

SEPTEMBER 2021
AARHUS HAVN

BILAG 9

UDVIDELSE AF AARHUS HAVN - YDERHAVNEN

MODELLERING AF SEDIMENTSPREDNING UNDER GRAVEARBEJDER



MARTS 2021
AARHUS HAVN

BILAG 9

UDVIDELSE AF AARHUS HAVN - YDERHAVNEN

MODELLERING AF SEDIMENTSPREDNING UNDER GRAVEARBEJDER

PROJEKTNR.

A104076

DOKUMENTNR.

A104076-PD-75

VERSION

2.0

UDGIVELSESDATO

17/09/2021

BESKRIVELSE

TEKNISK RAPPORT

UDARBEJDET

CRJ, SAPN, VIKK

KONTROLLERET

THRY, HGLN

GODKENDT

THGI

INDHOLD

1	Konklusion	7
1.1	Strømforhold	7
1.2	Koncentration af suspenderet stof	7
1.3	Lysdæmpning	8
1.4	Sediment deposition	8
2	Indledning og formål	9
2.1	Aktiviteter	10
2.2	Fysiske påvirkninger	10
2.3	Resultater	10
3	Metode	11
3.1	Model beskrivelse	11
3.2	Bathymetri	11
3.3	Randbetingelser	19
3.4	Model parametre	23
3.5	Sedimentbeskrivelse	26
3.6	Kalibrering	35
3.7	Verifikation	35
4	Scenarier	45
4.1	Uddybningsaktiviteter og klapning	45
4.2	Udstyr	45
4.3	Modellerede scenarier	46
5	Resultater	68
5.1	Scenarie 1: ReWater, hovedforslag	68
5.2	Scenarie 2: ReWater alt 2	81
5.3	Scenarie 3: ReWater, bugtrør + overløb	92
5.4	Scenarie 4: Bundudskiftning moler	93
5.5	Scenarie 5: Lystbådehavn, Alt.2	107

5.6	Scenarie 6: Lystbådehavn og ReWater alt.2	119
5.7	Scenarie 7: Bundudskiftning moler + Lystbådehavn alt.2	131
5.8	Scenarie 8: Bundudskiftning moler + ReWater Hovedforslag	144
5.9	Scenarie 9: Bundudskiftning moler + ReWater alt.2	158
5.10	Scenarie 10: Sejlrende og bassiner	172
5.11	Scenarie 11: ReWater hovedforslag (med ydermole)	185
5.12	Scenarie 12: ReWater, alt.2 (med ydermole)	185
5.13	Scenarie 13: Lystbådehavn, alt.2 (med ydermole)	185
5.14	Usikkerhedsvurdering	185
6	Referencer	187

BILAG

Appendix A	Udvælgelse af modelperiode	189
A.1	Analyse af vindens vest-syd-vestlige komponent	189
A.2	Overskridelseshyppighed	190
A.3	Årstidsvariation	191

1 Konklusion

Formålet med sedimentspredningsmodelleringsne er at danne et grundlag for den marinbiologiske vurdering af gravearbejderne i forbindelse med havneudvidelsen. Denne rapport indeholder således det hydrauliske og fysiske grundlag for den videre miljøvurdering af projektets påvirkninger.

Modellering af sedimentforholdene viser overordnet, at sedimentspildet fra graveområderne (uddybning af sejlrende, nyt svajebassin, nyt havnebassin samt udskiftning af blødbund under nye moler) og klapområdet ved Fløjstrup Skov er adskilte, dvs. sedimentfanerne fra graveområderne ikke dækker ind over fanerne fra klapområdet.

I det følgende beskrives hovedkonklusionerne for nøgleparametre strømforhold, sedimentkoncentration, lysdæmpning og deposition.

1.1 Strømforhold

Strømforholdene ved udgravningsområdet er især afhængig af om ydermolen er etableret eller ej. Den etablerede ydermole har en skærmende effekt på vandområdet ud for Tangkrogen.

De gennemførte modelleringer viser, at strømforholdene på klapplassen i den eksisterende situation er præget af de lokale fordybninger på grund af tidligere råstofindvinding. Strømhastighederne er langsommere og drejet mod øst-vestlige retninger. Den ringe strømhastighed og den store vanddybde på den påtænkte klapplass betyder, at det klappede materiale spredes mindre end i området med højere strømhastighed. Klapplassen virker med andre ord som "sedimentfælde".

1.2 Koncentration af suspenderet stof

> Øjeblikksbilleder

Eksempler for øjeblikkelige faneudbredelser ved nord og sydgående strøm er vist som illustration af typiske forhold. Det ses, at fanerne med en koncentration på over 2 mg/l maksimalt udstrækker sig ca. 2 km fra graveområdet og knap 3 km fra klapplassen.

- > **Maksimal sedimentkoncentration**
For at undgå fejltolkning af figurerne for maksimale koncentrationer, understreges det, at disse figurer viser den højeste koncentration, der er blevet modelleret et givent sted på et eller andet tidspunkt i den respektive modelleringsperiode. Figuren viser dermed ikke en udbredelse af samtidige koncentrationer. Modelleringerne viser at koncentrationerne uden for grave- og klapområde ikke overstiger 50 mg/l.

- > **Overskridelsesvarigheder**
Figureerne med overskridelsesvarigheder viser i hvor lang tid et bestemt koncentrationsniveau er overskredet. Figureerne skal sammenholdes med de naturlige forhold, hvor vind, bølger og strøm giver anledning til naturlig op-hvirvling af bundsedimenter. Således forventes det, at den naturlige baggrundskoncentration af suspenderet stof over 2 mg/l kan forventes i ca. 100 dage om året. 2 mg/l koncentrationen anses som den laveste sedimentkoncentration, der kan observeres med det menneskelige øje. Badeområdet ved Tangkrogen ligger på kanten af sedimentfanens påvirkningsområde uden at Tangkrogen udsættes for høje koncentrationer. Med hensyn til klapplassens påvirkning af badestrande viser modelleringerne at der i en afstand på ca. 500 m fra de nærmeste badestrande findes en varighed af overskridelse af 2 mg/l niveauet på mindre end 1 dag.

1.3 Lyzdæmpning

Lyzdæmpningen på havbunden er beregnet som funktion af koncentration af projektrelateret suspenderet sediment. Der tages udgangspunkt i den gennemsnitlige naturlige lyzdæmpning i Aarhus Bugt. Lyzdæmpningen er beregnet ved havbunden således, at områder identificeres, hvor et givent lysniveau i en bestemt periode ikke længere er givet. Lysniveauet angives i procent af solindstrålingen ved overfladen for hhv. 5% og 20% lyzdæmpning.

Varigheden af lyzdæmpningen er fundet til ca. 3 uger ud for graveområdet ved Tangkrogen og omtrent 2 uger på et lavvandet område syd for klapplassen.

1.4 Sediment deposition

Depositionen er modelleret inklusive effekten af resuspension, dvs. at processen er medregnet, hvor aflejret sediment ved høje strømhastigheder hvirvles op igen og aflejres igen når forholdene bliver roligere.

- > **Depositionstykkelse:**
På kanten af graveområderne og af klapplassen forventes der en aflejringstykkelse efter afsluttede aktiviteter på under 10 cm. Denne tykkelse aftager ved større afstand.

- > **Sedimentationsraten:**
På randen af områderne er sedimentationsraten mindre end 2 kg/m²/måned (svarende til ca. 15 cm/måned). Denne rate aftager ved større afstand.

2 Indledning og formål

Formålet med den foreliggende rapport er at beskrive de fysiske påvirkninger i havet fra sedimentspild som hidrører fra marine gravearbejder for udvidelsen af Aarhus havn samt kumulative effekter i forbindelse med eventuel samtidig etablering af Aarhus Vand's nye rensningsanlæg (ReWater) og udvidelse af Marselisborg lystbådehavn.

Sedimentspildsmodelleringen er foretaget i tæt samarbejde med Niras, som er Aarhus Vands VVM-rådgiver.

Som en del af ovenstående projekter skal der udføres uddybninger til bassiner og sejlrende og opgravning af bundmaterialer med lav bæreevne. Da havbunds-materialerne ikke er velegnede til nyttiggørelse, skal de klappes på en klapplads.

