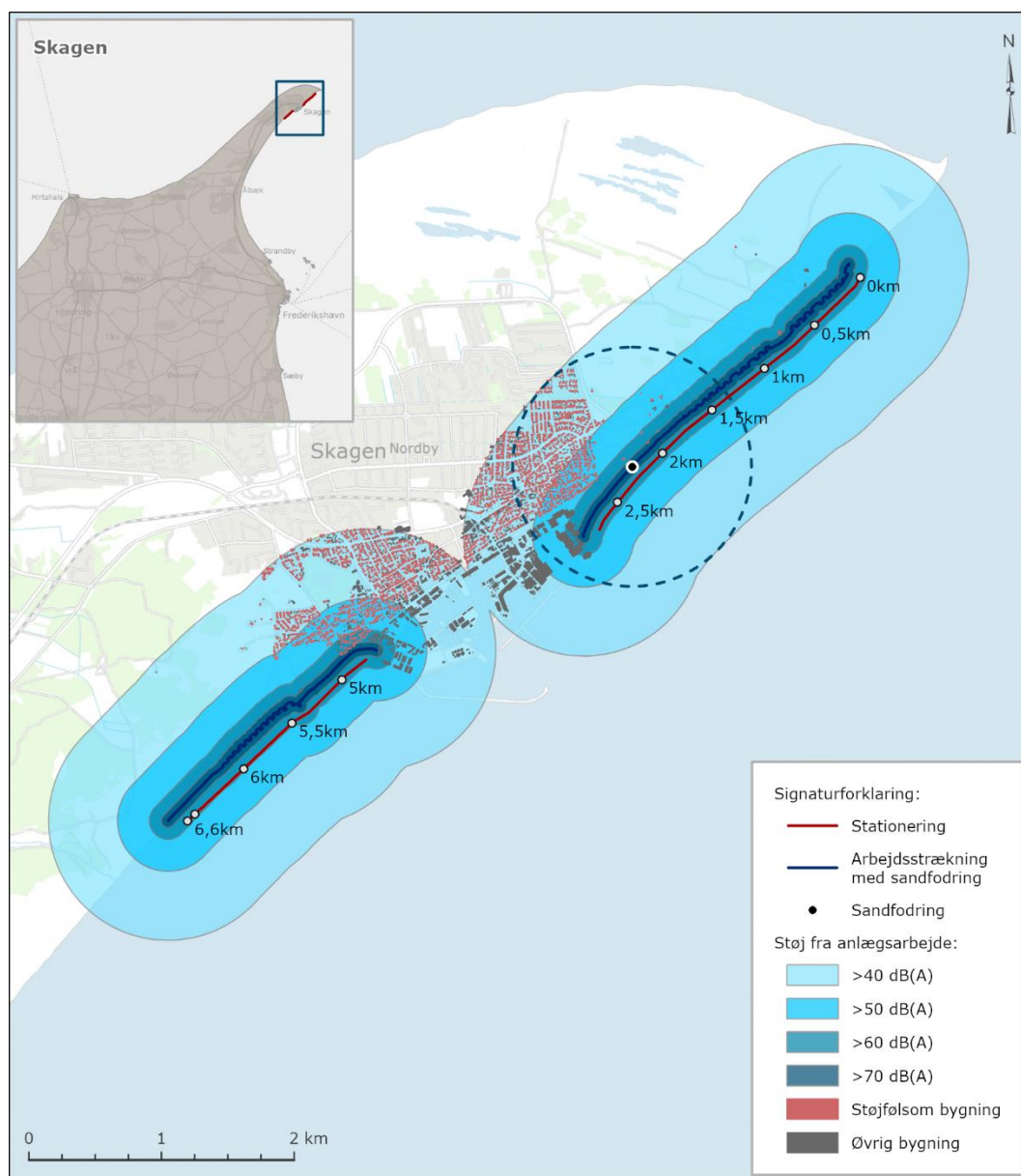
Støjens karakter vil være domineret af entreprenørmaskinernes dieselmotorer samt situationer med markant støj som følge af et stort indhold af større sten i indpumpet sandmateriale eller fordeling af eksisterende sand på stranden. Støjens karakter er typisk bredspektret uden betydende impulser eller toner i støjen. Det forventes ikke, at strandfodringsarbejdet vil omfatte støjklender, der i særlig grad udsender lavfrekvent støj. Dog vil strandfodringsstøjen på større afstande opleves mere lavfrekvent, da den højfrekvente del af støjen dæmpes ved absorption i luften.

I forbindelse med sandfodringen vil arbejdet komme til at forgå i en koncentreret periode, hvor arbejdet vil kunne foregå hele døgnet. Arbejdet vil dog flytte sig langs kysten således, at det kun vil forgå samme sted i en afgrænset periode.

2.4 Støjudbredelse

Støjudbredelse i forbindelse med kystbeskyttelsen i perioden 2020-24 vil omfatte de samme støjklender, som hidtil er forekommet på strækningen, herunder sandfodringskibe, entreprenørmaskiner mv. For at vurdere støjbelastningen er støjudbredelsen beregnet for et worst-case scenarie, hvor udbredelsen af en belastning mellem 40-70dB(A) og over 70dB(A), i fladt terræn uden klitter, er vist på støjudbredelseskort på Figur 2-1. Indenfor de beregnede støjkurver ligger der på strækningen en række bygninger, der er benævnt som 'støjfølsomme bygninger'. Støjfølsomme bygninger er nærmere bestemt bygninger til helårsbeboelse, sommer- og feriehus, hvor det

med rimelighed forventes, at der sker ophold til overnatning over flere dage³. Hertil findes øvrige bygninger, som ikke er støjfølsomme. Det drejer sig om skure, carporte, lagerhaller, servicevirksomheder mv. (herunder hoteller og kolonihaver).



Figur 2-1. Støjudbredelse fra arbejde i forbindelse med strandfodring på strækningen ved Skagen. Den stiplede cirkel omkranser det område, der kan blive udsat for støj når strandfodringen bliver udført i cirkelns centrum. Strandfodringen vil imidlertid flyttes sig langs kysten. Den fuldt optrukne signatur viser de områder, der på et tidspunkt i løbet af sandfodringsperioden på strækningen kan blive udsat for støj over hhv. 70 dB(A) og 40 dB(A)⁴.

³ Note: Kolonihavehuse er ikke medtaget i kategorien 'støjfølsomme bygninger', da et kolonihavehus kan have mange forskellige udformninger, som ikke nødvendigvis bliver benyttet til overnatning i en længere periode. Hotel er heller ikke medtaget, da denne ligger i samme kategori (330) som restaurant, vaskeri, frisør osv. Et hotel kan også benyttes til en enkelt overnatning, hvorimod et sommerhusophold typisk strækker sig over flere dage.

⁴ Illustrationen tager ikke højde for støjbelastningsperioden. Note: Kortet er udarbejdet på baggrund af data fra Bygnings- og Boligregistret (BBR)

Det totale antal støjfølsomme bygninger, herunder bygninger til helårsbeboelse samt sommer- og feriehus, hvor der med rimelighed kan forventes ophold til overnatning over flere dage, er optalt inden for de beregnede støjkurver. Se Tabel 2-4.

Antal støjfølsomme bygninger					
> 70 dB	60 - 70 dB	50 - 60 dB	40-50 dB	40-70 dB	I alt
9	41	361	1.261	1.663	1.672

Tabel 2-4. Opgørelse over antallet af støjfølsomme bygninger, der kan blive påvirket af støj over 40 dB(A).

Heraf fremgår det, at 1.663 støjfølsomme bygninger potentielt kan blive påvirket af støj over 40 dB, mens ni bygninger kan blive påvirket af støj over 70 dB.

2.5 Beregning af undervandsstøj

Der er udført en undersøgelse af undervands støjudbredelse for forskellige sandfodringsaktiviteter som bliver brugt til at vurdere potentielle miljøpåvirkningers afstande fra aktiviteten til på havpattedyr.

Overordnet kan påvirkning af dyrene strække sig fra dyrenes evne til at opfatte støjen over maskering af deres indbyrdes kommunikation til flugt og ultimativt midlertidigt eller permanent tab af høreevne. Undervandslyd kan måles som en ændring i tryk og beskrives som lydtryk. Undervandslyd kan måles med en trykfølsom enhed (hydrofon). På grund af lydtryksamplitudernes store rækkevidde er det praktisk at anvende en decibel (dB) logaritmisk skala for at kvantificere trykniveauer. Lydtrykniveau under vand i decibel (dB) er defineret i følgende ligning:

$$\text{Lydtrykniveau (SPL)} = 20\log_{10} (P/P_0) \text{ [dB]}$$

P er trykket og P₀ er referencen. Referencen er 1 mikropascal (μPa) til undervandslyd, som er forskellig for lydtrykniveauerne i luften. Af denne årsag kan lydtrykniveauer i vand og luft ikke sammenlignes direkte.

Undervandslydniveauerne varierer i overensstemmelse med lydkildens tidssignatur og akustiske miljøforhold og kan defineres med hensyn til belastning, gennemsnit og/eller maksimalniveau. Følgende akustiske parametre bruges til at vurdere støjbelastningen fra de undervandslydkilder, som kan påvirke det identificerede lokale marinliv.

2.5.1 Støjklider

Den primære støjkilde til undervandsstøj er indvindingsskibet som også fungerer som indpumpningsskib. Skibet vil indeholde en række støjklider som udstråler støj i havet:

- Hovedmotor
- Hjælpemaskiner
- Sandpumper
- Rørledning tilsluttet skib ved indpumpning til land

Støjens karakter fra de ovennævnte støjklider er typisk bredspektret og uden dominerende toner og impulsstøj. Hovedmotor og hjælpemaskiner er dieselmotorer som for anden skibstrafik og vil ikke være dominerende. Pumper til pumpning af sand er typisk radialpumper som normalt ikke giver anledning til toner eller impulsstøj. Rørledning til indpumpning af sand vil normalt heller ikke være en kilde til kraftig støj.

Støjklilderne der er benyttet, er fremgået af Tabel 2-5.

Aktivitet	Støjkilde
Klapning, rainboring, pumping	500 Hz – 10 kHz

Tabel 2-5. Støjklilder benyttet til beregning af undervandsstøj i forbindelse med kystbeskyttelse baseret på et Hollandsk studie af støj fra en Suction Hopper Dredger⁵.

De målte undervandsstøj data var korrigeret til SEL, SEL PW og SEL HF værdier. For klapning er der brugt en ti minutters belastningstid og for rainboring og pumping og en 1/2 time belastningstid.

2.5.2 Anvendte akustiske parametre

Følgende nøgleord bruges i dette dokument:

Lydtrykniveau (SPL) - dette kvantificerer størrelsen af en lyd på et givet punkt og måles i decibel (dB). Som en relativ enhed citeres dB i forhold til 1 mikroPascal i undersøiske studier (dvs.: dB re 1 µPa).

Sound Exposure Level (SEL) - dette er et decibel-mål som beskriver hvor meget lydenergi en receptor (f.eks. et havpattedyr) har modtaget fra en begivenhed og normaliseres til et interval på et sekund (citeret i dB re 1 µPa 2 s). SEL kan betragtes som et logaritmisk mål for lydeksponering og dermed svarer en 3 dB stigning i SEL til en fordobling af lydenergi.

Kumulativ Sound Exposure Level (SEL (cum)) - dette er tidsintegrationen af det kvadrerede tryk i løbet af en lyd eller en række lyde. Dette muliggør at lyde af forskellig varighed og niveau, skal karakteriseres i forhold til total lydenergi (citeret i Pa 2 s).

2.5.3 Beregningsmetode

En konservativ formel til udregning af afstandsdæmpning (TL, dB) ved lav-vand udbredelse af undervandsstøj af $TL = 17 * \log(R) + \text{abs koefficient} * (R)$. Her bruges en frekvensbaseret absorptionsfaktor til at beregne afstanden til de tærskelværdier (TTS og PTS), som er fastsat for marine pattedyr.

De beregnede afstande er kumuleret over en times aktivitet, hvilket betyder at sæler og marsvin skal opholde sig i denne afstand i hele tidsrummet for at eksponeringsniveauet er korrekt.

En "worst case" antagelse om et stationært dyr er lavet og en som inkluderer undvigende bevægelse af modtagere (dyr) med realistiske antagelser om responsgrænser og flugadfærd. Modtager (dyr) bevægelse er modelleret som en bevægelse med en hastighed på 1,5 m/s.

2.6 Udbredelse af undervandsstøj

Baseret på internationalt anerkendte modeller er den beregnede undervandsstøj vurderet i forhold til havpattedyr som er afhængig af deres hørelse til jagt på byttedyr. TTS og PTS er beregnet for marsvin og sæler. Det vurderes at der ikke er væsentlig gene for havpattedyr. Beregningerne er ikke udført som "worst case" hvor dyrene forudsættes at være stationære, men vurderingen inkluderer effekterne af at dyrene søger væk fra sandsugningsskibene.

⁵ de Jong, C. et al., 2010, Underwater noise of Trailing Suction Hopper Dredger at Maasvlakte 2: Analysis of source levels and background noise, <https://dredging.org/media/ceda/org/documents/resources/other-sonline/uwn-tno-dv2010c335.pdf>

2.6.1 Grænseværdier

Påvirkning fra støj deles op i høreskader (midlertidig og permanent hørenedsættelse, hhv. TTS og PTS) og adfærdsforstyrrelser. TTS og PTS indtræder sandsynligvis ved lavere lydniveauer end alle andre typer af fysiologiske skader og kan derfor fungere som forsigtighedsbaserede kriterier for skader fra undervandsstøj. Baseret på omfattende eksperimentelle data er der konsensus om, at den samlede bedste prædiktør for TTS og PTS er lydeksponeringsniveauet (SELcum), akkumuleret.

Ifølge vejledningen fra National Marine Fisheries Service (NOAA) fra 2018, fremgår følgende grænser for kontinuert støj for hhv. TTS og PTS hos sæler og marsvin (Tabel 2-6). Marsvin er mest følsomme overfor støj, idet de har de laveste grænser for TTS og PTS sammenlignet med sæler.

Art	TTS (dB re 1 $\mu\text{Pa}^2\text{s SEL cum}$)	PTS (dB re 1 $\mu\text{Pa}^2\text{s SEL cum}$)
Gråsæl og spættet sæl (PW pinnipedia)	181	201
Marsvin (HF-hvaler)	153	173

Tabel 2-6. Tærskelværdier for temporære (TTS) og permanente (PTS) grænser for hørenedsættelse for sæler og marsvin udsat for kontinuert undervandsstøj (dB re 1 $\mu\text{Pa}^2\text{s SEL cum}$).

2.6.2 Resultater af beregning af undervandsstøj

Ved en worst-case antagelse af, at sæler eller marsvin opholder sig stationært ved sandfodrings-skibet, når sandfodringsaktiviteterne pågår, vil der for marsvin, som har størst følsomhed, være tale om påvirkninger over grænsen for TTS inden for en afstand af op til 3.200 meter og over grænsen for PTS inden for en afstand af op til 212 meter ved strandfodring, som giver den højeste lydpåvirkning. Afstandene vil være mindre for sæler (Tabel 2-7).

Aktivitet	Sæler TTS afstand (m)	Sæler PTS afstand (m)	Marsvin TTS afstand (m)	Marsvin PTS afstand (m)
Klapning	12	0	135	8
Rainbowing	83	0	1.950	135
Strandfodring	160	9	3.200	212

Tabel 2-7. Påvirkningsafstande for grænser for TTS og PTS hos sæler og marsvin ved worst-case scenariet, hvor dyrene ikke antages at flygte væk fra støjen fra sandfodringsaktiviteterne og i stedet antages at være stationære.

Det vil imidlertid være usandsynligt, at sæler eller marsvin forbliver ved sandfodringsskibet, når sandfodringsaktiviteterne pågår, og derfor foretages vil en realistisk afstandsberegning indeholde en flugtrespons for sæler og marsvin. Det antages derfor i afstandsberegningen at sæler og marsvin svømmer væk fra støjilden med en fart på 1,5 m/s. Når dyrene flygter, vil lydstyrken aftage med afstanden, og dermed vil dyrene nå udenfor en afstand, hvor de risikerer at pådrage sig temporære eller permanente høreskader (Tabel 2-8).

Aktivitet	Sæler TTS afstand (m)	Sæler PTS afstand (m)	Marsvin TTS afstand (m)	Marsvin PTS afstand (m)
Klapning	0	0	0	0
Rainbowing	0	0	0	0
Strandfodring	0	0	0	0

Tabel 2-8. Påvirkningsafstande for grænser for TTS og PTS hos sæler og marsvin, hvor dyrene antages at flygte væk fra støjen fra sandfodringsaktiviteterne og ikke er stationære.

Belastning af det marine miljø på grund af vibrationer fra skibe og deres specialudstyr til sandfodring anses ikke for at være problematisk. I forbindelse med selve sandfodring og indpumpningsaktiviteten, som er beregnet, anses de forskellige sandfodringsmetoder heller ikke som værende belastende hvad angår vibrationer i havet.

BILAG 3

SKIBSTRAFIK OG RISIKO
FOR STØRRE ULYKKER

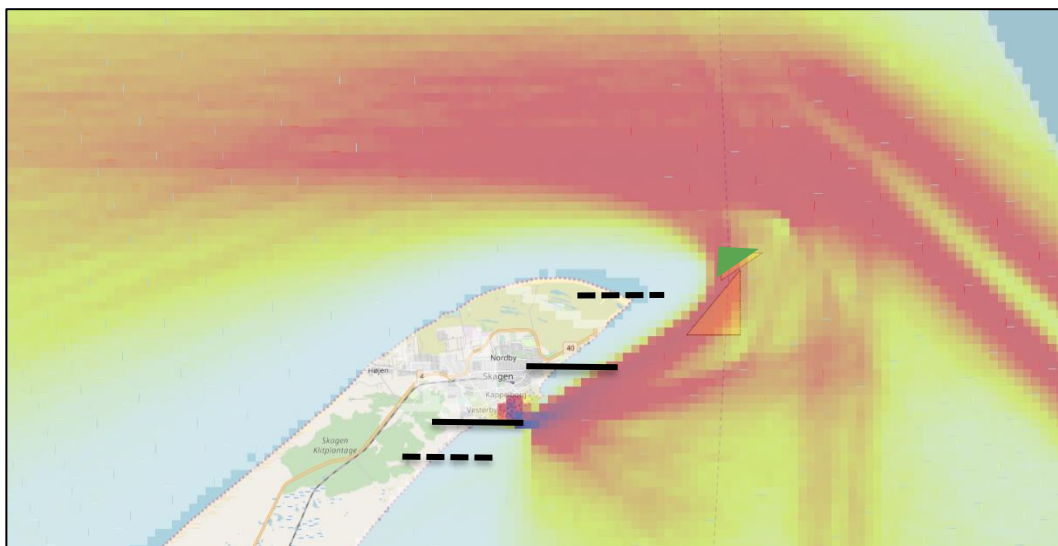


I det følgende beskrives jf. miljøvurderingslovens § 20 stk. 5⁶ risikoen for katastrofer og større ulykker i forbindelse med kystbeskyttelsen, der primært består i risikoen for skibskollisioner eller grundstødninger med sandfodringskibe, der kan medføre større olieudslip og personskade eller i værste fald dødsfald. Der er derfor gennemført en analyse af skibstrafikken og risikoen for større ulykker langs strækningen ved Skagen.

3.1 Skibstrafikken langs kysten ved Skagen

Skibstrafikken er kortlagt på grundlag af AIS-data, der står for Automatic Identification Service. AIS-data indeholder bl.a. data for skibes navn, type, størrelse, position og fart, og data sendes cirka hvert tredje sekund fra det enkelte skib, så deres positioner løbende kan spores. Skibenes AIS-data lagres af Søfartsstyrelsen, så de senere kan anvendes som grundlag for kortlægning af skibstrafik i et givent område. Systemet er lovpligtigt for alle skibe over 300 BRT (svarende til skibslængde på cirka 30 meter) og frivilligt for mindre skibe, men mange mindre skibe sender også AIS data.

Figur 3-1 viser skibstrafikken ud for kysten ved Skagen, indvindingsområdet markeret med grøn og Skagen Havn, herunder den eksisterende brug af sandfodringskibe, baseret på en analyse af AIS-data for en ti måneders periode fra november 2017 til og med august 2018. Farveskalaen indikerer antallet af skibe der har passeret igennem en enkelt celle i perioden (lyseblå er lavest intensitet og rød er højest intensitet).



Figur 3-1. Trafikintensitetskort i farvandet ud for strækningen ved Skagen. Polygonerne i vandet er indvindingsområdet (grøn og øverst) og et fællesområde (gult og nederst). Strækningerne der kystfodres ved Skagen, er kun de to beliggende mellem en stiplede og en fuldt optrukket streg.

Sandfodringskibene skal sejle mellem indvindingsområdet markeret med grøn i Figur 3-1 og kysten fra Skagen Havn og op til Skagens østlige spids. Et eksempel på et sandfodringskib er Sif R, der ses i Figur 3-2 og som har udført kystbeskyttelse i danske farvande. Det er 80 meter langt og har en lastekapacitet på 2173 m³.

Det fremgår, af intensitetskortet Figur 3-1, at der sejler trafik til og fra Skagen Havn igennem indvindingsområdet samt ned langs kysten ind til Skagen Havn indsejling.

⁶ Bekendtgørelse af lov om miljøvurdering af planer og programmer og af konkrete projekter (VVM), LBK nr. 1225 af 25/10/2018, <https://www.retsinformation.dk/Forms/R0710.aspx?id=203447>



Figur 3-2. Sandfodringskibet Sif R.⁷

Størstedelen af skibstrafikken fra vest og ind i Kattegat og Østersøen sejler rundt om Skagen og kommer således relativt tæt på indvindingsområdet og kyststrækningen. Som Figur 3-1 indikerer identificeres tre skibsruter tæt ved indvindingsområdet. En rute ind til Skagen Havn, samt to ruter øst for indvindingsområdet.

Ruten fra nord og ind til Skagen Havn går henover indvindingsområdet. Her er trafikintensiteten cirka et skib i timen. Når sandfodringskibet lossers syd for Skagen Havn, sejler det forbi havnens indsejling hvorfra det møder en trafik af to til tre skibe i timen. Skibe ind og ud af Skagen Havn inkluderer store krydstogtskibe længere end 300 meter. Dog er størstedelen små skibe som fiskerskibe og lystbåde.

Et typisk større skib der sejler henover indvindingsområdet er vist i Figur 3-3.

⁷ Marine Traffic, 2019, Sif R, https://www.marinetraffic.com/en/ais/details/ships/shipid:265464/mmsi:246058000/imo:7424358/vessel:SIF_R

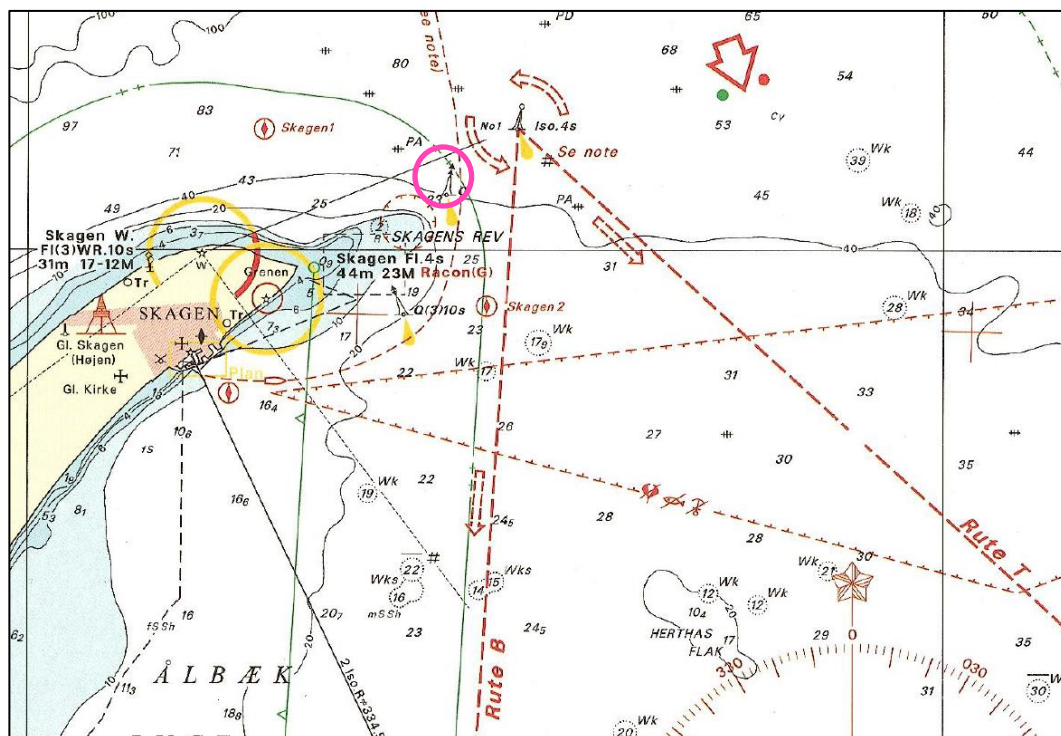


Figur 3-3. Hagland Borg er blandt de større skibe igennem indvindingsområdet.⁸

Skibe større end 90 meter, der sejler ind til Skagen Havn fra nord, sejler ad en mere østlig rute da de følger skibsruterne i Kattegat, navnlig rute B og T der begynder netop nord for Skagens gren og er to ruter omtalt og identificeret i Figur 3-1 og tydeligt markeret på søkortet Figur 3-4.⁹ Indgangen til disse to skibsruter er en nordbøje der er markeret på et søkort, se lyserød ring på Figur 3-4. Store skibe er tvunget til at sejler nord om nordbøjen og ind i Kattegat via rute B eller T fordi, der i området lige syd for nordbøjen, inklusive indvindingsområdet, er lav vanddybde mindre end ti meter.

⁸ Vessel Finder, 2019, Hagland Borg, <https://www.vesselfinder.com/vessels/HAGLAND-BORG-IMO-9173563-MMSI-258709000>

⁹ Søfartsstyrelsen, 2017, Navigation Through Danish Waters version 12, <http://www.dma.dk/Publikationer/Sider/default.aspx?Emne=Navigation>



Figur 3-4. Søkort for Kattegat omkring Skagen. Markeret med en lyserød ring er den i teksten omtalte nordbøje. Reproduceret med tilladelse fra ©Geodatastyrelsen – 320-0147.

Risiko for kollisioner

Vurderingen af risici er her begrænset til vurdering af påvirkning fra sandfodringsskibenes sejlds mellem indvindingsområderne og kysten samt sandfodringsaktiviteten ved kysten. Miljøpåvirkningen og risici under indvinding af sand i indvindingsområder er allerede håndteret i særskilte miljøkonsekvensvurderinger og godkendt af den daværende myndighed Naturstyrelsen¹⁰. Derfor er risici i forbindelse med selve sandindvindingen ikke nærmere beskrevet.

Som beskrevet i forrige afsnit er der generelt kun lidt skibstrafik i området mellem indvindingsområdet og kysten samt langs kysten. Der er derfor også gode muligheder for undvigemanøvrer i situationer, hvor et sandfodringskib møder andre skibe, herunder også fiskerbåde og lystbåde. Ved Skagen Havn, hvor der er en trafikintensitet på omkring to til tre skibe i timen er det således, at sejlruterne for sandfodringskibene (fra indvindingsområderne til kysten) krydser trafikken til og fra Skagen i åbent vand, hvor der er gode muligheder for at sejle uden om. Derudover reguleres interaktionen mellem sandfodringskibene og den øvrige skibstrafik af de normale søfartsregler.

Hvis der skulle ske en kollision mellem to skibe, fører det kun i enkelte tilfælde til et mindre udslip af bunkerolie (MGO¹¹) fra det ramte skib (bunkerolie er den olie, som et skib bruger til sin egen fremdrift). Egentlige tankskibe observeres kun i meget sjælden grad i området mellem sandindvindingsområderne og kysten, og en kollision med tankskibe er derfor meget usandsynlig.

¹⁰ Se eksempelvis: Miljøministeriet, 2014, Tilladelse til indvinding af råstoffer i område 562-PA, Thyborøn

¹¹ Pr. 1. januar 2015 har EU's svovldirektiv 2012/33/EU medført krav om en betydelig reduktion i udledningen af svovldioxid fra skibe, og det har haft stor betydning for skibsfarten i Nordeuropa. Direktivet påbyder, at skibe i Den Engelske Kanal, Nordsøen og Østersøen (det nordeuropæiske emissionskontrolområde) skal anvende bunkerolie Marine gas Oil (MGO) med et svovlindhold på højst 0,1 % eller bruge andre metoder til at opnå en tilsvarende effekt.

Analysen af AIS-data viser i øvrigt, at sandfodringsskibet ligger relativt stille mens sandfodringen foregår, og det agerer dermed forudsigeligt, når det mødes af et andet skib.

Risiko for grundstødning

Sandfodringsskibene går kun tæt på kysten i godt vejr uden høje bølger eller kraftig vind, da de skal ligge på meget lav vanddybde, når sandfodringen sker. I tilfælde af, at et sandfodringsskib får motorstop, mens der foretages sandfodring, vil der derfor være gode forhold for opankring af skibet inden en grundstødning med kysten eller en hofde, og i de fleste tilfælde vil besætningen få startet motoren igen efter kort tid.

Ved længere tids motorstop kan slæbebåde rekvireres til at slæbe sandfodringsskibet til havn, så motoren kan blive repareret. Desuden vil grundstødning mod havbunden i langt de fleste tilfælde ikke medføre væsentlige skader på skibets bund og sider, da havbunden består af sand. Grundstødning mod hofder kan i sjældne tilfælde føre til udslip af bunkerolie fra sandfodringsskibet.

Sandfodringsskibe er designet til at manøvre og operere på meget lavt vand, og grundstødning vil derfor generelt meget sjældent forekomme¹².

3.2 Samlet vurdering

Risikoen fra større ulykker til søs vil være acceptabel. Interaktionen mellem sandfodringsskibene og den øvrige skibstrafik vil foregå ifølge de normale søfartsregler. Det indebærer, at sandfodringsskibene er en del af den samlede skibstrafik i området, som følger de samme søfartsregler. Dermed er de risici, der er forbundet med sejladsen, acceptable på samme måde som risici for den øvrige skibstrafik i danske og internationale farvande.

3.3 Afbødning ved olieudslip

Risikoen fra større ulykker under sandfodring, med udslip af bunkerolie, vil som resultat af ovenstående være ubetydeligt. Hvis en ulykke til søs fører til udslip af bunkerolie, vil miljøskibe blive tilkaldt hurtigst muligt for at inddæmme ulykken og begrænse konsekvenserne af et olieudslip. Forsvaret råder over tre miljøskibe med base i Frederikshavn¹³, der vil træde til relativt hurtigt, hvis ulykken sker.

¹² A. de Jager, 2006 Shallow water: a benchmark for hopper dredgers (with reference to ID24 of CEDA2005), IHC Holland Dredgers, Ports and Dredging.

¹³ Forsvaret, 2019, Miljøskibe, https://www2.forsvaret.dk/viden-om/materiel/sovaernets_materiel/miljoskibe/Pages/Miljoeskibe.aspx

BILAG 4

SEDIMENTATION, HYDRAULIK,
MORFOLOGI

1. EKSISTERENDE FORHOLD

I dette afsnit beskrives de eksisterende forhold vedr. hydraulik og kystmorfologi langs strækningen ved Skagen, hvilket bl.a. udgør grundlaget for den efterfølgende vurdering af miljøpåvirkningerne fra gennemførelsen af kystbeskyttelses-projektet.

Beskrivelsen af de eksisterende forhold gives i relation til følgende relevante fysiske forhold:

1. Kysten
2. Vind/bølgeforhold
3. Vandstandsforhold
4. Strømforhold
5. Sedimentforhold
6. Sedimenttransport og kystmorfologi
7. Sedimentation/bypass ved Skagen Havn
8. Naturlig koncentration af suspenderet sediment

1.1 Kysten

Kattegatkysten omkring Skagen er generelt en erosionskyst. Den nordøstlige del af strækningen er en naturlig tilbagerykkingskyst, som er styret af den overordnede udvikling af Skagens Odde. Etablering og senere udvidelser af Skagen Havn har medført lokale ændringer af kystudviklingen med luvsidaeaflejring umiddelbart nordøst for havnen og læsideerosion sydvest for havnen ned forbi Damstederne.

Terrænet langs kysten nordøst og sydvest for Skagen By er lavtliggende. Før etablering af kunstige klitter på de to delstrækninger omkring Grå Fyr var der grundet højvandssituationer jævnligt oversvømmelse øst for vejforbindelsen og i området ved p-plads, Grenen. Det lave område ved Damstederne er beskyttet mod oversvømmelse af en spinkel klitrække.

Fællesaftalestrækningen ved Skagen er illustreret i figur 1-1.



Figur 1-1. Strækningen nord og syd for Skagen hvor der planlægges sandfodring – angivet med rød streg og stationering.

1.1.1 Eksisterende kystbeskyttelse

Eksisterende kystbeskyttelse på strækningen ved Skagen består af sandfodring i kombination med eksisterende hård kystbeskyttelse. Den hårde kystbeskyttelse består af bølgebrydere, skråningsbeskyttelse og T-høfder, som reducerer fodringsbehovet sammenlignet med tilfældet uden hård kystbeskyttelse.

Der udføres jævnligt strandfodring med sand på de to delstrækninger henholdsvis nordøst og sydvest for Grå Fyr og ved Damstederne. I nogle år er der tilført mindre mængder sand på delstrækningen "Sydvest for Grå Fyr I". På delstrækningen Havnen-Klitgården er der jævnligt fodret med grovere materiale som singels eller ral.¹

¹ Kystdirektoratet, Fællesaftalestrækningen ved Skagen - status på kystudviklingen, 2018

Eksisterende kystbeskyttelse er illustreret i figur 1-2 samt angivet i Tabel 1-1.



Figur 1-2. Beliggenhed af eksisterende kystbeskyttelse langs kyststrækningen ved Skagen.²

Delstrækning	Linjenumre	Kystbeskyttelse
Grenen	488600-489200	Ingen
Strækningen nordøst for Grå Fyr	488000-488400	Bølgebrydere og fodring
Grå Fyr	487800	Skråningsbeskyttelse
Strækningen sydvest for Grå Fyr II	487200-287600	Bølgebrydere og fodring
Strækningen sydvest for Grå Fyr I	486600-487000	T-høfder
Sønderstrand	485800-486400	Ingen
Havnen-Klitgården	483200-483800	Skråningsbeskyttelse og singelsgodring
Damstederne II	482600-	T-

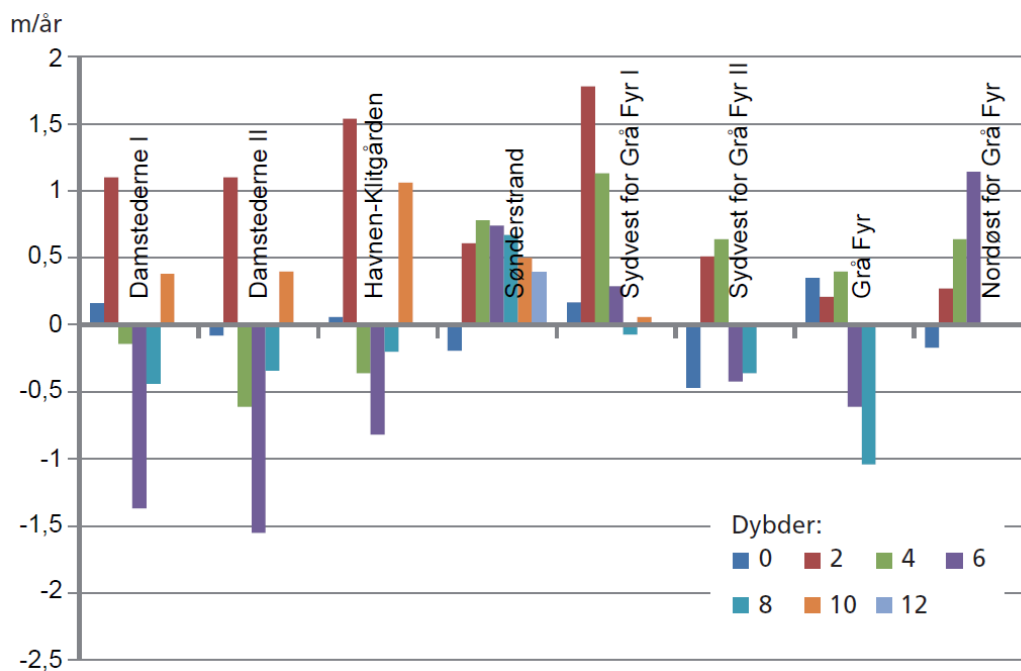
² Kystdirektoratets kystatlas, 2019

	483000	høfder/bølgebrydere og fodring
Damstederne I	482000- 482400	Fodring

Tabel 1-1. Eksisterende kystbeskyttelse på delstrækninger ved Skagen.³

1.1.2 Eksisterende kysttilbagerykning

Den eksisterende tilbagerykning af kystlinjen på strækningen ved Skagen vurderes at være ca. 0 – 0,5 meter i perioden 2020-24 ved kote 0, se figur 1-3, og op til ca. -1,5 meter ved kote -6.



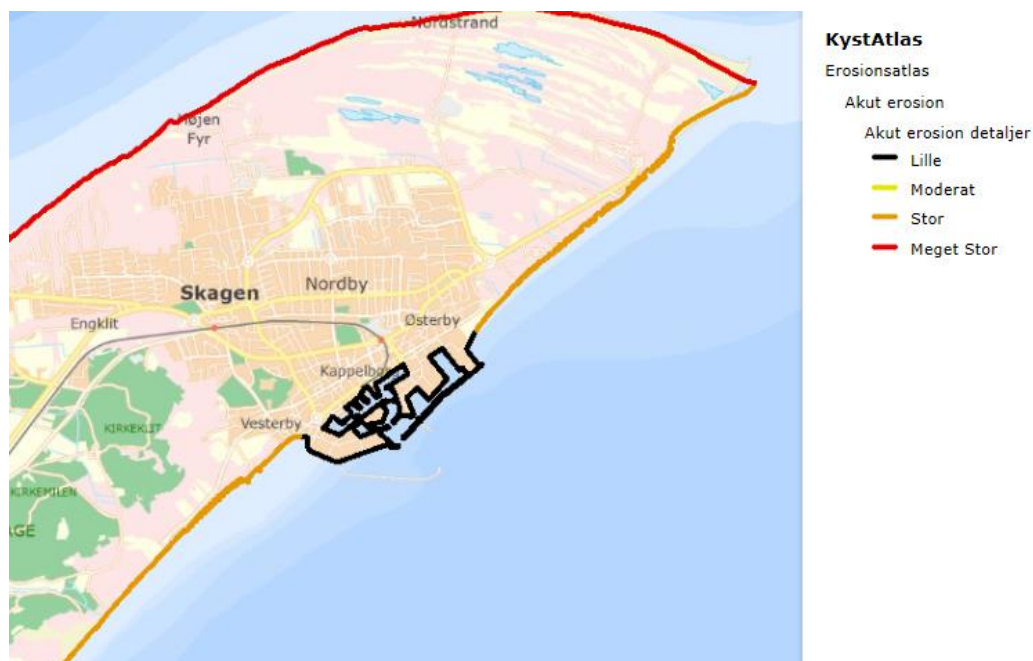
Figur 1-3. Gennemsnitlig udvikling af kystlinje og dybdekurver på strækningen ved Skagen i perioden 1990-2016 (for kystlinjen og to meter dybdekurven dog 1998-2016). Positive værdier viser tilvækst.⁴

1.1.3 Akut erosion

Udover den gennemsnitlige årlige tilbagerykning af kysten, kan der desuden forekomme en akut tilbagerykning af kystlinjen under storm, og jf. KDI's kystatlas defineres strækningen ved Skagen som værende følsom overfor "stor akut erosion", se figur 1-4.

³ Kystdirektoratet, Fællesaftalestrækningen ved Skagen - status på kystudviklingen, 2018

⁴ Kystdirektoratet, Fællesaftalestrækningen ved Skagen - status på kystudviklingen, 2018



Figur 1-4. Følsomhed overfor akut erosion på strækningen ved Skagen, jf. KDI's kystatlas⁵.

Der foreligger umiddelbart ingen empiri for tilbagetrækningen af kystlinjen som følge af den akutte erosion på strækningen ved Skagen under storm, og der er derfor anvendt modelsimulering til klarlægning omfanget af erosionen, hvilket er beskrevet i det følgende.

Simulering af akut erosion i XBeach

Til simulering af den akutte erosion er der anvendt en numerisk XBeach⁶ model.

Der er anvendt en simplificeret tilgang og der er ikke foretaget kalibrering/validering af XBeach-modellen. Der tages ikke højde for effekten fra langsgående bølge- og tidevandsinduceret strøm/sedimenttransport, idet det vurderes kun at have en begrænset effekt på den akutte tværgående erosion på strækningen.

Simplificeringerne samt anvendelsen af den ikke-kalibrerede model medfører, at estimatet for den akutte erosion fra simuleringen udelukkende kan betragtes som værende retningsvisende, og dermed ikke eksakt. Desuden afhænger den faktiske akutte erosion af bølgeforholdene, kystprofil/let/sedimentforekomsten på det pågældende tidspunkt, hvilket betyder, at kysterosionen vil være meget dynamisk i både tid og sted.

I modelberegningerne er der taget udgangspunkt i de seneste foreliggende opmålinger af kystprofiler fra 2016 samt gennemsnitlige sedimentkornstørrelser, d_{50} , se videre beskrivelse i afsnit 1.5. Der antages således et homogent sediment langs hele kystprofilen, og graderingen af sedimentet (dvs. d_{15}/d_{50} samt d_{90}/d_{50}) baseres på de seneste målte kornkurver.

Simuleringen af den akutte erosion er gennemført for bølgeforhold, der svarer til en 100-års storm med en antaget stormvarighed på seks timer, hvilket er konservativt, da varigheden af et stormpeak typisk vil være to til fem timer.⁷ Bølgeforholdene er baseret på et såkaldt JONSWAP-spektrum med $\gamma=3.3$ samt en retningsspredning svarende til $s=100$ (dvs. en standardafvigelse

⁵ Kystdirektoratet, Kystdirektoratets Kystatlas, 2019

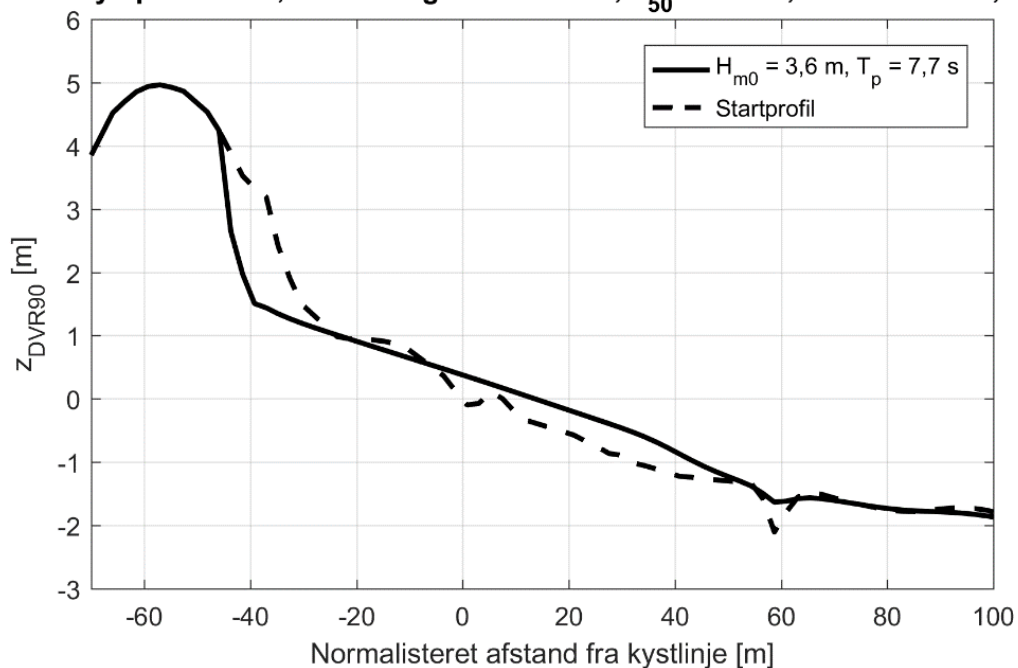
⁶ Deltares, 2015

⁷ Wolfram, Linfoot og Stansell, 2000, Long- and short-term extreme wave statistics in the North Sea: 1994-1998

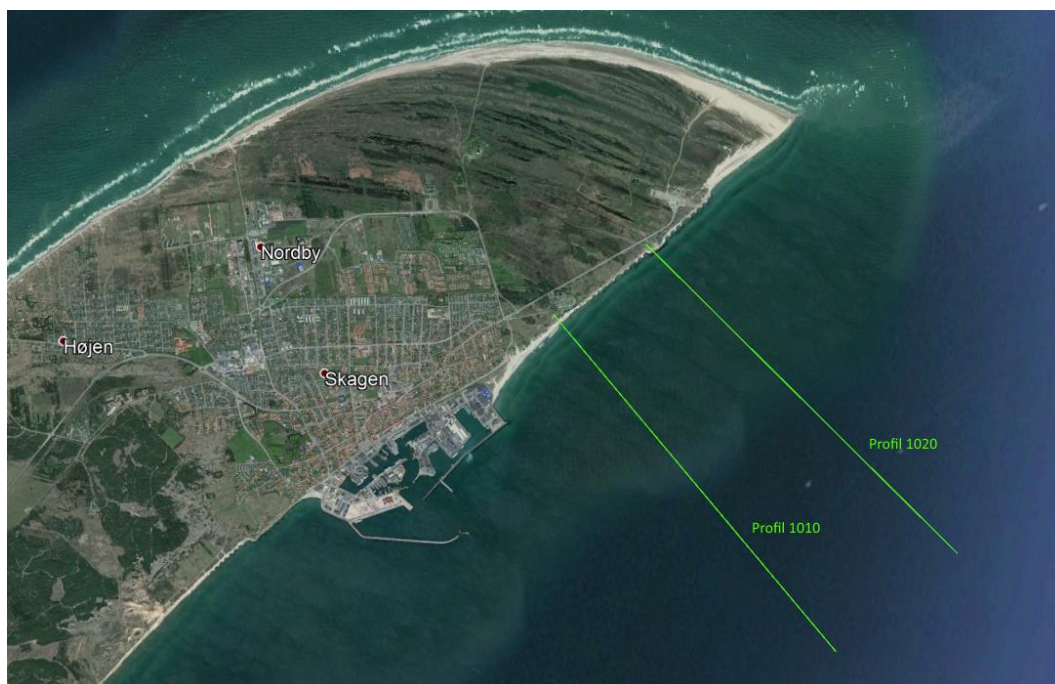
for bølgeretningerne på ca. otte grader). Der antages under simuleringen en vandstand på 1,51 meter, hvilket svarer til en 100-års vandstandshændelse (se nærmere beskrivelse i afsnit 1.3). Start-kystprofilen er seneste opmålte kystprofil 1010, med geografisk placering illustreret i Figur 1-6.

Resultatet fra XBeach-modellen kan ses i Figur 1-5. Som det fremgår af simuleringen, kan forventes, at den akutte tilbagerykning ligger på ca. 15 meter ved kote 0.

Vestkystprofil 1010, stormvarighed = 6 timer, $d_{50}=0.2$ mm, vandstand = 1,51 m



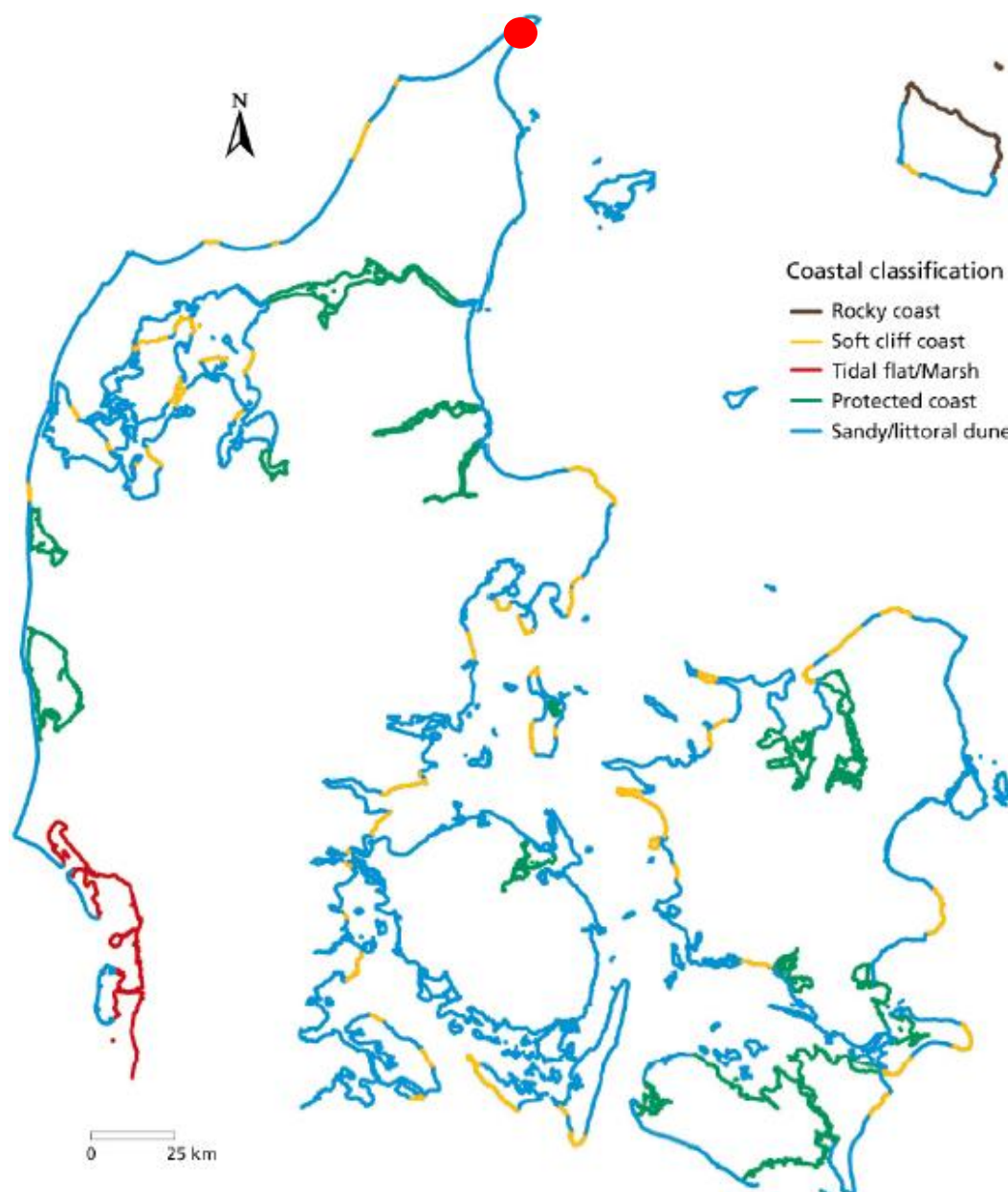
Figur 1-5. Simuleret akut kysttilbagerykning i XBeach ved Skagen under en 100-års hændelse.



Figur 1-6. Geografisk placering af kystprofil 1010 og 1020.

1.1.4 Klassificering af kysten

Kysten langs strækningen ved Skagen kan jf. figur 1-7 generelt klassificeres som en sandet littoral kyst.



Figur 1-7. Klassificering af de danske kyststrækninger⁸. Skagen markeret med rød cirkel.

1.2 Vind/bølgeforhold ved Skagen

Figur 1-8 viser en vindrose samt vindstatistik for vindmålinger fra "Skagen Fyr"-måleren, for perioden 1989 – 1998 (Cappelen & Jørgensen, 1999)⁹. Som det fremgår af vindrosen, er den fremherskende vindretning fra sydvest, hvorfra der også forekommer de højeste vindhastigheder jf. vindstatistikken. Højeste vindhastighed i perioden er fra 240°.

⁸ Kystdirektoratet. (2008). Safecoast - CONSEQUENCES OF CLIMATE CHANGE ALONG THE DANISH COASTS

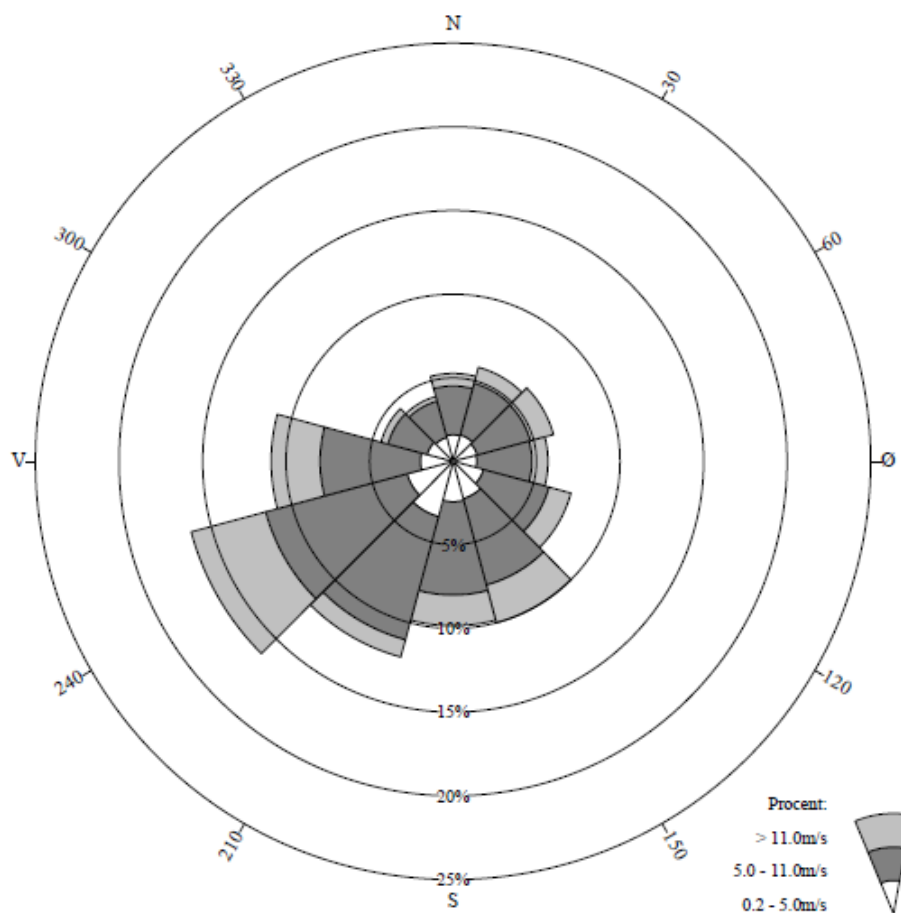
⁹ Cappelen, John; Jørgensen, Bent, Technical Report 99-13: Observeret vindhastighed og -retning i Danmark - med klimanormaler 1961-90, 1999

Station 06041 SKAGEN FYR

01-01-89 - 31-12-98



Hele perioden



	N	30	60	Ø	120	150	S	210	240	V	300	330	Ialt
%	5.3	5.8	6.2	5.7	7.3	10.0	9.8	12.1	16.2	10.9	4.5	4.0	97.8
% 0.2-5.0m/s	1.6	1.6	1.5	1.4	1.9	2.3	2.4	3.4	2.9	2.0	1.6	1.5	24.2
% 5.0-11.0m/s	2.9	3.2	3.3	3.3	4.1	5.3	5.6	7.6	8.8	6.0	2.4	2.2	54.7
% > 11.0m/s	0.7	1.0	1.4	1.0	1.3	2.3	1.8	1.1	4.6	2.9	0.4	0.3	18.9
Middel hastighed	7.1	7.5	8.1	7.5	7.7	8.2	7.8	6.7	8.8	8.7	6.5	6.2	7.8
Største hastighed	21.2	23.2	21.6	21.6	22.1	24.7	23.7	20.6	26.8	23.2	24.1	21.6	26.8

Totalt antal observationer = 29197

Vindstille defineret som hastighed ≤ 0.2 m/s

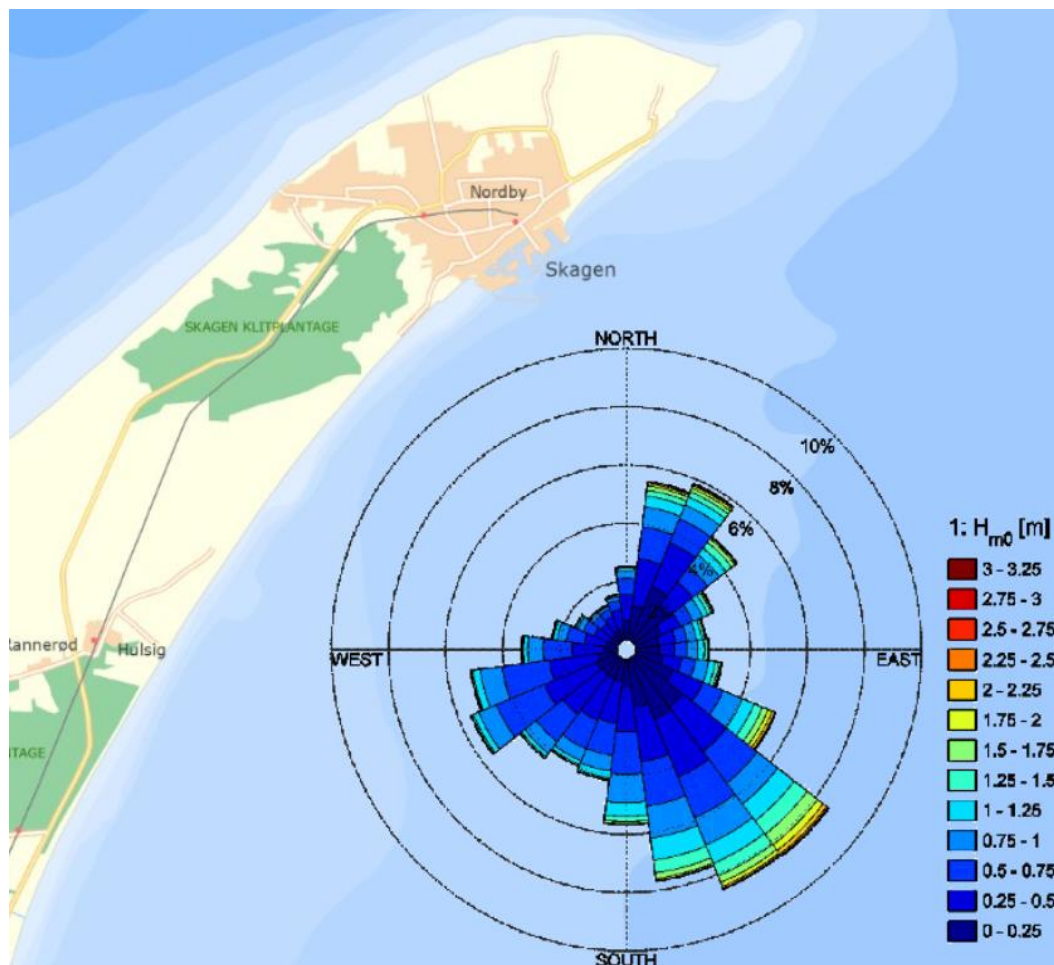
Antal observationer med vindstille/varierende vind: 628 = 2.2%

Kilde: DMI

Figur 1-8: Vindrose fra Skagen Fyr-måleren for perioden 1989 - 1998 (Cappelen & Jørgensen, 1999)¹⁰.

¹⁰ Cappelen, John; Jørgensen, Bent, Technical Report 99-13: Observeret vindhastighed og -retning i Danmark - med klimanormaler 1961-90, 1999

Figur 1-9 viser en bølgerose for Skagen og som det fremgår af bølgerosen, er den fremhærsken-
de bølgeretning fra sydøst ved Skagen.



Figur 1-9. Bølgeførhold ved Skagen, jf. KDI's kystatlas¹¹.

Baseret på hindcast-modellering er der på -14,3 meter vanddybde gennemført statistik for bølge-
højder samt bølgeperioder, præsenteret i henholdsvis tabel 1-2 og tabel 1-3.

Returperiode	N	NØ	Ø	SØ	S	SV	V	NV	Alle retninger
1	-	1,3	1,6	2,5	1,8	1,4	-	-	2,5
10	-	1,7	2,,2	3,0	2,2	2,1	-	-	3,0
50	-	1,9	2,6	3,4	2,,4	2,6	-	-	3,4
100	-	2,1	2,8	3,,5	2,5	2,8	-	-	3,5

Tabel 1-2. Returperioder for H_{m0} [m] ud for Skagen Havn i position 596024 meter øst og 6397387 nord på -
14,3 meter vanddybde¹².

Returperiode	N	NØ	Ø	SØ	S	SV	V	NV	Alle retninger
1	-	6,1	5,5	6,7	5,5	4,3	-	-	6,7
10	-	6,7	6,2	7,3	5,9	5,1	-	-	7,2

¹¹ Kystdirektoratets kystatlas, 2019

¹² DHI, Port of Skagen – Hydraulic Studies – Numerical Modelling of Wave and Current Conditions, 2012

50	-	7,1	6,6	7,7	6,1	5,6	-	-	7,7
100	-	7,3	6,8	7,8	6,2	5,8	-	-	7,8

Tabel 1-3. Returperioder for T_p [s] i kombination med H_{m0} (med samme returperiode) i Tabel 1-2 ud for Skagen Havn i position 596024 meter øst og 6397387 nord på -14,3 meter vanddybde¹³.

1.3 Vandstandsforhold

Vandstanden ved Skagen er påvirket af vind, atmosfærisk tryk, tidevand samt bølger (bølgesetup). Vandstandsstatistik fra Skagen Havn, baseret på ca. 70 års målinger, kan ses i tabel 1-4. Tidevandsamplituden ved Skagen Havn er ca. 0,3 meter¹⁴.

Vandstandsstatistik ved Skagen Havn			
Returperiode [år]	20	50	100
Vandstand [cm]	130	142	151

Tabel 1-4. Vandstandsstatistik for Skagen Havn¹⁵.

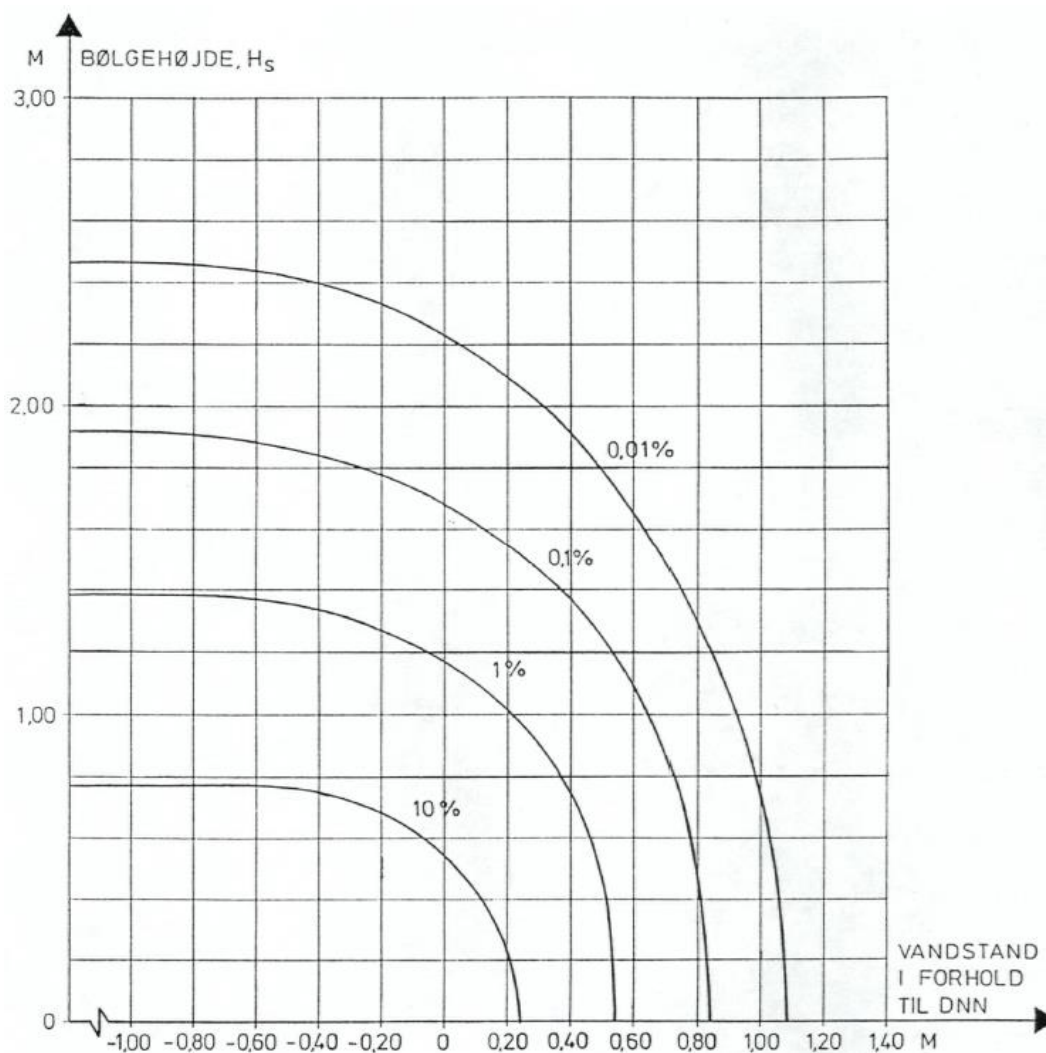
Vandstanden på Kattegatkysten er tæt knyttet til vandstandsforholdene på Skagerrakkysten, da vandet bliver presset ind i Kattegat ved høje vindhastigheder fra vestlige retninger. Dette betyder således, at højvande forekommer når der på Kattegatkysten er fralandsvind. Omvendt vil pålandsvind på Kattegatkysten medføre lavvande, hvormed højeste pålands-bølger opstår ved lavvande og omvendt forekommer de laveste bølger ved højvande. Såfremt vinden vender til pålandsvind på Kattegatkysten, efter at have blæst fra vest i en længerevarende periode, vil dette potentielt kunne medføre samtidig forekomst af høje bølger og højvande, men sandsynligheden herfor er begrænset.

Figur 1-10 viser den statistiske sammenhæng imellem vandstand og den signifikante bølgehøjde, H_s ved Skagen. Som det fremgår af figuren, er der omvendt proportionalitet imellem vandstand og bølgehøjde. Bemærk, at statistikken for vandstand og bølgehøjde ikke stemmer helt overens med statistikken i afsnit 1.2 samt tabel 1-4, da statistikkerne er baseret på forskellige datagrundlag.

¹³ DHI, Port of Skagen – Hydraulic Studies – Numerical Modelling of Wave and Current Conditions, 2012

¹⁴ www.danskehavnelods.dk

¹⁵ Kystdirektoratet (2019). Højvandsstatistikker 2017.



Figur 1-10. Statistisk sammenhæng imellem vandstand og bølgehøjde på 15 meter vanddybde ved Skagen Havn¹⁶.

1.4 Strømforhold

Såkaldte havstrømme opstår i forbindelse med vindstuvning samt tidevandsudveksling imellem Skagerrak og Kattegat og betegnes ofte som "Den Jyske Kyststrøm". En skematisk gengivelse af cirkulationen ved Skagen er vist i figur 1-11, hvoraf det fremgår, at den Jyske Havstrøm ved Skagen netto er nordgående.

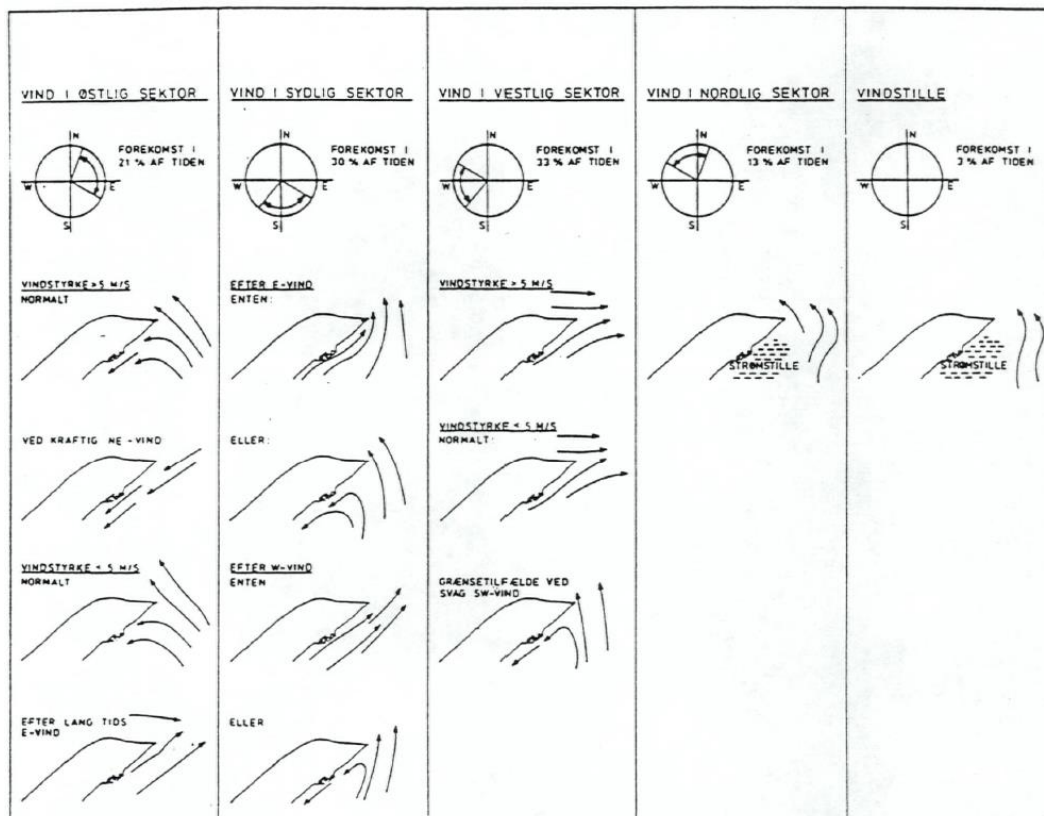
¹⁶ Kystinspektoret (1990), Coastal Development, Skagen



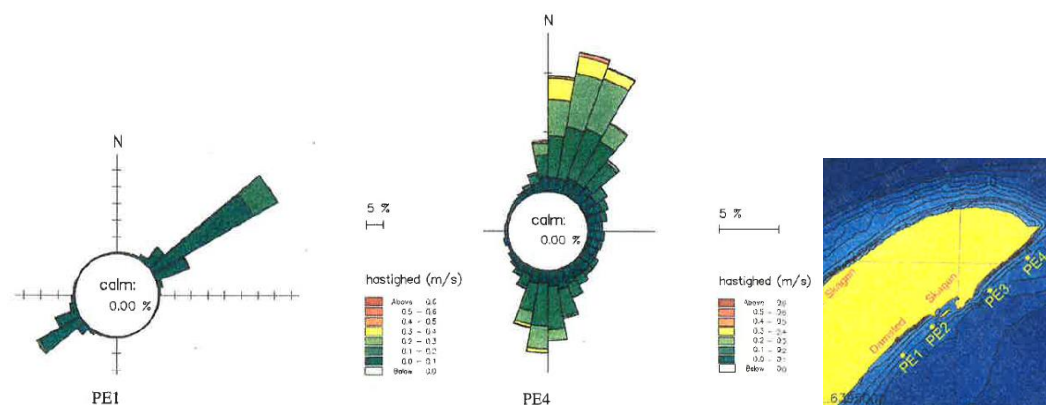
Figur 1-11. Schematisk gengivelse af netto-cirkulationen i Nordsøen, Skagerrak, samt Kattegat. Mørke pile viser strømninger i overfladen og de lyse pile viser dybereliggende strømme. Bredden på pilene indikerer styrken¹⁷. Skagen markeret med rød cirkel.

Udover kyststrømmen i figur 1-11 forekommer der ved Skagen en lokal vind- og bølgedreven strøm. Denne strøm er, på samme vis som vandstanden ved Skagen, i høj grad korreleret med vindhastigheden samt vindretningen, hvilket er illustreret i figur 1-12.

¹⁷ Hvas, E., Blanner, P., Deding, J., Nielsen, L. M., Laursen, M. B., Madsen, P. B., & Kristensen, H. S. (1998). *Åbne farvande langs vestkysten*. Udgivet af Nordjyllands amt, Ringkøbing amt, Viborg amt og Ribe amt.

Figur 1-12. Vinddrejede strømme ved Skagen og omkring grenen.¹⁸

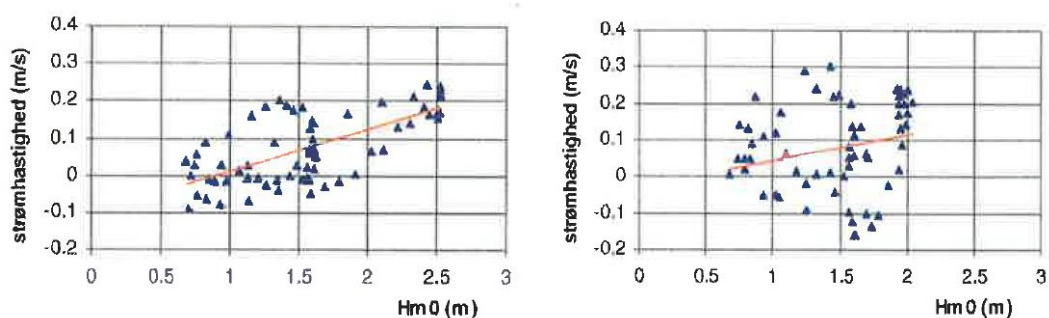
Strømrøser (ekskl. bølgegenereret strøm) for en 15 måneders periode 1/1-1998 – 31/3-1999 i den nordlige- og sydlige del af strækningen ved Skagen (i henholdsvis PE1 og PE4) er vist i Figur 1-13 sammen med placeringen af udtrækspunkterne PE1 og PE4. Som det fremgår af strømrøserne, er strømmen generelt kraftigere i den nordlige del af strækningen sammenlignet med den sydlige. Desuden fremgår det, at den nordgående strøm er kraftigere og oftere forekommende sammenlignet med den sydgående strøm.

Figur 1-13. Strømførhold syd for (PE1) og nord for (PE4) Skagen Havn.¹⁹

¹⁸Kystinspektoret (1990), Coastal Development, Skagen

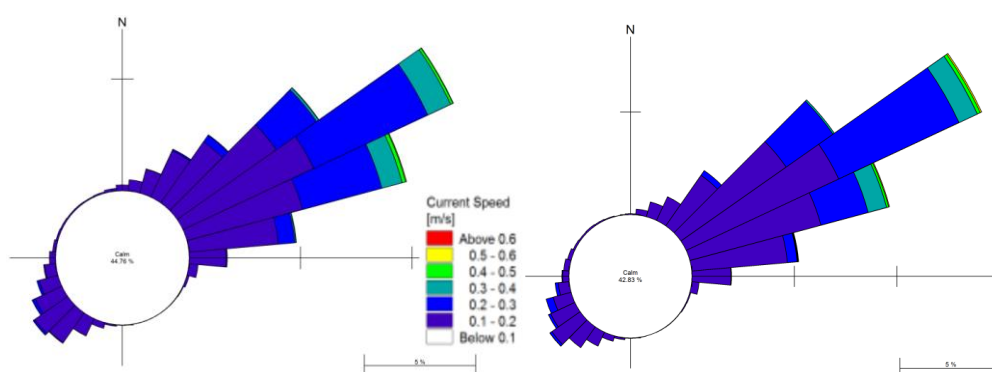
¹⁹VVM for udvidelse af Skagen Havn, 2004

Sammenhæng imellem strømshastighed og bølgehøjde i den sydlige og nordlige del af strækningen for en storm af tre døgns varighed med vindhastighed på op imod 18 m/s er vist i henholdsvis Figur 1-14 (venstre) og Figur 1-14 (højre). Som det fremgår figuren, opnås der f.eks. i den nordlige del af strækningen strømshastigheder på op imod ca. 0,3 m/s ved signifikant bølgehøjde imellem 1 – 1,5 meter.



Figur 1-14. Sammenhæng imellem bølgehøjde og strømshastighed (langs med kysten). Strømshastigheden er ekskl. den bølgedrevne strømshastighed tæt ved kysten for henholdsvis den sydlige del af strækningen (venstre) samt den nordlige del af strækningen (højre). Positivt fortegn indikerer nordgående strømshastighed.²⁰

Baseret på 18 års hindcast af strøm ved Skagen havn er det i (DHI, 2012)²¹ konkluderet, at år 2005 er repræsentativ for strømforholdene ud for havnen. Strømroserne for den 18-års periode samt år 2005 er vist i Figur 1-15. Udtrækspunktet for strømroserne er beliggende i (Lat, Long) = (N57.717°, E10.617°) som desuden er illustreret i Figur 1-16.

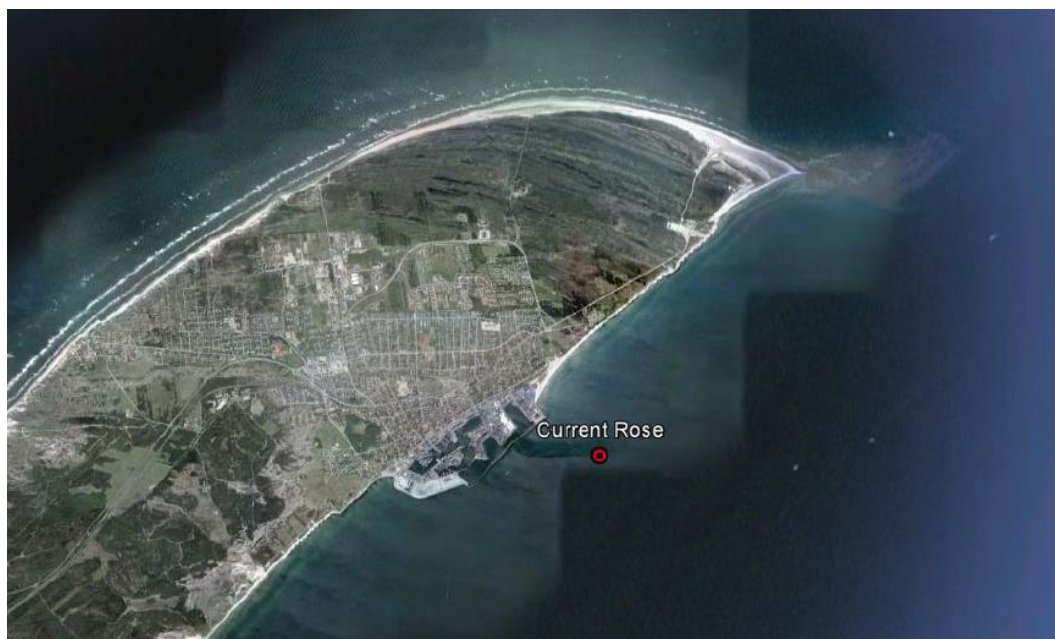


Figur 1-15. Strømrose ud for Skagen havn på placeringen (Lat,Long)=(N57.717°, E10.617°) baseret på hindcast i perioden 1994-2012 (venstre) samt i år 2005 (højre).²²

²⁰VVM for udvidelse af Skagen Havn, 2004

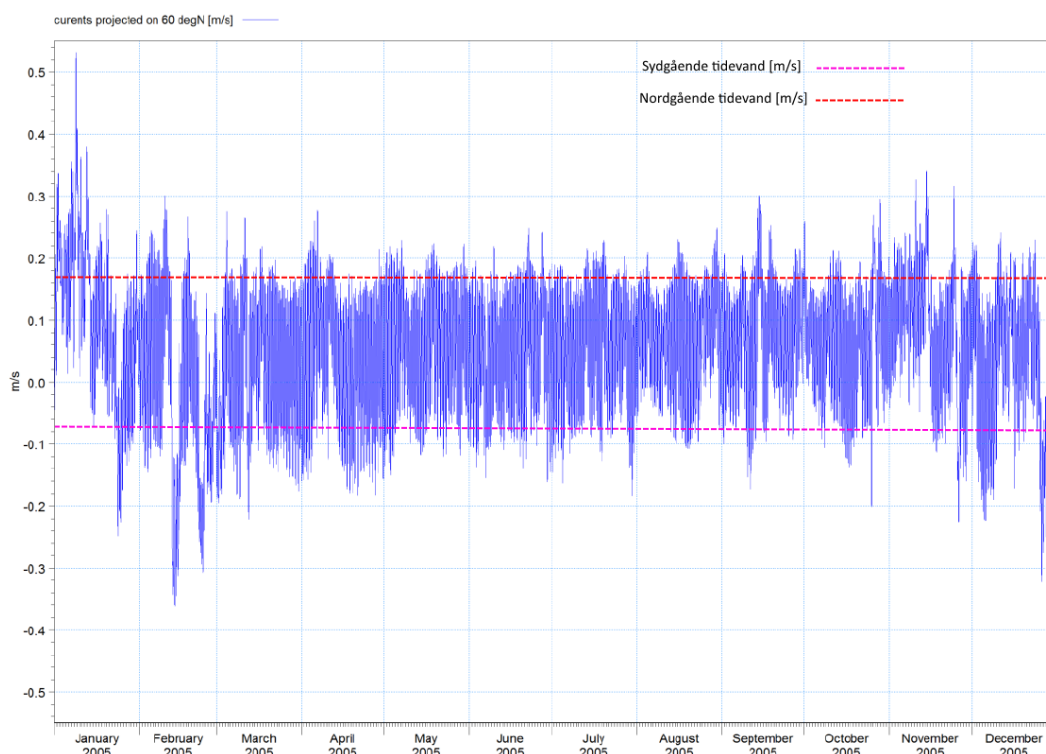
²¹ DHI (2012), Port of Skagen – Hydraulic Studies, Numerical Modelling of Wave and Current Conditions

²² DHI (2012), Port of Skagen – Hydraulic Studies, Numerical Modelling of Wave and Current Conditions



Figur 1-16. Udtrækspunkt for strømroserne i Figur 1-15.²³

En tidsserie for strøm i år 2005 er vist i Figur 1-17. I figuren er desuden indtegnet vurderede nord- og sydgående tidevandsgenererede strømhastigheder på henholdsvis $\sim 0,17$ m/s samt $\sim 0,07$ m/s. De tidevandsgenererede strømhastigheder er vurderet baseret på strømtidsserien i sommermånederne, hvor strømmen primært skyldes tidevand.



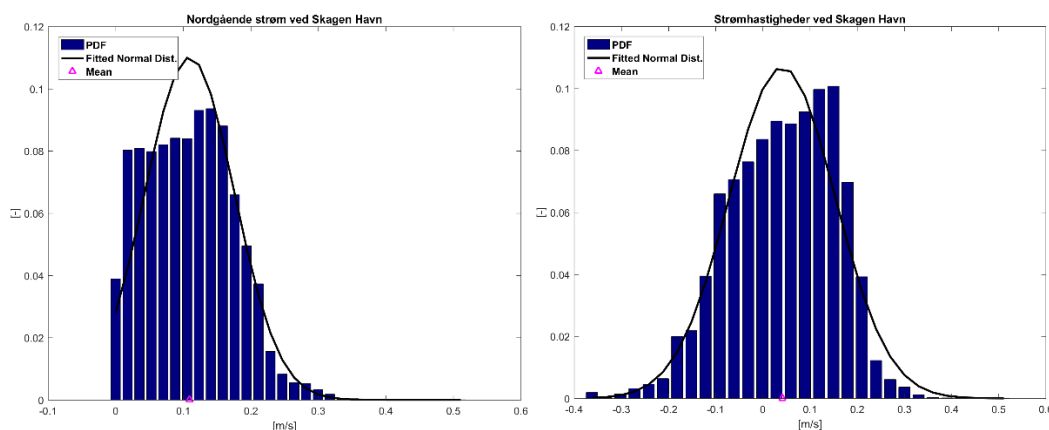
Figur 1-17. Tidsserie for strømhastigheder ud for Skagen Havn, projiceret 60° nord, samt indtegnede skønnede nord- og sydgående tidevandsgenererede strømhastigheder. Positive hastigheder er nordgående.²⁴

²³ DHI (2012), Port of Skagen – Hydraulic Studies, Numerical Modelling of Wave and Current Conditions

Tabel 1-5 viser statistik for de nord- og sydgående strømshastigheder i figur 1-17 (for år 2005). Som det fremgår af tabellen, er der en forholdsvis stor spredning på strømshastighederne, og dermed stor forskel imellem 99%-fraktilen og max-strømshastigheder. Normalfordelinger for strømshastighederne er vist i figur 1-18.

	Middel [m/s]	Spredning [-]	95% fraktil [m/s]	99% fraktil [m/s]	Maks. [m/s]
Nordgående strøm	0,11	0,07	0,21	0,28	0,5
Sydgående strøm	0,08	0,06	0,2	0,28	0,36

Tabel 1-5. Statistik for nord- og sydgående strømshastigheder.



Figur 1-18. Fittet normalfordeling for henholdsvis nordgående- samt sydgående strøm i år 2005.

1.5 Sedimentforhold

Jf. Figur 1-19 forekommer der sand på havbunden ved strækningen ved Skagen.



Figur 1-19. Sandforekomst på havbunden ved Skagen²⁵.

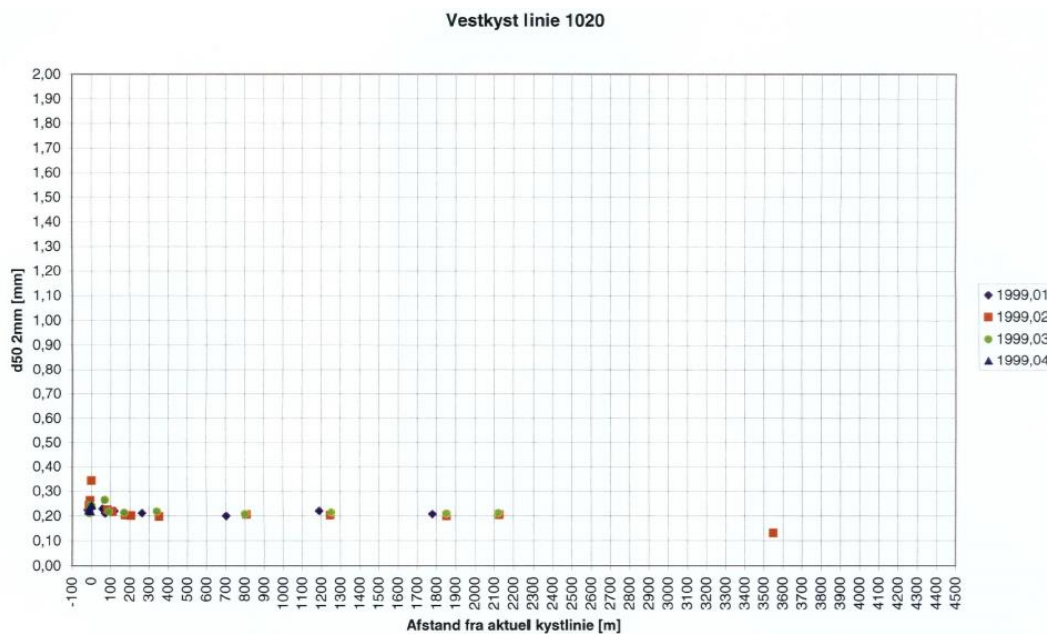
Der er i en tidligere sedimentanalyse fra 1999²⁶ bestemt middeldkornstørrelser ved Skagen (profil 1020), se figur 1-20. Som det fremgår af figuren, er middeldkornstørrelsen, d_{50} , ved Skagen ca.

²⁴ DHI (2012), Port of Skagen – Hydraulic Studies, Numerical Modelling of Wave and Current Conditions

²⁵ Kystdirektoratet. (2001). *Sedimentbudget Vestkysten*

0,2 mm i > 0 meter afstand til kystlinjen, og lidt højere på selve stranden < 0 meter (ca. 0,22 mm). Dette stemmer fint overens med sigteanalyser fra i alt 42 sandprøver på stranden gennemført i forbindelse med nærværende projekt på henholdsvis den nordlige del af strækningen ved Skagen samt sydlige del.

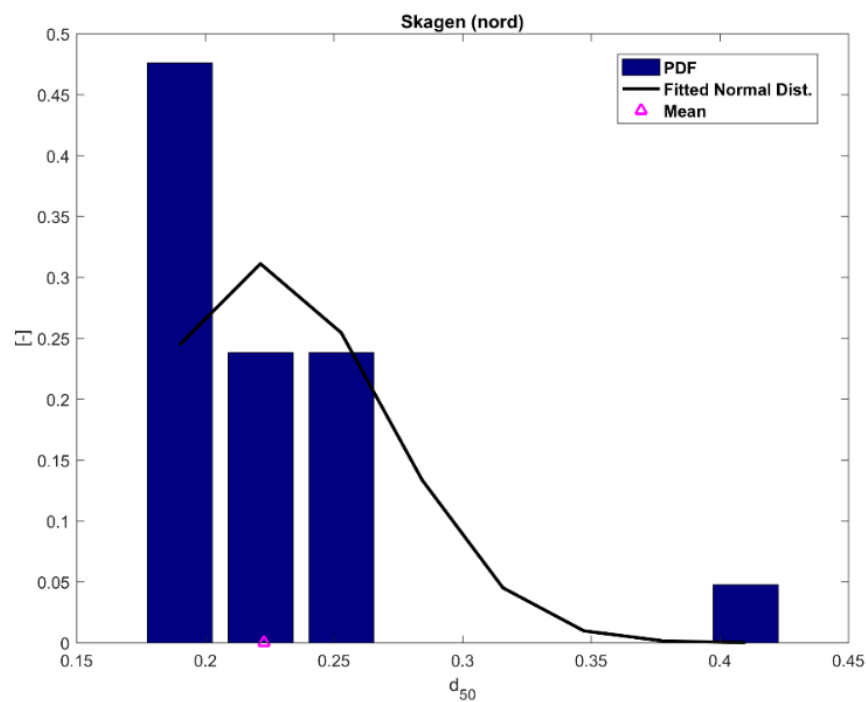
Middeldornstørrelsen, d_{50} , på den nordlige del samt sydlige del er angivet i henholdsvis Tabel 1-6 og Tabel 1-7.



Figur 1-20. Middeldornstørrelser ved Skagen (profil 1020)²⁷.

²⁶ Kystinspektoratet. (1999). *Sedimentanalyse - Vestkysten 1999*

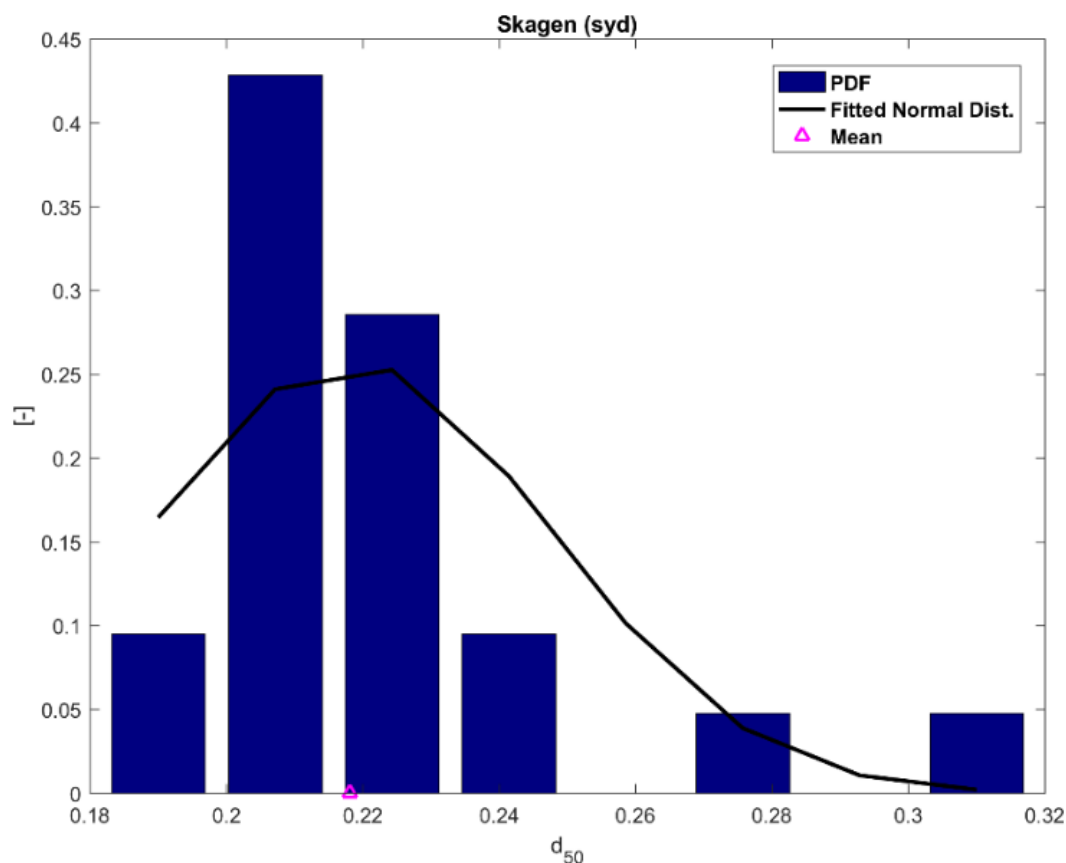
²⁷ Kystinspektoratet. (1999). *Sedimentanalyse - Vestkysten 1999*.



Figur 1-21. Fordeling af d_{50} i den nordlige del af strækningen ved Skagen baseret på 21 sigteprøver gennemført i forbindelse med nærværende projekt.

	Middel	95% fraktil
d_{50} [mm]	0,22	0,32
Indhold af $d < 0,125$ mm [%]	1,5	3

Tabel 1-6. Statistik for d_{50} samt indhold af fint sand ($d < 0,125$ mm) i den nordlige del af strækningen ved Skagen baseret på 21 sigteprøver gennemført i forbindelse med nærværende projekt.



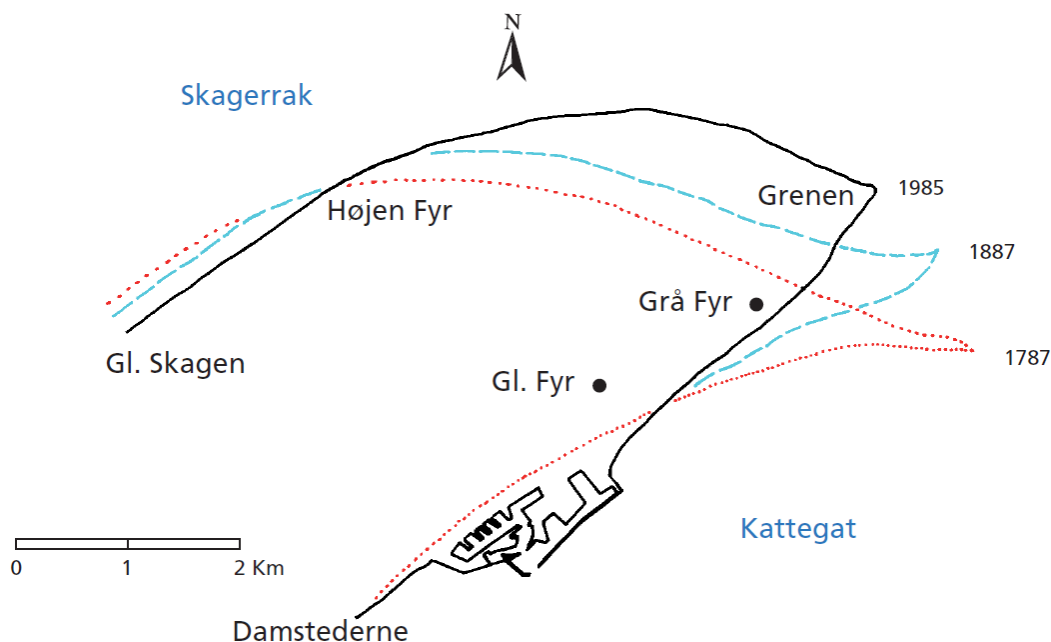
Figur 1-22. Fordeling af d_{50} i den sydlige del af strækningen ved Skagen baseret på 21 sigteprøver gennemført i forbindelse med nærværende projekt.

	Middel	95% fraktil
d_{50} [mm]	0,22	0,29
Indhold af $d < 0.125$ mm [%]	1,9	6,4

Tabel 1-7. Statistik for d_{50} samt indhold af fint sand ($d < 0,125$ mm) i den sydlige del af strækningen ved Skagen baseret på 21 sigteprøver gennemført i forbindelse med nærværende projekt.

1.6 Sedimenttransport og kystmorfologi

Den overordnede kystudvikling ved Skagen er illustreret i Figur 1-23. Sedimenttransporten og dermed kystmorfologien drives af den bølgeinducerede strøm på både Skagerrak-siden samt Kattegat-siden, samt den Jyske Kyststrøm, som beskrevet i afsnit 1.4.



Figur 1-23. Overordnet kystudvikling ved Skagen²⁸.

Ift. den bølgeinducerede strøm vil der, såfremt bølgerne angriber kysten med en vinkel, som tidligere nævnt opstå to strømkomposanter, og der vil således opstå sedimenttransport i de samme to retninger. Det skal dog nævnes, at sedimenttransport kun opstår, hvis den kritiske forskydningsspænding for erosion af det pågældende materiale overskrides (dvs. bl.a. ved tilstrækkelig strømhastighed ift. at flytte på sandet).

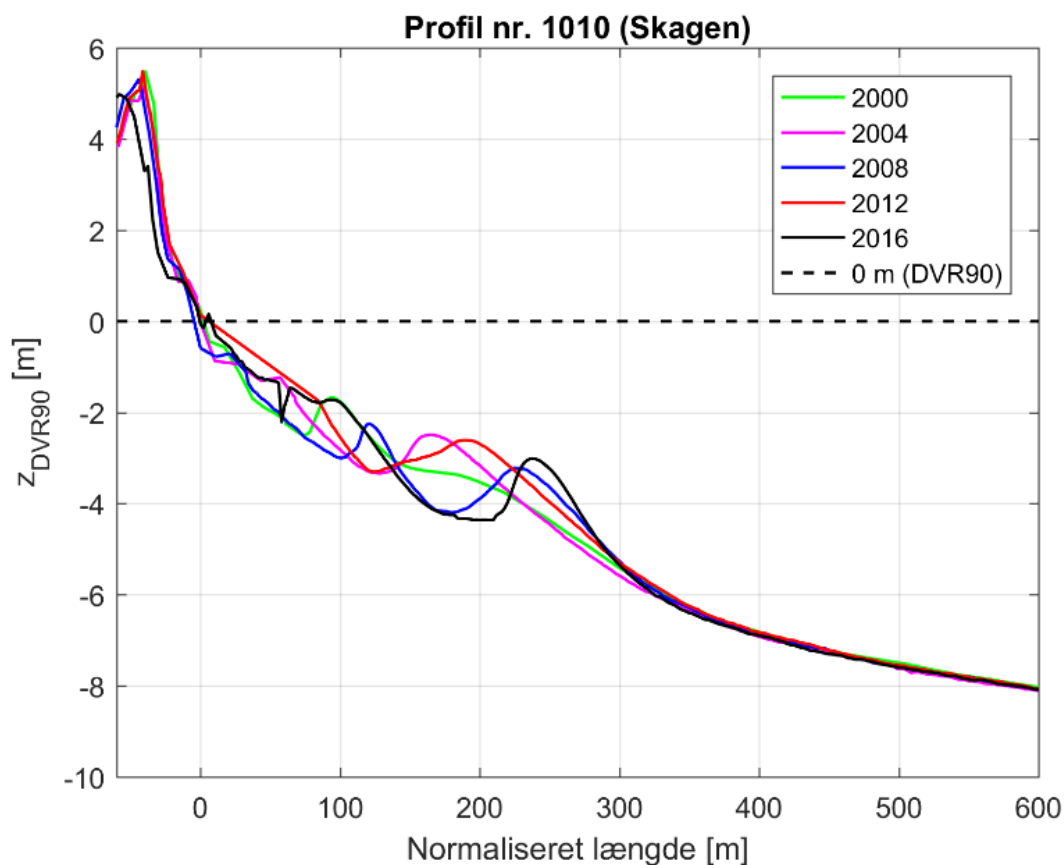
Den ene komponent af sedimenttransporten er således vinkelret på kysten og benævnes "*tværgående sedimenttransport*" og den anden komponent er parallel med kysten og benævnes "*langsgående sedimenttransport*". Tværgående- og langsgående sedimenttransport beskrives nærmere i det følgende.

1.6.1 Tværgående sedimenttransport

Den tværgående sedimenttransport på strækningen ved Skagen afhænger bl.a. af bølgeforholdene, tværprofilet, samt sedimentkarakteristikken. Inden for brydningszonen ca. en til fem meters vanddybde på strækningen ved Skagen, er kystprofilet meget dynamisk, og der forekommer signifikante omlejninger af sediment afhængig af bølgeforholdene.

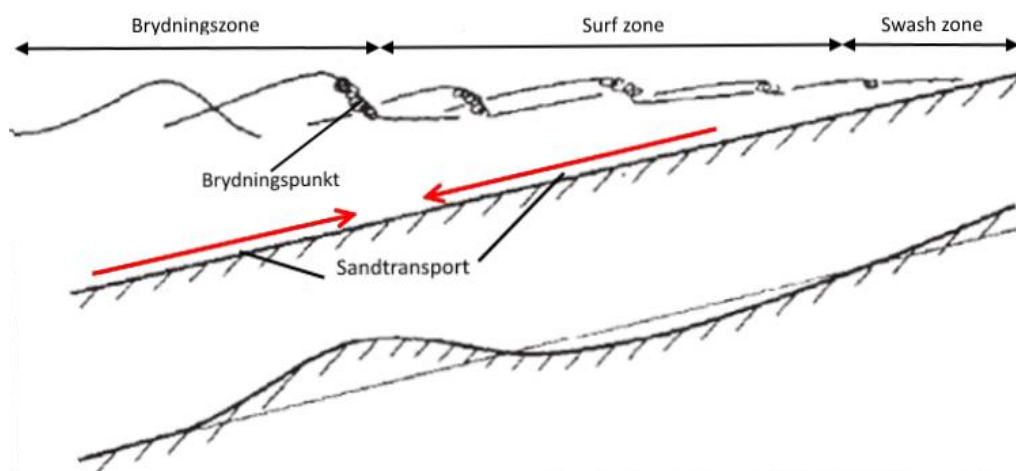
Kystprofilet bliver mere stabilt på større vanddybde, da strømhastighederne ved bunden her er mindre påvirket af bølgerne. Vanddybden, hvortil kystprofilet påvirkes af bølgerne, typisk benævnt som den aktive dybde, er ca. syv til otte meter på strækningen. Dette ses af figur 1-24, hvoraf det desuden fremgår, at der på strækningen forekommer revledannelse inden for ca. fem meters vanddybde. Dybdevariationen på revlen er ca. 1,2 meter.

²⁸ Kystdirektoratet, Fællesaftalestrækningen ved Skagen - status på kystudviklingen, 2018



Figur 1-24. Variation i målte kystprofiler (profil 1010) ved strækningen ved Skagen i perioden 2006 - 2018.

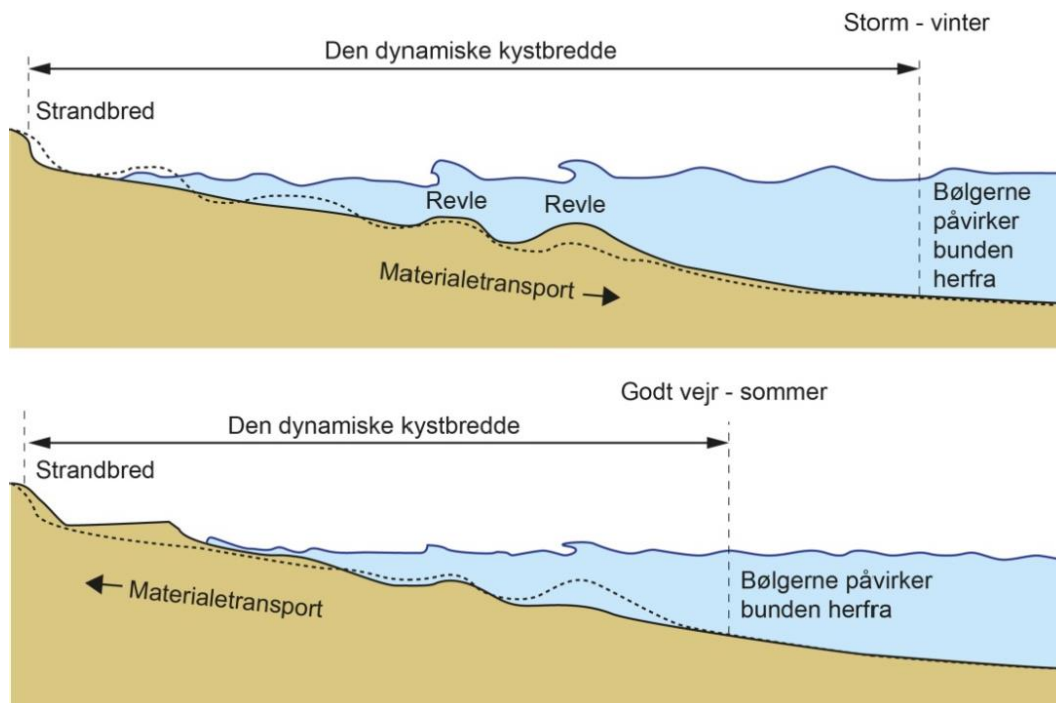
strækningen ved Skagen påvirkes af forskellige bølgeforhold med forskellige typer af brydende bølger (normalt karakteriseret som topbrydende og styrtbrydende). Topbrydende bølger, som forekommer under storm, bevirker normalt til revledannelse, hvor der søvæerts for brydningspunktet (dvs. i brydnings-zonen) forekommer en mindre sandtransport ind mod kysten, og hvor der landvæerts for brydningspunktet (i surf-zonen og swash-zonen) forekommer en udadrettet transport, se illustration i figur 1-25. Brydningspunktet på strækningen ved Skagen varierer pga. vekslende bølge- og vandstandsforhold, og revlen vil desuden med tiden langsomt bevæge sig.



Figur 1-25. Illustration af sandtransport søvæerts og landvæerts for brydningspunktet, hvilket bevirker til revledannelse.

Såkaldte styrtbrydende bølger er i stand til at danne opslemming af sand i vandsøjlen, hvilket bevirker til at sandet transporteres ind imod kysten. Denne effekt er mest dominerende under

forhold med lange dønninger (dvs. lange bølger med høj bølgeperiode). Igennem et længere tidsrum, hvor kysten er påvirket af både top- og styrtbrydende bølger, vil der således forekomme en konstant omfordeling af sediment, samt en konstant dynamik af strandprofilen. Et eksempel på materialetransporten under storm og under tilfælde med "godt vejr" kan ses i figur 1-26.

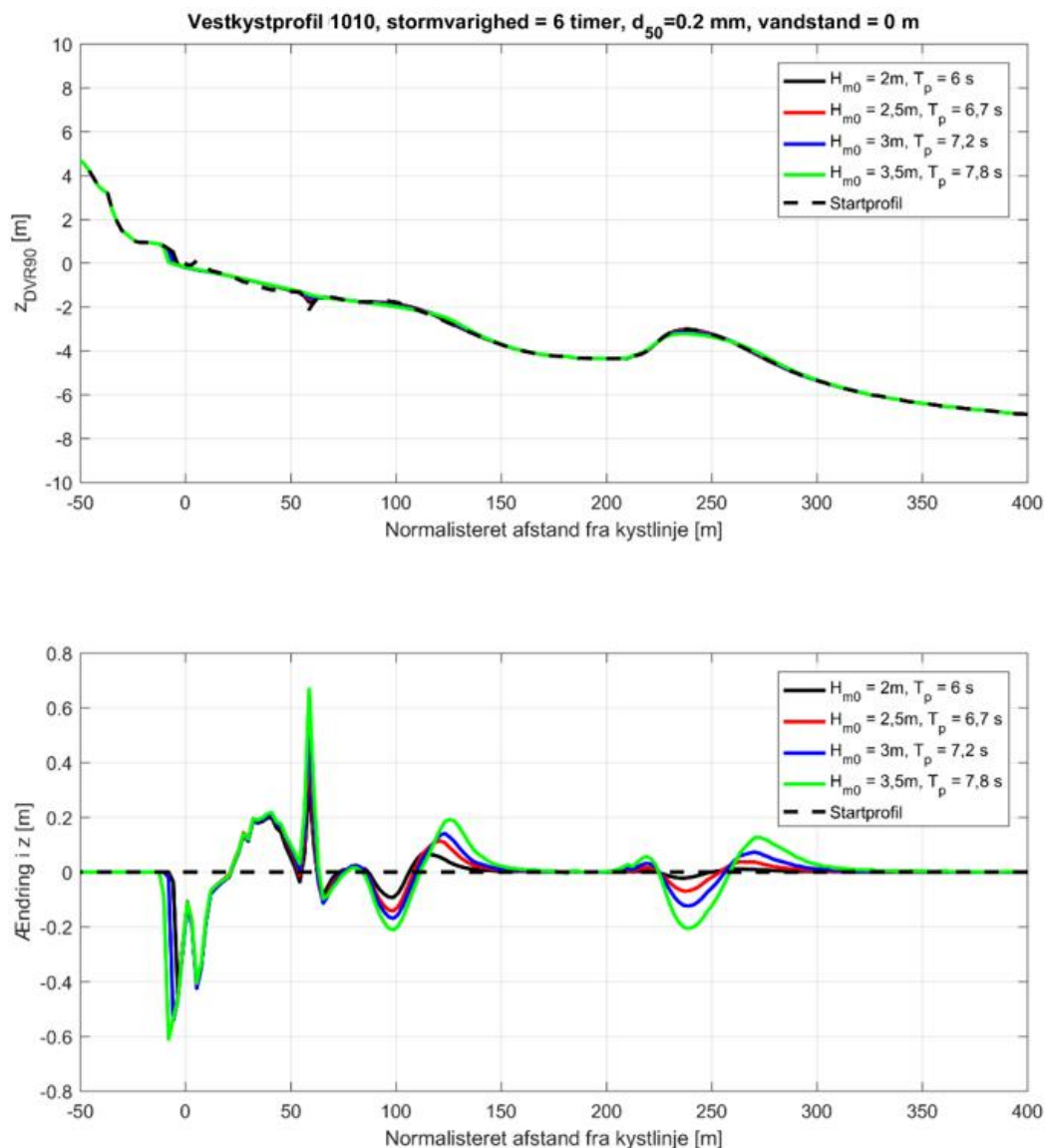


Figur 1-26. Tværtransport giver erosion under storm og opbygning under roligt vejr²⁹.

Baseret på simuleringer i den tidligere omtalte XBeach-model i afsnit 1.1.3 kan der i figur 1-27 ses et eksempel på omfanget af dynamikken i kystprofilet ved Skagen pga. den tværgående bølgeinducerede sedimenttransport. Der antages i modellen en middeldornstørrelse på $d_{50} = 0,2$ mm, da dette svarer til middeldornstørrelsen i swash- og brydningszonen jf. afsnit 1.5.

Under modelsimuleringerne er der forudsat en middelvandstand på 0 meter (dog er effekten fra bølge-setup inkluderet). Herudover er der antaget en stormvarighed på seks timer. Bølger er genereret baseret på antagelse om et JONSWAP-spektra med $\gamma=3.3$ og er antaget at være vinkelrette på kysten. Der er dog inkluderet en retningsspredning på ca. otte grader. Modellen er kørt for forskellige bølgeforhold. Udgangspunktet for startprofilet er kystprofil 1010.

²⁹ Kystdirektoratet. (2018). *Vejledning om kystbeskyttelsesmetoder*.

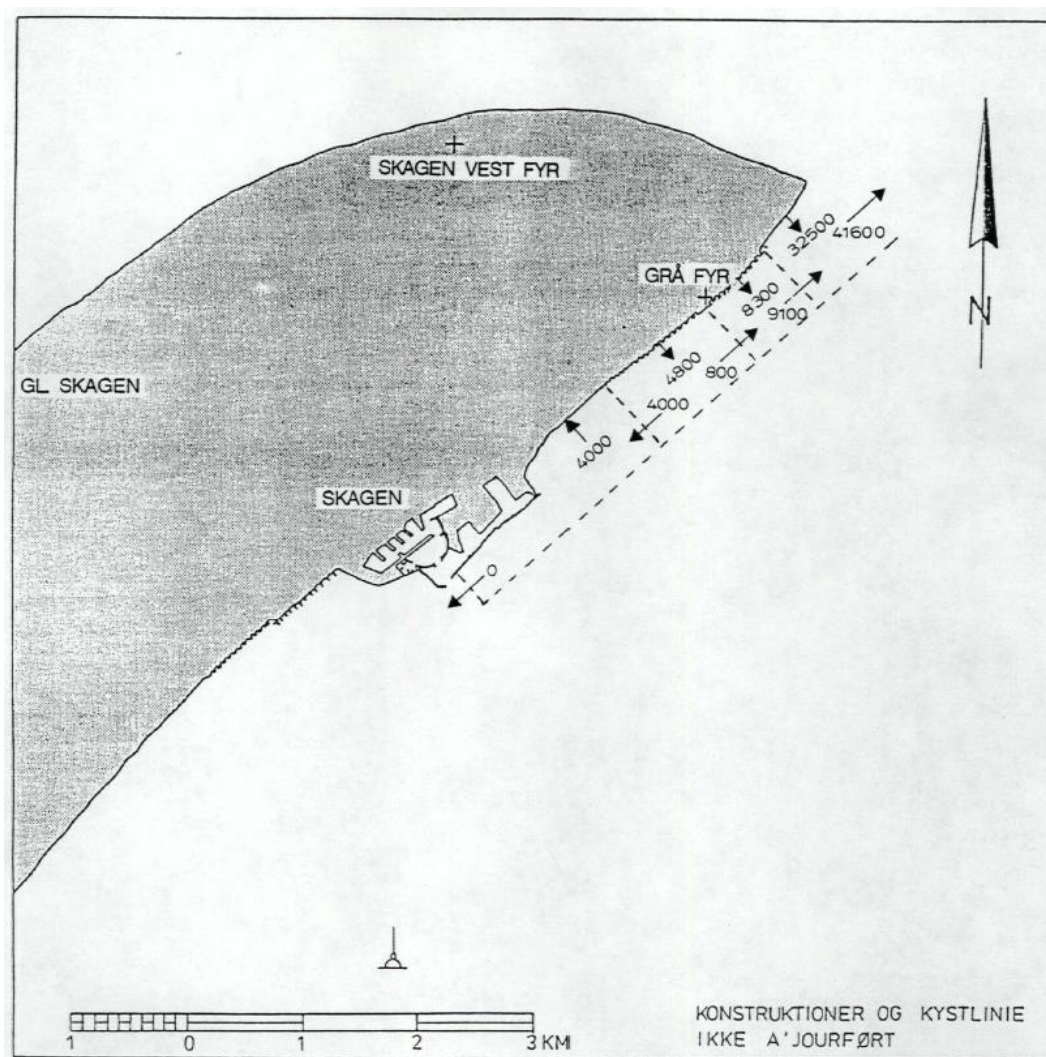


Figur 1-27. Eksempel på ændringer i et kystprofil beliggende ved Skagen (øverst) før/efter forskellige storme med en varighed på seks timer (bølgerne er antaget at være vinkelrette på kysten), samt ændringer i kystprofiler (nederst).

Som det fremgår af figur 1-27, kan det ses, at der forekommer bundændringer på op til ca. 0,6 meter i surf- og swash-zonen. Herudover forekommer der bundændringer på revlen, som dog til sammenligning er af mindre omfang (op til ca. 0,2 m).

1.6.2 Langsgående sedimenttransport

Det beregnede sedimentbudget ved Skagen i perioden 1979 – 1989 er vist i Figur 1-28. Som det fremgår af figuren, er netto-transportretningen nordøstgående i den nordlige del af strækningen nord for havnen og sydgående i den sydlige del umiddelbart nord for havnen.



Figur 1-28. Beregnet årligt sedimentbudget [$\text{m}^3/\text{år}$] i perioden 1979 - 1989³⁰.

Sedimentbudgettet i Figur 1-28 er ikke ajourført ift. havneudvidelse samt vedligeholdelse/ændring af den hårde kystbeskyttelse, men der opnås dog alligevel et indblik i størrelsesordenen af nettotransporten samt netto-transportretningen.

1.7 Naturlig koncentration af suspenderet sediment

Sedimenttransporten ved Skagen, beskrevet i afsnit 1.6, giver anledning til en naturlig baggrundskoncentration af suspenderet sediment, som bl.a. påvirker vandets farve og gennemsigtighed (sigtdybde).

Troels Aagaard (2006)³¹ har ved hjælp af såkaldte UFOBS-sensorer (fiberoptical backscatter sensors) målt sedimentkoncentrationer i swash-zonen ved Skallingen på Vestkysten. Målingerne er udført under forskellige bølgeforhold og viser sedimentkoncentrationer på op til ca. 90 – 100 kg/m^3 (90.000 – 100.000 mg/l) ved en offshore signifikant bølgehøjde på ca. to til tre meter. Koncentrationen varierer dog henover bølgeperioden, samt henover bølgespektret, og der er således en signifikant forskel imellem maks.-koncentration og middelmiddelt koncentration af det su-

³⁰ Kystinspektoret, 1990, Coastal Development - Skagen

³¹ Troels Aagaard, M. G. (2006). Sediment suspension and turbulence in the swash zone of dissipative beaches.

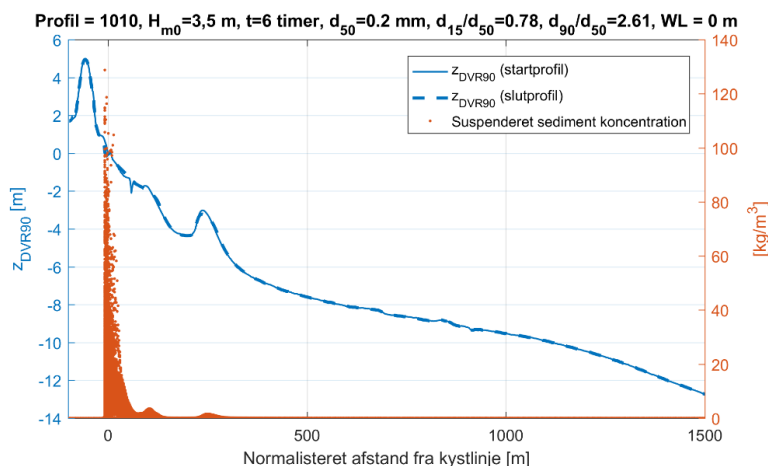
sponderede materiale under en periode med bølger. De højeste koncentrationer blev i studiet af Troels Aagaard (2006) målt ca. midt i swash-zonen.

Umiddelbart findes der ikke lignende målinger for suspenderet sediment ved Skagen, og derfor er der i nærværende evaluering udført modelsimuleringer herfor. Målingerne af Troels Aagaard (2006) anvendes dog til validering af modellen, velvidende at kystprofillet samt bølgeforholdene og sedimentkarakteristikken er forskellige på de to lokaliteter.

1.7.1 Simulering af naturlig baggrundskoncentration af suspenderet sediment

Samme XBeach-model som tidligere anvendt og beskrevet i afsnit 1.1.3 er videre anvendt til simulering af den naturlige bølgeinducerede suspenderede sedimentkoncentration ved Skagen.

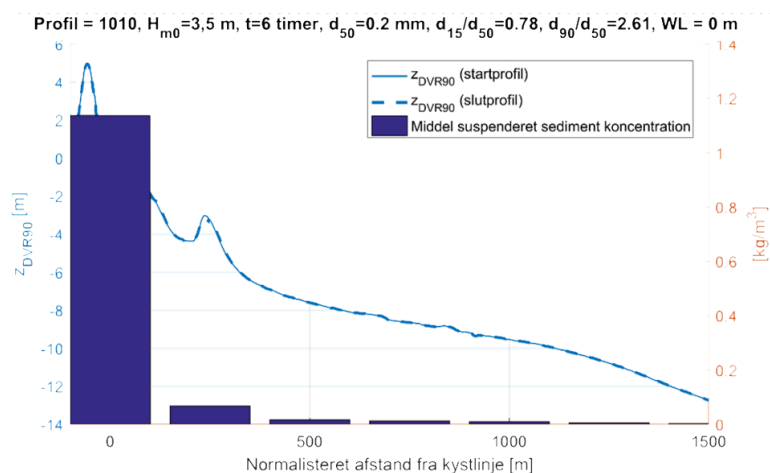
Estimater fra XBeach-simuleringerne for dybdemidlede henholdsvis maks.- og middelkoncentrationer af suspenderet sedimentkoncentration for forskellige bølgehøjder samt i forskellige afstande fra kysten er opsummeret i Tabel 1-8 og Tabel 1-9. Maks.- og middelkoncentrationer er præsenteret for en periode på seks timer. Suspenderede sedimentkoncentrationer samt start-/slut kystprofil efter en kraftig storm er vist i henholdsvis figur 1-29 samt figur 1-30 for maks., og middelkoncentrationer.



Figur 1-29. Maks. koncentrationer for suspenderet sediment ved Skagen (profil 1010).

Afstand til kystlinjen [m]	H _{m0} =1 m, T _p = 4.5 s	H _{m0} =1.5 m, T _p = 5.4 s	H _{m0} =2 m, T _p = 6 s	H _{m0} =2.5 m, T _p = 6.7 s	H _{m0} =3 m, T _p = 7.2 s	H _{m0} =3.5 m, T _p = 7.8 s
1 - 250	116728	111647	124239	104887	96040	113732
251 - 500	10	124	298	660	996	1666
501 - 750	0	1	11	26	46	58
750 - 1000	0	1	6	16	32	46
1001 - 1250	0	0	3	11	26	37
1250 - 1500	0	0	1	5	18	26
1250 - 1500	0	0	0	2	8	14
1750 - 2000	0	0	0	1	5	9
2000 - 2250	0	0	0	0	3	6
2250 - 2500	0	0	0	0	2	5
2500 - 2750	0	0	0	0	2	5
2750 - 3000	0	0	0	0	1	3

Tabel 1-8. Maks. koncentration af suspenderet materiale i tværprofilet (profil 1010, Skagen) for varierende bølgeforhold samt i forskellige afstande fra kystlinjen [mg/l].



Figur 1-30. Middel-koncentrationer for suspenderet sediment ved Skagen (profil 1010).

Afstand til kystlinjen [m]	$H_{m0}=1$ m, $T_p = 4.5$ s	$H_{m0}=1.5$ m, $T_p = 5.4$ s	$H_{m0}=2$ m, $T_p = 6$ s	$H_{m0}=2.5$ m, $T_p = 6.7$ s	$H_{m0}=3$ m, $T_p = 7.2$ s	$H_{m0}=3.5$ m, $T_p = 7.8$ s
1 - 250	309	501	632	818	924	1137
251 - 500	0	1	7	21	39	67
501 - 750	0	0	1	4	10	17
750 - 1000	0	0	1	2	7	13
1001 - 1250	0	0	0	1	4	9
1250 - 1500	0	0	0	1	2	5
1250 - 1500	0	0	0	0	1	3
1750 - 2000	0	0	0	0	0	2
2000 - 2250	0	0	0	0	0	1
2250 - 2500	0	0	0	0	0	1
2500 - 2750	0	0	0	0	0	1
2750 - 3000	0	0	0	0	0	0

Tabel 1-9. Middelkoncentration af suspenderet materiale i tværprofilet (profil 1010, Skagen) for varierende bølgeforhold samt i forskellige afstande fra kystlinjen [mg/l].

Bemærk, at tallenes detaljeringsgrad i Tabel 1-8 og Tabel 1-9 ikke afspejler estimaternes nøjagtighed, men som det fremgår af Tabel 1-8, er koncentrationen i swash-zonen ca. 110 kg/m^3 for $H_{m0} = 2 - 3$ meter, hvilket er af nogenlunde samme størrelsesorden som det der blev målt i swash-zonen i 2006³² ved Skallingen.

Det skal nævnes, at variation i middelvandstanden under den pågældende hændelse kan medføre variationer i afstandene til kystlinjen sammenlignet med det oplyste i tabel 1-8 og tabel 1-9. Som det fremgår af tabel 1-8 og tabel 1-9, forekommer der for $H_{m0}=2,5 - 3$ meter (svarende til en returperiode på et og fem år) en dybdemidlet middelkoncentration på henholdsvis ca. 21 mg/l og 39 mg/l i en afstand på $250 - 500$ meter fra kysten, som jf. afsnit 2.2 nogenlunde svarer til afstanden fra kystlinjen hvorpå forekommer kystnær fodring på strækningen ved Skagen.

Middelkoncentrationen i zonen indenfor ca. seks meter vanddybden ved Skagen (ekskl. swash-zonen hvori der forekommer ekstremt høj koncentration) er vist i tabel 1-10.

³² Troels Aagaard og Michael G. Hughes, 2006, Sediment suspension and turbulence in the swash zone of dissipative beaches

Afstand til kystlinjen [m]	$H_{m0}=1$ m, $T_p =$ 4.5 s	$H_{m0}=1.5$ m, $T_p =$ 5.4 s	$H_{m0}=2$ m, $T_p =$ 6 s	$H_{m0}=2.5$ m, $T_p =$ 6.7 s	$H_{m0}=3$ m, $T_p = 7.2$ s	$H_{m0}=3.5$ m, $T_p =$ 7.8 s
250 - 500 meter (indenfor fem meter vanddybde)	0	1	7	21	39	67

Tabel 1-10. Middelkoncentration af suspenderet materiale i tværprofilet indenfor ca. seks meters vanddybde (ekskl. swash-zonen) for varierende bølgeforskel (profil 1010 ved Skagen) [mg/l].

1.8 Sedimentation/bypass ved Skagen Havn

Den naturlige langsgående sandtransport ved Skagen Havn, samt den ind-/udgående skibstrafik til havnen, medfører et mindre oprensningsbehov på gennemsnitligt ca. 5 – 10.000 m³/år (oplyst af Skagen Havn). Oprensningen finder sted i havnebassinerne og kun meget sjældent i indsejlingen. Dette betyder således, at den potentielt opstående suspenderede sedimentkoncentration, som følge af spild ved håndteringen af sedimentspild, hovedsageligt vil begrænse sig til havnebassinerne, og forventeligt kun i begrænset omfang vil sprede sig til udenfor havnen. Der gennemføres ikke kunstigt bypass ved Skagen havn.

2. FREMTIDIGE FORHOLD

I dette afsnit beskrives de fremtidige forhold langs strækningen ved Skagen efter gennemførelsen af projektet, hvilket bl.a. udgør grundlaget for den efterfølgende vurdering af miljøpåvirkningerne på strækningen.

Beskrivelsen af de fremtidige forhold gives i relation til de beskrevne eksisterende forhold i afsnit 1. Dvs. at der i det følgende vurderes på følgende:

- Ændring i sedimentkarakteristik
- Ændring i kystmorfologi og sedimenttransport
- Ændring i bølgeforhold samt strømforhold
- Ændring i sedimentationsforhold ved havnene
- Ændring i koncentration af suspenderet sediment

De beskrevne eksisterende forhold vedr. vandstandsforhold behandles ikke videre i dette afsnit, da disse forhold som udgangspunkt vurderes ikke at blive påvirket af projektets gennemførelse.

2.1 Indledende beskrivelse af projektets gennemførelse

Målsætningen i Fællesaftalen mellem Staten ved Kystdirektoratet og Frederikshavn Kommune er, at der på strækningerne ved Grenen og Sønderstrand skal ske en naturlig kystudvikling. Målsætningen for strækningerne ved-, og sydvest for, Grå Fyr, Havnen-Klitgården samt Damstederne er, at kystlinjen skal fastholdes. Strækningen nordøst for Grå Fyr er der ingen målsætning for, men vejforbindelsen til Grenen skal bevares.

2.1.1 Kystbeskyttelsens omfang

Kystbeskyttelsen på strækningen omfatter alene sandfodring på delstrækninger:

- Nordøst for Grå Fyr
- Grå Fyr
- Sydvest for Grå Fyr II
- Sydvest for Grå Fyr I
- Havnen-Klitgården
- Damstederne II
- Damstederne I

Aktiviteterne udgør sammen med vedligeholdelsen af de eksisterende hårde kystbeskyttelsesanlæg, der ikke er omfattet af projektet, den samlede kystbeskyttelsesindsats på strækningen.

Sandfodring gennemføres som regel i såkaldte kampagner med et interval på op til to år eller som én kampagne i hele perioden, hvor udvalgte strækninger fodres med en sandmængde, der dækker flere års behov for at opnå en højere effektivitet ved arbejdet.

Kampagnemængder i fastmål³³ er:

- Kampagner hvert andet år à 120.000 m³, som kystnær eller strandfodring

³³ Svarende til fyldsandets volumen i indvindingsområdet inden indvinding

- Én kampagne i perioden på i alt 60.000 m³, som kystnær eller strandfodring

Som erstatning af ovenstående kan sandfodringen i stedet gennemføres som:

- Én kampagne i perioden på i alt 300.000 m³, som kystnær fodring

Det vil sige, at der i den 5-årige periode kan fodres med en samlet mængde på maks. 300.000 m³. En kombination af strandfodring og kystnær fodring vil ikke forekomme.

Mængderne fordeles jævnt langs kysten efter følgende principper, se tabel 2-1 og tabel 2-2:

Strandfodring				
Fodrigsmængde, m ³	Maks. strækning, m	Intensitet, m ³ /m	Min. strækning, m	Intensitet, m ³ /m
120.000	4.000	30	600	200
60.000	4.000	15	600	100

Tabel 2-1. Principper for strandfodring.

Kystnær fodring				
Fodrigsmængde, m ³	Maks. strækning, m	Intensitet, m ³ /m	Min. strækning, m	Intensitet, m ³ /m
300.000	1.500	200	-	-
120.000	4.000	30	1.400	86
60.000	4.000	15	1.400	43

Tabel 2-2. Principper for kystnær fodring.

I forhold til arealpåvirkning forudsættes det, at sandet placeres i 1,5 meter højde i et område 150 meter landværts fra fem meter kurven og ud til 6,5 meter kurven. For alle scenarier antages enten klappning af alt materialet med 2.000 m³ skibe eller rainbowing af alt materialet med 6.000 m³ skibe. Disse vurderes som de to yderscenarier.

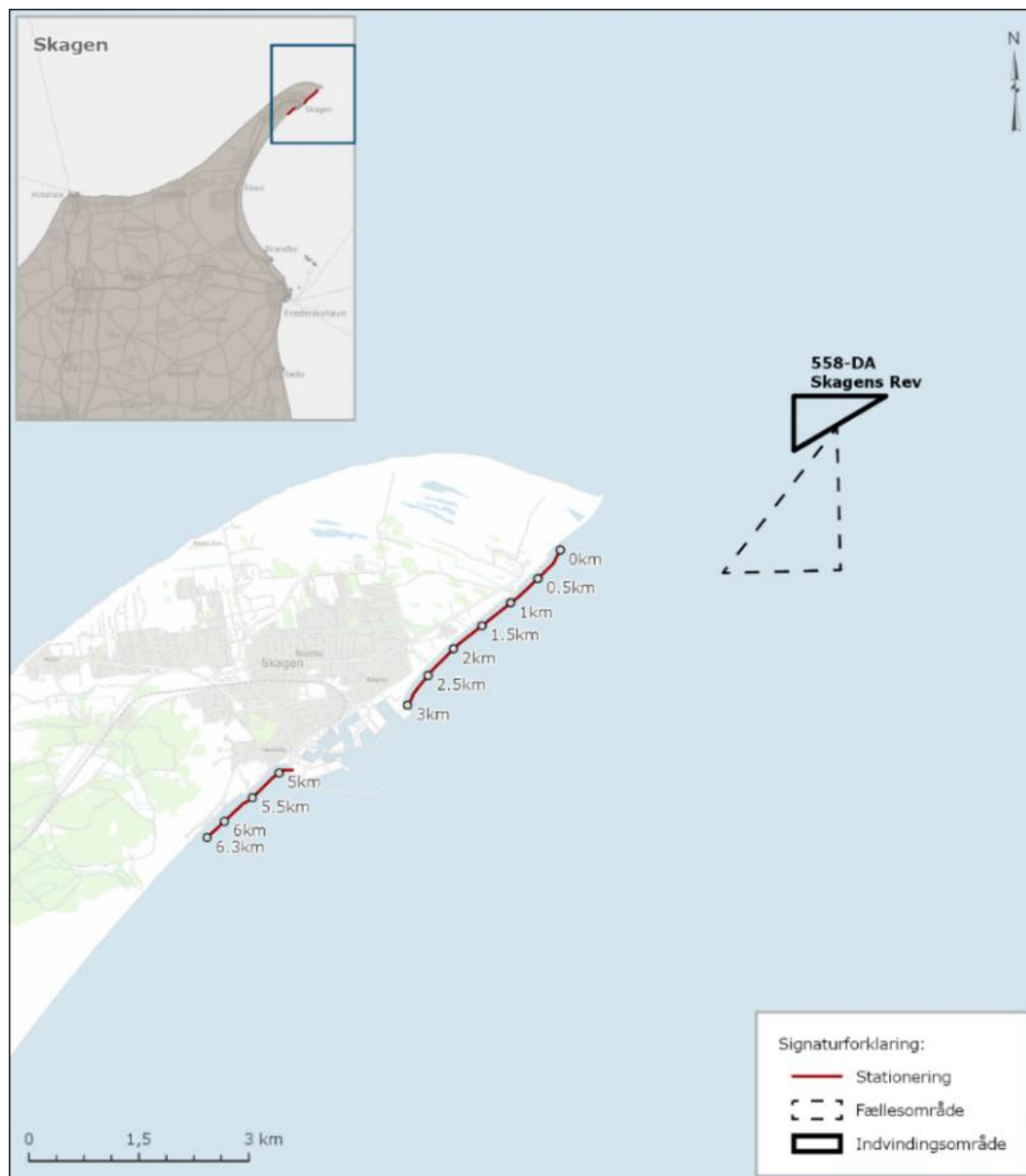
Målsætningerne for kystbeskyttelsen forventes opnået ved en kombination af de nævnte aktiviteter og de eksisterende kystbeskyttelsesanstaltninger i form af:

- Sanddiger og klitter med skråningsbeskyttelse
- Høfder og bølgebrydere

2.1.2 Sandkarakteristik for sand til strandfodring

Placeringen af indvindingslokaliteten 558-DA Skagen Rev fremgår af figur 2-1.

Generelt sker sandfodring med fyldsand, som er ensartet sand med et lavt indhold af sten. Sandet sorteres ikke over sold i skibet, og kan derfor indeholde varierende kornstørrelser og have et indhold af sten. Sandets karakter varierer i indvindingsområderne indenfor større eller mindre arealer, som erfaringsmæssigt kan ændre sig fra år til år.

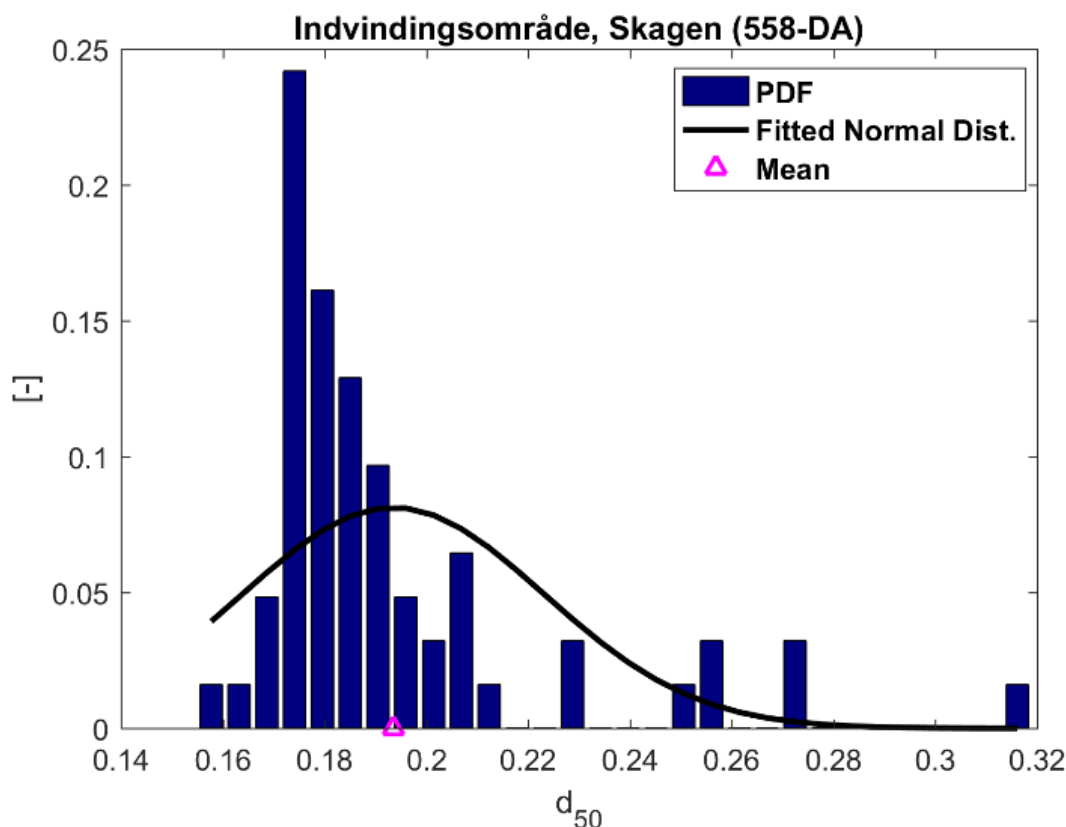


Figur 2-1. Eksisterende indvindingstilladelser til marin sandindvinding ved Skagen.

Baseret på 62 sigtekurver ved 558-DA ved Skagen Rev³⁴ er der fundet en gennemsnitlig d_{50} på 0,195 mm, og som det fremgår af Figur 2-2, er d_{50} for de forskellige sigteprøver nogenlunde ensformig, dog med enkelte tilfælde med højere d_{50} på op til 0,32 mm. Dette stemmer desuden fint overens med (Orbicon, 2017)³⁵.

³⁴ Geoscandic (2012) Geoteknisk rapport – Skagen Rev, Rapport nr. 12

³⁵ Orbicon, 2017, Råstofefforforskning på Skagens Rev



Figur 2-2. Fordeling af målte d_{50} ved indvindingsområde ved Skagen Rev, baseret på 62 sigteprøver.

	Middel	95% fraktil
d_{50} [mm]	0.193	0.26
Indhold af $d < 0.125$ mm [%]	3,3	12

Tabel 2-3. Statistik for d_{50} samt indhold af fint sand ($d < 0,125$ mm) baseret på 62 sigteprøver gennemført på indvindingsområdet ved Skagen Rev.

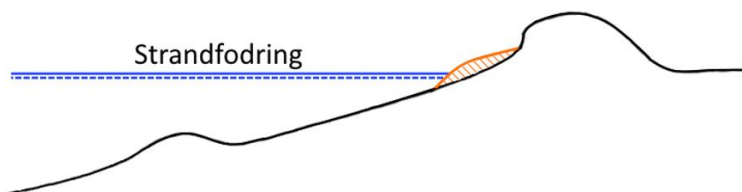
Ved sammenligning med sandkarakteristikken for eksisterende forhold angivet i afsnit 1.5 fremgår det, at sandkarakteristikken for det anvendte sand til sandfodringen er af nogenlunde samme karakter som det naturligt forekommende sand på strækningen ved Skagen (forskellen i d_{50} er ca. 14%). Indholdet af fint materiale ($d < 0,125$ mm) er lidt højere på indvindingsområdet sammenlignet med det naturligt forekommende sand, men det forventes dog, jf. projektbeskrivelsen, at der spildes en andel af det fine materiale under indvindingen.

2.1.3 Overordnet beskrivelse af virkningen fra de forskellige sandfodringsmetoder

En overordnet beskrivelse af virkningen fra de forskellige sandfodringsmetoder anvendt på strækningen ved Skagen gives i det følgende.

- **Strandfodring**

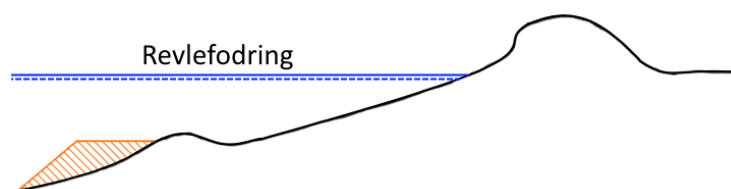
Strandfodring anvendes langs strækningen, og yder en akut forstærkning af strandprofillet samt etablerer hurtigt et bredere strandplan, hvilket reducerer risikoen for klit- og skrænterosion.



Figur 2-3. Skitse af princip for strandfodring.

• Kystnær fodring

Kystnær fodring på strækningen gennemføres reelt på to forskellige måder indenfor den aktive del af kystprofilen (evt. i kombination). Den ene metode (som sker ved klapning) etablerer en forstærkning af revlen (lokal intensiv tilførsel af sand ved revlen som gør den højere og bredere), hvilket bevirker til at bølgebrydningen sker længere ude i kystprofilen, da revlen virker som undersøisk bølgebryder. Den anden metode (rainbowing) giver en mere jævn tilførsel af sand over en bredere strækning. Kystnær fodring modvirker dog ikke akut erosion umiddelbart efter en fodring. Fodringssandet bevæger sig over tid ind mod stranden, hvor det kan medvirke til at et bredere strandplan etableres.



Figur 2-4. Skitse af princip for revlefodring.

2.2 Ændring i kystmorfologi og sedimenttransport

I det følgende vurderes der på hvorvidt sedimentforholdene ændres på strækningen som følge af sandfodring.

2.2.1 Indflydelse på sedimentkarakteristik ved kystnær fodring

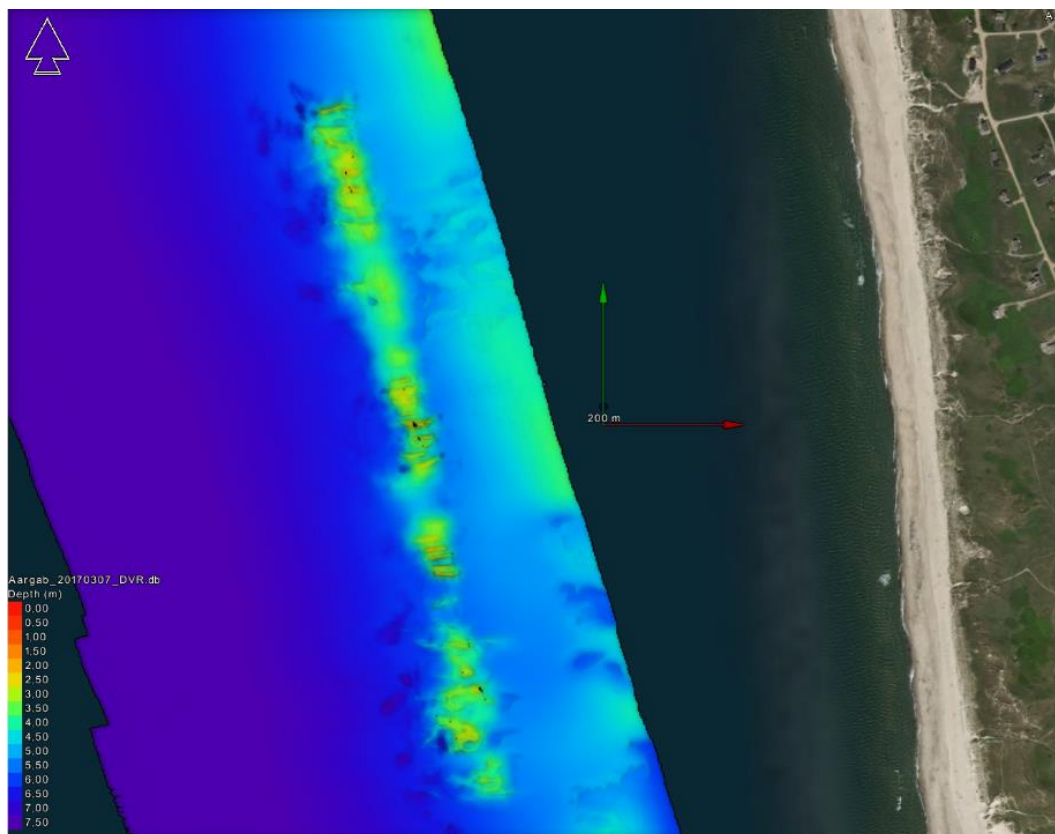
Som nævnt i afsnit 2.1.2 er sandkarakteristikken for det anvendte sand til sandfodringen af nogenlunde samme karakter som det naturligt forekommende sand på strækningen (forskel på 14% i d_{50}). Derfor forventes det ikke, at sandkarakteristikken for kystprofilen vil ændre sig væsentligt som følge af den kystnære fodring.

2.2.2 Vurdering af indflydelse på sedimentkarakteristik ved strandfodring

På samme vis som beskrevet i afsnit 2.2.1 forventes det ikke, at sandkarakteristikken for stranden vil ændre sig væsentligt som følge af strandfodringen. Erfaringsmæssigt viser det sig dog (oplyst af Kystdirektoratet), at det indpumpede sand er forholdsvis mørkt, umiddelbart når det kommer ind på stranden, men efter et par dage i solen er erfaringerne dog (oplyst af Kystdirektoratet) at det typisk er bleget og ligner det naturligt forekommende sand på stranden.

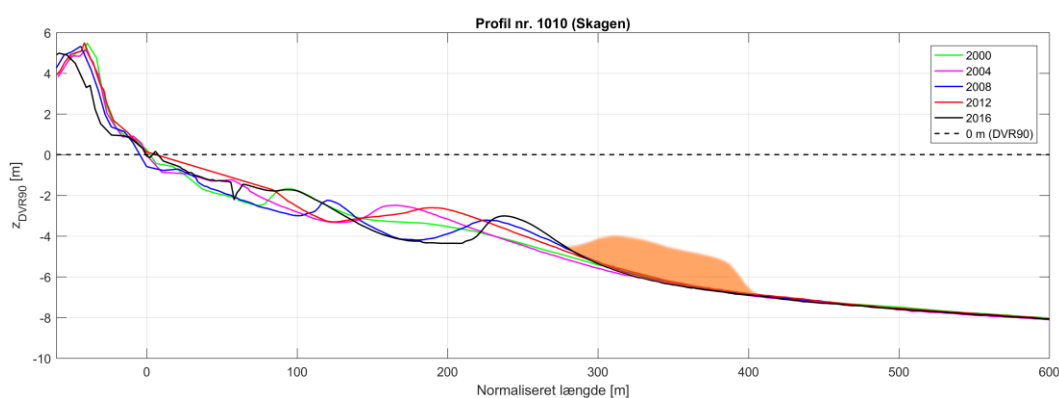
2.2.3 Indflydelse på kystmorfologien ved kystnær fodring

Et eksempel på en opmåling under en igangværende revlefodring ved klapning, dog ved Hvide Sande, kan ses i Figur 2-5. Som det fremgår af figuren, dannes der ved kystnær fodring en kunstig revle, som umiddelbart under/efter fodringen potentielt kan adskille sig markant fra det naturlige kystprofil (dog afhængig af det eksisterende kystprofil på det pågældende tidspunkt for fodringen).



Figur 2-5. Eksempel på igangværende kystnær fodring via klapning ved Hvide Sande³⁶

Ved gennemførelse af én kystnær fodring på 300.000 m³ i perioden (via klapning) ved Skagen, med en fodringsintensitet på 200 m³/m, er påvirkningszonen (jf. afsnit 2.1.1) på havbunden potentielt fra otte meter dybdekurven DVR90 og indtil 150 meter landværts for fem meter dybdekurven DVR90. I denne påvirkningszone vil vanddybden gennemsnitligt reduceres med ca. 1,5 meter, over en bredde på op til ca. 1.500 meter. En sådan fodring er illustreret i Figur 2-6 for kystprofil 1010 ved Skagen. Revlefodringen i eksemplet i Figur 2-6 er placeret på det seneste opmålte kystprofil (1010) fra 2016.



Figur 2-6. Eksempel på kystnær fodring via klapning ved Skagen (kystprofil 1010). Bemærk at der er forskel på skalaen i figuren på x- og y-aksen.

³⁶ Figur er delt af Kystdirektoratet, 2018

Som det fremgår af Figur 2-6, medfører den kystnære fodring en dybdevariation i kystprofillet (1,5 meter) som nogenlunde svarer til den naturlige dybdevariation på revlen (ca. 1,2 meter jf. afsnit 1.6). Dog kan den etablerede kunstige revle ved den kystnære fodring forekomme mere søværts sammenlignet med revlerne i de opmålte kystprofiler i perioden 2000 – 2016.

Jf. afsnit 1.6.1 er den aktive dybde på strækningen ved Skagen ca. syv til otte meter, hvilket betyder, at fodringssandet placeres i det aktive profil. Umiddelbart efter gennemførelsen af den kystnære fodring vil sandet fra den kystnære fodring således indgå i den langs- og tværgående sandtransport.

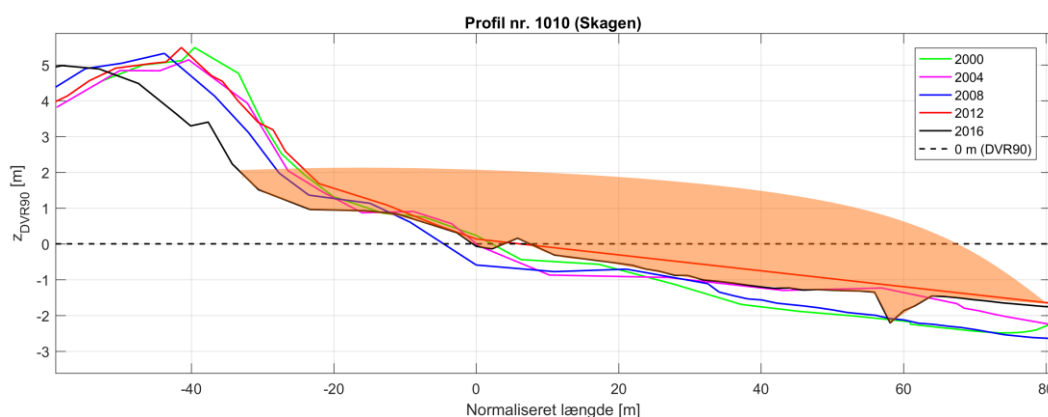
Den kystnære fodring vil sandsynligvis give anledning til en mindre påvirkning af den langsgående netto-sandtransport. Dels må det forventes, at transportkapaciteten øges lokalt som følge af reduktionen af vanddybden i det aktive profil, hvormed bølgeenergien potentielt kan bringe mere sediment i suspension. Ændringen i transportkapaciteten forventes dog udelukkende at forekomme lokalt omkring revlen. Effekten fra den kystnære fodring på strandens tilbagerykningsrate, forventes først at kunne ses efter nogen tid.

Det kan forekomme, at den æoliske sandtransport (vindens transport af sedimentet) påvirkes som følge af den kystnære fodring, sammenlignet med den naturlige æoliske transport. Ændringen vurderes dog at være meget lille sammenlignet med den naturlige æoliske transport på strækningen, da sandet placeres under vand.³⁷

2.2.4 Vurdering af morfologiske ændringer i kystprofillet ved strandfodring

En principskitse for en strandfodring med ca. 200 m³/m på strækningen ved Skagen er vist i figur 2-7, hvor sandet er fordelt forholdsvis jævnt foran klitten.

Som det fremgår af figur 2-7, vil den forholdsvis signifikante strandfodring medføre en betydelig ændring af strandprofillet, hvor strandfodringen medfører en fremrykning af klitten samt en søværts fremrykning af kystlinjen i kote 0. Dette skal dog ses relativt i forhold til en akut erosion op til ca. 15 meter på strækningen, jf. afsnit 1.1.3.



Figur 2-7. Eksempel på ændring i kystprofil 1010 ved som følge af den strandfodring med ca. 200 m³/m. Bemærk at der er forskel på skalaen i figuren på x- og y-aksen.

Strandfodringen sikrer både en forstærket klit og en større buffer ift. kliterosion. Umiddelbart efter strandfodringen forekommer der en bredere strand, men erfaringen viser, at strandbreddeudvidelsen forsvinder, hvilket skyldes den naturlige omfordeling af sand, hvor de fineste sand-

³⁷ DHI. (2001). Redegørelse for planlagte kystfodringsprojekter udfor Fjaltring i 2002 og ved Årgab i 2003.

fraktioner udvaskes og aflejres i swash-zonen. Desuden forekommer der erosion på strækningen. Efter nogen tid vil vinden yderligere transportere de øverste lag af fine sandfraktioner, hvilket kan føre til, at der efterlades enkelte større sten/grus på stranden. Samme tendens forekommer dog i den eksisterende situation.³⁸

Strandfodringen kan potentielt give anledning til en lille forøgelse af den æoliske sandtransport til for-klitten samt måske til områder længere inde i land. Strandfodringen kan desuden medføre en forøget generering af såkaldte erosionskanter, som erfaringsmæssigt opstår, når sandet bliver fordelt på stranden med større hældning sammenlignet med den naturlige hældning (som er styret af middeldkornstørrelsen).

2.3 Ændring i bølgeforhold samt strømforhold

Formålet med den kystnære fodring er dels, som tidligere nævnt, at fremprovokere bølgebrydning på den kunstige revle, hvormed bølgeenergien tæt ved stranden reduceres. Med tiden vil sandet fra den kystnære fodring, som tidligere nævnt, omfordes i kystprofilet, og derfor vil indvirkningen på bølgebrydningen være mest signifikant umiddelbart efter fodringen, dvs. i tilfældet svarende til situationen vist i Figur 2-6. Desuden er det i afsnit 2.2.3 konkluderet, at den kunstige tilførte dybdevariation i kystprofilet ved kystnær fodring ligger nogenlunde indenfor den naturlige dybdevariation i revlerne, hvormed den reelle virkning på bølgebrydningen er begrænset, sammenlignet med de naturlige variationer. Flytningen af revlen søværts, kan dog flytte bølgebrydningen mere søværts.

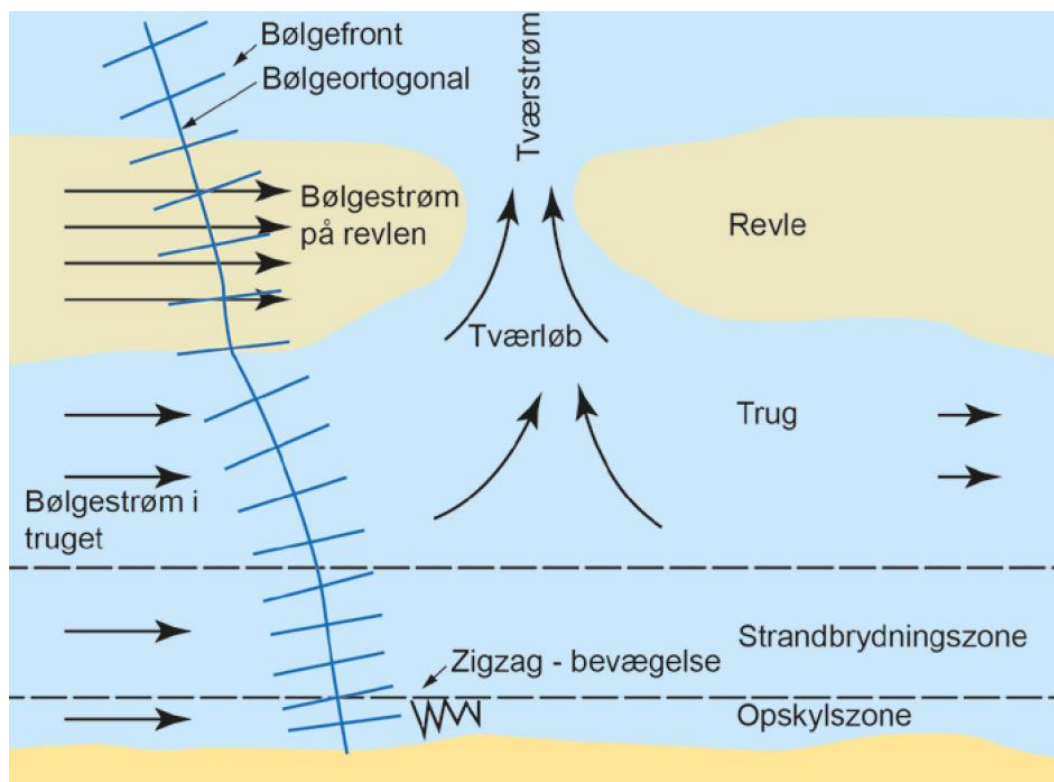
2.3.1 Indflydelse på strømforhold ved kystnær fodring

Det vurderes, at den kystnære fodring kan påvirke den bølgeinducerede strøm indenfor den aktive zone. Den tidevandsgenererede kyststrøm vil ikke umiddelbart blive påvirket ved kystnær fodring indenfor 6,5 meter vanddybden, dvs. påvirkningszonen ved kystnær fodring.

Den bølgegenererede strøm opstår, som tidligere nævnt, pga. bølgebrydningen, og derfor kan en ændring i bølgebrydningen (dvs. brydningstypen samt placeringen af bølgebrydningen i kystprofilet) potentielt skabe en lokal ændring i strømforholdene tæt ved kysten.

Udover potentielt ændrede bølgegenererede strømforhold kan der ved kystnær fodring på strækningen potentielt opstå lokale påvirkninger af strømmen, som følge af revlehuller (dvs. huller som potentielt opstår i den anlagte revle af enten naturlige årsager eller pga. lokale u-ensformigheder i kystfodringen). Revlehullerne kan give anledning til en udadgående tværstrøm, se illustration i Figur 2-8. Naturligt forekommer der dog revlehuller på kysten, men kystnær fodring kan potentielt give anledning til en ændring/forstærkning af effekten af revlehullerne.

³⁸ DHI. (2001). *Redegørelse for planlagte kystfodringsprojekter udfor Fjaltring i 2002 og ved Årgab i 2003*



Figur 2-8. Illustration af tværgående strøm ved revlehul.³⁹

2.4 Ændring i koncentration af suspenderet sediment

Kystbeskyttelse ved sandfodring på strækningen ved Skagen, vil påvirke koncentrationen af suspenderet sediment i vandsøjlen på følgende vis:

- Strandfodring ved indpumpning af sand til stranden fra skib sker ved, at der forekommer en kraftig opblanding af sandet med vand. Denne opblanding er nødvendig for at sandet kan pumpes ind på stranden gennem rørledningen. Når sand/vandblandingen forlader røret, falder hastigheden og vandet kan ikke længere transportere sandet og dette aflejres umiddelbart under rørudmunden. Vandet løber herefter tilbage til havet enten gennem stranden eller direkte på overfladen. Ved sidstnævnte vil der naturligt ske en sortering af sedimentet, hvor en del af de fineste fraktioner løber tilbage i havet. Dette vil således bevirke til, at der under processen tilføres en høj koncentration af suspenderet sediment i swash-zonen grundet strandfodringen, hvori der dog jf. afsnit 1.7 i forvejen forekommer en forholdsvis høj naturlig koncentration af suspenderet sediment.
- Kystnær fodring sker ved at store mængder af sand udledes direkte i vandsøjlen, hvorefter hovedparten af sandet aflejres mere eller mindre akut på selve udledningslokaliteten. Indholdet af finere sandfraktioner i sandfodringsmaterialet vil dog forblive i vandsøjlen i længere tid, hvormed de kan transporteres med strømmen og give anledning til en påvirkning af vandmiljøet udenfor selve lokaliteten for den kystnære fodring.

Det er generelt vurderet, at varigheden for overskridelsen af en koncentration af suspenderet sediment på 10 mg/l (som kan være af særlig interesse ift. vurderingen af indflydelsen fra sandfodringen på de biologiske processer), vil være større inden for 5 – 6,5 meter vanddybden ved

³⁹ Kystdirektoratet. (2018). *Vejledning om kystbeskyttelsesmetoder*.

kystnær fodring sammenlignet med påvirkningen fra gennemførelse af strandfodring. Derfor evalueres der i det følgende udelukkende på koncentrationer af suspenderet sediment fra den kystnære fodring.

Spredningen af sedimenter og vurderingen af koncentrationer af suspenderet sediment i vandsøjlen, som følge af den kystnære fodringsaktivitet, er estimeret ved gennemførelse af numeriske simuleringer. Sandfodringsmængderne er specificeret i afsnit 2.1.1 og de numeriske simuleringer er udelukkende gennemført for det scenarie, hvor der gennemføres én kampagne i løbet af perioden. Gennemføres den kystnære fodring derimod på årlig basis, eller hvert andet år, vil miljøpåvirkningen i form af sedimentspredning og dermed ændring af koncentrationen af suspenderet sediment være indeholdt i de præsenterede resultater og konklusioner.

De numeriske beregninger er gennemført med fodringsintensitet på 200 m³/m, hvilket er den maksimale fodringsintensitet Kystdirektoratet forventer, at den kystnære fodring gennemføres med.

2.4.1 Sedimentkarakteristik for de fineste fraktioner af sandfodringsmaterialet til den kystnære fodring

Nærværende afsnit indeholder en beskrivelse af den del af sandfodringsmaterialet, der spredes i forbindelse med den kystnære fodringsaktivitet på strækningen. Beskrivelsen er givet med henblik på at definere konservative, men dog realistiske input, til de numeriske simuleringer af sedimentspredningen.

Som tidligere nævnt gennemføres den numeriske modellering for den del af sandfodringen, der er relateret til den kystnære fodring og ikke strandfodringen.

Den numeriske modellering gennemføres udelukkende for spredningen af de fineste sandfraktioner, som forbliver i vandsøjlen i tilstrækkelig tid til, at de kan føres med strømmen og dermed give anledning til en påvirkning af flora og fauna udenfor fodringslokaliteten. Dette medfører, at spredningsberegningerne gennemføres for den del af sandfodringsmaterialet, der har en kornstørrelse; $d < 0,125$ mm, hvilket i det følgende generelt betegnes som "*fint materiale*".

Som nævnt i afsnit 2.1.2 er det forudsat, at sandfodringsmaterialet er sand med samme karakteristika som sand indvundet ved indvindingsområde 558-Skagen Rev, hvor andelen af fint materiale ($d < 0,125$ mm) er bestemt til 12 % baseret på analyse af 62 sigtekurver. Andelen af sand $d < 0,125$ mm er baseret på 95%-fraktilen for det specifikke indvindingsområde. Dette er en konservativ antagelse, da der er modelleret for et væsentligt højere indhold af "*fint materiale*" end hvad der er indeholdt i prøverne som gennemsnit.

I forbindelse med indvindingen af sand vil der forekomme et naturligt spild/udvaskning af de fineste sedimentfraktioner, hvilket dermed medfører, at andelen af fint materiale i lasten og som dermed kan spildes ved den kystnære fodring, er lavere end det specificerede baseret på analyser af sigtekurver udtaget på indvindingslokaliteten. Analyser gennemført for spild i forbindelse med sandindvinding har vist, at det gennemsnitlige spild af fint materiale udgør i størrelsesorden 0,4% til 2,7%, men helt ned til 0,1%.

I de numeriske simuleringer er det dog forudsat, at der ikke forekommer spild/udvaskning ved indvindingsprocessen og at alt spildet dermed forekommer på sandfodringslokaliteten (dvs. 12% spild).

2.4.2 Forudsætninger for numerisk modellering af suspenderet sediment ved Skagen

Evalueret af spredningen af sedimentspild ved den kystnære fodring baseres på numeriske beregninger gennemført i state-of-art programpakken MIKE3 FM, udviklet af DHI. MIKE3 FM er en 3-dimensionel numerisk model bestående af en række moduler, som kan kombineres efter behov. Modellen er opstillet i et såkaldt "fleksibelt mesh" som muliggør at optimere på detaljeringsgraden samt CPU-tiden i visse områder.

Output fra MIKE3 FM er tids- og stedsvarierende faner af suspenderet sediment samt sedimenterede aflejringstykkelser.

I dette tilfælde, hvor der ønskes modelleret spredning af suspenderet sediment i vandsøjlen, er der anvendt følgende modelmoduler:

- MIKE21 FM SW (spektral bølgemodul) – til modellering af bølger og dermed dybdeintegreret 2D bølgeinduceret strøm
- MIKE3 FM HD (hydrodynamisk modul) – til modellering af 3D strømfelter
- MIKE3 FM PT (partikel tracking modul) – til modellering af 3D spredningen af partikler

Kombinationen af de ovenfor nævnte modelmoduler bevirker til en realistisk gengivelse af bølger, bølgeinduceret strøm/vandstande, tidevandsgenereret kyststrøm/vandstand, spredning af suspenderet sediment i vandsøjlen, samt sedimentation af sediment udledt i vandsøjlen.

Bølgemodellen er opstillet i MIKE21 FM SW, som er en såkaldt spektral bølgemodel, der medtager de vigtigste processer i forbindelse med generering, transformation og dissipation af bølger. Bølgemodellen anvendes til at generere input til det hydrodynamiske modul (MIKE3 HD), således at den bølgeinducerede strøm inkluderes i de hydrodynamiske beregninger.

De hydrodynamiske processer simuleres via, MIKE3 FM HD med input fra bølgemodellen samt påførte randbetingelser for den tidevandsgenererede kyststrøm. Output fra det hydrodynamiske modul anvendes til de efterfølgende spredningsberegninger.

Transport, spredning og aflejring af sediment i forbindelse med den kystnære fodring er simuleret ved anvendelse af MIKE3 FM PT som simulerer sedimenttransporten ved en Lagransk model, hvor det spildte materiale beskrives ved et antal partikler, der transporteres med det beregnede strømfelt (partiklerne/partikelintensiteten påvirker ikke strømfeltet). Hver partikel tilskrives egenskaber i form af en masse og en faldhastighed og indenfor hvert tidsstep flyttes hver af partiklerne både horisontalt og vertikalt. Partiklerne flyttes i modellen via både advektion samt dispersion.

Evaluerede scenarier i simuleringen af suspenderet sediment

Anvendte scenarier i simuleringen af det suspenderede sediment opdeles i såkaldte hydrodynamiske scenarier samt kystnære fodringsscenarier. Disse beskrives i det følgende.

• **Hydrodynamiske scenarier**

Simuleringerne er gennemført for følgende hydrodynamiske scenarier:

- *Maksimal strømhastigheder* (dvs. kombineret bølge- og tidevandsgenereret strøm), som medfører maksimal spredning af de fine sedimenter og dermed giver et estimat på den største udbredelse af sedimentfanen, og dermed det største omfang af det berørte areal. Beregningerne er gennemført for både maksimal nord- og sydgående strøm.
- *Stille vejr* (dvs. udelukkende tidevandsvarierende strøm) som hermed medfører minimal spredning af sedimenterne og derfor de højeste koncentrationer af suspenderet sediment (dvs. højeste koncentration af den fine sedimentfraktion) i vandsøjlen.

Strøm- og bølgeforholdene ved Skagen er generelt beskrevet i afsnit 1.2 og 1.4 og strømha-
stighederne for de to ovenfor nævnte hydrodynamiske scenarier er angivet i tabel 2-4.

Scenarie	Strøm
	Hastighed (95%-fraktil)
Maks. strøm – nordgående	0,28 m/s
Maks. strøm – sydgående	0,28 m/s
Stille (både nord/sydgående indenfor en tidevandsperiode)	0,17 m/s / 0,08 m/s

Tabel 2-4. Strømforhold for modelleringsscenarierne.

De hydrodynamiske scenarier, der danner baggrund for spredningsberegningerne, er at betragte som værende stationære, hvilket betyder, at der er konstante bølge-/strømforhold (som dog er varierende i modelområdet med konstant amplitude for den tidevandsgenererede strøm) i hele fodringsperioden. Dette er en konservativ antagelse i forhold til spredningen af sediment, idet der for scenarierne med strøm er antaget konstant stærk strøm i hele fodringsperioden og dermed maksimalt påvirkningsområde. Desuden er antagelsen om stille-scenariet at betragte som værende konservativ i forhold til sedimentkoncentrationer (samt varigheder af givne sedimentkoncentrationer), da der i hele fodringsperioden reelt set er antaget, at der ikke forekommer bølger. Dermed sker der en minimal spredning af sedimenterne, hvilket resulterer i en længerevarende periode med konstant høje koncentrationer af suspenderet sediment.

• Kystnære fodringsscenarier

Simuleringerne er gennemført for følgende fodringsscenarier:

- Scenarier for kystnær fodringsmetode (klapning, rainbowing)
- Scenarier for varierende antal samtidigt arbejdende skibe
- Scenarier for arbejdsgang for fodringsskibene (synkron/ikke-synkron fodring)
- Scenarier for lokaliteten af den kystnære fodring hvor: Fodringen alene gennemføres nord for havnen, fodringen alene gennemføres syd for havnen, fodringen gennemføres både nord og syd for havnen)

Forudsætninger for hydrodynamisk model (HD-modul)

Følgende input er generelt anvendt i forbindelse med opstilling af de numeriske modeller:

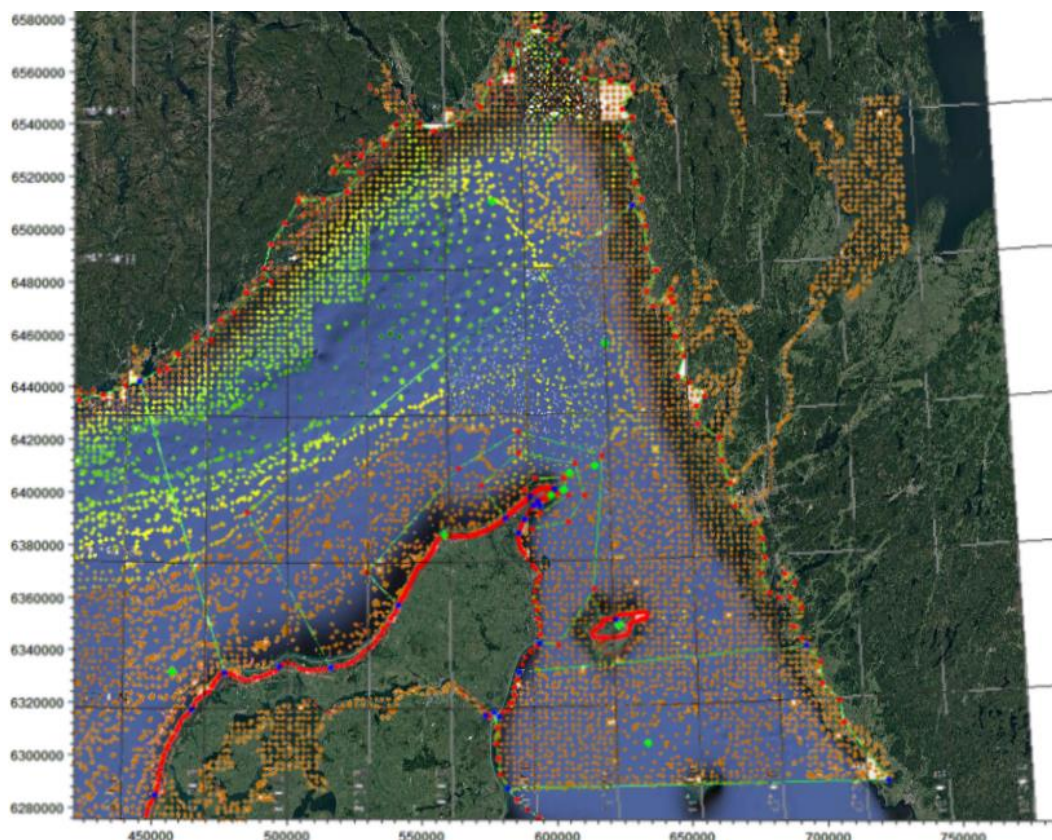
- Digitaliseret bathymetri (interpolerede dybdeforhold)
- Forceringsdata, bølgedata (bølgehøjde, -periode og retning), vindfelt (hastighed og retning) tidevandsgenereret strømhastighed
- Karakteristika af de spildte sedimenter (faldhastighed, densitet)
- Spildrate (hvor meget sediment spildes)
- Geografisk placering af spildet
- Dispersionskoefficient

I det følgende beskrives forudsætninger, input og resultater for den hydrodynamiske modellering.

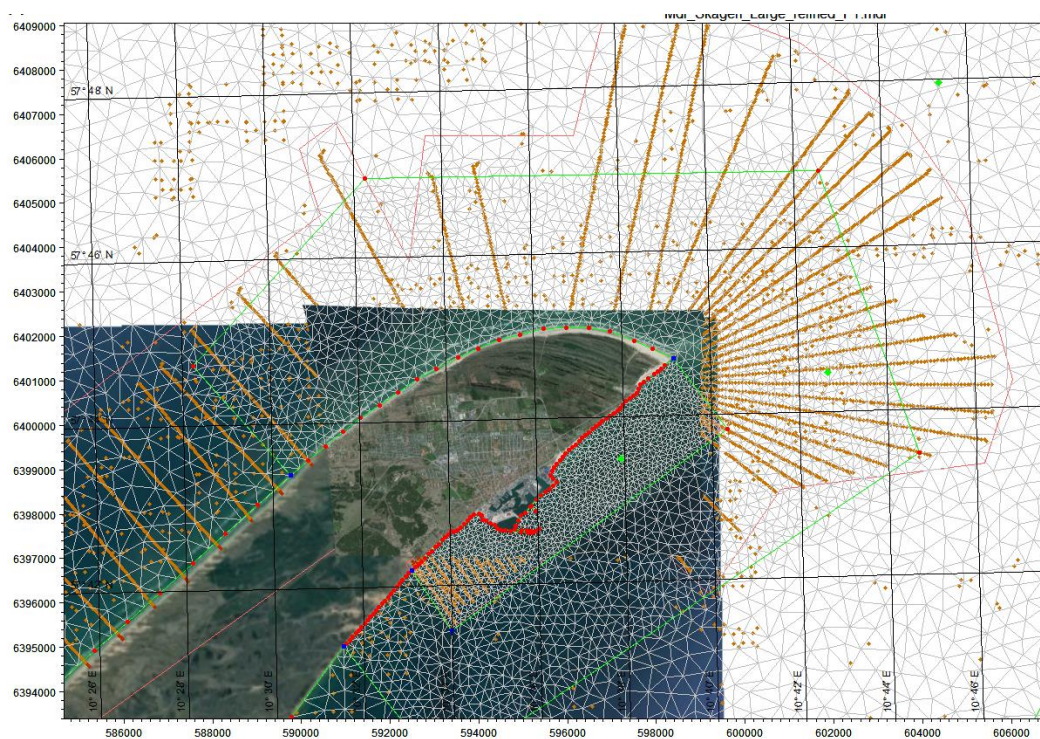
• Anvendte dybdeforhold (bathymetri) i den hydrodynamiske model

En vigtig forudsætning for at opstille en retvisende model med retvisende strømfelter er en tilstrækkelig korrekt beskrivelse af dybdeforholdene i området (bathymetri). Bathymetrien for strækningen ved Skagen i den hydrodynamiske model er i dette tilfælde baseret på data fra følgende kilder:

- Elektroniske søkort, MIKE C-map, data fra 2010, se illustration i figur 2-9
- Seneste opmålte kystprofiler, se illustration i figur 2-10



Figur 2-9. Illustration af pejledata fra MIKE C-map.⁴⁰



Figur 2-10. Illustration af pejledata leveret fra Kystdirektoratet.⁴¹

⁴⁰ Baggrundskort er fra Google-Earth (2018).

Bathymetrien er genereret således, at data fra opmålte kystprofiler prioriteres over data fra søkort (C-map) i områder, hvor begge data forefindes.

- **Anvendt modelområde i den hydrodynamiske model**

Den hydrodynamiske models udstrækning fremgår af figur 2-11. Det forholdsvist omfattende modelområde er for at sikre, at der kan genereres et korrekt strømbillede omkring Grenen og forbi Skagen Havn. Modelområdet med vanddybder er vist på figur 2-11.



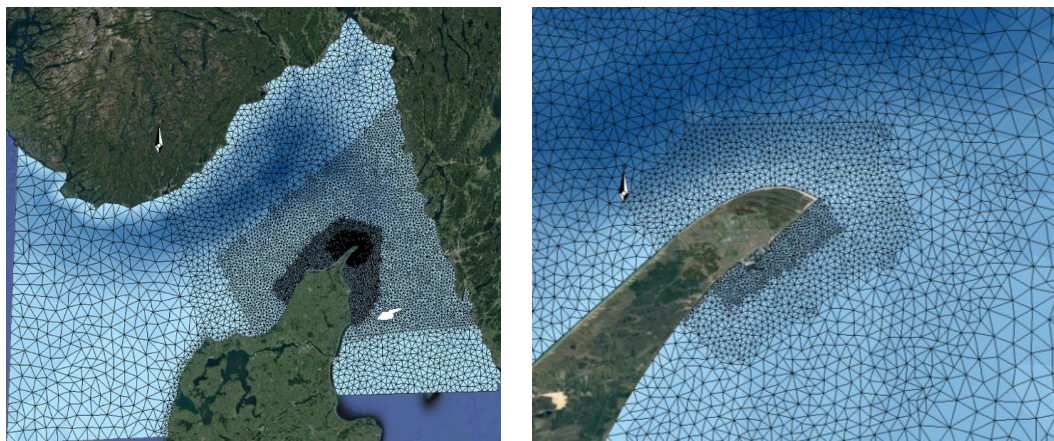
Figur 2-11 Modelområde med vanddybder.⁴²

- **Diskretisering af den hydrodynamiske model**

I forhold til gennemførelse af de hydrauliske simuleringer er modelområdet inddelt i et antal beregningslementer. I dette tilfælde er der anvendt en såkaldt flexible mesh (FM) inddeling, hvilket betyder, at elementstørrelsen er varierende, afhængig af den ønskede detaljeringsgrad i det pågældende område. Der anvendes således et fint beregningsnet i områder med lav vanddybde, og hvor den kystnære fodring pågår, og større beregningslementer i områder langt væk fra fodringsaktiviteten og i områder med større vanddybde. Dermed kan det optimale forhold mellem beregningstid og detaljeret diskretisering opnås. Det anvendte beregningsnet er vist på figur 2-12.

⁴¹ Baggrundskort er fra Google-Earth (2018)

⁴² Baggrundskort er fra Google-Earth (2018).



Figur 2-12. Diskretisering af modelområdet i trekantede beregningselementer af varierende størrelse (venstre) og zoom af diskretiseringen af modelområdet omkring Skagen (højre).⁴³

Modellen består af 19.280 elementer fordelt i to lag og der er modellen anvendt en minimum-vanddybde på 0,5 meter. Maksimale elementarealer spænder fra 3.000 m² i området ved Skagen Havn og op til 50 mio. m² i området ved den vestlige offshore rand.

• Forcering af den hydrodynamiske model

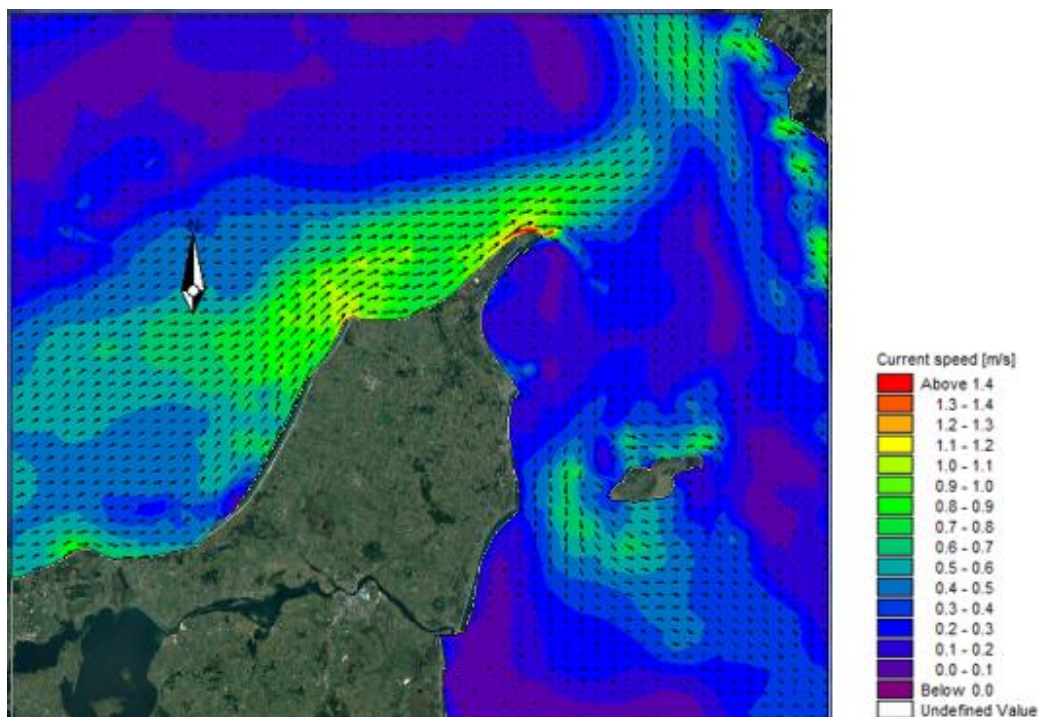
De stationære modelleringsscenarier er gennemført med følgende forcering:

- Konstant vindhastighed og retning i scenariet for maks. strøm (konstant i modelområdet og tiden).
- Tidevandsvarierende vandføring over modelranden i scenariet for minimum strøm (med konstant gennemsnitlig varierende amplitude).

• Validering af den hydrodynamiske model

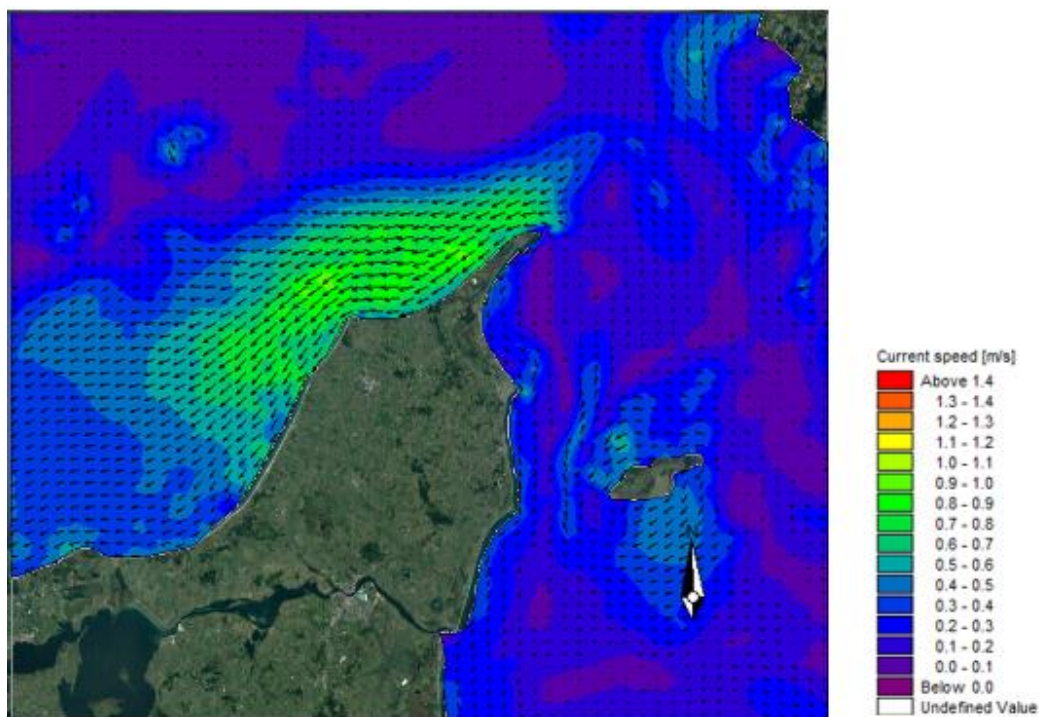
Til nærværende projekt har der ikke forekommet måledata af strømhastigheder og bølgedata i området omkring Skagen Havn til rådighed for validering. Der er derfor kørt forskellige stationære scenarier for at sikre, at modellen er i stand til at gengive typiske strømbilleder og strømhastigheder, se figur 2-13 og figur 2-14. Valideringen har udelukkende til formål at sikre, at modellen kan gengive realistiske strømmønstre.

⁴³ Baggrundskort er fra Google-Earth (2018).



Figur 2-13. Strømmønstre for situation med nordgående strømning ud for Skagen Havn

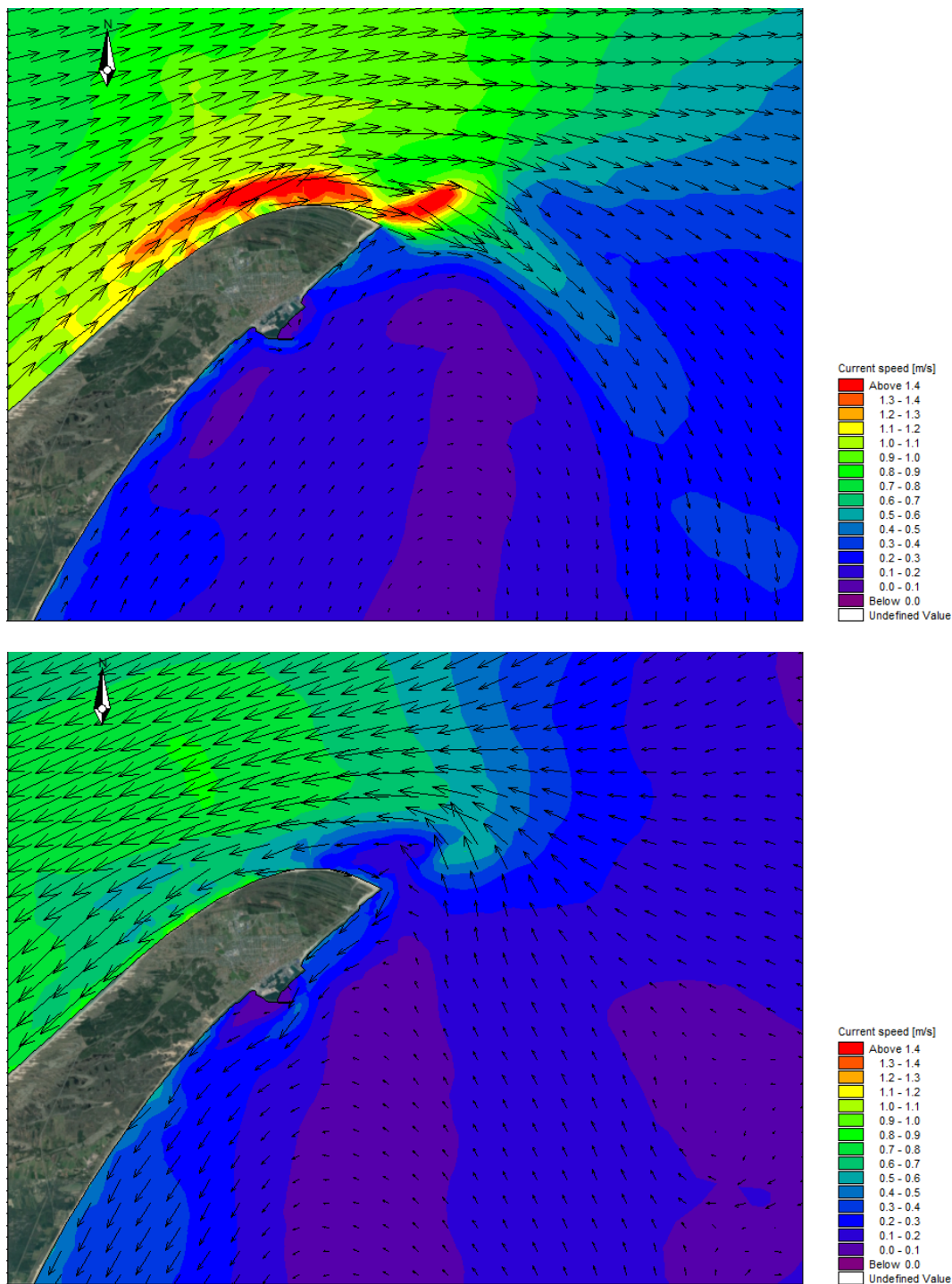
Ved vind fra vestlig retning genereres en kraftig strøm op langs den nordjyske vestkyst. Når strømmen slipper Grenen splittes den i to, hvor hovedparten drejer mod nord op langs den norske kyst og en mindre del drejer mod syd og der dannes en hvirvel, der giver anledning til en nordgående kystnær strøm i Ålbæk Bugten og op forbi Skagen Havn. Dette strømmønster er i overensstemmelse med de i figur 1-12 præsenterede generelle strømbilleder for vind fra den vestlig sektor.



Figur 2-14. Strømmønstre for situation med sydgående strømning ud for Skagen Havn

Ved vind fra nordøstlig retning dannes der en kraftig sydgående strøm ned langs den nordjyske vestkyst samt en mindre kraftig strøm ned forbi Skagen Havn, dette stemmer overens med det skitserede strømbillede i figur 1-12.

Lokalt omkring Skagen Havn ser strømbilledet ud som vist på figur 2-15.



Figur 2-15. Zoom af strømmønstre lokalt omkring Skagen Havn. For nordgående strøm (øverst) og sydgående (nederst).

- **Output fra den hydrodynamiske model**

Output fra de hydrodynamiske beregninger er strømfelter og vandstande, der anvendes videre som input til de efterfølgende spredningsberegninger.

Opsætning af partikelspredningsmodulet (PT-modul)

I det følgende beskrives forudsætninger og input for opsætningen af modulet til simulering af sedimentspredning.

Spredningssimuleringerne gennemføres for samme modelområde som de hydrodynamiske beregninger (figur 2-11). Herudover anvendes samme diskretisering af modelområdet.

I forhold til resultatbehandlingen er det afgørende, at antallet af partikler og mesh-størrelse bestemmes under hensyntagen til kravet om opløsning i koncentrationer (mg/l). Der er således i forhold til de anvendte partikelstørrelser i modellen taget højde for, at resultaterne ikke afhænger af det anvendte antal partikler.

- **Anvendte sedimentkarakteristik for det udledte sandfodringsmateriale i PT-modulet samt anvendte forudsætninger i modellering**

I dette afsnit opsummeres og viderebehandles relevante data/oplysninger fra afsnit 2.4.1 i forhold til, at definere de specifikke sedimentkarakteristika, der anvendes som input i spredningssimuleringerne.

Opholdstiden i vandsøjlen varierer med sedimentstørrelsen, og det er derfor i nærværende modellering vurderet nødvendigt, at inkludere fraktioner med kornstørrelser mindre end $d=0,125$ mm. I spredningssimuleringerne er det fine materiale inddelt i tre fraktioner med en relativ fordeling, som angivet i tabel 2-5.

Andel af fint materiale $d < 0,125$ mm	Andel af $d = 0,1$ mm	Andel af $d = 0,05$ mm	Andel af $d = 0,01$ mm
12 %	50 %	30 %	20 %

Tabel 2-5. Andel af fint materiale og indbyrdes fordeling af indholdet af de simulerede fraktioner.

Andelen af fint materiale $d < 0,125$ mm er baseret på 95%-fraktilen af de analyserede sigtekurver beskrevet i afsnit 2.1.2, mens fordelingen af fint materiale i tre fraktioner er baseret på en forventelig konservativ vurdering.

Faldhastigheder [m/s] er for de tre fraktioner givet i tabel 2-6.

	Kornstørrelse for fraktionen	Faldhastighed, w_s	Tid i vandsøjlen, $h=6$ m
Meget fint sand	$d=0,1$ mm	0,00636 m/s	16 min
Groft silt	$d=0,05$ mm	0,00159 m/s	63 min
Fint silt	$d=0,01$ mm	0,0000636 m/s	1572 min (svarende til ca. ét døgn)

Tabel 2-6. Sedimentkarakteristika for de tre fraktioner, der indgår i spredningsberegningerne.

Faldhastighederne, w_s , i tabel 2-6 er estimeret ved anvendelse af nedenstående Stokes-formel, som dog udelukkende er gældende for estimering af faldhastigheder for enkeltpartikler, dvs. hvor faldhastigheden er bestemt af kornstørrelsen. Dette er dog udelukkende gældende for grove sandfraktioner, mens finere partikler realistisk set ofte vil "flokkulere", hvormed faldhastigheden normalt øges.

$$W_s = \frac{2}{9} g \left(\frac{d}{2} \right)^2 \frac{\rho_s - \rho_v}{\nu}$$

d = korndiameteren	[mm]
ρ_s = densitet af sand	[kg/m ³]
ρ_v = densitet af vand	[kg/m ³]
ν = viskositet	[kg/m/s]

I hvor stor grad flokkulering vil forekomme afhænger bl.a. af saltholdigheden i vandet, sedimentkoncentrationen og af partikelstørrelsen. Ved spredningsberegningerne i nærværende projekt er det dog konservativt antaget, at partiklerne opfører sig som enkeltpartikler (ingen flokkulering), hvilket begrundes med følgende:

- Der opstilles konservative forudsætninger for spredningsberegningerne, og i forhold til spredning af sedimenterne er det mest konservativt, at sedimenterne forbliver i vandsøjlen længst muligt.
- Partiklerne i de modellerede fraktioner er så store, at det vurderes at effekten fra flokkulering ikke er signifikant.

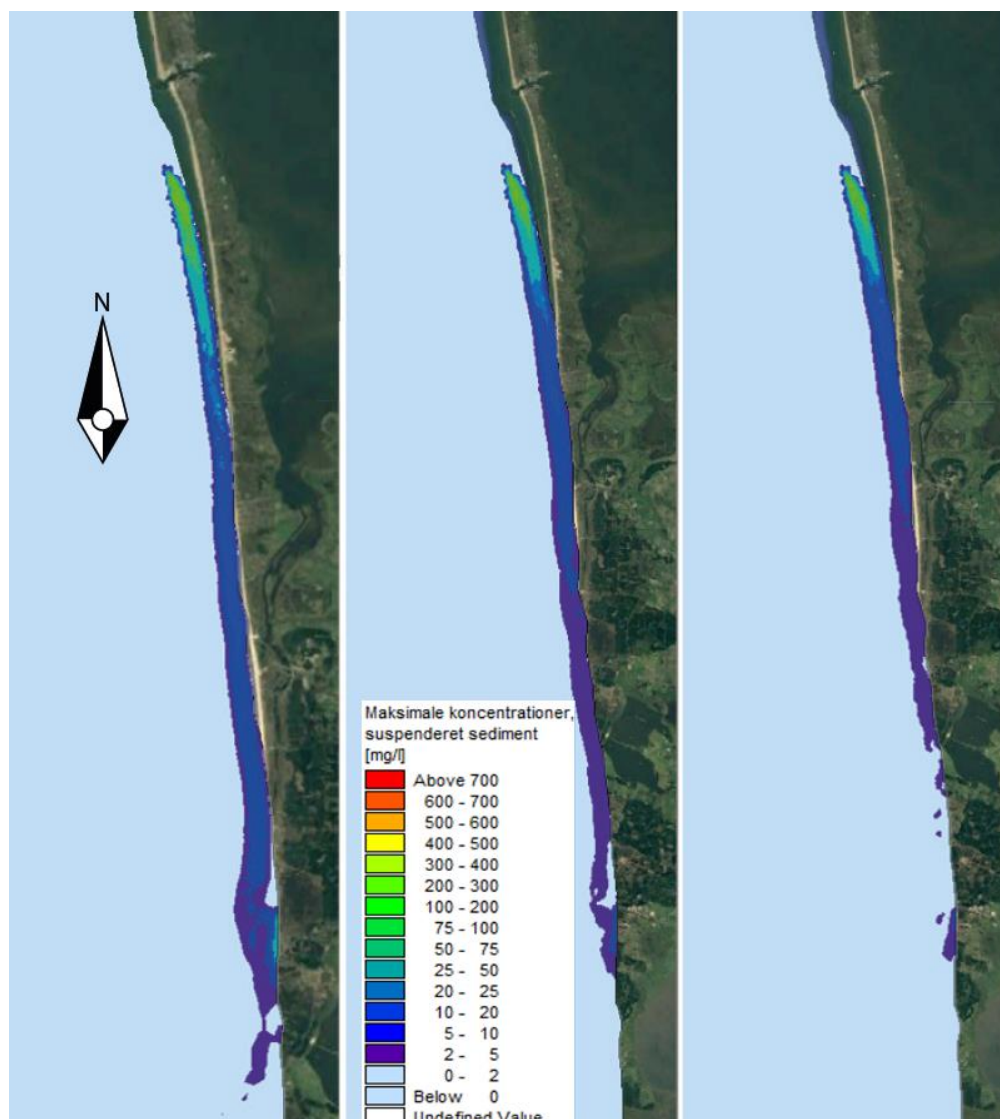
Baseret på de estimerede faldhastigheder i tabel 2-6 vil materiale spildt ved overfladen forblive i vandsøjlen i ca. 0,3 - til 26 timer efter fodringen er ophørt (afhængig af sedimentfraktionen), ved seks meter vanddybde, $h = 6$ meter.

Det er en forudsætning, at den kystnære fodring sker inden for seks meter dybdekurven, for at sikre at fodringen har den ønskede effekt. Dette medfører også, at de enkelte sedimentpartikler "maksimalt" skal bevæge sig seks meter vertikalt ned gennem vandsøjlen inden de aflejres. Grundet ændringer i profilhældningen vil afstanden til kysten således variere.

Som beskrevet i afsnit 2.1.2 er der en vis spredning i d_{50} for det sand, der indvindes på Skagen Rev og efterfølgende anvendes til kystnær fodring ved Skagen. Gennemsnittet af d_{50} fra 62 sigteanalyser er bestemt til 0,195 mm, mens en enkelt prøve viste $d_{50} = 0,32$ mm. Denne variation giver selvfølgelig også anledning til en variation i sedimenternes opholdstid i vandsøjlen. Faldhastigheden for sedimenter med $d = 0,195$ mm og $d = 0,32$ mm er estimeret til henholdsvis 0,025 m/s og 0,065 m/s, hvilket svarer til, at hovedparten af sedimentet er i vandsøjlen mindre end fem minutter, hvis det udledes på seks meter vanddybde. Dette er, som tidligere nævnt, defineret som en akut aflejring, uden signifikant påvirkning udenfor selve udledningsområdet, og betragtes derfor ikke videre i spredningsvurderingerne.

• **Antagelser vedr. dispersionsparametre i PT-modelleringen**

Den turbulente del af strømningens bidrag til flytningen af partiklerne (dispersionen) inkluderes ved en såkaldt dispersionskoefficient. Dispersionskoefficienten er en kalibreringsparameter, men idet der ikke foreligger kalibreringsdata, er der gennemført en følsomhedsanalyse overfor den anvendte dispersionskoefficient i forbindelse med et sammenligneligt projekt, vedr. Miljøkonsekvensvurdering for sandfodring på fællesaftalestrækningen imellem Lodbjerg og Nymindegab (hvor der forekommer sammenlignelige strømforhold samt sammenlignelige sedimentkarakteristika). Følsomhedssimuleringerne er gennemført for scenarier med sammenlignelige strømforhold (konstant strøm) og med sedimentfraktioner med samme karakteristika som det sediment, der modelleres i forbindelse med nærværende spredningsberegninger. Resultatet af følsomhedssimuleringerne kan ses i figur 2-16.



Figur 2-16. Figurene viser resultatet af følsomhedssimuleringer gennemført ved Årgab, hvor der er sammenlignelige forhold som ved Lønstrup mht. strømforhold og sedimentkarakteristika. Dispersionskoefficient = 0,05 (venstre), dispersionskoefficient = 1 (midten) og dispersionskoefficient = 1,5 (højre).⁴⁴

Følsomhedssimuleringerne i figur 2-16 viser, at resultaterne for sedimentfanerne ikke ændres signifikant med ændret dispersionskoefficient. Spredningen af sedimentet øges proportionelt med dispersionskoefficienten, og dermed reduceres de maksimale opnåede koncentrationer i løbet af spredningssimuleringen. Det er valgt at gennemføre de endelige scenarieberegninger med dispersionskoefficient = 1. Det skyldes materialernes relativt korte opholdstid i vandsøjlen, hvor sedimentation og advektion dominerer over dispersion.

• Antagelser vedr. re-suspension i PT-modelleringen

De numeriske simuleringer er gennemført uden re-suspension af sedimentet (dvs. uden en op-hvirvling af allerede sedimenteret sediment), da re-suspensionen reelt ikke er direkte relateret til den kystnære fodring, men i stedet er et naturligt forekommende fænomen på strækningen ved Skagen, hvor havbunden består af sand.

⁴⁴ Baggrundskort er fra Google-Earth (2018).

Specifikationer/forudsætninger anvendt ved opsætning af spredningsberegningerne for hhv. klapning og rainbowning er givet i tabel 2-7. Yderscenerierne (dvs. de scenarier som forventes at give anledning til de største påvirkninger) er defineret som kystnær fodring ved:

- klapning, med små skibe, lastekapacitet på (2.000 m³), kort cyklus og lang varighed af fodringsarbejdet
- rainbowning, med større skibe (6.000 m³) og dermed større lastekapacitet, længere cyklus, mindre intens udledning, men længere udledningsperiode pr. cyklus og kort varighed af fodringsarbejdet. Resultaterne dækker også det tilfælde, hvor en del af lasten klappes (op til 50%), når der anvendes skibe med en lastekapacitet på 6.000 m³.

	Lastekapacitet	Udledningsniveau (m under overfladen)	Tømmetid	Tidscyklus
	[m ³]	[m]	[min]	
Klapning	2.000	2	5	3 t 00 min
Rainbowning/klapning	6.000	0	60	4 t 00 min

Tabel 2-7. Forudsætninger anvendt i spredningssimuleringerne for skibe anvendt til kystnær fodring.

I tabel 2-8 er angivet tidsforbruget for kystnær fodring ved hhv. klapning og rainbowning samt spildmængderne.

	Spildmængde [tons]	Tidsforbrug [dage]
Klapning tre skibe á 2.000 m³	57.420	11
Klapning et skib á 2.000 m³	57.420	32,9
Rainbowning/klapning to skibe á 6.000 m³	57.420	6,1
Rainbowning/klapning et skib á 6.000 m³	57.420	12,2

Tabel 2-8. Maksimale spildmængder samt estimeret tidsforbrug for sandfordring ved enten klapning eller rainbowning, når der gennemføres en kystnær fodring med en fodringsmængde på op til 300.000 m³.

2.4.3 Resultater fra simulering af suspenderet sediment ved Skagen

Nærværende afsnit præsenterer resultater fra den numeriske simulering af spredningen af suspenderet sediment ved den kystnære fodring ved Skagen.

Typer af output fra spredningsberegningerne

Resultaterne fra spredningsberegningerne for de modellerede scenarierne præsenteres i form af arealplots af:

- Maksimalt forekommende suspenderede sedimentkoncentrationer [mg/l]
- Middelkoncentrationer af suspenderet sediment i fodringsperioden [mg/l]
- Varighed for overskridelse af en koncentration af suspenderet sediment på 10 mg/l [dage]
- Aflejringstykkelser for sedimentspild [m]

Koncentrationer præsenteres som dybdemidlede koncentrationer, dvs. den gennemsnitlige koncentration af suspenderet sediment i hele vandsøjlen.

Diskussion af konservatisme i resultater fra spredningsberegninger

Generelt er resultaterne baseret på en række konservative antagelser i forhold til den numeriske modellering af den lystnære fodring. De konservative betragtninger opsummeres i det følgende:

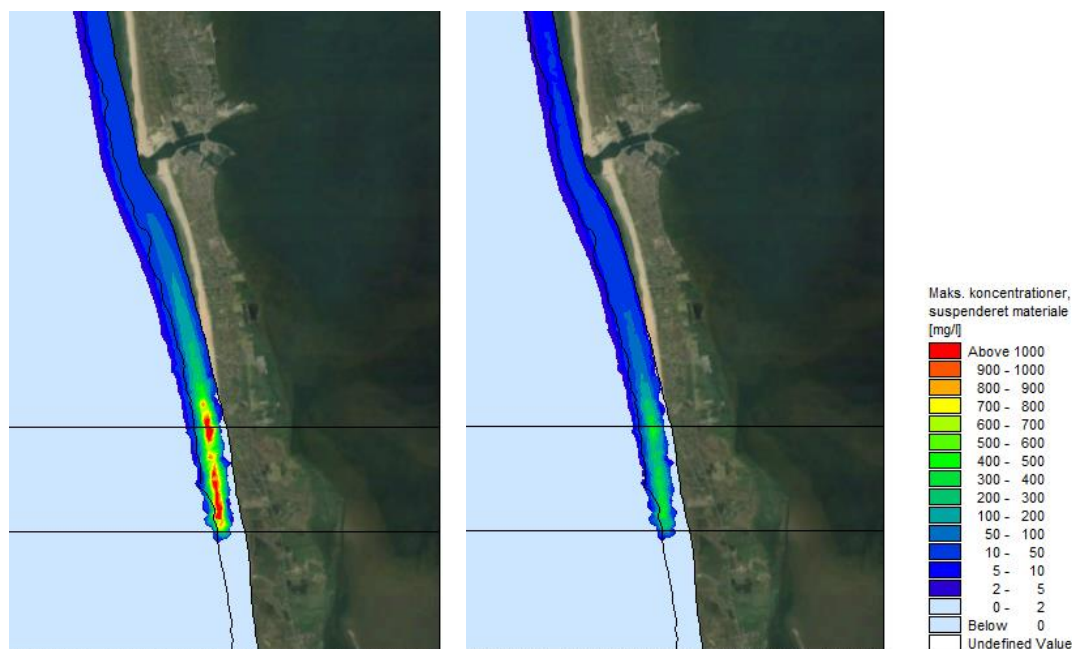
- Sandet udledes relativt tæt på seks meter vanddybden, hvilket er konservativt, da det giver anledning til højeste opholdstid i vandet og dermed større spredning af de fine sandfraktioner. Dette giver desuden anledning til et øvre-estimat for risiko for spredning af sedimenter udenfor seks meter dybden, som er af speciel interesse ift. vurderingen af de miljømæssige konsekvenser. Dette er især en konservativ antagelse for kystnær fodring via rainbowning, hvor dele af sandmængderne reelt vil blive udledt på lavere vanddybde.

- Klappede materialer antages udledt to meter under vandoverfladen, hvilket er konservativt da skibene realistisk set normalt vil stikke dybere, hvormed sedimenternes opholdstid i vandsøjlen er lavere end antaget i simuleringerne.
- I simuleringerne er det antaget, at sedimentet udledes i ét punkt pr. lastning ved rainbow-metoden, men i praksis vil udledningen reelt forekomme over et større areal, hvilket medfører, at koncentrationerne i simuleringerne er højere sammenlignet med de reelt forekommende.
- Som tidligere nævnt er anden af fint materiale baseret på 95%-fraktilen, hvilket er konservativt, da dette vil medføre højere suspenderet sedimentkoncentration.
- Strømhastighederne for scenarierne med maksimal strøm er baseret på 95%-fraktilen, hvilket er konservativt ift. spredningen af de fineste sedimentfraktioner.
- For stillesscenariet er det antaget, at der udelukkende forekommer tidevandsgenereret strøm, hvilket er konservativt ift. opnåelse af maks. Koncentrationer.

Indledende simuleringer af synkrone vs. ikke synkrone fodringsskibe

Der er i forbindelse med et sammenligneligt projekt, vedr. miljøkonsekvensvurderinger for kystnær fodring på fællesaftalestrækningen mellem Lodbjerg og Nymindegab, (hvor der forekommer sammenlignelige strømforhold samt sammenlignelige sedimentkarakteristika), gennemført simuleringer af hhv. synkront og ikke-synkront arbejdende skibe i forhold til fastlæggelse af den mest kritiske miljøpåvirkning.

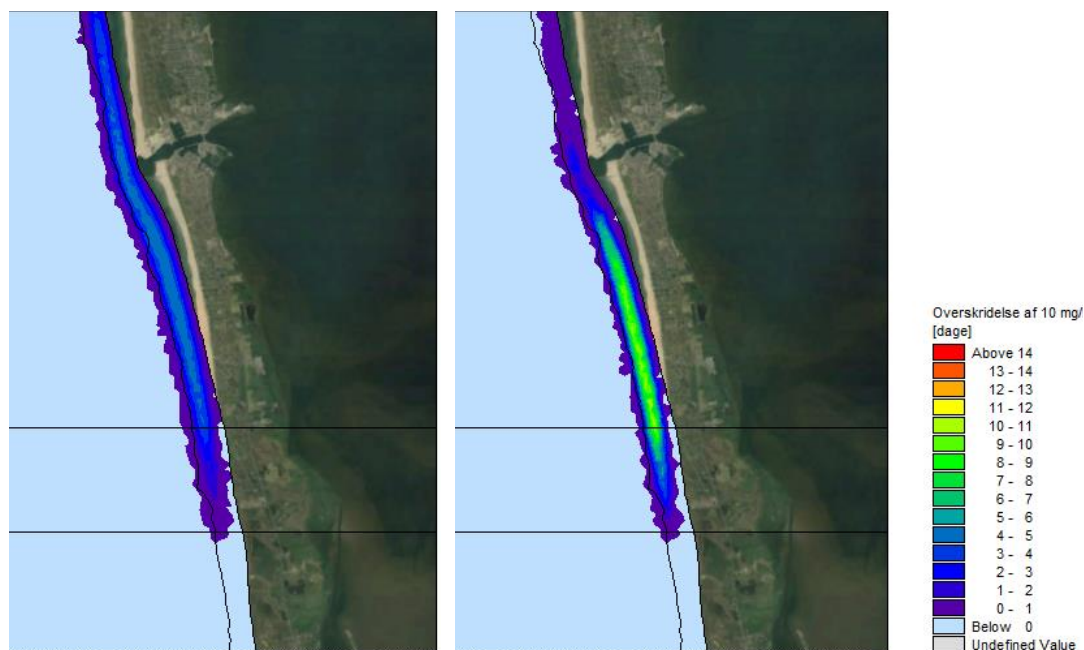
Resultatet for maksimale koncentrationer af suspenderet sediment fra disse simuleringer er vist i figur 2-17 for klappning af materiale med tre samtidigt arbejdende skibe ved henholdsvis synkront-arbejdende skibe (*venstre*) (hvor sandfodringsmaterialet udledes på præcis samme tidspunkt på sideliggende positioner), samt ikke-synkront arbejdende skibe (*højre*), hvor sedimentet udledes tidsforskudt, men på samme positioner som for de synkront arbejdende skibe.



Figur 2-17. Maksimalt forekommende sedimentkoncentrationer for kystnær fodring ved klappning med tre synkront arbejdende skibe (*venstre*) og for tre ikke-synkront-arbejdende skibe (*højre*). De to sorte horisontale streger markerer det område, hvor fodringen er modelleret gennemført. Den sorte kystparallelle linje markerer seks meter dybdekurven.⁴⁵

⁴⁵ Baggrundskort er fra Google-Earth (2018).

Figur 2-18 viser resultater for de samme scenarier som i figur 2-17, men for varighed af overskridelse af en sedimentkoncentration på 10 mg/l.



Figur 2-18. Varighed af overskridelse af en sedimentkoncentration på 10 mg/l for kystnær fodring ved klappning for synkront arbejdende skibe (venstre) og for ikke-synkront arbejdende skibe (højre). De to sorte horisontale streger markerer det område, hvor fodringen er modelleret. Den sorte kystparallelle linje markerer seks meter dybdekurven.⁴⁶

Som det fremgår af figur 2-17 og figur 2-18 forekommer de maksimale koncentrationer for synkront-arbejdende skibe, mens varigheden af overskridelse af sedimentkoncentrationer på 10 mg/l forekommer ved ikke-synkront arbejdende skibe. I forhold til påvirkninger af vandmiljøet er varigheder af overskridelse af givne sedimentkoncentrationer mere kritiske sammenlignet med maksimalt forekommende sedimentkoncentrationer og da resultaterne fra ovenstående simuleringer vurderes at kunne overføres til spredningsberegningerne ved Skagen er simuleringerne i det følgende således udelukkende gennemført for ikke-synkront arbejdende skibe.

Gennemførte simuleringsscenarier samt opsummering af resultater

Den kystnære fodringsmængde på 300.000 m³ medfører at der ikke kan fodres med fuld intensitet (200 m³/m) på hele strækningen. Derfor er der gennemført numerisk modellering for tre scenarier iht. lokaliteten for den kystnære fodring:

- N: Den kystnære fodring gennemføres kun nord for Skagen havn med 200 m³/m over en strækning på 1.500 meter.
- S: Den kystnære fodring gennemføres kun syd for Skagen havn med 200 m³/m over en strækning på 1.500 meter.
- B: Den kystnære fodring gennemføres både nord og syd for Skagen havn med 200 m³/m over en strækning på 750 meter.

I tabel 2-9 er givet en oversigt over evaluerede spredningsscenarier ved Skagen, dvs. kombinationen af hydrodynamiske scenarier og scenarier for den kystnære fodring, og væsentlige resultater fra spredningsscenarierne er præsenteret i tabel 2-10.

⁴⁶ Baggrundskort er fra Google-Earth (2018).

Metode	Antal skibe (ikke-synkront arbejdende)	Stille- scenarie			Scenarie med nordgående strøm			Scenarie med sydgå- ende strøm		
		N	S	B	N	S	B	N	S	B
Rainbowing/klapning (6.000 m³)	2	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Rainbowing/klapning (6.000 m³)	1	X	X		X	X		X	X	
Klapning (2.000 m³)	3	X	X		X	X		X	X	
Klapning (2.000 m³)	1	X	X		X			X		

Tabel 2-9. Gennemførte sedimentspredningsmodelleringer. N, S og B referer til kystnær fodring hhv. nord for Skagen Havn (N), syd for Skagen Havn (S) og både nord og syd for Skagen Havn (B).

Antal skibe	Strøm- scena- rie	Fod- ringsme- tode (lasteka- pacitet)	Maks. varighed for overskri- delse af 10; 15; 50 mg/l [dage]			Maks. sedimente- ret lagtykkelse [cm]			Figurhen- visning
			N	S	B	N	S	B	
2	Nordgå- ende	Rainbo- wing (6.000 m ³)	4; 4; 3	4; 4; 3	3; 2; 2	6,3	5,5	5,1	Figur 2-19 – Figur 2-24
	Sydgå- ende		4; 4; 3 (6,1)	3; 3; 2	3; 3; 2 (6,1)	7,2 (2,6)	10,5	6,3 (1,0)	Figur 2-25 – Figur 2-30
	Stille		4; 4; 3	6; 5; 3	5; 4; 3	6,3	8	7,8	Figur 2-31 – Figur 2-36
3	Nordgå- ende	Klapning (2.000 m ³)	4; 3; 2	4; 3; 2	-	7,0	7	-	Figur 2-37 – Figur 2-40
	Sydgå- ende		5; 4; 2 (11)	4; 3; 2	-	8,5	10,5	-	Figur 2-41 – Figur 2-44
	Stille		4; 4; 2	8; 7; 3	-	6,1	9	-	Figur 2-45 – Figur 2-48
1	Nordgå- ende	Rainbo- wing (6.000 m ³)	4; 4; 3	4; 4; 3	-	6,3	6,0	-	Figur 2-49 – Figur 2-52
	Sydgå- ende		4; 4; 3 (13)	5; 4; 3	-	7,2 (2,5)	10,0	-	Figur 2-53 – Figur 2-56
	Stille		5; 4; 3	7; 6; 4	-	7,0	8,7	-	Figur 2-57 – Figur 2-60
1	Nordgå- ende	Klapning (2.000 m ³)	4; 3; 2	-	-	7	-	-	Figur 2-61 – Figur 2-62
	Sydgå- ende		4; 4; 2 (28)	-	-	8,5 (2)	-	-	Figur 2-63 – Figur 2-64
	Stille		7; 5; 2	11; 9; 4	-	7,2	-	-	Figur 2-65 – Figur 2-68

Tabel 2-10. Opsummering af væsentlige resultater for spredningsberegningerne for kystnær fodring. Værdier i () er gældende for indsejlingsområdet til Skagen Havn, hvor der for nogle scenarier forekommer en lokal på-virkning.

Det kan generelt antages, at sedimenterne har forladt vandsøjlen 24 timer efter den kystnære fodring er afsluttet.

På baggrund af tabel 2-10 konkluderes følgende:

- Den største påvirkning, i form af varighed for overskridelse af 10 mg/l, forekommer ved en koncentreret kystnær fodring enten nord eller syd for Skagen Havn.
- Ved kystnær fodring nord for Skagen Havn i en periode med generel sydgående strøm vil Skagen Havns sydmole blokere for strømmen, og dermed blokere for sedimenttransporten (sedimentspredningen). Lokalt omkring indsejlingen vil der derfor forekomme en op-koncentration, og der vil således lokalt forekomme en overskridelse af 10 mg/l i en længerevarende periode sammenlignet med varigheden for overskridelse af 10 mg/l på strækningen op og ned langs kysten. I tabel 2-10 (kolonne 4 og 6) se, angivet i parentes, se varigheden for overskridelse af 10 mg/l lokalt ved indsejlingen.
- Betragtes aflejringsstykkelserne lokalt omkring indsejlingen vil de antage op til ca. 2,5 cm. Kystnær fodring nord for Skagen Havn i perioder med generel sydgående strøm vil

dermed ikke have signifikant negativ effekt på oprensningsbehov og -mængder i Skagen Havn.

- Generelt vil kystnær fodring ved klapning af materialet give anledning til højere maksimale koncentrationer sammenlignet med, når fodringen gennemføres ved rainbowing, mens middelkoncentrationen gennem fodringsperioden er lavere når fodringen gennemføres ved klapning fremfor rainbowing.
- Spredningsberegningerne viser, at kystnær fodring kan give anledning til en overskridelse af en koncentration af suspenderet sediment på 10 mg/l på op til 11 dage. Varigheden for overskridelse af 10 mg/l er størst når fodringen gennemføres i stille vejr.
- Generelt ses en marginal større påvirkning, når den kystnære fodring gennemføres ved klapning sammenlignet med, når den gennemføres ved rainbowing.
- Påvirkningen vil som tidligere nævnt også afhænge af den tidlige afstand mellem tømningen af skibene. Ved ovenstående resultater er forudsat, at skibene arbejder asynkront med størst mulig tidlig afstand. Arbejder de mere synkront vil påvirkningen i form af varighed for overskridelse af 10 mg/l reduceres. Det er derfor vurderet, at dette er den mest konservative forudsætning for vurdering af miljøpåvirkningen, hvis den kystnære fodring gennemføres med de nævnte scenarier for skibe (antal og type).

Gennemføres den kystnære fodring med op til to skibe med en laste-kapacitet på 6.000 m³, hvor op til 50% udledes via klapning og min. 50% udledes via rainbowing, vurderes påvirkningerne at være indeholdt i ovenstående yderscenarier. Anvendes mere end to skibe eller udledes mere end 50% ved klapning er der ikke gennemført en vurdering herfor.

Det skal nævnes, at de maksimale aflejringstykkelser i tabel 2-10 forekommer forholdsvis lokalt og primært indenfor selve fodringsområdet, hvor der kommer et væsentligt større bidrag fra aflejringen af de grovere sedimenter fra sandfodringsmaterialet. Nedstrøms for den kystnære fodringslokalitet er aflejringstykkelserne lavere, se mere på aflejningsfigurerne i figur 2-20 til figur 2-68.

Når den kystnære fodring gennemføres i perioder med nordgående strøm, vil sedimentfanen generelt bevæge sig langs kyststrækningen (og forbi Skagen Havn i tilfælde af, at fodringen gennemføres syd for Skagen Havn) indtil Grenen, hvorefter den bevæger sig mod øst. Herefter sker der en fortynding og aflejring af sedimenter, hvilket reducerer sedimentkoncentrationerne betragtelig.

Ved sydgående strøm bevæger sedimentfanen sig ligeledes langs kysten indtil sedimenterne aflejres. Som nævnt tidligere vil Skagen Havns sydmole blokere strømmen og en del af sedimenterne fanges lokalt omkring indsejlingen.

Den tidevandsgenererede strøm har en dominerende nordgående retning, og kystnær fodring i en periode med stille vejr viser også, at spredningen mod nord er større end spredningen mod syd.

Generelt vil der søværts i en afstand fra kysten på ca. 800-1000 meter ikke forekomme en overskridelse af 10 mg/l i mere end 0,5 dage. Sedimentfanen med en koncentration på 10 mg/l vil have en maksimal udbredelse på ca. 15 km, hvor den største udbredelse af en koncentration på 10 mg/l forekommer for scenariet med nordgående strøm. Dette stemmer overens med, at de højeste strømhastigheder opnås under nordgående strøm.

Som det fremgår af kapitel 1 *eksisterende forhold* er kystprofilerne ved Skagen naturligt dynamiske, hvilket betyder, at placeringen af seks meter vanddybden, og dermed afstanden fra kysten hvor fodringen foregår, vil variere. Dette vil dog ikke umiddelbart have en effekt på resultaterne i

tabel 2-10, da koncentrationsfanerne af det suspenderede sediment blot vil parallelforskydes i takt med en eventuel parallelforskydning af seks meter dybdekoten.

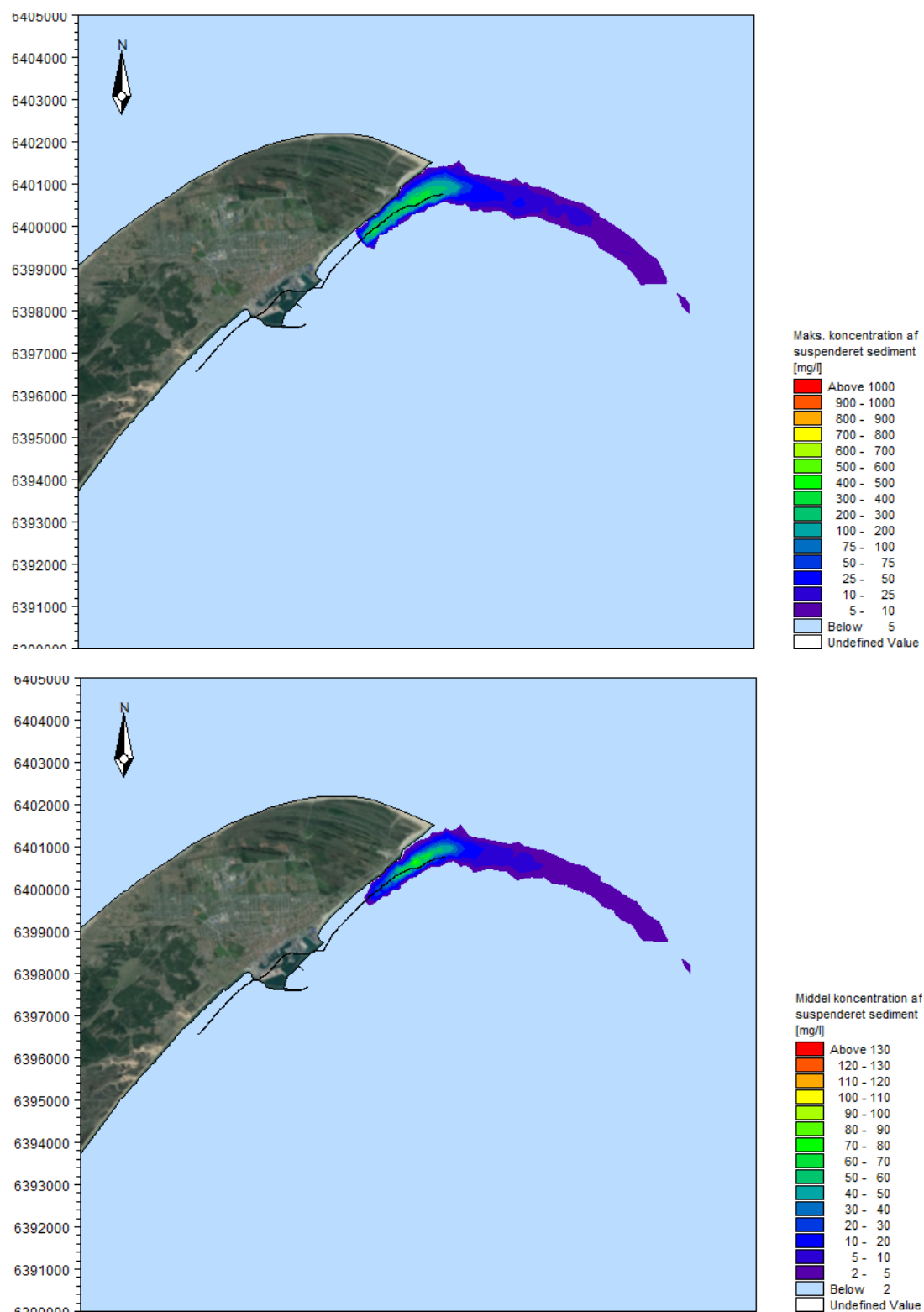
Flere detaljerede resultater er illustreret via max.- og middelkoncentrationer, varigheder samt aflejringstykkelser i figur 2-20 - figur 2-68, hvor også udvalgte resultater er kommenteret.

Arealplots for suspenderet sediment ved kystnær fodring

Resultater af maksimalt-forekommende koncentrationer af suspenderet sediment, middelkoncentrationen i fodringsperioden, varighed for overskridelse af en koncentration på 10 mg/l, samt aflejringstykkelser for sedimenteret sediment, for scenarierne med kystnær fodring ved Fællesstrækning Skagen er vist i figur 2-20 til figur 2-68 i tilfælde af maks. og min. strøm og ved rainbowing og klapning. Scenarierne for strøm og stille vejr er defineret i tabel 2-4. Der vurderes på overskridelse af en koncentration på 10 mg/l, da denne er kritisk ift. marinbiologiske forhold.

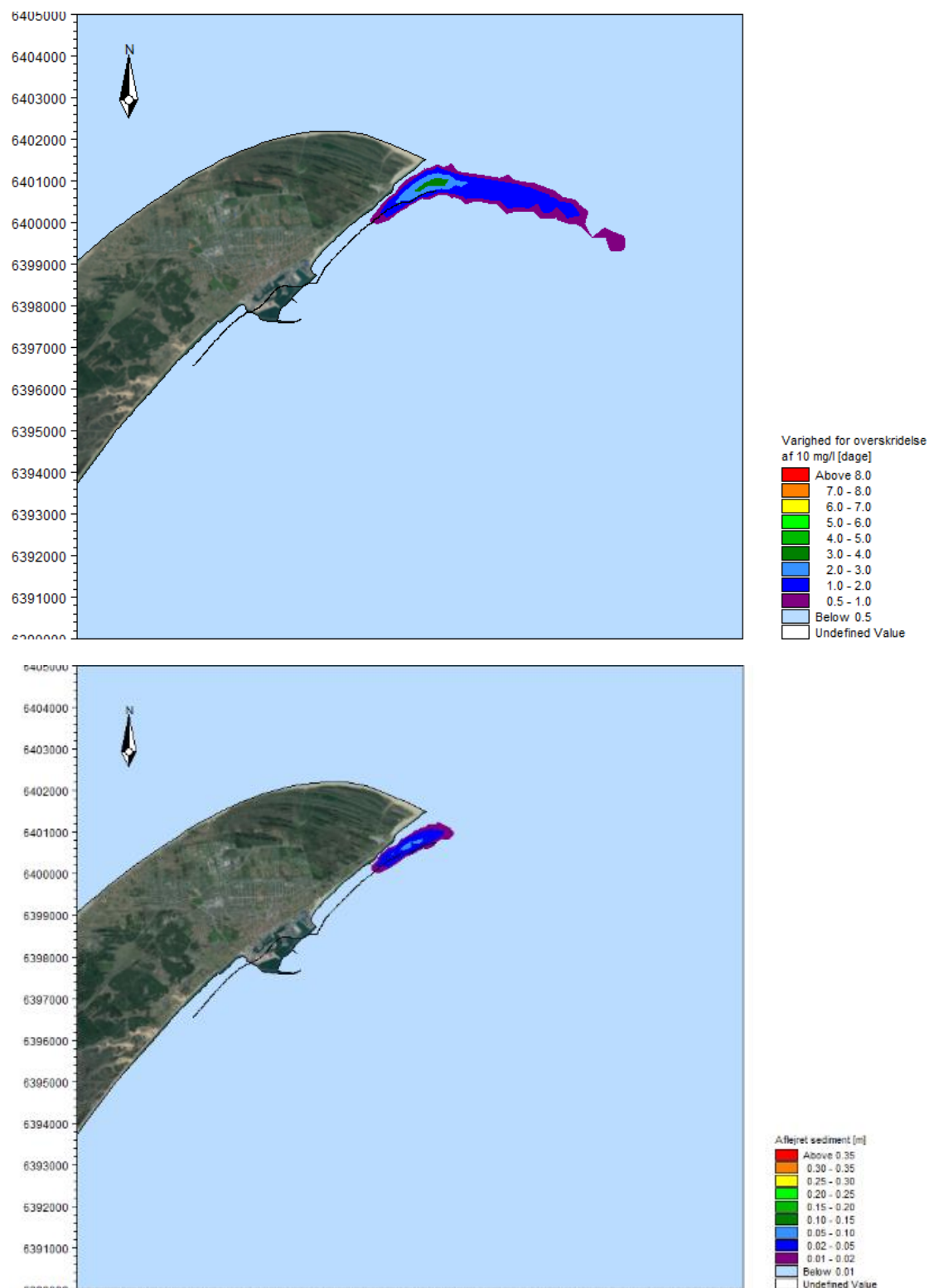
Figurerne med maksimale koncentrationer viser de maksimale koncentrationer af fint materiale efter de grovere fraktioner er aflejret. Der vil dermed i perioden, hvor de grovere fraktioner falder gennem vandsøjlen opstå lokalt højere maksimale koncentrationer.

Koncentrationerne (maksimal og middel præsenteret i de efterfølgende figurer) skal ses i sammenhæng med de gennemførte simuleringer for naturligt forekommende sedimentkoncentrationer i vandsøjlen for eksisterende forhold. Estimatet for suspenderet sedimentkoncentration for de eksisterende forhold viser, at der regelmæssigt kan forekomme betydelige naturlige baggrunds-koncentrationer på op til 125.000 mg/l, dvs. betydeligt højere koncentrationer end den tilførte koncentration ved kystnær fodring. Hertil skal det dog nævnes, at den høje naturlige bølgeinducerede koncentration af suspenderet sediment er mest dominerende i vintermånederne, hvori der typisk forekommer flere storme, hvorimod den kystnære fodring foregår i sommermånederne, hvor der kan forventes en middelkoncentration af suspenderet sediment på op til ca. 7 mg/l for bølger op til $H_s = 2,0$ m.



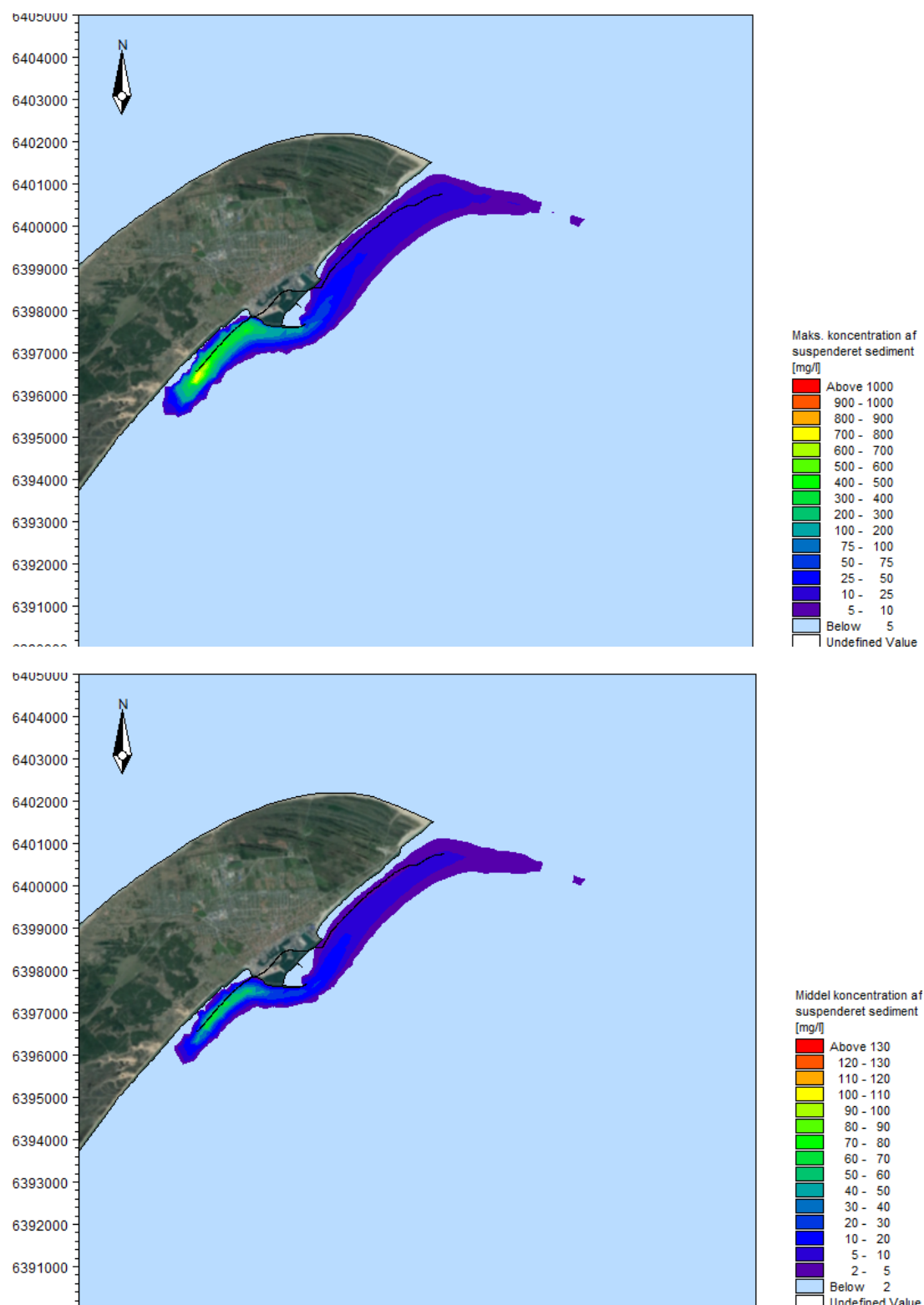
Figur 2-19. Scenarie med kystnær fodring via rainbowing med to skibe nord for Skagen Havn ved nordgående strøm. I figuren ses maksimale sedimentkoncentrationer (øverst) og middel koncentrationer gennem fodringsperioden (nederst). Den sorte linje parallel med kystlinjen markerer seks meter dybdekurven.⁴⁷

⁴⁷ Baggrundskort er fra Google-Earth (2018).



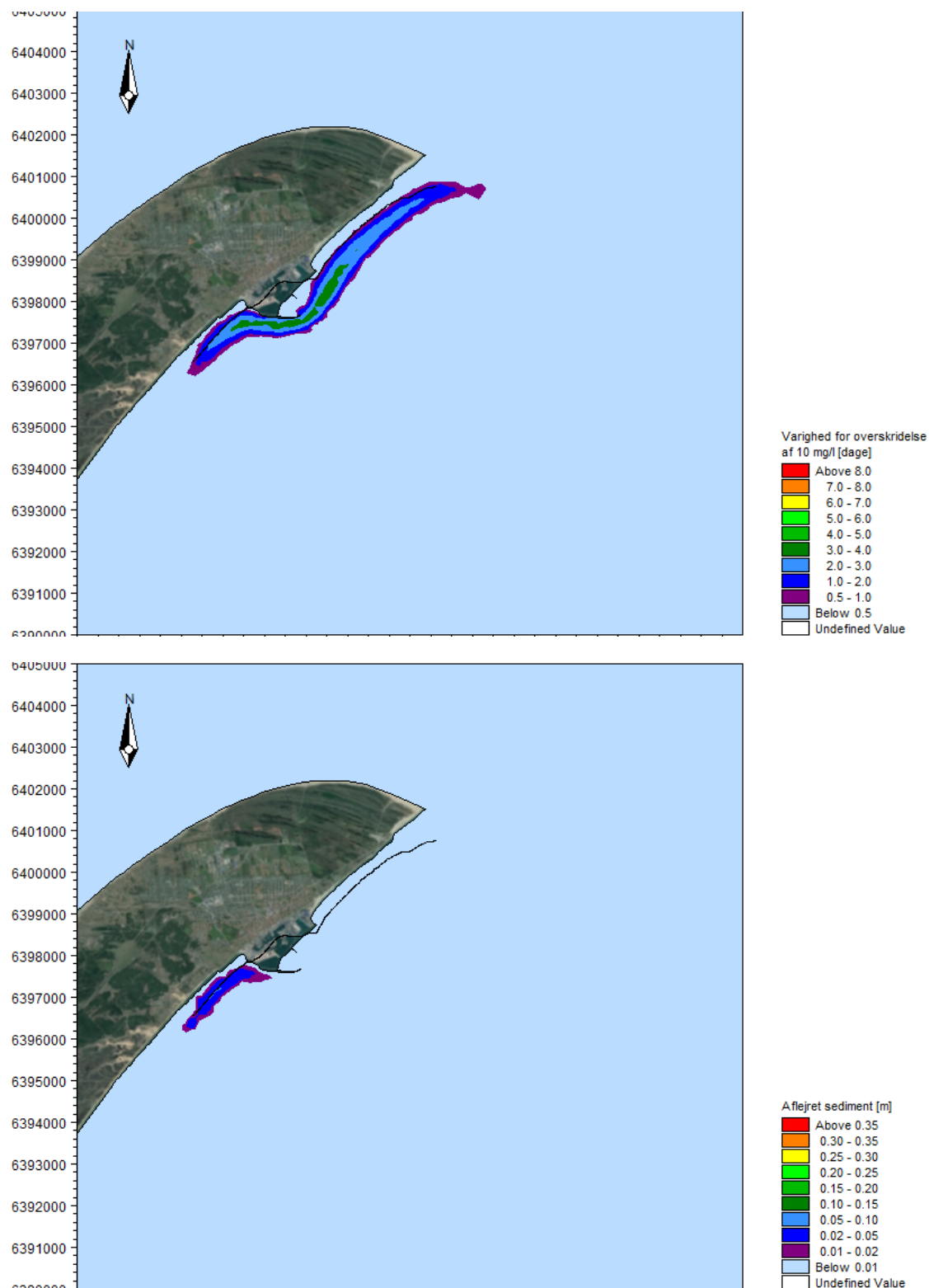
Figur 2-20. Scenarie med kystnær fodring nord for Skagen Havn via rainbowing med to skibe for det hydrodynamiske scenarie med nordgående strøm. Figuren viser varighed for overskridelse af en sedimentkoncentration på 10 mg/l (øverst) og aflejringsstykkelse (nederst). Den sorte linje parallel med kystlinjen markerer seks meter dybdekurven.⁴⁸

⁴⁸ Baggrundskort er fra Google-Earth (2018).



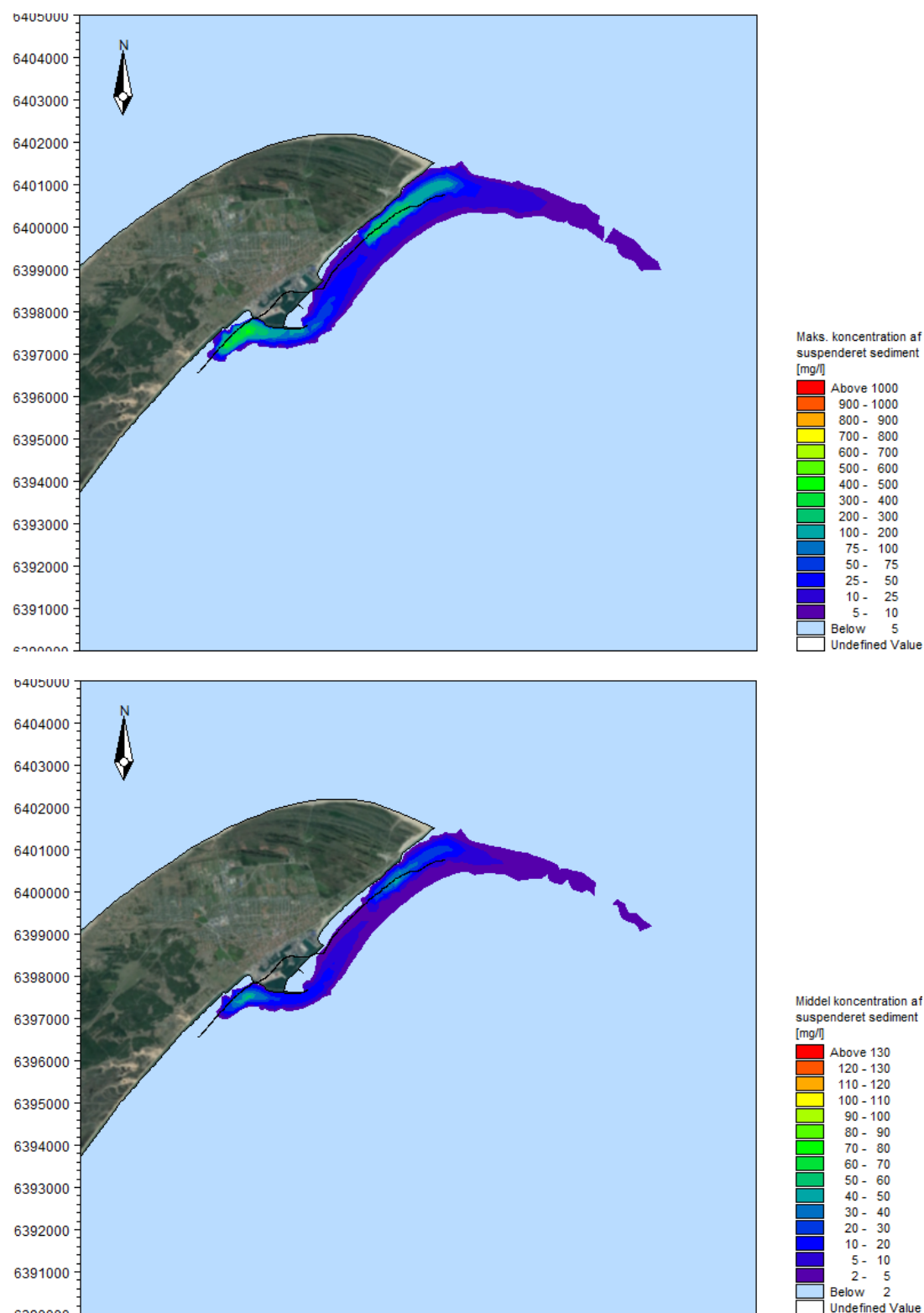
Figur 2-21. Scenarie med kystnær fodring syd for Skagen Havn via rainbowing med to skibe med nordgående strøm. Figuren viser maksimale sedimentkoncentrationer (*øverst*) og middel koncentrationer gennem fodringsperioden (*nederst*). Den sorte linje parallel med kystlinjen markerer seks meter dybdekurven.⁴⁹

⁴⁹ Baggrundskort er fra Google-Earth (2018).



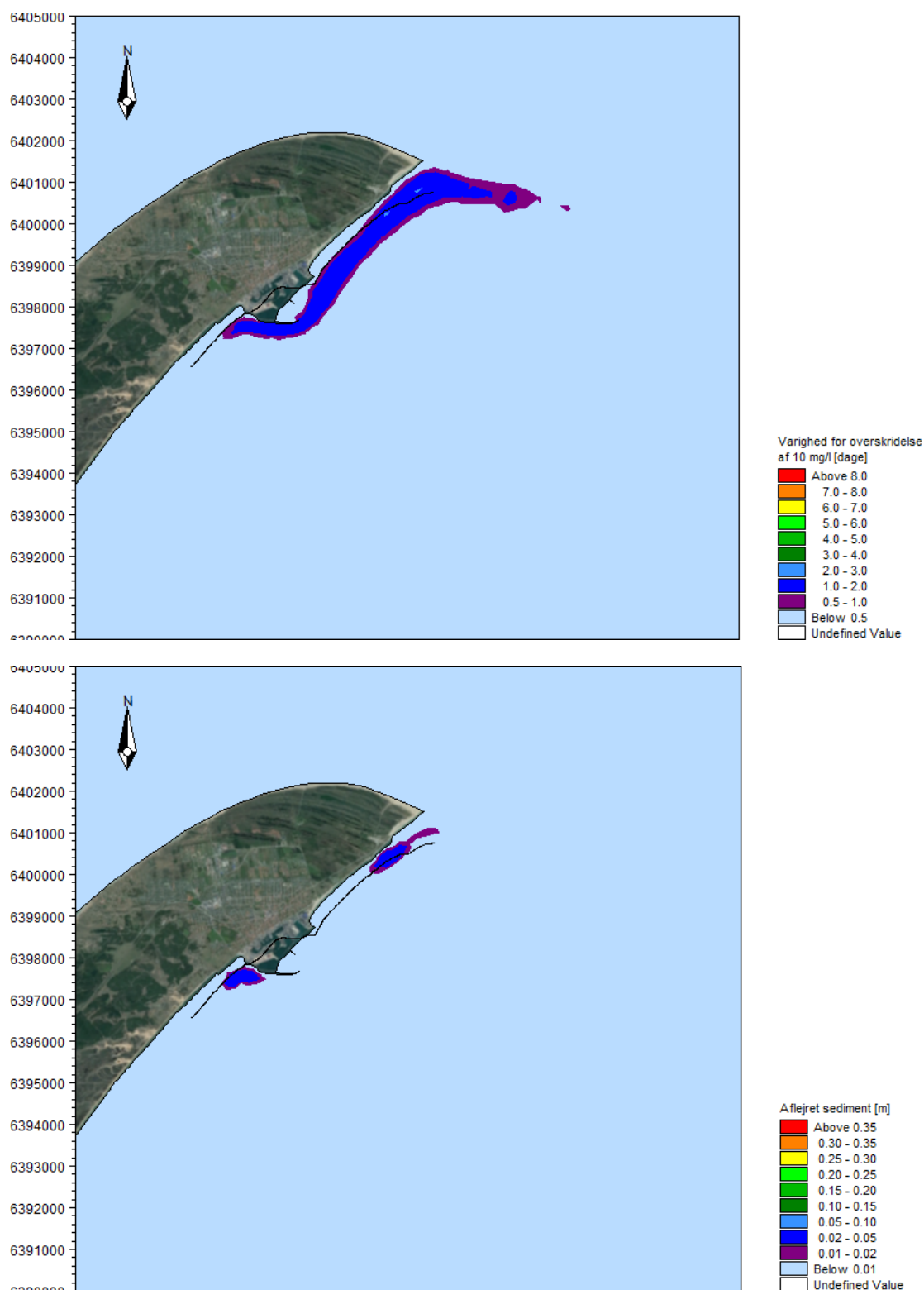
Figur 2-22. Scenarie med kystnær fodring syd for Skagen Havn via rainbowing med to skibe for det hydrodynamiske scenarie med nordgående strøm. Figuren viser varighed for overskridelse af en sedimentkoncentration på 10 mg/l (øverst) og aflejringsstykkelse (nederst). Den sorte linje parallel med kystlinjen markerer seks meter dybdekurven.⁵⁰

⁵⁰ Baggrundskort er fra Google-Earth (2018).



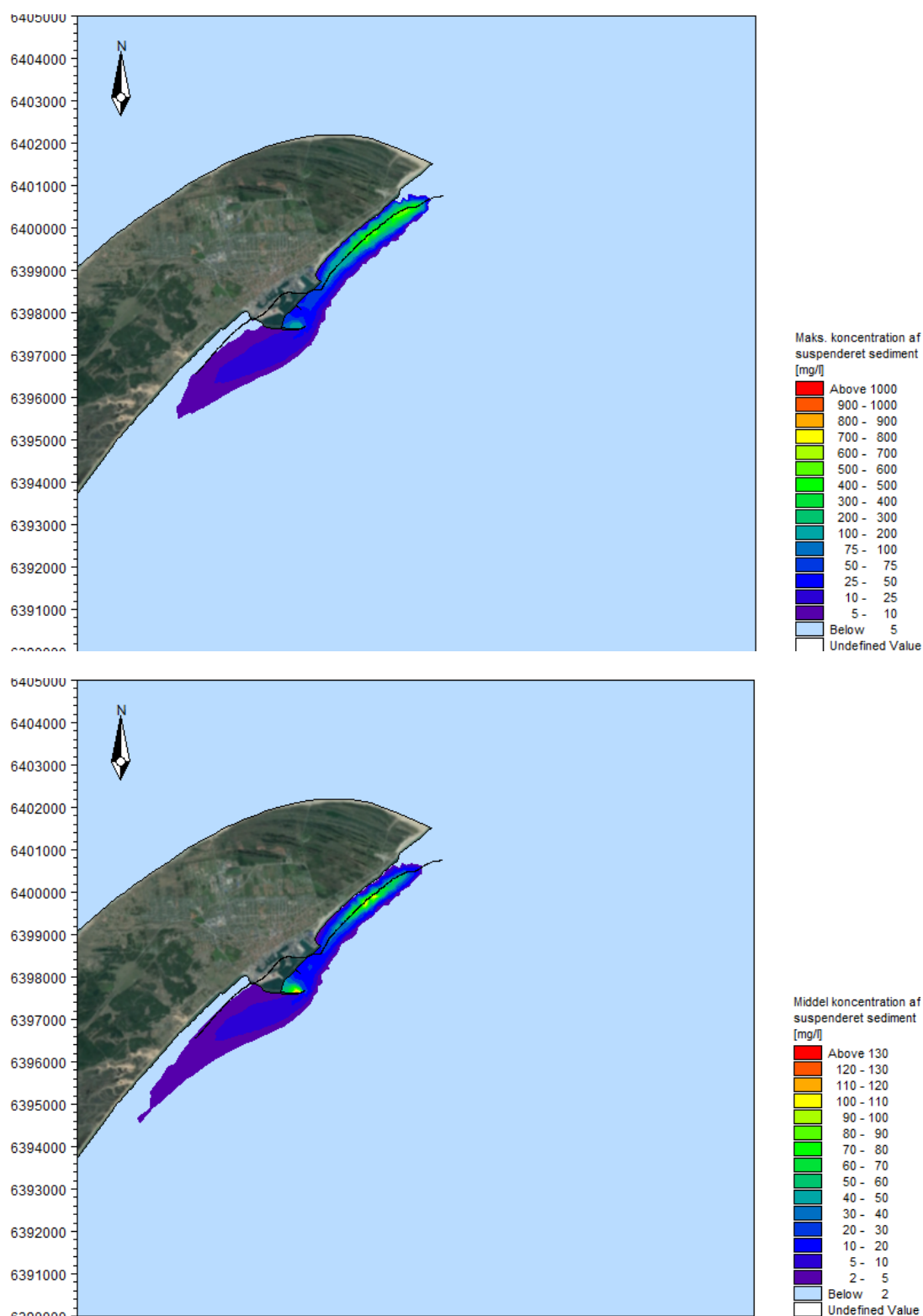
Figur 2-23. Scenarie med samtidig kystnær fodring både nord og syd for Skagen Havn via rainbowing med to skibe for det hydrodynamiske scenarie med nordgående strøm. Figuren viser maksimale sedimentkoncentrationer (øverst) og middel koncentrationer gennem fodringsperioden (nederst). Den sorte linje parallel med kystlinjen markerer seks meter dybdekurven.⁵¹

⁵¹ Baggrundskort er fra Google-Earth (2018).



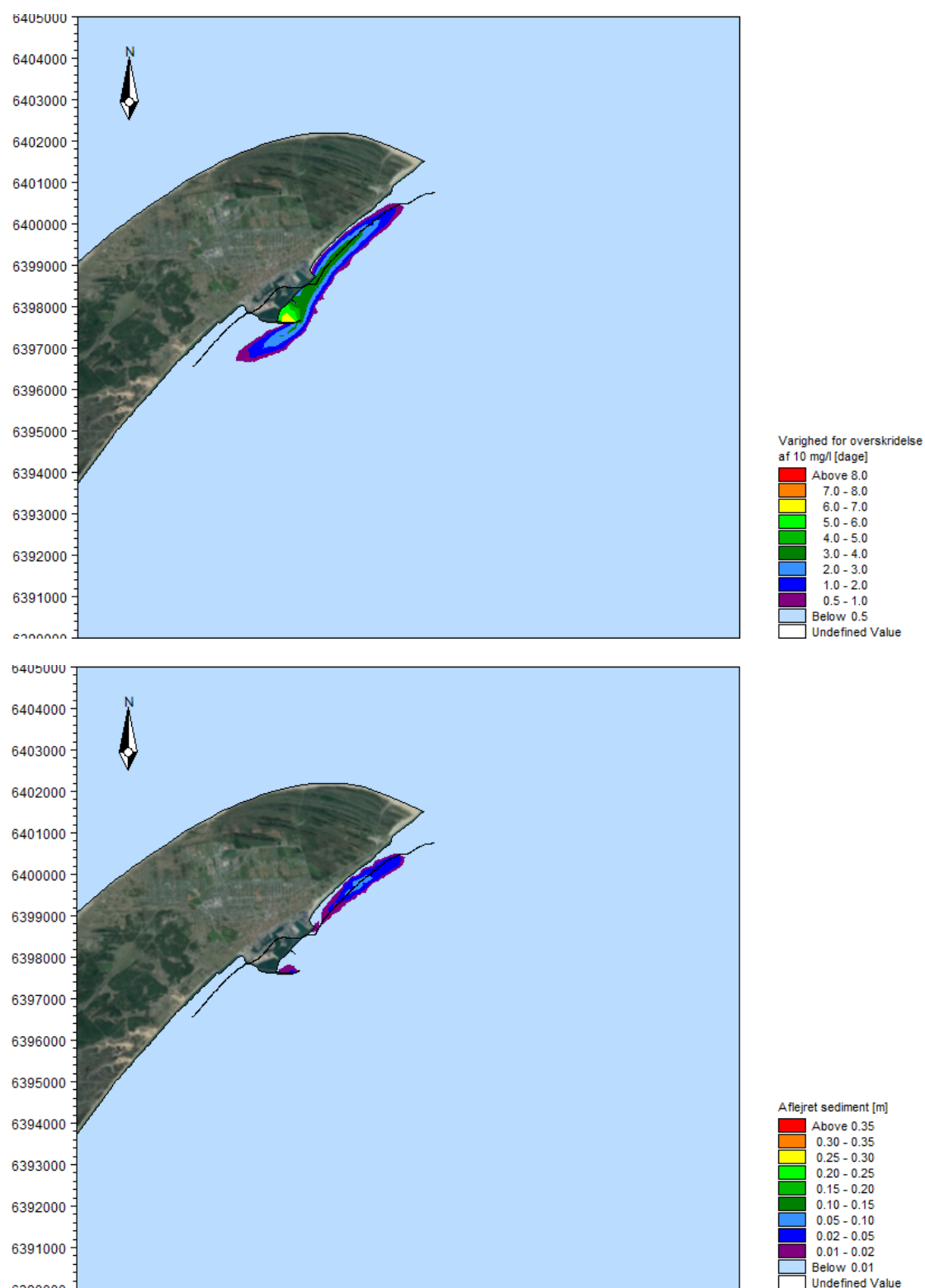
Figur 2-24. Scenarie med samtidig kystnær fodring både nord og syd for Skagen via rainboding med to skibe Havn for det hydrodynamiske scenarie med nordgående strøm. Figuren viser varighed for overskridelse af en sedimentkoncentration på 10 mg/l (øverst) og aflejringstykkelser (nederst). Den sorte linje parallel med kystlinjen markerer seks meter dybdekurven.⁵²

⁵² Baggrundskort er fra Google-Earth (2018).



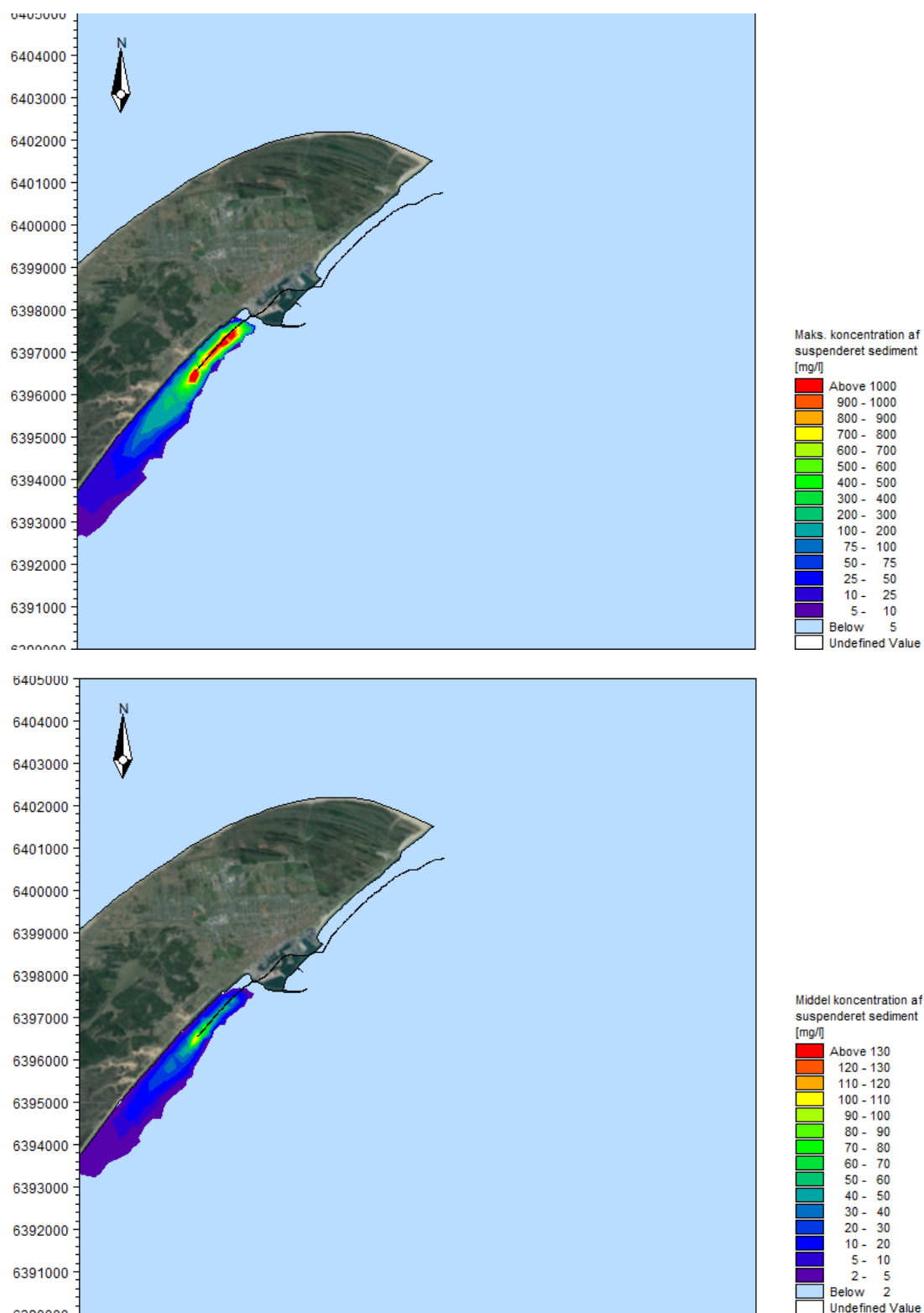
Figur 2-25. Scenarie med kystnær fodring nord for Skagen Havn via rainbowing med to skibe for det hydrodynamiske scenarie med sydgående strøm. Figuren viser maksimale sedimentkoncentrationer (*øverst*) og middelkoncentrationer gennem fodringsperioden (*nederst*). Den sorte linje parallel med kystlinjen markerer seks meter dybdekurven.⁵³

⁵³ Baggrundskort er fra Google-Earth (2018).



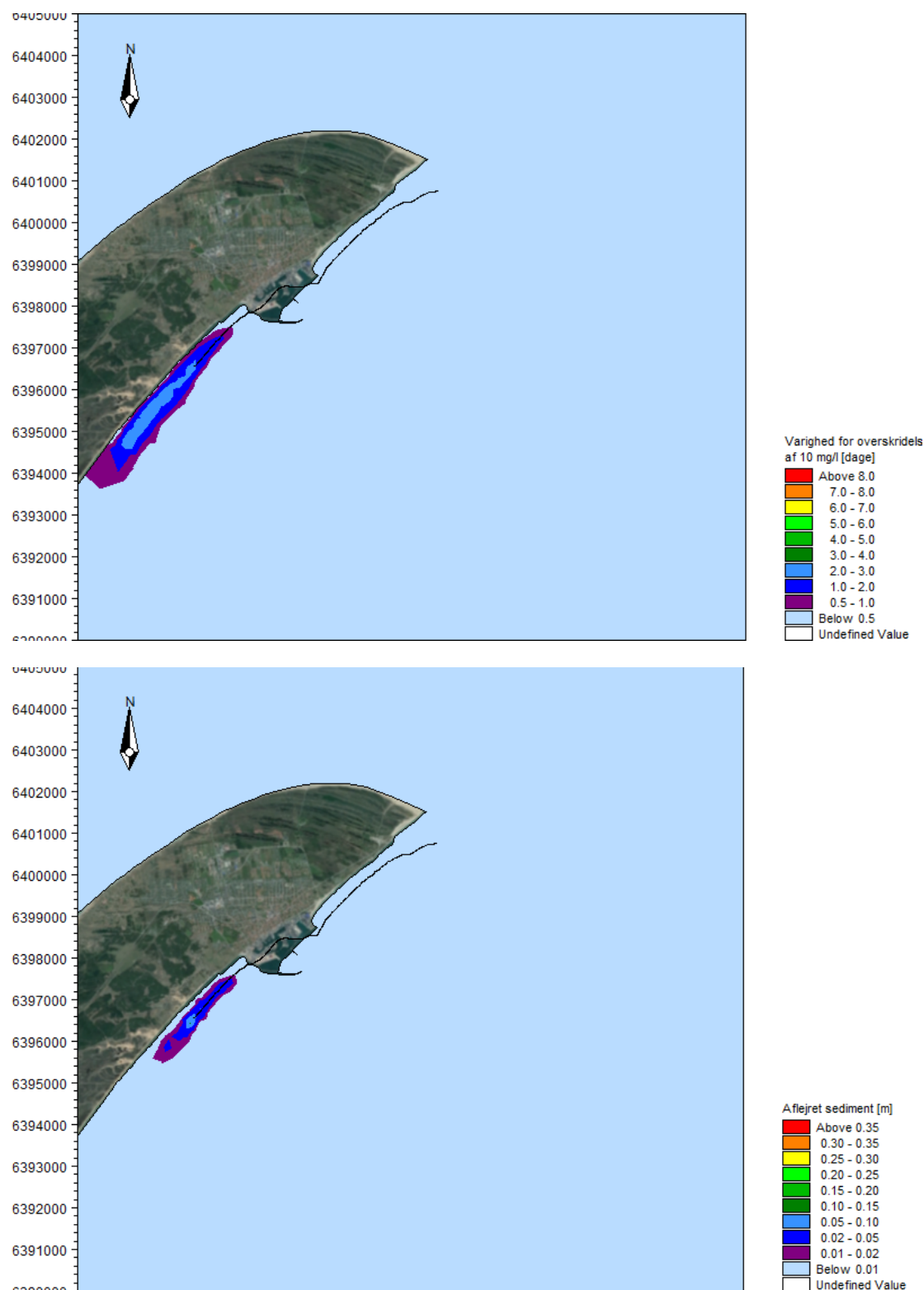
Figur 2-26. Scenario med kystnær fodring nord for Skagen Havn via rainbowing med to skibe for det hydrodynamiske scenario med sydgående strøm. Figuren viser varighed for overskridelse af en sedimentkoncentration på 10 mg/l (øverst) og aflejringstykkelser (nederst). Den sorte linje parallel med kystlinjen markerer seks meter dybdekurven.⁵⁴

⁵⁴ Baggrundskort er fra Google-Earth (2018).



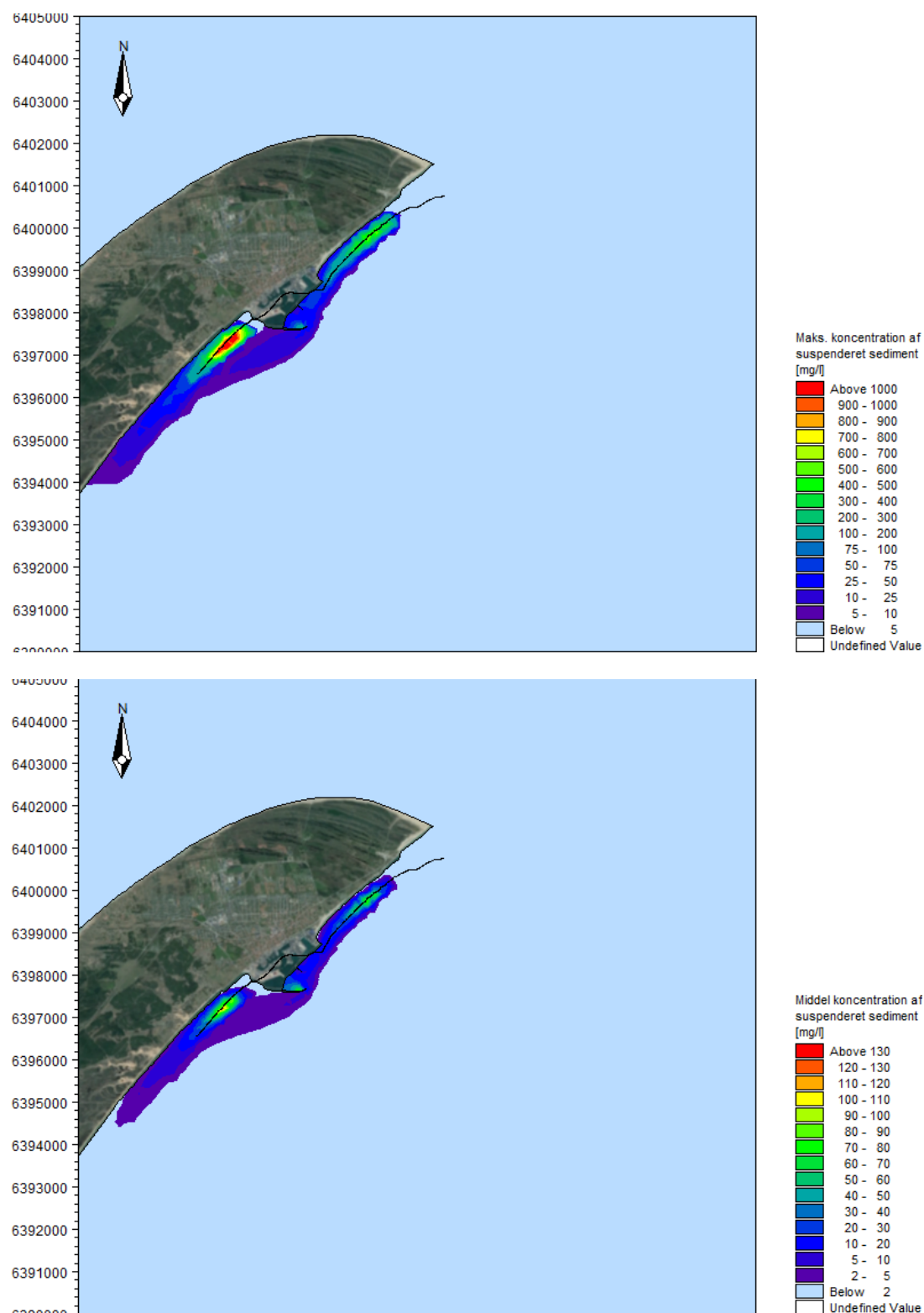
Figur 2-27. Scenarie med kystnær fodring syd for Skagen Havn via rainbowing med to skibe for det hydrodynamiske scenarie med sydgående strøm. Figuren viser maksimale sedimentkoncentrationer (øverst) og middel koncentrationer gennem fodringsperioden (nederst). Den sorte linje parallel med kystlinjen markerer seks meter dybdekurven.⁵⁵

⁵⁵ Baggrundskort er fra Google-Earth (2018).



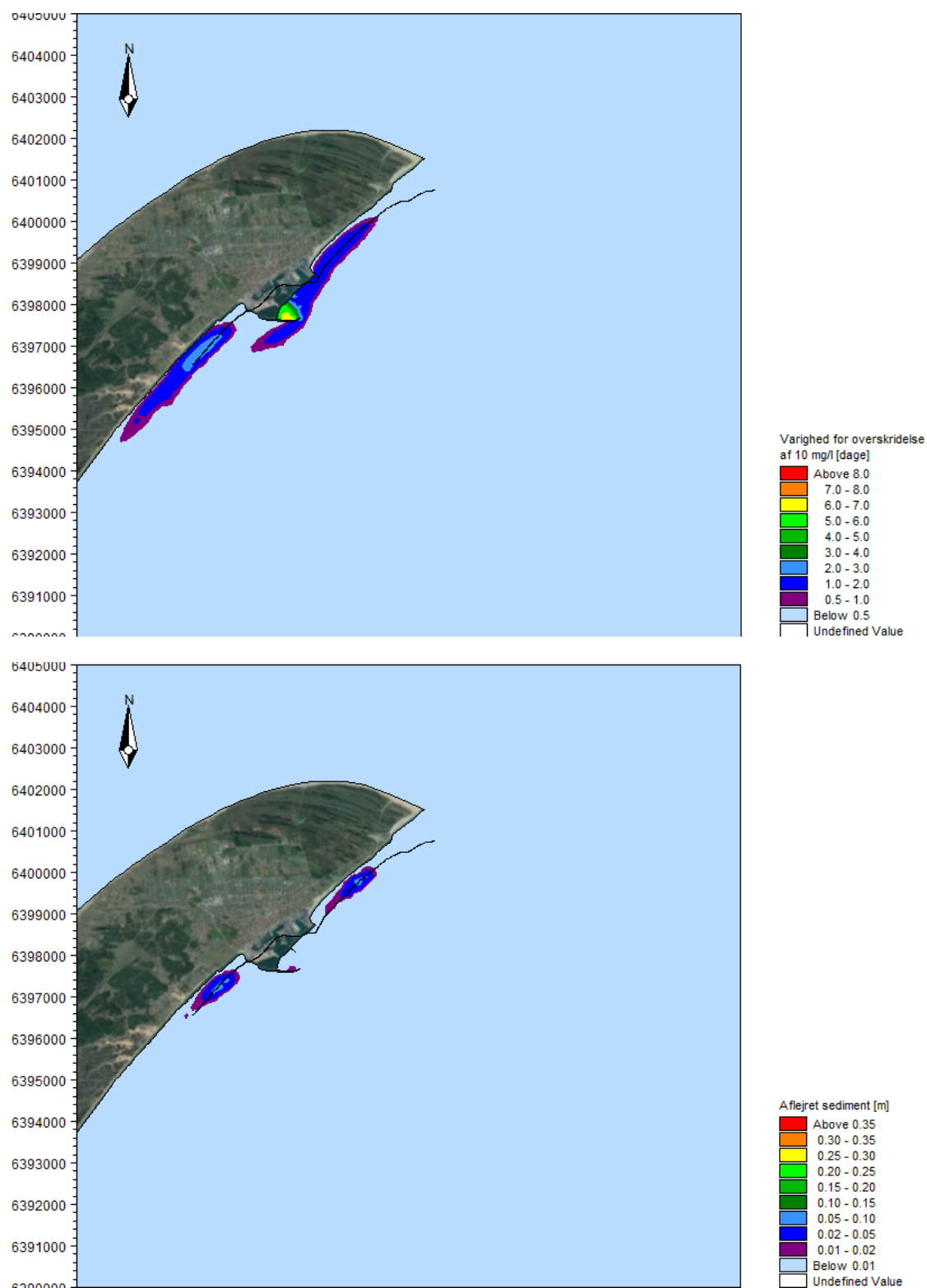
Figur 2-28. Scenarie med kystnær fodring syd for Skagen Havn via rainbowing med to skibe for det hydrodynamiske scenarie med sydgående strøm. Figuren viser varighed for overskridelse af en sedimentkoncentration på 10 mg/l (øverst) og aflejringstykkelser (nederst). Den sorte linje parallel med kystlinjen markerer seks meter dybdekurven.⁵⁶

⁵⁶ Baggrundskort er fra Google-Earth (2018).



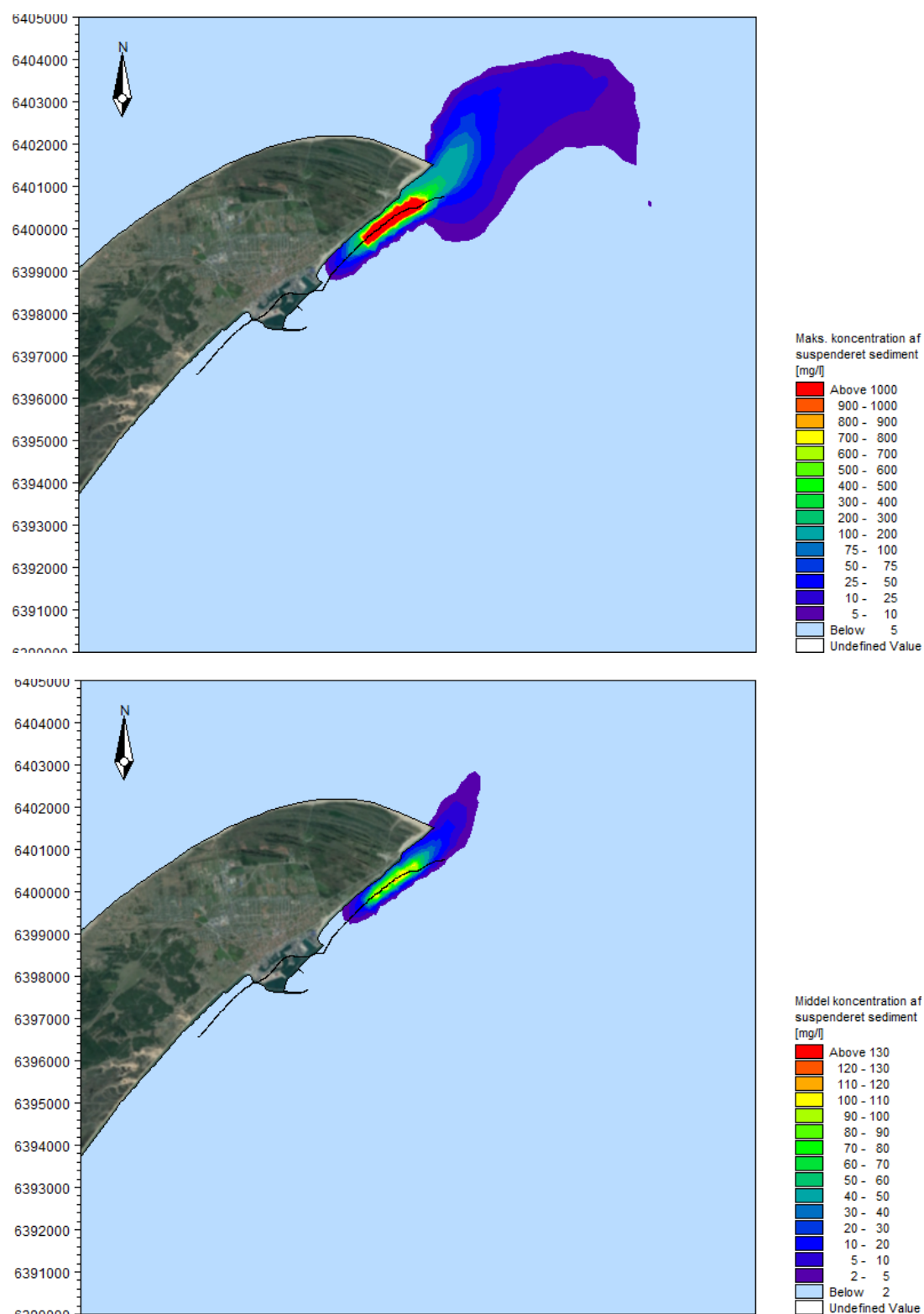
Figur 2-29. Scenarie med samtidig kystnær fodring både nord og syd for Skagen Havn via rainbowing med to skibe samt for det hydrodynamiske scenarie med sydgående strøm. Figuren viser maksimale sedimentkoncentrationer (øverst) og middel koncentrationer gennem fodringsperioden (nederst). Den sorte linje parallel med kystlinjen markerer seks meter dybdekurven.⁵⁷

⁵⁷ Baggrundskort er fra Google-Earth (2018).



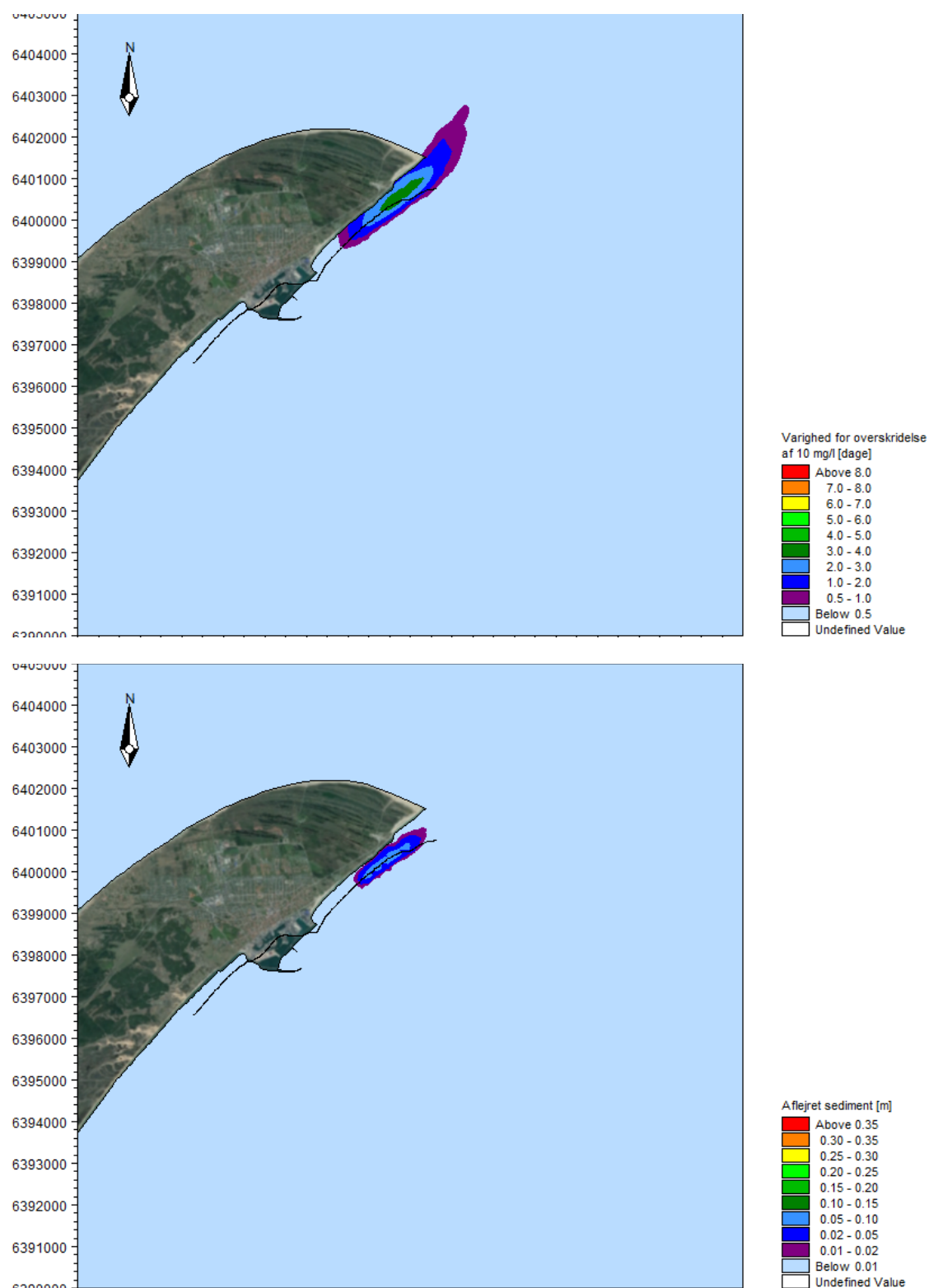
Figur 2-30. Scenarie med samtidig kystnær fodring både nord og syd for Skagen Havn via rainboring med to skibe for det hydrodynamiske scenarie med sydgående strøm. Figuren viser varighed for overskridelse af en sedimentkoncentration på 10 mg/l (øverst) og aflejringstykkelse (nederst). Den sorte linje parallel med kystlinjen markerer seks meter dybdekurven.⁵⁸

⁵⁸ Baggrundskort er fra Google-Earth (2018).



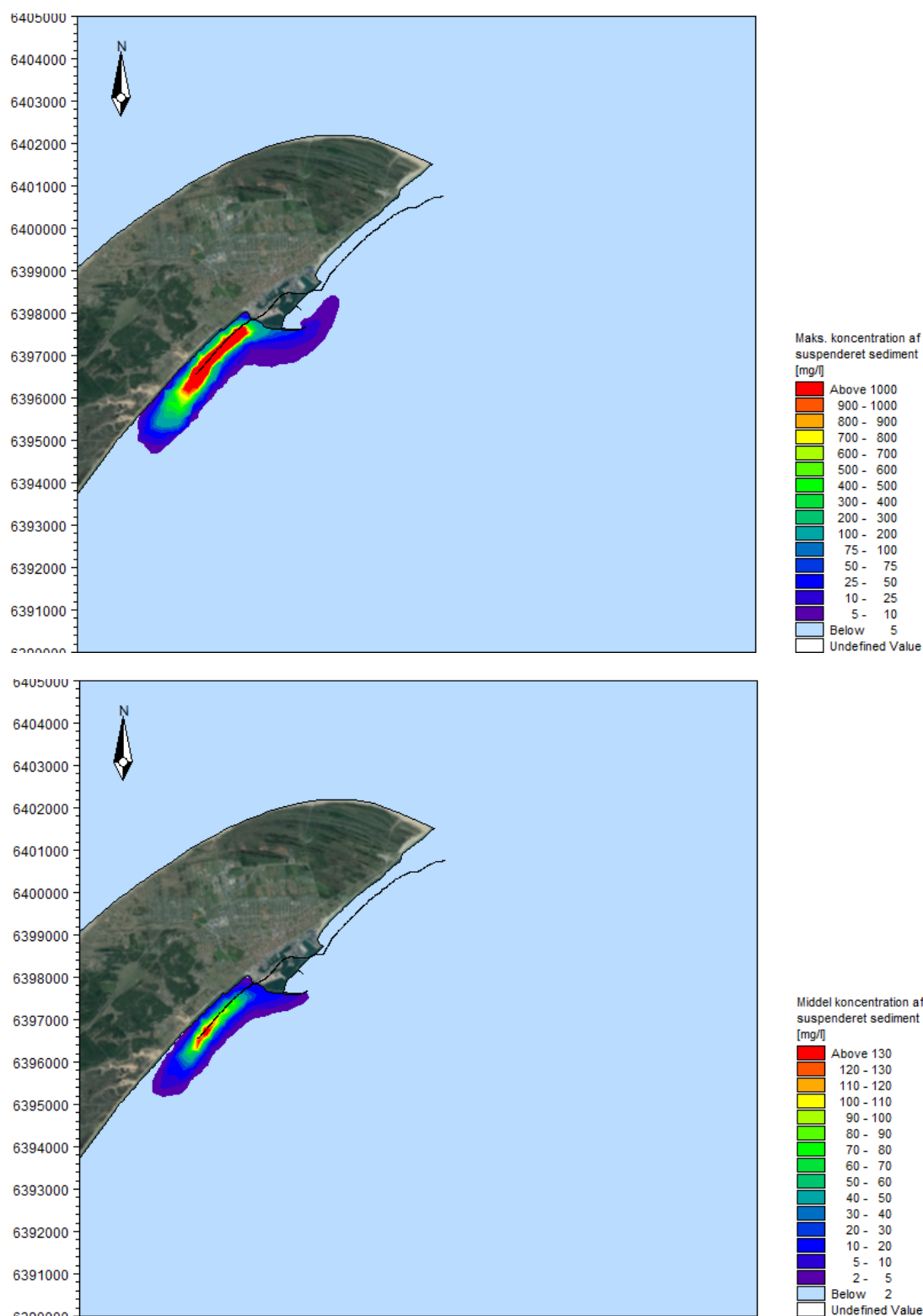
Figur 2-31. Scenarie med kystnær fodring nord for Skagen Havn via rainbowing med to skibe i tilfælde af stille vejr. Figuren viser maksimale sedimentkoncentrationer (øverst) og middel koncentrationer gennem fodringsperioden (nederst). Den sorte linje parallel med kystlinjen markerer seks meter dybdekurven.⁵⁹

⁵⁹ Baggrundskort er fra Google-Earth (2018).



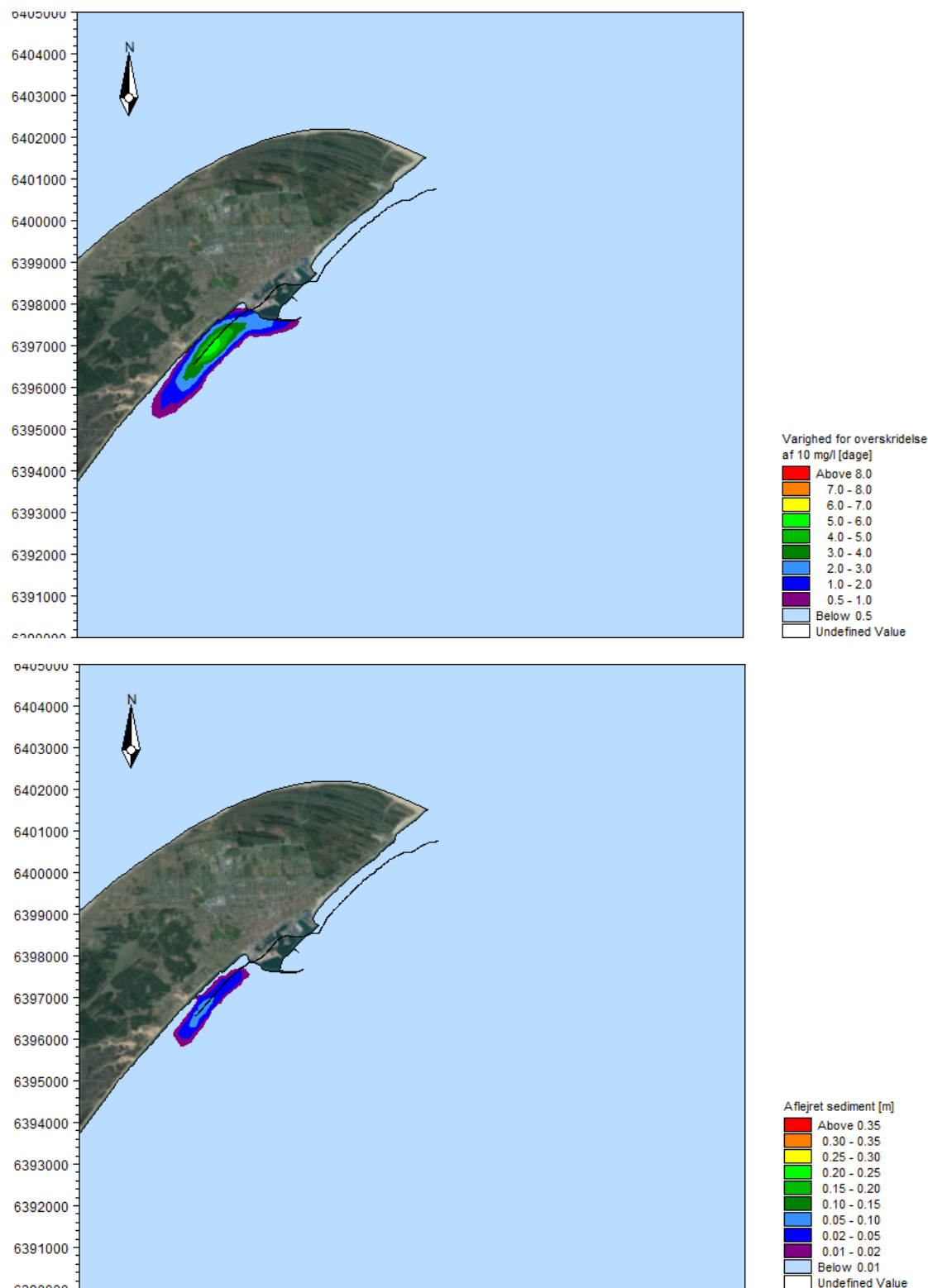
Figur 2-32. Scenarie med kystnær fodring nord for Skagen Havn via rainbowing med to skibe for det hydrodynamiske scenarie med stille vejr. Figuren viser varighed for overskridelse af en sedimentkoncentration på 10 mg/l (øverst) og aflejringstykkelse (nederst). Den sorte linje parallel med kystlinjen markerer seks meter dybdekurven.⁶⁰

⁶⁰ Baggrundskort er fra Google-Earth (2018).



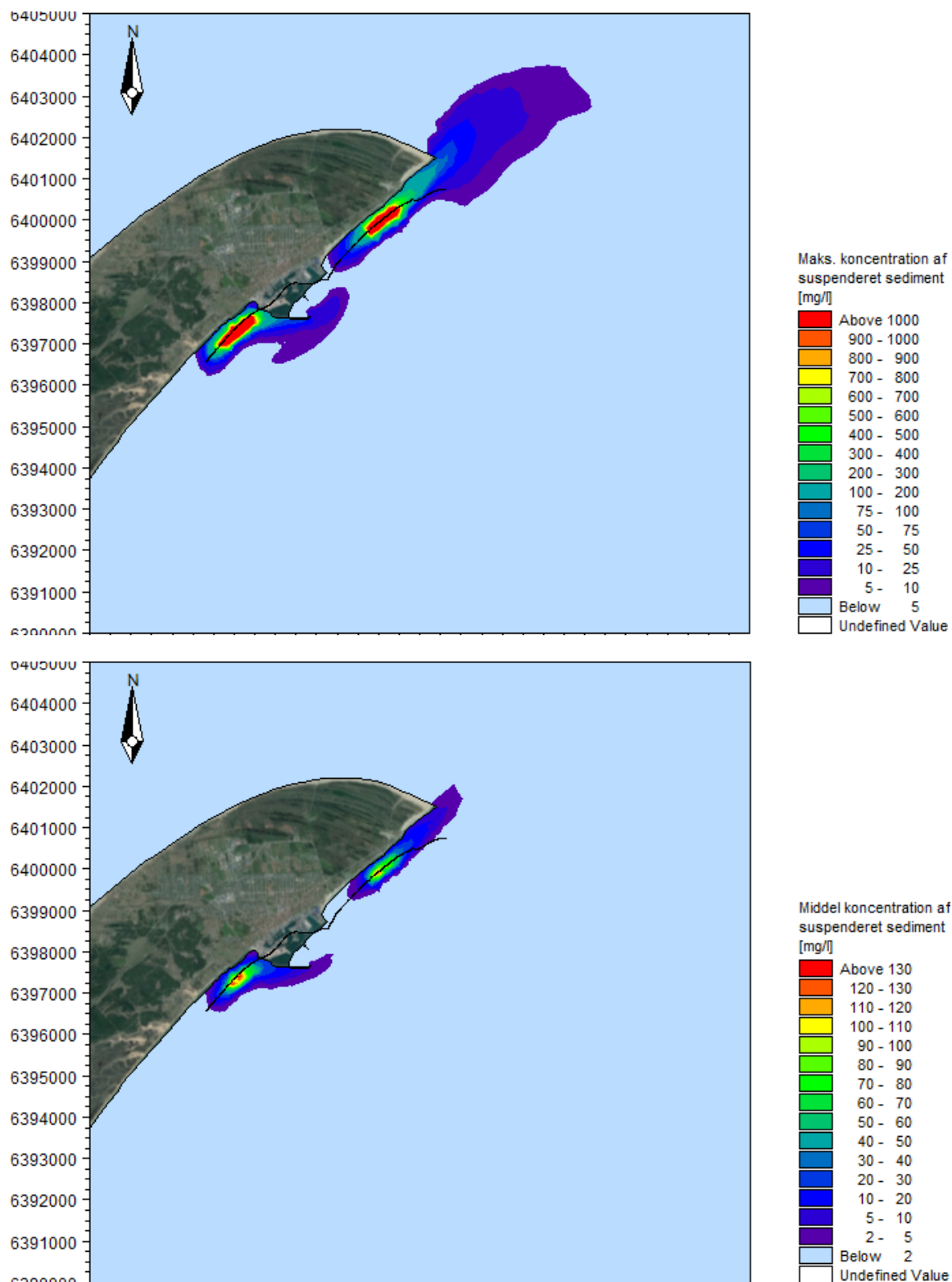
Figur 2-33. Scenarie med kystnær fodring syd for Skagen Havn via rainbowing med to skibe for det hydrodynamiske scenarie med stille vejr. Figuren viser maksimalt forekommende sedimentkoncentrationer (øverst) og middel koncentrationer gennem fodringsperioden (nederst). Den sorte linje parallel med kystlinjen markerer seks meter dybdekurven.⁶¹

⁶¹ Baggrundskort er fra Google-Earth (2018).



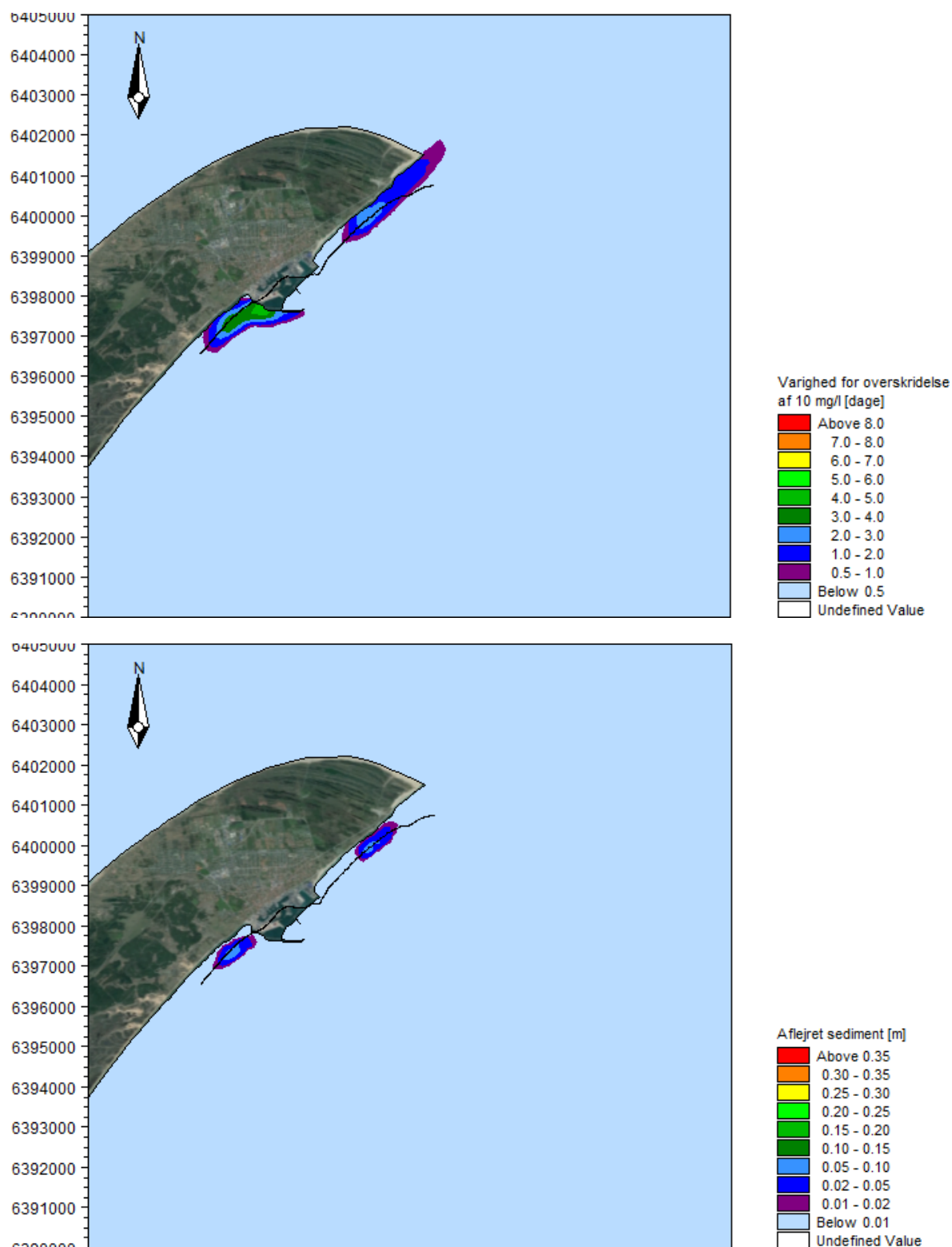
Figur 2-34. Scenarie med kystnær fodring syd for Skagen Havn via rainbowing med to skibe for det hydrodynamiske scenarie med stille vejr. Figuren viser varighed i dage for overskridelse af en sedimentkoncentration på 10 mg/l (øverst) og aflejringsstykkelse (nederst). Den sorte linje parallel med kystlinjen markerer seks meter dybdekurven.⁶²

⁶² Baggrundskort er fra Google-Earth (2018).



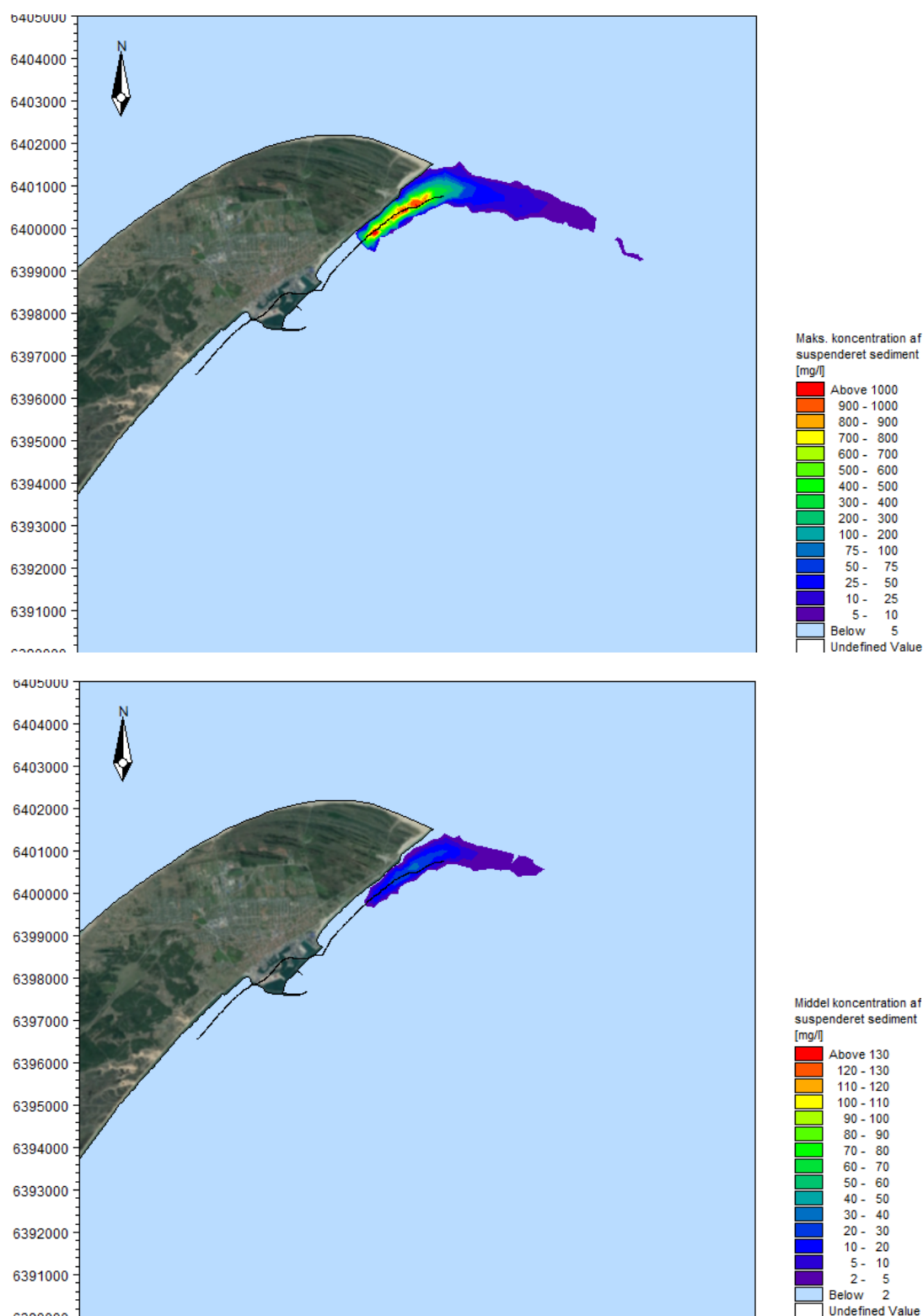
Figur 2-35. Scenarie med samtidig kystnær fodring både nord og syd for Skagen Havn via rainbowing med to skibe for det hydrodynamiske scenarie med stille vejr. Figuren viser maksimalt forekommende sedimentkoncentrationer (øverst) og middel koncentrationer gennem fodringsperioden (nederst). Den sorte linje parallel med kystlinjen markerer seks meter dybdekurven.⁶³

⁶³ Baggrundskort er fra Google-Earth (2018).



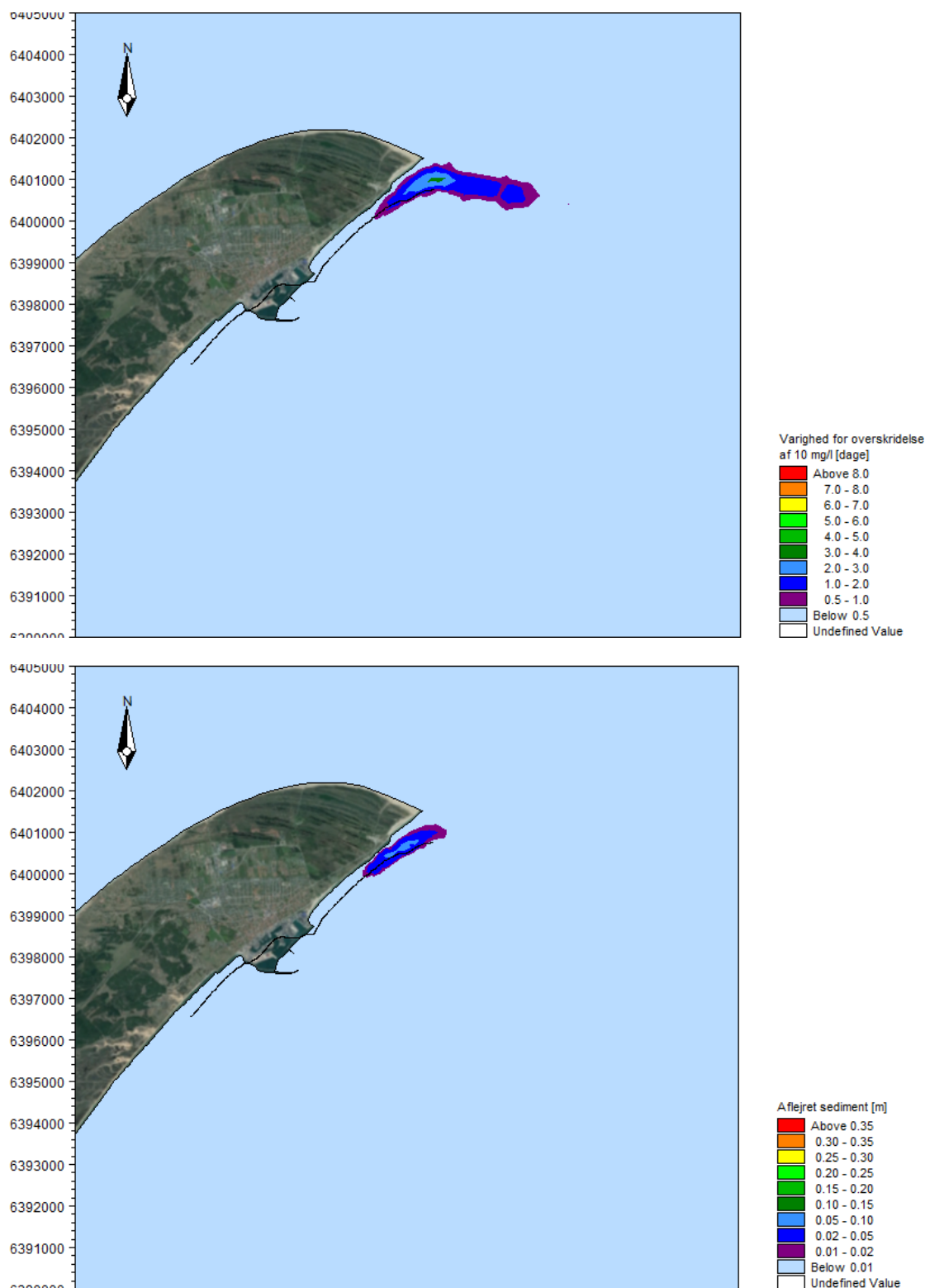
Figur 2-36. Scenarie med samtidig kystnær fodring både nord og syd for Skagen Havn via rainbowing med to skibe for det hydrodynamiske scenarie med stille vejr. Figuren viser varighed for overskridelse af en sedimentkoncentration på 10 mg/l (øverst) og aflejringstykkelse (nederst). Den sorte linje parallel med kystlinjen markerer seks meter dybdekurven.⁶⁴

⁶⁴ Baggrundskort er fra Google-Earth (2018).



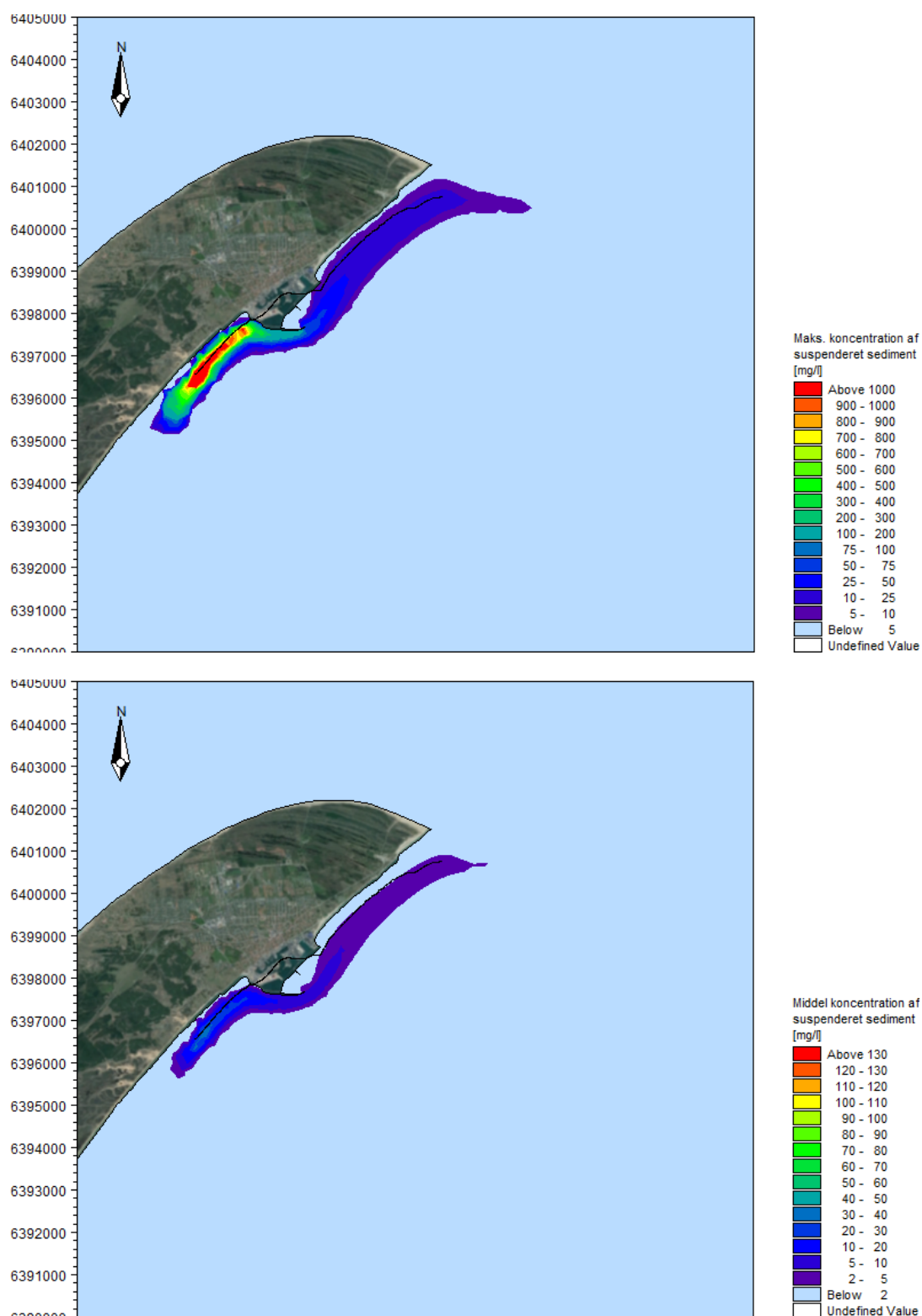
Figur 2-37. Scenarie med kystnær fodring nord for Skagen Havn via klappning med tre skibe for det hydrodynamiske scenarie med nordgående strøm. Figuren viser maksimalt forekommende sedimentkoncentrationer (øverst) og middel koncentrationer gennem fodringsperioden (nederst). Den sorte linje parallel med kystlinjen markerer seks meter dybdekurven.⁶⁵

⁶⁵ Baggrundskort er fra Google-Earth (2018).



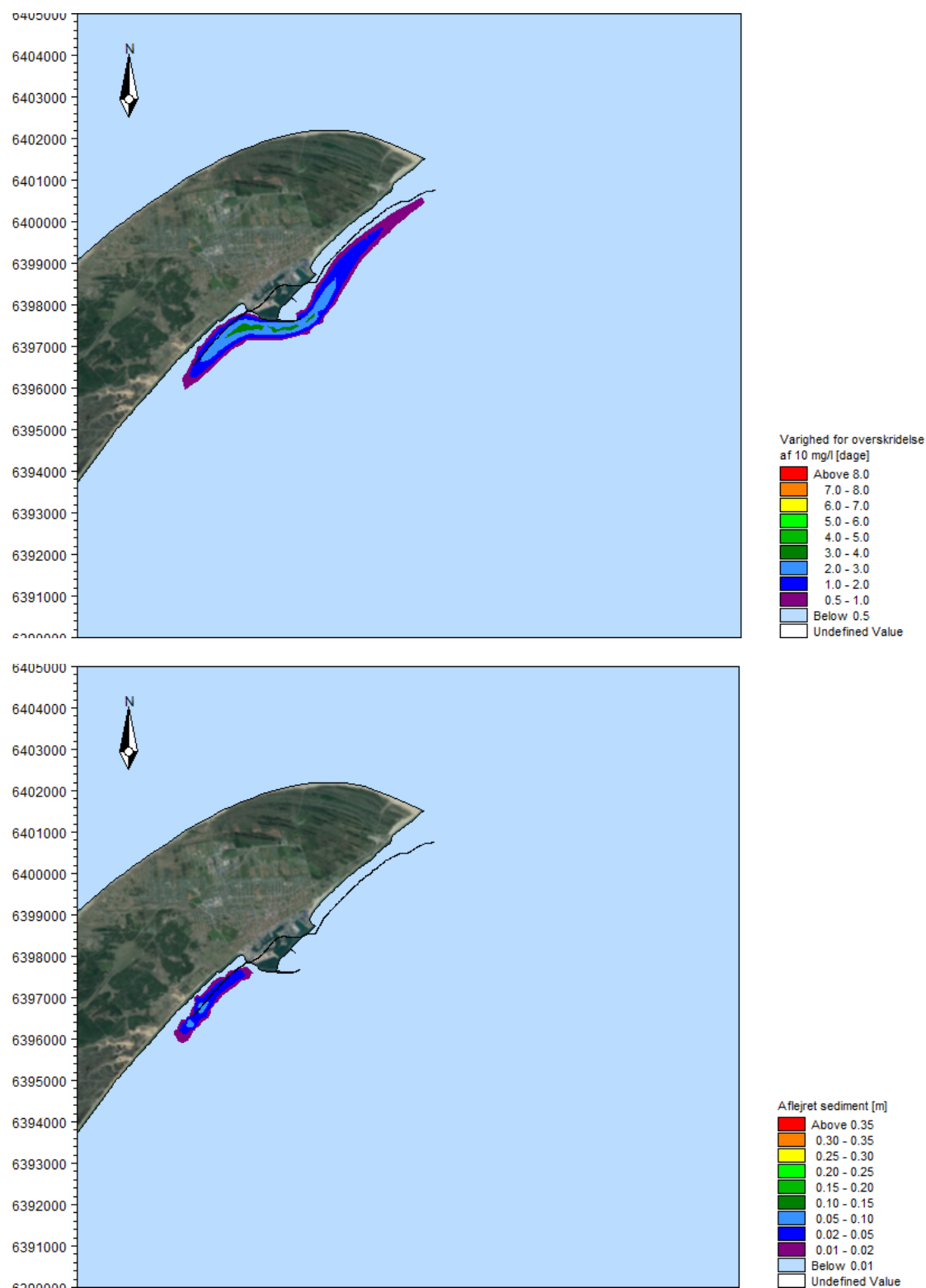
Figur 2-38. Scenarie med kystnær fodring nord for Skagen Havn via klapning med tre skibe for det hydrodynamiske scenarie med nordgående strøm. Figuren viser varighed i dage for overskridelse af en sedimentkoncentration på 10 mg/l (øverst) og aflejringstykkelser (nederst). Den sorte linje parallel med kystlinjen markerer seks meter dybdekurven.⁶⁶

⁶⁶ Baggrundskort er fra Google-Earth (2018).



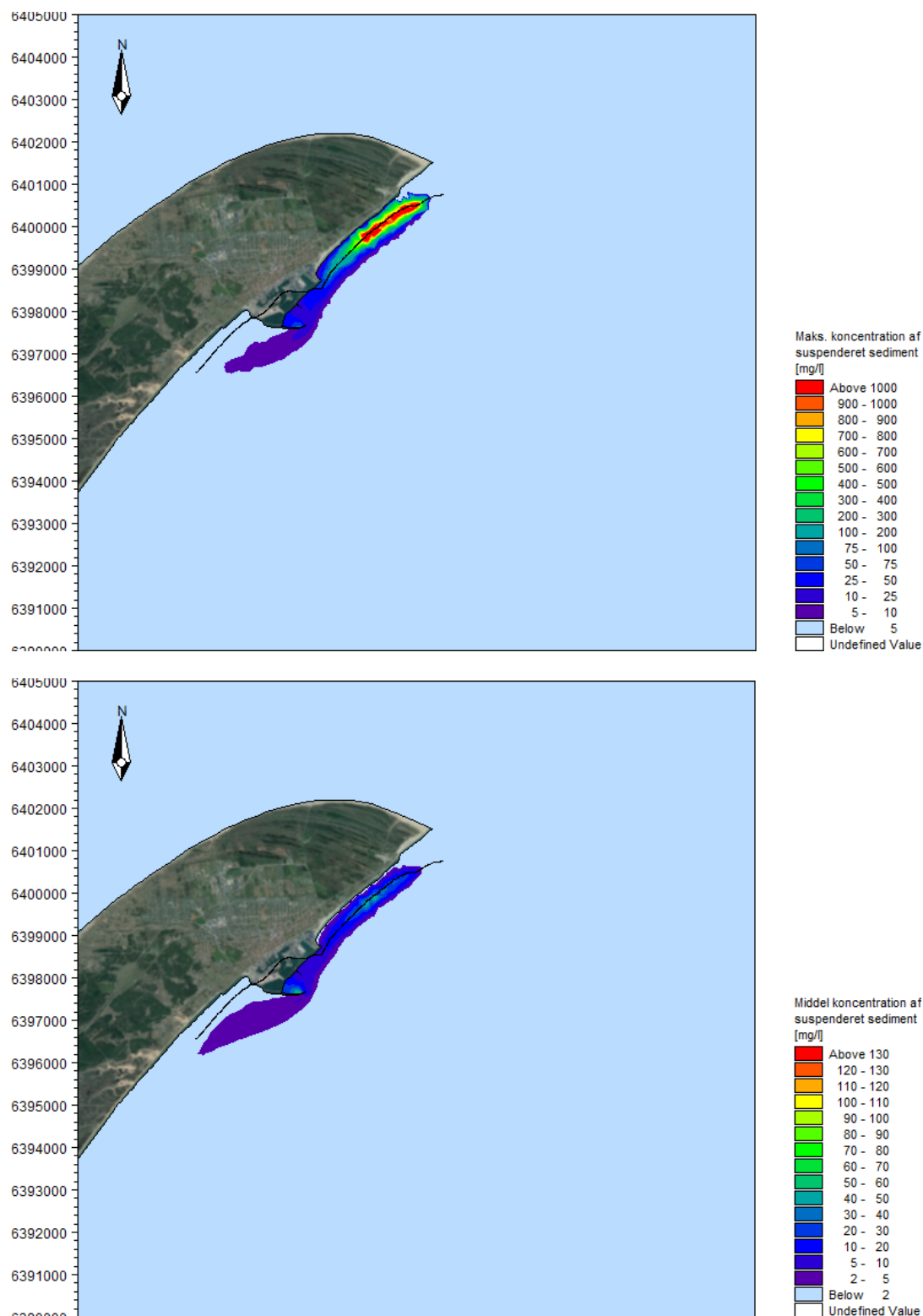
Figur 2-39. Scenarie med kystnær fodring syd for Skagen Havn via klappning med tre skibe for det hydrodynamiske scenarie med nordgående strøm. Figuren viser maksimale sedimentkoncentrationer (øverst) og middel koncentrationer gennem fodringsperioden (nederst). Den sorte linje parallel med kystlinjen markerer seks meter dybdekurven⁶⁷.

⁶⁷ Baggrundskort er fra Google-Earth (2018).



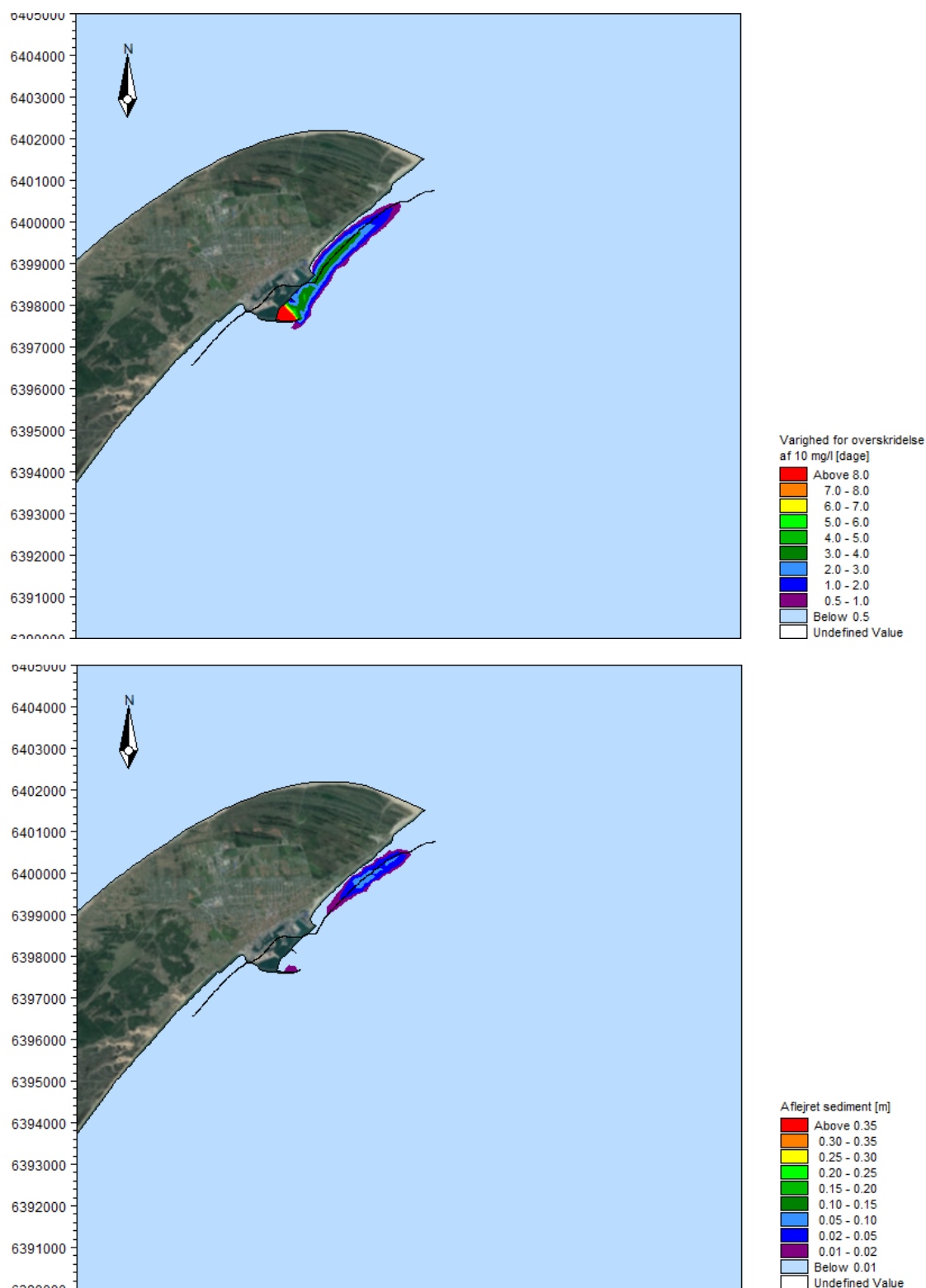
Figur 2-40. Scenarie med kystnær fodring syd for Skagen Havn via klapning med tre skibe for det hydrodynamiske scenarie med nordgående strøm. Figuren viser varighed i dage for overskridelse af en sedimentkoncentration på 10 mg/l (*øverst*) og aflejringsstykkelse (*nederst*). Den sorte linje parallel med kystlinjen markerer seks meter dybdekurven⁶⁸.

⁶⁸ Baggrundskort er fra Google-Earth (2018).



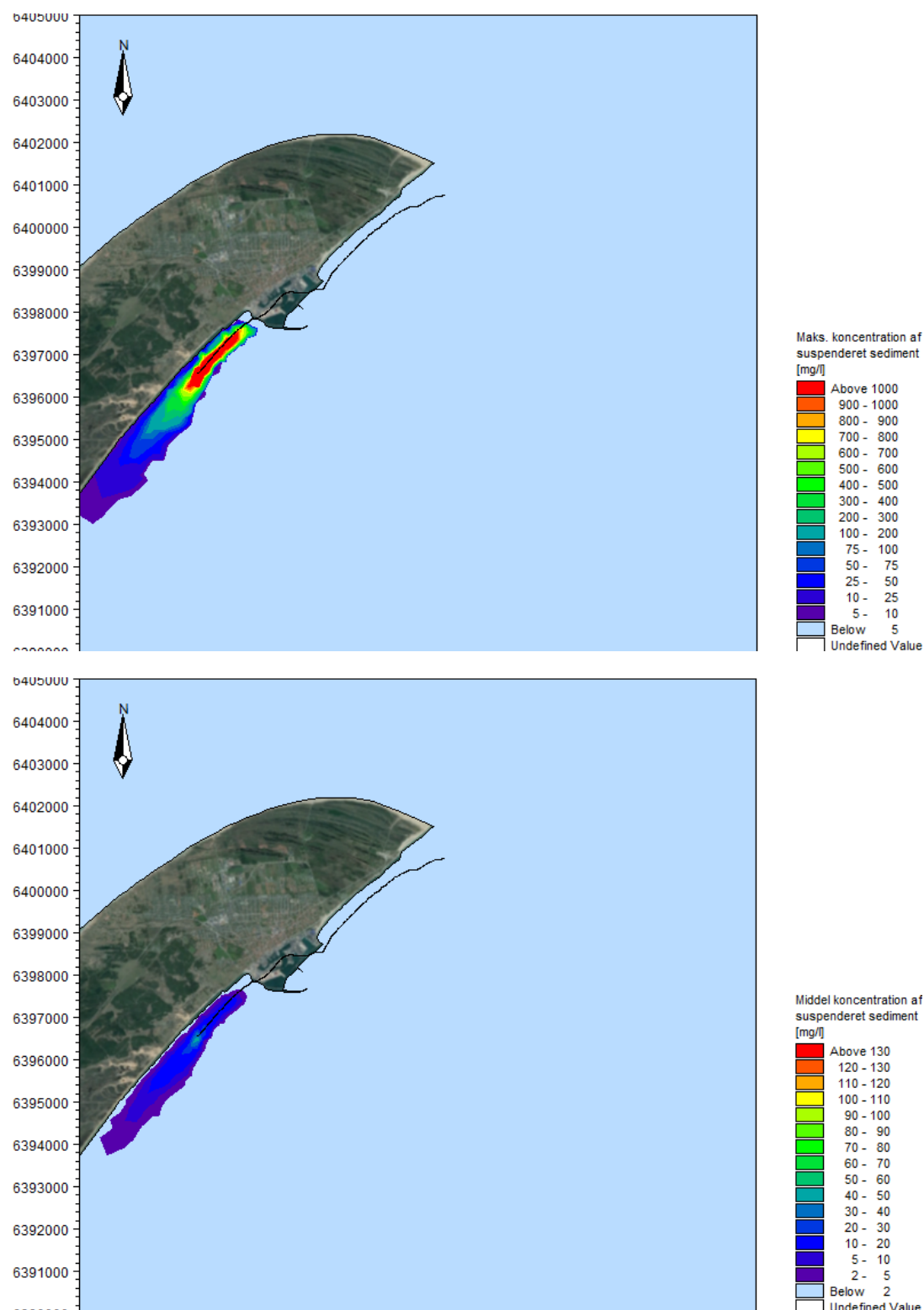
Figur 2-41. Scenarie med kystnær fodring nord for Skagen Havn via klapning med tre skibe for det hydrodynamiske scenarie med sydgående strøm. Figuren viser maksimale sedimentkoncentrationer (*øverst*) og middel koncentrationer gennem fodringsperioden (*nederst*). Den sorte linje parallel med kystlinjen markerer seks meter dybdekurven.⁶⁹

⁶⁹ Baggrundskort er fra Google-Earth (2018).



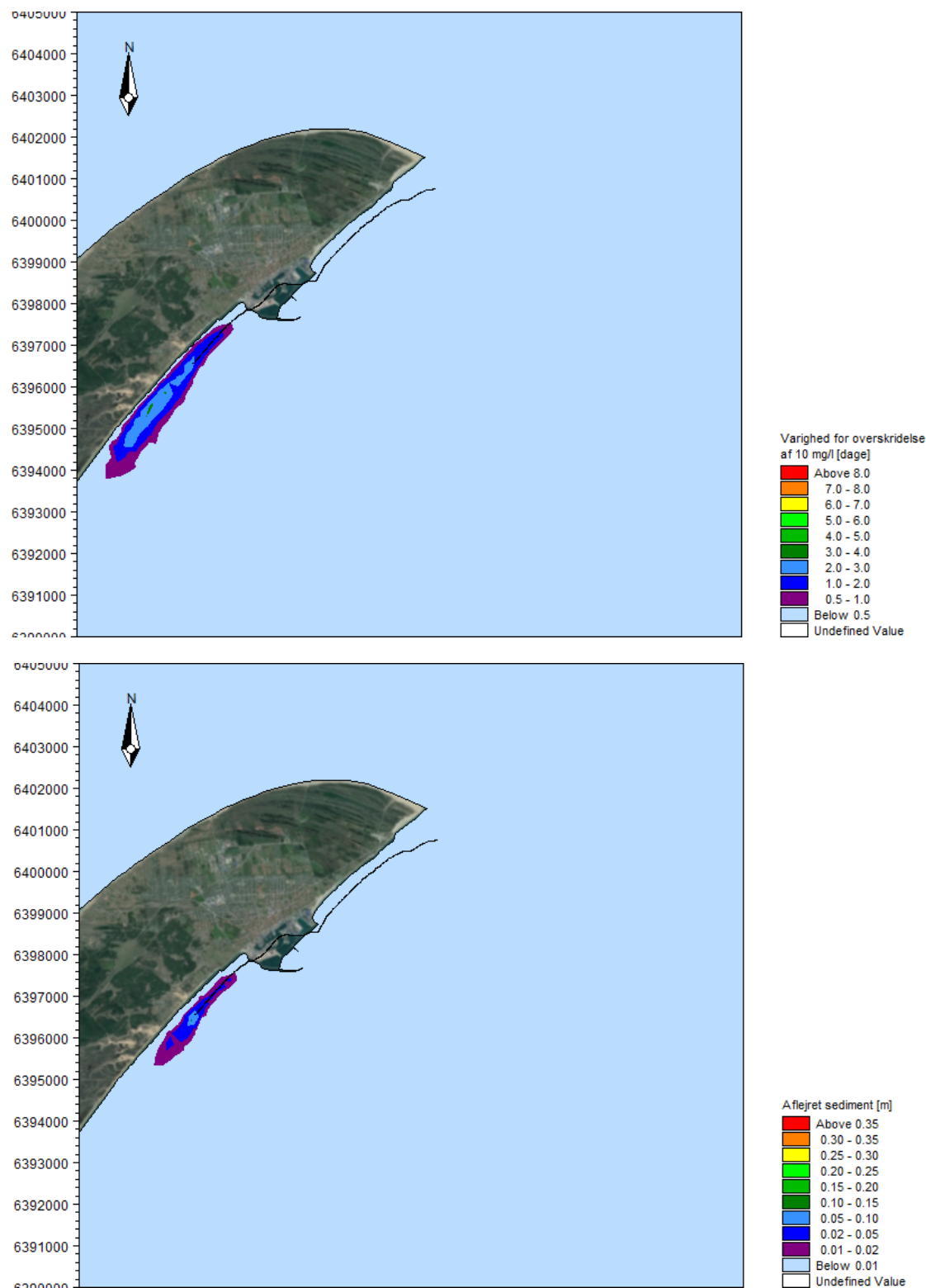
Figur 2-42. Scenarie med kystnær fodring nord for Skagen Havn via klappning med tre skibe for det hydrodynamiske scenarie med sydgående strøm. Figuren viser varighed i dage for overskridelse af en sedimentkoncentration på 10 mg/l (*øverst*) og aflejringsstykkelse (*nederst*). Den sorte linje parallel med kystlinjen markerer seks meter dybdekurven.⁷⁰

⁷⁰ Baggrundskort er fra Google-Earth (2018).



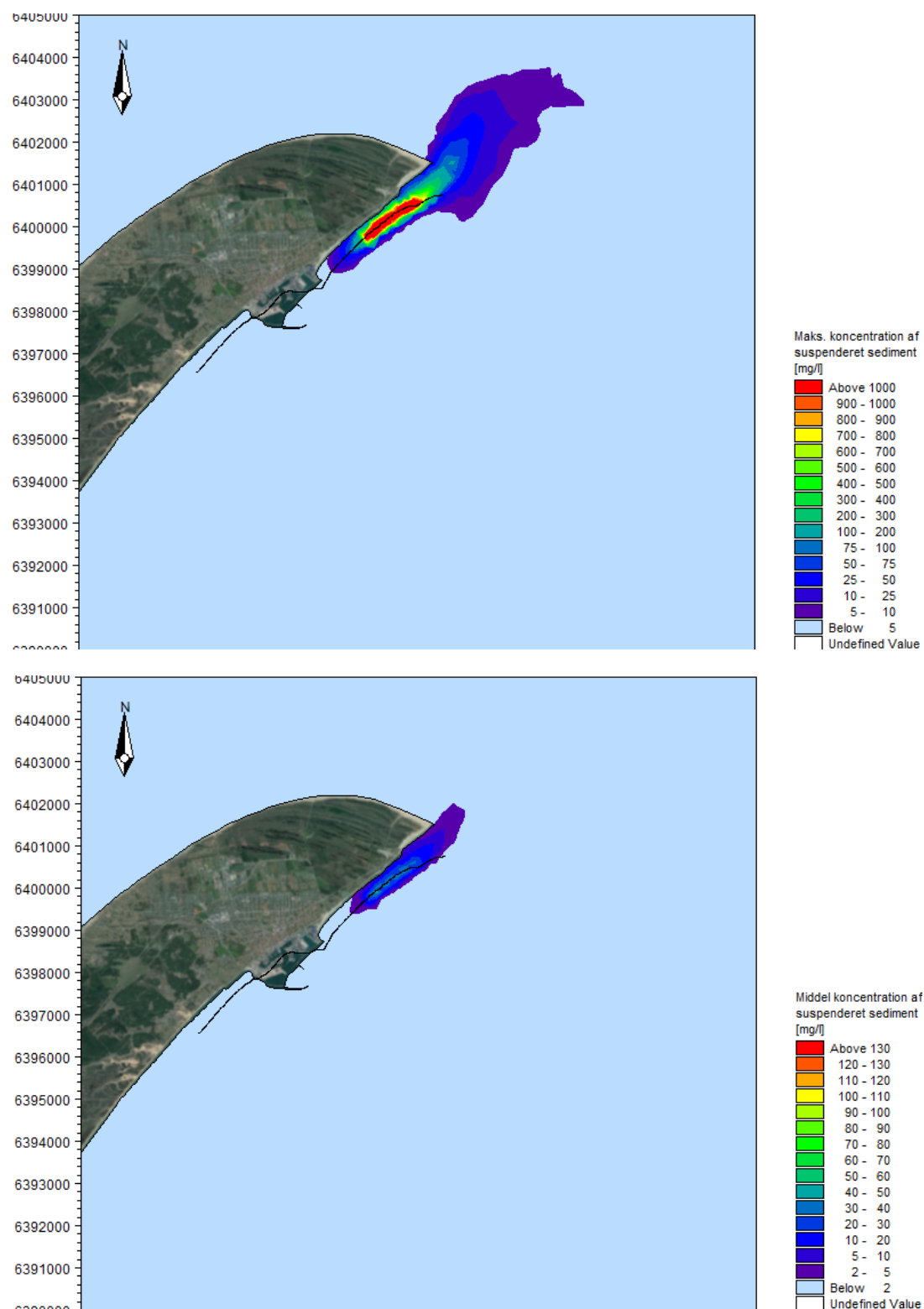
Figur 2-43. Scenarie med kystnær fodring syd for Skagen Havn via klapning med tre skibe for det hydrodynamiske scenarie med sydgående strøm. Figuren viser maksimale sedimentkoncentrationer (øverst) og middel koncentrationer gennem fodringsperioden (nederst). Den sorte linje parallel med kystlinjen markerer seks meter dybdekurven.⁷¹

⁷¹ Baggrundskort er fra Google-Earth (2018).



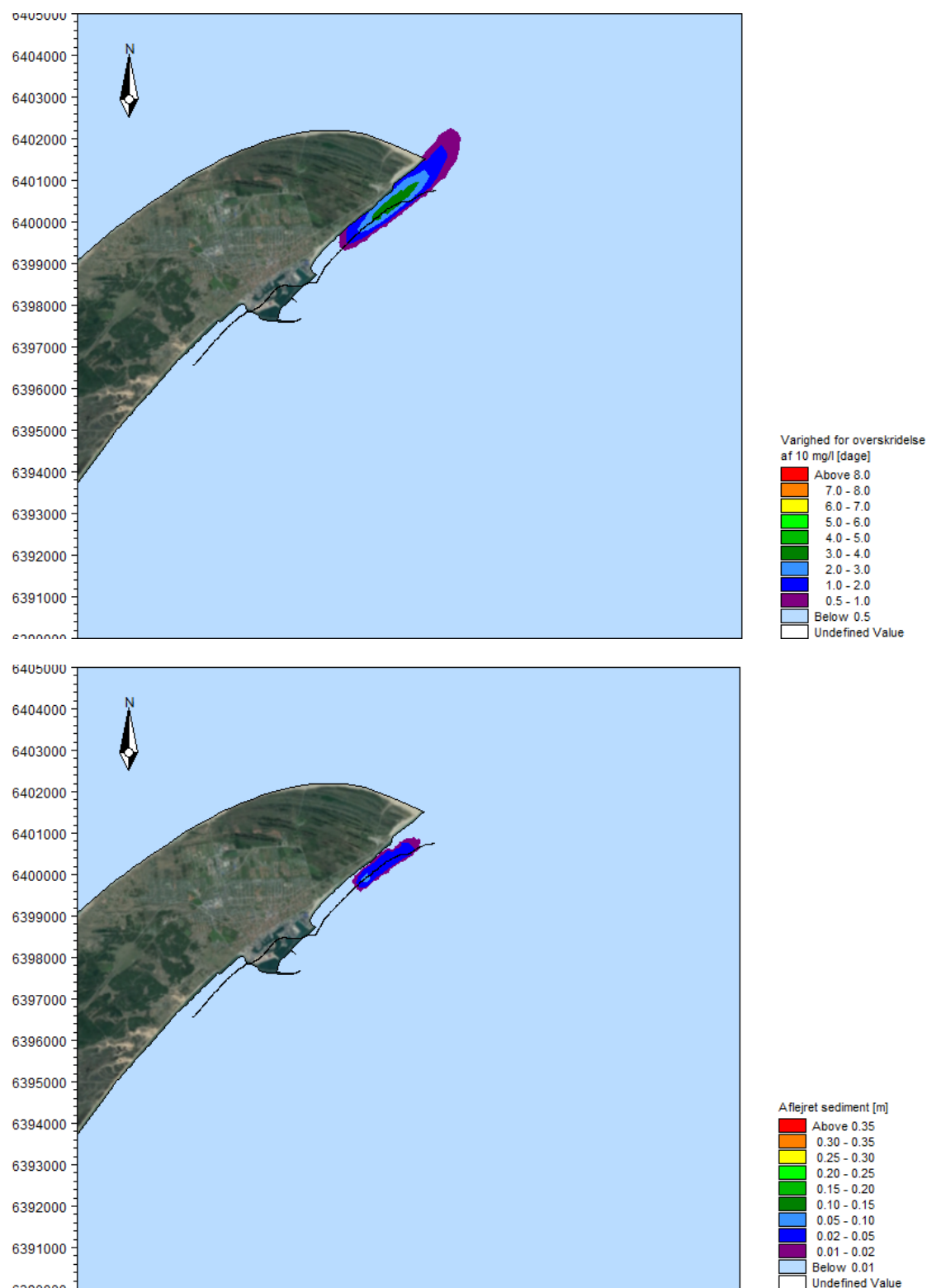
Figur 2-44. Scenarie med kystnær fodring syd for Skagen Havn via klapning med tre skibe for det hydrodynamiske scenarie med sydgående strøm. Figuren viser varighed i dage for overskridelse af en sedimentkoncentration på 10 mg/l (*øverst*) og aflejringstykkelse (*nederst*). Den sorte linje parallel med kystlinjen markerer seks meter dybdekuren.⁷²

⁷² Baggrundskort er fra Google-Earth (2018).



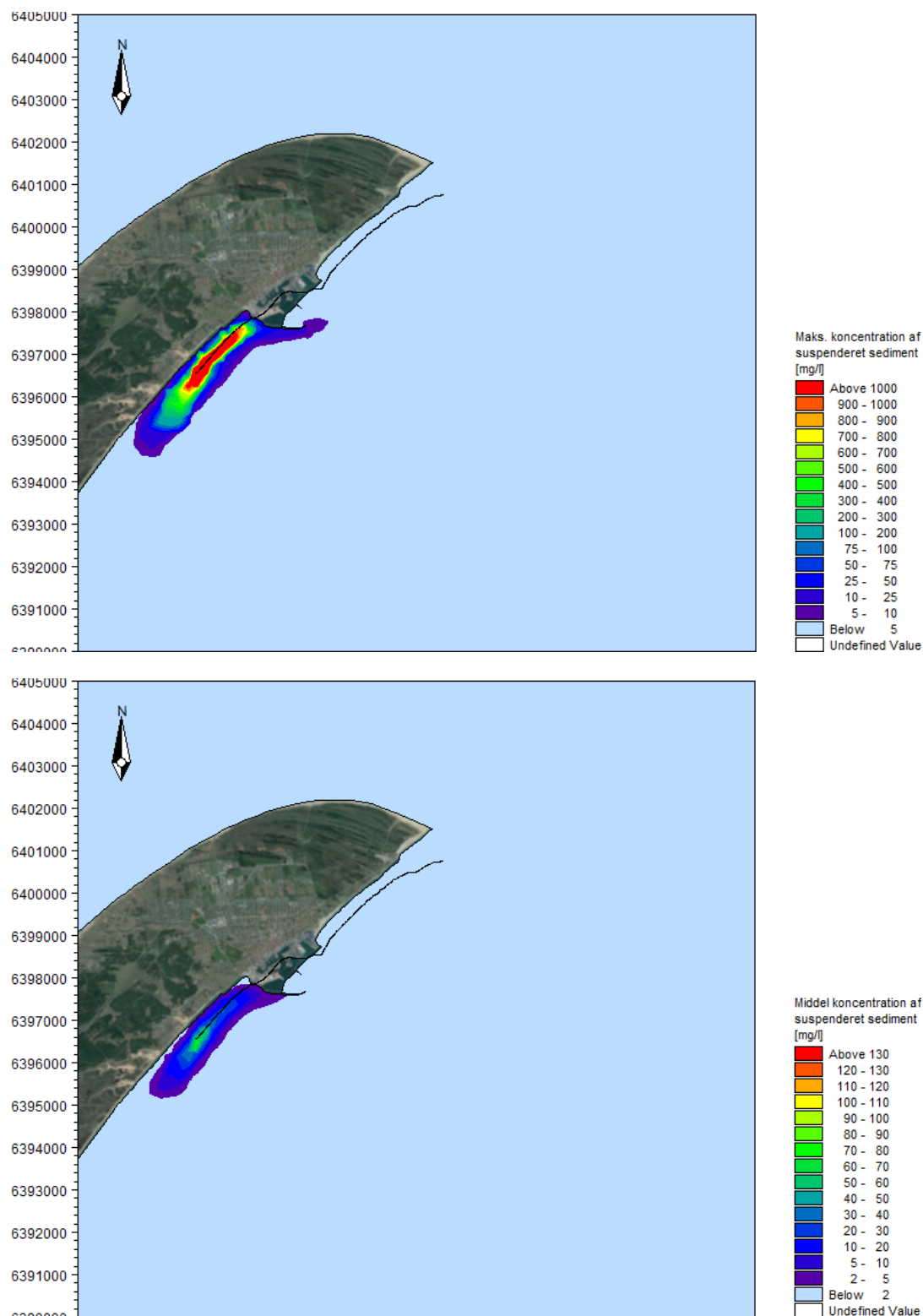
Figur 2-45. Scenarie med kystnær fodring nord for Skagen Havn via klapning med tre skibe for det hydrodynamiske scenarie med stille vejr. Figuren viser maksimale sedimentkoncentrationer (*øverst*) og middel koncentrationer gennem fodringsperioden (*nederst*). Den sorte linje parallel med kystlinjen markerer seks meter dybdekurven.⁷³

⁷³ Baggrundskort er fra Google-Earth (2018).



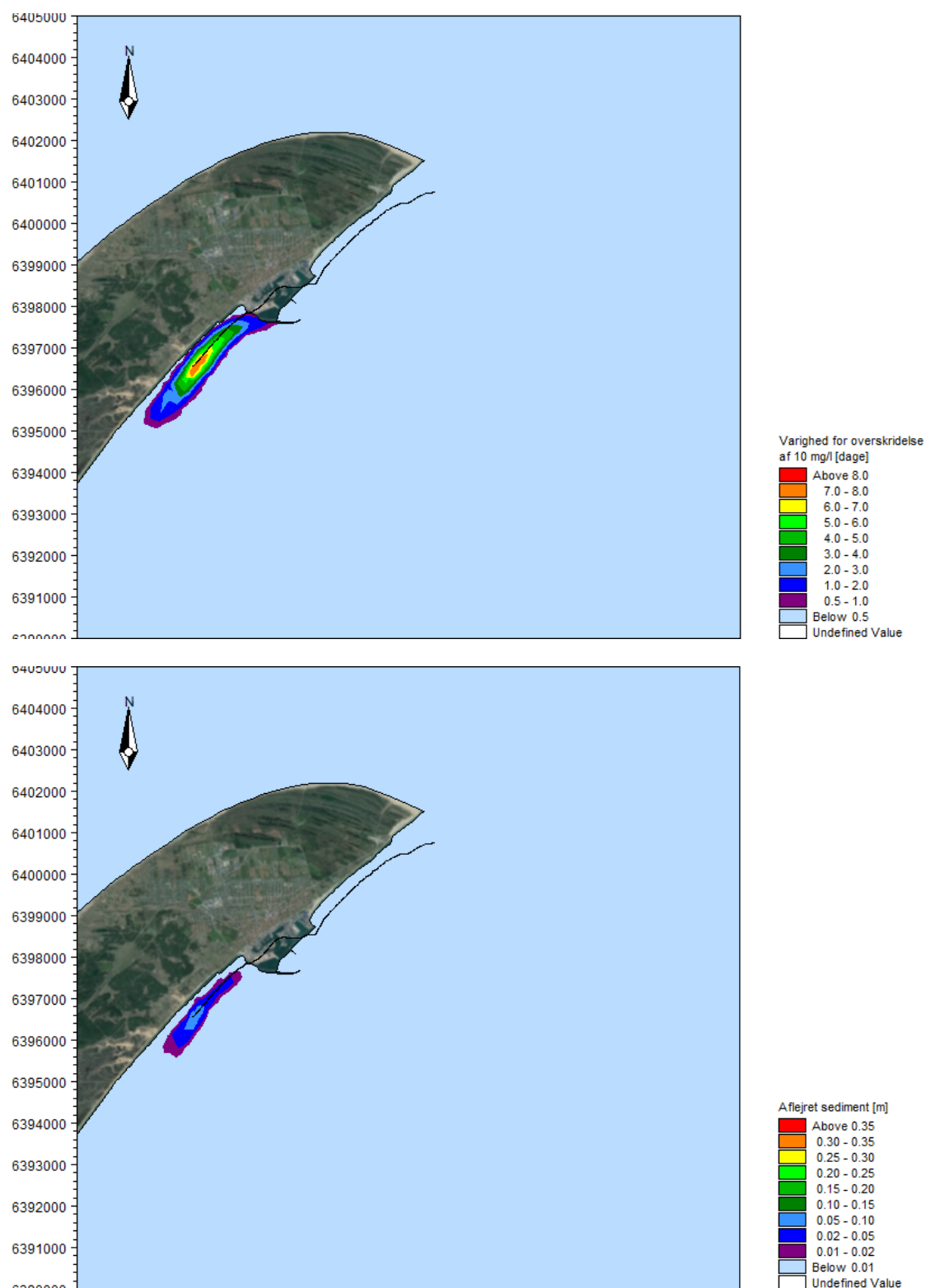
Figur 2-46. Scenarie med kystnær fodring nord for Skagen Havn via klapning med tre skibe for det hydrodynamiske scenarie med stille vejr. Figuren viser varighed for overskridelse af en sedimentkoncentration på 10 mg/l (øverst) og aflejringstykkelser (nederst). Den sorte linje parallel med kystlinjen markerer seks meter dybdekursen.⁷⁴

⁷⁴ Baggrundskort er fra Google-Earth (2018).



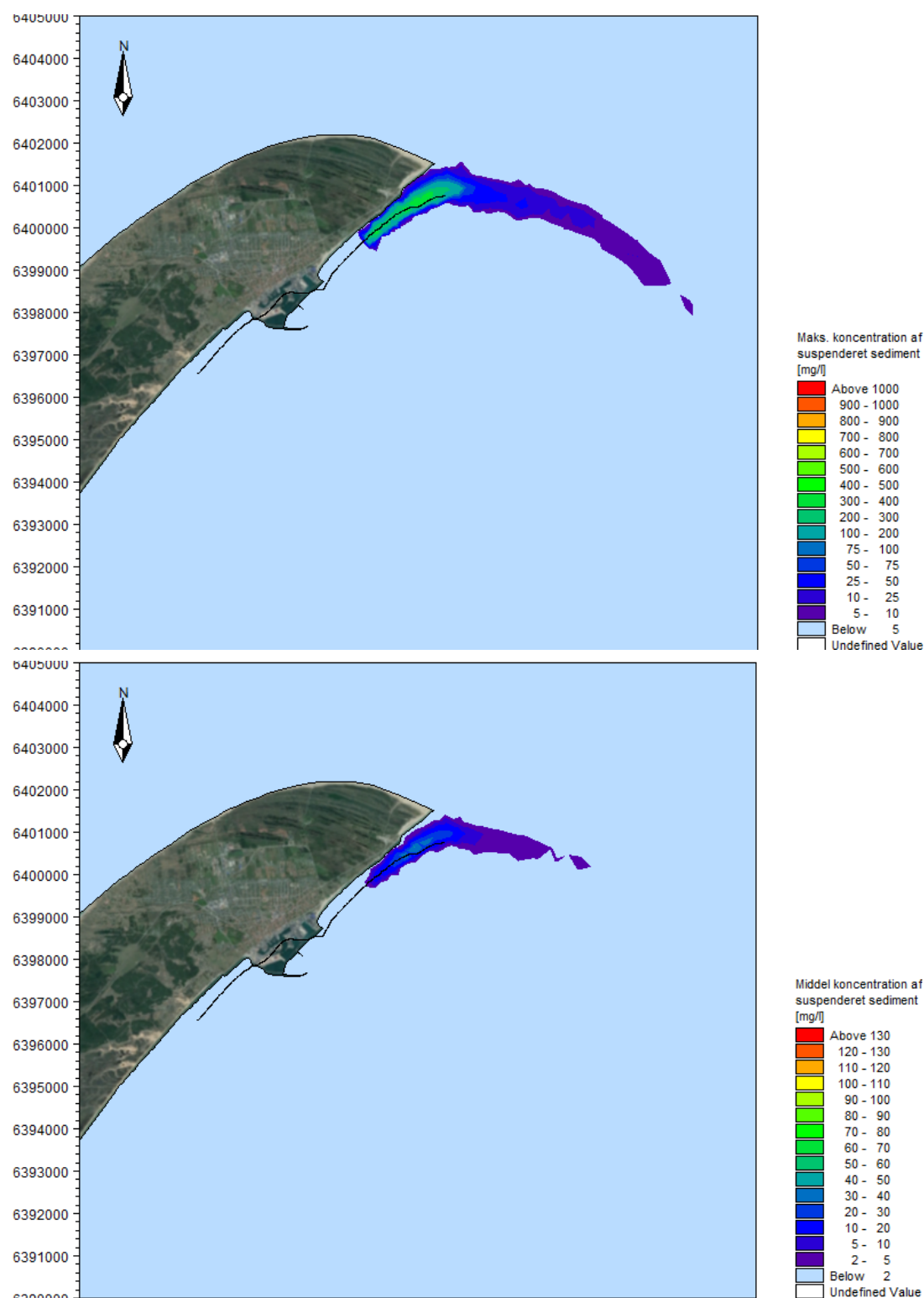
Figur 2-47. Scenarie med kystnær fodring syd for Skagen Havn via klapning med tre skibe for det hydrodynamiske scenarie med stille vejr. Figuren viser maksimale sedimentkoncentrationer (*øverst*) og middel koncentrationer gennem fodringsperioden (*nederst*). Den sorte linje parallel med kystlinjen markerer seks meter dybdekurven.⁷⁵

⁷⁵ Baggrundskort er fra Google-Earth (2018).



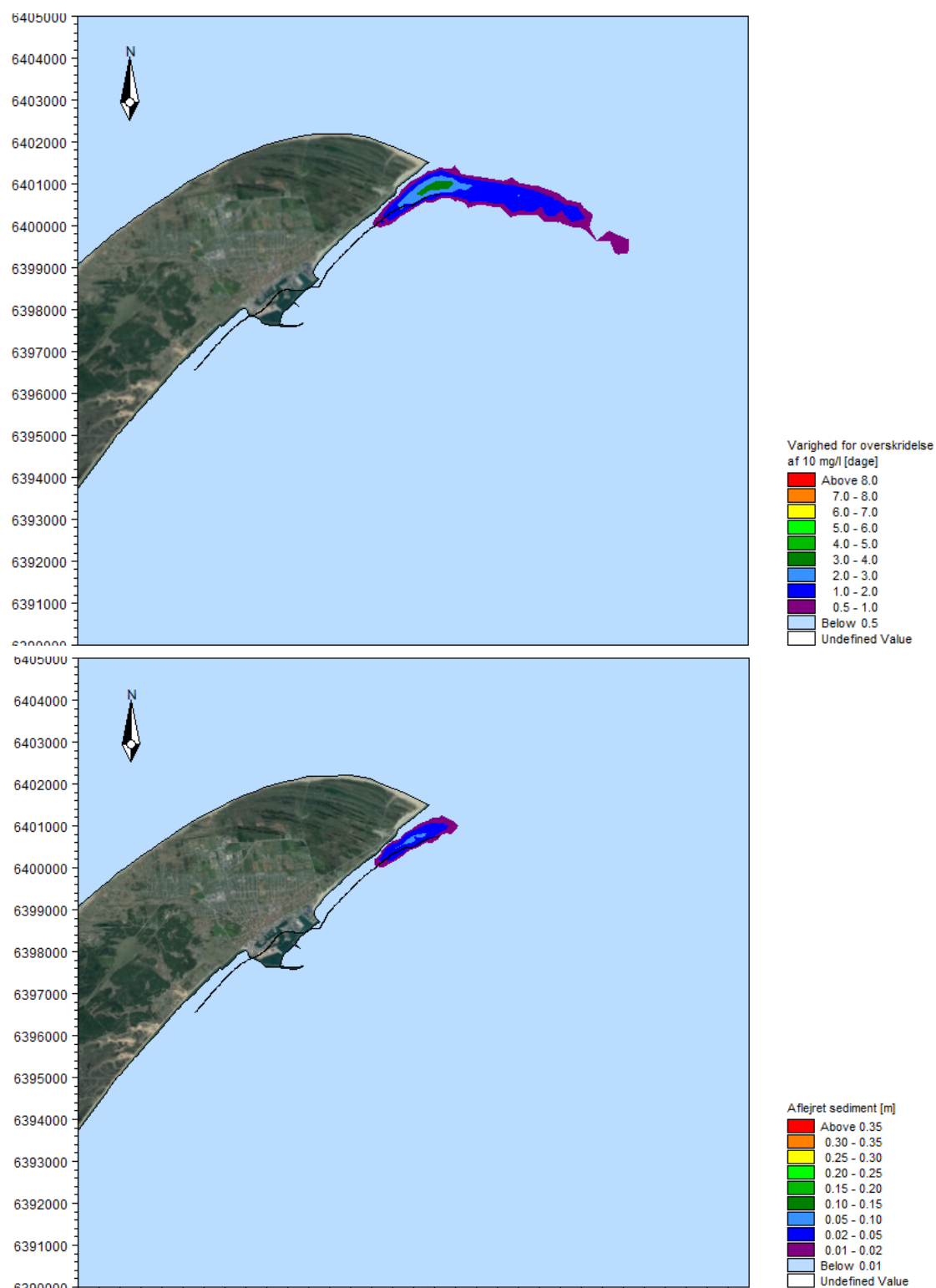
Figur 2-48. Scenarie med kystnær fodring syd for Skagen Havn via klappning med tre skibe for det hydrodynamiske scenarie med stille vejr. Figuren viser varighed for overskridelse af en sedimentkoncentration på 10 mg/l (øverst) og aflejringsstykkelse (nederst). Den sorte linje parallel med kystlinjen markerer seks meter dybdekurven.⁷⁶

⁷⁶ Baggrundskort er fra Google-Earth (2018).



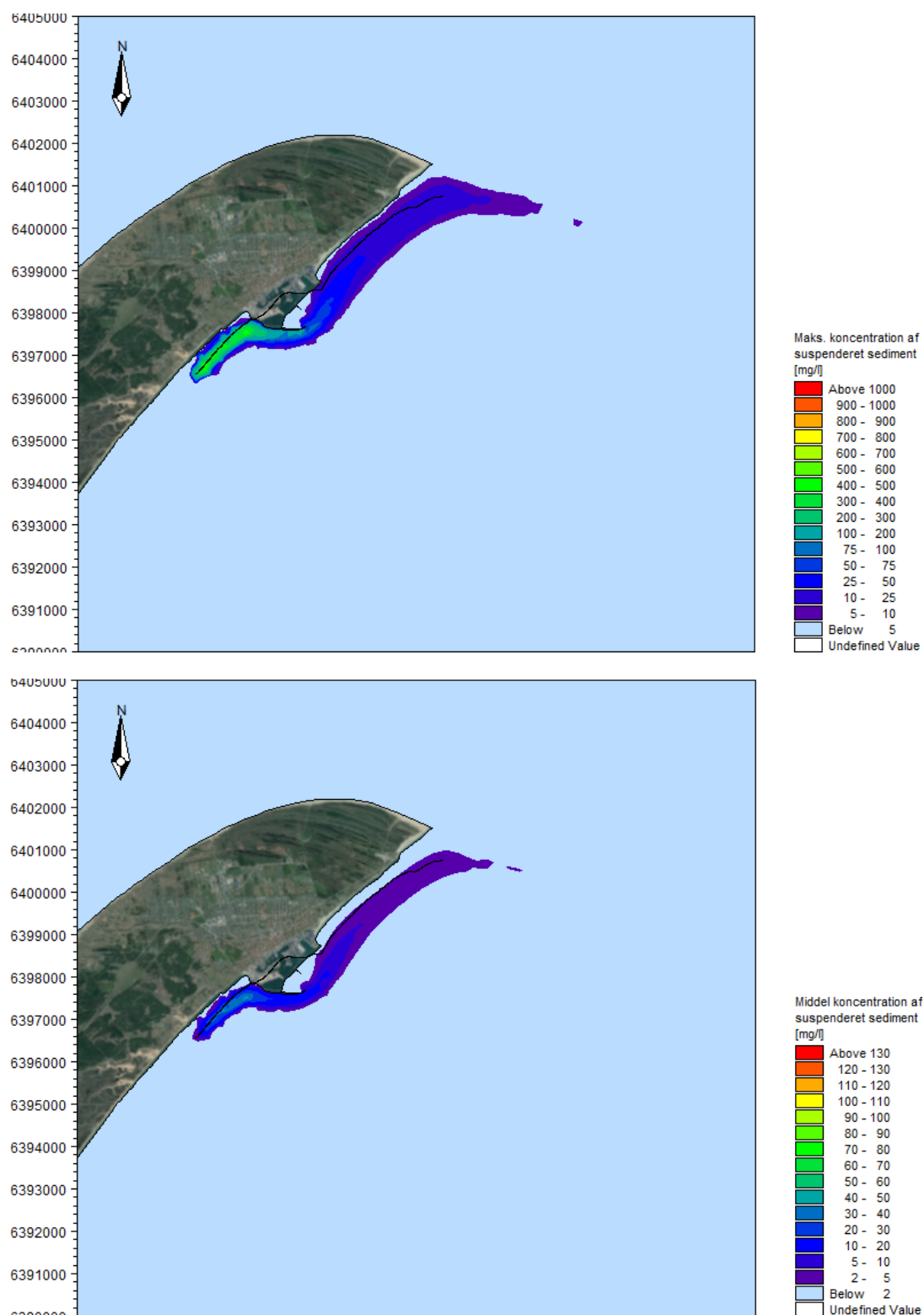
Figur 2-49. Scenarie med kystnær fodring nord for Skagen Havn via rainbowing med ét skib for det hydrodynamiske scenarie med nordgående strøm. Figuren viser maksimale sedimentkoncentrationer (*øverst*) og middel koncentrationer gennem fodringsperioden (*nederst*). Den sorte linje parallel med kystlinjen markerer seks meter dybdekurven.⁷⁷

⁷⁷ Baggrundskort er fra Google-Earth (2018).



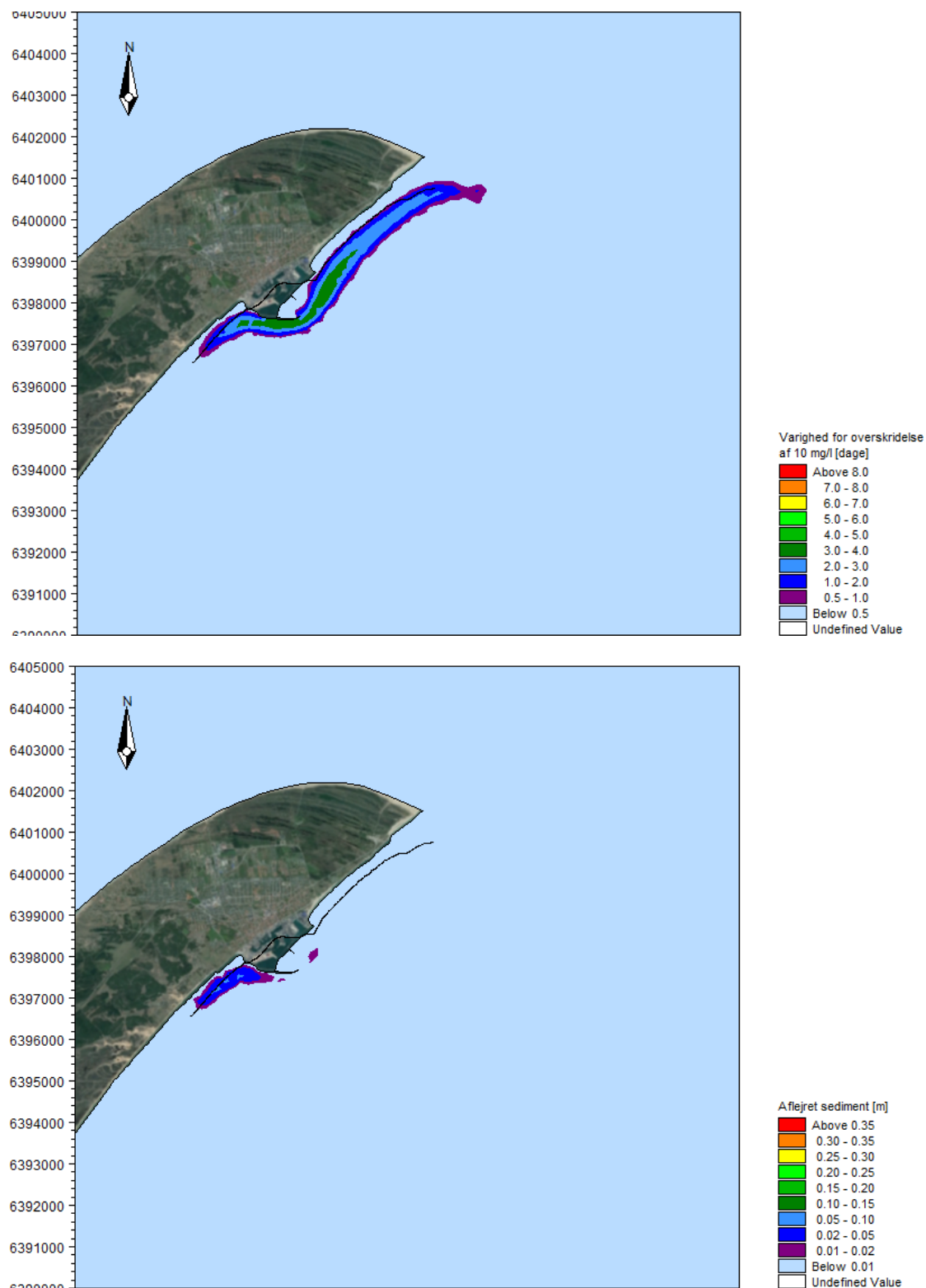
Figur 2-50. Scenarie med kystnær fodring nord for Skagen Havn via rainbowing med ét skib for det hydrodynamiske scenarie med nordgående strøm. Figuren viser varighed for overskridelse af en sedimentkoncentration på 10 mg/l (*øverst*) og aflejringstykkelse (*nederst*). Den sorte linje parallel med kystlinjen markerer seks meter dybdekurven.⁷⁸

⁷⁸ Baggrundskort er fra Google-Earth (2018).