Såvel ved opgravning som ved klappning kan der forekomme spild af materiale til det marine miljø. Det spildte materiale vil føres med strømmen, det vil spredes og det vil synke ud. De vigtigste påvirkninger er beskrevet i det følgende:

- 1 Koncentrationen af suspenderet materiale i sig selv kan have en negativ miljøeffekt på fisk, som vil udvise undvigende adfærd. For mennesket kan koncentrationen af suspenderet materiale begrænse den æstetisk badevandskvalitet.
- 2 Sedimentation, som beskriver aflejring af suspenderet materiale på havbunden, giver anledning til tildækning af den eksisterende havbund, og er raten af sedimentationen for høj, dvs. aflejres for mange kilo materiale på et givent areal indenfor en given tid, kan bundlevende planter og dyr ikke følge med og bliver begravet.
- 3 Lysdæmpningen er endnu en mulig påvirkning af forhøjede koncentrationer af suspenderet sediment. På vejen fra havoverfladen til havbunden dæmpes lyset af suspenderet materiale. Jo mere materiale i suspension, jo mere dæmpes lyset og jo mindre fotosyntese kan gennemføres af bundvegetationen.

Nærværende rapport omfatter dokumentation af de arbejdsskridt som en modellering af sedimentpåvirkning af et større anlægsprojekt kræver: En beskrivelse af metoden, dvs. af den hydrauliske model, afsnit 3.1, beskrivelse af dybdeforhold, afsnit 3.2, analyse af designperioden (se Appendix A), randbetingelserne (eller tvangsfunktioner), afsnit 3.3, modelparametrene, afsnit 3.4 samt beskrivelse af de aktuelle sedimenter, afsnit 3.5. Derudover dokumenteres processen for kalibrering og verifikation af modellen samt en vurdering af modelresultaternes usikkerhed, se afsnit 3.6, 3.7 og 5.14.

2.1 Aktiviteter

Sedimentspildet for følgende aktiviteter for tre bygherrer er undersøgt:

For Aarhus Havn:

- > Uddybning af sejlrende
- > Uddybning af svajebassin
- > Uddybning af havnebassin
- > Udskiftning af blødbund under ydermoler

For Aarhus Vand (ReWater):

- > Udskiftning af blødbund under Hovedforslag
- > Udskiftning af blødbund under Alternativ 2
- > Udgravning ifm. Udløbsledningen ("Bugtrøret") og overløbsledning (ingen klappning)

For Aarhus Kommune:

- > Udvidelse af Marselisborg Lystbådehavn, hovedforslag (ingen graveaktiviteter)
- > Blødbundsudskiftning ved udvidelse af Marselisborg Lystbådehavn, Alternativ 2

Der henvises til en detaljeret beskrivelse af de undersøgte scenarier i afsnit 4.1 og 4.2.

2.2 Fysiske påvirkninger

De fysiske effekter af sedimentspildet modelleres i en hydraulisk model. Denne model beskriver de fysiske tilstande med som funktion af sted, vanddybde og tid. Blandt andet på baggrund af disse fysiske nøgleinformationer er biologiske eksperter i stand til at vurdere projektaktiviteternes påvirkninger på de forskellige organismer og dermed at beskrive miljøpåvirkningen.

Følgende fysiske nøgle parametre er undersøgt:

- > Koncentration af suspenderet materiale
- > Sedimentation og sedimentationsrater
- > Lysdæmpning ved havbunden

2.3 Resultater

Modelresultaterne er præsenteret i form af udbredelsesplots og forskellige statistiske størrelser. Tærskelværdier, der er af særlig miljømæssig relevans, er ligeledes anvendt under præsentation af modelresultaterne.

Det understreges at de angivne farveskalaer ikke indebærer nogen form for risikogradering eller "farlighed", og at udbredelseskortene med deres respektive farvelægninger udelukkende skal ses som et redskab for biologiske eksperter til at foretage deres miljøfaglige vurderinger.

3 Metode

3.1 Model beskrivelse

Den numeriske modellering af strømforholdene er foretaget med DHI's MIKE 3 FM HD (Flexible Mesh HydroDynamic) model og dækker Aarhus Bugten samt en stor del af Kattegat. MIKE 3 FM HD beskriver vandstand og hastigheder i hvert punkt i et modelområde og i flere dybder.

MIKE 3 FM HD er et omfattende værktøj til modellering af 3-dimensionale strømninger med en fri overflade. Modellen løser de styrende ligninger for bevarelse af masse og impuls. At modellen er 3-dimensionel betyder, at strøm, temperatur og salinitet beregnes i et antal vertikale lag i vandsøjlen for hvert punkt i modellen. Det betyder, at modellen kan anvendes til at studere springlag (lagdeling), densitetsstrømme, vandskifte ved havbunden m.m. Modellen kræver en modeltopografi (bathymetri) og er drevet af tidsserier for vind, vandstand og/eller vandføring. Modeloutput er tidsserier for udvalgte parametre, som igen kan behandles, så de gengives som kort over f.eks. strømhastighed og -retning til et givet tidspunkt (midlet eller i en given dybde), maksimale strømhastigheder, overskridelsessandsynlighed for en given strømhastighed mv.

Den anvendte MIKE 3 FM HD model anvender følgende input til simulering af strømmingen:

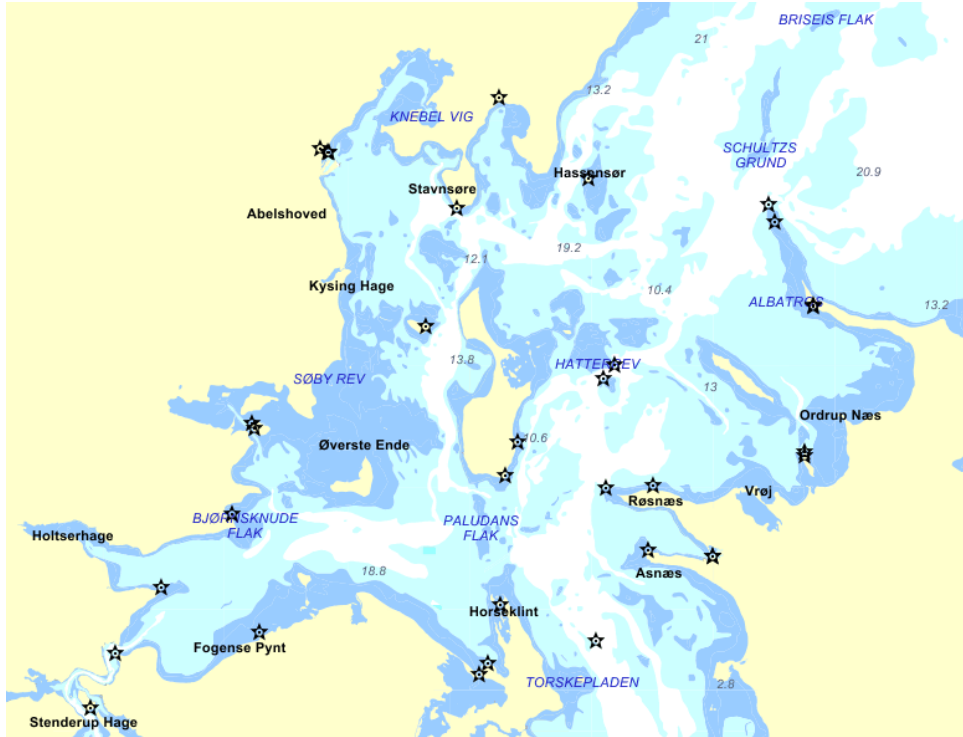
- > Bathymetri af modelområdet
- > Tidsvarierende hydrodynamiske randbetingelser (strøm, salinitet og temperatur i forskellige dybder samt vandstand hen over randen)
- > Bundruhed
- > Tidsvarierende vind og lufttryk over modelområdet