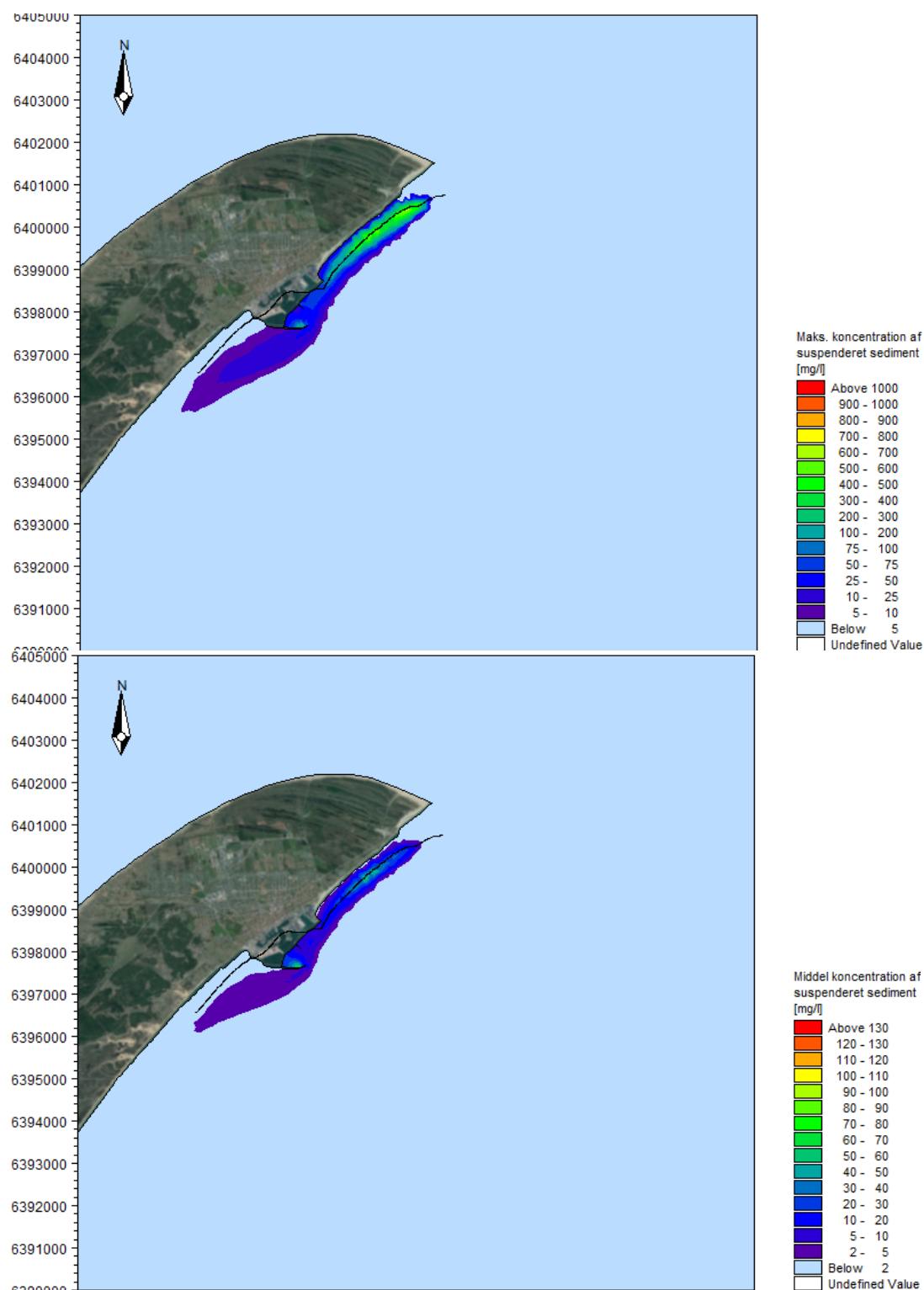
Figur 2-51. Scenarie med kystnær fodring syd for Skagen Havn via rainbowing med ét skib for det hydrodynamiske scenarie med nordgående strøm. Figuren viser maksimale sedimentkoncentrationer (øverst) og middel koncentrationer gennem fodringsperioden (nederst). Den sorte linje parallel med kystlinjen markerer seks meter dybdekurven.⁷⁹

⁷⁹ Baggrundskort er fra Google-Earth (2018).



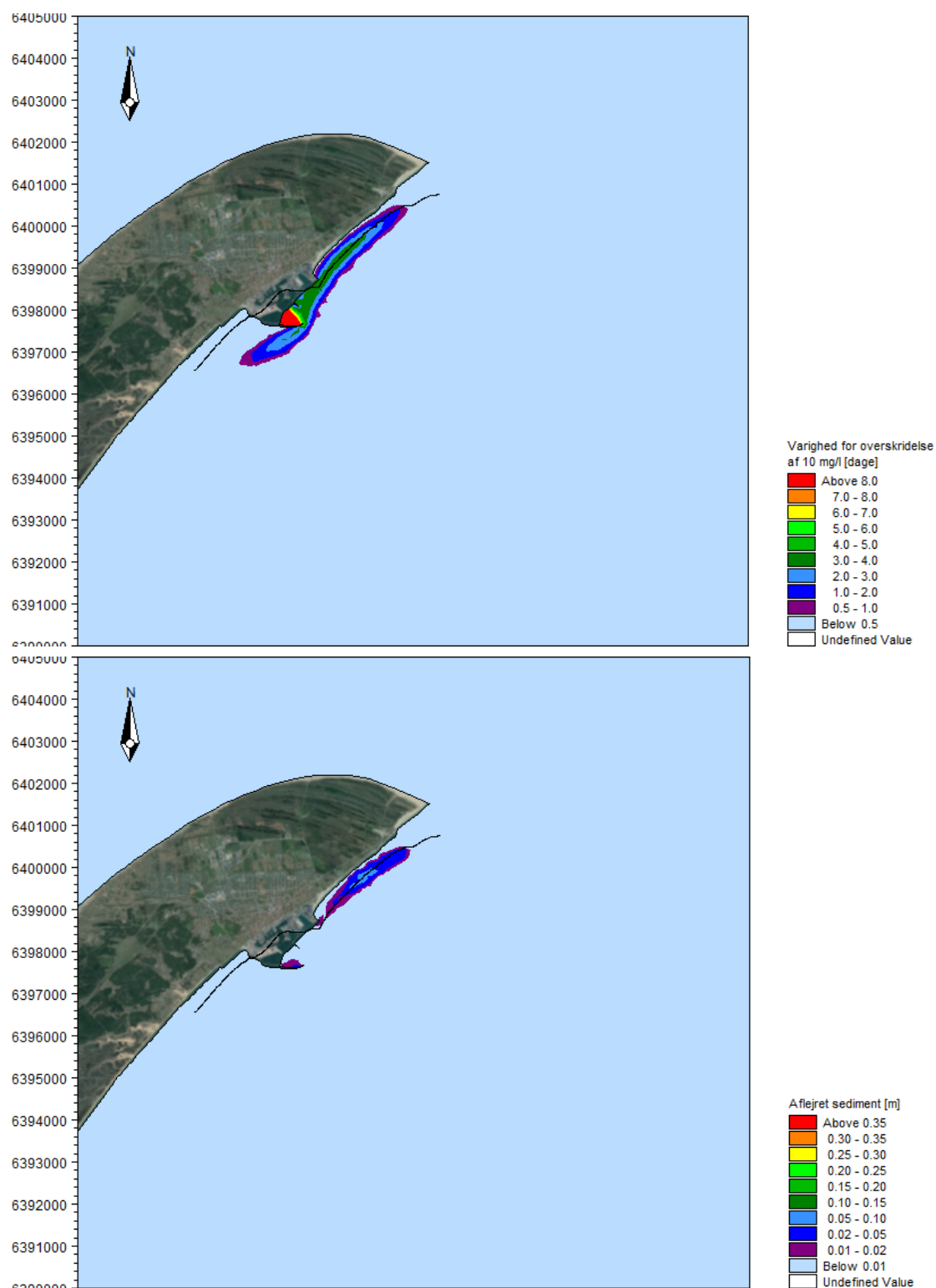
Figur 2-52. Scenarie med kystnær fodring syd for Skagen Havn via rainbowing med ét skib for det hydrodynamiske scenarie med nordgående strøm. Figuren viser varighed for overskridelse af en sedimentkoncentration på 10 mg/l (øverst) og aflejringstykkelse (nederst). Den sorte linje parallel med kystlinjen markerer seks meter dybdekurven.⁸⁰

⁸⁰ Baggrundskort er fra Google-Earth (2018).



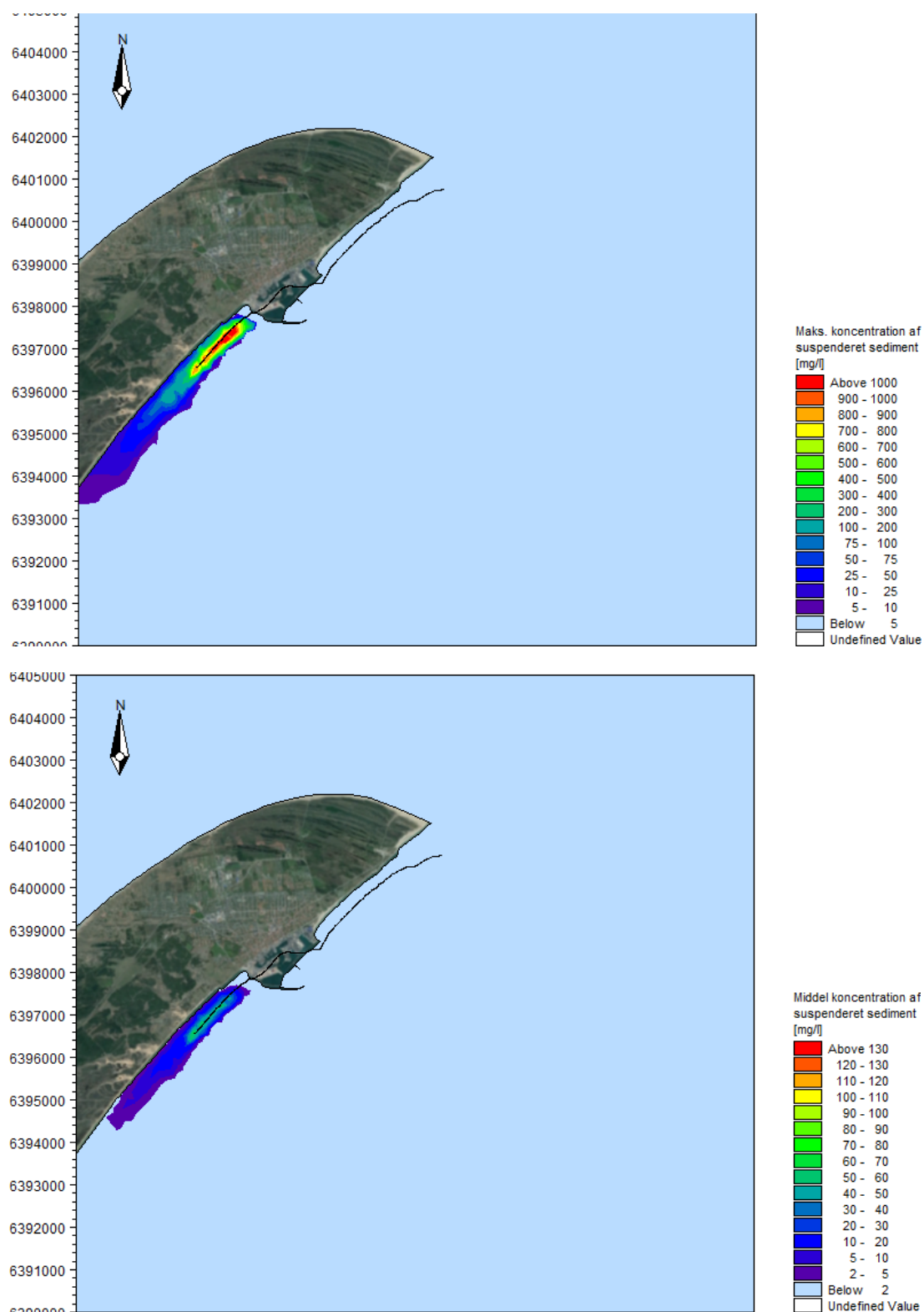
Figur 2-53. Scenarie med kystnær fodring nord for Skagen Havn via rainbowing med ét skib for det hydrodynamiske scenarie med sydgående strøm. Figuren viser maksimale sedimentkoncentrationer (*øverst*) og middel koncentrationer gennem fodringsperioden (*nederst*). Den sorte linje parallel med kystlinjen markerer seks meter dybdekuren.⁸¹

⁸¹ Baggrundskort er fra Google-Earth (2018).



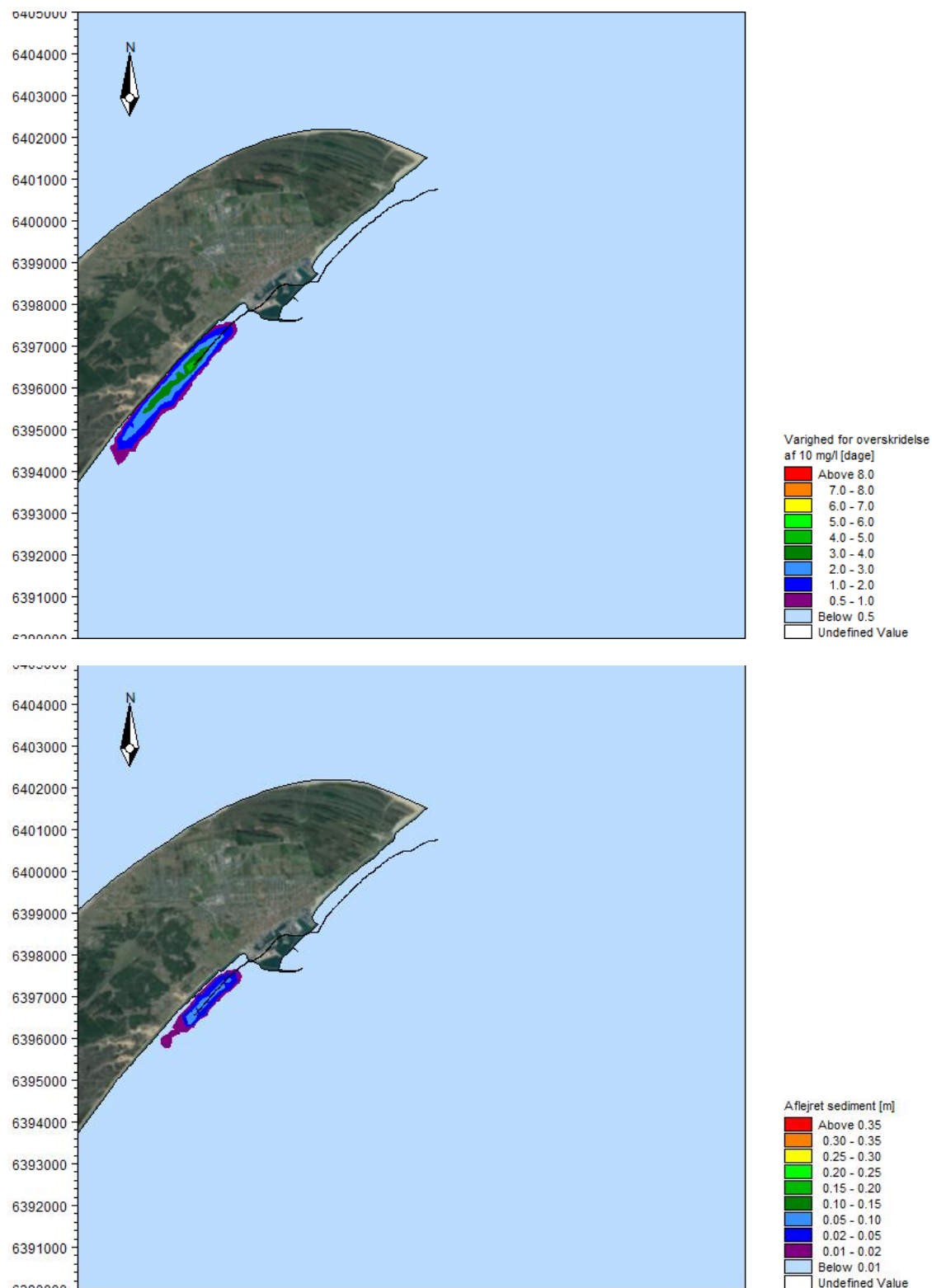
Figur 2-54. Scenarie med kystnær fodring nord for Skagen Havn via rainbowing med ét skib for det hydrodynamiske scenarie med sydgående strøm. Figuren viser varighed for overskridelse af en sedimentkoncentration på 10 mg/l (øverst) og aflejringsstykkelse (nederst). Den sorte linje parallel med kystlinjen markerer seks meter dybdekurven.⁸²

⁸² Baggrundskort er fra Google-Earth (2018).



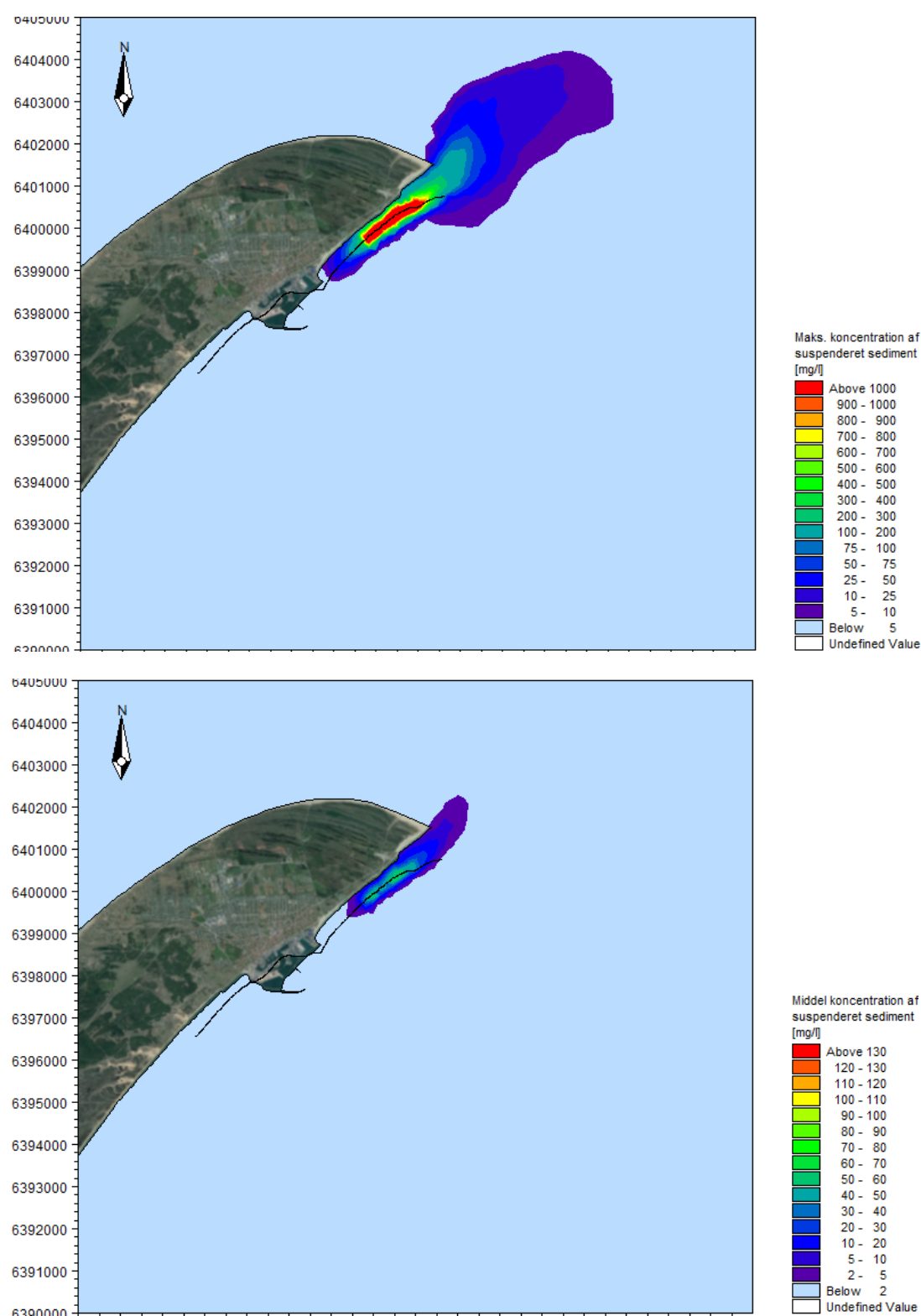
Figur 2-55. Scenarie med kystnær fodring syd for Skagen Havn via rainbowing med ét skib for det hydrodynamiske scenarie med sydgående strøm. Figuren viser maksimale sedimentkoncentrationer (øverst) og middel koncentrationer gennem fodringsperioden (nederst). Den sorte linje parallel med kystlinjen markerer seks meter dybdekurven.⁸³

⁸³ Baggrundskort er fra Google-Earth (2018).



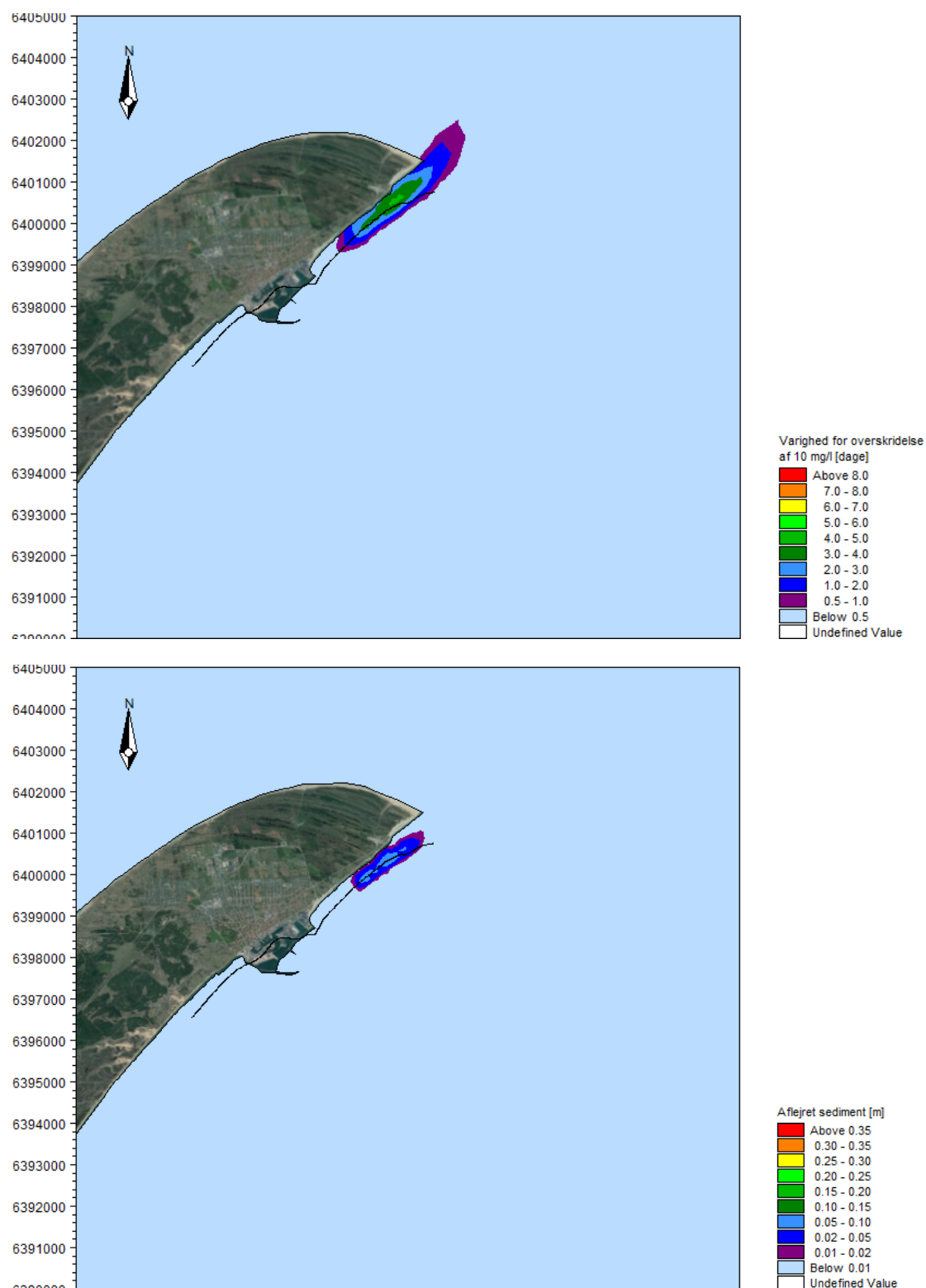
Figur 2-56. Scenarie med kystnær fodring syd for Skagen Havn via rainboring med ét skib for det hydrodynamiske scenarie med sydgående strøm. Figuren viser varighed for overskridelse af en sedimentkoncentration på 10 mg/l (øverst) og aflejringsstykkelse (nederst). Den sorte linje parallel med kystlinjen markerer seks meter dybdekurven.⁸⁴

⁸⁴ Baggrundskort er fra Google-Earth (2018).



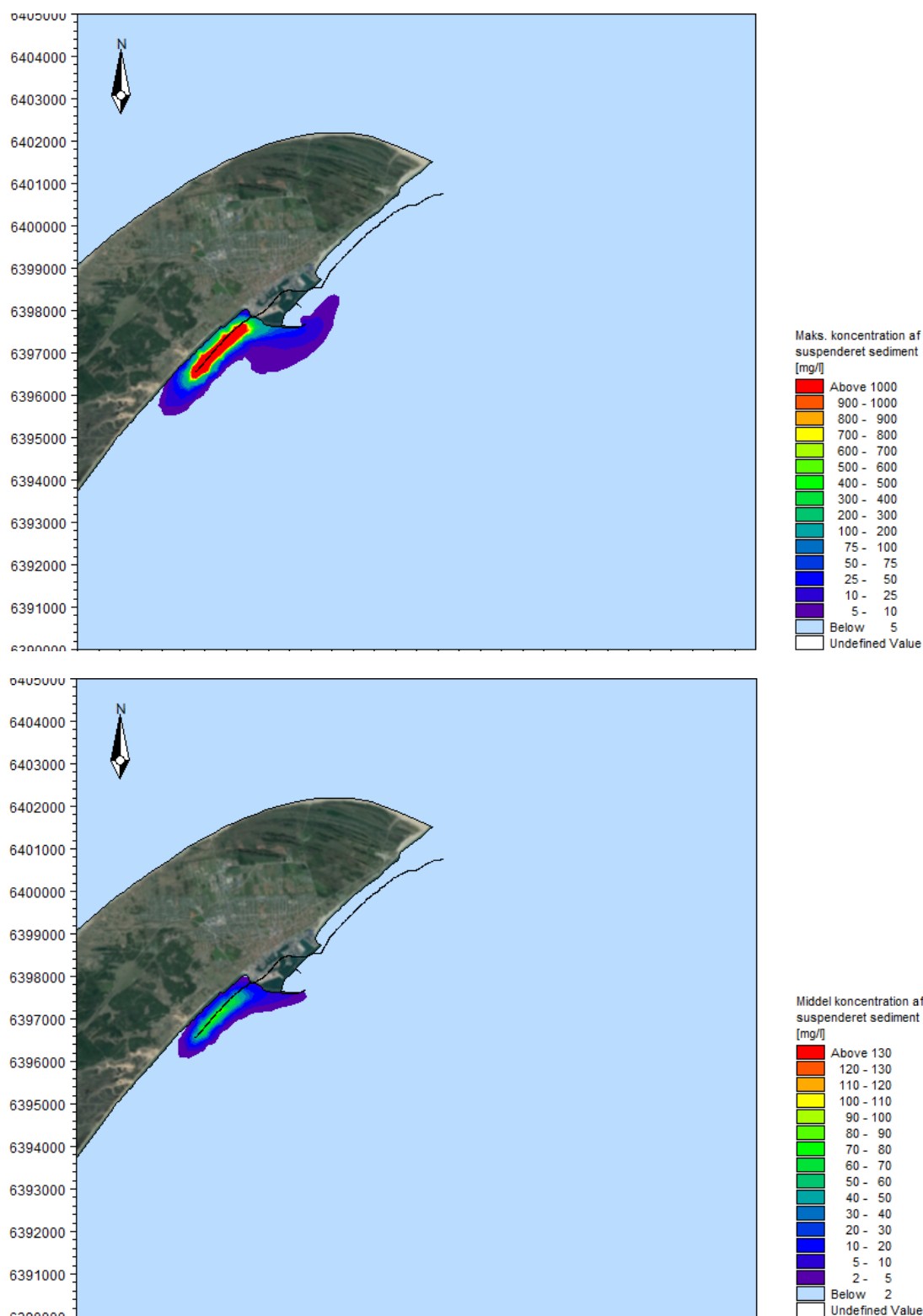
Figur 2-57. Scenarie med kystnær fodring nord for Skagen Havn via rainbowing med ét skib for det hydrodynamiske scenarie med stille vejr. Figuren viser maksimale sedimentkoncentrationer (*øverst*) og middelkoncentrationer gennem fodringsperioden (*nederst*). Den sorte linje parallel med kystlinjen markerer seks meter dybdekurven.⁸⁵

⁸⁵ Baggrundskort er fra Google-Earth (2018).



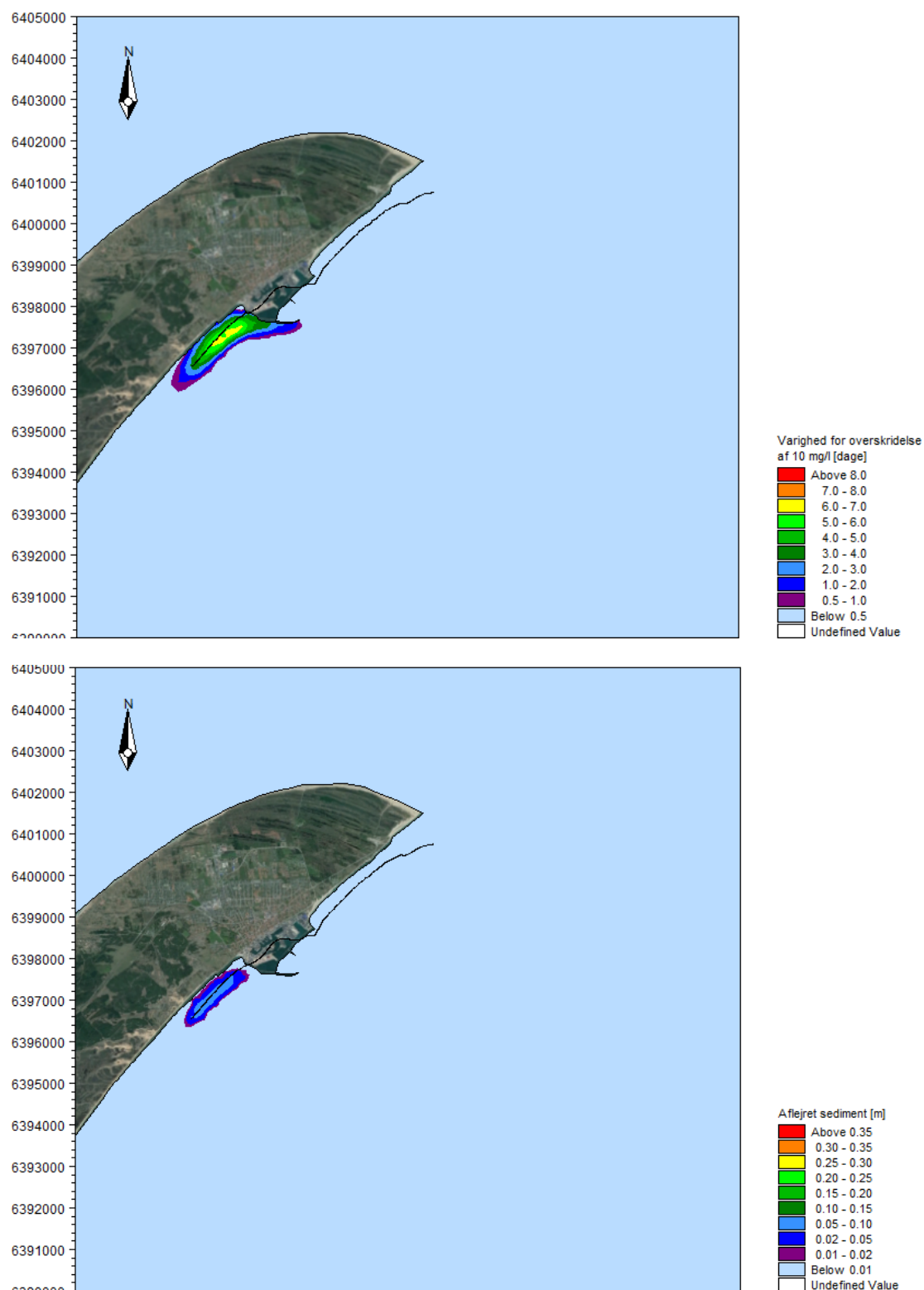
Figur 2-58. Scenario med kystnær fodring nord for Skagen Havn via rainbowing med ét skib for det hydrodynamiske scenarie med stille vejr. Figuren viser varighed for overskridelse af en sedimentkoncentration på 10 mg/l (øverst) og aflejringstykkelse (nederst). Den sorte linje parallel med kystlinjen markerer seks meter dybdekurven.⁸⁶

⁸⁶ Baggrundskort er fra Google-Earth (2018).



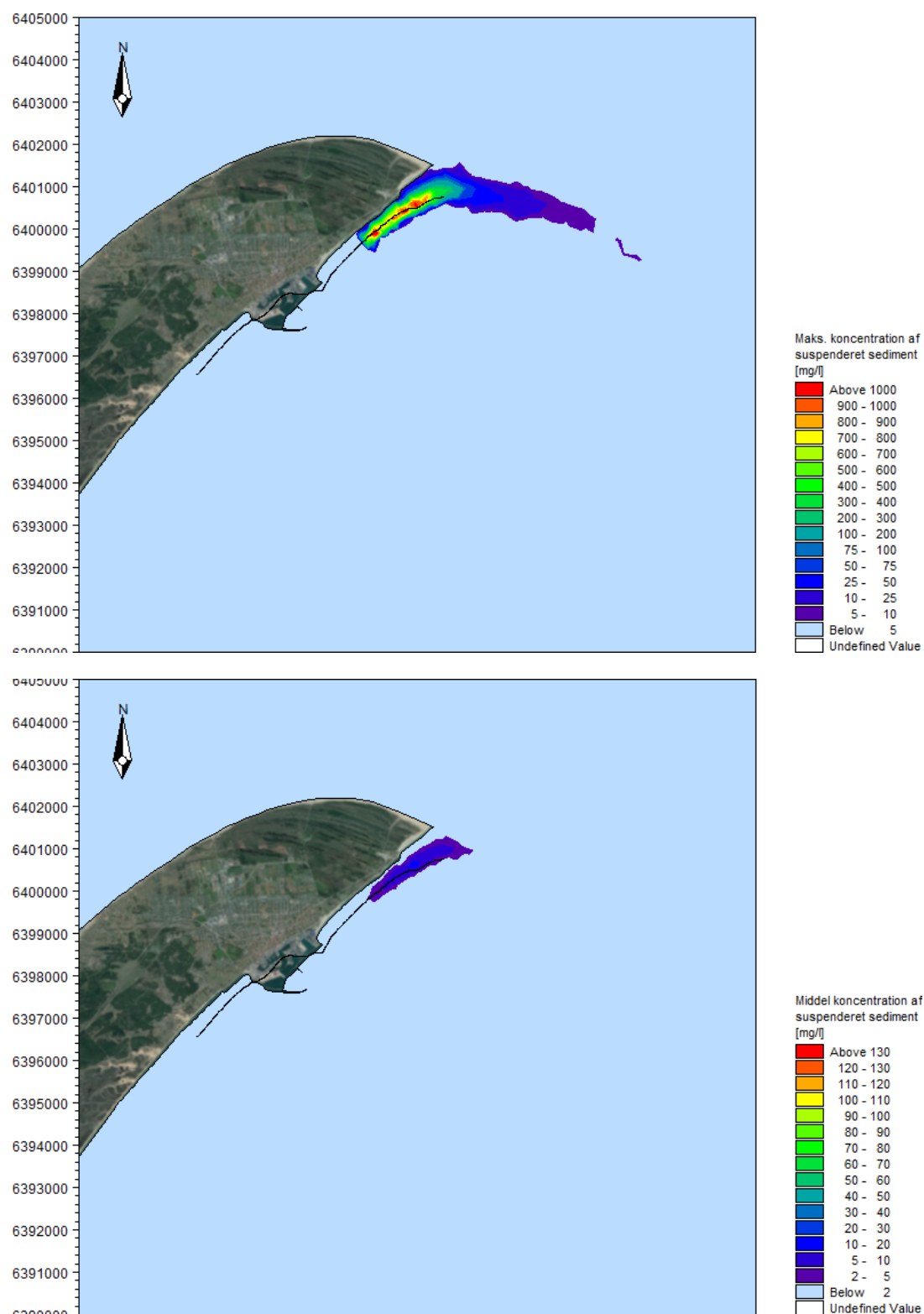
Figur 2-59. Scenarie med kystnær fodring syd for Skagen Havn via rainbowing med ét skib for det hydrodynamiske scenarie med stille vejr. Figuren viser maksimale sedimentkoncentrationer (*øverst*) og middel koncentrationer gennem fodringsperioden (*nederst*). Den sorte linje parallel med kystlinjen markerer seks meter dybdekurven.⁸⁷

⁸⁷ Baggrundskort er fra Google-Earth (2018).



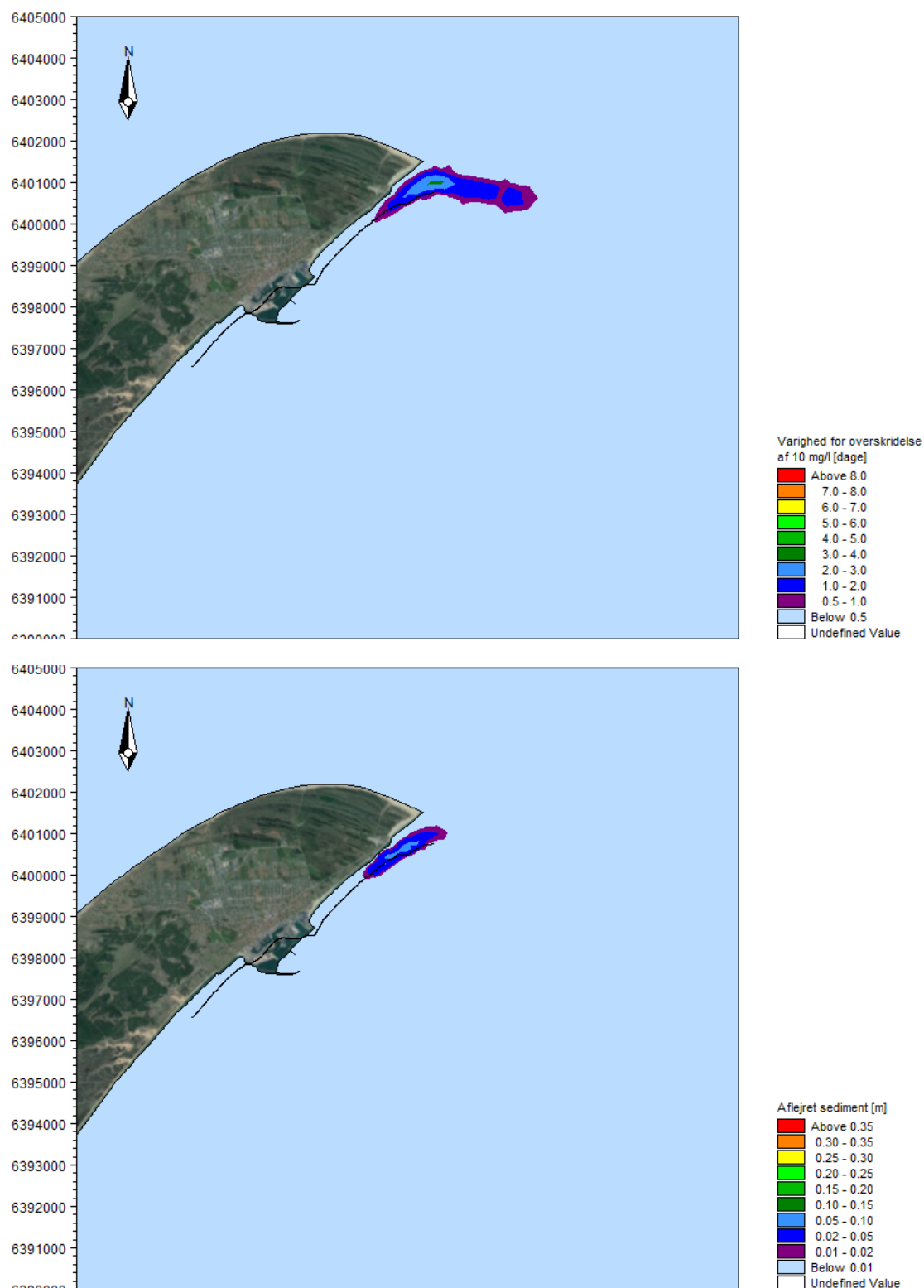
Figur 2-60. Scenarie med kystnær fodring syd for Skagen Havn via rainbowing med ét skib for det hydrodynamiske scenarie med stille vejr. Figuren viser varighed for overskridelse af en sedimentkoncentration på 10 mg/l (*øverst*) og aflejringsdybde (*nederst*). Den sorte linje parallel med kystlinjen markerer seks meter dybdekurven.⁸⁸

⁸⁸ Baggrundskort er fra Google-Earth (2018).



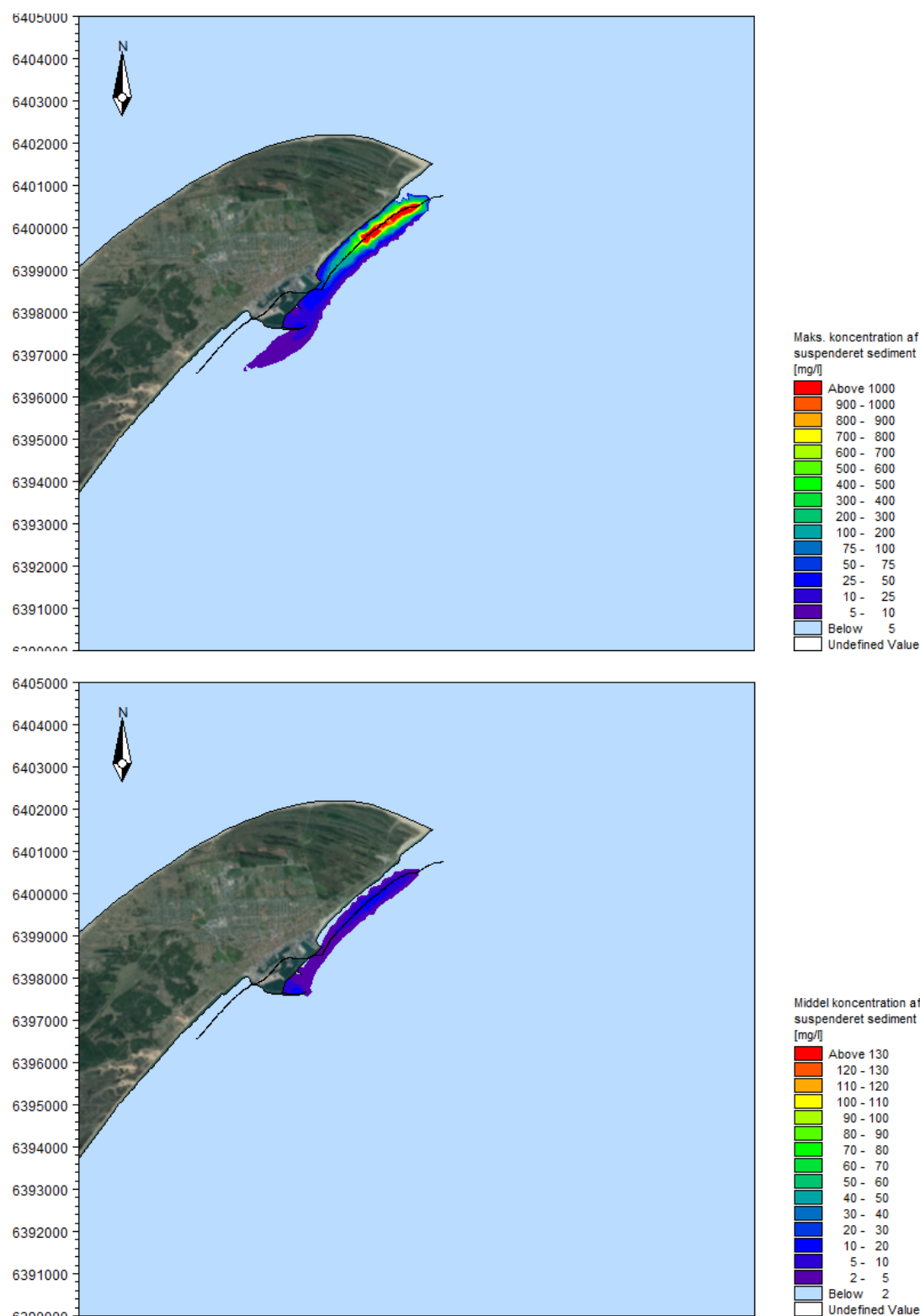
Figur 2-61. Scenarie med kystnær fodring nord for Skagen Havn via klapning med ét skib for det hydrodynamiske scenarie med nordgående strøm. Figuren viser maksimale sedimentkoncentrationer (øverst) og middel koncentrationer gennem fodringsperioden (nederst). Den sorte linje parallel med kystlinjen markerer seks meter dybdekurven.⁸⁹

⁸⁹ Baggrundskort er fra Google-Earth (2018).



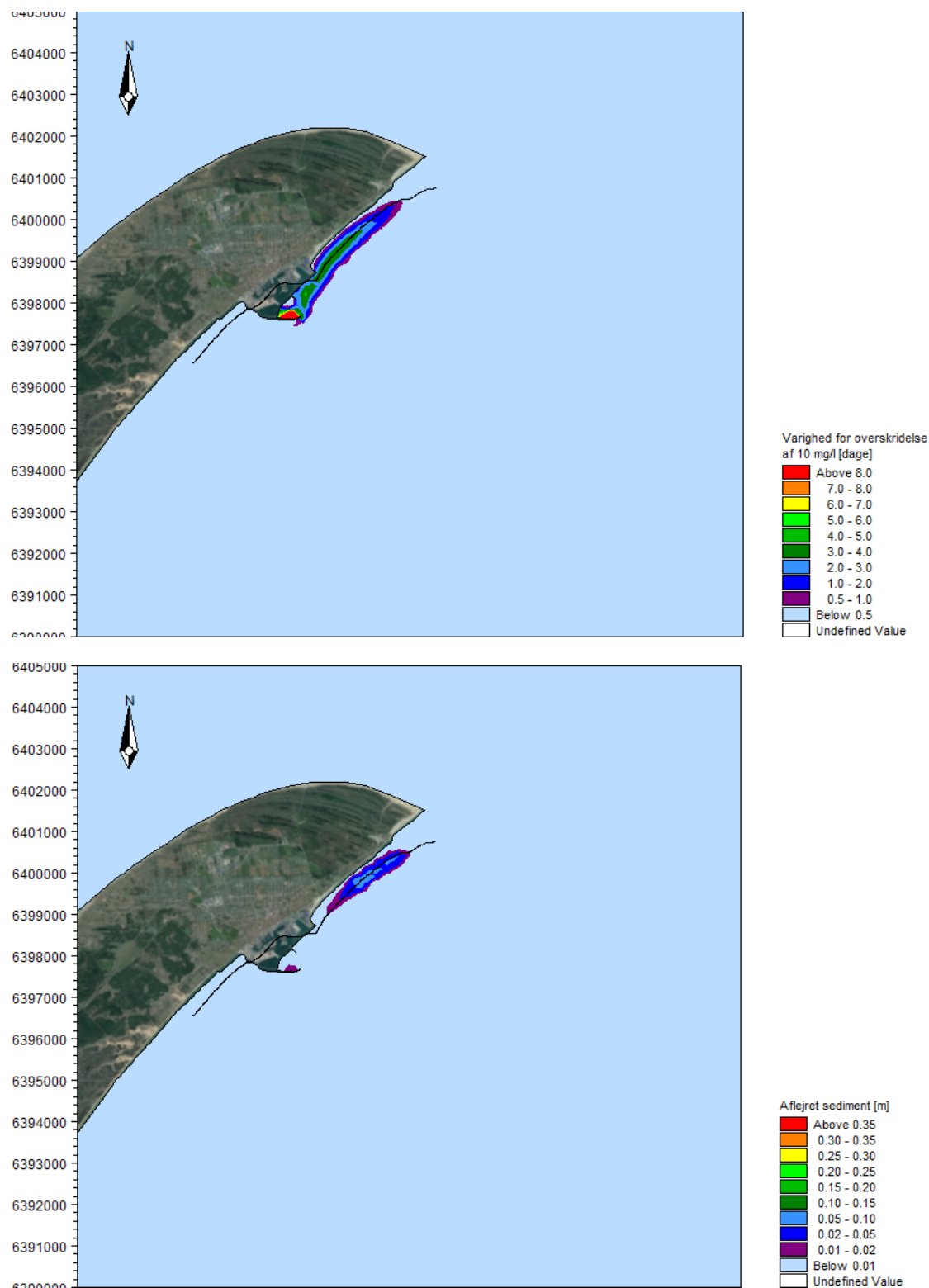
Figur 2-62. Scenarie med kystnær fodring nord for Skagen Havn via klapning med ét skib for det hydrodynamiske scenarie med nordgående strøm. Figuren viser varighed i dage for overskridelse af en sedimentkoncentration på 10 mg/l (øverst) og aflejringsstykkelse (nederst). Den sorte linje parallel med kystlinjen markerer seks meter dybdekurven.⁹⁰

⁹⁰ Baggrundskort er fra Google-Earth (2018).



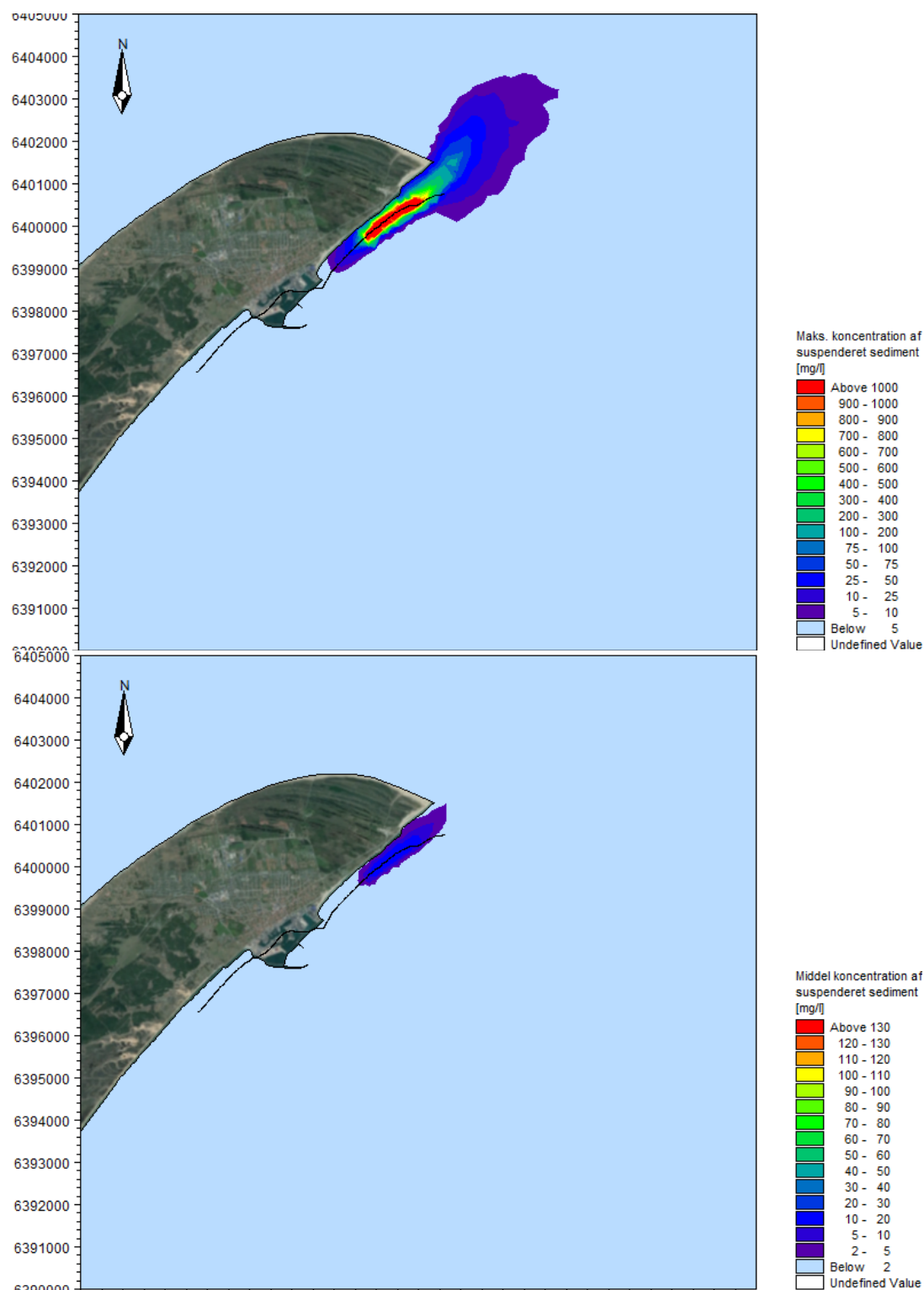
Figur 2-63. Scenarie med kystnær fodring nord for Skagen Havn via klapning med ét skib for det hydrodynamiske scenarie med sydgående strøm. Figuren viser maksimale sedimentkoncentrationer (øverst) og middel koncentrationer gennem fodringsperioden (nederst). Den sorte linje parallel med kystlinjen markerer seks meter dybdekurven.⁹¹

⁹¹ Baggrundskort er fra Google-Earth (2018).



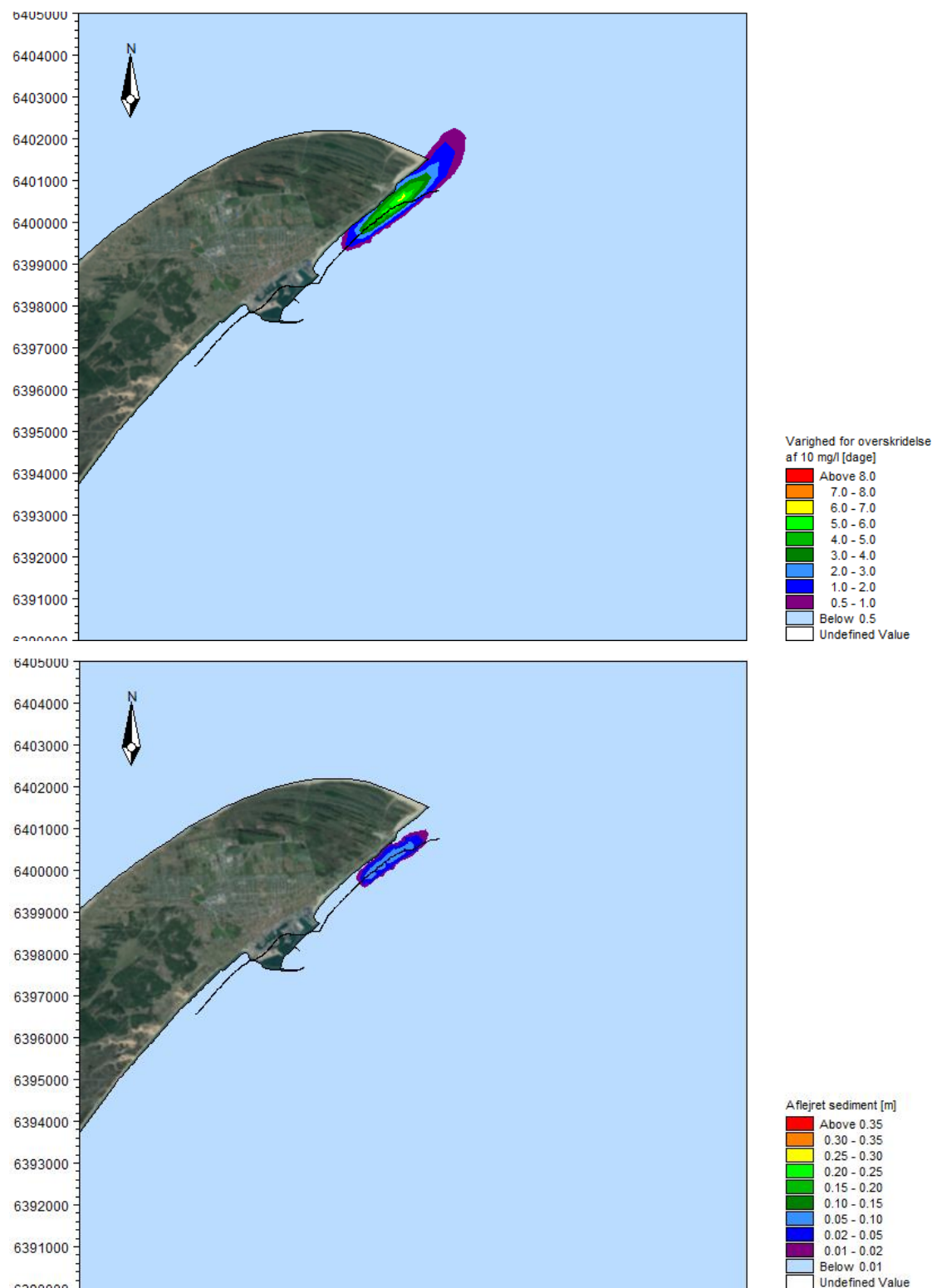
Figur 2-64. Scenarie med kystnær fodring nord for Skagen Havn via klapning med ét skib for det hydrodynamiske scenarie med sydgående strøm. Figuren viser varighed for overskridelse af en sedimentkoncentration på 10 mg/l (*øverst*) og aflejringstykkelse (*nederst*). Den sorte linje parallel med kystlinjen markerer seks meter dybdekuren.⁹²

⁹² Baggrundskort er fra Google-Earth (2018).



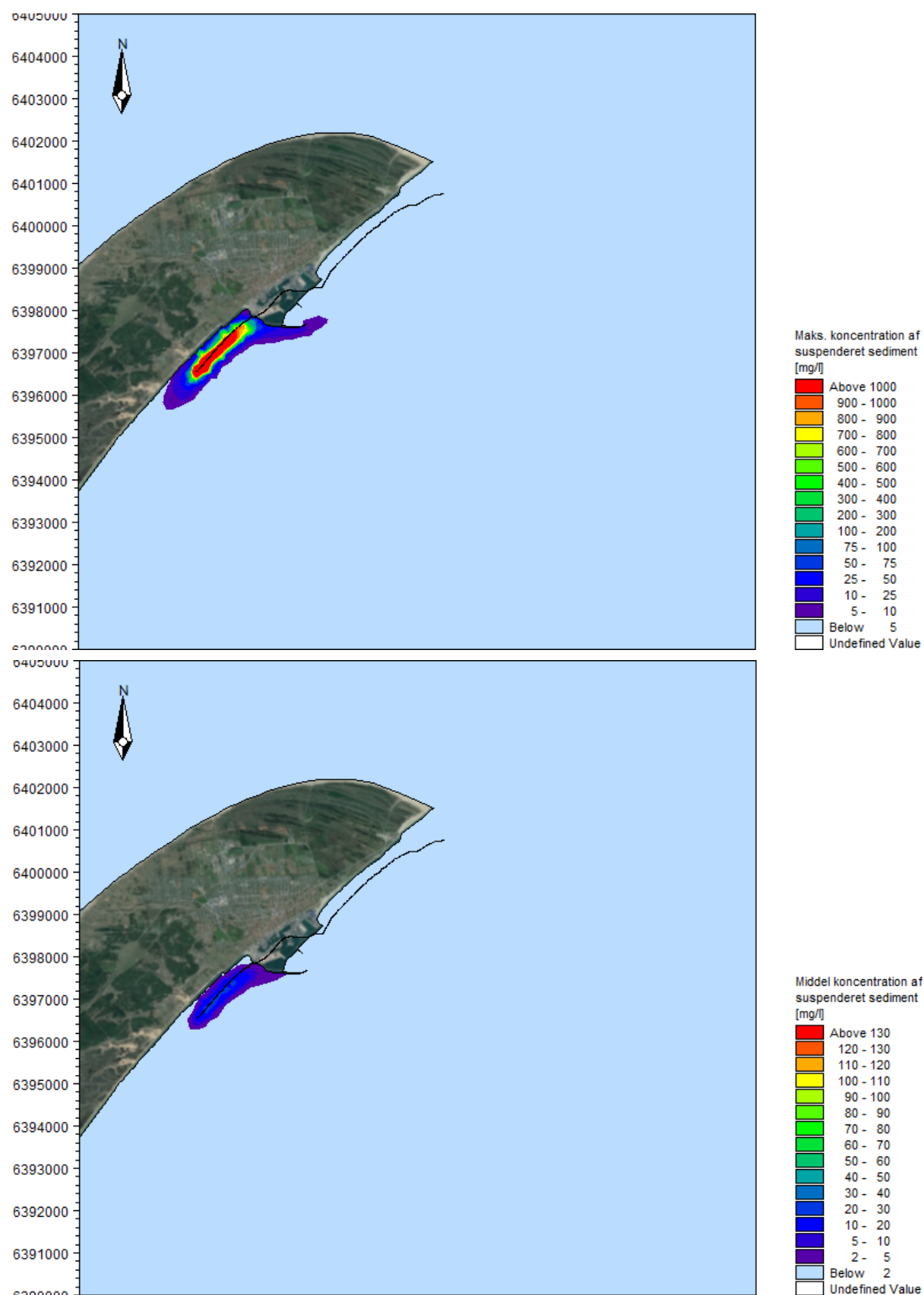
Figur 2-65. Scenarie med kystnær fodring nord for Skagen Havn via klappning med ét skib for det hydrodynamiske scenarie med stille vejr. Figuren viser maksimale sedimentkoncentrationer (øverst) og middel koncentrationer gennem fodringsperioden (nederst). Den sorte linje parallel med kystlinjen markerer seks meter dybdekurven.⁹³

⁹³ Baggrundskort er fra Google-Earth (2018).



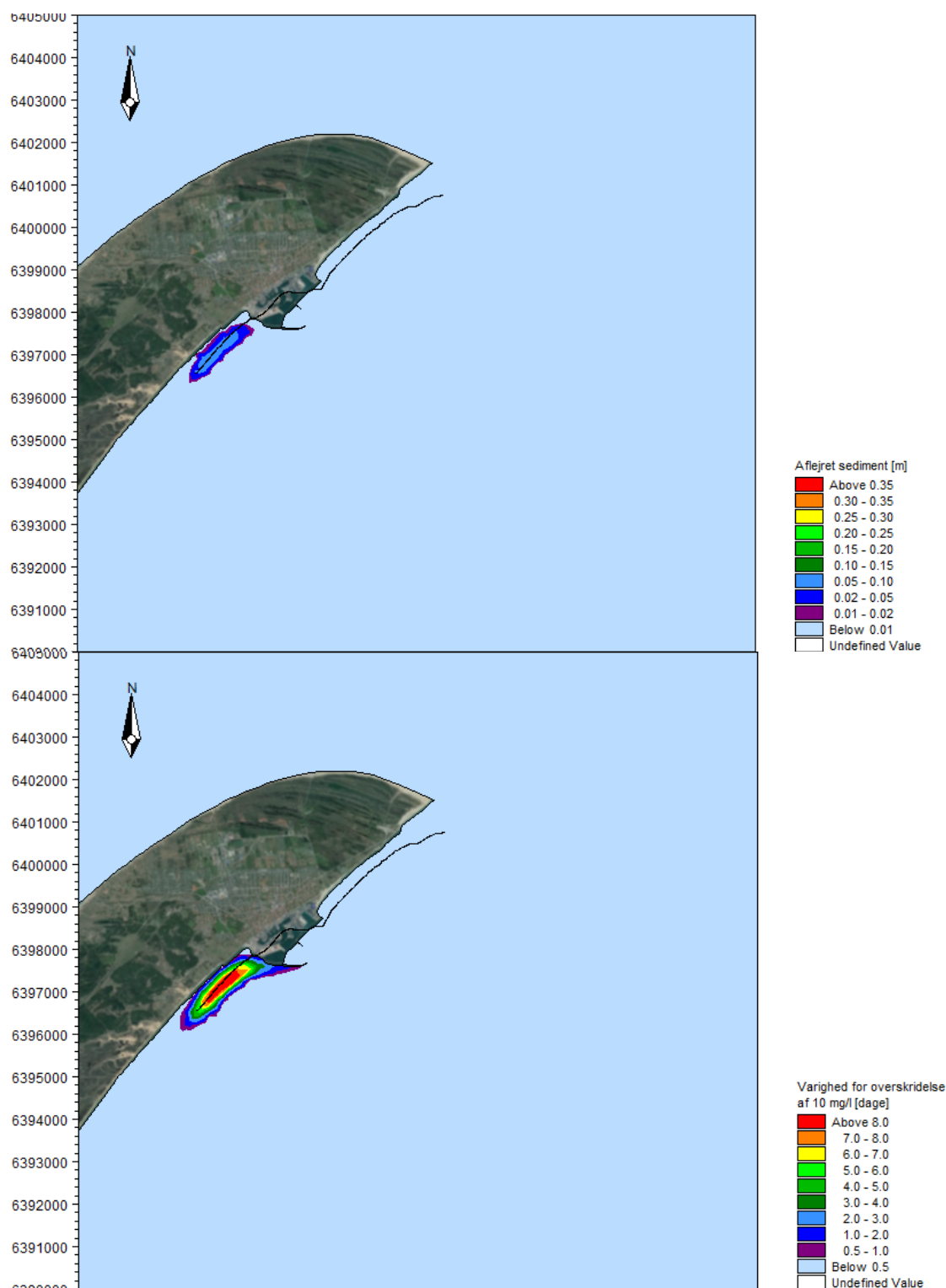
Figur 2-66. Scenarie med kystnær fodring nord for Skagen Havn via klappning med ét skib for det hydrodynamiske scenarie med stille vejr. Figuren viser varighed for overskridelse af en sedimentkoncentration på 10 mg/l (øverst) og aflejringstykkelser (nederst). Den sorte linje parallel med kystlinjen markerer seks meter dybdekursen.⁹⁴

⁹⁴ Baggrundskort er fra Google-Earth (2018).



Figur 2-67. Scenarie med kystnær fodring syd for Skagen Havn for via klapning med ét skib det hydrodynamiske scenarie med stille vejr. Figuren viser maksimale sedimentkoncentrationer (øverst) og middel koncentrationer gennem fodringsperioden (nederst). Den sorte linje parallel med kystlinjen markerer seks meter dybdekurven.⁹⁵

⁹⁵ Baggrundskort er fra Google-Earth (2018).



Figur 2-68. Scenarie med kystnær fodring syd for Skagen Havn via klapning med ét skib det hydrodynamiske scenarie med stille vejr. Figuren viser varighed for overskridelse af en sedimentkoncentration på 10 mg/l (øverst) og aflejringstykkelser (nederst). Den sorte linje parallel med kystlinjen markerer seks meter dybdekuren.⁹⁶

⁹⁶ Baggrundskort er fra Google-Earth (2018).

2.5 Kumulative effekter

Ved gennemførelse af andre aktiviteter, der giver anledning til en ændring af koncentrationen af suspenderet sediment i umiddelbar nærhed af Fællesaftalestrækning Skagen og i samme periode som fællesaftalen dækker, kan give anledning til kumulative effekter. Konsekvenser for sedimentkoncentrationer for samtidig gennemførelse af andre aktiviteter, samt hvorledes de er indeholdt i vurderingerne, er beskrevet i det følgende.

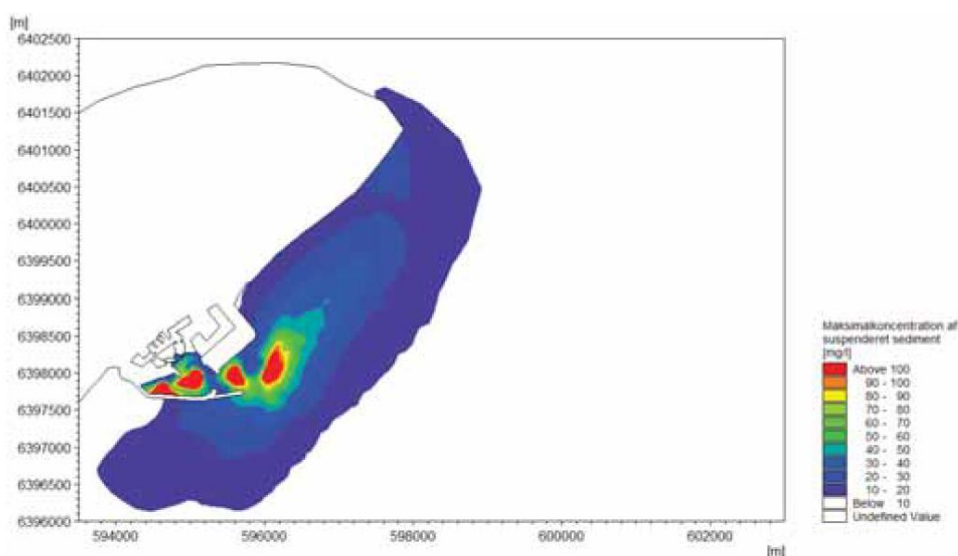
2.5.1 Suspenderede sedimentkoncentrationer i forbindelse med løbende oprensning ved Skagen Havn

Der forefindes ikke umiddelbart information omkring suspenderede sedimentkoncentrationer i forbindelse med driften af Skagen Havn (dvs. de løbende opresninger til vedligehold af vanddybden i havnen), men det vurderes, at det konservativt kan antages at den suspenderede sedimentkoncentration under driftsfasen vil være af samme omfang (og forventeligt langt lavere) sammenlignet med under anlægsfasen for etape 3 (beskrevet i der følgende).

2.5.2 Suspenderede sedimentkoncentrationer i forbindelse med anlæg af etape 3 udvidelsen af Skagen Havn

I forbindelse med anlægsarbejdet til etape 3 udvidelse af Skagen Havn vil der opstå et sediment-spild, og jf. VVM for tape 3 udvidelsen⁹⁷ vil de højeste koncentrationer af suspenderet sediment udenfor havnen opstå ved uddybningen af havne- og svajebassin samt uddybning af sejllobet uden for havnen.

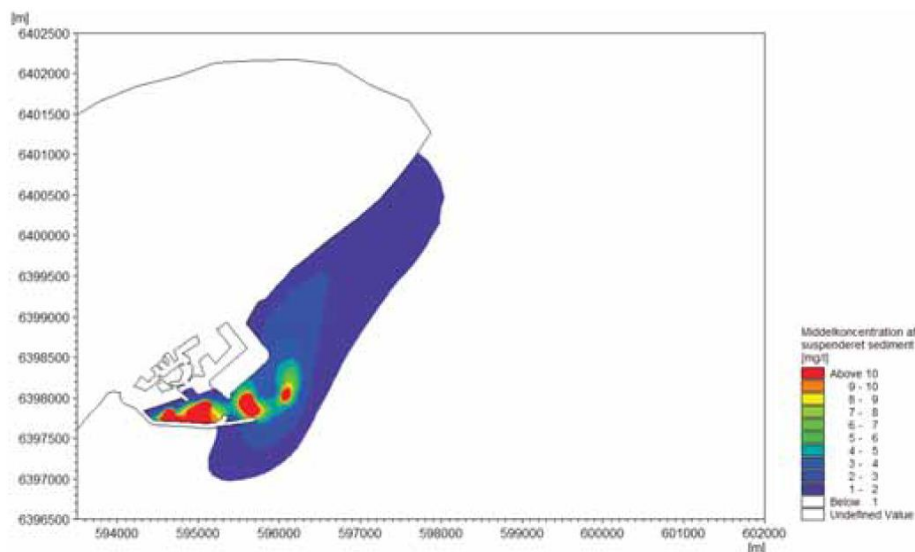
Figur 2-69 og figur 2-70 viser henholdsvis middelmiddelt koncentrationer samt maksimumkoncentrationer af suspenderet sediment i forbindelse med uddybningsarbejderne, som samlet set har en varighed på 173 dage. Som det fremgår af figurerne, opstår i uddybningsperioden en maksimumkoncentration samt en middelmiddelt koncentration ud for de nordliggende delstrækninger ("Sønderstrand" – "Strækningen nordøst for Grå Fyr") på op til henholdsvis ca. 40 mg/l og 4 mg/l.



Figur 2-69. Maksimalkoncentration af suspenderet stof (mg/l) under uddybning af sejløbet samt yderhavn.⁹⁸

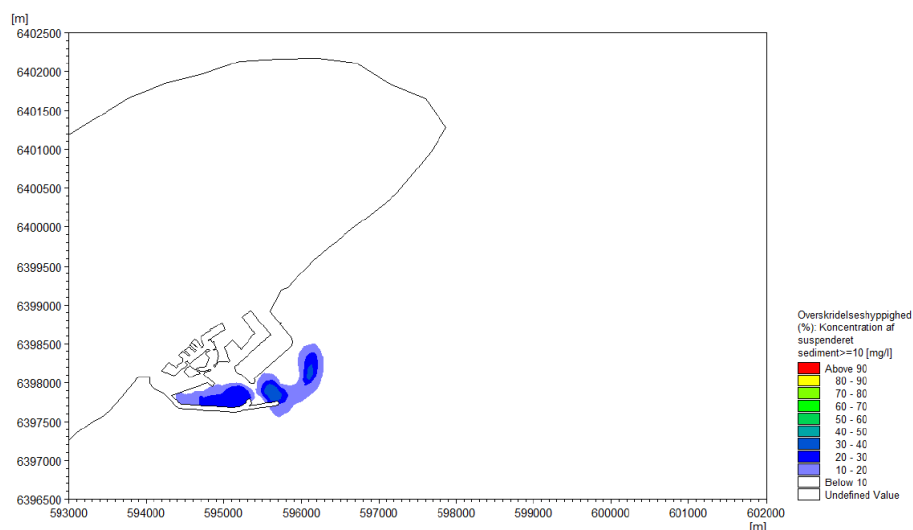
⁹⁷ COWI (2018), ETAPE 3 UDVIELSE AF SKAGEN HAVN, VVM-redegørelse, miljøvurdering af plangrundlaget og natur
2000 væsentlighedsvurdering

98 COWI (2018), ETAPE 3 UDVDELSE AF SKAGEN HAVN, VVM-redegørelse, miljøvurdering af plangrundlaget og natur



Figur 2-70. Middelkoncentration af suspenderet stof (mg/l) under uddybning af sejløbet samt yderhavn.⁹⁹

Overskridelse af 10 mg/l i løbet af perioden med uddybningsarbejderne (173 dage) er vist i Figur 2-71. Som det fremgår af figuren, forekommer overskridelsen af 10 mg/l i et meget begrænset område lokalt ved indsejlingen.



Figur 2-71. Overskridelse af 10 mg/l i forbindelse med uddybningsarbejder ved etablering af etape 3 ved Skagen Havn.¹⁰⁰

Indflydelse på strømforhold i forbindelse med anlæg og drift af etape 3 udvidelsen af Skagen Havn

Den planlagte etape 3 udvidelse af Skagen Havn vil, ifølge VVM for etape 3 udvidelsen¹⁰¹, medføre lokale påvirkninger på strømforholdene på strækningen. Ændringerne i strømforhold er størst

⁹⁹ COWI (2018), ETAPE 3 UDVIDELSE AF SKAGEN HAVN, VVM-redegørelse, miljøvurdering af plangrundlaget og natura 2000 væsentlighedsvurdering

¹⁰⁰ COWI (2018), ETAPE 3 UDVIDELSE AF SKAGEN HAVN, VVM-redegørelse, miljøvurdering af plangrundlaget og natura 2000 væsentlighedsvurdering

¹⁰¹ COWI (2018), ETAPE 3 UDVIDELSE AF SKAGEN HAVN, VVM-redegørelse, miljøvurdering af plangrundlaget og natura 2000 væsentlighedsvurdering

omkring etape 3 opfyldningens nordøstlige hjørne, hvor der vil forekomme en lille lokal forøgelse i strømhastigheden ud til en på ca. 700 – 800 meter søværts for eksisterende mole.

Indflydelse på kystmorfologi i forbindelse med anlæg og drift af etape 3 udvidelsen af Skagen Havn

Den planlagte etape 3 udvidelse af Skagen Havn vil, ifølge VVM for etape 3 udvidelsen¹⁰², medføre lokale påvirkninger på kystmorfologien ved strækningen ved Skagen.

Jf. VVM'en for etape 3 udvidelsen vil en øget lævirkning nedsætte den nordgående transport, mens den sydgående transport er uændret. Lævirkningen kan forårsage kystfremrykning umiddelbart nord for havnen, og på baggrund modelberegninger i VVM'en er det vurderet, at kysten på længere sigt vil flytte frem med ca. 20 meter nær havnen, og at fremrykningen vil kunne ses i en afstand af ca. 600 meter fra havnen. Den skønnede kystfremrykning er illustreret i figur 2-72.



Figur 2-72. Skønnet fremtidig kystlinje optegnet i forhold til den eksisterende vist i baggrundsbilledet. Blå: Ny ligevægt. Rød: Ændringer på kort sigt hvor fremrykning nær havnen kompenseres af tilbagerykning mellem havnen og sydligste kystbeskyttelse.¹⁰³

Indflydelse på koncentrationer af suspenderet sediment, hvis den kystnære fodring gennemføres efter etape 3 udvidelsen er gennemført

Idet etape 3 udvidelsen vil give anledning til en lokal ændring af strømforholdene, kan Etape 3 udvidelsen potentielt også påvirke spredningen af sedimenter og dermed koncentrationen af suspenderet sediment.

Der er gennemført enkelte spredningssimuleringer for det scenarie, hvor den kystnære fodring gennemføres efter etablering af etape 3 udvidelsen. Forudsætningerne for spredningsberegningerne ved etape 3. Bathymetrien i modelle er dog opdateret til at inkludere etape 3 udvidelsen, se figur 2-73.

¹⁰² COWI (2018), ETAPE 3 UDVIDELSE AF SKAGEN HAVN, VVM-redegørelse, miljøvurdering af plangrundlaget og natura 2000 væsentlighedsvurdering

¹⁰³ COWI (2018), ETAPE 3 UDVIDELSE AF SKAGEN HAVN, VVM-redegørelse, miljøvurdering af plangrundlaget og natura 2000 væsentlighedsvurdering

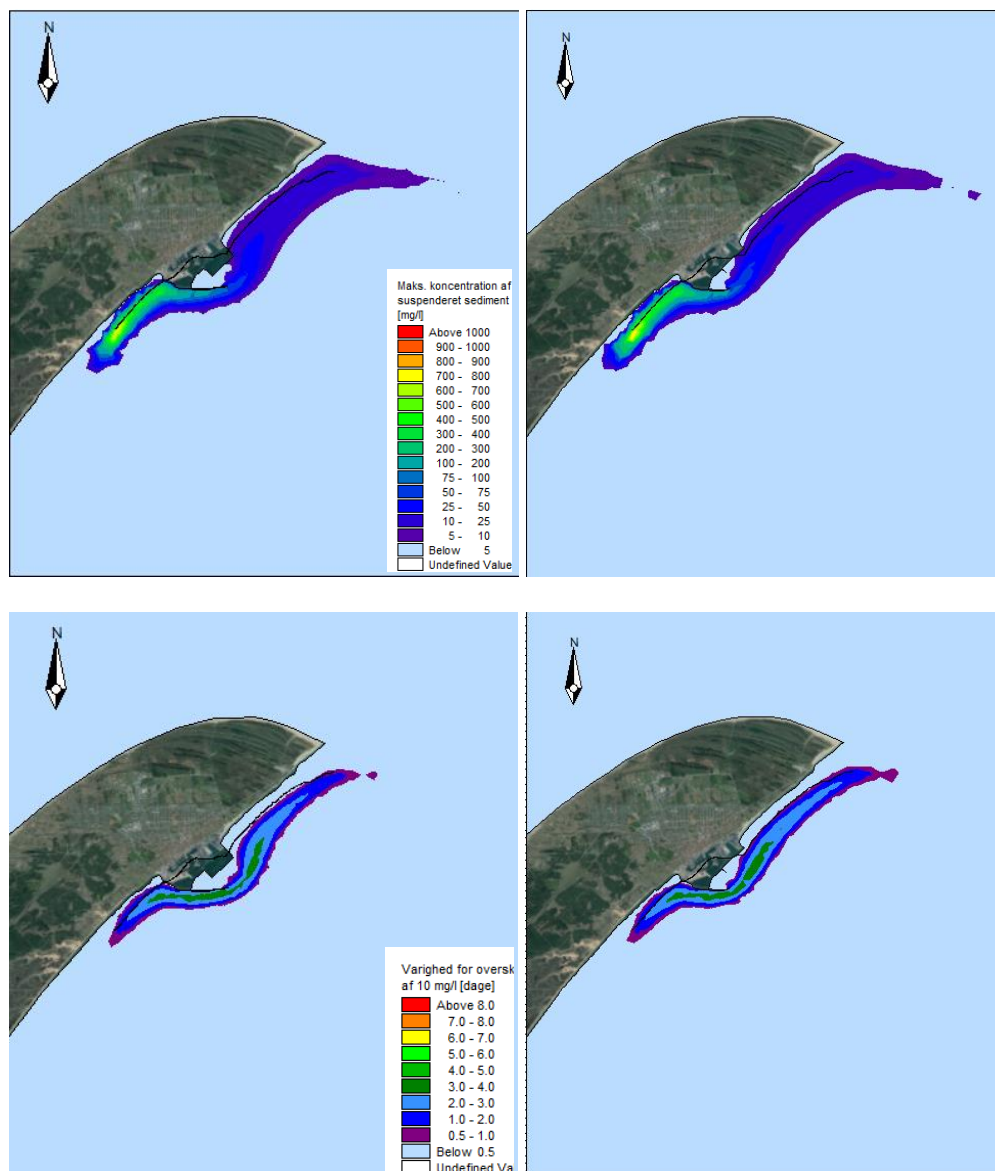


Figur 2-73. Zoom af bathymodel anvendt til simulering af sedimentspredning efter etape 3 udvidelsen er gennemført.

Resultater for maksimale koncentrationer, samt varighed for overskridelse af en koncentration af suspenderet sediment på 10 mg/l i tilfælde af etape 3 for to de kystnære fodringsscenarier i Tabel 2-11 er præsenteret i Figur 2-74 samt Figur 2-75.

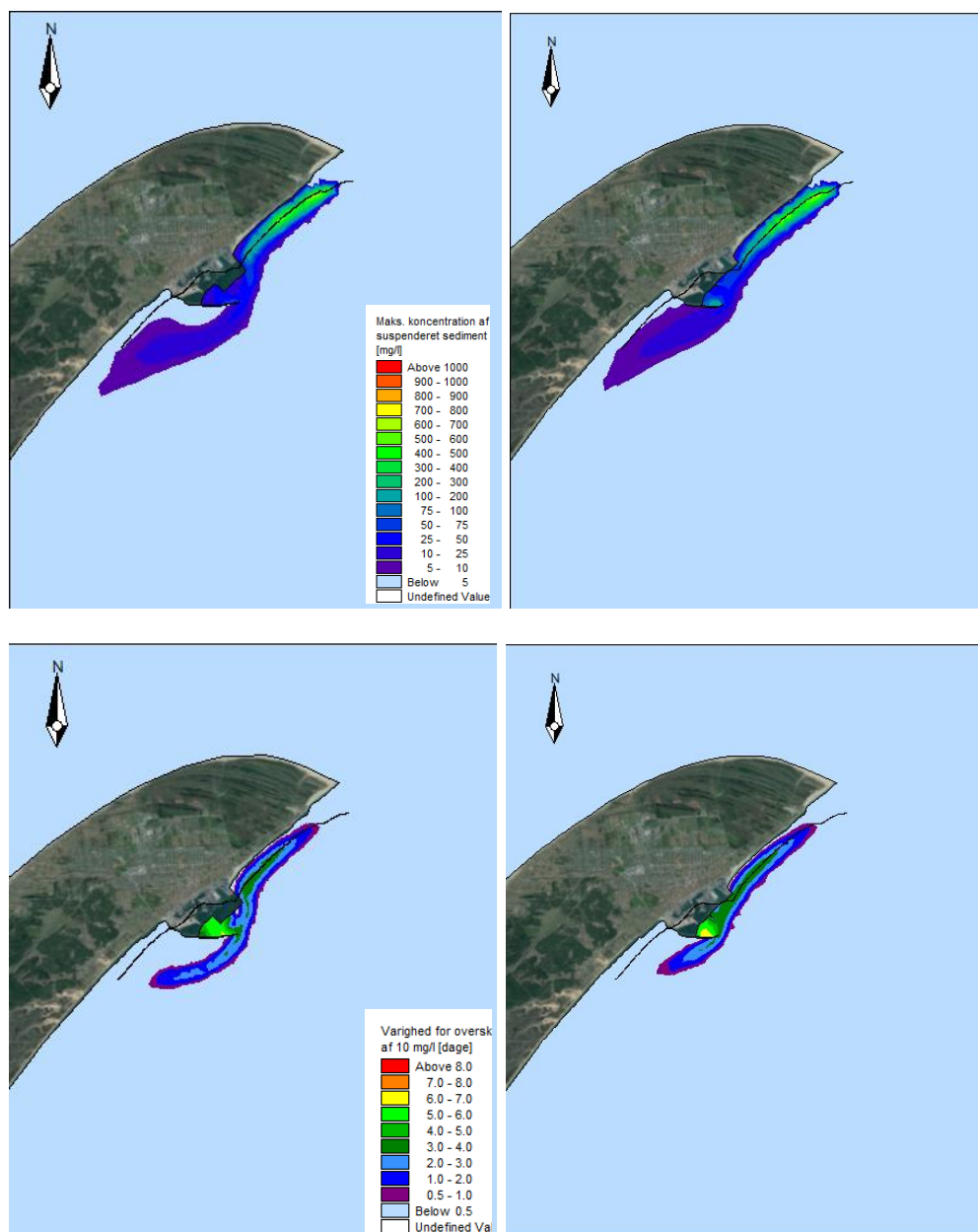
Metode	Antal skibe (ikke-synkront arbejde)	Scenarie med nordgående strøm		Scenarie med sydgående strøm	
		N	S	N	S
Rainbowing (6000 m³)	2		x	x	

Tabel 2-11. Præsenterede sedimentspredningsmodelleringer for etape 3 udvidelsen. N og S referer til kystnær fodring hhv. nord for Skagen Havn (N) og syd for Skagen Havn (S).



Figur 2-74. Maksimale koncentrationer (øverst) samt varighed for overskridelse af en koncentration på 10 mg/l (nederst) for scenariet med kystnær fodring via rainbowing med to skibe, fodring syd for Skagen Havn samt nordgående strøm for et havnelayout svarende til etape 3 (venstre) og nuværende layout (højre).

Som det fremgår af Figur 2-74 vil den sedimentfanen, i tilfælde af kystnær fodring syd for Skagen Havn og nordgående strømreretning, strække sig forbi Skagen Havn. Ved sammenligning med resultater for samme scenarier i afsnit 2.4.3 kan det konkluderes, at udbredelsen af sedimentfanen, de maksimale koncentrationer, samt varigheden for overskridelse af en koncentration af suspenderet sediment på 10 mg/l ikke ændres signifikant som følge af etape 3 udvidelsen, da strømmønstret ikke ændres betragteligt.



Figur 2-75. Maksimale koncentrationer (øverst) samt varighed for overskridelse af en koncentration på 10 mg/l (nederst) for scenariet med kystnær fodring via rainbowing med to skibe, fodring nord for Skagen Havn samt sydgående strøm for et havnelayout svarende til etape 3 (venstre) og nuværende layout (højre).

Som det fremgår af Figur 2-75 vil Skagen Havns sydmole også efter etape 3 udvidelsen blokere strømmen og en del af det suspenderede sediment vil fanges i indsejlingsområdet, hvilket betyder, at der lokalt vil forekomme en længere varighed for overskridelse af 10 mg/l sammenlignet med varigheden langs kyststrækningen generelt. Udbredelsen af sedimentfanen, de maksimale koncentrationer samt varigheden for overskridelse af en koncentration af suspenderet sediment på 10 mg/l ændres ikke signifikant som følge af etape 3 udvidelsen, da strømmønsteret ikke ændres betragteligt.

Den overordnede vurdering er dermed, at der ikke vil være en signifikant ændring af miljøpåvirkningerne i tilfælde af, at den kystnære fodring gennemføres efter etape 3 udvidelsen af Skagen Havn er gennemført.

2.5.3 Kumulative effekter ved indvinding af sand fra indvindingsområder

Spredning af sediment i forbindelse med indvindingen af sand er behandlet og vurderet i en miljøkonsekvensvurdering for indvindingsområdet ved Skagen Rev¹⁰⁴. Heraf fremgår det, at det frigjorte sediment vil aflejres naturligt over et relativt begrænset område. Vurderingen er baseret på spredningsberegninger gennemført i forbindelse med miljøkonsekvensvurderingerne.

I vurderingerne omkring miljøpåvirkningen ved kystnær fodring er det generelt antaget, at andelen af fint materiale i lasten maksimalt må være 12 %, hvilket svarer til, at der for indvindingssted 558-DA Skagen Rev ikke sker et spild under indvindingen, men først under selve fodringsaktiviteten. Dette er en konservativ tilgang, da den største påvirkning forekommer ved et koncentreret sedimentspild fremfor en situation, hvor en del af sedimenterne blev spildt under indvindingen og resten blev frigivet under fodringen. Den kumulative effekt ved sandindvinding på indvindingsområde 558-DA Skagen Rev er således inkluderet i de gennemførte simuleringer.

2.6 Opsummering af overordnede forudsætninger/gyldighedsrammer for modelberegninger for sedimentspredning ved sandfodring

I det følgende gives en opsummering af overordnede forudsætninger og antagelser for den numeriske modellering af spredning af suspenderet sediment fra den kystnære sandfodring på strækningen ved Skagen. Forudsætningerne for den numeriske simulering danner således rammerne for resultaternes gyldighed.

Det skal pointeres, at nærværende afsnit udelukkende opridser de overordnede forudsætninger, og dermed ikke de specifikke forudsætninger, som ligger til grund for specifikke resultater i de foregående afsnit, hertil henvises der til de specifikke afsnit, hvori resultaterne samt de specifikke modelforudsætninger foreligger.

2.6.1 Forudsætninger for kampagnemængder i forbindelse med kystnær fodring samt strandfodring

Sandfodring gennemføres som regel i såkaldte kampagner med et interval på op til to år eller som én kampagne i hele perioden, hvor udvalgte strækninger fodres med en sandmængde, der dækker flere års behov for at opnå en højere effektivitet ved arbejdet.

Kampagnemængder i fastmål er:

- Kampagner hvert andet år à 120.000 m³, som kystnær eller strandfodring
- Én kampagne i perioden på i alt 60.000 m³, som kystnær eller strandfodring

Som erstatning af ovenstående kan sandfodringen i stedet gennemføres som:

- Én kampagne i perioden på i alt 300.000 m³, som kystnær fodring

Det vil sige, at der i den 5-årige periode kan fodres med en samlet mængde på maks. 300.000 m³. En kombination af strandfodring og kystnær fodring vil ikke forekomme.

I simuleringerne er der antaget anvendelse af sand med samme karakteristika som sand indvundet i område Skagens Rev. Såfremt der til strandfodringen samt den kystnære fodring anvendes sand fra alternative kilder er konsekvenserne herfor indeholdt i de præsenterede resultater, såfremt der forekommer samme d₅₀ samt samme indhold af fint materiale d<0,125 mm som forudsat i afsnit 2.1.2 samt afsnit 2.4.2.

¹⁰⁴ Orbicon. (2017). Råstoftefterforskning på Skagens Rev

2.6.2 Overordnede forudsætninger vedrørende strandfodring

Det er i modelleringerne generelt forudsat, at strandfodring og kystnær fodring ikke gennemføres samtidigt. Desuden er det forudsat, at strandfodring først gennemføres minimum 24 timer efter gennemførelsen af den kystnære fodring.

2.6.3 Overordnede forudsætninger i forbindelse med modellering af suspenderede sediment koncentrationer ved gennemførelse af kystnær fodring

De anvendte forudsætninger i simuleringerne danner rammerne for gyldigheden af de fremlagte resultater fra de numeriske simuleringer. Dette betyder således, at såfremt den kystnære fodring gennemføres indenfor de evaluerede rammer i modelsimuleringerne, kan der forventes suspenderede sedimentkoncentrationer, som er af samme størrelsesorden, eller lavere, sammenlignet med de præsenterede resultater fra simuleringerne.

Anvendte skibe til den kystnære fodring

Til simuleringerne er der som yderscenerier antaget enten klapning af alt materialet med 2.000 m³ skibe eller rainbowing af alt materialet med 6.000 m³ skibe. Desuden er der antaget forskellige scenarier for antal samtidigt arbejdende skibe, defineret i Tabel 2-9.

Hertil forekommer der dog forskellige mellemliggende scenarier hvorfra påvirkningerne vurderes at være indeholdt af yderscenerierne. Dette kan f.eks. være ved gennemførelse af den kystnære fodring med op til to skibe med en laste-kapacitet på 6.000 m³, hvor op til 50 % udledes via klapning og min. 50 % udledes via rainbowing.

Evaluerede kampagnescenarier til den kystnære fodring

Til simuleringerne for den kystnære fodring er der vurderet på følgende scenarier, som vurderes for værende yderscenerierne:

- Den kystnære fodring gennemføres kun nord for Skagen havn med 200 m³/m over en strækning på 1.500 m.
- Den kystnære fodring gennemføres kun syd for Skagen havn med 200 m³/m over en strækning på 1.500 m.
- Den kystnære fodring gennemføres samtidigt nord og syd for Skagen havn med 200 m³/m over en strækning på hver 750 m.

På samme vis som for anvendte yderscenerier for sandfodringsskibene, er der desuden mellemliggende scenarier for kampagnerne.

Kumulative effekter ift. samtidig strand-/ eller kystnær fodring samt anlægsarbejde ift. etape 3 udvidelsen ved Skagen Havn, samt samtidig indvinding samt sandfodring, er inkluderet i analyserne.

BILAG 5

EMISSIONER

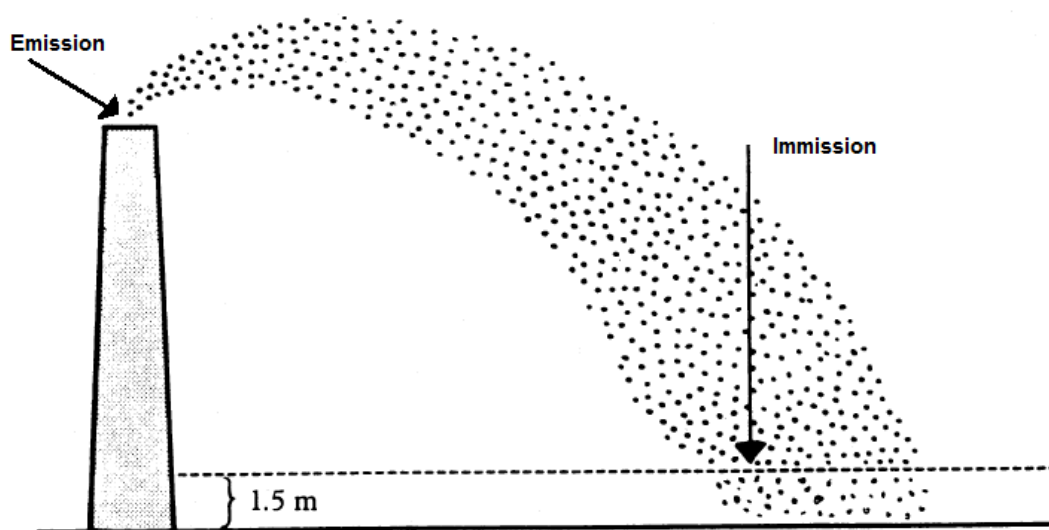


I det følgende beskrives de emissioner opstået i forbindelse med udførelse af kystbeskyttelse ved Skagen. De beregnede emissioner anvendes efterfølgende til beregning af projektets klimapåvirkning, immissionskoncentrationsbidrag og N-deposition.

5.1 Grundlag for beregningerne

I det følgende benyttes betegnelserne emission og immission. De to begreber er illustreret på Figur 5-1. Emissionen er den mængde stof, der udledes pr. tidsenhed. Immissionen er den koncentration af stoffet, der på et givet tidspunkt findes i luften i omgivelserne. Som standard beregnes immissionen i en højde på 1,5 meter over jorden svarende til en næses højde.

Ved betegnelsen immissionskoncentrationsbidrag forstås en enkelt eller en gruppe af kilders bidrag til koncentrationen i omgivelserne.



Figur 5-1. Illustration af de to begreber, emission og immission¹⁴.

Projektets forventede bidrag til luftforurening er beskrevet ved:

- Kortlægning af forurening til luften fra relevante kilder
- Beregning af emissioner
- Beregning af immissioner
- Beregning af kvælstofdeposition

I forbindelse med sandfodringsarbejder vil skibe og entreprenørmaskiner med dieselmotorer give anledning til lokal luftforurening. Forureningen består primært af:

- NO_x (nitrogenoxider)
- CO (kulilte)
- Partikler (støv)
- UHC og HC (uforbrændte kulbrinter)
- SO_x (svovloxider)
- CO₂ (kuldioxid)
- Lugt

¹⁴ Miljøstyrelse, 2001, Luftvejledningen, <https://www2.mst.dk/udgiv/publikationer/2001/87-7944-625-6/pdf/87-7944-625-6.pdf>

Emissioner fra entreprenørmaskiner på land

Emissioner fra entreprenørmaskiner, dvs. mobilt ikke-vejgående udstyr, er reguleret via en typegodkendelsesordning¹⁵. På baggrund af maskinens motoreffekt fastsætter typegodkendelsen grænseværdier for indholdet af forurenende stoffer i udstødningen, kaldet emissionsfaktorer. Jo nyere en godkendelsesnorm maskinerne opfylder, des mindre emissioner fra entreprenørmaskinerne.

Det antages i det følgende, at de anvendte entreprenørmaskiner har en effekt større end 130 kWh og mindre end 560 kWh og overholder bekendtgørelsens krav til typegodkendelse Trin 3B, der har været gældende siden 2011.

Emission pr. time kan på den baggrund beregnes for hver type maskine ved brug af følgende formel:

$$Emission[g/h] = effekt[kW] \cdot belastning[\%] \cdot emissionsfaktor \left[\frac{g}{kWh} \right]$$

Belastningen af den enkelte maskine estimeres for hvert scenarie længere nede.

Der er ikke fundet viden om lugtemissioner fra de anvendte maskiner.

Emissioner fra skibe

Udstødningerne fra de skibenes motorer indeholder CO₂, NO_x, SO_x, CO, HC og partikler, og skibenes emissioner er beregnet på baggrund af beregningsværktøjet DESMO distribueret af Danske Rederier¹⁶ med antagelser om skibenes ballast, last, brændstofforbrug, gennemsnitlige vejrlig samt opdeling på tre skibsstørrelser.

Immissionskoncentrationer

Der er foretaget beregninger af den aktivitet med skib og entreprenørmaskiner på land, der giver den største påvirkning af omgivelserne.

Immissionskoncentrationen i omgivelserne er beregnet med den meteorologiske spredningsmeteorologiske model OML (=Operationelle Meteorologiske Luftkvalitetsmodeller), der er udviklet af DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi ved Aarhus Universitet.

Ved hjælp af OML-modellen beregnes stofkoncentrationen (immissionskoncentrationen) i området omkring forureningskilderne. Der er foretaget beregninger i punkter (kaldes receptorpunkter) ud til en afstand af tre kilometer. En af entreprenørmaskinerne vælges som centerpunkt for beregningen, og det forudsættes, at entreprenørmaskinen er placeret i kystlinjen.

Resultaterne præsenteres i skemaform med angivelse af, hvor langt fra kystlinjen den største koncentration findes samt i hvilken afstand fra kystlinjen EU's og Arbejdstilsynets luftgrænseværdier for NO₂, CO og partikler er overholdt i alle retninger, jf. Tabel 5-1. Derudover præsenteres resultatet af NO₂ beregningerne visuelt, idet NO₂ erfaringsmæssigt udgør den væsentligste emission fra motorer.

¹⁵ Bekendtgørelse om begrænsning af luftforurening fra mobile ikke-vejgående maskiner mv., BEK nr. 1458 af 07/12/2015, <https://www.retsinformation.dk/Forms/R0710.aspx?id=175847>

¹⁶ Danske Rederier, 2019, Beregningsværktøj til bestemmelse af skibes energiforbrug og røggasemissioner, <https://www.danishshipping.dk/politik/klimapolitik/beregningsvaerktoej/>

Emissionen fra entreprenørmaskinerne indtastes i OML-modellen som punktkilder. Idet maskinerne bevæger sig og dermed fordeler forureningen, er det antaget, at der i løbet af en dag arbejdes indenfor et areal på 100 x 100 meter.

Emissionen fra skibet indtastes ligeledes som en punktkilde, idet røggassen fra skibets pumpemotor ledes ud via et afkast. I beregningen placeres skibet vest for beregningens nulpunkt.

Der er desuden regnet med, at terrænet er fladt og ruhedslængden (overfladens friktionsevne i forhold til luftens bevægelse) er sat til 0,05 meter, hvilket svarer til åbent land uden læhegn. Alle receptorhøjder er sat til 1,5 meter svarende til et menneskes næses højde.

Resultaterne præsenteres i skemaform med angivelse af, hvor langt fra kystlinjen den største koncentration findes samt i hvilken afstand fra kystlinjen relevante EU's og Arbejdstilsynets luftgrænseværdier for NO₂, CO og partikler er overholdt i alle retninger, jf. Tabel 5-1. Derudover præsenteres resultatet af NO₂ beregningerne visuelt, idet NO₂ erfaringsmæssigt udgør den væsentligste emission fra motorer.

De beregnede emissionskoncentrationsbidrag sammenlignes med EU's grænseværdier¹⁷ og Arbejdstilsynets grænseværdier¹⁸ for beskyttelse af menneskers sundhed, jf. Tabel 5-1.

Stof	EU's luftkvalitetsgrænseværdi	Arbejdstilsynets grænseværdi
Nitrogendioxid, NO₂	200 µg/m ³ , 1 time, må ikke overskrides mere end 18 gange pr. kalenderår	0,96 mg/m ³ : Gennemsnitskoncentration over otte timer 2x0,96 mg/m ³ : Korttidsværdi, koncentrationen i en tidsperiode på højst 15 minutter må aldrig overskrides 4 mg/m ³ Loftsgrenseværdi, der aldrig må overskrides
Carbonmonoxid, CO	10 mg/m ³ , daglig maksimal 8-timers middelværdi	23 mg/m ³ : Gennemsnitskoncentration over otte timer 2x23 mg/m ³ : Korttidsværdi, koncentrationen i en tidsperiode på højst 15 minutter må aldrig overskrides
Partikler, PM10	50 µg/m ³ , 1 døgn må ikke overskrides mere end 35 gange pr. kalenderår	<u>Mineralsk inert støv</u> : 10 mg/m ³ : Gennemsnitskoncentration over otte timer 2x10 mg/m ³ : Korttidsværdi, koncentrationen i en tidsperiode på højst 15 minutter må aldrig overskrides <u>Mineralsk inert respirabelt støv</u> : 5 mg/m ³ : Gennemsnitskoncentration over otte timer 2x5mg/m ³ : Korttidsværdi, koncentrationen i en tidsperiode på højst 15 minutter må aldrig overskrides

Tabel 5-1. Oversigt over EU's og Arbejdstilsynets grænseværdier for beskyttelse af menneskers sundhed.

Da EU's luftkvalitetsgrænseværdi for NO₂ højst må overskrides 18 gange på et år, midlet over en time, er det den 19. højeste timemiddelværdi, beregnet med OML-Multi, der skal sammenholdes med grænseværdien.

For CO grænseværdien gælder, at den omhandler den daglige maksimale otte timers middelværdi. CO immissionen er derfor beregnet som en maksimal otte timers glidende middelværdi.

¹⁷ Bekendtgørelse om vurdering og styring af luftkvaliteten, BEK nr. 1472 af 12/12/2017, <https://www.retsinformation.dk/Forms/R0710.aspx?id=194506>

¹⁸ Bekendtgørelse om grænseværdier for stoffer og materialer, BEK nr 655 af 31/05/2018, <https://www.retsinformation.dk/Forms/R0710.aspx?id=201810>

Arbejdstilsynets grænseværdier gælder også en gennemsnitskoncentration over otte timer. NO₂- og partikelimmissioner er derfor også beregnet som en maksimal otte timers glidende middelværdi. Korttidsværdien for NO₂ kan ikke vises i beregningsresultaterne fra OML-modellen, idet der kun kan vises resultater ned til den maksimale timemiddelkoncentration. Vurderingen af korttidsværdien kan derfor kun ske ved vurdering af om den maksimale timemiddelkoncentration er overskredet, i givet fald er korttidsværdien også overskredet.

EU's luftgrænseværdi for partikler gælder over et døgn og må højst overskrides 35 gange på et kalenderår. Derfor er det den 36. største døgnmiddelkoncentration, der er beregnet.

Depositionsberegning

Den maksimale påvirkning af nærtliggende naturområder kan vurderes gennem beregninger af kvælstofdeposition (afsætning).

I OML-modellen er indarbejdet en metode til at foretage simple estimater af deposition af partikler og gasser på lokal skala i Danmark. Metoden er udviklet af DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi ved Aarhus Universitet med henblik på depositionsestimater i VVM-redegørelser i forbindelse med påvirkning af terrestrisk og marin natur.

I forbindelse med indtastning af data i OML-modellen skal der for alle receptorpunkter være defineret en overfladetype (eksempelvis vand, græs eller skov). Overfladetypen har betydning for de enkelte stoffers depositionshastighed, jf. Tabel 5-2.

	Vand (type nr. 1)	Græs (type nr. 2)	Skov (type nr. 3)
Tørdepositionshastighed, NO₂ cm/s	0,00022	0,6	1,2
Tørdepositionshastighed, NO cm/s	0,00004	0,1	0,2

Tabel 5-2. Tørdepositionshastigheder.

I dette tilfælde vælges type 2 – græs, idet dette betragtes som en worst case situation.

Inddata til beregningen er de samme som ved beregning af immissionskoncentrationen, men der regnes ikke med aktiviteter på nabolstrækningerne, idet de medtages beregningsmæssigt på en anden måde.

Da NO_x er meget lidt vandopløselig, kan der ses bort fra våddepositionen (afsætning forårsaget af regn) af nitrogenoxider. Der regnes derfor kun tørdeposition.

Det forudsættes som worst-case betragtning, at halvdelen af den udledte mængde af NO_x oxideres til NO₂ og resten udgør NO. I OML-beregningerne anvendes derfor en kildestyrke for NO₂ og NO, der hver især svarer til 50 % af NO_x, hvorefter der efterfølgende korrigeres til kvælstofdeposition ved multiplikation med forholdet mellem molmassen for henholdsvis N i NO₂ (14/46) samt N i NO (14/30).

Depositionsberegningen udføres som en vanlig OML-beregning, dog skal der forinden udføres en beregning af middelkoncentrationen for en periode på ti år ved hjælp af meteorologiske data for en 10-års periode (Aalborg 1974-1983) i stedet for som normalt et år (Kastrup 1976).

Udover at der er regnet worst-case, så viser resultaterne N-depositionen for aktiviteter over et helt år. Da der er regnet på aktiviteter indenfor et areal på 100x100 meter, hvor det antages, at aktiviteterne foregår over maksimalt en dag, er den beregnede N-deposition divideret med 365.

På den måde fås det årlige bidrag fra sandfodringen til N-deposition for hver 100 meter strækning. Herefter vælges den største beregnede N-deposition i alle afstande fra beregningens nulpunkt til den videre bearbejdning af data.

Den maksimale N-deposition i et naturområde afhænger af, hvor længe der arbejdes på delstrækningen samt afstanden til naturområdet.

Det fremgår af beregningerne, at N-depositionen i en afstand af 1.000 meter fra beregningens nulpunkt og længere væk nærmer sig nul. Det er derfor antaget, at der ikke er behov for at vurdere depositionen i naturområder, der ligger længere væk end 1.000 meter.

På den baggrund er det videre antaget, at der i et beregningspunkt sker N-deposition fra det nærmeste arbejdsareal samt fra arbejdsarealer 1.000 meter langs kysten på hver side af arbejdsarealet.

Antages det, at N-depositionen i et beregningspunkt falder lineært fra beregningens nulpunkt og ud til 1.000 meter, hvor depositionen omtrent er nul, kan den kumulerede maksimale deposition, fra aktiviteter langs kysten, i et beregningspunkt beregnes ud fra følgende formel:

$$Dep_{maks} = X + 2(X \cdot \frac{9}{10}) + 2(X \cdot \frac{8}{10}) + 2(X \cdot \frac{7}{10}) + 2(X \cdot \frac{6}{10}) + 2(X \cdot \frac{5}{10}) + 2(X \cdot \frac{4}{10}) + 2(X \cdot \frac{3}{10}) + 2(X \cdot \frac{2}{10}) + 2(X \cdot \frac{1}{10})$$

Hvor X er den beregnede maksimale deposition aflæst i en bestemt afstand fra beregningens nulpunkt – en aktivitet på arealet 100x100 meter. Det antages, at der over et år arbejdes på arealer på begge sider af beregningens nulpunkt ud til 1.000 meter. Arbejdes der på en kortere strækning over et år, vil den kumulerede deposition tilsvarende være mindre.

Resultaterne kan herefter sammenholdes med eventuelle tålegrænser for de relevante naturområder.

Vurdering af viden og data

Det vurderes, at grundlaget for at vurdere projektets emissioner er tilstrækkeligt, idet der er foretaget en række antagelser, som betyder, at der anvendes worst case betragtninger.

5.2 Emissioner i perioden 2020-24

I forbindelse med sandfodringsarbejder forventes projektet at give anledning til emissioner fra:

- Skibe (losning samt sejlads til og fra kysten)
- Entreprenørmaskiner på land

Der er i *projektbeskrivelsen* i kapitel 3 beskrevet to eksempler på anvendelse af entreprenørmaskiner i kombination med eller uden skibe ved gennemførelse af den planlagte kystbeskyttelse. Scenarierne, der ligger til grund for beregningerne af immissioner for CO₂, NO_x og partikler, omfatter to udvalgte scenarier, der vurderes at repræsentere worst-case. Worst case er ved strandfodring, da der anvendes entreprenørmaskiner, hvilket ikke er tilfældet ved kystnær fodring. De to scenarier omfatter:

Scenarie 1: Skib med lastekapacitet på 2.000 m³ samt to gravemaskiner og en gummiged på land.

Scenarie 2: Skib med lastekapacitet på 6.000 m³ samt to gravemaskiner og en gummiged på land.

Til beregningerne er der kun regnet med brugen af ét skib pr. scenarie, selvom der for det enkelte scenarie kan anvendes flere. Det skyldes, at et skib, der fodrer den samlede mængde, udlæder den samme mængde emissioner som f.eks. tre skibe, der sejler det samme antal gange til og fra kysten.

5.2.1

Emissioner fra skibe

Der er foretaget en beregning af emissioner fra de skibe, der anvendes i forbindelse med kystbeskyttelsesarbejder. Beregningerne er foretaget på situationerne: Sejlads med tomt skib, sejlads med fuldt skib og losning og fordelt på to skibsstørrelser, der almindeligvis anvendes i forbindelse med kystbeskyttelsesarbejder. Resultaterne er angivet i Tabel 5-3.

Emissioner		Skib med 2.000 m ³ lastekapacitet			Skib med 6.000 m ³ lastekapacitet		
		Tom	Fuld	Losning	Tom	Fuld	Losning
CO ₂	ton/time	0,5	0,4	0,6	1,0	0,9	1,3
NO _x	kg/time	7,1	6,5	9,7	15,8	13,5	20,2
SO _x	kg/time	0,3	0,3	0,4	0,7	0,6	0,8
CO	kg/time	0,4	0,3	0,5	0,8	0,7	1,1
HC	kg/time	0,4	0,3	0,5	0,8	0,7	1,1
Partikel	kg/time	0,2	0,2	0,3	0,4	0,4	0,6

Tabel 5-3. Emissioner ved forskellige aktiviteter med de to modellerede skibe.

Det fremgår af Tabel 5-3, at aktiviteten med den største emission er losning fra det skibet med 6.000 m³ lastekapacitet pr. time. Der er et højere forbrug ved tom last, da skibet sejler med 40 % ballast, for at sikre at skibes skruer er under vandets overflade. Dette er ikke den optimale tilstand, hvormed der er større modstand, når skibet sejler. Dette betyder et øget forbrug i forhold til, når skibet har fuld last.

Der er i kapitel 3 *Projektbeskrivelse* beskrevet to scenarier for aktiviteter med skibe, der hver især kan udføres som kystnær fodring eller strandfodring (betegnet a eller b). Scenarierne er i det følgende brugt til at beregne worst-case scenarier for emissioner i perioden 2020-24, som er angivet i Tabel 5-4.

	CO ₂ , kg	SO _x , kg	HC, kg	CO, kg	NO _x , kg	NO ₂ , kg	Partikler, kg
Scenarie 1a	339.200	200	300	300	5.300	2.700	200
Scenarie 1b	408.600	400	500	500	10.000	5.000	300
Scenarie 2a	228.900	200	200	200	3.600	1.800	100
Scenarie 2b	277.000	200	200	200	4.400	2.200	100

Tabel 5-4. Samlede emissioner fra skibe ved sandfodring og kystnærfodring i perioden 2020-24.

5.2.2 Brændstofforbrug og emissioner fra entreprenørmaskiner

For at estimere emissionsmængderne benyttes emissionsfaktorer for maskinerne, se Tabel 5-5, der giver den øvre grænse målt i masse per energiforbrug.

Maks effekt pr. maskine, kWh	Emissionsfaktor, g/kWh			
	CO	HC	NO _x	Partikler
130 < P < 560	3,5	0,19	2	0,025

Tabel 5-5. Emissionsfaktorer¹⁹ for entreprenørmaskiner.

I Tabel 5-6 angives i kolonne 1 vægtintervaller for entreprenørmaskinerne, der forventes brugt til at udføre arbejdet. Med udgangspunkt i vægtintervallerne er opslået og beregnet relevante motoreffekter, lastvolumen, skovlvolumen for entreprenørmaskinerne.

Maskine	Vægt (tons)	Midlet max effekt (kW)	Middel volumen/masse	Gennemsnitshastighed under arbejde
Gravemaskine	20-50	203	5,1 t	5 km/t
Gummiged	15-30	220	2,95 m ³	20 km/t

Tabel 5-6. Oversigt over maskinernes vægt, motoreffekt P og deres volumen eller masse i forbindelse med løft. For alle maskinerne er der antaget gennemsnitshastigheder, når de udfører arbejde til brug for estimerne.

Energiforbruget for en af entreprenørmaskinerne afhænger af motorstørrelsen, målt i hestekræfter hvor 1 hk = 0.736 kW, og belastningsgraden motoren er udsat for, mens den arbejder.

Maskinernes brændstofforbrug skal også estimeres. Til dette formål benyttes ligeledes maskinernes estimerede energiforbrug, samt diesels nedre brændværdi på 42,7 MJ/kg og diesels massefylde på 0,83 kg/l.^{20,21}

Foruden motorstørrelse og belastningsgraden, afhænger maskinernes totale energiforbrug af tiden, det tager at udføre deres arbejde.

Maskinernes motorbelastningsgrad antages i gennemsnit at være 50% af den maksimale motoreffekt under udførelse af arbejde. Motorer i tomgang antages at have en belastningsgrad på 1%, og det antages, at motorerne kører i tomgang 20% af tiden, det tager at gennemføre et projekt. Det medfører selvfølgelig en tidsforlængelse for projektgennemførelsen.

Endeligt beregnes emissionen af CO₂ ud fra CO forekomsten ved at antage at forholde CO₂ til CO er 165 til 1²².

Rørledning

Til strandfodring benyttes en rørledning, der består af segmenter, der antages at være fem meter lange. Antallet af rørsegmenter for hver strækning afhænger af strækningens længde. Dog kan en rørledning maksimalt bygges i en længde på én kilometer, svarende til 200 rørsegmenter. Det antages, at rørledningen kan bygges én kilometer til hver side langs stranden fra punktet, hvor rørledningen kommer i land fra skibet.

Positionering, ankring og flytning af rørledning på vand-siden kan ske med en slæbebåd eller et andet lignende fartøj. Aktiviteten estimeres ikke her.

¹⁹ Bekendtgørelse nr. 1458 af 7. december 2015 om begrænsning af luftforurening fra mobile ikke-vejgående maskiner mv.

²⁰ https://www.lavprisolie.dk/Admin/Public/DWSDownload.aspx?File=%2FFiles%2FFiles%2Fipo%2Fentrepreneoer_diesel_tds.pdf

²¹ <https://www2.mst.dk/udgiv/publikationer/2003/87-7972-403-5/html/kap02.htm>

²² Konrad Reif (ed): Dieselmotor-Management im Überblick. 2nd edition. Springer Fachmedien, Wiesbaden 2014, ISBN 978-3-658-06554-6. p. 171

Til at opbygge og nedtage rørledningen benyttes en gravemaskine og en gummiged. Det antages, at maskinerne allerede befinder sig på stranden, hvor deres aktivitet er. Der ses således bort fra, hvorfra maskinerne er kommet til stranden.

Gravemaskine til rørledning

Til opbygning bruges gravemaskiner til at positionere, montere og stabilisere de enkelte rørsegmenter. Ved nedtagning skal der flyttes sand og samles rørsegmenter. Det antages, at hvert rørsegment monteres på 30 minutter, og at det tager samme tid at afmontere et rør.

Gravemaskinen antages at have en motoreffekt på 203 kW og er baseret på middelværdi for typiske gravemaskiner og arbejder i gennemsnit ved 50 % motorbelastning i forbindelse med opbygning og nedtagning af rørledningen.

Gummiged til rørledning

Gummigeden sørger for at udlægge rørene langs stranden til gravemaskinen. Endvidere supporterer den gravemaskinerne med at montere segmenterne samt evt. at flytte små mængder sand ved indpumpning.

Ved udlægning af rør antages det, at rørene skal flyttes fra arbejdspladsen, der er lagt stort set samme sted, som hvor første rørledning går i land. Herfra fordeler gummigeden rørsegmenterne jævnt langs med stranden. Det antages, at gummigeden kører i gennemsnit 20 km/t og kører med læs af tre rør. Uniform fordeling af rørdlægning betyder, at en gennemsnitlig tur (tur/retur) bliver én kilometer for en rørledning på én kilometer. Herfra kan gummigedens tilbagelagte afstand findes.

Gummigedens størrelse givet i projektbeskrivelsen gør, at der antages en motoreffekt på 220 kW. Det antages, at der er en gennemsnitlig motorbelastning på 50 %.

Det antages konservativt, at gummigeden bruger 20 % af tiden, hvor gravemaskinen lægger rørledning på ad-hoc opgaver med flytning af sand. Her har den en motorbelastning på 50%.

Gummigeden skal foruden opsætning og nedtagning af rørledning også tilrette stranden, efter sandet er pumpet ind. Dette antages at tage to arbejdsdage pr. kilometer strand. Én arbejdsdag er 7,5 timer. Igen antages en gennemsnitlig motorbelastning på 50 %.

Den sidste opgave for gummigeden er oprydning af arbejdspladsen. Denne antages at tage to arbejdsdage pr. arbejdsplads. Igen antages en gennemsnitlig motorbelastning på 50 %.

Bemærk, at antagelsen om, at sandet fordeles jævnt langs hele strækningen, betyder, at arbejdsbyrden for maskinerne ikke afhænger af mængden af sand, men udelukkende baseres på tidsestimatet af, hvor lang tid det tager at opstille, nedtage og flytte rørledningen.

Det samlede brændstofforbrug for entreprenørmaskinerne på strækningen er beregnet til 15.328 liter uanset, hvilket scenarie, der anvendes. De estimerede emissioner for perioden for 2020-24 i den økonomiske ramme er vist i Tabel 5-7.

	CO ₂	NO _x	CO	HC	Partikel
Entreprenørmaskiner	87.144	245*	528	29	4

Tabel 5-7. Oversigt over de samlede emissioner fra entreprenørmaskiner.

Usikkerheder - entreprenørmaskiner

Effektiviteten for udførelsen af arbejdet er sat til 100 %. Dog, når der fyldes sand på dumpers, fyldes de kun 80 % af maximal volumen. Det samme gælder for gummigeden, der ligeledes kun antages at kunne fylde sin skovl 80 % af maksimal volumen. Desuden er det antaget, at maskinerne står i tomgang i yderligere 20 % af projektiderne, hvor maskinerne ikke slukker. En undersøgelse fra Scania viser, at lastbiler i løbet af en arbejdsdag står i tomgang 25% af tiden.²³

Emissioner og brændstofforbrug fra slæbebåde brugt til positionering af rørledninger ikke er medtaget i estimatet. Det bemærkes dog, at positioneringen af rørledningen ikke kræver skibe af en størrelse som sandfodringskibene. Forbruget af brændstoffer fra slæbebåden er næppe signifikant i dette forhold. Til gengæld må det forventes, at slæbebådens forbrug er sammenligneligt med entreprenørmaskinerne. Dog skal slæbebåden udføre et meget lille stykke arbejde, hvorfor, tiden brugt af slæbebåden er meget lille. Dermed bør dens brændstofforbrug og emissioner være signifikant mindre end entreprenørmaskinernes forbrug og emissioner.

En gravemaskine skal hjælpe rørledningen op på land, når den ankommer med slæbebåden. Denne opgave vurderes at være meget lille i forhold til gravemaskinens arbejde med at opsætte og nedtage rørledningen og ignoreres derfor.

Estimatet ser bort fra, hvordan entreprenørmaskinerne kommer frem til arbejdspladsen og stranden. Det forventes, at de køres dertil på blokvogn. Men hvor langt de har kørt, eller hvor langt maskinerne skal køre fra arbejdspladsområdet bag stranden og ned til stranden kendes ikke. Derfor gives ikke et estimat af tiden. Det samme gælder for maskinernes transport til og fra arbejdspladsen i forbindelse med optankning af brændstof. Det forventes, at begge dele er signifikant mindre end det arbejde, maskinerne laver på stranden.

Hvor usikkerhederne omtalt her medfører et større brændstofforbrug og øgede emissioner, hvis de tages i betragtning, så forventes dette at være opvejet af de konservative skøn, der præsenteres.

Det er antaget, at maskinernes motor typisk yder 50 %, når de udfører arbejde i gennemsnit. Dette er et bedste skøn med baggrund i, at det forventes, at maskinen ikke er bygget til at køre ved fuld belastning gennem hele projektet men ved en variable belastning afhængig af, hvad den laver.

5.3 Immissionskoncentrationer

Anvendelse af skibe og entreprenørmaskiner medfører emissioner, der kan påvirke både mennesker og natur. Vurdering af påvirkninger sker gennem beregning af immissionskoncentrationer og deposition af kvælstof i OML-modellen.

Det vurderes, at en worst case betragtning udgøres af en kombination af entreprenørmaskiner og skib under losning. Idet der ikke er aktiviteter på land i forbindelse med kystnær fodring, foretages der ikke en vurdering af påvirkningen fra denne aktivitet.

Den største emission fra skibene forekommer under aktiviteten losning. Der foretages derfor beregninger, hvor skibet er i gang med losning, og worst case betragtningen er, at der altid ligger et skib klar til at afløse samt, at alle entreprenørmaskiner arbejder med 80 % effektivitet.

²³ https://www.transportmagasinet.dk/article/view/152212/dtl_undga_unodig_tomgang

Immissionsberegningerne udføres under den worst case antagelse, at der sandfodres over et helt år, sådan at de værste tænkelige vejrforhold indgår i beregningen af immissionskoncentrationer.

Beregning af immissionskoncentrationer

I OML-modellen indtastes data for de forurenende kilder.

På baggrund af formlen i tabel 11 i tillæg til luftvejledningen²⁴ og en antagelse om, at skibsbrændslet er fuelolie og brændslet for entreprenørmaskiner er diesel, kan røggasmængden ved forbrænding af 1 kg brændsel beregnes:

$$Røggasmængde [Nm^3/h, våd] \text{ ved afbrænding af } 1 \text{ kg fuel} = 1,29 + \frac{211}{21 - \% O_2}$$

$$Røggasmængde [Nm^3/h, våd] \text{ ved afbrænding af } 1 \text{ kg dieselolie} = 1,41 + \frac{221}{21 - \% O_2}$$

Brændstofmængden kan beregnes på baggrund af entreprenørmaskinernes effekt, belastning (80 %) samt diesels nedre brændværdi på 41,9 MJ/kg efter følgende formel:

$$Brændstofmængde [kg/h] = \frac{\text{Effekt [J/s]} \cdot 0,8}{\text{Diesels nedre brændværdi [J/kg]}} \cdot 3.600 [s/h]$$

Ud fra viden om brændstofforbruget for de to skibsstørrelser og entreprenørmaskinerne samt en antagelse om, at iltindholdet i røggassen er 10 %, kan røggasmængderne beregnes (jf. Tabel 5-8).

Entreprenørmaskine	Beregnet røggasmængde, Nm ³ /h
Gravemaskine	411
Gummiged	325
Lille skib	3.931
Mellem skib	8.209

Tabel 5-8. Produceret Nm³ våd røggas pr time ved forbrænding af fuelolie i skib og dieselolie i entreprenørmaskiner.

Der er foretaget en beregning af immissionskoncentrationen af CO, NOx og partikler under anvendelse af de to scenarier, og inddata til OML-beregningerne er angivet i Tabel 5-9 og Tabel 5-10.

	Gravemaskine	Gummiged	Lille skib
Koordinatsæt	(0,0), (75,-75), (0,100), (75,25)	(25,-50) (25,50)	(-550,0), (-550,100)
Skorstenshøjde, m	3	3	20**
Afkastdiameter, indvendig, m	0,15	0,15	1**
Afkastdiameter udvendig, m	0,15	0,15	1**
Luftmængde (våd), Nm ³ /h	411	325	3.931
Kildestyrke, CO g/s	0,22	0,17	0,14*
Kildestyrke, NO ₂ g/s****	0,06	0,05	1,35*
Kildestyrke, partikler g/s	0,0015	0,0012	0,08*
Temperatur, °C***	250	250	250

Tabel 5-9. Data til OML-beregning med entreprenørmaskiner efter scenarie 1. * Emissioner fra skibe under losning omregnet til g/s. ** Antaget på baggrund af datablade for skibe. *** Antaget på baggrund af andre miljøvurderingsrapporter. **** Det antages, at maksimalt 50 % af den udledte NOx foreligger som NO₂ i beregningspunkterne.

²⁴ Miljøstyrelsen, 2017, 6. supplement til Luftvejledningen (vejledning nr. 2 2001), https://mst.dk/media/143806/6-supplement-til-luftvejledningen_kapitel-6-om-energianlaeg.pdf

	Gravemaskine	Gummiged	Mellem skib
Koordinatsæt	(0,0), (75,-75), (0,100), (75,25)	(25,-50) (25,50)	(-800,0), (-800,-100)
Skorstenshøjde, m	3	3	27**
Afkastdiameter, indvendig, m	0,15	0,15	1,75**
Afkastdiameter udvendig, m	0,15	0,15	1,75**
Luftmængde (våd), Nm³/h	411	325	8.209
Kildestyrke, CO g/s	0,22	0,17	0,29*
Kildestyrke, NO₂ g/s****	0,06	0,05	2,81*
Kildestyrke, partikler g/s	0,0015	0,0012	0,16*
Temperatur, °C***	250	250	250

Tabel 5-10. Data til OML-beregning med entreprenørmaskiner efter scenarie 2. * Emissioner fra skibe under losning omregnet til g/s. ** Antaget på baggrund af datablade for skibe. *** Antaget på baggrund af andre miljøvurderingsrapporter. **** Det antages, at maksimalt 50 % af den udledte NOx foreligger som NO₂ i beregningspunkterne.

Beregningerne findes vedlagt som bilag 6 om *Emissioner - resultater* og giver resultater for CO, NO_x og partikler, som anført i Tabel 5-11 til Tabel 5-13.

	Scenarie 1	Scenarie 2
EU's luftgrænseværdi	CO: 10 mg/m³, daglig maksimal 8-timers middelværdi	
Beregnet CO koncentration (8 timers glidende middelværdi) mg/m³	0,9	0,9
Afstand til nulpunkt*, m	100	100
Retning i forhold til beregningens nord, grader	140	140
Længste afstand til nulpunkt* (m), hvor EU's luftgrænseværdi er overholdt på land	Overholdes i alle beregningspunkter	Overholdes i alle beregningspunkter
Arbejdstilsynets grænseværdi	CO: 23 mg/m³, Gennemsnitskoncentration over 8 timer	
Længste afstand til nulpunkt* (m), hvor Arbejdstilsynets grænseværdi er overholdt	Gennemsnitskoncentrationen over 8 timer kan ikke vises i OML-modellen. Der sammenholdes derfor med den beregnede maksimale 8 timers glidende middelværdi beregnet til 0,9 mg/m ³ . Da den maksimale 8 timers glidende middelværdi ikke er overskredet, vurderes gennemsnitskoncentrationen over 8 timer at være overholdt i alle beregningspunkter	Gennemsnitskoncentrationen over 8 timer kan ikke vises i OML-modellen. Der sammenholdes derfor med den beregnede maksimale 8 timers glidende middelværdi beregnet til 0,9 mg/m ³ . Da den maksimale 8 timers glidende middelværdi ikke er overskredet, vurderes gennemsnitskoncentrationen over 8 timer at være overholdt i alle beregningspunkter

Tabel 5-11. Oversigt over immissionskoncentrationen af CO beregnet for de to scenarier. * Nulpunktet er beregningens nulpunkt og kan være et tilfældigt sted langs kysten.

	Scenarie 1	Scenarie 2
EU's luftgrænseværdi	NO₂: 200 µg/m³ (timemiddelværdi). Må ikke overskrides mere end 18 gange pr. kalenderår	
Beregnet NO₂ koncentration (19 største timemiddeldkoncentration) µg/m³	290	290
Afstand til nulpunkt*, m	100	100
Retning i forhold til beregningens nord, grader	140	140
Længste afstand til nulpunkt* (m), hvor grænseværdien er overholdt på land	Overholdes fra imellem 100 og 150 meter fra nulpunktet.	Overholdes fra imellem 100 og 150 meter fra nulpunktet.
Arbejdstilsynets grænseværdi	NO₂: 0,96 mg/m³, Gennemsnitskoncentration over 8 timer	
Længste afstand til nulpunkt* (m), hvor grænseværdien er overholdt på land	Gennemsnitskoncentrationen over 8 timer kan ikke vises i OML-modellen. Der sammenholdes derfor med den beregnede maksimale 8 timers glidende middelværdi beregnet til 0,25 mg/m ³ . Da den maksimale 8 timers glidende middelværdi ikke er overskredet, vurderes	Gennemsnitskoncentrationen over 8 timer kan ikke vises i OML-modellen. Der sammenholdes derfor med den beregnede maksimale 8 timers glidende middelværdi beregnet til 0,25 mg/m ³ . Da den maksimale 8 timers glidende middelværdi ikke er overskredet, vurderes gennemsnitskoncentrationen

	Scenarie 1	Scenarie 2
	gennemsnitskoncentrationen over 8 timer at være overholdt i alle beregningspunkter	over 8 timer at være overholdt i alle beregningspunkter
Arbejdstilsynets korttidsværdi	NO₂: 2x0,96 mg/m³, koncentrationen i en tidsperiode på højst 15 minutter må aldrig overskrides	
Længste afstand til nulpunkt* (m), hvor grænseværdien er overholdt på land	Korttidsværdien kan ikke vises i OML-modellen. Der sammenholdes derfor med den beregnede maksimale timemiddelkoncentration beregnet til 0,35 mg/m ³ . Da den maksimale timemiddelkoncentration ikke overskrider grænsen for korttidsværdien vurderes korttidsværdien at være overholdt i alle beregningspunkter	Korttidsværdien kan ikke vises i OML-modellen. Der sammenholdes derfor med den beregnede maksimale timemiddelkoncentration beregnet til 0,35 mg/m ³ . Da den maksimale timemiddelkoncentration ikke overskrider grænsen for korttidsværdien vurderes korttidsværdien at være overholdt i alle beregningspunkter

Tabel 5-12. Oversigt over immissionskoncentrationen af NO₂ beregnet for de to scenarier. * Nulpunktet er beregningsnulpunkt og kan være et tilfældigt sted langs kysten.

	Scenarie 1	Scenarie 2
EU's luftgrænseværdi	Partikler (PM10): 50 µg/m³ (døgnmiddelværdi). Må ikke overskrides mere end 35 gange pr. kalenderår	
Beregnet partikelkoncentration (36 største døgnmiddeldkoncentration) µg/m³	1,8	1,8
Afstand til nulpunkt*, m	100	100
Retning i forhold til beregnings nord	70	70
Længste afstand til nulpunkt* (m), hvor grænseværdien er overholdt på land	Overholdes i alle beregningspunkter	Overholdes i alle beregningspunkter
Arbejdstilsynets grænseværdi	Mineralsk støv (inert): 10 mg/m³. Gennemsnitskoncentration over 8 timer Mineralsk støv (inert og respirabelt): 5 mg/m³. Gennemsnitskoncentration over 8 timer	
Længste afstand til nulpunkt* (m), hvor grænseværdien er overholdt på land	Gennemsnitskoncentrationen over 8 timer kan ikke vises i OML-modellen. Der sammenholdes derfor med den beregnede maksimale 8 timers glidende middelværdi beregnet til 0,007 mg/m³. Da den maksimale 8 timers glidende middelværdi ikke er overskredet, vurderes gennemsnitskoncentrationen over 8 timer at være overholdt i alle beregningspunkter	Gennemsnitskoncentrationen over 8 timer kan ikke vises i OML-modellen. Der sammenholdes derfor med den beregnede maksimale 8 timers glidende middelværdi beregnet til 0,007 mg/m³. Da den maksimale 8 timers glidende middelværdi ikke er overskredet, vurderes gennemsnitskoncentrationen over 8 timer at være overholdt i alle beregningspunkter

Tabel 5-13. Oversigt over immissionskoncentrationen af partikler beregnet for de to scenarier. * Nulpunktet er beregningens nulpunkt og kan være et tilfældigt sted langs kysten.

Det fremgår af Tabel 5-11 til Tabel 5-13, at den væsentligste emission udgøres af NO₂. NO₂ emissionen overskrider i nogle beregningspunkter EU's luftgrænseværdi uden, at der er taget højde for baggrundsværdien i området, men overholder Arbejdstilsynets grænseværdi.

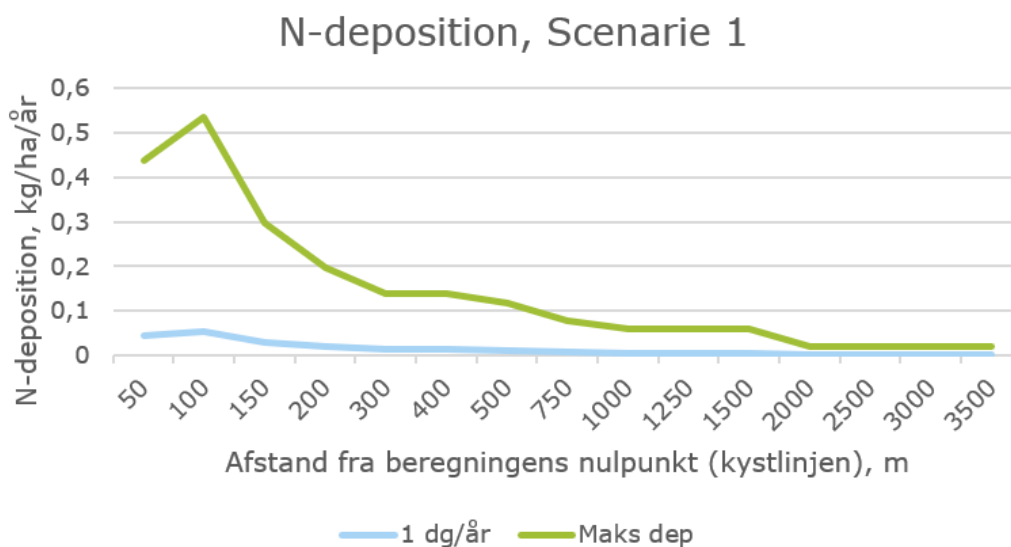
CO-emissionen og partikelemissionen overholder EU's og Arbejdstilsynets luftgrænseværdier i alle beregningspunkter.

5.4 Beregning af deposition

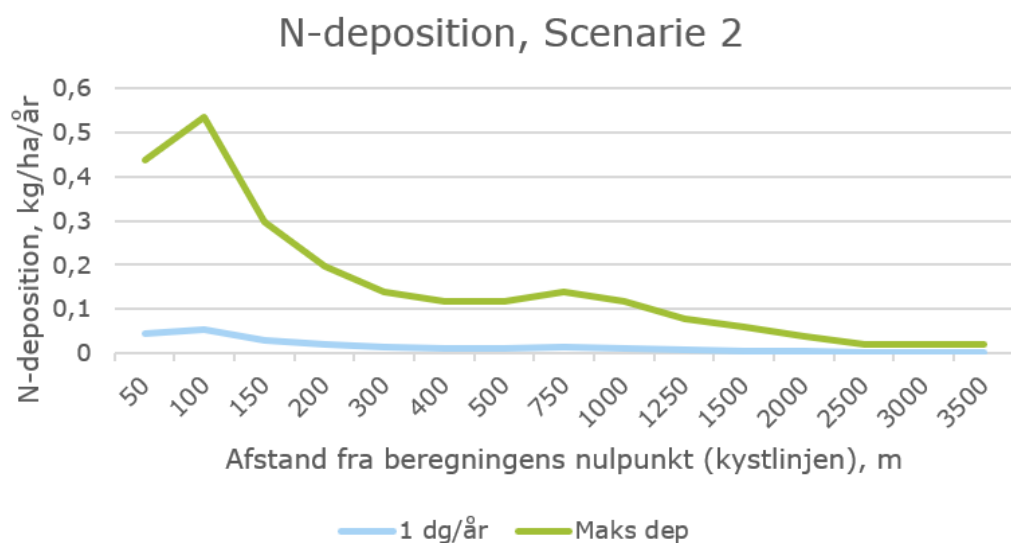
Der er foretaget beregninger af kvælstofdepositionen. Beregningerne er foretaget med anvendelse af den beregnede NO₂-emission, idet det antages, at 50% oxideres til NO₂ og resten af NO_x udgøres af NO.

OML-Beregningerne findes vedlagt som bilag 6 om *Emissioner - Resultater* og giver resultater af henholdsvis NO₂ og NO depositionerne for hver af de to undersøgte scenarier til sandfodring. Resultaterne er efterfølgende omregnet til N-deposition ved multiplikation af forholdet mellem molmassen for N i NO₂ (14/46) og N i NO (14/30) og den maksimale N-deposition i hver afstand fra beregningens nulpunkt er fundet. Derefter er der foretaget en korrektion for antal arbejdsdage samt for N-deposition forårsaget af andre nærliggende arbejdsarealer i op til 1.000 meter afstand (jf. beskrivelsen i afsnit 5.1).

Resultaterne af OML-beregningerne for deposition er nedenfor præsenteret for de to scenarier som funktion af afstanden til beregningens nulpunkt (en entreprenørmaskine placeret på kystlinjen), jf. Figur 5-2 og Figur 5-3.



Figur 5-2. Beregnet maksimal N-deposition som funktion af afstanden til beregningens nulpunkt under anvendelse af scenarie 1. Den blå kurve viser N-depositionen fra aktiviteter på et areal på 100x100 meter, og den grønne kurve viser den maksimale kumulerede N-deposition over en strækning på 1.000 meter på begge sider af arealet.



Figur 5-3. Beregnet maksimal N-deposition som funktion af afstanden til beregningens nulpunkt under anvendelse af scenarie 2. Den blå kurve viser N-depositionen fra aktiviteter på et areal på 100x100 meter, og den grønne kurve viser den maksimale kumulerede N-deposition over en strækning på 1.000 meter på begge sider af arealet.

grønne kurve viser den maksimale kumulerede N-deposition over en strækning på 1.000 meter på begge sider af arealet.

Resultaterne kan også præsenteres som den maksimale kumulerede N-deposition for hvert scenarie, jf. Tabel 5-14.

	Maksimal kumuleret N-deposition kg/ha/år	Afstand fra nulpunkt til beregningspunkt, m	Retning fra nord, grader
Scenarie 1b	0,53	100	70
Scenarie 2b	0,53	100	70

Tabel 5-14. Oversigt over den maksimalt beregnede N-deposition for de to scenarier i ét beregningspunkt.

Resultaterne skal herefter sammenholdes med baggrundsbelastningen i det enkelte naturområde samt dets tålegrænse, hvilket gøres i kapitel 16 om *Natur på land*.

BILAG 6

EMISSIONER - RESULTATER



Immission Scenarie 1

Meteorologiske spredningsberegninger er udført for følgende periode (lokal standard tid):

Start af beregningen = 760101 kl. 1
Slut på beregningen (incl.) = 761231 kl. 24

Meteorologiske data er fra: Kastrup

Koordinatsystem.

Der er anvendt et x,y-koordinatsystem med x-akse mod øst (90 grader) og y-akse mod nord (0 grader).
Enheden er meter. Systemet er fælles for receptorer og kilder. Origo kan fastlægges frit, fx. i
skorstensfoden for den mest dominerende kilde eller som i UTM-systemet.

Receptordata.

Ruhedslængde, z0 = 0.050 m

Største terrænhældning = 0 grader

Receptorerne er beliggende med 10 graders interval i 15 koncentriske cirkler
med centrum x,y: 0., 0.
og radierne (m):

50.	100.	150.	200.	250.
300.	400.	500.	600.	700.
1000.	1500.	2000.	2500.	3000.

Alle terrænhøjder = 0.0 m.

Alle receptorhøjder = 1.5 m.

Alle overflader er typenr. = 2.

Forkortelser benyttet for kildeparametrene:

Nr.....: Internt kildenummer
 ID.....: Tekst til identificering af kilde
 X.....: X-koordinat for kilde [m]
 Y.....: Y-koordinat for kilde [m]
 Z.....: Terrænkote for skorstensfod [m]
 HS.....: Skorstenshøjde over terræn [m]
 T.....: Temperatur af røggas [Kelvin]/[Celsius]
 VOL.....: Volumenmængde af røggas [normal m3/sek]
 DSO.....: Ydre diameter af skorstenstop [m]
 DSI.....: Indre diameter af skorstenstop [m]
 HB.....: Generel beregningsmæssig bygningshøjde [m]
 Qi.....: Emission af stof nr. 'i' [gram/sek], [MLE/sek] eller [MOU/sek]

Punktkilder.

Kilddata:

Nr	ID	X	Y	Z	HS	T(C)	VOL	DSI	DSO	HB	NO2 Q1	CO Q2	Partik Q3
1	Gravemas	0.	0.	0.0	3.0	250.	0.11	0.15	0.15	0.0	0.0600	0.2200	1.50E-03
2	Gravemas	75.	-75.	0.0	3.0	250.	0.11	0.15	0.15	0.0	0.0600	0.2200	1.50E-03
3	Gummi	25.	-50.	0.0	3.0	250.	0.08	0.15	0.15	0.0	0.0500	0.1700	1.20E-03
4	Lil	-550.	0.	0.0	20.0	250.	1.09	1.00	1.00	0.0	1.3500	0.1400	0.0800
5	Gravemas	0.	100.	0.0	3.0	250.	0.11	0.15	0.15	0.0	0.0600	0.2200	1.50E-03
6	Gravemas	75.	25.	0.0	3.0	250.	0.11	0.15	0.15	0.0	0.0600	0.2200	1.50E-03
7	Gummi	25.	50.	0.0	3.0	250.	0.08	0.15	0.15	0.0	0.0500	0.1700	1.20E-03
8	Lil	-550.	100.	0.0	20.0	250.	1.09	1.00	1.00	0.0	1.3500	0.1400	0.0800

Tidsvariationer i emissionen fra punktkilder.

Emissionerne fra de enkelte punktkilder er konstant.

Afledte kildeparametre:

Kilde nr.	Vertikal røggashastighed m/s	Buoyancy flux (termisk løft) (omtrentlig) m4/s3
1	11.6	0.3
2	11.6	0.3
3	9.2	0.2
4	2.7	3.0
5	11.6	0.3
6	11.6	0.3
7	9.2	0.2
8	2.7	3.0

Der er ingen retningsafhængige bygningsdata.

Udskrevet: 2019/04/04 kl. 13:26

Dato: 2019/04/04

OML-Multi PC-version 20170914/6.20

Side 3

DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, Aarhus Universitet

Side til advarsler.

NO2 Periode: 760101-761231

Maksimalle timeværdier ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Retning (grader)	50	100	150	200	250	300	Afstand (m)		400	500	600	700	1000	1500	2000	2500	3000
0	206	115	151	102	76	57	49	47	56	47	35	23	18	15	15	15	15
10	268	308	108	73	60	49	46	45	44	51	32	23	19	13	13	13	13
20	234	182	92	59	49	44	44	43	43	40	44	36	27	18	12	12	12
30	260	163	78	56	49	45	42	44	40	40	35	39	41	37	31	31	31
40	330	125	96	58	50	45	41	39	43	42	33	24	26	26	25	25	25
50	255	185	87	65	52	47	42	39	35	38	37	24	20	17	14	14	14
60	208	232	88	67	59	53	45	42	40	37	29	24	19	16	14	14	14
70	208	294	101	74	65	60	57	65	67	66	55	38	26	19	15	15	15
80	203	272	143	95	79	71	64	69	73	75	68	55	47	40	36	36	36
90	180	209	102	89	85	84	82	80	77	72	55	35	26	23	20	20	20
100	171	130	90	68	71	73	71	66	60	54	38	23	18	15	13	13	13
110	139	137	88	85	75	67	56	49	43	39	31	23	18	15	13	13	13
120	170	219	138	108	78	58	47	43	40	36	29	19	16	14	12	12	12
130	217	314	173	86	64	58	47	39	33	32	26	20	16	14	12	12	12
140	285	320	159	91	63	57	47	39	35	33	26	21	16	13	12	12	12
150	218	222	128	89	67	55	44	39	37	35	31	22	16	14	13	13	13
160	347	156	92	75	65	57	46	39	37	36	28	22	17	16	13	13	13
170	268	124	85	64	59	54	44	39	41	36	32	23	18	15	14	14	14
180	206	135	77	63	57	52	43	48	46	42	33	26	20	17	14	14	14
190	160	120	69	59	51	48	53	53	49	47	39	28	20	17	14	14	14
200	150	81	64	52	49	52	58	59	54	52	44	30	23	15	13	13	13
210	167	86	54	51	50	54	62	64	66	63	46	30	22	19	14	14	14
220	140	85	54	54	54	59	65	75	81	77	48	32	25	21	15	15	15
230	129	73	54	56	60	59	64	86	94	91	57	48	23	17	14	14	14
240	138	81	56	59	65	64	72	91	122	112	60	42	26	18	15	15	15
250	168	79	57	63	67	73	68	81	138	97	58	37	26	21	16	16	16
260	150	93	58	65	68	75	71	65	107	69	52	39	28	22	17	17	17
270	128	66	59	64	70	74	65	41	64	71	55	41	28	20	16	16	16
280	122	61	58	64	71	75	66	65	68	73	56	39	33	27	22	22	22
290	127	72	58	63	69	72	75	71	116	80	58	42	32	26	21	21	21
300	128	74	56	62	67	71	75	74	132	125	66	44	30	21	18	18	18
310	151	76	56	59	64	65	72	75	108	114	66	40	29	23	18	18	18
320	161	96	57	59	60	62	65	71	87	89	61	38	28	22	18	18	18
330	181	129	91	67	60	56	58	66	70	68	54	32	33	21	18	18	18
340	153	183	117	91	73	60	55	57	60	55	48	28	25	20	16	16	16
350	159	287	181	93	68	52	51	52	54	51	38	31	22	16	12	12	12

Maksimum= 346.71 i afstand 50 m og retning 160 grader.

CO Periode: 760101-761231

Maksimale timeværdier ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Retning (grader)	Afstand (m)														
	50	100	150	200	250	300	400	500	600	700	1000	1500	2000	2500	3000
0	699	397	551	368	273	206	147	124	105	90	61	37	27	22	18
10	910	1061	397	260	216	174	141	120	102	87	59	36	25	19	15
20	796	665	337	217	173	155	138	118	101	87	59	36	25	19	15
30	885	563	280	197	174	161	148	128	109	94	63	37	25	19	15
40	1141	458	265	207	179	158	134	115	100	86	59	36	25	20	17
50	880	677	294	204	166	143	123	104	88	77	53	34	24	19	15
60	717	847	320	226	180	157	134	114	100	87	60	37	26	19	15
70	761	1077	372	271	187	143	128	113	99	86	60	37	26	19	15
80	745	988	396	238	181	156	143	125	119	113	82	46	33	27	23
90	661	763	365	228	178	155	132	116	100	87	60	37	26	19	15
100	539	476	323	198	186	183	158	132	110	93	63	38	26	19	15
110	472	504	323	217	185	178	153	127	108	93	63	38	26	19	15
120	577	803	454	312	202	191	159	130	108	91	60	37	25	19	15
130	737	1152	624	309	229	209	167	134	111	94	62	37	25	19	15
140	969	1173	579	329	228	205	169	139	115	97	63	37	25	19	15
150	742	812	468	322	241	198	158	132	111	94	62	37	25	19	15
160	1188	544	323	266	232	204	165	137	114	96	63	37	25	19	15
170	911	422	299	229	212	193	157	129	108	92	61	37	25	19	15
180	699	464	270	224	202	185	155	128	107	91	60	36	25	18	14
190	546	414	243	210	182	170	143	120	102	87	59	36	25	18	14
200	542	278	223	183	173	166	145	123	105	89	59	35	24	18	14
210	601	309	193	166	157	150	132	114	98	85	58	36	24	18	14
220	508	306	194	169	157	150	132	114	99	86	58	36	24	18	14
230	472	262	195	164	150	143	125	109	95	82	57	35	24	18	14
240	505	298	186	159	147	141	124	108	94	82	57	35	24	18	14
250	617	290	192	172	161	148	123	107	93	81	56	35	24	18	14
260	549	341	210	183	175	163	137	115	97	84	58	35	24	18	15
270	468	237	185	170	162	150	129	112	97	84	57	35	24	18	15
280	447	220	185	177	167	154	130	109	93	81	56	35	25	19	15
290	464	262	196	189	182	170	142	117	97	82	55	36	28	23	20
300	470	268	196	196	191	178	147	120	101	86	58	36	25	19	15
310	554	276	200	196	191	177	144	117	98	84	57	35	24	18	15
320	587	351	204	211	202	185	150	123	102	86	57	35	24	18	15
330	650	474	333	240	215	183	146	121	101	86	59	38	31	25	21
340	550	670	427	326	263	215	166	131	105	88	57	34	24	18	15
350	540	1051	651	333	245	188	149	123	104	89	60	40	31	25	21

Maksimum= 1187.90 i afstand 50 m og retning 160 grader.

Partik Periode: 760101-761231

Maksimale timeværdier ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Retning (grader)	50	100	150	200	250	300	Afstand (m)		400	500	600	700	1000	1500	2000	2500	3000
0	5	3	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	1	1	1	1
10	6	8	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	1	1	1	1
20	6	5	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	2	2	1	1
30	6	4	3	3	3	3	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2
40	8	3	4	3	3	3	2	2	3	3	3	2	1	1	1	1	1
50	6	5	4	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1
60	5	6	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1
70	5	7	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	1	1	1	1
80	5	7	5	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2
90	6	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	2	2	1	1
100	6	4	3	4	4	4	4	4	3	3	3	3	2	1	1	1	1
110	4	3	4	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1
120	4	5	5	4	3	3	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1
130	5	8	4	3	3	3	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1
140	7	8	4	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1
150	5	6	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1
160	8	4	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1
170	6	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1
180	5	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	1	1	1
190	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	1	1	1
200	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	1	1	1
210	4	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	3	2	1	1	1
220	3	3	3	3	3	3	4	4	4	5	5	5	3	2	1	1	1
230	3	3	3	3	4	3	4	4	5	6	5	5	3	3	1	1	1
240	3	3	3	4	4	4	4	4	5	7	7	7	4	3	2	1	1
250	4	3	3	4	4	4	4	4	5	8	6	6	3	2	1	1	1
260	4	3	3	4	4	4	4	4	4	6	4	4	3	2	2	1	1
270	3	3	4	4	4	4	4	2	4	4	4	4	3	2	2	1	1
280	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	2	2	2	1
290	3	3	3	4	4	4	4	4	4	7	5	3	2	2	2	1	1
300	3	3	3	4	4	4	4	4	4	8	7	4	3	2	2	1	1
310	4	3	3	3	4	4	4	4	4	6	7	4	2	2	2	1	1
320	4	3	3	3	4	4	4	4	4	5	5	4	2	2	2	1	1
330	4	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	3	2	2	2	1	1
340	4	5	3	3	3	3	3	3	3	4	3	3	2	1	1	1	1
350	4	7	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	1	1	1

Maksimum= 8.46 i afstand 100 m og retning 10 grader.

NO2 Periode: 760101-761231

Maksimalt 8-timers glidende middel (µg/m3)

Retning (grader)	50	100	150	200	250	300	Afstand (m)		400	500	600	700	1000	1500	2000	2500	3000
0	178	94	111	65	45	38	40	34	30	31	25	14	10	8	7		
10	200	243	92	54	41	34	39	28	27	24	19	15	10	8	6		
20	129	136	70	46	39	35	32	34	24	20	15	12	11	10	9		
30	185	134	66	46	40	36	30	29	29	24	15	11	10	9	8		
40	239	110	82	47	38	35	30	24	23	25	19	12	9	7	6		
50	151	127	70	57	45	37	31	26	22	21	17	14	10	9	8		
60	164	190	73	53	49	44	35	30	25	23	17	12	10	8	8		
70	164	220	83	57	50	45	39	35	31	27	18	13	10	8	7		
80	160	184	97	66	52	44	36	31	27	24	19	15	12	11	10		
90	129	117	75	60	51	45	38	33	29	26	19	14	11	9	8		
100	116	110	58	49	47	42	34	29	25	22	17	13	11	9	8		
110	116	107	66	55	51	45	38	33	29	26	19	13	9	8	7		
120	135	172	107	76	54	44	34	29	24	20	15	11	9	8	7		
130	168	213	147	52	41	37	30	26	22	20	15	12	10	9	8		
140	237	249	132	61	46	39	31	25	21	18	14	11	10	9	8		
150	97	174	93	58	49	43	34	28	23	20	13	10	9	8	7		
160	200	118	67	54	44	38	31	25	22	19	13	10	8	8	7		
170	239	97	60	51	43	36	28	23	19	16	12	9	8	8	7		
180	178	75	60	49	45	40	32	26	22	18	15	12	9	10	9		
190	142	75	53	43	40	38	34	29	25	23	16	16	12	9	8		
200	116	63	45	37	42	37	28	28	33	24	21	13	10	10	9		
210	105	52	45	39	44	40	36	37	34	37	22	15	12	10	10		
220	120	55	40	40	45	46	41	55	47	42	27	15	10	8	8		
230	115	60	41	40	45	51	44	58	53	44	30	17	13	9	7		
240	120	63	42	42	43	50	44	53	63	81	34	21	13	11	9		
250	136	59	42	44	47	43	41	58	92	58	46	25	18	13	10		
260	120	58	43	43	46	52	43	39	59	50	44	30	16	11	9		
270	112	56	45	46	50	53	41	21	32	45	45	30	19	13	11		
280	104	47	43	42	45	61	45	25	43	48	45	25	13	11	9		
290	95	52	42	51	50	51	63	48	86	57	49	26	15	11	10		
300	115	54	44	46	47	54	62	55	91	86	40	25	16	13	10		
310	116	61	47	45	49	53	51	67	65	58	45	23	13	11	10		
320	106	74	45	44	48	53	50	60	61	47	46	28	18	16	13		
330	137	100	66	52	49	47	47	51	56	50	30	21	18	18	15		
340	124	136	93	73	54	47	42	49	44	41	23	15	11	12	10		
350	138	196	138	70	48	44	37	37	39	33	25	14	10	9	8		

Maksimum= 248.78 i afstand 100 m og retning 140 grader.

NO2 Periode: 760101-761231

Den 19. største timemiddel koncentration ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Retning (grader)	50	100	150	200	250	300	Afstand (m)								
	50	100	150	200	250	300	400	500	600	700	1000	1500	2000	2500	3000
0	190	101	141	75	52	46	45	42	40	38	25	18	14	11	9
10	241	282	99	62	48	44	42	38	36	32	25	16	12	10	9
20	139	168	81	53	45	42	39	38	34	30	23	16	13	11	9
30	143	145	74	48	44	41	38	34	33	30	21	16	12	11	10
40	247	117	86	53	44	41	36	34	30	27	24	16	12	10	9
50	201	159	74	61	49	43	39	33	30	28	22	17	13	11	10
60	183	203	81	62	54	49	41	37	33	29	22	15	12	11	9
70	197	275	95	69	61	54	46	40	36	32	25	17	13	11	10
80	185	240	127	88	71	62	49	42	37	33	26	18	13	11	10
90	163	163	90	81	70	62	52	45	39	35	25	17	13	11	10
100	151	120	74	63	62	59	50	43	37	32	24	17	13	11	10
110	128	123	75	78	68	58	46	39	34	30	23	15	13	11	10
120	157	190	131	95	65	52	41	35	30	27	19	13	11	10	9
130	204	210	147	71	50	43	37	32	27	25	19	14	12	10	9
140	257	290	146	81	56	46	37	31	28	26	18	13	11	10	9
150	116	193	120	73	55	45	36	33	28	23	17	13	11	10	9
160	223	145	79	62	54	48	39	33	28	25	20	14	11	10	9
170	248	116	71	57	50	46	39	35	30	28	22	14	11	10	9
180	190	97	66	53	47	45	39	35	35	33	23	15	12	12	10
190	151	87	59	48	46	43	39	41	40	35	25	18	14	11	9
200	137	69	52	46	44	43	44	47	45	44	32	18	13	12	10
210	135	63	49	46	44	45	51	51	58	50	36	20	15	11	10
220	133	62	49	47	44	47	54	63	59	55	40	21	14	11	9
230	127	64	49	48	49	50	57	75	78	80	45	24	16	11	9
240	134	65	51	51	55	49	57	74	99	93	50	27	18	14	10
250	141	67	51	57	59	59	54	71	116	84	55	31	20	15	12
260	136	65	54	58	61	66	59	53	76	63	49	33	21	15	11
270	123	60	54	59	65	70	58	27	41	61	51	35	22	15	11
280	116	55	55	60	66	69	61	31	46	62	51	30	18	13	10
290	113	57	53	59	62	70	70	65	88	69	53	32	19	14	11
300	123	62	53	58	62	64	70	67	107	97	58	32	18	13	11
310	139	68	51	55	58	61	64	69	84	88	59	29	19	14	12
320	143	78	53	52	54	56	60	68	77	76	50	28	18	13	11
330	151	112	68	59	51	53	55	63	62	60	42	23	17	14	13
340	142	163	106	73	54	49	52	53	53	48	36	20	14	13	12
350	150	256	148	77	55	48	47	48	48	40	31	21	13	11	9

Maksimum= 290.08 i afstand 100 m og retning 140 grader.

NO2 Periode: 760101-761231

Den 36. største 24-timemiddel på årsbasis (µg/m3)

Retning (grader)	Afstand (m)														
	50	100	150	200	250	300	400	500	600	700	1000	1500	2000	2500	3000
0	43	25	30	18	13	11	10	8	6	5	3	2	2	1	1
10	45	54	26	17	13	11	9	8	6	5	4	2	2	1	1
20	35	44	30	18	14	11	9	8	7	6	4	2	2	1	1
30	34	40	29	19	15	12	9	7	6	6	4	3	2	1	1
40	40	40	27	20	15	12	9	8	6	5	4	2	2	2	1
50	41	43	29	21	16	13	10	8	7	6	4	3	2	1	1
60	41	43	33	23	17	14	11	9	7	6	4	3	2	2	1
70	44	65	35	24	18	15	11	9	8	6	4	3	2	2	1
80	43	53	36	24	18	15	12	9	8	7	5	3	2	2	2
90	43	31	31	23	19	15	12	9	8	7	5	3	2	2	2
100	39	31	27	24	18	15	11	8	7	6	4	3	2	2	1
110	36	33	31	21	17	13	9	7	6	5	4	2	2	1	1
120	34	35	34	20	14	11	8	6	5	4	3	2	1	1	1
130	32	35	27	15	11	9	7	5	4	4	2	2	1	1	1
140	32	33	23	14	10	9	6	5	4	3	2	1	1	1	1
150	29	39	26	13	10	8	6	4	4	3	2	2	1	1	1
160	36	38	25	16	11	9	6	5	4	3	2	2	1	1	1
170	43	36	22	15	11	9	6	5	4	3	3	2	1	1	1
180	44	30	20	14	11	9	7	5	5	4	3	2	2	1	1
190	42	28	18	13	10	8	7	6	5	4	3	2	2	1	1
200	37	27	16	12	9	7	6	5	5	4	4	3	2	1	1
210	35	26	17	12	9	8	6	5	5	5	4	3	2	1	1
220	33	25	18	14	10	9	7	6	5	6	5	3	2	1	1
230	37	25	18	16	12	10	7	6	7	8	6	2	2	1	1
240	38	24	18	16	13	11	8	7	10	11	5	3	3	2	2
250	41	25	19	16	14	12	8	7	13	11	8	5	3	2	2
260	40	25	20	16	15	13	10	6	11	9	10	5	3	2	2
270	37	23	18	16	15	15	10	4	5	11	12	5	3	2	1
280	35	23	18	16	15	14	12	4	4	8	7	3	2	1	1
290	34	24	18	16	15	14	14	8	9	10	7	3	2	1	1
300	36	26	19	16	15	14	13	9	12	10	8	3	2	1	1
310	34	26	20	17	15	15	13	8	8	9	6	3	2	1	1
320	39	30	21	17	15	14	11	8	8	7	5	3	2	1	1
330	40	35	24	18	14	13	12	9	7	6	4	2	2	1	1
340	40	39	27	17	14	13	11	8	6	6	4	2	2	1	1
350	40	45	26	18	14	12	10	8	7	5	4	2	2	1	1

Maksimum= 65.36 i afstand 100 m og retning 70 grader.

CO Periode: 760101-761231

Maksimalt 8-timers glidende middel (µg/m3)

Retning (grader)	50	100	150	200	250	300	Afstand (m)		400	500	600	700	1000	1500	2000	2500	3000
0	608	324	399	232	161	121	87	71	60	52	36	23	16	12	10		
10	681	834	339	193	146	112	77	65	57	50	36	24	18	14	11		
20	440	464	257	164	136	111	79	65	55	49	37	25	19	15	12		
30	628	465	211	164	142	128	107	88	75	66	46	29	21	16	13		
40	830	402	204	168	135	118	101	87	75	65	45	28	20	15	12		
50	536	466	253	154	131	108	83	68	57	49	33	22	16	13	10		
60	601	693	265	156	127	106	81	67	58	52	38	26	19	15	12		
70	601	804	288	172	129	107	88	75	64	56	39	25	18	13	11		
80	587	650	263	173	133	118	97	82	72	64	45	29	21	16	13		
90	473	426	258	151	131	117	96	83	72	63	44	28	20	15	12		
100	427	403	193	134	117	110	100	87	76	66	46	29	20	15	12		
110	394	391	243	142	127	115	93	76	65	58	42	28	20	16	13		
120	461	631	331	191	144	128	102	83	69	58	40	27	19	15	12		
130	572	781	529	187	140	124	99	81	67	57	38	24	18	14	12		
140	806	912	481	221	166	141	110	89	74	62	41	25	18	14	11		
150	354	637	336	209	175	153	122	99	83	71	47	29	20	15	12		
160	694	416	235	192	156	138	109	91	77	66	45	28	20	15	12		
170	814	332	211	184	154	128	100	82	69	58	39	24	17	13	10		
180	608	261	212	176	161	145	114	91	75	63	42	25	18	14	11		
190	486	259	189	152	143	136	120	103	89	77	53	33	23	17	13		
200	395	217	158	130	111	104	93	83	73	65	46	30	21	16	13		
210	379	186	159	126	107	95	76	67	59	53	39	26	19	14	12		
220	434	197	145	119	100	86	71	62	55	49	36	24	18	14	11		
230	421	216	146	122	110	99	80	67	57	49	34	22	16	13	10		
240	439	229	152	129	120	109	91	75	64	55	37	22	16	12	10		
250	499	216	151	124	115	106	92	80	69	60	42	27	19	14	11		
260	442	213	155	135	119	109	96	83	72	63	45	28	20	15	12		
270	412	204	162	143	127	113	90	76	66	57	40	26	18	14	11		
280	381	169	152	137	121	105	88	75	65	57	41	27	19	15	12		
290	347	189	150	136	125	115	95	81	69	60	42	27	19	15	12		
300	421	194	151	140	128	116	96	80	68	59	41	26	18	14	11		
310	425	221	151	138	123	109	88	73	62	55	41	28	20	16	13		
320	385	273	159	152	129	110	92	79	69	61	44	29	21	16	13		
330	494	368	237	188	177	157	120	95	78	65	42	27	20	15	12		
340	447	499	339	263	195	157	109	89	76	65	45	29	20	15	12		
350	473	720	497	253	173	142	106	86	72	62	43	27	19	14	11		

Maksimum= 912.19 i afstand 100 m og retning 140 grader.

CO Periode: 760101-761231

Den 19. største timemiddel koncentration ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Retning (grader)	50	100	150	200	250	300	Afstand (m)		400	500	600	700	1000	1500	2000	2500	3000
0	645	346	510	270	187	154	113	92	79	68	46	30	22	17	14		
10	818	967	363	220	172	136	106	86	74	64	46	30	22	17	14		
20	473	605	296	184	155	134	106	93	81	71	50	31	22	17	14		
30	485	501	233	174	147	133	108	94	82	72	51	33	23	18	14		
40	852	428	239	179	148	130	111	93	82	73	51	32	23	18	14		
50	687	584	263	174	140	121	102	89	78	69	48	31	22	17	14		
60	663	739	294	197	151	126	102	90	80	71	51	33	23	18	14		
70	724	1007	346	198	148	126	107	95	84	73	52	33	24	18	14		
80	680	869	329	203	153	135	115	102	90	80	56	35	25	19	15		
90	593	598	301	191	151	134	117	102	87	77	54	34	24	18	15		
100	491	441	268	173	142	137	124	108	93	81	57	35	24	18	15		
110	441	451	275	181	144	131	119	104	90	79	54	34	24	18	14		
120	533	698	391	225	158	140	117	100	84	74	51	33	23	17	14		
130	694	769	525	249	179	152	120	101	86	74	52	33	23	17	14		
140	875	1064	531	294	201	163	130	110	94	81	55	34	24	18	14		
150	410	707	441	264	198	161	125	105	89	76	51	32	23	17	14		
160	773	507	285	220	195	170	131	105	88	73	51	31	22	17	13		
170	845	396	248	203	179	162	134	110	93	79	54	33	23	17	14		
180	645	337	232	187	168	150	127	109	92	78	54	33	23	18	14		
190	521	299	207	171	153	138	118	101	89	77	54	33	23	17	14		
200	496	242	183	150	134	123	103	88	77	68	48	31	22	17	14		
210	487	228	171	146	131	118	99	86	76	67	47	30	22	17	14		
220	481	223	166	141	127	120	105	91	79	69	48	31	22	17	14		
230	463	232	167	142	129	118	104	91	79	69	49	31	23	17	14		
240	492	238	172	144	131	119	106	93	79	70	50	32	22	17	14		
250	517	243	176	142	128	119	106	93	81	72	50	32	23	18	14		
260	497	235	170	140	129	124	108	95	84	74	52	33	23	18	14		
270	452	216	159	137	129	120	106	93	80	70	49	32	23	17	14		
280	424	201	155	134	123	114	97	84	74	66	46	30	21	16	13		
290	416	206	157	138	129	119	100	82	70	62	45	30	22	17	13		
300	451	227	164	148	139	126	107	90	80	71	50	32	22	17	14		
310	504	246	173	157	148	135	113	95	81	70	49	31	22	16	13		
320	518	285	189	173	154	138	110	91	78	67	47	30	21	16	13		
330	544	412	248	211	171	148	118	97	82	71	50	31	22	16	13		
340	512	596	384	264	196	162	117	98	83	72	49	30	22	16	13		
350	509	940	536	277	199	161	117	97	83	70	49	31	22	17	13		

Maksimum= 1063.61 i afstand 100 m og retning 140 grader.

CO Periode: 760101-761231

Den 36. største 24-timemiddel på årsbasis (µg/m3)

Retning (grader)	Afstand (m)														
	50	100	150	200	250	300	400	500	600	700	1000	1500	2000	2500	3000
0	149	88	100	56	34	25	15	11	9	8	5	3	2	2	1
10	159	167	87	52	34	26	18	13	10	8	5	3	2	2	1
20	120	148	94	54	37	27	18	14	10	9	6	3	2	2	1
30	120	125	90	59	38	29	19	13	10	8	5	3	2	2	1
40	136	138	86	57	41	31	20	14	11	9	5	4	3	2	2
50	146	139	84	60	45	32	21	15	12	10	6	4	3	2	2
60	145	131	98	64	46	35	23	17	13	11	7	4	3	2	2
70	149	211	107	66	49	38	25	19	15	12	8	5	3	3	2
80	144	170	104	67	50	39	27	21	16	13	8	5	4	3	2
90	130	94	86	64	51	39	27	20	16	13	8	5	4	3	2
100	124	93	82	64	47	35	23	17	14	11	7	5	3	3	2
110	119	99	93	61	41	31	20	14	11	10	6	4	3	2	2
120	116	105	109	60	35	26	16	12	10	9	6	3	3	2	2
130	111	102	82	38	27	20	13	11	9	7	5	3	2	2	1
140	113	116	69	38	27	22	14	10	8	7	5	3	2	2	1
150	104	133	95	42	25	20	14	11	9	7	5	3	2	2	1
160	129	134	86	53	35	24	15	11	9	7	5	3	2	2	1
170	152	126	76	51	37	26	17	12	9	7	5	3	2	2	1
180	156	106	71	45	31	26	17	13	10	8	5	3	2	2	1
190	148	101	65	39	32	25	18	14	11	9	6	4	3	2	2
200	130	98	58	39	28	20	14	11	9	7	5	3	2	2	1
210	124	91	57	40	28	23	15	11	9	8	5	3	2	2	1
220	117	89	60	39	31	26	18	13	10	9	6	4	2	2	1
230	132	90	61	45	35	26	19	16	13	10	7	4	3	2	2
240	135	83	61	46	35	27	19	15	13	10	7	4	3	2	2
250	145	89	60	44	34	27	19	14	12	10	7	4	3	2	2
260	141	87	57	41	32	26	19	14	11	10	7	4	2	2	1
270	132	81	51	38	29	24	16	12	9	8	6	4	2	2	1
280	125	83	57	38	27	21	14	11	9	7	5	3	2	1	1
290	122	85	55	38	26	21	13	10	8	6	5	3	2	1	1
300	126	92	60	35	25	19	13	11	8	7	5	3	2	1	1
310	125	93	56	36	26	21	15	11	9	8	5	3	2	1	1
320	138	109	68	40	28	22	14	11	8	7	4	3	2	2	1
330	141	126	75	47	27	22	15	11	9	7	5	3	2	1	1
340	142	140	82	47	29	22	15	11	8	6	4	2	2	1	1
350	140	157	83	54	34	23	14	10	8	6	4	3	2	1	1

Maksimum= 211.11 i afstand 100 m og retning 70 grader.

Partik Periode: 760101-761231

Maksimalt 8-timers glidende middel (µg/m3)

Retning (grader)	Afstand (m)															
	50	100	150	200	250	300	400	500	600	700	1000	1500	2000	2500	3000	
0	4	2	3	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	0	0	
10	5	7	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	0	0	
20	3	4	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	0	
30	4	3	3	2	2	2	2	2	2	1	1	1	0	0	0	
40	6	3	3	2	2	2	2	1	1	1	1	1	0	0	0	
50	4	3	3	3	2	2	2	2	1	1	1	1	1	0	0	
60	4	5	3	2	2	2	2	2	1	1	1	1	0	0	0	
70	4	5	3	2	2	2	2	2	1	1	1	1	0	0	0	
80	4	5	3	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	0	
90	4	3	3	2	2	2	1	1	1	1	1	1	0	0	0	
100	4	3	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	0	0	0	
110	3	3	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	0	0	0	
120	3	4	3	3	2	2	2	1	1	1	1	0	0	0	0	
130	4	5	4	2	2	2	1	1	1	1	1	0	0	0	0	
140	6	6	3	2	2	2	1	1	1	1	1	0	0	0	0	
150	2	4	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	0	0	0	
160	5	3	2	2	2	2	2	1	1	1	1	0	0	0	0	
170	6	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	0	0	0	
180	4	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
190	3	2	2	2	2	2	1	2	1	1	1	1	1	0	0	
200	3	2	2	2	3	2	2	2	2	1	1	1	1	0	0	
210	3	2	2	2	3	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	
220	3	2	2	2	3	3	2	3	3	2	2	1	1	0	0	
230	3	2	2	2	3	3	3	3	3	3	2	1	1	1	0	
240	3	2	2	2	3	3	3	3	4	5	2	1	1	1	0	
250	3	2	2	3	3	3	2	3	5	3	3	1	1	1	1	
260	3	2	2	3	3	3	3	2	3	3	3	2	1	1	0	
270	3	2	3	3	3	3	2	1	2	3	3	2	1	1	1	
280	3	3	3	2	3	4	3	1	3	3	3	1	1	1	1	
290	2	2	2	3	3	3	4	3	5	3	3	1	1	1	0	
300	3	2	3	3	3	3	4	3	5	5	2	1	1	1	1	
310	3	2	3	3	3	3	3	4	4	3	3	1	1	1	1	
320	3	2	3	3	3	3	3	4	4	3	3	2	1	1	1	
330	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	1	1	1	1	
340	3	3	3	3	3	3	2	3	3	2	1	1	1	1	1	
350	3	5	3	3	2	3	2	2	2	2	1	1	1	0		

Maksimum= 6.91 i afstand 100 m og retning 10 grader.

Partik Periode: 760101-761231

Den 19. største timemiddel koncentration ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Retning (grader)	Afstand (m)															
	50	100	150	200	250	300	400	500	600	700	1000	1500	2000	2500	3000	
0	5	3	3	3	3	3	3	3	2	2	1	1	1	1	0	
10	6	8	3	3	3	3	3	2	2	2	1	1	1	1	0	
20	3	4	3	3	3	2	2	2	2	2	1	1	1	1	0	
30	3	4	3	3	3	2	2	2	2	2	1	1	1	1	0	
40	6	3	4	3	2	2	2	2	2	2	1	1	1	0	0	
50	5	4	3	3	3	2	2	2	2	2	1	1	1	1	0	
60	5	5	3	3	3	2	2	2	2	2	1	1	1	0	0	
70	5	7	3	3	3	3	2	2	2	2	1	1	1	1	0	
80	5	6	4	3	3	3	2	2	2	2	1	1	1	1	0	
90	5	4	3	3	3	3	2	2	2	2	1	1	1	1	0	
100	5	3	3	3	3	3	2	2	2	2	1	1	1	1	0	
110	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	1	1	1	1	0	
120	4	5	4	4	3	2	2	2	2	1	1	1	1	0	0	
130	5	5	4	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	0	0	
140	6	7	4	2	2	2	2	2	1	1	1	1	0	0	0	
150	3	5	3	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	0	0	
160	5	4	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	0	0	
170	6	3	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	0	0	
180	5	3	3	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	
190	4	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	
200	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	1	1	1	1	
210	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	1	1	1	1	
220	3	3	3	3	3	3	3	4	3	3	2	1	1	1	0	
230	3	3	3	3	3	3	3	4	5	5	3	1	1	1	1	
240	3	3	3	3	3	3	3	4	6	6	3	2	1	1	1	
250	4	3	3	3	3	3	3	4	7	5	3	2	1	1	1	
260	3	3	3	3	4	4	4	3	5	4	3	2	1	1	1	
270	3	3	3	4	4	4	3	1	2	4	3	2	1	1	1	
280	3	3	3	4	4	4	4	2	3	4	3	2	1	1	1	
290	3	3	3	3	4	4	4	4	5	4	3	2	1	1	1	
300	3	3	3	3	4	4	4	4	6	6	3	2	1	1	1	
310	3	3	3	3	3	4	4	4	5	5	4	2	1	1	1	
320	4	3	3	3	3	3	4	4	5	4	3	2	1	1	1	
330	4	3	3	3	3	3	3	4	4	4	2	1	1	1	1	
340	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	2	1	1	1	1	
350	4	6	4	3	3	3	3	3	3	2	2	1	1	1		

Maksimum= 7.76 i afstand 100 m og retning 10 grader.

Partik Periode: 760101-761231

Den 36. største 24-timemiddel på årsbasis (µg/m3)

Retning (grader)	Afstand (m)														
	50	100	150	200	250	300	400	500	600	700	1000	1500	2000	2500	3000
0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	1	2	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
40	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
50	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
60	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
70	1	2	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
80	1	2	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
90	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
100	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
110	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
120	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
130	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
140	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
150	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
160	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
170	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
180	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
190	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
200	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
210	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
220	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
230	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
240	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
250	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
260	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0
270	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0
280	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
290	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0
300	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
310	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
320	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
330	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
340	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
350	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0

Maksimum= 1.78 i afstand 100 m og retning 70 grader.

Benyttede filer.

Følgende inputfiler er benyttet i beregningerne:

Punktkilder: S:\1101188\RIBH\Kystdirektoratet\Skagen\OML beregninger\Immission sce 1.kl
Meteorologi.....: C:\OML_Data\Kas76LST.met
Receptorer.....: S:\1101188\RIBH\Kystdirektoratet\Skagen\OML beregninger\Immission sce 1.rc
Beregningsopsætning.....: S:\1101188\RIBH\Kystdirektoratet\Skagen\OML beregninger\Immission sce 1.op

Følgende outputfil er benyttet:

Resultater: S:\1101188\RIBH\Kystdirektoratet\Skagen\OML beregninger\Immission sce 1.lo

Beregning:

Start kl. 13:24:24 (04-04-2019)

Slut kl. 13:24:31 (04-04-2019)

Meteorologiske spredningsberegninger er udført for følgende periode (lokal standard tid):

Start af beregningen = 760101 kl. 1
Slut på beregningen (incl.) = 761231 kl. 24

Meteorologiske data er fra: Kastrup

Koordinatsystem.

Der er anvendt et x,y-koordinatsystem med x-akse mod øst (90 grader) og y-akse mod nord (0 grader).
Enheden er meter. Systemet er fælles for receptorer og kilder. Origo kan fastlægges frit, fx. i
skorstensfoden for den mest dominerende kilde eller som i UTM-systemet.

Receptordata.

Ruhedslængde, z0 = 0.050 m

Største terrænhældning = 0 grader

Receptorerne er beliggende med 10 graders interval i 15 koncentriske cirkler
med centrum x,y: 0., 0.
og radierne (m):

50.	100.	150.	200.	250.
300.	400.	500.	600.	700.
1000.	1500.	2000.	2500.	3000.

Alle terrænhøjder = 0.0 m.

Alle receptorhøjder = 1.5 m.

Alle overflader er typenr. = 2.

Forkortelser benyttet for kildeparametrene:

Nr.....: Internt kildenummer
 ID.....: Tekst til identificering af kilde
 X.....: X-koordinat for kilde [m]
 Y.....: Y-koordinat for kilde [m]
 Z.....: Terrænkote for skorstensfod [m]
 HS.....: Skorstenshøjde over terræn [m]
 T.....: Temperatur af røggas [Kelvin]/[Celsius]
 VOL.....: Volumenmængde af røggas [normal m3/sek]
 DSO.....: Ydre diameter af skorstenstop [m]
 DSI.....: Indre diameter af skorstenstop [m]
 HB.....: Generel beregningsmæssig bygningshøjde [m]
 Qi.....: Emission af stof nr. 'i' [gram/sek], [MLE/sek] eller [MOU/sek]

Punktkilder.

Kilddata:

Nr	ID	X	Y	Z	HS	T(C)	VOL	DSI	DSO	HB	NO2 Q1	CO Q2	Partik Q3
1	Gravemas	0.	0.	0.0	3.0	250.	0.11	0.15	0.15	0.0	0.0600	0.2200	1.50E-03
2	Gravemas	75.	-75.	0.0	3.0	250.	0.11	0.15	0.15	0.0	0.0600	0.2200	1.50E-03
3	Gummi	25.	-50.	0.0	3.0	250.	0.08	0.15	0.15	0.0	0.0500	0.1700	1.20E-03
4	Mellem	-800.	0.	0.0	27.0	250.	2.28	1.75	1.75	0.0	2.8100	0.2900	0.1600
5	Gravemas	0.	100.	0.0	3.0	250.	0.11	0.15	0.15	0.0	0.0600	0.2200	1.50E-03
6	Gravemas	75.	25.	0.0	3.0	250.	0.11	0.15	0.15	0.0	0.0600	0.2200	1.50E-03
7	Gummi	25.	50.	0.0	3.0	250.	0.08	0.15	0.15	0.0	0.0500	0.1700	1.20E-03
8	Mellem	-800.	100.	0.0	27.0	250.	2.28	1.75	1.75	0.0	2.8100	0.2900	0.1600

Tidsvariationer i emissionen fra punktkilder.

Emissionerne fra de enkelte punktkilder er konstant.

Afledte kildeparametre:

Kilde nr.	Vertikal røggashastighed m/s	Buoyancy flux (termisk løft) (omtrentlig) m4/s3
1	11.6	0.3
2	11.6	0.3
3	9.2	0.2
4	1.8	6.3
5	11.6	0.3
6	11.6	0.3
7	9.2	0.2
8	1.8	6.3

Der er ingen retningsafhængige bygningsdata.

Udskrevet: 2019/04/04 kl. 13:33

Dato: 2019/04/04

OML-Multi PC-version 20170914/6.20

Side 3

DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, Aarhus Universitet

Side til advarsler.

NO2 Periode: 760101-761231

Maksimale timeværdier ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Retning (grader)	50	100	150	200	250	300	Afstand (m)		600	700	1000	1500	2000	2500	3000
							400	500							
0	206	115	151	102	76	60	60	62	57	56	53	36	30	23	27
10	268	308	108	73	60	59	57	61	57	54	69	37	27	22	20
20	234	182	92	59	58	58	56	54	62	56	39	49	46	37	26
30	260	163	83	57	57	57	53	50	53	58	49	44	53	53	48
40	330	125	100	61	56	54	53	49	46	50	54	35	34	37	38
50	255	185	87	74	60	56	53	49	46	43	47	40	36	29	22
60	208	232	88	75	68	62	54	50	49	46	37	35	31	27	24
70	208	294	101	79	72	66	60	54	49	48	39	30	24	23	22
80	203	272	150	103	90	77	68	59	52	48	40	31	25	21	18
90	180	209	108	104	104	101	91	89	85	81	66	46	34	28	25
100	158	130	90	92	96	97	92	89	84	80	66	47	36	29	25
110	139	137	114	108	99	79	70	63	57	51	40	30	24	21	18
120	170	219	155	100	69	59	53	50	48	44	40	29	23	17	15
130	217	314	173	86	64	58	52	52	55	51	33	26	22	19	17
140	285	320	159	91	63	57	59	55	45	43	38	29	25	21	19
150	218	222	128	89	67	59	55	49	47	48	36	33	28	23	18
160	347	156	92	75	65	60	55	51	53	45	41	33	27	21	18
170	268	124	85	64	60	58	55	58	49	48	44	35	31	31	27
180	206	135	77	63	60	62	60	55	53	56	49	46	38	32	27
190	160	120	69	61	61	62	64	61	62	62	53	40	43	35	29
200	150	81	64	62	62	64	64	66	70	71	66	57	44	36	27
210	167	86	62	62	63	65	67	69	76	80	71	52	45	28	32
220	140	85	61	62	63	64	68	74	82	88	84	60	45	38	31
230	129	73	61	61	63	65	67	75	85	102	101	67	66	43	32
240	138	81	60	61	62	66	72	77	81	106	123	81	47	38	29
250	168	79	61	63	63	70	75	78	79	100	122	67	46	36	27
260	150	93	66	63	67	71	78	83	79	78	82	64	50	39	28
270	128	73	68	64	67	71	79	82	78	62	72	62	49	39	30
280	122	72	66	63	67	71	78	83	75	73	79	67	71	48	32
290	127	72	61	61	66	69	78	82	82	88	109	82	53	49	39
300	128	74	60	62	64	67	74	79	82	87	132	84	61	49	36
310	151	76	60	61	62	66	71	75	80	95	116	84	58	48	38
320	161	96	61	61	62	63	67	70	79	90	91	73	55	45	37
330	181	129	91	67	62	62	66	71	79	80	74	49	51	41	35
340	153	183	117	91	73	62	65	68	72	70	62	59	31	40	33
350	159	287	181	93	68	61	64	64	65	78	55	39	41	31	19

Maksimum= 346.71 i afstand 50 m og retning 160 grader.