3.2 Bathymetri

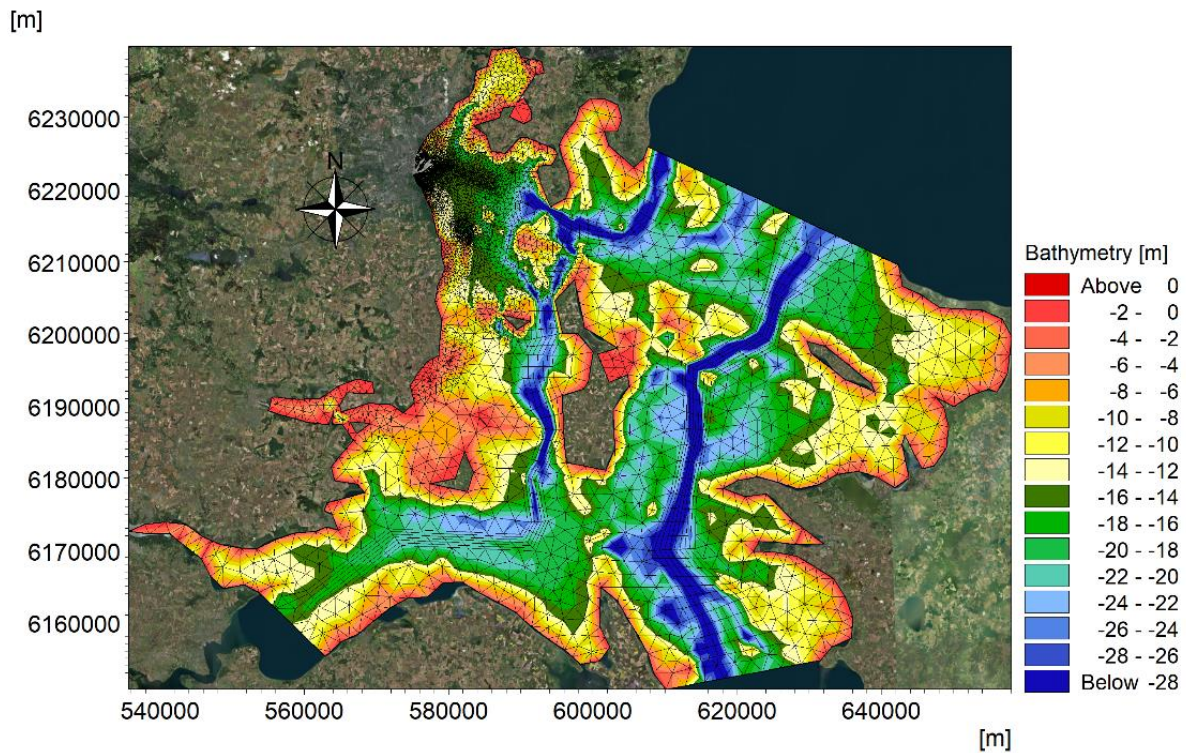
Modelbathymetrien og udformningen af havnen og landområder er baseret på følgende datasæt:

- > Havnens bathymetriske opmåling fra 2017 af havnens bassiner og indsejling
- > Bathymetri-data fra Farvandsvæsnets model for den sydlige del af Kattegat
- > Søkort nr. 127 INT 1372
- > Havneplan for Aarhus Havn
- > Masterplan for Yderhavnen (hovedforslag)
- > Helhedsplan for Tangkrogen (hovedforslag)

Et udsnit af søkortet for modelområdet er givet i Figur 3-1

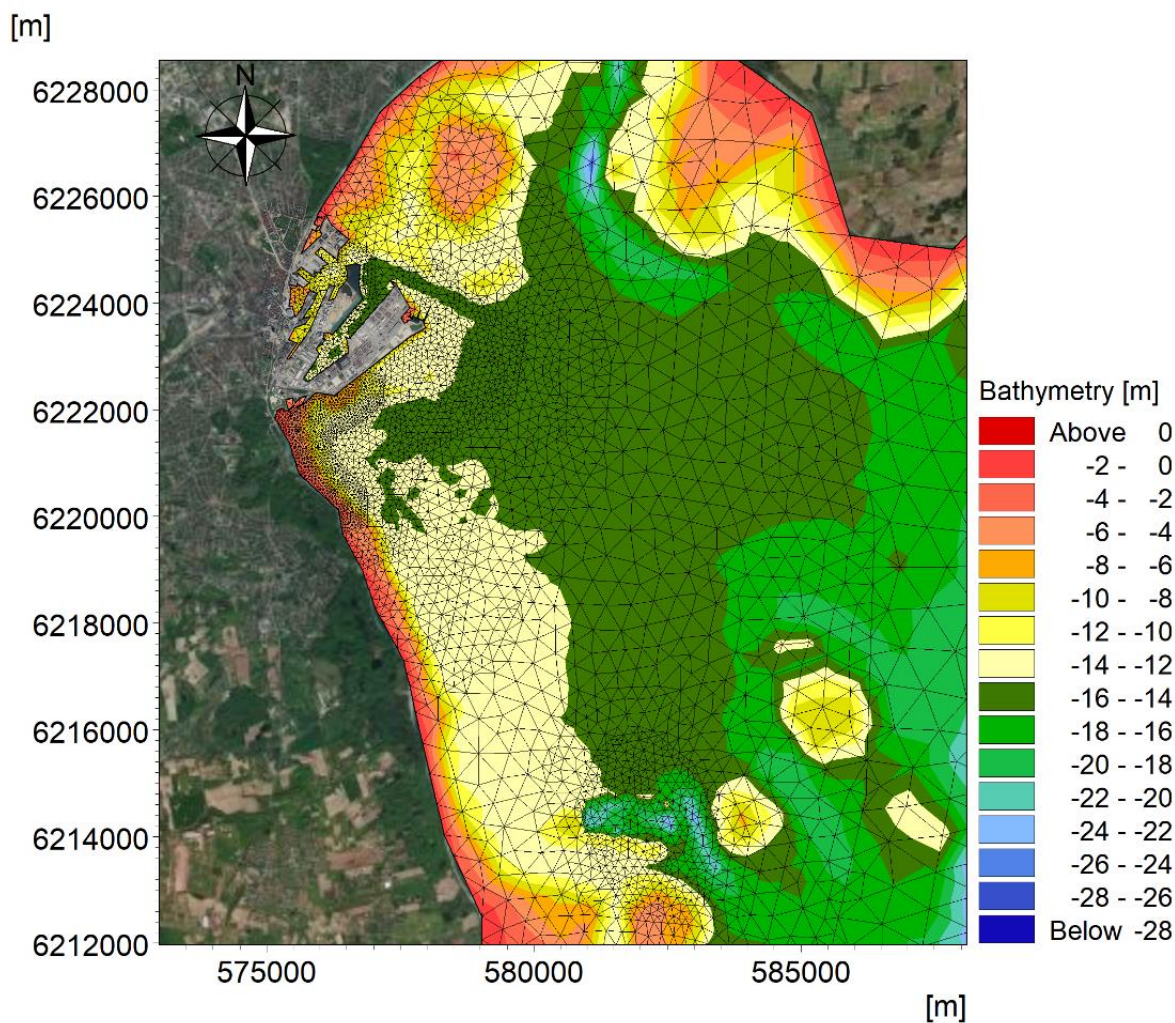


Figur 3-1 Udsnit af søkort for modelområdet.