CO Periode: 760101-761231

Maksimale timeværdier ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Retning (grader)	Afstand (m)														
	50	100	150	200	250	300	400	500	600	700	1000	1500	2000	2500	3000
0	699	397	551	368	273	206	147	124	105	90	61	37	26	21	17
10	910	1061	397	260	216	174	141	120	102	87	59	36	25	19	15
20	796	665	337	217	173	155	138	118	101	87	59	36	25	19	15
30	885	563	280	197	174	161	148	128	109	94	63	37	25	19	16
40	1141	458	265	207	179	158	134	115	100	86	59	36	25	22	19
50	880	677	294	204	166	143	123	104	88	77	53	34	24	19	15
60	717	847	320	226	180	157	134	114	100	87	60	37	26	19	15
70	761	1077	372	271	187	142	128	113	99	86	60	37	26	19	15
80	745	988	397	237	180	156	143	125	115	110	78	44	31	25	22
90	661	763	365	227	177	155	132	116	100	87	60	37	26	19	15
100	539	476	323	198	185	183	158	132	110	92	62	38	26	19	15
110	472	504	323	218	185	178	153	127	108	93	62	38	26	19	15
120	577	803	455	311	202	191	159	130	108	90	60	37	25	19	15
130	737	1152	624	309	229	209	167	134	111	94	62	37	25	19	15
140	969	1173	579	329	228	205	169	139	115	97	63	37	25	19	15
150	742	812	468	322	241	198	158	132	111	94	62	37	25	19	15
160	1188	544	323	266	232	204	165	137	114	96	63	37	25	19	14
170	911	422	299	229	212	193	157	129	108	92	61	37	25	18	14
180	699	464	270	224	202	185	155	128	107	91	60	36	25	18	14
190	546	414	243	210	182	170	143	120	102	87	59	36	25	18	14
200	542	278	223	183	173	166	145	123	105	89	59	35	24	18	14
210	601	309	193	166	157	150	132	114	98	85	58	36	24	18	14
220	508	306	194	169	157	150	132	114	99	86	58	36	24	18	14
230	472	262	195	164	150	143	125	109	95	82	57	35	24	18	14
240	505	298	186	159	147	141	124	108	94	82	57	35	24	18	14
250	617	290	192	172	161	148	123	107	93	81	56	35	24	18	14
260	549	341	210	183	175	163	137	115	97	84	58	35	24	18	14
270	468	237	185	170	162	150	129	112	97	84	57	35	24	18	14
280	447	220	185	177	167	154	130	109	93	81	55	35	24	18	15
290	464	262	196	189	182	170	142	117	97	82	55	35	28	23	20
300	470	268	196	196	191	178	147	120	101	86	58	36	25	18	14
310	554	276	200	196	191	177	144	117	98	84	57	35	24	18	14
320	587	351	204	211	202	185	150	123	102	86	57	35	24	18	14
330	650	474	333	240	215	183	146	121	101	86	59	38	30	24	20
340	550	670	427	326	263	215	166	131	105	88	57	33	24	18	14
350	540	1051	651	333	245	188	149	123	104	89	60	39	30	24	20

Maksimum= 1187.90 i afstand 50 m og retning 160 grader.

Partik Periode: 760101-761231

Maksimale timeværdier ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Retning (grader)	Afstand (m)															
	50	100	150	200	250	300	400	500	600	700	1000	1500	2000	2500	3000	
0	5	3	4	3	3	3	3	4	3	3	3	2	2	1	1	
10	6	8	3	3	3	3	3	3	3	3	4	2	2	1	1	
20	6	5	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3	2	1	
30	6	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	
40	8	3	4	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	
50	6	5	4	4	3	3	3	3	3	2	3	2	2	2	1	
60	5	6	4	4	3	3	3	3	3	3	2	2	2	1	1	
70	5	7	4	4	4	3	3	3	3	3	2	2	1	1	1	
80	5	7	5	5	4	4	3	3	3	2	2	2	1	1	1	
90	6	5	5	5	5	5	5	4	4	4	3	2	2	1	1	
100	6	5	5	5	5	5	5	5	4	4	4	3	2	2	1	
110	5	5	5	5	5	4	4	4	3	3	2	2	1	1	1	
120	5	5	6	4	4	3	3	3	3	2	2	2	1	1	1	
130	5	8	4	3	3	3	3	3	3	3	2	1	1	1	1	
140	7	8	4	3	3	3	3	3	3	2	2	2	1	1	1	
150	5	6	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	1	1	
160	8	4	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	1	1	
170	6	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	
180	5	3	3	3	3	4	3	3	3	3	3	3	2	2	2	
190	4	3	4	4	3	4	4	3	4	4	3	2	2	2	2	
200	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	2	2	2	
210	4	3	4	4	4	4	4	4	4	5	4	3	3	2	2	
220	4	3	3	4	4	4	4	4	5	5	5	3	3	2	2	
230	4	4	3	3	4	4	4	4	5	6	6	4	4	2	2	
240	4	4	3	3	4	4	4	4	5	6	7	5	3	2	2	
250	4	4	3	4	4	4	4	4	5	6	7	4	3	2	2	
260	4	4	4	4	4	4	4	5	5	4	5	4	3	2	2	
270	4	4	4	4	4	4	4	5	4	4	4	3	3	2	2	
280	4	4	4	4	4	4	4	5	4	4	4	4	4	3	2	
290	4	4	3	3	4	4	4	5	5	5	6	5	3	3	2	
300	4	4	3	4	4	4	4	5	5	5	8	5	3	3	2	
310	4	3	3	3	4	4	4	4	5	5	7	5	3	3	2	
320	4	3	3	3	4	4	4	4	4	5	5	4	3	3	2	
330	4	3	3	3	4	4	4	4	4	5	4	3	3	2	2	
340	4	5	3	3	4	4	4	4	4	4	4	3	2	2	2	
350	4	7	4	3	3	4	4	4	4	4	3	2	2	2	1	

Maksimum= 8.45 i afstand 100 m og retning 10 grader.

NO2 Periode: 760101-761231

Maksimale 8-timers glidende middel (µg/m3)

Retning (grader)	50	100	150	200	250	300	Afstand (m)		400	500	600	700	1000	1500	2000	2500	3000
0	178	94	111	65	50	52	40	50	34	40	34	23	16	12	10		
10	200	247	92	54	49	50	39	42	43	29	24	18	18	12	10		
20	129	136	70	48	49	46	41	31	37	38	23	17	14	12	11		
30	185	134	63	49	45	45	43	33	27	31	25	14	12	11	9		
40	239	110	88	54	47	43	40	38	31	25	26	17	12	9	8		
50	151	127	70	64	53	46	40	37	34	30	22	18	16	12	9		
60	164	190	73	57	56	52	44	38	34	32	25	16	13	11	9		
70	164	219	82	60	54	51	46	42	38	35	27	18	14	11	9		
80	160	181	105	69	55	47	39	35	33	31	26	19	14	12	10		
90	137	117	73	60	52	46	38	32	28	25	19	14	11	9	8		
100	116	110	58	51	48	44	37	31	27	25	19	14	11	9	8		
110	116	107	68	61	52	47	38	32	28	27	23	18	14	11	9		
120	135	172	117	75	49	40	36	34	32	30	21	13	10	8	7		
130	168	213	146	52	40	36	34	31	25	22	15	11	9	9	8		
140	237	249	132	61	46	39	31	27	24	19	19	11	9	9	8		
150	97	174	93	58	49	43	34	28	26	28	15	9	9	9	8		
160	200	118	67	54	44	38	31	33	33	24	13	12	10	9	8		
170	239	97	60	51	43	36	35	39	26	18	16	11	9	10	9		
180	178	75	60	49	45	40	44	34	21	20	21	15	10	10	10		
190	142	75	53	43	41	38	49	29	25	28	22	16	14	17	17		
200	116	63	47	40	43	38	50	26	30	34	29	18	21	12	10		
210	105	52	48	43	45	41	53	30	41	34	37	26	15	14	11		
220	120	55	48	46	47	41	57	34	47	52	42	29	17	11	11		
230	115	60	46	50	47	47	61	39	51	71	44	28	19	15	14		
240	120	63	44	50	49	51	59	57	56	77	84	35	25	19	13		
250	136	59	46	46	50	50	54	57	56	70	66	52	32	22	19		
260	120	58	51	50	48	48	57	57	57	42	57	52	40	24	15		
270	112	56	54	56	57	58	58	58	53	24	48	49	35	25	19		
280	104	52	53	53	52	50	59	60	48	30	53	49	32	20	13		
290	95	52	49	50	52	58	57	65	66	59	85	46	31	19	13		
300	115	54	49	51	56	55	60	58	62	76	97	40	30	22	18		
310	116	61	51	54	57	58	58	58	69	82	64	55	25	20	15		
320	106	74	53	54	57	58	55	57	63	69	46	44	39	26	21		
330	137	100	66	55	56	57	54	52	56	58	51	29	29	25	27		
340	124	136	93	73	55	55	52	48	55	53	43	22	18	17	18		
350	138	196	138	70	53	53	46	50	46	40	36	26	16	12	10		

Maksimum= 248.78 i afstand 100 m og retning 140 grader.

NO2 Periode: 760101-761231

Den 19. største timemiddel koncentration ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Retning (grader)	50	100	150	200	250	300	Afstand (m)								
	400	500	600	700	1000	1500	2000	2500	3000						
0	190	101	141	75	59	56	57	55	51	49	43	26	21	16	14
10	241	282	99	62	56	55	52	51	49	44	37	25	20	14	13
20	139	168	81	56	55	54	50	49	44	43	33	23	18	15	13
30	143	145	67	53	53	52	48	45	44	39	32	22	17	14	11
40	247	117	96	57	52	51	49	43	40	38	30	25	17	14	11
50	201	159	79	69	56	51	47	45	41	37	30	22	19	16	13
60	183	203	81	67	62	56	48	43	42	39	31	22	17	14	12
70	197	275	95	72	64	58	52	47	43	40	32	25	19	15	12
80	185	239	137	95	76	66	55	48	43	40	32	24	18	15	13
90	167	163	88	85	76	68	57	50	46	41	31	24	19	15	12
100	147	120	77	70	69	66	58	52	46	42	32	23	18	15	12
110	128	123	81	88	77	64	50	43	39	35	30	21	17	14	12
120	157	190	145	90	60	51	44	40	38	35	27	18	13	11	9
130	204	210	146	69	52	48	44	38	35	32	22	16	14	12	11
140	257	290	146	81	56	49	43	38	33	28	24	19	12	10	9
150	116	193	120	73	57	49	42	36	32	31	26	15	14	12	11
160	223	145	79	62	56	51	43	38	37	35	23	21	17	13	11
170	248	116	71	58	54	51	43	42	37	30	29	24	16	13	11
180	190	97	66	56	53	51	44	41	35	35	34	23	17	15	12
190	151	87	60	55	53	51	49	44	42	42	37	25	21	17	14
200	137	69	57	55	55	53	53	43	46	49	46	31	24	16	13
210	135	63	56	56	56	55	55	48	55	52	49	38	25	18	16
220	133	62	57	58	58	59	58	55	59	62	61	40	26	20	15
230	127	64	56	58	58	60	59	59	68	76	81	45	28	21	16
240	134	66	56	59	59	60	61	63	68	84	103	55	33	25	18
250	141	67	58	58	59	61	63	61	67	76	100	64	39	29	21
260	136	65	58	59	61	62	70	72	68	55	71	60	42	29	22
270	123	60	57	58	61	65	72	77	65	35	65	60	44	30	22
280	116	58	59	59	61	64	72	78	66	46	69	60	40	26	19
290	113	59	58	58	61	64	71	74	77	72	90	62	40	26	18
300	123	63	58	59	60	62	67	73	76	80	105	61	39	26	19
310	139	68	58	59	60	61	65	68	74	89	97	59	36	26	19
320	143	78	58	59	60	61	64	68	76	81	76	49	34	26	18
330	151	112	68	60	60	60	64	67	71	75	61	39	29	21	18
340	142	163	106	73	61	60	62	62	64	62	51	37	24	18	14
350	150	256	148	77	60	58	60	58	57	56	44	30	24	16	13

Maksimum= 290.08 i afstand 100 m og retning 140 grader.

NO2 Periode: 760101-761231

Den 36. største 24-timemiddel på årsbasis (µg/m3)

Retning (grader)	50	100	150	200	250	300	Afstand (m)									
	50	100	150	200	250	300	400	500	600	700	1000	1500	2000	2500	3000	
0	43	25	30	18	14	11	9	8	8	7	5	3	2	2	1	
10	45	54	26	17	13	11	9	8	7	7	5	3	2	2	1	
20	35	44	29	18	14	12	9	8	7	6	5	3	2	2	1	
30	34	40	29	19	14	12	9	9	7	6	5	3	2	2	2	
40	40	41	27	20	15	12	10	8	7	6	5	3	2	2	2	
50	41	44	29	21	16	13	11	9	7	7	5	3	2	2	2	
60	41	43	34	23	18	14	11	9	8	7	5	3	3	2	2	
70	44	65	36	25	19	16	12	10	8	7	5	4	3	2	2	
80	44	54	36	25	19	16	12	10	9	8	6	4	3	3	2	
90	43	32	31	24	19	17	13	10	9	7	6	4	3	2	2	
100	38	32	28	24	19	15	11	9	8	7	5	3	3	2	2	
110	35	33	32	23	17	14	10	8	7	6	4	3	2	2	1	
120	35	36	36	21	15	12	9	7	6	5	4	2	2	1	1	
130	32	35	28	16	12	10	8	6	5	4	3	2	2	1	1	
140	33	33	23	15	11	10	7	6	5	4	3	2	1	1	1	
150	29	39	26	13	11	9	7	5	4	4	3	2	1	1	1	
160	36	38	25	17	12	10	7	5	4	4	3	2	1	1	1	
170	43	36	23	16	12	10	7	5	4	4	3	2	2	1	1	
180	45	30	21	15	13	10	7	5	4	4	3	2	2	1	1	
190	42	28	18	15	12	10	7	6	5	4	3	2	2	2	1	
200	37	27	17	13	11	9	6	5	5	4	3	3	3	2	2	
210	35	26	17	14	11	9	6	5	5	4	3	4	3	2	2	
220	33	25	19	15	12	9	7	6	5	4	5	5	3	2	1	
230	37	25	19	16	14	11	8	6	5	4	7	5	2	2	2	
240	38	23	19	17	15	13	9	7	6	5	11	4	3	3	2	
250	41	25	19	17	15	13	11	8	6	5	10	7	5	4	3	
260	40	24	20	16	14	13	13	12	7	5	9	8	5	3	2	
270	37	23	19	16	14	14	15	15	11	4	11	9	5	3	2	
280	35	23	18	16	15	14	15	15	12	5	8	7	3	2	2	
290	34	24	18	15	14	14	13	15	14	9	11	6	3	2	2	
300	36	26	18	15	14	13	15	13	12	8	9	6	3	2	2	
310	34	26	19	15	14	14	14	13	12	8	8	5	3	2	2	
320	39	30	21	16	15	12	13	11	10	7	6	4	3	2	2	
330	40	35	24	17	14	13	12	11	9	8	5	4	2	2	1	
340	40	39	26	17	14	13	12	10	9	7	5	3	2	2	1	
350	40	45	26	17	15	12	10	9	8	6	4	3	2	2	1	

Maksimum= 65.48 i afstand 100 m og retning 70 grader.

CO Periode: 760101-761231

Maksimale 8-timers glidende middel (µg/m3)

Retning (grader)	50	100	150	200	250	300	Afstand (m)		400	500	600	700	1000	1500	2000	2500	3000
0	608	324	399	232	161	121	87	71	60	52	36	23	16	12	10		
10	681	834	339	193	146	112	77	65	57	50	36	24	18	14	11		
20	440	464	257	164	136	111	79	64	55	49	37	25	19	15	12		
30	628	465	211	164	142	128	107	88	75	66	46	29	21	16	13		
40	830	402	204	168	135	118	101	87	75	65	45	28	20	15	12		
50	536	466	253	154	131	108	83	68	57	49	33	22	16	13	10		
60	601	693	265	156	127	106	81	67	58	52	38	26	19	15	12		
70	601	804	288	172	129	106	88	74	64	55	39	24	17	13	10		
80	587	649	263	173	133	117	96	82	72	64	45	29	21	16	13		
90	473	426	257	151	130	117	96	83	72	63	44	28	20	15	12		
100	427	403	193	134	116	110	100	87	76	66	46	29	20	15	12		
110	394	391	243	142	127	115	93	75	65	58	42	28	20	16	13		
120	461	631	332	191	144	128	102	83	68	58	40	27	19	15	12		
130	572	781	529	187	140	123	99	81	67	57	38	24	18	14	12		
140	806	912	481	221	166	141	110	89	74	62	41	24	18	13	11		
150	354	637	336	209	175	153	122	99	83	71	47	29	20	15	12		
160	694	416	235	192	156	138	109	91	77	66	45	28	20	15	12		
170	814	332	211	184	154	128	100	82	69	58	39	24	17	13	10		
180	608	261	212	176	161	145	114	91	75	63	41	25	18	14	11		
190	486	259	189	152	143	136	120	103	89	77	53	33	23	17	13		
200	395	217	158	130	111	104	93	83	73	65	46	30	21	16	13		
210	379	186	159	126	107	95	76	67	59	53	39	26	19	14	12		
220	434	197	145	119	100	86	71	62	55	49	36	24	18	14	11		
230	421	216	146	122	110	99	80	67	57	49	34	22	16	13	10		
240	439	229	152	129	120	109	91	75	64	55	37	22	16	12	10		
250	499	216	151	124	115	106	92	80	69	60	42	27	19	14	11		
260	442	213	155	135	119	109	96	83	72	63	45	28	20	15	12		
270	412	204	162	143	127	113	90	76	66	57	40	26	18	14	11		
280	381	169	152	137	121	105	88	75	65	57	41	27	19	15	12		
290	347	189	150	136	125	115	95	81	69	60	42	27	19	14	12		
300	421	194	151	140	128	116	96	80	68	59	41	26	18	14	11		
310	425	221	151	138	123	109	88	73	62	55	41	28	20	16	13		
320	385	273	159	152	129	110	92	79	69	61	44	29	21	16	13		
330	494	368	237	188	177	157	120	95	78	65	42	27	19	15	12		
340	447	499	339	263	195	157	109	89	76	65	45	28	20	15	12		
350	473	720	497	253	173	142	106	86	72	62	42	26	19	14	11		

Maksimum= 912.19 i afstand 100 m og retning 140 grader.

CO Periode: 760101-761231

Den 19. største timemiddel koncentration ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Retning (grader)	Afstand (m)														
	50	100	150	200	250	300	400	500	600	700	1000	1500	2000	2500	3000
0	645	346	510	270	187	154	113	92	79	68	46	30	22	17	14
10	818	967	363	220	172	136	106	86	74	64	46	30	22	17	13
20	473	605	296	184	155	134	106	93	81	71	50	31	22	17	14
30	485	501	233	174	147	133	108	94	82	72	51	32	23	17	14
40	852	428	239	179	148	130	111	93	82	73	51	32	23	18	14
50	687	584	263	174	140	121	102	89	78	68	48	31	22	17	14
60	663	739	294	197	151	126	102	90	80	71	51	33	23	18	14
70	724	1007	346	197	148	126	107	95	84	73	52	33	24	18	14
80	680	868	330	203	152	135	115	103	90	80	56	35	25	19	15
90	593	598	301	190	151	134	116	102	88	77	54	34	24	18	15
100	490	441	268	173	142	136	124	108	93	81	56	35	24	18	15
110	441	451	275	182	144	131	119	104	90	79	54	34	24	18	14
120	533	698	392	223	157	140	117	100	84	74	51	32	23	17	14
130	694	769	525	249	179	152	120	101	86	74	52	33	23	17	14
140	875	1064	531	294	201	163	130	110	94	81	55	34	24	18	14
150	410	707	441	264	198	161	125	105	89	76	51	32	23	17	14
160	773	507	285	220	195	170	131	105	88	73	51	31	22	17	13
170	845	396	248	203	179	162	134	110	93	79	54	33	23	17	13
180	645	337	232	187	168	150	127	109	92	78	54	33	23	17	14
190	521	299	207	171	153	138	118	101	89	77	54	33	23	17	14
200	496	242	183	150	134	123	103	88	77	68	48	31	22	17	13
210	487	228	171	146	131	118	99	86	76	67	47	30	22	17	13
220	481	223	166	141	127	120	105	91	79	69	48	31	22	17	13
230	463	232	167	142	129	118	104	91	79	69	49	31	22	17	14
240	492	238	172	144	131	119	106	93	79	70	50	32	22	17	14
250	517	243	176	142	128	119	106	93	81	72	50	32	23	17	14
260	497	235	170	140	129	124	108	95	84	74	52	32	23	17	14
270	452	216	159	137	129	120	106	93	80	70	49	32	23	17	14
280	424	201	155	134	123	114	97	84	74	66	46	30	21	16	13
290	416	206	157	138	129	119	100	82	70	62	45	30	21	16	13
300	451	227	164	148	139	126	107	90	80	71	50	32	22	17	14
310	504	246	173	157	148	135	113	95	81	70	48	30	21	16	13
320	518	285	189	173	154	138	110	91	78	67	47	30	21	16	13
330	544	412	248	211	171	148	118	97	82	71	50	31	21	16	13
340	512	596	384	264	196	162	117	98	83	72	49	30	21	16	13
350	509	940	536	277	199	161	117	97	83	70	49	30	22	17	13

Maksimum= 1063.61 i afstand 100 m og retning 140 grader.

CO Periode: 760101-761231

Den 36. største 24-timemiddel på årsbasis (µg/m3)

Retning (grader)	Afstand (m)														
	50	100	150	200	250	300	400	500	600	700	1000	1500	2000	2500	3000
0	149	88	100	56	34	25	15	11	9	7	5	3	2	2	1
10	159	167	87	52	34	26	18	13	10	8	5	3	2	2	1
20	120	148	94	54	37	27	18	14	10	9	6	3	2	2	1
30	120	125	90	59	38	29	19	13	10	8	5	3	2	2	1
40	136	138	86	57	41	31	20	14	11	9	5	4	3	2	2
50	146	139	84	60	44	32	21	15	12	10	6	4	3	2	2
60	145	131	98	64	45	35	23	17	13	11	7	4	3	2	2
70	149	211	107	66	49	38	25	19	15	13	8	5	4	3	2
80	144	170	103	67	50	39	27	21	16	13	8	5	4	3	2
90	130	94	86	64	51	39	27	20	16	13	8	5	4	3	2
100	124	93	82	64	47	35	23	17	14	11	7	5	3	3	2
110	119	99	93	62	41	31	20	14	12	10	7	4	3	2	2
120	116	105	109	60	35	26	16	12	10	9	6	3	3	2	2
130	111	102	82	39	27	20	13	11	9	7	5	3	2	2	1
140	113	116	69	38	27	22	14	10	8	7	5	3	2	2	1
150	104	132	95	42	25	20	14	11	9	7	5	3	2	2	1
160	129	134	86	53	35	24	15	11	9	8	5	3	2	2	1
170	152	126	76	51	37	26	17	12	9	7	5	3	2	2	1
180	156	106	71	45	31	26	17	13	10	8	5	3	2	2	1
190	148	101	65	39	32	25	18	14	11	9	6	4	3	2	2
200	130	98	58	39	28	20	14	11	9	7	5	3	2	2	1
210	124	91	57	40	28	23	15	11	9	8	5	3	2	2	1
220	118	89	60	39	31	26	18	13	10	9	6	4	2	2	2
230	132	90	61	45	35	26	19	16	12	10	7	4	3	2	2
240	135	83	61	46	35	27	19	15	13	10	7	4	3	2	2
250	145	89	60	44	34	27	19	14	12	10	7	4	3	2	2
260	141	87	57	41	32	26	19	14	11	9	6	4	3	2	2
270	132	81	51	38	29	24	16	12	9	8	6	4	3	2	2
280	125	83	57	38	27	21	14	11	9	7	5	3	2	1	1
290	122	85	55	38	26	21	13	10	8	6	4	3	2	2	1
300	126	92	60	35	25	19	13	10	8	7	5	3	2	2	1
310	125	93	56	36	26	21	15	11	9	7	5	3	2	1	1
320	138	109	68	40	28	22	14	11	8	7	4	3	2	2	1
330	141	126	74	47	27	22	15	11	9	7	5	3	2	1	1
340	142	140	82	47	29	22	15	11	8	6	4	2	2	1	1
350	140	157	83	54	34	23	14	10	8	6	4	3	2	1	1

Maksimum= 211.08 i afstand 100 m og retning 70 grader.

Partik Periode: 760101-761231

Maksimalt 8-timers glidende middel (µg/m3)

Retning (grader)	50	100	150	200	250	300	Afstand (m)		400	500	600	700	1000	1500	2000	2500	3000
0	4	3	3	3	3	3	2	3	2	2	2	2	1	1	1	1	1
10	5	7	3	3	3	3	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1
20	3	4	3	3	3	3	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1
30	4	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1
40	6	3	4	3	3	2	2	2	2	2	1	1	1	1	0	0	0
50	4	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1
60	4	5	3	3	3	3	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	0
70	4	5	3	3	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	0
80	4	5	4	3	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1
90	5	3	3	3	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	0	0	0
100	4	3	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	0	0	0
110	3	3	3	3	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	0	0
120	3	4	4	3	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	0	0
130	4	5	4	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	0	0	0
140	6	6	3	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	0	0	0	0
150	2	4	2	2	2	2	2	1	1	2	1	1	1	1	0	0	0
160	5	3	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	0	0	0
170	6	2	3	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
180	4	2	3	2	2	2	3	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
190	3	2	3	2	2	2	3	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1
200	3	2	3	2	2	2	3	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1
210	3	2	3	2	3	2	3	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1
220	3	2	3	3	3	2	3	2	3	3	3	2	2	1	1	1	1
230	3	2	3	3	3	3	3	2	3	4	3	4	3	2	1	1	1
240	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	5	2	1	1	1	1
250	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	3	2	1	1	1
260	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3	2	1	1	1
270	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1	3	3	2	1	1	1
280	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3	2	1	1	1
290	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	3	5	3	2	1	1	1
300	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	6	2	2	1	1	1
310	3	3	3	3	3	3	3	3	4	5	4	4	3	1	1	1	1
320	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	3	2	2	1	1	1
330	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	1	1	1
340	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	1	1	1	1	1
350	3	5	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	1	1	1	1	1

Maksimum= 7.13 i afstand 100 m og retning 10 grader.

Partik Periode: 760101-761231

Den 19. største timemiddel koncentration ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Retning (grader)	50	100	150	200	250	300	Afstand (m)		400	500	600	700	1000	1500	2000	2500	3000
0	5	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	1	1	1	1	1
10	6	8	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	1	1	1	1
20	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	1	1	1	1
30	3	4	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	1	1	1	1
40	6	3	4	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	1	1	1	1
50	5	4	4	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	1	1	1	1
60	5	5	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	1	1	1	1
70	5	7	4	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	1	1	1	1
80	5	6	5	4	3	3	3	3	2	2	2	2	2	1	1	1	1
90	6	4	4	4	3	3	3	3	2	2	2	2	2	1	1	1	1
100	5	4	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	1	1	1	1
110	3	3	4	4	3	3	3	3	2	2	2	2	2	1	1	1	1
120	4	5	5	4	3	3	3	2	2	2	2	2	2	1	1	1	0
130	5	5	4	3	3	3	3	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1
140	6	7	4	3	3	3	3	2	2	2	2	2	1	1	1	1	0
150	3	5	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1
160	5	4	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1
170	6	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1
180	5	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	1	1	1	1
190	4	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	1	1	1	1
200	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	2	1	1	1
210	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	1	1	1
220	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	3	2	1	1	1
230	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	5	3	2	1	1
240	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	5	6	3	2	1	1
250	4	3	3	3	3	3	3	4	3	4	4	4	6	4	2	2	1
260	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	3	4	3	2	2	1
270	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	2	4	3	2	2	1
280	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	3	4	3	2	1	1
290	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	5	4	2	1	1
300	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	5	6	3	2	1	1
310	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	5	6	3	2	1	1
320	4	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	5	4	3	2	1	1
330	4	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	3	2	2	1	1
340	4	4	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	3	2	1	1	1
350	4	6	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	1	1	1

Maksimum= 7.76 i afstand 100 m og retning 10 grader.

Partik Periode: 760101-761231

Den 36. største 24-timemiddel på årsbasis (µg/m3)

Retning (grader)	Afstand (m)														
	50	100	150	200	250	300	400	500	600	700	1000	1500	2000	2500	3000
0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
10	1	2	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
20	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
40	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
50	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
60	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
70	1	2	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
80	1	2	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
90	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
100	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
110	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
120	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
130	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
140	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
150	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
160	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
170	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
180	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
190	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
200	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
210	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
220	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
230	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
240	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
250	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0
260	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
270	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0
280	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
290	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
300	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
310	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
320	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
330	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
340	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
350	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0

Maksimum= 1.79 i afstand 100 m og retning 70 grader.

Benyttede filer.

Følgende inputfiler er benyttet i beregningerne:

Punktkilder: S:\1101188\RIBH\Kystdirektoratet\Skagen\OML beregninger\Immission sce 2.kl
Meteorologi.....: C:\OML_Data\Kas76LST.met
Receptorer.....: S:\1101188\RIBH\Kystdirektoratet\Skagen\OML beregninger\Immission sce 2.rc
Beregningsopsætning.....: S:\1101188\RIBH\Kystdirektoratet\Skagen\OML beregninger\Immission sce 2.op

Følgende outputfil er benyttet:

Resultater: S:\1101188\RIBH\Kystdirektoratet\Skagen\OML beregninger\Immission sce 2.lo

Beregning:

Start kl. 13:28:19 (04-04-2019)
Slut kl. 13:28:26 (04-04-2019)

Immission Scenarie 2

Meteorologiske spredningsberegninger er udført for følgende periode (lokal standard tid):

Start af beregningen = 760101 kl. 1
Slut på beregningen (incl.) = 761231 kl. 24

Meteorologiske data er fra: Kastrup

Koordinatsystem.

Der er anvendt et x,y-koordinatsystem med x-akse mod øst (90 grader) og y-akse mod nord (0 grader).
Enheden er meter. Systemet er fælles for receptorer og kilder. Origo kan fastlægges frit, fx. i
skorstensfoden for den mest dominerende kilde eller som i UTM-systemet.

Receptordata.

Ruhedslængde, z0 = 0.050 m

Største terrænhældning = 0 grader

Receptorerne er beliggende med 10 graders interval i 15 koncentriske cirkler
med centrum x,y: 0., 0.
og radierne (m):

50.	100.	150.	200.	250.
300.	400.	500.	600.	700.
1000.	1500.	2000.	2500.	3000.

Alle terrænhøjder = 0.0 m.

Alle receptorhøjder = 1.5 m.

Alle overflader er typenr. = 2.

Forkortelser benyttet for kildeparametrene:

Nr.....: Internt kildenummer
 ID.....: Tekst til identificering af kilde
 X.....: X-koordinat for kilde [m]
 Y.....: Y-koordinat for kilde [m]
 Z.....: Terrænkote for skorstensfod [m]
 HS.....: Skorstenshøjde over terræn [m]
 T.....: Temperatur af røggas [Kelvin]/[Celsius]
 VOL.....: Volumenmængde af røggas [normal m3/sek]
 DSO.....: Ydre diameter af skorstenstop [m]
 DSI.....: Indre diameter af skorstenstop [m]
 HB.....: Generel beregningsmæssig bygningshøjde [m]
 Qi.....: Emission af stof nr. 'i' [gram/sek], [MLE/sek] eller [MOU/sek]

Punktkilder.

Kilddata:

Nr	ID	X	Y	Z	HS	T(C)	VOL	DSI	DSO	HB	NO2 Q1	CO Q2	Partik Q3
1	Gravemas	0.	0.	0.0	3.0	250.	0.11	0.15	0.15	0.0	0.0600	0.2200	1.50E-03
2	Gravemas	75.	-75.	0.0	3.0	250.	0.11	0.15	0.15	0.0	0.0600	0.2200	1.50E-03
3	Gummi	25.	-50.	0.0	3.0	250.	0.08	0.15	0.15	0.0	0.0500	0.1700	1.20E-03
4	Mellem	-800.	0.	0.0	27.0	250.	2.28	1.75	1.75	0.0	2.8100	0.2900	0.1600
5	Gravemas	0.	100.	0.0	3.0	250.	0.11	0.15	0.15	0.0	0.0600	0.2200	1.50E-03
6	Gravemas	75.	25.	0.0	3.0	250.	0.11	0.15	0.15	0.0	0.0600	0.2200	1.50E-03
7	Gummi	25.	50.	0.0	3.0	250.	0.08	0.15	0.15	0.0	0.0500	0.1700	1.20E-03
8	Mellem	-800.	100.	0.0	27.0	250.	2.28	1.75	1.75	0.0	2.8100	0.2900	0.1600

Tidsvariationer i emissionen fra punktkilder.

Emissionerne fra de enkelte punktkilder er konstant.

Afledte kildeparametre:

Kilde nr.	Vertikal røggashastighed m/s	Buoyancy flux (termisk løft) (omtrentlig) m4/s3
1	11.6	0.3
2	11.6	0.3
3	9.2	0.2
4	1.8	6.3
5	11.6	0.3
6	11.6	0.3
7	9.2	0.2
8	1.8	6.3

Der er ingen retningsafhængige bygningsdata.

Udskrevet: 2019/04/04 kl. 13:33

Dato: 2019/04/04

OML-Multi PC-version 20170914/6.20

Side 3

DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, Aarhus Universitet

Side til advarsler.

NO2 Periode: 760101-761231

Maksimale timeværdier ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Retning (grader)	50	100	150	200	250	300	Afstand (m)		400	500	600	700	1000	1500	2000	2500	3000
0	206	115	151	102	76	60	60	62	57	56	53	36	30	23	27		
10	268	308	108	73	60	59	57	61	57	54	69	37	27	22	20		
20	234	182	92	59	58	58	56	54	62	56	39	49	46	37	26		
30	260	163	83	57	57	57	53	50	53	58	49	44	53	53	48		
40	330	125	100	61	56	54	53	49	46	50	54	35	34	37	38		
50	255	185	87	74	60	56	53	49	46	43	47	40	36	29	22		
60	208	232	88	75	68	62	54	50	49	46	37	35	31	27	24		
70	208	294	101	79	72	66	60	54	49	48	39	30	24	23	22		
80	203	272	150	103	90	77	68	59	52	48	40	31	25	21	18		
90	180	209	108	104	104	101	91	89	85	81	66	46	34	28	25		
100	158	130	90	92	96	97	92	89	84	80	66	47	36	29	25		
110	139	137	114	108	99	79	70	63	57	51	40	30	24	21	18		
120	170	219	155	100	69	59	53	50	48	44	40	29	23	17	15		
130	217	314	173	86	64	58	52	52	55	51	33	26	22	19	17		
140	285	320	159	91	63	57	59	55	45	43	38	29	25	21	19		
150	218	222	128	89	67	59	55	49	47	48	36	33	28	23	18		
160	347	156	92	75	65	60	55	51	53	45	41	33	27	21	18		
170	268	124	85	64	60	58	55	58	49	48	44	35	31	31	27		
180	206	135	77	63	60	62	60	55	53	56	49	46	38	32	27		
190	160	120	69	61	61	62	64	61	62	62	53	40	43	35	29		
200	150	81	64	62	62	64	64	66	70	71	66	57	44	36	27		
210	167	86	62	62	63	65	67	69	76	80	71	52	45	28	32		
220	140	85	61	62	63	64	68	74	82	88	84	60	45	38	31		
230	129	73	61	61	63	65	67	75	85	102	101	67	66	43	32		
240	138	81	60	61	62	66	72	77	81	106	123	81	47	38	29		
250	168	79	61	63	63	70	75	78	79	100	122	67	46	36	27		
260	150	93	66	63	67	71	78	83	79	78	82	64	50	39	28		
270	128	73	68	64	67	71	79	82	78	62	72	62	49	39	30		
280	122	72	66	63	67	71	78	83	75	73	79	67	71	48	32		
290	127	72	61	61	66	69	78	82	82	88	109	82	53	49	39		
300	128	74	60	62	64	67	74	79	82	87	132	84	61	49	36		
310	151	76	60	61	62	66	71	75	80	95	116	84	58	48	38		
320	161	96	61	61	62	63	67	70	79	90	91	73	55	45	37		
330	181	129	91	67	62	62	66	71	79	80	74	49	51	41	35		
340	153	183	117	91	73	62	65	68	72	70	62	59	31	40	33		
350	159	287	181	93	68	61	64	64	65	78	55	39	41	31	19		

Maksimum= 346.71 i afstand 50 m og retning 160 grader.

CO Periode: 760101-761231

Maksimale timeværdier ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Retning (grader)	Afstand (m)														
	50	100	150	200	250	300	400	500	600	700	1000	1500	2000	2500	3000
0	699	397	551	368	273	206	147	124	105	90	61	37	26	21	17
10	910	1061	397	260	216	174	141	120	102	87	59	36	25	19	15
20	796	665	337	217	173	155	138	118	101	87	59	36	25	19	15
30	885	563	280	197	174	161	148	128	109	94	63	37	25	19	16
40	1141	458	265	207	179	158	134	115	100	86	59	36	25	22	19
50	880	677	294	204	166	143	123	104	88	77	53	34	24	19	15
60	717	847	320	226	180	157	134	114	100	87	60	37	26	19	15
70	761	1077	372	271	187	142	128	113	99	86	60	37	26	19	15
80	745	988	397	237	180	156	143	125	115	110	78	44	31	25	22
90	661	763	365	227	177	155	132	116	100	87	60	37	26	19	15
100	539	476	323	198	185	183	158	132	110	92	62	38	26	19	15
110	472	504	323	218	185	178	153	127	108	93	62	38	26	19	15
120	577	803	455	311	202	191	159	130	108	90	60	37	25	19	15
130	737	1152	624	309	229	209	167	134	111	94	62	37	25	19	15
140	969	1173	579	329	228	205	169	139	115	97	63	37	25	19	15
150	742	812	468	322	241	198	158	132	111	94	62	37	25	19	15
160	1188	544	323	266	232	204	165	137	114	96	63	37	25	19	14
170	911	422	299	229	212	193	157	129	108	92	61	37	25	18	14
180	699	464	270	224	202	185	155	128	107	91	60	36	25	18	14
190	546	414	243	210	182	170	143	120	102	87	59	36	25	18	14
200	542	278	223	183	173	166	145	123	105	89	59	35	24	18	14
210	601	309	193	166	157	150	132	114	98	85	58	36	24	18	14
220	508	306	194	169	157	150	132	114	99	86	58	36	24	18	14
230	472	262	195	164	150	143	125	109	95	82	57	35	24	18	14
240	505	298	186	159	147	141	124	108	94	82	57	35	24	18	14
250	617	290	192	172	161	148	123	107	93	81	56	35	24	18	14
260	549	341	210	183	175	163	137	115	97	84	58	35	24	18	14
270	468	237	185	170	162	150	129	112	97	84	57	35	24	18	14
280	447	220	185	177	167	154	130	109	93	81	55	35	24	18	15
290	464	262	196	189	182	170	142	117	97	82	55	35	28	23	20
300	470	268	196	196	191	178	147	120	101	86	58	36	25	18	14
310	554	276	200	196	191	177	144	117	98	84	57	35	24	18	14
320	587	351	204	211	202	185	150	123	102	86	57	35	24	18	14
330	650	474	333	240	215	183	146	121	101	86	59	38	30	24	20
340	550	670	427	326	263	215	166	131	105	88	57	33	24	18	14
350	540	1051	651	333	245	188	149	123	104	89	60	39	30	24	20

Maksimum= 1187.90 i afstand 50 m og retning 160 grader.

Partik Periode: 760101-761231

Maksimale timeværdier ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Retning (grader)	50	100	150	200	250	300	Afstand (m)		600	700	1000	1500	2000	2500	3000
							400	500							
0	5	3	4	3	3	3	3	4	3	3	3	2	2	1	1
10	6	8	3	3	3	3	3	3	3	3	4	2	2	1	1
20	6	5	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3	2	1
30	6	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3
40	8	3	4	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2
50	6	5	4	4	3	3	3	3	3	2	3	2	2	2	1
60	5	6	4	4	3	3	3	3	3	3	2	2	2	1	1
70	5	7	4	4	4	3	3	3	3	3	2	2	1	1	1
80	5	7	5	5	4	4	3	3	3	2	2	2	1	1	1
90	6	5	5	5	5	5	5	4	4	4	3	2	2	1	1
100	6	5	5	5	5	5	5	5	4	4	4	3	2	2	1
110	5	5	5	5	5	4	4	4	3	3	2	2	1	1	1
120	5	5	6	4	4	3	3	3	3	2	2	2	1	1	1
130	5	8	4	3	3	3	3	3	3	3	2	1	1	1	1
140	7	8	4	3	3	3	3	3	3	2	2	2	1	1	1
150	5	6	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	1	1
160	8	4	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	1	1
170	6	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2
180	5	3	3	3	3	4	3	3	3	3	3	3	2	2	2
190	4	3	4	4	3	4	4	3	4	4	3	2	2	2	2
200	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	2	2	2
210	4	3	4	4	4	4	4	4	4	5	4	3	3	2	2
220	4	3	3	4	4	4	4	4	5	5	5	3	3	2	2
230	4	4	3	3	4	4	4	4	5	6	6	4	4	2	2
240	4	4	3	3	4	4	4	4	5	6	7	5	3	2	2
250	4	4	3	4	4	4	4	4	5	6	7	4	3	2	2
260	4	4	4	4	4	4	4	5	5	4	5	4	3	2	2
270	4	4	4	4	4	4	4	5	4	4	4	3	3	2	2
280	4	4	4	4	4	4	4	5	4	4	4	4	4	3	2
290	4	4	3	3	4	4	4	5	5	5	6	5	3	3	2
300	4	4	3	4	4	4	4	5	5	5	8	5	3	3	2
310	4	3	3	3	4	4	4	4	5	5	7	5	3	3	2
320	4	3	3	3	4	4	4	4	4	5	5	4	3	3	2
330	4	3	3	3	4	4	4	4	4	5	4	3	3	2	2
340	4	5	3	3	4	4	4	4	4	4	4	3	2	2	2
350	4	7	4	3	3	4	4	4	4	4	3	2	2	2	1

Maksimum= 8.45 i afstand 100 m og retning 10 grader.

N02 Periode: 760101-761231

Maksimalt 8-timers glidende middel (µg/m3)

Retning (grader)	50	100	150	200	250	300	Afstand (m)		600	700	1000	1500	2000	2500	3000
							400	500							
0	178	94	111	65	50	52	40	50	34	40	34	23	16	12	10
10	200	247	92	54	49	50	39	42	43	29	24	18	18	12	10
20	129	136	70	48	49	46	41	31	37	38	23	17	14	12	11
30	185	134	63	49	45	45	43	33	27	31	25	14	12	11	9
40	239	110	88	54	47	43	40	38	31	25	26	17	12	9	8
50	151	127	70	64	53	46	40	37	34	30	22	18	16	12	9
60	164	190	73	57	56	52	44	38	34	32	25	16	13	11	9
70	164	219	82	60	54	51	46	42	38	35	27	18	14	11	9
80	160	181	105	69	55	47	39	35	33	31	26	19	14	12	10
90	137	117	73	60	52	46	38	32	28	25	19	14	11	9	8
100	116	110	58	51	48	44	37	31	27	25	19	14	11	9	8
110	116	107	68	61	52	47	38	32	28	27	23	18	14	11	9
120	135	172	117	75	49	40	36	34	32	30	21	13	10	8	7
130	168	213	146	52	40	36	34	31	25	22	15	11	9	9	8
140	237	249	132	61	46	39	31	27	24	19	19	11	9	9	8
150	97	174	93	58	49	43	34	28	26	28	15	9	9	9	8
160	200	118	67	54	44	38	31	33	33	24	13	12	10	9	8
170	239	97	60	51	43	36	35	39	26	18	16	11	9	10	9
180	178	75	60	49	45	40	44	34	21	20	21	15	10	10	10
190	142	75	53	43	41	38	49	29	25	28	22	16	14	17	17
200	116	63	47	40	43	38	50	26	30	34	29	18	21	12	10
210	105	52	48	43	45	41	53	30	41	34	37	26	15	14	11
220	120	55	48	46	47	41	57	34	47	52	42	29	17	11	11
230	115	60	46	50	47	47	61	39	51	71	44	28	19	15	14
240	120	63	44	50	49	51	59	57	56	77	84	35	25	19	13
250	136	59	46	46	50	50	54	57	56	70	66	52	32	22	19
260	120	58	51	50	48	48	57	57	57	42	57	52	40	24	15
270	112	56	54	56	57	58	58	58	53	24	48	49	35	25	19
280	104	52	53	53	52	50	59	60	48	30	53	49	32	20	13
290	95	52	49	50	52	58	57	65	66	59	85	46	31	19	13
300	115	54	49	51	56	55	60	58	62	76	97	40	30	22	18
310	116	61	51	54	57	58	58	58	69	82	64	55	25	20	15
320	106	74	53	54	57	58	55	57	63	69	46	44	39	26	21
330	137	100	66	55	56	57	54	52	56	58	51	29	29	25	27
340	124	136	93	73	55	55	52	48	55	53	43	22	18	17	18
350	138	196	138	70	53	53	46	50	46	40	36	26	16	12	10

Maksimum= 248.78 i afstand 100 m og retning 140 grader.

NO2 Periode: 760101-761231

Den 19. største timemiddel koncentration ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Retning (grader)	Afstand (m)														
	50	100	150	200	250	300	400	500	600	700	1000	1500	2000	2500	3000
0	190	101	141	75	59	56	57	55	51	49	43	26	21	16	14
10	241	282	99	62	56	55	52	51	49	44	37	25	20	14	13
20	139	168	81	56	55	54	50	49	44	43	33	23	18	15	13
30	143	145	67	53	53	52	48	45	44	39	32	22	17	14	11
40	247	117	96	57	52	51	49	43	40	38	30	25	17	14	11
50	201	159	79	69	56	51	47	45	41	37	30	22	19	16	13
60	183	203	81	67	62	56	48	43	42	39	31	22	17	14	12
70	197	275	95	72	64	58	52	47	43	40	32	25	19	15	12
80	185	239	137	95	76	66	55	48	43	40	32	24	18	15	13
90	167	163	88	85	76	68	57	50	46	41	31	24	19	15	12
100	147	120	77	70	69	66	58	52	46	42	32	23	18	15	12
110	128	123	81	88	77	64	50	43	39	35	30	21	17	14	12
120	157	190	145	90	60	51	44	40	38	35	27	18	13	11	9
130	204	210	146	69	52	48	44	38	35	32	22	16	14	12	11
140	257	290	146	81	56	49	43	38	33	28	24	19	12	10	9
150	116	193	120	73	57	49	42	36	32	31	26	15	14	12	11
160	223	145	79	62	56	51	43	38	37	35	23	21	17	13	11
170	248	116	71	58	54	51	43	42	37	30	29	24	16	13	11
180	190	97	66	56	53	51	44	41	35	35	34	23	17	15	12
190	151	87	60	55	53	51	49	44	42	42	37	25	21	17	14
200	137	69	57	55	55	53	53	43	46	49	46	31	24	16	13
210	135	63	56	56	56	55	55	48	55	52	49	38	25	18	16
220	133	62	57	58	58	59	58	55	59	62	61	40	26	20	15
230	127	64	56	58	58	60	59	59	68	76	81	45	28	21	16
240	134	66	56	59	59	60	61	63	68	84	103	55	33	25	18
250	141	67	58	58	59	61	63	61	67	76	100	64	39	29	21
260	136	65	58	59	61	62	70	72	68	55	71	60	42	29	22
270	123	60	57	58	61	65	72	77	65	35	65	60	44	30	22
280	116	58	59	59	61	64	72	78	66	46	69	60	40	26	19
290	113	59	58	58	61	64	71	74	77	72	90	62	40	26	18
300	123	63	58	59	60	62	67	73	76	80	105	61	39	26	19
310	139	68	58	59	60	61	65	68	74	89	97	59	36	26	19
320	143	78	58	59	60	61	64	68	76	81	76	49	34	26	18
330	151	112	68	60	60	60	64	67	71	75	61	39	29	21	18
340	142	163	106	73	61	60	62	62	64	62	51	37	24	18	14
350	150	256	148	77	60	58	60	58	57	56	44	30	24	16	13

Maksimum= 290.08 i afstand 100 m og retning 140 grader.

NO2 Periode: 760101-761231

Den 36. største 24-timemiddel på årsbasis (µg/m3)

Retning (grader)	50	100	150	200	250	300	Afstand (m)									
	50	100	150	200	250	300	400	500	600	700	1000	1500	2000	2500	3000	
0	43	25	30	18	14	11	9	8	8	7	5	3	2	2	1	
10	45	54	26	17	13	11	9	8	7	7	5	3	2	2	1	
20	35	44	29	18	14	12	9	8	7	6	5	3	2	2	1	
30	34	40	29	19	14	12	9	9	7	6	5	3	2	2	2	
40	40	41	27	20	15	12	10	8	7	6	5	3	2	2	2	
50	41	44	29	21	16	13	11	9	7	7	5	3	2	2	2	
60	41	43	34	23	18	14	11	9	8	7	5	3	3	2	2	
70	44	65	36	25	19	16	12	10	8	7	5	4	3	2	2	
80	44	54	36	25	19	16	12	10	9	8	6	4	3	3	2	
90	43	32	31	24	19	17	13	10	9	7	6	4	3	2	2	
100	38	32	28	24	19	15	11	9	8	7	5	3	3	2	2	
110	35	33	32	23	17	14	10	8	7	6	4	3	2	2	1	
120	35	36	36	21	15	12	9	7	6	5	4	2	2	1	1	
130	32	35	28	16	12	10	8	6	5	4	3	2	2	1	1	
140	33	33	23	15	11	10	7	6	5	4	3	2	1	1	1	
150	29	39	26	13	11	9	7	5	4	4	3	2	1	1	1	
160	36	38	25	17	12	10	7	5	4	4	3	2	1	1	1	
170	43	36	23	16	12	10	7	5	4	4	3	2	2	1	1	
180	45	30	21	15	13	10	7	5	4	4	3	2	2	1	1	
190	42	28	18	15	12	10	7	6	5	4	3	2	2	2	1	
200	37	27	17	13	11	9	6	5	5	4	3	3	3	2	2	
210	35	26	17	14	11	9	6	5	5	4	3	4	3	2	2	
220	33	25	19	15	12	9	7	6	5	4	5	5	3	2	1	
230	37	25	19	16	14	11	8	6	5	4	7	5	2	2	2	
240	38	23	19	17	15	13	9	7	6	5	11	4	3	3	2	
250	41	25	19	17	15	13	11	8	6	5	10	7	5	4	3	
260	40	24	20	16	14	13	13	12	7	5	9	8	5	3	2	
270	37	23	19	16	14	14	15	15	11	4	11	9	5	3	2	
280	35	23	18	16	15	14	15	15	12	5	8	7	3	2	2	
290	34	24	18	15	14	14	13	15	14	9	11	6	3	2	2	
300	36	26	18	15	14	13	15	13	12	8	9	6	3	2	2	
310	34	26	19	15	14	14	14	13	12	8	8	5	3	2	2	
320	39	30	21	16	15	12	13	11	10	7	6	4	3	2	2	
330	40	35	24	17	14	13	12	11	9	8	5	4	2	2	1	
340	40	39	26	17	14	13	12	10	9	7	5	3	2	2	1	
350	40	45	26	17	15	12	10	9	8	6	4	3	2	2	1	

Maksimum= 65.48 i afstand 100 m og retning 70 grader.

CO Periode: 760101-761231

Maksimalt 8-timers glidende middel (µg/m3)

Retning (grader)	50	100	150	200	250	300	Afstand (m)		400	500	600	700	1000	1500	2000	2500	3000
0	608	324	399	232	161	121	87	71	60	52	36	23	16	12	10		
10	681	834	339	193	146	112	77	65	57	50	36	24	18	14	11		
20	440	464	257	164	136	111	79	64	55	49	37	25	19	15	12		
30	628	465	211	164	142	128	107	88	75	66	46	29	21	16	13		
40	830	402	204	168	135	118	101	87	75	65	45	28	20	15	12		
50	536	466	253	154	131	108	83	68	57	49	33	22	16	13	10		
60	601	693	265	156	127	106	81	67	58	52	38	26	19	15	12		
70	601	804	288	172	129	106	88	74	64	55	39	24	17	13	10		
80	587	649	263	173	133	117	96	82	72	64	45	29	21	16	13		
90	473	426	257	151	130	117	96	83	72	63	44	28	20	15	12		
100	427	403	193	134	116	110	100	87	76	66	46	29	20	15	12		
110	394	391	243	142	127	115	93	75	65	58	42	28	20	16	13		
120	461	631	332	191	144	128	102	83	68	58	40	27	19	15	12		
130	572	781	529	187	140	123	99	81	67	57	38	24	18	14	12		
140	806	912	481	221	166	141	110	89	74	62	41	24	18	13	11		
150	354	637	336	209	175	153	122	99	83	71	47	29	20	15	12		
160	694	416	235	192	156	138	109	91	77	66	45	28	20	15	12		
170	814	332	211	184	154	128	100	82	69	58	39	24	17	13	10		
180	608	261	212	176	161	145	114	91	75	63	41	25	18	14	11		
190	486	259	189	152	143	136	120	103	89	77	53	33	23	17	13		
200	395	217	158	130	111	104	93	83	73	65	46	30	21	16	13		
210	379	186	159	126	107	95	76	67	59	53	39	26	19	14	12		
220	434	197	145	119	100	86	71	62	55	49	36	24	18	14	11		
230	421	216	146	122	110	99	80	67	57	49	34	22	16	13	10		
240	439	229	152	129	120	109	91	75	64	55	37	22	16	12	10		
250	499	216	151	124	115	106	92	80	69	60	42	27	19	14	11		
260	442	213	155	135	119	109	96	83	72	63	45	28	20	15	12		
270	412	204	162	143	127	113	90	76	66	57	40	26	18	14	11		
280	381	169	152	137	121	105	88	75	65	57	41	27	19	15	12		
290	347	189	150	136	125	115	95	81	69	60	42	27	19	14	12		
300	421	194	151	140	128	116	96	80	68	59	41	26	18	14	11		
310	425	221	151	138	123	109	88	73	62	55	41	28	20	16	13		
320	385	273	159	152	129	110	92	79	69	61	44	29	21	16	13		
330	494	368	237	188	177	157	120	95	78	65	42	27	19	15	12		
340	447	499	339	263	195	157	109	89	76	65	45	28	20	15	12		
350	473	720	497	253	173	142	106	86	72	62	42	26	19	14	11		

Maksimum= 912.19 i afstand 100 m og retning 140 grader.

CO Periode: 760101-761231

Den 19. største timemiddel koncentration ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Retning (grader)	Afstand (m)														
	50	100	150	200	250	300	400	500	600	700	1000	1500	2000	2500	3000
0	645	346	510	270	187	154	113	92	79	68	46	30	22	17	14
10	818	967	363	220	172	136	106	86	74	64	46	30	22	17	13
20	473	605	296	184	155	134	106	93	81	71	50	31	22	17	14
30	485	501	233	174	147	133	108	94	82	72	51	32	23	17	14
40	852	428	239	179	148	130	111	93	82	73	51	32	23	18	14
50	687	584	263	174	140	121	102	89	78	68	48	31	22	17	14
60	663	739	294	197	151	126	102	90	80	71	51	33	23	18	14
70	724	1007	346	197	148	126	107	95	84	73	52	33	24	18	14
80	680	868	330	203	152	135	115	103	90	80	56	35	25	19	15
90	593	598	301	190	151	134	116	102	88	77	54	34	24	18	15
100	490	441	268	173	142	136	124	108	93	81	56	35	24	18	15
110	441	451	275	182	144	131	119	104	90	79	54	34	24	18	14
120	533	698	392	223	157	140	117	100	84	74	51	32	23	17	14
130	694	769	525	249	179	152	120	101	86	74	52	33	23	17	14
140	875	1064	531	294	201	163	130	110	94	81	55	34	24	18	14
150	410	707	441	264	198	161	125	105	89	76	51	32	23	17	14
160	773	507	285	220	195	170	131	105	88	73	51	31	22	17	13
170	845	396	248	203	179	162	134	110	93	79	54	33	23	17	13
180	645	337	232	187	168	150	127	109	92	78	54	33	23	17	14
190	521	299	207	171	153	138	118	101	89	77	54	33	23	17	14
200	496	242	183	150	134	123	103	88	77	68	48	31	22	17	13
210	487	228	171	146	131	118	99	86	76	67	47	30	22	17	13
220	481	223	166	141	127	120	105	91	79	69	48	31	22	17	13
230	463	232	167	142	129	118	104	91	79	69	49	31	22	17	14
240	492	238	172	144	131	119	106	93	79	70	50	32	22	17	14
250	517	243	176	142	128	119	106	93	81	72	50	32	23	17	14
260	497	235	170	140	129	124	108	95	84	74	52	32	23	17	14
270	452	216	159	137	129	120	106	93	80	70	49	32	23	17	14
280	424	201	155	134	123	114	97	84	74	66	46	30	21	16	13
290	416	206	157	138	129	119	100	82	70	62	45	30	21	16	13
300	451	227	164	148	139	126	107	90	80	71	50	32	22	17	14
310	504	246	173	157	148	135	113	95	81	70	48	30	21	16	13
320	518	285	189	173	154	138	110	91	78	67	47	30	21	16	13
330	544	412	248	211	171	148	118	97	82	71	50	31	21	16	13
340	512	596	384	264	196	162	117	98	83	72	49	30	21	16	13
350	509	940	536	277	199	161	117	97	83	70	49	30	22	17	13

Maksimum= 1063.61 i afstand 100 m og retning 140 grader.

CO Periode: 760101-761231

Den 36. største 24-timemiddel på årsbasis (µg/m3)

Retning (grader)	Afstand (m)														
	50	100	150	200	250	300	400	500	600	700	1000	1500	2000	2500	3000
0	149	88	100	56	34	25	15	11	9	7	5	3	2	2	1
10	159	167	87	52	34	26	18	13	10	8	5	3	2	2	1
20	120	148	94	54	37	27	18	14	10	9	6	3	2	2	1
30	120	125	90	59	38	29	19	13	10	8	5	3	2	2	1
40	136	138	86	57	41	31	20	14	11	9	5	4	3	2	2
50	146	139	84	60	44	32	21	15	12	10	6	4	3	2	2
60	145	131	98	64	45	35	23	17	13	11	7	4	3	2	2
70	149	211	107	66	49	38	25	19	15	13	8	5	4	3	2
80	144	170	103	67	50	39	27	21	16	13	8	5	4	3	2
90	130	94	86	64	51	39	27	20	16	13	8	5	4	3	2
100	124	93	82	64	47	35	23	17	14	11	7	5	3	3	2
110	119	99	93	62	41	31	20	14	12	10	7	4	3	2	2
120	116	105	109	60	35	26	16	12	10	9	6	3	3	2	2
130	111	102	82	39	27	20	13	11	9	7	5	3	2	2	1
140	113	116	69	38	27	22	14	10	8	7	5	3	2	2	1
150	104	132	95	42	25	20	14	11	9	7	5	3	2	2	1
160	129	134	86	53	35	24	15	11	9	8	5	3	2	2	1
170	152	126	76	51	37	26	17	12	9	7	5	3	2	2	1
180	156	106	71	45	31	26	17	13	10	8	5	3	2	2	1
190	148	101	65	39	32	25	18	14	11	9	6	4	3	2	2
200	130	98	58	39	28	20	14	11	9	7	5	3	2	2	1
210	124	91	57	40	28	23	15	11	9	8	5	3	2	2	1
220	118	89	60	39	31	26	18	13	10	9	6	4	2	2	2
230	132	90	61	45	35	26	19	16	12	10	7	4	3	2	2
240	135	83	61	46	35	27	19	15	13	10	7	4	3	2	2
250	145	89	60	44	34	27	19	14	12	10	7	4	3	2	2
260	141	87	57	41	32	26	19	14	11	9	6	4	3	2	2
270	132	81	51	38	29	24	16	12	9	8	6	4	3	2	2
280	125	83	57	38	27	21	14	11	9	7	5	3	2	1	1
290	122	85	55	38	26	21	13	10	8	6	4	3	2	2	1
300	126	92	60	35	25	19	13	10	8	7	5	3	2	2	1
310	125	93	56	36	26	21	15	11	9	7	5	3	2	1	1
320	138	109	68	40	28	22	14	11	8	7	4	3	2	2	1
330	141	126	74	47	27	22	15	11	9	7	5	3	2	1	1
340	142	140	82	47	29	22	15	11	8	6	4	2	2	1	1
350	140	157	83	54	34	23	14	10	8	6	4	3	2	1	1

Maksimum= 211.08 i afstand 100 m og retning 70 grader.

Partik Periode: 760101-761231

Maksimalt 8-timers glidende middel (µg/m3)

Retning (grader)	50	100	150	200	250	300	Afstand (m)		600	700	1000	1500	2000	2500	3000
							400	500							
0	4	3	3	3	3	3	2	3	2	2	2	1	1	1	1
10	5	7	3	3	3	3	2	2	2	2	1	1	1	1	1
20	3	4	3	3	3	3	2	2	2	2	1	1	1	1	1
30	4	3	3	3	3	3	2	2	2	2	1	1	1	1	1
40	6	3	4	3	3	2	2	2	2	1	1	1	1	0	0
50	4	3	3	3	3	3	2	2	2	2	1	1	1	1	1
60	4	5	3	3	3	3	2	2	2	2	1	1	1	1	0
70	4	5	3	3	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	0
80	4	5	4	3	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1
90	5	3	3	3	2	2	2	2	1	1	1	1	1	0	0
100	4	3	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	0	0
110	3	3	3	3	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	0
120	3	4	4	3	2	2	2	2	2	2	1	1	1	0	0
130	4	5	4	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	0	0
140	6	6	3	2	2	2	2	2	1	1	1	1	0	0	0
150	2	4	2	2	2	2	2	1	1	2	1	1	1	0	0
160	5	3	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	0	0
170	6	2	3	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1
180	4	2	3	2	2	2	3	2	1	1	1	1	1	1	1
190	3	2	3	2	2	2	3	2	1	2	1	1	1	1	1
200	3	2	3	2	2	2	3	2	2	2	2	1	1	1	1
210	3	2	3	2	3	2	3	2	2	2	2	1	1	1	1
220	3	2	3	3	3	2	3	2	3	3	2	2	1	1	1
230	3	2	3	3	3	3	3	2	3	4	3	2	1	1	1
240	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	5	2	1	1	1
250	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	3	2	1	1
260	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3	2	1	1
270	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1	3	3	2	1	1
280	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3	2	1	1
290	3	3	3	3	3	3	3	4	4	3	5	3	2	1	1
300	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	6	2	2	1	1
310	3	3	3	3	3	3	3	3	4	5	4	3	1	1	1
320	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	3	2	2	1	1
330	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	1	1
340	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	1	1	1	1
350	3	5	3	3	3	3	3	3	3	2	2	1	1	1	1

Maksimum= 7.13 i afstand 100 m og retning 10 grader.

Partik Periode: 760101-761231

Den 19. største timemiddel koncentration ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Retning (grader)	50	100	150	200	250	300	Afstand (m)		400	500	600	700	1000	1500	2000	2500	3000
0	5	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	1	1	1	1
10	6	8	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	1	1	1	1
20	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	1	1	1	1
30	3	4	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	1	1	1	1
40	6	3	4	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	1	1	1	1
50	5	4	4	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	1	1	1	1
60	5	5	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	1	1	1	1
70	5	7	4	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	1	1	1	1
80	5	6	5	4	3	3	3	3	2	2	2	2	2	1	1	1	1
90	6	4	4	4	3	3	3	3	2	2	2	2	2	1	1	1	1
100	5	4	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	1	1	1	1
110	3	3	4	4	3	3	3	3	2	2	2	2	2	1	1	1	1
120	4	5	5	4	3	3	3	2	2	2	2	2	2	1	1	1	0
130	5	5	4	3	3	3	3	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1
140	6	7	4	3	3	3	3	2	2	2	2	2	1	1	1	1	0
150	3	5	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1
160	5	4	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1
170	6	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1
180	5	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	1	1	1	1
190	4	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	1	1	1	1
200	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	2	1	1	1
210	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	1	1	1
220	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	3	2	1	1	1
230	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	5	3	2	1	1
240	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	5	6	3	2	1	1
250	4	3	3	3	3	3	3	4	3	4	4	4	6	4	2	2	1
260	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	3	4	3	2	2	1
270	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	2	4	3	2	2	1
280	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	3	4	3	2	1	1
290	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	5	4	2	1	1
300	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	5	6	3	2	1	1
310	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	5	6	3	2	1	1
320	4	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	5	4	3	2	1	1
330	4	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	3	2	2	1	1
340	4	4	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	3	2	1	1	1
350	4	6	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	1	1	1

Maksimum= 7.76 i afstand 100 m og retning 10 grader.

Partik Periode: 760101-761231

Den 36. største 24-timemiddel på årsbasis (µg/m3)

Retning (grader)	Afstand (m)															
	50	100	150	200	250	300	400	500	600	700	1000	1500	2000	2500	3000	
0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
10	1	2	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
20	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
30	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
40	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
50	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
60	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
70	1	2	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
80	1	2	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
90	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
100	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
110	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
120	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
130	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
140	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
150	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
160	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
170	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
180	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
190	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
200	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
210	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
220	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
230	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
240	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	
250	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	
260	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	
270	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	
280	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	
290	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	
300	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	
310	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	
320	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	
330	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	
340	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	
350	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	

Maksimum= 1.79 i afstand 100 m og retning 70 grader.

Benyttede filer.

Følgende inputfiler er benyttet i beregningerne:

Punktkilder: S:\1101188\RIBH\Kystdirektoratet\Skagen\OML beregninger\Immission sce 2.kl
Meteorologi.....: C:\OML_Data\Kas76LST.met
Receptorer.....: S:\1101188\RIBH\Kystdirektoratet\Skagen\OML beregninger\Immission sce 2.rc
Beregningsopsætning.....: S:\1101188\RIBH\Kystdirektoratet\Skagen\OML beregninger\Immission sce 2.op

Følgende outputfil er benyttet:

Resultater: S:\1101188\RIBH\Kystdirektoratet\Skagen\OML beregninger\Immission sce 2.lo

Beregning:

Start kl. 13:28:19 (04-04-2019)
Slut kl. 13:28:26 (04-04-2019)

NO₂-deposition Scenarie 2

Meteorologiske spredningsberegninger er udført for følgende periode (lokal standard tid):

Start af beregningen = 740101 kl. 1
Slut på beregningen (incl.) = 831231 kl. 24

Meteorologiske data er fra: AALBORG

Koordinatsystem.

Der er anvendt et x,y-koordinatsystem med x-akse mod øst (90 grader) og y-akse mod nord (0 grader). Enheden er meter. Systemet er fælles for receptorer og kilder. Origo kan fastlægges frit, fx. i skorstensfoden for den mest dominerende kilde eller som i UTM-systemet.

Receptordata.

Ruhedslængde, z0 = 0.050 m

Største terrænhældning = 0 grader

Receptorerne er beliggende med 10 graders interval i 15 koncentriske cirkler med centrum x,y: 0., 0.
og radierne (m):

50.	100.	150.	200.	250.
300.	400.	500.	600.	700.
1000.	1500.	2000.	2500.	3000.

Alle terrænhøjder = 0.0 m.

Alle receptorhøjder = 1.5 m.

Alle overflader er typenr. = 2.

Forkortelser benyttet for kildeparametrene:

Nr.....: Internt kildenummer
 ID.....: Tekst til identificering af kilde
 X.....: X-koordinat for kilde [m]
 Y.....: Y-koordinat for kilde [m]
 Z.....: Terrænkote for skorstensfod [m]
 HS.....: Skorstenshøjde over terræn [m]
 T.....: Temperatur af røggas [Kelvin]/[Celsius]
 VOL.....: Volumenmængde af røggas [normal m3/sek]
 DSO.....: Ydre diameter af skorstenstop [m]
 DSI.....: Indre diameter af skorstenstop [m]
 HB.....: Generel beregningsmæssig bygningshøjde [m]
 Qi.....: Emission af stof nr. 'i' [gram/sek], [MLE/sek] eller [MOU/sek]

Punktkilder.

Kildedata:

Nr	ID	X	Y	Z	HS	T(C)	VOL	DSI	DSO	HB	NO2 Q1	Stof 2 Q2	Stof 3 Q3
1	Gravemas	0.	0.	0.0	3.0	250.	0.11	0.15	0.15	0.0	0.0600	0.0000	0.0000
2	Gravemas	75.	-75.	0.0	3.0	250.	0.11	0.15	0.15	0.0	0.0600	0.0000	0.0000
3	Gummi	25.	-50.	0.0	3.0	250.	0.08	0.15	0.15	0.0	0.0500	0.0000	0.0000
4	Mellem	-800.	0.	0.0	27.0	250.	2.28	1.75	1.75	0.0	2.8100	0.0000	0.0000
5	Gravemas	0.	100.	0.0	3.0	250.	0.11	0.15	0.15	0.0	0.0600	0.0000	0.0000
6	Gravemas	75.	25.	0.0	3.0	250.	0.11	0.15	0.15	0.0	0.0600	0.0000	0.0000
7	Gummi	25.	50.	0.0	3.0	250.	0.08	0.15	0.15	0.0	0.0500	0.0000	0.0000
8	Mellem	-800.	100.	0.0	27.0	250.	2.28	1.75	1.75	0.0	2.8100	0.0000	0.0000

Tidsvariationer i emissionen fra punktkilder.

Emissionerne fra de enkelte punktkilder er konstant.

Afledte kildeparametre:

Kilde nr.	Vertikal røggashastighed m/s	Buoyancy flux (termisk løft) (omtrentlig) m4/s3
1	11.6	0.3
2	11.6	0.3
3	9.2	0.2
4	1.8	6.3
5	11.6	0.3
6	11.6	0.3
7	9.2	0.2
8	1.8	6.3

Der er ingen retningsafhængige bygningsdata.

Udskrevet: 2019/04/04 kl. 15:29

Dato: 2019/04/04

OML-Multi PC-version 20170914/6.20

Side 3

DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, Aarhus Universitet

Side til advarsler.

NO2 Periode: 740101-831231 (Bidrag fra alle kilder)

Middelværdier (µg/m3)

Retning (grader)	50	100	150	200	250	300	Afstand (m)		400	500	600	700	1000	1500	2000	2500	3000
0	18	10	10	7	6	5	4	4	3	3	2	1	1	1	1	1	1
10	19	23	12	8	6	5	4	4	3	3	2	1	1	1	1	1	1
20	19	21	13	8	6	5	4	4	3	3	2	1	1	1	1	1	1
30	19	19	13	9	7	5	4	3	3	3	2	1	1	1	1	1	1
40	20	20	13	9	7	6	4	3	3	3	2	1	1	1	1	1	1
50	21	20	14	9	7	6	4	3	3	3	2	1	1	1	1	1	1
60	22	22	14	10	7	6	4	4	3	3	2	1	1	1	1	1	1
70	22	27	15	10	7	6	4	4	3	3	2	1	1	1	1	1	1
80	21	22	14	10	7	6	4	3	3	3	2	1	1	1	1	1	1
90	20	16	13	9	7	6	4	3	3	2	2	1	1	1	1	1	1
100	20	16	12	9	6	5	4	3	3	2	2	1	1	1	1	1	1
110	19	17	13	8	6	5	3	3	2	2	1	1	1	1	1	1	1
120	19	18	13	7	5	4	3	2	2	2	1	1	1	1	1	1	0
130	19	16	10	6	4	4	3	2	2	2	1	1	1	1	0	0	0
140	19	13	7	5	4	3	2	2	2	1	1	1	1	0	0	0	0
150	14	11	6	4	4	3	2	2	2	1	1	1	1	0	0	0	0
160	16	10	6	4	3	3	2	2	1	1	1	1	1	0	0	0	0
170	16	9	6	4	4	3	2	2	1	1	1	1	1	0	0	0	0
180	15	9	6	4	4	3	2	2	1	1	1	1	1	0	0	0	0
190	14	8	6	5	4	3	2	2	1	1	1	1	1	0	0	0	0
200	13	8	6	5	4	3	2	2	2	1	1	1	1	0	0	0	0
210	13	8	6	5	4	3	3	2	2	1	1	1	1	1	0	0	0
220	13	8	6	5	4	4	3	2	2	1	1	1	1	1	0	0	0
230	13	8	7	5	5	4	3	2	2	2	1	1	1	1	1	1	0
240	13	9	7	6	5	5	4	3	2	2	1	1	1	1	1	1	1
250	13	9	7	6	6	5	4	3	3	2	2	1	1	1	1	1	1
260	13	9	7	6	6	6	5	5	3	2	2	2	1	1	1	1	1
270	13	9	8	7	6	6	6	6	4	2	2	2	1	1	1	1	1
280	14	10	8	7	6	6	6	6	6	3	3	2	1	1	1	1	1
290	14	10	8	7	7	6	6	7	6	4	2	2	1	1	1	1	1
300	15	10	8	7	7	6	6	6	5	4	2	2	1	1	1	1	1
310	14	11	8	7	7	6	6	6	5	4	2	1	1	1	1	1	1
320	14	11	9	7	6	6	5	5	4	3	2	1	1	1	1	0	0
330	14	13	10	7	6	6	5	4	4	3	2	1	1	1	1	0	0
340	15	14	10	7	6	5	5	4	3	3	2	1	1	1	1	0	0
350	16	15	9	7	6	5	4	4	3	3	2	1	1	1	1	0	0

Maksimum= 27.08 i afstand 100 m og retning 70 grader.

Benyttede filer.

Følgende inputfiler er benyttet i beregningerne:

Punktkilder: S:\1101188\RIBH\Kystdirektoratet\Skagen\OML beregninger\DEP sce 2 NO2.kld
Meteorologi.....: C:\OML_Data\Aal7483LST.met
Receptorer.....: S:\1101188\RIBH\Kystdirektoratet\Skagen\OML beregninger\DEP sce 2 NO2.rct
Beregningsopsætning.....: S:\1101188\RIBH\Kystdirektoratet\Skagen\OML beregninger\DEP sce 2 NO2.opt

Følgende outputfil er benyttet:

Resultater: S:\1101188\RIBH\Kystdirektoratet\Skagen\OML beregninger\DEP sce 2 NO2.log

Beregning:

Start kl. 15:26:07 (04-04-2019)
Slut kl. 15:27:17 (04-04-2019)

Met-data til våd-deposition: Kastrup, Aalborg og Skrydstrup Lufthavne, 2008 og 2009.

Anvendt årlig nedbør: 0 mm.

Samlet emission: 187954.560 kg. Udvaskningskoefficient: 0.00E+00 (l/s).

Depositionshastighed (cm/s) for overfladetype 1, 2 og 3: 2.00E-04, 0.600 resp. 1.200.

NO2 Periode: 740101-831231 (Bidrag fra alle kilder)

Total deposition (kg/ha/år).

Retning (grader)	Afstand (m)															
	50	100	150	200	250	300	400	500	600	700	1000	1500	2000	2500	3000	
0	34.06	18.92	18.92	13.25	11.35	9.46	7.57	7.57	5.68	5.68	3.78	1.89	1.89	1.89	1.89	
10	35.95	43.52	22.71	15.14	11.35	9.46	7.57	7.57	5.68	5.68	3.78	1.89	1.89	1.89	1.89	
20	35.95	39.74	24.60	15.14	11.35	9.46	7.57	7.57	5.68	5.68	3.78	1.89	1.89	1.89	1.89	
30	35.95	35.95	24.60	17.03	13.25	9.46	7.57	5.68	5.68	5.68	3.78	1.89	1.89	1.89	1.89	
40	37.84	37.84	24.60	17.03	13.25	11.35	7.57	5.68	5.68	5.68	3.78	1.89	1.89	1.89	1.89	
50	39.74	37.84	26.49	17.03	13.25	11.35	7.57	5.68	5.68	5.68	3.78	1.89	1.89	1.89	1.89	
60	41.63	41.63	26.49	18.92	13.25	11.35	7.57	7.57	5.68	5.68	3.78	1.89	1.89	1.89	1.89	
70	41.63	51.09	28.38	18.92	13.25	11.35	7.57	7.57	5.68	5.68	3.78	1.89	1.89	1.89	1.89	
80	39.74	41.63	26.49	18.92	13.25	11.35	7.57	5.68	5.68	5.68	3.78	1.89	1.89	1.89	1.89	
90	37.84	30.27	24.60	17.03	13.25	11.35	7.57	5.68	5.68	3.78	3.78	1.89	1.89	1.89	1.89	
100	37.84	30.27	22.71	17.03	11.35	9.46	7.57	5.68	5.68	3.78	3.78	1.89	1.89	1.89	1.89	
110	35.95	32.17	24.60	15.14	11.35	9.46	5.68	5.68	3.78	3.78	1.89	1.89	1.89	1.89	1.89	
120	35.95	34.06	24.60	13.25	9.46	7.57	5.68	3.78	3.78	3.78	1.89	1.89	1.89	1.89	0.00	
130	35.95	30.27	18.92	11.35	7.57	7.57	5.68	3.78	3.78	3.78	1.89	1.89	1.89	0.00	0.00	
140	35.95	24.60	13.25	9.46	7.57	5.68	3.78	3.78	3.78	1.89	1.89	1.89	0.00	0.00	0.00	
150	26.49	20.81	11.35	7.57	7.57	5.68	3.78	3.78	3.78	1.89	1.89	1.89	0.00	0.00	0.00	
160	30.27	18.92	11.35	7.57	5.68	5.68	3.78	3.78	1.89	1.89	1.89	1.89	0.00	0.00	0.00	
170	30.27	17.03	11.35	7.57	7.57	5.68	3.78	3.78	1.89	1.89	1.89	1.89	0.00	0.00	0.00	
180	28.38	17.03	11.35	7.57	7.57	5.68	3.78	3.78	1.89	1.89	1.89	1.89	0.00	0.00	0.00	
190	26.49	15.14	11.35	9.46	7.57	5.68	3.78	3.78	1.89	1.89	1.89	1.89	0.00	0.00	0.00	
200	24.60	15.14	11.35	9.46	7.57	5.68	3.78	3.78	3.78	1.89	1.89	1.89	0.00	0.00	0.00	
210	24.60	15.14	11.35	9.46	7.57	5.68	5.68	3.78	3.78	1.89	1.89	1.89	1.89	0.00	0.00	
220	24.60	15.14	11.35	9.46	7.57	7.57	5.68	3.78	3.78	1.89	1.89	1.89	1.89	0.00	0.00	
230	24.60	15.14	13.25	9.46	9.46	7.57	5.68	3.78	3.78	3.78	1.89	1.89	1.89	1.89	0.00	
240	24.60	17.03	13.25	11.35	9.46	9.46	7.57	5.68	3.78	3.78	1.89	1.89	1.89	1.89	1.89	
250	24.60	17.03	13.25	11.35	11.35	9.46	7.57	5.68	5.68	3.78	3.78	1.89	1.89	1.89	1.89	
260	24.60	17.03	13.25	11.35	11.35	11.35	9.46	9.46	5.68	3.78	3.78	3.78	1.89	1.89	1.89	
270	24.60	17.03	15.14	13.25	11.35	11.35	11.35	11.35	7.57	3.78	3.78	3.78	1.89	1.89	1.89	
280	26.49	18.92	15.14	13.25	11.35	11.35	11.35	11.35	11.35	5.68	5.68	3.78	1.89	1.89	1.89	
290	26.49	18.92	15.14	13.25	13.25	11.35	11.35	13.25	11.35	7.57	3.78	3.78	1.89	1.89	1.89	
300	28.38	18.92	15.14	13.25	13.25	11.35	11.35	11.35	9.46	7.57	3.78	3.78	1.89	1.89	1.89	
310	26.49	20.81	15.14	13.25	13.25	11.35	11.35	11.35	9.46	7.57	3.78	1.89	1.89	1.89	1.89	
320	26.49	20.81	17.03	13.25	11.35	11.35	9.46	9.46	7.57	5.68	3.78	1.89	1.89	1.89	0.00	
330	26.49	24.60	18.92	13.25	11.35	11.35	9.46	7.57	7.57	5.68	3.78	1.89	1.89	1.89	0.00	
340	28.38	26.49	18.92	13.25	11.35	9.46	9.46	7.57	5.68	5.68	3.78	1.89	1.89	1.89	0.00	
350	30.27	28.38	17.03	13.25	11.35	9.46	7.57	7.57	5.68	5.68	3.78	1.89	1.89	1.89	0.00	

Maksimum= 5.11E+0001 (kg/ha/år), 100 m, 70°.

Samlet emission: 187954.560 kg.

Depositionshastighed (cm/s) for overfladetype 1, 2 og 3: 2.00E-04, 0.600 resp. 1.200.

NO2 Periode: 740101-831231 (Bidrag fra alle kilder)

Tør-deposition (kg/ha/år).

Retning (grader)	Afstand (m)														
	50	100	150	200	250	300	400	500	600	700	1000	1500	2000	2500	3000
0	34.06	18.92	18.92	13.25	11.35	9.46	7.57	7.57	5.68	5.68	3.78	1.89	1.89	1.89	1.89
10	35.95	43.52	22.71	15.14	11.35	9.46	7.57	7.57	5.68	5.68	3.78	1.89	1.89	1.89	1.89
20	35.95	39.74	24.60	15.14	11.35	9.46	7.57	7.57	5.68	5.68	3.78	1.89	1.89	1.89	1.89
30	35.95	35.95	24.60	17.03	13.25	9.46	7.57	5.68	5.68	5.68	3.78	1.89	1.89	1.89	1.89
40	37.84	37.84	24.60	17.03	13.25	11.35	7.57	5.68	5.68	5.68	3.78	1.89	1.89	1.89	1.89
50	39.74	37.84	26.49	17.03	13.25	11.35	7.57	5.68	5.68	5.68	3.78	1.89	1.89	1.89	1.89
60	41.63	41.63	26.49	18.92	13.25	11.35	7.57	7.57	5.68	5.68	3.78	1.89	1.89	1.89	1.89
70	41.63	51.09	28.38	18.92	13.25	11.35	7.57	7.57	5.68	5.68	3.78	1.89	1.89	1.89	1.89
80	39.74	41.63	26.49	18.92	13.25	11.35	7.57	5.68	5.68	5.68	3.78	1.89	1.89	1.89	1.89
90	37.84	30.27	24.60	17.03	13.25	11.35	7.57	5.68	5.68	3.78	3.78	1.89	1.89	1.89	1.89
100	37.84	30.27	22.71	17.03	11.35	9.46	7.57	5.68	5.68	3.78	3.78	1.89	1.89	1.89	1.89
110	35.95	32.17	24.60	15.14	11.35	9.46	5.68	5.68	3.78	3.78	1.89	1.89	1.89	1.89	1.89
120	35.95	34.06	24.60	13.25	9.46	7.57	5.68	3.78	3.78	3.78	1.89	1.89	1.89	1.89	0.00
130	35.95	30.27	18.92	11.35	7.57	7.57	5.68	3.78	3.78	3.78	1.89	1.89	1.89	0.00	0.00
140	35.95	24.60	13.25	9.46	7.57	5.68	3.78	3.78	3.78	1.89	1.89	1.89	0.00	0.00	0.00
150	26.49	20.81	11.35	7.57	7.57	5.68	3.78	3.78	3.78	1.89	1.89	1.89	0.00	0.00	0.00
160	30.27	18.92	11.35	7.57	5.68	5.68	3.78	3.78	1.89	1.89	1.89	1.89	0.00	0.00	0.00
170	30.27	17.03	11.35	7.57	7.57	5.68	3.78	3.78	1.89	1.89	1.89	1.89	0.00	0.00	0.00
180	28.38	17.03	11.35	7.57	7.57	5.68	3.78	3.78	1.89	1.89	1.89	1.89	0.00	0.00	0.00
190	26.49	15.14	11.35	9.46	7.57	5.68	3.78	3.78	1.89	1.89	1.89	1.89	0.00	0.00	0.00
200	24.60	15.14	11.35	9.46	7.57	5.68	3.78	3.78	3.78	1.89	1.89	1.89	0.00	0.00	0.00
210	24.60	15.14	11.35	9.46	7.57	5.68	5.68	3.78	3.78	1.89	1.89	1.89	1.89	0.00	0.00
220	24.60	15.14	11.35	9.46	7.57	7.57	5.68	3.78	3.78	1.89	1.89	1.89	1.89	0.00	0.00
230	24.60	15.14	13.25	9.46	9.46	7.57	5.68	3.78	3.78	3.78	1.89	1.89	1.89	1.89	0.00
240	24.60	17.03	13.25	11.35	9.46	9.46	7.57	5.68	3.78	3.78	1.89	1.89	1.89	1.89	1.89
250	24.60	17.03	13.25	11.35	11.35	9.46	7.57	5.68	5.68	3.78	3.78	1.89	1.89	1.89	1.89
260	24.60	17.03	13.25	11.35	11.35	11.35	9.46	9.46	5.68	3.78	3.78	1.89	1.89	1.89	1.89
270	24.60	17.03	15.14	13.25	11.35	11.35	11.35	11.35	7.57	3.78	3.78	3.78	1.89	1.89	1.89
280	26.49	18.92	15.14	13.25	11.35	11.35	11.35	11.35	11.35	5.68	5.68	3.78	1.89	1.89	1.89
290	26.49	18.92	15.14	13.25	13.25	11.35	11.35	13.25	11.35	7.57	3.78	3.78	1.89	1.89	1.89
300	28.38	18.92	15.14	13.25	13.25	11.35	11.35	11.35	9.46	7.57	3.78	3.78	1.89	1.89	1.89
310	26.49	20.81	15.14	13.25	13.25	11.35	11.35	11.35	9.46	7.57	3.78	1.89	1.89	1.89	1.89
320	26.49	20.81	17.03	13.25	11.35	11.35	9.46	9.46	7.57	5.68	3.78	1.89	1.89	1.89	0.00
330	26.49	24.60	18.92	13.25	11.35	11.35	9.46	7.57	7.57	5.68	3.78	1.89	1.89	1.89	0.00
340	28.38	26.49	18.92	13.25	11.35	9.46	9.46	7.57	5.68	5.68	3.78	1.89	1.89	1.89	0.00
350	30.27	28.38	17.03	13.25	11.35	9.46	7.57	7.57	5.68	5.68	3.78	1.89	1.89	1.89	0.00

Maksimum= 5.11E+0001 (kg/ha/år), 100 m, 70°.

Met-data til våd-deposition: Kastrup, Aalborg og Skrydstrup Lufthavne, 2008 og 2009.
Anvendt årlig nedbør: 0 mm.
Samlet emission: 187954.560 kg. Udvaskningskoefficient: 0.00E+00 (l/s).

NO2 Periode: 740101-831231 (Bidrag fra alle kilder)

Våd-deposition (kg/ha/år).

Retning (grader)	Afstand (m)														
	50	100	150	200	250	300	400	500	600	700	1000	1500	2000	2500	3000
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
100	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
110	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
120	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
130	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
140	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
150	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
160	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
170	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
180	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
190	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
200	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
210	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
220	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
230	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
240	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
250	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
260	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
270	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
280	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
290	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
300	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
310	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
320	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
330	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
340	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
350	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Maksimum= 0.00E+0000 (kg/ha/år), 100 m, 70°.

NO-deposition scenarie 2

Meteorologiske spredningsberegninger er udført for følgende periode (lokal standard tid):

Start af beregningen = 740101 kl. 1
Slut på beregningen (incl.) = 831231 kl. 24

Meteorologiske data er fra: AALBORG

Koordinatsystem.

Der er anvendt et x,y-koordinatsystem med x-akse mod øst (90 grader) og y-akse mod nord (0 grader).
Enheden er meter. Systemet er fælles for receptorer og kilder. Origo kan fastlægges frit, fx. i
skorstensfoden for den mest dominerende kilde eller som i UTM-systemet.

Receptordata.

Ruhedslængde, z0 = 0.050 m

Største terrænhældning = 0 grader

Receptorerne er beliggende med 10 graders interval i 15 koncentriske cirkler
med centrum x,y: 0., 0.
og radierne (m):

50.	100.	150.	200.	250.
300.	400.	500.	600.	700.
1000.	1500.	2000.	2500.	3000.

Alle terrænhøjder = 0.0 m.

Alle receptorhøjder = 1.5 m.

Alle overflader er typenr. = 2.

Forkortelser benyttet for kildeparametrene:

Nr.....: Internt kildenummer
 ID.....: Tekst til identificering af kilde
 X.....: X-koordinat for kilde [m]
 Y.....: Y-koordinat for kilde [m]
 Z.....: Terrænkote for skorstensfod [m]
 HS.....: Skorstenshøjde over terræn [m]
 T.....: Temperatur af røggas [Kelvin]/[Celsius]
 VOL.....: Volumenmængde af røggas [normal m3/sek]
 DSO.....: Ydre diameter af skorstenstop [m]
 DSI.....: Indre diameter af skorstenstop [m]
 HB.....: Generel beregningsmæssig bygningshøjde [m]
 Qi.....: Emission af stof nr. 'i' [gram/sek], [MLE/sek] eller [MOU/sek]

Punktkilder.

Kildedata:

Nr	ID	X	Y	Z	HS	T(C)	VOL	DSI	DSO	HB	NO Q1	Stof 2 Q2	Stof 3 Q3
1	Gravemas	0.	0.	0.0	3.0	250.	0.11	0.15	0.15	0.0	0.0600	0.0000	0.0000
2	Gravemas	75.	-75.	0.0	3.0	250.	0.11	0.15	0.15	0.0	0.0600	0.0000	0.0000
3	Gummi	25.	-50.	0.0	3.0	250.	0.08	0.15	0.15	0.0	0.0500	0.0000	0.0000
4	Mellem	-800.	0.	0.0	27.0	250.	2.28	1.75	1.75	0.0	2.8100	0.0000	0.0000
5	Gravemas	0.	100.	0.0	3.0	250.	0.11	0.15	0.15	0.0	0.0600	0.0000	0.0000
6	Gravemas	75.	25.	0.0	3.0	250.	0.11	0.15	0.15	0.0	0.0600	0.0000	0.0000
7	Gummi	25.	50.	0.0	3.0	250.	0.08	0.15	0.15	0.0	0.0500	0.0000	0.0000
8	Mellem	-800.	100.	0.0	27.0	250.	2.28	1.75	1.75	0.0	2.8100	0.0000	0.0000

Tidsvariationer i emissionen fra punktkilder.

Emissionerne fra de enkelte punktkilder er konstant.

Afledte kildeparametre:

Kilde nr.	Vertikal røggashastighed m/s	Buoyancy flux (termisk løft) (omtrentlig) m4/s3
1	11.6	0.3
2	11.6	0.3
3	9.2	0.2
4	1.8	6.3
5	11.6	0.3
6	11.6	0.3
7	9.2	0.2
8	1.8	6.3

Der er ingen retningsafhængige bygningsdata.

Udskrevet: 2019/04/04 kl. 15:24
Dato: 2019/04/04

OML-Multi PC-version 20170914/6.20
DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, Aarhus Universitet

Side 3

Side til advarsler.

NO Periode: 740101-831231 (Bidrag fra alle kilder)

Middelværdier (µg/m3)

Retning (grader)	50	100	150	200	250	300	Afstand (m)		400	500	600	700	1000	1500	2000	2500	3000
0	18	10	10	7	6	5	4	4	3	3	2	1	1	1	1	1	1
10	19	23	12	8	6	5	4	4	3	3	2	1	1	1	1	1	1
20	19	21	13	8	6	5	4	4	3	3	2	1	1	1	1	1	1
30	19	19	13	9	7	5	4	3	3	3	2	1	1	1	1	1	1
40	20	20	13	9	7	6	4	3	3	3	2	1	1	1	1	1	1
50	21	20	14	9	7	6	4	3	3	3	2	1	1	1	1	1	1
60	22	22	14	10	7	6	4	4	3	3	2	1	1	1	1	1	1
70	22	27	15	10	7	6	4	4	3	3	2	1	1	1	1	1	1
80	21	22	14	10	7	6	4	3	3	3	2	1	1	1	1	1	1
90	20	16	13	9	7	6	4	3	3	2	2	1	1	1	1	1	1
100	20	16	12	9	6	5	4	3	3	2	2	1	1	1	1	1	1
110	19	17	13	8	6	5	3	3	2	2	1	1	1	1	1	1	1
120	19	18	13	7	5	4	3	2	2	2	1	1	1	1	1	1	0
130	19	16	10	6	4	4	3	2	2	2	1	1	1	1	0	0	0
140	19	13	7	5	4	3	2	2	2	1	1	1	1	0	0	0	0
150	14	11	6	4	4	3	2	2	2	1	1	1	1	0	0	0	0
160	16	10	6	4	3	3	2	2	1	1	1	1	1	0	0	0	0
170	16	9	6	4	4	3	2	2	1	1	1	1	1	0	0	0	0
180	15	9	6	4	4	3	2	2	1	1	1	1	1	0	0	0	0
190	14	8	6	5	4	3	2	2	1	1	1	1	1	0	0	0	0
200	13	8	6	5	4	3	2	2	2	1	1	1	1	0	0	0	0
210	13	8	6	5	4	3	3	2	2	1	1	1	1	1	0	0	0
220	13	8	6	5	4	4	3	2	2	1	1	1	1	1	0	0	0
230	13	8	7	5	5	4	3	2	2	2	1	1	1	1	1	1	0
240	13	9	7	6	5	5	4	3	2	2	1	1	1	1	1	1	1
250	13	9	7	6	6	5	4	3	3	2	2	1	1	1	1	1	1
260	13	9	7	6	6	6	5	5	3	2	2	2	1	1	1	1	1
270	13	9	8	7	6	6	6	6	4	2	2	2	1	1	1	1	1
280	14	10	8	7	6	6	6	6	6	3	3	2	1	1	1	1	1
290	14	10	8	7	7	6	6	7	6	4	2	2	1	1	1	1	1
300	15	10	8	7	7	6	6	6	5	4	2	2	1	1	1	1	1
310	14	11	8	7	7	6	6	6	5	4	2	1	1	1	1	1	1
320	14	11	9	7	6	6	5	5	4	3	2	1	1	1	1	0	0
330	14	13	10	7	6	6	5	4	4	3	2	1	1	1	1	0	0
340	15	14	10	7	6	5	5	4	3	3	2	1	1	1	1	0	0
350	16	15	9	7	6	5	4	4	3	3	2	1	1	1	1	0	0

Maksimum= 27.08 i afstand 100 m og retning 70 grader.

Benyttede filer.

Følgende inputfiler er benyttet i beregningerne:

Punktkilder: S:\1101188\RIBH\Kystdirektoratet\Skagen\OML beregninger\DEP sce 2 NO.kld
Meteorologi.....: C:\OML_Data\Aal7483LST.met
Receptorer.....: S:\1101188\RIBH\Kystdirektoratet\Skagen\OML beregninger\DEP sce 2 NO.rct
Beregningsopsætning.....: S:\1101188\RIBH\Kystdirektoratet\Skagen\OML beregninger\DEP sce 2 NO.opt

Følgende outputfil er benyttet:

Resultater: S:\1101188\RIBH\Kystdirektoratet\Skagen\OML beregninger\DEP sce 2 NO.log

Beregning:

Start kl. 15:22:33 (04-04-2019)
Slut kl. 15:23:42 (04-04-2019)

Met-data til våd-deposition: Kastrup, Aalborg og Skrydstrup Lufthavne, 2008 og 2009.
 Anvendt årlig nedbør: 0 mm.
 Samlet emission: 187954.560 kg. Udvaskningskoefficient: 0.00E+00 (l/s).
 Depositionshastighed (cm/s) for overfladetype 1, 2 og 3: 0.00E+00, 0.100 resp. 0.200.

NO Periode: 740101-831231 (Bidrag fra alle kilder)

Total deposition (kg/ha/år).

Retning (grader)	Afstand (m)															
	50	100	150	200	250	300	400	500	600	700	1000	1500	2000	2500	3000	
0	5.676	3.154	3.154	2.208	1.892	1.577	1.261	1.261	0.946	0.946	0.631	0.315	0.315	0.315	0.315	
10	5.992	7.253	3.784	2.523	1.892	1.577	1.261	1.261	0.946	0.946	0.631	0.315	0.315	0.315	0.315	
20	5.992	6.623	4.100	2.523	1.892	1.577	1.261	1.261	0.946	0.946	0.631	0.315	0.315	0.315	0.315	
30	5.992	5.992	4.100	2.838	2.208	1.577	1.261	0.946	0.946	0.946	0.631	0.315	0.315	0.315	0.315	
40	6.307	6.307	4.100	2.838	2.208	1.892	1.261	0.946	0.946	0.946	0.631	0.315	0.315	0.315	0.315	
50	6.623	6.307	4.415	2.838	2.208	1.892	1.261	0.946	0.946	0.946	0.631	0.315	0.315	0.315	0.315	
60	6.938	6.938	4.415	3.154	2.208	1.892	1.261	1.261	0.946	0.946	0.631	0.315	0.315	0.315	0.315	
70	6.938	8.515	4.730	3.154	2.208	1.892	1.261	1.261	0.946	0.946	0.631	0.315	0.315	0.315	0.315	
80	6.623	6.938	4.415	3.154	2.208	1.892	1.261	0.946	0.946	0.946	0.631	0.315	0.315	0.315	0.315	
90	6.307	5.046	4.100	2.838	2.208	1.892	1.261	0.946	0.946	0.631	0.631	0.315	0.315	0.315	0.315	
100	6.307	5.046	3.784	2.838	1.892	1.577	1.261	0.946	0.946	0.631	0.631	0.315	0.315	0.315	0.315	
110	5.992	5.361	4.100	2.523	1.892	1.577	0.946	0.946	0.631	0.631	0.631	0.315	0.315	0.315	0.315	
120	5.992	5.676	4.100	2.208	1.577	1.261	0.946	0.631	0.631	0.631	0.631	0.315	0.315	0.315	0.000	
130	5.992	5.046	3.154	1.892	1.261	1.261	0.946	0.631	0.631	0.631	0.631	0.315	0.315	0.315	0.000	
140	5.992	4.100	2.208	1.577	1.261	0.946	0.631	0.631	0.631	0.631	0.315	0.315	0.000	0.000	0.000	
150	4.415	3.469	1.892	1.261	1.261	0.946	0.631	0.631	0.631	0.631	0.315	0.315	0.000	0.000	0.000	
160	5.046	3.154	1.892	1.261	0.946	0.946	0.631	0.631	0.315	0.315	0.315	0.315	0.000	0.000	0.000	
170	5.046	2.838	1.892	1.261	1.261	0.946	0.631	0.631	0.315	0.315	0.315	0.315	0.000	0.000	0.000	
180	4.730	2.838	1.892	1.261	1.261	0.946	0.631	0.631	0.315	0.315	0.315	0.315	0.000	0.000	0.000	
190	4.415	2.523	1.892	1.577	1.261	0.946	0.631	0.631	0.315	0.315	0.315	0.315	0.000	0.000	0.000	
200	4.100	2.523	1.892	1.577	1.261	0.946	0.631	0.631	0.631	0.315	0.315	0.315	0.000	0.000	0.000	
210	4.100	2.523	1.892	1.577	1.261	0.946	0.946	0.631	0.631	0.315	0.315	0.315	0.315	0.000	0.000	
220	4.100	2.523	1.892	1.577	1.261	1.261	0.946	0.631	0.631	0.315	0.315	0.315	0.315	0.000	0.000	
230	4.100	2.523	2.208	1.577	1.577	1.261	0.946	0.631	0.631	0.631	0.315	0.315	0.315	0.315	0.000	
240	4.100	2.838	2.208	1.892	1.577	1.577	1.261	0.946	0.631	0.631	0.315	0.315	0.315	0.315	0.315	
250	4.100	2.838	2.208	1.892	1.892	1.577	1.261	0.946	0.946	0.631	0.631	0.315	0.315	0.315	0.315	
260	4.100	2.838	2.208	1.892	1.892	1.892	1.577	1.577	0.946	0.631	0.631	0.631	0.315	0.315	0.315	
270	4.100	2.838	2.523	2.208	1.892	1.892	1.892	1.892	1.261	0.631	0.631	0.631	0.315	0.315	0.315	
280	4.415	3.154	2.523	2.208	1.892	1.892	1.892	1.892	1.892	0.946	0.946	0.631	0.315	0.315	0.315	
290	4.415	3.154	2.523	2.208	2.208	1.892	1.892	2.208	1.892	1.261	0.631	0.631	0.315	0.315	0.315	
300	4.730	3.154	2.523	2.208	2.208	1.892	1.892	1.892	1.577	1.261	0.631	0.631	0.315	0.315	0.315	
310	4.415	3.469	2.523	2.208	2.208	1.892	1.892	1.892	1.577	1.261	0.631	0.315	0.315	0.315	0.315	
320	4.415	3.469	2.838	2.208	1.892	1.892	1.577	1.577	1.261	0.946	0.631	0.315	0.315	0.315	0.000	
330	4.415	4.100	3.154	2.208	1.892	1.892	1.577	1.261	1.261	0.946	0.631	0.315	0.315	0.315	0.000	
340	4.730	4.415	3.154	2.208	1.892	1.577	1.577	1.261	0.946	0.946	0.631	0.315	0.315	0.315	0.000	
350	5.046	4.730	2.838	2.208	1.892	1.577	1.261	1.261	0.946	0.946	0.631	0.315	0.315	0.315	0.000	

Maksimum= 8.51E+0000 (kg/ha/år), 100 m, 70°.

Samlet emission: 187954.560 kg.

Depositionshastighed (cm/s) for overfladetype 1, 2 og 3: 0.00E+00, 0.100 resp. 0.200.

NO Periode: 740101-831231 (Bidrag fra alle kilder)

Tør-deposition (kg/ha/år).

Retning (grader)	Afstand (m)															
	50	100	150	200	250	300	400	500	600	700	1000	1500	2000	2500	3000	
0	5.676	3.154	3.154	2.208	1.892	1.577	1.261	1.261	0.946	0.946	0.631	0.315	0.315	0.315	0.315	
10	5.992	7.253	3.784	2.523	1.892	1.577	1.261	1.261	0.946	0.946	0.631	0.315	0.315	0.315	0.315	
20	5.992	6.623	4.100	2.523	1.892	1.577	1.261	1.261	0.946	0.946	0.631	0.315	0.315	0.315	0.315	
30	5.992	5.992	4.100	2.838	2.208	1.577	1.261	0.946	0.946	0.946	0.631	0.315	0.315	0.315	0.315	
40	6.307	6.307	4.100	2.838	2.208	1.892	1.261	0.946	0.946	0.946	0.631	0.315	0.315	0.315	0.315	
50	6.623	6.307	4.415	2.838	2.208	1.892	1.261	0.946	0.946	0.946	0.631	0.315	0.315	0.315	0.315	
60	6.938	6.938	4.415	3.154	2.208	1.892	1.261	1.261	0.946	0.946	0.631	0.315	0.315	0.315	0.315	
70	6.938	8.515	4.730	3.154	2.208	1.892	1.261	1.261	0.946	0.946	0.631	0.315	0.315	0.315	0.315	
80	6.623	6.938	4.415	3.154	2.208	1.892	1.261	0.946	0.946	0.946	0.631	0.315	0.315	0.315	0.315	
90	6.307	5.046	4.100	2.838	2.208	1.892	1.261	0.946	0.946	0.631	0.631	0.315	0.315	0.315	0.315	
100	6.307	5.046	3.784	2.838	1.892	1.577	1.261	0.946	0.946	0.631	0.631	0.315	0.315	0.315	0.315	
110	5.992	5.361	4.100	2.523	1.892	1.577	0.946	0.946	0.631	0.631	0.315	0.315	0.315	0.315	0.315	
120	5.992	5.676	4.100	2.208	1.577	1.261	0.946	0.631	0.631	0.631	0.315	0.315	0.315	0.315	0.000	
130	5.992	5.046	3.154	1.892	1.261	1.261	0.946	0.631	0.631	0.631	0.315	0.315	0.315	0.000	0.000	
140	5.992	4.100	2.208	1.577	1.261	0.946	0.631	0.631	0.631	0.315	0.315	0.315	0.000	0.000	0.000	
150	4.415	3.469	1.892	1.261	1.261	0.946	0.631	0.631	0.631	0.315	0.315	0.315	0.000	0.000	0.000	
160	5.046	3.154	1.892	1.261	0.946	0.946	0.631	0.631	0.315	0.315	0.315	0.315	0.000	0.000	0.000	
170	5.046	2.838	1.892	1.261	1.261	0.946	0.631	0.631	0.315	0.315	0.315	0.315	0.000	0.000	0.000	
180	4.730	2.838	1.892	1.261	1.261	0.946	0.631	0.631	0.315	0.315	0.315	0.315	0.000	0.000	0.000	
190	4.415	2.523	1.892	1.577	1.261	0.946	0.631	0.631	0.315	0.315	0.315	0.315	0.000	0.000	0.000	
200	4.100	2.523	1.892	1.577	1.261	0.946	0.631	0.631	0.631	0.315	0.315	0.315	0.000	0.000	0.000	
210	4.100	2.523	1.892	1.577	1.261	0.946	0.946	0.631	0.631	0.315	0.315	0.315	0.315	0.000	0.000	
220	4.100	2.523	1.892	1.577	1.261	1.261	0.946	0.631	0.631	0.315	0.315	0.315	0.315	0.000	0.000	
230	4.100	2.523	2.208	1.577	1.577	1.261	0.946	0.631	0.631	0.631	0.315	0.315	0.315	0.315	0.000	
240	4.100	2.838	2.208	1.892	1.577	1.577	1.261	0.946	0.631	0.631	0.315	0.315	0.315	0.315	0.315	
250	4.100	2.838	2.208	1.892	1.892	1.577	1.261	0.946	0.946	0.631	0.631	0.315	0.315	0.315	0.315	
260	4.100	2.838	2.208	1.892	1.892	1.892	1.577	1.577	0.946	0.631	0.631	0.631	0.315	0.315	0.315	
270	4.100	2.838	2.523	2.208	1.892	1.892	1.892	1.892	1.261	0.631	0.631	0.631	0.315	0.315	0.315	
280	4.415	3.154	2.523	2.208	1.892	1.892	1.892	1.892	1.892	0.946	0.946	0.631	0.315	0.315	0.315	
290	4.415	3.154	2.523	2.208	2.208	1.892	1.892	2.208	1.892	1.261	0.631	0.631	0.315	0.315	0.315	
300	4.730	3.154	2.523	2.208	2.208	1.892	1.892	1.892	1.577	1.261	0.631	0.631	0.315	0.315	0.315	
310	4.415	3.469	2.523	2.208	2.208	1.892	1.892	1.892	1.577	1.261	0.631	0.315	0.315	0.315	0.315	
320	4.415	3.469	2.838	2.208	1.892	1.892	1.577	1.577	1.261	0.946	0.631	0.315	0.315	0.315	0.000	
330	4.415	4.100	3.154	2.208	1.892	1.892	1.577	1.261	1.261	0.946	0.631	0.315	0.315	0.315	0.000	
340	4.730	4.415	3.154	2.208	1.892	1.577	1.577	1.261	0.946	0.946	0.631	0.315	0.315	0.315	0.000	
350	5.046	4.730	2.838	2.208	1.892	1.577	1.261	1.261	0.946	0.946	0.631	0.315	0.315	0.315	0.000	

Maksimum= 8.51E+0000 (kg/ha/år), 100 m, 70°.

Met-data til våd-deposition: Kastrup, Aalborg og Skrydstrup Lufthavne, 2008 og 2009.

Anvendt årlig nedbør: 0 mm.

Samlet emission: 187954.560 kg. Udvaskningskoefficient: 0.00E+00 (l/s).

NO Periode: 740101-831231 (Bidrag fra alle kilder)

Våd-deposition (kg/ha/år).

Retning (grader)	Afstand (m)														
	50	100	150	200	250	300	400	500	600	700	1000	1500	2000	2500	3000
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
30	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
40	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
50	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
60	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
70	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
80	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
90	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
110	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
120	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
130	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
140	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
150	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
160	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
170	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
180	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
190	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
200	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
210	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
220	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
230	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
240	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
250	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
260	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
270	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
280	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
290	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
300	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
310	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
320	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
330	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
340	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
350	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Maksimum= 0.00E+0000 (kg/ha/år), 100 m, 70°.

NO₂-deposition scenario 1

Meteorologiske spredningsberegninger er udført for følgende periode (lokal standard tid):

Start af beregningen = 740101 kl. 1
Slut på beregningen (incl.) = 831231 kl. 24

Meteorologiske data er fra: AALBORG

Koordinatsystem.

Der er anvendt et x,y-koordinatsystem med x-akse mod øst (90 grader) og y-akse mod nord (0 grader).
Enheden er meter. Systemet er fælles for receptorer og kilder. Origo kan fastlægges frit, fx. i
skorstensfoden for den mest dominerende kilde eller som i UTM-systemet.

Receptordata.

Ruhedslængde, z0 = 0.050 m

Største terrænhældning = 0 grader

Receptorerne er beliggende med 10 graders interval i 15 koncentriske cirkler
med centrum x,y: 0., 0.
og radierne (m):

50.	100.	150.	200.	250.
300.	400.	500.	600.	700.
1000.	1500.	2000.	2500.	3000.

Alle terrænhøjder = 0.0 m.

Alle receptorhøjder = 1.5 m.

Alle overflader er typenr. = 2.

Forkortelser benyttet for kildeparametrene:

Nr.....: Internt kildenummer
 ID.....: Tekst til identificering af kilde
 X.....: X-koordinat for kilde [m]
 Y.....: Y-koordinat for kilde [m]
 Z.....: Terrænkote for skorstensfod [m]
 HS.....: Skorstenshøjde over terræn [m]
 T.....: Temperatur af røggas [Kelvin]/[Celsius]
 VOL.....: Volumenmængde af røggas [normal m3/sek]
 DSO.....: Ydre diameter af skorstenstop [m]
 DSI.....: Indre diameter af skorstenstop [m]
 HB.....: Generel beregningsmæssig bygningshøjde [m]
 Qi.....: Emission af stof nr. 'i' [gram/sek], [MLE/sek] eller [MOU/sek]

Punktkilder.

Kildedata:

Nr	ID	X	Y	Z	HS	T(C)	VOL	DSI	DSO	HB	NO2 Q1	Stof 2 Q2	Stof 3 Q3
1	Gravemas	0.	0.	0.0	3.0	250.	0.11	0.15	0.15	0.0	0.0600	0.0000	0.0000
2	Gravemas	75.	-75.	0.0	3.0	250.	0.11	0.15	0.15	0.0	0.0600	0.0000	0.0000
3	Gummi	25.	-50.	0.0	3.0	250.	0.08	0.15	0.15	0.0	0.0500	0.0000	0.0000
4	Lil	-550.	0.	0.0	20.0	250.	1.09	1.00	1.00	0.0	1.3500	0.0000	0.0000
5	Gravemas	0.	100.	0.0	3.0	250.	0.11	0.15	0.15	0.0	0.0600	0.0000	0.0000
6	Gravemas	75.	25.	0.0	3.0	250.	0.11	0.15	0.15	0.0	0.0600	0.0000	0.0000
7	Gummi	25.	50.	0.0	3.0	250.	0.08	0.15	0.15	0.0	0.0500	0.0000	0.0000
8	Lil	-550.	100.	0.0	20.0	250.	1.09	1.00	1.00	0.0	1.3500	0.0000	0.0000

Tidsvariationer i emissionen fra punktkilder.

Emissionerne fra de enkelte punktkilder er konstant.

Afledte kildeparametre:

Kilde nr.	Vertikal røggashastighed m/s	Buoyancy flux (termisk løft) (omtrentlig) m4/s3
1	11.6	0.3
2	11.6	0.3
3	9.2	0.2
4	2.7	3.0
5	11.6	0.3
6	11.6	0.3
7	9.2	0.2
8	2.7	3.0

Der er ingen retningsafhængige bygningsdata.

Udskrevet: 2019/04/04 kl. 15:19

Dato: 2019/04/04

OML-Multi PC-version 20170914/6.20

Side 3

DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, Aarhus Universitet

Side til advarsler.

NO2 Periode: 740101-831231 (Bidrag fra alle kilder)

Middelværdier (µg/m3)

Retning (grader)	Afstand (m)															
	50	100	150	200	250	300	400	500	600	700	1000	1500	2000	2500	3000	
0	18	10	10	7	6	5	4	3	2	2	1	1	1	0	0	
10	19	23	12	8	6	5	4	3	3	2	1	1	1	1	0	
20	19	21	13	8	6	5	4	3	3	2	1	1	1	1	0	
30	19	20	13	9	7	5	4	3	3	2	1	1	1	1	0	
40	20	20	13	9	7	5	4	3	3	2	1	1	1	1	0	
50	21	20	14	9	7	6	4	3	3	2	2	1	1	1	0	
60	22	22	14	10	7	6	4	3	3	2	2	1	1	1	0	
70	22	27	15	10	7	6	4	3	3	2	2	1	1	1	1	
80	21	22	14	10	7	6	4	3	3	2	2	1	1	1	1	
90	20	16	13	9	7	5	4	3	3	2	2	1	1	1	1	
100	20	16	12	8	6	5	4	3	2	2	1	1	1	1	0	
110	19	16	12	8	6	4	3	2	2	2	1	1	1	0	0	
120	19	18	13	7	5	4	3	2	2	1	1	1	1	0	0	
130	19	16	10	5	4	3	2	2	2	1	1	1	0	0	0	
140	19	13	6	4	3	3	2	2	1	1	1	1	0	0	0	
150	14	11	6	4	3	3	2	2	1	1	1	1	0	0	0	
160	16	10	6	4	3	3	2	1	1	1	1	0	0	0	0	
170	16	9	6	4	3	3	2	1	1	1	1	0	0	0	0	
180	15	9	6	4	3	3	2	1	1	1	1	1	0	0	0	
190	14	8	6	4	3	3	2	2	1	1	1	1	0	0	0	
200	13	8	6	4	3	3	2	2	1	1	1	1	0	0	0	
210	13	8	6	5	4	3	2	2	1	1	1	1	0	0	0	
220	13	8	6	5	4	3	2	2	1	1	1	1	1	0	0	
230	13	8	6	5	4	3	2	2	2	1	1	1	1	0	0	
240	13	9	7	6	5	4	3	2	2	2	1	1	1	1	0	
250	13	9	7	6	5	5	3	2	2	2	2	1	1	1	0	
260	13	9	7	7	6	6	4	2	2	2	2	1	1	1	0	
270	13	10	8	7	7	6	4	2	2	3	2	1	1	1	0	
280	14	10	8	8	7	7	6	2	2	3	3	1	1	1	0	
290	15	10	9	8	7	7	6	4	2	3	3	1	1	1	1	
300	15	11	9	8	7	7	6	4	3	3	2	1	1	1	0	
310	14	11	9	8	7	7	6	4	3	3	2	1	1	0	0	
320	14	12	9	8	7	6	5	4	3	3	1	1	1	0	0	
330	15	13	10	8	6	6	5	3	3	2	1	1	1	0	0	
340	15	14	10	7	6	5	4	3	3	2	1	1	1	0	0	
350	16	15	10	7	6	5	4	3	3	2	1	1	1	0	0	

Maksimum= 27.06 i afstand 100 m og retning 70 grader.

Benyttede filer.

Følgende inputfiler er benyttet i beregningerne:

Punktkilder: S:\1101188\RIBH\Kystdirektoratet\Skagen\OML beregninger\DEP sce 1 NO2.kld
Meteorologi.....: C:\OML_Data\Aal7483LST.met
Receptorer.....: S:\1101188\RIBH\Kystdirektoratet\Skagen\OML beregninger\DEP sce 1 NO2.rct
Beregningsopsætning.....: S:\1101188\RIBH\Kystdirektoratet\Skagen\OML beregninger\DEP sce 1 NO2.opt

Følgende outputfil er benyttet:

Resultater: S:\1101188\RIBH\Kystdirektoratet\Skagen\OML beregninger\DEP sce 1 NO2.log

Beregning:

Start kl. 14:30:06 (04-04-2019)
Slut kl. 14:31:16 (04-04-2019)

Met-data til våd-deposition: Kastrup, Aalborg og Skrydstrup Lufthavne, 2008 og 2009.

Anvendt årlig nedbør: 0 mm.

Samlet emission: 95869.440 kg. Udvaskningskoefficient: 0.00E+00 (1/s).

Depositionshastighed (cm/s) for overfladetype 1, 2 og 3: 2.00E-04, 0.600 resp. 1.200.

NO2 Periode: 740101-831231 (Bidrag fra alle kilder)

Total deposition (kg/ha/år).

Retning (grader)	Afstand (m)															
	50	100	150	200	250	300	400	500	600	700	1000	1500	2000	2500	3000	
0	34.06	18.92	18.92	13.25	11.35	9.46	7.57	5.68	3.78	3.78	1.89	1.89	1.89	0.00	0.00	
10	35.95	43.52	22.71	15.14	11.35	9.46	7.57	5.68	5.68	3.78	1.89	1.89	1.89	1.89	0.00	
20	35.95	39.74	24.60	15.14	11.35	9.46	7.57	5.68	5.68	3.78	1.89	1.89	1.89	1.89	0.00	
30	35.95	37.84	24.60	17.03	13.25	9.46	7.57	5.68	5.68	3.78	1.89	1.89	1.89	1.89	0.00	
40	37.84	37.84	24.60	17.03	13.25	9.46	7.57	5.68	5.68	3.78	1.89	1.89	1.89	1.89	0.00	
50	39.74	37.84	26.49	17.03	13.25	11.35	7.57	5.68	5.68	3.78	3.78	1.89	1.89	1.89	0.00	
60	41.63	41.63	26.49	18.92	13.25	11.35	7.57	5.68	5.68	3.78	3.78	1.89	1.89	1.89	0.00	
70	41.63	51.09	28.38	18.92	13.25	11.35	7.57	5.68	5.68	3.78	3.78	1.89	1.89	1.89	1.89	
80	39.74	41.63	26.49	18.92	13.25	11.35	7.57	5.68	5.68	3.78	3.78	1.89	1.89	1.89	1.89	
90	37.84	30.27	24.60	17.03	13.25	9.46	7.57	5.68	5.68	3.78	3.78	1.89	1.89	1.89	1.89	
100	37.84	30.27	22.71	15.14	11.35	9.46	7.57	5.68	3.78	3.78	1.89	1.89	1.89	1.89	0.00	
110	35.95	30.27	22.71	15.14	11.35	7.57	5.68	3.78	3.78	3.78	1.89	1.89	1.89	0.00	0.00	
120	35.95	34.06	24.60	13.25	9.46	7.57	5.68	3.78	3.78	1.89	1.89	1.89	1.89	0.00	0.00	
130	35.95	30.27	18.92	9.46	7.57	5.68	3.78	3.78	3.78	1.89	1.89	1.89	0.00	0.00	0.00	
140	35.95	24.60	11.35	7.57	5.68	5.68	3.78	3.78	1.89	1.89	1.89	1.89	0.00	0.00	0.00	
150	26.49	20.81	11.35	7.57	5.68	5.68	3.78	3.78	1.89	1.89	1.89	1.89	0.00	0.00	0.00	
160	30.27	18.92	11.35	7.57	5.68	5.68	3.78	1.89	1.89	1.89	1.89	0.00	0.00	0.00	0.00	
170	30.27	17.03	11.35	7.57	5.68	5.68	3.78	1.89	1.89	1.89	1.89	0.00	0.00	0.00	0.00	
180	28.38	17.03	11.35	7.57	5.68	5.68	3.78	1.89	1.89	1.89	1.89	1.89	0.00	0.00	0.00	
190	26.49	15.14	11.35	7.57	5.68	5.68	3.78	3.78	1.89	1.89	1.89	1.89	0.00	0.00	0.00	
200	24.60	15.14	11.35	7.57	5.68	5.68	3.78	3.78	1.89	1.89	1.89	1.89	0.00	0.00	0.00	
210	24.60	15.14	11.35	9.46	7.57	5.68	3.78	3.78	1.89	1.89	1.89	1.89	0.00	0.00	0.00	
220	24.60	15.14	11.35	9.46	7.57	5.68	3.78	3.78	1.89	1.89	1.89	1.89	1.89	0.00	0.00	
230	24.60	15.14	11.35	9.46	7.57	5.68	3.78	3.78	3.78	1.89	1.89	1.89	1.89	0.00	0.00	
240	24.60	17.03	13.25	11.35	9.46	7.57	5.68	3.78	3.78	3.78	1.89	1.89	1.89	1.89	0.00	
250	24.60	17.03	13.25	11.35	9.46	9.46	5.68	3.78	3.78	3.78	3.78	1.89	1.89	1.89	0.00	
260	24.60	17.03	13.25	13.25	11.35	11.35	7.57	3.78	3.78	3.78	3.78	1.89	1.89	1.89	0.00	
270	24.60	18.92	15.14	13.25	13.25	11.35	7.57	3.78	3.78	5.68	3.78	1.89	1.89	1.89	0.00	
280	26.49	18.92	15.14	15.14	13.25	13.25	11.35	3.78	3.78	5.68	5.68	1.89	1.89	1.89	0.00	
290	28.38	18.92	17.03	15.14	13.25	13.25	11.35	7.57	3.78	5.68	5.68	1.89	1.89	1.89	1.89	
300	28.38	20.81	17.03	15.14	13.25	13.25	11.35	7.57	5.68	5.68	3.78	1.89	1.89	1.89	0.00	
310	26.49	20.81	17.03	15.14	13.25	13.25	11.35	7.57	5.68	5.68	3.78	1.89	1.89	0.00	0.00	
320	26.49	22.71	17.03	15.14	13.25	11.35	9.46	7.57	5.68	5.68	1.89	1.89	1.89	0.00	0.00	
330	28.38	24.60	18.92	15.14	11.35	11.35	9.46	5.68	5.68	3.78	1.89	1.89	1.89	0.00	0.00	
340	28.38	26.49	18.92	13.25	11.35	9.46	7.57	5.68	5.68	3.78	1.89	1.89	1.89	0.00	0.00	
350	30.27	28.38	18.92	13.25	11.35	9.46	7.57	5.68	5.68	3.78	1.89	1.89	1.89	0.00	0.00	

Maksimum= 5.11E+0001 (kg/ha/år), 100 m, 70°.

Samlet emission: 95869.440 kg.

Depositionshastighed (cm/s) for overfladetype 1, 2 og 3: 2.00E-04, 0.600 resp. 1.200.

NO2 Periode: 740101-831231 (Bidrag fra alle kilder)

Tør-deposition (kg/ha/år).

Retning (grader)	Afstand (m)														
	50	100	150	200	250	300	400	500	600	700	1000	1500	2000	2500	3000
0	34.06	18.92	18.92	13.25	11.35	9.46	7.57	5.68	3.78	3.78	1.89	1.89	1.89	0.00	0.00
10	35.95	43.52	22.71	15.14	11.35	9.46	7.57	5.68	5.68	3.78	1.89	1.89	1.89	1.89	0.00
20	35.95	39.74	24.60	15.14	11.35	9.46	7.57	5.68	5.68	3.78	1.89	1.89	1.89	1.89	0.00
30	35.95	37.84	24.60	17.03	13.25	9.46	7.57	5.68	5.68	3.78	1.89	1.89	1.89	1.89	0.00
40	37.84	37.84	24.60	17.03	13.25	9.46	7.57	5.68	5.68	3.78	1.89	1.89	1.89	1.89	0.00
50	39.74	37.84	26.49	17.03	13.25	11.35	7.57	5.68	5.68	3.78	3.78	1.89	1.89	1.89	0.00
60	41.63	41.63	26.49	18.92	13.25	11.35	7.57	5.68	5.68	3.78	3.78	1.89	1.89	1.89	0.00
70	41.63	51.09	28.38	18.92	13.25	11.35	7.57	5.68	5.68	3.78	3.78	1.89	1.89	1.89	1.89
80	39.74	41.63	26.49	18.92	13.25	11.35	7.57	5.68	5.68	3.78	3.78	1.89	1.89	1.89	1.89
90	37.84	30.27	24.60	17.03	13.25	9.46	7.57	5.68	5.68	3.78	3.78	1.89	1.89	1.89	1.89
100	37.84	30.27	22.71	15.14	11.35	9.46	7.57	5.68	3.78	3.78	1.89	1.89	1.89	1.89	0.00
110	35.95	30.27	22.71	15.14	11.35	7.57	5.68	3.78	3.78	3.78	1.89	1.89	1.89	0.00	0.00
120	35.95	34.06	24.60	13.25	9.46	7.57	5.68	3.78	3.78	1.89	1.89	1.89	1.89	0.00	0.00
130	35.95	30.27	18.92	9.46	7.57	5.68	3.78	3.78	3.78	1.89	1.89	1.89	0.00	0.00	0.00
140	35.95	24.60	11.35	7.57	5.68	5.68	3.78	3.78	1.89	1.89	1.89	1.89	0.00	0.00	0.00
150	26.49	20.81	11.35	7.57	5.68	5.68	3.78	3.78	1.89	1.89	1.89	1.89	0.00	0.00	0.00
160	30.27	18.92	11.35	7.57	5.68	5.68	3.78	1.89	1.89	1.89	1.89	0.00	0.00	0.00	0.00
170	30.27	17.03	11.35	7.57	5.68	5.68	3.78	1.89	1.89	1.89	1.89	0.00	0.00	0.00	0.00
180	28.38	17.03	11.35	7.57	5.68	5.68	3.78	1.89	1.89	1.89	1.89	0.00	0.00	0.00	0.00
190	26.49	15.14	11.35	7.57	5.68	5.68	3.78	3.78	1.89	1.89	1.89	1.89	0.00	0.00	0.00
200	24.60	15.14	11.35	7.57	5.68	5.68	3.78	3.78	1.89	1.89	1.89	1.89	0.00	0.00	0.00
210	24.60	15.14	11.35	9.46	7.57	5.68	3.78	3.78	1.89	1.89	1.89	1.89	0.00	0.00	0.00
220	24.60	15.14	11.35	9.46	7.57	5.68	3.78	3.78	1.89	1.89	1.89	1.89	0.00	0.00	0.00
230	24.60	15.14	11.35	9.46	7.57	5.68	3.78	3.78	3.78	1.89	1.89	1.89	1.89	0.00	0.00
240	24.60	17.03	13.25	11.35	9.46	7.57	5.68	3.78	3.78	3.78	1.89	1.89	1.89	1.89	0.00
250	24.60	17.03	13.25	11.35	9.46	9.46	5.68	3.78	3.78	3.78	3.78	1.89	1.89	1.89	0.00
260	24.60	17.03	13.25	13.25	11.35	11.35	7.57	3.78	3.78	3.78	3.78	1.89	1.89	1.89	0.00
270	24.60	18.92	15.14	13.25	13.25	11.35	7.57	3.78	3.78	5.68	3.78	1.89	1.89	1.89	0.00
280	26.49	18.92	15.14	15.14	13.25	13.25	11.35	3.78	3.78	5.68	5.68	1.89	1.89	1.89	0.00
290	28.38	18.92	17.03	15.14	13.25	13.25	11.35	7.57	3.78	5.68	5.68	1.89	1.89	1.89	1.89
300	28.38	20.81	17.03	15.14	13.25	13.25	11.35	7.57	5.68	5.68	3.78	1.89	1.89	1.89	0.00
310	26.49	20.81	17.03	15.14	13.25	13.25	11.35	7.57	5.68	5.68	3.78	1.89	1.89	0.00	0.00
320	26.49	22.71	17.03	15.14	13.25	11.35	9.46	7.57	5.68	5.68	1.89	1.89	1.89	0.00	0.00
330	28.38	24.60	18.92	15.14	11.35	11.35	9.46	5.68	5.68	3.78	1.89	1.89	1.89	0.00	0.00
340	28.38	26.49	18.92	13.25	11.35	9.46	7.57	5.68	5.68	3.78	1.89	1.89	1.89	0.00	0.00
350	30.27	28.38	18.92	13.25	11.35	9.46	7.57	5.68	5.68	3.78	1.89	1.89	1.89	0.00	0.00

Maksimum= 5.11E+0001 (kg/ha/år), 100 m, 70°.

Met-data til våd-deposition: Kastrup, Aalborg og Skrydstrup Lufthavne, 2008 og 2009.

Anvendt årlig nedbør: 0 mm.

Samlet emission: 95869.440 kg. Udvaskningskoefficient: 0.00E+00 (1/s).

NO2 Periode: 740101-831231 (Bidrag fra alle kilder)

Våd-deposition (kg/ha/år).

Retning (grader)	Afstand (m)														
	50	100	150	200	250	300	400	500	600	700	1000	1500	2000	2500	3000
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
100	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
110	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
120	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
130	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
140	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
150	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
160	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
170	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
180	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
190	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
200	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
210	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
220	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
230	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
240	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
250	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
260	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
270	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
280	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
290	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
300	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
310	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
320	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
330	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
340	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
350	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Maksimum= 0.00E+0000 (kg/ha/år), 100 m, 70°.

No-deposition scenario 1

Meteorologiske spredningsberegninger er udført for følgende periode (lokal standard tid):

Start af beregningen = 740101 kl. 1
Slut på beregningen (incl.) = 831231 kl. 24

Meteorologiske data er fra: AALBORG

Koordinatsystem.

Der er anvendt et x,y-koordinatsystem med x-akse mod øst (90 grader) og y-akse mod nord (0 grader).
Enheden er meter. Systemet er fælles for receptorer og kilder. Origo kan fastlægges frit, fx. i
skorstensfoden for den mest dominerende kilde eller som i UTM-systemet.

Receptordata.

Ruhedslængde, z0 = 0.050 m

Største terrænhældning = 0 grader

Receptorerne er beliggende med 10 graders interval i 15 koncentriske cirkler
med centrum x,y: 0., 0.
og radierne (m):

50.	100.	150.	200.	250.
300.	400.	500.	600.	700.
1000.	1500.	2000.	2500.	3000.

Alle terrænhøjder = 0.0 m.

Alle receptorhøjder = 1.5 m.

Alle overflader er typenr. = 2.

Forkortelser benyttet for kildeparametrene:

Nr.....: Internt kildenummer
 ID.....: Tekst til identificering af kilde
 X.....: X-koordinat for kilde [m]
 Y.....: Y-koordinat for kilde [m]
 Z.....: Terrænkote for skorstensfod [m]
 HS.....: Skorstenshøjde over terræn [m]
 T.....: Temperatur af røggas [Kelvin]/[Celsius]
 VOL.....: Volumenmængde af røggas [normal m3/sek]
 DSO.....: Ydre diameter af skorstenstop [m]
 DSI.....: Indre diameter af skorstenstop [m]
 HB.....: Generel beregningsmæssig bygningshøjde [m]
 Qi.....: Emission af stof nr. 'i' [gram/sek], [MLE/sek] eller [MOU/sek]

Punktkilder.

Kildedata:

Nr	ID	X	Y	Z	HS	T(C)	VOL	DSI	DSO	HB	NO Q1	Stof 2 Q2	Stof 3 Q3
1	Gravemas	0.	0.	0.0	3.0	250.	0.11	0.15	0.15	0.0	0.0600	0.0000	0.0000
2	Gravemas	75.	-75.	0.0	3.0	250.	0.11	0.15	0.15	0.0	0.0600	0.0000	0.0000
3	Gummi	25.	-50.	0.0	3.0	250.	0.08	0.15	0.15	0.0	0.0500	0.0000	0.0000
4	Lil	-550.	0.	0.0	20.0	250.	1.09	1.00	1.00	0.0	1.3500	0.0000	0.0000
5	Gravemas	0.	100.	0.0	3.0	250.	0.11	0.15	0.15	0.0	0.0600	0.0000	0.0000
6	Gravemas	75.	25.	0.0	3.0	250.	0.11	0.15	0.15	0.0	0.0600	0.0000	0.0000
7	Gummi	25.	50.	0.0	3.0	250.	0.08	0.15	0.15	0.0	0.0500	0.0000	0.0000
8	Lil	-550.	100.	0.0	20.0	250.	1.09	1.00	1.00	0.0	1.3500	0.0000	0.0000

Tidsvariationer i emissionen fra punktkilder.

Emissionerne fra de enkelte punktkilder er konstant.

Afledte kildeparametre:

Kilde nr.	Vertikal røggashastighed m/s	Buoyancy flux (termisk løft) (omtrentlig) m4/s3
1	11.6	0.3
2	11.6	0.3
3	9.2	0.2
4	2.7	3.0
5	11.6	0.3
6	11.6	0.3
7	9.2	0.2
8	2.7	3.0

Der er ingen retningsafhængige bygningsdata.

Udskrevet: 2019/04/04 kl. 14:28

Dato: 2019/04/04

OML-Multi PC-version 20170914/6.20

Side 3

DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, Aarhus Universitet

Side til advarsler.

NO Periode: 740101-831231 (Bidrag fra alle kilder)

Middelværdier (µg/m3)

Retning (grader)	Afstand (m)															
	50	100	150	200	250	300	400	500	600	700	1000	1500	2000	2500	3000	
0	18	10	10	7	6	5	4	3	2	2	1	1	1	0	0	
10	19	23	12	8	6	5	4	3	3	2	1	1	1	1	0	
20	19	21	13	8	6	5	4	3	3	2	1	1	1	1	0	
30	19	20	13	9	7	5	4	3	3	2	1	1	1	1	0	
40	20	20	13	9	7	5	4	3	3	2	1	1	1	1	0	
50	21	20	14	9	7	6	4	3	3	2	2	1	1	1	0	
60	22	22	14	10	7	6	4	3	3	2	2	1	1	1	0	
70	22	27	15	10	7	6	4	3	3	2	2	1	1	1	1	
80	21	22	14	10	7	6	4	3	3	2	2	1	1	1	1	
90	20	16	13	9	7	5	4	3	3	2	2	1	1	1	1	
100	20	16	12	8	6	5	4	3	2	2	1	1	1	1	0	
110	19	16	12	8	6	4	3	2	2	2	1	1	1	0	0	
120	19	18	13	7	5	4	3	2	2	1	1	1	1	0	0	
130	19	16	10	5	4	3	2	2	2	1	1	1	0	0	0	
140	19	13	6	4	3	3	2	2	1	1	1	1	0	0	0	
150	14	11	6	4	3	3	2	2	1	1	1	1	0	0	0	
160	16	10	6	4	3	3	2	1	1	1	1	0	0	0	0	
170	16	9	6	4	3	3	2	1	1	1	1	0	0	0	0	
180	15	9	6	4	3	3	2	1	1	1	1	1	0	0	0	
190	14	8	6	4	3	3	2	2	1	1	1	1	0	0	0	
200	13	8	6	4	3	3	2	2	1	1	1	1	0	0	0	
210	13	8	6	5	4	3	2	2	1	1	1	1	0	0	0	
220	13	8	6	5	4	3	2	2	1	1	1	1	1	0	0	
230	13	8	6	5	4	3	2	2	2	1	1	1	1	0	0	
240	13	9	7	6	5	4	3	2	2	2	1	1	1	1	0	
250	13	9	7	6	5	5	3	2	2	2	2	1	1	1	0	
260	13	9	7	7	6	6	4	2	2	2	2	1	1	1	0	
270	13	10	8	7	7	6	4	2	2	3	2	1	1	1	0	
280	14	10	8	8	7	7	6	2	2	3	3	1	1	1	0	
290	15	10	9	8	7	7	6	4	2	3	3	1	1	1	1	
300	15	11	9	8	7	7	6	4	3	3	2	1	1	1	0	
310	14	11	9	8	7	7	6	4	3	3	2	1	1	0	0	
320	14	12	9	8	7	6	5	4	3	3	1	1	1	0	0	
330	15	13	10	8	6	6	5	3	3	2	1	1	1	0	0	
340	15	14	10	7	6	5	4	3	3	2	1	1	1	0	0	
350	16	15	10	7	6	5	4	3	3	2	1	1	1	0	0	

Maksimum= 27.06 i afstand 100 m og retning 70 grader.

Benyttede filer.

Følgende inputfiler er benyttet i beregningerne:

Punktkilder: S:\1101188\RIBH\Kystdirektoratet\Skagen\OML beregninger\DEP sce 1 NO.kld
Meteorologi.....: C:\OML_Data\Aal7483LST.met
Receptorer.....: S:\1101188\RIBH\Kystdirektoratet\Skagen\OML beregninger\DEP sce 1 NO.rct
Beregningsopsætning.....: S:\1101188\RIBH\Kystdirektoratet\Skagen\OML beregninger\DEP sce 1 NO.opt

Følgende outputfil er benyttet:

Resultater: S:\1101188\RIBH\Kystdirektoratet\Skagen\OML beregninger\DEP sce 1 NO.log

Beregning:

Start kl. 14:16:41 (04-04-2019)
Slut kl. 14:17:50 (04-04-2019)

Met-data til våd-deposition: Kastrup, Aalborg og Skrydstrup Lufthavne, 2008 og 2009.

Anvendt årlig nedbør: 0 mm.

Samlet emission: 95869.440 kg. Udvaskningskoefficient: 0.00E+00 (l/s).

Depositionshastighed (cm/s) for overfladetype 1, 2 og 3: 0.00E+00, 0.100 resp. 0.200.

NO Periode: 740101-831231 (Bidrag fra alle kilder)

Total deposition (kg/ha/år).

Retning (grader)	Afstand (m)															
	50	100	150	200	250	300	400	500	600	700	1000	1500	2000	2500	3000	
0	5.676	3.154	3.154	2.208	1.892	1.577	1.261	0.946	0.631	0.631	0.315	0.315	0.315	0.000	0.000	
10	5.992	7.253	3.784	2.523	1.892	1.577	1.261	0.946	0.946	0.631	0.315	0.315	0.315	0.315	0.000	
20	5.992	6.623	4.100	2.523	1.892	1.577	1.261	0.946	0.946	0.631	0.315	0.315	0.315	0.315	0.000	
30	5.992	6.307	4.100	2.838	2.208	1.577	1.261	0.946	0.946	0.631	0.315	0.315	0.315	0.315	0.000	
40	6.307	6.307	4.100	2.838	2.208	1.577	1.261	0.946	0.946	0.631	0.315	0.315	0.315	0.315	0.000	
50	6.623	6.307	4.415	2.838	2.208	1.892	1.261	0.946	0.946	0.631	0.631	0.315	0.315	0.315	0.000	
60	6.938	6.938	4.415	3.154	2.208	1.892	1.261	0.946	0.946	0.631	0.631	0.315	0.315	0.315	0.000	
70	6.938	8.515	4.730	3.154	2.208	1.892	1.261	0.946	0.946	0.631	0.631	0.315	0.315	0.315	0.315	
80	6.623	6.938	4.415	3.154	2.208	1.892	1.261	0.946	0.946	0.631	0.631	0.315	0.315	0.315	0.315	
90	6.307	5.046	4.100	2.838	2.208	1.577	1.261	0.946	0.946	0.631	0.631	0.315	0.315	0.315	0.315	
100	6.307	5.046	3.784	2.523	1.892	1.577	1.261	0.946	0.631	0.631	0.315	0.315	0.315	0.315	0.000	
110	5.992	5.046	3.784	2.523	1.892	1.261	0.946	0.631	0.631	0.631	0.315	0.315	0.315	0.000	0.000	
120	5.992	5.676	4.100	2.208	1.577	1.261	0.946	0.631	0.631	0.315	0.315	0.315	0.315	0.000	0.000	
130	5.992	5.046	3.154	1.577	1.261	0.946	0.631	0.631	0.631	0.315	0.315	0.315	0.000	0.000	0.000	
140	5.992	4.100	1.892	1.261	0.946	0.946	0.631	0.631	0.315	0.315	0.315	0.315	0.000	0.000	0.000	
150	4.415	3.469	1.892	1.261	0.946	0.946	0.631	0.631	0.315	0.315	0.315	0.315	0.000	0.000	0.000	
160	5.046	3.154	1.892	1.261	0.946	0.946	0.631	0.315	0.315	0.315	0.315	0.000	0.000	0.000	0.000	
170	5.046	2.838	1.892	1.261	0.946	0.946	0.631	0.315	0.315	0.315	0.315	0.000	0.000	0.000	0.000	
180	4.730	2.838	1.892	1.261	0.946	0.946	0.631	0.315	0.315	0.315	0.315	0.000	0.000	0.000	0.000	
190	4.415	2.523	1.892	1.261	0.946	0.946	0.631	0.631	0.315	0.315	0.315	0.315	0.000	0.000	0.000	
200	4.100	2.523	1.892	1.261	0.946	0.946	0.631	0.631	0.315	0.315	0.315	0.315	0.000	0.000	0.000	
210	4.100	2.523	1.892	1.577	1.261	0.946	0.631	0.631	0.315	0.315	0.315	0.315	0.000	0.000	0.000	
220	4.100	2.523	1.892	1.577	1.261	0.946	0.631	0.631	0.315	0.315	0.315	0.315	0.315	0.000	0.000	
230	4.100	2.523	1.892	1.577	1.261	0.946	0.631	0.631	0.631	0.315	0.315	0.315	0.315	0.000	0.000	
240	4.100	2.838	2.208	1.892	1.577	1.261	0.946	0.631	0.631	0.631	0.315	0.315	0.315	0.315	0.000	
250	4.100	2.838	2.208	1.892	1.577	1.577	0.946	0.631	0.631	0.631	0.631	0.315	0.315	0.315	0.000	
260	4.100	2.838	2.208	2.208	1.892	1.892	1.261	0.631	0.631	0.631	0.631	0.315	0.315	0.315	0.000	
270	4.100	3.154	2.523	2.208	2.208	1.892	1.261	0.631	0.631	0.946	0.631	0.315	0.315	0.315	0.000	
280	4.415	3.154	2.523	2.523	2.208	2.208	1.892	0.631	0.631	0.946	0.946	0.315	0.315	0.315	0.000	
290	4.730	3.154	2.838	2.523	2.208	2.208	1.892	1.261	0.631	0.946	0.946	0.315	0.315	0.315	0.315	
300	4.730	3.469	2.838	2.523	2.208	2.208	1.892	1.261	0.946	0.946	0.631	0.315	0.315	0.315	0.000	
310	4.415	3.469	2.838	2.523	2.208	2.208	1.892	1.261	0.946	0.946	0.631	0.315	0.315	0.000	0.000	
320	4.415	3.784	2.838	2.523	2.208	1.892	1.577	1.261	0.946	0.946	0.315	0.315	0.315	0.000	0.000	
330	4.730	4.100	3.154	2.523	1.892	1.892	1.577	0.946	0.946	0.631	0.315	0.315	0.315	0.000	0.000	
340	4.730	4.415	3.154	2.208	1.892	1.577	1.261	0.946	0.946	0.631	0.315	0.315	0.315	0.000	0.000	
350	5.046	4.730	3.154	2.208	1.892	1.577	1.261	0.946	0.946	0.631	0.315	0.315	0.315	0.000	0.000	

Maksimum= 8.51E+0000 (kg/ha/år), 100 m, 70°.

Samlet emission: 95869.440 kg.

Depositionshastighed (cm/s) for overfladetype 1, 2 og 3: 0.00E+00, 0.100 resp. 0.200.

NO Periode: 740101-831231 (Bidrag fra alle kilder)

Tør-deposition (kg/ha/år).

Retning (grader)	Afstand (m)														
	50	100	150	200	250	300	400	500	600	700	1000	1500	2000	2500	3000
0	5.676	3.154	3.154	2.208	1.892	1.577	1.261	0.946	0.631	0.631	0.315	0.315	0.315	0.000	0.000
10	5.992	7.253	3.784	2.523	1.892	1.577	1.261	0.946	0.946	0.631	0.315	0.315	0.315	0.315	0.000
20	5.992	6.623	4.100	2.523	1.892	1.577	1.261	0.946	0.946	0.631	0.315	0.315	0.315	0.315	0.000
30	5.992	6.307	4.100	2.838	2.208	1.577	1.261	0.946	0.946	0.631	0.315	0.315	0.315	0.315	0.000
40	6.307	6.307	4.100	2.838	2.208	1.577	1.261	0.946	0.946	0.631	0.315	0.315	0.315	0.315	0.000
50	6.623	6.307	4.415	2.838	2.208	1.892	1.261	0.946	0.946	0.631	0.631	0.315	0.315	0.315	0.000
60	6.938	6.938	4.415	3.154	2.208	1.892	1.261	0.946	0.946	0.631	0.631	0.315	0.315	0.315	0.000
70	6.938	8.515	4.730	3.154	2.208	1.892	1.261	0.946	0.946	0.631	0.631	0.315	0.315	0.315	0.315
80	6.623	6.938	4.415	3.154	2.208	1.892	1.261	0.946	0.946	0.631	0.631	0.315	0.315	0.315	0.315
90	6.307	5.046	4.100	2.838	2.208	1.577	1.261	0.946	0.946	0.631	0.631	0.315	0.315	0.315	0.315
100	6.307	5.046	3.784	2.523	1.892	1.577	1.261	0.946	0.631	0.631	0.315	0.315	0.315	0.315	0.000
110	5.992	5.046	3.784	2.523	1.892	1.261	0.946	0.631	0.631	0.631	0.315	0.315	0.315	0.000	0.000
120	5.992	5.676	4.100	2.208	1.577	1.261	0.946	0.631	0.631	0.631	0.315	0.315	0.315	0.000	0.000
130	5.992	5.046	3.154	1.577	1.261	0.946	0.631	0.631	0.631	0.315	0.315	0.315	0.000	0.000	0.000
140	5.992	4.100	1.892	1.261	0.946	0.946	0.631	0.631	0.315	0.315	0.315	0.315	0.000	0.000	0.000
150	4.415	3.469	1.892	1.261	0.946	0.946	0.631	0.631	0.315	0.315	0.315	0.315	0.000	0.000	0.000
160	5.046	3.154	1.892	1.261	0.946	0.946	0.631	0.315	0.315	0.315	0.315	0.000	0.000	0.000	0.000
170	5.046	2.838	1.892	1.261	0.946	0.946	0.631	0.315	0.315	0.315	0.315	0.000	0.000	0.000	0.000
180	4.730	2.838	1.892	1.261	0.946	0.946	0.631	0.315	0.315	0.315	0.315	0.315	0.000	0.000	0.000
190	4.415	2.523	1.892	1.261	0.946	0.946	0.631	0.631	0.315	0.315	0.315	0.315	0.000	0.000	0.000
200	4.100	2.523	1.892	1.261	0.946	0.946	0.631	0.631	0.315	0.315	0.315	0.315	0.000	0.000	0.000
210	4.100	2.523	1.892	1.577	1.261	0.946	0.631	0.631	0.315	0.315	0.315	0.315	0.000	0.000	0.000
220	4.100	2.523	1.892	1.577	1.261	0.946	0.631	0.631	0.315	0.315	0.315	0.315	0.315	0.000	0.000
230	4.100	2.523	1.892	1.577	1.261	0.946	0.631	0.631	0.631	0.315	0.315	0.315	0.315	0.000	0.000
240	4.100	2.838	2.208	1.892	1.577	1.261	0.946	0.631	0.631	0.631	0.315	0.315	0.315	0.315	0.000
250	4.100	2.838	2.208	1.892	1.577	1.577	0.946	0.631	0.631	0.631	0.631	0.315	0.315	0.315	0.000
260	4.100	2.838	2.208	2.208	1.892	1.892	1.261	0.631	0.631	0.631	0.631	0.315	0.315	0.315	0.000
270	4.100	3.154	2.523	2.208	2.208	1.892	1.261	0.631	0.631	0.946	0.631	0.315	0.315	0.315	0.000
280	4.415	3.154	2.523	2.523	2.208	2.208	1.892	0.631	0.631	0.946	0.946	0.315	0.315	0.315	0.000
290	4.730	3.154	2.838	2.523	2.208	2.208	1.892	1.261	0.631	0.946	0.946	0.315	0.315	0.315	0.315
300	4.730	3.469	2.838	2.523	2.208	2.208	1.892	1.261	0.946	0.946	0.631	0.315	0.315	0.315	0.000
310	4.415	3.469	2.838	2.523	2.208	2.208	1.892	1.261	0.946	0.946	0.631	0.315	0.315	0.000	0.000
320	4.415	3.784	2.838	2.523	2.208	1.892	1.577	1.261	0.946	0.946	0.315	0.315	0.315	0.000	0.000
330	4.730	4.100	3.154	2.523	1.892	1.892	1.577	0.946	0.946	0.631	0.315	0.315	0.315	0.000	0.000
340	4.730	4.415	3.154	2.208	1.892	1.577	1.261	0.946	0.946	0.631	0.315	0.315	0.315	0.000	0.000
350	5.046	4.730	3.154	2.208	1.892	1.577	1.261	0.946	0.946	0.631	0.315	0.315	0.315	0.000	0.000

Maksimum= 8.51E+0000 (kg/ha/år), 100 m, 70°.

Met-data til våd-deposition: Kastrup, Aalborg og Skrydstrup Lufthavne, 2008 og 2009.

Anvendt årlig nedbør: 0 mm.

Samlet emission: 95869.440 kg. Udvaskningskoefficient: 0.00E+00 (1/s).

NO Periode: 740101-831231 (Bidrag fra alle kilder)

Våd-deposition (kg/ha/år).

Retning (grader)	Afstand (m)															
	50	100	150	200	250	300	400	500	600	700	1000	1500	2000	2500	3000	
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
10	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
20	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
30	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
40	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
50	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
60	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
70	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
80	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
90	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
110	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
120	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
130	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
140	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
150	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
160	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
170	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
180	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
190	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
200	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
210	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
220	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
230	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
240	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
250	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
260	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
270	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
280	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
290	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
300	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
310	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
320	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
330	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
340	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
350	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	

Maksimum= 0.00E+0000 (kg/ha/år), 100 m, 70°.

BILAG 7

BUNDFLORA OG BUNDFAUNA



1. BUNDFLORA OG BUNDFAUNA

INDHOLD

1.	METODEBESKRIVELSE	2
1.1	Eksisterende data	2
1.1.1	Skagen Havn	2
1.1.2	Råstofefterforskning Skagen Havn	3
1.1.3	Frederikshavn Havn	4
1.2	Feltundersøgelser i 2018	5
1.2.1	Oparbejdning af prøver	7
1.3	Analyse af bundfaunadata	7
1.3.1	Antal, individtæthed og biomasse	7
1.3.2	Artsdiversitets indeks	7
1.3.3	Økologiske indeks	8
1.3.4	Primer analyser	10
1.4	Analyse af sedimentprøver og kornstørrelses	10
2.	DATA FRA TIDLIGERE UNDERSØGELSER	11
2.1	Råstofefterforskning Skagen Havn	11
2.2	Skagen Havn	12
2.3	Frederikshavn Havn	14
2.3.1	Årstidsvariation	16
2.4	Sammenfatning af eksisterende data for bundfauna	17
3.	DATA FRA FELTUNDERSØGELSEN I 2018	19
3.1.1	Sedimentprøver og kornstørrelsesfordeling	19
3.1.2	Bundfauna Skagen nord	19
3.1.3	Bundfauna Skagen syd	26
3.1.4	Sammenligning mellem Skagen nord og Skagen syd	34
4.	KOORDINATLISTE FOR FELTINDSAMLING	42
5.	LABORATORIEDATA FOR KORNSTØRRELSESFORDELING	43

1. METODEBESKRIVELSE

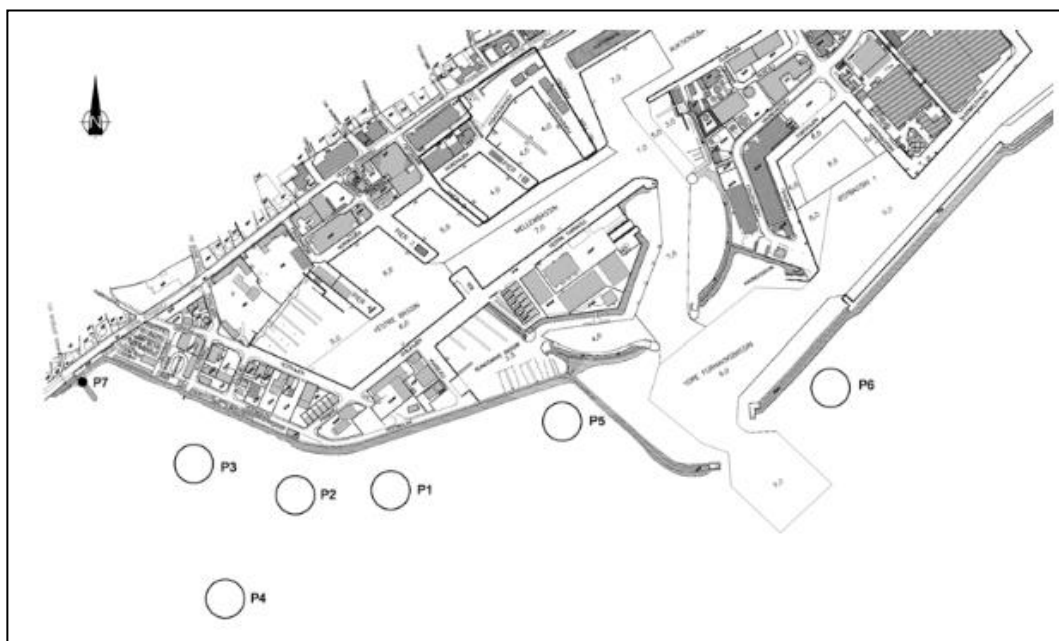
Bundfauna omfatter de dyr, der lever på (epifauna) og i (infauna) sedimentet. Bundfaunaprøver, der indsamles som sedimentprøver med redskaber som HAPS eller VAN VEEN, og efterfølgende sigtes og artsbestemmes, omfatter fortrinsvis infauna (dyr som lever nedgravet i sedimentet), men kan også indeholde enkelte epifaunaarter (dyr som lever på sedimentet).

1.1 Eksisterende data

Eksisterende data for bundflora og -fauna i området omkring Skagen Havn er baseret på kortlægning i forbindelse med udvidelse af Skagen Havn etape I¹ og Skagen Havn etape 3², samt ROV-video optaget af Orbicon i forbindelse med råstofeftersøgning i område 7321-00075 Ålbæk Bugt fra Skagen Havn og syd på langs kysten i 2017³. Herudover anvendes data fra undersøgelser i forbindelse med VVM for udvidelse af Frederikshavn Havn ca. 28 km syd for prøvetagningsområdet Skagen syd i nærværende feltundersøgelse fra 2018⁴.

1.1.1 Skagen Havn

For at vurdere bundfaunaens artssammensætning, er der foretaget en kvalitativ undersøgelse på seks forskellige lokaliteter i det område, hvor havneudvidelsen ønskes gennemført (se Figur 1-1).



Figur 1-1. Bundfaunaprøver indsamlet i projektområdet for udvidelse af Skagen Havn i 2004⁵.

I hvert område er der udtaget fem prøver med Van Veen grab (20 gange 20 cm, areal = 0,04 m²), som herefter er sigtet (maskestørrelse 1 mm) og konserveret i 96% ethanol. Efterfølgende

¹ Nordjyllands Amt. (oktober 2004). VVM-redegørelse, Udvidelse af Skagen Havn. ISBN: 87-7775-580-4, <https://docplayer.dk/11141505-Vvm-redegoerelse-udvidelse-af-skagen-havn.html>.

² Skagen Havn. (2018). Etape 3 udvidelse af Skagen Havn, VVM-redegørelse, Miljøvurdering af plangrundlaget og Natura 2000 væsentlighedsvurdering, Bind 1. Hovedrapport. Endeligt udkast. COWI.

³ Orbicon. (2017). Råstofeftersøgning udført for COWI og Skagen Havn i efteråret 2017.

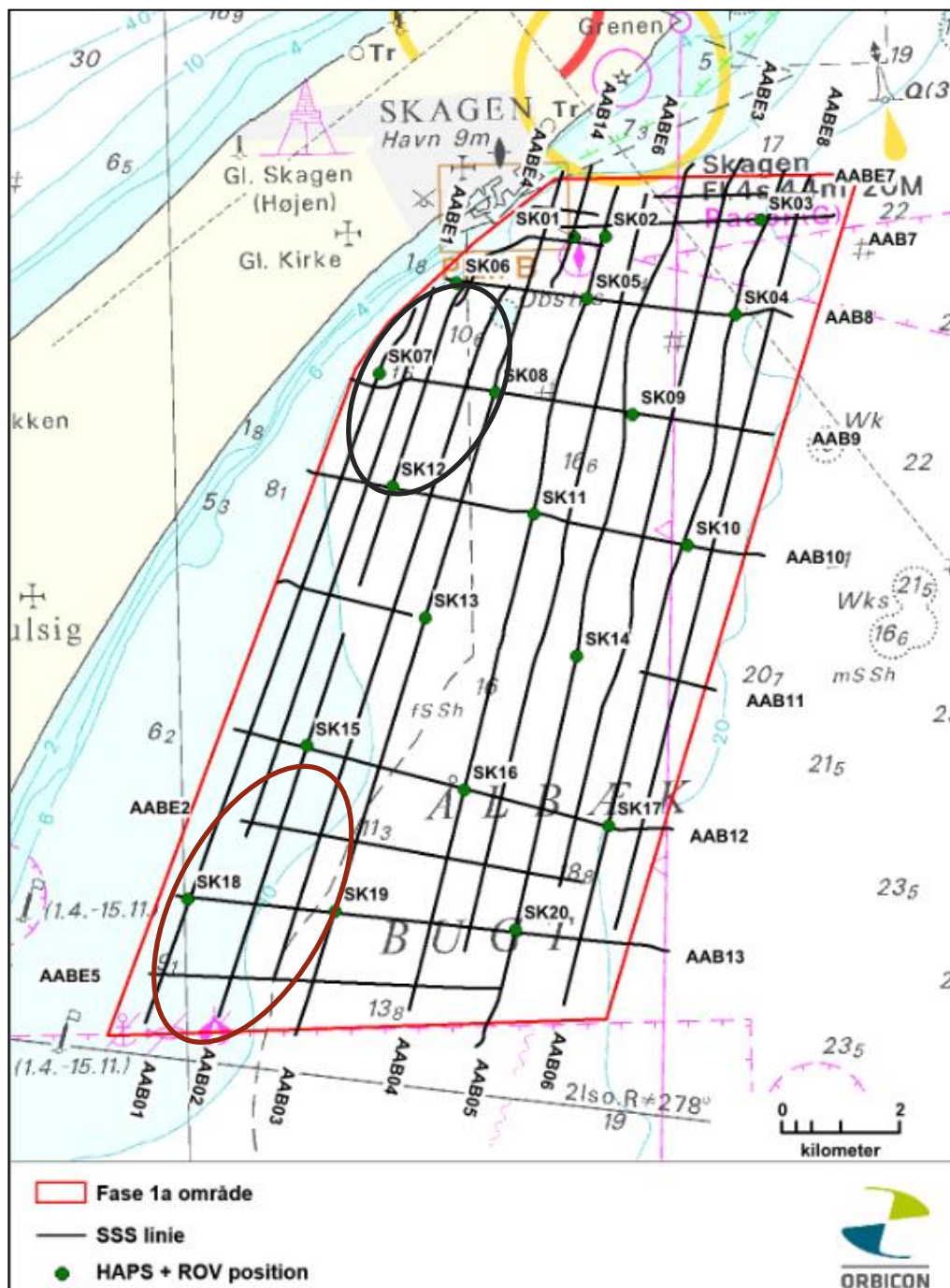
⁴ Frederikshavn Havn. (2014). Udvidelse af Frederikshavn Havn, VVM-redegørelse og miljørapport, Bind 2: Bilagsbind. Endelig version. COWI.

⁵ Nordjyllands Amt. (oktober 2004). VVM-redegørelse, Udvidelse af Skagen Havn. ISBN: 87-7775-580-4, <https://docplayer.dk/11141505-Vvm-redegoerelse-udvidelse-af-skagen-havn.html>.

er bundfaunaen bestemt til art eller, hvor dette ikke har kunnet lade sig gøre, til slægt⁶. Dybden er ikke angivet, men antages at være mellem 3-7 meter på baggrund af dybdekort fra området.

1.1.2 Råstofefterforskning Skagen Havn

ROV-video optaget af Orbicon i forbindelse med råstofefterforskning i område 7321-00075 Ålbæk Bugt for Skagen Havn og syd på langs kysten i 2017⁷.



Figur 1-2. ROV-video stationer (grønne punkter) for råstofefterforskning i 2017 syd for Skagen.

⁶ Nordjyllands Amt. (oktober 2004). VVM-redegørelse, Udvidelse af Skagen Havn. ISBN: 87-7775-580-4, <https://docplayer.dk/11141505-Vvm-redegoerelse-udvidelse-af-skagen-havn.html>.

⁷ Orbicon. (2017). Råstofefterforskning udført for COWI og Skagen Havn i efteråret 2017.

ROV-videoerne på station SK06 (ti meters dybde) og SK07 (på 11 meters dybde) på >10 meter vand er gennemset for at undersøge forekomsten af bundflora og -fauna udfor kysten syd for Skagen Havn. ROV-stationer SK15 (8,8 meters dybde) og logbog for SK18 (9,2 meters dybde) længere mod syd er gennemset for at undersøge forekomst af bundflora og -fauna på lavere vand <10 meter.

Stationer	Breddegrad	Længdegrad	Dybde (meter)
SK06	57°45,690	10°41,766	11
SK07	57°45,252	10°41,376	11
SK15	57°44,982	10°41,442	8,8
SK18	57°44,982	10°41,442	9,2

Tabel 1-1. Oversigt over positioner.

1.1.3 Frederikshavn Havn

Bundfaunaanalyser fra VVM for udvidelsen af Frederikshavn Havn⁸ ca. 28 km syd for strækningen ved Skagen er inkluderet, da de illustrerer ændringen af bundfaunasamfundene med dybden i havområdet ud for strækningen ved Skagen, hvor de to prøvetagningsområder er placeret.

Eksisterende data

Der foreligger en række ældre bundfaunadata fra Frederikshavn området og fra to steder på Vendsyssels østkyst. Det drejer sig om:

- Data fra Københavns Universitets sommerkurser ved Frederikshavn ca. 28 km syd for delstrækningen Skagen syd fra prøver indsamlet udfor Frederikshavn i perioden 1934-1996 på 10, 14, 18 og 22-26 meters dybde umiddelbart nordøst for Frederikshavn Havn.
- Data fra prøver indsamlet af Nordjyllands Amtskommune på 4, 6 og 10 meters dybde ved Jerup ca. 22 km syd for strækningen ved Skagen i perioden 1984 - 1997 og i 2000, 2004 og 2006.
- Data fra prøver indsamlet af Nordjyllands Amtskommune på 4, 6 og 10 meters dybde ved Lyngså ca. 18 km syd for Frederikshavn i perioden 1982 - 1988.

Feltundersøgelse

Metoder for feltundersøgelsen i forbindelse med udvidelsen af Frederikshavn Havn er rapporteret i Frederikshavn Havn (2014), Bilag 3 – undersøgelser af bundfauna⁹.

Som led i VVM for udvidelse af Frederikshavn Havn har COWI a/s indsamlet i alt seks bundfauna-prøver i farvandet øst for havnen (Figur 1-4). Prøvetagningen er foretaget 21. maj 2013. Ved prøvetagningen er der anvendt en Van Veen bundhenter med et areal på 0,1 m². Bundfauna-prøverne blev i felten sigtet ved en maskevidde på 1 mm og konserveret i 93 % ethanol.

Station	Breddegrad	Længdegrad	Dybde (meter)
FR1	57,44808736	10,56543262	2,7
FR2	57,45349453	10,55786351	2,0
FR3	57,45249784	10,59650844	8,0
FR4	57,46080657	10,60370640	8,0
FR5	57,46102164	10,66847454	22,0
FR6	57,43374450	10,66292596	20,0

Figur 1-3. Oversigt over positioner.

⁸ Frederikshavn Havn. (2014). Udvidelse af Frederikshavn Havn, VVM-redegørelse og miljørapport, Bind 2: Bilagsbind. Endelig version. COWI.

⁹ Frederikshavn Havn. (2014). Udvidelse af Frederikshavn Havn, VVM-redegørelse og miljørapport, Bind 2: Bilagsbind. Endelig version. COWI.



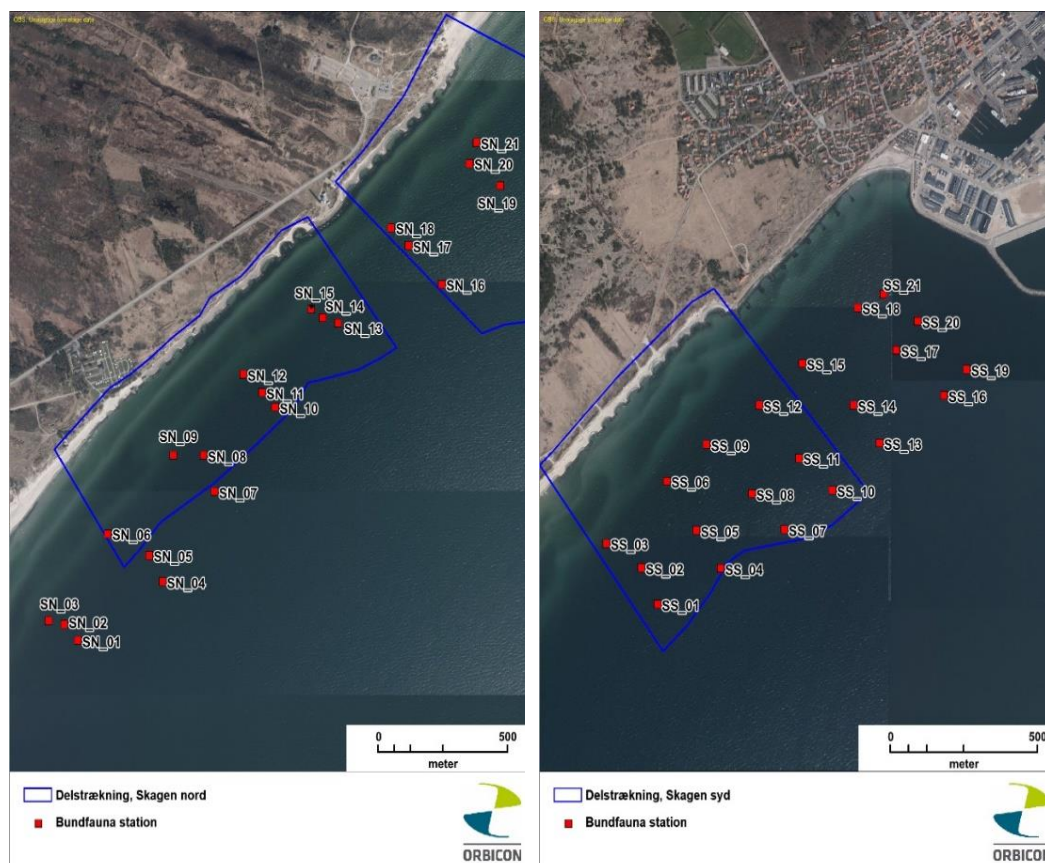
Figur 1-4. Bundfaunaprøver indsamlet i området omkring Frederikshavn Havn¹⁰.

1.2 Feltundersøgelser i 2018

Der blev foretaget feltindsamling af bundfaunaprøver og prøver til måling af kornstørrelsesfordelingen i sedimentet i to prøvetagningsområder på strækningen ved Skagen – Skagen nord og Skagen syd. Samtlige prøver ved Skagen nord blev indsamlet den 4. til 5. oktober 2018 fra skibet M/S Anette Christina (3,0-7,5 meters dybde).

Prøvetagning af bundfauna blev udført vha. en Haps-bundhenter med vibratorenhed, med en indvendig rørdiameter på 13,5 cm, dækkende et areal på $1/70 \text{ m}^2$ (ca. $0,015 \text{ m}^2$). For hvert af de to prøvetagningsområder blev der indsamlet 21 bundfaunaprøver samt 21 prøver til analyse for kornstørrelser og glødetab (i alt to HAPS-prøver fra samme prøvetagningsstation) (Figur 1-5). 21 prøver er valgt ud fra den forventede relation mellem antallet af arter og antallet af prøver. I den kystnære zone forventes 21 prøver at være et tilstrækkeligt antal prøver til at belyse forekomsten af de vigtigste/hyppigste arter i de enkelte prøvetagningsområder på strækningerne (erfaring fra kystnære prøver, fire meter, i Skagerrak).

¹⁰ Frederikshavn Havn. (2014). Udvidelse af Frederikshavn Havn, VVM-redegørelse og miljørapport, Bind 2: Bilagsbind. Endelig version. COWI.



Figur 1-5. Figur der viser prøvepositionerne med røde punkter i de to prøvetagningsområder på strækningen ved Skagen. Venstre side Skagen nord og højre side Skagen syd.

Der blev udtaget 2 x 21 Haps-prøver i hvert prøvetagningsområde (21 til bundfauna og 21 til sedimentanalyse). Som udgangspunkt er der indsamlet syv prøver tre forskellige steder på profilet langs kysten for bedst muligt at beskrive variation i bundfaunen i prøvetagningsområderne (Tabel 1-2). På strækningen ved Skagen var det ikke muligt at komme ind over revlen pga. revlens udformning samt den anvendte bådtype og risiko for grundstødning. Prøverne i de to prøvetagningsområder er derfor alle indsamlet længere fra kysten - på revlen og på det ydre strandplan havværts for revlen. Opdelingen af prøverne i forhold til deres placering på kysten (revle eller ydre strandplan) er foretaget på baggrund af GPS-positionerne for prøverne, dybde og ortofotos, der viser revlens placering på strækningen.

Dybde	Forstrand	Strandnær zone	Trug	Revle	Ydre strandplan
Skagen nord	-	-	-	7 (3-3,5 meter)	14 (4,5-7,5 meter)
Skagen syd	-	-	-	3 (3 meter)	18 (3,5-7,5 meter)

Tabel 1-2. Fordelingen af bundfaunaprøverne indenfor de to prøvetagningsområder på strækningen ved Skagen. Der er indsamlet et tilsvarende antal sedimentprøver.

For hver Haps-prøve noteres prøvenummer, koordinater, den aktuelle dybde samt en kvalitativ beskrivelse af sedimentet. Prøverne til bundfaunaanalyser skylles gennem en 1 mm trådvævsigte, og sigteresten konserveres herefter i en 96% ethanol-opløsning. Prøverne til sedimentanalyser overføres direkte fra Hapsen over i en spand til analyse for tørvægt, glødetab og kornstørrelsesfordeling. Der anvendes en blandingsprøve fra hele Haps søjlen til sedimentanalyserne. Hele søjlen bruges pga. den store mobilitet i sedimentet.

1.2.1 Oparbejdning af prøver

Oparbejdningen af bundfaunaprøverne har så vidt muligt fulgt "Teknisk anvisning for marin overvågning, M19, Blødbundsfauna"¹¹. Dog overholder indsamlingsperioden ikke den anbefalede, ligesom bundfaunaprøverne ikke har stået konserveret i den anbefalede periode før vejning.

I laboratoriet skylles bundfaunaprøverne med vand i en 0,5 mm trådvævssigte. Prøverne sorteres herefter under stereomikroskop, og alle dyr bestemmes så vidt muligt til artsniveau. Bundfauna omfatter kun kvantificerbare bundfaunaarter (omfatter således f.eks. ikke polyptydyr (Hydrozoa) og mosdyr (Bryozoa)). Efter artsbestemmelse måles vådvægten efter afdupning af dyrene på filterpapir. Endeligt bestemtes tørvægten efter tørring i varmeskab ved 60°C til konstant vægt i minimum 24 timer.

1.3 Analyse af bundfaunadata

Ud over simple beregninger af antal og biomasse pr. m² anvendes de indeks, som normalt benyttes til at beskrive bundfaunasamfundet. Ydermere anvendes også MDS-analyser for at analysere rumlig variation indenfor området.

For samtlige områder beregnes:

- Artsantal
- Tæthed og biomasse pr. m²
- Artsdiversiteten (Shannon Wiener-diversiteten og Pielou's evenness indeks)
- AMBI indeks
- DKI
- Bray-Curtis similaritetsindeks og MDS-plot (ANOSIM-analyse og DistLM-analyse)

Diversitets-indekset beskriver variationen (diversiteten) i dyrelivet, mens de økologiske indeks (AMBI og DKI) beskriver arternes tolerance/robusthed i forhold til miljøet på lokaliteten.

1.3.1 Antal, individtæthed og biomasse

Der er flere faktorer, som har betydning for artsantallet i et givent område, herunder bundens beskaffenhed (f.eks. substrattypen og dynamiske forhold) samt hvilken dybde-, temperatur- og salinitetsgradient de enkelte arter er tilpasset.

Tætheden udtrykker noget om presfaktorer, fødetilgængelighed og dominerende arter, mens biomassen er et udtryk for størrelsen af dyrene og deres vægt.

1.3.2 Artsdiversitets indeks

Shannon-Wiener-indekset H' er et matematisk udtryk for diversiteten i samfundet, som giver en større information om samfundets sammensætning end antallet af tilstedeværende arter, da den relative hyppighed af de forskellige arter indgår i udtrykket.

$$H' = - \sum_{i=1}^R p_i \ln p_i$$

, hvor p_i er antallet af dyr af hver art divideret med det samlede antal individer af alle arter i samfundet. Shannon-Wiener værdien bliver lav, hvis der er få arter, hvoraf nogle dominerer med et højt individantal. Hvis der derimod er mange arter i prøverne, og disse har forholdsvis ens tætheder, bliver værdien høj. Værdien for H' ligger mellem 0 og 5, dog typisk mellem 1,5 og 3,5.

¹¹ Hansen og Joefson. (2014). teknisk anvisning for marin overvågning, M19, Blødbundsfauna

Pielou's evenness, J' er et udtryk for ligelighedsfordelingen.

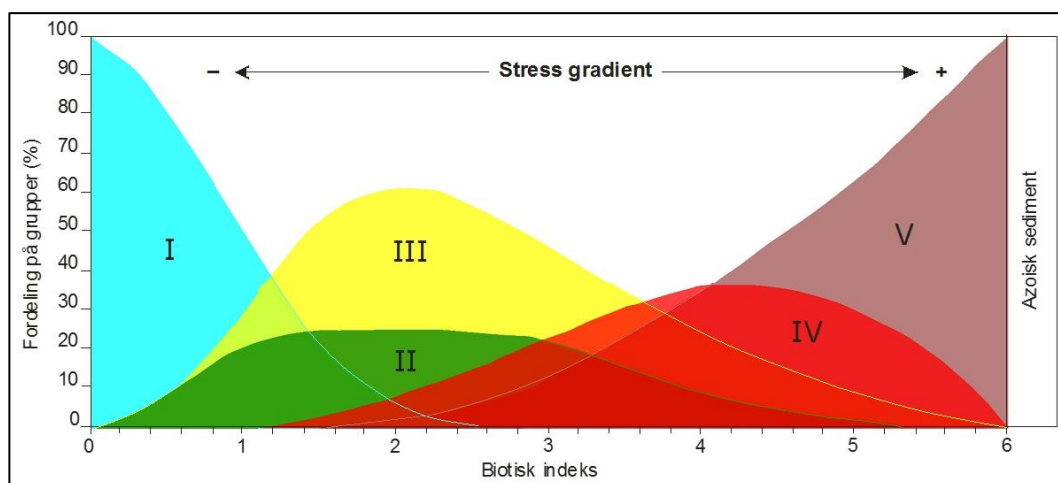
$$J' = \frac{H'}{H'_{\max}}$$

, hvor H' er den observerede værdi fra Shannon-Wiener mangfoldigheds indeks og $H'_{\max} = \ln(n)$, hvor n er antallet af arter. I tilfælde af helt ens hyppigheder af de præsenterede arter, er H og $H'_{\max}$ ens, hvilket giver en Pielou's evenness værdi på 1.

1.3.3 Økologiske indeks

AMBI-indeks

AMBI-indekset er et marinbiologisk indeks, som er udviklet til bundfaunaen i europæiske fjorde, kyster og havområder med henblik på at vurdere effekterne som følge af eutrofiering¹². Dette indeks er afledt af den individuelle tæthed i fem økologiske faunagrupper (GI-GV), som er klassificeret efter arternes følsomhed/tolerance over for miljømæssige stressfaktorer (se nedenfor). Som tidligere nævnt kan AMBI-indekset ikke anvendes til sammenligning af forskellige lokaliteter, men derimod til at følge samfundets/lokalitetens udvikling over tid.



Figur 1-6. Teoretisk udvikling af de fem faunagrupper og AMBI-værdier over en stressgradient.

Faunagruppe GI: arter, der er meget følsomme overfor organiske betingelser og er tilstede under uforurenede forhold. Dette kan være specialiserede rovdyr eller bestemte rørboende børsteorme.

Faunagruppe GII: arter, der er indifferente overfor næringsstofberigelse og altid tilstede i lave tætheder uden signifikante variationer over tid. Dette kan være suspensionsædere, ikke-specialiserede rovdyr og ådselsædere.

Faunagruppe GIII: arter, der er tolerante overfor massiv organisk berigelse. Disse arter kan optræde under normale omstændigheder, men stimuleres af organisk berigelse. Dette kan for eksempel være overfladedetritusædere, eksempelvis rørboende spionider.

Faunagruppe GIV: anden-ordens opportunistiske arter, der er hurtigvoksende og tilpasser sig organisk berigelse. Dette drejer sig om arter, der er overfladedetritus- eller sedimentædere.

¹² Borja et al. (2000). Borja A, Franco J, Pérez V (2000): A marine biotic index to establish the ecological quality of soft bottom benthos within European estuarine and coastal environments. Marine Pollution Bulletin 40(12):1100-1114.

Faunagruppe GV: første-ordens opportunistiske arter, der er hurtigvoksende og tilpasser sig organisk berigelse og belastede forhold, eksempelvis lavt iltindhold.

På baggrund af fordelingen af arter kan der beregnes en AMBI-værdi ud fra formelen:

$$AMBI = \frac{0 * \%GI + 1,5 * \%GII + 3 * \%GIII + 4,5 * \%GIV + 6 * \%GV}{100}$$

AMBI-værdien kan efterfølgende tolkes i henhold til Borja et al. (2000)¹³, som både angiver bundsamfundets tilstand, samt i hvilken grad lokaliteten er forstyrret. Skalaen går fra normal til stærkt forurenet for bundsamfundet og fra uforstyrret til ekstremt forstyrret for lokaliteten (Tabel 1-3).

AMBI	Dominerende økologisk gruppe	Det bentiske samfunds tilstand	Områdeforstyrrelses-klassifikation
0,0 < AMBI ≤ 0,2	I	Normal	Uforstyrret
0,2 < AMBI ≤ 1,2		Forarmet	
1,2 < AMBI ≤ 3,3	III	I ubalance	Let forstyrret
3,3 < AMBI ≤ 4,3		Overgang til forurening	Middel forstyrret
4,3 < AMBI ≤ 5,0	IV-V	Forurenet	
5,0 < AMBI ≤ 5,5		Overgang til stærkt forurening	Stærkt forstyrret
5,5 < AMBI ≤ 6,0	V	Meget stærkt forurenet	
Azoisk	Azoisk	Azoisk	Ekstremt forstyrret

Tabel 1-3. I følge Borja et al. (2000)¹⁴ kan AMBI-værdien tolkes på ovenstående måde.

DKI

Det danske kvalitetsindeks "DKI" er udviklet til at vurdere et vandområdes tilstand i henhold til EU's vandrammedirektiv¹⁵. DKI kombinerer bl.a. diversiteten (udtrykt som Shannon-Wieners diversiteten H) og graden af følsomhed i infaunasamfundet (AMBI). Herudover anvendes N (tætheden) og S (artsantallet). DKI-indekset kan, ligesom AMBI-indekset, ikke anvendes til sammenligning af forskellige lokaliteter, men derimod til at følge samfundets udvikling over tid på samme lokalitet/station.

I udregningen af DKI anvendes version 1, da saliniteten ikke er målt ved indsamlingen af prøver.

$$DKI = \left(\frac{\left(1 - \frac{AMBI}{7}\right) + \left(\frac{H'}{H'_{max}}\right)}{2} \right) * \left(\frac{\left(1 - \frac{1}{N}\right) + \left(1 - \frac{1}{S}\right)}{2} \right)$$

For at vurdere hvilken tilstand et vandområde opnår i forhold til vandrammedirektivet, benyttes nedenstående grænseværdier¹⁶ (Tabel 1-4).

Dårlig	Ringe	Moderat	God	Høj
<0,20	0,20-0,40	0,40-0,60	0,60-0,80	>0,80

Tabel 1-4. Oversigt over DKI-grænseværdier for dårlig til høj økologisk tilstand i danske farvande.

¹³ Borja et al. (2000). Borja A, Franco J, Pérez V (2000): A marine biotic index to establish the ecological quality of soft bottom benthos within European estuarine and coastal environments. Marine Pollution Bulletin 40(12):1100-1114.

¹⁴ Borja et al. (2000). Borja A, Franco J, Pérez V (2000): A marine biotic index to establish the ecological quality of soft bottom benthos within European estuarine and coastal environments. Marine Pollution Bulletin 40(12):1100-1114.

¹⁵ Naturstyrelsen. (2014). Retningslinjer for udarbejdelse af vandområdeplaner 2015-2021. ISBN 978-87-92256-43-0.

¹⁶ Borja et al. (2007). Borja, A., Josefson, A.B., Miles, A., Muxika, I., Olsgaard, F., Phillips, G., Rodríguez, J.G., Rygg, B., 2007. An approach to the intercalibration of benthic ecological status assessment in the North Atlantic ecoregion, according to the European WaterFramework. Marine Pollution Bulletin 55, 42-52.

1.3.4 Primer analyser

Bray-Curtis similaritetsindeks, MDS-analyse

Ligheder og forskelle i taxon-sammensætningen mellem de enkelte prøver og områder bliver analyseret ved hjælp af multidimensionel skalering ved Bray-Curtis similariteter (BC_{ij}) udregnet parvis for samtlige kombinationer af prøver. Hertil anvendes programmet PRIMER (Primer-E, version 7). Bundfaunadata bliver inden analysen kvadratrods transformeret for at nedvægte dominerende taxa.

$$BC_{ij} = 1 - \frac{2C_{ij}}{S_i + S_j}$$

Hvor C_{ij} er summen af den mindste værdi for de arter, der findes i begge prøver/områder. S_i og S_j er det totale antal arter, som er fundet i prøven/området.

Den beregnede Bray-Curtis-similaritetsmatrix vises som et MDS-plot (multi-dimensional-skalering), hvorved adskilte grupperinger kan identificeres. I tolkningen af data evalueres MDS-plottets stresstal. Ved en værdi på mindre end 0,1 er der ingen/lav misvisning i fortolkningen af data, hvorimod tolkningen er behæftet med større usikkerhed ved stressværdier større end 0,2.

ANOSIM (Analysis of Similarity)

Denne metode anvender Bray-Curtis similaritetsværdier, angiver en P-værdi (signifikansniveau) og en R-værdi (styrken). R-værdien er typisk mellem 0 og 1, men kan dog også være negativ ned til -1, selv om den oftest vil være tæt på 0. En R-værdi tæt på 1 indikerer en høj grad af adskillelse mellem prøver fra to prøvetagningsområder, mens R-værdier tæt på 0 indikerer ingen adskillelse mellem prøverne fra to prøvetagningsområder. R-værdien påvirkes således både af variationen (spredning), der er i artsfordelingen mellem prøver indenfor hvert prøvetagningsområde, samt variationen mellem prøverne fra to prøvetagningsområder.

I ANOSIM-analyser skal det således først testes, om der er en signifikant forskel og herefter angive R-værdien. Det kan således opleves, at der er en signifikant forskel, men at R-værdien er lav (f.eks. 0,2), og at kun en mindre del af forskellen kan forklares ved den testede faktor.

DistLM

Denne metode anvendes til at vurdere, hvor meget af den variation, som ses i de biologiske data, der kan forklares ud fra variationen i de målte miljøvariable, samt placeringen på kystprofilen. Den valgte metode var "en DistLM marginal test og en Best-model". Først udregnes det, om hver variable bidrager signifikant til at beskrive den variation, som er i bundfaunadata (vha. Bray-Curtis similaritetsværdier), hvorefter alle variable rangeres. I DistLM, marginal test testes hver variabel hver for sig i forhold til variationen i bundfauna data, mens distLM "Best solution" angiver den bedste kombination af miljøvariable til at beskrive variationen i bundfaunadata ud fra et øget antal miljøvariable. DistLM analyser blev udført samlet for alle bundfaunaprøverne i de to prøvetagningsområder på strækningen ved Skagen for at sikre et tilstrækkeligt datagrundlag. Analysen medtager ikke prøver uden dyr.

1.4 Analyse af sedimentprøver og kornstørrelses

Sedimentanalyser udføres på et NCCs akkrediteret laboratorium (DANAK godkendt, Test Reg.nr. 271, Medlem af EA MLA). Der er analyseret for kornstørrelsesfordeling, tørstofindhold og askefri tørvægt (glødetab). Prøveforberedelse er udført efter DS/EN 932-2:1999, sigteanalysen er udført efter DS/EN 933-1:2013 og glødetabet er målt i henhold til prVI 99-9:2010. Glødetabet er udført ved 550°C.

Dataarkene for kornstørrelsesanalyserne er vedlagt i sidste afsnit i dette bilag.

2. DATA FRA TIDLIGERE UNDERSØGELSER

Eksisterende forhold for bundfauna på strækningen ved Skagen beskrives her med udgangspunkt i de tilgængelige data indhentet fra:

- Råstofeftersforskning Skagen Havn i 2017¹⁷
- Skagen Havn – VVM for udvidelse af Skagen Havn¹⁸ og ¹⁹
- Frederikshavn Havn – VVM for udvidelse af Frederikshavn Havn²⁰

2.1 Råstofeftersforskning Skagen Havn

I forbindelse med råstofkortlægning syd for Skagen Havn i 2017 har Orbicon lavet ROV-video ud for prøvetagningsområdet Skagen syd på 10-11 meters dybde og på lidt lavere vand længere mod syd på 8,8 og 9,2 meters dybde. Disse videoer viser alle en sandet til siltet bund med hvide skaller. Der var generelt et rigt dyreliv på havbunden i form af sandormehobe, siphonhuller fra muslinger i havbunden, epifauna og småfisk, især SK07 havde et rigt dyreliv på bunden. Observerede epifauna: almindelig søstjerne (*Asterias rubens*), Luidia søstjerne (*Luidia atlantidea*), alm. strandkrabbe (*Carcinus maenas*), sømus (*Echinocardium cordatum*), eremitskrebs (*Pagurus bernhardus*), hjertemuslingeskaller (*Cerastoderma edule*), molboøsters (*Arctica islandica*), knivmuslingeskaller (*Ensis americanus*), sandmusling (*Mya arenaria*), alm. venusmuslingeskaller (*Chamelea striatula*), tårnsnegl, pelikanfodssnegl (*Aporrhais pespelecani*) og mange kutlinger. Den dominerende epifaunaart var alm. søstjerne. Dette bundfaunasamfund kan karakteriseres som et venus-samfund, som er almindeligt på sandbunden i Kattegat, Skagerrak og Nordsøen på dybder omkring 10-30 meter²¹.



Figur 2-1. Foto fra ROV-videoen fra station SK06.

¹⁷ Orbicon. (2017). Råstofeftersforskning udført for COWI og Skagen Havn i efteråret 2017.

¹⁸ Skagen Havn. (2018). Etape 3 udvidelse af Skagen Havn, VVM-redegørelse, Miljøvurdering af plangrundlaget og Natura 2000 væsentlighedsvurdering, Bind 1. Hovedrapport. Endeligt udkast. COWI.

¹⁹ Nordjyllands Amt. (oktober 2004). VVM-redegørelse, Udvidelse af Skagen Havn. ISBN: 87-7775-580-4, <https://docplayer.dk/11141505-Vvm-redegoerelse-udvidelse-af-skagen-havn.html>.

²⁰ Frederikshavn Havn. (2014). Udvidelse af Frederikshavn Havn, VVM-redegørelse og miljørapport, Bind 2: Bilagsbind. Endelig version. COWI.

²¹ Gyldendal den store danske. (2019a). Havdyresamfund. webside besøgt 22. januar 2019, http://denstoredanske.dk/Natur_og_milj%C3%B8/%C3%98kologi/havdyresamfund. Gyldendal.

2.2 Skagen Havn

COWI har analyseret bundfaunasamfundet omkring Skagen Havn vha. feltundersøgelser i 2004. Resultatet af analysen er vist i det følgende og er baseret på VVM undersøgelser for Skagen Havn²² og ²³.

Havbunden i området omkring Skagen Havn består af rent sand. Faunaen på sandbunden er domineret af hvirvelløse dyr, der lever nedgravet i eller på overfladen af havbunden som f.eks. muslinger, snegle, børsteorme, pighuder og krebsdyr.

I de seks prøver fra 2004 på sydsiden af Skagen Havn er der i alt fundet 214 individer (=214 individer/m²) fordelt på 24 arter/slægter (se Tabel 2-1). Artsantallet på positionerne (fem pr prøve) varierede mellem otte og 12 arter, mens antallet af individer i de enkelte områder varierede mellem 27 og 82.

Art	Prøvenummer					Total
Havbørsteorme	1	2	4	5	6	
Scoloplos armiger	4	1	1	2	10	18
Nepthys sp.		1				1
Nepthys hombergii	1					1
Nepthys longosetosa	7	1	1			9
Pygospio elegans			2		1	3
Eulalia viridis	1			1		2
Glycera rouxi				1		1
Harmothoe impar	1			4		5
Spionidae				1		1
Lanice conchilega	1					1
Magelona mirabilis	9	3				12
Pighude						
Echinocardium cordatum		5	7	46	2	60
Ophiura albida					1	1
Snegle						
Hydrobia sp.	1					1
Lunatia cartena			1	1	1	3
Muslinger						
Mytilus edulis					1	1
Mya arenaria	2	4	2			8
Fabulina fabula	5	12	19	16	8	60
Chamelea (Venus) striatula	3		1	2	2	8
Nucula nitidosa			4	5	2	11
Clausinella (Venus) fasciata				2		2
Andet						
Oligochaeta sp.	1				3	4
Mysidae				1		1
Total	36	27	38	82	31	214

Tabel 2-1. Bundfauna arter og individer i de seks prøver taget syd for Skagen Havn i 2004. *Venus striatula* = *Chamelea striatula* (Worms). *Tellina fabula* = *Fabulina fabula* (Worms)²⁴.

Der har ikke kunnet konstateres forskel hverken på artssammensætningen eller individantallet mellem de undersøgte områder i nærheden af havnen. En af prøverne adskiller sig dog ved, at der her er fundet væsentlig flere søpindsvin (*Echinocardium cordatum*) end i resten. Antalsmæssigt dominerer almindelig sømus (*Echinocardium cordatum*), muslingerne *Fabulina fabula* og almindelig venusmusling (*Chamelea striatula*), samt børsteormen *Scoloplos armiger*. Biomasse-mæssigt dominerer sømus (*Echinocardium cordatum*) og venusmusling (*Chamelea striatula*).

²² Skagen Havn. (2018). Etape 3 udvidelse af Skagen Havn, VVM-redegørelse, Miljøvurdering af plangrundlaget og Natura 2000 væsentlighedsvurdering, Bind 1. Hovedrapport. Endeligt udkast. COWI.

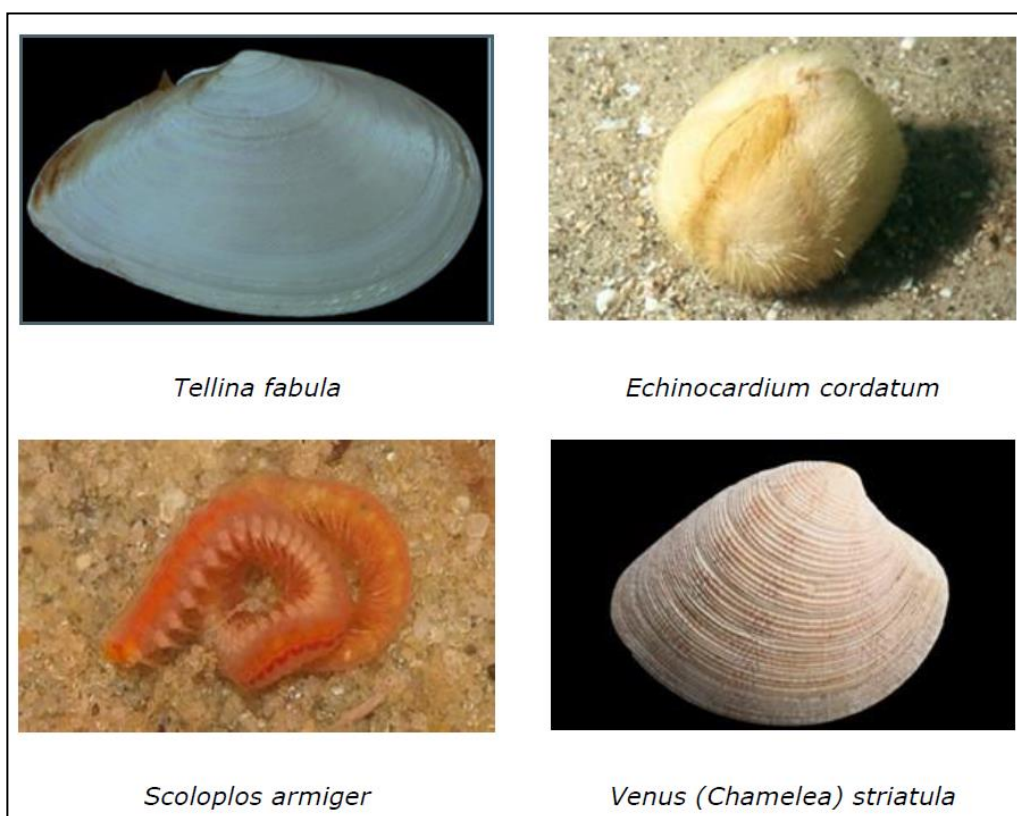
²³ Nordjyllands Amt. (oktober 2004). VVM-redegørelse, Udvidelse af Skagen Havn. ISBN: 87-7775-580-4, <https://docplayer.dk/11141505-Vvm-redegoerelse-udvidelse-af-skagen-havn.html>.

²⁴ Nordjyllands Amt. (oktober 2004). VVM-redegørelse, Udvidelse af Skagen Havn. ISBN: 87-7775-580-4, <https://docplayer.dk/11141505-Vvm-redegoerelse-udvidelse-af-skagen-havn.html>.

Desuden findes store forekomster af hesterejer. Det er i overensstemmelse med studier fra Nørrevang et al (1968)²⁵, der angiver at bundfaunaen på sandbunden ved Skagen kan karakteriseres som et Venussamfund²⁶.

På baggrund af artssammensætningen i de undersøgte områder kan bundfaunaen karakteriseres som tilhørende det såkaldte Venus-samfund med karakterarten venusmusling²⁷. Venussamfundet er et Nordsøsamfund, der dog indenfor Skagen dækker det vestlige Kattegat og området nord for Sjælland. Som en følge af den høje saltholdighed er det ikke usædvanligt at finde denne bundfauna-sammensætning helt ind på 4-5 meters dybde ud for den nordlige del af Jylland, hvor der er sandbund på denne dybde²⁸.

På dybder lavere end dette findes normalt det såkaldte Macoma-samfund bl.a. med muslingerne hjertemusling (*Cerastoderma edule*), østersømusling (*Macoma baltica*), og sandmusling (*Mya arenaria*) samt børsteormen *Arenicola marina*. Der er i undersøgelsen fundet enkelte sandmuslinger, men bundfaunasamfundet vurderes ikke til at være et egentligt lavvandssamfund, hvilket sandsynligvis skyldes, at området ligger meget påvirket af vind og vejr.



Figur 2-2. Dominerende bundfaunaarter i Venussamfundet ved Skagen Havn. *Venus striatula* = *Chamelea striatula* (Worms). *Tellina fabula* = *Fabulina fabula* (Worms)²⁹.

²⁵ Nørrevang et al. (1968). Danmarks Natur. Bind 3 Havet. Politikens forlag 1968.

²⁶ Skagen Havn. (2018). Etape 3 udvidelse af Skagen Havn, VVM-redegørelse, Miljøvurdering af plangrundlaget og Natura 2000 væsentlighedsvurdering, Bind 1. Hovedrapport. Endeligt udkast. COWI.

²⁷ Thorson. (1957). Bottom communities (sublittoral or shallow shelf). Treatise on marine Ecology and Paleocology, årg. 1, pp. 461-534.

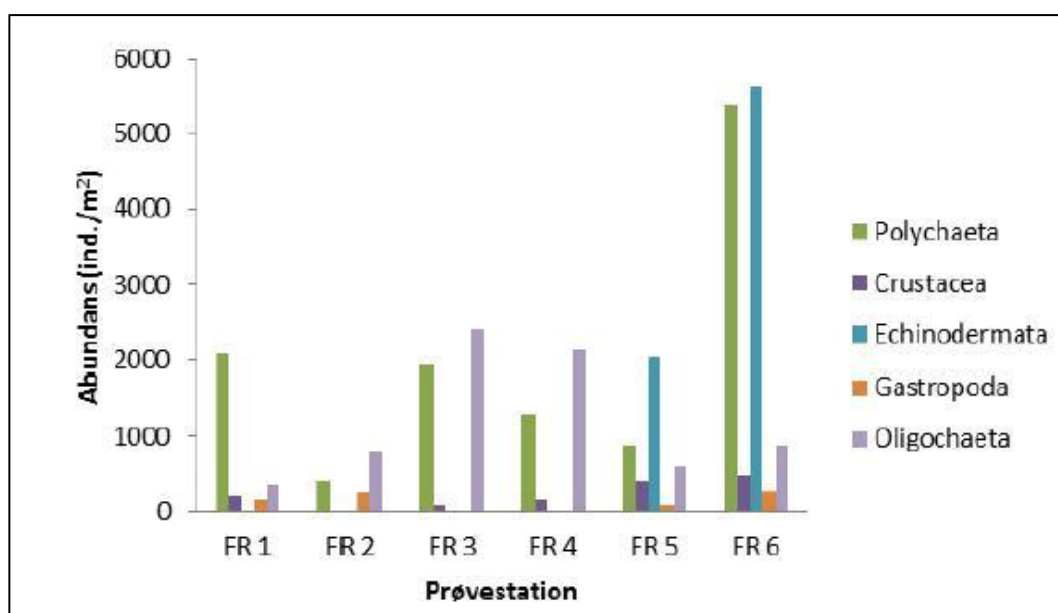
²⁸ Nordjyllands Amt. (oktober 2004). VVM-redegørelse, Udvidelse af Skagen Havn. ISBN: 87-7775-580-4, <https://docplayer.dk/11141505-Vvm-redegoerelse-udvidelse-af-skagen-havn.html>.

²⁹ Skagen Havn. (2018). Etape 3 udvidelse af Skagen Havn, VVM-redegørelse, Miljøvurdering af plangrundlaget og Natura 2000 væsentlighedsvurdering, Bind 1. Hovedrapport. Endeligt udkast. COWI.

2.3 Frederikshavn Havn

Bundfaunaanalyser fra VVM for udvidelsen af Frederikshavn Havn³⁰ ca. 28 km syd for strækningen ved Skagen er inkluderet, da disse illustrerer ændringen af bundfaunasamfundene med dybden i havområdet ud for strækningen ved Skagen, hvor de to prøvetagningsområder er placeret. COWI har analyseret bundfaunasamfundet på lavt og dybere vand i området omkring Frederikshavn Havn vha. eksisterende data suppleret med feltundersøgelser. Resultatet af analysen er vist i det følgende og er baseret på VVM rapport for Frederikshavn Havn (2014).

I Figur 2-3 ses det, at børsteorme (Polychaeter) findes på alle stationer ligesom krebsdyr (Crustacea) og ledorme (Oligochaeta). Snegle (Gastropoda) var der generelt få af, og de var helt fraværende på de to stationer på otte meters dybde (FR3 og FR4). Alle pighuderne (Echinodermata) var at finde på de to dybe stationer, FR 5 og FR6, hvilket også var forventet i forhold til, at de dybder (>14 meters dybde) bør være samfund domineret af slangestjerner fra slægten *Amphiura*, som tilhører pighuderne.



Figur 2-3. Fordeling af dyregrupper per prøvestation baseret på antal per m²³¹.

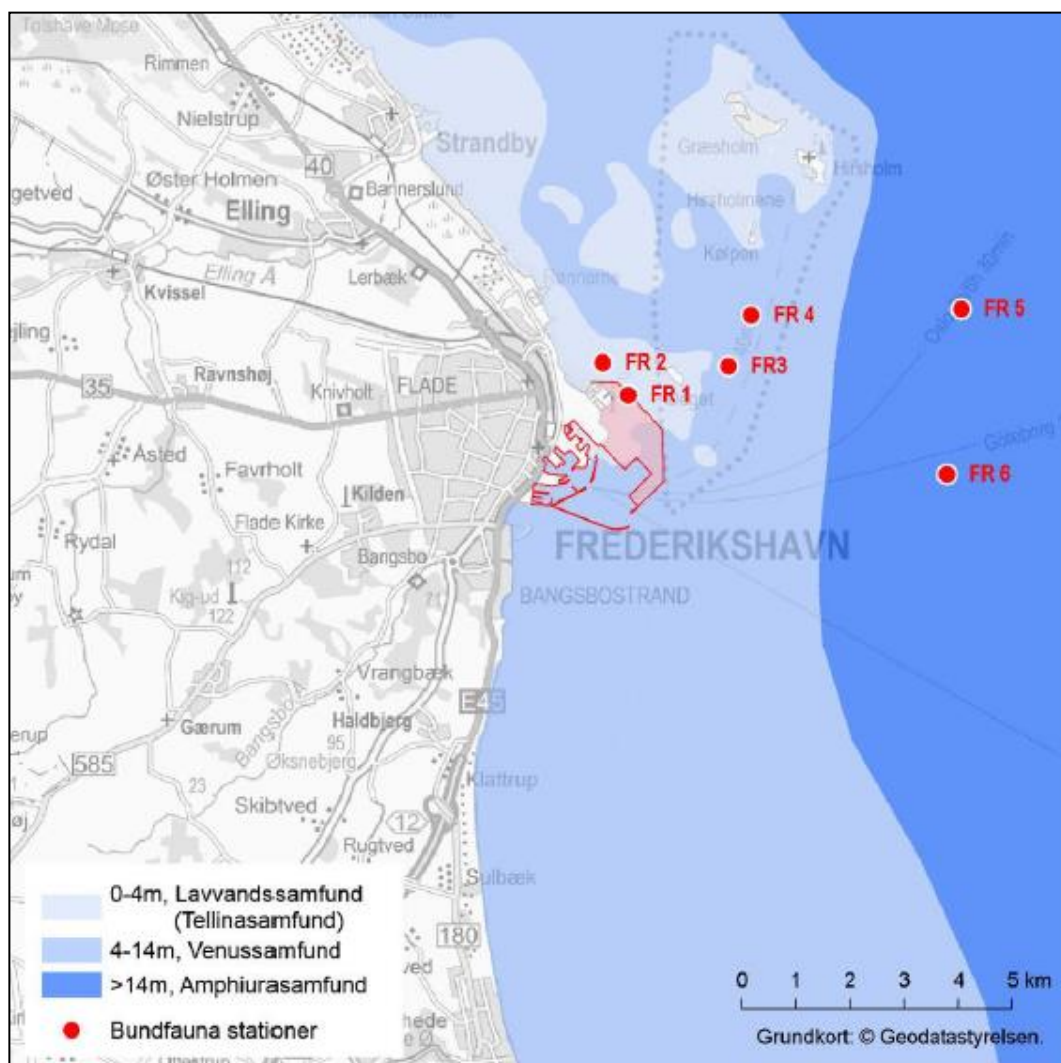
De eksisterende data og feltundersøgelserne fra maj 2003 viser, at bundfaunaen er fordelt i tre signifikant forskellige bundfaunasamfund (Multivariat analyse i Primer) fordelt på forskellige dybder som følger:

- På det lave vand fra strandkanten ud til ca. fire meters dybde findes et lavtvandssamfund/ *Tellina* samfund (Feltstation F1 og F2).
- På ca. 4-14 meters dybde findes et bundfaunasamfund, der kan karakteriseres som et Venus samfund (Feltstation F3 og F4)
- På dybder på ca. 14 - ca. 25 meters dybde findes et *Amphiura*-samfund (feltstation F5 og F6).

³⁰ Frederikshavn Havn. (2014). Udvidelse af Frederikshavn Havn, VVM-redegørelse og miljørapport, Bind 2: Bilagsbind. Endelig version. COWI.

³¹ Skagen Havn. (2018). Etape 3 udvidelse af Skagen Havn, VVM-redegørelse, Miljøvurdering af plangrundlaget og Natura 2000 væsentlighedsvurdering, Bind 1. Hovedrapport. Endeligt udkast. COWI.

Dette er forventet, da dybden på en lokalitet spiller en stor rolle for de parametre, der er afgørende for hvilke organismer, der kan leve der. Det drejer sig bl.a. om sedimentets struktur og sammensætning, adgang til fødemuligheder og strømforhold.



Figur 2-4. Udbredelse af bundfaunasamfund i Frederikshavnsområdet, som det er vurderet ud fra eksisterende data suppleret med feltdata (F1-F6)³².

I SIMPER analyse identificeres de arter, der står bag grupperingerne i de tre bundfaunasamfund i Cluster- og MDS-analyserne:

Art	Bidrag til similaritet (%)	Kummuleret similaritet (%)
Angulus tenuis	30,72	30,72
Scoloplos armiger	25,96	56,67
Peringia ulvae	23,22	79,89
Angulus fabula	20,11	100

Tabel 2-2. Karakteristiske arter for lavtvandssamfundet. SIMPER analyse af bunddyrarter, der karakteriserer det lavvandede samfund prøvestationer FR1 og FR2, som har en similaritet på 48 %.

På basis af de analyserede bundfaunaoprøver er det lavvandede samfund karakteriseret af de arter, der er listet i Tabel 2-3. Det er almindelig tallerkenmusling (*Angulus tenuis*), børsteormen

³² Frederikshavn Havn. (2014). Udvidelse af Frederikshavn Havn, VVM-redegørelse og miljørapport, Bind 2: Bilagsbind. Endelig version. COWI.

Scoloplos armiger, dyndsnegl (*Peringia ulvae*) og sribet tallerkenmusling (*Angulus fabula*). Disse arter er karakterarter for Tellina-samfundet³³.

Art	Bidrag til similaritet (%)	Kummuleret similaritet (%)
<i>Dipolydora coeca</i>	19,05	19,05
Sribet tallerkenmusling <i>Angulus fabula</i>	15,06	34,10
Tykskallet venusmusling <i>Clausinella fasciata</i>	11,00	45,10
<i>Chaetozone setosa</i>	8,69	53,79
<i>Scoloplos armiger</i>	8,69	62,48
<i>Spio filicornis</i>	8,69	71,18
<i>Thracia phaseolina</i>	7,78	78,95
<i>Nucula nitidosa</i>	5,50	84,45
<i>Kurtiella bidentata</i>	3,89	88,34
<i>Nemertea</i>	3,89	92,22

Tabel 2-3. Karakteristiske arter for Venussamfundet. SIMPER analyse af bunddyrarter, der karakteriserer Venussamfundet (prøvestationer FR3 og FR4), som har en similaritet på 69,53 %.

Venussamfundet er karakteriseret ved de arter, der ses i Tabel 2-3. Det er primært børsteormen (*Dipolydora coeca*), sribet tallerkenmusling (*Angulus fabula*) og tykskallet venusmusling (*Clausinella fasciata*), samt flere børsteorme, muslinger og slimorme.

Art	Bidrag til similaritet (%)	Kummuleret similaritet (%)
Fin mudderslangestjerne <i>Amphiura filiformis</i>	29,06	29,06
<i>Kurtiella bidentata</i>	17,86	46,91
<i>Nephtys incisa</i>	11,46	58,37
<i>Ampelisca tenuicornis</i>	7,50	65,88
<i>Amphiura chiajei</i>	7,50	73,38
<i>Pholoe baltica</i>	7,50	80,88
Hvid pebermusling <i>Abra alba</i>	6,13	87,01
<i>Ophiocten affinis</i>	4,33	91,34

Tabel 2-4. SIMPER analyse af bunddyrarter, der karakteriserer Amphiura-samfundet (prøvestationer FR5 og FR6), som har en similaritet på 50,93 %.

Amphiurasamfundet er karakteriseret ved de arter, der ses i Tabel 2-4. Det er fin mudderslangestjerne (*Amphiura filiformis*), og dens kommensal musling *Kurtiella bidentata* og børsteormen *Nephtys incisa*. Endvidere findes der flere andre dyr som tanglopper (*Ampelisca tenuicornis*), børsteorm (*Pholoe baltica*), hvid pebermusling (*Abra alba*) og et par andre arter af slangestjerner (*Amphiura chiajei*, *Ophiocten affinis*).

2.3.1 Årstidsvariation

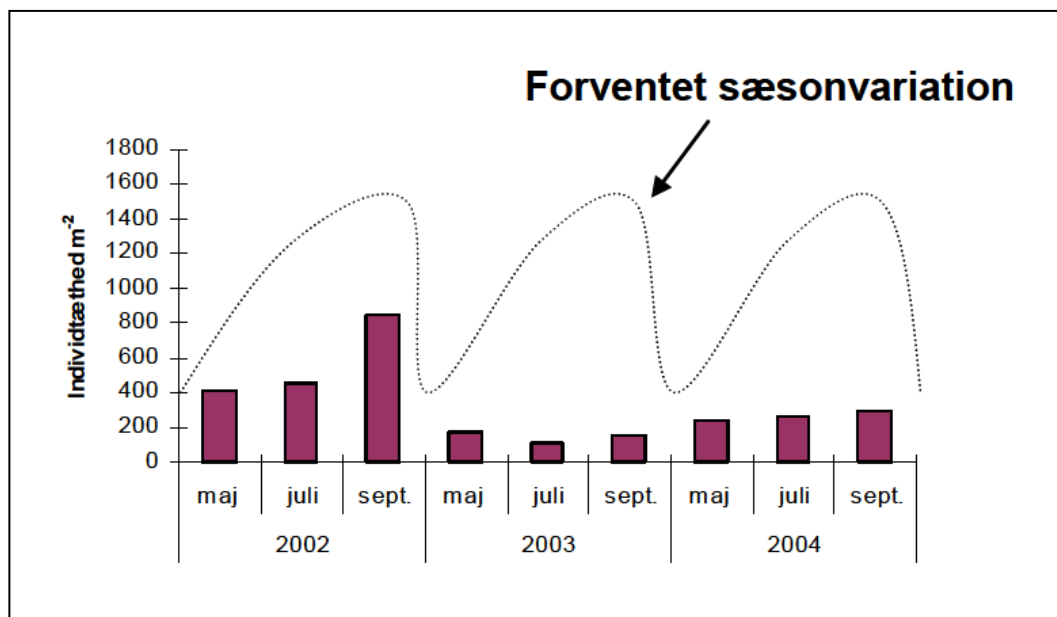
Bundfauna gyder deres æg og larver i sommermånederne og individtætheden for bundfauna varierer derfor over året³⁴. Det generelle sæsonmønster er en lav tæthed i vintermånederne samt det tidlige forår og en høj tæthed i sommermånederne og i starten af efteråret, hvorefter individtætheden falder igen (Figur 2-5). Artssammensætningen varierer ligeledes over året og mellem årene. Kraftige storme kan blande rundt på sedimentet og medføre en ændret individtæthed og artssammensætning. Ligesom sandfodring kan medføre lavere antal af især børsteorme³⁵ og ³⁶.

³³ Thorson. (1957). Bottom communities (sublittoral or shallow shelf). Treatise on marine Ecology and Paleoecology, årg. 1, pp. 461-534.

³⁴ DFU. (2005). Kystfodring og godt fiskeri. Undersøgelse af strandnær kystfodring ved Agger Tange. DFU-rapport nr. 171-07. Danmarks Fiskeriundersøgelser.

³⁵ DFU. (2005). Kystfodring og godt fiskeri. Undersøgelse af strandnær kystfodring ved Agger Tange. DFU-rapport nr. 171-07. Danmarks Fiskeriundersøgelser.

³⁶ DFU. (2007). Kystfodring og kystøkologi. Evaluering af revlefodring ud for Fjaltring. DFU-rapport nr. 171-07. Danmarks Fiskeriundersøgelser.



Figur 2-5. Gennemsnitlig individtæthed af bundfauna pr. m⁻² for de to dybdestrata (1-4 og 4-7 meter) på lokalitet R1 ved Agger Tange (reference station ikke påvirket af sandfodring)³⁷.

2.4

Sammenfatning af eksisterende data for bundfauna

Eksisterende bundfaunadata indsamlet i havbunden syd for Skagen Havn består af sand³⁸ længere fra kysten er der i visse områder et indslag af silt i sandet. Faunaen på sandbunden er domineret af hvirvelløse dyr, der lever nedgravet i eller på overfladen af havbunden som f.eks. muslinger, snegle, havbørsteorme, pighuder og krebsdyr³⁹.

I forbindelse med råstokortlægning syd for Skagen Havn i 2017 har Orbicon lavet ROV-video udfor prøvetagningsområdet Skagen syd på 10-11 meters dybde og på lidt lavere vand længere mod syd på 8,8 og 9,2 meters dybde. Disse videoer viser alle en sandet til siltet bund med hvide skaller. Der var generelt et rigt dyreliv på havbunden i form af sandormehobe, siphonhuller fra muslinger i havbunden, epifauna og småfisk, især SK07 havde et rigt dyreliv på bunden. Observerede epifauna: almindelig søstjerne (*Asterias rubens*), Luidia søstjerne (*Luidia atlantidea*), alm. strandkrabbe (*Carcinus maenas*), sømus (*Echinocardium cordatum*), eremitkrebs (*Pagurus bernhardus*), hjertemusling (*Cerastoderma edule*), amerikansk knivmusling (*Ensis americanus*), sandmusling (*Mya arenaria*) alm. venusmuslingeskaller (*Chamelea striatula*), tårnsnegl, pelikanfodsnegl (*Aporrhais pespelecani*) og mange kutlinger. Den dominerende epifauna art var alm. søstjerne.

COWI har analyseret bundfaunasamfundet omkring Skagen Havn vha. feltundersøgelser i 2004 på ca. 3-7 meters dybde⁴⁰. I de seks prøver fra 2004 på sydsiden af Skagen Havn er der i alt fundet 214 individer (=214 individer/m²) fordelt på 24 arter/slægter (se Tabel 2-1). Artsantallet på positionerne (fem pr prøve) varierede mellem otte og 12 arter, mens antallet af individer i de enkelte områder varierede mellem 27 og 82. Antalsmæssigt dominerede almindelig sømus

³⁷ DFU. (2005). Kystfodring og godt fiskeri. Undersøgelse af strandnær kystfodring ved Agger Tange. DFU-rapport nr. 171-07. Danmarks Fiskeriundersøgelser.

³⁸ Skagen Havn. (2018). Etape 3 udvidelse af Skagen Havn, VVM-redegørelse, Miljøvurdering af plangrundlaget og Natura 2000 væsentlighedsvurdering, Bind 1. Hovedrapport. Endeligt udkast. COWI.

³⁹ Orbicon. (2017). Råstofefterforskning udført for COWI og Skagen Havn i efteråret 2017.

⁴⁰ Nordjyllands Amt. (oktober 2004). VVM-redegørelse, Udvidelse af Skagen Havn. ISBN: 87-7775-580-4, <https://docplayer.dk/11141505-Vvm-redegoerelse-udvidelse-af-skagen-havn.html>.

(*Echinocardium cordatum*), muslingerne stribet tallerkensmusling (*Fabulina fabula*) og almindelig venusmusling (*Chamelea striatula*), samt børsteormen *Scoloplos armiger*. Biomasse-mæssigt dominerede sømus og venusmusling. Desuden findes store forekomster af hesterejer (*Crangon crangon*). Det er i overensstemmelse med Nørrevang et al. (1968)⁴¹, der angiver at bundfaunaen på sandbunden ved Skagen kan karakteriseres som et Venussamfund fra 4-5 meters dybde⁴² og ⁴³. Venussamfundet er et Nordsøsamfund, der dog indenfor Skagen dækker det vestlige Kattegat og området nord for Sjælland. Som en følge af den høje saltholdighed er det ikke usædvanligt at finde denne bundfauna-sammensætning helt ind på 4-5 meters dybde ud for den nordlige del af Jylland, hvor der er sandbund på denne dybde⁴⁴. Der er dog også indslag af lavvandsarter såsom stribet tallerkenmusling (*Tellina fabula*).

Bundfaunaanalyser fra VVM for udvidelsen af Frederikshavn Havn⁴⁵ ca. 28 km syd for strækningen ved Skagen er medtaget, da disse illustrerer ændringen af bundfaunasamfundene med dybden i havområdet ud for strækningen ved Skagen, hvor de to prøvetagningsområder er placeret. Eksisterende data og feltundersøgelserne fra maj 2003 viser samlet, at bundfaunaen er fordelt i tre signifikant forskellige bundfaunasamfund (Multivariat analyse i Primer) fordelt på forskellige dybder som følger:

- På det lave vand fra strandkanten ud til ca. fire meters dybde findes et lavtvandssamfund/Tellina samfund (Feltstation F1 og F2).
- På ca. 4-14 meters dybde findes et bundfaunasamfund, der kan karakteriseres som et Venus-samfund (Feltstation F3 og F4)
- På dybder på ca. 14 - 25 meters dybde findes et Amphiuira-samfund (feltstation F5 og F6).

Lavtvandssamfundet/Tellinasamfundet⁴⁶ ud til ca. fire meter dybde var karakteriseret af almindelig tallerkenmusling (*Angulus tenuis*), børsteormen *Scoloplos armiger*, dyndsnegl (*Peringia ulvae*) og stribet tallerkenmusling (*Fabulina fabula*).

Venussamfundet på ca. 4-14 meter dybde var karakteriseret af primært børsteormen (*Dipolydora coeca*), stribet tallerkenmusling (*Fabulina fabula*) og tykskallet venusmusling (*Clausinella fasciata*) samt flere børsteorme, muslinger og slimorme.

Endeligt var amphiuirasamfundet karakteriseret af fin mudderslangestjerne (*Amphiura filiformis*), og dens kommensal, muslingen *Kurtiella bidentata* og børsteormen *Nephtys incisa*. Endvidere findes der flere andre dyr som tanglopper (*Ampelisca tenuicornis*), børsteorm (*Pholoe baltica*), hvid pebermusling (*Abra alba*) og et par andre arter af slangestjerner (*Amphiura chiajei*, *Ophiocten affinis*).

Samlet set viser de eksisterende data fra området et lavtvandssamfund/Tellinasamfund på 0-4 meters dybde, et venussamfund på 4-14 meters dybde og et amphiuira-samfund på mere end 14 meters dybde i området omkring Skagen Havn og syd på ned til Frederikshavn Havn.

⁴¹ Nørrevang et al. (1968). Danmarks Natur. Bind 3 Havet. Politikens forlag 1968.

⁴² Skagen Havn. (2018). Etape 3 udvidelse af Skagen Havn, VVM-redegørelse, Miljøvurdering af plangrundlaget og Natura 2000 væsentlighedsvurdering, Bind 1. Hovedrapport. Endeligt udkast. COWI.

⁴³ Thorson. (1957). Bottom communities (sublittoral or shallow shelf). Treatise on marine Ecology and Paleocology, årg. 1, pp. 461-534.

⁴⁴ Nordjyllands Amt. (oktober 2004). VVM-redegørelse, Udvidelse af Skagen Havn. ISBN: 87-7775-580-4, <https://docplayer.dk/11141505-Vvm-redegørelse-udvidelse-af-skagen-havn.html>.

⁴⁵ Frederikshavn Havn. (2014). Udvidelse af Frederikshavn Havn, VVM-redegørelse og miljørapport, Bind 2: Bilagsbind. Endelig version. COWI.

⁴⁶ Thorson. (1957). Bottom communities (sublittoral or shallow shelf). Treatise on marine Ecology and Paleocology, årg. 1, pp. 461-534.

3. DATA FRA FELTUNDERSØGELSEN I 2018

I det følgende præsenteres databehandling og statistiske analyser for bundfaunadata fra prøvetagningsområdet Skagen nord og Skagen syd.

3.1.1 Sedimentprøver og kornstørrelsesfordeling

Feltundersøgelser i oktober 2018 og eksisterende data viser, at sedimentet i de to prøvetagningsområder fra Skagen på revlen og ydre strandplan generelt set er ens (se bilag 4 *Sedimentation, hydraulik, morfologi*). Fra tre til 7,5 meters dybde er sandet generelt af typen fint sand til groft sand (middelkornstørrelser mellem 0,19 til 0,6 mm). Sedimentet har et meget lavt indhold af organisk stof, illustreret ved et lavt glødetab (0,1-0,8 %) og en lav andel af silt/ler (0-0,8 %). Tabel 3-1 viser range for middelkornstørrelse, ler/silt fraktion samt glødetab for de to prøvetagningsområder, mens detaljer for sedimentanalyserne fremgår af bilag 4 *Sedimentation, hydraulik, morfologi*.

Delstrækning	Middelkornstørrelse (D50, mm)	Ler/silt fraktion (%)	Glødetab (%)
1. Skagen nord	0,19 – 0,6	0 – 0,4	0,3 – 0,6
2. Skagen Syd	0,19 – 0,31	0 – 0,8	0,1 – 0,8

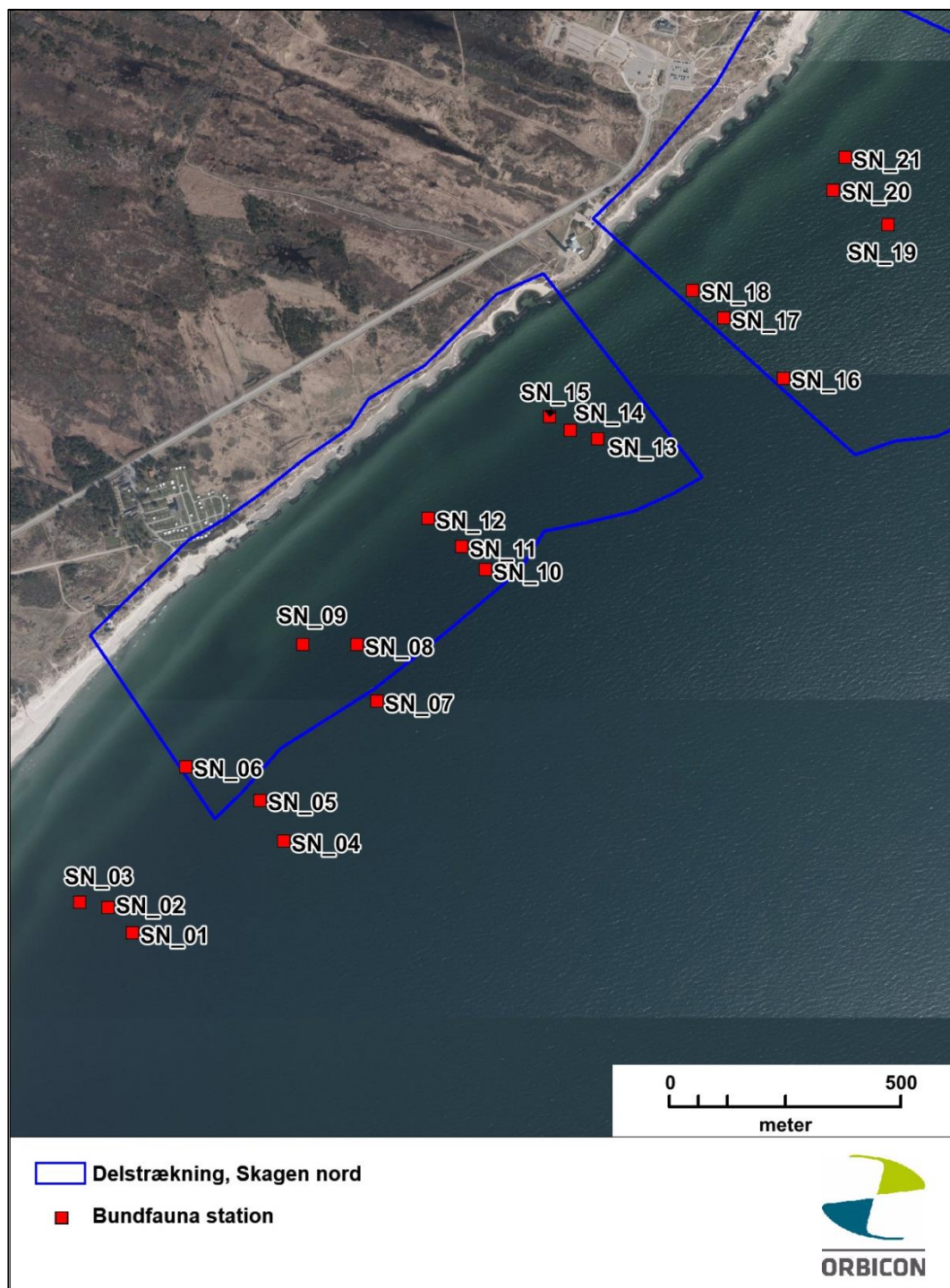
Tabel 3-1. Middelkornstørrelse, ler/silt fraktion samt glødetab for sedimentprøver indsamlet i de to prøvetagningsområder i forbindelse med bundfaunaprøverne i oktober 2018.

Sammenligning mellem sedimentets sammensætning i prøverne taget på revlen, og det ydre strandplan viser ligeledes, at sedimentet er ens både i de to prøvetagningsområder generelt men også på revlen og det ydre strandplan i hvert prøvetagningsområde. For yderligere information se bilag 4 *Sedimentation, hydraulik, morfologi*.

3.1.2 Bundfauna Skagen nord

Ud af de 21 bundfaunaprøver fra prøvetagningsområdet var der ingen prøver helt uden dyr. Figur 3-1 viser, hvor prøverne er indsamlet, mens Figur 3-2 og Figur 3-3 viser arts- og individantal i de enkelte bundfaunaprøver.

For prøvetagningsområdet Skagen nord blev der i alt bestemt 526 dyr (1.752 individer pr. m²) fordelt på 44 arter (Tabel 3-2). Individtætheden var domineret af almindelig sømus (*Echinocardium cordatum* 12 %), tangloppearten - *Urothoe poseidonis* (12 %), muslingen hvælvet trugmusling (*Spisula subtruncata* 7 %) og fire havbørsteormearter; (*Poecilochaetus serpens* 11%, *Pectinaria koreni* 6 %, *Spiophanes bombyx* 6 % og *Spio filicornis* 6 %). Alle øvrige arter udgjorde mindre end 5 % af individtætheden.



Figur 3-1. Bundfaunaprøver indsamlet i prøvetagningsområdet Skagen nord i 2018. Kilde: Orbicon.

Biomassen blev domineret af almindelig sømus (*Echinocardium cordatum* 37 %), muslingerne hvælvet trugmusling, (*Spisula subtruncata* 28 %) og stribet venusmusling (*Chamelea gallina* 11 %) samt én havbørsteorm (*Pectinaria koreni* 8 %). Alle øvrige arter udgjorde mindre end 5% af biomassen (gram tørvægt).

Område	Konservering		Prøveredskab		Delprøver	Areal (m ²)		Arter
Skagen nord	Ethanol		Haps		21	0,3003		44
Klasse/art	Sum af antal	Sum af vådvægt	Sum af tørvægt	Gnms. våd/tør	Antal / m ²	Vådvægt g/m ²	Tørvægt g/m ²	AMB I-værdi
Anthozoa (Koraldyr)	3	0,222	0,041	5,193	9,990	0,738	0,136	
<i>Edwardsia sp.</i>	3	0,222	0,041	5,193	9,990	0,738	0,136	2
Bivalvia (Muslinger)	88	21,835	13,731	1,833	293,040	72,709	45,724	
<i>Fabulina fabula</i>	6	0,142	0,074	2,075	19,980	0,472	0,247	1
<i>Spisula subtruncata</i>	38	15,602	9,115	1,705	126,540	51,955	30,353	1
<i>Tellinomya ferruginosa</i>	3	0,004	0,002	2,400	9,990	0,013	0,005	2
<i>Angulus tenuis</i>	10	1,360	0,859	1,624	33,300	4,527	2,861	1
<i>Mysella bidentata</i>	21	0,038	0,019	2,145	69,930	0,126	0,064	3
<i>Chamelea gallina</i>	2	4,411	3,449	1,279	6,660	14,689	11,486	1
<i>Nucula nitidosa</i>	6	0,242	0,192	1,386	19,980	0,805	0,638	1
<i>Thracia phaseolina</i>	2	0,037	0,021	1,753	6,660	0,122	0,070	1
Echinoidea (Søpindsvin)	62	19,993	12,042	1,834	206,460	66,578	40,099	
<i>Echinocardium cordatum</i>	62	19,993	12,042	1,834	206,460	66,578	40,099	1
Gastropoda (Snegle)	3	1,100	0,892	2,790	9,990	3,662	2,970	
<i>Euspira pulchella</i>	1	1,035	0,851	1,217	3,330	3,447	2,833	2
<i>Philine aperta</i>	1	0,009	0,002	5,733	3,330	0,029	0,005	2
<i>Hinia reticulata</i>	1	0,056	0,040	1,420	3,330	0,187	0,132	2
Leptocardii	1	0,001	0,000	5,500	3,330	0,004	0,001	
<i>Branchiostoma lanceolatum</i>	1	0,001	0,000	5,500	3,330	0,004	0,001	1
Malacostraca (Storkrebs)	82	0,303	0,064	5,679	273,060	1,009	0,214	
<i>Bathyporeia elegans</i>	15	0,054	0,008	6,234	49,950	0,178	0,028	1
<i>Urothoe poseidonis</i>	65	0,236	0,054	4,754	216,450	0,786	0,180	1
<i>Ampelisca brevicornis</i>	1	0,012	0,002	8,000	3,330	0,040	0,005	1
<i>Periculodes longimanus</i>	1	0,001	0,000	6,500	3,330	0,004	0,001	2
Nemertini (Slimbændler)	14	0,089	0,018	5,380	46,620	0,297	0,059	
<i>Nemertini indet.</i>	14	0,089	0,018	5,380	46,620	0,297	0,059	3
Polychaeta (Havbørsterorme)	250	15,583	4,482	5,224	832,501	51,892	14,925	
<i>Magelona mirabilis</i>	24	0,141	0,029	5,252	79,920	0,470	0,098	1
<i>Nephtys cirrosa</i>	7	0,471	0,073	6,270	23,310	1,568	0,244	2
<i>Ophelia borealis</i>	3	0,065	0,016	4,037	9,990	0,218	0,054	1
<i>Spio filicornis</i>	29	0,061	0,011	5,617	96,570	0,203	0,036	3
<i>Spiophanes bombyx</i>	31	0,302	0,059	5,605	103,230	1,007	0,197	3
<i>Nephtys longosetosa</i>	1	0,071	0,010	7,245	3,330	0,236	0,033	2

Område	Konservering		Prøveredskab		Delprøver	Areal (m ²)		Arter
<i>Scolecopsis bonnieri</i>	2	0,036	0,005	6,847	6,660	0,120	0,018	3
<i>Scoloplos armiger</i>	21	0,426	0,108	4,711	69,930	1,420	0,361	3
<i>Goniada maculata</i>	2	0,099	0,019	5,353	6,660	0,330	0,064	2
<i>Sigalion macthildae</i>	6	0,593	0,080	6,677	19,980	1,975	0,266	2
<i>Phyllodoce groenlandica</i>	3	0,369	0,063	5,288	9,990	1,229	0,211	4
<i>Spio armata</i>	1	0,007	0,001	6,727	3,330	0,025	0,004	3
<i>Nephtys hombergii</i>	1	0,064	0,011	5,898	3,330	0,212	0,036	2
<i>Capitella capitata</i>	2	0,004	0,001	5,800	6,660	0,013	0,002	5
<i>Nephtys caeca</i>	5	4,990	1,121	4,708	16,650	16,616	3,734	2
<i>Eteone longa</i>	6	0,023	0,004	5,237	19,980	0,075	0,014	3
<i>Chaetozone setosa</i>	5	0,016	0,002	6,271	16,650	0,052	0,008	4
<i>Lanice conchilega</i>	3	1,213	0,305	3,898	9,990	4,041	1,015	2
<i>Pectinaria koreni</i>	34	6,167	2,483	2,554	113,220	20,536	8,268	4
<i>Phyllodoce mucosa</i>	3	0,030	0,005	6,265	9,990	0,101	0,015	3
<i>Chaetopterus sp.</i>	1	0,061	0,008	8,200	3,330	0,205	0,025	1
<i>Poecilochaetus serpens</i>	58	0,357	0,065	5,756	193,140	1,188	0,215	1
<i>Pseudopolydora pulchra</i>	1	0,006	0,001	7,500	3,330	0,020	0,003	4
<i>Polydora caeca</i>	1	0,010	0,002	5,706	3,330	0,032	0,006	4
Platyhelminthes (Fladorme)	23	7,778	1,134	7,132	76,590	25,90	3,776	
<i>Discocelides langi</i>	23	7,778	1,134	7,132	76,590	25,90	3,776	n.a.
Hovedtotal	526	70	32		1752	223	108	

Tabel 3-2. Bundfaunadata fra strækningen, Skagen nord. Vægt er afgivet i gram. AMBI-værdierne for arterne er inkluderet i tabellen.

Artsdiversitetsindeks og økologiske indeks

Resultatet af udregningerne af artsdiversitets- og økologiske indeks udført på bundfaunadata indsamlet på strækning Skagen nord er præsenteret i Tabel 3-3.

Parameter	Skagen nord
Antal prøver	21
Prøver uden dyr	0
Antal (pr. m²)	1752
Antal arter (pr. 0,30 m²)	44
Vådvægt (g/m²)	222,79
Tørvægt (g/m²)	107,90
Shannon H	3,03
Evenness J	0,80
AMBI	1,29
DKI	0,80

Tabel 3-3. Dataoversigt for bundfauna i prøvetagningsområdet Skagen nord.

Artsdiversitetsindekset (Shannon Wiener diversiteten) er beregnet til 3,03, hvilket er indenfor normalområdet for de danske farvande, som typisk er 1,5-3,5. For at anvende dette indeks er det

dog vigtigt at sammenligne med prøver taget i samme miljø, da diversitetsindeks ikke kan tage højde for ændringer i eksempelvis substrat eller miljømæssige faktorer.

AMBI- og DKI-indekset er udviklet til at afspejle økologisk kvalitet af makrofauna. Det er vigtigt, at der ikke sammenlignes med resultaterne præsenteret i denne rapport med resultater fra områder med andre miljøforhold (f.eks. fysiske forhold, grad af forstyrrelse, næringsstof-belastning). Indeksene anvendes derfor primært til at se på forskelle indenfor samme område samt ændringer over tid.

AMBI udtrykker forholdet mellem følsomme og robuste arter og bruger dette forhold til, at klassificere hvor forstyrret et område er og til at beskrive bundfaunasamfundets tilstand. Beskrivelsen af hver faunagruppe (G1-GV) går fra G1: arter, som er meget følsomme overfor organisk berigelse, er tilstede under uforurenedede forhold, omfatter rovdyr samt bestemte rørboende børsteorme til GV: første-ordens opportunistiske arter der er hurtigvoksende, tilpasset organiskberigelse og belastede forhold f.eks. lavt iltindhold. Se mere om hver faunagruppe under afsnit 1.3.3. Områdeklassifikationen "uforstyrret" indeholder både et bundfaunasamfund som er normalt samt forarmet, mens en let forstyrret områdeklassifikation kun omfatter et bundfaunasamfund i ubalance (se Tabel 1-3).

Den beregnede AMBI-værdi for prøvetagningsområdet Skagen nord (Tabel 3-3) indikerer, at infaunasamfundet er i ubalance, og at området er let forstyrret⁴⁷. Klassificeringen af området som let forstyrret skal ses som et udtryk for, at faunasammensætningen domineres af arter, der er tolerante overfor massiv organisk berigelse og/eller er opportunistiske og/eller er hurtigvoksende. Bundfaunasamfundet klassificeres som i ubalance pga. forekomsten af flere gruppe III, IV og V arter (Tabel 3-2), specielt *Pectinaria koreni* (IV), *Scoloplos armiger* (III), *Capitella capitata* (V) og *Mysella bidentata* (III,) som er generalister, og som forekommer over et bredt spektrum af forhold. Deres tilstedeværelse i prøvetagningsområdet er altså ikke nødvendigvis et udtryk for forurening med f.eks. organisk stof, men mere et udtryk for at arten trives under en bred vifte af forhold, herunder også sandbund med indslag af silt, som forekommer i undersøgelsesområdet ved Skagen.

DKI-indeks værdien beregnet for prøvetagningsområdet Skagen nord indikerer, at vandområdet kan kategoriseres som værende i god (på grænsen til høj) økologisk tilstand. Dette indeks er udregnet ved brug af AMBI-værdien for området, der viser den overordnede sundhed af infaunasamfundet og graden af forstyrrelsen af området, kombineret med diversiteten i form af Shannon-Wiener-indekset, der angiver den overordnede økologiske tilstand af området.

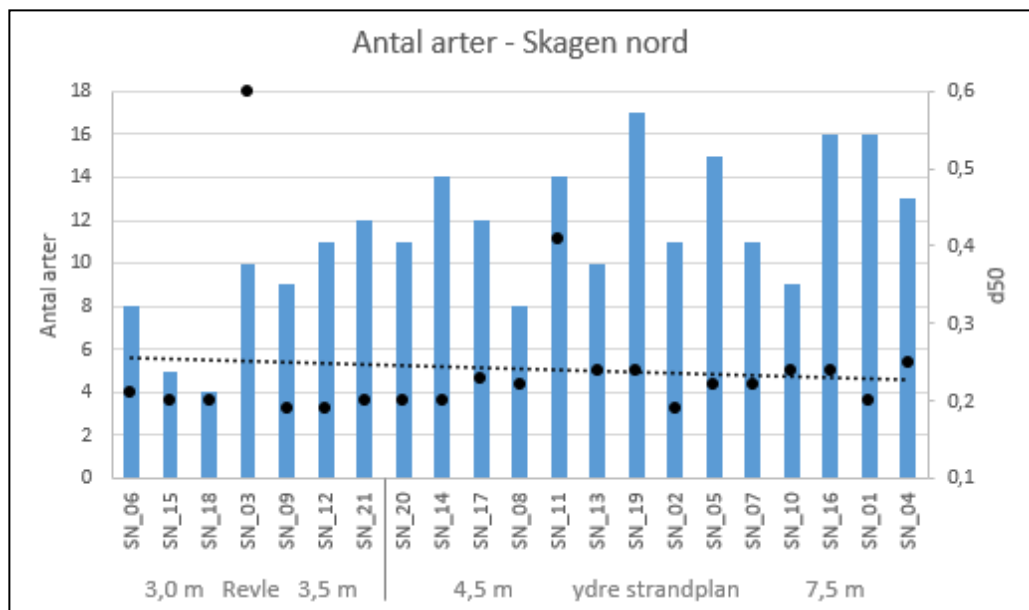
Kystprofilet og sedimentforhold

Parallelt med de indsamlede bundfaunaprøver blev der for samtlige bundfaunaprøver også indsamlet en sedimentprøve. Afstanden mellem de parallelle bundfauna- og sedimentprøver var gennemsnitligt ca. 21 meter for prøvetagningsområdet Skagen nord. Alle sedimentprøver er indsamlet parvist på samme del af kystprofilet som bundfaunaprøverne. Sedimentprøverne blev analyseret for D50 (middelkornsstørrelsen), sorteringsgraden (D60/D10), ler/silt procenten og organisk indhold (glødetab %). Herudover blev det vurderet ud fra dybdeforhold og ortofotos, hvor på kystprofilet hver prøve var indsamlet. Kystprofilet blev til denne sammenligning opdelt i (fra vandkant og ud): Forstrand, strandnær zone, trug, revle, ydre strandplan (se Figur 3-2). Analyser af de vigtigste miljøvariable for sammensætningen af bundfaunasamfundet kan ses under afsnittet for "Styrende miljøfaktorer for bundfaunaen" nedenfor.

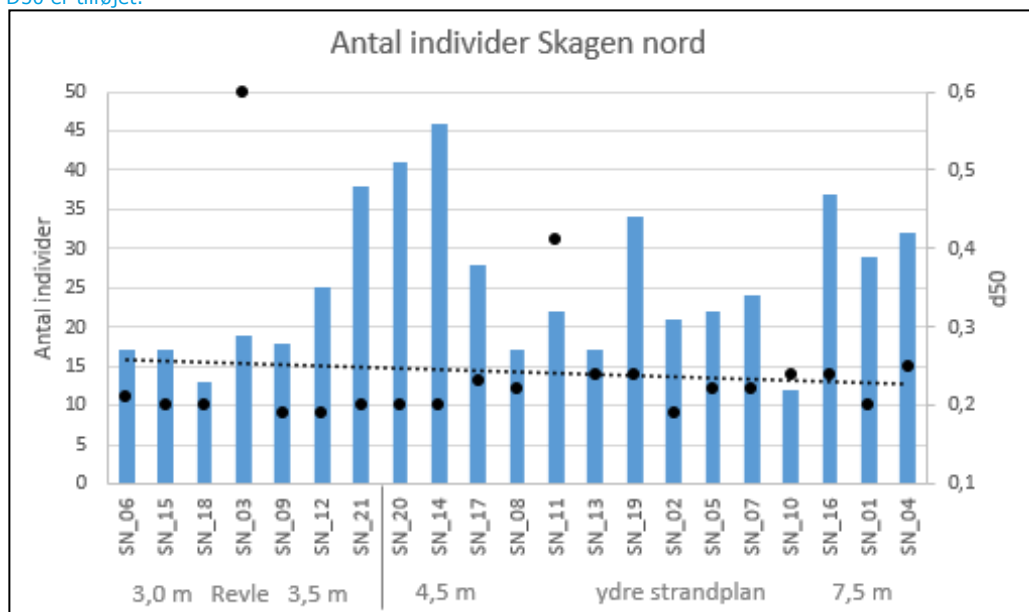
⁴⁷ Borja et al. (2000). Borja A, Franco J, Pérez V (2000): A marine biotic index to establish the ecological quality of soft bottom benthos within European estuarine and coastal environments. Marine Pollution Bulletin 40(12):1100-1114.

Figur 3-2 viser artsantallet og D50 i de enkelte prøver i prøvetagningsområdet Skagen nord. Der blev observeret dyr i alle indsamlede bundfaunaprøver. Grundet kystprofillets udformning og det tilgængelige fartøj var det ikke muligt at indsamle prøver i trug på indersiden af revlen.

D50 var meget ens på revlen ($D50\ 0,26 \pm 0,15$) og det ydre strandplan ($D50\ 0,24 \pm 0,05$), mens spredningen var mindre på det ydre strandplan. Den større spredning skyldes primært en højere D50 på station SN_03. Der var i gennemsnit $8,4 \pm 2,9$ arter pr. delprøve på revlen og $12,6 \pm 2,8$ arter pr. delprøve på ydre strandplan (se Figur 3-2). Antallet af individer var i gennemsnit $21,0 \pm 8,3$ pr. delprøve på revlen og $27,3 \pm 9,8$ individer pr. delprøve på det ydre strandplan (Figur 3-3).



Figur 3-2. Artsantal i de enkelte bundfaunaprøver indsamlet ved Skagen nord i 2018 (blå søjler). Under prøvenummeret ses det, hvor de enkelte prøver er placeret på profilet. På højre y-akse er D50 (sorte punkter, mm) angivet fra samme lokalitet, hvor de enkelte bundfaunaprøver er indsamlet. Trendlinjen (sort stiplede linje) for D50 er tilføjet.



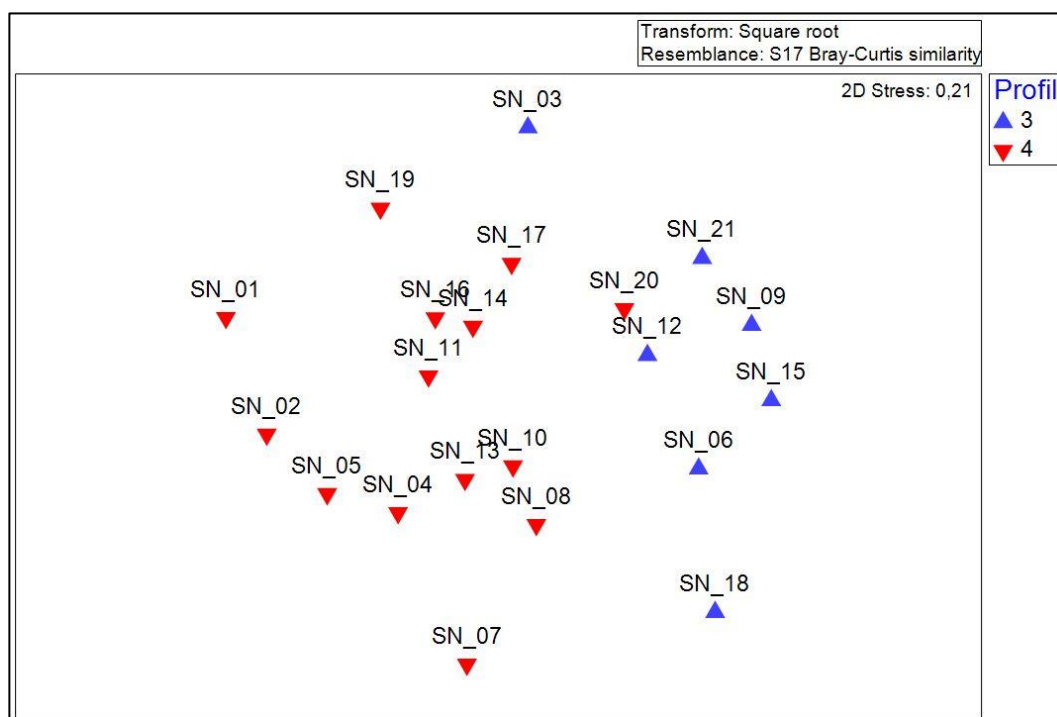
Figur 3-3. Individantallet i de enkelte bundfaunaprøver indsamlet ved Skagen nord i 2018 (blå søjler). Under prøvenummeret ses det, hvor de enkelte prøver er placeret på profilet. På højre y-akse er (sorte punkter, mm) angivet fra samme lokalitet, hvor de enkelte bundfaunaprøver er indsamlet. Trendlinjen for D50 (sort stiplede linje) er tilføjet.

Styrende miljøvariable for bundfaunaen

Primer analyser og model er udført, for at undersøge om variationen i bundfaunaen kan forklares ud fra variationen i miljøvariable/miljø langs den undersøgte strækning ved Skagen nord.

Antal af arter og diversitetsindekset afslører ikke, om sammensætningen af bundfauna ændrer sig mellem, hvor på kystprofilen prøverne er indsamlet. Der anvendes derfor Bray-Curtis-similaritetsindeks til at identificere adskilte grupper. Bray-Curtis-similaritetsindeks kan afbildes på MDS-plot (multi-dimensionel-skalering) (se Figur 3-4).

Figur 3-4 viser MDS plottet for prøverne indsamlet ved Skagen nord grupperet i forhold til deres placering på profilet (forskellige farver). Prøven indsamlet på revlen (blå trekkanter, 3) og i det ydre strandplan (røde trekkanter, 4) viser at der er en vis grad af forskel i faunasammensætningen som kan forklares ud fra hvor på profilet prøverne er indsamlet.



Figur 3-4. MDS-plot som giver en visuel præsentation af forskellighederne mellem prøver og deres placering på profilet (3: revle og 4: ydre strandplan) ved hjælp af analyser lavet ud fra Bray-curtis similaritetsindex, som er beregnet på baggrund af de enkelte arters tilstedeværelse og deres tætheder i de enkelte bundfaunaprøver.

En tilhørende statistisk test, i form af en ANOSIM viste statistiske forskelle i bundfaunasammensætningen ud fra hvor på profilet bundfaunaprøverne var indsamlet ($p < 0,01$), og at adskillelsen i bundfaunasamfundet i nogen grad var bestemt af hvor på profilet prøven var indsamlet (Global $R = 0,48$).

Det blev derefter undersøgt, hvor meget de indsamlede miljøvariable og prøvernes placering på kystprofilet kunne forklare af den observerede forskel mellem forekomst af bundfaunaarter og antal individer i bundfaunaprøverne (DistLM, Primer 7) i prøvetagningsområdet. Denne analyse medtager ikke prøver uden dyr.

De inkluderede miljøvariable var:

- Sorteringsgrad (D60/D10)
- Middelkornstørrelsen D50

- Silt/ler fraktionen (%)
- Glødetab (%)
- Bundfaunaprøvernes placering på kystprofilet (opdelt i Forstrand, Strandnær zone, Trug, Revle og Ydre strandplan)

Fire af de seks "miljøvariable", var signifikante og havde samlet set en forklaringsgrad (korrelationskoefficienten) på 50,1% af variation i bundfaunadata. Dybden var den variable, som alene havde den højeste forklaringsgrad (22,2%), herefter kom placeringen på profilet (19,4%) og glødetab (%) (12,3 %) (DistLM marginaltest, hver variabel testet hver for sig, se Tabel 3-4).

Variabel	Bidrag (%)	Signifikans niveau (P)
Dybde (m)	22,2	0,001*
Placering på kystprofilet (PK)	19,4	0,001*
Glødetab	12,3	0,004*
D60/d10	9,6	0,032*
Ler/silt %	7,9	0,106
D50	5,7	0,304

Tabel 3-4. Resultaterne for marginal test. Bidrag i % (prop. %) af de medtagne miljøvariable i forhold til Bray-curtis similaritetsindex, som er beregnet på baggrund af de enkelte arters tilstedeværelse og deres tætheder i de enkelte bundfaunaprøver. * angiver at variablen bidrager signifikant til at beskrive variationen i bundfaunadata.

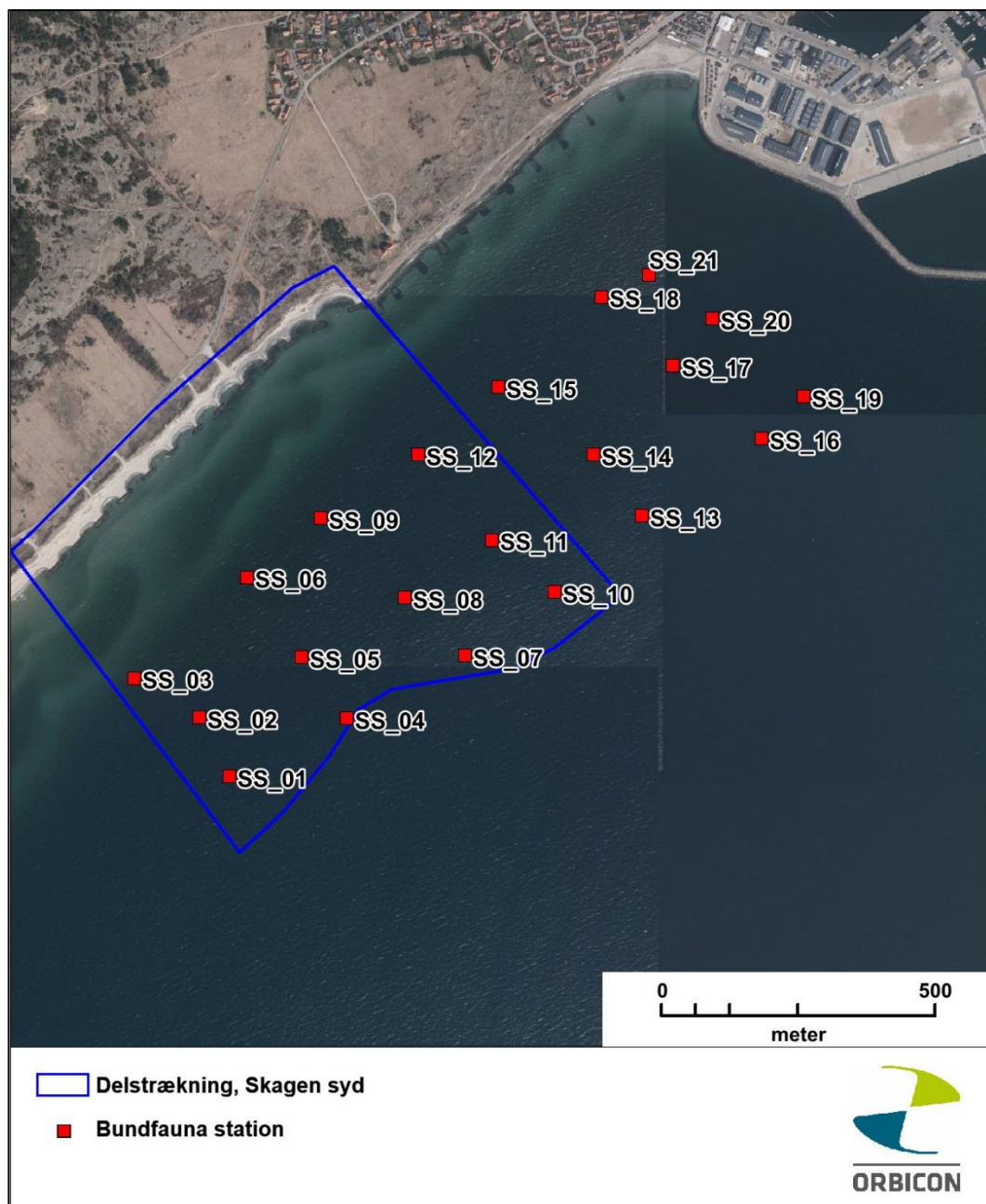
Hvis der i stedet ses på den overordnede Best-solution model (den bedste model ved kombination af flere variable), så var dybden fortsat den variable, som alene havde den højeste forklaringsgrad (22,2%) i forhold til de enkelte arters tilstedeværelse og deres antal i prøverne. Den bedste model med to variable inkluderede dybden og glødetabet (31%). Mens den bedste model med tre variable inkluderede dybden, glødetabet og andelen af ler/silt (36,6%) (DistLM Best, Primer 7). Resultaterne for DistLM kan ses i Tabel 3-4 og Tabel 3-5 for henholdsvis "marginal test" (forklaring som følge af én variabel ad gangen) og "Best model med øget antal variable" (forklaring som følge af en kombination af flere variable sammen).

Variabel	R ²	Antal variable
Dybde (m)	22,2	1
Dybde (m), Placering på kystprofilet (PK)	31,0	2
Dybde (m), PK, Glødetab (%)	36,6	3
Dybde (m), PK, Glødetab (%), D60/d10	42,2	4
Dybde (m), PK, Glødetab (%), D60/d10, Ler/silt %	47,5	5
Dybde (m), PK, Glødetab (%), D60/d10, Ler/silt %, D50	50,1	6

Tabel 3-5. Resultaterne for "Best solution" modellen. R² angiver "forklaringsgrad" af de medtagne miljøvariable i forhold til Bray-curtis similaritetsindex, som er beregnet på baggrund af de enkelte arters tilstedeværelse og deres tætheder i de enkelte bundfaunaprøver.

3.1.3 Bundfauna Skagen syd

Ud af de 21 bundfaunaprøver fra prøvetagningsområdet var der ingen prøver helt uden dyr. Figur 3-5 viser, hvor prøverne er indsamlet, mens Figur 3-6 og Figur 3-7 viser arts- og individantal i de enkelte bundfaunaprøver.



Figur 3-5. Bundfauna prøver indsamlet i prøvetagningsområdet Skagen syd i 2018.

For prøvetagningsområdet Skagen syd blev der i alt bestemt 663 dyr (2204 individer pr. m²) fordelt på 49 arter (Tabel 3-6). Individtheden var domineret af tangloppearten *Urothoe poseidonis* (11 %), almindelig sømus (*Echinocardium cordatum* 10 %), samt tre havbørsteormearter: *Scoloplos armiger* (10 %), *Spio filicornis* (9%) og *Poecilochaetus serpens* (8 %). Alle øvrige arter udgjorde mindre en 5 % af individtheden. Biomassen blev domineret af almindelig sømus (*Echinocardium cordatum* 66 %), almindelig nøddemusling (*Nucula nitidosa* 6 %) samt havbørsteormearterne *Pectinaria koreni* (8 %) og *Lanice* (*Lanice conchilega* 7 %). Alle øvrige arter udgjorde mindre en 5% af biomassen (gram tørvægt).

Område	Konservering		Prøveredskab		Del-prøver	Areal (m ²)		Arter	
Skagen syd	Ethanol		Haps		21	0,3003		49	
Klasse/art	Sum af antal	Sum af vådvægt	Sum af tørvægt	Gnm.sn. våd/tør	Antal /m ²	Vådvægt g/m ²	Tørvægt g/m ²	AM BI-værdi	
Anthozoa (Koralstyr)	5	0,236	0,058	4,106	16,650	0,784	0,194		
<i>Edwardsia sp.</i>	5	0,236	0,058	4,106	16,650	0,784	0,194	2	
Bivalvia (Muslinger)	59	3,168	2,030	2,074	196,470	10,549	6,761		
<i>Fabulina fabula</i>	2	0,145	0,078	2,008	6,660	0,484	0,258	1	
<i>Spisula subtruncata</i>	2	1,049	0,600	1,751	6,660	3,495	1,996	1	
<i>Tellimya ferruginosa</i>	6	0,011	0,004	2,598	19,980	0,035	0,014	2	
<i>Angulus tenuis</i>	4	0,029	0,016	1,727	13,320	0,098	0,052	1	
<i>Mysella bidentata</i>	25	0,078	0,033	2,508	83,250	0,260	0,111	3	
<i>Ensis americanus</i>	1	0,194	0,082	2,363	3,330	0,645	0,273	1	
<i>Nucula nitidosa</i>	14	1,535	1,159	1,334	46,620	5,112	3,859	1	
<i>Thracia phaseolina</i>	5	0,126	0,060	2,044	16,650	0,420	0,198	1	
Echinoidea (Søpindsvin)	65	22,634	13,333	1,717	216,450	75,373	44,400		
<i>Echinocardium cordatum</i>	65	22,634	13,333	1,717	216,450	75,373	44,400	1	
Gastropoda (Snegle)	14	1,113	0,272	4,475	46,620	3,706	0,904		
<i>Philine aperta</i>	14	1,113	0,272	4,475	46,620	3,706	0,904	2	
Leptocardii	1	0,011	0,002	5,650	3,330	0,038	0,007		
<i>Branchiostoma lanceolatum</i>	1	0,011	0,002	5,650	3,330	0,038	0,007	1	
Malaconstraca (Storkrebs)	85	0,302	0,051	6,380	283,050	1,004	0,169		
<i>Pontocrates altamarinus</i>	1	0,000	0,000	5,000	3,330	0,002	0,000	2	
<i>Urothoe poseidonis</i>	71	0,230	0,039	6,479	236,430	0,767	0,129	1	
<i>Ampelisca brevicornis</i>	1	0,009	0,002	5,437	3,330	0,029	0,005	1	
<i>Liocarcinus sp.</i>	1	0,017	0,003	5,355	3,330	0,055	0,010	1	
<i>Bathyporeia pelagica</i>	7	0,033	0,005	7,123	23,310	0,111	0,016	1	
<i>Aora typica</i>	1	0,005	0,001	6,500	3,330	0,017	0,003	1	
<i>Orchomene sp.</i>	3	0,007	0,002	4,059	9,990	0,023	0,006	2	

Område	Konservering		Prøveredskab		Del-prøver	Areal (m ²)	Arter	
Nemertini (Slim-bændler)	30	0,136	0,029	5,078	99,900	0,453	0,096	
Nemertini indet.	30	0,136	0,029	5,078	99,900	0,453	0,096	3
Polychaeta (Havbørsteorme)	402	16,727	4,479	5,460	1338,66	55,700	14,916	
<i>Magelona mirabilis</i>	48	0,282	0,053	5,235	159,840	0,939	0,175	1
<i>Nephtys cirrosa</i>	5	0,204	0,031	6,623	16,650	0,679	0,103	2
<i>Spio filicornis</i>	58	0,136	0,023	6,073	193,140	0,454	0,077	3
<i>Spiophanes bombyx</i>	49	0,344	0,071	5,427	163,170	1,144	0,237	3
<i>Scolelepis bonnierii</i>	3	0,016	0,003	6,296	9,990	0,053	0,008	3
<i>Scoloplos armiger</i>	66	2,178	0,549	4,083	219,780	7,253	1,827	3
<i>Goniada maculata</i>	1	0,034	0,005	6,204	3,330	0,112	0,018	2
<i>Sigalion mathildae</i>	5	0,784	0,099	7,499	16,650	2,612	0,331	2
<i>Phyllodoce groenlandica</i>	7	0,095	0,014	6,696	23,310	0,316	0,048	4
<i>Nephtys hombergii</i>	2	0,024	0,004	6,009	6,660	0,078	0,013	2
<i>Capitella capitata</i>	2	0,003	0,000	7,250	6,660	0,010	0,001	5
<i>Nephtys caeca</i>	5	2,444	0,493	4,817	16,650	8,140	1,642	2
<i>Eteone longa</i>	9	0,047	0,008	6,290	29,970	0,156	0,025	3
<i>Chaetozone setosa</i>	11	0,045	0,007	6,059	36,630	0,148	0,024	4
<i>Nephtys assimilis</i>	1	0,185	0,037	5,041	3,330	0,614	0,122	2
<i>Pholoe baltica</i>	6	0,026	0,004	6,767	19,980	0,086	0,013	1
<i>Lanice conchilega</i>	21	4,984	1,323	4,460	69,930	16,597	4,405	2
<i>Notomastus latericeus</i>	1	0,020	0,008	2,357	3,330	0,066	0,028	3
<i>Pectinaria koreni</i>	31	4,144	1,640	2,762	103,230	13,800	5,461	4
<i>Owenia fusiformis</i>	1	0,025	0,005	5,435	3,330	0,083	0,015	2
<i>Poeilocheilus serpens</i>	55	0,415	0,058	6,855	183,150	1,382	0,193	1
<i>Sthenelais limicola</i>	1	0,004	0,001	4,625	3,330	0,012	0,003	2
<i>Phyllodoce mucosa</i>	5	0,041	0,006	6,814	16,650	0,138	0,020	3
<i>Pseudopolydora pulchra</i>	3	0,032	0,006	5,722	9,990	0,108	0,019	4
<i>Nephtys sp.</i>	1	0,004	0,001	5,571	3,330	0,013	0,002	2
<i>Chaetopterus norvegicus</i>	1	0,208	0,031	6,781	3,330	0,691	0,102	1

Område	Konservering		Prøveredskab		Del-prøver	Areal (m ²)	Arter	
Medio-mastus fragilis	2	0,003	0,001	4,875	6,660	0,011	0,002	3
Capito-mastus minimus	2	0,002	0,000	5,500	6,660	0,005	0,001	5
Platyhelminthes (Fladorme)	2	0,249	0,032	7,665	6,660	0,830	0,107	
Discoelides langi	2	0,249	0,032	7,665	6,660	0,830	0,107	n.a.
Hovedtotal	663	45	20		2208	148	68	

Tabel 3-6. Bundfaunadata fra strækningen, Skagen syd. Vægte er afgivet i gram. AMBI-værdierne for arterne er inkluderet i tabellen⁴⁸.

Artsdiversitetsindeks og økologiske indeks

Resultatet af udregningerne af artsdiversitets- og økologiske indeks udført på bundfaunadata indsamlet på strækning Skagen syd er præsenteret i Tabel 3-7.

Parameter	Skagen syd
Antal prøver	21
Prøver uden dyr	0
Antal (pr. m²)	2204,46
Antal arter (pr. 0,30 m²)	49
Vådvægt (g/m²)	148,42
Tørvægt (g/m²)	67,55
Shannon H	3,06
Evenness J	0,79
AMBI	1,68
DKI	0,76

Tabel 3-7. Dataoversigt for bundfauna i prøvetagningsområdet Skagen syd.

Artsdiversiteten (Shannon Wiener diversiteten) er beregnet til 3,06, hvilket er indenfor normalområdet for de danske farvande, som typisk er 1,5-3,5. For at anvende dette indeks er det dog vigtigt, at der sammenlignes med prøver taget i samme miljø, da diversitetsindeks ikke kan tage højde for ændringer i eksempelvis substrat eller miljømæssige faktorer.

AMBI- og DKI-indekset er udviklet til at afspejle økologisk kvalitet af makrofauna. Det er vigtigt, at der ikke sammenlignes resultaterne præsenteret i denne rapport med resultater fra områder med andre miljøforhold (f.eks. fysiske forhold, grad af forstyrrelse, næringsstof-belastning). Indeksene anvendes derfor primært til at se på forskelle indenfor samme område samt ændringer over tid.

AMBI udtrykker forholdet mellem følsomme og robuste arter og bruger dette forhold til, at klassificere hvor forstyrret et område er og til at beskrive bundfaunasamfundets tilstand. Beskrivelsen af hver faunagruppe (G1-GV) går fra G1: arter, som er meget følsomme overfor organisk berigelse, er tilstede under uforurenedede forhold, omfatter rovdyr samt bestemte rørboende børstørme til GV: første-ordens opportunistiske arter, der er hurtigtvoksende, tilpasset organiskberigelse og belastede forhold f.eks. lavt iltindhold. Se mere om hver faunagruppe under afsnit 1.3.3. Områdeklassifikationen "uforstyrret" indeholder både et bundfaunasamfund, som er normalt samt forarmet, mens en let forstyrret områdeklassifikation kun omfatter et bundfaunasamfund i ubalance (se Tabel 1-3).

⁴⁸ Borja et al. (2000). Borja A, Franco J, Pérez V (2000): A marine biotic index to establish the ecological quality of soft bottom benthos within European estuarine and coastal environments. Marine Pollution Bulletin 40(12):1100-1114.

Den beregnede AMBI-værdi for prøvetagningsområdet Skagen syd (Tabel 3-7) indikerer, at infaunasamfundet er i ubalance, og at området er let forstyrret. Klassificeringen af området som let forstyrret skal ses som et udtryk for, at faunasammensætningen domineres af arter, der er tolerante overfor massiv organisk berigelse og/eller er opportunistiske og/eller er hurtigtvoksende. Bundfaunasamfundet klassificeres som i ubalance pga. forekomsten af flere gruppe III, IV og V arter (Tabel 3-6), specielt *Pectinaria koreni* (IV), *Scoloplos armiger* (III), *Spio filicornis* (III) *Capitella capitata* (V) og *Mysella bidentata* (III), som er generalister, og som forekommer over et bredt spektrum af forhold. Deres tilstedeværelse i prøvetagningsområdet er altså ikke nødvendigvis et udtryk for forurening med f.eks. organisk stof, men mere et udtryk for at arten trives under en bred vifte af forhold, herunder også sandbund med indslag af silt, som forekommer i undersøgelsesområdet ved Skagen.

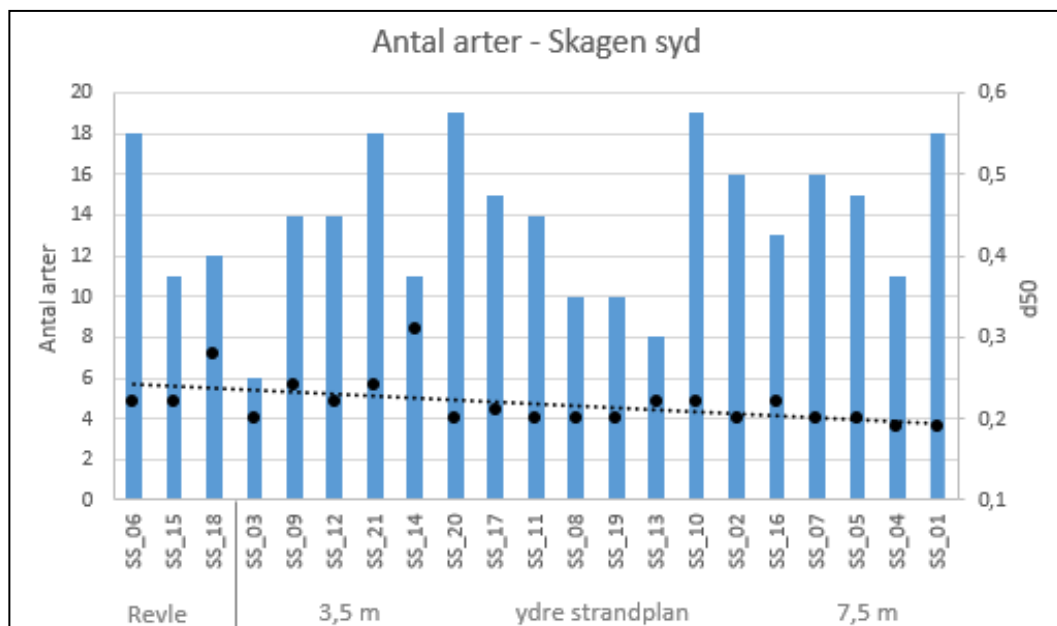
DKI-indeks værdien beregnet for prøvetagningsområdet Skagen nord indikerer, at vandområdet kan kategoriseres som værende i god økologisk tilstand (Tabel 1-3 og Tabel 3-7). Dette indeks er udregnet ved brug af AMBI-værdien for området, der viser den overordnede sundhed af infaunasamfundet og graden af forstyrrelsen af området, kombineret med diversiteten i form af Shannon-Wiener-indekset, der angiver den overordnede økologiske tilstand af området.

Kystprofilet og sedimentforhold

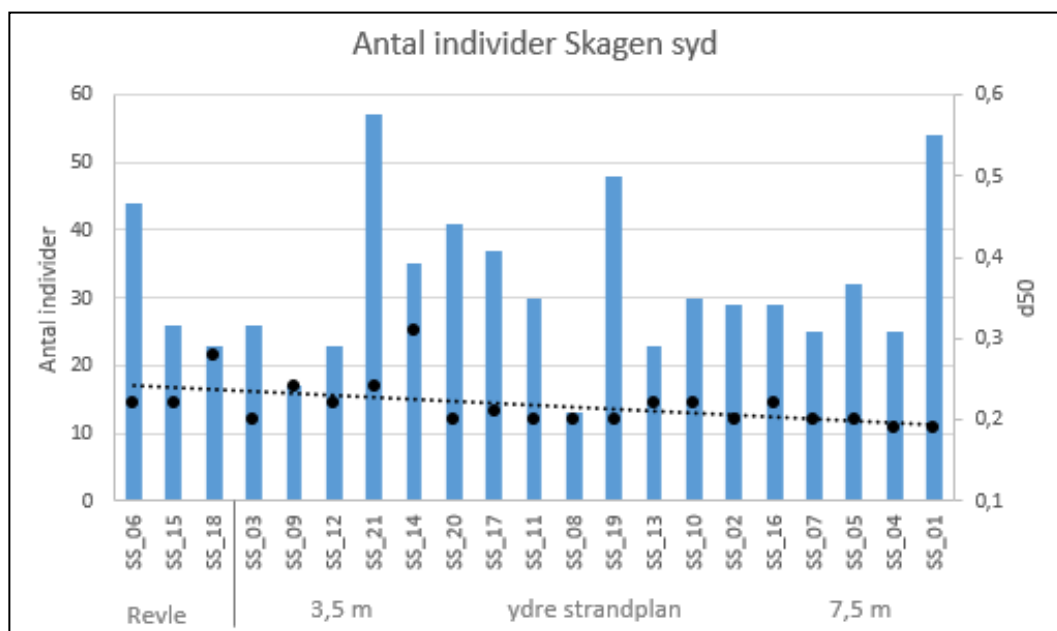
Parallelt med de indsamlede bundfaunaprøver blev der for samtlige bundfaunaprøver også indsamlet en sedimentprøve. Afstanden mellem de parallelle bundfauna- og sedimentprøver var gennemsnitligt ca. 12 meter for prøvetagningsområdet Skagen syd. Alle sedimentprøver er indsamlet parvist på samme del af kystprofilet som bundfaunaprøverne. Sedimentprøverne blev analyseret for D50 (middelkornsstørrelsen), sorteringsgraden (D60/D10), ler/silt procenten og organisk indhold (glødetab %). Herudover blev det vurderet ud fra dybdeforhold og ortofotos, hvor på kystprofilet hver prøve var indsamlet. Kystprofilet blev til denne sammenligning opdelt i (fra vandkant og ud): Forstrand, strandnær zone, trug, revle, ydre strandplan. Analyser af de vigtigste miljøvariable for sammensætningen af bundfaunasamfundet kan ses under afsnit for "Styrende miljøvariable for bundfaunaen" på næste side.

Figur 3-6 viser artsantallet og D50 i de enkelte prøver i prøvetagningsområdet Skagen syd. Der blev observeret dyr i alle indsamlede bundfaunaprøver. Grundet kystprofilets udformning, og det tilgængelige fartøj, var det ikke muligt at indsamle prøver i truget på indersiden af revlen.

D50 var meget ens på revlen ($D50\ 0,24 \pm 0,03$) og det ydre strandplan ($D50\ 0,23 \pm 0,04$). Der var i gennemsnit $13,7 \pm 3,8$ arter pr. delprøve på revlen og $13,3 \pm 3,3$ arter pr. delprøve på ydre strandplan (se Figur 3-6). Antallet af individer var i gennemsnit $31,0 \pm 11,6$ pr. delprøve på revlen og $30,0 \pm 11,0$ individer pr. delprøve på det ydre strandplan (Figur 3-7).



Figur 3-6. Artsantal i de enkelte bundfauna prøver indsamlet ved Skagen syd i 2018 (blå søjler). Under prøve-nummeret ses det, hvor de enkelte prøver er placeret på profilet. På højre y-akse er D50 (sorte punkter, mm) angivet fra samme lokalitet, hvor de enkelte bundfauna prøver er indsamlet. Trendlinjen (sort stiplede linje) for D50 er tilføjet.



Figur 3-7. Individantallet i de enkelte bundfauna prøver indsamlet ved Skagen syd i 2018 (blå søjler). Under prøve-nummeret ses det, hvor de enkelte prøver er placeret på profilet. På højre y-akse er (sorte punkter, mm) angivet fra samme lokalitet, hvor de enkelte bundfauna prøver er indsamlet. Trendlinjen for d50 (sort stiplede linje) er tilføjet.

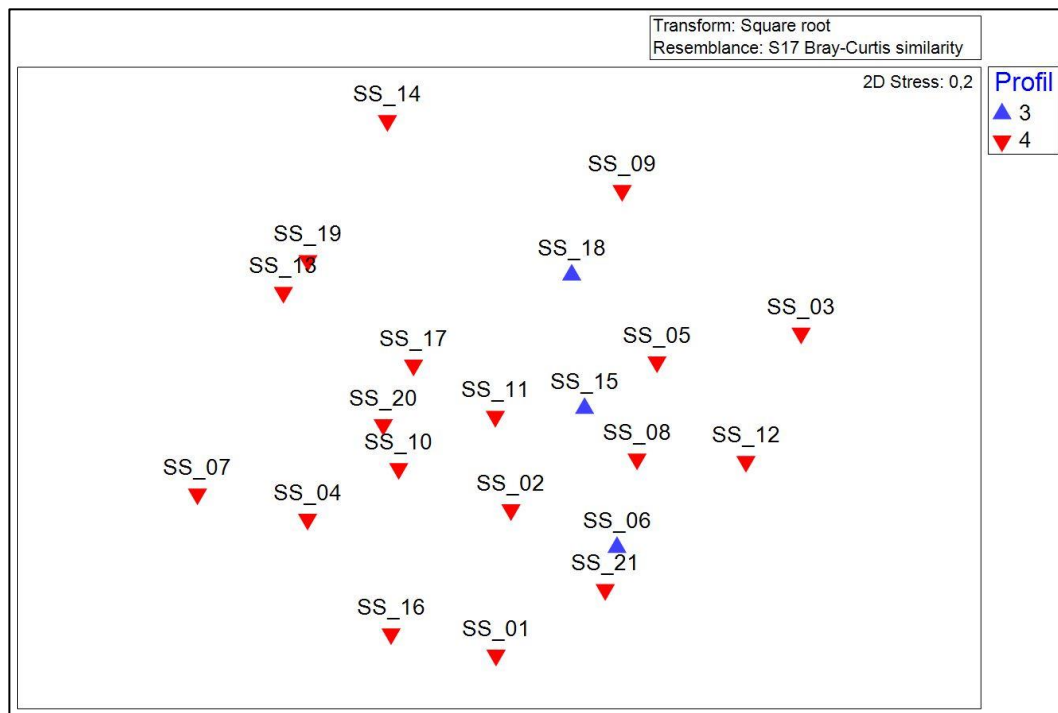
Styrende miljøvariable for bundfaunaen

Primer analyser og model er udført, for at undersøge om variationen i bundfaunaen kan forklares ud fra variationen i miljøet/miljøvariable langs den undersøgte strækning ved Skagen syd.

Antal af arter og diversitetsindekset afslører ikke, om sammensætningen af bundfauna ændrer sig mellem, hvor på kystprofilet prøverne er indsamlet. Der anvendes derfor Bray-Curtis-

similaritetsindeks til at identificere adskilte grupper. Bray-Curtis-similaritetsindeks kan afbildes på MDS-plot (multi-dimensionel-skalering) (se Figur 3-8).

Figur 3-8 viser MDS plottet for prøverne indsamlet ved Skagen syd grupperet (forskellige farver) i forhold til deres placering på profilet. Prøven indsamlet på revlen (blå trekanten, 3) og i det ydre strandplan (røde trekanten, 4) viser ikke nogen forskel i faunasammensætningen, som kan forklares ud fra hvor på profilet prøverne er indsamlet.



Figur 3-8. MDS-plot som giver en visuel præsentation af forskellighederne mellem prøver og deres placering på profilet (3: revle og 4: ydre strandplan) ved hjælp af analyser lavet ud fra Bray-curtis similaritetsindex, som er beregnet på baggrund af de enkelte arters tilstedeværelse og deres tætheder i de enkelte bundfauna prøver.

En tilhørende statistisk test, i form af en ANOSIM viste ingen statistiske forskelle i bundfaunasammensætningen, ud fra hvor på profilet bundfauna prøverne var indsamlet ($p < 0,68$), hertil bør det nævnes, at der kun er indsamlet tre prøver på revlen mens de øvrige prøver alle er indsamlet på det ydre strandplan.

Det blev derefter undersøgt, hvor meget de indsamlede miljøvariable og prøvernes placering på kystprofilet kunne forklare af den observerede forskel mellem forekomst af bundfaunaarter og antal individer i bundfauna prøverne (DistLM, Primer 7). Denne analyse medtager ikke prøver uden dyr.

De inkluderede miljøvariable var:

- Sorteringsgrad (D60/D10)
 - Middelkornstørrelsen D50
 - Silt/ler fraktionen (%)
 - Glødetab (%)
- Bundfauna prøvernes placering på kystprofilet

To af de seks "miljøvariable" var signifikante og havde samlet set en forklaringsgrad (korrelationskoefficienten) på 37,8% af variation i bundfaunadata. Dybden var den variable, som alene

havde den højeste forklaringsgrad (11,5%), herefter kom D50 (8,6%) (DistLM marginaltest, hver variabel testet hver for sig, se Tabel 3-8).

Variabel	Bidrag (%)	Signifikans niveau (P)
Dybde (m)	11,5	0,005*
D50	8,6	0,04*
D60/d10	7,8	0,08
Glødetab	7,5	0,10
Placering på kystprofilen (PK)	5,8	0,30
Ler/silt %	5,3	0,38

Tabel 3-8. Resultaterne for marginal test. Bidrag i % (prop. %) af de medtagede miljøvariable i forhold til Bray-curtis similaritetsindex, som er beregnet på baggrund af de enkelte arters tilstedeværelse og deres tætheder i de enkelte bundfaunaprøver. * angiver at variablen bidrager signifikant til at beskrive variationen i bundfauna-data.

Hvis der i stedet ses på den overordnede Best-solution model (den bedste model ved kombination af flere variable), så var dybden fortsat den variable, som alene havde den højeste forklaringsgrad (11,5%) i forhold til de enkelte arters tilstedeværelse og deres antal i prøverne. Den bedste model med to variable inkluderede dybden og D50 (17,9%) (DistLM Best, Primer 7). Resultaterne for DistLM kan ses i Tabel 3-8 og Tabel 3-9 for henholdsvis "marginal test" (forklaring som følge af én variabel ad gangen) og "Best model med øget antal variable" (forklaring som følge af en kombination af flere variable sammen).

Variabel	R ²	Antal variable
Dybde (m)	11,5	1
Dybde (m), D50	17,9	2
Dybde (m), D50, Ler/silt %	23,6	3
Dybde (m), D50, Ler/silt %, D60/d10	29,7	4
Dybde (m), D50, Ler/silt %, D60/d10, Placering på kystprofilen (PK)	35,7	5
Dybde (m), D50, Ler/silt %, D60/d10, PK, ler/silt %	37,8	6

Tabel 3-9. Resultaterne for "Best solution" modellen. R² angiver "forklaringsgrad" af de medtagede miljøvariable i forhold til Bray-curtis similaritetsindex, som er beregnet på baggrund af de enkelte arters tilstedeværelse og deres tætheder i de enkelte bundfaunaprøver.

3.1.4 Sammenligning mellem Skagen nord og Skagen syd

I det følgende er der foretaget en sammenligning mellem data og statistiske resultater for de to prøvetagningsområder Skagen nord og Skagen syd.

Sammenligning af prøvetagningsområderne

Sammenligning af bundfaunadataene fra de to prøvetagningsområder på strækningen ved Skagen viser, at bundfaunasamfundet er artsrigt (44-49 arter nord-syd), individrigt (1752-2204 individer/m² nord-syd) og med høj biomasse (108-68 g/m² i nord-syd) (Tabel 3-10). Der blev fundet i alt 62 arter i de to prøveområder herunder var havbørsteormene den mest artsrige gruppe (Tabel 3-10). Der var flere arter og individer i det sydlige prøvetagningsområde, men størst biomasse i Skagen nord prøvetagningsområdet.

Individtætheden var domineret af almindelig sømus (*Echinocardium cordatum*), tangloppen *Urothoe poseidonis*, muslingerne hvælvtrugmusling (*Spisula subtruncata*) og *Mysella bidentata*, samt flere havbørsteormearter (*Scoloplos armiger*, *Poecilochaetus serpens*, *Pectinaria koreni*, *Mangelona mirabilis*, *Spiophanes bombyx* og *Spio filicornis*) (Tabel 3-10).

Prøvetagningsområde	Dansk navn	Skagen nord	Skagen syd
Klasse/art			
Anthozoa (Koraldyr)		3	5
<i>Edwardsia sp.</i>		3	5
Bivalvia (Muslinger)		88	59
<i>Fabulina fabula</i>	Stribet tallerkenmusling	6	2
<i>Spisula subtruncata</i>	Hvælvtrugmusling	38	2
<i>Tellimya ferruginosa</i>	Kommensal med sømus	3	6
<i>Angulus tenuis</i>	Alm. tallerkenmusling	10	4
<i>Mysella bidentata</i>	Kommensal med sømus	21	25
<i>Ensis americanus (Ensis leei)</i>	Amerikansk knivmusling		1
<i>Chamelea gallina</i>	Stribet venusmusling	2	
<i>Nucula nitidosa</i>	Almindelig nøddemusling	6	14
<i>Thracia phaseolina</i>	Papirmusling	2	5
Echinoidea (Søpindsvin)		62	65
<i>Echinocardium cordatum</i>	Almindelig sømus	62	65
Gastropoda (Snegle)		3	14
<i>Euspira pulchella</i>	Lille boresnegl	1	
<i>Philina aperta</i>	Stor Flæsketerning	1	14
<i>Hinia reticulata</i>	Almindelig dværgkonk	1	
Leptocardi		1	1
<i>Branchiostoma lanceolatum</i>	Lancetfisk	1	1
Malacostraca (Storkrebs)		82	85
<i>Pontocrates altamarinus</i>			1
<i>Bathyporeia elegans</i>		15	
<i>Urothoe poseidonis</i>		65	71
<i>Ampelisca brevicornis</i>		1	1
<i>Liocarcinus sp.</i>	Almindelig svømme-krabbe		1
<i>Bathyporeia pelagica</i>			7
<i>Aora typica</i>			1
<i>Orchomene sp.</i>			3
<i>Periculodes longimanus</i>		1	
Nemertini (Slimbændler)		14	30
<i>Nemertini indet.</i>		14	30
Polychaeta (Havbørsteorme)		250	402
<i>Magelona mirabilis</i>		24	48
<i>Nephtys cirrosa</i>		7	5
<i>Ophelia borealis</i>		3	
<i>Spio filicornis</i>		29	58
<i>Spiophanes bombyx</i>		31	49
<i>Nephtys longosetosa</i>		1	
<i>Scolecopsis bonnier</i>		2	3
<i>Scoloplos armiger</i>		21	66
<i>Goniada maculata</i>		2	1
<i>Sigalion mathildae</i>		6	5
<i>Phyllodoce groenlandica</i>		3	7
<i>Spio armata</i>		1	
<i>Nephtys hombergii</i>		1	2
<i>Capitella capitata</i>		2	2
<i>Nephtys caeca</i>		5	5
<i>Eteone longa</i>		6	9
<i>Chaetozona setosa</i>		5	11
<i>Nephtys assimilis</i>			1
<i>Pholoe baltica</i>			6
<i>Lanice conchilega</i>	Lanice	3	21
<i>Notomastus latericeus</i>			1
<i>Pectinaria koreni</i>		34	31
<i>Owenia fusiformis</i>			1
<i>Phyllodoce mucosa</i>		3	
<i>Chaetopterus sp.</i>		1	
<i>Poecilochaetus serpens</i>		58	55
<i>Sthenelais limicola</i>			1
<i>Phyllodoce mucosa</i>			5
<i>Pseudopolydora pulchra</i>		1	3
<i>Polydora caeca</i>		1	
<i>Nephtys sp.</i>			1
<i>Chaetopterus norvegicus</i>			1
<i>Mediomastus fragilis</i>			2
<i>Capitomastus minimus</i>			2

Prøvetagningsområde	Dansk navn	Skagen nord	Skagen syd
Platyhelminthes (Fladorme)		23	2
<i>Discocelides langi</i>		23	2

Tabel 3-10. Sammenligning af artssammensætning og antal i de to prøvetagningsområder. Sort fed skrift angiver totalt antal for klassen. Røde tal angiver arter, der dominerer individantallet. Kommensal = dyr eller plante, som lever sammen med en anden art, hvis føde det får del i.

Bundfaunasamfundet kan karakteriseres som et Venussamfund med karakteristiske arter såsom stribet venusmusling (*Chamelea gallina*), sømus (*Echinocardium cordatum*), stribet tallerkenmusling (*Fabulina fabula*) og forskellige havbørsteormearter⁴⁹. Samfundet i prøvetagningsområderne er i høj grad domineret af pighuden almindelig sømus, ligesom der forekommer to muslingearter (*Mysella bidentata* og *Tellimya ferruginosa*), der bl.a. lever som kommensaler på sømus (Kommensal = dyr eller plante, som lever sammen med en anden art, hvis føde det får del i). Det observerede venussamfund er meget lig venussamfundet fundet i den tidligere undersøgelse af bundfauna ved Skagen Havn i 2004⁵⁰ (3-7 meters dybde) med mange af de samme arter, samt med dominans af almindelig sømus (*Echinocardium cordatum*) og børsteormen *Scoloplos armiger* (se afsnit 2.2). Der blev ligeledes fundet venussamfund på 4-14 meters dybde ved Frederikshavns Havn i 2014⁵¹. De to nævnte studier fandt dog ikke nær så mange arter, som i nærværende feltundersøgelse (se 2.2 og 2.3).

Sømusen lever i reglen nedgravet i sandbund (indtil 15-20 cm) eller mudderbund (højst et par cm) i en slimklædt hule, der står i forbindelse med overfladen via en åben kanal (Figur 2-2). Lange sugefødder på oversiden samler detrituspartikler på bundens overflade. Ved hjælp af andre lange sugefødder føres partiklerne til munden på dyrets underside. Samtidig bevæger dyret sig gennem bunden ved hjælp af nogle af sine pigge. Undervejs indtages usorteret bundmateriale med den skuffeformede mund⁵².

Flere af arterne er kendt fra dynamiske, eksponerede kyster såsom Vestkysten og er gode graver og meget mobile både på bunden og i vandfasen f.eks. tanglopperne *Urothoe poseidonis* og *Bathyporeia elegans* og havbørsteormene *Magelonia mirabilis* og *Scolecopsis bonnieri*^{53, 54 og 55}. *Magelonia mirabilis* er tilpasset ustabile områder med stærk strøm, bølgeaktivitet og mobilt sediment og kan forekomme i stort antal, hvor miljøet tillader det⁵⁶. *Scolecopsis bonnieri* er tilpasset den bølgeeksponerede zone og kan både svømme frit og gæve i sedimentet⁵⁷. I forhold til sedimentpræferencer findes både arter, som er kendt fra ren sandbund (*Magelonia mirabilis*, *Spiophanes bombyx*, *Nephtys longosetosa*, *Nephtys cirrosa*)⁵⁸, og arter som foretrækker sandbund med et mindre

⁴⁹ Gyldendal den store danske. (2019a). Havdyresamfund. webside besøgt 22. januar 2019, http://denstoredanske.dk/Natur_og_miljø/C3%B8/%C3%98kologi/havdyresamfund. Gyldendal.

⁵⁰ Nordjyllands Amt. (oktober 2004). VVM-redegørelse, Udvidelse af Skagen Havn. ISBN: 87-7775-580-4, <https://docplayer.dk/11141505-Vvm-redegørelse-udvidelse-af-skagen-havn.html>.

⁵¹ Frederikshavn Havn. (2014). Udvidelse af Frederikshavn Havn, VVM-redegørelse og miljørapport, Bind 2: Bilagsbind. Endelig version. COWI.

⁵² Gyldendahls den store. (2019b). Pighuder. webside besøgt januar 2019, http://denstoredanske.dk/Naturen_i_Danmark/Havet/Havbundens_dyre-_og_planteliv/Havbundens_dyr/Udvalgte_arter_fra_infaunaen/Pighuder.

⁵³ Køie & Kristensen. (2014). Havets dyr og planter, 2. udgave. Gyldendal.

⁵⁴ DFU. (2005). Kystfodring og godt fiskeri. Undersøgelse af strandnær kystfodring ved Agger Tange. DFU-rapport nr. 171-07. Danmarks Fiskeriundersøgelser.

⁵⁵ Jensen og Spärck. (1934). Bløddyr II. Saltvandsmuslinger. Danmarks Flora. Dansk Naturhistorisk Forening. G.E.C. Gads Forlag – København.

⁵⁶ Ballerstedt. (2005). *Scoloplos armiger* A bristleworm. In Tyler-Walters H. and Hiscock K (eds) Marine life information network: Biology and sensitivity key information reviews. Plymouth: Marine biological association of the United Kingdom. <https://www.marlin.ac.uk/species/detail/1721>.

⁵⁷ Brenner. (Hentet november 2018 2009). Brenner J (2009): unpublished data supplied by author. <http://www.marlin.ac.uk/biotic/browse.php?sp=6471>.

⁵⁸ Gyldendahls den store danske. (2019c). Muslinger. Webside besøgt januar 2019, http://denstoredanske.dk/Naturen_i_Danmark/Havet/Havbundens_dyre-_og_planteliv/Havbundens_dyr/Udvalgte_arter_fra_infaunaen/Muslinger.

indslag af silt, (Sømus, amerikansk knivmusling, *Nephtys caeca*, *Nucula nitidosa*) i de to prøvetagningsområder. Artssammensætningen indikerer derfor en moderat eksponeret sandbund med et mindre indslag af silt, som er mindre eksponeret end f.eks. Vestkysten. Forekomsten af *Lanice* (*Lanice conchilega*) specielt i det sydlige prøvetagningsområde indikerer, at der er en del strøm og vandbevægelse i området og gode iltforhold og vandkvalitet. Den dominerende sømus viser også, at der er gode iltforhold, da denne art er kendt som meget iltvindsfølsom⁵⁹.

Venussamfundet findes udbredt på sandbunden i Kattegat, Skagerrak og Nordsøen på 10-30 meters dybde⁶⁰. Fra de eksisterende data og feltundersøgelserne i de to prøvetagningsområder ved vi, at venussamfundet findes på lavere vand og helt ind til fire meters dybde ud for strækningen ved Skagen. De observerede arter er almindelige i kystområdet omkring især Jylland - i Kattegat, Skagerrak, Nordsøen, og en del af arterne findes også ved Vestkysten. Ingen af arterne er freddede eller rødlistede i Danmark.

EUNIS har klassificeret *Lanice* (*Lanice conchilega*) i hierarkiet (EUNIS-klasse "A2.245 *Lanice conchilega in littoral sand*"⁶¹) arten er dog ikke fredet. *Lanice* er en tubeformende havbørsteorm (Polychaeta), der lever delvist nedgravet i havsedimentet. *Lanice* danner sit rør af en hinde med påhæftede sandkorn og sandstumper, der fungerer som camouflager, beskyttelse mod prædatorer og som afstiver (Figur 3-9). Røret danner en forgrenet ende, hvorfra havbørsteormens tentakler indsamler fødeemner i vandsøjlen⁶². Store forsamlinger af *Lanice* kan danne revlignende strukturer⁶³, der kan fungere dels som vigtige fødeemner for fisk og fugle, men også som habitat for andre marine organismer, der kan søge ly og føde her, hvilket faciliterer øget diversitet⁶⁴.

Der blev ved Skagen nord og syd observeret enkelte individer (1-4 individer pr prøve) af havbørsteormen *Lanice* (*Lanice conchilega*) i henholdsvis to og 13 prøver, svarende til 105 og 113 individer/m². *Lanice* har et relativt højt individantal i nogle prøver, og der kan derfor forekomme områder i prøvetagningsområderne, der kan defineres som biogene rev. Det er ikke muligt at underbygge eller kvantificere forekomsten af *Lanice* biogener rev yderligere, da havbunden i forbindelse med feltundersøgelserne ikke blev kortlagt med video. Videoerne fra stationerne på lidt dybere vand i forbindelse med råstofefterforskning syd for Skagen Havn (se afsnit 2) viste ikke forekomst af *Lanice* revstrukturer. En øget diversitet, som der tidligere er påvist i forbindelse med *Lanice* revstrukturer, som nævnt ovenfor, kunne ikke eftervises ved nærmere analyse i nærværende undersøgelse. Der blev også observeret et enkelt individ af *Lanice* i bundfaunaprøverne fra Skagen Havn i 2004 (ét stk i én prøve) (Tabel 2-1). *Lanice* forekommer vidt udbredt i Skagerrak og Nordsøen⁶⁵.

⁵⁹ Felthåndbogen. (2019). Almindelig sømus. Website besøgt januar 2019, <https://www.fugleognatur.dk/artsbeskrivelse.asp?ArtsID=4556>.

⁶⁰ Gyldendal den store danske. (2019a). Havdyresamfund. website besøgt 22. januar 2019, http://denstoredanske.dk/Natur_og_miljø/C3%B8/C3%98kologi/havdyresamfund. Gyldendal.

⁶¹ European Environment Agency, *Lanice conchilega* in littoral sand, <https://eunis.eea.europa.eu/habitats/1955>

⁶² Køie & Kristensen. (2014a). Havets dyr og planter, 2. udgave. Gyldendal.

⁶³ Rebaut et al. (2009). Do *Lanice conchilega* (sandmason) aggregations classify as reefs? Quantifying habitat modifying effects. Helgoland Marine Research, 63(1), 37.

⁶⁴ De Smet et al. (2015). Biogenic reefs affect multiple components of intertidal soft-bottom benthic assemblages: the *Lanice conchilega* case study. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 152, 44-55.

⁶⁵ Miljøstyrelsen. (2018). Kortlægning af Natura 2000-områder Marin habitatkortlægning i Skagerrak og Nordsøen 2017-2018.



Figur 3-9. *Lanice* på vadeblade og på havbunden i Nordsøen ud for Blåvand, vest Jylland⁶⁶.

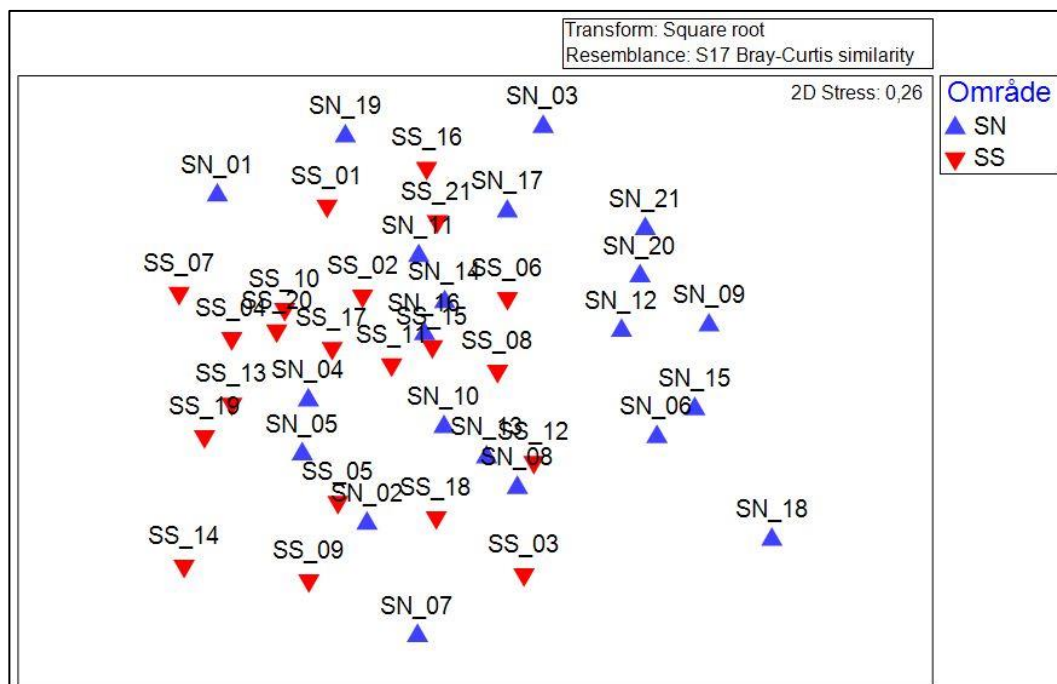
Primer

Primer analyser og model er udført for at undersøge om prøvetagningsområderne adskiller sig signifikant fra hinanden samt for at undersøge om variationen i bundfaunaen kan forklares ud fra variationen i miljøet i de to prøvetagningsområder Skagen nord og Skagen syd.

Antal af arter og diversitetsindekset afslører ikke, om sammensætningen af bundfauna ændrer sig mellem de undersøgte prøvetagningsområder, samt hvor på kystprofilet prøverne er indsamlet. Der anvendes derfor Bray-Curtis-similaritetsindeks til at identificere adskilte grupper. Bray-Curtis-similaritetsindeks kan afbildes på MDS-plot (multi-dimensionel-skalering) (se Figur 3-10 og Figur 3-11).

Figur 3-10 viser MDS plottet for de to prøvetagningsområder indsamlet i 2018 ved Skagen nord (SN) og Skagen syd (SS). MDS-plottet viser ikke en tydelig adskillelse i prøveområderne, dog er stressniveauet for plottet forholdsvis højt ($>0,2$). En tilhørende statistisk test, i form af en ANOSIM analyse viste statistiske forskelle i bundfaunasammensætningen for de fire prøvetagningsområder ($p < 0,01$), dog med en meget lav grad af adskillelse mellem prøvetagningsområderne (Global $R = 0,18$). Det vil sige, at forskellen mellem arterne i prøvetagningsområderne er så lille, at bundfaunasamfundet i de to prøvetagningsområder overordnet set kan siges at være det samme.

⁶⁶ WIKIPEDIA og Orbicon.



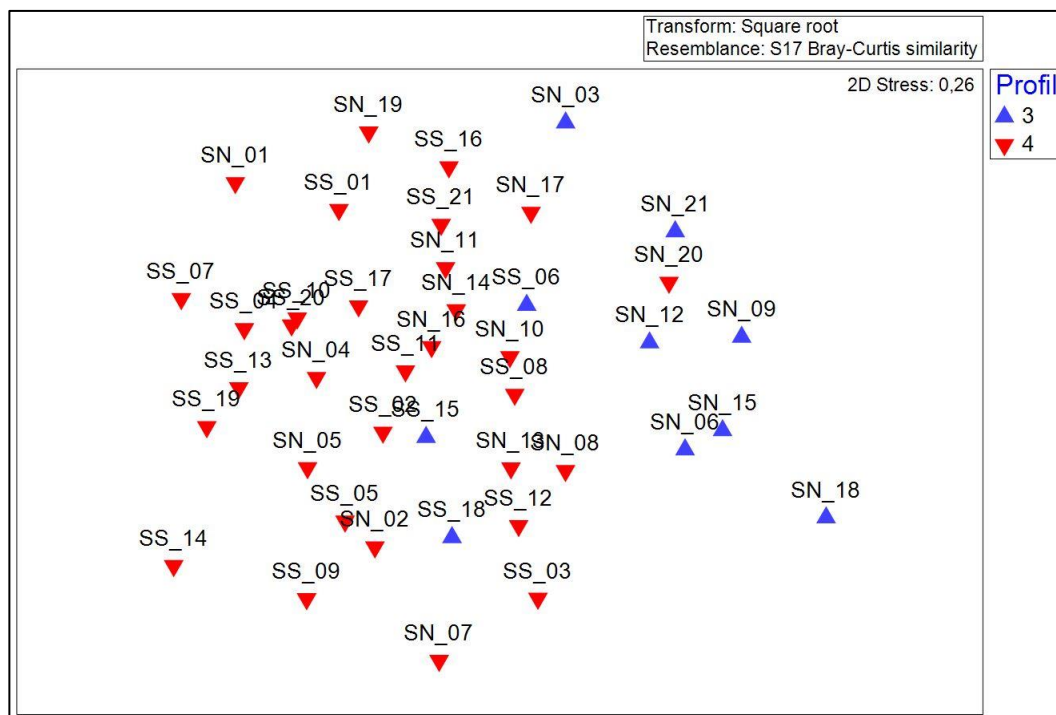
Figur 3-10. MDS-plot som giver en visuel præsentation af forskellighederne mellem prøver opdelt på prøvetagningsområderne (SN = Skagen nord og SS= Skagen syd) ved hjælp af analyser lavet ud fra Bray-curtis similitetsindex, som er beregnet på baggrund af de enkelte arters tilstedeværelse og deres tætheder i de enkelte bundfaunaprøver. Prøvenummeret er angivet efter forkortelsen for prøvetagningsområdet _XX.

Figur 3-11 viser MDS plottet for de to prøvetagningsområder fordelt i forhold til deres placering på profilet. Her ses nogen grad af adskillelse mellem hvor på profilet prøverne er indsamlet. En tilhørende statistisk test, i form af en ANOSIM viste statistiske forskelle i bundfaunasammensætningen, ud fra hvor på profilet bundfaunaprøverne var indsamlet ($p < 0,01$), og at adskillelse i bundfaunasamfundet i nogen grad var bestemt af hvor på profilet prøven var indsamlet (Global $R = 0,35$).

Det blev derefter undersøgt, hvor meget de indsamlede miljøvariable og prøvernes placering på kystprofilet kunne forklare af den observerede forskel mellem forekomst af bundfaunaarter og antal individer i bundfaunaprøverne (DistLM, Primer 7). Denne analyse blev udført samlet for bundfaunaprøverne i begge prøvetagningsområder.

De inkluderede miljøvariable var:

- Sorteringsgrad (D60/D10)
- Middelkornstørrelsen D50
- Silt/ler fraktionen (%)
- Glødetab (%)
- Bundfaunaprøvernes placering på kystprofilet (opdelt i Forstrand, Strandnær zone, Trug, Revle og Ydre strandplan)
- Prøvetagningsområde (AT, HT, TT, HS)



Figur 3-11. MDS-plot som giver en visuel præsentation af forskellighederne mellem prøver og deres placering på profilet (1: strandnær, 2: trug, 3: revle og 4: ydre strandplan) ved hjælp af analyser lavet ud fra Bray-curtis similaritetsindex, som er beregnet på baggrund af de enkelte arters tilstedeværelse og deres tætheder i de enkelte bundfaunaprøver. SN = Skagen nord og SS = Skagen syd. Prøvenummeret er angivet efter forkortelsen for prøvetagningsområdet _XX.

Det var kun tre "miljøvariable", som var signifikante og den samlede forklaringsgrad (korrelationskoefficienten) var på 25,9 % af variation i bundfaunadata. Dybden (m) var den variable, som alene havde den højeste forklaringsgrad (11 %), herefter kom placeringen på profilet (10 %) og glødetabet (%) (5 %) (DistLM marginaltest, hver variabel testet hver for sig) (Tabel 3-11). Øvrige miljøvariable var ikke signifikante men bidrog til at øge den samlede forklaringsgrad (grundet det valgte af kriterie: R^2).

Variabel	Bidrag (%)	Signifikans niveau (P)
Dybde (m)	10,8	0,001*
Placering på kystprofilet (PK)	10,0	0,001*
Glødetab	5,1	0,012*
D60/d10	4,0	0,072
Ler/silt %	3,6	0,124
D50	2,1	0,667

Tabel 3-11. Resultaterne for marginal test. Bidrag i % (prop. %) af de medtagede miljøvariable i forhold til Bray-curtis similaritetsindex, som er beregnet på baggrund af de enkelte arters tilstedeværelse og deres tætheder i de enkelte bundfaunaprøver. * angiver at variabelen bidrager signifikant til at beskrive variationen i bundfaunadata.

Hvis der i stedet ser på den overordnede Best-solution model (den bedste model ved kombination af flere variable), så var dybden (m) fortsat den variable, som alene havde den højeste forklaringsgrad (11%) i forhold til de enkelte arters tilstedeværelse og deres antal i prøverne (Tabel 3-12). Den bedste model med to variable inkluderede dybden (m) og placeringen på profilet (15%) (Tabel 3-12). Mens den bedste model med tre variable inkluderede Dybden (m), placeringen på profilet og glødetabet (DistLM Best, Primer 7) (Tabel 3-12).

Variabel	R ²	Antal variable
Dybden (m)	0,11	1
Dybden (m), Placering på kystprofilen (PK)	0,15	2
Dybden (m), PK, Glødetab	0,18	3
Dybden (m), PK, Glødetab, Ler/silt %	0,21	4
Dybden (m), PK, Ler/silt %, D50, D60/d10	0,24	5
Dybden (m), PK, Ler/silt %, D50, D60/d10, Glødetab	0,26	6

Tabel 3-12. Resultaterne for "Best solution" modellen. R² angiver "forklaringsgrad" af de medtagne miljøvariable i forhold til Bray-curtis similaritetsindex, som er beregnet på baggrund af de enkelte arters tilstedeværelse og deres tætheder i de enkelte bundfaunaprøver.

4. KOORDINATLISTE FOR FELTINDSAMLING

Positioner Skagen nord		
	Position N (DDM)	Position Ø (DDM)
SN_01	57°43,354	10°36,840
SN_02	57°43,384	10°36,788
SN_03	57°43,391	10°36,728
SN_04	57°43,456	10°37,171
SN_05	57°43,504	10°37,122
SN_06	57°43,545	10°36,963
SN_07	57°43,615	10°37,380
SN_08	57°43,681	10°37,340
SN_09	57°43,683	10°37,222
SN_10	57°43,764	10°37,621
SN_11	57°43,791	10°37,571
SN_12	57°43,825	10°37,500
SN_13	57°43,912	10°37,870
SN_14	57°43,923	10°37,811
SN_15	57°43,939	10°37,768
SN_16	57°43,977	10°38,275
SN_17	57°44,048	10°38,150
SN_18	57°44,081	10°38,084
SN_19	57°44,151	10°38,510
SN_20	57°44,193	10°38,393
SN_21	57°44,230	10°38,421

Positioner Skagen syd		
	Position N (DDM)	Position Ø (DDM)
SS_01	57°42,217	10°33,820
SS_02	57°42,275	10°33,767
SS_03	57°42,315	10°33,650
SS_04	57°42,271	10°34,036
SS_05	57°42,332	10°33,957
SS_06	57°42,411	10°33,860
SS_07	57°42,330	10°34,255
SS_08	57°42,388	10°34,147
SS_09	57°42,467	10°33,997
SS_10	57°42,390	10°34,422
SS_11	57°42,442	10°34,309
SS_12	57°42,527	10°34,178
SS_13	57°42,462	10°34,585
SS_14	57°42,523	10°34,499
SS_15	57°42,591	10°34,327
SS_16	57°42,535	10°34,807
SS_17	57°42,608	10°34,648
SS_18	57°42,677	10°34,520
SS_19	57°42,575	10°34,885
SS_20	57°42,653	10°34,722
SS_21	57°42,697	10°34,608

Tabel 4-1. Koordinatliste for nord og syd Skagen.

5. LABORATORIEDATA FOR KORNSTØRRELSES- FORDELING

Orbicon
Linnés Allé 2
2630 Taastrup

Rapport nr.: 0321-1
Ordre nr.: K5328
Init.: ANEHAN
Dato: 14.12.2018
Side: 1 af 22

Att.: Jan F. Nicolaisen

Prøvningsrapport

Rekvirent Orbicon

Materiale modtaget: Dato: 31.10.2018 og 06.11.2018

Metodereferencer: Prøveforberedelse DS/EN 932-2:1999
Sigteanalyse DS/EN 933-1:2013
Glødetab* prVI 99-9:2010

Bemærkninger: Prøveudtagning er foretaget af rekvirenten
*Glødetab er udført ved 550 °C (jf. metode 2)

Prøvningen udført: I perioden 31.10.2018 - 03.12.2018

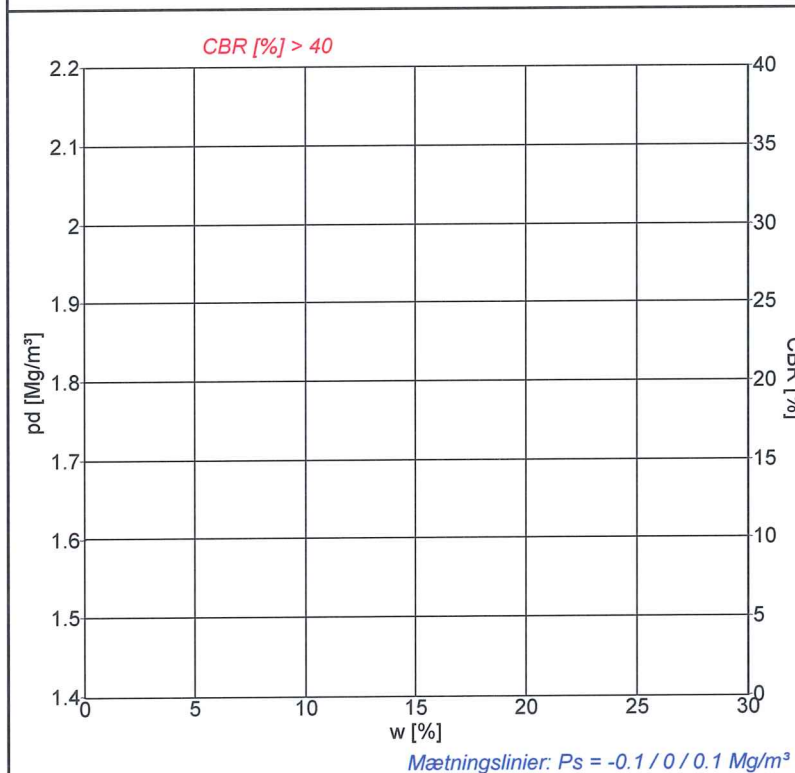
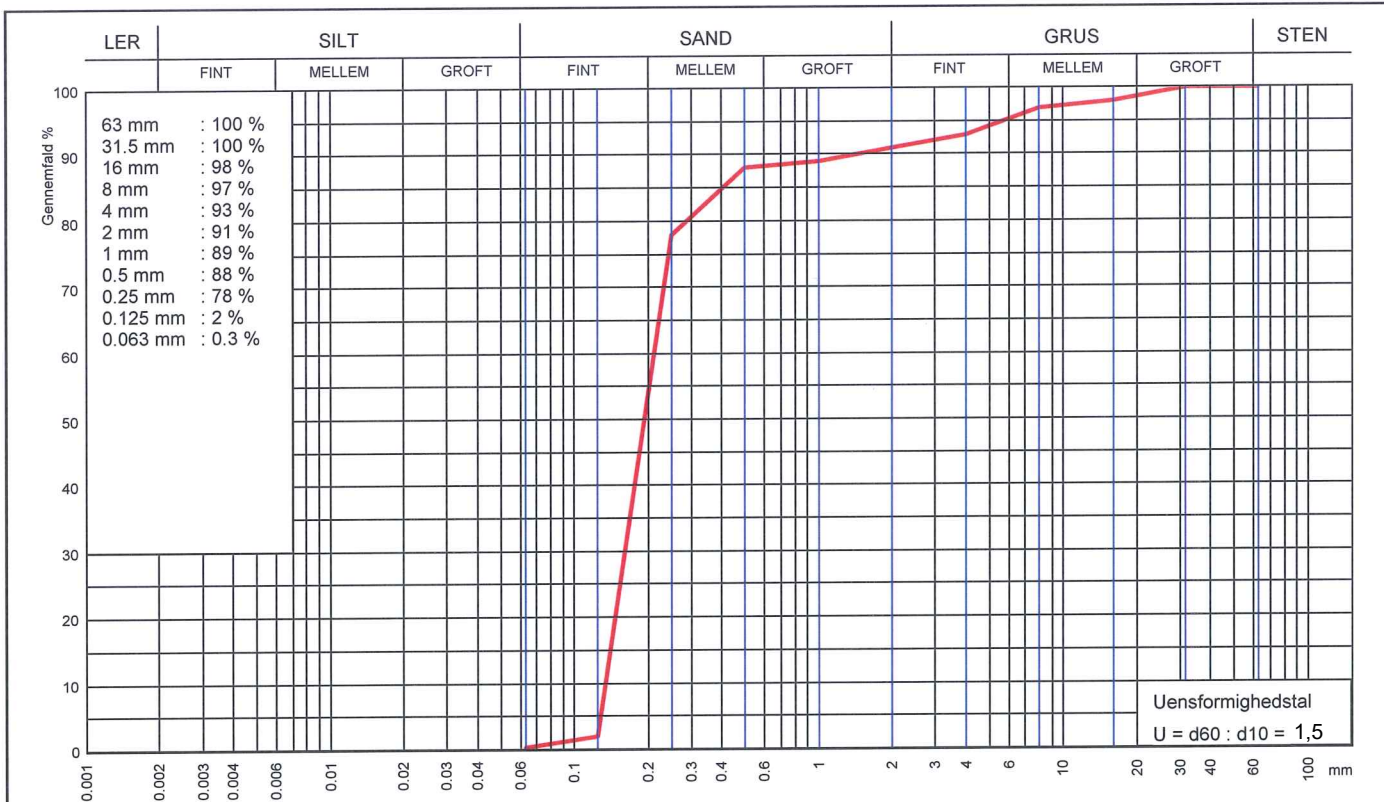
Prøvningsresultat: Fremgår af side 2 til 22

Med venlig hilsen



Annette H. Hansen

Med mindre anden aftale foreligger, vil resterende prøvemateriale blive bortkastet efter 14 dage.
Prøvningsresultaterne gælder udelukkende for de prøvede emner.
Prøvningsrapporten må ikke gengives, undtagen i sin helhed, uden laboratoriets skriftlige godkendelse.



Signaturer			
Form	10 cm	15 cm	
Forsøg	Komprimering		CBR
Proctor	○	◇	□
Modificeret Proctor	●	◆	■
Mætningslinje	m. vandl.		
Proctorforsøg			
Indstampning	Proctor	Modificeret Proctor	
ρ _{d,max} Mg/m ³			
w _{opt} %			
ρ _{d,max} korr. Mg/m ³			
w _{opt} korr. %			
Vibrationsforsøg			
ρ _{d,max} Mg/m ³			
w %			

Gennemfald 0.063 mm	0.3 %	Frasigtet > 16 mm	s	2 %	Frasigtet > 80 mm	%
Flydegrænse w _L		Plasticitetsgrænse w _P			Plasticitetsindeks I _P	
Korndensitet(0-0.063mm) ρ _s	Mg/m ³	Korndensitet(0-16mm) ρ _s	Mg/m ³		Korndensitet, filler ρ _f	Mg/m ³
Kalkindhold(0-1mm) ka	%	Kalkindhold(0-16mm) ka	%		Kalkindhold(>16mm) ka	%
Glødetab gl	0.6 %	Glødetab reduceret gl _{red}	%		d ₅₀	0,2
Sandækvivalent (0-4mm)SE ₄	%	Humusindhold				
Vurderet frostfare		Vandindhold in situ w _{nat}	%			

Prøvebeskrivelse: SAND

Rekvirent: ORBICON

Sted: SKAGEN NORD

Udt. d.: 04-10-2018

Modt. d.: 31-10-2018



NCC Industry A/S
Laboratoriet

Tegn.: Inaman

Godk. 11/12-18

Station / Boring

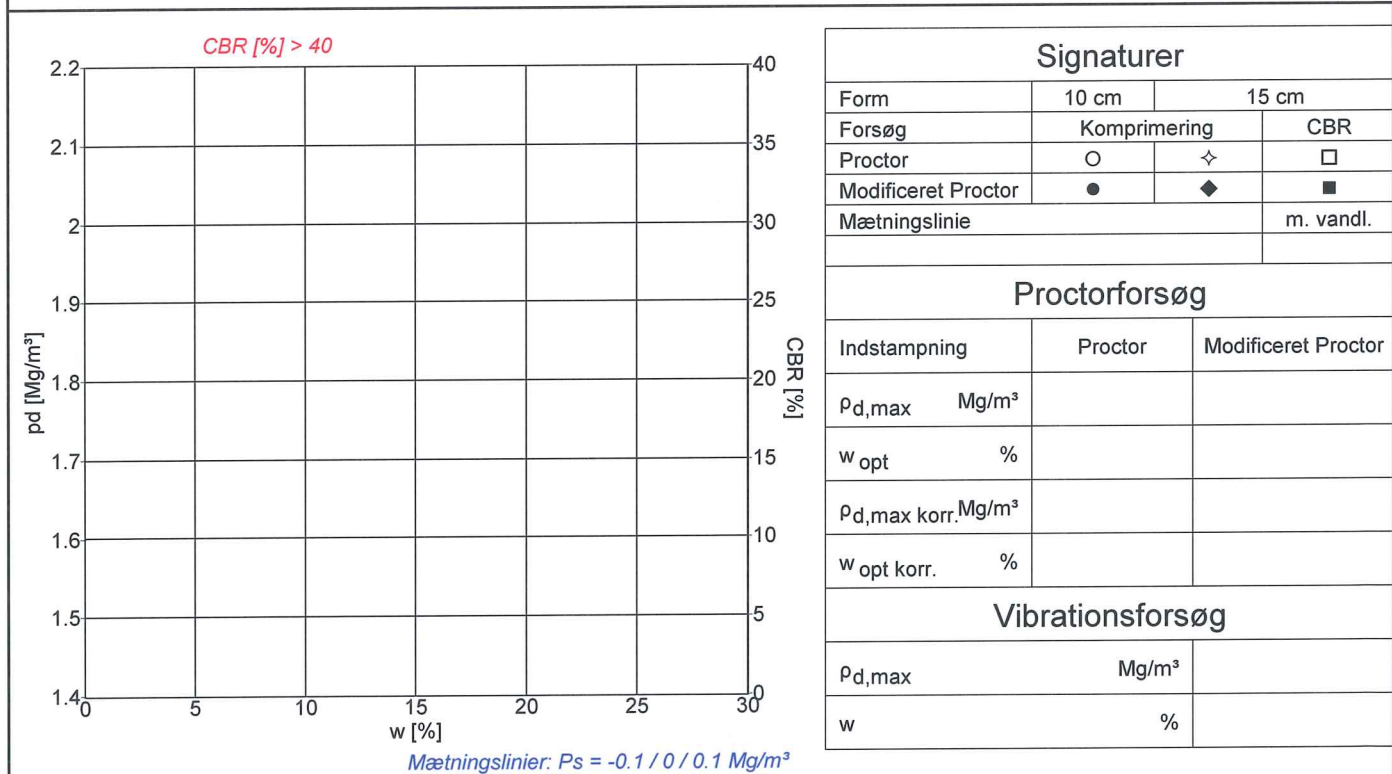
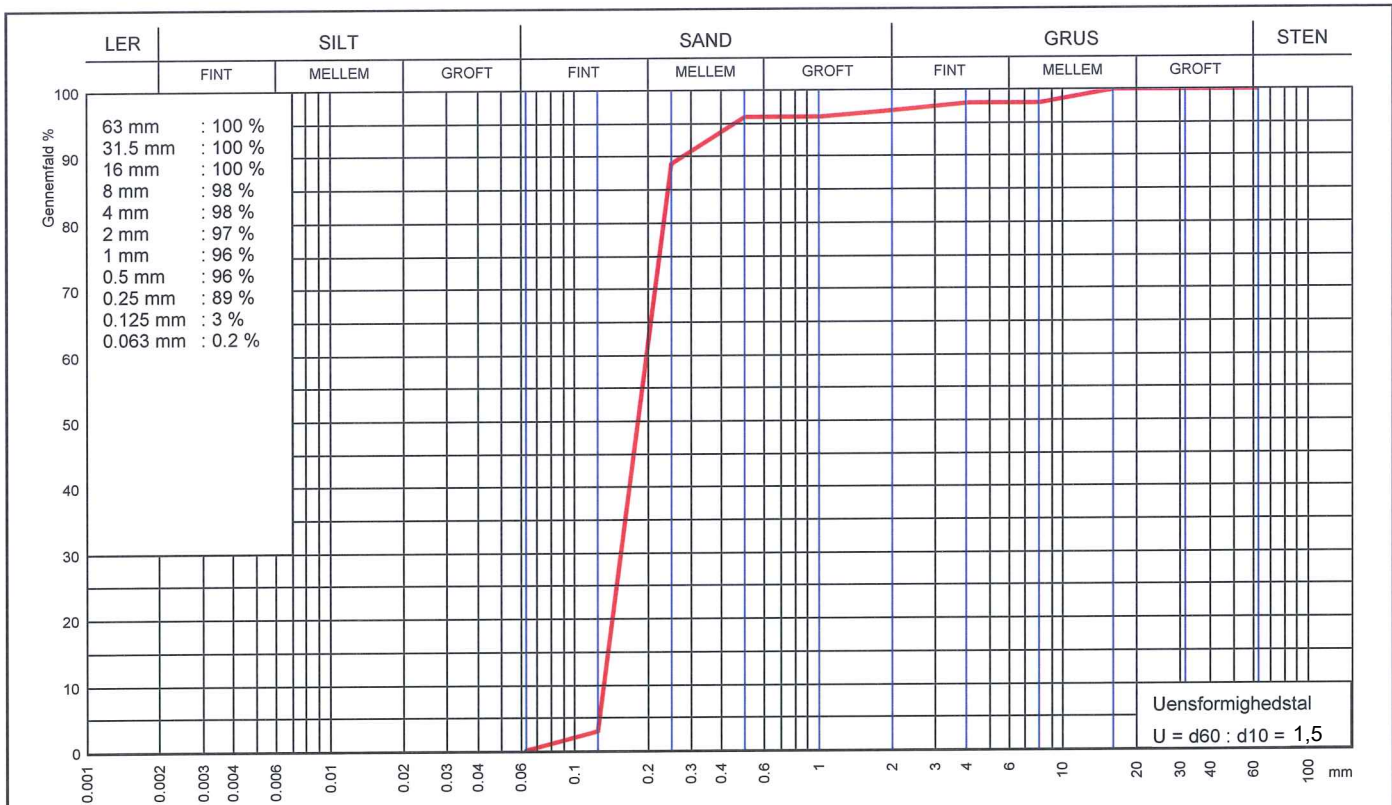
Dybde / Kote

Sag nr.: K5328

Mrk.: SN 01

Lab. nr.: 126

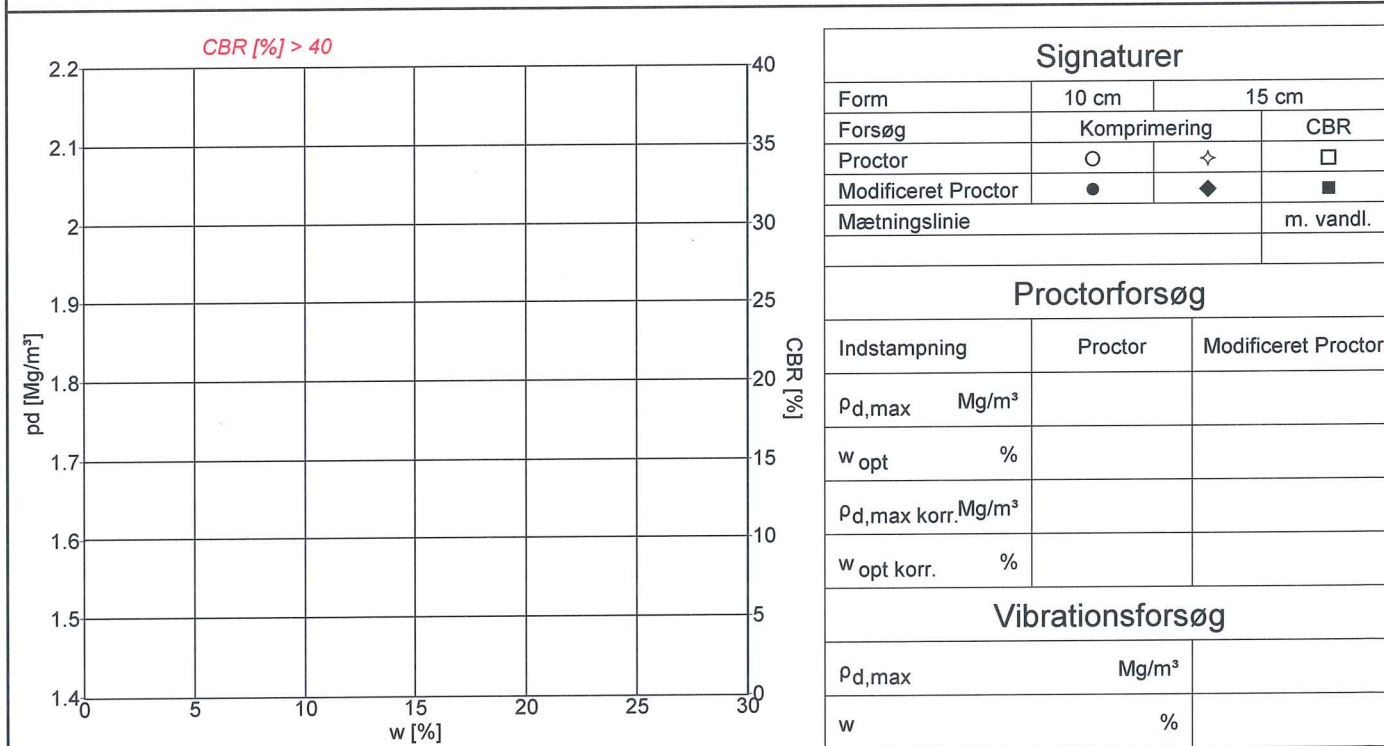
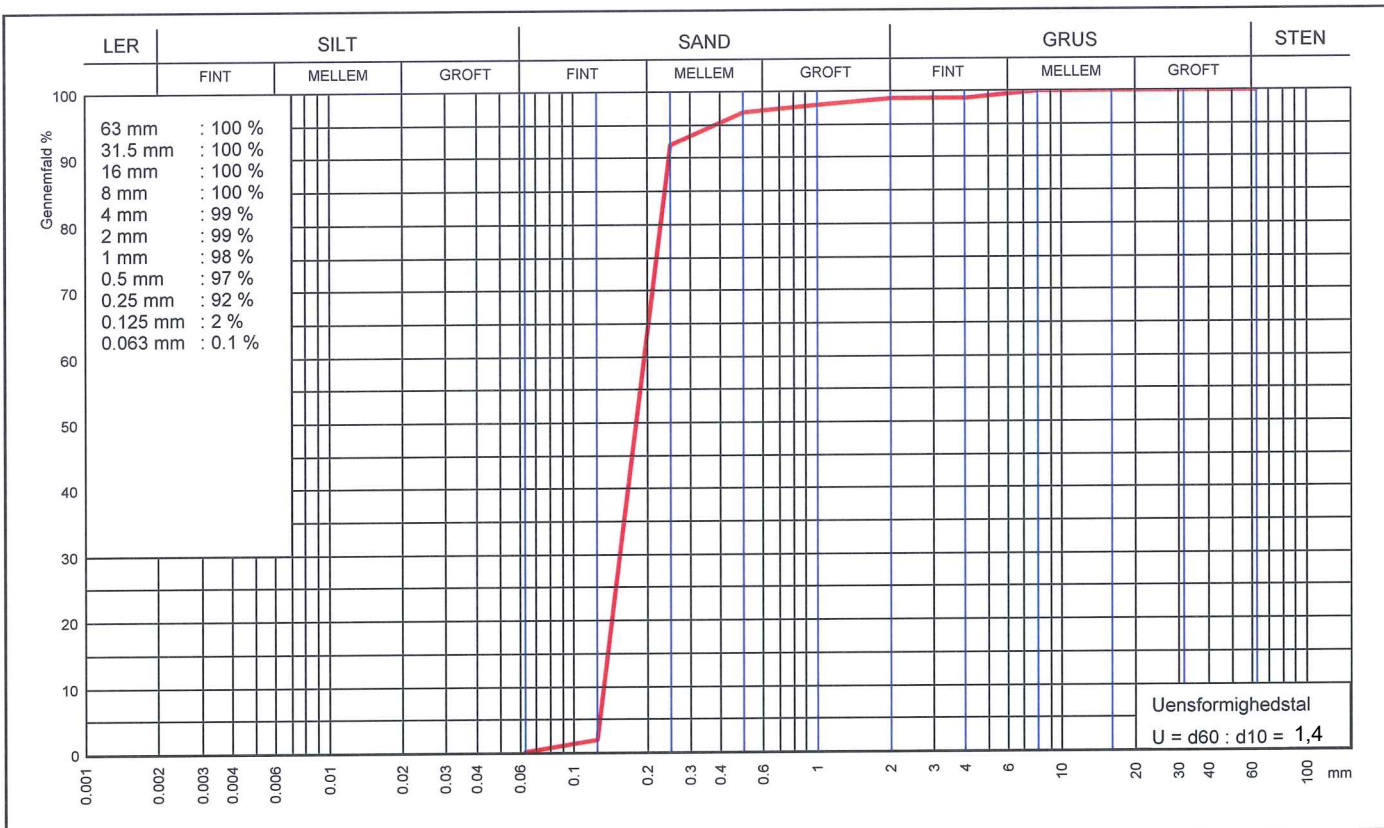
Bilag/side nr.:



Gennemfald 0.063 mm	0.2 %	Frasigtet > 16 mm	s	%	Frasigtet > 80 mm	%
Flydegrænse w _L		Plasticitetsgrænse w _P			Plasticitetsindeks I _P	
Korndensitet(0-0.063mm) ρ _s	Mg/m ³	Korndensitet(0-16mm) ρ _s		Mg/m ³	Korndensitet, filler ρ _f	Mg/m ³
Kalkindhold(0-1mm) ka	%	Kalkindhold(0-16mm) ka		%	Kalkindhold(>16mm) ka	%
Glødetab gl	0.6 %	Glødetab reduceret gl _{red}		%	d50	0,19
Sandækivalent (0-4mm)SE ₄	%	Humusindhold				
Vurderet frostfare		Vandindhold in situ w _{nat}		%		

Prøvebeskrivelse: SAND

Rekvirent: ORBICON	NCC Industry A/S	Station / Boring	Mrk.: SN 02
Sted: SKAGEN NORD	Laboratoriet	Dybde / Kote	Lab. nr.: 127
Udt. d.: 04-10-2018	Modt. d.: 31-10-2018	Tegn.: Inaman	Godk.: 14/12-18
		Sag nr.: K5328	Bilag/side nr.:

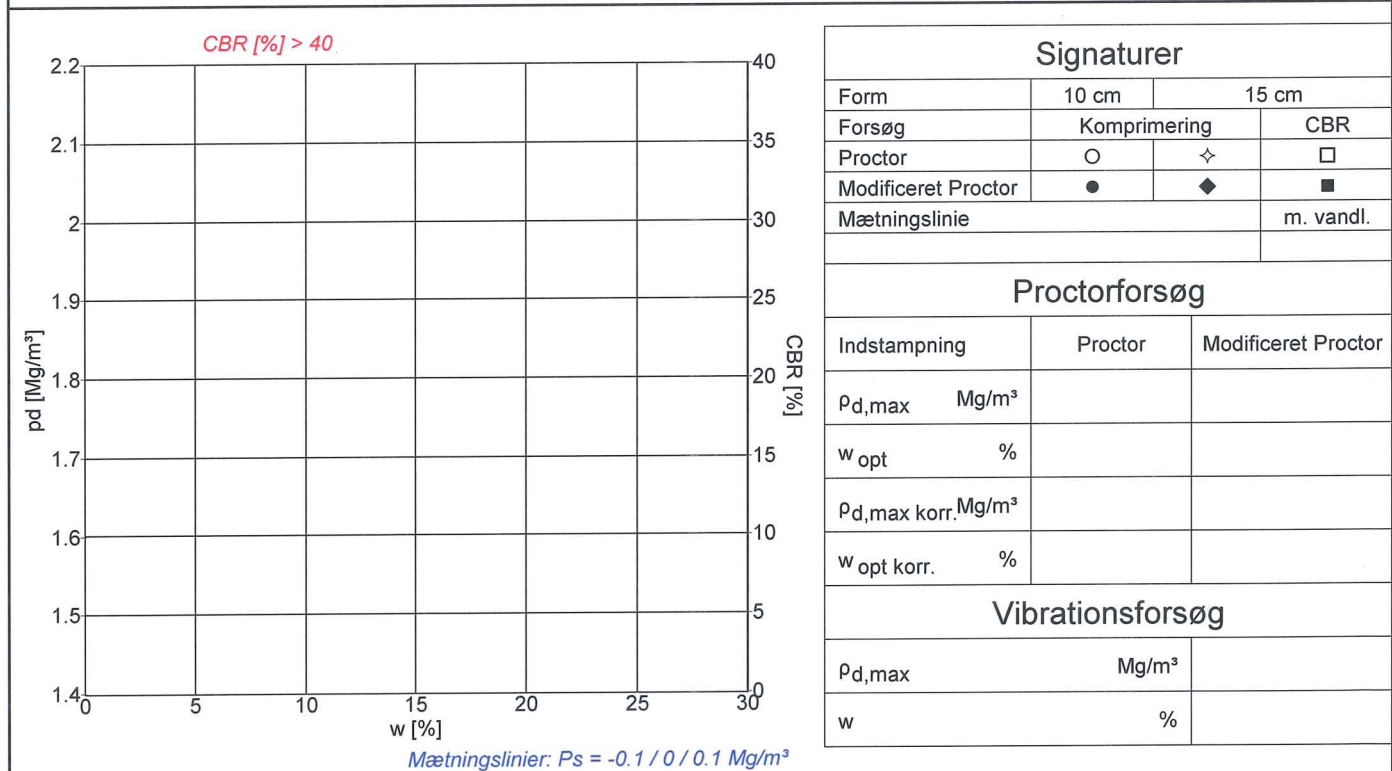
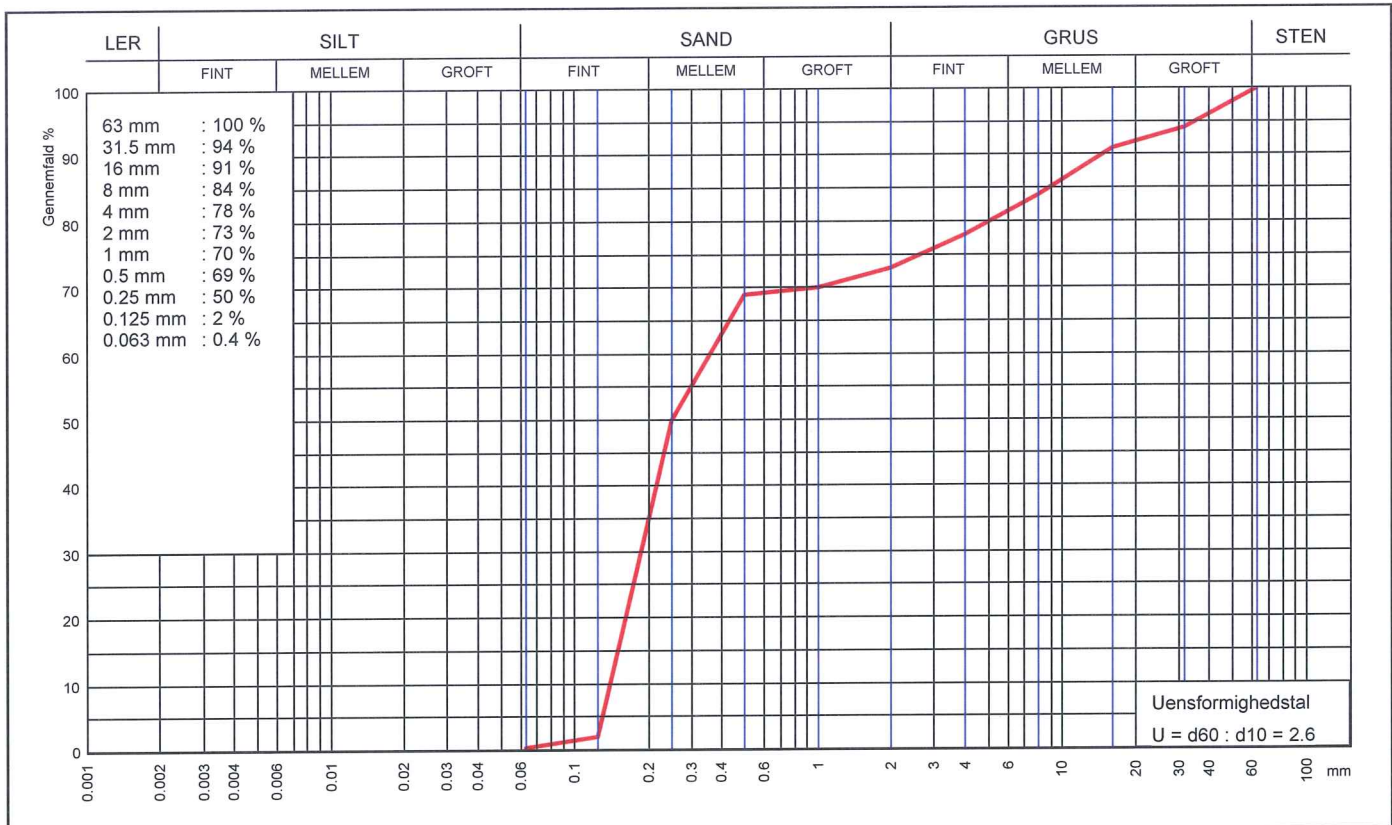


Gennemfald 0.063 mm	0.1 %	Frasigtet > 16 mm	s	%	Frasigtet > 80 mm	s	%
Flydegrænse w_L		Plasticitetsgrænse w_P			Plasticitetsindeks I_P		
Korndensitet(0-0.063mm) ρ_s	Mg/m³	Korndensitet(0-16mm) ρ_s		Mg/m³	Korndensitet, filler ρ_f		Mg/m³
Kalkindhold(0-1mm) k_a	%	Kalkindhold(0-16mm) k_a		%	Kalkindhold(>16mm) k_a		%
Glødetab g_l	0.6 %	Glødetab reduceret $g_{l \text{ red}}$		%	d50		0,19
Sandækivalent (0-4mm) SE_4	%	Humusindhold					
Vurderet frostfare		Vandindhold in situ w_{nat}		%			

Prøvebeskrivelse: SAND

Rekvirent: ORBICON	NCC Industry A/S Laboratoriet	Station / Boring	Mrk.: SN 03
Sted: SKAGEN NORD		Dybde / Kote	Lab. nr.: 128
Udt. d.: 04-10-2018	Modt. d.: 31-10-2018	Tegn.: Inaman	Godk.: 12-18
		Sag nr.: K5328	Bilag/side nr.:

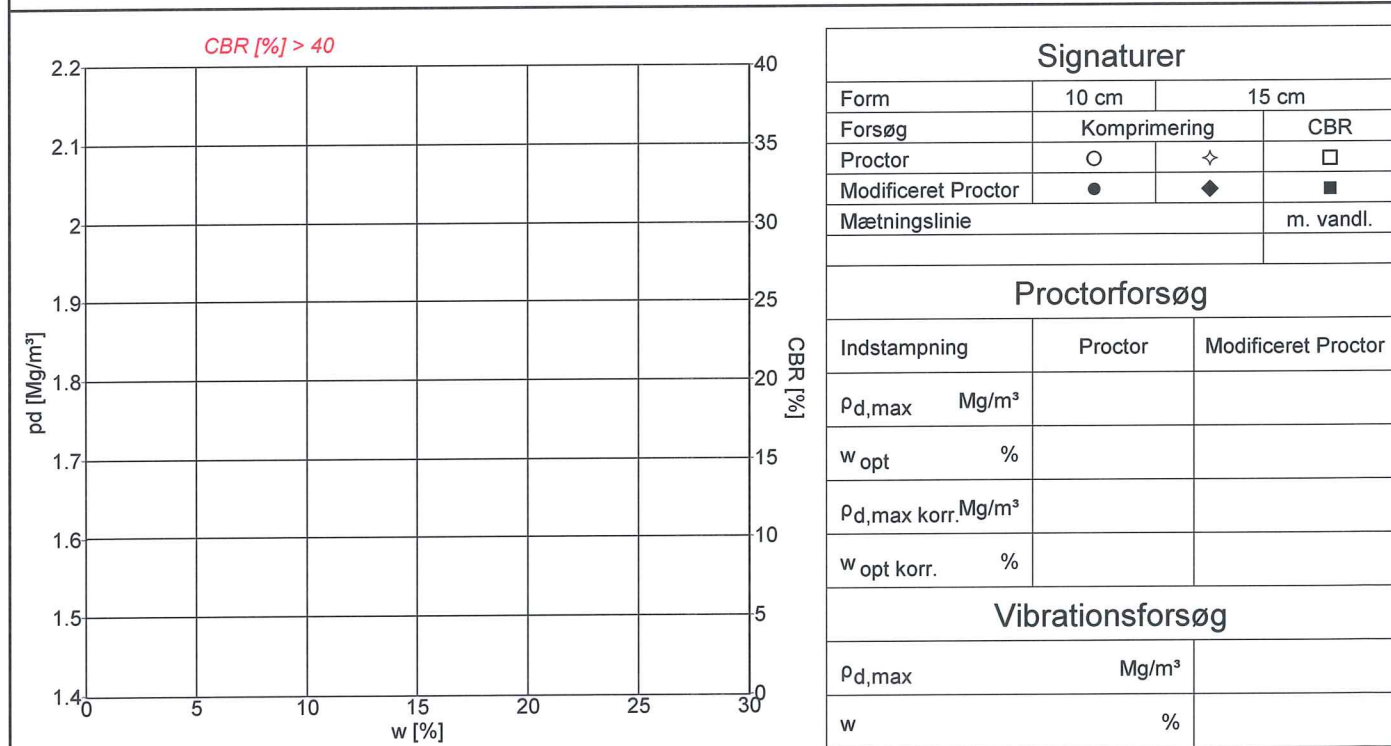
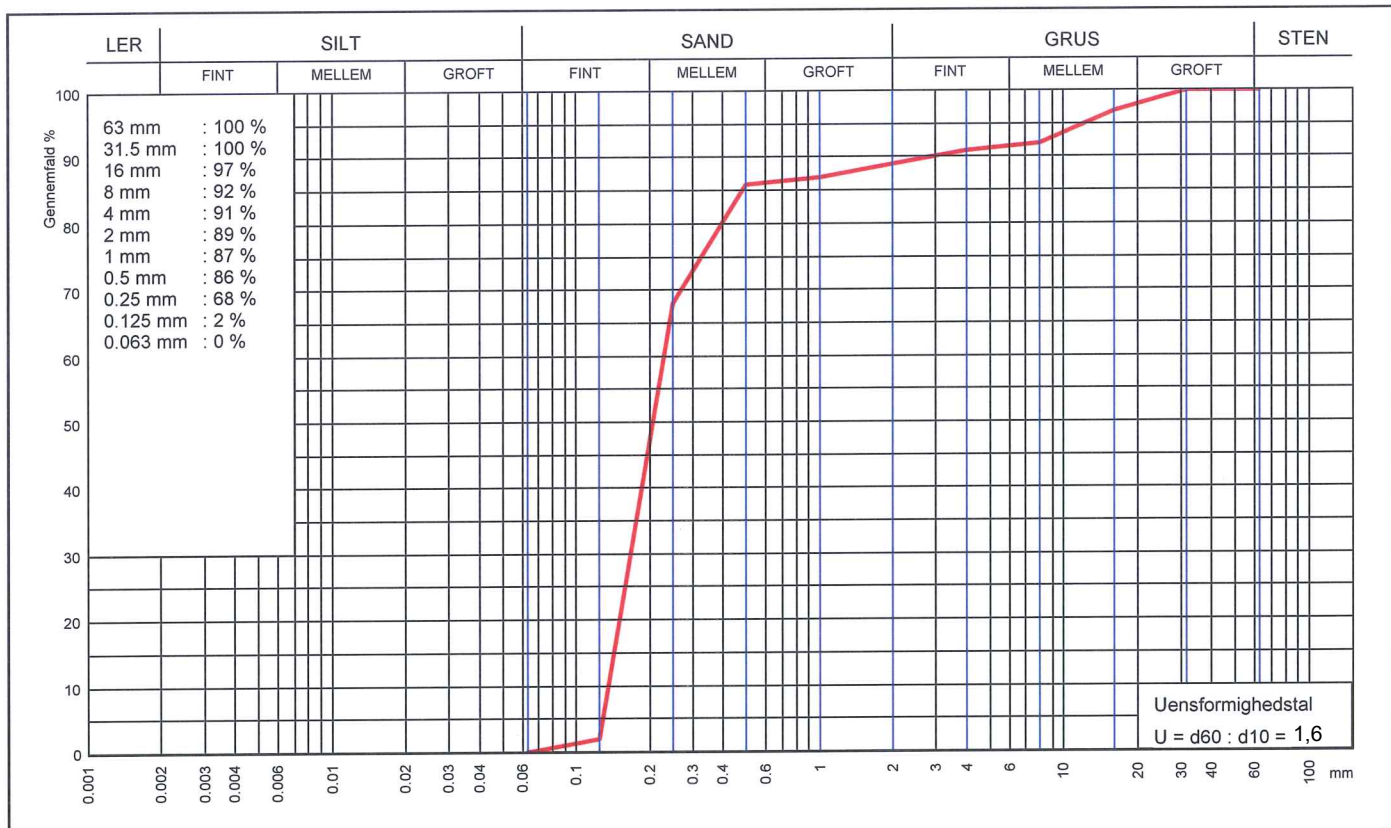
www.drive-it.dk



Gennemfald 0.063 mm	0.4 %	Frasigtet > 16 mm	s	9 %	Frasigtet > 80 mm	%
Flydegrænse w _L		Plasticitetsgrænse w _P			Plasticitetsindeks I _P	
Korndensitet(0-0.063mm) ρ _s	Mg/m ³	Korndensitet(0-16mm) ρ _s	Mg/m ³		Korndensitet, filler ρ _f	Mg/m ³
Kalkindhold(0-1mm) ka	%	Kalkindhold(0-16mm) ka	%		Kalkindhold(>16mm) ka	%
Glødetab gl	0.6 %	Glødetab reduceret gl _{red}	%		d ₅₀	0,25
Sandækvivalent (0-4mm)SE ₄	%	Humusindhold				
Vurderet frostfare		Vandindhold in situ w _{nat}	%			

Prøvebeskrivelse: SAND

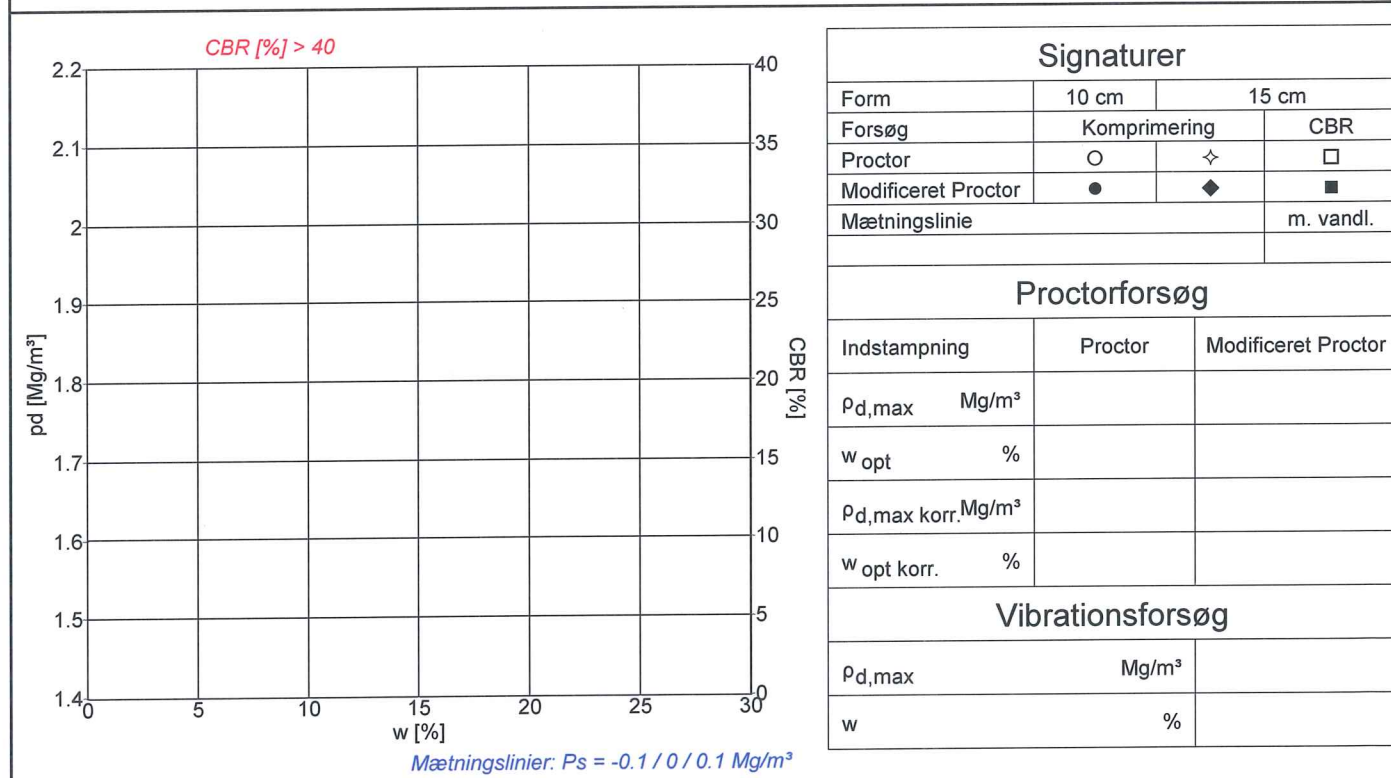
Rekvirent: ORBICON	NCC Industry A/S Laboratoriet	Station / Boring	Mrk.: SN 04
Sted: SKAGEN NORD		Dybde / Kote	Lab. nr.: 129
Udt. d.: 04-10-2018	Modt. d.: 31-10-2018	Tegn.: Inaman	Godk.: 3/12-18
		Sag nr.: K5328	Bilag/side nr.:



Gennemfald 0.063 mm	0 %	Frasigtet > 16 mm	s	3 %	Frasigtet > 80 mm	%
Flydegrænse w _L		Plasticitetsgrænse w _P			Plasticitetsindeks I _P	
Korndensitet(0-0.063mm) ρ _s	Mg/m³	Korndensitet(0-16mm) ρ _s	Mg/m³		Korndensitet, filler ρ _f	Mg/m³
Kalkindhold(0-1mm) ka	%	Kalkindhold(0-16mm) ka	%		Kalkindhold(>16mm) ka	%
Glødetab gl	0.5 %	Glødetab reduceret gl _{red}	%		d ₅₀	0,22
Sandækvivalent (0-4mm)SE ₄	%	Humusindhold				
Vurderet frostfare		Vandindhold in situ w _{nat}	%			

Prøvebeskrivelse: SAND

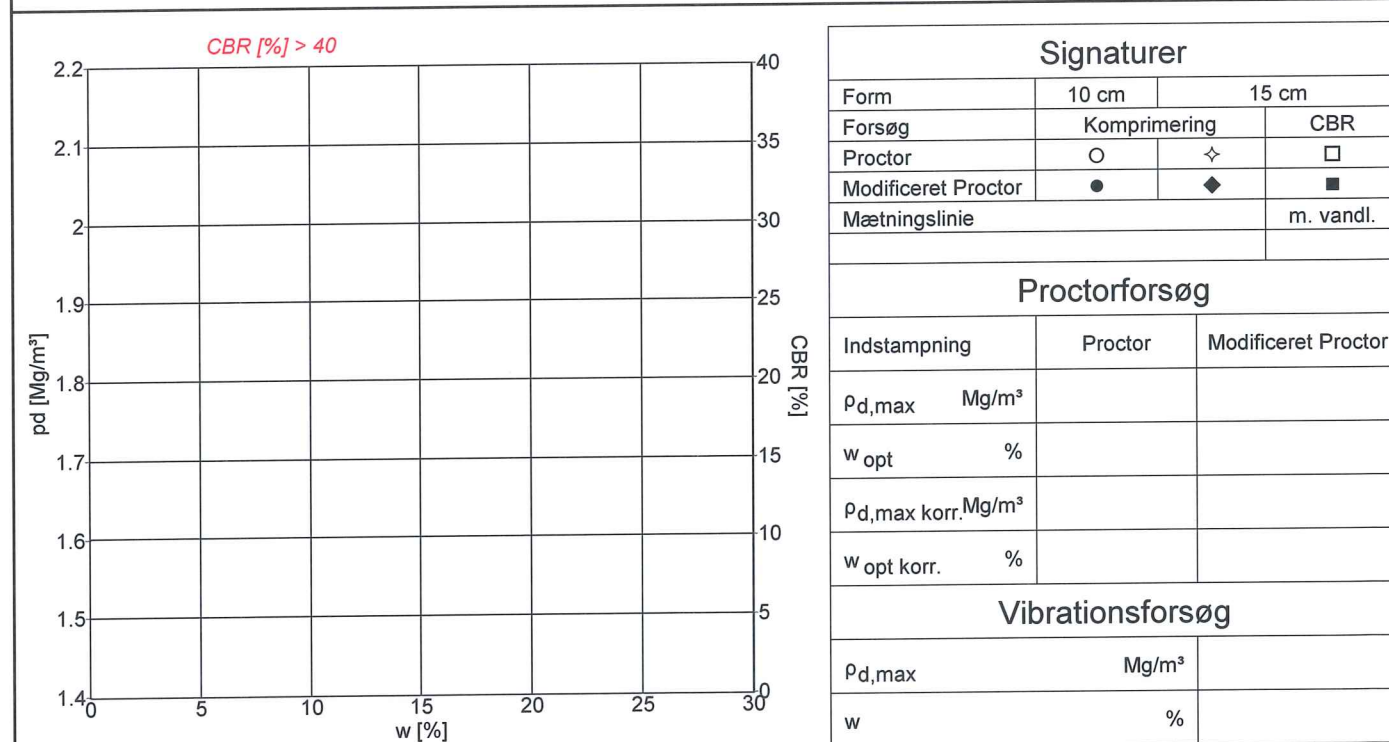
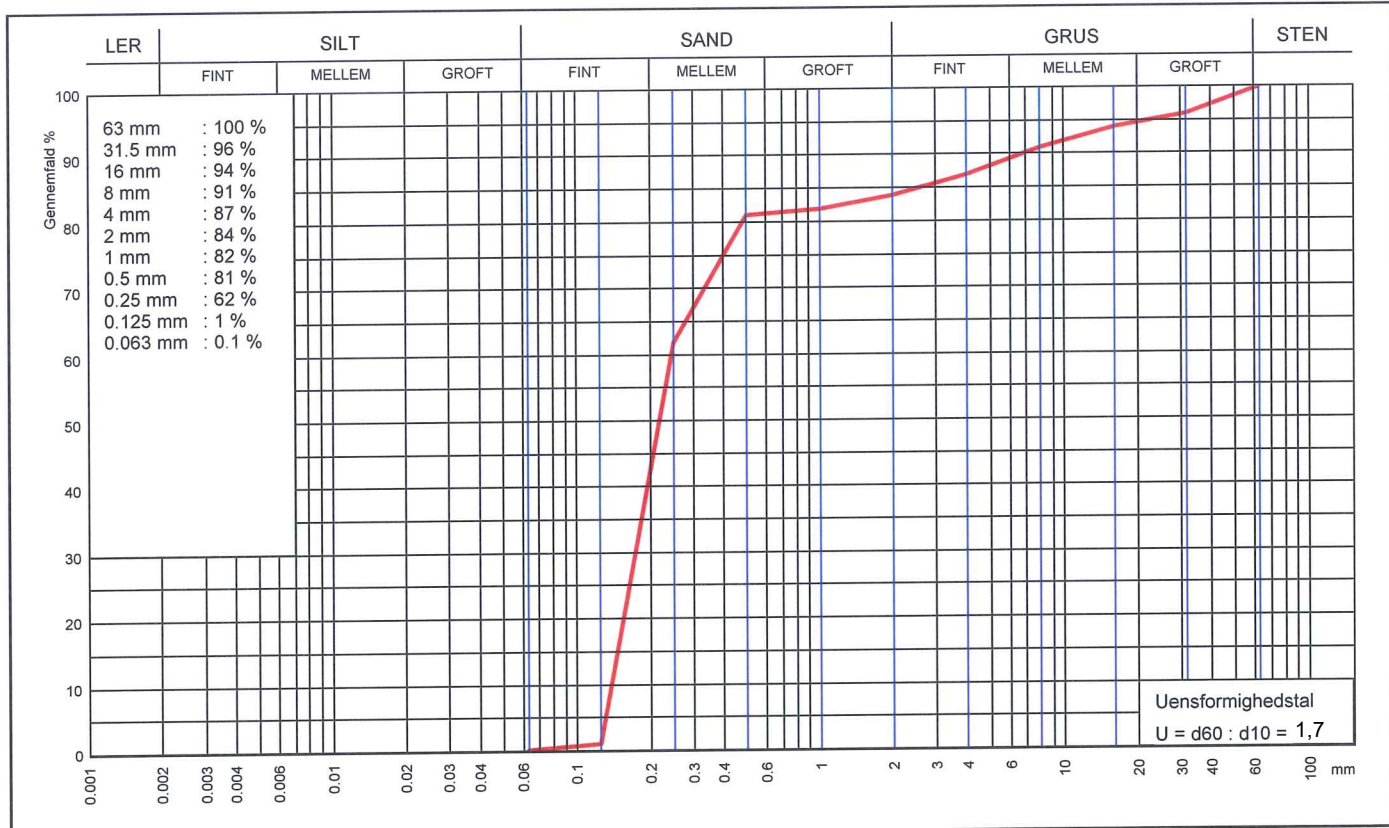
Rekvirent: ORBICON	NCC Industry A/S Laboratoriet	Station / Boring	Mrk.: SN 05
Sted: SKAGEN NORD		Dybde / Kote	Lab. nr.: 130
Udt. d.: 04-10-2018	Modt. d.: 31-10-2018	Tegn.: Inaman	Godk.: 11/12-18
		Sag nr.: K5328	Bilag/side nr.:



Gennemfald 0.063 mm	0.2 %	Frasigtet > 16 mm	s	%	Frasigtet > 80 mm	%		
Flydegrænse	w _L	Plasticitetsgrænse	w _P		Plasticitetsindeks	I _P		
Korndensitet(0-0.063mm)	ρ _s	Mg/m³	Korndensitet(0-16mm)	ρ _s	Mg/m³	Korndensitet, filler	ρ _f	Mg/m³
Kalkindhold(0-1mm)	ka	%	Kalkindhold(0-16mm)	ka	%	Kalkindhold(>16mm)	ka	%
Glødetab	gl	0.4 %	Glødetab reduceret	gl _{red}	%	d50	0,21	
Sandækivalent (0-4mm)SE ₄	%	Humusindhold						
Vurderet frostfare		Vandindhold in situ	w _{nat}	%				

Prøvebeskrivelse: SAND

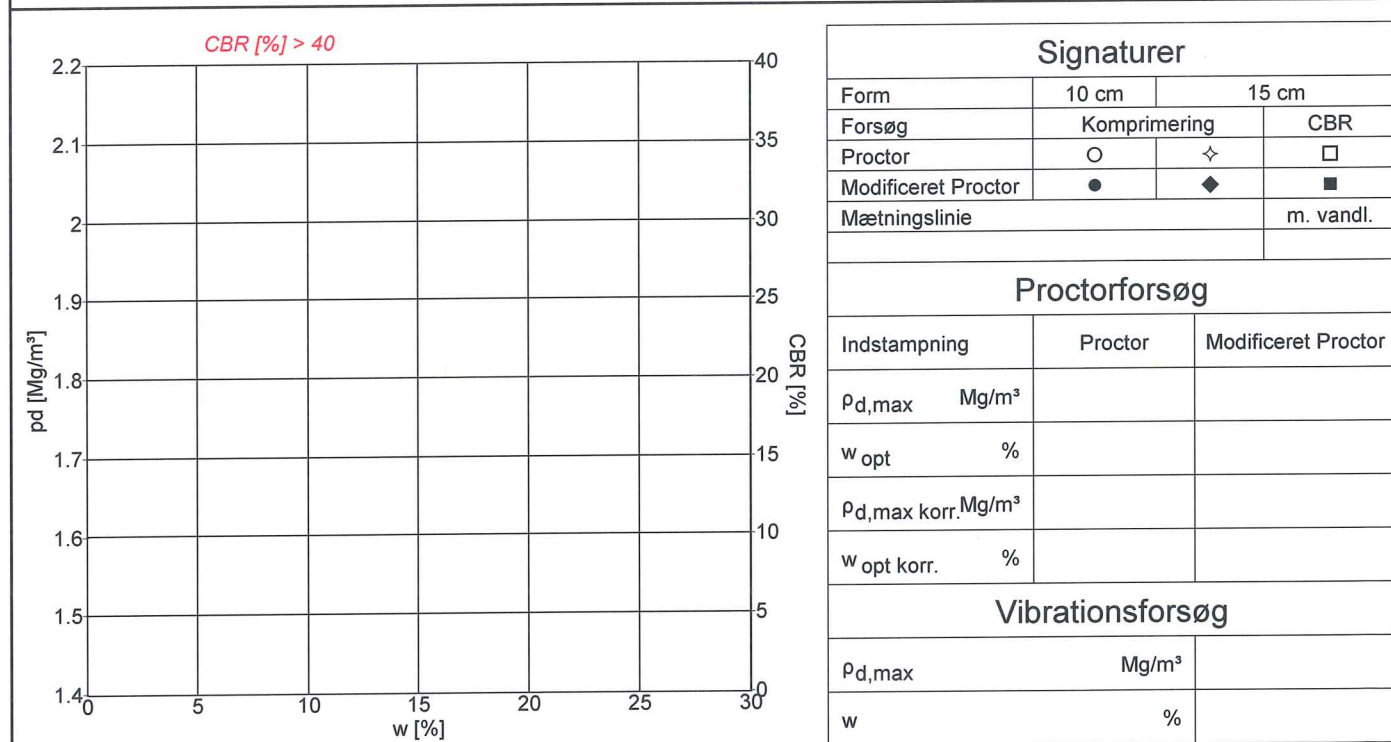
Rekvirent: ORBICON	NCC Industry A/S Laboratoriet	Station / Boring	Mrk.: SN 06
Sted: SKAGEN NORD		Dybde / Kote	Lab. nr.: 131
Udt. d.: 04-10-2018	Modt. d.: 31-10-2018	Tegn.: Inaman	Godk.: 14/12-18
		Sag nr.: K5328	Bilag/side nr.:



Gennemfald 0.063 mm	0.1 %	Frasigtet > 16 mm	s	6 %	Frasigtet > 80 mm	%
Flydegrænse w _L		Plasticitetsgrænse w _P			Plasticitetsindeks I _P	
Korndensitet(0-0.063mm) ρ _s	Mg/m ³	Korndensitet(0-16mm) ρ _s	Mg/m ³		Korndensitet, filler ρ _f	Mg/m ³
Kalkindhold(0-1mm) ka	%	Kalkindhold(0-16mm) ka	%		Kalkindhold(>16mm) ka	%
Glødetab gl	0.4 %	Glødetab reduceret gl _{red}	%		d ₅₀	0,22
Sandækvivalent (0-4mm)SE ₄	%	Humusindhold				
Vurderet frostfare		Vandindhold in situ w _{nat}	%			

Prøvebeskrivelse: SAND

Rekvirent: ORBICON	NCC	NCC Industry A/S	Station / Boring	Mrk.: SN 07
Sted: SKAGEN NORD		Laboratoriet	Dybde / Kote	Lab. nr.: 132
Udt. d.: 04-10-2018	Modt. d.: 31-10-2018	Tegn.: Inaman	Godk. 4/10-18	Sag nr.: K5328
				Bilag/side nr.:

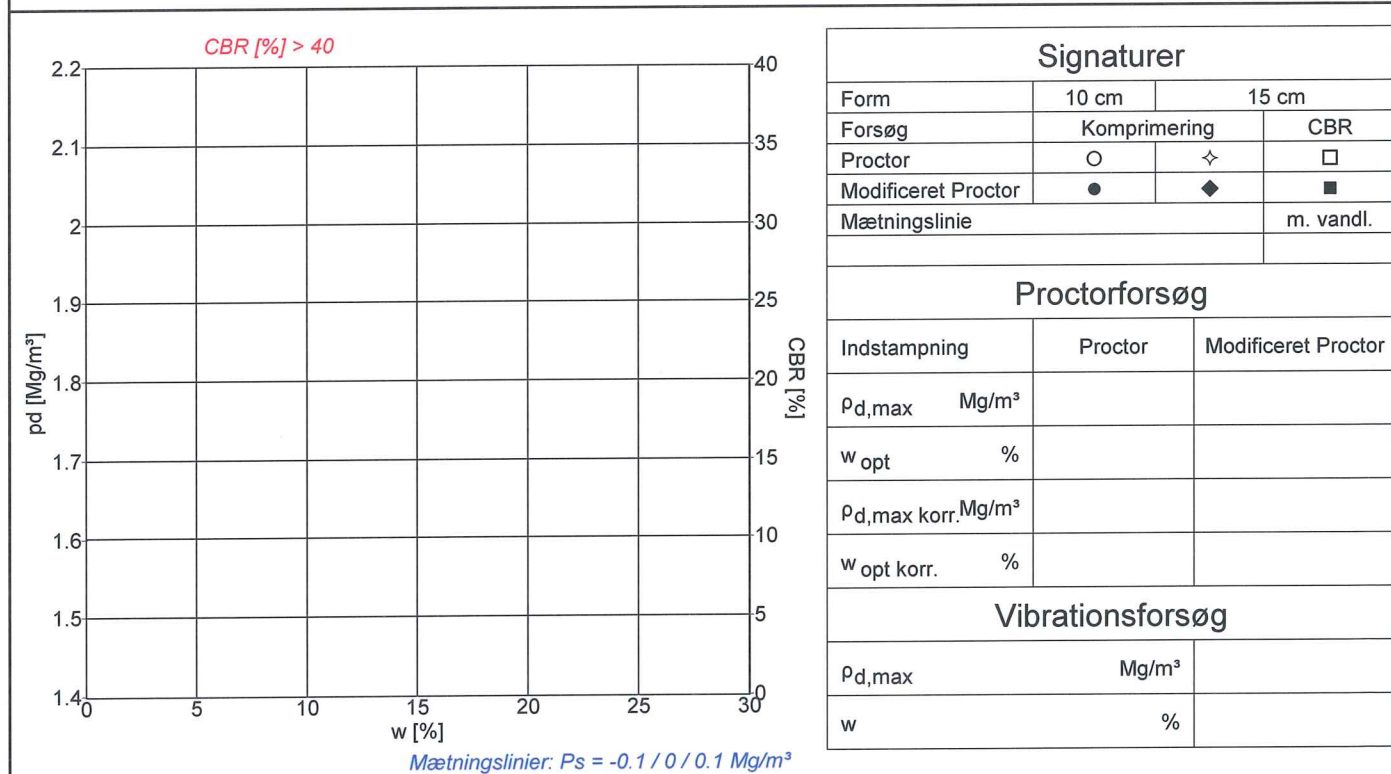
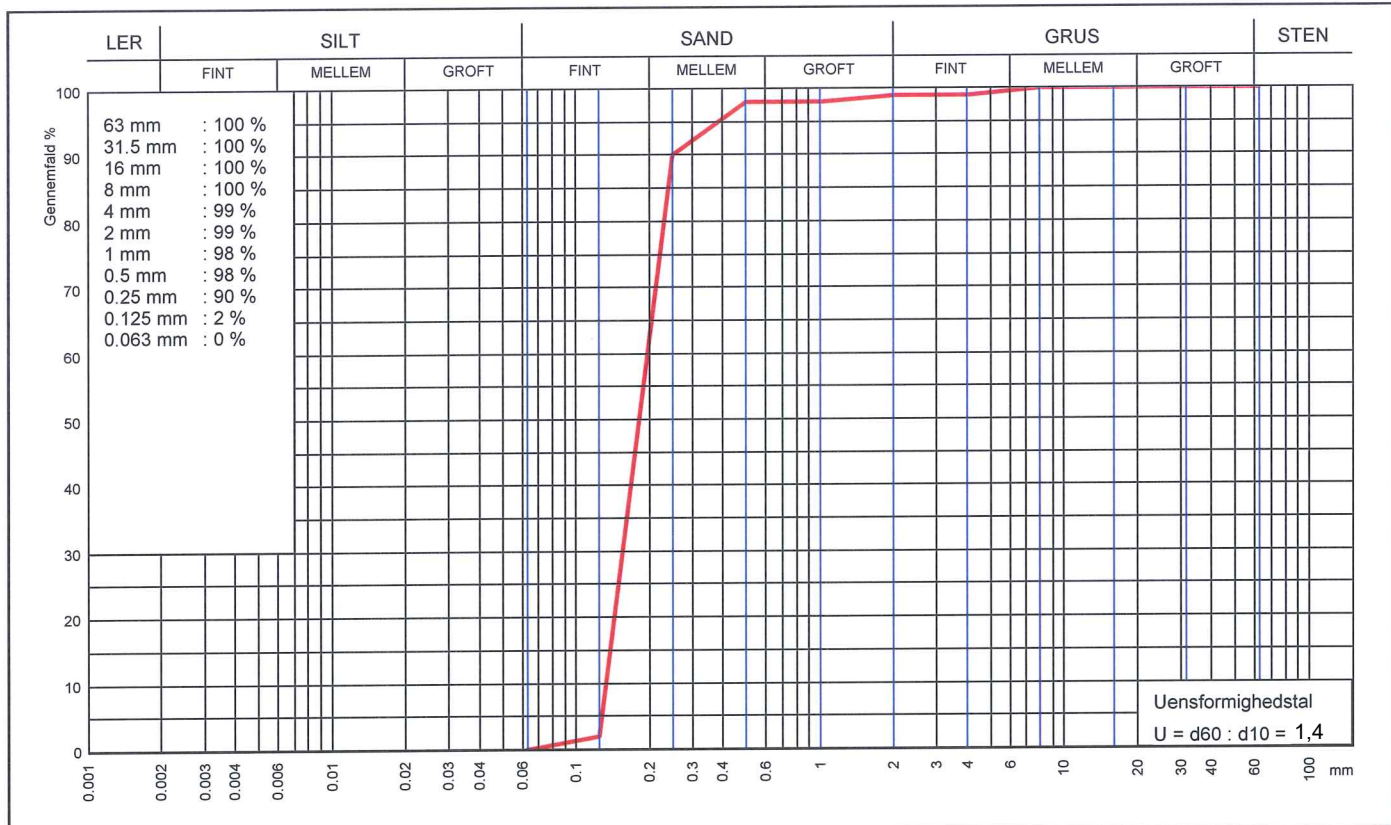


Gennemfald 0.063 mm	0.2 %	Frasigtet > 16 mm	s	2 %	Frasigtet > 80 mm	%
Flydegrænse w _L		Plasticitetsgrænse w _p			Plasticitetsindeks I _p	
Korndensitet(0-0.063mm) ρ _s	Mg/m³	Korndensitet(0-16mm) ρ _s	Mg/m³		Korndensitet, filler ρ _f	Mg/m³
Kalkindhold(0-1mm) ka	%	Kalkindhold(0-16mm) ka	%		Kalkindhold(>16mm) ka	%
Glødetab gl	0.5 %	Glødetab reduceret gl _{red}	%		d50	0,22
Sandækvivalent (0-4mm) SE ₄	%	Humusindhold				
Vurderet frostfare		Vandindhold in situ w _{nat}	%			

Prøvebeskrivelse: SAND

Rekvirent: ORBICON	NCC Industry A/S Laboratoriet	Station / Boring	Mrk.: SN 08
Sted: SKAGEN NORD		Dybde / Kote	Lab. nr.: 133
Udt. d.: 05-10-2018		Modt. d.: 31-10-2018	Sag nr.: K5328
Tegn.: Inaman	Godk. 12-18		

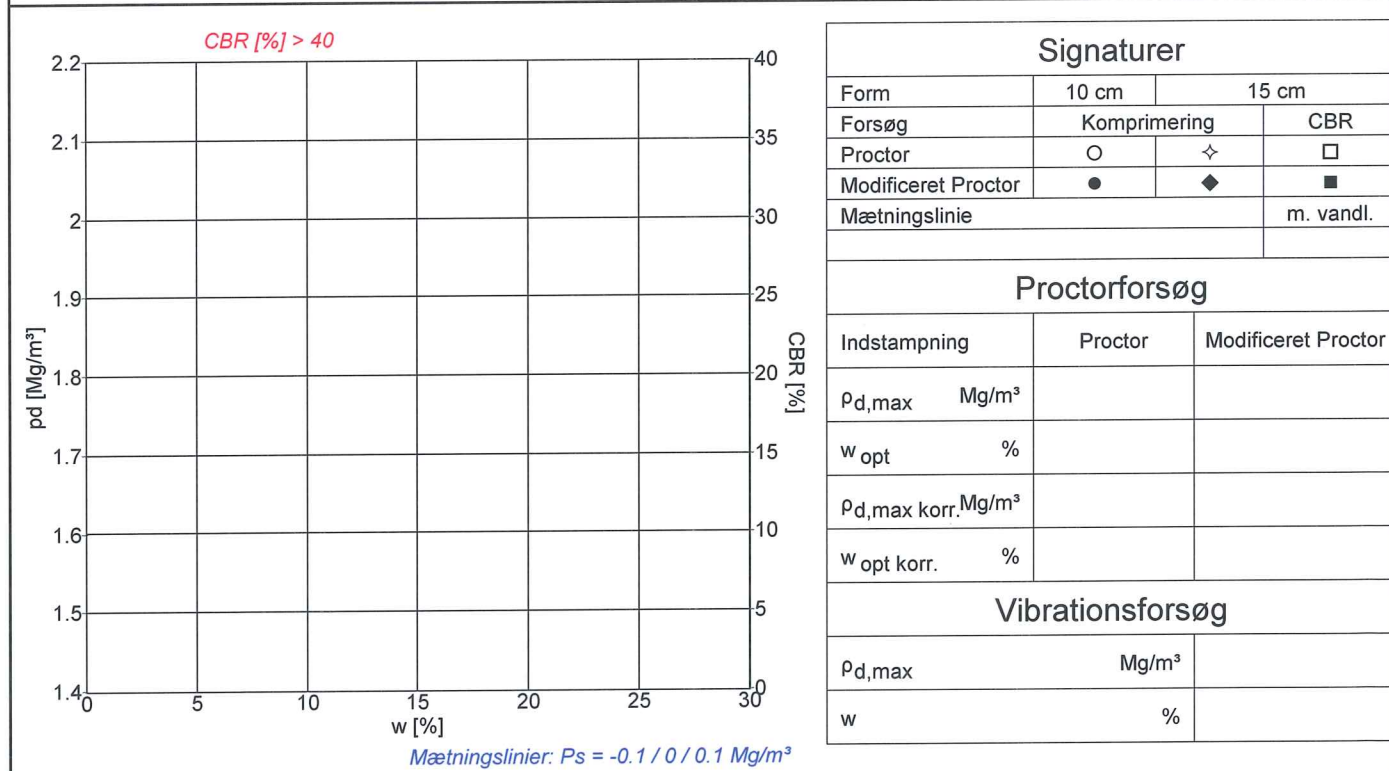
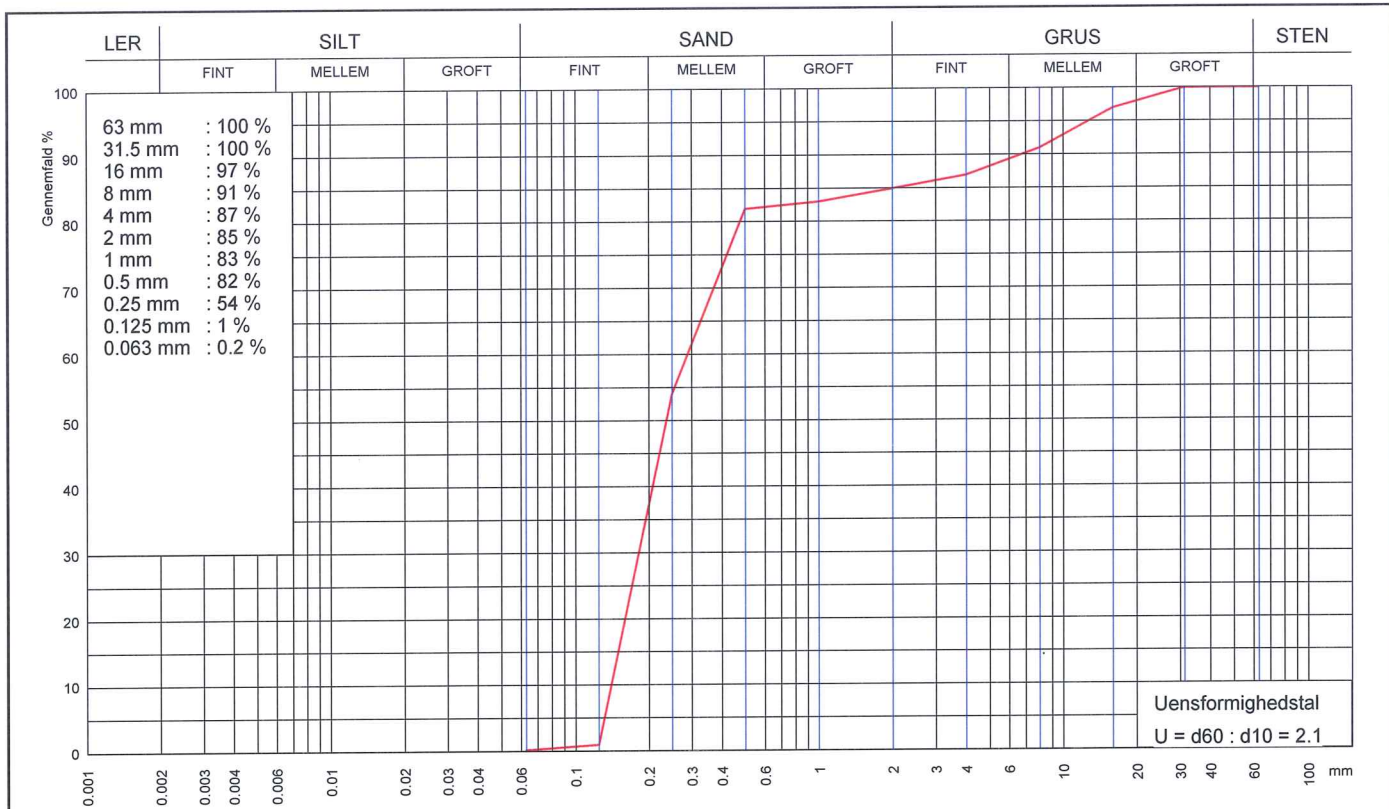
www.drive-it.dk



Gennemfald 0.063 mm	0 %	Frasigtet > 16 mm	s	%	Frasigtet > 80 mm	%
Flydegrænse w _L		Plasticitetsgrænse w _P			Plasticitetsindeks I _P	
Korndensitet(0-0.063mm) ρ _s	Mg/m³	Korndensitet(0-16mm) ρ _s	Mg/m³		Korndensitet, filler ρ _f	Mg/m³
Kalkindhold(0-1mm) ka	%	Kalkindhold(0-16mm) ka	%		Kalkindhold(>16mm) ka	%
Glødetab gl	0.4 %	Glødetab reduceret gl _{red}	%		d50	0,19
Sandækvivalent (0-4mm) SE ₄	%	Humusindhold				
Vurderet frostfare		Vandindhold in situ w _{nat}	%			

Prøvebeskrivelse: SAND

Rekvirent: ORBICON	NCC Industry A/S	Station / Boring	Mrk.: SN 09
Sted: SKAGEN NORD	Laboratoriet	Dybde / Kote	Lab. nr.: 134
Udt. d.: 05-10-2018	Modt. d.: 31-10-2018	Tegn.: Inaman	Godk.: 14/12-18
		Sag nr.: K5328	Bilag/side nr.:

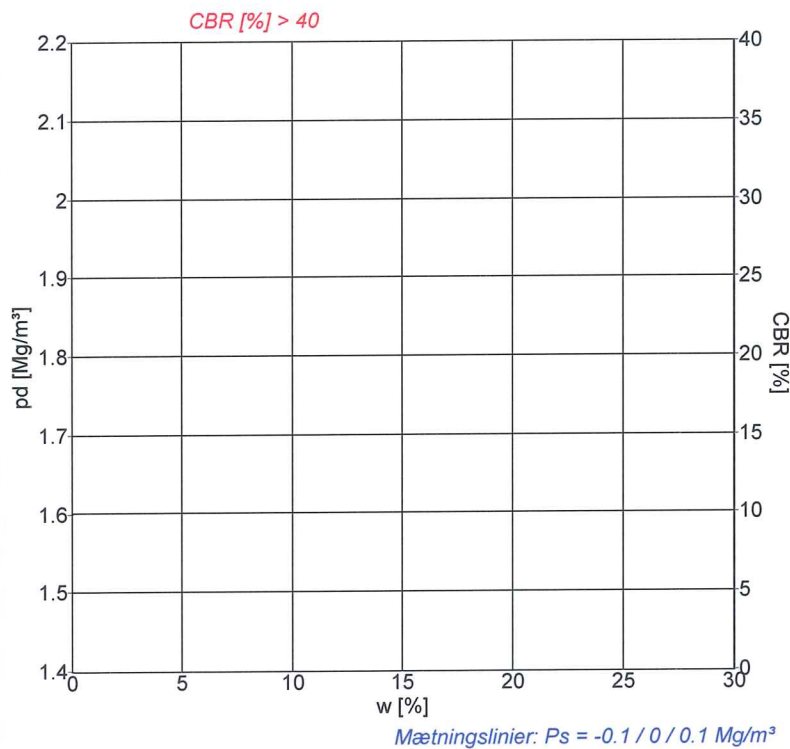


Gennemfald 0.063 mm	0.2 %	Frasigtet > 16 mm	s	3 %	Frasigtet > 80 mm	%
Flydegrænse w _L		Plasticitetsgrænse w _p			Plasticitetsindeks I _p	
Korndensitet(0-0.063mm) ρ _s	Mg/m³	Korndensitet(0-16mm) ρ _s	Mg/m³		Korndensitet, filler ρ _f	Mg/m³
Kalkindhold(0-1mm) ka	%	Kalkindhold(0-16mm) ka	%		Kalkindhold(>16mm) ka	%
Glødetab gl	0.4 %	Glødetab reduceret gl _{red}	%		d50	0,24
Sandækivalent (0-4mm)SE ₄	%	Humusindhold				
Vurderet frostfare		Vandindhold in situ w _{nat}	%			

Prøvebeskrivelse: SAND

Rekvirent: ORBICON	NCC Industry A/S Laboratoriet	Station / Boring	Mrk.: SN 10
Sted: SKAGEN NORD		Dybde / Kote	Lab. nr.: 135
Udt. d.: 05-10-2018		Modt. d.: 31-10-2018	Sag nr.: K5328

Tegn.: Inaman Godk.: 3/10-18



Signaturer		
Form	10 cm	15 cm
Forsøg	Komprimering	CBR
Proctor	○	◇
Modificeret Proctor	●	◆
Mætningslinje	m. vandl.	
Proctorforsøg		
Indstampning	Proctor	Modificeret Proctor
ρ _{d,max} Mg/m³		
w _{opt} %		
ρ _{d,max} korr. Mg/m³		
w _{opt} korr. %		
Vibrationsforsøg		
ρ _{d,max} Mg/m³		
w %		

Gennemfald 0.063 mm	0 %	Frasigtet > 16 mm	s	7 %	Frasigtet > 80 mm	%
Flydegrænse w _L		Plasticitetsgrænse w _P			Plasticitetsindeks I _P	
Korndensitet(0-0.063mm) ρ _s	Mg/m³	Korndensitet(0-16mm) ρ _s	Mg/m³		Korndensitet, filler ρ _f	Mg/m³
Kalkindhold(0-1mm) ka	%	Kalkindhold(0-16mm) ka	%		Kalkindhold(>16mm) ka	%
Glødetab gl	0.3 %	Glødetab reduceret gl _{red}	%		d50	0,41
Sandækvivalent (0-4mm)SE ₄	%	Humusindhold				
Vurderet frostfare		Vandindhold in situ w _{nat}	%			

Prøvebeskrivelse: SAND

Rekvirent: ORBICON

Sted: SKAGEN NORD

Udt. d.: 05-10-2018

Modt. d.: 31-10-2018



NCC Industry A/S
Laboratoriet

Tegn.: Inaman

Godk.: 31-10-18

Station / Boring

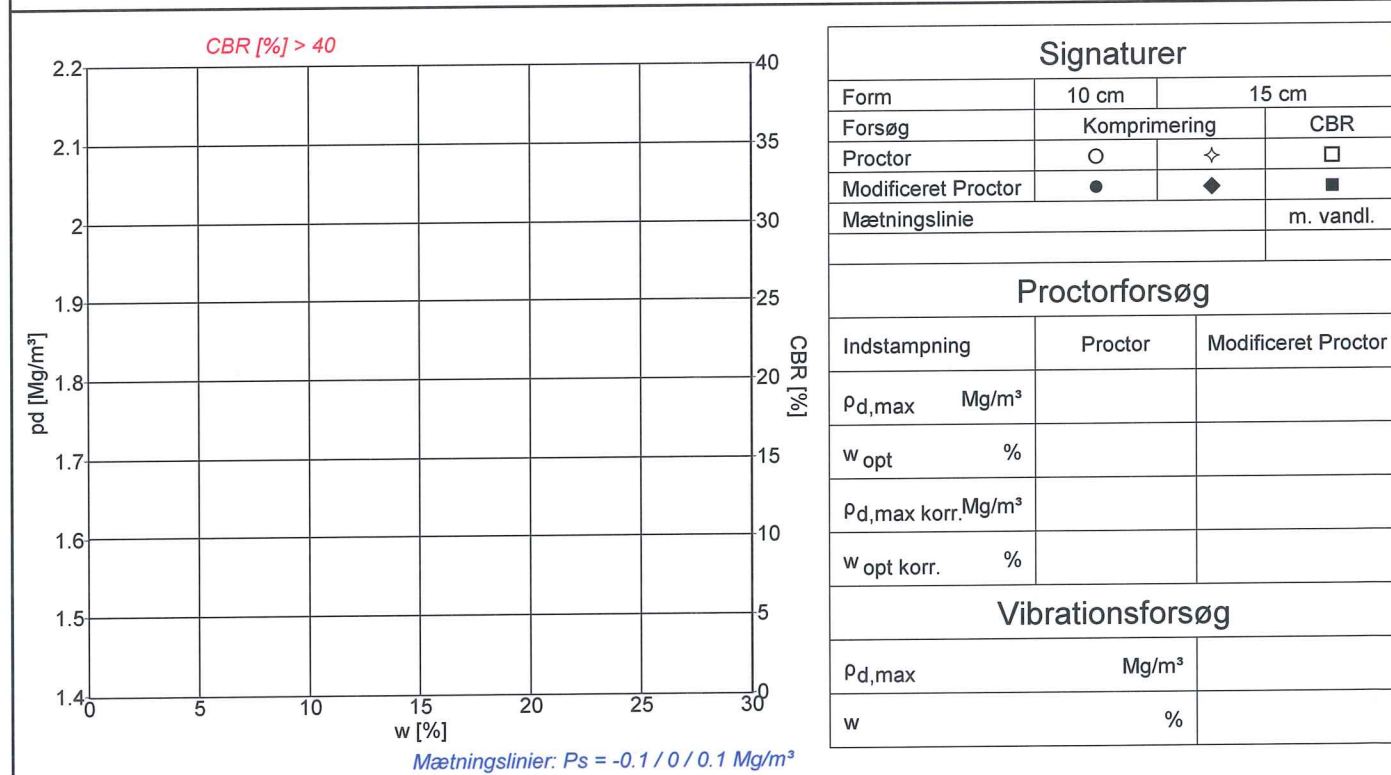
Dybde / Kote

Sag nr.: K5328

Mrk.: SN 11

Lab. nr.: 136

Bilag/side nr.:



Gennemfald 0.063 mm	0.1 %	Frasigtet > 16 mm	s	%	Frasigtet > 80 mm	%
Flydegrænse w _L		Plasticitetsgrænse w _p			Plasticitetsindeks I _p	
Korndensitet(0-0.063mm) ρ _s	Mg/m³	Korndensitet(0-16mm) ρ _s		Mg/m³	Korndensitet, filler ρ _f	Mg/m³
Kalkindhold(0-1mm) ka	%	Kalkindhold(0-16mm) ka		%	Kalkindhold(>16mm) ka	%
Glødetab gl	0.3 %	Glødetab reduceret gl _{red}		%	d50	0,19
Sandækvivalent (0-4mm)SE ₄	%	Humusindhold				
Vurderet frostfare		Vandindhold in situ w _{nat}		%		

Prøvebeskrivelse: SAND

Rekvirent: ORBICON

Sted: SKAGEN NORD

Udt. d.: 05-10-2018

Modt. d.: 31-10-2018



NCC Industry A/S
Laboratoriet

Tegn.: Inaman

Godk. 4/12-18

Station / Boring

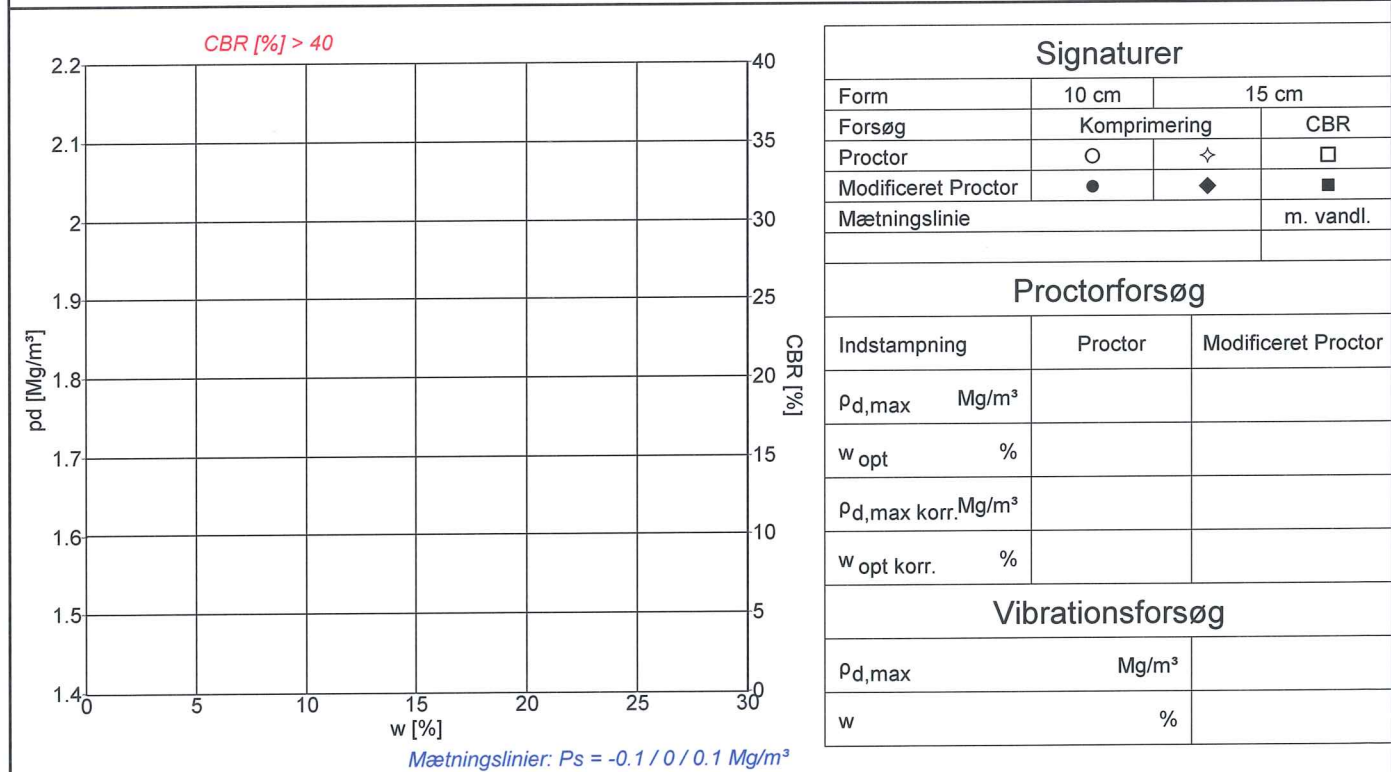
Dybde / Kote

Sag nr.: K5328

Mrk.: SN 12

Lab. nr.: 137

Bilag/side nr.:



Gennemfald 0.063 mm	0 %	Frasigtet > 16 mm	s	5 %	Frasigtet > 80 mm	%
Flydegrænse w _L		Plasticitetsgrænse w _P			Plasticitetsindeks I _P	
Korndensitet(0-0.063mm) ρ _s	Mg/m ³	Korndensitet(0-16mm) ρ _s	Mg/m ³		Korndensitet, filler ρ _f	Mg/m ³
Kalkindhold(0-1mm) ka	%	Kalkindhold(0-16mm) ka	%		Kalkindhold(>16mm) ka	%
Glødetab gl	0.3 %	Glødetab reduceret gl _{red}	%		d ₅₀	0,24
Sandækivalent (0-4mm)SE ₄	%	Humusindhold				
Vurderet frostfare		Vandindhold in situ w _{nat}	%			

Prøvebeskrivelse: SAND

Rekvirent: ORBICON

Sted: SKAGEN NORD

Udt. d.: 05-10-2018

Modt. d.: 31-10-2018



NCC Industry A/S
Laboratoriet

Tegn.: Inaman

Godk.: 3/12-18

Station / Boring

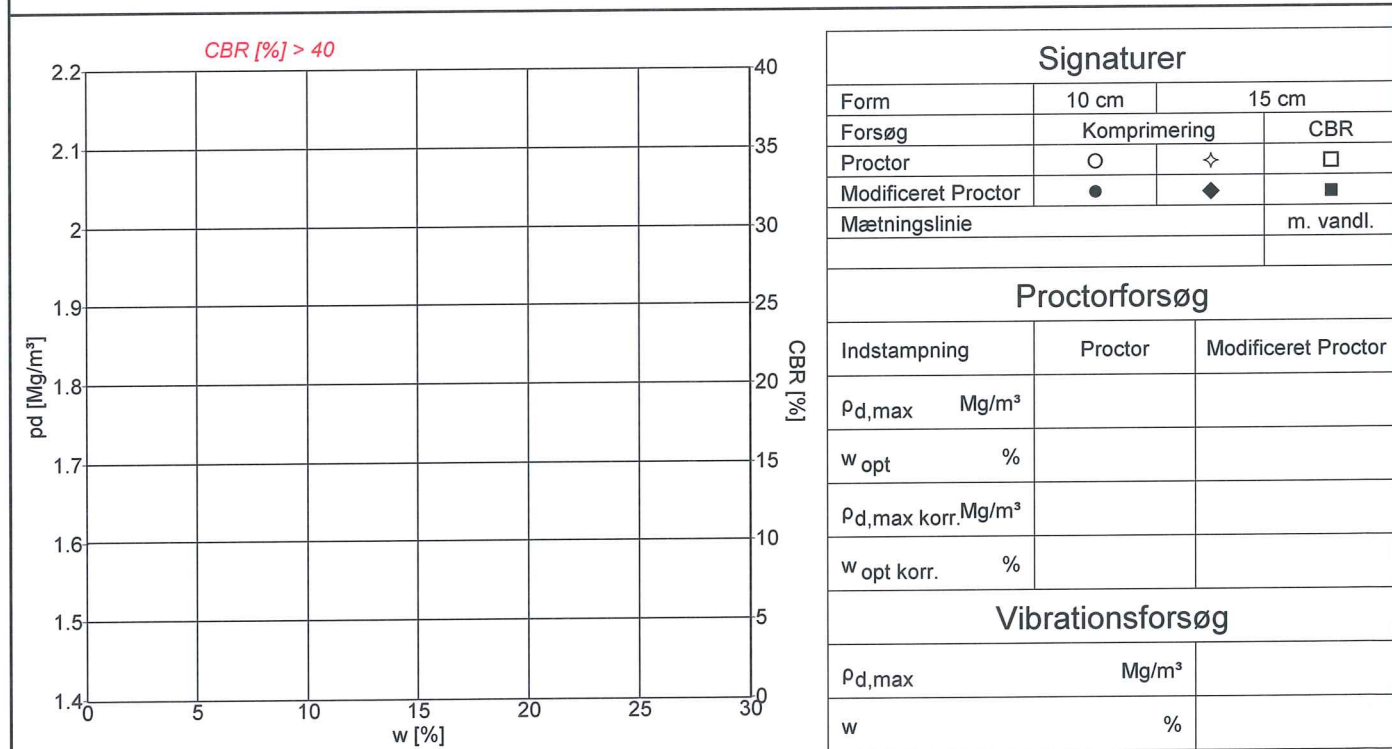
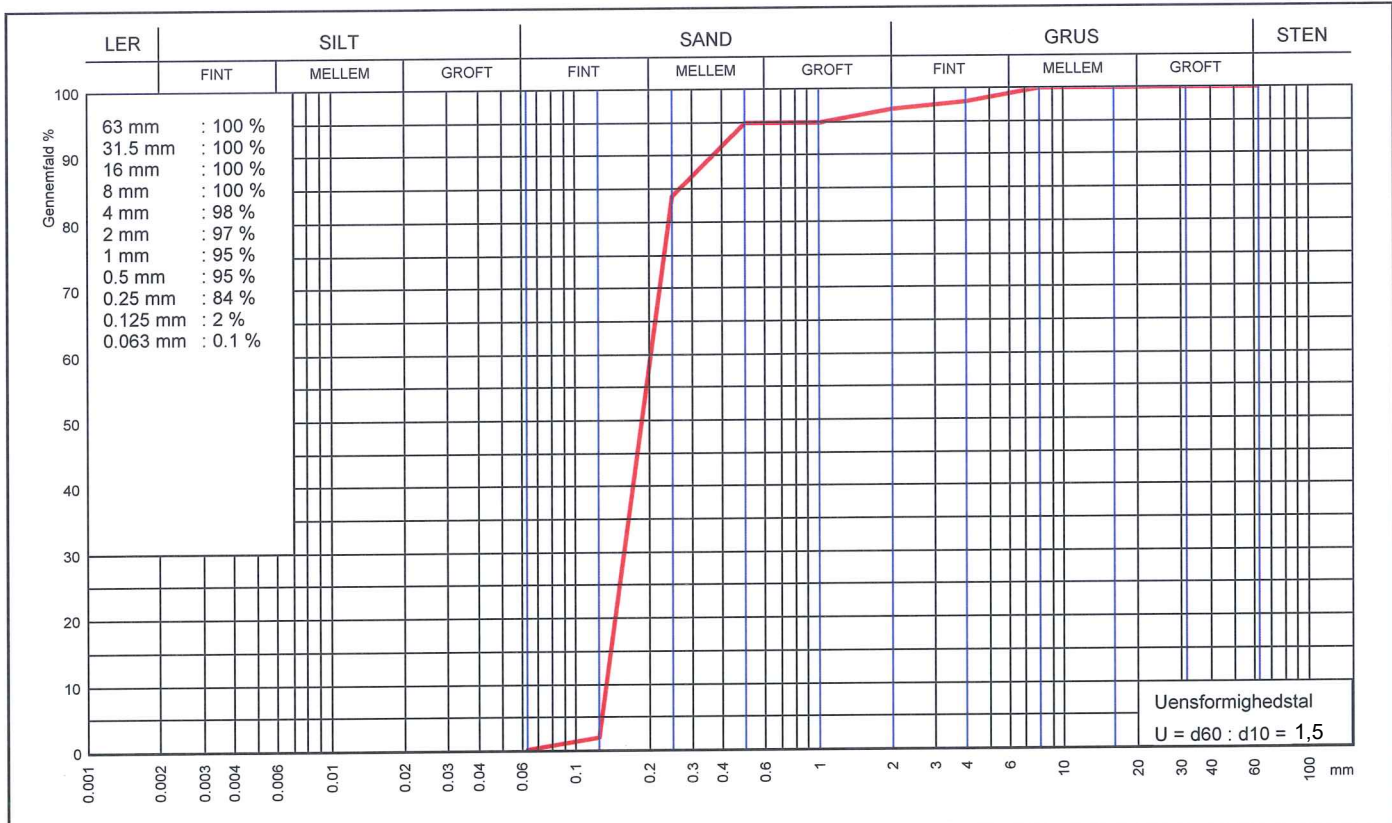
Dybde / Kote

Sag nr.: K5328

Mrk.: SN 13

Lab. nr.: 138

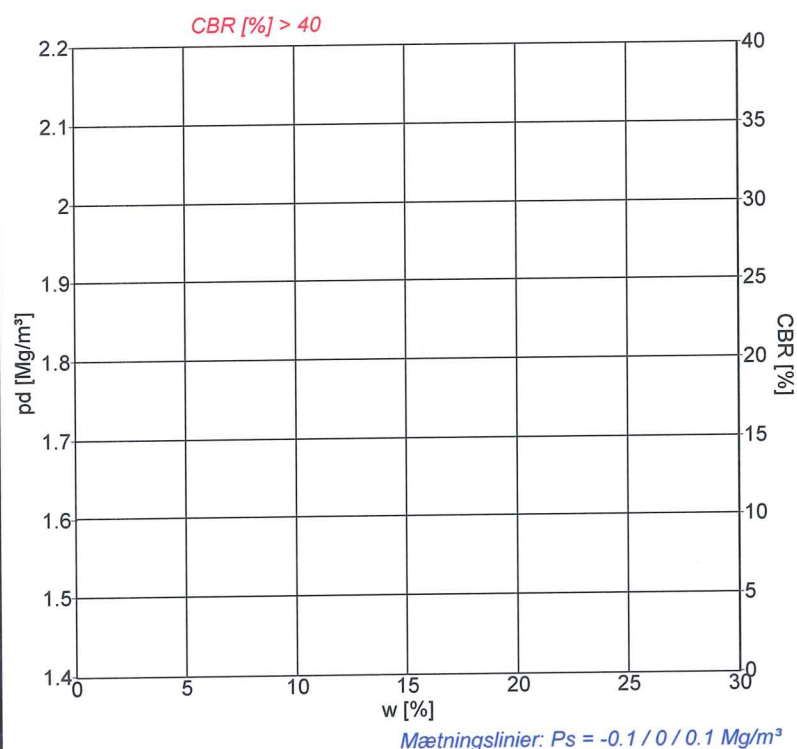
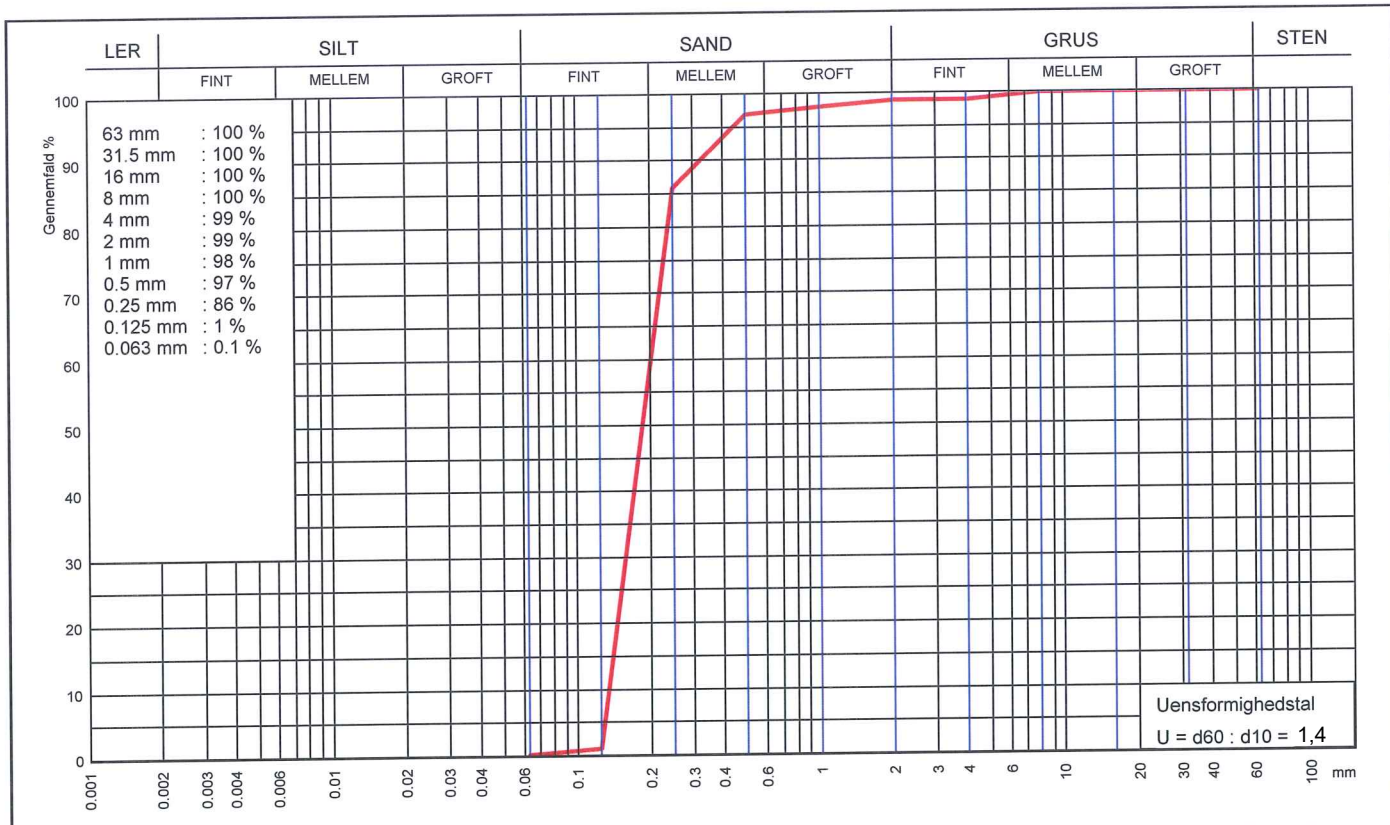
Bilag/side nr.:



Gennemfald 0.063 mm	0.1 %	Frasigtet > 16 mm	s	%	Frasigtet > 80 mm	%
Flydegrænse w_L		Plasticitetsgrænse w_P			Plasticitetsindeks I_P	
Korndensitet(0-0.063mm) ρ_s	Mg/m³	Korndensitet(0-16mm) ρ_s		Mg/m³	Korndensitet, filler ρ_f	Mg/m³
Kalkindhold(0-1mm) k_a	%	Kalkindhold(0-16mm) k_a		%	Kalkindhold(>16mm) k_a	%
Glødetab g_l	0.4 %	Glødetab reduceret $g_{l \text{ red}}$		%	d50	0,2
Sandækvivalent (0-4mm) SE_4	%	Humusindhold				
Vurderet frostfare		Vandindhold in situ w_{nat}		%		

Prøvebeskrivelse: SAND

Rekvirent: ORBICON	NCC Industry A/S Laboratoriet	Station / Boring	Mrk.: SN 14
Sted: SKAGEN NORD		Dybde / Kote	Lab. nr.: 139
Udt. d.: 05-10-2018	Modt. d.: 31-10-2018	Tegn.: Inaman	Godk.: 11/12-18
		Sag nr.: K5328	Bilag/side nr.:



Signaturer		
Form	10 cm	15 cm
Forsøg	Komprimering	CBR
Proctor	○	◇
Modificeret Proctor	●	◆
Mætningslinje	m. vandl.	

Proctorforsøg		
Indstamping	Proctor	Modificeret Proctor
ρ _{d,max} Mg/m ³		
w _{opt} %		
ρ _{d,max} korr. Mg/m ³		
w _{opt} korr. %		

Vibrationsforsøg		
ρ _{d,max} Mg/m ³		
w %		

Gennemfald 0.063 mm	0.1 %	Frasigtet > 16 mm	s	%	Frasigtet > 80 mm	%
Flydegrænse w _L		Plasticitetsgrænse w _P			Plasticitetsindeks I _p	
Korndensitet(0-0.063mm) ρ _s	Mg/m ³	Korndensitet(0-16mm) ρ _s		Mg/m ³	Korndensitet, filler ρ _f	Mg/m ³
Kalkindhold(0-1mm) ka	%	Kalkindhold(0-16mm) ka		%	Kalkindhold(>16mm) ka	%
Glødetab gl	0.4 %	Glødetab reduceret gl _{red}		%	d ₅₀	0,2
Sandækvivalent (0-4mm)SE ₄	%	Humusindhold				
Vurderet frostfare		Vandindhold in situ w _{nat}		%		

Prøvebeskrivelse: SAND

Rekvirent: ORBICON

Sted: SKAGEN NORD

Udt. d.: 05-10-2018

Modt. d.: 31-10-2018



NCC Industry A/S
Laboratoriet

Tegn.: Inaman

Godk.: 12-18

Station / Boring

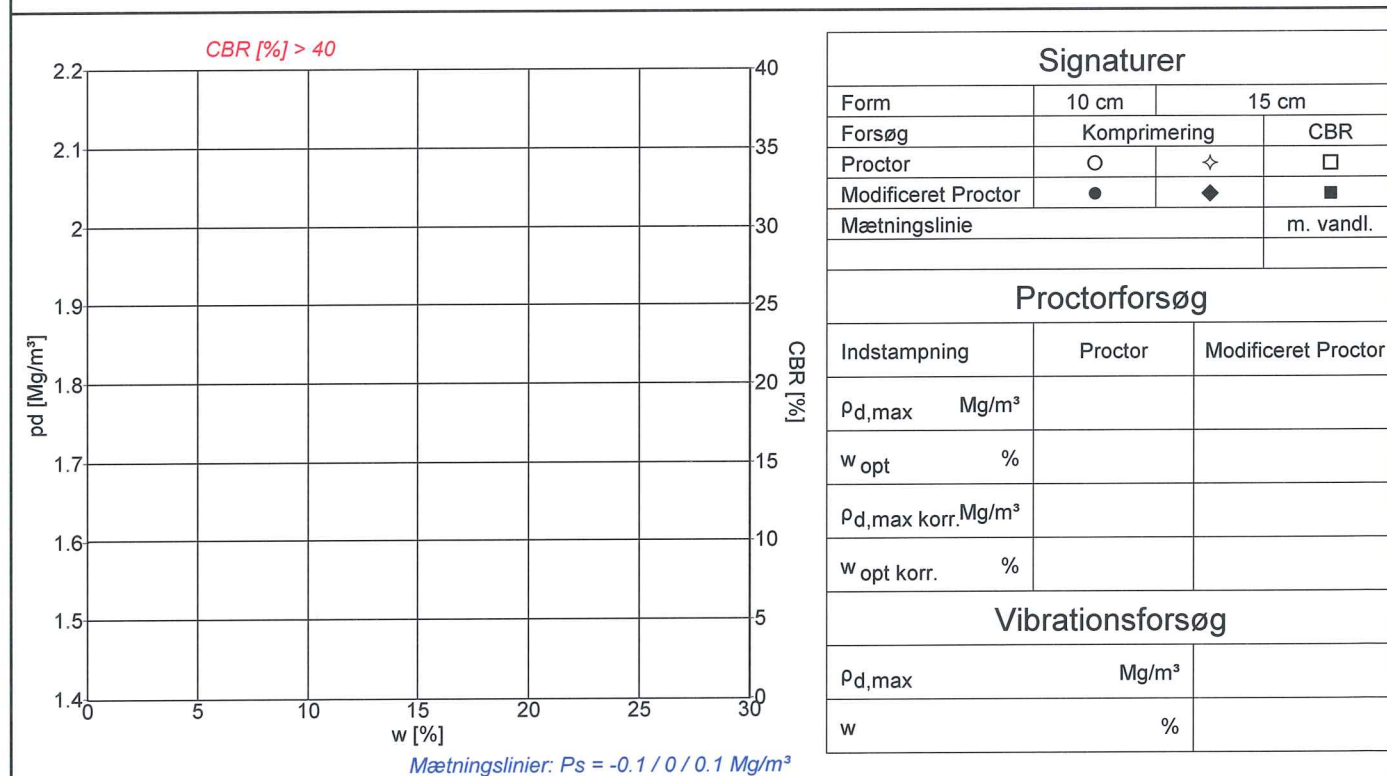
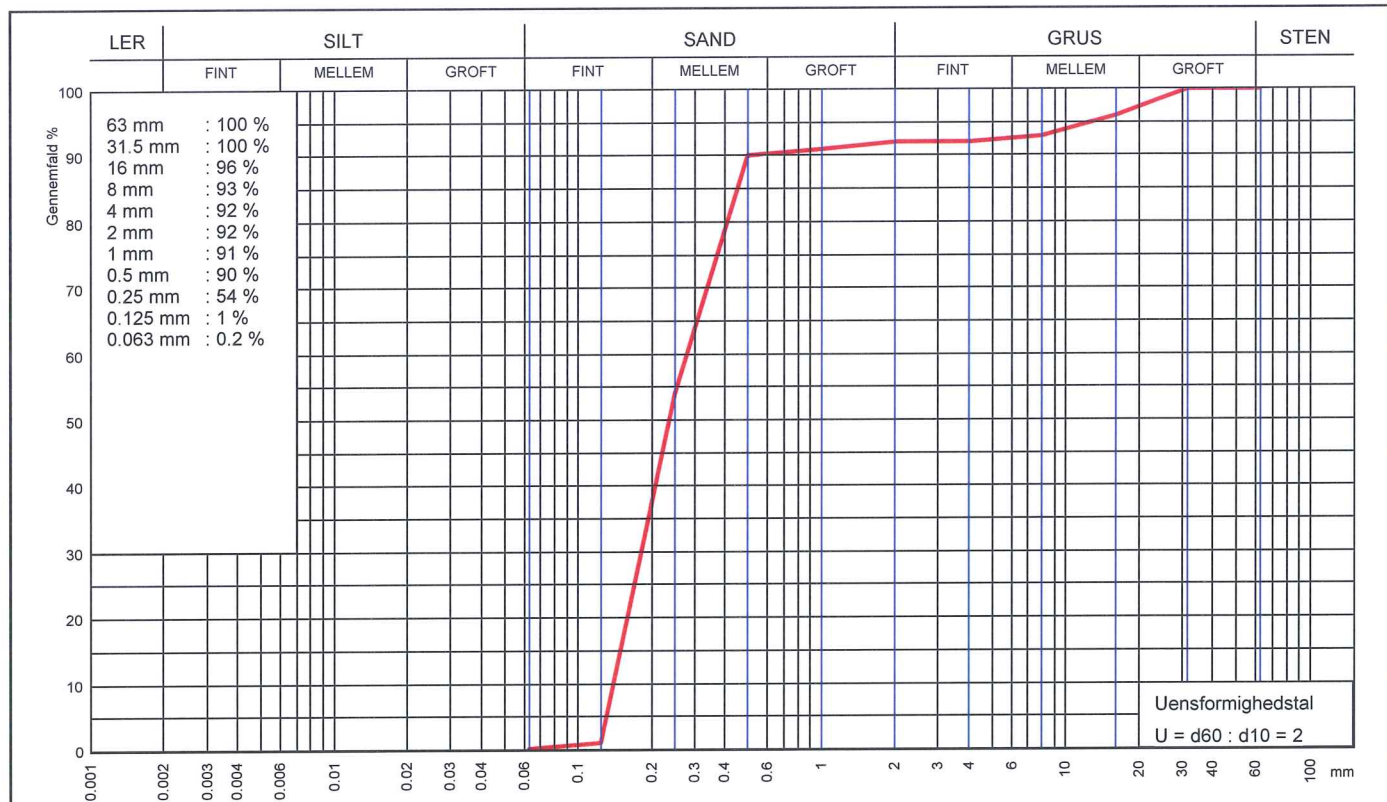
Dybde / Kote

Sag nr.: K5328

Mrk.: SN 15

Lab. nr.: 140

Bilag/side nr.:



Gennemfald 0.063 mm	0.2 %	Frasigtet > 16 mm	s	4 %	Frasigtet > 80 mm	%
Flydegrænse w _L		Plasticitetsgrænse w _P			Plasticitetsindeks I _P	
Korndensitet(0-0.063mm) ρ _s	Mg/m ³	Korndensitet(0-16mm) ρ _s	Mg/m ³		Korndensitet, filler ρ _f	Mg/m ³
Kalkindhold(0-1mm) ka	%	Kalkindhold(0-16mm) ka	%		Kalkindhold(>16mm) ka	%
Glødetab gl	0.3 %	Glødetab reduceret gl _{red}	%		d50	0,24
Sandækvivalent (0-4mm) SE ₄	%	Humusindhold				
Vurderet frostfare		Vandindhold in situ w _{nat}	%			

Prøvebeskrivelse: SAND

Rekvirent: ORBICON

Sted: SKAGEN NORD

Udt. d.: 05-10-2018

Modt. d.: 31-10-2018



NCC Industry A/S
Laboratoriet

Tegn.: Inaman

Godk.: 31-10-2018

Station / Boring

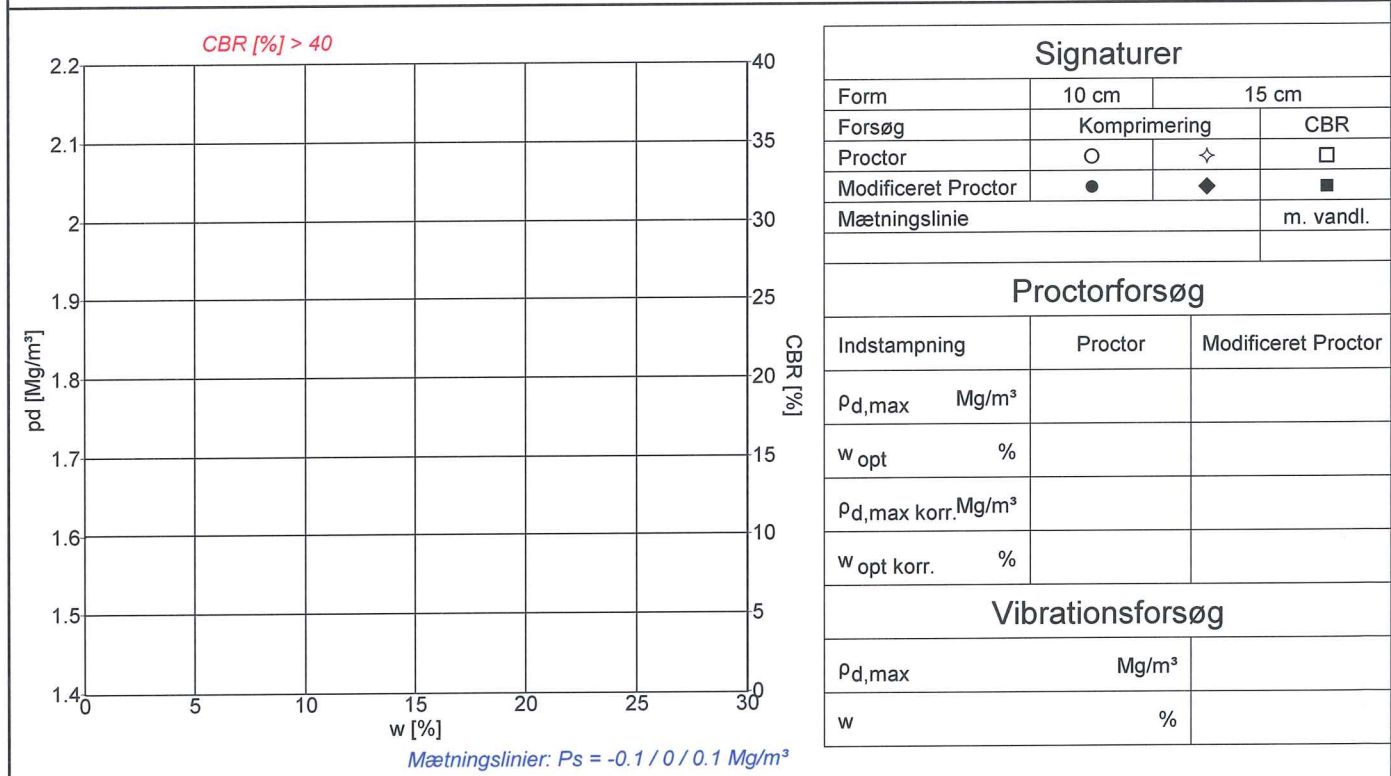
Dybde / Kote

Sag nr.: K5328

Mrk.: SN 16

Lab. nr.: 141

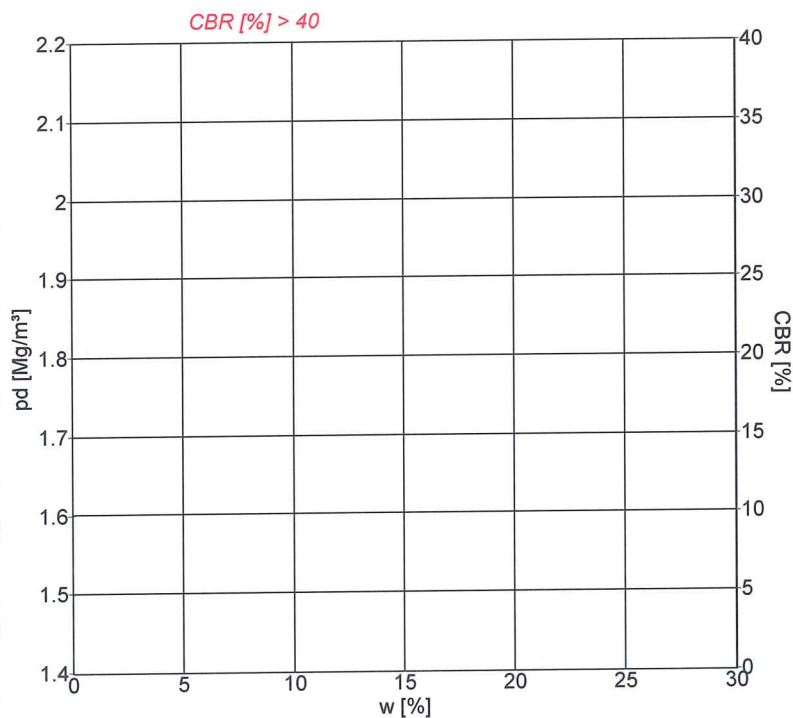
Bilag/side nr.:



Gennemfald 0.063 mm	0.1 %	Frasigtet > 16 mm	s	8 %	Frasigtet > 80 mm	%
Flydegrænse w _L		Plasticitetsgrænse w _P			Plasticitetsindeks I _P	
Korndensitet(0-0.063mm) ρ _s	Mg/m ³	Korndensitet(0-16mm) ρ _s	Mg/m ³		Korndensitet, filler ρ _f	Mg/m ³
Kalkindhold(0-1mm) ka	%	Kalkindhold(0-16mm) ka	%		Kalkindhold(>16mm) ka	%
Glødetab gl	0.3 %	Glødetab reduceret gl _{red}	%		d ₅₀	0,23
Sandækivalent (0-4mm)SE ₄	%	Humusindhold				
Vurderet frostfare		Vandindhold in situ w _{nat}	%			

Prøvebeskrivelse: SAND

Rekvirent: ORBICON		 NCC NCC Industry A/S Laboratoriet	Station / Boring	Mrk.:SN 17
Sted: SKAGEN NORD			Dybde / Kote	Lab. nr.: 142
Udt. d.: 05-10-2018	Modt. d.: 31-10-2018	Tegn.: Inaman	Godk.:  12-18	Sag nr.: K5328
				Bilag/side nr.:



Mætningslinier: $P_s = -0.1 / 0.1 \text{ Mg/m}^3$

Signaturer		
Form	10 cm	15 cm
Forsøg	Komprimering	CBR
Proctor	○	◇
Modificeret Proctor	●	◆
Mætningslinie		m. vandl.

Proctorforsøg		
Indstampning	Proctor	Modificeret Proctor
$\rho_{d,max}$ Mg/m ³		
w_{opt} %		
$\rho_{d,max \text{ korr.}}$ Mg/m ³		
$w_{opt \text{ korr.}}$ %		

Vibrationsforsøg		
$\rho_{d,max}$ Mg/m ³		
w %		

Gennemfald 0.063 mm	0.1 %	Frasigtet > 16 mm	s	%	Frasigtet > 80 mm	%
Flydegrænse w_L		Plasticitetsgrænse w_P			Plasticitetsindeks I_P	
Korndensitet(0-0.063mm) ρ_s	Mg/m ³	Korndensitet(0-16mm) ρ_s		Mg/m ³	Korndensitet, filler ρ_f	Mg/m ³
Kalkindhold(0-1mm) k_a	%	Kalkindhold(0-16mm) k_a		%	Kalkindhold(>16mm) k_a	%
Glødetab g_l	0.3 %	Glødetab reduceret $g_{l \text{ red}}$		%	d ₅₀	0,2
Sandækvivalent (0-4mm) SE_4	%	Humusindhold				
Vurderet frostfare		Vandindhold in situ w_{nat}		%		

Prøvebeskrivelse: SAND

Rekvirent: ORBICON

Sted: SKAGEN NORD

Udt. d.: 05-10-2018

Modt. d.: 31-10-2018



NCC Industry A/S
Laboratoriet

Tegn.: Inaman

Godk. 1/2-18

Station / Boring

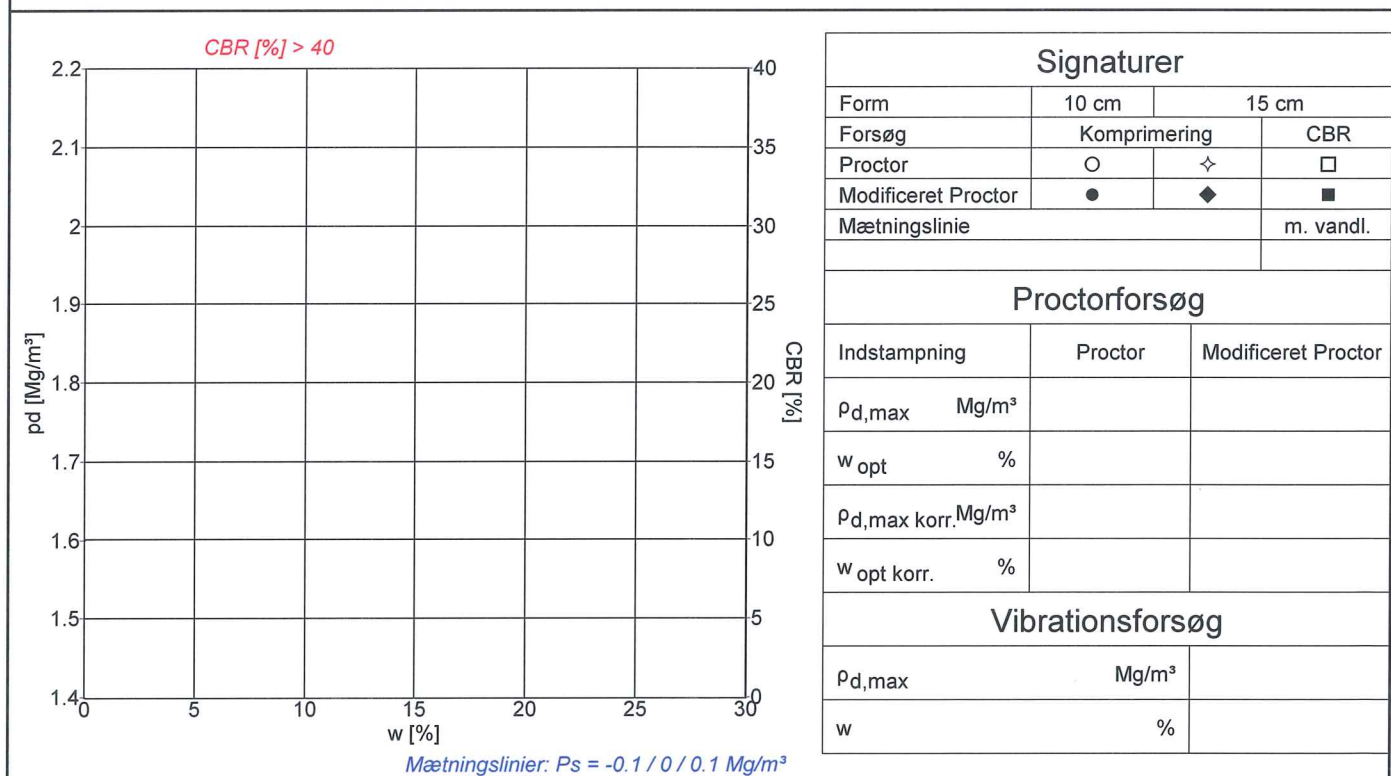
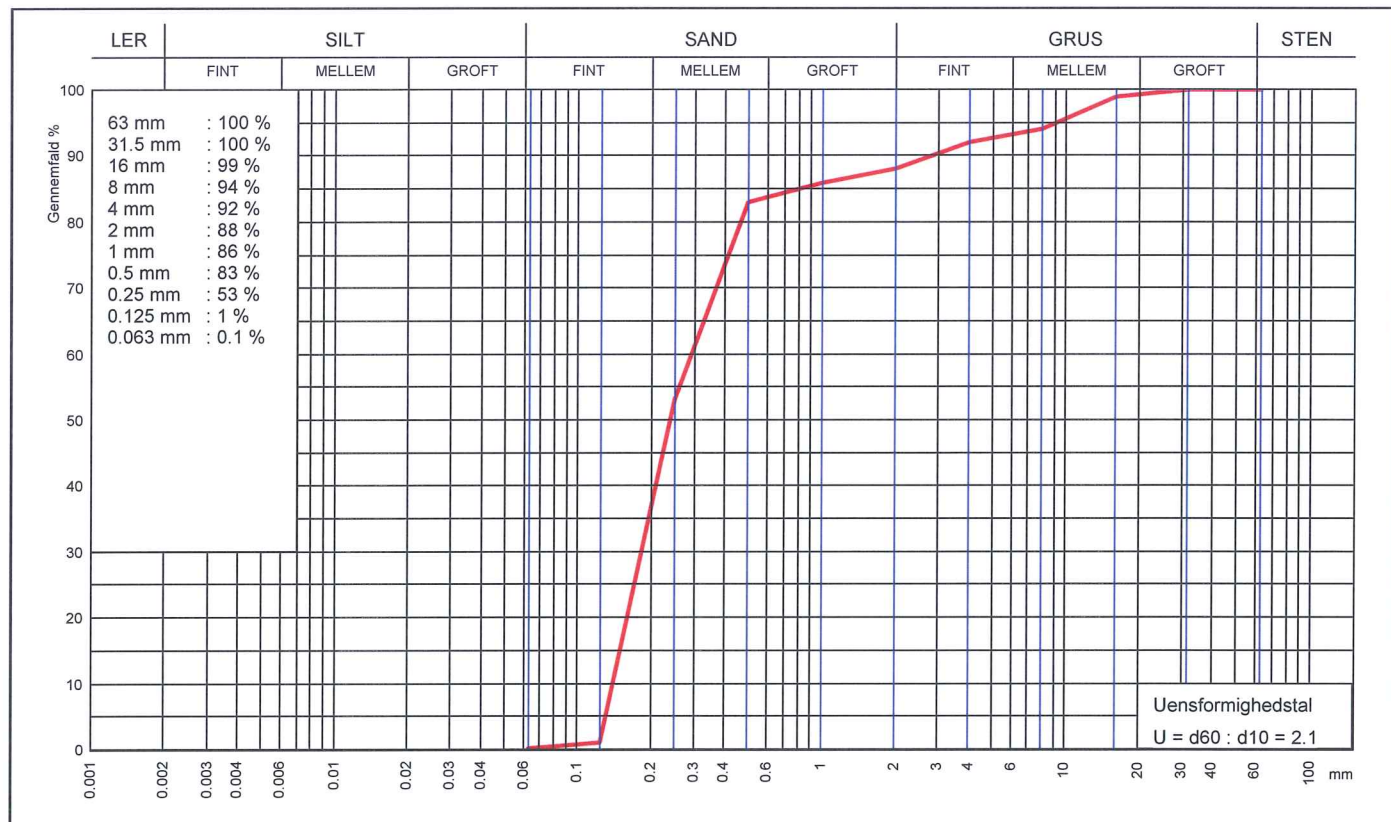
Dybde / Kote

Sag nr.: K5328

Mrk.: SN 18

Lab. nr.: 143

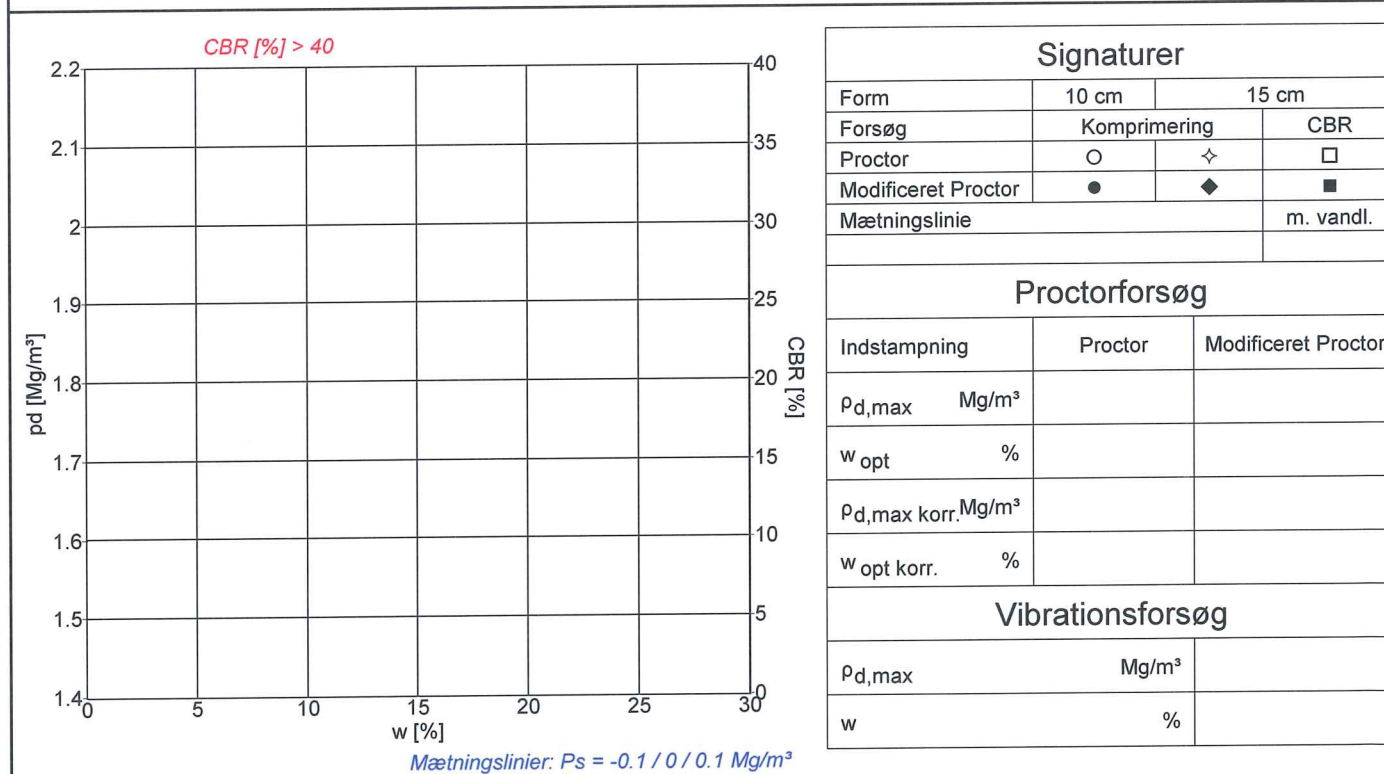
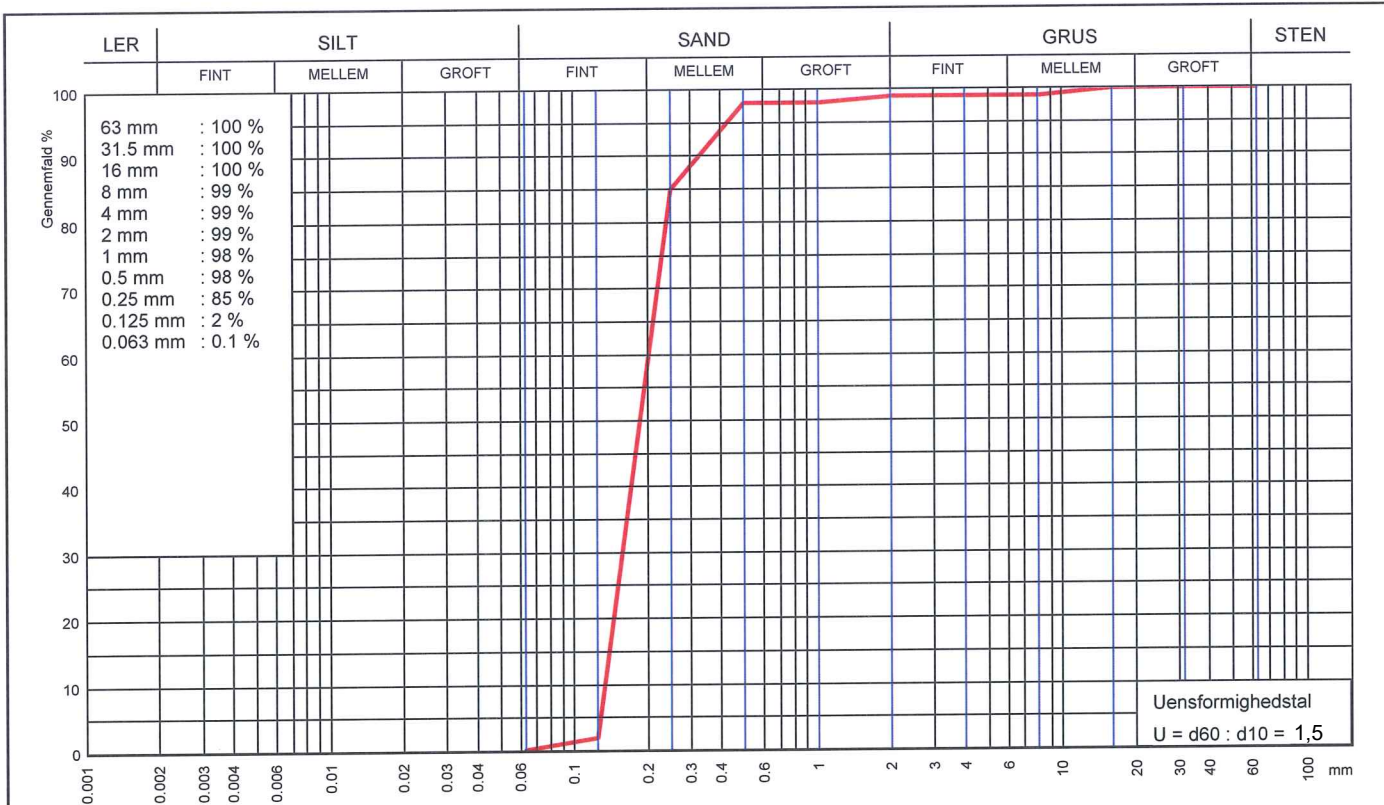
Bilag/side nr.:



Gennemfald 0.063 mm	0.1 %	Frasigtet > 16 mm	s	1 %	Frasigtet > 80 mm	%
Flydegrænse w _L		Plasticitetsgrænse w _P			Plasticitetsindeks I _P	
Korndensitet(0-0.063mm) ρ _s	Mg/m³	Korndensitet(0-16mm) ρ _s	Mg/m³		Korndensitet, filler ρ _f	Mg/m³
Kalkindhold(0-1mm) ka	%	Kalkindhold(0-16mm) ka	%		Kalkindhold(>16mm) ka	%
Glødetab gl	0.4 %	Glødetab reduceret gl _{red}	%		d50	0.24
Sandækvivalent (0-4mm)SE ₄	%	Humusindhold				
Vurderet frostfare		Vandindhold in situ w _{nat}	%			

Prøvebeskrivelse: SAND

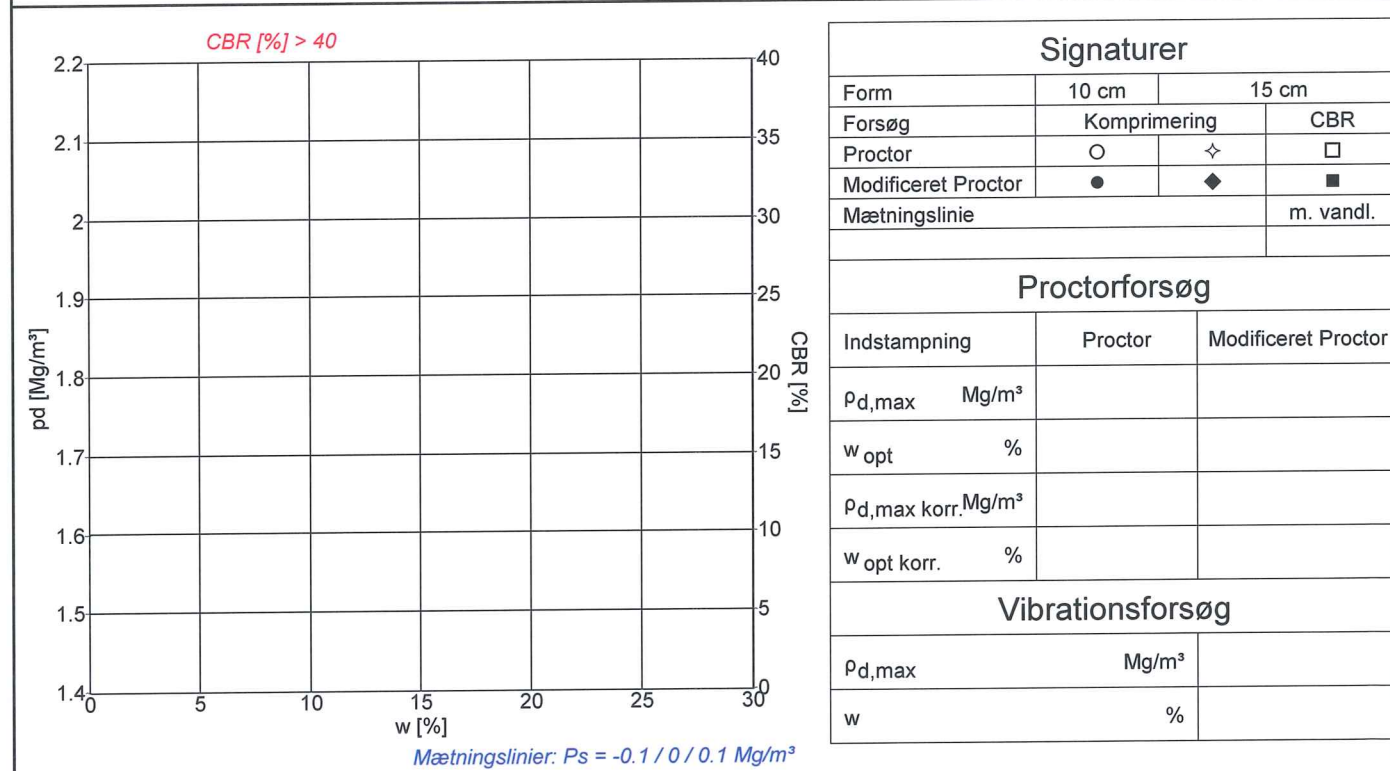
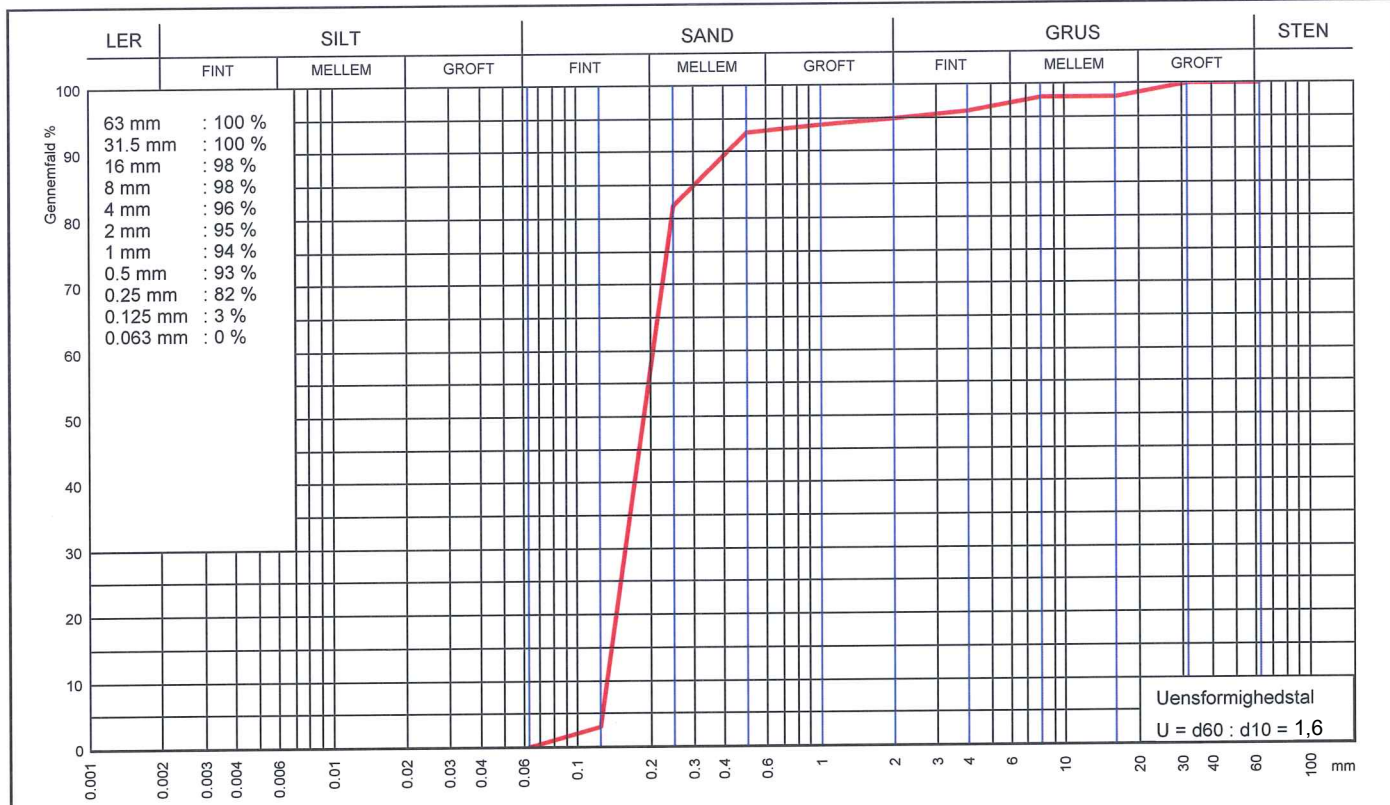
Rekvirent: ORBICON	NCC Industry A/S Laboratoriet	Station / Boring	Mrk.: SN 19
Sted: SKAGEN NORD		Dybde / Kote	Lab. nr.: 144
Udt. d.: 05-10-2018	Modt. d.: 31-10-2018	Tegn.: Inaman	Godk.: 31-10-2018
		Sag nr.: K5328	Bilag/side nr.:



Gennemfald 0.063 mm	0.1 %	Frasigtet > 16 mm	s	%	Frasigtet > 80 mm	%
Flydegrænse w _L		Plasticitetsgrænse w _P			Plasticitetsindeks I _P	
Korndensitet(0-0.063mm) ρ _s	Mg/m ³	Korndensitet(0-16mm) ρ _s		Mg/m ³	Korndensitet, filler ρ _f	Mg/m ³
Kalkindhold(0-1mm) ka	%	Kalkindhold(0-16mm) ka		%	Kalkindhold(>16mm) ka	%
Glødetab gl	0.4 %	Glødetab reduceret gl _{red}		%	d ₅₀	0,2
Sandækivalent (0-4mm)SE ₄	%	Humusindhold				
Vurderet frostfare		Vandindhold in situ w _{nat}		%		

Prøvebeskrivelse: SAND

Rekvirent: ORBICON	NCC Industry A/S Laboratoriet	Station / Boring	Mrk.: SN 20
Sted: SKAGEN NORD		Dybde / Kote	Lab. nr.: 145
Udt. d.: 05-10-2018		Sag nr.: K5328	Bilag/side nr.:
Modt. d.: 31-10-2018	Tegn.: Inaman	Godk.: 17/10-18	



Gennemfald 0.063 mm	0 %	Frasigtet > 16 mm	s	2 %	Frasigtet > 80 mm	%
Flydegrænse w _L		Plasticitetsgrænse w _p			Plasticitetsindeks I _p	
Korndensitet(0-0.063mm) ρ _s	Mg/m ³	Korndensitet(0-16mm) ρ _s	Mg/m ³		Korndensitet, filler ρ _f	Mg/m ³
Kalkindhold(0-1mm) ka	%	Kalkindhold(0-16mm) ka	%		Kalkindhold(>16mm) ka	%
Glødetab gl	0.3 %	Glødetab reduceret gl _{red}	%		d50	0,2
Sandækvivalent (0-4mm)SE ₄	%	Humusindhold				
Vurderet frostfare		Vandindhold in situ w _{nat}	%			

Prøvebeskrivelse: SAND

Rekvirent: ORBICON	NCC Industry A/S	Station / Boring	Mrk.: SN 21
Sted: SKAGEN NORD	Laboratoriet	Dybde / Kote	Lab. nr.: 146
Udt. d.: 05-10-2018	Modt. d.: 31-10-2018	Tegn.: Inaman	Bilag/side nr.:
		Godk.: 4/12-18	Sag nr.: K5328

Orbicon
Linnés Allé 2
2630 Taastrup

Rapport nr.: 0319-1
Ordre nr.: K5328
Init.: ANEHAN
Dato: 14.12.2018
Side: 1 af 22

Att.: Jan F. Nicolaisen

Prøvningsrapport

Rekvirent Orbicon

Materiale modtaget: Dato: 31.10.2018 og 06.11.2018

Metodereferencer: Prøveforberedelse DS/EN 932-2:1999
Sigteanalyse DS/EN 933-1:2013
Glødetab* prVI 99-9:2010

Bemærkninger: Prøveudtagning er foretaget af rekvirenten
*Glødetab er udført ved 550 °C (jf. metode 2)

Prøvningen udført: I perioden 31.10.2018 - 29.11.2018

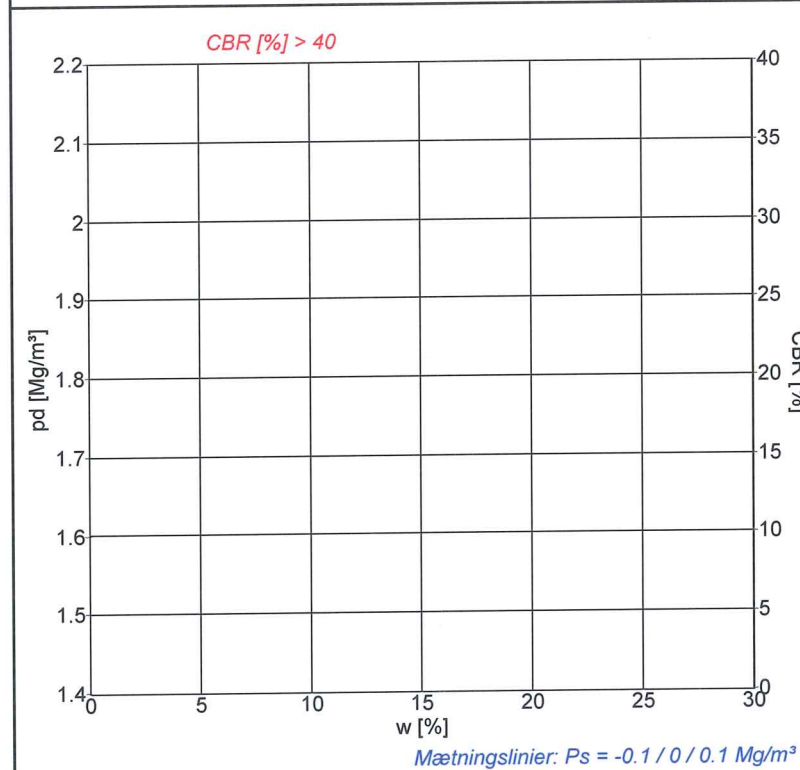
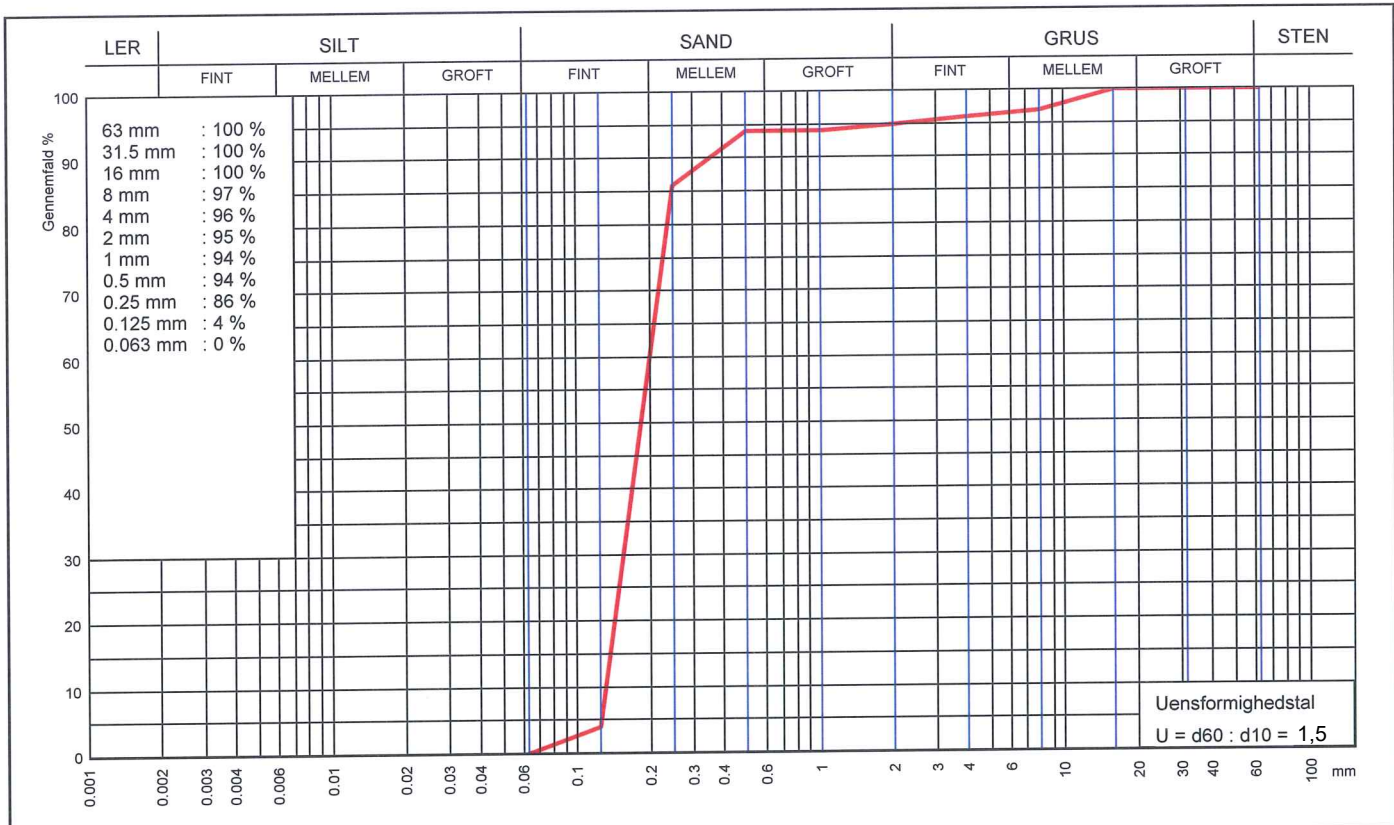
Prøvningsresultat: Fremgår af side 2 til 22

Med venlig hilsen



Annette H. Hansen

Med mindre anden aftale foreligger, vil resterende prøvemateriale blive bortkastet efter 14 dage.
Prøvningsresultaterne gælder udelukkende for de prøvede emner.
Prøvningsrapporten må ikke gengives, undtagen i sin helhed, uden laboratoriets skriftlige godkendelse.



Signaturer		
Form	10 cm	15 cm
Forsøg	Komprimering	CBR
Proctor	○	◇
Modificeret Proctor	●	◆
Mætningslinje		m. vandl.

Proctorforsøg		
Indstampning	Proctor	Modificeret Proctor
Pd,max Mg/m ³		
w _{opt} %		
Pd,max korr. Mg/m ³		
w _{opt} korr. %		

Vibrationsforsøg		
Pd,max	Mg/m ³	
w	%	

Gennemfald 0.063 mm	0 %	Frasigtet > 16 mm	s	%	Frasigtet > 80 mm	%
Flydegrænse w _L		Plasticitetsgrænse w _P			Plasticitetsindeks I _P	
Korndensitet(0-0.063mm) ρ _s	Mg/m ³	Korndensitet(0-16mm) ρ _s		Mg/m ³	Korndensitet, filler ρ _f	Mg/m ³
Kalkindhold(0-1mm) ka	%	Kalkindhold(0-16mm) ka		%	Kalkindhold(>16mm) ka	%
Glødetab gl	0.5 %	Glødetab reduceret gl _{red}		%	d ₅₀	0,19
Sandækvivalent (0-4mm) SE ₄	%	Humusindhold				
Vurderet frostfare		Vandindhold in situ w _{nat}		%		

Prøvebeskrivelse: SAND

Rekvirent: ORBICON

Sted: SKAGEN SYD

Udt. d.: 04-10-2018

Modt. d.: 31-10-2018



NCC Industry A/S
Laboratoriet

Tegn.: Inaman

Godk.: 14/10-18

Station / Boring

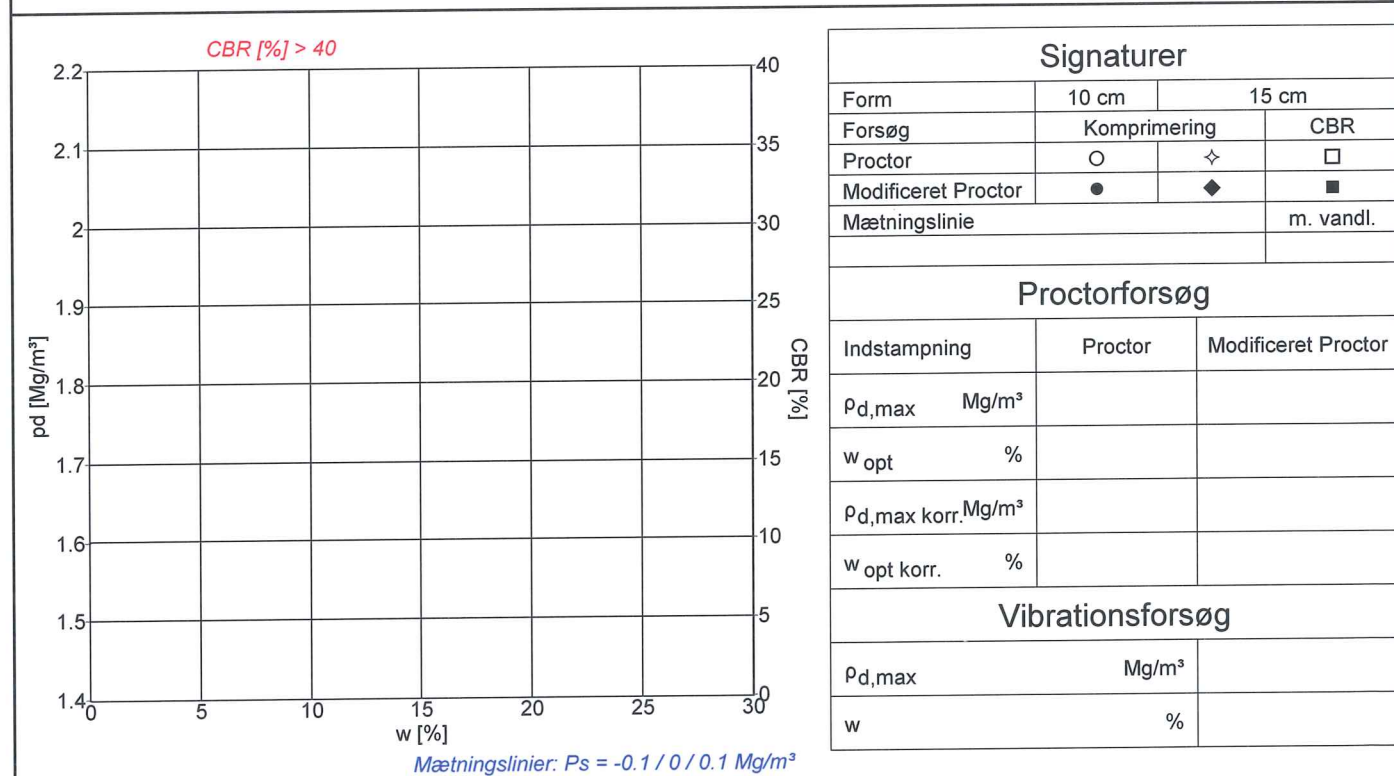
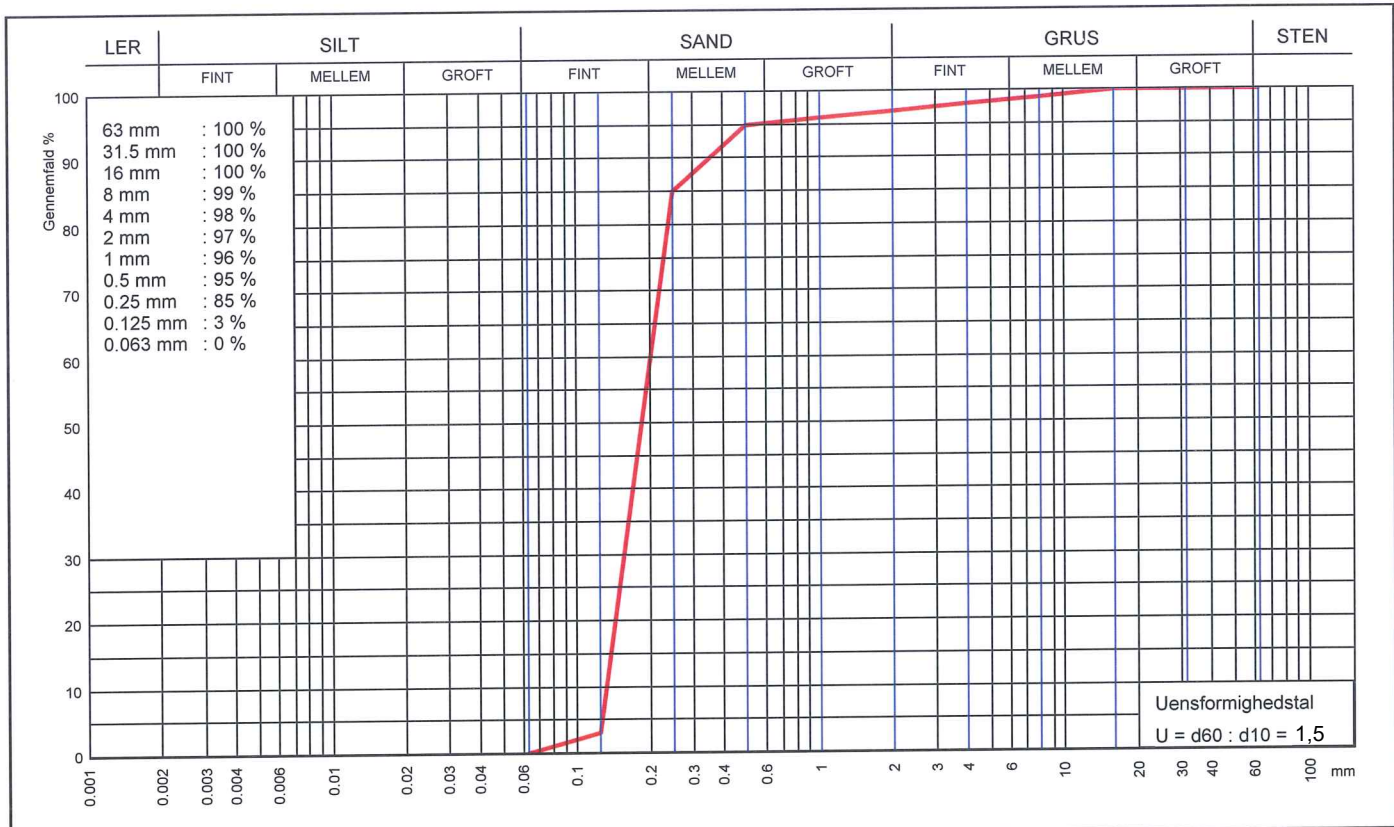
Dybde / Kote

Sag nr.: K5328

Mrk.: SS 01

Lab. nr.: 105

Bilag/side nr.:



Gennemfald 0.063 mm	0 %	Frasigtet > 16 mm	s	%	Frasigtet > 80 mm	%
Flydegrænse w_L		Plasticitetsgrænse w_p			Plasticitetsindeks I_p	
Korndensitet(0-0.063mm) ρ_s	Mg/m³	Korndensitet(0-16mm) ρ_s	Mg/m³		Korndensitet, filler ρ_f	Mg/m³
Kalkindhold(0-1mm) k_a	%	Kalkindhold(0-16mm) k_a	%		Kalkindhold(>16mm) k_a	%
Glødetab g_l	0.4 %	Glødetab reduceret $g_{l \text{ red}}$	%		d50	0,2
Sandækvivalent (0-4mm) SE_4	%	Humusindhold				
Vurderet frostfare		Vandindhold in situ w_{nat}	%			

Prøvebeskrivelse: SAND

Rekvirent: ORBICON

Sted: SKAGEN SYD

Udt. d.: 04-10-2018

Modt. d.: 31-10-2018



NCC Industry A/S
Laboratoriet

Tegn.: Inaman

Godk. 4/12-18

Station / Boring

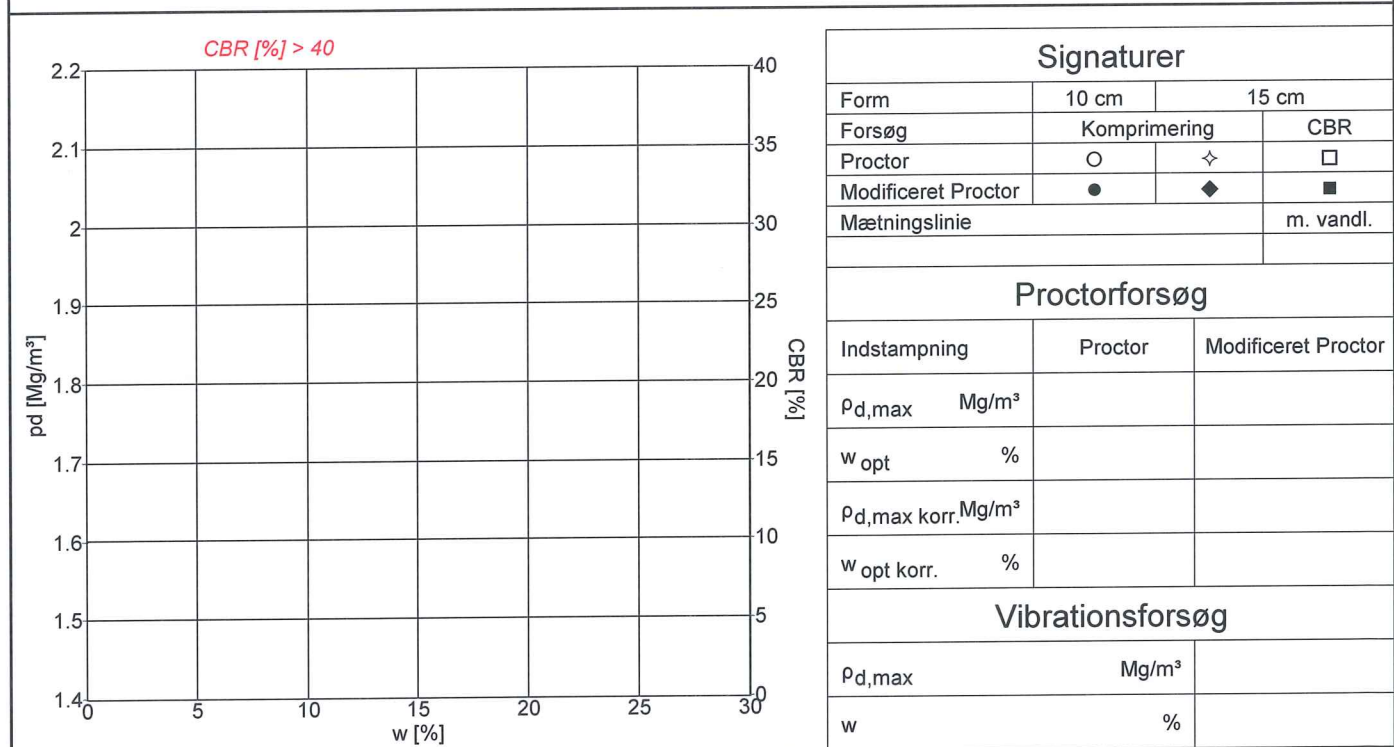
Dybde / Kote

Sag nr.: K5328

Mrk.: SS 02

Lab. nr.: 106

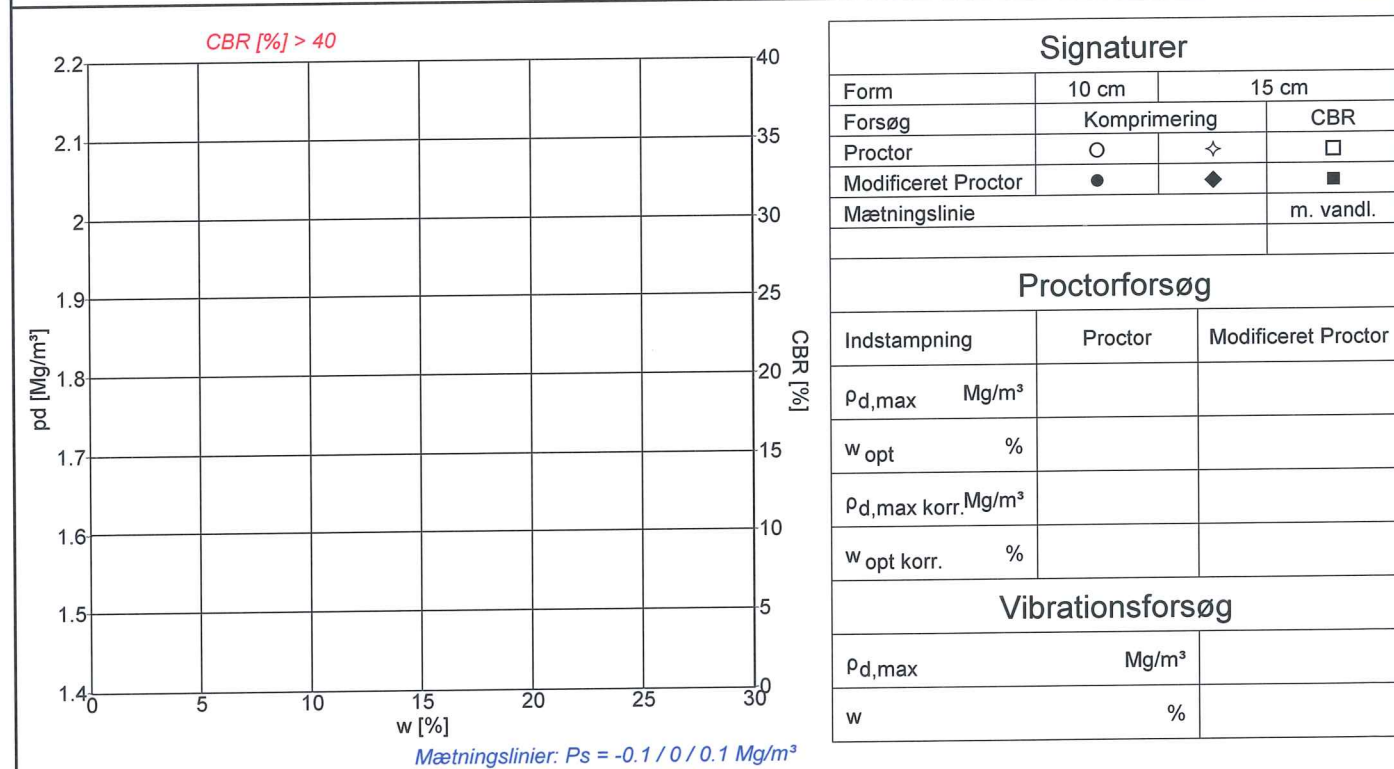
Bilag/side nr.:



Gennemfald 0.063 mm	0.1 %	Frasigtet > 16 mm	s	%	Frasigtet > 80 mm	%
Flydegrænse w _L		Plasticitetsgrænse w _P			Plasticitetsindeks I _P	
Korndensitet(0-0.063mm) ρ _s	Mg/m ³	Korndensitet(0-16mm) ρ _s		Mg/m ³	Korndensitet, filler ρ _f	Mg/m ³
Kalkindhold(0-1mm) ka	%	Kalkindhold(0-16mm) ka		%	Kalkindhold(>16mm) ka	%
Glødetab gl	0.5 %	Glødetab reduceret gl _{red}		%	d50	0,2
Sandækivalent (0-4mm)SE ₄	%	Humusindhold				
Vurderet frostfare		Vandindhold in situ w _{nat}		%		

Prøvebeskrivelse: SAND

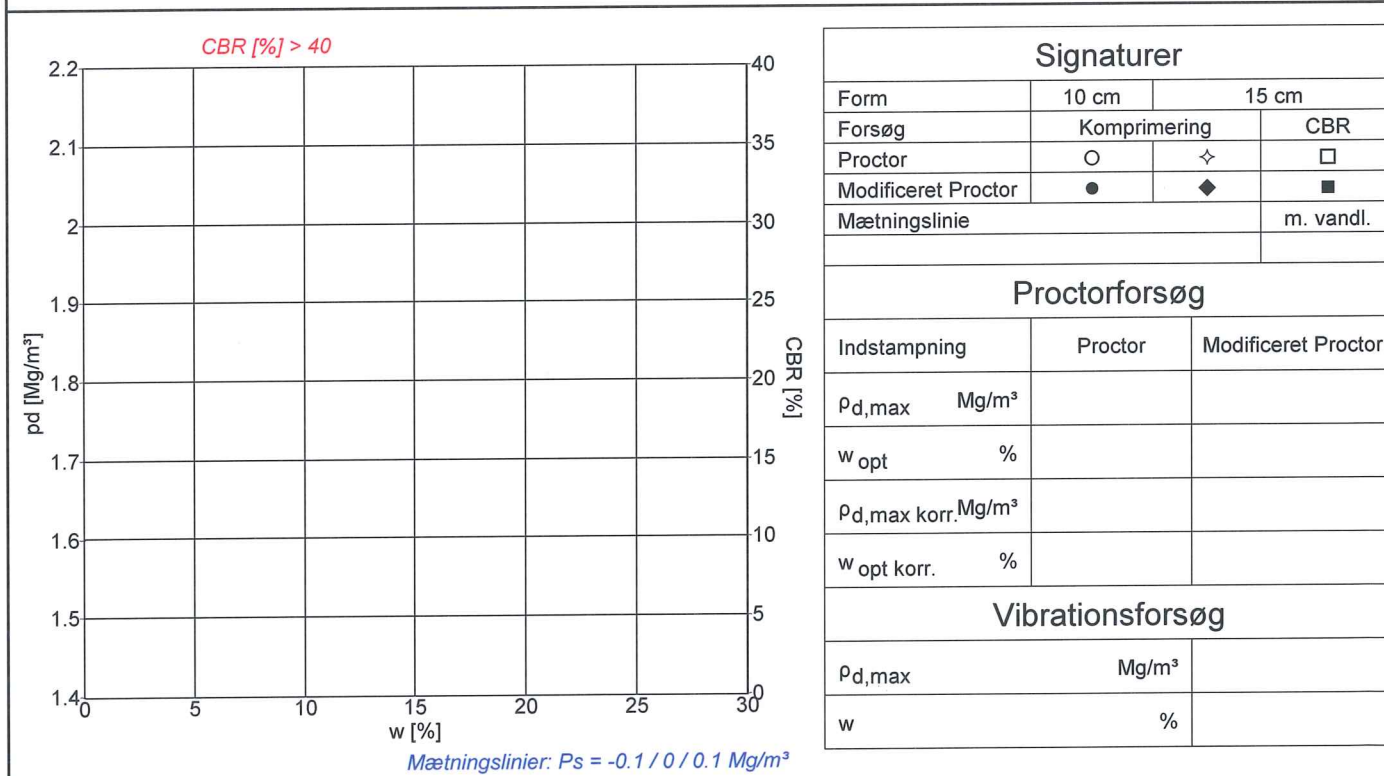
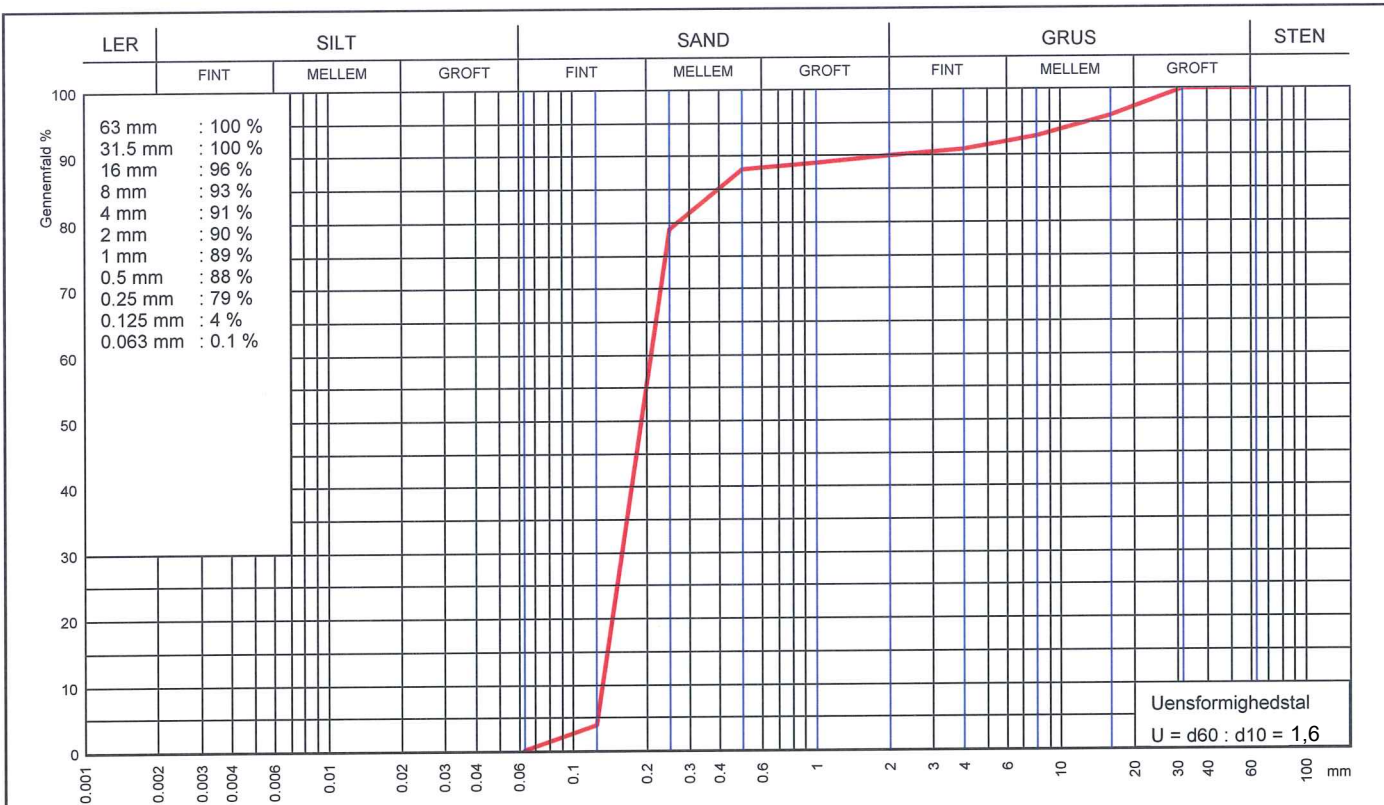
Rekvirent: ORBICON	NCC Industry A/S Laboratoriet	Station / Boring	Mrk.:SS 03
Sted: SKAGEN SYD		Dybde / Kote	Lab. nr.: 107
Udt. d.: 04-10-2018	Modt. d.: 31-10-2018	Tegn.: Inaman	Godk.: 14/15-18
		Sag nr.: K5328	Bilag/side nr.:



Gennemfald 0.063 mm	0 %	Frasigtet > 16 mm	s	%	Frasigtet > 80 mm	%
Flydegrænse w _L		Plasticitetsgrænse w _p			Plasticitetsindeks I _p	
Korndensitet(0-0.063mm) ρ _s	Mg/m ³	Korndensitet(0-16mm) ρ _s		Mg/m ³	Korndensitet, filler ρ _f	Mg/m ³
Kalkindhold(0-1mm) ka	%	Kalkindhold(0-16mm) ka		%	Kalkindhold(>16mm) ka	%
Glødetab gl	0.5 %	Glødetab reduceret gl _{red}		%	d ₅₀	0,19
Sandækvivalent (0-4mm)SE ₄	%	Humusindhold				
Vurderet frostfare		Vandindhold in situ w _{nat}		%		

Prøvebeskrivelse: SAND

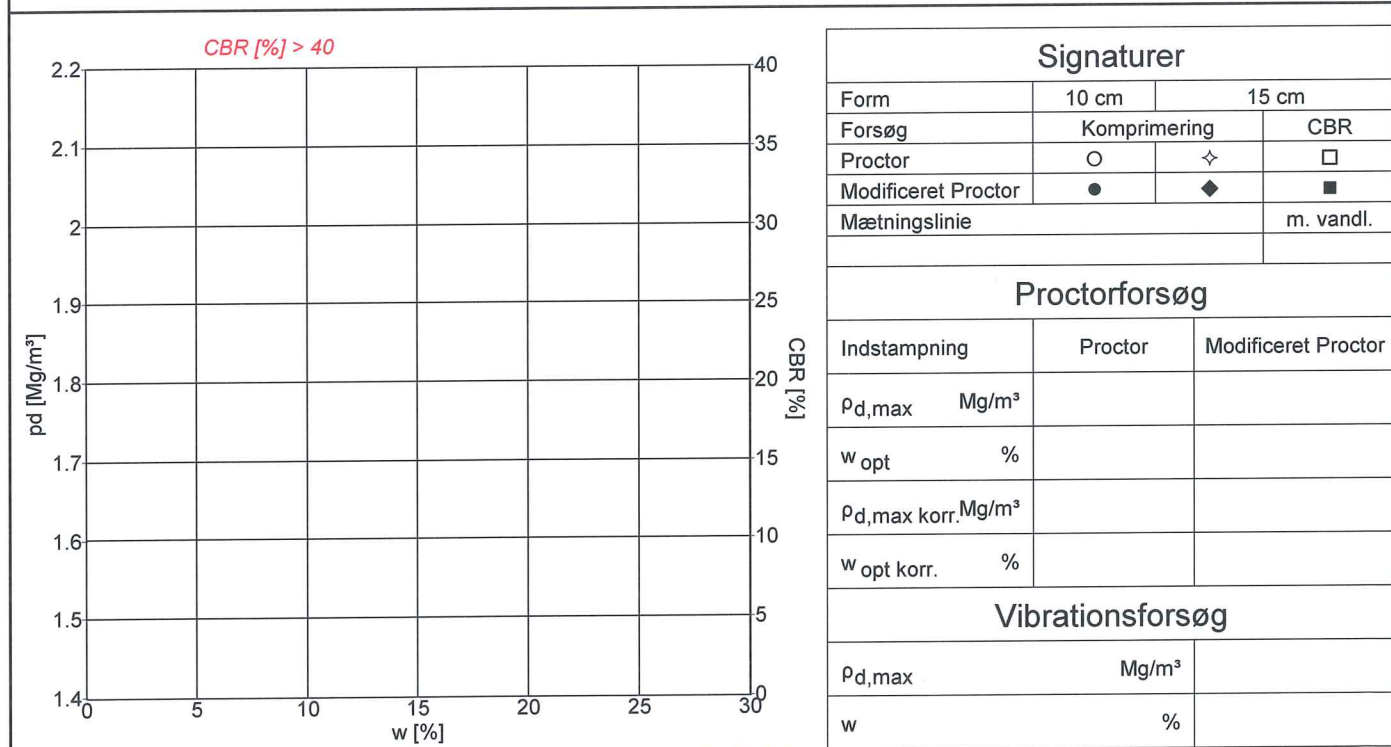
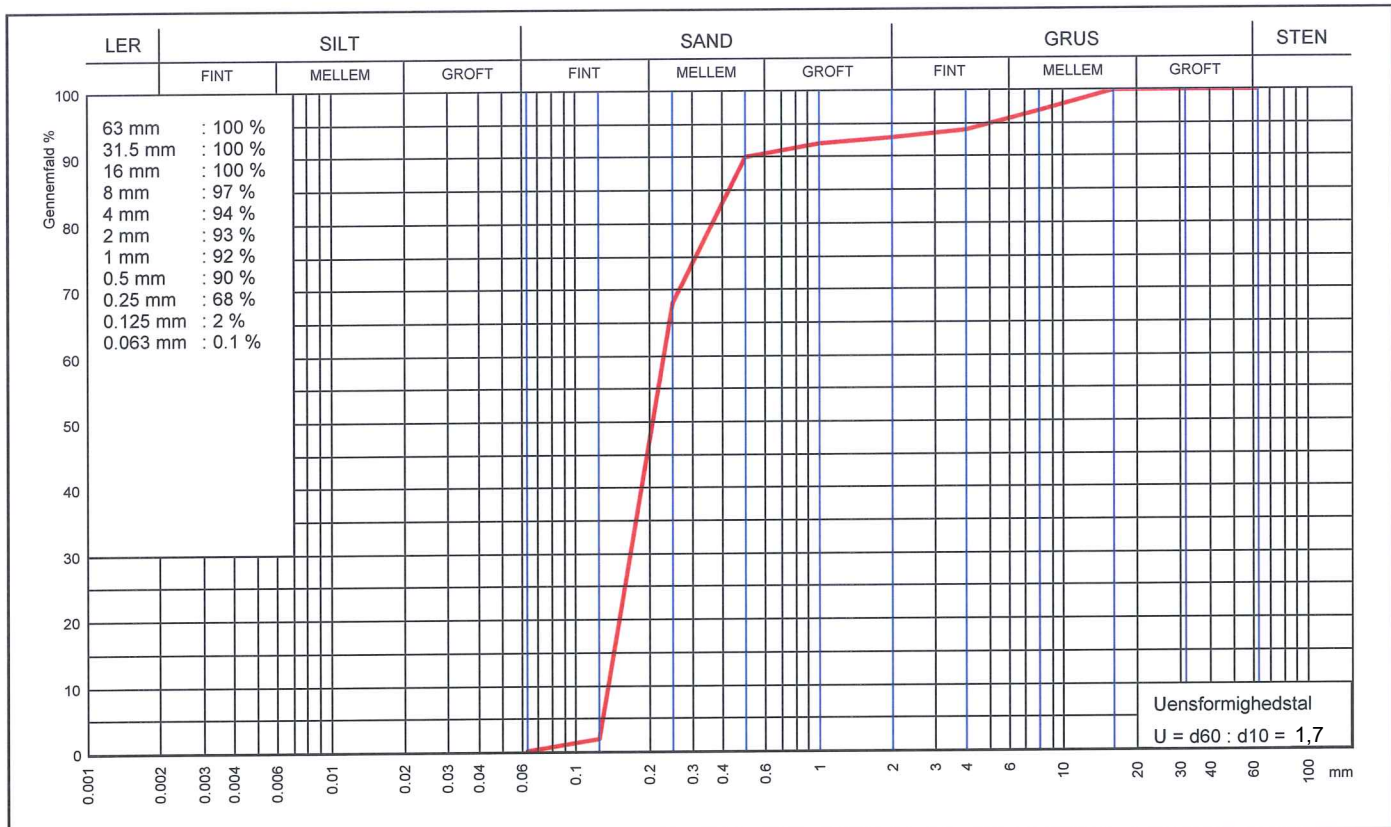
Rekvirent: ORBICON	NCC Industry A/S Laboratoriet	Station / Boring	Mrk.: SS 04
Sted: SKAGEN SYD		Dybde / Kote	Lab. nr.: 108
Udt. d.: 04-10-2018	Modt. d.: 31-10-2018	Tegn.: Inaman	Godk.: 14/12-18
		Sag nr.: K5328	Bilag/side nr.:



Gennemfald 0.063 mm	0.1 %	Frasigtet > 16 mm	s	4 %	Frasigtet > 80 mm	%
Flydegrænse w _L		Plasticitetsgrænse w _P			Plasticitetsindeks I _P	
Korndensitet(0-0.063mm) ρ _s	Mg/m ³	Korndensitet(0-16mm) ρ _s	Mg/m ³		Korndensitet, filler ρ _f	Mg/m ³
Kalkindhold(0-1mm) ka	%	Kalkindhold(0-16mm) ka	%		Kalkindhold(>16mm) ka	%
Glødetab gl	0.4 %	Glødetab reduceret gl _{red}	%		d ₅₀	0,2
Sandækivalent (0-4mm)SE ₄	%	Humusindhold				
Vurderet frostfare		Vandindhold in situ w _{nat}	%			

Prøvebeskrivelse: SAND

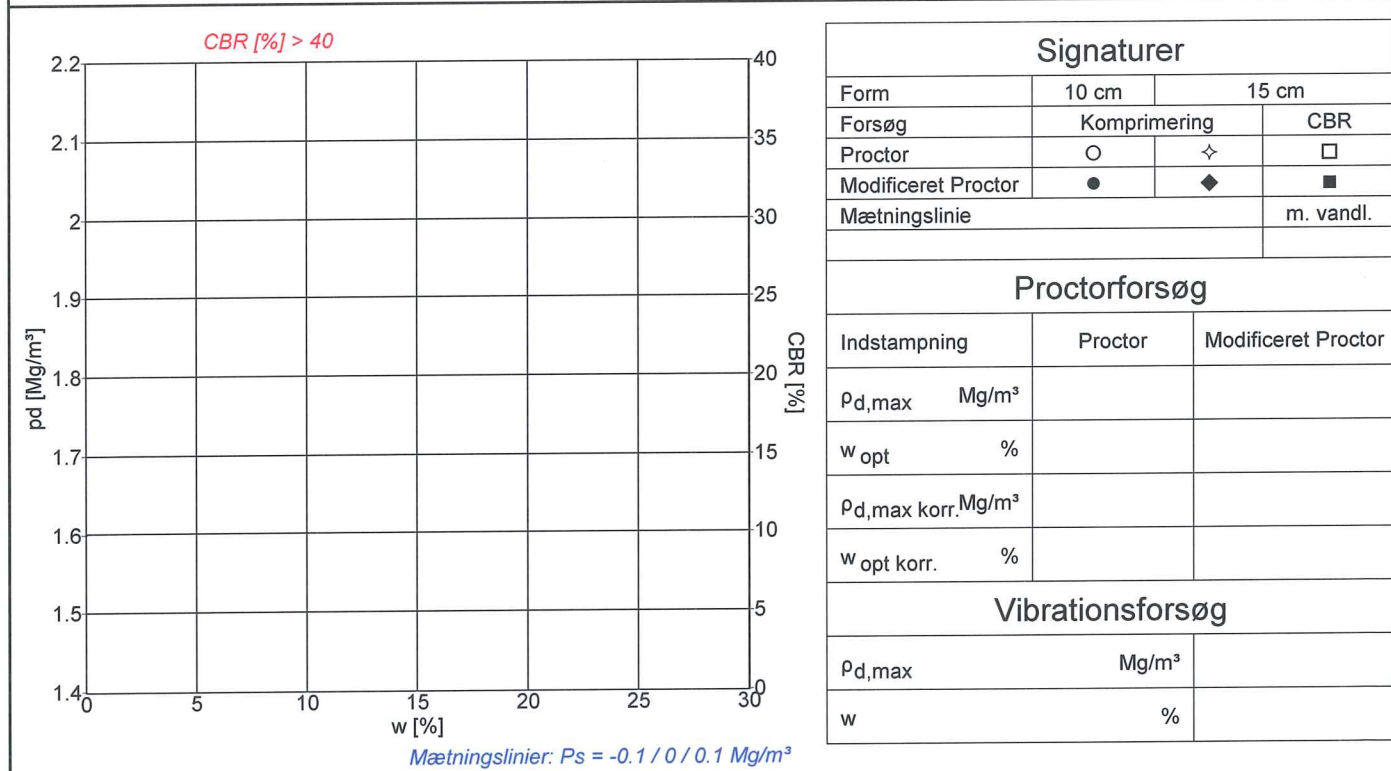
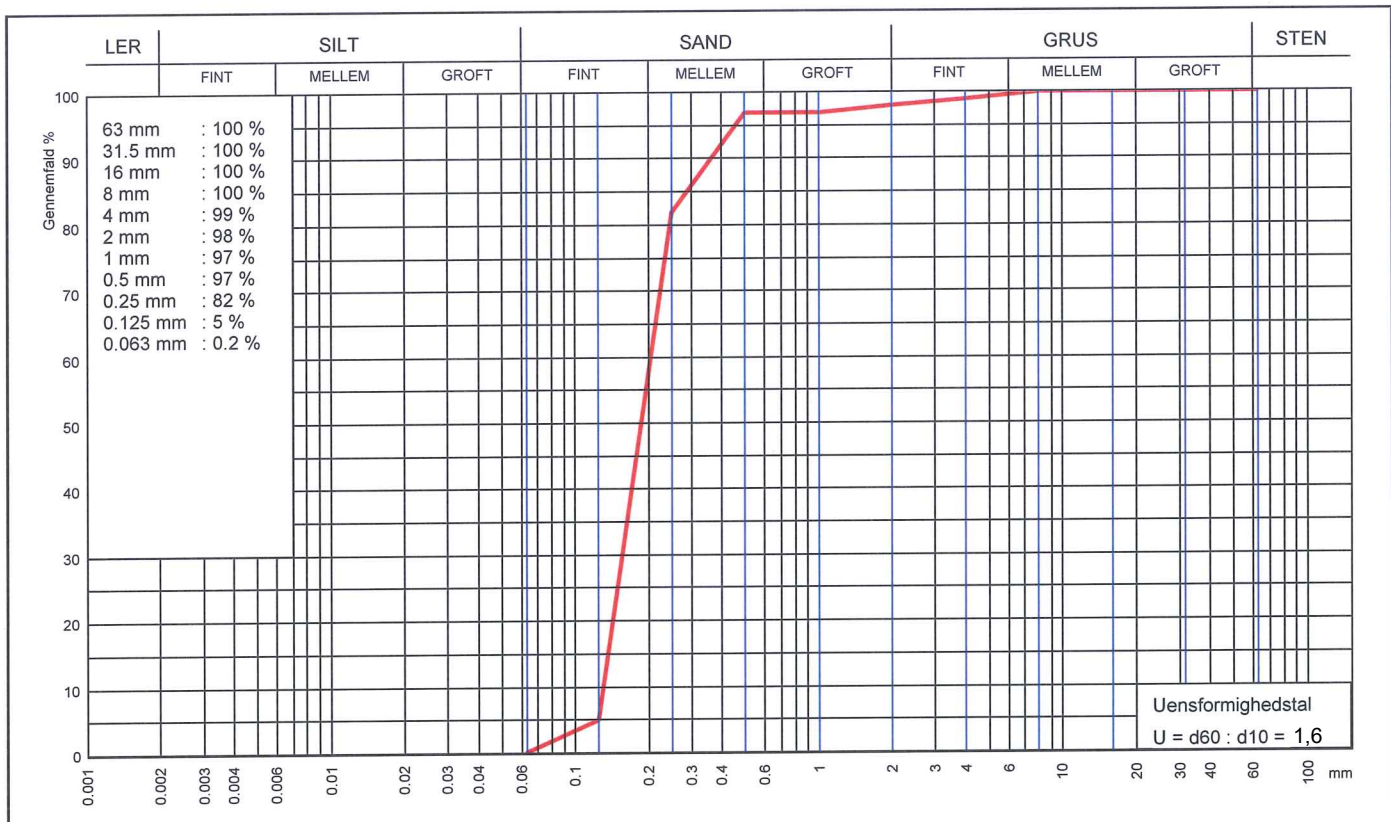
Rekvirent: ORBICON	NCC Industry A/S Laboratoriet	Station / Boring	Mrk.:SS 05
Sted: SKAGEN SYD		Dybde / Kote	Lab. nr.: 109
Udt. d.: 04-10-2018	Modt. d.: 31-10-2018	Tegn.: Inaman	Godk.: 4/12-18
		Sag nr.: K5328	Bilag/side nr.:



Gennemfald 0.063 mm	0.1 %	Frasigtet > 16 mm	s	%	Frasigtet > 80 mm	%
Flydegrænse w_L		Plasticitetsgrænse w_P			Plasticitetsindeks I_P	
Korndensitet(0-0.063mm) ρ_s	Mg/m ³	Korndensitet(0-16mm) ρ_s		Mg/m ³	Korndensitet, filler ρ_f	Mg/m ³
Kalkindhold(0-1mm) k_a	%	Kalkindhold(0-16mm) k_a		%	Kalkindhold(>16mm) k_a	%
Glødetab g_l	0.5 %	Glødetab reduceret $g_{l \text{ red}}$		%	d50	0,22
Sandækivalent (0-4mm) SE_4	%	Humusindhold				
Vurderet frostfare		Vandindhold in situ w_{nat}		%		

Prøvebeskrivelse: SAND

Rekvirent: ORBICON		 NCC Industry A/S Laboratoriet		Station / Boring	Mrk.:SS 06
Sted: SKAGEN SYD				Dybde / Kote	Lab. nr.: 110
Udt. d.: 04-10-2018	Modt. d.: 31-10-2018	Tegn.: Inaman	Godk. 11/12-18 	Sag nr.: K5328	Bilag/side nr.:



Gennemfald 0.063 mm	0.2 %	Frasigtet > 16 mm	s	%	Frasigtet > 80 mm	%
Flydegrænse w_L		Plasticitetsgrænse w_P			Plasticitetsindeks I_P	
Korndensitet(0-0.063mm) ρ_s	Mg/m³	Korndensitet(0-16mm) ρ_s		Mg/m³	Korndensitet, filler ρ_f	Mg/m³
Kalkindhold(0-1mm) k_a	%	Kalkindhold(0-16mm) k_a		%	Kalkindhold(>16mm) k_a	%
Glødetab g_l	0.5 %	Glødetab reduceret $g_{l\text{red}}$		%	d50	0,2
Sandækivalent (0-4mm) SE_4	%	Humusindhold				
Vurderet frostfare		Vandindhold in situ w_{nat}		%		

Prøvebeskrivelse: SKAGEN SYD

Rekvirent: ORBICON

Sted: SKAGEN SYD

Udt. d.: 04-10-2018

Modt. d.: 31-10-2018



NCC Industry A/S
Laboratoriet

Tegn.: Inaman

Godk.: 14/12-18

Station / Boring

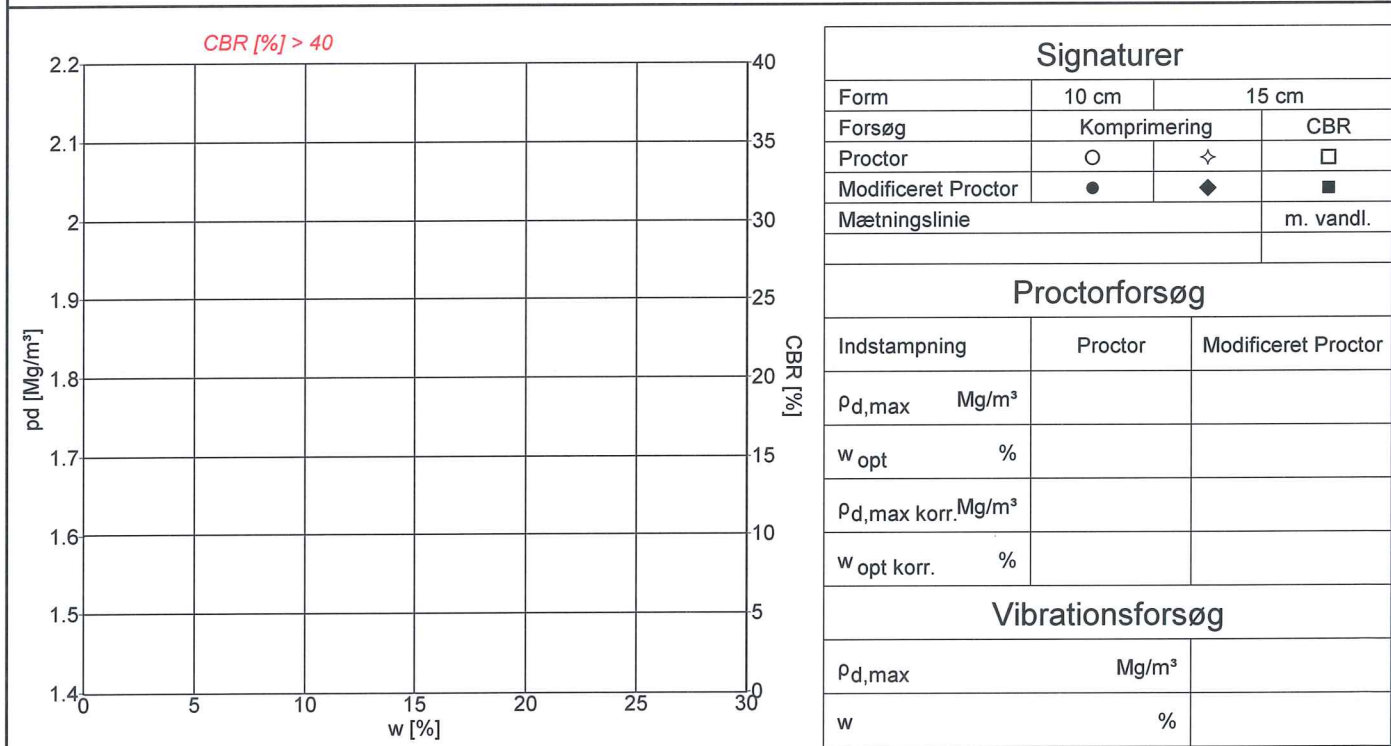
Dybde / Kote

Sag nr.: K5328

Mrk.: SS 07

Lab. nr.: 111

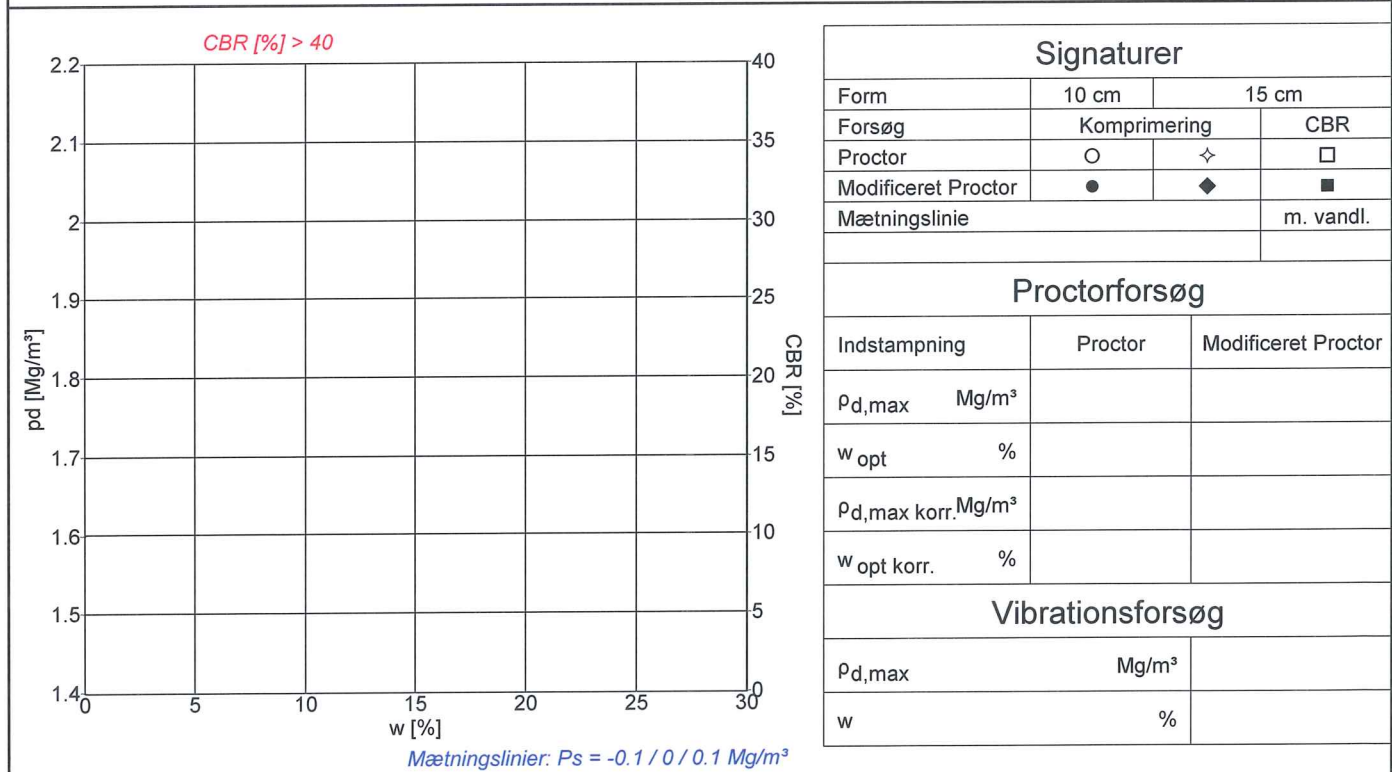
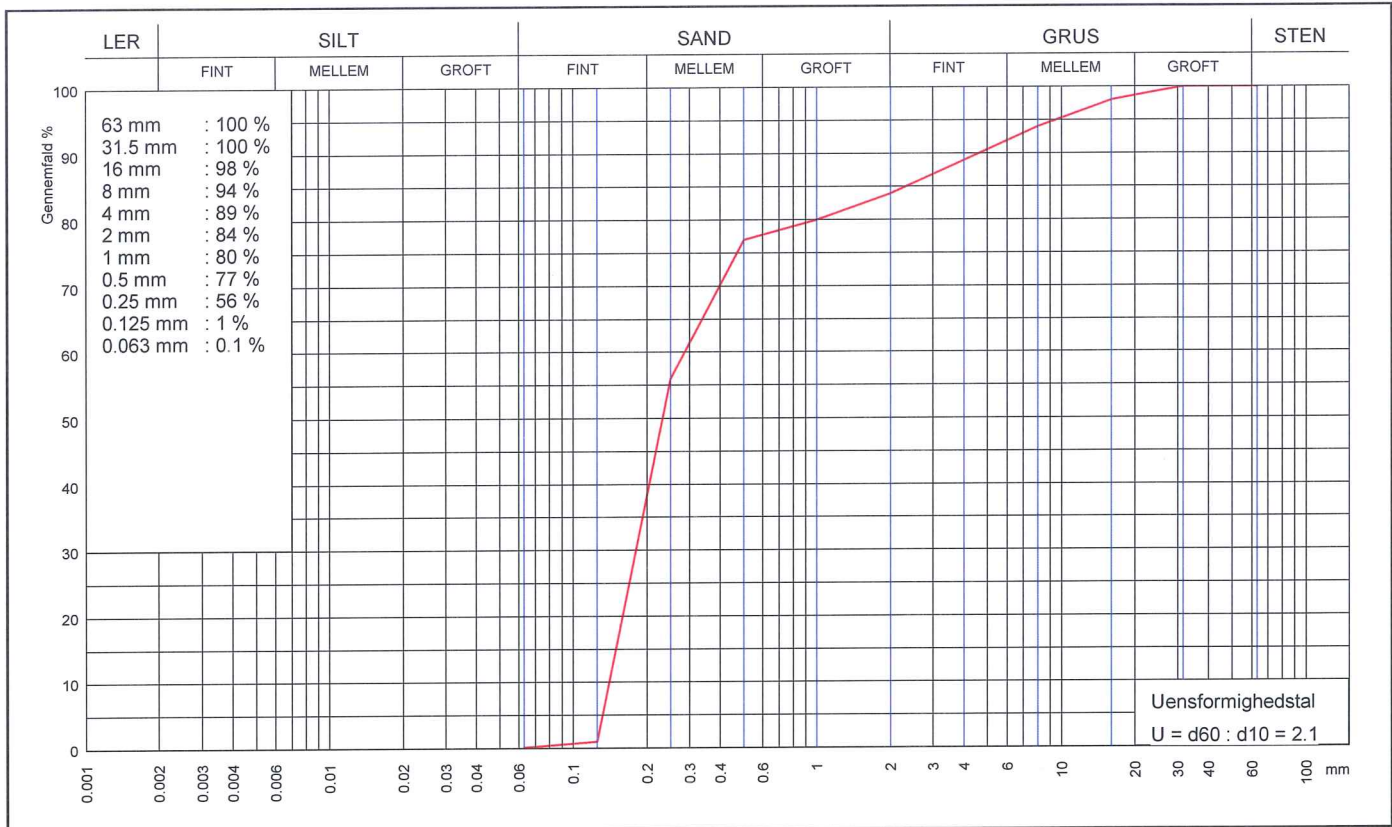
Bilag/side nr.:



Gennemfald 0.063 mm	0.2 %	Frasigtet > 16 mm	s	1 %	Frasigtet > 80 mm	%
Flydegrænse w_L		Plasticitetsgrænse w_P			Plasticitetsindeks I_P	
Korndensitet(0-0.063mm) ρ_s	Mg/m ³	Korndensitet(0-16mm) ρ_s	Mg/m ³		Korndensitet, filler ρ_f	Mg/m ³
Kalkindhold(0-1mm) k_a	%	Kalkindhold(0-16mm) k_a	%		Kalkindhold(>16mm) k_a	%
Glødetab g_l	0.5 %	Glødetab reduceret $g_{l \text{ red}}$	%		d50	0,2
Sandækvivalent (0-4mm) SE_4	%	Humusindhold				
Vurderet frostfare		Vandindhold in situ w_{nat}	%			

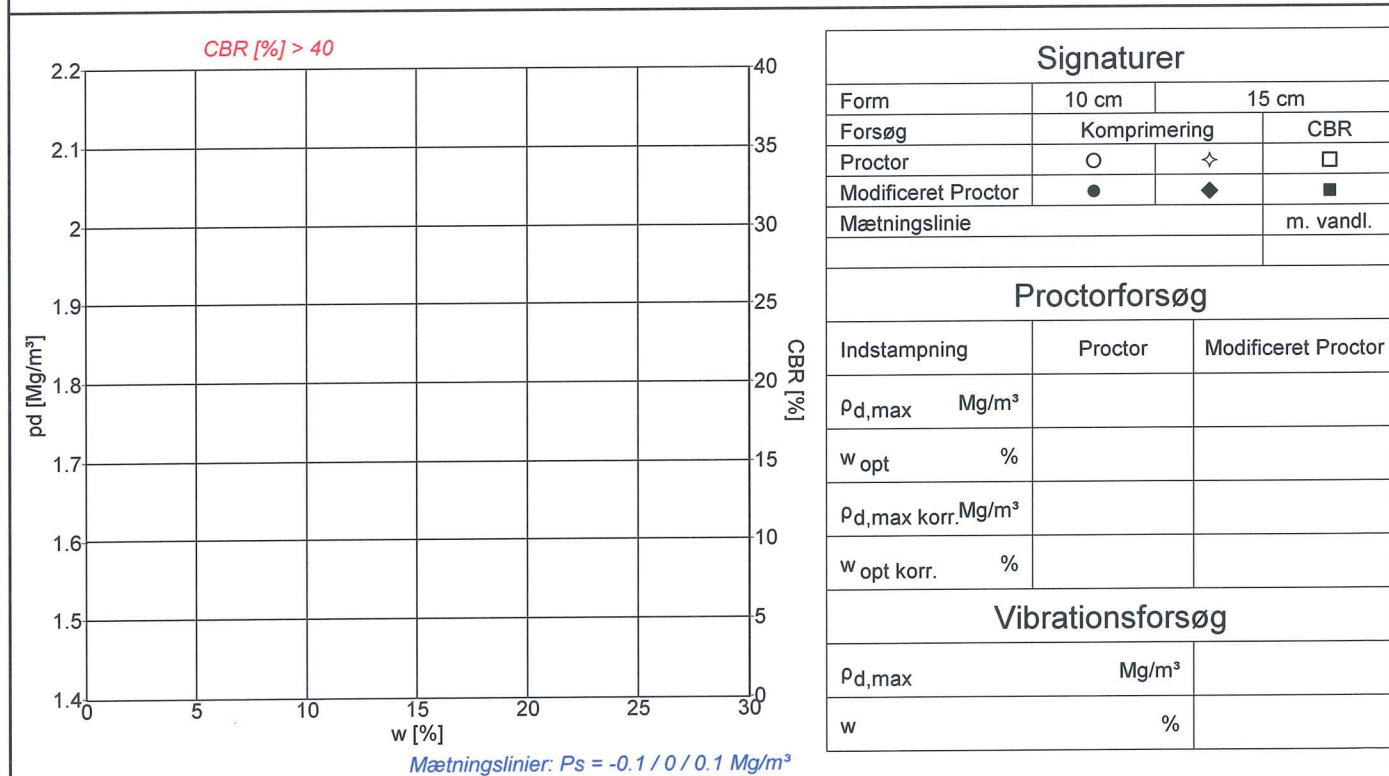
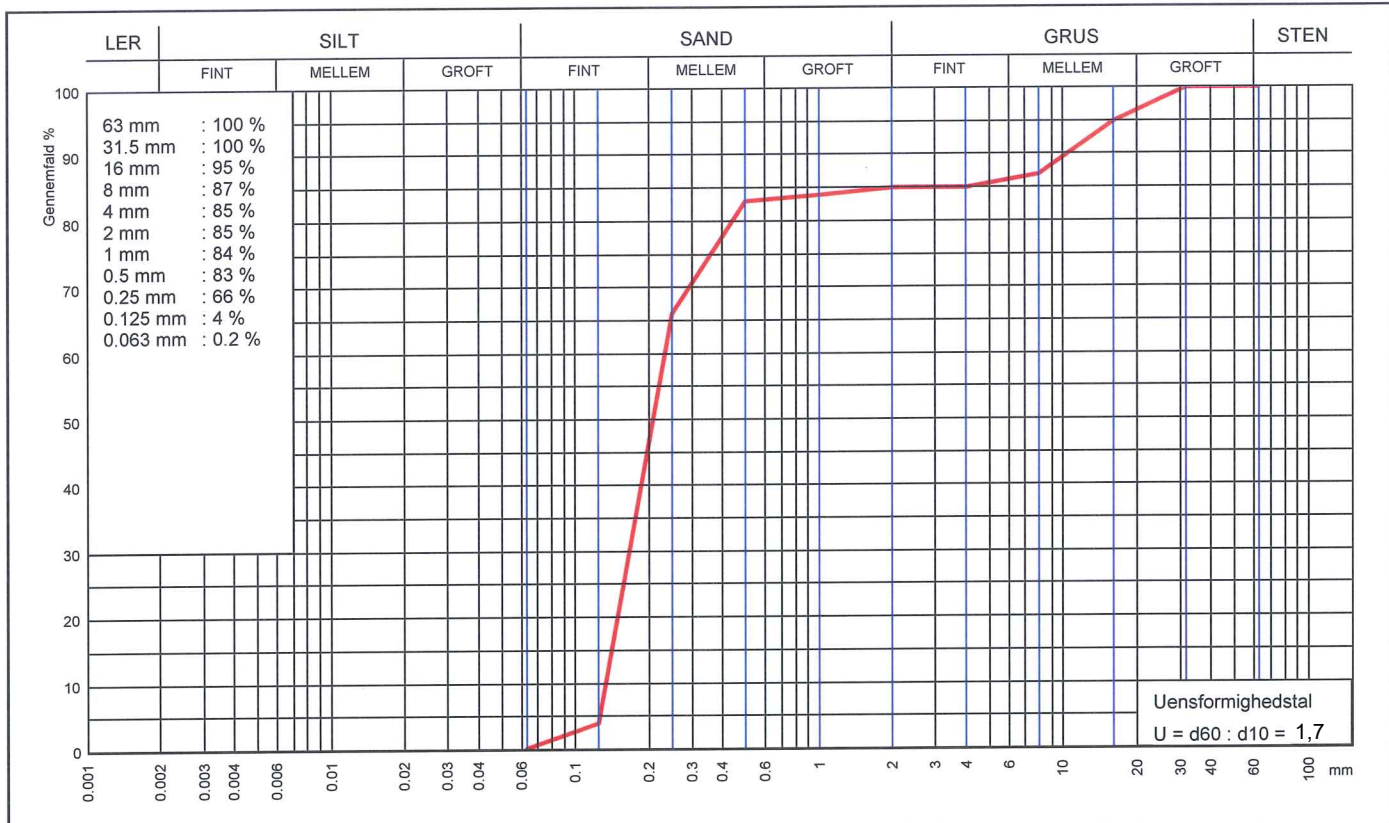
Prøvebeskrivelse: SAND

Rekvirent: ORBICON	NCC Industry A/S	Station / Boring	Mrk.:SS 08
Sted: SKAGEN SYD	Laboratoriet	Dybde / Kote	Lab. nr.: 112
Udt. d.: 04-10-2018	Modt. d.: 31-10-2018	Tegn.: Inaman	Godk.: 14/12-18
		Sag nr.: K5328	Bilag/side nr.:



Gennemfald 0.063 mm	0.1 %	Frasigtet > 16 mm	s	2 %	Frasigtet > 80 mm	%
Flydegrænse w _L		Plasticitetsgrænse w _P			Plasticitetsindeks I _P	
Korndensitet(0-0.063mm) ρ _s	Mg/m ³	Korndensitet(0-16mm) ρ _s	Mg/m ³		Korndensitet, filler ρ _f	Mg/m ³
Kalkindhold(0-1mm) ka	%	Kalkindhold(0-16mm) ka	%		Kalkindhold(>16mm) ka	%
Glødetab gl	0.4 %	Glødetab reduceret gl _{red}	%		d ₅₀	0,24
Sandækvivalent (0-4mm)SE ₄	%	Humusindhold				
Vurderet frostfare		Vandindhold in situ w _{nat}	%			

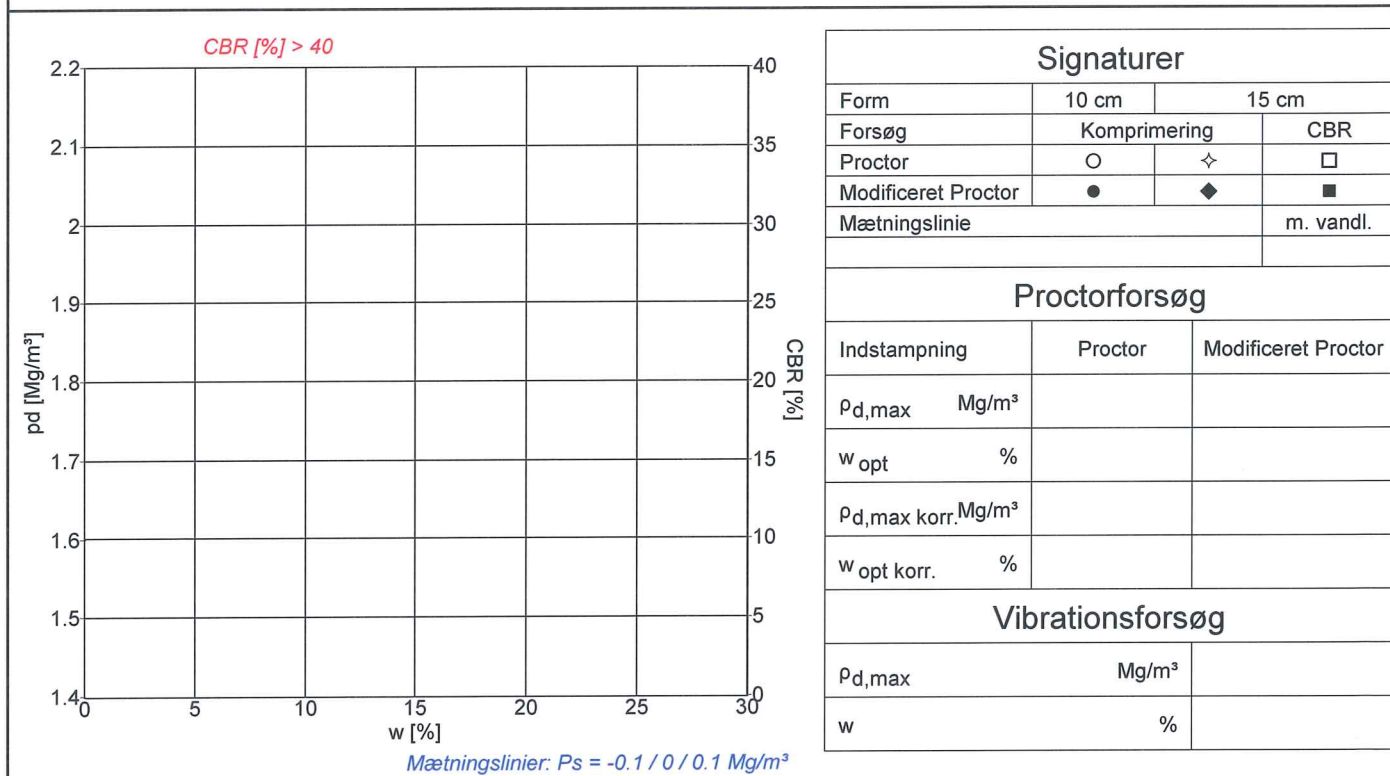
Prøvebeskrivelse: SAND					
Rekvirent: ORBICON		 NCC Industry A/S Laboratoriet		Station / Boring	Mrk.:SS 09
Sted: SKAGEN SYD				Dybde / Kote	Lab. nr.: 113
Udt. d.: 04-10-2018	Modt. d.: 31-10-2018	Tegn.: Inaman	Godk. 29/11/18 	Sag nr.: K5328	Bilag/side nr.:



Gennemfald 0.063 mm	0.2 %	Frasigtet > 16 mm	s	5 %	Frasigtet > 80 mm	%
Flydegrænse w _L		Plasticitetsgrænse w _P			Plasticitetsindeks I _P	
Korndensitet(0-0.063mm) ρ _s	Mg/m³	Korndensitet(0-16mm) ρ _s	Mg/m³		Korndensitet, filler ρ _f	Mg/m³
Kalkindhold(0-1mm) ka	%	Kalkindhold(0-16mm) ka	%		Kalkindhold(>16mm) ka	%
Glødetab gl	0.7 %	Glødetab reduceret gl _{red}	%		d50	0,22
Sandækvivalent (0-4mm)SE ₄	%	Humusindhold				
Vurderet frostfare		Vandindhold in situ w _{nat}	%			

Prøvebeskrivelse: SAND

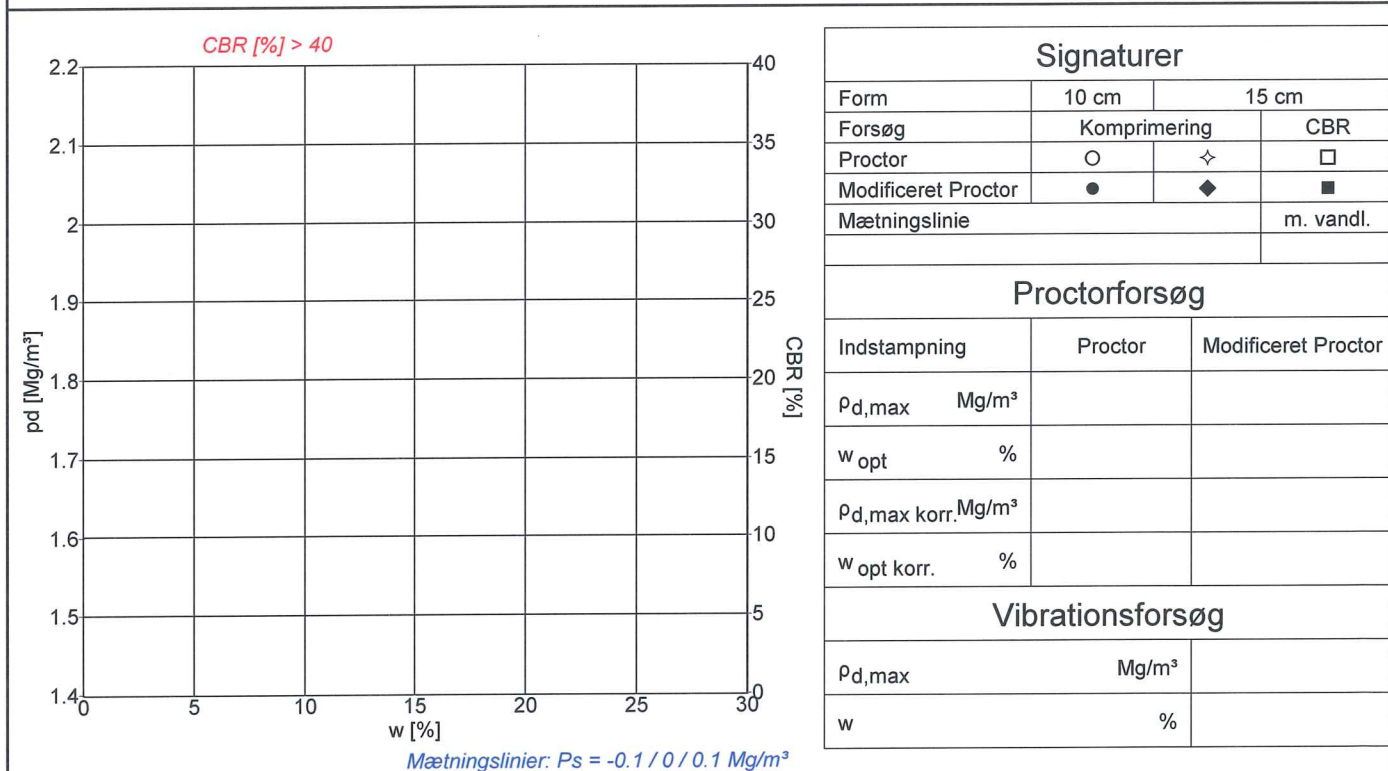
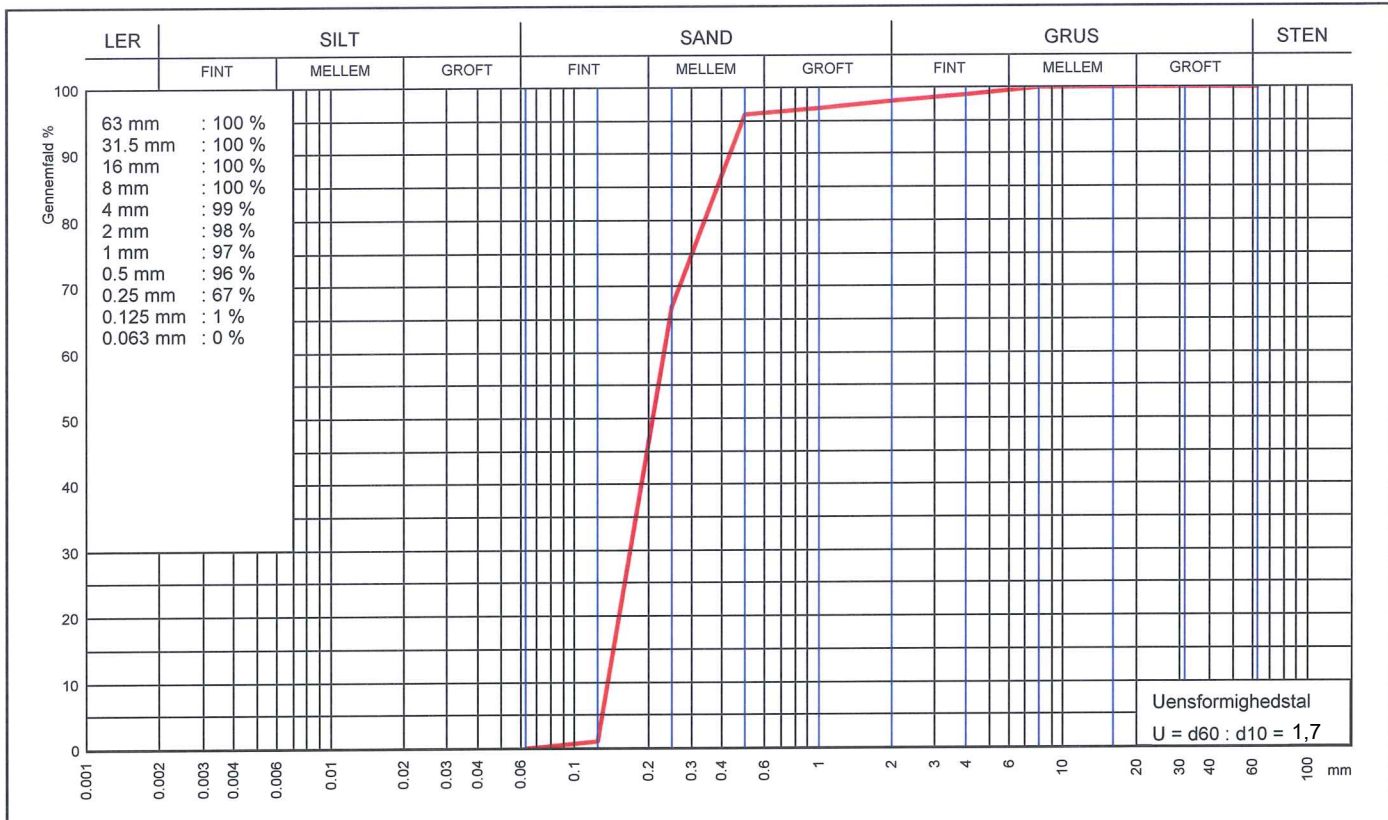
Rekvirent: ORBICON	NCC Industry A/S Laboratoriet	Station / Boring	Mrk.: SS 10
Sted: SKAGEN SYD		Dybde / Kote	Lab. nr.: 114
Udt. d.: 04-10-2018	Modt. d.: 31-10-2018	Tegn.: Inaman	Godk.: 11/12-18
		Sag nr.: K5328	Bilag/side nr.:



Gennemfald 0.063 mm	0.8 %	Frasigtet > 16 mm	s	%	Frasigtet > 80 mm	%
Flydegrænse w _L		Plasticitetsgrænse w _P			Plasticitetsindeks I _P	
Korndensitet(0-0.063mm) ρ _s	Mg/m³	Korndensitet(0-16mm) ρ _s		Mg/m³	Korndensitet, filler ρ _f	Mg/m³
Kalkindhold(0-1mm) ka	%	Kalkindhold(0-16mm) ka		%	Kalkindhold(>16mm) ka	%
Glødetab gl	0.7 %	Glødetab reduceret gl _{red}		%	d50	0,2
Sandækvivalent (0-4mm)SE ₄	%	Humusindhold				
Vurderet frostfare		Vandindhold in situ w _{nat}		%		

Prøvebeskrivelse: SAND

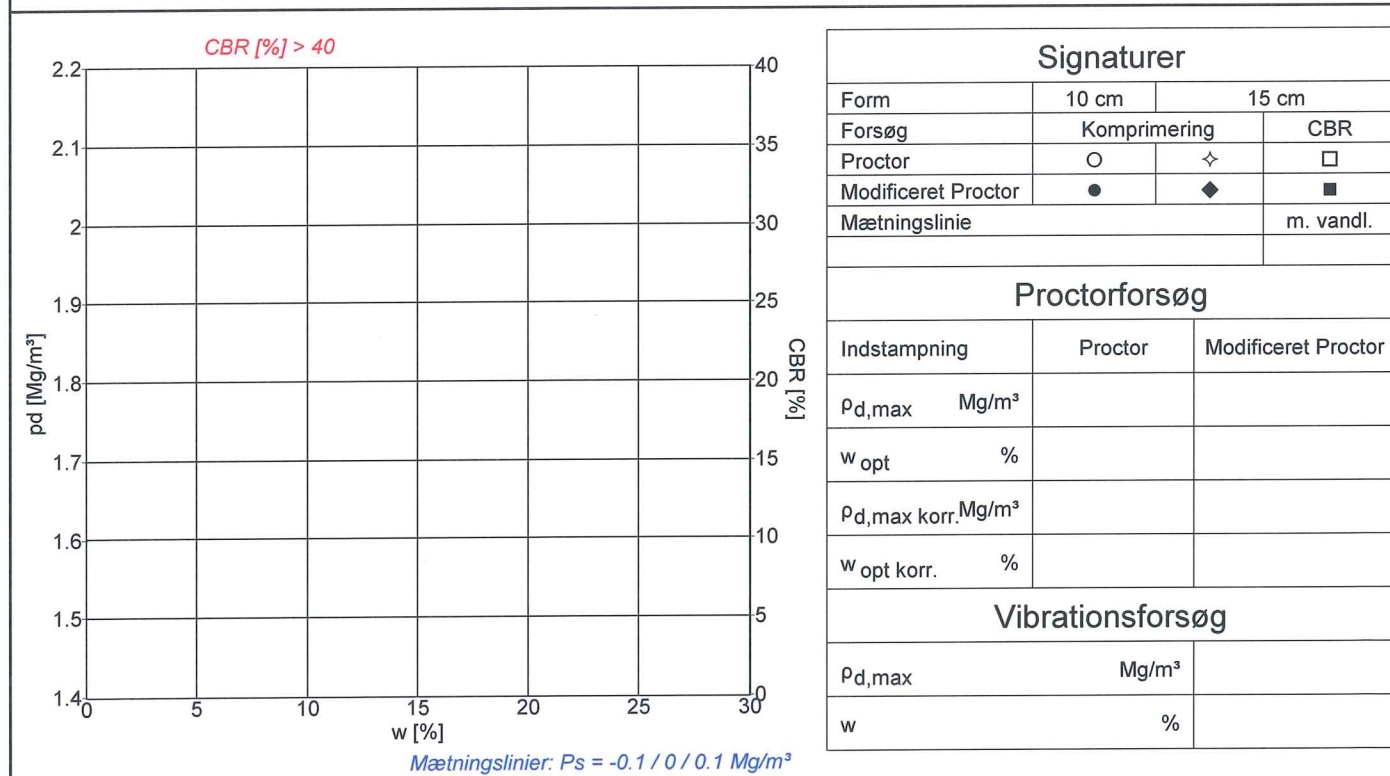
Rekvirent: ORBICON	NCC Industry A/S Laboratoriet	Station / Boring	Mrk.:SS 11
Sted: SKAGEN SYD		Dybde / Kote	Lab. nr.: 115
Udt. d.: 04-10-2018	Modt. d.: 31-10-2018	Tegn.: Inaman	Godk.: 14/10-18
		Sag nr.: K5328	Bilag/side nr.:



Gennemfald 0.063 mm	0 %	Frasigtet > 16 mm	s	%	Frasigtet > 80 mm	%
Flydegrænse w _L		Plasticitetsgrænse w _P			Plasticitetsindeks I _P	
Korndensitet(0-0.063mm) ρ _s	Mg/m³	Korndensitet(0-16mm) ρ _s		Mg/m³	Korndensitet, filler ρ _f	Mg/m³
Kalkindhold(0-1mm) ka	%	Kalkindhold(0-16mm) ka		%	Kalkindhold(>16mm) ka	%
Glødetab gl	0.3 %	Glødetab reduceret gl _{red}		%	d50	0,22
Sandækivalent (0-4mm)SE ₄	%	Humusindhold				
Vurderet frostfare		Vandindhold in situ w _{nat}		%		

Prøvebeskrivelse: SAND

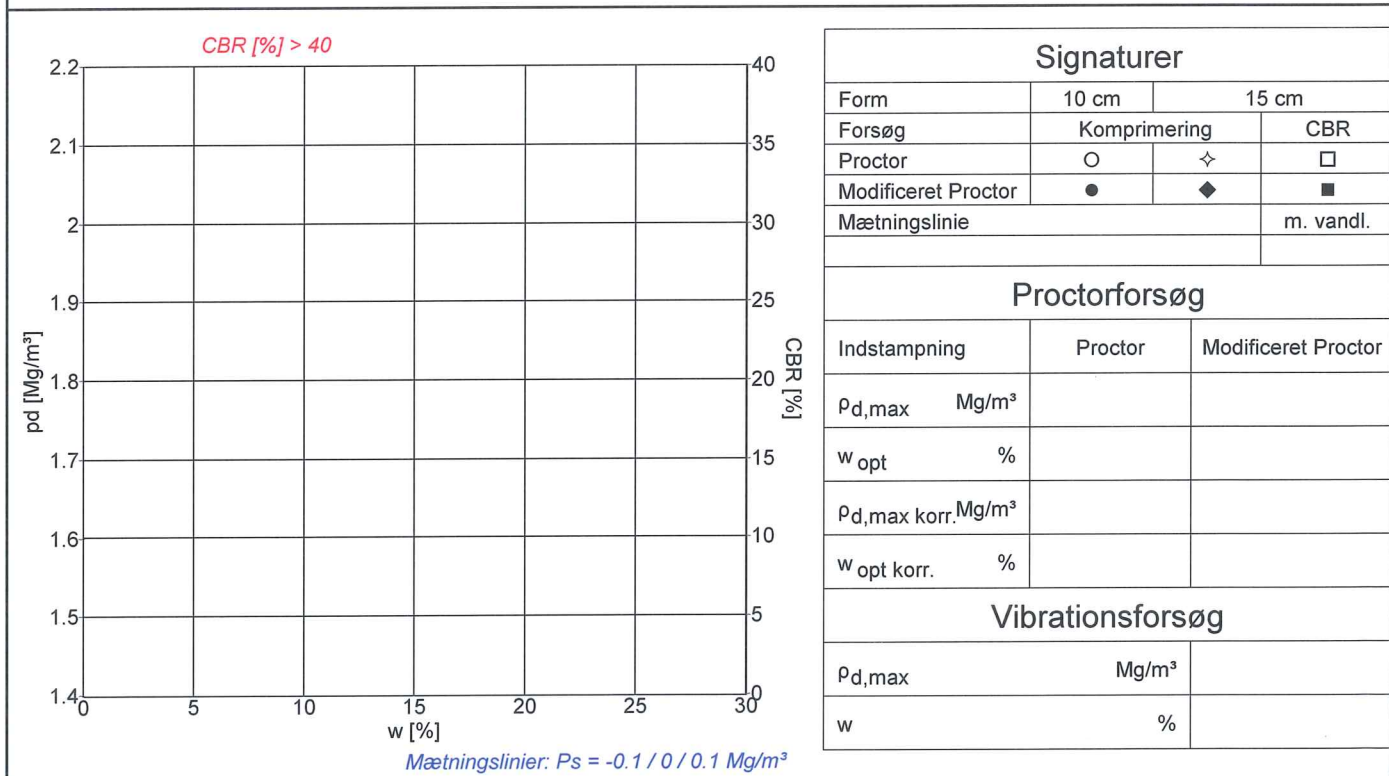
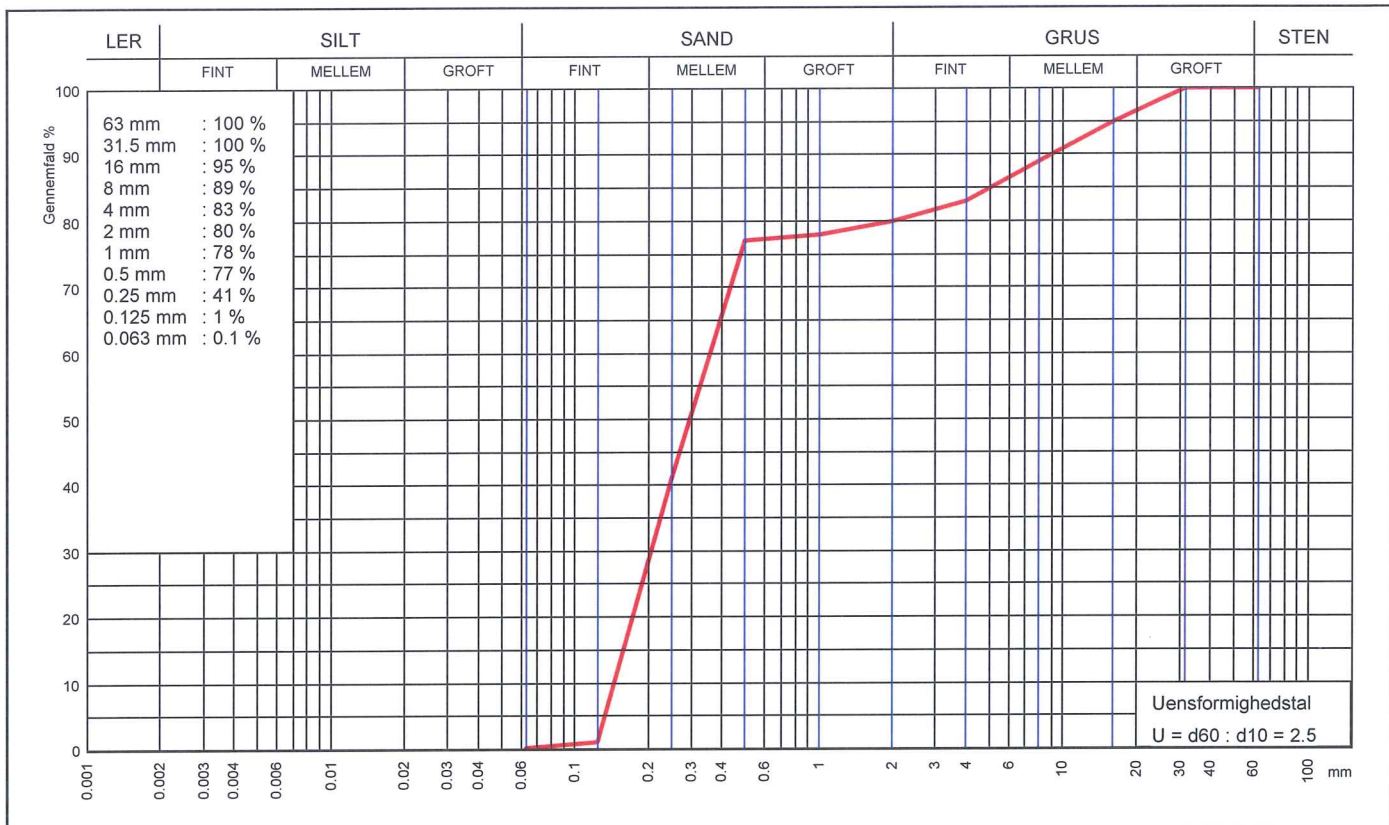
Rekvirent: ORBICON	NCC Industry A/S Laboratoriet	Station / Boring	Mrk.: SS 12
Sted: SKAGEN SYD		Dybde / Kote	Lab. nr.: 116
Udt. d.: 04-10-2018	Modt. d.: 31-10-2018	Tegn.: Inaman	Godk.: 11-13
		Sag nr.: K5328	Bilag/side nr.:



Gennemfald 0.063 mm	0 %	Frasigtet > 16 mm	s	3 %	Frasigtet > 80 mm	%
Flydegrænse w _L		Plasticitetsgrænse w _P			Plasticitetsindeks I _P	
Korndensitet(0-0.063mm) ρ _s	Mg/m ³	Korndensitet(0-16mm) ρ _s	Mg/m ³		Korndensitet, filler ρ _f	Mg/m ³
Kalkindhold(0-1mm) ka	%	Kalkindhold(0-16mm) ka	%		Kalkindhold(>16mm) ka	%
Glødetab gl	0.4 %	Glødetab reduceret gl _{red}	%		d ₅₀	0,22
Sandækvivalent (0-4mm)SE ₄	%	Humusindhold				
Vurderet frostfare		Vandindhold in situ w _{nat}	%			