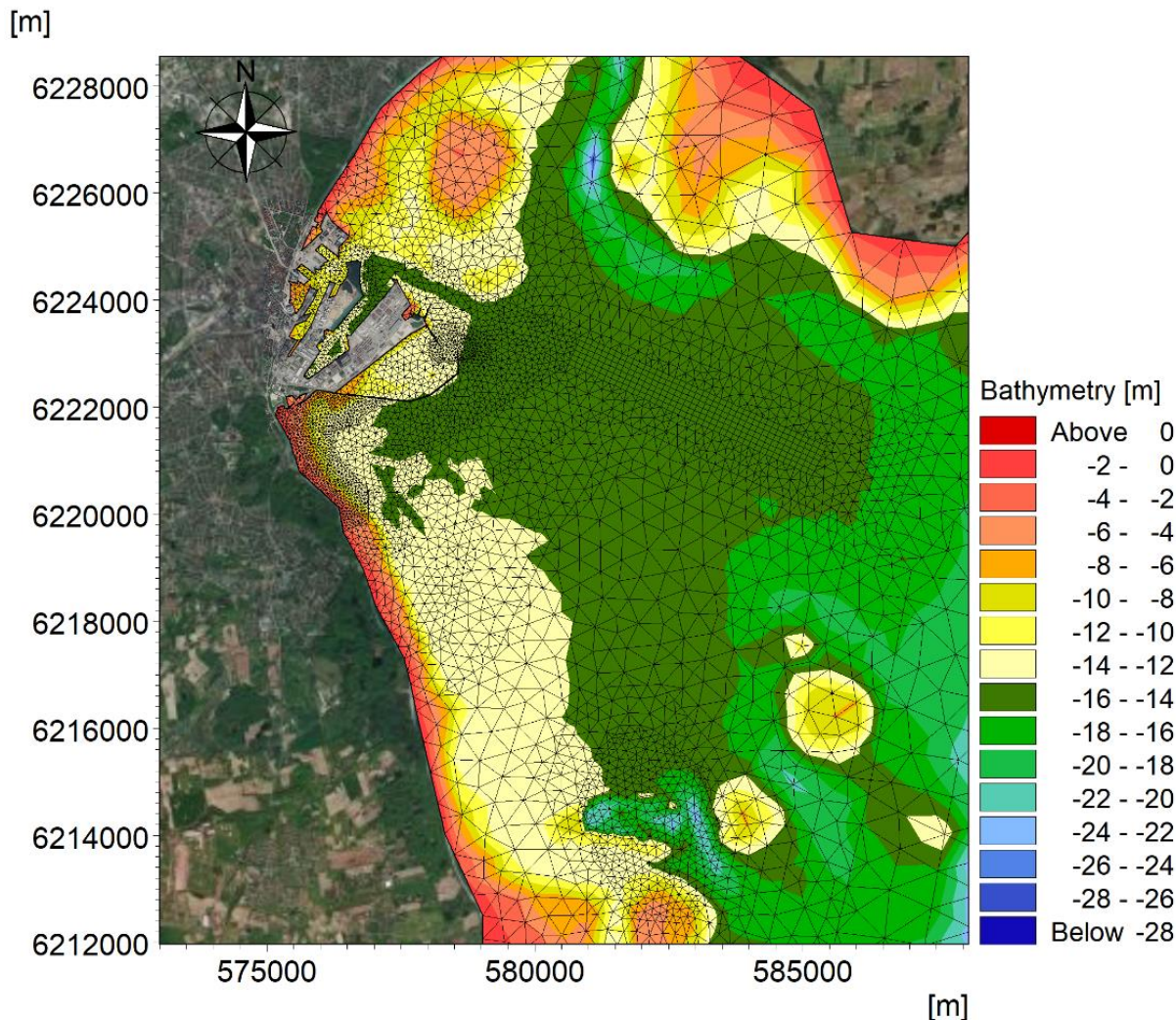


Figur 3-2 Modelbathymetri og -opløsning for hele modelområdet (Bathymetri/vanddybde er vist i meter i forhold til middelvandstand).

Modellen strækker sig fra Storebælt mod syd til farvandet mellem Sjællands Odde og Djursland mod nord. Modellen omfatter således hele Aarhus Bugten, Samsø bælt og en del af både Storebælt og Lillebælt (cirka 90x85km i udstrækning). Modelområdet er inddelt i områder, hvor modelopløsningen bliver finere og finere ind mod projektområdet. Dette sikrer, at modellen er i stand til at opløse de eventuelle lokale ændringer i strømforhold, som havneudvidelsen måtte forårsage. Modellens opløsning varierer fra en gennemsnitlig størrelse på 2 km i Storebælt til 150-200 m i projektområdet. Modelbathymetrien er vist i Figur 3-2 for hele modelområdet og i Figur 3-3 for projektområdet.



Figur 3-3 Modelbathymetri og -opløsning nær Aarhus Havn og på den foreslåede klappads syd for havnen. Eksisterende forhold uden ydermole.



Figur 3-4 Modelbathymetri og -opløsning nær Aarhus Havn og på den foreslåede klappads syd for havnen. Med ydermole.

3.2.1 Modelopløselighed

Modellens opløselighed er vist i Figur 3-2 for hele modelområdet og i Figur 3-3 for projektområdet.

Horisontal opløselighed

I de ydre dele af modelområdet er der anvendt et fleksible trekantet net (flexible triangular mesh). I udgangspunktet er den samme opløselighed brugt som i /1/. De største trekanters sidelængde er ca. 2 -3 km. Derudover er der anvendt rektangulære net med en opløselighed på 50 m i havnebassiner. For sejltrenden og for klappadsen er der anvendt en opløselighed på 75 m.

Vertikal opløselighed

Modellen er inddelt vertikalt i 2 σ -lag og 8 z-lag. Tykkelsen af hvert lag fremgår af Tabel 3-1. σ -lag adskiller sig fra z-lag ved at kunne variere tykkelsen (alt efter vandstand) og at være i stand til at blive tørlagt. Dette er relevant i de øverste lag, idet tidevandet og/eller vindstuvning kan ændre vandstanden i en sådan

grad at nogle beregningspunkter tørlægges. Fordelen ved z-lagene i de nedre lag er at z-lagene bedre følger de faktuelle strømninger, som orienterer sig mere vandret end den aktuelle variation i havbunden.

Den primære skilleflade (også kaldet springlag) ligger i omkring 15 m's dybde. Andre 3-dimensionale effekter på strømmingen omfatter:

- > Vindpåvirkning af det øverste lag
- > Tyngdedreven udskiftning af vand i Aarhus Bugt med vand fra Storebælt ("Lock-exchange")
- > Dannelse af en temperaturbetinget lagdeling i Aarhus Bugt (Termoklin) på grund af solindstråling spiller en mindre betydende rolle for strømningsforholdene under gravearbejdet.

Den valgte vertikale opløselighed fremgår af Tabel 3-1.

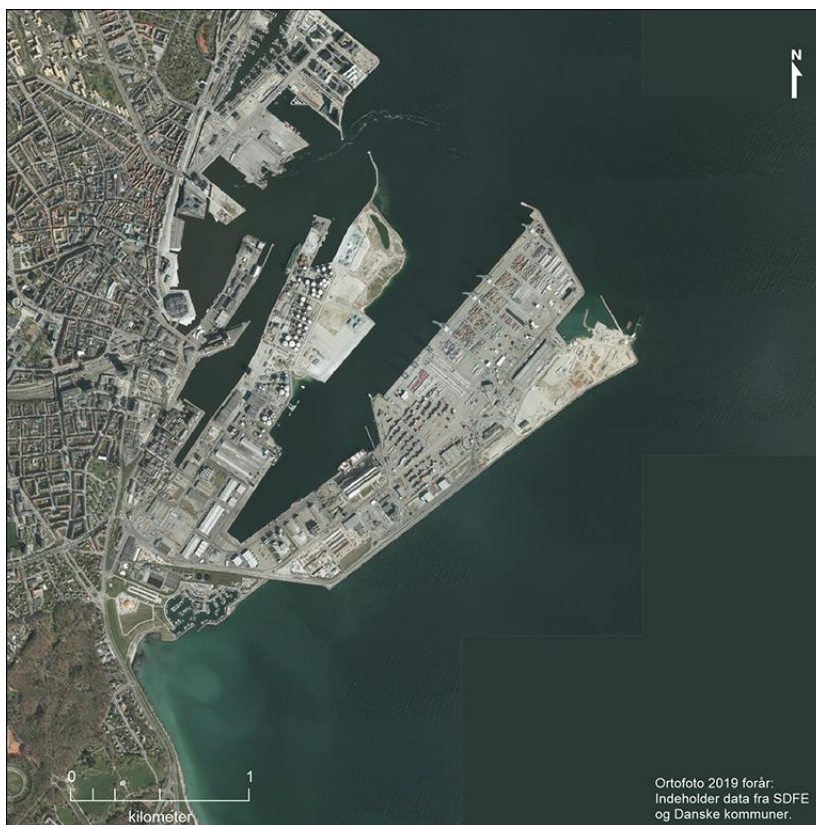
Tabel 3-1 Vertikal opløsning af 3D-strømmodel.

Lagnr.	Tykkelse (m)	Kote underside af lag (m)	Type
1	1	-1	σ-lag
2	1	-2	
3	2	-4	z-lag
4	3	-7	
5	3	-10	
6	3	-13	
7	2	-15	
8	2	-17	
9	5	-22	
10	10	-32	
11	Variabel	Bund	

3.2.2 Havneudformning

To forskellige udformninger for havnen er anvendt til modelleringen:

- > Situation uden ydermole (eksisterende forhold), se Figur 3-5
- > Udformning med ydermole, se Figur 3-6



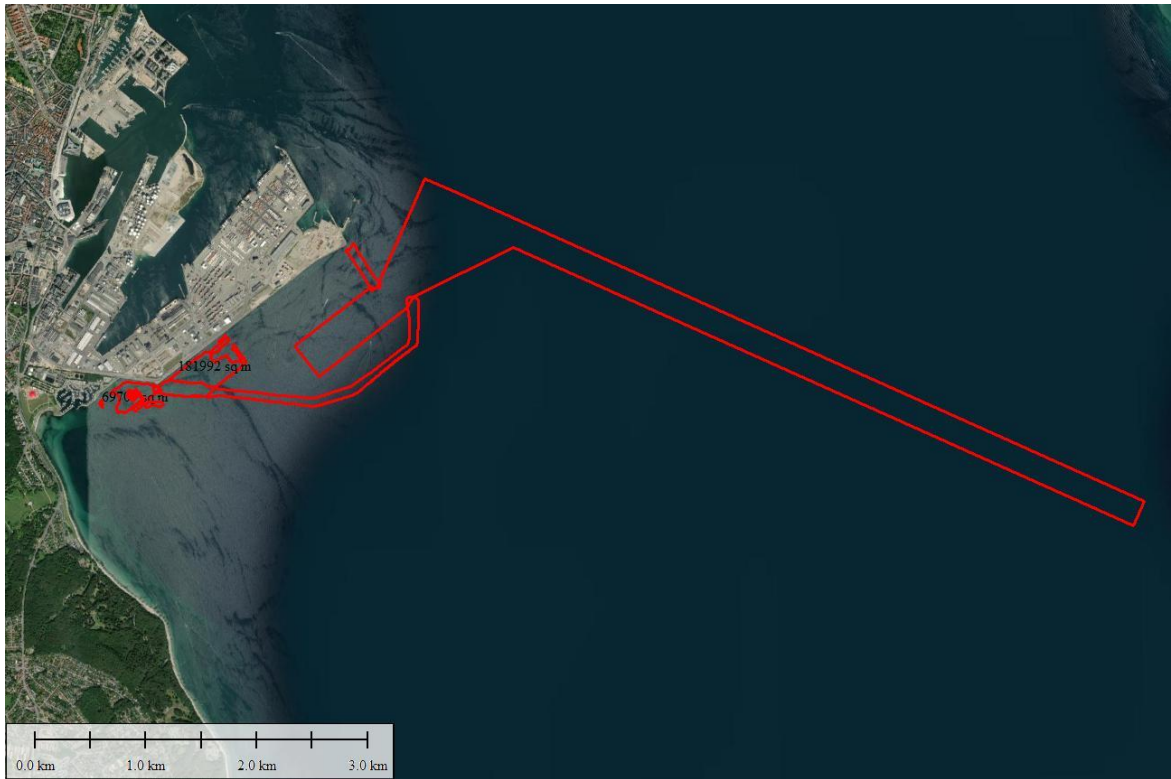
Figur 3-5 Illustration af situationen uden ydermole (eksisterende forhold).



Figur 3-6 Illustration af udformningen med ny ydermole

3.2.3 Graveområder og klappingsområde

Arealerne for opgravning uddybning til havneudvidelsen er markeret i Figur 3-7.



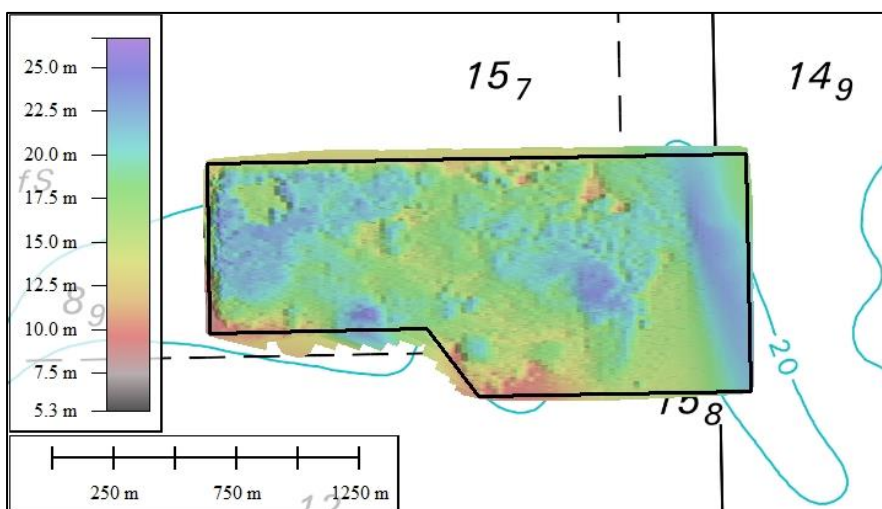
Figur 3-7 Arealer for udgravning til sejlrende, svajebassin og havnebassin, bundudskiftning under ydermoler og for ReWater (hovedforslag) og ReWater (alternativ 2)

Området til klappning er illustreret i Figur 3-8.



Figur 3-8 *Beliggenheden af det planlagte klappingsområde Fløjstrup Skov 502-AC (rødt område). Kortet viser desuden beliggenheden af det nuværende indvindingsområde Fløjstrup Skov 502-CA (gul linje), samt beliggenheden af klapppladsen i forhold til Aarhus Havn (ses for oven i afbildningen).*

Resultater af en pejling af vanddybderne på det tidligere indvindingsområde 502-AC er vist i Figur 3-9.



Figur 3-9 Opmålingsresultater af vanddybder i det planlagte klappingsområde.

3.3 Randbetingelser

De åbne modelrande er vist i Figur 3-10. Langs randene er der påført varierende vandstand og strøm, som beskrevet i følgende afsnit.



Figur 3-10 Modeludstrækning og randenes placering i modellen. Søkort ©Geodatastyrelsen 320-0003.

3.3.1 Modelperiode

Grave- og klappningsaktiviteterne antages i projektbeskrivelsen at kunne gennemføres i løbet af omtrent et kalenderår. Dette er taget som udgangspunkt for modelleringen af påvirkningerne. En længere udførelsesperiode vil øge varigheden af påvirkningen men samtidig reducere påvirkningens størrelse (sedimentkoncentrationer, aflejringsrater m.m.) idet den bliver fordelt på et længere tidsrum.

Til vurdering af miljøpåvirkninger anvendes en periode med typisk eller repræsentativt strømningssforhold. Projektets påvirkninger på nøgleorganismer og udpegningsgrundlag skal sammenlignes med de forhold de udsættes for normalt. Påvirkningerne skal vurderes for en lang række organismer, kysttyper og bundforhold, som alle har deres påvirkningsmønstre. Hvad der kan være særlig kritiske eller "worst case" for den ene art kan være uden betydning for en anden. Derfor er det bedst praksis at gennemfører vurderingen af miljøpåvirkningerne på en periode, der strømningssmæssigt set kan anses for at repræsentere gennemsnitlige forhold.

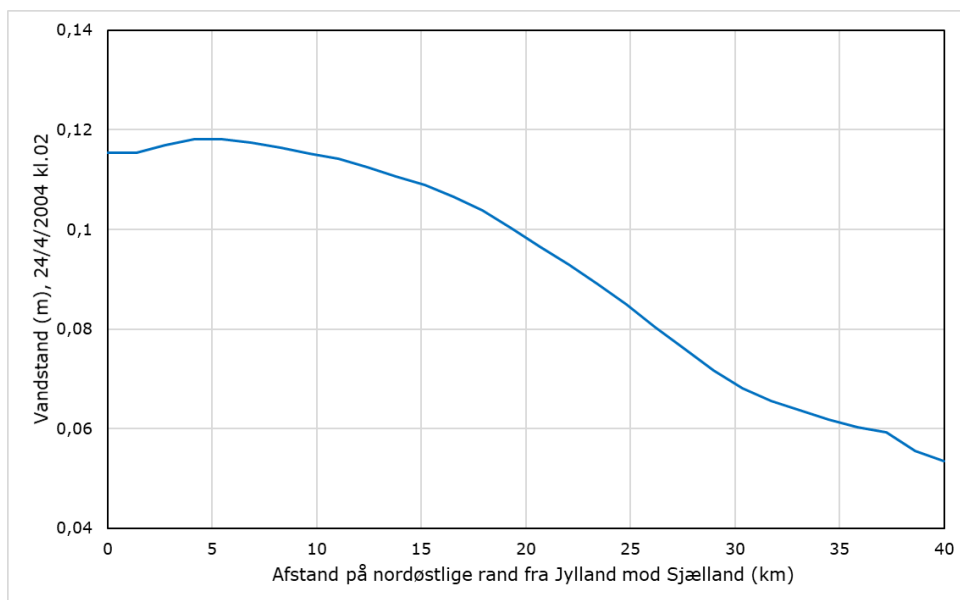
På grund af aktiviteternes varighed er varigheden af modelleringen valgt til 1 år. For at bestemme hvilket år, der kan anses for gennemsnitlige, er der gennemført flere uafhængige analyser. Disse er dokumenteret i Appendix A. På baggrund af disse analyser er året 2004 valgt som modelperiode.

De modellerede fysiske påvirkninger vurderes senere med henblik på deres virkning på miljøet. Da påvirkninger på forskellige arter vil ligge på forskellige tidspunkter på året, har man her valgt at modellere de fysiske påvirkninger uafhængig af de sårbare perioder efter en realistisk og praktisk gennemførlig tidsplan. I den senere vurdering af miljøpåvirkningerne antages der så, at påvirkningerne vil foregå i de for hver art mest sårbare perioder/sæsoner. På denne måde bliver modelleringerne uafhængige af de forskellige arters forskellige sårbarhedsperioder.

3.3.2 Vandstand

Langs de åbne modelrande er der påført en vandstand, der varierer langs randen og i tid. Randdata er udtrukket af DHI's regionale strømmode for de indre danske farvande. Dette er en bredt benyttet og valideret model, se (COWI 2019). Vandstanden i denne model er drevet af tidevand, densitetsstrømninger og meteorologiske forhold. Diskretiseringen af vandstande langs randen er 500 m.

Et eksempel på en varierende vandstand langs den nordøstlige rand ses på Figur 3-11.