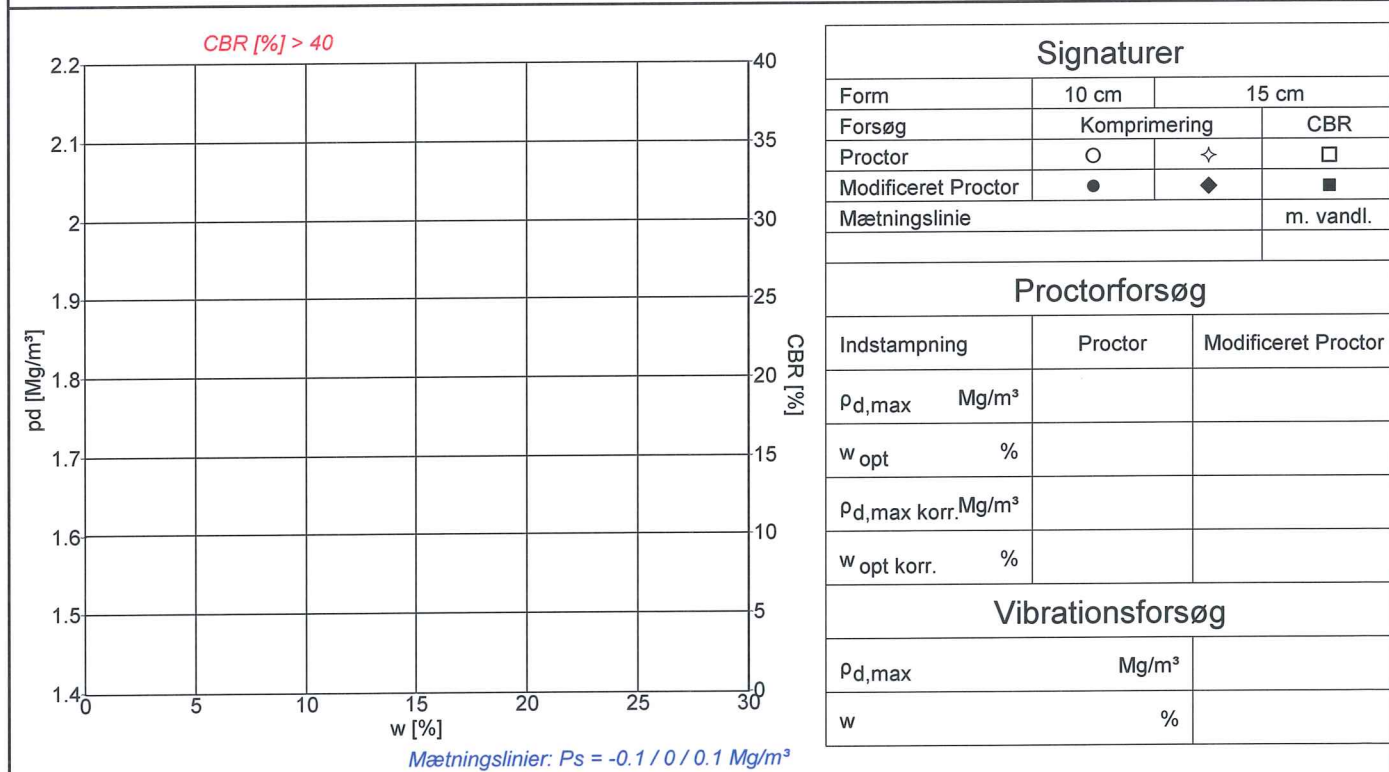
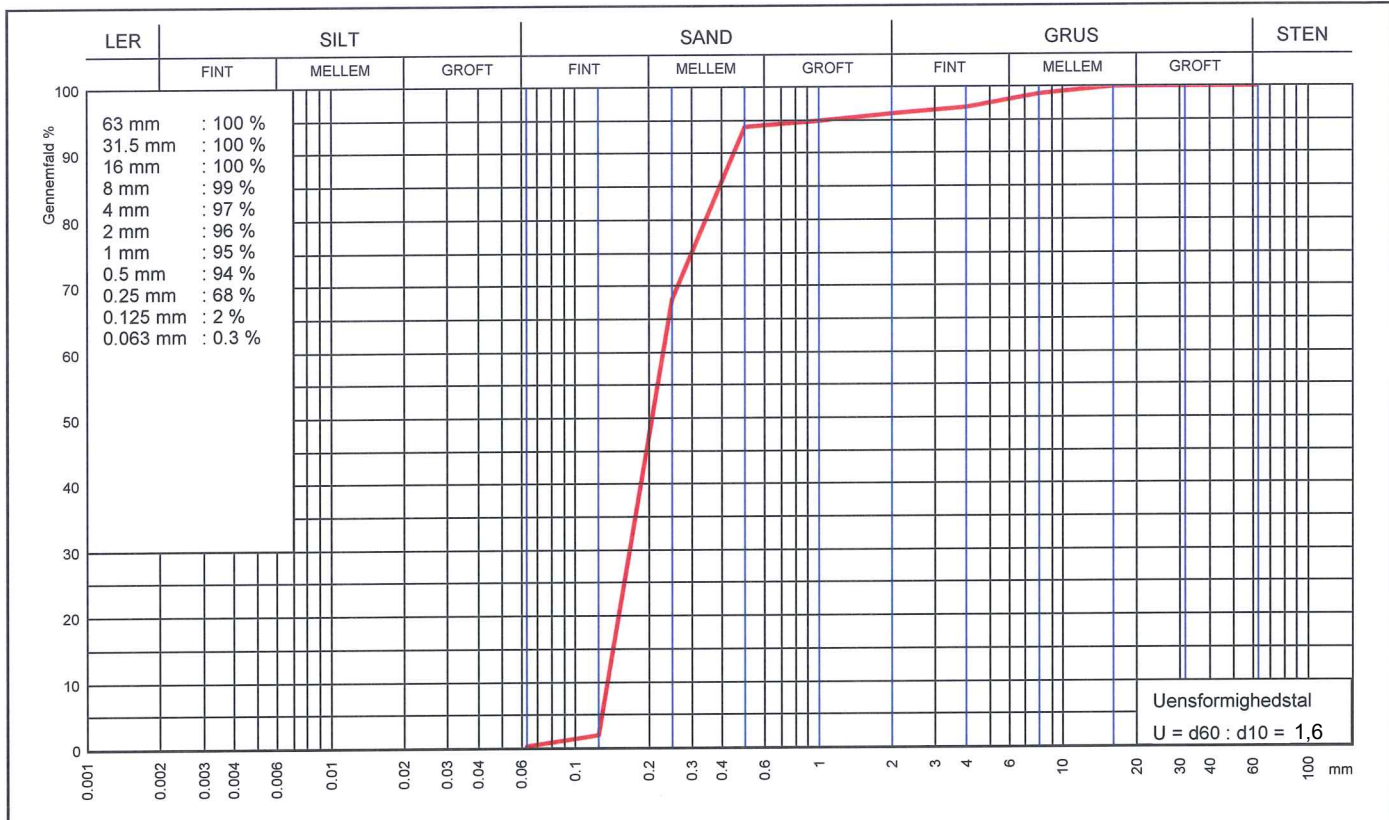
Prøvebeskrivelse: SAND

Rekvirent: ORBICON	NCC Industry A/S	Station / Boring	Mrk.: SS 13
Sted: SKAGEN SYD	Laboratoriet	Dybde / Kote	Lab. nr.: 117
Udt. d.: 04-10-2018	Modt. d.: 31-10-2018	Tegn.: Inaman	Sag nr.: K5328
		Godk.: 11/15-18	Bilag/side nr.:



Gennemfald 0.063 mm	0.1 %	Frasigtet > 16 mm	s	5 %	Frasigtet > 80 mm	%		
Flydegrænse	w _L	Plasticitetsgrænse	w _P		Plasticitetsindeks	I _P		
Korndensitet(0-0.063mm)	ρ _s	Mg/m³	Korndensitet(0-16mm)	ρ _s	Mg/m³	Korndensitet, filler	ρ _f	Mg/m³
Kalkindhold(0-1mm)	ka	%	Kalkindhold(0-16mm)	ka	%	Kalkindhold(>16mm)	ka	%
Glødetab	gl	0.3 %	Glødetab reduceret	gl _{red}	%	d50		0,31
Sandækvivalent (0-4mm)SE ₄	%	Humusindhold						
Vurderet frostfare		Vandindhold in situ	w _{nat}	%				

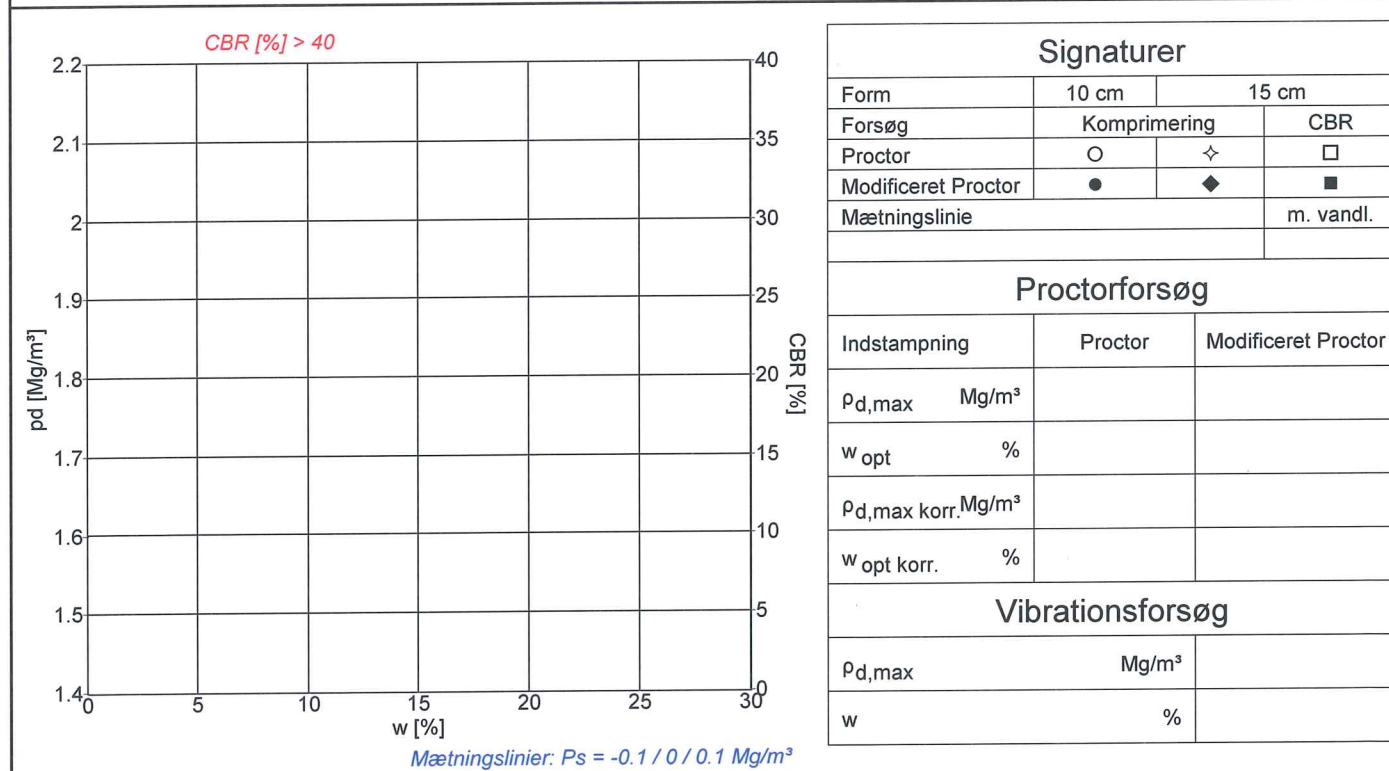
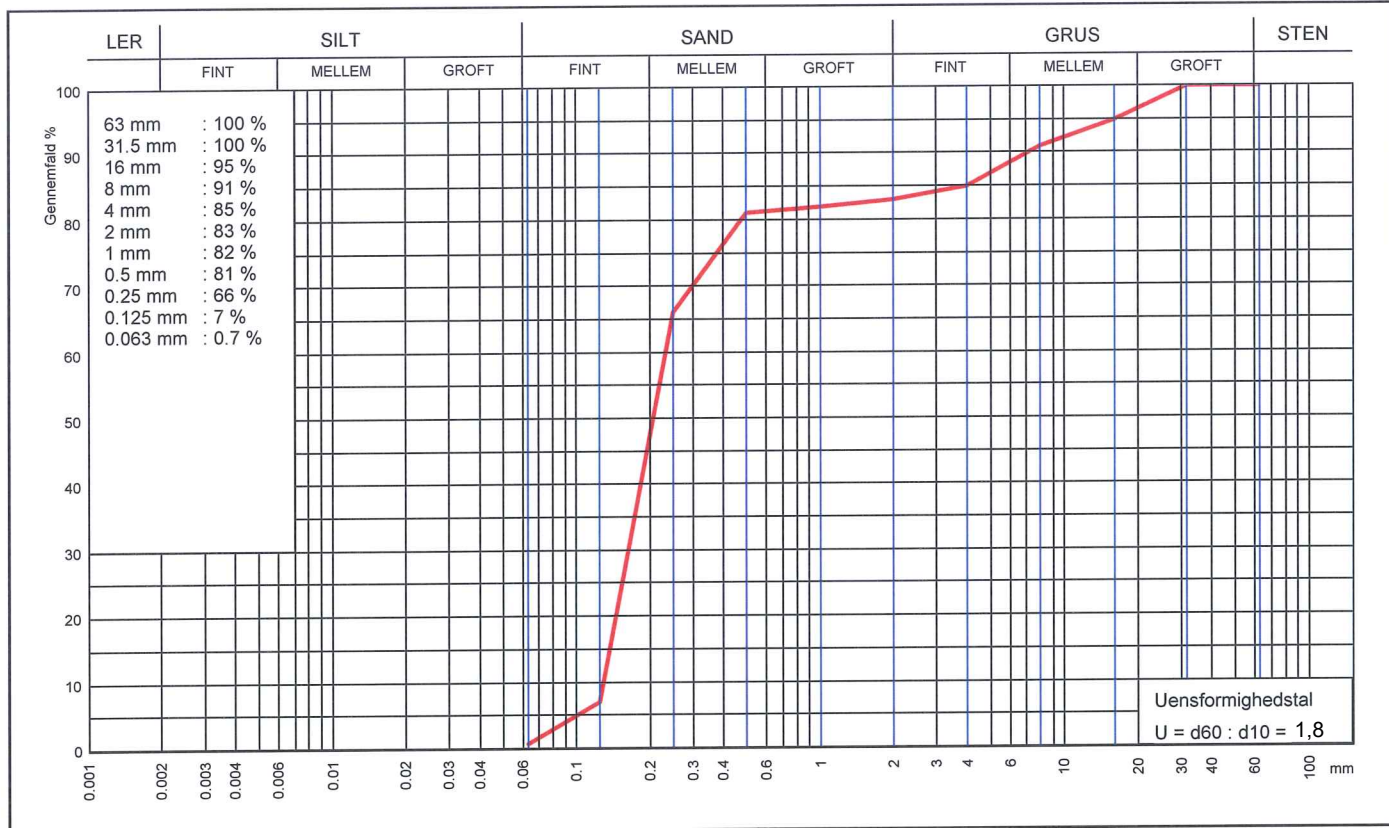
Prøvebeskrivelse: SAND			
Rekvirent: ORBICON	NCC Industry A/S	Station / Boring	Mrk.:SS 14
Sted: SKAGEN SYD	Laboratoriet	Dybde / Kote	Lab. nr.: 118
Udt. d.: 04-10-2018	Modt. d.: 31-10-2018	Tegn.: Inaman	Godek: 27/11-18
		Sag nr.: K5328	Bilag/side nr.:



Gennemfald 0.063 mm	0.3 %	Frasigtet > 16 mm	s	%	Frasigtet > 80 mm	%
Flydegrænse w _L		Plasticitetsgrænse w _p			Plasticitetsindeks I _p	
Korndensitet(0-0.063mm) ρ _s	Mg/m³	Korndensitet(0-16mm) ρ _s		Mg/m³	Korndensitet, filler ρ _f	Mg/m³
Kalkindhold(0-1mm) ka	%	Kalkindhold(0-16mm) ka		%	Kalkindhold(>16mm) ka	%
Glødetab gl	0.5 %	Glødetab reduceret gl _{red}		%	d50	0,22
Sandækivalent (0-4mm)SE ₄	%	Humusindhold				
Vurderet frostfare		Vandindhold in situ w _{nat}		%		

Prøvebeskrivelse: SAND

Rekvirent: ORBICON	NCC Industry A/S	Station / Boring	Mrk.: SS 15
Sted: SKAGEN SYD	Laboratoriet	Dybde / Kote	Lab. nr.: 119
Udt. d.: 04-10-2018	Modt. d.: 31-10-2018	Tegn.: Inaman	Sag nr.: K5328
		Godk.: <i>[Signature]</i>	Bilag/side nr.:



Gennemfald 0.063 mm	0.7 %	Frasigtet > 16 mm	s	5 %	Frasigtet > 80 mm	%
Flydegrænse w _L		Plasticitetsgrænse w _p			Plasticitetsindeks I _p	
Korndensitet(0-0.063mm) ρ _s	Mg/m ³	Korndensitet(0-16mm) ρ _s	Mg/m ³		Korndensitet, filler ρ _f	Mg/m ³
Kalkindhold(0-1mm) ka	%	Kalkindhold(0-16mm) ka	%		Kalkindhold(>16mm) ka	%
Glødetab gl	0.8 %	Glødetab reduceret gl _{red}	%		d ₅₀	0,22
Sandækvivalent (0-4mm)SE ₄	%	Humusindhold				
Vurderet frostfare		Vandindhold in situ w _{nat}	%			

Prøvebeskrivelse: SAND

Rekvirent: ORBICON

Sted: SKAGEN SYD

Udt. d.: 04-10-2018

Modt. d.: 31-10-2018



NCC Industry A/S
Laboratoriet

Tegn.: Inaman

Godk.: 11/12-18

Station / Boring

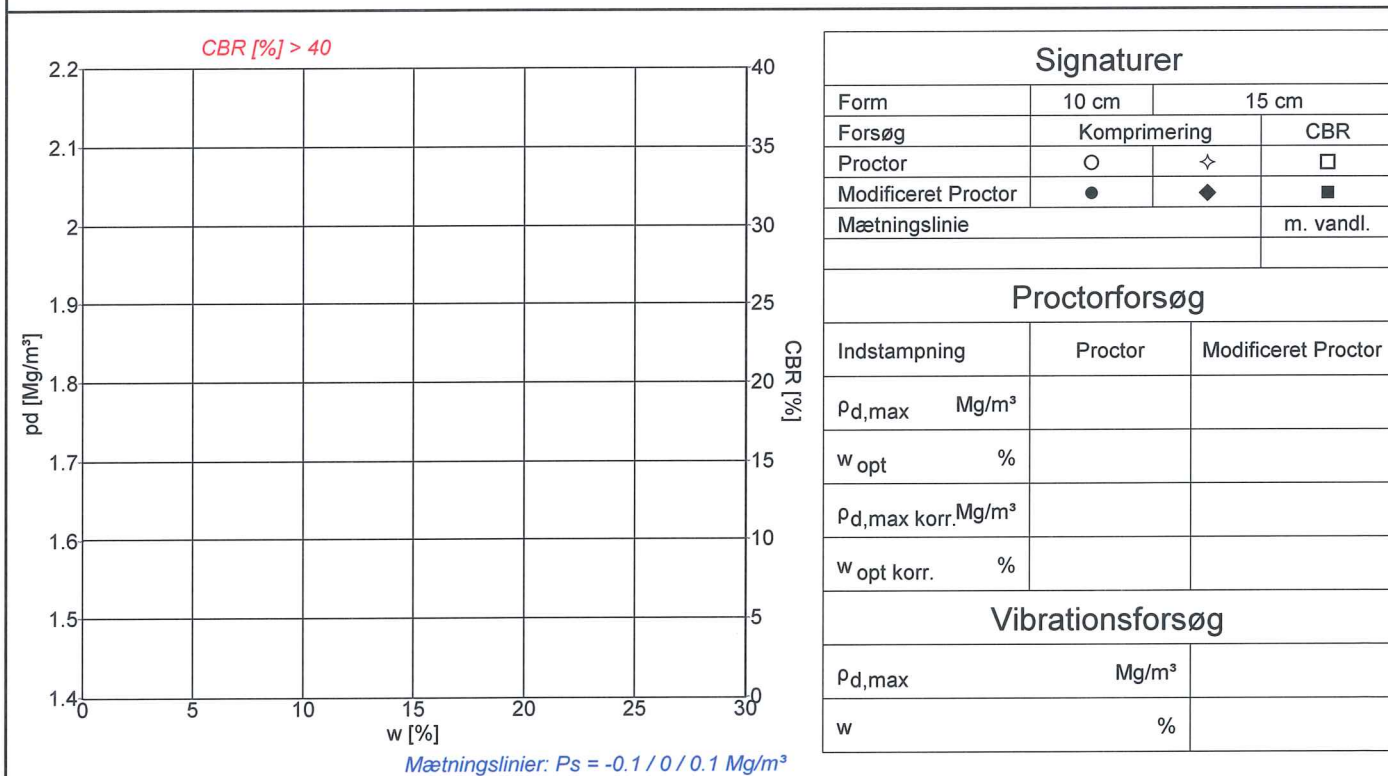
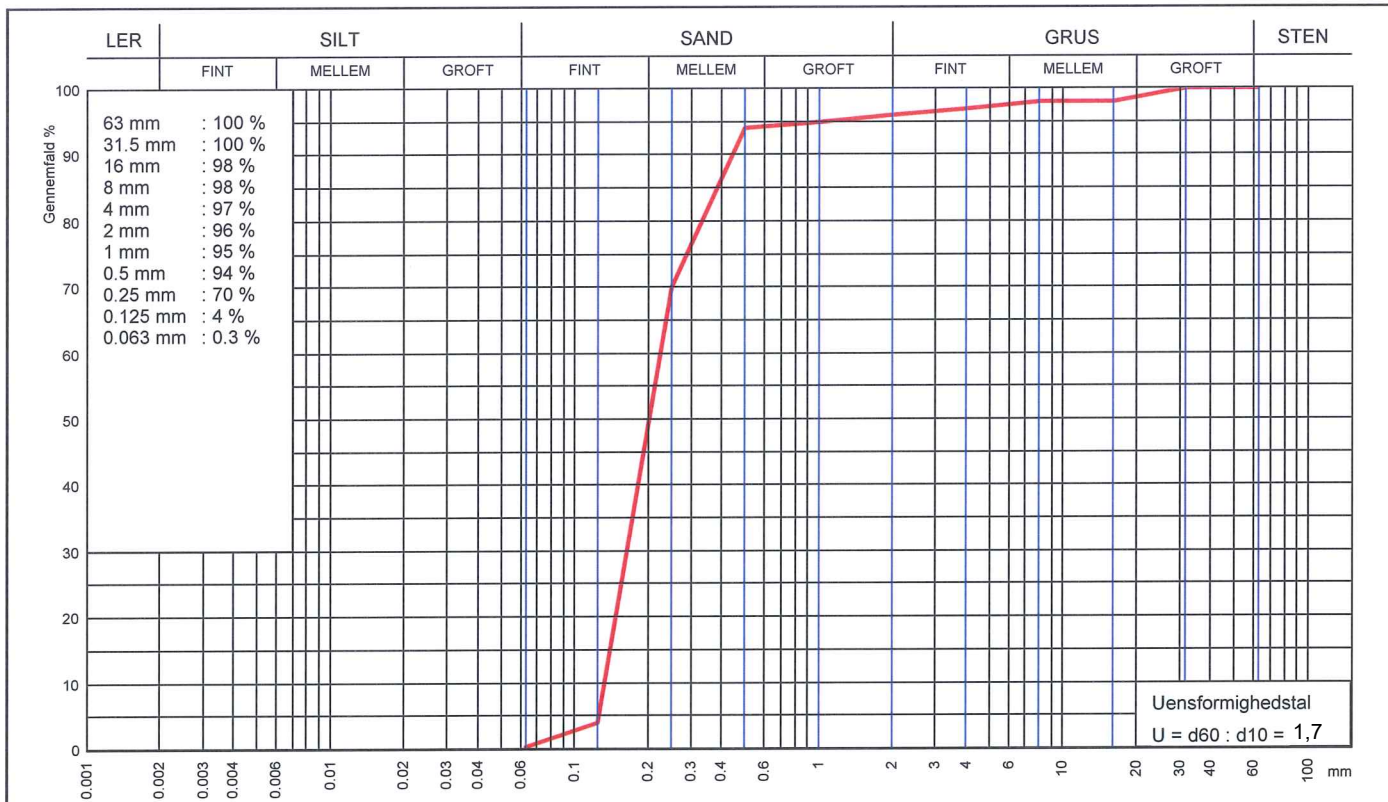
Dybde / Kote

Sag nr.: K5328

Mrk.: SS 16

Lab. nr.: 120

Bilag/side nr.:



Gennemfald 0.063 mm	0.3 %	Frasigtet > 16 mm	s	2 %	Frasigtet > 80 mm	%
Flydegrænse w _L		Plasticitetsgrænse w _P			Plasticitetsindeks I _P	
Korndensitet(0-0.063mm) ρ _s	Mg/m³	Korndensitet(0-16mm) ρ _s	Mg/m³		Korndensitet, filler ρ _f	Mg/m³
Kalkindhold(0-1mm) ka	%	Kalkindhold(0-16mm) ka	%		Kalkindhold(>16mm) ka	%
Glødetab gl	0.4 %	Glødetab reduceret gl _{red}	%		d50	0,21
Sandækvivalent (0-4mm)SE ₄	%	Humusindhold				
Vurderet frostfare		Vandindhold in situ w _{nat}	%			

Prøvebeskrivelse: SAND

Rekvirent: ORBICON

Sted: SKAGEN SYD

Udt. d.: 04-10-2018

Modt. d.: 31-10-2018



NCC Industry A/S
Laboratoriet

Tegn.: Innaman

Godk.: 4/12-18

Station / Boring

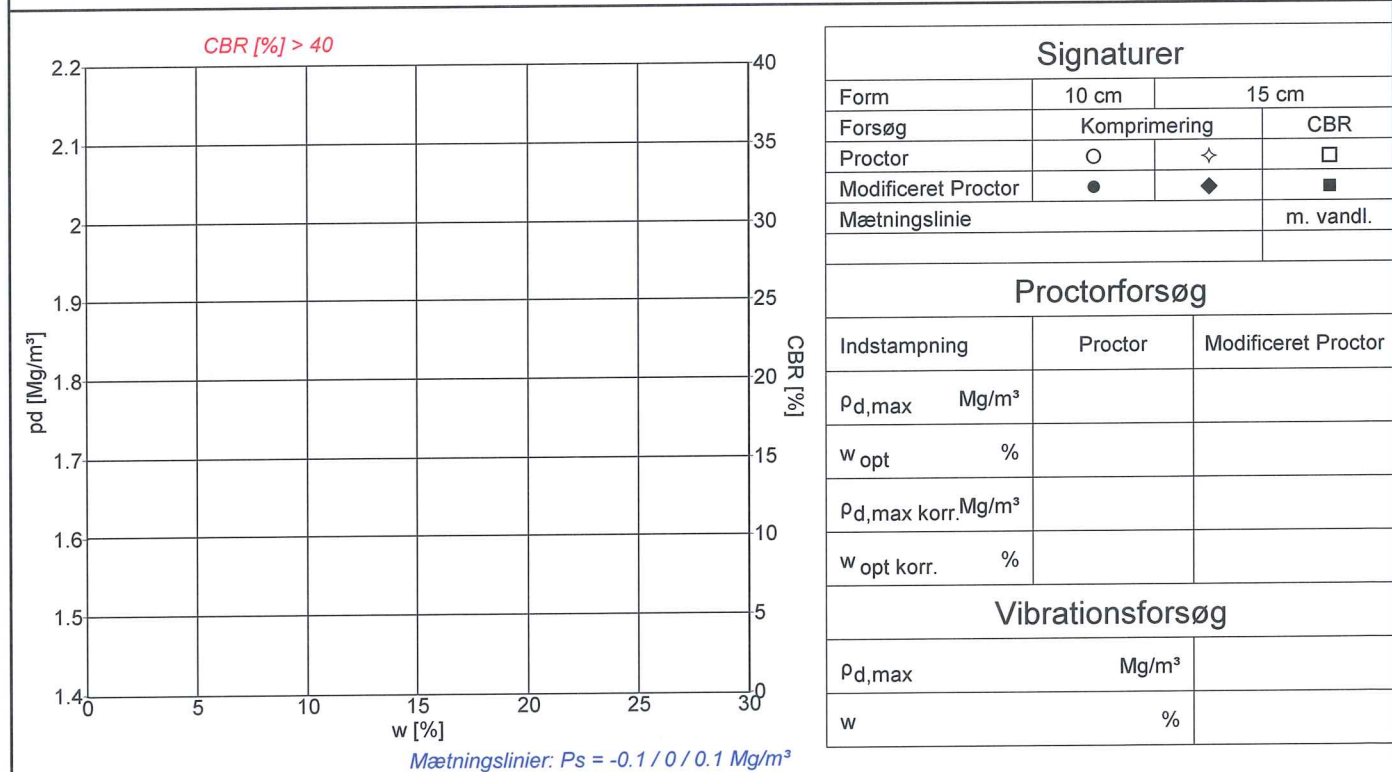
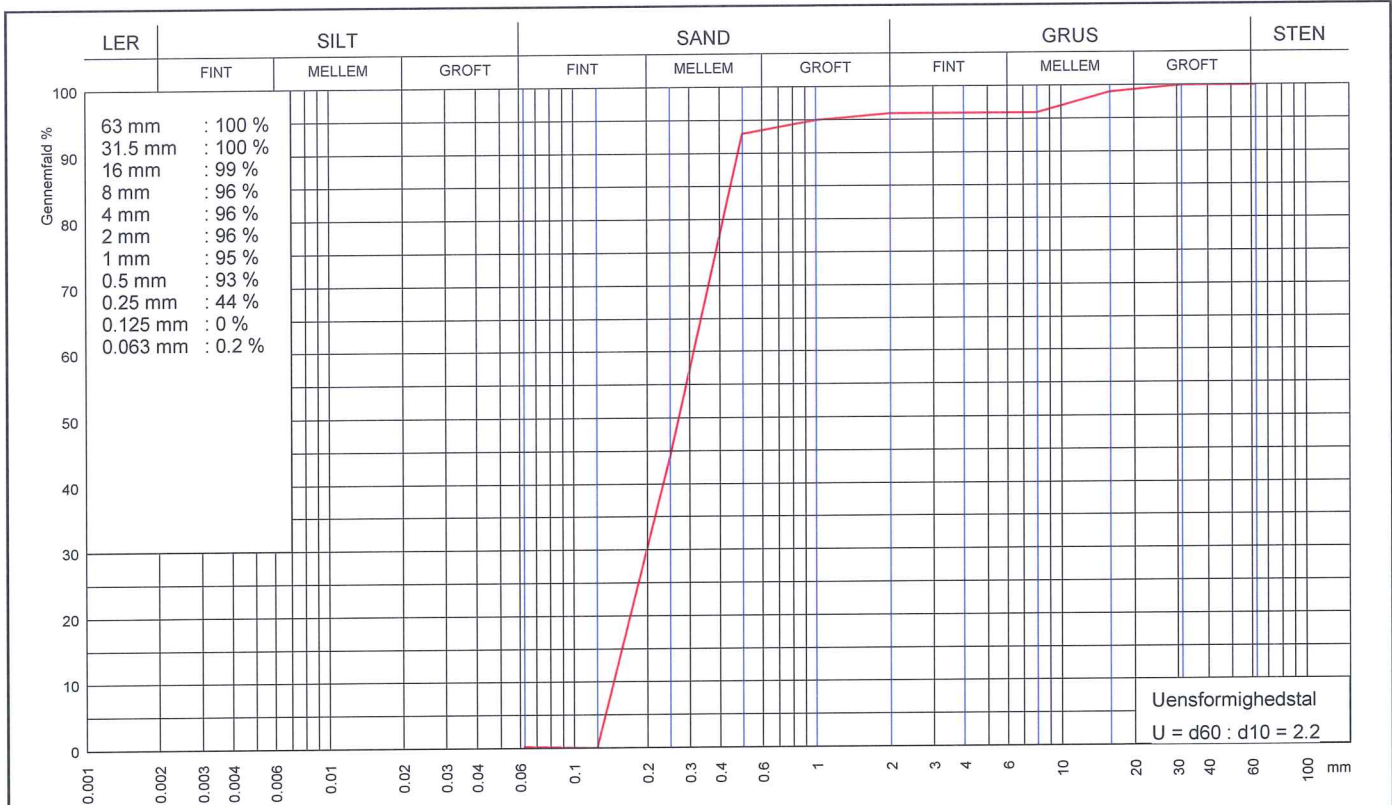
Dybde / Kote

Sag nr.: K5328

Mrk.: SS 17

Lab. nr.: 121

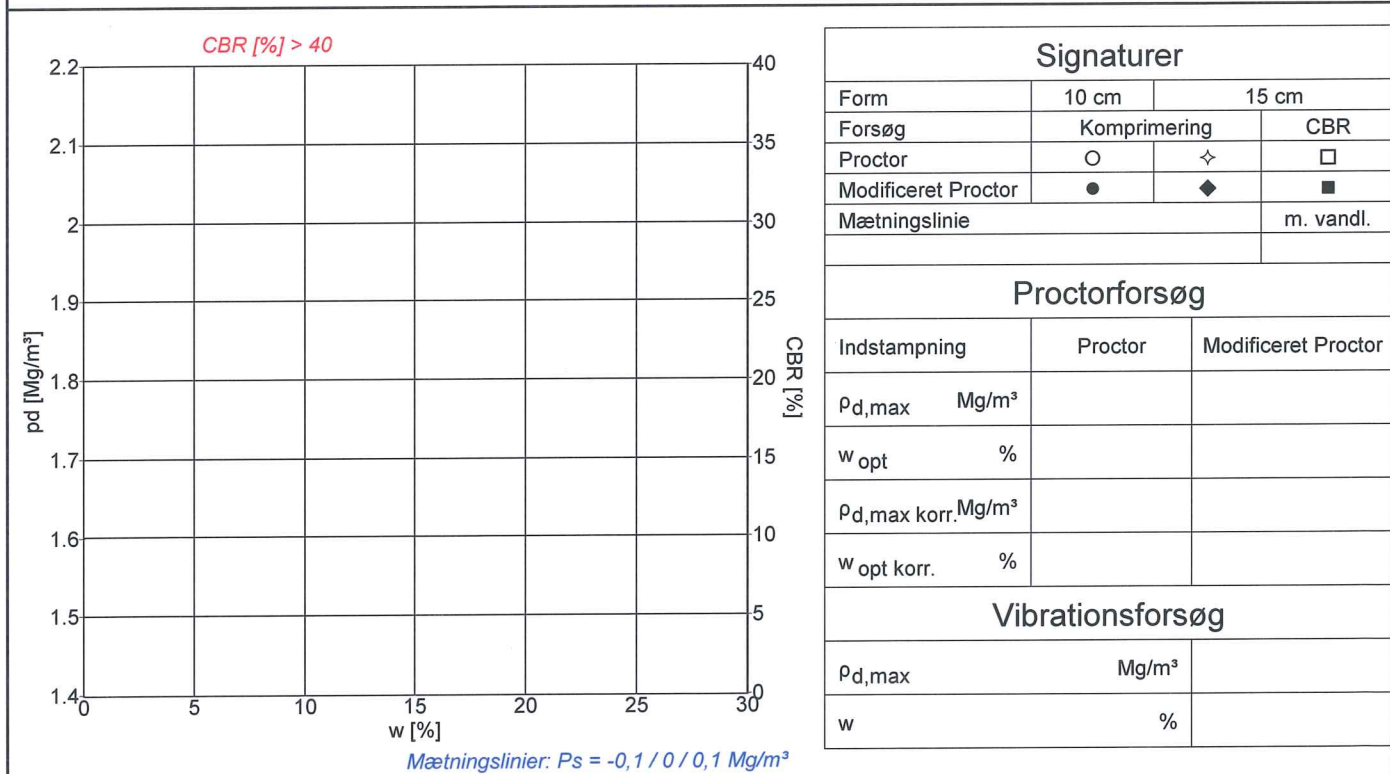
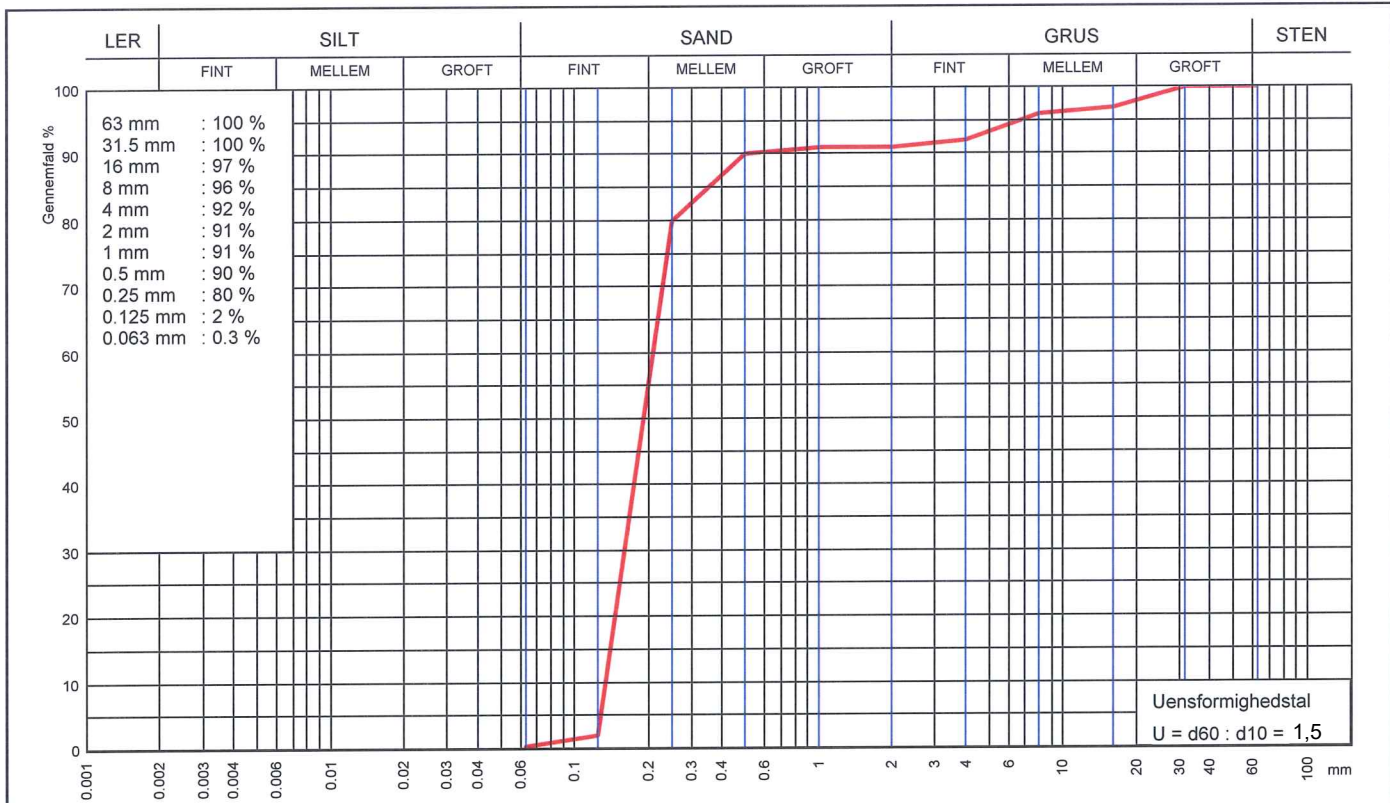
Bilag/side nr.:



Gennemfald 0.063 mm	0.2 %	Frasigtet > 16 mm	s	1 %	Frasigtet > 80 mm	%
Flydegrænse w _L		Plasticitetsgrænse w _P			Plasticitetsindeks I _P	
Korndensitet(0-0.063mm) ρ _s	Mg/m ³	Korndensitet(0-16mm) ρ _s	Mg/m ³		Korndensitet, filler ρ _f	Mg/m ³
Kalkindhold(0-1mm) ka	%	Kalkindhold(0-16mm) ka	%		Kalkindhold(>16mm) ka	%
Glødetab gl	0.1 %	Glødetab reduceret gl _{red}	%		d ₅₀	0,28
Sandækivalent (0-4mm)SE ₄	%	Humusindhold				
Vurderet frostfare		Vandindhold in situ w _{nat}	%			

Prøvebeskrivelse: SAND

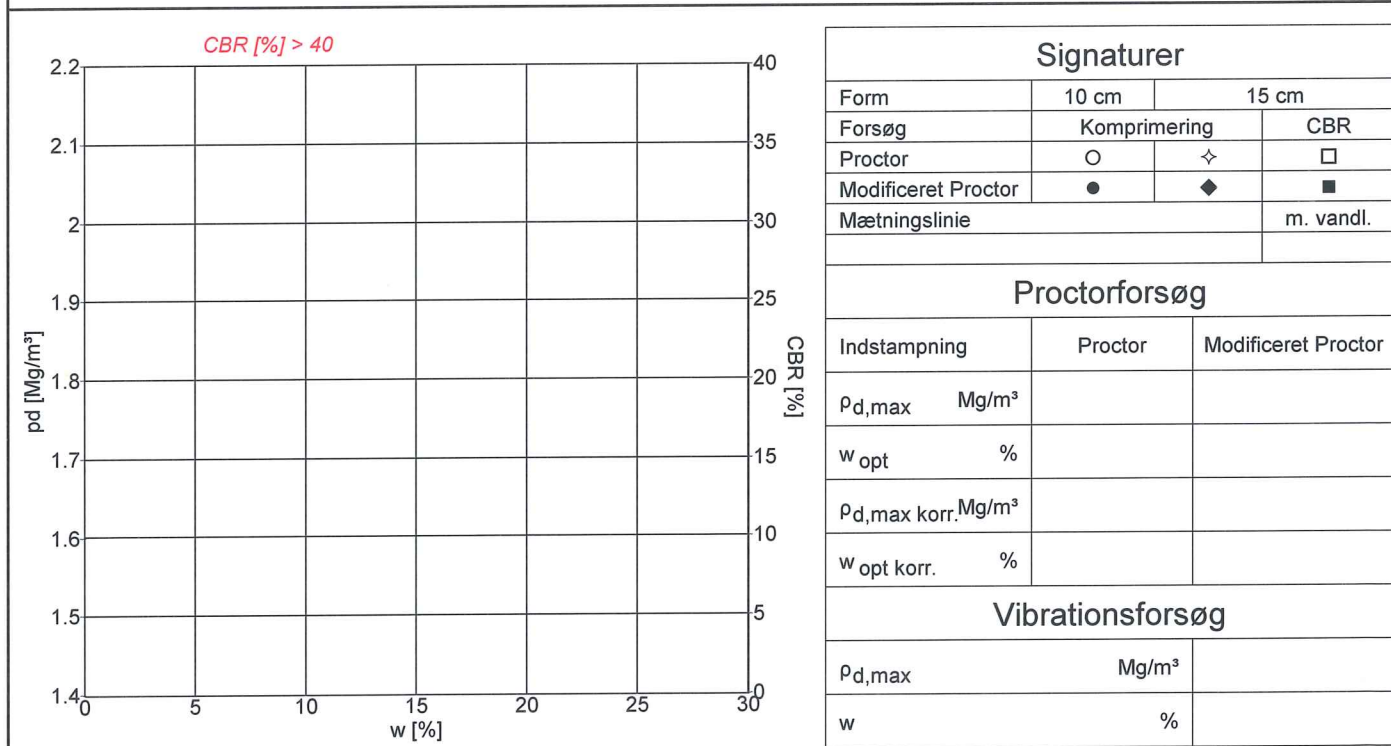
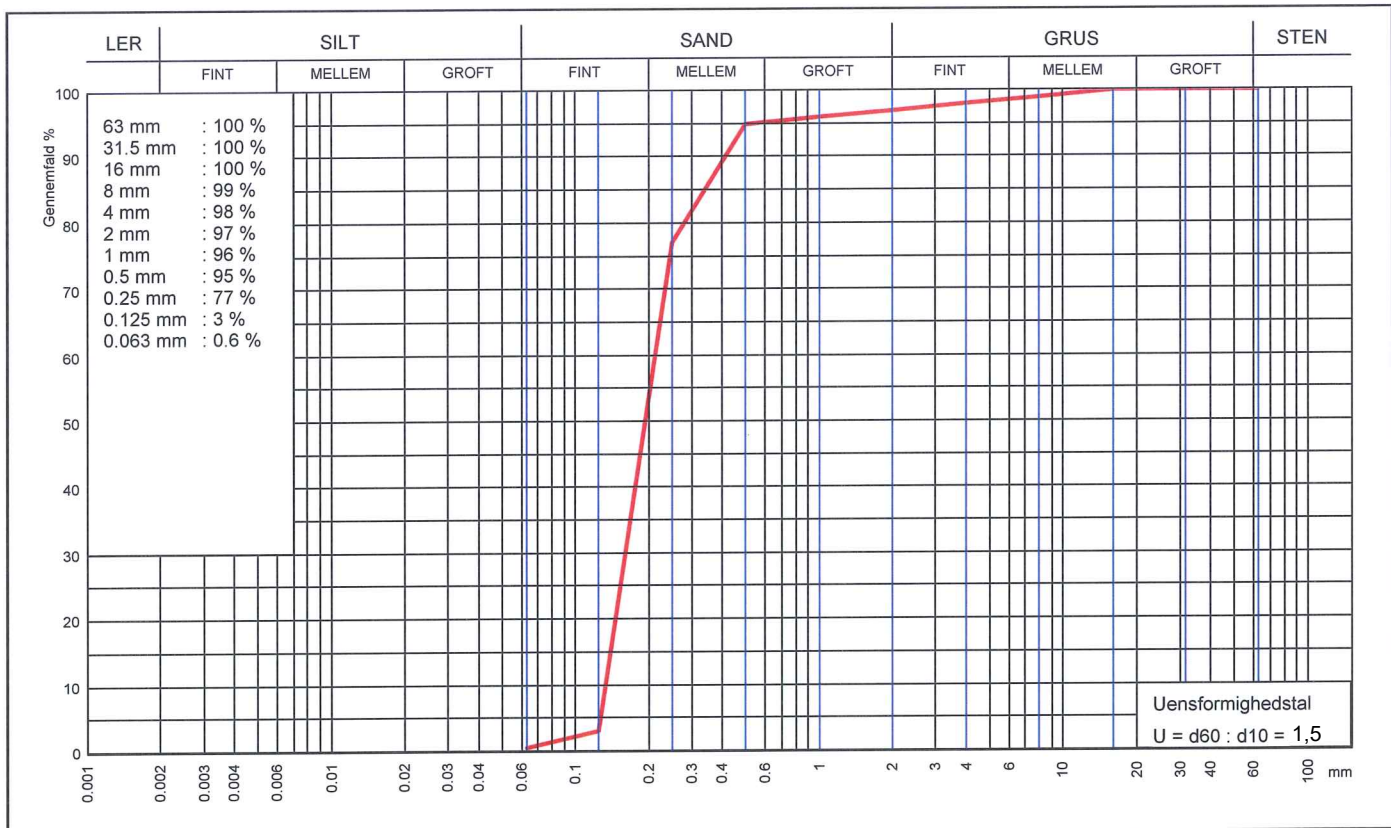
Rekvirent: ORBICON	NCC Industry A/S	Station / Boring	Mrk.:SS 18
Sted: SKAGEN SYD	Laboratoriet	Dybde / Kote	Lab. nr.: 122
Udt. d.: 04-10-2018	Modt. d.: 31-10-2018	Tegn.: Inaman	Bilag/side nr.:
		Godk. 30/11-18	Sag nr.: K5328



Gennemfald 0.063 mm	0.3 %	Frasigtet > 16 mm	s	3 %	Frasigtet > 80 mm	%
Flydegrænse w _L		Plasticitetsgrænse w _P			Plasticitetsindeks I _P	
Korndensitet(0-0.063mm) ρ _s	Mg/m ³	Korndensitet(0-16mm) ρ _s	Mg/m ³		Korndensitet, filler ρ _f	Mg/m ³
Kalkindhold(0-1mm) ka	%	Kalkindhold(0-16mm) ka	%		Kalkindhold(>16mm) ka	%
Glødetab gl	0.5 %	Glødetab reduceret gl _{red}	%		d50	0,2
Sandækvivalent (0-4mm)SE ₄	%	Humusindhold				
Vurderet frostfare		Vandindhold in situ w _{nat}	%			

Prøvebeskrivelse: SAND

Rekvirent: ORBICON	NCC Industry A/S Laboratoriet	Station / Boring	Mrk.: SS 19
Sted: SKAGEN SYD		Dybde / Kote	Lab. nr.: 123
Udt. d.: 05-10-2018	Modt. d.: 31-10-2018	Tegn.: Inaman	Godk.: 12-18
		Sag nr.: K5328	Bilag/side nr.:

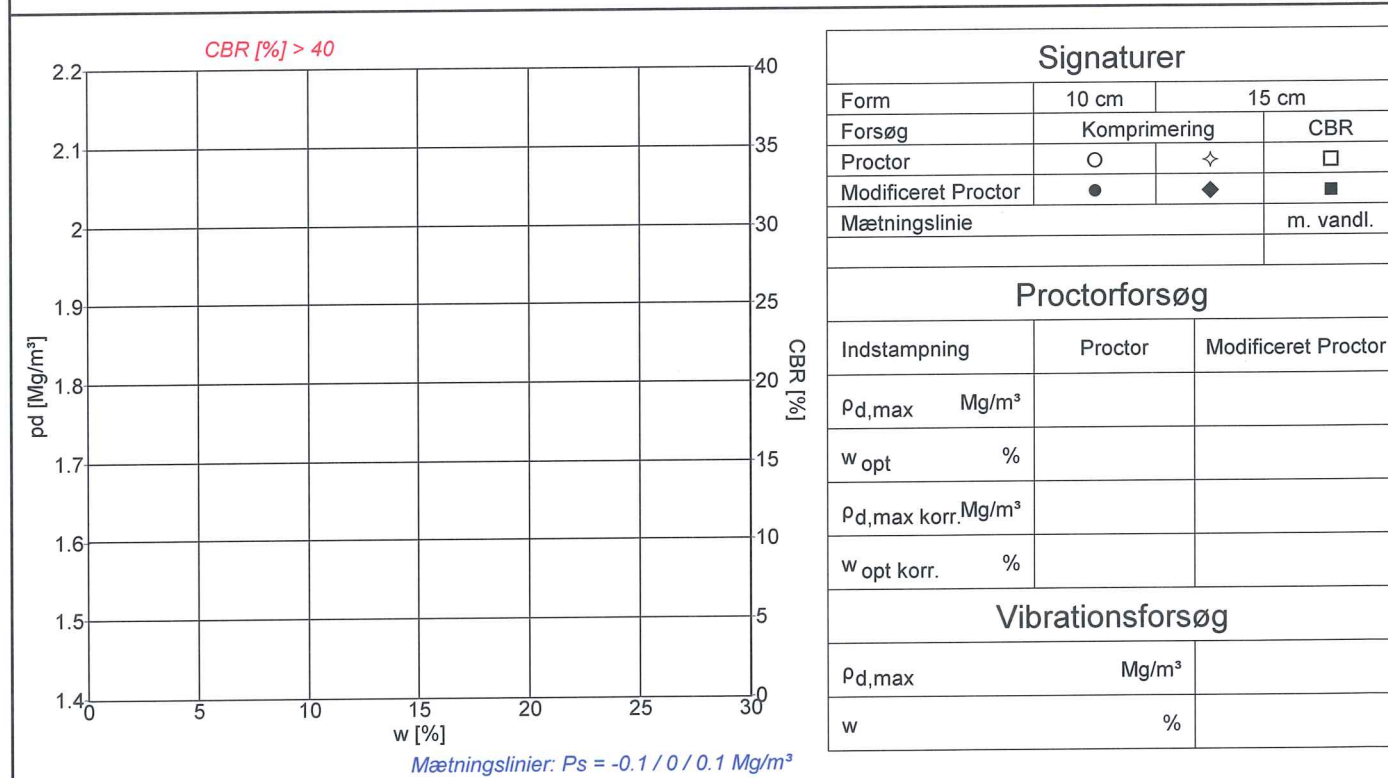
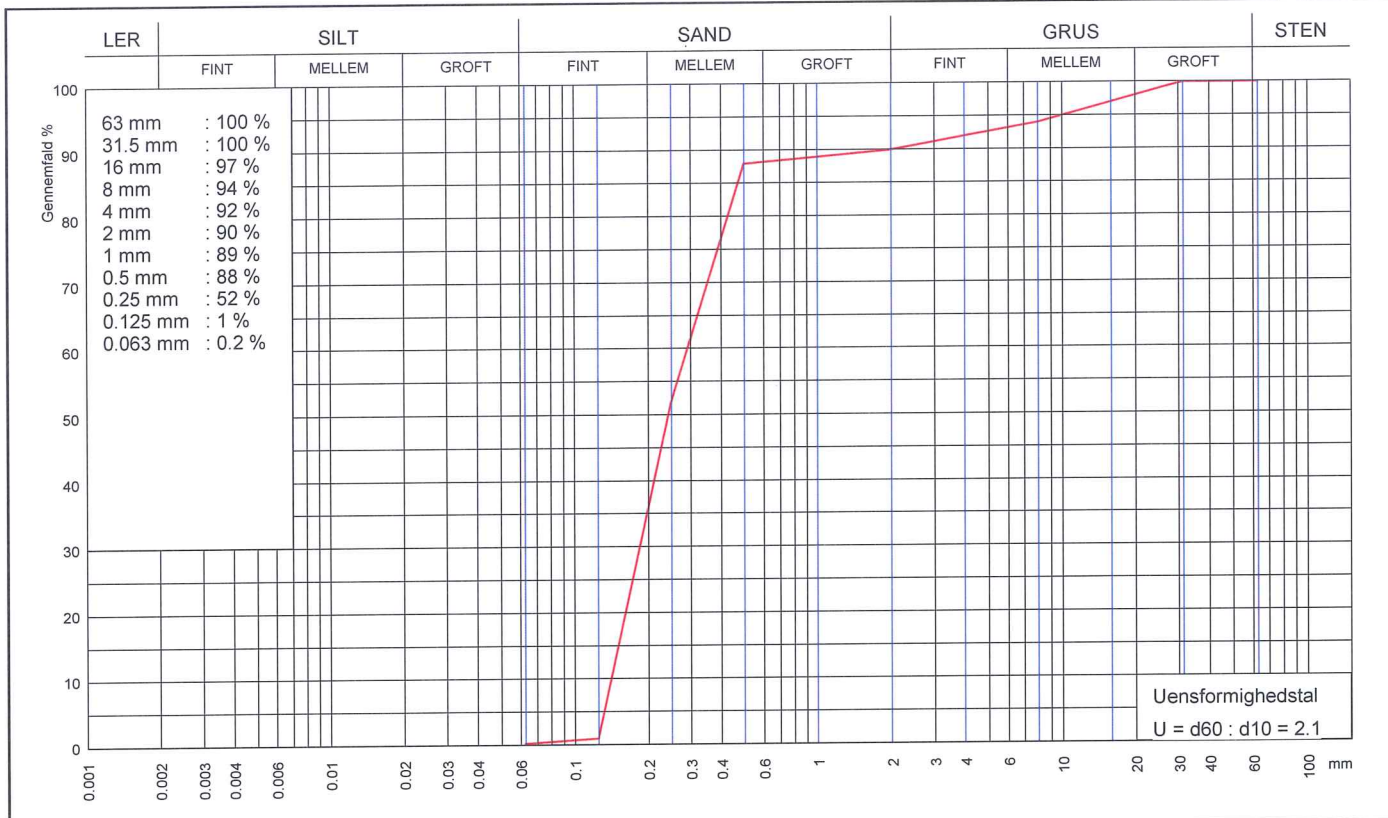


Gennemfald 0.063 mm	0.6 %	Frasigtet > 16 mm	s	%	Frasigtet > 80 mm	%
Flydegrænse w_L		Plasticitetsgrænse w_P			Plasticitetsindeks I_P	
Korndensitet(0-0.063mm) ρ_s	Mg/m³	Korndensitet(0-16mm) ρ_s		Mg/m³	Korndensitet, filler ρ_f	Mg/m³
Kalkindhold(0-1mm) k_a	%	Kalkindhold(0-16mm) k_a		%	Kalkindhold(>16mm) k_a	%
Glødetab g_l	0.4 %	Glødetab reduceret $g_{l \text{ red}}$		%	d50	0,2
Sandækvivalent (0-4mm) SE_4	%	Humusindhold				
Vurderet frostfare		Vandindhold in situ w_{nat}		%		

Prøvebeskrivelse: SAND

Rekvirent: ORBICON	NCC Industry A/S	Station / Boring	Mrk.: SS 20
Sted: SKAGEN SYD	Laboratoriet	Dybde / Kote	Lab. nr.: 124
Udt. d.: 05-10-2018	Modt. d.: 31-10-2018	Tegn.: Inaman	Godk.: 4/12-18
		Sag. nr.: K5328	Bilag/side nr.:

www.drive-it.dk



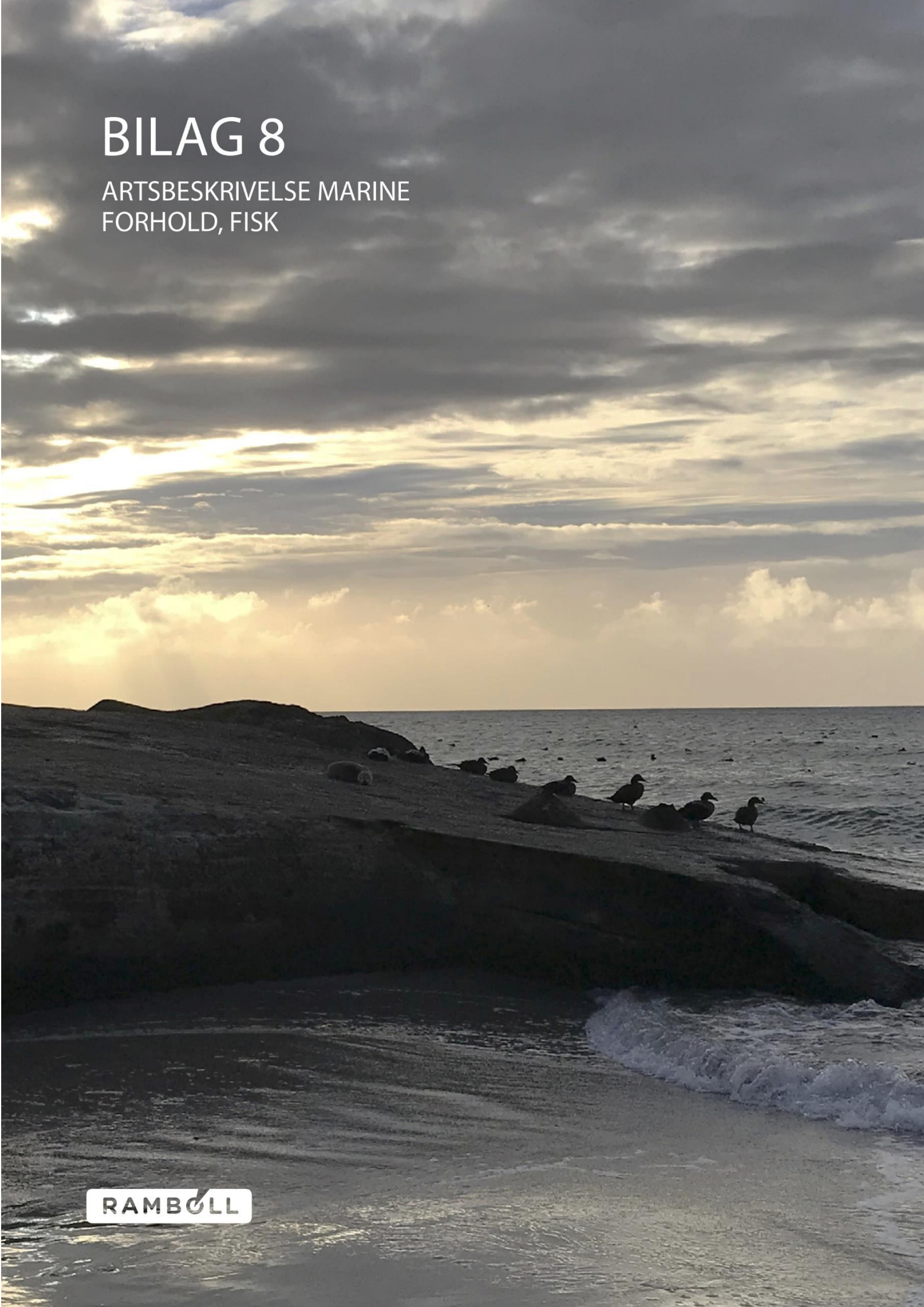
Gennemfald 0.063 mm	0.2 %	Frasigtet > 16 mm	s	3 %	Frasigtet > 80 mm	%
Flydegrænse w _L		Plasticitetsgrænse w _p			Plasticitetsindeks I _p	
Korndensitet(0-0.063mm) ρ _s	Mg/m ³	Korndensitet(0-16mm) ρ _s	Mg/m ³		Korndensitet, filler ρ _f	Mg/m ³
Kalkindhold(0-1mm) ka	%	Kalkindhold(0-16mm) ka	%		Kalkindhold(>16mm) ka	%
Glødetab gl	0.2 %	Glødetab reduceret gl _{red}	%		d ₅₀	0,24
Sandækvivalent (0-4mm)SE ₄	%	Humusindhold				
Vurderet frostfare		Vandindhold in situ w _{nat}	%			

Prøvebeskrivelse: SAND

Rekvirent: ORBICON	NCC Industry A/S	Station / Boring	Mrk.: SS 21
Sted: SKAGEN SYD	Laboratoriet	Dybde / Kote	Lab. nr.: 125
Udt. d.: 05-10-2018	Modt. d.: 31-10-2018	Tegn.: Inaman	Godk.: 29/11-18
		Sag nr.: K5328	Bilag/side nr.:

BILAG 8

ARTSBESKRIVELSE MARINE
FORHOLD, FISK



8.1 Indledning

I dette notat beskrives de fiskearter, der er vurderet at være mest relevante ift. kystbeskyttelsesprojekterne langs strækningerne Lodbjerg - Nymindegab, Blåvand, Lønstrup og Skagen. Der er udarbejdet et baggrundsdokument for alle strækninger, da fiskefaunaen er stort set den samme.

Derudover er udbredelsen for arterne beskrevet, samt deres ynglebiologi og primære føde.

For hver art er der kort redegjort for følsomheden overfor de direkte miljøbelastninger sandfodring kan have på fiskene. Der er således beskrevet følsomheden overfor sedimentspredning, både forøgede sedimentkoncentrationer og sedimentation, samt følsomhed overfor tilstedeværelsen af skibe (undervandsstøj). Der er kun beskrevet følsomhed for de livsstadier af hver art, der vurderes at kunne forekomme i langs strækningen, hvor der sandfodres indenfor seks til otte meters dybdekurven.

8.2

Atlantisk laks

Navn: Atlantisk laks (*Salmo salar*)

Type: Pelagisk i adult fase; pelagisk, også demersal og bentisk i juvenile faser, anadrom

Listeart: Rødlistet, Bilag II+V.²⁵

8.2.1

Bestandsudbredelse

Atlantisk laks er vidt udbredt i lande grænsende op til Nordatlanten, med talrige genetisk unikke stammer beskrevet indenfor enkelte områder. Gydebestande med relevans for undersøgelsesstrækningen findes i Storå, Skjern å, Varde å, Sneum å, Kongeå, Ribe å, Brede å og Vidå²⁶. I Danmark er arten underlagt omfattende udsætninger i vandløbene, med det formål at styrke bestandene. Det vides med rimelig sikkerhed, at laksen har haft unikke gydebestande i Storå, Skjern Å, Varde Å, Sneum Å, Kongeå, og Ribe Å, og muligvis har der også været unikke bestande i Brede Å og Vidå²⁷. Det vurderes på grundlag af genetiske undersøgelser, at oprindelige unikke bestande stadig er repræsenteret i Skjern Å, Varde Å, Ribe Å og Storå, og i de resterende vandløb sættes der i dag kun laks ud med vestjysk oprindelse. I hvert af de vandløb, hvor der stadig findes oprindelige laksebestande bliver størrelsen af laksebestandene undersøgt hvert andet eller tredje år. For de øvrige laksevandløb, Sneum Å, Kongeå, Brede Å og Vidå, hvor der ikke længere er oprindelige bestande, bliver lakseopgangens størrelse vurderet ud fra tal om udsætninger og erfaringstal. Laksefangsterne i de danske laksevandløb har efter storstillede indsatser været inde i en meget positiv udvikling gennem de sidste ti år. De mest betydningsfulde årsager er optimering af avls- og udsætningsarbejdet, omfattende fiskerireguleringer i fjordene og Vadehavet, samt at der i flere af vandløbene er sket omfattende habitatforbedringer²⁸. Lystfiskeriet på laks har stor værdi for samfundet. F.eks. er det beregnet at laksefiskeriet bare i Skjern Å skaber et lokaløkonomisk forbrug på 14,6 mio. kr. om året og en årlig værditilvækst på 6,8 mio. kr.²⁹. Ud over den nuværende økonomiske betydning af laksefiskeriet i Skjern Å er det økonomiske potentiale i fiskeriet også undersøgt. Beregninger viser, at der er en direkte sammenhæng mellem antallet af laks i Skjern Å og den lokaløkonomiske værdi. Det vil sige, at jo flere laks i bestanden, jo højere lokaløkonomisk værdi giver det³⁰.

Den atlantiske laks optræder langs strækningen som voksen og juvenil. Arten er anadrom, hvilket betyder at æg gydes i ferskvand, mens opvækst og fødesøgning primært foregår i havet. For danske bestande sker gydning i oktober-februar; typisk med maksimum i december. Havmigrerende juvenile (smolt) trækker ud af vandløbene efter 1-4 år. Denne udvandring sker typisk i forårsmånederne marts-maj, men strækker sig over store dele af året. Internationale studier viser betydelige udtræk både i foråret og i efteråret, og styrken af efterårs-udtræk undersøges pt. for danske laks³¹. Fri passage mellem gydepladser og hav er et krav. De juvenile laks har et kort vindue, på 2-4 uger, hvor de tilpasses saltvand (smoltifikation). Når de ikke havet inden for dette vindue kan de gå til grunde³².

²⁵ Wind, P. & Pihl, S. (red.): Den danske rødliste. - Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet, [2004]. rødliste.dk

²⁶ <http://www.fiskepleje.dk/fiskebiologi/laks>

²⁷ Koed, A., Sivebæk, F. & Nielsen, E.E. (2017). Status for laksen og dens forvaltning i Danmark 2017. DTU Aqua-rapport nr. 322-2017. Institut for Akvatiske Ressourcer, Danmarks Tekniske Universitet. 49 pp.

²⁸ Koed, A., Sivebæk, F. & Nielsen, E.E. (2017). Status for laksen og dens forvaltning i Danmark 2017. DTU Aqua-rapport nr. 322-2017. Institut for Akvatiske Ressourcer, Danmarks Tekniske Universitet. 49 pp.

²⁹ Koed, A., Sivebæk, F. & Nielsen, E.E. (2017). Status for laksen og dens forvaltning i Danmark 2017. DTU Aqua-rapport nr. 322-2017. Institut for Akvatiske Ressourcer, Danmarks Tekniske Universitet. 49 pp.

³⁰ Koed, A., Sivebæk, F. & Nielsen, E.E. (2017). Status for laksen og dens forvaltning i Danmark 2017. DTU Aqua-rapport nr. 322-2017. Institut for Akvatiske Ressourcer, Danmarks Tekniske Universitet. 49 pp.

³¹ www.denstorelakseundersogelse.dk

³² Fiskepleje.dk, 2019, <https://www.fiskepleje.dk/Fiskebiologi/oerred/smolt/smoltifikation#Smolt-vinduet>

Juvenile fisk der er trukket til havs (post-smolt) migrerer til fødeområder i Nordatlanten (udenfor undersøgelsesområdet)³³. Der er ikke viden om danske post-smolts vandringsadfærd, men udenlandske undersøgelser viser, at udtræk mod Nord foregår målrettet og hurtigt³⁴.

Efter 1½ til fire år i havet vender laksen tilbage til gydepladserne i vandløbet, hvor den blev klækket eller udsat. Gydemodne laks trækker fra hav til gydepladserne i ferskvand. Opgang fra hav til vandløb foregår i alle årets måneder, men med hoved-optræk i forår-sommer (marts-august). Store laks migrerer generelt tidligere på året end mindre laks. Vandløbets vandføring har stor betydning for opgangstidspunktet, som dermed kan variere meget for de enkelte år, alt efter nedbørsforhold. Efter opgangen opholder laksene sig i vandløbet indtil gydning, som i visse tilfælde kan foregå et helt år efter opgang. Efter gydning migrerer en del laks tilbage ud i havet, for at vende tilbage igen som gengangs-gydere ('gengangere'), enten i samme kalenderår, eller efter flere år i havet. Fri passage mellem hav og gydepladser er et krav³⁵.

Laksens fødevalg afhænger af livsstadie, og er primært bestående af plankton og invertebrater i de yngre livsstadier. Jo større fisken bliver, består mere en større andel af føden af krebsdyr og mindre fisk. Byttefisk er primært pelagiske arter, men inkluderer også bundlevende arter, såsom tobiser³⁶.

Livsstadium				
Strækning	Æg	Strækning	Æg	Strækning
Skagen	Ikke relevant	Ikke relevant	Ikke relevant	Ikke relevant
Lønstrup	Ikke relevant	Ikke relevant	Ikke relevant	Ikke relevant
Agger Tange – 1	Ikke relevant	Sandsynligvis ikke relevant	Ikke relevant	Sandsynligvis ikke relevant
Harboøre Tange – 2	Ikke relevant	Sandsynligvis ikke relevant	Ikke relevant	Sandsynligvis ikke relevant
Vrist – Ferring og Bovbjerg Klint – 3	Ikke relevant	Sandsynligvis ikke relevant	Ikke relevant	Sandsynligvis ikke relevant
Trans – Thorsminde – 4	Ikke relevant	+	Ikke relevant	+ (Thorsminde udløb)
Thorsminde – Husby Klitplantage – 5	Ikke relevant	+	Ikke relevant	+ (Thorsminde udløb)
Husby Klitplantage – Søndervig – 6	Ikke relevant	(+)	Ikke relevant	Sandsynligvis ikke relevant
Ndr. Holmsland Tange – 7	Ikke relevant	+	Ikke relevant	+ (Hvide Sande udløb)
Sdr. Holmsland Tange – 8	Ikke relevant	+	Ikke relevant	+ (Hvide Sande udløb)

³³ <http://www.fiskepleje.dk/fiskebiologi/laks>

³⁴ Mork, K. A., Gilbey, J., Hansen, L. P., Jensen, A. J., Jacobsen, J. A., Holm, M., Holst, J. C., O' Maoileidigh, N., Vikebø, F., McGinnity, P., Melle, W., Thomas, K., Verspoor, E., and Wennevik, V. 2012. Modelling the migration of post-smolt Atlantic salmon (*Salmo salar*) in the Northeast Atlantic. – ICES Journal of Marine Science, 69: 1616–1624.

³⁵ <http://www.fiskepleje.dk/fiskebiologi/laks>

³⁶ DTU, 2018, Fiskepleje <http://www.fiskepleje.dk/fiskebiologi/laks>

Blåvand	Ikke relevant	Ikke relevant	(+)	(+)
---------	---------------	---------------	-----	-----

Tabel 8-1. Udbredelsen (indikeret ved +) af forskellige livsstadier af Atlantisk laks på strækningerne.

8.2.2

Følsomhed overfor sedimentbelastning

Effekter af sedimentbelastning, som udtrykkes som koncentration af suspenderet stof (SSC), er primært undersøgt i laksens ferskvandshabitater og for andre arter laksefisk, og specifik viden om effekter af marine sedimenter er ikke dokumenteret. Sedimentniveauer >15-20 mg/L udløser undvigeadfærd hos en række laksearter fra Stillehavet³⁷ og niveauer af > 15-25 mg/L anses for tærskelværdi for, hvornår laksefisk påvirkes negativt af suspenderet sediment³⁸. Newcombe og Jensen har gennemført et omfattende litteraturstudie³⁹ og har vurderet, at laks er blandt de mest følsomme arter ift. øgede sedimentkoncentrationer. Newcombe har sammenstillet ældre undersøgelser, til en modelleret matrice, der viser påvirkninger af voksne laks. Matricen er for adfærdsmæssige reaktioner baseret på resultater fra Noggle 1978 (læst i Newcombe og Jensen 1996) og Updegraff and Sykora, 1976⁴⁰ på coho laks (syn. Søvlaks, *Oncorhynchus kisutch*). Matricerne viser, at der forekommer en flugtreaktion ved 7 mg/l, når laksen udsættes for denne koncentration i én time. Newcombe et al. har i 1996 derudover udarbejdet en matrice for juvenile laks, der først angiver en undvigereaktion ved 20 mg/l (1 times varighed). Ved en nærmere gennemgang af baggrundslitteraturen og med fokus på at fastsætte en grænseværdi på adfærd hos juvenile laks, dvs. smolt, kan der argumenteres for at 20 mg/l vil være en realistisk grænseværdi for, hvornår det må antages, at laksesmolt vil undvige sedimentfaner. Vurderingen er baseret på en nyere undersøgelse, der er foretaget på atlantisk laks (*Salmo salar*), dvs. den art, der forekommer langs Vestkysten. Forsøgene med atlantisk laks, der er foretaget af Robertson og Clarke i 2007⁴¹, viser at juvenile laks først udviste signifikant undvigeadfærd ved 60 mg/l. Dog sås de første reaktioner ved 20 mg/l.

DTU Aqua har imidlertid vurderet at grænseværdien samlet skal være 10 mg/l inklusive baggrundskoncentration⁴² med den begrundelse at den faktiske grænse for, hvornår en sedimentfane ikke vil påvirke atlantisk laks, ikke kendes, men vurderes at ligge et sted mellem 0 og 20 mg/l. Derfor anvendes en tolerancetærskel for laksesmolt på 10 mg/l SSC inklusive baggrundskoncentration i den videre vurdering.

³⁷ Birtwell IK (1999) The effects of sediment on fish and their habitat. Department of Fisheries and Oceans Canada, Canadian Stock Assessment Secretariat Research Document 99/139, ISSN 1480-4883, Ottawa, Canada, pp 34

³⁸ Araujo, HA, et al. 2015, Modeling population responses of Chinook and coho salmon to suspended sediment using a life history approach. Theoretical Population Biology, Volume 103, pp. 71-83.

³⁹ Newcombe, Charles P. & Jensen, Jorgen O.T. (1996) Channel Suspended Sediment and Fisheries: A Synthesis for Quantitative Assessment of Risk and Impact, North American Journal of Fisheries Management, 16:4, 693-727, DOI: 10.1577/1548-8675(1996)016

⁴⁰ Updegraff, K. F. and J. L. Sykora, 1976. Avoidance of lime neutralized iron hydroxide solution by coho salmon in laboratory. Environmental Sciences and Technology, 10:51-54

⁴¹ Robertson, M. J., and Clarke, K. D., 2007, Seasonal Effects of Suspended Sediment on the Behaviour of Juvenile Atlantic Salmon

⁴² DTU-Aqua, 2020, Anmodning om vurdering i henhold til e-mail af 18. december, Niels Kristian Kvistgaard, Områdechef i Kystbeskyttelse Drift og Anlæg, Kystdirektoratet.

8.2.3 Følsomhed overfor tilstedeværelse af skibe (undervandsstøj)

Laksens hørelse er begrænset til frekvenser under ca. 380 Hz, og over ca. 150 Hz er sensitiviteten lav⁴³. Juvenile laks udviser undvigeadfærd ved lavfrekvente lyde⁴⁴. Laks klassificeres som havende lav følsomhed for støj⁴⁵.

8.2.4 Vurdering af viden og data

Det vurderes, at grundlaget for at vurdere projektets påvirkninger af atlantisk laks er middel til begrænset. Vurderingen begrundes i manglende viden om fordeling, migrationsadfærd og fouragering i de specifikke kystnære områder. Vidensgrundlaget vurderes dog at være tilstrækkeligt til at foretage en vurdering af hvorvidt, der er væsentlige virkninger på atlantisk laks med hensyn til undervandsstøj. Vidensgrundlaget for påvirkninger fra SSC er ikke tilstrækkeligt specifikt for laks, og vurderingen foretages derfor på baggrund af en antaget grænse for SSC på 10 mg/l, som er fastlagt af DTU Aqua⁴⁶ af hensyn til forsigtighedsprincippet for habitatarter.

⁴³ Knudsen FR, Enger S, & Sand O. (1992) Awareness reactions and avoidance responses to sound in juvenile Atlantic salmon, *Salmo salar* L. *Journal of Fish Biology* 40,523-534.

⁴⁴ Knudsen FR, Enger S, & Sand O. (1992) Awareness reactions and avoidance responses to sound in juvenile Atlantic salmon, *Salmo salar* L. *Journal of Fish Biology* 40,523-534.

⁴⁵ (Nedwell 2004) Nedwell, J.R., Edwards B., Turnpenny A.W.H., and Gordon J. "Fish and marine mammal audiograms: a summary of available information," Subacoustech, ISBN, 534R014. P. 278 ICES (u. år). ICES-fishmap: Sprat

⁴⁶ DTU-Aqua, 2020, Anmodning om vurdering i henhold til e-mail af 18. december, Niels Kristian Kvistgaard, Områdechef i Kystbeskyttelse Drift og Anlæg, Kystdirektoratet.

8.3

Havlampret

Navn: Havlampret (*Petromyzon marinus*)

Type: Demersal, anadrom

Listeart: Rødlistet, Habitatdirektivet Bilag II⁴⁷

8.3.1

Bestandsudbredelse

Havlamprettens udbredelse er generelt dårligt beskrevet men arten forekommer i store dele af Nordeuropa. Havlampret gyder i ferskvand og vokser op i havet. I havet er havlampretten både pelagisk og bentisk på dybder op til 200 meter, men ellers er viden om den marine udbredelse udelukkende baseret på sporadiske fangster. Havlampret er primært forekommende i kystnære områder, men udbredelsen dækker et meget bredt habitatområde, inklusive det åbne hav⁴⁸. Havlampret lever parasitisk på hvirveldyr. Under marine forhold er byttet ofte torskefisk, men kan også være bruskfisk og pattedyr. Havlampretten dræber ikke sin vært. Gydeindvandring fra havet sker stort set året rundt (marts til december) med hovedopgang i april-maj måned^{49 50 51}. I Danmark sker selve gydningen formentlig fra april til juli (maksimum gydning sandsynligvis i juni-juli)⁵². Efter gydningen dør lampretterne. Havlamprets gydesteder er primært udbredt i de vest- og nordjyske vandløb, hvor den er fundet i 26 vandsystemer, herunder i Uggerby å, Liver å, Storå, Skjern å, Ribe å, Varde å, Kongeå, Sneum å, Tim å⁵³. Fri passage mellem gydeområder i ferskvand og opvækstområder i havet er et krav. Udvandring af juvenile til havet sker efter 3-8 år i vandløbet; antageligt primært i efterår-vinter⁵⁴. Dog viser et studie fra Rhinen at udtræk forekommer året rundt; primært om foråret (marts-maj), og i mindre grad i efterår-vinter⁵⁵. Dermed gør de tidsligt vidt udbredte migrationsmønstre det svært at finde tidsspecifikke afværgetiltag ved migrationsbarrierer, der tillader tilstrækkelig naturlig vandringsadfærd for bestanden som helhed⁵⁶. Habitatkrav og migration af juvenile i havet er dårligt beskrevet. Ynglen vandrer om efteråret ud i saltvand. Juvenile har bentisk levevis i havet.

I habitatområder med lampretter er de en del af udpegningsgrundlaget. Her skal myndighederne derfor være opmærksom på gunstige levebetingelser. Havlampretten indgår i udpegningsgrundlaget i 19 danske habitatområder (Natura 2000). Havlampretten forekommer i en lang række nord-atlantiske lande og er rødlistet af IUCN. Arten er kun sporadisk registreret, og antal observationer viser sammenhæng med gydevandløbs størrelse. De større danske vandsystemer forventes derfor at bidrage forholdsvis mest til bestanden. Havlampret har sandsynligvis ugunstig bevaringsstatus i Danmark, uden at det dog kan konkluderes endeligt, hverken nationalt eller lokalt.

⁴⁷ Wind, P. & Pihl, S. (red.): Den danske rødliste. - Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet, [2004]. redlist.dk

⁴⁸ Olesen TM, Carl H, Aarestrup K (2009) Havlampret (*Petromyzon marinus* Linnaeus 1758) i danske vandløb 1869-2009. Flora og Fauna 115(2-3): 45-60.

⁴⁹ Guo, Z, D. Andreou & J. R. Britton (2017) Sea Lamprey *Petromyzon marinus* Biology and Management Across Their Native and Invasive Ranges: Promoting Conservation by Knowledge Transfer, Reviews in Fisheries Science & Aquaculture, 25:1, 84-99, DOI: 10.1080/23308249.2016.1233166

⁵⁰ M. & J. Freyhof (2007) Handbook of European freshwater fishes. Publications Kottelat, Cornol and Freyhof, Berlin. 646 pp

⁵¹ Carl, H. & Møller, P.R. (2012) Atlas over danske ferskvandsfisk. Statens Naturhistoriske Museum, s. 73-83.

⁵² Carl, H. & Møller, P.R. (2012) Atlas over danske ferskvandsfisk. Statens Naturhistoriske Museum, s. 73-83.

⁵³ Carl, H. & Møller, P.R. (2012) Atlas over danske ferskvandsfisk. Statens Naturhistoriske Museum, s. 73-83.

⁵⁴ Olesen TM, Carl H, Aarestrup K (2009) Havlampret (*Petromyzon marinus* Linnaeus 1758) i danske vandløb 1869-2009. Flora og Fauna 115(2-3): 45-60.

⁵⁵ Baer, J, Hartmann, F, & Brinker, A (2018) Abiotic triggers for sea and river lamprey spawning migration and juvenile outmigration in the River Rhine, Germany. ECOLOGY OF FRESHWATER FISH. 27: 988-998.

⁵⁶ Baer, J, Hartmann, F, & Brinker, A (2018) Abiotic triggers for sea and river lamprey spawning migration and juvenile outmigration in the River Rhine, Germany. ECOLOGY OF FRESHWATER FISH. 27: 988-998.

Årsagen er mangel på undersøgelser af arten (med få, uregelmæssige og spredte registreringer), ligesom der ikke er udarbejdet konkrete kriterier til at vurdere artens bevaringsstatus.⁵⁷

Livsstadium				
Strækning	Æg	IR Juv.	Juvenil	Adult
Skagen	Ikke relevant	Sandsynligvis ikke relevant	+	+
Lønstrup	Ikke relevant	Sandsynligvis ikke relevant	+	+
Agger Tange – 1	Ikke relevant	Sandsynligvis ikke relevant	+	+
Harboøre Tange – 2	Ikke relevant	Sandsynligvis ikke relevant	+	+
Vrist – Ferring og Bovbjerg Klint – 3	Ikke relevant	Sandsynligvis ikke relevant	+	+
Trans – Thorsminde – 4	Ikke relevant	Sandsynligvis ikke relevant	+	+
Thorsminde – Husby Klitplantage – 5	Ikke relevant	Sandsynligvis ikke relevant	+	+
Husby Klitplantage – Søndervig – 6	Ikke relevant	Sandsynligvis ikke relevant	+	+
Ndr. Holmsland Tange – 7	Ikke relevant	Sandsynligvis ikke relevant	+	+
Sdr. Holmsland Tange – 8	Ikke relevant	Sandsynligvis ikke relevant	+	+
Blåvand	Ikke relevant	Sandsynligvis ikke relevant	+	+

Tabel 8-2. Udbredelsen (indikeret ved +) af forskellige livsstadier af havlampret på hovedstrækningerne.

8.3.2 Følsomhed overfor sedimentbelastning

Der findes ingen dokumentation for havlampretens adfærd og respons på sedimentbelastning. Sedimentbelastning kunne forstyrre og forsinke voksne fisk under vandring fra havet til gydepladser i ferskvand i maj-juni, samt muligvis forstyrre yngel under udvandring til havet om efteråret. Gydning foregår i vandløbet og æggene påvirkes således ikke af sandfodring. Havlampretten lever som juvenil nedgravet i vandløbsbunden og den er tilpasset til at grave. Forsøg med blinde voksne havlampretter viser at de migrerer op i vandløb i samme rate som ikke-blinde individer⁵⁸, hvilket indikerer at dårlig sigt i vandet ikke er en forhindring. Andre forsøg har vist at lampretter finder vej til vandløbene via feromoner, der udskilles af de lampret-larver, der opholder sig i fødevandløbet⁵⁹. På baggrund af ovenstående vurderes det at havlampret har lav følsomhed overfor sedimentation og forhøjede sedimentkoncentrationer.

⁵⁷ Olesen TM, Carl H, Aarestrup K (2009) Havlampret (*Petromyzon marinus* Linnaeus 1758) i danske vandløb 1869-2009. Flora og Fauna 115(2-3): 45-60.

⁵⁸ T.R. Binder and D.G. McDonald (2007) Is there a role for vision in the behavior of sea lampreys (*Petromyzon marinus*) during their upstream spawning migration? Can. J. Aquat. Sci. 64: 1403-1412

⁵⁹ T.D. Meckley and C.M. Wagner (2014) Coastal movements of migrating sea lamprey (*Petromyzon marinus*) in response to a partial pheromone added to river water: implications for management of invasive populations, Can. J. Fish. Aquat. Sci. 71: 533-544

8.3.3 Følsomhed overfor tilstedeværelse af skibe (undervandsstøj)

Der findes begrænset dokumentation for havlamprets adfærd og respons på generel støj, men undvigeadfærd er indirekte indikeret ved lavfrekvente lyde (150-180Hz)⁶⁰. Der er dog ingen tegn på, at støj påvirker migrationsadfærden hos voksne havlampretter⁶¹. Støjbelastning kan muligvis forstyrre og forsinke voksne fisk under vandring fra havet til gydepladser i ferskvand i maj-juni, samt under tilbagemigration til havet. Yderligere kunne støjbelastning forstyrre yngel under udvandring til havet om efteråret. Støj kunne påvirke voksne og juveniles fødesøgning via byttedyrs eventuelle undvigeadfærd.

8.3.4 Vurdering af viden og data:

Det vurderes, at grundlaget for at vurdere projektets påvirkninger af havlampret er middel til begrænset. Vurderingen begrundes i manglende viden om migrationsadfærd og fouragering i de berørte kystnære områder for både juvenile og adulte fisk. Vidensgrundlaget vurderes dog at være tilstrækkeligt til at foretage en vurdering af hvorvidt, der er væsentlige virkninger på havlampret.

⁶⁰ Klingler, G., and K. Mullett. 2001. Using sound to guide lampreys: pilot study results. U.S. Fish and Wildlife Service, Marquette, Michigan.

⁶¹ Miehl, SM, Johnson, NS, Hrodey, PJ (2017) Test of a Nonphysical Barrier Consisting of Light, Sound, and Bubble Screen to Block Upstream Movement of Sea Lampreys in an Experimental Raceway. NORTH AMERICAN JOURNAL OF FISHERIES MANAGEMENT 37: 660-666 DOI: 10.1080/02755947.2017.1308892

8.4

Stavsild

Navn: Stavsild (*Alosa fallax*)

Type: pelagisk-neritisk, anadrom

Listeart: Rødlistet, Habitatdirektivet Bilag II og V⁶²

8.4.1

Bestandsudbredelse

Stavsild er en sildefisk der lever som stime- og vandrefisk i både kystnære farvande og brakvand, hvor den søger føde. Stavsilden yngler i brakvandsområder og større floders nedre løb over sand eller grusbund. Danske forekomster registreres sporadisk, primært som bifangster og i det rekreative fiskeri og primært i Vestjylland. Stavsild er en stimefisk i kystnære havområder, hvor dens føde er plankton og småfisk. I maj-juni vandrer de kønsmodne stavsild op i større brakke fjorde og vandløb, hvor de gyder⁶³.

Internationale studier har dokumenteret at arten har hjeminstinkt ('homing'), og altså vender tilbage til sit oprindelsesvandløb for at gyde⁶⁴. Stavsild bliver gydemodne omkring 4-6-årsalderen og gyder flere gange i løbet af livet. Vandringen er afhængig af, at vandtemperaturen når 10-12 grader og foregår for nordlige bestande i maj-juni^{65 66}. Der er ikke kendskab til specifikke danske gydepladser, og det er ikke med sikkerhed påvist at arten reelt yngler i danske vandløb⁶⁷. Stavsild træffes dog relativt hyppigt i vore farvande, og et studie viste, at stavsild fanget i gydetiden i Ringkøbing Fjord, Nisum Fjord og Vadehavet var enten gydemodne eller netop udgydte, hvilket indikerer at gydning foregår i danske farvande⁶⁸. Den yngel, der er registreret, har dog ved nærmere bestemmelse vist sig at være sardiner og det er meget svært at afgøre om en stavsild er gydemoden⁶⁹. Der er flere registreringer af stavsild fanget med garn nord for Hirtshals i forbindelse med Nøglefiskerprojektet 2010⁷⁰, samt lystfiskerfangster i Hirtshals Havn⁷¹. Fri passage mellem gydeområder i ferskvand og opvækstområder i havet er et krav. Ynglen vandrer om efteråret ud i saltvand. Habitatkrav og migration af juvenile er dårligt beskrevet. Kottelat & Freyhof angiver at juvenile er mere kystbundne end adulte fisk⁷². Stavsildens føde er plankton, hesterejer, mysis og småfisk⁷³.

⁶² Wind, P. & Pihl, S. (red.): Den danske rødliste. - Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet, [2004]. redlist.dk

⁶³ Carl, H. & Møller, P.R., 2012, Atlas over danske ferskvandsfisk. Statens Naturhistoriske Museum.

⁶⁴ Jolly, MT, et al., 2012, Population genetic structure of protected allis shad (*Alosa alosa*) and twaite shad (*Alosa fallax*) MARINE BIOLOGY 159: 675-687.

⁶⁵ Aprahamian, Miran W., et al., 2003, Biology, status, and conservation of the anadromous Atlantic twaite shad *Alosa fallax fallax*. American Fisheries Society Symposium 35: 103-124.

⁶⁶ Claridge, P. N., and D. C. Gardner, 1978, "Growth and movements of the twaite shad, *Alosa fallax* (Lacépède), in the Severn Estuary." Journal of Fish Biology

⁶⁷ Carl, H. & Møller, P.R., 2012, Atlas over danske ferskvandsfisk. Statens Naturhistoriske Museum.

⁶⁸ Volk, J.; Bekkevold, D.; Loeschcke, V., 2007, Weak population differentiation in northern European populations of the endangered anadromous clupeid *Alosa fallax*. JOURNAL OF FISH BIOLOGY 71: 461-469.

⁶⁹ Møller, P. R., 2019, Pers. Kom.

⁷⁰ Støttrup, J.G., et al., 2012, Registrering af fangster i de danske kystområder med standardredskaber, Nøglefiskerreporten for årene 2008-2010 DTU Aqua-rapport nr. 252-2012.

⁷¹ Fugleognatur.dk, besøgt 20. marts 2019, <https://www.fugleognatur.dk/art2.aspx?mode=obs&id=4763>

⁷² Kottelat, M. and J. Freyhof, 2007. Handbook of European freshwater fishes. Publications Kottelat, Cornol and Freyhof, Berlin. 646 pp.

⁷³ Claridge, P. N., and D. C. Gardner., 1978, "Growth and movements of the twaite shad, *Alosa fallax* (Lacépède), in the Severn Estuary." Journal of Fish Biology 12.3 203-211.

Strækning	Æg	Livsstadium		
		IR Juv.	Juvenil	Adult
Skagen	Ikke relevant	Ikke relevant	Ikke relevant	Ikke relevant
Lønstrup	Ikke relevant	Ikke relevant	Ikke relevant	Ikke relevant
Agger Tange – 1	Ikke relevant	Ikke relevant	Ikke relevant	(+) dokumenteret fra Limfjord
Harboøre Tange – 2	Ikke relevant	Ikke relevant	Ikke relevant	(+) dokumenteret fra Nisum Fjord
Vrist – Ferring og Bovbjerg Klint – 3	Ikke relevant	Ikke relevant	Ikke relevant	(+) dokumenteret fra Nisum Fjord
Trans – Thorsminde – 4	Ikke relevant	Ikke relevant	Ikke relevant	(+) dokumenteret fra Ringkøbing Fjord
Thorsminde – Husby Klitplantage – 5	Ikke relevant	Ikke relevant	Ikke relevant	(+) dokumenteret fra Ringkøbing Fjord
Husby Klitplantage – Søndervig – 6	Ikke relevant	Ikke relevant	Ikke relevant	(+) dokumenteret fra Ringkøbing Fjord
Ndr. Holmsland Tange – 7	Ikke relevant	Ikke relevant	Ikke relevant	(+) dokumenteret fra Ringkøbing Fjord
Sdr. Holmsland Tange – 8	Ikke relevant	Ikke relevant	Ikke relevant	(+) dokumenteret fra Ringkøbing Fjord
Blåvand	Ikke relevant	Ikke relevant	Ikke relevant	(+) dokumenteret fra Ringkøbing Fjord & Vadehavet

Tabel 8-3. Udbredelsen (indikeret ved +) af forskellige livsstadier af stavsild på hovedstrækningerne.

8.4.2 Følsomhed overfor sedimentbelastning

Der findes ingen dokumentation for stavsildens adfærd og respons på sedimentbelastning. Sedimentbelastning kunne forstyrre og forsinke voksne fisk under vandring fra havet til gydepladser i ferskvand i maj-juni, samt under tilbagemigration til havet..

Flere steder i stavsildens udbredelsesområde i langs de vesteuropæiske kyster ser man stavsild trække gennem tidevandszoner i flodmundinger med høj turbiditet, som f.eks. i Severn hvor SSC værdier op til 50 g/l observeres ved flodmundingen under lavvande^{74 75}.

Stavsildens hjeminstinkt gør, at bestande af arten er i stand til at tilpasse sig lokale forhold. Det er dog ikke undersøgt om lokale bestande, der ikke er tilpasset til høje koncentrationer af SSC også vil vandre gennem sedimentfaner med høj SSC, hvis det skulle forekomme i deres lokale udbredelsesområde. DTU Aqua vurderer at vidensniveauet for stavsild ikke er tilstrækkeligt til at kunne vurdere den præcise betydningen af overskridelse af SSC samt varigheden af en overskridelse på de lokale bestande af stavsild langs strækningen for sandfodring⁷⁶. DTU Aqua vurderer samtidig at tærskelværdien for SSC på 10 mg/l inklusive baggrundskoncentration for sild ikke kan overføres direkte til stavsild, da arterne har væsentlige forskelle i gydeadfærd og valg af habitater for gydeområder. Sild er tilpasset det marine miljø med lavere SSC end stavsild, som vandrer fra havet til ferskvand gennem områder med høj SSC. Der kan derfor argumenteres for at stavsilds tolerance for SSC er højere end hos sild, men dette er ikke dokumenteret gennem sedimentbelastningsstudier.

På grund af mangel på viden om stavsildens adfærd og respons på sedimentbelastning antages stavsilds følsomhed for SSC derfor at være høj ligesom hos sild og øvrige sildefisk, og

⁷⁴ Aprahamian, MW. 1988. The biology of the twaite shad, *Alosa fallax fallax* (Lacépède), in the Severn Estuary. Journal of Fish Biology, 33:141-152.

⁷⁵ Manning, AJ., Langston, WJ., Jonas PJC. A review of sediment dynamics in the Severn Estuary: Influence of flocculation. Marine Pollution Bulletin, 61:37-51.

⁷⁶ DTU-Aqua, 23. maj 2020, Anmodning om vurdering i henhold til e-mail af 21. april, Niels Kristian Kvistgaard, Områdechef i Kystbeskyttelse Drift og Anlæg, Kystdirektoratet.

tærskelværdien antages at være sammenlignelig med den vurderede værdi på 10 mg/l inklusive baggrundskoncentration for sild og øvrige sildefisk, se afsnit 8.10. Antagelserne vurderes at være forenelig med forsigtighedsprincippet for vurderinger for habitatarter.

8.4.3 Følsomhed overfor tilstedeværelse af skibe (undervandsstøj)

Der findes ingen dokumentation for stavsildens adfærd og respons på støj. Støjbelastning kan forstyrre og forsinke voksne fisk under vandring fra havet til gydepladser i ferskvand i maj-juni, samt under tilbagemigration til havet. Yderligere kan støjbelastning forstyrre yngel under udvandring til havet om efteråret. Fisk i slægten *Alosinae*, hvilket omfatter stavsild kan høre lyde op til 100 Hz⁷⁷. Clupeider⁷⁸, såvel som arter fra slægten *Alosa*⁷⁹ vurderes derfor at have høj følsomhed overfor støj.

8.4.4 Vurdering af viden og data

Det vurderes, at grundlaget for at vurdere projektets påvirkninger af Stavsild er begrænset. Vurderingen begrundes i manglende viden om migrationsadfærd og fouragering i de berørte kystnære områder for både juvenile og adulte fisk. Vidensgrundlaget vurderes dog at være tilstrækkeligt til at foretage en vurdering af hvorvidt, der er væsentlige virkninger på stavsild med hensyn til undervandsstøj. Vidensgrundlaget for påvirkninger fra SSC er ikke tilstrækkeligt specifikt for stavsild, og vurderingen foretages derfor på baggrund af en antaget grænse for SSC på 10 mg/l, som er fastlagt af DTU Aqua⁸⁰ af hensyn til forsigtighedsprincippet for habitatarter.

⁷⁷ FeBEC (2013). Fish Ecology in Fehmarnbelt. Environmental Impact assessment Report. Report no. E4TR0041 – Volume I

⁷⁸ Nedwel JR, Edwards B, Turnpenny AWH, Gordon J. Fish and Marine Mammal Audiograms: A summary of available information. Subacoustech Rep ref 534R0214. 2004;

⁷⁹ Mann, D.A., D.M. Higgs, W.N. Tavolga, M.J. Souza and A.N. Popper, 2001. Ultrasound detection by clupeiform fishes. J. Acoust. Soc. Am. 109:3048-3054.

⁸⁰ DTU-Aqua, 23. maj 2020, Anmodning om vurdering i henhold til e-mail af 21. april, Niels Kristian Kvistgaard, Områdechef i Kystbeskyttelse Drift og Anlæg, Kystdirektoratet.

8.5

Majsild

Navn: Majsild (*Alosa alosa*)

Type: Pelagisk-neritisk, anadrom

Listeart: Rødlistet, Habitatdirektivet Bilag II og V⁸¹

8.5.1

Bestandsudbredelse

Majsilden er en anadrom sildefisk, som er fåtalligt registreret i Danmark. Der er dårlig dokumentation af udbredelsen af majsild i danske farvande. Majsilden er kun registreret med nogle få individer i dansk farvand i de sidste 20 år og med nogle få usikre registreringer i Ribe Vesterå, Skals Å og Simested Å fra hhv. 1878 og 1879. Forveksling med den morfologisk lignende stavsild et potentielt problem for registreringer af arten. Majsild er en pelagisk stimefisk i kystnære havområder, hvor dens føde er plankton og småfisk for adulte fisk. I maj-juni vandrer de kønsmodne majsild op i større brakke estuarier og vandløb, hvor de gyder. Der er meget få registreringer af majsild fra danske farvande og det vides ikke om arten gyder i landet. Fri passage mellem gydeområder i ferskvand og opvækstområder i havet er et krav. Ynglen vandrer om efteråret ud i saltvand. Habitatkrav og migration af juvenile er dårligt beskrevet.⁸² Det menes at juvenile er mere kystbundne end adulte fisk⁸³. Majsildens føde er plankton og småfisk.⁸⁴

Strækning	Livsstadium			
	Æg	IR Juv.	Juvenil	Adult
Skagen	Ikke relevant	Sandsynligvis ikke relevant	Sandsynligvis ikke relevant	Sandsynligvis ikke relevant
Lønstrup	Ikke relevant	Sandsynligvis ikke relevant	Sandsynligvis ikke relevant	Sandsynligvis ikke relevant
Agger Tange – 1	Ikke relevant	Sandsynligvis ikke relevant	Sandsynligvis ikke relevant	Sandsynligvis ikke relevant
Harboøre Tange – 2	Ikke relevant	Sandsynligvis ikke relevant	Sandsynligvis ikke relevant	Sandsynligvis ikke relevant
Vrist – Ferring og Bovbjerg Klint – 3	Ikke relevant	Sandsynligvis ikke relevant	Sandsynligvis ikke relevant	Sandsynligvis ikke relevant
Trans – Thorsminde – 4	Ikke relevant	Sandsynligvis ikke relevant	Sandsynligvis ikke relevant	Sandsynligvis ikke relevant
Thorsminde – Husby Klitplantage – 5	Ikke relevant	Sandsynligvis ikke relevant	Sandsynligvis ikke relevant	Sandsynligvis ikke relevant
Husby Klitplantage – Søndervig – 6	Ikke relevant	Sandsynligvis ikke relevant	Sandsynligvis ikke relevant	Sandsynligvis ikke relevant
Ndr. Holmsland Tange – 7	Ikke relevant	Sandsynligvis ikke relevant	Sandsynligvis ikke relevant	Sandsynligvis ikke relevant
Sdr. Holmsland Tange – 8	Ikke relevant	Sandsynligvis ikke relevant	Sandsynligvis ikke relevant	Sandsynligvis ikke relevant
Blåvand	Ikke relevant	Sandsynligvis ikke relevant	Sandsynligvis ikke relevant	Sandsynligvis ikke relevant

Tabel 8-4. Udbredelsen (indikeret ved +) af forskellige livsstadier af majsild på hovedstrækningerne.

⁸¹ Wind, P. & Pihl, S. (red.): Den danske rødliste. - Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet, [2004]. redlist.dk

⁸² Carl, H. & Møller, P.R., 2012, Atlas over danske ferskvandsfisk. Statens Naturhistoriske Museum.

⁸³ Kottelat, M. and J. Freyhof, 2007. Handbook of European freshwater fishes. Publications Kottelat, Cornol and Freyhof, Berlin. 646 pp.

⁸⁴ Carl, H. & Møller, P.R. (2012) Atlas over danske ferskvandsfisk. Statens Naturhistoriske Museum.

8.5.2 Følsomhed overfor sedimentbelastning

Der findes ingen dokumentation for Majsildens adfærd og respons på sedimentbelastning. Sedimentbelastning kunne forstyrre og forsinke voksne fisk under vandring fra havet til gydepladser i ferskvand i maj-juni, samt muligvis forstyrre yngel under udvandring til havet om efteråret. Det formodes at majsild har høj følsomhed overfor sediment ligesom sild og øvrige sildefisk, se afsnit 8.10.

8.5.3 Følsomhed overfor tilstedeværelse af skibe (undervandsstøj)

Der findes ingen dokumentation for majsildens adfærd og respons på støj. Støjbelastning kunne forstyrre og forsinke voksne fisk under vandring fra havet til gydepladser i ferskvand i maj-juni, samt under tilbagemigration til havet. Yderligere kunne støjbelastning forstyrre yngel under udvandring til havet om efteråret. Fisk i slægten *Alosinae*, hvilket omfatter majsild kan høre lyde op til 100 Hz⁸⁵. Clupeider⁸⁶, såvel som arter fra slægten *Alosa*⁸⁷ vurderes at have høj følsomhed overfor støj.

8.5.4 Vurdering af viden og data

Det vurderes, at grundlaget for at vurdere projektets påvirkninger af majsild er begrænset. Vurderingen begrundes i manglende viden om migrationsadfærd og fouragering i de berørte kystnære områder for både juvenile og adulte fisk. Vidensgrundlaget vurderes dog at være tilstrækkeligt til at foretage en vurdering af hvorvidt, der er væsentlige virkninger på majsild.

⁸⁵ FeBEC, 2013, Fish Ecology in Fehmarnbelt. Environmental Impact assessment Report. Report no. E4TR0041 – Volume I

⁸⁶ Nedwell, J.R., et al. 2014, "Fish and marine mammal audiograms: a summary of available information," Subacoustech, ISBN, 534R014. P. 278 ICES (u. år). ICES-fishmap: Sprat

⁸⁷ Mann, D.A., 2001, Ultrasound detection by clupeiform fishes. J. Acoust. Soc. Am. 109:3048-3054.

8.6 Europæisk ål

Navn: Europæisk ål (*Anguilla anguilla*)

Type: Demersal/bentisk i undersøgelsesområdet (pelagisk under gydemigration), katadrom

Listeart: Røddlistet, kritisk truet⁸⁸.

8.6.1 Bestandsudbredelse

Den europæiske ål er vidt udbredt og vokser op langs Atlanterhavets kyster og indlandsvande fra Nordafrika i syd til Rusland i nord (sjældent i Barentshavet og Hvidehavet) samt fra Azorerne mod vest til de østligste dele af Middelhavet (er fåtallig i Sortehavet)⁸⁹. Ålen er på IUCN's liste over rødlistede arter angivet som kritisk truet, hvilket er det højeste trussels-niveau. Det er dog stadig, med begrænsninger, tilladt at fange ål i Danmark. Ål fiskes med ruser, bundgarn og vod, og var førhen en af de økonomisk vigtigste fiskearter i Danmark. Siden 1950'erne er fangsten faldet i takt med dramatiske fald i bestandsstørrelsen, og som følge af fiskerireguleringer. Der findes kun én samlet gydebestand af arten. Udsætninger af glasål indfanget i Sydeuropa anvendes som bestandsophjælpningsværktøj. I Danmark er der således i 2018 udsat mere end en million ål på kyster, i fjorde, søer og vandløb⁹⁰. Gydeområdet er i Sargassohavet.

Ålelarver gydt i Sargassohavet vandrer til Europa og ankommer som glasål til de danske kyster i februar-juni (med maksimum i april-maj). Fra havet vandrer de ind i bugter, fjorde, vandløb og søer. Ål der vandrer ind i ferskvand bliver typisk til hunner. Nogle ål bliver på kysten og trækker aldrig op i ferskvand. Disse ål bliver typisk til hanner. DTU Aqua monitorer åleyngel i enkelte vestjyske vandløb; Slette Å, Nors Å, Klitmøller Å og Vester Vedsted Bæk⁹¹. Ålen er udbredt på kysten og i vandsystemer over hele Danmark. Juvenile ål i havet udnytter primært områder med bundvegetation⁹². Ål der lever i havet kan foretage vintervandringer. Fænomenet kendes bl.a. fra Vadehavet, hvor gul-ålene om efteråret vandrer ind i de nedre dele af vandløbene for at overvintrere. Ål har et meget bredt fødevalg og æder orme, snegle, muslinger, krebsdyr og insekter; større ål æder også fisk. Hanner kønsmodner efter 3-5 år, hunner efter 8-15 år. Ved begyndende kønsmodning trækker ål fra ferskvand tilbage til havet og begynder gydevandring mod Sargassohavet. I Danmark sker udtræk primært i efterårsmånederne. Disse såkaldte blankål tager ikke føde til sig. Ålen dør efter gydning i Sargassohavet.

Strækning	Livsstadium			
	Æg	IR Juv.	Juvenil	Adult
Skagen	Ikke relevant	+	+	+
Lønstrup	Ikke relevant	+	+	+
Agger Tange – 1	Ikke relevant	+	+	+
Harbøre Tange – 2	Ikke relevant	+	+	+
Vrist – Ferring og Bovbjerg Klint – 3	Ikke relevant	+	+	+
Trans – Thorsminde – 4	Ikke relevant	+	+	+

⁸⁸ Council Regulation (EC) No 1100/2007 of 18 September 2007 establishing measures for the recovery of the stock of European eel.

⁸⁹ Bornarel, V., et al., Modelling the recruitment of European eel (*Anguilla anguilla*) throughout its European range. – ICES Journal of Marine Science, 75: 541–552.

⁹⁰ Ålehandlingsplan, 2018, DTU Aqua, Silkeborg.

⁹¹ DTU, 2018, Fiskepleje <http://www.fiskepleje.dk>

⁹² Appelberg, M; Holmqvist, M and Lagenfelt, I, 2005, Øresundsforbindelsens inverkan paa fisk och fiske. Underlagsrapport 1992-2005. 2005, pp. 1-230.

Strækning	Livsstadium			
	Æg	IR Juv.	Juvenil	Adult
Thorsminde – Husby Klitplantage – 5	Ikke relevant	+	+	+
Husby Klitplantage – Søndervig – 6	Ikke relevant	+	+	+
Ndr. Holmsland Tange – 7	Ikke relevant	+	+	+
Sdr. Holmsland Tange – 8	Ikke relevant	+	+	+
Blåvand	Ikke relevant	+	+	+

Tabel 8-5. Udbredelsen (indikeret ved +) af forskellige livsstadier af europæisk ål på hovedstrækningerne.

8.6.2 Følsomhed overfor sedimentbelastning

Der er ikke dokumentation for europæisk åls respons på suspenderet sedimentbelastning. Undersøgelser fra andre ålearter viser ingen undvigelse-adfærd eller påvirkning af fourageringsadfærd⁹³ og følsomheden vurderes at være lav.

8.6.3 Følsomhed overfor tilstedeværelse af skibe (undervandsstøj)

Et norsk studie har vist at ål har en øvre grænse for hørbare frekvenser på 300 Hz⁹⁴. Ålen vurderes at have moderat følsomhed overfor støj⁹⁵.

8.6.4 Vurdering af viden og data

Det vurderes, at grundlaget for at vurdere projektets påvirkninger af europæisk ål er middel til begrænset. Årsagen er manglende data for adfærdsmæssig respons på forstyrrelser, for bestandstætheder og for fourageringstryk i de berørte områder.

⁹³ Boubee, JAT, Dean, TL, West, DW, Barrier, RFG (1997) Avoidance of suspended sediment by the juvenile migratory stage of six New Zealand native fish species. NEW ZEALAND JOURNAL OF MARINE AND FRESHWATER RESEARCH 31: 61-69 DOI:10.1080/00288330.1997.9516745

⁹⁴ Jerko H., Turunen-Rise, I., Enger P.S., and Sand O., 1989, Hearing in the eel (*Anguilla anguilla*), J Comp Physiol A

⁹⁵ Nedwell, J.R., et al., 2014, "Fish and marine mammal audiograms: a summary of available information," Subacoustic, ISBN, 534R014. P. 278 ICES (u. år). ICES-fishmap: Sprat

8.7

Snæbel

Navn: Snæbel (Nordsøsnæbel) (*Coregonus oxyrinchus*)

Type: Benthopelagisk, anadrom

Listeart: Rødlistet, Habitatdirektivet Bilag IV⁹⁶

8.7.1

Bestandsudbredelse

Snæbel er en laksefisk, som er tæt beslægtet med den mere almindelige helt (*Coregonus lavaretus*). Snæbel var oprindeligt en udbredt gydefisk i hele Vadehavet fra Holland til Danmark, og tilhørende vandsystemer. I dag har snæbel sit sidste naturlige levested i Danmark og er således endemisk for landet⁹⁷. På grund af ringe bestandstilstande har snæbel tidligere været genstand for støtteudsætninger i Varde å, Sneum å, Kongeå, Ribe å, Brede å og Vidå⁹⁸. De seneste bestandsestimater viser meget små eller helt manglende bestande i alle vandløb ud over Vidå, hvor bestanden er faldende. Snæbel er totalfredet. Gydning foregår i ferskvand i november-december. Efter gydning trækker snæblerne tilbage ud i Vadehavet i december-april⁹⁹. Fri passage mellem opvækstområderne i Vadehavet og gydeområderne i ferskvand er et krav. Efter klækning af æggene i vandløbet, vandrer eller føres ynglen med strømmen ud i Vadehavet. Fri passage fra gydeområder til havet er et krav. Habitatkrav og migration af juvenile er dårligt beskrevet. Habitatkrav og migration af juvenile er dårligt beskrevet. Snæblens føde udgøres af dyreplankton som filtreres fra vandet, samt for adulte fisk benthiske invertebrater. Fouragering udenfor Vadehavet er dårligt belyst. Et hollandsk studie af udsatte snæblers ørestens-kemi tyder på at snæbler er i stand til at migrere i Nordsøen udenfor Vadehavets brakke forhold, men dette er ikke valideret¹⁰⁰. Gydevandring og gydning gentages over flere år.¹⁰¹

Lokal udbredelse:

Strækning	Livsstadium			
	Æg	IR Juv.	Juvenil	Adult
Skagen	Ikke relevant	Ikke relevant	Ikke relevant	Ikke relevant
Lønstrup	Ikke relevant	Ikke relevant	Ikke relevant	Ikke relevant
Agger Tange – 1	Ikke relevant	Ikke relevant	Ikke relevant	Ikke relevant
Harboøre Tange – 2	Ikke relevant	Ikke relevant	Ikke relevant	Ikke relevant
Vrist – Ferring og Bovbjerg Klint – 3	Ikke relevant	Ikke relevant	Ikke relevant	Ikke relevant
Trans – Thorsminde – 4	Ikke relevant	Ikke relevant	Ikke relevant	Ikke relevant
Thorsminde – Husby Klitplantage – 5	Ikke relevant	Ikke relevant	Ikke relevant	Ikke relevant
Husby Klitplantage – Søndervig – 6	Ikke relevant	Ikke relevant	Ikke relevant	Ikke relevant
Ndr. Holmsland Tange – 7	Ikke relevant	Ikke relevant	Ikke relevant	Ikke relevant
Sdr. Holmsland Tange – 8	Ikke relevant	Ikke relevant	Ikke relevant	Ikke relevant

⁹⁶ Wind, P. & Pihl, S. (red.): Den danske rødliste. - Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet, [2004]-. redlist.dk

⁹⁷ Jepsen, N., Deacon, M., & Koed, A., 2012, Decline of the North Sea houting: Protective measures for an endangered anadromous fish. Endangered Species Research, 16, 77–84.

⁹⁸ DTU, 2018, Fiskepleje <http://www.fiskepleje.dk/fiskebiologi/snaebel>

⁹⁹ Poulsen, SB et al., 2012, Evidence of cormorant- induced mortality, disparate migration strategies and repeatable circadian rhythm in the endangered North Sea houting (*Coregonus oxyrinchus*): A telemetry study mapping the postspawning migration. Ecol Freshw Fish. 2018;27:672–685.

¹⁰⁰ Borchering, J, et al., 2008, Migration history of North Sea houting (*Coregonus oxyrinchus* L.) caught in Lake IJsselmeer (The Netherlands) inferred from scale transects of 88Sr:44Ca ratios. Aquat. Sci. 70:47 – 56.

¹⁰¹ Jepsen, N., Deacon, M., & Koed, A., 2012, Decline of the North Sea houting: Protective measures for an endangered anadromous fish. Endangered Species Research, 16, 77–84.

Strækning	Livsstadium			
	Æg	IR Juv.	Juvenil	Adult
Blåvand	Ikke relevant	Ikke relevant	Sandsynligvis ikke relevant	Sandsynligvis ikke relevant

Tabel 8-6. Udbredelsen (indikeret ved +) af forskellige livsstadier af snæbel på hovedstrækningerne.

8.7.2 Følsomhed overfor sedimentbelastning

Der findes ingen dokumentation for snæblens adfærd og respons på sedimentbelastning. Sedimentbelastning kunne forstyrre og forsinke voksne fisk under vandring fra havet til gydepladser i ferskvand i efteråret hvor de gyder i november og december, samt muligvis forstyrre yngel under udvandring til havet i april og maj måned. Det formodes at snæbel har høj følsomhed overfor sediment ligesom laks og øvrige laksefisk, se afsnit 8.2.

8.7.3 Følsomhed overfor tilstedeværelse af skibe (undervandsstøj)

Der findes ingen dokumentation for snæblens adfærd og respons på støjbelastning. Støj kan muligvis forstyrre adfærden og i værste tilfælde medføre skade på fisken. Det formodes at snæbel har lav følsomhed overfor støj ligesom øvrige laksefisk, se afsnit 8.2 og Nedwell, J.R., et al. (2004)¹⁰².

8.7.4 Vurdering af viden og data

Det vurderes, at grundlaget for at vurdere projektets påvirkninger af snæbel er begrænset. Vurderingen begrundes i manglende viden om migrationsadfærd og fouragering i de berørte kystnære områder for både juvenile og adulte fisk. Vidensgrundlaget vurderes dog at være tilstrækkeligt til at foretage en vurdering af hvorvidt, der er væsentlige virkninger på snæbel.

¹⁰² Nedwell, J.R., Edwards B., Turnpenny A.W.H., and Gordon J. 2004 "Fish and marine mammal audiograms: a summary of available information," Subacoustech, ISBN, 534R014. P. 278

8.8

Torsk

Navn: Torsk (*Gadus morhua*)

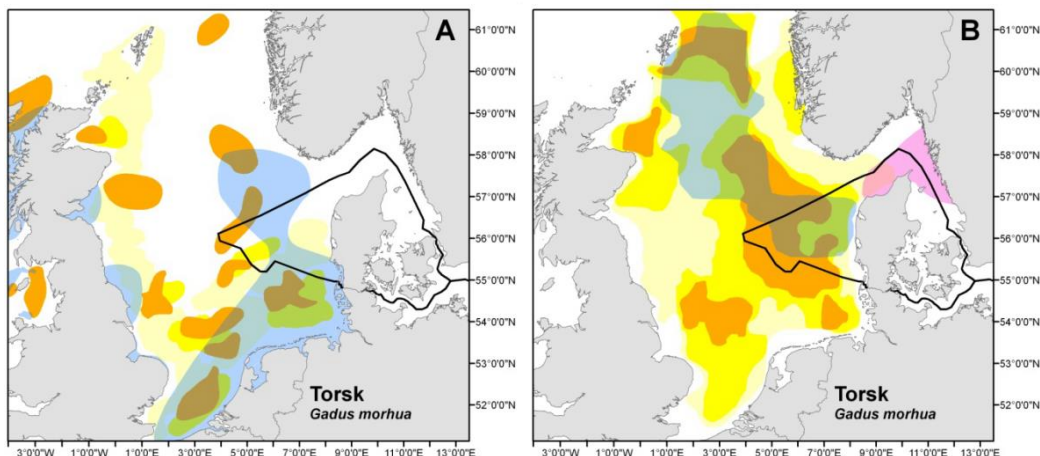
Type: Demersal

Listeart: Nej

8.8.1

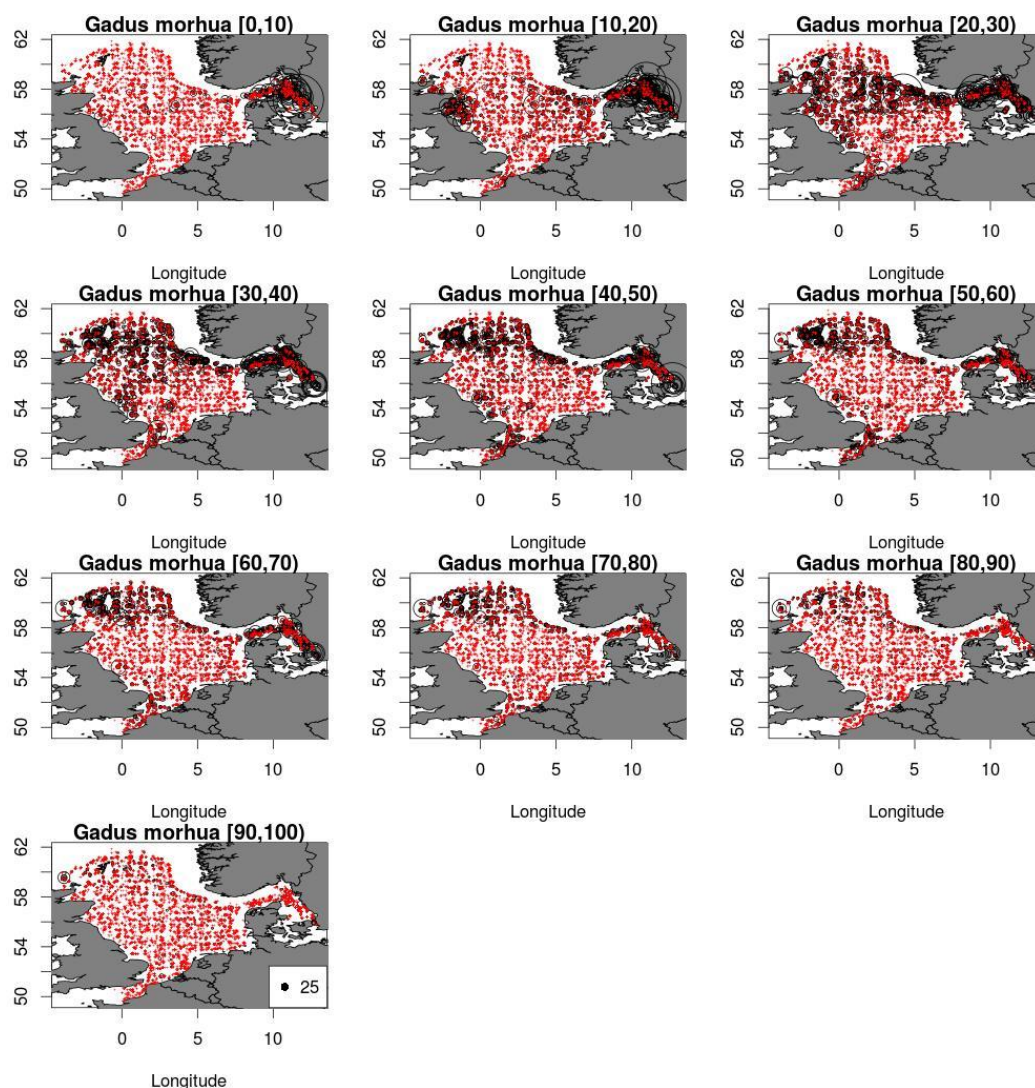
Bestandsudbredelse

Torsk er udbredt i en stor del af det nordlige Atlanterhav og forekommer i hele Nordsøen og langt ind i Østersøen. Der er udbredte gyde- og opvækstområder i store dele af Nordsøen og langs Vestkysten.



Figur 8-1. Figuren viser gyde- og opvækstområder hos torsk /1/. A) Lysegul: almindelige gydeområder, gul: vigtige gydeområder. Orange: områder er ligeledes kendte gydeområder. Blå: er opvækstområder. B) Forekomster af torskæg og torskeyngel: lysegul: områder med forholdsvis få æg, gul: områder med middel ægforekomst, orange: områder med forholdsvis mange æg. Blå: områder med forholdsvis høje fangster af pelagisk torskeyngel. Lyserød: områder med forholdsvis høje fangster af 0- og 1-årige torsk. Der er høje forekomster af torskeyngel i nærheden af Agger Tange.

Mindre individer (< 20 cm) af torsk forekommer især i Skagerrak og langs den nordvestlige kyst af England. Større individer (> 20 cm) spreder sig til de mere centrale dele af den nordlige Nordsø. Denne størrelsesgruppe forekommer også i den østlige del af den Engelske Kanal. Individer over 80 cm er sjældne, og fanges hovedsageligt i de nordvestlige dele af Nordsøen.



Figur 8-2. Figuren viser udbredelse af forskellige størrelsesklasser af torsk. Fiskenes størrelse fremgår af parenteserne (cm). Røde pletter er undersøgte områder, og sorte cirkler illustrerer registrering af torsk i den angivne størrelse¹⁰³.

Torsk lever mest i nærheden af bunden, men kan også findes mere frit i vandsøjlen. Torsk lever fra kysten og ud til vanddybder på 600 meter. Torsk foretager migration i mange områder, men detaljer om migrationsveje m.m. er dårligt belyste. Gydning hos torsk foregår typisk i perioden januar – maj, men topper ofte i februar – marts.¹⁰⁴ Succesfuld gydning forudsætter de rette temperaturer og saltholdigheder. Æggene klækker frit i vandet, og ynglen lever her i tre til fem måneder, hvor føden består af vandlopper og andre små planktondyr. Juvenile torsk lever ved bunden; både på dybt vand og i kystnære områder. Føden består af krebsdyr, orme og bløddyr, der forekommer langs Vestkysten¹⁰⁵. Ved en alder på seks år er alle torsk kønsmodne i danske farvande. Større torsk lever på dybere vand, hvor de i stigende grad lever af fisk frem for invertebrater.¹⁰⁶

¹⁰³ ICES (u. år). ICES-fishmap: Cod.

¹⁰⁴ Warnar T, et al. 2012, Fiskebestandenes struktur, Fagligt baggrundsnotat til den danske implementering af EU's havstrategidirektiv.

¹⁰⁵ Orbicon. 2018, Infaunaoversigt

¹⁰⁶ Muus B, Nielsen JG., 1998, Havfisk og fiskeri i Nordvesteuropa

Strækning	Livsstadium			
	Æg	IR Juv.	Juvenil	Adult
Skagen			+	+
Lønstrup			+	+
Agger Tange – 1			+	+
Harboøre Tange – 2			+	+
Vrist – Ferring og Bovbjerg Klint – 3			+	+
Trans – Thorsminde – 4			+	+
Thorsminde – Husby Klitplantage – 5			+	+
Husby Klitplantage – Søndervig – 6			+	+
Ndr. Holmsland Tange – 7			+	+
Sdr. Holmsland Tange – 8			+	+
Blåvand			+	+

Tabel 8-7. Væsentlig tilstedeværelse af torsk i langs de 11 strækninger er angivet i tabel herover med +.

8.8.2 Følsomhed overfor sedimentbelastning

I løbet af de første leveår kan torsk udnytte kystnære områder, hvilket betyder, at især yngre torsk kan påvirkes af aktiviteter, der vedrører kystbeskyttelse. Torsk og sild har vist undvigeadfærd, når de støder på sedimentfaner af lige store partikler af ler eller kalk i koncentrationer på mellem 2 mg/l og 8-9 mg/l, hvor baggrundskoncentrationen af suspenderet materiale var mindre end 0,4 mg/l¹⁰⁷. Opløst sediment (550 mg/l) kan forårsage skader på gæller og øget stress hos juvenile torsk, der er dog ikke observeret forhøjet dødelighed i det nævnte studie¹⁰⁸. Foretrukne sedimenttyper i kystnære områder afhænger af de juvenile fisks størrelse og svinger typisk mellem klippe- og ralbund¹⁰⁹, men juvenile torsk forekommer også på sandbund. Øget turbiditet har begrænset effekt på torsk, der kan anvende andre sanser end synet til fouragering^{110 111}.

8.8.3 Følsomhed overfor tilstedeværelse af skibe (undervandsstøj)

Mange studier har vist, at torsk påvirkes af lyd. Torskefisk har svømmeblære og har derfor generelt bedre hørelse end fisk uden svømmeblære. Derudover har torsk to luftfyldte rør der peger mod det indre øre, hvilket sandsynligvis forklarer at de har bedre hørelse end andre fisk. Torsk kan høre lyde mellem 30 – 470 Hz^{112 113} og visse former for ultralyd (38 kHz)¹¹⁴, dog kan de kun opfatte ultralyd, ved meget høje niveauer (200 dB). Torsk reagerer også på infralyd (lavfrekvent)

¹⁰⁷ Appelberg, M; Holmqvist, M and Lagenfelt, I., 2005, Øresundsforbindelsens inverkan paa fisk och fiske. Underlagsrapport 1992-2005.

¹⁰⁸ Humborstad O, Jørgensen T, Grotmol S., 2006, Exposure of cod *Gadus morhua* to resuspended sediment: an experimental study of the impact of bottom trawling.

¹⁰⁹ Gregory RS, Anderson JT. 1997, Substrate selection and use of protective cover by juvenile Atlantic cod *Gadus morhua* in inshore waters of Newfoundland.

¹¹⁰ Meager JJ, Solbakken T, Utne-palm AC, Oen T. 2005, Effects of turbidity on the reactive distance, search time, and foraging success of juvenile Atlantic cod (*Gadus morhua*)

¹¹¹ Meager JJ, Solbakken T, Utne-palm AC, Oen T. 2005, Effects of turbidity on the reactive distance, search time, and foraging success of juvenile Atlantic cod (*Gadus morhua*)

¹¹² Chapman CJ, Hawkins AD., 1973, A field study of hearing in the cod, *Gadus morhua* L. J Comp Physiol

¹¹³ Wahlberg M, Westerberg H, 2005, Hearing in fish and their reactions to sounds from offshore wind farms. Mar Ecol Prog Ser.

¹¹⁴ Astrup J, Møhl B, 1993, Detection of intense ultrasound by the cod *Gadus morhua*

under 20 Hz. Støj kan påvirke vækst, adfærd og stressniveau hos torsk^{115 116}. Torsk kan påvirkes af lyd i livsstadier mellem larver og adulte fisk^{117 118 119 120}. Følsomheden vurderes at være moderat¹²¹.

8.8.4 Vurdering af viden og data

Det vurderes, at grundlaget for at vurdere projektets påvirkninger af torsk er begrænset. Den eksisterende viden om torsk i relation til kystbeskyttelse er sparsom, og det foreliggende materiale er begrænset. Vidensgrundlaget vurderes dog at være tilstrækkeligt til at foretage en vurdering af hvorvidt, der er væsentlige virkninger på torsk.

¹¹⁵ Nedelec SL, et al. 2015, Impacts of regular and random noise on the behaviour, growth and development of larval Atlantic cod (*Gadus morhua*).

¹¹⁶ Sierra-Flores R, Attack T, Migaud H, Davie A., 2015, Stress response to anthropogenic noise in Atlantic cod *Gadus morhua* L. Aquac Eng. Elsevier B.V.

¹¹⁷ Nedelec SL, et al. 2015, Impacts of regular and random noise on the behaviour, growth and development of larval Atlantic cod (*Gadus morhua*).

¹¹⁸ Sierra-Flores R, Attack T, Migaud H, Davie A., 2015, Stress response to anthropogenic noise in Atlantic cod *Gadus morhua* L. Aquac Eng. Elsevier B.V.

¹¹⁹ Buerkle U. Detection of trawling noise by Atlantic cod (*Gadus morhua* L.). Mar Freshw Behav Phy. Taylor & Francis; 1977;4: 233–242.

¹²⁰ Handegard NO, Michalsen K, Tjøstheim D., 2003, Avoidance behaviour in cod (*Gadus morhua*) to a bottom-trawling vessel. Aquat Living Resour.

¹²¹ Nedwell, J.R., et al. 2014, "Fish and marine mammal audiograms: a summary of available information," Subacoustic, ISBN, 534R014. P. 278 ICES (u. år). ICES-fishmap: Sprat

8.9

Hvilling

Navn: Hvilling (*Merlangius merlangus*)

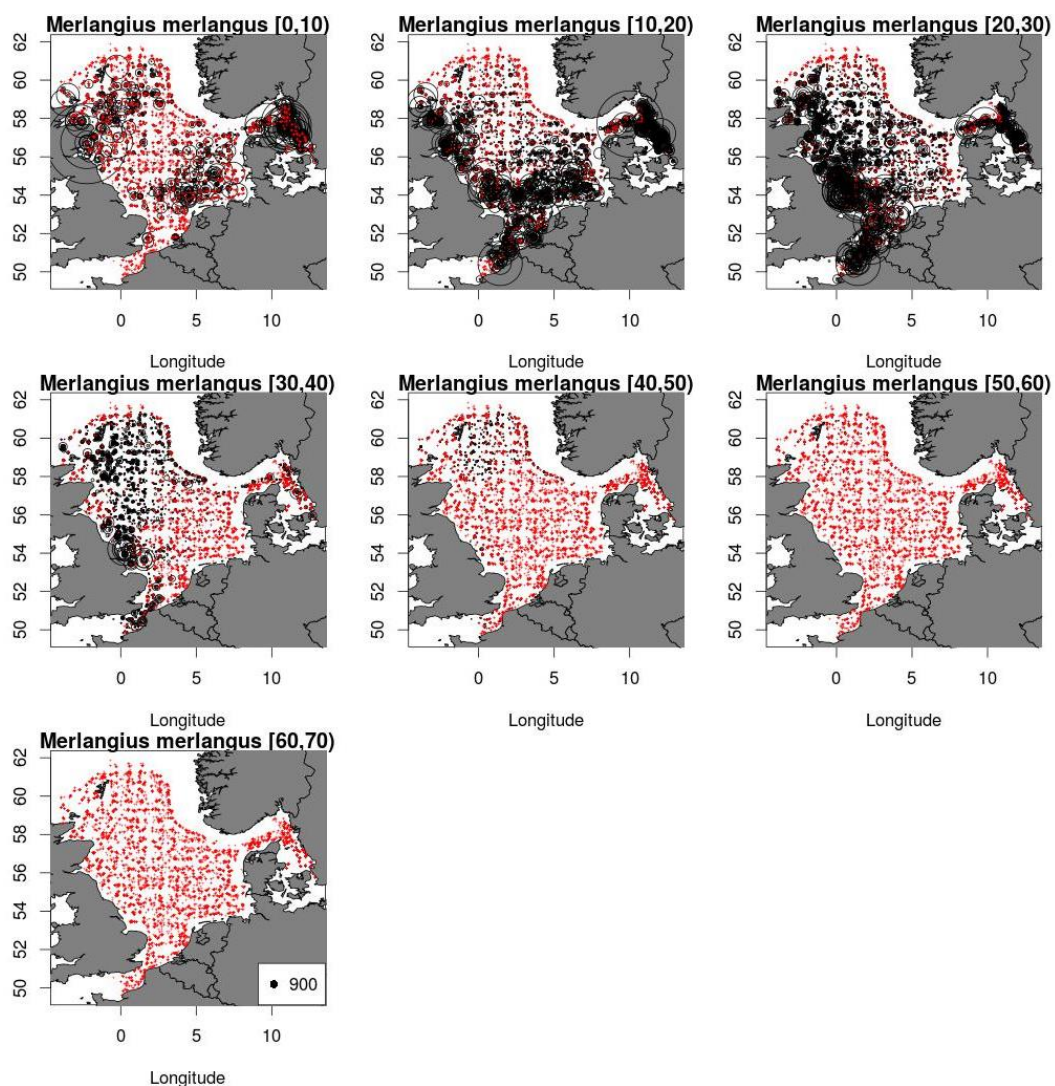
Type: Pelagisk

Listeart: Nej

8.9.1

Bestandsudbredelse

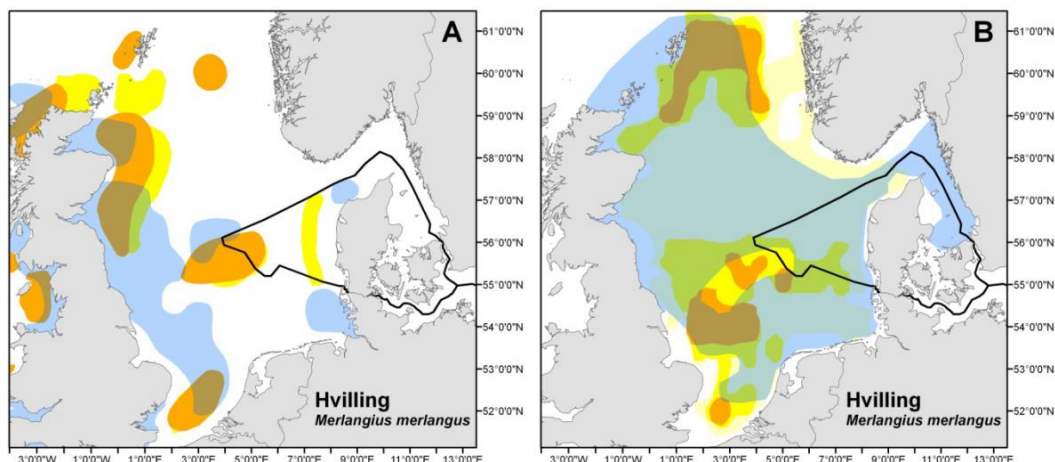
Hvilling er udbredt i hele Nordsøen, Skagerrak og Kattegat. Mindre individer (< 30 cm) forekommer især i de sydlige og nordvestlige dele af Nordsøen, samt i Skagerrak. Større individer (> 30 cm) forekommer især i de nordvestlige og vestlige dele af Nordsøen samt i Skagerrak, men er fåtallige langs Vestkysten. Individer over 50 cm er sjældne, men fanges sporadisk i de nordlige dele af Nordsøen.



Figur 8-3. Udbredelse af hvilling i Nordsøen. Figuren viser udbredelse af forskellige størrelsesklasser af hvilling. Fiskenes størrelse fremgår af parenteserne (cm). Røde pletter er undersøgte områder, og sorte cirkler illustrerer registrering af hvilling i den angivne størrelse¹²².

¹²² ICES (u. år). ICES-fishmap: Whiting.

Hvilling forekommer mest på sand- eller mudderbund på alle dybder ned til 200 meter¹²³. Gyddning hos hvilling foregår typisk i perioden februar – juni¹²⁴, men topper i det tidlige forår¹²⁵. Gyde- og opvækstområder findes over store dele af udbredelsesområdet, hvor gyddningen foregår på 30-100 meters dybde¹²⁶.



Figur 8-1. Gyde- og opvækstområder for Hvilling i Nordsøen¹²⁷. A) Gul og orange: gydeområder, blå: opvækstområder. B) Forekomster af hvillingæg og hvillingyngel: lysegul: områder med forholdsvis få æg, gul: områder med middel forekomst af æg, orange: områder med forholdsvis mange æg. Blå: områder med fangster af hvillingyngel (<20 cm).

Æg og larver lever i de fri vandmasser i store områder i Nordsøen, Skagerrak og Kattegat. I det efterfølgende stadie opsøger fiskene ofte mere kystnære områder; og efter et år vandrer hvilling typisk ud på dybere vand. Føden hos hvilling består af bundlevende invertebrater (bl.a. krebsdyr) og mindre fisk¹²⁸. Sådanne invertebrater forekommer langs Vestkysten¹²⁹. Indtaget af fisk stiger med hvillingens størrelse. Hvilling > 30 cm spiser næsten udelukkende fisk, heriblandt brisling, tobis, sild og torsk. Ved en alder på fire år er alle hvilling kønsmodne¹³⁰.

Strækning	Livsstadium			
	Æg	IR Juv.	Juvenil	Adult
Skagen			+	+
Lønstrup			+	+
Agger Tange – 1			+	+
Harboøre Tange – 2			+	+
Vrist – Ferring og Bovbjerg Klint – 3			+	+

¹²³ Warnar T, Huwer B, Vinther M, Egekvist J, Sparrevohn CR, Kirkegaard E, et al. Fiskebestandenes struktur. Fagligt baggrundsnotat til den danske implementering af EU's havstrategidirektiv. 2012.

¹²⁴ Warnar T, Huwer B, Vinther M, Egekvist J, Sparrevohn CR, Kirkegaard E, et al. Fiskebestandenes struktur. Fagligt baggrundsnotat til den danske implementering af EU's havstrategidirektiv. 2012.

¹²⁵ Muus B, Nielsen JG. Havfisk og fiskeri i Nordvesteuropa. Gad; 1998;

¹²⁶ Muus B, Nielsen JG. Havfisk og fiskeri i Nordvesteuropa. Gad; 1998;

¹²⁷ Warnar T, Huwer B, Vinther M, Egekvist J, Sparrevohn CR, Kirkegaard E, et al. Fiskebestandenes struktur. Fagligt baggrundsnotat til den danske implementering af EU's havstrategidirektiv. 2012.

¹²⁸ Muus B, Nielsen JG., 1998, Havfisk og fiskeri i Nordvesteuropa.

¹²⁹ Orbicon. 2018, Infaunaoversigt

¹³⁰ Muus B, Nielsen JG., 1998, Havfisk og fiskeri i Nordvesteuropa.

Strækning	Livsstadium			
	Æg	IR Juv.	Juvenil	Adult
Trans – Thorsminde – 4			+	+
Thorsminde – Husby Klitplantage – 5			+	+
Husby Klitplantage – Søndervig – 6			+	+
Ndr. Holmsland Tange – 7			+	+
Sdr. Holmsland Tange – 8			+	+
Blåvand			+	+

Tabel 8-8. Væsentlig tilstedeværelse af hvilling langs de 11 strækninger er angivet i tabel herover med +.

8.9.2 Følsomhed overfor sedimentbelastning

I løbet af hvillingens første leveår udnyttes kystnære områder ofte, hvilket betyder, at især juvenile hvilling kan påvirkes af aktiviteter, der vedrører kystbeskyttelse. Sediment har potentialet til at påvirke hvilling negativt¹³¹. Der forekommer ikke studier af hvilling ift. adfærd og forhøjede sedimentkoncentrationer. Langs Vestkysten forekommer kun juvenile og voksne individer, der formodes at have samme følsomhed som torsk. Hos torsk er undvigeadfærd observeret ved sedimentkoncentrationer på 2-9 mg/l, men i et andet studie blev der ikke observeret dødelighed selvom torsk blev udsat for 550 mg/l i 1-10 døgn¹³². Følsomheden vurderes derfor at være moderat hos hvilling.

8.9.3 Følsomhed overfor tilstedeværelse af skibe (undervandsstøj)

Hvilling reagerer adfærdsmæssigt på støj og kan derfor påvirkes af kystbeskyttelse, hvis der forekommer kraftig støj under arbejdet. Torsk fisk har svømmeblære og har derfor generelt bedre hørelse end fisk uden svømmeblære, der foreligger dog ingen undersøgelser af hvillings hørelse. Følsomheden vurderes at være moderat¹³³.

8.9.4 Vurdering af viden og data

Det vurderes, at grundlaget for at vurdere projektets påvirkninger af hvilling er begrænset. Den eksisterende viden om hvilling i relation til kystbeskyttelse er sparsom, og det foreliggende materiale er begrænset. Vidensgrundlaget vurderes dog at være tilstrækkeligt til at foretage en vurdering af hvorvidt, der er væsentlige virkninger på hvilling.

¹³¹ Engell-Sørensen K, Skyt PH. Evaluation of the effect of sediment spill from offshore wind farm construction on marine fish. Rep to SEAS, Denmark. 2001;

¹³² FeBEC (2013). Fish Ecology in Fehmarnbelt. Environmental Impact assessment Report. Report no. E4TR0041 – Volume I

¹³³ Nedwell, J.R., et al. 2014, "Fish and marine mammal audiograms: a summary of available information," Subacoustic, ISBN, 534R014. P. 278 ICES (u. år). ICES-fishmap: Sprat

8.10

Sild

Navn: Sild (*Clupea harengus*)

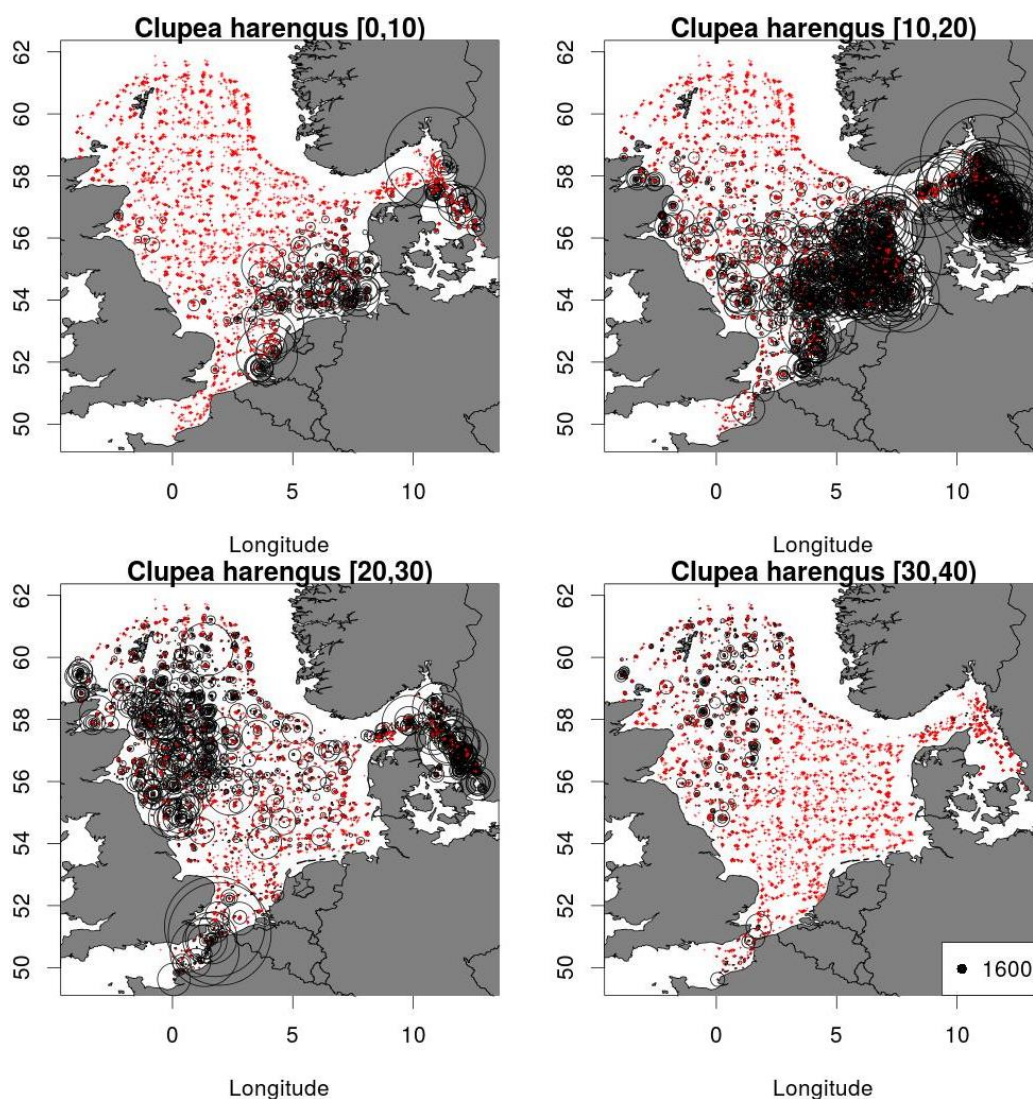
Type: Pelagisk

Listeart: Nej

8.10.1

Bestandsudbredelse:

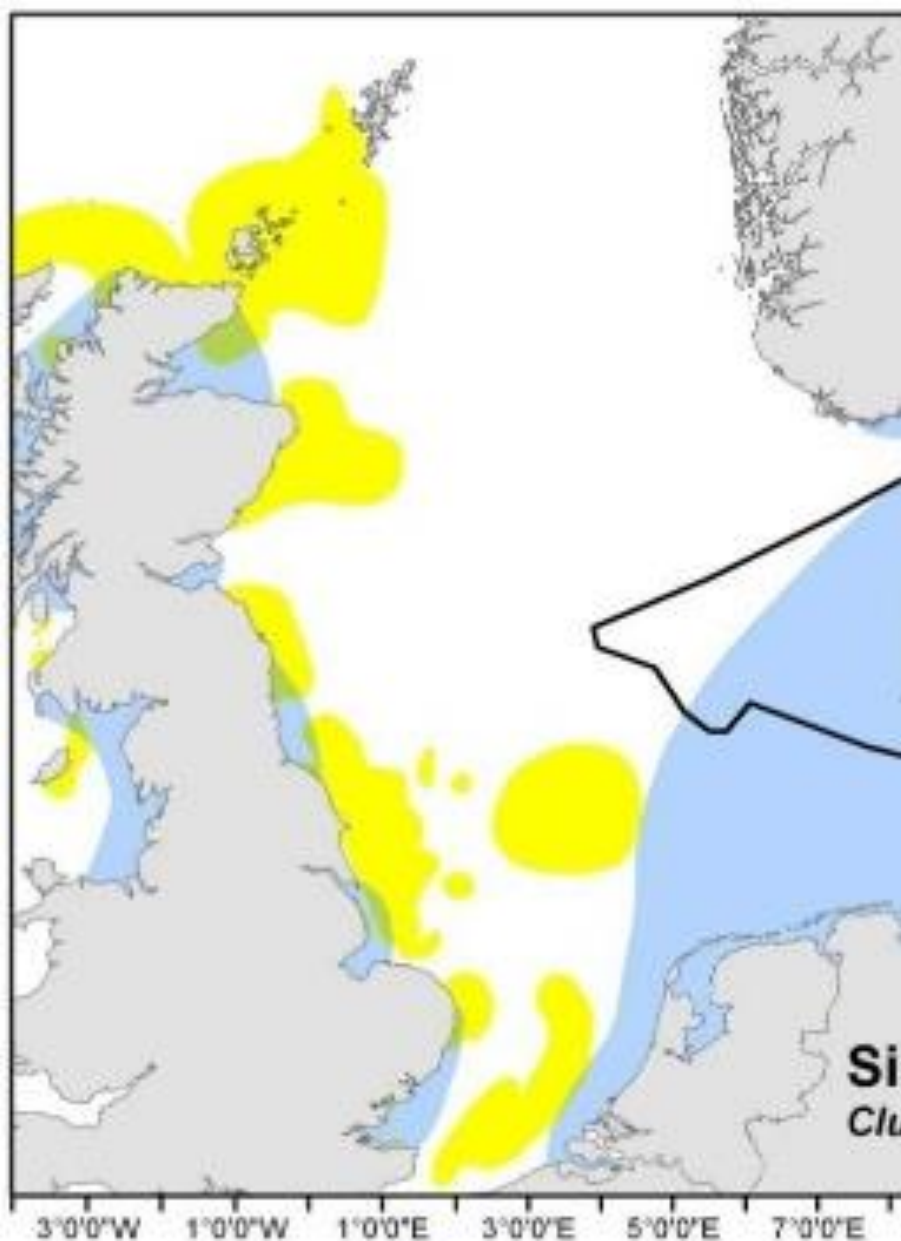
Efterårs- og vintergydere udgør de største og vigtigste sildestammer i Nordsøen. Det drejer sig om 1) Dogger-silden med gydeområder omkring Dogger banke, 2) Downs-silden som gyder i den nordlige del af den Engelske kanal, og 3) Buchan-silden med gydeområder i den nordvestlige del af Nordsøen op til Shetlandsøerne. De store gydeområder for efterårsgydnende Nordsø-sild findes dermed i de sydlige, centrale og nordvestlige dele af Nordsøen, hvor der er store områder (banke) med egnede habitater med groft sand og grus for æggene. Gydeperioden strækker sig fra september til januar. Æggene klæbes til groft sand eller grus. Der er ikke registreret gydeområder for efterårsgydnende sild i nogen af delområderne.



Figur 8-4. Fangster af Nordsø-sild¹³⁴. Figuren viser udbredelse af forskellige størrelsesklasser af sild. Fiskenes størrelse fremgår af parenteserne (cm). Røde pletter er undersøgte områder, og sorte cirkler illustrerer registrering af sild i den angivne størrelse.

¹³⁴ ICES (u. år). ICES-fishmap: Herring.

Efter klækning er larverne planktoniske og føres med havstrømme normalt i østlig retning indtil de har en størrelse på ca. fem centimeter, hvorefter larverne forvandles til det aktivt svømmende juvenile stadium indtræffer. De juvenile silde opvækstområder er hovedsageligt i den sydøstlige del af Nordsøen inkl. områder ved Vestkysten. De voksne efterårsgydende sild i Nordsøen er udbredt i hele Nordsøområdet og ind i Skagerrak. Der er dog en tendens til større koncentration af ældre sild (2+) i vest og nordvest i Nordsøen. Sild æder fortrinsvist zooplankton, som de filtrerer vha. særlige stave på gællebuerne. Ældre sild æder også fiskeæg og yngel.



Figur 8-5. Gydeområder for Nordsø-sild¹³⁵. Gule områder viser vigtige gydeområder, blå er opvækstområder.

¹³⁵ Worsøe L., Horsten M.B., Hoffmann E. 2002. Gyde- og opvækstpladser for kommercielle fiskearter i Nordsøen, Skagerrak og Kattegat. DFU-rapport Nr. 118-02. Danmarks Fiskeriundersøgelser, Copenhagen,

Livsstadium				
Strækning	Æg	IR Juv.	Juvenil	Adult
Skagen	Ikke relevant	Ikke relevant	(+)	(+)
Lønstrup	Ikke relevant	Ikke relevant	(+)	(+)
Agger Tange – 1	Ikke relevant	Ikke relevant	(+)	(+)
Harboøre Tange – 2	Ikke relevant	Ikke relevant	(+)	(+)
Vrist – Ferring og Bovbjerg Klint – 3	Ikke relevant	Ikke relevant	(+)	(+)
Trans – Thorsminde – 4	Ikke relevant	Ikke relevant	(+)	(+)
Thorsminde – Husby Klitplantage – 5	Ikke relevant	Ikke relevant	(+)	(+)
Husby Klitplantage – Søndervig – 6	Ikke relevant	Ikke relevant	(+)	(+)
Ndr. Holmsland Tange – 7	Ikke relevant	Ikke relevant	(+)	(+)
Sdr. Holmsland Tange – 8	Ikke relevant	Ikke relevant	(+)	(+)
Blåvand	Ikke relevant	Ikke relevant	(+)	(+)

Tabel 8-9. Væsentlig tilstedeværelse af efterårsgydende sild langs de 11 strækninger er angivet i tabellen herover med +.

8.10.2 Følsomhed overfor sedimentbelastning

Både i larvestadiet, i det juvenile stadie og i voksenstadiet er silden udpræget pelagisk. Nordsøsilens larver findes næppe i områder med sandfodring og de juvenile og voksne sild må formodes at migrere til andre lokaliteter under sandfodring.

Sild har vist undvigeadfærd, når de støder på sedimentfaner af partikler af ler eller kalk (kornstørrelse $< 4 \mu\text{m}$) i koncentrationer på mellem 2 mg/l og 8-9 mg/l, hvor baggrundskoncentrationen af suspenderet materiale var mindre end 0,4 mg/l¹³⁶. Disse resultater er baggrunden for den tærskelværdi, der blev anvendt i VVM-redegørelsen for Femern Bælt Forbindelsen ved vurdering af konsekvenserne af sedimentspredning¹³⁷. Juvenile og voksne sild har i andre undersøgelser udvist undvigeadfærd ved 9-12-mg/l¹³⁸ og 19 ± 5 mg/l (fin silt, kornstørrelse 4,5 μm) hhv. 35 ± 5 mg/l (groft silt, kornstørrelse 10 μm)¹³⁹. Følsomheden vurderes derfor at være høj for voksne sild. Adfærdsreaktionen afhænger tilsyneladende af kornstørrelsen for det sediment, der anvendes i forsøgene. Dette antages at hænge sammen med at undvigeadfærden skyldes irritation af fiskenes gæller mere end en visuel respons. I alle forsøg er der tale om akvarieopsætninger, hvor sediment tilsættes over en time. Som følge af strømforholdene i indvindingsområderne antages det at fodringssandets fine fraktion minder mere om groft silt end om ler eller fint silt. Derfor kan der ud fra den eksisterende viden argumenteres for at undvigeadfærd hos sild ved kystnær fodring først vil forekomme ved en sedimentkoncentration tættere på de 35 mg/l +/- 5 mg end på de 19 mg/l +/- 5 mg.

¹³⁶ Westerberg, H., Rännbäck, P. and Frimansson H. Appelberg, M; Holmqvist, M and Lagenfelt, I. 2005, 1996. Effects of suspended sediments on cod egg and larvae and on the behaviour of adult herring and cod, ICES, CM 19961E:26 Marine Environmental Quality Committee

¹³⁷ FeBEC, 2013, Fish Ecology in Fehmarnbelt. Environmental Impact assessment Report. Report no. E4TR0041–Volume I

¹³⁸ Johnston D. W. and Wildish D. J., 1981, Avoidance of Dredge Spoil by Herring (*Clupea harengus harengus*), Bull. Environm. Contam. Toxicol. 26, 307-314 (1981)

¹³⁹ Wildish, D.J., Wilson A.J. and Akagi H., 1977, Avoidance by herring of suspended sediment from dredge spoil dumping, ICES, C. M. 1977/E : 11

DTU Aqua har imidlertid vurderet¹⁴⁰ at der skal anvendes en tærskelværdi på 10 mg/l inklusive baggrundskoncentration af SSC. Det skyldes at det eksisterende vidensgrundlag for påvirkningen fra SSC på sild vurderes som utilstrækkeligt, bl.a. fordi forsøgene med tolerance for sediment i vandsøjlen er lavet i tanke, og at resultater herfra ikke umiddelbart vurderes at kunne overføres til in situ forhold. Sild har derudover et såkaldt hjeminstinkt (homig), som gør dem i stand til forme lokale bestande tilpasset lokale forhold, hvilket gør at resultater fra andre lande ikke nødvendigvis kan overføres til danske forhold.

I miljøkonsekvensvurderingen er der derfor anvendt en konservativ tærskelværdi på 10 mg/l inklusive baggrundskoncentrationen af SSC for, hvornår sildene forventes at undvige et område.

8.10.3 Følsomhed overfor tilstedeværelse af skibe (undervandsstøj)

Sildefisk er generelt meget følsomme overfor støj¹⁴¹.

Atlantehavssild har en svømmeblære og indre øreforbindelse, der forklarer deres specielle hørevne. Atlantehavs sild hører en lang række frekvenser mellem 30 Hz og 4 kHz¹⁴². Tilstedeværelsen af sandfodringsskibet vil sandsynligvis føre til undvigelsesreaktioner blandt sild. En undersøgelse af gydende sild blev udført i Norge for at undersøge virkningerne af gentagen passage af et forskningsskibet i en afstand på syv til otte kilometer i 30-40 meter vanddybde. Ved en peakværdi på omkring 145 dB re 1 µPa 1 Hz inden for området 5-500 Hz, var der ingen påviselig reaktion blandt gydesilden¹⁴³.

I miljøkonsekvensvurderingen er valgt grænseværdier for støj fra skibe, der relaterer sig til sildens følsomhed overfor støj, da silden er vurderet at være den mest følsomme art. Støjudbredelsen fra skibet er modelleret, og afstanden, hvor værdien overskrides, er beregnet. Grænseværdierne for høreskade, hvor fiskens høreorgan kan regenerere, er forudsat at være 170 dB_{rms} over 48 timer og for permanent høreskade 158 dB_{rms} over 12 timer¹⁴⁴.

8.10.4 Vurdering af viden og data

Det vurderes, at grundlaget er tilstrækkeligt til at vurdere projektets påvirkninger af efterårsgydende sild i Nordsøen.

¹⁴⁰ DTU-Aqua, 23. maj 2020, Anmodning om vurdering i henhold til e-mail af 21. april, Niels Kristian Kvistgaard, Områdechef i Kystbeskyttelse Drift og Anlæg, Kystdirektoratet.

¹⁴¹ Nedwell, J.R., et al. 2014, "Fish and marine mammal audiograms: a summary of available information," Subacoustic, ISBN, 534R014. P. 278 ICES (u. år). ICES-fishmap: Sprat

¹⁴² Enger, P.S. 1967. Hearing in herring. Comp. Biochem. Physiol. 22, 1967, pp. 527-538.

¹⁴³ Skaret, G., Axelsen, B. E., Nottestad, L., Ferno, A. and Johanssen, A., 2005, "The behaviour of spawning herring in relation to a survey vessel", ICES Journal of Marine Science, Vol. 62, pp. 1061- 1064

¹⁴⁴ Popper, A.N., et al. 2014, "Sound Exposure Guidelines for Fishes and Sea Turtles: A Technical Report prepared by ANSI-Accredited Standards Committee S3/SC1 and registered with ANSI". Springer Briefs in Oceanography.

8.11 Sild (forårsgydere)

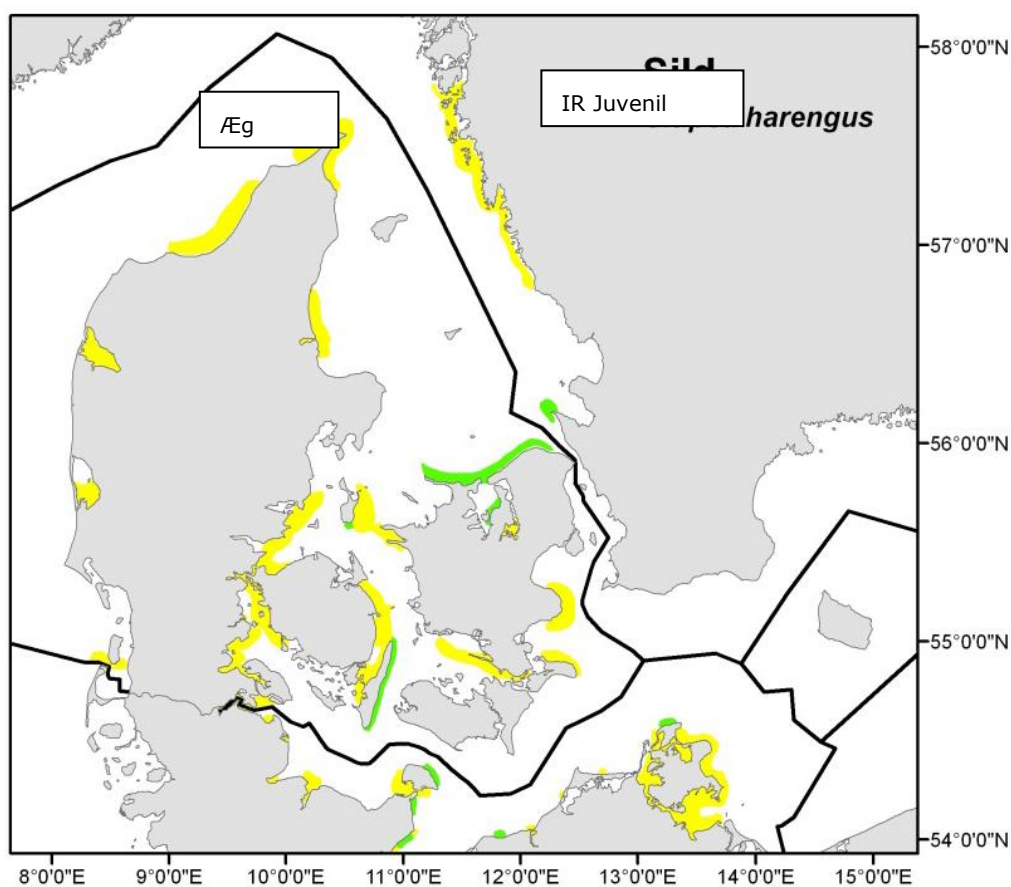
Navn: Sild (*Clupea harengus*)

Type: Pelagisk

Listeart: Nej

8.11.1 Bestandsudbredelse

Forårsgydende sild er vidt udbredt i Nordsø og Skagerrak, hvor de søger føde i blandede bestande^{145 146}. Lokale stammer af forårsgydende sild gyder i Ringkøbing Fjord, Nissum Fjord og i Limfjorden. Gydemigration af betydelige antal fisk fra havet til fjordene via sluser og kanaler observeres ved bl.a. Thyborøn, Thorsminde og Hvide Sande, men migrationsmønstre er generelt dårligt beskrevet. Der er ingen registreringer af gydepladser for forårsgydende sild langs kysten, og bestandene menes at være helt afhængige af passage fra hav til gydeområder i fjordene. Gydeperioden er marts – maj. Efter klækning er larverne planktoniske og følger lokale strømforhold. Udbredelsen af juvenile sild formodes at være de samme som for de voksne.



Figur 8-6. Gydeområder for forårsgydende sild i den indre danske farvande, vist med gult. Nissum Fjord er ikke vist på kort, men er også gydeområde for forårsgydende sild. Med grønt er vist gydeområder for efterårsgydende sild i de indre danske farvande¹⁴⁷.

¹⁴⁵ ICES (u. år). ICES-fishmap: Herring.

¹⁴⁶ Worsøe L., Horsten M.B., Hoffmann E. 2002. Gyde- og opvækstpladser for kommercielle fiskearter i Nordsøen, Skagerrak og Kattegat. DFU-rapport Nr. 118-02. Danmarks Fiskeriundersøgelser, Copenhagen,

¹⁴⁷ Worsøe L., Horsten M.B., Hoffmann E. 2002. Gyde- og opvækstpladser for kommercielle fiskearter i Nordsøen, Skagerrak og Kattegat. DFU-rapport Nr. 118-02. Danmarks Fiskeriundersøgelser, Copenhagen,

Livsstadium				
Strækning	Æg	IR Juv.	Juvenil	Adult
Skagen	ikke relevant	(+)	(+)	(+)
Lønstrup	Ikke relevant	Ikke relevant	(+)	(+)
Agger Tange – 1	ikke relevant	(+)	(+)	(+)
Harbøre Tange – 2	ikke relevant	(+)	(+)	(+)
Vrist – Ferring og Bovbjerg Klint – 3	ikke relevant	Ikke relevant	(+)	(+)
Trans – Thorsminde – 4	ikke relevant	(+)	(+)	(+)
Thorsminde – Husby Klitplantage – 5	ikke relevant	(+)	(+)	(+)
Husby Klitplantage – Søndervig – 6	ikke relevant	(+)	(+)	(+)
Ndr. Holmsland Tange – 7	ikke relevant	(+)	(+)	(+)
Sdr. Holmsland Tange – 8	ikke relevant	(+)	(+)	(+)
Blåvand	ikke relevant	(+)	(+)	(+)

Tabel 8-10. Væsentlig tilstedeværelse af forårsgydende sild langs de 11 strækninger er angivet i tabellen herover med +.

8.11.2 Følsomhed overfor sedimentbelastning

Forårsgydende sild er samme art som sild beskrevet i afsnit 8.10. Vurdering af følsomhed overfor SSC er angivet i afsnit 8.10.2. I miljøkonsekvensvurderingen er der anvendt en konservativ tærskelværdi på 10 mg/l inklusive baggrundskoncentrationen af SSC for, hvornår forårsgydende sild forventes at undvige et område¹⁴⁸.

8.11.3 Følsomhed overfor tilstedeværelse af skibe (undervandsstøj)

Sildefisk kategoriseres som meget følsomme overfor støj¹⁴⁹.

Atlantehavssild har en svømmeblære og en indre øreforbindelse, der forklarer deres specielle høreevne. Atlantehavssild hører en lang række frekvenser mellem 30 Hz og 4 kHz. Tilstedeværelsen af sandfodringskibet vil sandsynligvis føre til undvigelsesreaktioner blandt sild. En undersøgelse af gydende sild blev udført i Norge for at undersøge virkningerne af gentagen passage af et forskningsfartøj i en afstand på 7-8 km i 30-40 meter vanddybde. Ved en peak-værdi på omkring 145 dB re 1µPa 1Hz inden for området 5-500 Hz, var der ingen påviselig reaktion blandt gydesilden¹⁵⁰.

I miljøkonsekvensvurderingen, er valgt grænseværdier for støj fra skibe, der relaterer sig til sildens følsomhed overfor støj, da silden er vurderet at være den mest følsomme art. Støjudbredelsen fra skibet er modelleret og afstanden hvor værdien overskrides er beregnet. Grænseværdierne for høreskade, hvor fiskens høreorgan kan regenerere, er forudsat at være 170 dB_{rms} over 48 timer og for permanent høreskade 158 dB_{rms} over 12 timer¹⁵¹.

¹⁴⁸ DTU-Aqua, 23. maj 2020, Anmodning om vurdering i henhold til e-mail af 21. april, Niels Kristian Kvistgaard, Områdechef i Kystbeskyttelse Drift og Anlæg, Kystdirektoratet.

¹⁴⁹ Enger, P.S. 1967. Hearing in herring. Comp. Biochem. Physiol. 22, 1967, pp. 527-538.

¹⁵⁰ Skaret, G., Axelsen, B. E., Nottestad, L., Ferno, A. and Johannsen, A., 2005, "The behaviour of spawning herring in relation to a survey vessel", ICES Journal of Marine Science, Vol. 62, pp. 1061- 1064.

¹⁵¹ Popper, A.N., Hawkins, A.D., Fay, R.R., Mann, D.A., Bartol, S., Carlson, T.J., Coombs, S., Ellison, W.T., Gentry, R.L., Halvorsen, M.B., Løkkeborg, S., Rogers, P.H., Southall, B.L., Zeddis, D.G., Tavolga, W.N., 2014, "Sound Exposure Guidelines for Fishes and Sea Turtles: A Technical Report prepared by ANSI-Accredited Standards Committee S3/SC1 and registered with ANSI". Springer Briefs in Oceanography.

8.11.4 Vurdering af viden og data

Det vurderes, at grundlaget for at vurdere projektets påvirkninger af de forårsgydende sildestammer i de vestjyske fjorde og langs kysten er moderat. Bestandene er afhængige af fri migration ind i fjordene i forbindelse med gydning, men der er ikke tilstrækkelig information omkring marine migrationsmønstre. Det vurderes dog, at grundlaget er tilstrækkeligt til at vurdere projektets påvirkninger af efterårsgydende sild i Nordsøen med hensyn til undervandsstøj. Vidensgrundlaget for påvirkninger fra SSC er ikke tilstrækkeligt specifikt for forårsgydende sild, og vurderingen foretages derfor på baggrund af en antaget grænse for SSC på 10 mg/l, som er fastlagt af DTU Aqua¹⁵².

¹⁵² DTU-Aqua, 23. maj 2020, Anmodning om vurdering i henhold til e-mail af 21. april, Niels Kristian Kvistgaard, Områdechef i Kystbeskyttelse Drift og Anlæg, Kystdirektoratet.

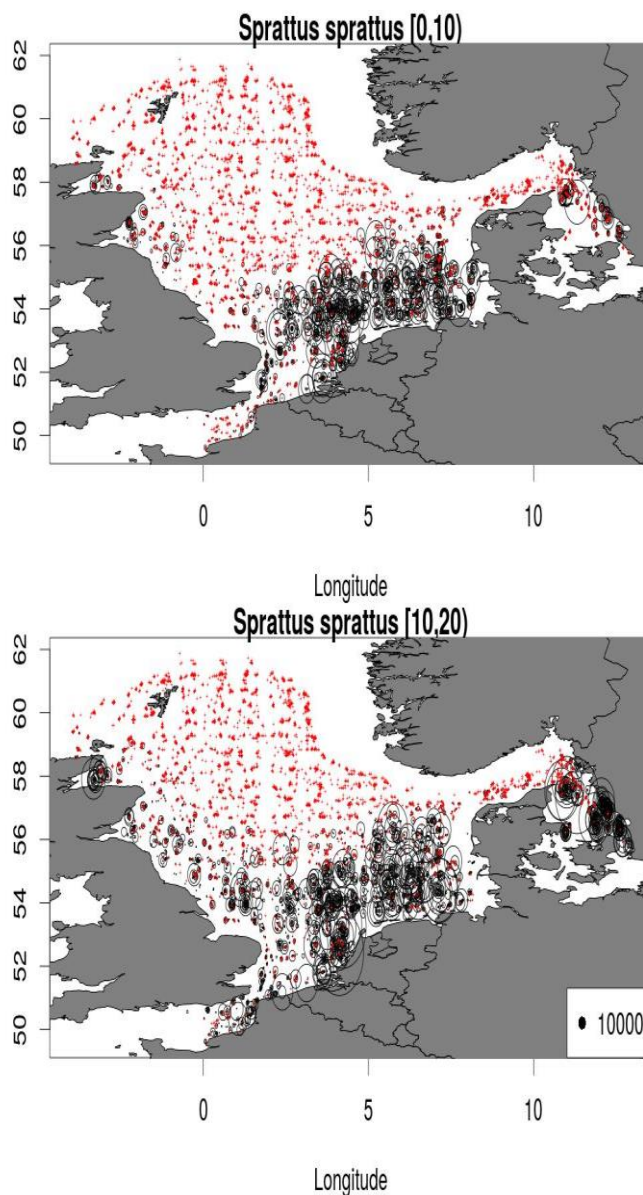
8.12 Brisling

Navn: Brisling (*Sprattus sprattus*)

Type: Pelagisk

8.12.1 Bestandsudbredelse

Brisling er vidt udbredt i Nordsøen og lever i kystnære områder bl.a. langs Vestkysten og fjorde inkl. Limfjorden¹⁵³. Arten er ikke fredet og fiskeri reguleres via kvoter. Gydeperioden strækker sig fra tidligt forår til efterår med toppunkt i maj-juni. Gydeområderne er de samme områder, hvor de voksne er udbredt. Æggene og larverne er pelagiske.



Figur 8-7. Udbredelse af Brisling i Nordsøen.¹⁵⁴ Figuren viser udbredelse af forskellige størrelsesklasser af brisling. Fiskenes størrelse fremgår af parenteserne (cm). Røde pletter er undersøgte områder, og sorte cirkler illustrerer registrering af brisling i den angivne størrelse.

¹⁵³ ICES (u. år). ICES-fishmap: Sprat.

¹⁵⁴ ICES (u. år). ICES-fishmap: Sprat.

Juvenile og adulte er hovedsagelig udbredt i kystnære områder, bl.a. langs Vestkysten og fjorde inkl. Limfjorden. Juvenile og adulte lever af planktoniske krebsdyr.

Strækning	Livsstadium			
	Æg	IR Juv.	Juvenil	Adult
Skagen	+	+	+	+
Lønstrup	+	+	+	+
Agger Tange – 1	+	+	+	+
Harboøre Tange – 2	+	+	+	+
Vrist – Fer-ring og Bov-bjerg Klint – 3	+	+	+	+
Trans – Thorsminde – 4	+	+	+	+
Thorsminde – Husby Klitplantage – 5	+	+	+	+
Husby Klit-plantage – Søndervig – 6	+	+	+	+
Ndr. Holms-land Tange – 7	+	+	+	+
Sdr. Holms-land Tange – 8	+	+	+	+
Blåvand	+	+	+	+

Tabel 8-11. Væsentlig tilstedeværelse af brisling langs de 11 strækninger er angivet i tabellen herover med +.

Dansk brislingefiskeri finder hovedsagelig sted i den østlige del af Nordsøen, herunder i flere områder langs Vestkysten. Det er et industrifiskeri, hvor der anvendes småmasket trawl. De årlige danske brislingefangster i Nordsøen har i de seneste år ligget på mellem 130.000 og 250.000 t.

8.12.2 Følsomhed overfor sedimentbelastning

Der findes ikke undersøgelser af brisling ift. forhøjede sedimentkoncentrationer. Brisling formodes at have samme følsomhed overfor sediment som sild.

8.12.3 Følsomhed overfor tilstedeværelse af skibe (undervandsstøj)

Sildefisk er generelt følsomme overfor støj¹⁵⁵. Brisling har svømmeblære og en indre øre forbindelse og vurderes at kunne sammenlignes med sild ift. høreelse.

8.12.4 Vurdering af viden og data

Bortset fra fiskeridata for Limfjorden er der ingen områdespecifikke data for brisling. Men de tilgængelige generelle biologiske data for brisling i Nordsøen vurderes at være et tilstrækkeligt videnskabeligt grundlag for ovenstående vurdering.

¹⁵⁵ Hassel, Arne, Tor Knutsen, John Dalen, Kristian Skaar. Svein Løkkeborg Ole Arve Misund, Øivind Østensen, Merete Fonn, Eli Kyrkjebø Haugland. 2004. Influence of seismic shooting on the lesser sandeel (*Ammodytes marinus*). ICES Journal of Marine Science, Volume 61, Issue 7, 1 January 2004,

8.13 Tobis

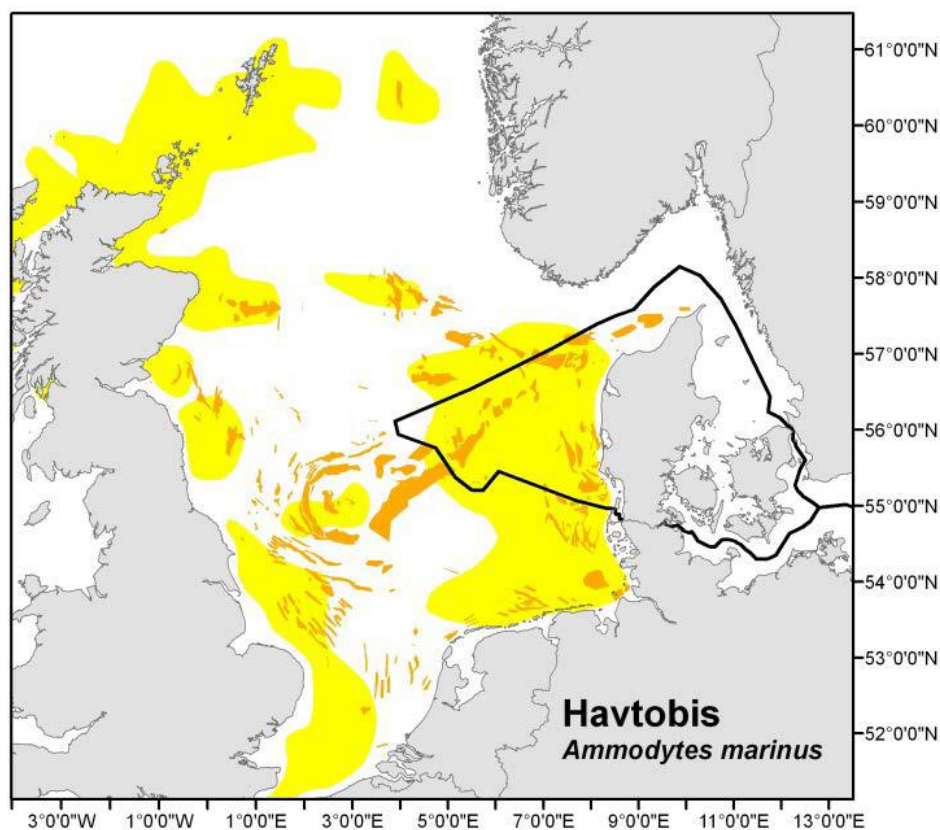
Navn: Tobis (*Ammodytes* sp & *Hyperoplus* sp.)

Type: Pelagisk/Demersal/Bentisk

Listeart: Nej

8.13.1 Bestandsudbredelse

Af de forskellige arter, som her går under navnet tobis er den hyppigste og vigtigste art for fiskeriet havtobisen (*Ammodytes marinus*)¹⁵⁶. De andre arter omfatter især kysttobisen (*A. tobianus*) og tobiskonge (*Hyperoplus* sp.). De findes stort set på de samme lokaliteter og ligner hinanden meget i levevis, men der er forskelle mellem arterne i f.eks. deres gydeperioder. Tobis kan blive op til ti år gammel, men individer mere end fire år gamle er ikke hyppige i områder med fiskeri. Havtobisen er den art, hvor der findes de fleste og bedste fiskeribiologiske data for. Ved de årlige bestandsvurderinger behandles alle tobisarterne som ét artskompleks, hvor fangstdata omfatter alle arter slået sammen. Særlig i de sydlige områder langs Vestkysten er der et betydeligt fiskeri efter tobis. Det er et industrifiskeri, ved småmasket bundtrawl. Størstedelen af fiskeriet finder sted i april-juni. Fangsterne udgøres hovedsagelig af et og toårige individer, hvor de etårige er den største komponent¹⁵⁷.



Figur 8-8. Gydeområder for Tobis i Nordsøen. De orange områder er vigtige gydeområder og de gule er gydeområder¹⁵⁸.

¹⁵⁶ ICES, 2018. Report of the Herring Assessment Working Group for the Area South of 62°N (HAWG). ICES CM 2018/ACOM:07

¹⁵⁷ ICES, 2018. Report of the Herring Assessment Working Group for the Area South of 62°N (HAWG). ICES CM 2018/ACOM:07

¹⁵⁸ Worsøe L., Horsten M.B., Hoffmann E. 2002. Gyde- og opvækstpladser for kommercielle fiskearter i Nordsøen, Skagerrak og Kattegat. DFU-rapport Nr. 118-02. Danmarks Fiskeriundersøgelser, Copenhagen.

Tobis er almindelig i kystnære områder. Arterne er periodisk pelagiske stimefisk og lever af plankton. Arterne er mest aktive i sommerhalvåret. I de mørke timer af døgnet og i vinterhalvåret lever de nedgravet i havbunden. Gydeområderne for tobis findes bl.a. i områder langs Vestkysten hvor der er egnede habitater med groft sand og grus for æggene. For havtobis strækker gydeperioden sig fra december til januar, mens f.eks. kysttobisen har to gydeperioder: Marts-april og september. Æggene klæbes til groft sand eller grus. Efter klækning er larverne pelagiske og følger passivt med havstrømmene. Larvestadiet strækker sig normalt over sommerhalvåret. Forvandlingen fra larvestadiet til juvenile finder sted i løbet af efteråret.

Kysttobis gyder langs Vestkysten, men der foreligger ikke undersøgelser af kystnære forekomster af gydeområder for kysttobis. Tobis forventes ikke at gyde i den strandnære zone, da arterne gyder æg som klæber til sedimentoverfladen, hvilket giver stor risiko for tildækning og kvælning under naturlige sandomlejninger ved tilbagevendende storme. Der er kun sporadiske oplysninger om gydehabitat, men det er beskrevet, at den gyder i Østersøen i den strandnære zone og på op til 30 meters dybde, og at æggene, som er op til en millimeter, lægges i små klumper, som klæber til sandkorn¹⁵⁹.

Det formodes, at tobisens æg kun overlever, hvis de ikke begravnes af omlejet sediment. Den bølgeinducerede langs- og tværgående sedimenttransport forekommer hovedsageligt indenfor den såkaldte aktive dybde, som er dybden, hvorfra bølgerne er i stand til at transportere sand og sediment i større omfang.

Voksne, juvenile og larver findes normalt på samme lokaliteter. I alle stadier består føden af forskellige planktonorganismer. For voksne tobiser kan det f.eks. være silde- og tobislarver.

Strækning	Livsstadium			
	Æg	IR Juv.	Juvenil	Adult
Skagen	(+)	+	+	+
Lønstrup	(+)	+	+	+
Agger Tange – 1	(+)	+	+	+
Harboøre Tange – 2	(+)	+	+	+
Vrist – Ferring og Bovbjerg Klint – 3	(+)	+	+	+
Trans – Thorsminde – 4	(+)	+	+	+
Thorsminde – Husby Klitplantage – 5	(+)	+	+	+
Husby Klitplantage – Søndervig – 6	(+)	+	+	+
Ndr. Holmsland Tange – 7	(+)	+	+	+
Sdr. Holmsland Tange – 8	(+)	+	+	+
Blåvand	(+)	+	+	+

Tabel 8-12. Væsentlig tilstedeværelse af tobis langs de 11 strækninger er angivet i tabellen herover med +.

8.13.2 Følsomhed overfor sedimentbelastning

Gode habitater for tobis er kendetegnede ved en havbund med groft sand (kornstørrelse: 0,25 – 1,2 mm) og skalgrus samt kraftig strøm over bunden. Det er eksperimentelt påvist, at

¹⁵⁹ Bonislawski M., Tanski, A.; Szulc, J.; Machula, S.; Formicki, K. 2014. Water salinity effects on embryogenesis of the lesser sandeel, *Ammodytes tobianus* (Linnaeus, 1758). CENTRAL EUROPEAN JOURNAL OF BIOLOGY. 9, 1068-1077.

sedimenttypen har afgørende indflydelse på udbredelse af tobisarterne¹⁶⁰. Tobis kan ikke leve i sedimenttyper, hvor silt/ler indholdet er over 10 %. Van Deurs et al. (2012) fandt at tobis foretrækker sediment, hvor silt/ler indholdet er under 2 %¹⁶¹.

Det må formodes at sedimenttildækning af æg som følge af sandfodring vil resultere i at æggene går til grunde. Selvom nedgravede voksne individer er i stand til at flytte sig, vil tildækning sandsynligvis medføre en vis sandfodringsdødelighed i populationen. Larvestadiet er pelagisk, men da larverne ikke er mobile, vil der sandsynligvis være stor dødelighed i områder med sedimentfaner. Pelagiske juvenile og voksne antages at kunne svømme væk under sandfodring.

8.13.3 Følsomhed overfor tilstedeværelse af skibe (undervandsstøj)

Stærk støj synes at påvirke tobis negativt idet de udviser flugtreaktioner ved kraftig støjpåvirkning i forsøg, hvor de udsættes for lydimpulser fra airguns, der bruges til seismiske undersøgelser¹⁶². Undersøgelsen kunne dog ikke påvise øget dødelighed eller en signifikant ændring i tobistætheden i området for seismisk survey, selvom kildestyrken for airgunnen var på 256 dB re 1 µPa. Følsomheden over for støj vurderes derfor at være lav for tobis.

8.13.4 Vurdering af viden og data

Det vurderes, at grundlaget er tilstrækkeligt til at vurdere projektets påvirkninger af tobis i området.

¹⁶⁰ Wright, P. J., Jensen, H., Tuck, I. 2000. The influence of sediment type on the distribution of the lesser sandeel, *Ammodytes marinus*. Journal of Sea Research, 44: 243–256.

¹⁶¹ van Deurs, M.*, T. M. Grome, M. Kaspersen, H. Jensen, C. Stenberg, T. K. Sørensen, J. Støttrup, T. Warnar, H. Mosegaard. 2012. Short- and long-term effects of an offshore wind farm on three species of sandeel and their sand habitat. Mar Ecol Prog Ser. Vol. 458: 169–180, 2012.

¹⁶² Hassel, A., Knutsen T., Dalen J., Skaar K. Løkkeborg S., Misund O. A., Østensen Ø., Fonn M., Haugland E.K., 2004. Influence of seismic shooting on the lesser sandeel (*Ammodytes marinus*). ICES Journal of Marine Science, Volume 61, Issue 7, 1 January 2004.