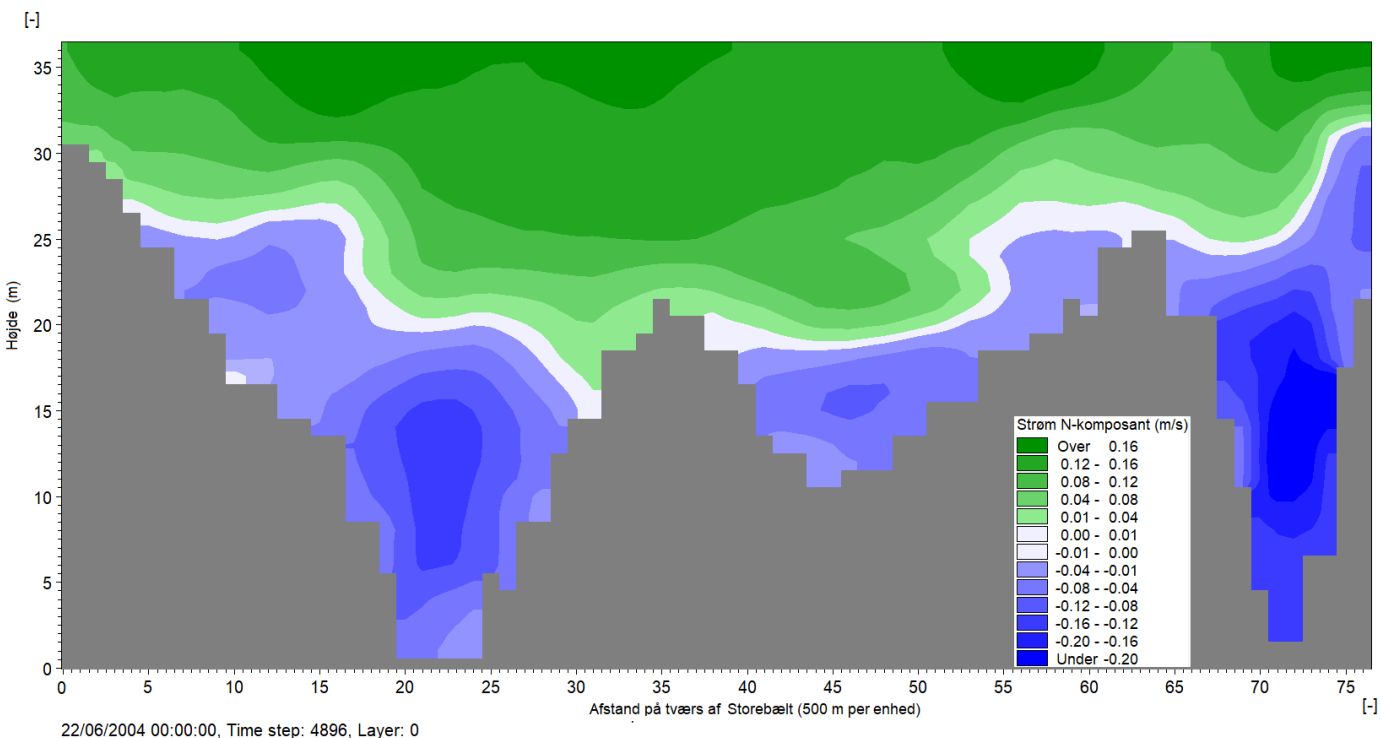
Figur 3-11 Vandstand langs den nordøstlige rand d. 24-04-2013 kl. 02:00. Vandstanden er angivet i m over middelvandstand

Ovenstående figur illustrerer hvordan vandstanden varierer over længden på 40 km. Variationerne på langs af randen, som vist ovenfor ændrer sig med tiden, mestendels som reaktion på varierende vindpåvirkning. Derudover varierer vandstanden over tiden som følge af tidevand og meteorologiske påvirkninger, se i øvrigt også tidsserien for vandstandsvariation i Aarhus havn i afsnit 3.7.1.

3.3.3 Strøm

Foruden vandstande er der på randene påført en varierende strøm. Strømmen er ligesom vandstanden udtrykt fra DHI's regionale strømmodel. Strømmen er påført hver rand og varierer i tid, langs randen samt med dybden. Det er derved en 3D randbetingelse som påføres til hvert tidskridt i modellen. Opløsningen af de benyttede randbetingelser er 1 m i dybden og 500 m langs randen.

Et eksempel på en strømrand ses på Figur 3-12.



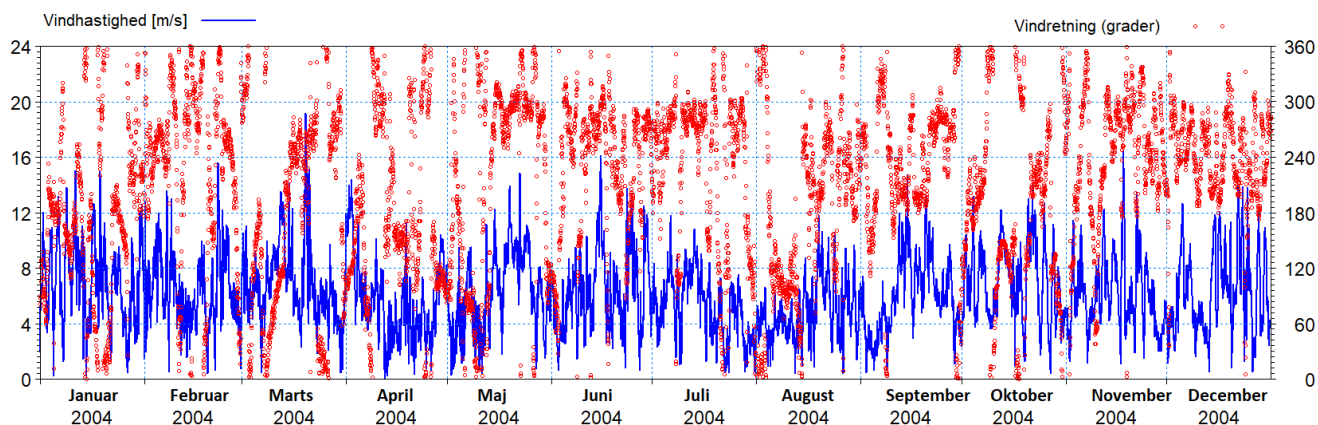
Figur 3-12 Vertikalt tværsnit af nordgående strømkomponent langs den nordøstlige rand d. 22-06-2004 kl. 00:00. Venstre side er mod Sjællands Odde, højre side er mod Djursland, øst for Ebeltoft. Strømhastigheder er angivet i m/s, grønne farver indikerer nordgående strøm, blå farver indikere sydgående strøm.

Figuren illustrer tydeligt nordgående strøm i de øvre lag og sydgående strøm i de nedre lag. Springlaget (overgangen mellem lagene) findes i et niveau der svarer til en vanddybde på ca. 15 m. Figuren indikerer dermed dynamikken af strømningsforholdene i Storebælt.

3.3.4 Vindhastighed og lufttryk

I modelområdet drives strømmen bl.a. af de meteorologiske forhold som vind og lufttryk. De benyttede vind- og trykfelter er udtrukket fra DHI's regionale strømmodel og er baseret på DMI's regional vindmodel, HIRLAM, som har en opløselighed på 3x3 km.

Tidsserierne for vindhastighed og -retning ses på Figur 3-13.



Figur 3-13 Vindhastighed og vindretning over modelområdet i året 2004

3.3.5 Vandtemperatur og -salinitet

Strømforholdene i de indre danske farvande er lagdelte som følge af den stadige udstrømning af forholdsvis fersk vand fra Østersøen og tilstrømningen af salt vand fra Nordsøen. Salinitets- og temperaturforskellene giver anledning til densitetsforskelle, og dannelse af et springlag, som man typisk finder i ca. 10-12 m dybde i bl.a. Storebælt. Strømmen over og under springlaget kan til tider løbe i hver sin retning, og lagdelt strømning kan derfor ikke beskrives i en 2D strømmodel. For at kunne inkludere densitetsstrømme og studere havneudvidelsens indflydelse på vandskiftet ved havbunden, er densitetsforskellene i vandkolonnen inkluderet i MIKE 3 modellen. Densitetsforskellene tages i regning ved, at der på modellens rende påføres 2D felter af varierende temperatur og salinitet med dybden fra DHIs regionale strømmodel.

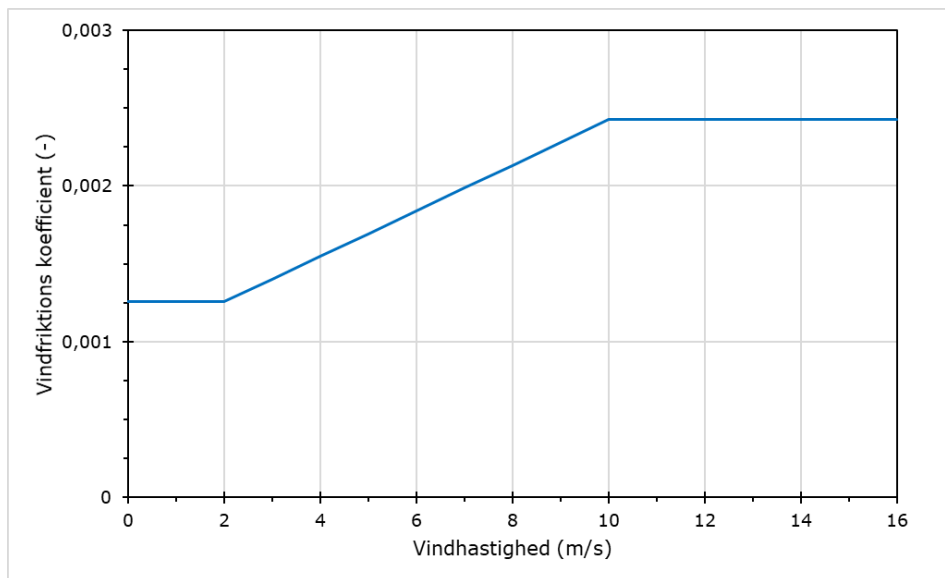
3.4 Model parametre

Modelresultaterne bliver sammenlignet med målinger af vandstand, saltholdighed og temperatur som illustreret i verifikationsafsnittet 3.7. Følgende modelparametre er anvendt:

3.4.1 Bundfriktion

Ruhedstallet af havbunden bliver brugt til kalibrering af strømhastighederne. Der foreligger en sammenhæng mellem ruhestallet og Manning tallet, som traditionel anvendes til beskrivelse af modstanden ved havbunden. Et ruhestal på 0,1 m er anvendt for hele modelområde i denne modellering og det svarer omtrentlig til et Manningtal på $37 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$. Det skal bemærkes at ruheden i en numerisk strømningmodel er en kalibreringsparameter der ikke kun tager højde for den fysiske bundruhed men også skal tage højde for evt. manglende opløste variationer på bunden grundet diskrediteringen. Ruheden i strømningmodellen er ikke ens med den der anvendes i sedimentspredningsmodulet hvor k-værdien vil være mindre til beregning af bundforskydningsspændingerne til brug i deposition/erosionsberegningerne, se afsnit 3.5. Vindfriktion

Vindfriktion beregnes traditionelt ved at anvende en relation mellem vindens hastighed og en dimensionsløs friktions koefficient. På baggrund af kalibreringerne gennemført i den tidligere modellering af Aarhus Bugt i /2/ er følgende relation anvendt. For vindhastigheder under 2 m/s anvendes en koefficient på 0,001255, for vindhastigheder over 10 m/s en koefficient på 0,02525, for vindhastigheder mellem 2 og 10 m/s interpoleres koefficienten lineært:



Figur 3-14 Variation af vindfriktions koefficienten med vind vindhastighed.

3.4.2 Turbulens

Den horisontale turbulens er defineret af en Smargorinsky formulering af turbulensen med en skaleringskonstant på 0,28.

Den vertikale turbulens er baseret på en standard k-ε model som er udbygget med et densitetsmodul. Denne model anvender transportligningerne for produktion (k) af turbulent kinetisk energi og dissipation (ε) af turbulent kinetisk energi for at beskrive den øjeblikkelige turbulens. Beskrivelsen af den vertikale turbulens er endvidere begrænset til et bestemt interval for størrelsen hvirvelviskositet, som indgår i beskrivelsen af turbulensen. Den nedre grænse for hvirvelviskositeten er sat til $1,8 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ mens den øvre grænse er sat til $0,1 \text{ m}^2/\text{s}$.

3.4.3 Dispersion af saltholdighed og temperatur

Koefficienten for den horisontale og vertikale dispersion (spredning) er i beregningerne knyttet til hvirvelviskositeten gennem en dimensionsløs skaleringsfaktor (det turbulente Prandtl's tal Pr_t), således at den horisontale og den vertikale spredning af saltholdighed og temperatur er styret af turbulensen i strømmingen.

En god kalibrering findes ved dimensionsløse koefficienter på 1 for den horisontale dispersion og på 0,1 for den vertikale dispersion.

Table 3-1 Anvendte model parametre for friktions- og turbulensbeskrivelsen i MIKE3 HDFM

Parameter		Værdi	Dimension
Bundruhed		0,1	m
Vindfriktion, W<2 m/s		0,001255	-
Vindfriktion, 2<W<10 m/s		Lineær variation	-
Vindfriktion, W>10 m/s		0,002425	-
Hvirvel viskositet	Horisontal	Smagorinsky formulering, skaleringsfaktor 0.28	-
	Vertikal	Standard k-ε model med densitetsmodel	-
Dispersion	Horisontal	Knyttet til hvirvel viskositet med faktor 1	-
	Vertikal	Knyttet til hvirvel viskositet med faktor 0.1	-

3.4.4 Lyسدæmpning

Lysets forskellige bølgelængder dæmpes forskelligt meget under vand, således dæmpes det røde lys forholdsvis meget, mens det blå og grønne lys dæmpes mindre og når dermed længere ned i vandsøjlen. Af særlig interesse for bundfæstede planter er de komponenter af det indfaldne lys, der er anvendelig for fotosyntesen, på engelsk "Photosynthetically Active Radiation" (PAR). Disse såkaldte PAR komponenter har typisk bølgelængder mellem 300 nm og 800 nm.

Suspenderede sedimenter forstærker lysdæmpningen i vandsøjlen. I vand der er uforstyrret af projektbetingede sedimenter (dvs. i naturlige forhold) vil lysdæmpningen aftage eksponentiel far vandoverfladen ned gennem vandsøjlen efter følgende generelle dæmpningsformel.

$$I_z = I_0 \cdot e^{(-k_d \cdot z)}$$

hvor I_z er lysintensiteten under vand i dybden z , baserende på en overfladeindstråling I_0 og en dæmpningskoefficient k_d .

Lysbegrænsning for havgræsser er publiceret af /3/ og baseret på dette kan en koefficient for baggrundsdæmpning på $0,3506 \text{ m}^{-1}$ beregnes.

Sediment i suspension i vandsøjlen vil resultere i yderligere lysdæmpning som en konsekvens af skygning fra sedimentpartikler. Denne yderligere skygning fra sedimenterne kan bestemmes på baggrund af den modellerede overkoncentrationen af suspenderet sediment og en relation, der er bestemt af /4/:

$$k_d(SS) = 0,06402 \cdot SS$$

hvor $k_d(SS)$ er bidraget af suspenderet sediment til lysdæmpnings koefficienten og SS er koncentrationen af suspenderet sediment angivet i g/m^3 . Koefficienten

$k_d(SS)$ adderes til baggrunddæmpningen k_d for at bestemme den kombinerede effekt på lysindstråling i dybden z af såvel den naturlige dæmpning som dæmpningen fra den modellerede overkoncentration af suspenderet sediment.

Lysintensiteten ved havbunden er bestemt på basis af den aktuelle vanddybde og den modellerede overkoncentration af suspenderet sediment. Nøgleværdier for lysgrænsen for ålegræs og makroalger i Danmark er i Miljøkonsekvensrapporten angivet til hhv. 20% og 5% af overfladens PAR. Varighederne af de perioder, hvor lysforholdene er reduceret til enten <20% eller <5% under er modelleret både for situationen uden sedimentfrigivelse og for situationen med sedimentfrigivelse fra det aktuelle projekt. Forskellen mellem de to situationer beskriver de områder og de varigheder, hvor lysbegrænsningen for hhv. 5% og 20% lysintensitet ved bunden vil have en effekt.

3.5 Sedimentbeskrivelse

Sedimenternes karakteristika med hensyn til kornstørrelse, densitet, osv. er givet i den geotekniske vurderingsrapport for Ydehavnen [ref. /1/]. Nedenfor er de parametre beskrevet, der er vigtige for modelleringen af de styrende sedimentationsprocesser.

3.5.1 Sedimentspild

Sedimentspild forventes såvel under gravearbejdet som under klapping.