8.14

Rødspætte

Navn: Rødspætte (*Pleuronectes platessa*)

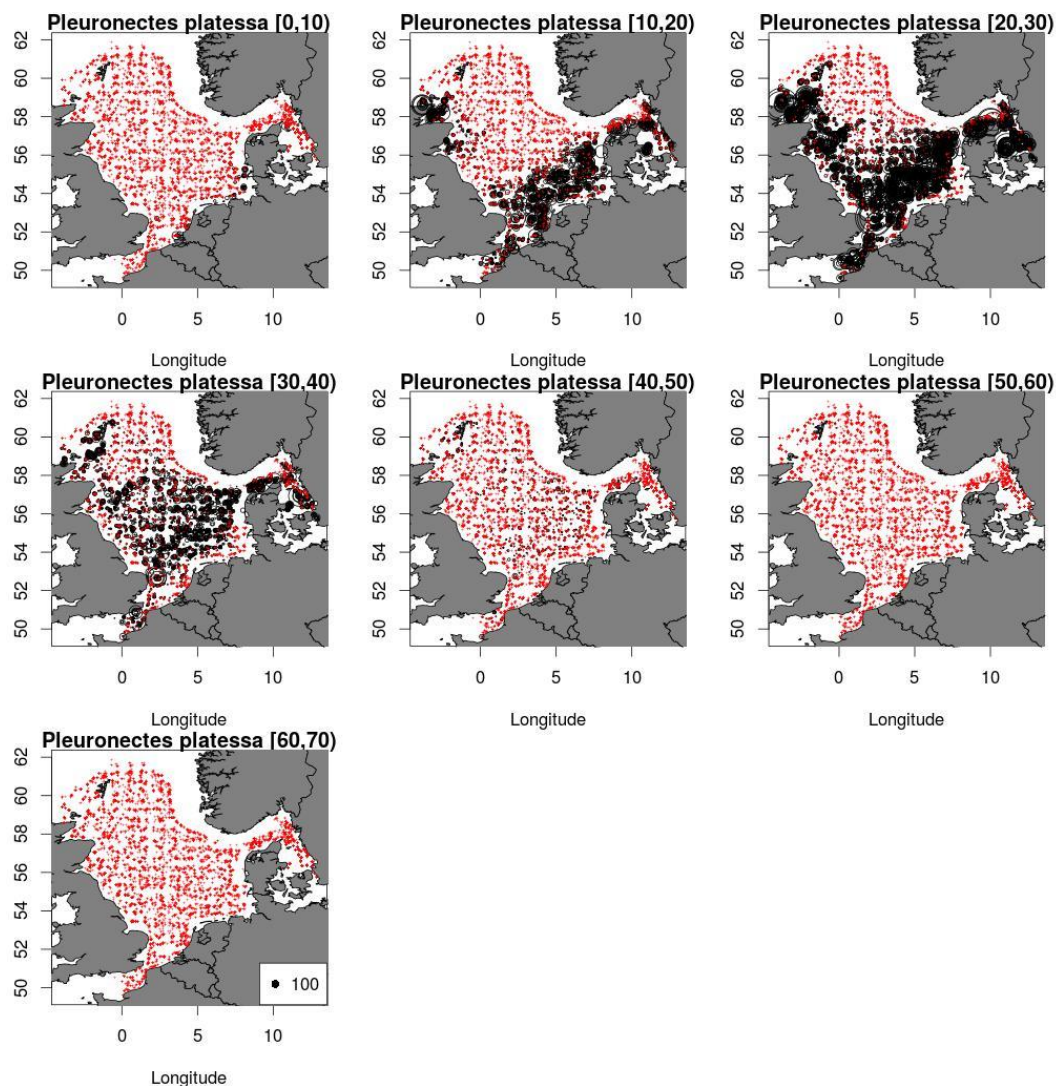
Type: Bentisk

Listeart: Nej

8.14.1

Bestandsudbredelse

Rødspætte er udbredt i hele Nordsøen, men er mindre talrig i de nordligste områder. Mindre individer (< 10 cm) forekommer mest kystnært; især i de sydlige og østlige områder. Større individer (10-40 cm) rykker gradvist ud på dybere vand og er mere udbredte over hele Nordsøen. Større individer er sjældne og lader til at forekomme mere tilfældigt i Nordsøen.



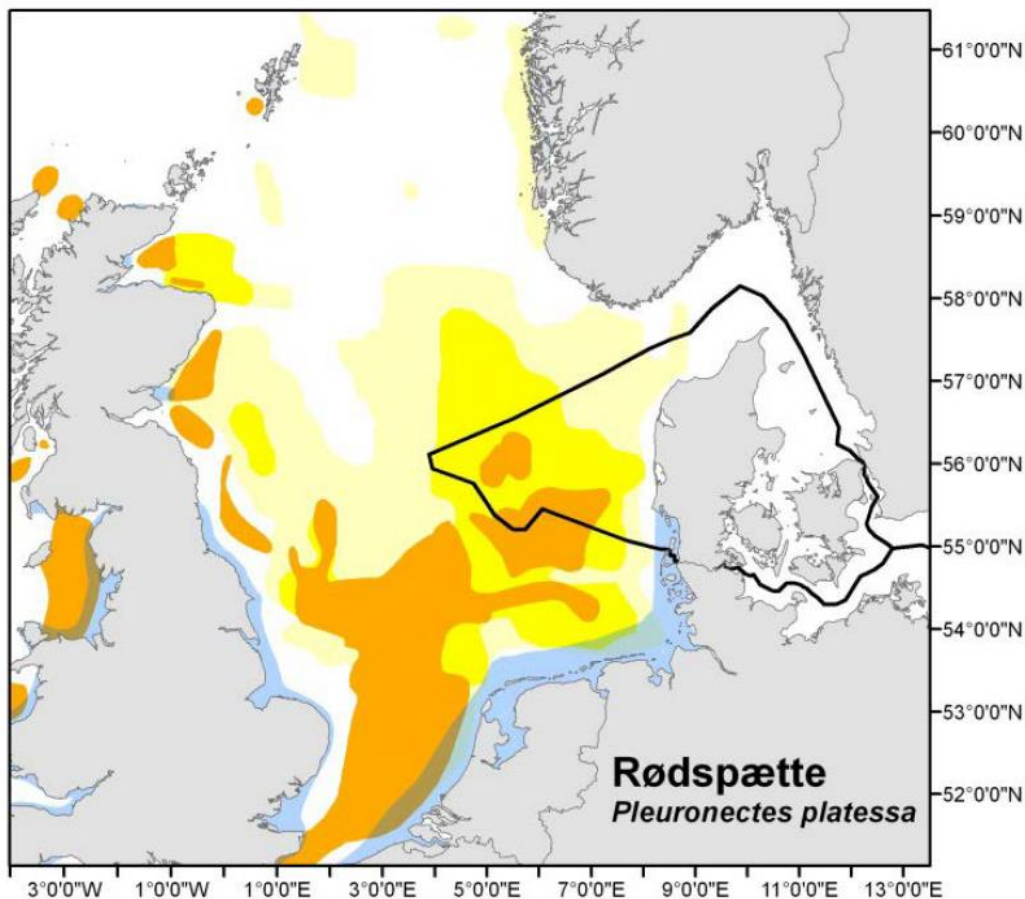
Figur 8-9. Figuren viser udbredelse af forskellige størrelsesklasser af rødspætte¹⁶³. Fiskenes størrelse fremgår af parenteserne (cm). Røde pletter er undersøgte områder, og sorte cirkler illustrerer registrering af rødspætte i den angivne størrelse.

Rødspætte forekommer på alle vanddybder ud til omtrent 200 meter¹⁶⁴. Rødspætte ligger ofte nedgravet i havbunden i dagtimerne og vandrer ind på de mere kystnære områder om natten for

¹⁶³ ICES (u. år). ICES-fishmap: Plaice.

¹⁶⁴ Muus B, Nielsen JG., 1998, Havfisk og fiskeri i Nordvesteuropa.

at søge føde. Rødspætte foretrækker sandet, gruset eller mudret bund. De fleste voksne individer forekommer på dybder mellem 10-50 meter. Gydning foregår ved omkring 6° C; typisk mellem december og maj, men toppe i februar. Gydning kan mislykkes i brakvand, hvis saltindholdet er for lavt.^{165 166}



Figur 8-10 Figuren viser gyde- og opvækstområder hos rødspætte¹⁶⁷. Orange er kendte gydeområder. Gul er områder med høje forekomster af æg. Lysegul er områder med lave forekomster af æg. Blå er kendte opvækstområder.

Æg og larver lever i de fri vandmasser. I larvestadiet er fisken sårbar overfor storme, gopler, fødemangel og kuldeperioder. Efter larvestadiet opsøger fisken havbunden, hvor føden består af bundlevende invertebrater (bl.a. krebsdyr, havbørsteorme og skaldyr). Sådanne invertebrater forekommer langs Vestkysten¹⁶⁸. Fisken er 12-14 mm lang, når den søger ned til bunden.¹⁶⁹ De mindste rødspætter kan forekomme på meget lavt vand, bl.a. badestrande og tidevandssøer. Rødspætten påvirkes kraftigt, hvis levestederne i lavvandsområderne påvirkes negativt. Ved en alder på seks år er alle rødspætter kønsmodne. Fouragering foregår om natten. Migration hos

¹⁶⁵ Muus B, Nielsen JG., 1998, Havfisk og fiskeri i Nordvesteuropa.

¹⁶⁶ Warnar T, et al. 2012, Fiskebestandenes struktur, Fagligt baggrundsnotat til den danske implementering af EU's havstrategidirektiv.

¹⁶⁷ Warnar T, et al. 2012, Fiskebestandenes struktur, Fagligt baggrundsnotat til den danske implementering af EU's havstrategidirektiv.

¹⁶⁸ Orbicon. 2018, Infaunaoversigt

¹⁶⁹ Muus B, Nielsen JG., 1998, Havfisk og fiskeri i Nordvesteuropa.

rødspætte er dårligt belyst, men fisken kan vandre op mod 30 km per døgn.¹⁷⁰ Der er etableret en "rødspætte boks" (The Plaice Box) langs Vestkysten for at beskytte juvenile stadier af rødspætte imod fiskeri¹⁷¹.

Strækning	Livsstadium			
	Æg	IR Juv.	Juvenil	Adult
Skagen			+	+
Lønstrup			+	+
Agger Tange – 1			+	+
Harboøre Tange – 2			+	+
Vrist – Ferring og Bovbjerg Klint – 3			+	+
Trans – Thorsminde – 4			+	+
Thorsminde – Husby Klitplantage – 5			+	+
Husby Klitplantage – Søndervig – 6			+	+
Ndr. Holmsland Tange – 7			+	+
Sdr. Holmsland Tange – 8			+	+
Blåvand			+	+

Tabel 8-13. Væsentlig tilstedeværelse af rødspætte langs de 11 strækninger er angivet i tabellen herover med +.

8.14.2 Følsomhed overfor sedimentbelastning

Rødspætte er ofte en dominerende kystnær fiskeart¹⁷² og kan derfor påvirkes af aktiviteter, der vedrører kystbeskyttelse. Dette gælder især for de juvenile stadier af rødspætte, der lever på meget lavt vand. Rødspætte fouragerer ikke via synet, og fødesøgning påvirkes derfor ikke af øget turbiditet forbundet med kystbeskyttelse. Undersøgelser tyder på, at øget turbiditet kan være en fordel for rødspætten.¹⁷³ Rødspætten har sine opvækstområder i Vadehavet, hvor der naturligt forekommer høje sedimentkoncentrationer. Studier har vist at juvenile og voksne rødspætter kan overleve op til 3.000 mg/l i 14 dage¹⁷⁴. Følsomheden vurderes derfor at være lav.

Som følge af mulige negative effekter af kystbeskyttelse på rødspætter er det blevet anbefalet, at aktiviteter forbundet med kystbeskyttelse anvender sediment, der minder om det lokale sediment. Det er ligeledes blevet anbefalet, at aktiviteterne ophører, når vandtemperaturen er over 10° C, fordi rødspætter ofte vandrer ind til de kystnære områder, når temperaturen er over 10° C.¹⁷⁵

¹⁷⁰ Muus B, Nielsen JG., 1998, Havfisk og fiskeri i Nordvesteuropa.

¹⁷¹ Støttrup JG, Munk P, Kodama M, Stedmon C. 2017, Changes in distributional patterns of plaice *Pleuronectes platessa* in the central and eastern North Sea; do declining nutrient loadings play a role? J Sea Res.

¹⁷² Selleslagh J, Amara R. 2008, Inter-season and interannual variations in fish and macrocrustacean community structure on a eastern English Channel sandy beach: Influence of environmental factors. Estuar Coast Shelf Sci. Elsevier

¹⁷³ Essink K., 1999, Ecological effects of dumping of dredged sediments; Options for management. J Coast Conserv.

¹⁷⁴ FeBEC, 2013, Fish Ecology in Fehmarnbelt. Environmental Impact assessment Report. Report no. E4TR0041 – Volume I

¹⁷⁵ Støttrup JG, Munk P, Kodama M, Stedmon C., 2017, Changes in distributional patterns of plaice *Pleuronectes platessa* in the central and eastern North Sea; do declining nutrient loadings play a role? J Sea Res.

8.14.3 Følsomhed overfor tilstedeværelse af skibe (undervandsstøj)

Rødspætter kan opfatte lyde med frekvenser omkring 30 – 250 Hz¹⁷⁶. Hos fladfisk degenererer svømmeblæren efter larvefasen og har derfor ikke særlig god hørelse. Rødspætte har dog vist sig at reagere på infralyd¹⁷⁷. Følsomheden overfor undervandsstøj vurderes at være lav¹⁷⁸.

8.14.4 Vurdering af viden og data

Det vurderes, at grundlaget for at vurdere projektets påvirkninger af rødspætter er begrænset. Den eksisterende viden om rødspætter i relation til kystbeskyttelse er sparsom, og det foreliggende materiale er begrænset. Grundlaget vurderes at være tilstrækkeligt til at vurdere om der er væsentlige påvirkninger af rødspætte.

¹⁷⁶ Chapman CJ, Sand O. Field studies of hearing in two species of flatfish *Pleuronectes platessa* (L.) and *Limanda limanda* (L.) (Family Pleuronectidae). *Comp Biochem Physiol Part A Physiol*. Elsevier; 1974;47: 371–385.

¹⁷⁷ FeBEC (2013). Fish Ecology in Fehmarnbelt. Environmental Impact assessment Report. Report no. E4TR0041 – Volume I

¹⁷⁸ Nedwell JR, Edwards B, Turnpenny AWH, Gordon J. Fish and Marine Mammal Audiograms: A summary of available information. Subacoustech Rep ref 534R0214. 2004;

8.15 Pighvar

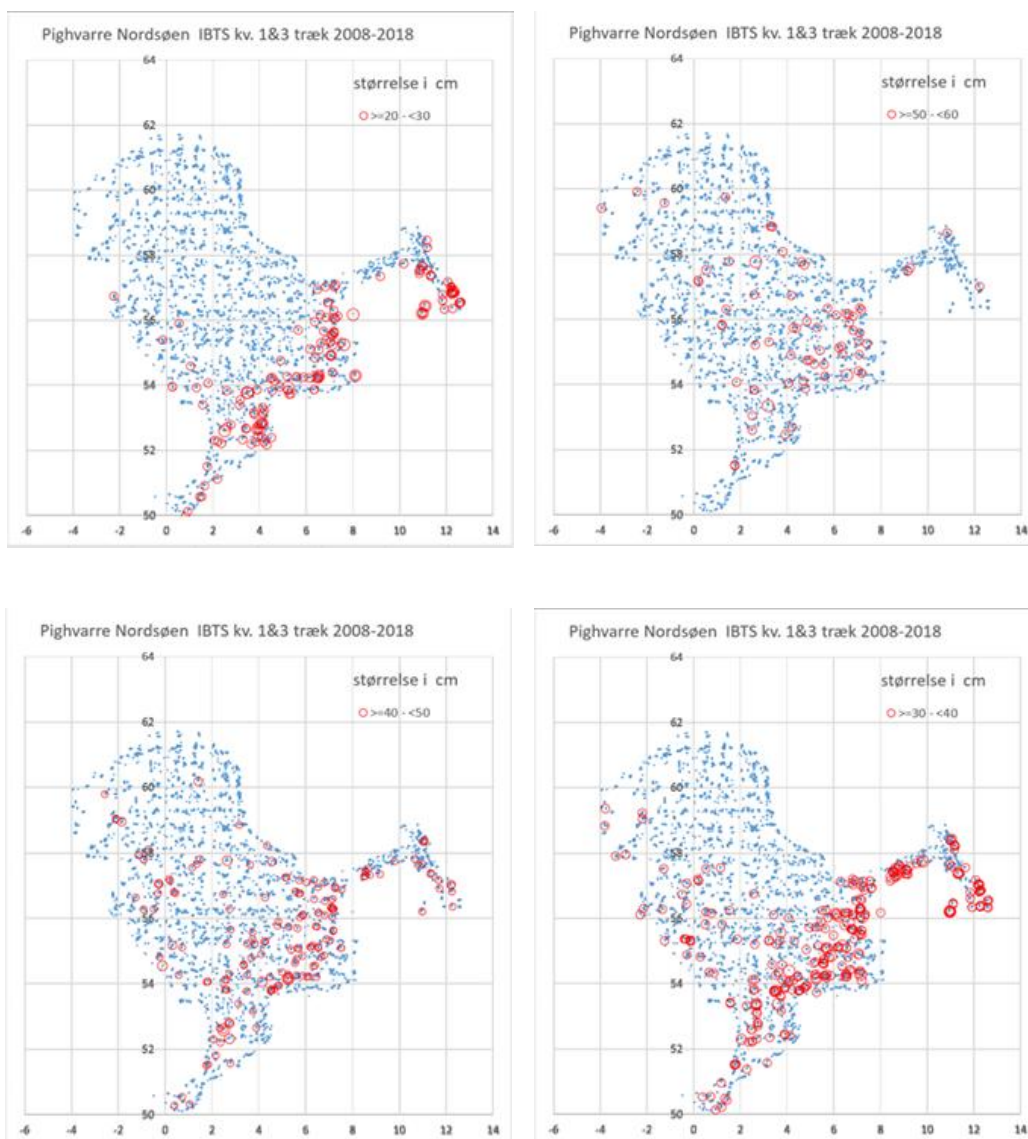
Navn: Pighvar (*Scophthalmus maximus*)

Type: Demersal

Listeart: Nej

8.15.1 Bestandsudbredelse

Den geografiske udbredelse af pighvar i Nordsøen er vist på Figur 8-11. Den lever som juvenil og voksen på 10 – 70 meters dybde på sand- eller blandet bund¹⁷⁹. Føden består mest af mindre fisk, som tobis, kutling, sild og små fladfisk men også forskellige muslinger og krebsdyr. I Nordsøen er pighvar med en størrelse op til 50- 60 cm almindelige, men den kan blive op til en meter i længde (ca. 25 kg)¹⁸⁰. De vigtigste gydeområder forekommer i den centrale del af Nordsøen ved Dogger Banke og Turbot Banke og ikke langs Vestkysten¹⁸¹.



¹⁷⁹ Muus B, Nielsen JG., 1998, Havfisk og fiskeri i Nordvesteuropa.

¹⁸⁰ Muus B, Nielsen JG., 1998, Havfisk og fiskeri i Nordvesteuropa.

¹⁸¹ Worsøe L. A., Horsten M. B. og Hoffmann E., 2002, GYDE- OG OPVÆKSTPLADSER FOR KOMMERCIELLE FISKEARTER I NORDSØEN, SKAGERRAK OG KATTEGAT, DFU-rapport nr. 118-02

Figur 8-11 Udbredelse og tæthed af pighvar fra IBTS i Nordsøen og Kattegat. Figuren viser udbredelse af forskellige størrelsesklasser af pighvar. Fiskenes størrelse fremgår af parenteserne (cm). Røde pletter er undersøgte områder, og sorte cirkler illustrerer registrering af pighvar i den angivne størrelse¹⁸².

Gydeperioden strækker sig fra tidlig april til august. Pighvar gyder på dybere vand, 10- 40 meter. Æggene er pelagiske. Larverne er ligeledes pelagiske. De juvenile er udbredt i mere kystnære områder end voksne individer. Dog kan de helt små juvenile også findes pelagisk sammen med larvestadierne. Voksne individer er udbredt i Nordsøen på dybder mellem 10 og 70 meter. De er også almindelige langs Vestkysten.

Strækning	Livsstadium			
	Æg	IR Juv.	Juvenil	Adult
Skagen			+	+
Lønstrup			+	+
Agger Tange – 1			+	+
Harboøre Tange – 2			+	+
Vrist – Ferring og Bovbjerg Klint – 3			+	+
Trans – Thorsminde – 4			+	+
Thorsminde – Husby Klitplantage – 5			+	+
Husby Klitplantage – Søndervig – 6			+	+
Ndr. Holmsland Tange – 7			+	+
Sdr. Holmsland Tange – 8			+	+
Blåvand			+	+

Tabel 8-14. Væsentlig tilstedeværelse af pighvar langs de enkelte strækninger er angivet i tabellen herover med +.

Det danske fiskeri efter pighvar er hovedsageligt et garnfiskeri, hvor der anvendes stormaskede net. De samlede årlige fangster er 4-500 t.

8.15.2 Følsomhed overfor sedimentbelastning

Følsomheden overfor sedimentbelastning vurderes at være lav for voksne og juvenile, da pighvarren er tilpasset livet på en dynamisk sandbund og lever nedgravet.

8.15.3 Følsomhed overfor tilstedeværelse af skibe (undervandsstøj)

Hos fladfisk degenererer svømmeblæren efter larvefasen og de har derfor ikke særlig god hørelse. Det kan sandsynligvis ikke høre frekvenser over 250 Hz¹⁸³. Rødspætter har dog vist sig at reagere på infralyd. Følsomheden overfor undervandsstøj vurderes at være lav for pighvar.

8.15.4 Vurdering af viden og data

Det vurderes at datagrundlaget er tilstrækkeligt til at foretage en vurdering af hvorvidt, der kan ske væsentlige virkninger på pighvar, som følge af kystbeskyttelsesprojektet.

¹⁸² ICES, 2017. Report of the Working Group on Assessment of Demersal Stocks in the North Sea and Skagerrak (WGNSSK 2017). ICES CM 2017/ACOM:21

¹⁸³ FeBEC (2013). Fish Ecology in Fehmarnbelt. Environmental Impact assessment Report. Report no. E4TR0041 – Volume I

8.16 Skrubbe

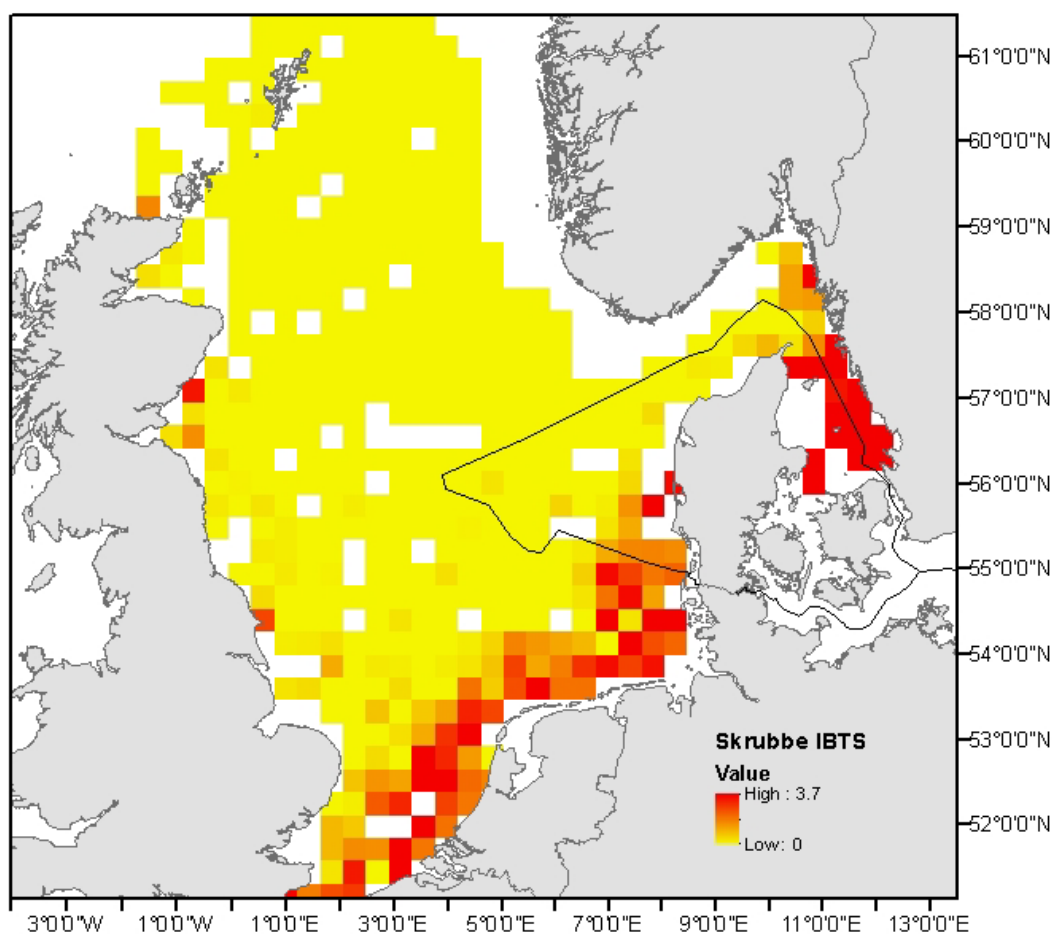
Navn: Skrubbe (*Platichthys flesus*)

Type: Demersal

Listeart: Nej

8.16.1 Bestandsudbredelse

Skrubbe kan i udseende minde lidt om rødspætte, men holder typisk til i kystnære brakvandsområder. I Nordsøen findes den derfor talrigest i områder hvor der er udløb med ferskvand, f.eks. nær flodudløb, og skrubben tåler også ferskvand. I Østersøen kan den findes ud til ca. 100 meters dybde. Skrubber er udbredt i hele Østersøen til helt op i Finske Bugt og Botniske Bugt. Skrubben er også udbredt i Middelhavet og Sortehavet.



Figur 8-12. Udbredelse af skrubbe i Nordsøen, røde nuancer angiver de højeste tætheder¹⁸⁴.

Den geografiske udbredelse af skrubbe i Nordsøen er vist på Figur 8-12. Udbredelsen af skrubbe i Nordsøen er bestemt af brakvandslokaliteterne i Nordsøområdet, dvs. områder ved fjorde og flodudmundinger. De juvenile og voksne skrubber lever på ganske lavt vand. Det bemærkes, at den synes at være almindeligere i den sydøstlige del af Nordsøen, hvor de store floder udmunder. Skrubben kan i sjældne tilfælde blive op til ca. 60 cm, mens individer på op til 40 cm svarende til en alder på 7-8 år er alm. forekommende i Nordsøen. I Nordsøen bliver skrubben normalt

¹⁸⁴ ICES, 2018. Report of the Benchmark Workshop on North Sea Stocks (WKNSEA 2018)

gydemoden som 2-3-årig, hvor størrelsen er 21-23 cm^{185 186}. Skrubbens gydeperiode er fra febr. - Maj. Skrubbens gydelokaliteter finde ofte på lidt dybere vand (20-40 m). Æggene er pelagiske og det samme gælder larverne. Når forvandlingen fra larvestadiet til juvenilstadiet sker i sensommeren, er larverne søgt ind på ganske lavt vand og de juvenile skrubber kan være talrige på 0.3 – 1 meter dybde. Da de juvenile og voksne skrubber er ret stationære, er det i æg- og larvestadierne, at der evt. sker udveksling mellem de forskellige lokalbestande.

Gydeperioden strækker sig fra tidlig februar til maj. Skrubben gyder på dybere vand, 20- 40 meter. Æggene og larverne er pelagiske. De juvenile og voksne skrubber er udbredt i kystnære områder på lavt vand, bl.a. langs Vestkysten og fjorde inkl. Limfjorden. Langs Vestkysten findes der sandsynligvis lokale bestande af skrubber, bl.a. Ringkøbing Fjord, Nissum Fjord og i den vestlige del af Limfjorden. Selvom udbredelsen af skrubbe i Nordsøen er bestemt af brakvandslokaliteterne i Nordsøområdet, dvs. områder ved fjorde og flodudmundinger, betragtes skrubberne i Nordsøen af ICES af praktiske grunde og pga. mangelfulde data som én bestand¹⁸⁷.

Livsstadium				
Strækning	Æg	IR Juv.	Juvenil	Adult
Skagen	(+)	(+)	+	+
Lønstrup	(+)	(+)	+	+
Agger Tange – 1	(+)	(+)	+	+
Harboøre Tange – 2	(+)	(+)	+	+
Vrist – Ferring og Bovbjerg Klint – 3	(+)	(+)	+	+
Trans – Thorsminde – 4	(+)	(+)	+	+
Thorsminde – Husby Klitplantage – 5	(+)	(+)	+	+
Husby Klitplantage – Søndervig – 6	(+)	(+)	+	+
Ndr. Holmsland Tange – 7	(+)	(+)	+	+
Sdr. Holmsland Tange – 8	(+)	(+)	+	+
Blåvand	(+)	(+)	+	+

Tabel 8-15. Væsentlig tilstedeværelse af skrubbe langs de enkelte strækninger er angivet i tabellen herover med +.

Det danske skrubbefiskeri (fangster) i Nordsøen er ubetydeligt. De samlede danske landinger af skrubber fra Nordsøen har i de senere år været på under 50 ton årligt.

8.16.2 Følsomhed overfor sedimentbelastning

Følsomheden overfor sedimentbelastning vurderes at være lav for voksne og juvenile, da skrubben er tilpasset livet på en dynamisk sandbund og lever nedgravet.

¹⁸⁵ ICES, 2018. Report of the Benchmark Workshop on North Sea Stocks (WKNSEA 2018)

¹⁸⁶ Froese, Rainer and Sampang, Arlene. 2013. Potential Indicators and Reference Points for Good Environmental Status of Commercially Exploited Marine Fishes and Invertebrates in the German EEZ

¹⁸⁷ ICES, 2018. Report of the Benchmark Workshop on North Sea Stocks (WKNSEA 2018)

8.16.3 Følsomhed overfor tilstedeværelse af skibe (undervandsstøj)

Hos fladfisk degenererer svømmeblæren efter larvefasen og de har derfor ikke særlig god hørelse. Det kan sandsynligvis ikke høre frekvenser over 250 Hz¹⁸⁸. Rødspætter har dog vist sig at reagere på infralyd. Følsomheden overfor undervandsstøj vurderes at være lav for skrubbe.

8.16.4 Vurdering af viden og data

Det relevante datagrundlaget for skrubbe i Nordsøen er begrænset, men vurderes at være tilstrækkeligt til at foretage en vurdering af hvorvidt, der vil være væsentlige påvirkninger af skrubbe.

¹⁸⁸ FeBEC (2013). Fish Ecology in Fehmarnbelt. Environmental Impact assessment Report. Report no. E4TR0041 – Volume I

8.17

Ising

Navn: Ising (*Limanda limanda*)

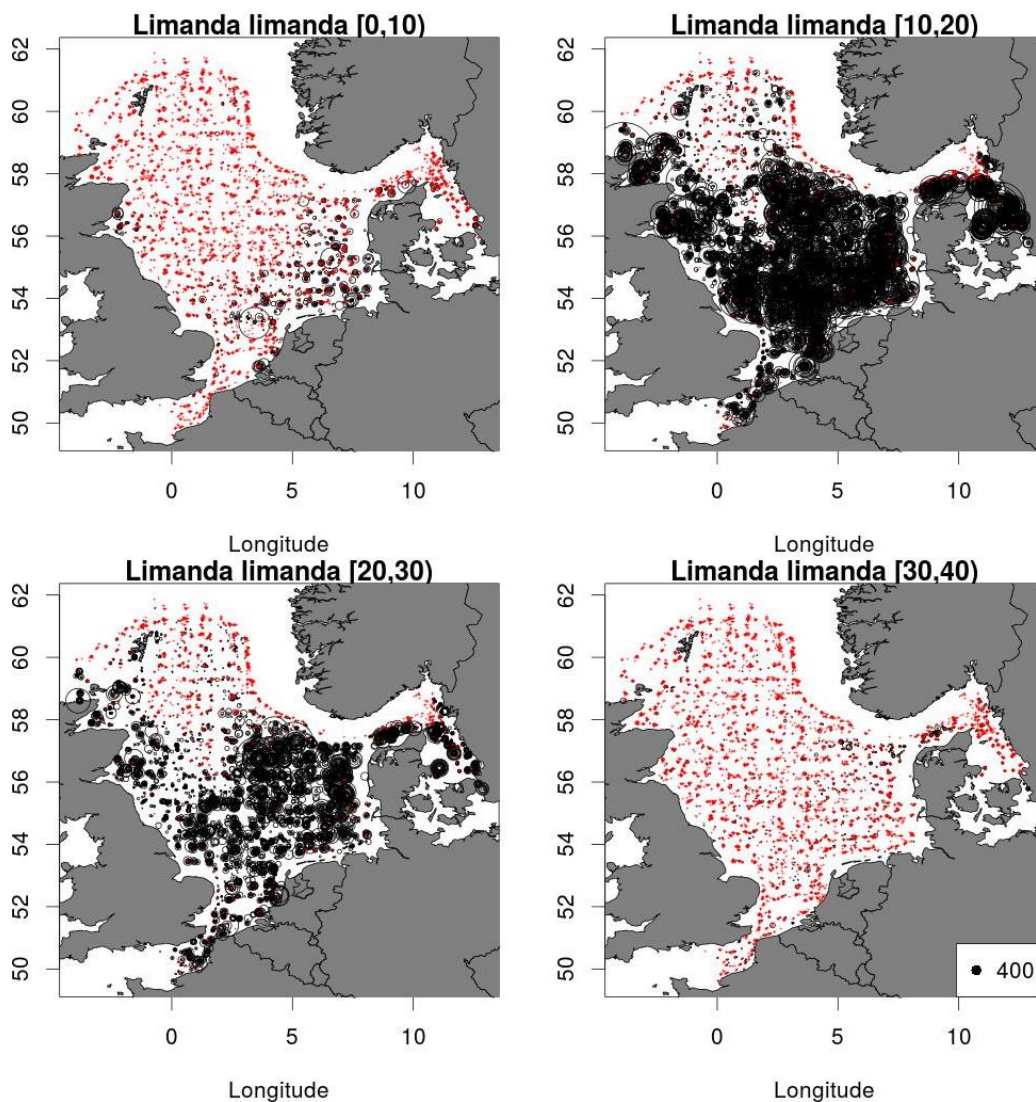
Type: Bentisk

Listeart: Nej

8.17.1

Bestandsudbredelse

Ising er udbredt i størstedelen af Nordsøen, Skagerrak og Kattegat, men er mindre talrig i de nordligste områder. Mindre individer (< 10 cm) forekommer især i de sydlige og østlige områder. Større individer er mere udbredte over hele Nordsøen, hvorimod de største individer især forekommer langs den nordlige jyske vestkyst.

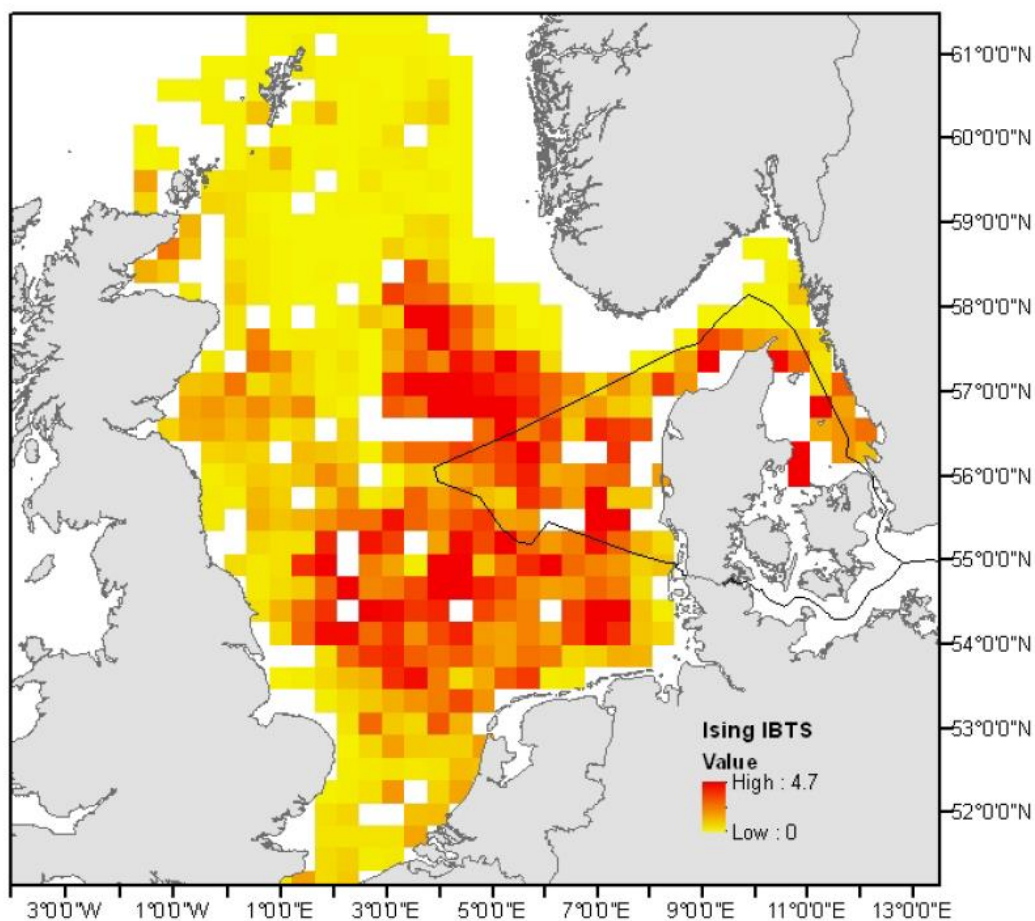


Figur 8-13. Udbredelse af ising i Nordsøen¹⁸⁹. Figuren viser udbredelse af forskellige størrelsesklasser af ising. Fiskenes størrelse fremgår af parenteserne (cm). Røde pletter er undersøgte områder, og sorte cirkler illustrerer registrering af ising i den angivne størrelse.

Figur 17-1 viser udbredelse af forskellige størrelsesklasser af ising. Fiskenes størrelse fremgår af parenteserne (cm). Røde pletter er undersøgte områder, og sorte cirkler illustrerer registrering af ising i den angivne størrelse.

¹⁸⁹ ICES (u. år). ICES-fishmap: Dab.

Ising forekommer hovedsageligt på vanddybder mellem 5 - 150 meter¹⁹⁰. Gydning foregår typisk mellem februar og juni på 20-40 meters dybde¹⁹¹. Gydning finder sted over alt i artens udbredelsesområde. Æg og larver lever i de fri vandmasser. Fisken søger imod bunden på 6-70 meters dybde ved en længde på omkring 14 mm. Herefter lever fisken på sandede og bløde bundtyper, hvor føden består af bundlevende invertebrater (bl.a. krebsdyr, havbørsteorme og skaldyr) og mindre fisk.^{192 193} Ved en alder på fem år er alle ising kønsmodne¹⁹⁴.



Figur 8-14. Isings samlede udbredelse i Nordsøen, Skagerrak og Kattegat. Røde nuancer viser høje fangster¹⁹⁵.

¹⁹⁰ Muus B, Nielsen JG., 1998, Havfisk og fiskeri i Nordvesteuropa.

¹⁹¹ Warnar T, et al. 2012, Fiskebestandenes struktur, Fagligt baggrundsnotat til den danske implementering af EU's havstrategidirektiv.

¹⁹² Muus B, Nielsen JG., 1998, Havfisk og fiskeri i Nordvesteuropa.

¹⁹³ Warnar T, et al. 2012, Fiskebestandenes struktur, Fagligt baggrundsnotat til den danske implementering af EU's havstrategidirektiv.

¹⁹⁴ Muus B, Nielsen JG., 1998, Havfisk og fiskeri i Nordvesteuropa.

¹⁹⁵ Warnar T, Huwer B, Vinther M, Egekvist J, Sparrevohn CR, Kirkegaard E, et al. Fiskebestandenes struktur, Fagligt baggrundsnotat til den danske implementering af EU's havstrategidirektiv. 2012.

Strækning	Livsstadium			
	Æg	IR Juv.	Juvenil	Adult
Skagen			+	+
Lønstrup			+	+
Agger Tange – 1			+	+
Harboøre Tange – 2			+	+
Vrist – Ferring og Bovbjerg Klint – 3			+	+
Trans – Thorsminde – 4			+	+
Thorsminde – Husby Klitplantage – 5			+	+
Husby Klitplantage – Søndervig – 6			+	+
Ndr. Holmsland Tange – 7			+	+
Sdr. Holmsland Tange – 8			+	+
Blåvand			+	+

Tabel 8-16. Væsentlig tilstedeværelse af ising langs de 11 strækninger er angivet i tabellen herover med +.

8.17.2 Følsomhed overfor sedimentbelastning

Ising søger føde via synet, hvilket betyder, at fødesøgningen kan begrænses, hvis vandets sigtbarhed falder i forbindelse med kystbeskyttelse. Der er tegn på, at ising forsvinder fra områder, hvor vandets sigtbarhed falder markant¹⁹⁶. Følsomheden vurderes dog at være lav, da ising lever nedgravet og er tilpasset den dynamiske sandbund.

8.17.3 Følsomhed overfor tilstedeværelse af skibe (undervandsstøj)

Der forekommer ikke studier af ising ift. adfærd og støj. Hos fladfisk degenererer svømmeblæren efter larvefasen og de har derfor generelt ikke særlig god hørelse. Det kan sandsynligvis ikke høre frekvenser over 250 Hz¹⁹⁷. Rødspætter har dog vist sig at reagere på infralyd (lav frekvent). Følsomheden overfor undervandsstøj vurderes at være lav for ising¹⁹⁸.

8.17.4 Vurdering af viden og data

Det vurderes, at grundlaget for at vurdere projektets påvirkninger af ising er begrænset. Den eksisterende viden om ising i relation til kystbeskyttelse er sparsom, og det foreliggende materiale er begrænset. Grundlaget vurderes dog at være tilstrækkeligt til at foretaget en vurdering om hvorvidt, der er væsentlige virkninger på ising fra kystbeskyttelsesprojektet.

¹⁹⁶ Essink K. 1999, Ecological effects of dumping of dredged sediments; Options for management. J Coast Conserv.

¹⁹⁷ Chapman CJ, Sand O., 1974, Field studies of hearing in two species of flatfish *Pleuronectes platessa* (L.) and *Limanda limanda* (L.) (Family Pleuronectidae). Comp Biochem Physiol Part A Physiol. Elsevier

¹⁹⁸ Nedwell, J.R., et al. 2014, "Fish and marine mammal audiograms: a summary of available information," Subacoustic, ISBN, 534R014. P. 278 ICES (u. år). ICES-fishmap: Sprat

8.18

Tunge

Navn: Tunge (*Solea solea*)

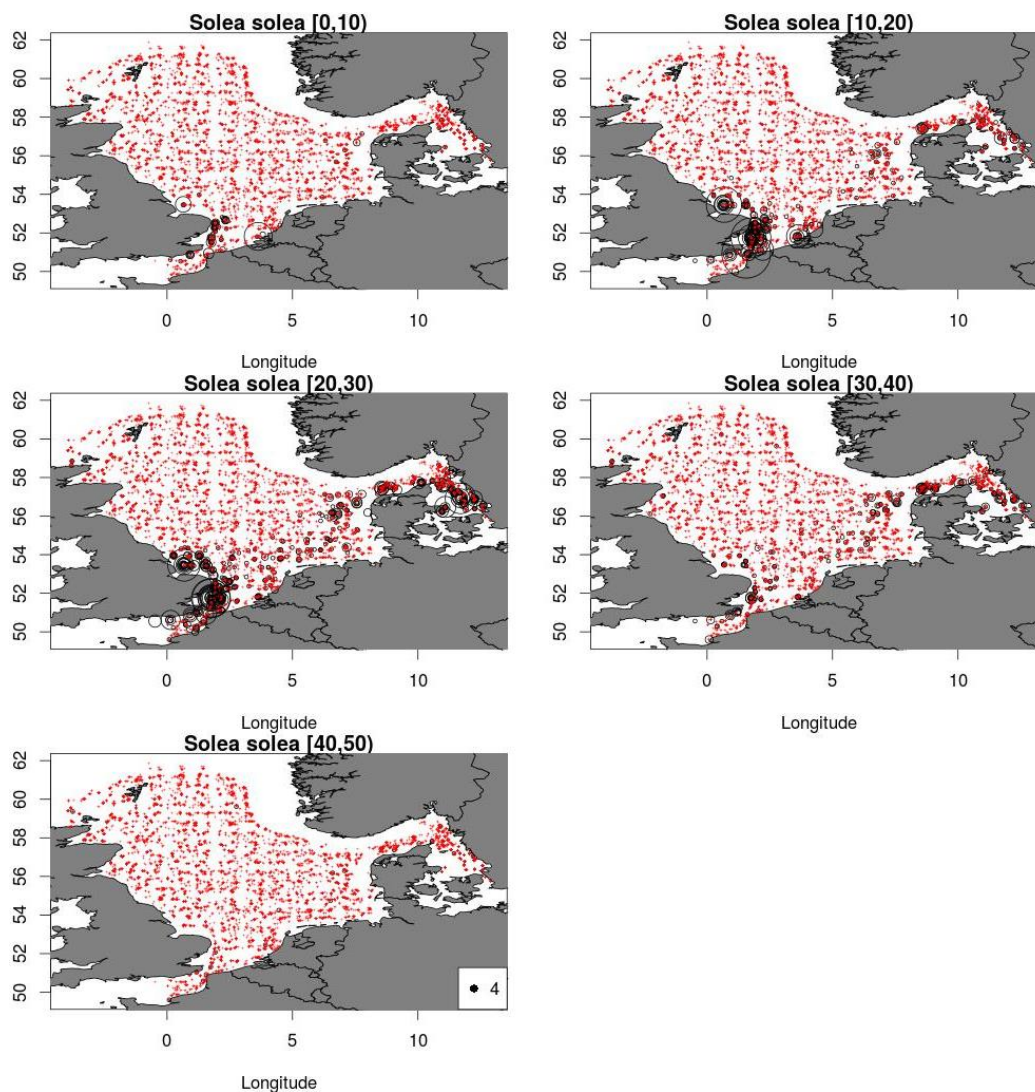
Type: Bentisk

Listeart: Nej

8.18.1

Bestandsudbredelse

Tunge lever i en stor del af Nordsøen, Skagerrak og Kattegat, men arten forekommer mest kystnært på vanddybder fra kysten og ud til 150 meters dybde på bløde, dyndede og sandede bundtyper¹⁹⁹. I Nordsøen lever tunge især i de sydlige dele.



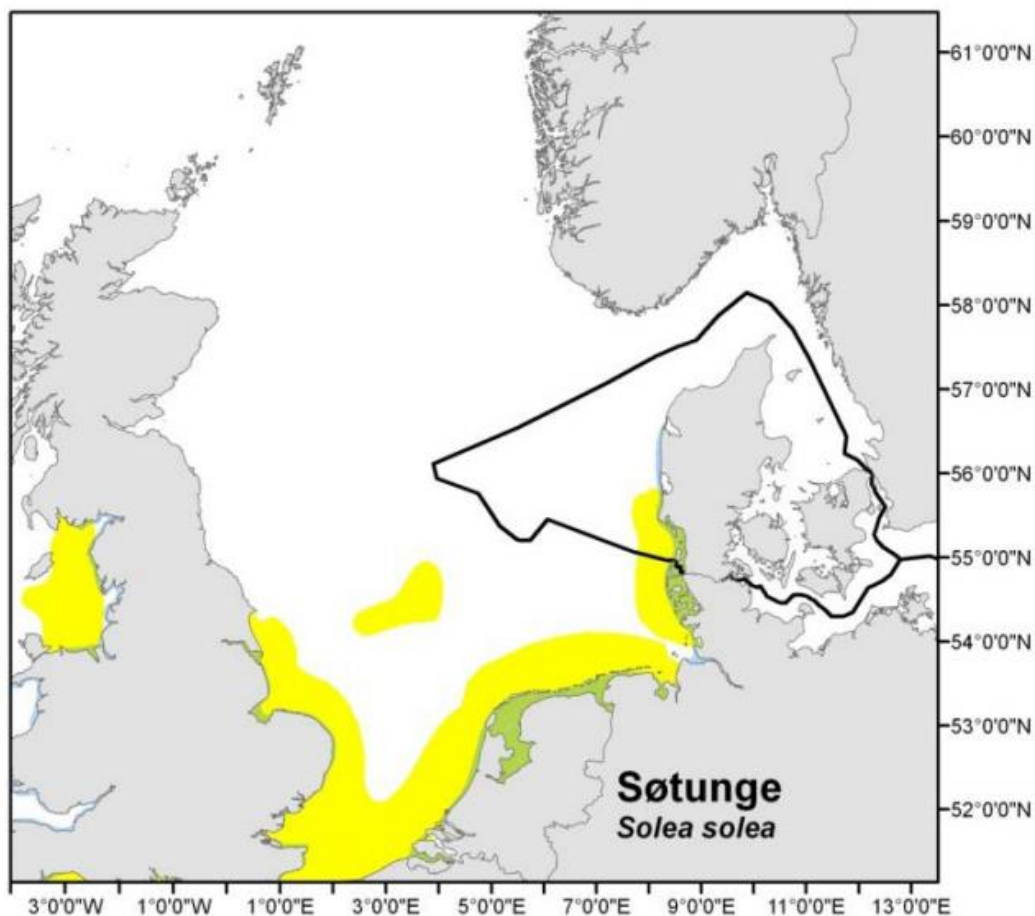
Figur 8-15. Udbredelse af tunge i Nordsøen²⁰⁰. Figuren viser udbredelse af forskellige størrelsesklasser af tunge. Fiskenes størrelse fremgår af parenteserne (cm). Røde pletter er undersøgte områder, og sorte cirkler illustrerer registrering af tunge i den angivne størrelse.

Mindre individer (< 20 cm) af tunge forekommer kystnært i de sydlige og vestlige områder og til dels langs Vestkysten. Større individer (> 20 cm) spredes mere, men er fortsat hovedsageligt

¹⁹⁹ Muus B, Nielsen JG., 1998, Havfisk og fiskeri i Nordvesteuropa.

²⁰⁰ ICES (u. år). ICES-fishmap: Lemon sole.

forekommende i den sydlige del af Nordsøen. Individer over 40 cm er sjældne og fanges kun sporadisk.



Figur 8-16. Figuren viser gyde- og opvækstområder hos tunge (også kendt som søtunge). Gul (og grøn) er gydeområder. Blå (og grøn) er opvækstområder²⁰¹.

Gydning foregår typisk i perioden april – september med den højeste gydeaktivitet i april - maj ved temperaturer på 6-12° C^{202 203}. Der er gyde- og opvækstområder langs den sydlige del af Vestkysten. Migration forbundet med gydning foregår ofte om natten, hvor fisken befinder sig fritsvømmende i vandsøjlen²⁰⁴. Æg og larver lever i de fri vandmasser. Ved en kropslængde på 12 – 14 mm opsøger fisken havbunden i kystnære og ganske lavvandede områder²⁰⁵, hvor fisken opholder sig i 1-3 år, inden den gradvist vandrer ud på dybere vand. Føden består af bundlevende invertebrater (bl.a. krebsdyr, havbørsteorme og skaldyr), som fisken finder uafhængig af synet. Fødesøgningen foregår hovedsageligt om natten. Ved en alder på fem år er alle tunger kønsmodne.²⁰⁶

²⁰¹ Warnar T, Huwer B, Vinther M, Egekvist J, Sparrevohn CR, Kirkegaard E, et al. Fiskebestandenes struktur. Fagligt baggrundsnotat til den danske implementering af EU's havstrategidirektiv. 2012.

²⁰² Muus B, Nielsen JG., 1998, Havfisk og fiskeri i Nordvesteuropa.

²⁰³ Warnar T, et al. 2012, Fiskebestandenes struktur, Fagligt baggrundsnotat til den danske implementering af EU's havstrategidirektiv.

²⁰⁴ Muus B, Nielsen JG., 1998, Havfisk og fiskeri i Nordvesteuropa.

²⁰⁵ Warnar T, et al. 2012, Fiskebestandenes struktur, Fagligt baggrundsnotat til den danske implementering af EU's havstrategidirektiv.

²⁰⁶ Muus B, Nielsen JG., 1998, Havfisk og fiskeri i Nordvesteuropa.

Livsstadium				
Strækning	Æg	IR Juv.	Juvenil	Adult
Skagen			+	+
Lønstrup			+	+
Agger Tange – 1			+	+
Harbøre Tange – 2			+	+
Vrist – Ferring og Bovbjerg Klint – 3			+	+
Trans – Thorsminde – 4			+	+
Thorsminde – Husby Klitplantage – 5			+	+
Husby Klitplantage – Søndervig – 6			+	+
Ndr. Holmsland Tange – 7			+	+
Sdr. Holmsland Tange – 8			+	+
Blåvand			+	+

Tabel 8-17. Væsentlig tilstedeværelse af tunge langs de 11 strækninger er angivet i tabellen herover med +.

8.18.2 Følsomhed overfor sedimentbelastning

Tunge forekommer kystnært kan derfor påvirkes af aktiviteter, der vedrører kystbeskyttelse. Dette gælder især i de juvenile stadier. Tunge har en præference for bestemte sedimenttyper, og fiskens forekomst kan derfor påvirkes, hvis sedimentet ændres under sandfodring²⁰⁷. Tunge foretrækker fint sediment, der er omkring 63 – 250 µm. Tilgængeligheden af de foretrukne sedimenttyper i lavvandede områder kan tilsyneladende kobles til rekruttering af tunge²⁰⁸. Tunge lever på blød, dyndet eller sandet bund, hvor den søger føde. Hvis føden begravnes af sediment, der anvendes til kystbeskyttelse, kan fødeindtaget og dermed fiskens vækst blive begrænset. Tunge fouragerer om natten, så øget turbiditet forbundet med kystbeskyttelse spiller sandsynligvis en ubetydelig rolle.

8.18.3 Følsomhed overfor tilstedeværelse af skibe (undervandsstøj)

Tunge reagerer adfærdsmæssigt på støj over 20 Hz^{209 210}. Tunge kan derfor påvirkes af kystbeskyttelse, hvis kraftig støj forekommer ved aktiviteten. Hos fladfisk degenererer svømmeblæren efter larvefasen og de har derfor generelt ikke særlig god hørelse. Det kan sandsynligvis ikke høre frekvenser over 250 Hz. Følsomheden overfor undervandsstøj vurderes at være lav for tunge^{211 212}.

²⁰⁷ Post MHM et al., 2017, Habitat selection of juvenile sole (*Solea solea* L.): consequences for shoreface nourishment. J Sea Res.

²⁰⁸ Le Pape, O., et al. 2003, Quantitative description of habitat suitability for the juvenile common sole (*Solea solea*, L.) in the Bay of Biscay (France) and the contribution of different habitats to the adult population. J Sea Res.

²⁰⁹ Lagardère JP, Bégout ML, Lafaye JY, Villotte JP. 1994, Influence of wind-produced noise on orientation in the sole (*Solea solea*). Can J Fish Aquat Sci.

²¹⁰ Maes, J., 2004, Field evaluation of a sound system to reduce estuarine fish intake rates at a power plant cooling water inlet.

²¹¹ Nedwell, J.R., et al. 2014, "Fish and marine mammal audiograms: a summary of available information," Subacoustic, ISBN, 534R014. P. 278 ICES (u. år). ICES-fishmap: Sprat

²¹² Le Pape, O., et al. 2003, Quantitative description of habitat suitability for the juvenile common sole (*Solea solea*, L.) in the Bay of Biscay (France) and the contribution of different habitats to the adult population. J Sea Res.

8.18.4 Mulige afværgetiltag

Mulige afværgetiltag kunne omfatte:

- Tilstræbe en langsigtet, naturlig og stabil sandfodring på alle strækninger der vekselvirker med henblik på opretholdelse af et stabilt fødegrundlag.
- Tilstræbe minimering af udsving i fødegrundlag ved planlægning og udførelse af sandfodring.
- Tilstræbe, at kun dele af kysten påvirkes ved sandfodring samme år således, at der til stadighed er områder med gode fourageringsmuligheder i nærheden.

8.18.5 Vurdering af viden og data

Det vurderes, at grundlaget for at vurdere projektets påvirkninger af tunge er begrænset. Den eksisterende viden om tunge i relation til kystbeskyttelse er sparsom, og det foreliggende materiale er begrænset. Grundlaget vurderes dog at være tilstrækkeligt til at foretage en vurdering om hvorvidt, der er væsentlige virkninger på tunge fra kystbeskyttelsesprojektet.

8.19

Rødtunge

Navn: Rødtunge (*Microstomus kitt*)

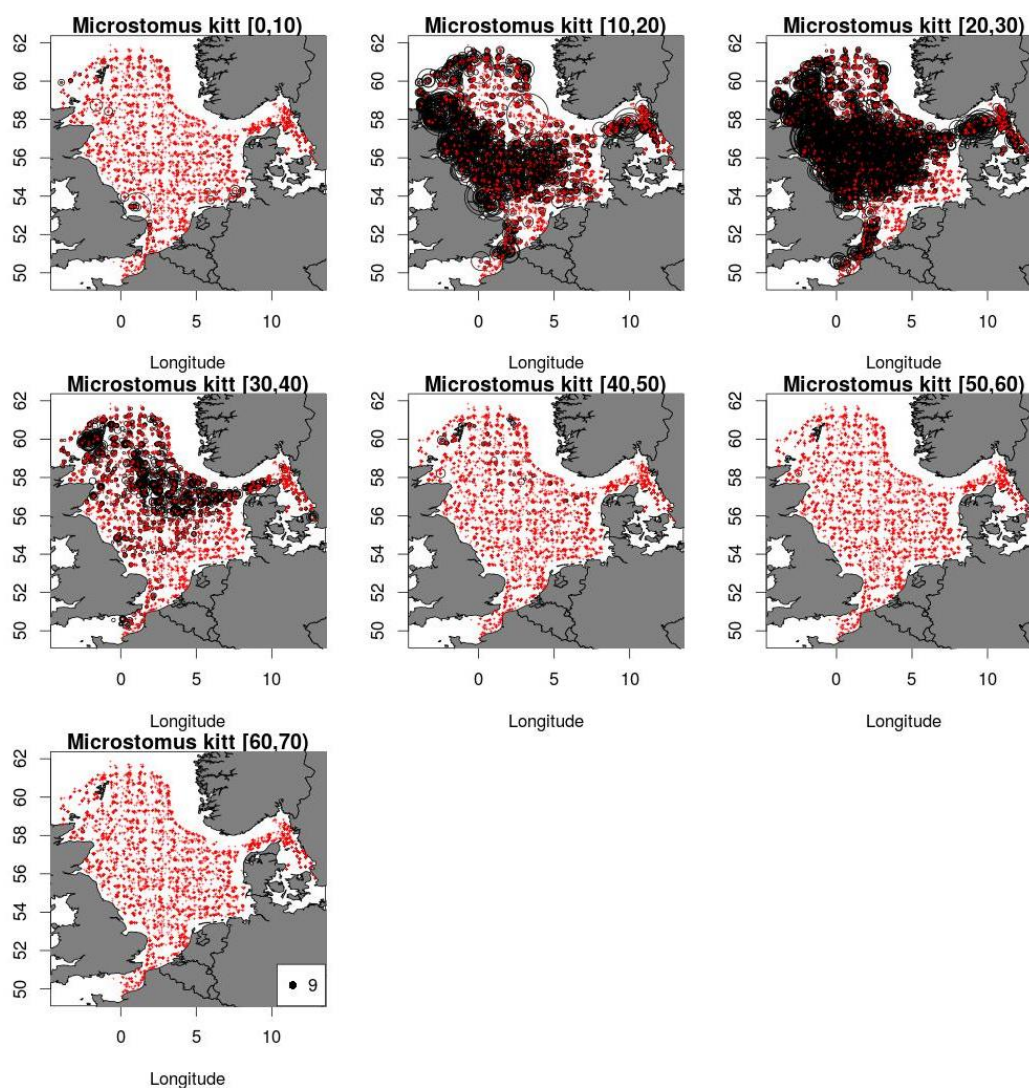
Type: Bentisk

Listeart: Nej

8.19.1

Bestandsudbredelse

Rødtunge er udbredt i størstedelen af Nordsøen, Skagerrak og Kattegat. Mindre individer (< 10 cm) findes mest i de sydlige og vestlige områder. Større individer (10-40 cm) forekommer læn- gere nordpå, hvor der er høje tætheder ud for den engelske vestkyst og i de centrale dele af Nordsøen. Høje tætheder forekommer også ud for den nordlige del af Jyllands vestkyst. Større individer er sjældne og lader til at forekomme mere tilfældigt i Nordsøen.



Figur 8-17. Udbredelse af tunge i Nordsøen²¹³. Figuren viser udbredelse af forskellige størrelsesklasser af tunge. Fiskenes størrelse fremgår af parenteserne (cm). Røde pletter er undersøgte områder, og sorte cirkler illustrerer registrering af tunge i den angivne størrelse.

²¹³ ICES (u. år). ICES-fishmap: Lemon sole.

Figuren viser udbredelse af forskellige størrelsesklasser af rødtunge. Fiskenes størrelse fremgår af parenteserne (cm). Røde pletter er undersøgte områder, og sorte cirkler illustrerer registrering af rødtunge i den angivne størrelse.

Rødtunge forekommer på vanddybder mellem 10 - 150 meter²¹⁴. Rødtunge foretrækker sandede, grusede og stenede bundtyper. Gydning foregår i perioden april – november antageligvis på vanddybder mellem 50 – 150 meter. Gydningen er ikke tydeligt geografisk afgrænset og foregår i størstedelen af udbredelsesområdet. Gydningen starter i de sydlige områder og rykker gradvist længere nordpå i løbet af sommeren og efteråret. Æg og larver lever i de fri vandmasser. Efter larvestadiet opsøger fisken havbunden på dybt vand, hvor føden består af bundlevende invertebrater (især havbørsteorme)²¹⁵. Sådanne invertebrater forekommer langs Vestkysten²¹⁶. Ved en alder på seks år forventes det, at alle rødtunger er kønsmodne ved en længde på omkring 30 cm²¹⁷. Migration hos rødtunge er dårligt belyst.

Livsstadium				
Strækning	Æg	IR Juv.	Juvenil	Adult
Skagen				
Lønstrup				
Agger Tange – 1				+
Harboøre Tange – 2				+
Vrist – Ferring og Bovbjerg Klint – 3				
Trans – Thorsminde – 4				+
Thorsminde – Husby Klitplantage – 5				+
Husby Klitplantage – Søndervig – 6				+
Ndr. Holmsland Tange – 7				
Sdr. Holmsland Tange – 8				
Blåvand				

Tabel 8-18. Væsentlig tilstedeværelse af rødtunge langs de 11 strækninger er angivet i tabellen herover med +.

8.19.2 Følsomhed overfor sedimentbelastning

Effekter af sedimentbelastning er dårligt belyst for rødtunge, men arten kan antageligvis påvirkes af sediment som mange andre fiskearter²¹⁸. Dog forekommer rødtunge sjældent på lavt vand, og kystbeskyttelse formodes derfor at have minimal betydning for rødtunge.

²¹⁴ Muus B, Nielsen JG., 1998, Havfisk og fiskeri i Nordvesteuropa.

²¹⁵ Muus B, Nielsen JG., 1998, Havfisk og fiskeri i Nordvesteuropa.

²¹⁶ Orbicon. 2018, Infaunaoversigt

²¹⁷ Muus B, Nielsen JG., 1998, Havfisk og fiskeri i Nordvesteuropa.

²¹⁸ Kjelland ME, Woodley CM, Swannack TM, Smith DL., 2015, A review of the potential effects of suspended sediment on fishes: potential dredging-related physiological, behavioral, and transgenerational implications. Environ Syst Decis. Springer US

8.19.3 Følsomhed overfor tilstedeværelse af skibe (undervandsstøj)

Hos fladfisk degenererer svømmeblæren efter larvefasen og de har derfor generelt ikke særlig god hørelse. Det kan sandsynligvis ikke høre frekvenser over 250 Hz. Følsomheden overfor undervandsstøj vurderes at være lav for rødtunge²¹⁹.

8.19.4 Vurdering af viden og data

Det vurderes, at grundlaget for at vurdere projektets påvirkninger af rødtunge er begrænset. Den eksisterende viden om rødtunge i relation til kystbeskyttelse er sparsom, og det foreliggende materiale er begrænset. Grundlaget vurderes dog at være tilstrækkeligt til at foretaget en vurdering om hvorvidt, der er væsentlige virkninger på tunge fra kystbeskyttelsesprojektet.

²¹⁹ Nedwell, J.R., et al. 2014, "Fish and marine mammal audiograms: a summary of available information," Subacoustic, ISBN, 534R014. P. 278 ICES (u. år). ICES-fishmap: Sprat

8.20

Hestereje

Navn: Hestereje (*Crangon crangon*)

Type: Bentisk

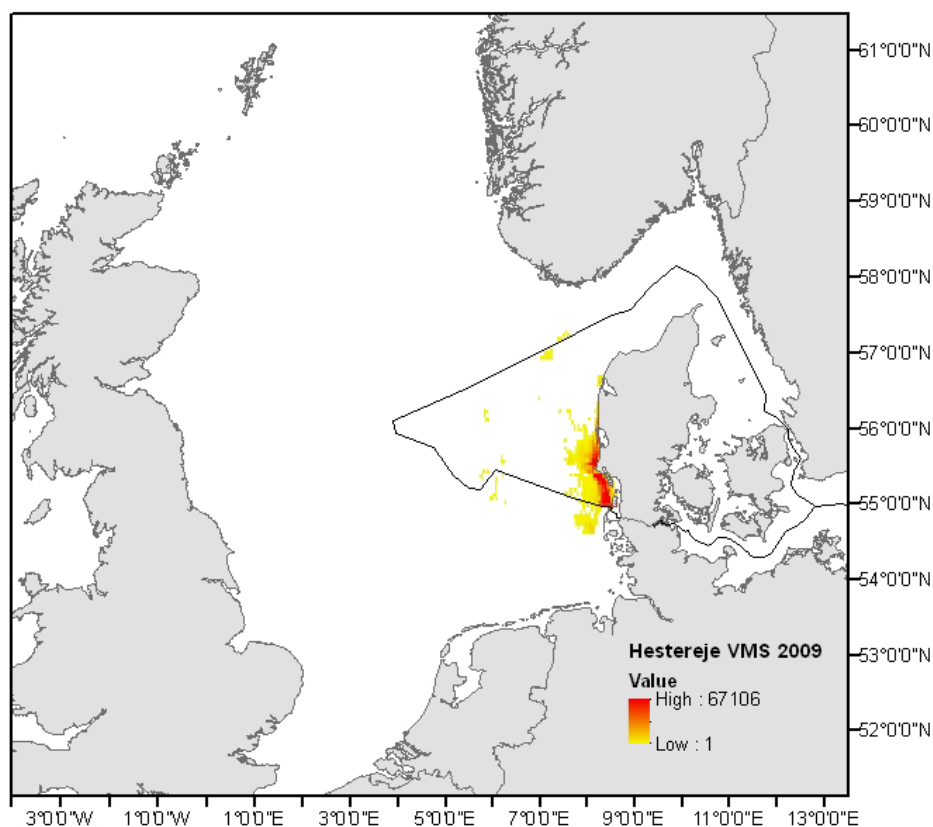
Listeart: Nej

8.20.1

Bestandsudbredelse

Hesterejen er et lille krebsdyr hørende til decapoderne. Hesterejen er udbredt i kystnære områder både med blød bund og hård sandbund ud til ca. 40 m's dybde, men er normalt mest almindelig på 5 – 20 meter vand. De forskellige livsstadier findes på samme lokalitet. Arten tåler i øvrigt brakvand og findes også i estuarier med lave saltholdigheder. I Vadehavet og langs Vestkysten er den særlig talrig og genstand for et betydeligt kommercielt fiskeri.

Når æggene gydes, bæres de af hunnerne indtil klækning. Ægbærende hunner kan observeres gennem hele året i bestandene, men det synes alligevel som om der to toppunkter i ægproduktionen: Sommer- og vinteræg. Larverne er pelagiske i ca. en måned. Efter forvandling til juvenile på 7-15 mm søger de mod havbunden i områder med lavt vand. Hesterejen er en kortlivet art med normal levetid på 1,5 – 2 år. Protandrisk hermafroditisme (kønsskifte fra han til hun) er almindeligt forekommende (men sandsynligvis ikke generelt)²²⁰. Hesterejer kan blive op til ca. 100 mm, men normalt kun ca. 60 mm.



Figur 8-18. Hesterejens udbredelse i Nordsøen. Røde nuancer viser de højeste tætheder.²²¹

²²⁰ Hufnagl, M., Axel Temming and Andrea Dänhardt. 2006. The brown shrimp a protandric hermaphrodite? Relevance of this sexual system for its population dynamics. Dissertation 2009

²²¹ Warnar T, Huwer B, Vinther M, Egekvist J, Sparrevohn CR, Kirkegaard E, et al. Fiskebestandenes struktur. Fagligt baggrundsnotat til den danske implementering af EU's havstrategidirektiv. 2012.

Livsstadium				
Strækning	Æg	IR Juv.	Juvenil	Adult
Skagen	+	+	+	+
Lønstrup	+	+	+	+
Agger Tange – 1	+	+	+	+
Harbøre Tange – 2	+	+	+	+
Vrist – Ferring og Bovbjerg Klint – 3	+	+	+	+
Trans – Thorsminde – 4	+	+	+	+
Thorsminde – Husby Klitplantage – 5	+	+	+	+
Husby Klitplantage – Søndervig – 6	+	+	+	+
Ndr. Holmsland Tange – 7	+	+	+	+
Sdr. Holmsland Tange – 8	+	+	+	+
Blåvand	+	+	+	+

Tabel 8-19. Væsentlig tilstedeværelse af hestereje langs de 11 strækninger er angivet i tabellen herover med +.

Hesterejen er nærmest altædende, men de vigtigste fødeemner er levende og døde dyr på havbunden, f.eks. små krebsdyr, bløddyr, orme og små fisk. Også alger som *Ulva sp.* kan indgå i føden.

Arten er selv et vigtigt fødeemne for mange fiskearter. Hvilling, torsk og ising æder store mængder hesterejer. For fiskearter på lavt vand, såsom kutlinger og ulke, er hesterejer vigtig føde. Også for flere mågearter synes hesterejer at være en vigtig fødekilde.

Det danske fiskeri efter hesterejer foregår i områderne langs Vestkysten, hovedsagelig i den sydlige del af sandfodringsområdet. De årlige danske fangster varierer mellem 2500-4000 t og er af betydelig økonomisk værdi

8.20.2 Følsomhed overfor sedimentbelastning

Hesterejen er tilpasset at søge føde i brændingszonen og den er meget mobil. Følsomheden vurderes derfor at være lav både over for øget sedimentation og høje koncentrationer af suspenderet stof i vandsøjlen²²². Hesterejen synes også at være ret fleksibel mht. kornstørrelse i sediment²²³.

8.20.3 Følsomhed overfor tilstedeværelse af skibe (undervandsstøj)

Der forekommer få studier af hesterejen ift. adfærd og støj. Akvarieforsøg har vist at støj 20-30 dB over naturlig baggrundsstøj ved stranden medfører lavere vækst og fødeindtag ved længerevarende (måneder) støjpåvirkning²²⁴.

8.20.4 Vurdering af viden og data:

Det vurderes, at grundlaget for at vurdere projektets påvirkninger af hesterejen er tilstrækkeligt. Artens robusthed, bl.a. som følge af dens produktivitet og tilpasningsevne er veletableret viden. Det kraftige fiskeritryk synes også at have ringe indflydelse på bestanden.

²²² MarLIN, The Marine Life Information Network, Besøgt 9. jan. 2019, <https://www.marlin.ac.uk/species/detail/2031>

²²³ Biotic. Biological Traits Information Catalogue. Crangon crangon.

²²⁴ Lagardère, J. P., 1982, Effects of Noise on Growth and Reproduction of Crangon crangon in Rearing Tanks, Marine Biology 71,177-185

BILAG 9

VÆSENTLIGHEDSVURDERING

9.1 Baggrund for væsentlighedsvurderingen

Kystdirektoratet - Kystzoneforvaltning og Miljøstyrelsen har vurderet, at kystbeskyttelsesindsatser ved Skagen er omfattet af bekendtgørelse af lov om miljøvurdering og VVM²²⁵, og at der skal udarbejdes miljøkonsekvensvurderinger og miljøvurdering, både fordi projekterne vil være forbundet med miljøpåvirkninger, og fordi fællesaftalerne vurderes som planer. I den forbindelse skal der være en vurdering af, hvorvidt projektet kan udgøre en væsentlig negativ påvirkning af Natura 2000-områder i henhold til habitatbekendtgørelsens § 6 stk. 1²²⁶.

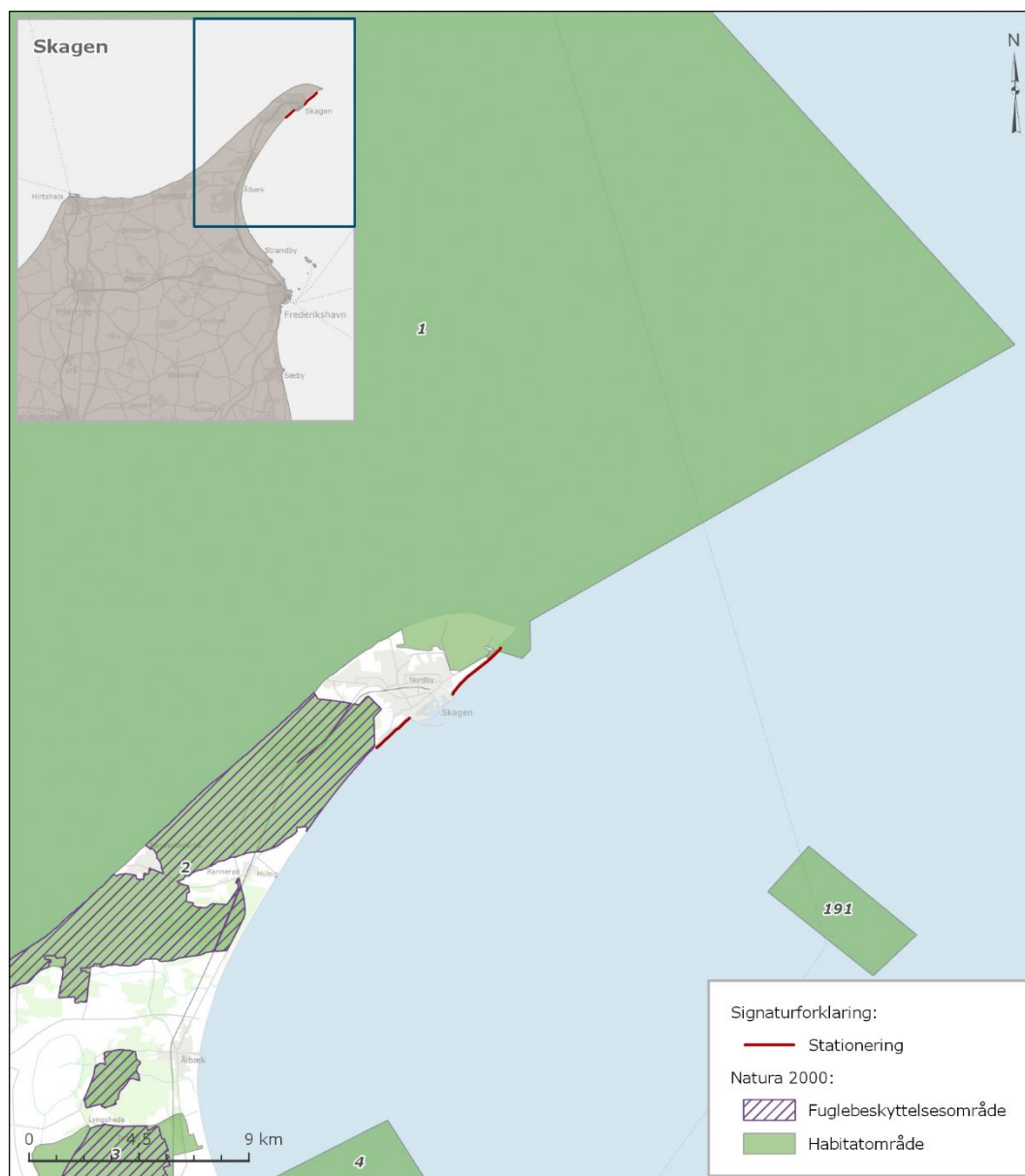
Fællesafalestrækningen Skagen grænser op til ét Natura 2000 område og krydser på en kort strækning ind i den marine del af et andet Natura 2000-område. I nærværende bilag til miljøkonsekvensvurderingen findes en væsentlighedsvurdering for følgende Natura 2000-områder (Figur 9-1):

- N1 'Skagens Gren og Skagerrak'
- N2 'Råbjerg Mile og Hulsig Hede'

Væsentlighedsvurderingen for Natura 2000-området omfatter en beskrivelse af de eksisterende naturforhold i området samt en vurdering af kystbeskyttelsens potentielle påvirkning af naturtyper, arter og fugle på udpegningsgrundlaget for området. Til sidst gives en vurdering af kumulative påvirkninger og en sammenfattende vurdering for den potentielle påvirkning af Natura 2000-området. Vurderingerne er udarbejdet på baggrund af eksisterende kortlægning af naturforholdene i området samt det eksisterende projektgrundlag.

²²⁵ Bekendtgørelse af lov om miljøvurdering af planer og programmer og af konkrete projekter (VVM), LBK nr. 1225 af 25/10/2018. <https://www.retsinformation.dk/Forms/R0710.aspx?id=203447>

²²⁶ Habitatbekendtgørelsen, BEK nr. 926 af 27/06/2016



Figur 9-1. Natura 2000-områder langs kyststrækningen Skagen med angivelse af nummere for de respektive Natura 2000-områder.

9.2 Natura 2000-lovgivning

Natura 2000-områder er et netværk af naturområder i hele EU, der indeholder særlig værdifuld natur set i et europæisk perspektiv. Natura 2000-områderne er udpeget jf. EU's habitatdirektiv²²⁷ og fuglebeskyttelsesdirektiv²²⁸ for at beskytte levesteder og rasteområder for fugle og for at beskytte naturtyper samt plante- og dyrearter, der er truede, sårbare eller sjældne i EU.

For hvert Natura 2000-område er der givet en liste, det såkaldte udpegningsgrundlag, med naturtyper, arter og fugle, som det enkelte område er udpeget for at beskytte. Det overordnede mål for Natura 2000-områderne er at sikre eller genoprette gunstig bevaringsstatus for de arter og

²²⁷ Rådets direktiv 92/43/EØF af 21. maj 1992 om bevaring af naturtyper samt vilde dyr og planter med senere ændringer, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DA/TXT/PDF/?uri=CELEX:31992L0043&from=DA>

²²⁸ Rådets direktiv nr. 79/409 af 2. april 1979, om beskyttelse af vilde fugle, <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:1979L0409:20070101:DA:PDF>

naturtyper, der indgår i områdernes udpegningsgrundlag. Habitatdirektivet og fuglebeskyttelsesdirektivet angiver en række kriterier, som skal være opfyldt, for at en naturtype eller art kan siges at have gunstig bevaringsstatus. For at nå det mål, er der for hvert Natura 2000-område udarbejdet en Natura 2000-plan, der sætter rammerne for, hvordan der skal arbejdes for at sikre gunstig bevaringsstatus. Områderne overvåges som led i den nationale DEVANO-overvågning, og der udgives jævnligt statusrapporter for gunstig bevaringsstatus for naturtyper og arter for hele landet samt basisrapporter, der beskriver tilstanden i hvert område forud for hver planperiode.

Habitatdirektivets ordlyd (artikel 6) er som udgangspunkt meget restriktiv og angiver, at der ikke må gives tilladelser eller vedtages planer mv., som kan beskadige eller ødelægge naturtyper eller arter på udpegningsgrundlaget. Før der kan gives tilladelse til et projekt, der berører et Natura 2000-område, skal der således foretages en vurdering af, om projektet i sig selv eller i forbindelse med andre planer og projekter, kan påvirke udpegningsgrundlaget for Natura 2000-området væsentligt.

Habitatdirektivets hovedprincipper for administration af Natura 2000-områderne består af:

- Krav om væsentlighedsvurdering (jf. artikel, 6 stk. 3) af planer og projekter med henblik på at vurdere, om de kan påvirke et Natura 2000-område væsentligt.
- Krav om konsekvensvurdering (jf. artikel 6, stk. 3), hvis væsentlighedsvurderingen viser, at en plan eller projekt kan have en væsentlig påvirkning.
- Planer og projekter, der ikke kan afvises at ville skade et Natura 2000-område, kan ikke vedtages eller tillades.
- I særlige tilfælde er der mulighed for at fravige beskyttelsen (jf. artikel 6 stk. 4). Fravigelse af beskyttelsen kræver, at der er tale om et projekt, der er af bydende samfundsøkonomisk interesse, at der ikke findes alternative løsninger, og at der iværksættes kompenserende foranstaltninger.

Habitatdirektivet og fuglebeskyttelsesdirektivet er implementeret i dansk lovgivning via habitatbekendtgørelsen²²⁹ og Natura 2000-bekendtgørelsen²³⁰.

Natura 2000-områderne er pr. 1. november 2018 opdateret i Miljø- og fødevarerministeriets reviderede habitatbekendtgørelse, som fastlægger de endelige Natura 2000-grænser og fastlægger nye Natura 2000-områder, der udpeges. Områderne er justerede på baggrund af den politiske aftale om Naturpakken, maj 2016. Der er pligt til at beskytte de nyudpegede arealer med det samme, ligesom de arealer, der udtages, også skal beskyttes, indtil Europa-Kommissionen har godkendt de nye områdegrænser (forventet ultimo 2019).

9.3 Projektbeskrivelse

Kystbeskyttelsen på strækningen Skagen, der udgør det projekt, som skal miljøkonsekvensvurderes. Projektet omfatter den del af Fællesaftalen for 2020-24 (Aftale om fælles finansiering af kystbeskyttelsen mellem staten og Frederikshavn kommune på strækningen ved Skagen), som vedrører blød kystbeskyttelse.

Strækningen er 6,6 km lang (inkl. Sønderstrand og havnen) og den bløde kystbeskyttelse omfatter udelukkende sandfodring i form af strandfodring og kystnær fodring. Sandfodring udgør

²²⁹ BEK 1595 af 06/12/2018 Bekendtgørelse om udpegning og administration af internationale naturbeskyttelsesområder samt beskyttelse af visse arter, <https://www.retsinformation.dk/Forms/R0710.aspx?id=205996>

²³⁰ BEK 654 af 19/05/2020 Bekendtgørelse om administration af internationale naturbeskyttelsesområder samt beskyttelse af visse arter for så vidt angår kystbeskyttelsesforanstaltninger samt etablering og udvidelse af visse anlæg på søterritoriet, <https://www.retsinformation.dk/eli/lt/2020/654>

sammen med vedligeholdelsen af de eksisterende hårde kystbeskyttelses anlæg, der ikke er omfattet af projektet, den samlede kystbeskyttelsesindsats på strækningen.

En uddybende projektbeskrivelse med metoder og mængder findes i miljøkonsekvensrapportens kapitel 3 om *Projektbeskrivelse*.

Beskrivelse af projektets potentielle påvirkninger på terrestrisk og marin natur er givet nedenstående i afsnit 9.3.1 og afsnit 9.3.2.

9.3.1 Potentielle påvirkninger fra projektet på terrestrisk natur

I det følgende gives en generel beskrivelse af de potentielle påvirkninger, som forventes at kunne opstå i forbindelse med kystbeskyttelsen, og som er vurderet relevante i forhold til terrestriske dele af habitat- og fuglebeskyttelsesområder og de naturtyper og arter, der er tilknyttet disse. Det gælder følgende påvirkninger:

- Tilførsel af sand til stranden med direkte strandfodring fra skib. Herunder færdsel med maskiner på land, etablering af midlertidige adgangsveje og arbejdspladser i forbindelse med strandfodring.
- Indirekte tilførsel af sand til stranden via kystnær fodring.

Sandfodring

Sandfodring udføres hovedsagelig fra havet. Sandfodring fra havet vil blive udført som enten kystnær fodring og/eller strandfodring. Begge metoder medfører en stabilisering af stranden og dermed også af klitdynamikken, idet erosionen af strandklitten mindskes og brud reduceres. Det betyder, at den naturlige klitdynamik langs kysten reduceres, og at der sker en fastholdelse og stabilisering af klitterne. Idet kystlinjens placering fastholdes, tilføres klitterne en sandmængde fra stranden, der modsvarer den mængde, der forsvinder ved erosion og fygning.

Ved en naturlig kystdynamik uden kystbeskyttelse på Skagens østkyst vil kystlinjen rykke tilbage, klitterne vil vandre ind i landet, og Grenen vil blive smallere. Uden kystbeskyttelse vil det mest sandsynlige scenarie være, at kystnaturen rykker med kystlinjen, men at det samlede terrestriske naturareal på Grenen reduceres. En fri kystdynamik vil desuden betyde digegennembrud enkelte steder langs projektstrækningen og dermed oversvømmelse af bagvedliggende landområder nord for Skagen By og i Natura 2000-området nord for strækningen.

Sand til sandfodring hentes i marine sandindvindingsområder, og aktiviteterne her er underlagt særskilte miljøkonsekvensvurderinger. Spredningen af forurenende stoffer i form af næringssalte eller miljøfarlige stoffer i forbindelse med sandfodringen er indledningsvist screenet ud som en mulig påvirkning. Det skyldes, at materialer til sandfodring stammer fra sandindvindingsområde 558-DA Skagen Rev, og i forbindelse med tilladelser til anvendelse af sand fra dette område har Miljøstyrelsen vurderet, at der er tale om rene materialer²³¹. Påvirkning fra næringsstoffer og miljøfremmede stoffer på strandens natur i forbindelse med sandfodringsaktiviteter beskrives og vurderes dermed ikke nærmere.

Kystbeskyttelsen betyder dermed generelt en beskyttelse af kystnaturen på land, men også en stabilisering, idet der forekommer mindre erosion og vind-/stormflodsbrud. Det betyder at de mere stabile klitnaturtyper som f.eks. grå klit og klitlavning sikres i deres udbredelse, mens

²³¹ Frederikshavn Kommune, 2018, Tilladelse til indvinding af råstoffer i område 558-DA Skagen Rev, J.nr. MST-865-00451

pionernaturtyper som f.eks. hvid klit sammen med de arter, der er tilknyttet hertil, begrænses i den naturlige udbredelse og dynamik.

I den nationale beskrivelse af kriterier for gunstig bevaringsstatus for klitnaturtyper nævnes det, at det på grund af naturtypernes naturlige mosaikforekomst, dynamiske natur og komplekse successionsmønstre kan være hensigtsmæssigt at forholde sig til en klithelhed i stedet for de enkelte naturtyper alene. Målsætningerne bør da stile efter at videreføre en naturlig dynamik og succession, hvor eventuelt tab af areal af en naturtype kompenseres af tilgang fra yngre successionsstadier²³².

Dette tolkes i en kystbeskyttelsessammenhæng til, at fri og naturlig dynamik og succession i klit-områder er at foretrække, at det samlede klitareal skal sikres, og at kystbeskyttelse dermed bør begrænses for at opnå og sikre gunstig bevaringsstatus. Dette er muligt, hvor der er plads til naturtypernes frie dynamik. Hvor der ikke er plads til, at naturtyperne kan vandre frit og gradvist vil forsvinde med havets erosion af kysten, kan kystbeskyttelse ved sandfodring være gavnlig for naturtyperne og Natura 2000-området, idet arealet sikres, selv om kvaliteten i form af naturlig dynamik forringes.

Færdsel med maskiner

Færdsel i klitter (sker kun ad etablerede veje og stier) og på stranden med maskiner i forbindelse med sandfodring medfører fysisk påvirkning af vegetationen og levesteder for dyrearter. Klitvegetationen er yderst sårbar overfor forstyrrelse, idet brud i vegetationen medfører blottelse af sand, der dermed kan fyge bort og skabe vindbrud. Desuden er kystnaturen stærkt påvirket af invasion af rynket rose, som især indfinder sig på steder med forstyrrelse. Ved færdsel med maskiner anvendes etablerede stier og adgangsveje til kysten, og sårbare habitatnaturtyper, dvs. naturtyper der er mindre robuste og lang tid om at regenerere, f.eks. grå/grøn klit og klithede, bliver derved friholdt fra færdsel.

9.3.2 Potentielle påvirkninger fra projektet på marin natur

I det følgende beskrives de potentielle påvirkninger, som forventes at kunne opstå i anlægsfasen for kystbeskyttelsen, og som er vurderet relevante i forhold til de marine habitatområder.

Sandfodring kan potentielt resultere i følgende påvirkninger i anlægsfasen:

- Fysisk forstyrrelse af havbunden (habitattab og/eller habitatændring)
- Spredning af sediment i vandsøjlen
- Spredning af forurenende stoffer i vandsøjlen
- Sedimentation på havbunden
- Tilstedeværelse af skibe (støj over og under vand, lys over vand)
- Indførelse af ikke-hjemmehørende arter

Fysisk forstyrrelse af havbunden og spredning af sediment i vandsøjlen

Sandfodring kan potentielt påvirke den marine biodiversitet som følge af, at sandfodringen i en begrænset periode vil føre til en fysisk forstyrrelse af havbunden og en spredning af sediment i vandsøjlen, som herefter sedimenterer på havbunden). I de følgende afsnit er mulige påvirkninger af de udpegede marine naturtyper og arter som følge af sandfodringsaktiviteter beskrevet, og deres påvirkningsgrad vurderet.

²³² Søgaard, B. et al., 2003: Kriterier for gunstig bevaringsstatus. Naturtyper og arter omfattet af EF-habitatdirektivet & fugle omfattet af EF-fuglebeskyttelsesdirektivet. 2. udgave. Danmarks Miljøundersøgelser. 462 s. – Faglig rapport fra DMU, nr. 457. http://www2.dmu.dk/1_viden/2_publicationer/3_fagrapporter/rapporter/fr457_2udg_www.pdf

Spredning af forurenende stoffer

Spredningen af forurenende stoffer i form af næringssalte eller miljøfarlige stoffer i forbindelse med sandfodringen er indledningsvist screenet ud som en mulig påvirkning. Det skyldes at materialer til sandfodring stammer fra sandindvindingsområdet Skagen 558-DA og består af rene materialer²³³.

Tilstedeværelse af skibe (visuel forstyrrelse, støj over og under vand)

Tilstedeværelsen af skibe i forbindelse med sandfodringen vil give en forstyrrelseseffekt i form af støj over og under vandet, som potentielt kan påvirke fisk, fugle og marine pattedyr. I de følgende afsnit er mulige påvirkninger af de udpegede marine arter som følge af forstyrrelser og støj beskrevet, og deres påvirkningsgrad vurderet.

Risiko for indførelse af ikke-hjemmehørende arter (invasive arter)

Selve aktiviteterne forbundet med sandfodring, hvor sejladsen mellem indvindingsområderne og kyststrækningerne, hvor der sandfodres, foregår inden for samme farvandsområde, giver ikke anledning til risiko for indførelse af invasive arter. Risikoen opstår, når de skibe, som anvendes til sandfodringen, forinden har opholdt sig i andre dele af verden, og dermed kan risikere at have potentielt invasive arter i deres ballastvand.

De entreprenører, som skal udføre sandfodringen, skal overholde ballastvandkonventionen. Konventionen om ballastvand har til formål at forhindre spredningen af skadelige havorganismer fra en region til en anden ved at etablere standarder og procedurer til håndtering og kontrol af skibes ballastvand og sedimenter. Konventionen kræver bl.a., at skibe skal have en plan for håndtering af ballastvand og implementere denne plan, efter den er godkendt af myndighederne, samt en fortegnelse over ballastvand, der skal registrere, når ballastvand tages om bord, cirkuleres eller behandles i forbindelse med håndtering, samt udledes til havet. Fortegnelsen skal også registrere, når ballastvand udledes til en modtagefacilitet samt utilsigtede eller andre exceptionelle udtømninger af ballastvand.

Konventionen blev vedtaget af den internationale søfartsorganisation IMO i 2004, og den blev tiltrådt af Danmark i 2012. Konventionen trådte i kraft den 8. september 2017²³⁴. Konventionens standarder for håndtering af ballastvand indføres over en tidsperiode og vil gælde for de skibe, der er i drift i forbindelse med sandfodringsaktiviteter. Håndtering af ballastvand indebærer jævnfør bekendtgørelsen at:

- Alle skibe bygget før 8. september 2017 skal erstatte mindst 95% af ballastvandet før anløb til havn. Udskiftning skal ske mindst 50 sømil fra kysten og på mindst 200 meter vanddybde. Såfremt skibets rute tillader det, skal udskiftningen ske mindst 200 sømil fra den kyst, der er nærmest skibet, medmindre udskiftningen foregår i et dertil udpeget udskiftningsområde. Ellers de skal leve op til nedenstående standarder:
- Alle skibe bygget efter 8. september 2017 skal behandle ballastvandet for at sikre, at vandet, der udtømmes, indeholder mindre end ti levedygtige organismer pr m³ $\geq$ 50 mikrometer i størrelse og mindre end ti levedygtige organismer pr m³ $\leq$ 50 mikrometer i størrelse. Behandlingen af ballastvand kræver behandlingsanlæg godkendt af Miljøstyrelsen.

²³³ Frederikshavn Kommune, 2018, Tilladelse til indvinding af råstoffer i område 558-DA Skagen Rev, J.nr. MST-865-00451

²³⁴ International Maritime Organization (IMO), 2004, International convention for the control and management of ships' ballast water and sediments (BWM), <http://www.imo.org/en/About/Conventions/ListOfConventions/Pages/International-Convention-for-the-Control-and-Management-of-Ships%27-Ballast-Water-and-Sediments-%28BWM%29.aspx>

- Såfremt der er behov for at fjerne sedimenter fra ballastvandtanke, skal dette foregå således, at der ikke er risiko for, at sedimenter eller rester heraf kommer i kontakt med havmiljøet.

På baggrund af dette vurderes risikoen for indførelse af invasive arter i forbindelse med sandfodring til at være ubetydelig, og invasive arter vil ikke blive beskrevet eller vurderet nærmere.

9.4 Væsentlighedsvurdering for NATURA 2000-OMRÅDE N1 'Skagens Gren og Skagerrak'

Natura 2000-området har et areal på 270.295 hektar, hvoraf 531 ha er landfast, og 188 ha er statsejet. Natura 2000-området består af Habitatområde H1. Området består primært af hav, men omfatter også 531 ha lysåbne naturtyper. Den marine del af området inkluderer naturtypen sandbanker. Områdets særkende er for den landfaste del først og fremmest et veludviklet rimmedobbe system, hvor vegetationen udvikler sig frit. Samtidig er området i stadig geologisk udvikling, med fortsat dannelse af nyt land på Skagen Nordstrand. Herudover må fremhæves de mange klittyper som er i noget nær naturlig tilstand. Området er et vigtigt træksted for fugle og rummer også flere sjældne planter²³⁵. Størstedelen af habitatområdet ligger på den vestlige side af Skagens Gren, men området omfatter også et par kilometers kyststrækning på Grenen, på den østlige side af spidsen hvor der findes værdifuldt klitlandskab. Det er i denne strækning at der foregår kystbeskyttelsen på stranden.

9.4.1 Metode

Væsentlighedsvurderingen foretages på baggrund af eksisterende viden om Natura 2000-området. Der er således indsamlet data om udbredelse og naturtilstand for naturtyper og arter på udpegningsgrundlaget for N1 fra følgende kilder:

- Naturplan²³⁶
- Basisanalyse^{237 238}
- MiljøGIS for Naturplaner²³⁹
- Fugle og Natur²⁴⁰
- MiljøGIS for Vandområdeplaner²⁴¹

Vurderingen gennemføres trinvis ved at det samlede udpegningsgrundlag først vurderes overordnet i forhold til de forventede potentielle påvirkninger fra projektet (se afsnit 9.3.1). Naturtyper og arter, der forventes ikke at kunne blive påvirket, behandles ikke yderligere. Naturtyper og arter, der potentielt er følsomme overfor de forventede påvirkninger og derfor kan blive påvirket, beskrives i forhold deres karakter, udbredelse, tilstand og sårbarhed, og for hver enkelt af disse naturtyper og arter gives en vurdering af projektets mulige påvirkninger.

²³⁵ Miljøministeriet, 2014. Natura 2000-basisanalyse 2016-2021, Revideret udgave, Skagens Gren, Natura 2000-område nr.1, Habitatområde nr.1. https://mst.dk/media/129672/n1_basisanalyse16-21_revideret.pdf

²³⁶ Miljø- og Fødevareministeriet, 2016. Natura 2000-plan 2016-2021 Skagens Gren og Skagerrak Natura 2000-område nr.1 Habitatområde nr.1. https://mst.dk/media/129829/n1_n2000plan_2016-21.pdf

²³⁷ Miljøministeriet, 2014. Natura 2000-basisanalyse 2016-2021, Revideret udgave, Skagens Gren, Natura 2000-område nr.1, Habitatområde nr.1. https://mst.dk/media/129672/n1_basisanalyse16-21_revideret.pdf

²³⁸ Miljøstyrelsen, 2020. Natura 2000-basisanalyse 2022-2027, Skagens Gren, Natura 2000-område nr.1, Habitatområde nr.1.

²³⁹ Miljøstyrelsen, MiljøGIS Natura 2000 Planer 2016, 2018. <http://miljoegis.mim.dk/spatialmap?&&profile=natura2000planer2-2016>

²⁴⁰ Fugle og Natur, 2018. <https://www.fugleognatur.dk/>

²⁴¹ Miljøstyrelsen, 2019, MiljøGIS for Vandområdeplanerne 2015-2021. Juni 2016, 2018. <http://miljoegis.mim.dk/cbkort?profile=vandrammedirektiv2-2016>

9.4.2 Områdets bevaringsmålsætninger

I Naturplan 2016-21 er der opstillet overordnede såvel som konkrete målsætninger for områdets udpegede naturtyper og arter²⁴². Den overordnede målsætning giver et sigte for, hvordan området skal udvikle sig for såvel at sikre det konkrete områdes integritet som for at bidrage til opnåelse af gunstig bevaringsstatus for naturtyper og arter. For Natura 2000-område N1 er der opstillet følgende overordnede målsætninger:

- At naturtyper og arter på udpegningsgrundlaget opnår gunstig bevaringsstatus. Dette indebærer dels en sikring og en genskabelse af et lysåbent, lavtvoksende og sammenhængende klitlandskab i den vestlige og sydlige del af området, dels en udlægning af den nordøstlige del af området til naturlig dynamik og klitudvikling, med en naturlig plantesuccession, fri for invasive arter.
- Områdets vidt udbredte naturtyper sikres. Det gælder især klitlavninger, der har den største procentvis andel af naturtyperne.
- Områdets naturlige sammenhæng sikres i form af en hensigtsmæssig drift og hydrologi, og en lav næringsstofbelastning.

De konkrete målsætninger fastlægger de langsigtede mål for udvikling i areal og tilstand for de enkelte naturtyper og arters levesteder. Generelt gælder det, at naturtyper og arter på sigt skal opnå gunstig bevaringsstatus. Specifikt siger de konkrete målsætninger at:

- For naturtyper og for arters levesteder, der er vurderet til tilstandsklasse I eller II er målsætningen, at udviklingen i deres areal og tilstand er stabil eller i fremgang.
- For naturtyper og arters levesteder, der er vurderet til tilstandsklasse III-V er målsætningen, at udviklingen i deres tilstand er i fremgang, således at der på sigt opnås tilstand I-II og gunstig bevaringsstatus, såfremt de naturgivne forhold giver mulighed for det.
- Det samlede areal af naturtypen/levestedet skal være stabilt eller i fremgang, hvis naturforholdene tillader det.
- For naturtyper uden tilstandsvurderingssystem er målsætningen gunstig bevaringsstatus. Det betyder, at tilstanden og det samlede areal af naturtyperne stabiliseres eller øges.
- For arter uden tilstandsvurderingssystem og for deres levesteder er målsætningen gunstig bevaringsstatus. Det betyder, at tilstanden og det samlede areal af levestederne for de udpegede arter stabiliseres eller øges, således at der er grundlag for tilstrækkelige egnede yngle- og fourageringsområder for arterne.

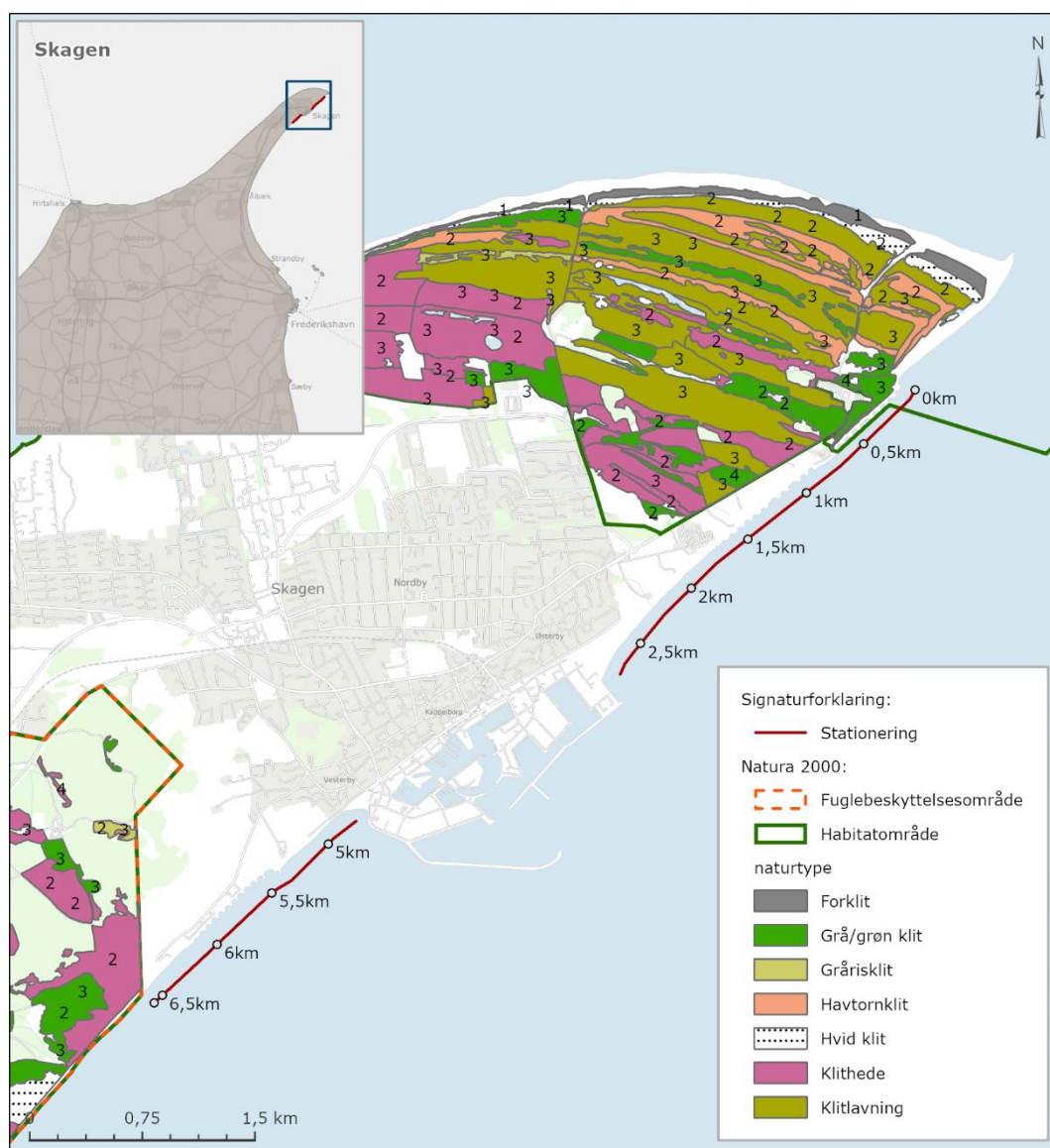
Udpegningsgrundlaget for Natura 2000-område N1 fremgår af Tabel 9-1, og registrerede forekomster af naturtyper er vist på Figur 9-2. Som følge af de forventede potentielle påvirkninger fra projektet vurderes det, at habitat sønaturtyper, vandløb samt skovklit ikke vil blive påvirket, og disse behandles derfor ikke yderligere i væsentlighedsvurderingen. Naturtyper, som vurderes potentielt at kunne blive påvirket af kystbeskyttelsen, er markeret med fed i Tabel 9-1. I forbindelse med udarbejdelsen af basisanalyser for 2022-2027 er stavsild blev tilføjet til udpegningsgrundlaget for N1.

Naturtype		Naturtype	
1110	Sandbanke	1170	Rev
2110	Forklit	2120	Hvid klit
2130	Grå/grøn klit	2140	Klithede
2160	Havtornklit	2170	Grårisklit

²⁴² Miljø- og Fødevareministeriet, 2016. Natura 2000-plan 2016-2021 Skagens Gren og Skagerrak Natura 2000-område nr.1 Habitatområde nr.1. https://mst.dk/media/129829/n1_n2000plan_2016-21.pdf

Naturtype		Naturtype	
2180	Skovklit	2190	Klitlavning
3130	Søbred med småurter	3140	Kransnålsalge-sø
3150	Næringsrig sø	3160	Brunvandet sø
3260	Vandløb		
Arter		Arter	
1103	Stavsild	1351	Marsvin

Tabel 9-1. Udpegningsgrundlag for Natura 2000-område N1. Naturtyper og arter som vurderes potentielt at kunne blive påvirket af projektet er markeret med fed, og det er alene disse, der behandles i nærværende væsentlighedsvurdering.



Figur 9-2. Forekomst og tilstandsvurdering (skala fra 1-5, hvor 1 er høj, 2 er god, 3 er moderat, 4 er ringe og 5 er dårlig) af habitatnaturtyper i Natura 2000-område N1.²⁴³

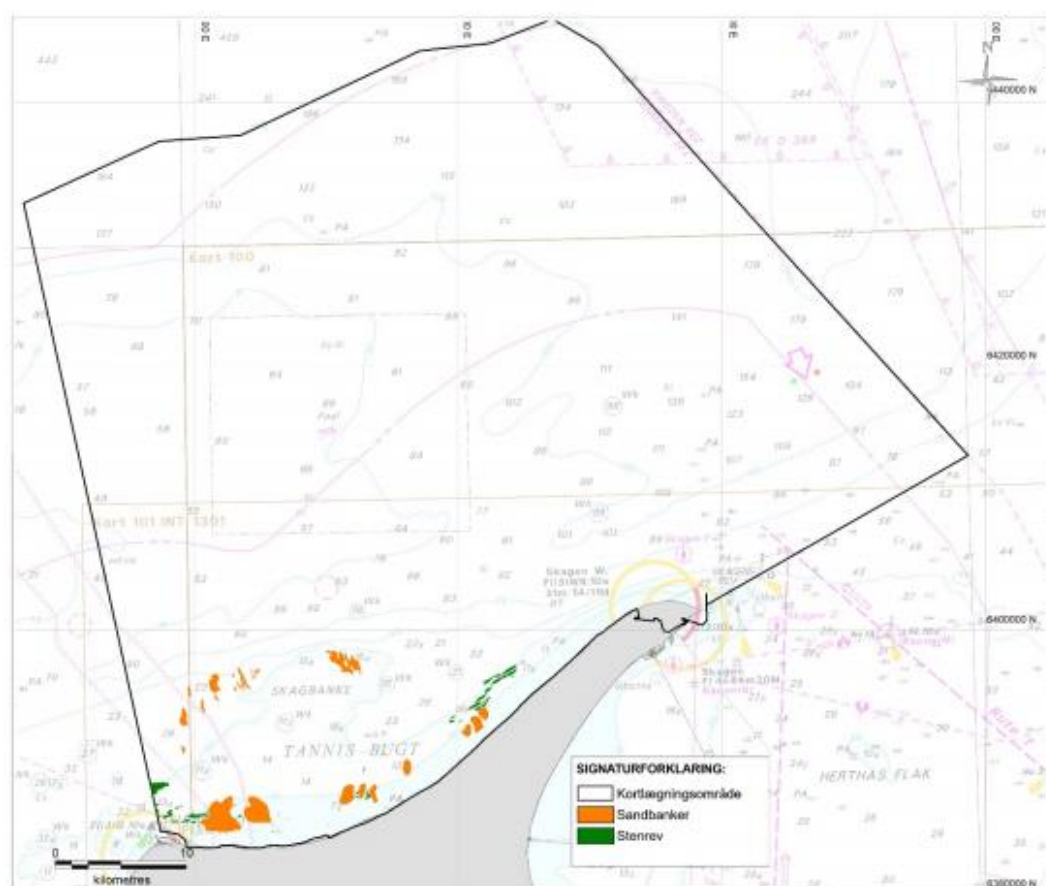
²⁴³ Miljøministeriet 2014, Natura 2000-basisanalyse 2016-2021, Revideret udgave, Vadehavet – Skallingen og Langli Natura 2000-område nr. 89, Fuglebeskyttelsesområde F55. https://mst.dk/media/130312/n89_f55_basisanalyse16-21_revideret.pdf

9.4.3 Konkrete vurderinger

I det følgende gives en kort beskrivelse af de naturtyper og arter, der potentielt kan blive påvirket af projektet, herunder deres tilstand og sårbarhed, samt en vurdering af projektets forventede påvirkning.

Sandbanke (1170)

Naturtypen er defineret som sandbanker, der konstant er dækket af vand på dybder ned til 20 meter. De er hævet over den omgivende bund, således at der opstår en bank. De kan være uden bevoksning eller bevokset med samfund af ålegræs²⁴⁴. Områder med mudder, grus eller større sten på en bank hører med til typen, så længe der hovedsagelig findes dyr og planter knyttet til sandbund på arealet, også selvom der kun er tale om et tyndt lag sand på et hårdere underlag af f.eks. ler²⁴⁵. Ved den seneste marine habitatkortlægning foretaget i 2017-18 er der kortlagt 1.703 hektar med sandbanke indenfor N2000-området²⁴⁶. Sandbanker er kun kortlagt på vestsiden af Grenen i Skagerrak, som vist på Figur 9-3.



Figur 9-3. Forekomsten af marine naturtyper i N1 ved seneste kortlægning foretaget i 2017-18.

²⁴⁴ Dahl, K. et al., 2005: Kriterier for gunstig bevaringsstatus for EF- habitatdirektivets 8 marine naturtyper. Danmarks Miljøundersøgelser. – Faglig rapport fra DMU nr. 549. – 39 s. <http://faglige-rapporter.dmu.dk>.

²⁴⁵ Skov- og Naturstyrelsen og Danmarks Miljøundersøgelser. 2012. Habitatbeskrivelser 2010-2012, Beskrivelse af danske naturtyper omfattet af habitatdirektivet (NATURA 2000 typer).

²⁴⁶ Miljøstyrelsen, 2019, Kortlægning af Natura 2000-områder, Marin habitatkortlægning i Skagerrak og Nordøen 2017-2018

Vurdering

Påvirkninger af sandbanker kan udelukkes alene på grund af afstanden, da den nærmeste kortlagte sandbanke er mere end 25 km væk på den modsatte side af Skagens Gren.

Forklit (2110)

Naturtypen forklit ligger yderst langs havet i klitlandskabet og danner de første stadier i dannelser af klitter^{247 248}. Nogle generelle trusler mod naturtypen omfatter slitage på grund af færdsel, kystbeskyttelse, der påvirker mængden af sand. Arealet med forklit på ca. 17 ha er udelukkende kortlagt ved den seneste kortlægning. Forklitten er beliggende yderst langs kysten i den nordvestlige del af området. Hele arealet er i god tilstand, med højt artsindeks, fri dynamik til kysten og fravær af invasive arter²⁴⁹.

Vurdering

Sandfodring udføres langs østsiden af Grenen og vil ikke medføre hverken en direkte eller indirekte påvirkning af forekomster af forklit, som forekommer yderst på Grenen foran naturtypen hvid klit. Hvid klit på Grenen findes langs den nord- og vestvendte kyststrækning hvor der sker en naturlig aflejring af sand og dermed findes en mere dynamisk kystnatur der er en forudsætning for forklit.

Hvid klit (2120)

Naturtypen dækker over de yderste rækker af klitter langs kysterne og de heraf afledte vandremler og lignende. Hvid klit er lys at se på grundet den aflejring af sandtunger på læsiden som kommer fra en mindre, konstant sandflugt fra toppen af klitterne²⁵⁰. De danner ofte rækker langs kysten med en typisk bevoksning af hjælme eller marehalm. De største påvirkningsfaktorer mod hvid klit er kystbeskyttelse såsom tilplantning med hjælme, slitage pga. turisme og forekomsten af invasive arter som rynket rose²⁵¹. Hvid klit er en af de arealmæssigt mindste naturtyper i Natura-2000 området, der fylder et område på 17 ha i alt. Der findes hvid klit i et smalt bælte ved Skagen Gren, umiddelbart nord for kyststrækningen med kystbeskyttelse, og naturtypen er vurderet at være i god naturtilstand²⁵².

Vurdering

Hvid klit på Grenen findes langs den nord- og vestvendte kyststrækning, hvor der sker en naturlig aflejring af sand og dermed findes en mere dynamisk kystnatur, der er en forudsætning for hvid klit. Sandfodring udføres langs østsiden af Grenen og vil ikke medføre hverken en direkte eller indirekte påvirkning af forekomster af hvid klit.

²⁴⁷ Jesper Fredshavn et al., 2014. Bevaringsstatus for naturtyper og arter. Habitatdirektivets Artikel 17 rapportering. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 54 s. Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 98 <http://dce2.au.dk/pub/SR98.pdf>

²⁴⁸ Søgaard, B. et al., 2003: Kriterier for gunstig bevaringsstatus. Naturtyper og arter omfattet af EF-habitatdirektivet & fugle omfattet af EF-fuglebeskyttelsesdirektivet. 2. udgave. Danmarks Miljøundersøgelser. 462 s. – Faglig rapport fra DMU, nr. 457. http://www2.dmu.dk/1_viden/2_publicationer/3_fagrapporter/rapporter/fr457_2udg_www.pdf

²⁴⁹ Miljøministeriet, 2020. Natura 2000-basisanalyse 2022-2027. Skagens Gren og Skagerrak, Natura 2000-område nr.1, Habitatområde nr.1.

²⁵⁰ Søgaard, B. et al., 2003: Kriterier for gunstig bevaringsstatus. Naturtyper og arter omfattet af EF-habitatdirektivet & fugle omfattet af EF-fuglebeskyttelsesdirektivet. 2. udgave. Danmarks Miljøundersøgelser. 462 s. – Faglig rapport fra DMU, nr. 457. http://www2.dmu.dk/1_viden/2_publicationer/3_fagrapporter/rapporter/fr457_2udg_www.pdf

²⁵¹ Jesper Fredshavn et al., 2014. Bevaringsstatus for naturtyper og arter. Habitatdirektivets Artikel 17 rapportering. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 54 s. Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 98 <http://dce2.au.dk/pub/SR98.pdf>

²⁵² Miljøstyrelsen, 2018, MiljøGIS Natura 2000 Planer 2016. <http://miljoegis.mim.dk/spatialmap?&&profile=natura2000planer2-2016>

Grå/grøn klit (2130)

Grå/grøn klit findes typisk længere inde i landet bag forklit og hvid klit, og består af et mere eller mindre lukket plantedække med græsser, urter, mosser og laver i en ung successionsstadie. Påvirkning af næringsstoffer og mangel på naturlige forstyrrelser i form af erosion, sandpålejrning og græsning er nogen af de primære grunde til ugunstige tilstand i grå/grøn klit²⁵³. Grå/grøn klit er den dominerende naturtype på Skagens Gren hvor der er kystbeskyttelse. Arealerne med grå/grøn klit er overvejende i god tilstand men der findes også en mindre del af arealerne i moderat tilstand, hvilket kan skyldes forekomsten af invasive arter²⁵⁴.

Vurdering

I den nordligste del af projektstrækningen findes grå/grøn klit ca. 30 meter fra kysten og længere mod syd ligger de udpegede habitatnaturtyper bag Fyrvej. På grund af afstanden til havet vil sandfodring alene medføre en indirekte påvirkning i form af øget beskyttelse af klitterne samt øget sandtilførsel med sandfygning. Det vurderes, at en mere stabil dynamik i naturtypen grå/grøn klit som følge af sandfodring ikke vil medføre en væsentlig påvirkning af grå/grøn klit.

Klithede (2140)

Naturtypen omfatter stabile/gamle klitter bag de ydre klitter, med et mere eller mindre lukket vegetationsdække domineret af dværgbuske. Kalkindholdet i jorden er lavt grundet udvaskning af klitterne. Dele af naturtypen findes på tørre klitter, mens andre dele findes i fugtige lavninger²⁵⁵. Klithede ligger i en mosaikstruktur med andre klitnaturtyper langs kyststrækningen i fokus på Skagen Gren. Klitheden er i overvejende god tilstand. Det skyldes, at både struktur – og artsindeks er relativt gode, samt at dækningen af dværgbuske er høj på alle hedeområderne. I klitheden er en mindre del i moderat tilstand pga. invasive arter²⁵⁶.

Vurdering

I den nordligste del af projektstrækningen findes klithede ca. 20 meter fra kysten i mosaik med grå/grøn klit, havtornklit og grårisklit, og længere mod syd findes naturtypen længere og længere inde i landet. På grund af afstanden til havet og en naturlig mere stabil dynamik i naturtypen klithede vurderes det, at den indirekte påvirkning ved sandfodring i form af øget stabilitet af klitterne og øget sandtilførsel med fygning vil være meget begrænset og ikke medføre en væsentlig påvirkning af naturtypen.

Havtornklit (2160)

Naturtypen findes længere inde i landet i klitlandskabet på kalkrig bund og er typisk domineret af buske af havtorn²⁵⁷. De væsentligste trusler mod havtornklit er tilgroning med andre træer og forekomst af invasive arter. Arealerne med havtornklit ligger i mosaik med klitheden ved den

²⁵³ Jesper Fredshavn et al., 2014. Bevaringsstatus for naturtyper og arter. Habitatdirektivets Artikel 17 rapportering. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 54 s. Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 98 <http://dce2.au.dk/pub/SR98.pdf>

²⁵⁴ Miljøministeriet, 2014. Natura 2000-basisanalyse 2016-2021, Revideret udgave, Skagens Gren, Natura 2000-område nr.1, Habitatområde nr.1. https://mst.dk/media/129672/n1_basisanalyse16-21_revideret.pdf

²⁵⁵ Søgaard, B. et al., 2003: Kriterier for gunstig bevaringsstatus. Naturtyper og arter omfattet af EF-habitatdirektivet & fugle omfattet af EF-fuglebeskyttelsesdirektivet. 2. udgave. Danmarks Miljøundersøgelser. 462 s. – Faglig rapport fra DMU, nr. 457. http://www2.dmu.dk/1_viden/2_publicationer/3_fagrapporter/rapporter/fr457_2udg_www.pdf

²⁵⁶ Miljøministeriet, 2014. Natura 2000-basisanalyse 2016-2021, Revideret udgave, Skagens Gren, Natura 2000-område nr.1, Habitatområde nr.1. https://mst.dk/media/129672/n1_basisanalyse16-21_revideret.pdf

²⁵⁷ Søgaard, B. et al., 2003: Kriterier for gunstig bevaringsstatus. Naturtyper og arter omfattet af EF-habitatdirektivet & fugle omfattet af EF-fuglebeskyttelsesdirektivet. 2. udgave. Danmarks Miljøundersøgelser. 462 s. – Faglig rapport fra DMU, nr. 457. http://www2.dmu.dk/1_viden/2_publicationer/3_fagrapporter/rapporter/fr457_2udg_www.pdf

omtalte kyststrækning på Skagen Gren. De fleste arealer med havtornklit i området er vurderet i god tilstand men der findes også områder i moderat tilstand primært pga. dårligt artsindhold²⁵⁸.

Vurdering

I den nordligste del af projektstrækningen findes havtornklit ca. 20 meter fra kysten i mosaik med grå/grøn klit, klithede og grårisklit. På grund af afstanden til havet og en naturlig mere stabil dynamik i naturtypen havtornklit vurderes det, at den indirekte påvirkning ved sandfodring i form af øget stabilitet af klitterne og øget sandtilførsel med fygning ikke vil medføre en væsentlig påvirkning af naturtypen.

Grårisklit (2170)

Grårisklit er partier i kystklitter eller disses lavninger med krat eller dominans af buske af gråris. De vigtigste trusler mod naturtypen er tilgroning og for lidt eller forkert pleje samt eutrofiering²⁵⁹. Der ligger arealer med grårisklit i mosaik med klithede ved den omtalte kyststrækning på Skagen Gren. Alle de kortlagte arealer med grårisklit er i god naturtilstand²⁶⁰.

Vurdering

I den nordligste del af projektstrækningen findes grårisklit ca. 20 meter fra kysten i mosaik med grå/grøn klit, klithede og havtornklit, og længere mod syd findes naturtypen længere og længere inde i landet. På grund af afstanden til havet og en naturlig mere stabil dynamik i naturtypen grårisklit vurderes det, at den indirekte påvirkning ved sandfodring i form af øget stabilitet af klitterne og øget sandtilførsel med fygning ikke vil medføre en væsentlig påvirkning af naturtypen.

Klitlavning (2190)

Fugtige eller vanddækkede klitlavninger findes i klitlandskabet hvor grundvandsstanden er høj. Naturtypen er typisk domineret af urteagtige planter. De største trusler mod klitlavning er tilgroning, eutrofiering, sænket grundvand og atmosfærisk deposition^{261,262}. Klitlavning er den arealmæssig dominerende naturtype i Natura 2000-området N1. Der findes også spredte arealer med klitlavning langs hele den omtalte kyststrækning med kystbeskyttelse. Arealerne er vurderet i en moderat-god tilstand. Den største trussel i disse arealer er tilgroning med vedplanter og invasive arter²⁶³.

Vurdering

Langs den nordligste del af projektstrækningen findes klitlavning i mosaik med klithede og grå/grøn klit i en afstand på over 100 meter fra kysten. På grund af afstanden til havet vurderes det, at den indirekte påvirkning ved sandfodring i form af øget stabilitet af klitterne og øget

²⁵⁸ Miljøministeriet, 2014. Natura 2000-basisanalyse 2016-2021, Revideret udgave, Skagens Gren, Natura 2000-område nr.1, Habitatområde nr.1. https://mst.dk/media/129672/n1_basisanalyse16-21_revideret.pdf

²⁵⁹ Søgaard, B. et al., 2003: Kriterier for gunstig bevaringsstatus. Naturtyper og arter omfattet af EF-habitatdirektivet & fugle omfattet af EF-fuglebeskyttelsesdirektivet. 2. udgave. Danmarks Miljøundersøgelser. 462 s. – Faglig rapport fra DMU, nr. 457. http://www2.dmu.dk/1_viden/2_publicationer/3_fagrapporter/rapporter/fr457_2udg_www.pdf

²⁶⁰ Miljøministeriet, 2014. Natura 2000-basisanalyse 2016-2021, Revideret udgave, Skagens Gren, Natura 2000-område nr.1, Habitatområde nr.1. https://mst.dk/media/129672/n1_basisanalyse16-21_revideret.pdf

²⁶¹ Jesper Fredshavn et al., 2014. Bevaringsstatus for naturtyper og arter. Habitatdirektivets Artikel 17 rapportering. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 54 s. Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 98 <http://dce2.au.dk/pub/SR98.pdf>

²⁶² Søgaard, B. et al., 2003: Kriterier for gunstig bevaringsstatus. Naturtyper og arter omfattet af EF-habitatdirektivet & fugle omfattet af EF-fuglebeskyttelsesdirektivet. 2. udgave. Danmarks Miljøundersøgelser. 462 s. – Faglig rapport fra DMU, nr. 457. http://www2.dmu.dk/1_viden/2_publicationer/3_fagrapporter/rapporter/fr457_2udg_www.pdf

²⁶³ Miljøministeriet, 2014. Natura 2000-basisanalyse 2016-2021, Revideret udgave, Skagens Gren, Natura 2000-område nr.1, Habitatområde nr.1. https://mst.dk/media/129672/n1_basisanalyse16-21_revideret.pdf

sandtilførsel med fygning vil være meget begrænset og ikke medføre en væsentlig påvirkning af naturtypen.

Marsvin

Marsvin (*Phocoena phocoena*) er den mest almindelige hval i Danmark, og den eneste som yngler i de danske farvande. Marsvin kan både forekomme kystnært og på åbent hav. I Danmark er der udpeget 16 Natura 2000-områder for marsvin, hvoraf N1 er det ene. Marsvins vigtigste levesteder i danske farvande er særligt i farvandene omkring Skagen, Storebælt ved Sprogø, syd for Gedser Odde, syd for Ebeltoft ved Djursland, hovedparten af Lillebælt samt omkring Als, Sønderborg og Flensborg Fjord²⁶⁴. Der er ikke kendskab til særlige yngleområder for marsvin i danske farvande.

Med en vægt på godt 50 kg og en kropslængde på omkring 1,5 meter er marsvinet en af verdens mindste hvalarter. Marsvin lever primært af torske- og sildefisk, herunder tobis, men marsvin er opportunist, og tilpasser sig til tilgængeligt bytte. Marsvin orienterer sig og jager ved hjælp af ekkolokalisering, hvilket betyder at de udsender kliklyde til at finde deres føde og anvender hørelsen til at lokalisere byttet. De kan dermed søge føde i mørke, selv om de også ser godt under vand. Marsvin har et højt stofskifte og har brug for at spise ofte, og jager dermed også om natten²⁶⁵. Under fødesøgning er marsvin typisk neddykkede i to til tre minutter.

Marsvins hørelse er tilpasset livet under vandet, og de kommunikerer med hinanden ved hjælp af lyde. Hørelsen hos tandhvaler er kendetegnet ved meget høj følsomhed (lave tærskler) for høje frekvenser, langt op i ultralydsområdet startende fra ca. 10 kHz til 100-160 kHz og med en meget skarp øvre grænse for hørelsen²⁶⁶.

Hannerne bliver kønsmodne i en alder af to til tre år, og hunnerne i en alder af tre til fire år. Drægtigheden varer ca. 11 måneder, og fødslerne finder sted i maj-juli måned. Herefter dier ungerne i fem til otte måneder. Marsvin har ingen fast flokstruktur, men kan optræde i mindre flokke i områder med meget føde. Hunner med unger kan også ses svømme sammen i mindre flokke, mens hanner formodes at færdes alene²⁶⁷.

Populationen af Nordsømarsvin anslås til ca. 350.000 stk. Dyrene findes primært i den østlige, vestlige og sydlige del af Nordsøen²⁶⁸.

Resultaterne fra en undersøgelse af mærkede marsvin i danske farvande (Figur 9-4), viste at vigtige områder i Nordsøen for disse marsvin relaterede sig til farvandet ved Skagen, langs den norske rende i Skagerrak, ved Horns Rev samt i Tyske Bugt²⁶⁹. Farvandet omkring Grenen er således et hotspot for marsvin. Optællingerne fortaget i forbindelse med SCANS III undersøgelserne viser at den gennemsnitlige tæthed af marsvin er 1,1 ind./km² i N1.

²⁶⁴ Teilmann, J. et al., 2008: High density areas for harbour porpoises in Danish waters. National Environmental Research Institute, University of Aarhus. 84 pp. – NERI Technical Report No. 657.

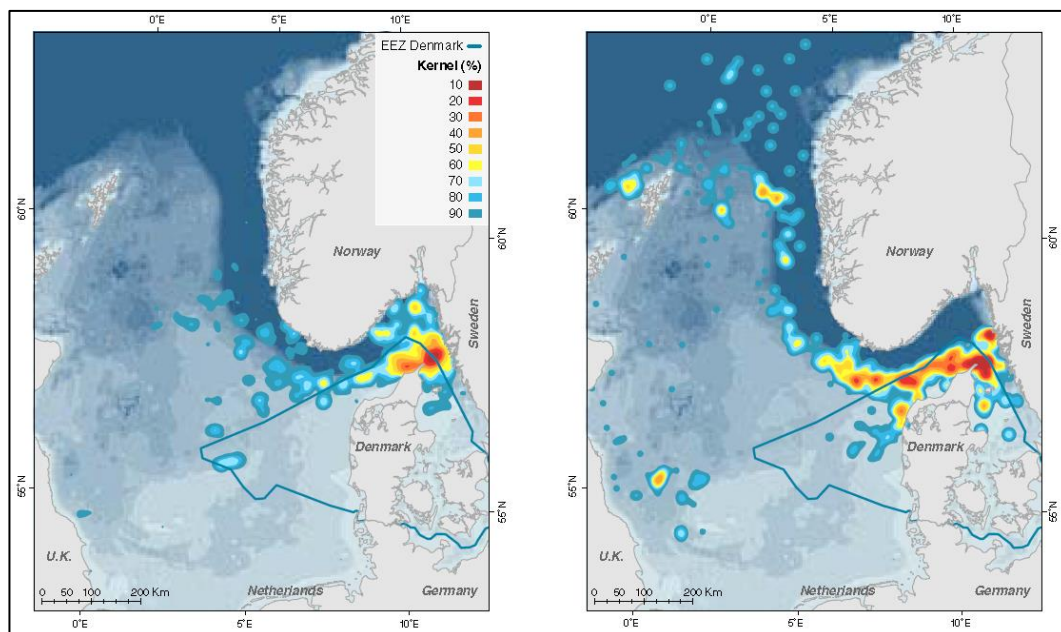
²⁶⁵ Wisniewska et al., 2016. Ultra-High Foraging Rates of Harbor Porpoises Make Them Vulnerable to Anthropogenic Disturbance

²⁶⁶ Tougaard, J., 2014, Vurdering af effekter af undervandsstøj på marine organismer. Del 1. DCE teknisk rapport nr 44.

²⁶⁷ Dansk Pattedyratlas, 2019, Marsvin, http://denstoredanske.dk/Dansk_Pattedyratlas/Hvaler,_Cetacea/Marsvin

²⁶⁸ Søgaard et al., 2016. Arter 2015. NOVANA. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 126 s. – Videnskabelig rapport nr. 209

²⁶⁹ Teilmann, J. et al., 2008: High density areas for harbour porpoises in Danish waters. National Environmental Research Institute, University of Aarhus. 84 pp. – NERI Technical Report No. 657



Figur 9-4. Marsvin i Skagerrak området om sommeren (tv.) og vinteren (th.). Tæthedsmønstret (kernel density) er baseret på mærkning af 26 marsvin ved Skagen (jo lavere procent desto højere tæthed). Gengivet efter Teilmann et al. (2008)²⁷⁰.

Vurdering

Marsvin vurderes at være mest følsomme overfor forstyrrelser i yngle- og dieperioden samt i paringssæsonen, hvilket strækker sig over perioden fra maj-august (Tabel 9-2). Bifangst af marsvin ved garnfiskeri udgør den største trussel mod marsvin, men herudover kan undervandsstøj, forstyrrelser fra skibstrafik, forurening samt mindsket fødemængde påvirke marsvinene negativt²⁷¹. Der kendes ikke til specifikke yngle- eller rasteområder for marsvin i danske farvande, men kalve er observeret i hele deres udbredelsesområde, og områder med høj tæthed af marsvin kan derfor betragtes som vigtige yngleområder²⁷². Ved Skagen er der et hotspot for marsvin med høje tætheder, og det forventes derfor, at der kan være en høj tæthed af kalve i N1. Undersøgelser af marsvin i Femern Bælt viser, at de foretrækker vanddybder, der er dybere end ti meter²⁷³, men er også kendt for at jage på revler på lavt vand. Marsvin vurderes dermed overvejende at opholde sig udenfor påvirkningszonen, der går til otte meters dybde, men kan være til stede i forbindelse med fødesøgning.

Art	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Marsvin					Y	Y	P	P				

Tabel 9-2. Årstid, hvor marsvin yngler (Y) eller parrer sig (P).

Sandfodringen på strækningen medfører en række miljøændringer, der udløses af projektet, og som kan påvirke marsvin ved Skagen. Det gælder fysisk forstyrrelse af havbunden, spredning af suspenderet sediment i vandsøjlen, sedimentation på havbunden samt tilstedeværelsen af skibe og undervandsstøj. Mulig påvirkning af marsvin beskrives og vurderes i det følgende.

²⁷⁰ Søgaard et al., 2016. Arter 2015. NOVANA. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 126 s. – Videnskabelig rapport nr. 209

²⁷¹ Søgaard, B., Asferg, T., 2007. Håndbog om dyrearter på Habitatdirektivets Bilag IV. – Faglig rapport fra DMU nr. 635.

²⁷² Teilmann, J. et al., 2008: High density areas for harbour porpoises in Danish waters. National Environmental Research Institute, University of Aarhus. 84 pp. – NERI Technical Report No. 657

²⁷³ FEMM, 2013. Fehmarnbelt Fixed Link EIA. Marine Mammals - Baseline. Report no. E5TR0014.

Fysisk forstyrrelse af havbunden

Ved kystnær fodring ved klapning eller rainboring vil der ske en fysisk forstyrrelse af havbunden, hvor sandfodringen vil resultere i dækning af den oprindelige del af havbunden i et område primært indenfor fem til otte meter kurven. Den kystnære fodring vil dække havbunden med et sandlag på >1,5 meter. Metoden for klapning og rainboring er forklaret nærmere i kapitel 3 *Projektbeskrivelse* i miljøkonsekvensrapporten. Selve klapningen gennemføres indenfor få minutter, mens varigheden af rainboring er afhængig af skibets lastekapacitet (typisk en time).

Den direkte fysiske forstyrrelse af havbunden i forbindelse med sandfodring forventes ikke at påvirke marsvin direkte, da arten er meget mobil og vil svømme væk. Den indirekte påvirkning består dog i, at marsvin vil søge væk fra området i den korte periode, hvor klapning eller rainboring foregår. Dette vurderes nærmere i afsnittet nedenfor om *Tilstedeværelse af skibe (visuel forstyrrelse, støj over og under vand)*.

En indirekte effekt af fysisk forstyrrelse af havbunden på marsvin kan også være en påvirkning af fødemængden. Bundfaunaen i området umiddelbart under klapningen og rainboring vil gå tabt på grund af tildækning, hvilket lokalt kan betyde nedsat fødemængde for fisk i området, som dermed vil trække væk. Påvirkningen fra fysisk forstyrrelse af havbunden vurderes at være begrænset for bundfaunaen. Det vurderes dermed at det lokale tab af bundfauna ikke vil resultere i en påvirkning af fisk på populationsniveau, og dermed heller ikke i en fødebegrænsning for marsvin, se Miljøkonsekvensrapporten kapitel 14 om *Fisk*.

Fysisk forstyrrelse vurderes ud fra ovenstående ikke at kunne medføre væsentlige virkninger på marsvin.

Spredning af sediment i vandsøjlen

Den direkte effekt af øget forekomst af suspenderet sediment i vandsøjlen ved sandfodring vurderes ikke til at udgøre en væsentlig påvirkning af marsvin. Det skyldes at marsvin i høj grad jager ved brug af ekkolokalisering, hvor de anvender udsendte kliklyde til at finde deres føde, og er derfor ikke særligt følsomme overfor forringet sigtbarhed som følge af suspenderet sediment. Samtidig er marsvin en meget mobil art med stor rækkevidde i sin fødesøgning. Den direkte effekt af suspenderet sediment vurderes dermed alene at kunne få en midlertidig kortvarig indflydelse på marsvins jagtmuligheder i et lokalt område omkring sandfodringsaktiviteterne.

Suspenderet sediment kan også have en indirekte effekt på havpattedyr som følge af påvirkning af fødegrundlaget. På baggrund af den begrænsede påvirkning af fiskefaunaen, som det er beskrevet i miljøkonsekvensvurderingens kapitel 14 om *Fisk*, vurderes fødegrundlaget ikke at blive påvirket væsentligt. Samtidig søger marsvin føde i store områder, så lokale påvirkninger fra suspenderet sediment på fisk vurderes ikke at føre til fødebegrænsning for marsvin.

Spredning af sediment i vandsøjlen vurderes ud fra ovenstående ikke at kunne medføre væsentlige virkninger på marsvin.

Tilstedeværelse af skibe (visuel forstyrrelse, støj over og under vand)

Skibstrafik kan potentielt virke forstyrrende på marsvin både i form af visuelle forstyrrelse fra skibe, samt i form af undervandsstøj fra skibsmotorer og fra pumpeaktivitet mm. i forbindelse med sandfodringen (se kapitel 15 om *Havpattedyr, havfugle, beskyttede marineområder og bilag IV-arter*). Lyd bevæger sig hurtigt og langt i vand i forhold til i luft. Marsvin lyde til kommunikation samt fødesøgning, og dermed kan uønsket støj i havet være en kilde til påvirkning.

Forstyrrelse fra skibe på marsvin kan forårsages både af den visuelle forstyrrelse samt af skibets generering af undervandsstøj. I et studie fra 2017 udført i strædet ved Istanbul i Tyrkiet sås adfærdsmæssige påvirkninger af Sortehavs marsvin²⁷⁴. Når marsvin kom indenfor en afstand af 200-400 meter fra hurtigtgående skibe, udviste de en adfærdsændring og ændrede deres svømmeretning til at svømme væk fra skibene. Hvis skibstrafikken er høj i et område, vil marsvins undvigeadfærd således nedsætte tiden til fødesøgning, hvilket kan være kritisk, da marsvin har et højt stofskifte og har brug for at spise ofte. Undersøgelsen fandt dog ikke nogen overordnet signifikant effekt af forstyrrelsen på dyrenes kumulative adfærdsbudget (dvs. samlede tidsmængde brugt på forskellige typer adfærd)²⁷⁵. Et argument mod kritisk påvirkning fra skibe er det faktum, at nogle af de mest tungt trafikerede farvande i den vestlige Østersø, som Kadet-renden, samt Store Bælt og den nordlige tip af Skagen også er områder, hvor den største koncentration af marsvin findes²⁷⁶.

Lyd under vand kan måles som en ændring i tryk, og beskrives som lydtryk. Enheden for lydstyrke er typisk angivet som decibel. For marsvin er den væsentligste kilde til forstyrrelser fra skibstrafik efter alt at dømme undervandsstøj²⁷⁷. Virkningen af undervandsstøj på havpattedyr kan generelt inddeles i fire brede kategorier, der i høj grad afhænger af dyrenes afstand til lyd kilden. Grænserne for hver virkningszone er ikke skarpe, og der er et betydeligt overlap mellem de forskellige zoner²⁷⁸:

- Detektion er, når dyrene kan høre støjen.
- Maskering omfatter en begrænsning i at kunne høre af andre lyde, som f.eks. kommunikation mellem individer
- Adfærdsmæssige ændringer, hvilket strækker sig fra kraftig undvigelse til langsomt at svømme væk fra lyden.
- Fysiske skader på høreorganerne, som kan resultere i enten midlertidige ændringer i dyrenes registreringstærskel (midlertidig høreskade, TTS), hvor dyret genvinder sin oprindelige registreringsevne efter en restitueringsperiode (typisk minutter eller dage) eller i permanente ændringer i dyrenes registreringstærskel (permanent høreskade, PTS).

TTS (temporary thresholds shift) vil hos mennesker kunne beskrives som oplevelsen efter at have været udsat for kraftig lydpåvirkning, som f.eks. høj musik til en koncert, hvor hørelsen er midlertidigt dårligere. TTS fortager sig over en periode, som kan vare fra minutter og op til flere døgn, hvis påvirkningen over grænsen for TTS har været kraftigt. Ved en meget kraftig påvirkning lydpåvirkning, som ligger over grænsen for TTS, eller ved gentagne udsættelser for kraftige tilfælde af TTS kan det føre til en varig høreskade (Permanent Threshold Shift, PTS). Det vil således være påvirkninger af havpattedyr, som resulterer i permanente skader, som vil blive betragtet som væsentlige påvirkninger i forbindelse med væsentlighedsvurderingen.

De højeste støjniveauer i Nordsøen forårsages af seismisk aktivitet i forbindelse med efterforskning indenfor olie- og gasindustrien, og ramning i tilknytning til udvalgte konstruktioner, f.eks.

²⁷⁴ Bas et al., 2017. The effects of marine traffic on the behaviour of Black Sea harbour porpoises (*Phocoena phocoena relicta*) within the Istanbul Strait, Turkey. PLoS ONE 12(3): e0172970. doi:10.1371/journal.pone.0172970.

²⁷⁵ Wisniewska et al., 2016. Ultra-High Foraging Rates of Harbor Porpoises Make Them Vulnerable to Anthropogenic Disturbance

²⁷⁶ Sveegaard, S. et al., 2011. "High-density areas for harbor porpoises (*Phocoena phocoena*) identified by satellite tracking". Mar. Mamm. Sci. 27, 230-246.

²⁷⁷ Laursen et al., 2016. Sejlads med vandscooter, jetski og lignende fartøjer. Konsekvenser for fugle og havpattedyr ved en udvidelse af mulighederne for sejlads i Natura 2000-områder og vildtreservater. Aarhus Universitet, Teknisk rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 88

²⁷⁸ Southall, B. et al., 2007. Marine mammal noise exposure criteria: initial scientific recommendations. Aquatic mammals 33(4).

monopæl-fundamenter for vindmølleparker, eller spuns ved havne²⁷⁹. Disse typer af høje støjniveauer optræder som impulser, mens støj fra skibstrafik og sandfodringsaktiviteter i stedet optræder som kontinuert støj.

Grænseværdier for TTS og PTS for marsvin er beskrevet i bilag 2 om *Støj og undervandsstøj*.

Ved sandfodring genereres undervandsstøj fra både selve skibet, samt fra aktiviteterne klapning, pumpeaktivitet ved rainbowing og pumpeaktivitet ved strandfodring²⁸⁰. For detaljer om grundlaget for støjberegningerne se bilag 2 om *Støj og undervandsstøj*.

Ved en worst case antages det, at marsvin opholder sig stationært ved sandfodringsskibet, når sandfodringsaktiviteterne pågår. Her vil der for marsvin være tale om påvirkninger over grænsen for TTS indenfor en afstand af op til 3.200 meter og over grænsen for PTS indenfor en afstand af op til 212 meter ved strandfodring, som giver den højeste lydpåvirkning (Tabel 9-3).

Aktivitet	Marsvin TTS afstand (m)	Marsvin PTS afstand (m)
Klapning	135	8
Rainbowing	1.950	135
Strandfodring	3.200	212

Tabel 9-3. Påvirkningsafstande for grænser for TTS og PTS hos marsvin ved worst-case scenariet, hvor dyrene ikke antages at flygte væk fra støjen fra sandfodringsaktiviteterne og i stedet antages at være stationære.

Det vil imidlertid være usandsynligt at marsvin forbliver ved sandfodringsskibet, når sandfodringsaktiviteterne pågår, og derfor vil en realistisk afstandsregning indeholde en flugtrespons for marsvin. Som beskrevet under visuel forstyrrelse ovenfor, vil marsvin f.eks. svømme væk fra skibe, når disse er på en afstand af 200-400 meter²⁸¹. Det antages derfor i afstandsregningen at marsvin svømmer væk fra støjilden med en fart på 1,5 m/s²⁸². Når dyrene flygter, vil lydstyrken aftage med afstanden, og dermed vil dyrene nå udenfor en afstand, hvor de risikerer at pådrage sig temporære eller permanente høreskader (Tabel 9-4). Påvirkningsafstanden på nul meter angiver at ingen marsvin bliver udsat for støjniveauer, som vil udløse TTS eller PTS, da de svømmer væk fra støjen inden støjpåvirkningen når at overstige deres grænser for TTS eller PTS.

Aktivitet	Marsvin TTS afstand (m)	Marsvin PTS afstand (m)
Klapning	0	0
Rainbowing	0	0
Strandfodring	0	0

Tabel 9-4. Påvirkningsafstande for grænser for TTS og PTS hos marsvin ved scenariet, hvor dyrene antages at flygte væk fra støjen fra sandfodringsaktiviteterne med en fart på 1,5 m/s.

På baggrund af støjberegningerne for marsvin i Tabel 9-4 vurderes at undervandsstøj i forbindelse med sandfodringsaktiviteter langs strækningen ved Skagen ikke vil være væsentlig for

²⁷⁹ Tougaard, J., 2014. Vurdering af effekter af undervandsstøj på marine organismer. Del 2 – Påvirkninger. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 51 s. -Teknisk rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 45 <http://dce2.au.dk/pub/TR45.pdf>

²⁸⁰ De Jong et al., 2010. Underwater noise of Trailing Suction Hopper Dredger at Maasvlakte 2: Analysis of source levels and background noise. Report no. TNO-DV 2010 C335.

²⁸¹ Bas et al., 2017. The effects of marine traffic on the behaviour of Black Sea harbour porpoises (*Phocoena phocoena relicta*) within the Istanbul Strait, Turkey. PLoS ONE 12(3): e0172970. doi:10.1371/journal.pone.0172970.

²⁸² Skjellerup, P. et al., 2015. Marine mammals and underwater noise in relation to pile driving – Working Group 2014. Report to the Danish Energy Authority. ResearchGate. Technical Report 2015.

hverken sæler eller marsvin, da dyrene vil svømme væk fra støjen og dermed ikke blive udsat for støjniveauer, som kan udløse TTS eller PTS.

Støjen fra sandfodringsskibet kan potentielt medføre adfærdsændringer og maskering af lyde i større afstande end angivet for TTS, men da der er tale om en midlertidig, kortvarig forstyrrelse (op til fire uger) i et lille område tæt på kysten, vurderes dette ikke at kunne påvirke marsvin væsentligt

Tilstedeværelse af skibe og undervandsstøj vurderes ud fra ovenstående ikke at kunne medføre væsentlige virkninger på marsvin.

Stavsild

Stavsild lever størstedelen af deres liv i kystnære dele af havet, typisk omkring udløb af floder og større vandløb som fiskene trækker op i, i store stimer for at gyde. Stavsild er vidt udbredt i europæiske farvande, og forekommer også relativt hyppigt i danske farvande, dog er de kun fundet enkelte gange i danske vandløb²⁸³. Derfor betragtes stavsild blot som en strejfer. Af samme grund har de danske vandløbs tilstand ingen direkte betydning for artens forekomst herhjemme²⁸⁴. I basisanalyserne (2016-21 og 2022-27) for N1 Skagens Gren **Error! Bookmark not defined.** er der ikke udført kortlægning af stavsild. Stavsild er ny på områdets udpegningsgrundlag, og der er derfor ikke registreringer af arten i NOVANA-programmets overvågning. I forbindelse med kortlægning af fisk i habitatområder har man kun registreret 32 stavsild i området i perioden 1995-2017²⁸⁵. Det er derfor ikke muligt på nuværende tidspunkt at give en nærmere beskrivelse af bestanden i området. Status i området er derfor ukendt. Stavsild gyder flere gange i løbet af livet. Vandringer er afhængig af at vandtemperaturen når 10-12 grader og foregår for nordlige bestande i maj-juni^{286,287}.

Vurdering

Fisk, herunder stavsild, kan påvirkes af undervandsstøj. Sildefisk har særlig god hørelse i forhold til andre fisk, da deres svømmeblære er forbundet med det indre øre. Stavsild vurderes derfor at have høj følsomhed, se også beskrivelser af følsomhed i bilag 11 *Artsbeskrivelser marine forhold, fisk*. Effekter af undervandsstøj på fisk fokuserer på fysisk skade samt adfærdsændringer, men deres respons på undervandsstøj er ikke velbeskrevet. Lydniveauer, som kan virke afskrækkende på nogle arter, kan virke tiltrækkende på andre. Hos fisk vil fysisk skade på hørelsen sjældent føre til permanente ændringer, da evt. påvirkede sensoriske celler vil gendannes over tid²⁸⁸. Undervandsstøj kan potentielt forårsage flugt og undvigelsesreaktioner, skade på sensoriske organer eller i værste fald forårsage dødelighed. Støj fra sandfodringsskibe er undersøgt ved alle de forskellige operationer som forekommer ved sandfodring²⁸⁹ og er modelleret og sammenlignet med vejledende grænseværdier for fisk²⁹⁰, se også bilag 2 *Støj og undervandsstøj*. Påvirkningen er størst ved strandfodring og indpumpning af sand. Grænseværdierne for høreskade, hvor

²⁸³ Søgaard, B. et al., 2016. Arter 2015. NOVANA. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 126 s. - Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 209. <http://dce2.au.dk/pub/SR209.pdf>

²⁸⁴ Miljøstyrelsen, 2020. Natura 2000-basisanalyse 2022-2027, Skagens Gren, Natura 2000-område nr.1, Habitatområde nr.1.

²⁸⁵ Møller, P.R og Carl, H., 2019, Udbredelse og forekomst af 8 fiskearter i de danske habitatområder, 1995-2017

²⁸⁶ Arahamian et al., 2003, Biology, status, and conservation of the anadromous Atlantic twaite shad *Alosa fallax*. American Fisheries Society Symposium 35: 103-124.

²⁸⁷ Claridge, P. N., and D. C. Gardner, 1978, "Growth and movements of the twaite shad, *Alosa fallax* (Lacépède), in the Severn Estuary." *Journal of Fish Biology* 12.3: 203-211.

²⁸⁸ Popper, A. N. and Hastings M. C., 2009, REVIEW PAPER - The effects of anthropogenic sources of sound on fishes, *Journal of Fish Biology* (2009) 75, 455-489

²⁸⁹ De Jong et al., 2010. Underwater noise of Trailing Suction Hopper Dredger at Maasvlakte 2: Analysis of source levels and background noise. Report no. TNO-DV 2010 C335.

²⁹⁰ Popper, A.N. et al., Ukendt, ASA S3/SC1.4 TR-2014 Sound Exposure Guidelines for Fishes and Sea Turtles: A Technical Report prepared by ANSI-Accredited Standards Committee S3/SC1 and registered with ANSI.

fiskens høreorgan kan regenerere, er forudsat at være 170 dB_{rms} over 48 timer og for permanent høreskade 158 dB_{rms} over 12 timer. Forudsætningerne er de samme for normal- og ekstremkampagnen. Afstanden fra sandfodringsskibet hvorfra fisks hørelse kan tage skade er modelleret og det er fundet at støjgrænserne ikke overskrides, selv hvis fiskene opholder sig i umiddelbar nærhed af skibet. Dermed vurderes der ikke at være nogen støjpåvirkning af stavsild indenfor Natura 2000 området og det kan afvises at der vil ske en væsentlig påvirkning af stavsild, som følge af øget undervandsstøj.

Stavsild kan potentielt blive påvirket af sedimentfaner fra strandfodring og kystnær fodring, det vil sige forhøjet SSC (Suspended Sediment Concentration). Sedimentfaner langs kysten kan få stavsild til at undvige områderne, hvilket potentielt set kan forhindre stavsild i at vandre mod gydeområder, hvis sedimentfanen blokerer fjordindløb. Der foreligger ingen undersøgelser af stavsilts følsomhed overfor forhøjet SSC, men på baggrund af vurdering fra DTU-Aqua er der konservativt anvendt 10 mg/l som tærskelværdi ²⁹¹. Da der ikke forekommer indløb til fjorde eller vandløb hvor stavsild gyder i nærheden af strækningen ved Skagen og varigheden af en forhøjet SSC (10 mg/l) kun er maksimalt 8 døgn kan en væsentlig påvirkning af stavsild på forhånd afvises.

9.4.4

Kumulative effekter

Jævnfør habitatdirektivet skal vurderingen også omfatte mulige kumulative effekter, eksempelvis i forhold til eksisterende belastninger og i forhold til belastninger fra allerede vedtagne planer, som endnu ikke er realiserede, og fra planer og projekter som foreligger i forslag.

Kumulative effekter ses typisk som en forstærket påvirkning af en given miljøkomponent (f.eks. øget forstyrrelse af artsgrupper), men det kan også være mere komplekse effekter ved, at samspillet af forskellige påvirkninger giver anledning til helt nye påvirkninger.

Som kumulative effekter med betydning for naturforholdene i Natura 2000-område N1 er defineret:

Vedligeholdelse af hård kystbeskyttelse

Hård kystbeskyttelse på strækningen omfatter høfder, bølgebrydere og skråningsbeskyttelse. Vedligeholdelse af den hårde kystbeskyttelse vil medføre færdsel med maskiner på stranden og ad eksisterende adgangsveje i klitterne i forbindelse med tilkørsel og indbygning af materialer samt etablering af materialedepoter og arbejdsområder. Da arbejdet vil følge samme retningslinjer som gælder for den planlagte kystbeskyttelse, vurderes det ikke at medføre væsentlige kumulative påvirkninger af naturtyper eller arter på udpegningsgrundlaget for Natura 2000-område N1.

Sandindvinding i 558-DA

Undervandsstøj ved sandindvinding i 558-DA kan potentielt have en kumulativ påvirkning, hvis der samtidig sandfodres på strækningen. Da afstanden til indvindingsområdet dog er mere end 3,6 km vurderes det, at der kun kan forekomme et samlet støjniveau, der kan medføre adfærd ændringer, men ikke permanent eller midlertidig skade. Da påvirkningen derudover er midlertidig og kortvarig, vurderes der ikke at kunne være væsentlige kumulative påvirkninger mellem en indvinding i 558-DA og sandfodring på strækningen.

Udvidelse af Skagen Havn, Etape 3

Skagen Havn ønsker at udvide den eksisterende havn i en tredje etape (Etape et og to er udført). Der findes ingen arealer med naturindhold på Skagen Havn, og da havneudvidelsen alene finder sted på søterritoriet ud for den eksisterende havn, berøres landarealer med naturindhold ikke

²⁹¹ DTU-Aqua, 23. maj 2020, Anmodning om vurdering i henhold til e-mail af 21. april, Niels Kristian Kvistgaard, Områdechef i Kystbeskyttelse Drift og Anlæg, Kystdirektoratet.

direkte af projektet. I forbindelse med anlægsarbejdet til den planlagte Etape 3 udvidelse af Skagen Havn vil der opstå et sedimentspild, og der kan potentielt forekomme undervandsstøj og visuel forstyrrelse fra projektaktiviteterne jf. VVM for Etape 3 udvidelsen²⁹². Uddybningsarbejder forventes at vare 173 dage og medføre et sedimentspild på 4 mg/l som middelkoncentration ud for de nordliggende delstrækninger på strækningen ved Skagen ("Sønderstrand" – "Strækningen nordøst for Grå Fyr"). Afstanden til de udpegede marine naturtyper vurderes at være for stor til, at der kan være en kumulativ påvirkning. Marsvin er som tidligere beskrevet ikke følsomme over for forhøjede sedimentkoncentrationer, hvorfor eventuelle kumulative påvirkninger ved sedimentspild vurderes at være ikke-væsentlige. Det er endvidere vurderet, at marsvin ikke påvirkes væsentligt af undervandsstøj under nedbringning af spuns og pæle, samt forstyrrelse ved anlæg af havneudvidelsen. Den planlagte kystbeskyttelse medfører en ikke-væsentlig og kortvarig forhøjelse af støjniveauet, se også afsnit 9.4.3 Marsvin, vurderes der ikke at være væsentlige kumulative påvirkninger som følge af undervandsstøj. Desuden vil den visuelle forstyrrelse ved tilstedeværelse af sandfodringsskibe samtidig med anlægsarbejdet på havnen vurderes at være i så begrænset omfang og kortvarigt, at der ikke er en væsentlig påvirkning.

9.4.5 Samlet væsentlighedsvurdering

For de marine naturtyper og marsvin i Natura 2000-område N1 'Skagens Gren og Skagerrak' vurderes samlet, at der ikke vil være en væsentlig påvirkning fra projektet på Natura 2000-områdets udpegningsgrundlag eller bevaringsmålsætningerne herfor.

For de terrestriske naturtyper vurderes det, at der ikke vil være en væsentlig påvirkning fra projektet på udpegningsgrundlag eller bevaringsmålsætningerne herfor.

9.5 Væsentlighedsvurdering for NATURA 2000-OMRÅDE N2 'Råbjerg Mile og Hulsig Hede'

Natura 2000-området har et areal på 5.889 ha. Natura 2000-området består af Habitatområde nr. H2 og Fuglebeskyttelsesområde nr. F5. Området består mest af vidtstrakte og sammenhængende klitområder på Skagens Odde. I den sydlige del af området ses Nordeuropas største vandremile, Råbjerg Mile. Herudover må fremhæves den særprægede afblæsningsflade, hvorover Råbjerg Mile har passeret. Desuden skal fremhæves de mange fugtige klitlavninger, de næringsfattige søer og i øvrigt de mange forskellige klittyper. I området findes der flere naturtyper, som i kraft af deres store arealmæssige udstrækning eller deres høje naturkvalitet er af international betydning. De er værdifulde, da der er tale om så store sammenhængende klitområder i noget nær naturlig tilstand, dvs. med fri dynamik, naturlige vandstandsforhold og et veludviklet og varieret plante- og dyreliv. Således forekommer en stor del af regionens grå klitter, klitheder, klitlavninger og aktive vandremiler i området. Af andre vigtige naturtyper i området bør især nævnes slugter med rigkærsvegetation, den stenede afblæsningsflade Råbjerg Stene med sjældne laver, grønsværsklitterne og de næringsfattige søer²⁹³. Den nordøstlig del af Natura 2000-området grænser op til stationeringen hvor der foretages kystbeskyttelse. Denne væsentlighedsvurdering tager derfor kun hensyn til de naturtyper i den nordøstlig del af Natura 2000-området.

9.5.1 Metode

Væsentlighedsvurderingen foretages på baggrund af eksisterende viden om Natura 2000-området. Der er således indsamlet data om udbredelse og naturtilstand for naturtyper og arter på udpegningsgrundlaget for N2 fra følgende kilder:

²⁹² COWI (2018), ETAPE 3 UDVIDELSE AF SKAGEN HAVN, VVM-redegørelse, miljøvurdering af plangrundlaget og natura 2000 væsentlighedsvurdering

²⁹³ Miljøministeriet, 2014. Natura 2000-basisanalyse 2016-2021, Revideret udgave, Råbjerg Mile og Hulsig Hede, Natura 2000-område nr. 2, Habitatområde H2, Fuglebeskyttelsesområde F5 https://mst.dk/media/129731/n2_basisanalyse16-21_revideret.pdf

- Naturplan²⁹⁴
- Basisanalyser^{295, 296}
- MiljøGIS for Naturplaner²⁹⁷
- Fugle og Natur²⁹⁸
- MiljøGIS for Vandområdeplaner²⁹⁹

Vurderingen gennemføres trinvis ved at det samlede udpegningsgrundlag først vurderes overordnet i forhold til de forventede potentielle påvirkninger fra projektet. Naturtyper og arter, der forventes ikke at kunne blive påvirket, behandles ikke yderligere. Naturtyper og arter, der potentielt er følsomme overfor de forventede påvirkninger og derfor kan blive påvirket, beskrives i forhold deres karakter, udbredelse, tilstand og sårbarhed, og for hver enkelt af disse naturtyper og arter gives en vurdering af projektets mulige påvirkninger.

9.5.2 Områdets bevaringsmålsætninger

I Naturplan 2016-21 er der opstillet overordnede såvel som konkrete målsætninger for områdets udpegede naturtyper og arter³⁰⁰. Den overordnede målsætning giver et sigte for, hvordan området skal udvikle sig for såvel at sikre det konkrete områdes integritet som for at bidrage til opnåelse af gunstig bevaringsstatus for naturtyper og arter. For Natura 2000-område N2 er der opstillet følgende overordnede målsætninger:

- At naturtyper og arter på udpegningsgrundlaget opnår gunstig bevaringsstatus. Dette indebærer en genskabelse af et lysåbent, lavtvoksende og sammenhængende klitlandskab, i en mosaik af klitnatur og næringsfattige søer og med udbredte yngle- og rasteområder for ynglefugle.
- Områdets vidt udbredte naturtyper, samt truede naturtyper og arter sikres. Det gælder hvide klitter og miler, grå klitter, klitheder, klitlavninger, klitlavninger delvis med rigkærsvegetation og næringsfattige søer, samt levesteder for hedepletvinge, trane, plettet rørvagtel, markpiber og rødrygget tornskade.
- Der sikres god vandkvalitet for de næringsfattige søer med en artsrig undervandsvegetation.
- Fuglenes levesteder sikres og areal af velegnede levesteder øges.
- Områdets naturlige sammenhæng sikres i form af en hensigtsmæssig drift og hydrologi, en lav næringsstofbelastning og gode sprednings- og etableringsmuligheder for arterne.

De konkrete målsætninger fastlægger de langsigtede mål for udvikling i areal og tilstand for de enkelte naturtyper og arters levesteder. Generelt gælder det, at naturtyper og arter på sigt skal opnå gunstig bevaringsstatus. Specifikt siger de konkrete målsætninger at:

²⁹⁴ Miljø- og Fødevareministeriet, 2016. Natura 2000-plan 2016-2021 Råbjerg Mile og Hulsig Hede Natura 2000-område nr. 2 Habitatområde H2 Fuglebeskyttelsesområde F5 https://mst.dk/media/129835/n2_n2000plan_2016-21.pdf

²⁹⁵ Miljøministeriet, 2014. Natura 2000-basisanalyse 2016-2021, Revideret udgave, Råbjerg Mile og Hulsig Hede, Natura 2000-område nr. 2, Habitatområde H2, Fuglebeskyttelsesområde F5

²⁹⁶ Miljøstyrelsen, 2020. Natura 2000-basisanalyse 2022-2027, Råbjerg Mile og Hulsig Hede, Natura 2000-område nr. 2 Habitatområde H2, Fuglebeskyttelsesområde F5

²⁹⁷ Miljøstyrelsen, 2018, MiljøGIS Natura 2000 Planer 2016. <http://miljoegis.mim.dk/spatialmap?&&profile=natura2000planer2-2016>

²⁹⁸ Fugle og Natur, 2018. <https://www.fugleognatur.dk/>

²⁹⁹ Miljøstyrelsen, 2018, MiljøGIS for Vandområdeplanerne 2015-2021. Juni 2016. <http://miljoegis.mim.dk/cbkort?profile=vandrammedirektiv2-2016>

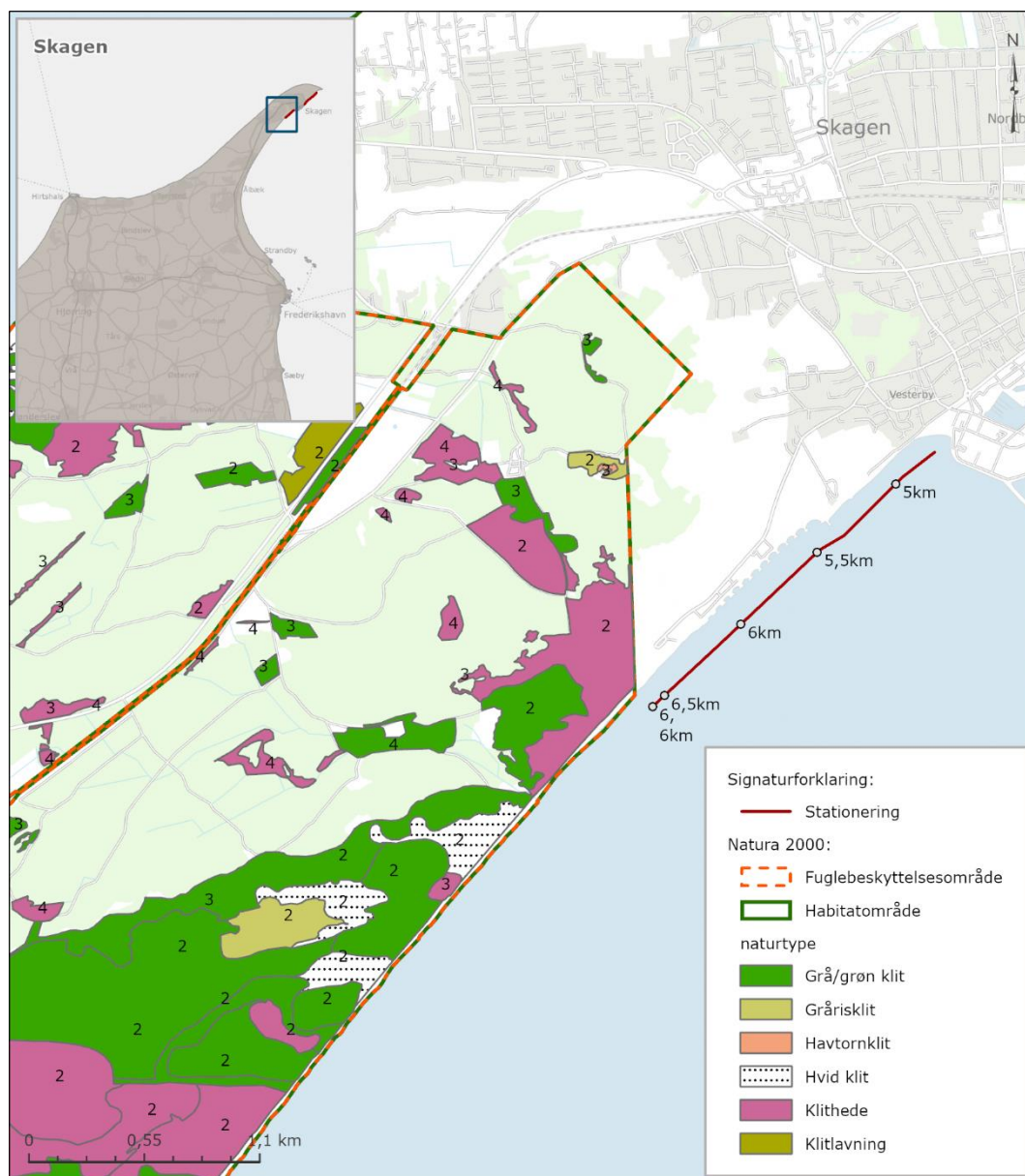
³⁰⁰ Miljø- og Fødevareministeriet, 2016. Natura 2000-plan 2016-2021 Råbjerg Mile og Hulsig Hede Natura 2000-område nr. 2 Habitatområde H2 Fuglebeskyttelsesområde F5 https://mst.dk/media/129835/n2_n2000plan_2016-21.pdf

- For naturtyper og for arters levesteder, der er vurderet til tilstandsklasse I eller II er målsætningen, at udviklingen i deres areal og tilstand er stabil eller i fremgang.
- For naturtyper og arters levesteder, der er vurderet til tilstandsklasse III-V er målsætningen, at udviklingen i deres tilstand er i fremgang, således at der på sigt opnås tilstand I-II og gunstig bevaringsstatus, såfremt de naturgivne forhold giver mulighed for det.
- Det samlede areal af naturtypen/levestedet skal være stabilt eller i fremgang, hvis naturforholdene tillader det.
- For naturtyper uden tilstandsvurderingssystem er målsætningen gunstig bevaringsstatus. Det betyder, at tilstanden og det samlede areal af naturtyperne stabiliseres eller øges.
- For arter uden tilstandsvurderingssystem og for deres levesteder er målsætningen gunstig bevaringsstatus. Det betyder, at tilstanden og det samlede areal af levestederne for de udpegede arter stabiliseres eller øges, således at der er grundlag for tilstrækkelige egnede yngle- og fourageringsområder for arterne.
- De kortlagte levesteder for tinksmed og plettet rørvagtel inden for Natura 2000-området bringes til eller fastholdes i tilstandsklasse I eller II. Levestedernes geografiske placering fremgår af basisanalysen for området.
- Natura 2000-området bidrager til at sikre eller genoprette levesteder for en levedygtig bestand af de udpegede arter på nationalt og/eller internationalt niveau. Tilstanden og det samlede areal af levestederne for arterne – rørdrum, hedehøg, trane, natravn, hedelærke, markpiber og rødrygget tornskade som ynglefugl(e) sikres eller øges, således at der er tilstrækkeligt med egnede ynglesteder for artene i området. Afgørelser i forbindelse med konsekvens vurdering baseres på en konkret vurdering.

Udpegningsgrundlaget for Natura 2000-område N2 fremgår af Tabel 9-5, og registrerede forekomster af naturtyper er vist på Figur 9-5. Naturtyper, som ligger tættest på projektstrækningen og derfor vurderes potentielt at kunne blive påvirket af kystbeskyttelsen, er markeret med fed i Tabel 9-5.

Naturtype		Naturtype	
2110	Forklit	2120	Hvid klit
2130	Grå/grøn klit	2140	Klithede
2160	Havtornklit	2170	Grårisklit
2180	Skovklit	2190	Klitlavning
3110	Lobeliesø	3130	Søbred med småurter
3140	Kransnålalge-sø	3150	Næringsrig sø
3160	Brunvandet sø	3260	Vandløb
7150	Tørvelavning	9190	Stilkeke-krat
91D0	Skovbevokset tørvemose	91E0	Elle- og askeskov
Arter		Arter	
1065	Hedepletvinge	1166	Stor vandsalamander
Fugle (F5)		Fugle (F5)	
	Rørdrum (Y)		Hedehøg (Y)
	Plettet rørvagtel (Y)		Trane (Y)
	Rødrygget tornskade (Y)		Tinksmed (Y)
	Rødrygget tornskade (Y)		Natravn (Y)
	Hedelærke (Y)		Markpiber (Y)

Tabel 9-5. Udpegningsgrundlag for Natura 2000-område N2. Naturtyper og arter som vurderes potentielt at kunne blive påvirket af projektet er markeret med fed, og det er alene disse, der behandles i nærværende væsentlighedsvurdering.



Figur 9-5. Forekomst og tilstandsvurdering af habitatnaturtyper i Natura 2000-område N2.

9.5.3

Konkrete vurderinger

Forklit (2110)

Naturtypen forklit ligger yderst langs havet i klitlandskabet og danner de første stadier i dannelsen af klitter^{301 302}. Nogle generelle trusler mod naturtypen omfatter slitage på grund af færdsel, kystbeskyttelse, der påvirker mængden af sand, samt tilplantning med marehalm og hjælme³⁰³.

³⁰¹ Jesper Fredshavn et al., 2014. Bevaringsstatus for naturtyper og arter. Habitatdirektivets Artikel 17 rapportering. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 54 s. Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 98 <http://dce2.au.dk/pub/SR98.pdf>

³⁰² Søgaard, B. et al., 2003: Kriterier for gunstig bevaringsstatus. Naturtyper og arter omfattet af EF-habitatdirektivet & fugle omfattet af EF-fuglebeskyttelsesdirektivet. 2. udgave. Danmarks Miljøundersøgelser. 462 s. – Faglig rapport fra DMU, nr. 457. http://www2.dmu.dk/1_viden/2_publicationer/3_fagrapporter/rapporter/fr457_2udg_www.pdf

³⁰³ Søgaard, B. et al., 2003: Kriterier for gunstig bevaringsstatus. Naturtyper og arter omfattet af EF-habitatdirektivet & fugle omfattet af EF-fuglebeskyttelsesdirektivet. 2. udgave. Danmarks Miljøundersøgelser. 462 s. – Faglig rapport fra DMU, nr. 457. http://www2.dmu.dk/1_viden/2_publicationer/3_fagrapporter/rapporter/fr457_2udg_www.pdf

Forklit er på områdets udpegningsgrundlag og er for første gang blevet kortlagt i området i forbindelse med den 3. kortlægning af terrestriske naturtyper³⁰⁴ med et areal på 0,6 ha på vestsiden af Natura 2000-området og dermed langt fra projektstrækningen.

Vurdering

Der er ikke udpeget forklit i nærhed til projektstrækningen, men naturtypen kan potentielt forekomme langs kysten, da den er meget dynamisk og kan opstå som en få centimeter højere sandaflejring på stranden. På grund af afstanden på ca. 750 meter fra naturtypen hvid klit, hvor forklit typisk ligger i tilknytning til, til kyststrækningen hvor der sandfodres, vurderes det, at projektet ikke vil medføre en væsentlig påvirkning af naturtypen forklit.

Hvid klit (2120)

Naturtypen dækker over de yderste rækker af klitter langs kysterne og de heraf afledte vandremler og lignende. Hvid klit er lys at se på grundet den aflejring af sandtunger på læsiden som kommer fra en mindre, konstant sandflugt fra toppen af klitterne³⁰⁵. De danner ofte rækker langs kysten med en typisk bevoksning af hjælme eller marehalm. De største påvirkningsfaktorer mod hvid klit er kystbeskyttelse såsom tilplantning med hjælme, slitage pga. turisme og forekomsten af invasive arter som rynket rose³⁰⁶. Klitnaturtypen er helt overvejende udbredt langs den eksponerede vestkyst i dette Natura 2000-område, men findes også i flere små miler i den nordøstlige del af området, umiddelbart syd for kyststrækningen med kystbeskyttelse. Hvid klit er i overvejende gunstig naturtilstand i området. Der er dog registreret spredt forekomst af invasive arter i dele af arealerne kortlagt som hvid klit³⁰⁷.

Vurdering

På grund af afstanden på ca. 750 meter til kyststrækningen hvor der sandfodres, vurderes det, at projektet ikke vil medføre en væsentlig påvirkning af naturtypen hvid klit.

Grå/grøn klit (2130)

Grå/grøn klit findes typisk længere inde i landet bag forklit og hvid klit, og består af et mere eller mindre lukket plantedække med græsser, urter, mosser og laver i en ung successionsstadium. Påvirkning af næringsstoffer og mangel på naturlige forstyrrelser i form af erosion, sandpålejring og græsning er nogen af de primære grunde til ugunstige tilstand i grå/grøn klit³⁰⁸. Grå/grøn klit er vidt udbredt i Natura 2000-området, og indgår ofte i en mosaik med andre klitnaturtyper, bl.a. klithede. Størstedelen af de kortlagte grå/grøn klitarealer er i god naturtilstand. En mindre del af arealerne er i moderat til ringe naturtilstand. Ugunstig tilstand skyldes primært forekomst af invasive arter, tilgroning eller ringe artsindhold³⁰⁹.

³⁰⁴ Miljøministeriet, 2014. Natura 2000-basisanalyse 2016-2021, Revideret udgave, Skagens Gren, Natura 2000-område nr.1, Habitatområde nr.1. https://mst.dk/media/129672/n1_basisanalyse16-21_revideret.pdf

³⁰⁵ Søgaard, B. et al., 2003: Kriterier for gunstig bevaringsstatus. Naturtyper og arter omfattet af EF-habitatdirektivet & fugle omfattet af EF-fuglebeskyttelsesdirektivet. 2. udgave. Danmarks Miljøundersøgelser. 462 s. – Faglig rapport fra DMU, nr. 457. http://www2.dmu.dk/1_viden/2_publicationer/3_fagrapporter/rapporter/fr457_2udg_www.pdf

³⁰⁶ Jesper Fredshavn et al., 2014. Bevaringsstatus for naturtyper og arter. Habitatdirektivets Artikel 17 rapportering. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 54 s. Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 98 <http://dce2.au.dk/pub/SR98.pdf>

³⁰⁷ Miljøministeriet, 2014. Natura 2000-basisanalyse 2016-2021, Revideret udgave, Råbjerg Mile og Hulsig Hede, Natura 2000-område nr. 2, Habitatområde H2, Fuglebeskyttelsesområde F5 https://mst.dk/media/129731/n2_basisanalyse16-21_revideret.pdf

³⁰⁸ Jesper Fredshavn et al., 2014. Bevaringsstatus for naturtyper og arter. Habitatdirektivets Artikel 17 rapportering. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 54 s. Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 98 <http://dce2.au.dk/pub/SR98.pdf>

³⁰⁹ Miljøministeriet, 2014. Natura 2000-basisanalyse 2016-2021, Revideret udgave, Råbjerg Mile og Hulsig Hede, Natura 2000-område nr. 2, Habitatområde H2, Fuglebeskyttelsesområde F5 https://mst.dk/media/129731/n2_basisanalyse16-21_revideret.pdf

Vurdering

Grå/grøn klit ligger ca. 250 meter syd for projektstrækningen, og i en afstand af ca. 40-170 meter fra kystlinjen. På grund af afstanden til havet vil sandfodring alene medføre en indirekte påvirkning i form af øget beskyttelse af klitterne samt øget sandtilførsel med sandfygning. Det vurderes, at en mere stabil dynamik i naturtypen grå/grøn klit som følge af sandfodring ikke vil medføre en væsentlig påvirkning af grå/grøn klit.

Klithede (2140)

Naturtypen omfatter stabile/gamle klitter bag de ydre klitter, med et mere eller mindre lukket vegetationsdække domineret af dværgbuske. Kalkindholdet i jorden er lavt grundet udvaskning af klitterne. Dele af naturtypen findes på tørre klitter, mens andre dele findes i fugtige lavninger³¹⁰. Klithede er en af de dominerende naturtyper i området, hvor den ligger i en mosaikstruktur med andre klitnaturtyper, også i den nordøstlig del af habitatområdet. Klitheden er i overvejende god tilstand, dog med en mindre del i moderat til ringe naturtilstand primært pga. invasive arter og tilgroning³¹¹.

Vurdering

I den sydligste del af projektstrækningen findes klithede ca. 20 meter fra kysten i mosaik med grå/grøn klit, og længere mod syd i N2 findes naturtypen længere og længere inde i landet. På grund af afstanden til havet og en naturlig mere stabil dynamik i naturtypen klithede vurderes det, at den indirekte påvirkning ved sandfodring i form af øget stabilitet af klitterne og øget sandtilførsel med fygning vil være meget begrænset og ikke medføre en væsentlig påvirkning af naturtypen.

Havtornklit (2160)

Naturtypen findes længere inde i landet i klitlandskabet på kalkrig bund og er typisk domineret af buske af havtorn³¹². De væsentligste trusler mod havtornklit er tilgroning med andre træer og forekomst af invasive arter. Naturtypen havtornklit er kortlagt et enkelt sted i det sydvestlige hjørne af Natura 2000-området, hvor den forekommer i mosaik med grå/grøn klit og klithede. Her er der kortlagt godt 10 ha af naturtypen i den seneste kortlægningsrunde. Naturtilstanden er moderat på grund af et relativt lavt artsindeks med få særligt følsomme arter og pga. tilgroning med enkelte problemarter og især med invasive arter³¹³.

Vurdering

I den sydligste del af projektstrækningen findes havtornklit ca. 900 meter fra kysten i mosaik med grårisklit og klithede. På grund af afstanden til havet og en naturlig mere stabil dynamik i naturtypen havtornklit vurderes det, at den indirekte påvirkning ved sandfodring i form af øget stabilitet af klitterne og øget sandtilførsel med fygning ikke vil medføre en væsentlig påvirkning af naturtypen.

³¹⁰ Søgaard, B. et al., 2003: Kriterier for gunstig bevaringsstatus. Naturtyper og arter omfattet af EF-habitatdirektivet & fugle omfattet af EF-fuglebeskyttelsesdirektivet. 2. udgave. Danmarks Miljøundersøgelser. 462 s. – Faglig rapport fra DMU, nr. 457. http://www2.dmu.dk/1_viden/2_publicationer/3_fagrapporter/rapporter/fr457_2udg_www.pdf

³¹¹ Miljøministeriet, 2014. Natura 2000-basisanalyse 2016-2021, Revideret udgave, Råbjerg Mile og Hulsig Hede, Natura 2000-område nr. 2, Habitatområde H2, Fuglebeskyttelsesområde F5 https://mst.dk/media/129731/n2_basisanalyse16-21_revideret.pdf

³¹² Søgaard, B. et al., 2003: Kriterier for gunstig bevaringsstatus. Naturtyper og arter omfattet af EF-habitatdirektivet & fugle omfattet af EF-fuglebeskyttelsesdirektivet. 2. udgave. Danmarks Miljøundersøgelser. 462 s. – Faglig rapport fra DMU, nr. 457. http://www2.dmu.dk/1_viden/2_publicationer/3_fagrapporter/rapporter/fr457_2udg_www.pdf

³¹³ Miljøstyrelsen, 2020. Natura 2000-basisanalyse 2022-2027, Råbjerg Mile og Hulsig Hede, Natura 2000-område nr. 2 Habitatområde H2, Fuglebeskyttelsesområde F5

Grårisklit (2170)

Grårisklit er partier i kystklitter eller disses lavninger med krat eller dominans af buske af gråris. De vigtigste trusler mod naturtypen er tilgroning og for lidt eller forkert pleje samt eutrofiering³¹⁴. Grårisklit findes spredt i området i mosaik med andre klitnaturtyper. De fleste arealer er i gunstig tilstand. En mindre del af arealerne har et ringe artsindhold, og har derfor moderat til ringe tilstand³¹⁵.

Vurdering

I den sydligste del af projektstrækningen findes nærmeste område med grårisklit ca. 900 meter fra kysten i mosaik med havtornklit. På grund af afstanden til havet og en naturlig mere stabil dynamik i naturtypen grårisklit vurderes det, at den indirekte påvirkning ved sandfodring i form af øget stabilitet af klitterne og øget sandtilførsel med fygning ikke vil medføre en væsentlig påvirkning af naturtypen.

9.5.4 Kumulative effekter

Jævnfør habitatdirektivet skal vurderingen også omfatte mulige kumulative effekter, eksempelvis i forhold til eksisterende belastninger og i forhold til belastninger fra allerede vedtagne planer, som endnu ikke er realiserede, og fra planer og projekter som foreligger i forslag.

Kumulative effekter ses typisk som en forstærket påvirkning af en given miljøkomponent (f.eks. øget forstyrrelse af artsgrupper), men det kan også være mere komplekse effekter ved, at samspillet af forskellige påvirkninger giver anledning til helt nye påvirkninger.

Der er ikke kendskab til planer eller projekter der kan medføre kumulative effekter sammenholdt med den planlagte kyststrækning langs Skagen.

9.5.5 Udvidelse af eksisterende havn i Skagen

Skagen Havn ønsker at udvide den eksisterende havn i en tredje etape (Etape et og to er udført). Der findes ingen arealer med naturindhold på Skagen Havn, og da havneudvidelsen alene finder sted på søterritoriet ud for den eksisterende havn, berøres landarealer med naturindhold ikke direkte af projektet.

9.5.6 Vedligeholdelse af hård kystbeskyttelse

Hård kystbeskyttelse på strækningen omfatter høfder, bølgebrydere og skråningsbeskyttelse. Vedligeholdelse af den hårde kystbeskyttelse vil medføre færdsel med maskiner på stranden og ad eksisterende adgangsveje i klitterne i forbindelse med tilkørsel og indbygning af materialer samt etablering af materialedepoter og arbejdsområder. Da arbejdet vil følge samme retningslinjer som gælder for den planlagte kystbeskyttelse, vurderes det ikke at medføre væsentlige kumulative påvirkninger af naturtyper eller arter på udpegningsgrundlaget for Natura 2000-område N1.

9.5.7 Samlet vurdering

Natura 2000-område N2 ligger ca. 500 meter syd for projektstrækningen, og det vurderes, at de indirekte effekter af sandfodring ikke vil medføre en væsentlig påvirkning af naturtyper eller arter på udpegningsgrundlaget for området eller bevaringsmålsætningerne herfor.

³¹⁴ Jesper Fredshavn et al., 2014. Bevaringsstatus for naturtyper og arter. Habitatdirektivets Artikel 17 rapportering. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 54 s. Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 98 <http://dce2.au.dk/pub/SR98.pdf>

³¹⁵ Miljøministeriet, 2014. Natura 2000-basisanalyse 2016-2021, Revideret udgave, Råbjerg Mile og Hulsig Hede, Natura 2000-område nr. 2, Habitatområde H2, Fuglebeskyttelsesområde F5 https://mst.dk/media/129731/n2_basisanalyse16-21_revideret.pdf