Gravearbejde

Der findes ikke en generel accepteret værdi for sedimentspild. Under marine gravearbejder vil der altid tabes en andel sediment, f.eks. kan der falde sediment fra skovlen mens den hæves gennem vandsøjlen. En del af det tabte sediment vil falde ned i graveområdet og blive gravet op igen senere. Den del af sedimenterne, der driver med strømmen og ud af selve graveområdet betegnes her som sedimentspild. Denne del vil blive ført bort og påvirke det marine miljø på forskellig vis. I forhold til den totalt opgravede mængde udgør sedimentspildet typisk et antal %. Spildet er for det meste afhængig af graveudstyret og -intensiteten.

COWI har drøftet udførelsesmetoder med uddybningsentreprenører, som har givet udtryk for at materialets art, mængderne og dybderne egner sig til gravning med hydraulisk gravemaskine (backhoe) eller f.eks. spandkædemaskine. Der findes en del erfaringstal for uddybning foretaget med hydrauliske gravemaskiner, som viser spild på i omegnen af 2-3%. Erfaringer fra anlæg af trafikforbindelser over Storebælt /5/ og Øresund /6/ var på 2,6-3,5%. Spildet var 3,35 % for en flod i England /7/, og senest er der blevet anvendt 3,5% i miljøkonsekvensvurderingerne for trafikforbindelsen over Femern Bælt /8/.

I betragtning af de relativt løse sedimentter der skal uddybes i nærværende projekt anvendes i det følgende et konservativt estimat på spildprocenten på 5%.

Klapning

Ligesom for gravearbejdet findes der heller ikke en generel gældende værdi for sedimentspild under klapning. Klapningen af sedimenterne forventes udført med splitpramme og erfaringsværdier for sedimentspild i den forbindelse varierer mellem 3,1% til 5% - fundet i målinger ud for Hong Kong /9/ og /10/, til 7% som anvendes som i default værdi i amerikansk software /11/. Det forventes at klapning i dette projekt vil blive gennemført i et tidligere sandindvindingsområde, som nu fremstår som en fordybning i havbunden. Derfor kan det antages at sedimentspredningen under klapning vil være relativ begrænset.

Spildet under klapning vælges derfor til 6%, som anses for et realistisk og sikkert valg.

3.5.2 Tørdensitet

Tørdensiteten ρ_d beregnes over våddensiteten ρ og vandindholdet w efter formelen:

$$\rho_d = \frac{\rho}{(1 + w)}$$

hvor

$$\rho = \frac{\gamma_m}{g}$$

I den geotekniske vurderingsrapport /1/, afsnit 7.3.2 "Klassifikationsegenskaber", er følgende vandindhold oplyst (se Tabel 3-2):

Tabel 3-2 Vandindhold i forskellige jordarter, [ref. /1/]

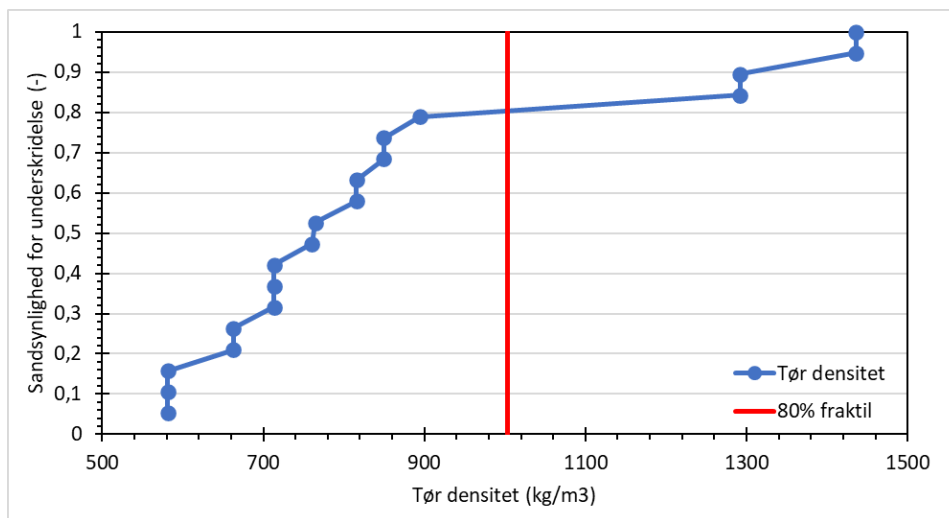
Jordart	Vandindhold w (%)
Gytje	100
Ler	128
Silt	42

På baggrund af den geotekniske beskrivelse i CPT-boringerne i /1/ er tørdensiteten beregnet og gengivet i Tabel 3-3.

Tabel 3-3 Sammenstilling af boring, jordartsbeskrivelse, mættet rumvægt γ_m , vandindhold w og tørdensitet ρ_d .

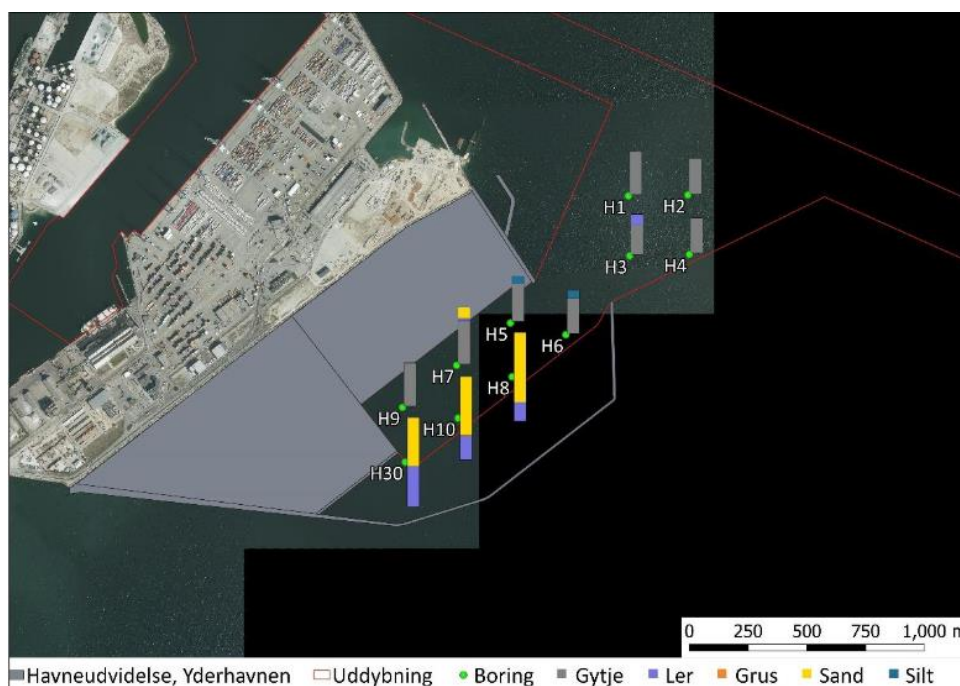
Boring	Jordart	Beskrivelse	Mættet rumvægt γ_m (kN/m ³)	Vandindhold, w , fra Tabel 3-2 (%)	Tørdensitet ρ_d (kg/m ³)
H/CPT11	Gytje	Meget fedt, kalkfrit	13	100	663
H/CPT12	Ler	Meget fedt, org.holdigt	13	128	581
H/CPT12	Gytje	Stærkt siltet, sandet	16	100	815
H/CPT13	Ler	Meget fedt, org.holdigt	13	128	581
H/CPT13	Ler	Meget fedt, org.holdigt	13	128	581
H/CPT13	Gytje	Meget fedt, kalkfrit	15	100	765
H/CPT16	Gytje	Meget fedt, sv. kalkholdigt	13	100	663
H/CPT16	Gytje	Meget fedt, sv. kalkholdigt	14	100	714
H/CPT20	Fyld: Silt	Leret, kalkholdigt	20	42	1436
H/CPT20	Fyld: Ler	Ret fedt, kalkholdigt	19	128	849
H/CPT20	Silt	Sv. leret, sv. sandet	18	42	1292
H/CPT20	Ler	Fedt, kalkholdigt	20	128	894
H/CPT21	Fyld: Ler	Ret fedt, kalkholdigt	19	128	849
H/CPT21	Fyld: Silt	Leret, kalkholdigt	20	42	1436
H/CPT21	Fyld: Ler	Meget fedt, st. kalkh.	17	128	760
H/CPT23	Gytje	St. leret, sv. sandet	16	100	815
H/CPT23	Gytje	Meget fedt, sv. sandet	14	100	714
H/CPT25	Gytje	Meget fedt, sv. kalkh.	14	100	714
H/CPT26	Silt	Sandet, sv. kalkh.	18	42	1292

På baggrund af ovenstående beregninger er 80% fraktilen af tørdensiteterne på ca. 1000 kg/m³ valgt som en konservativ og repræsentativ tørdensitet for alle jordarter, se Figur 3-15.

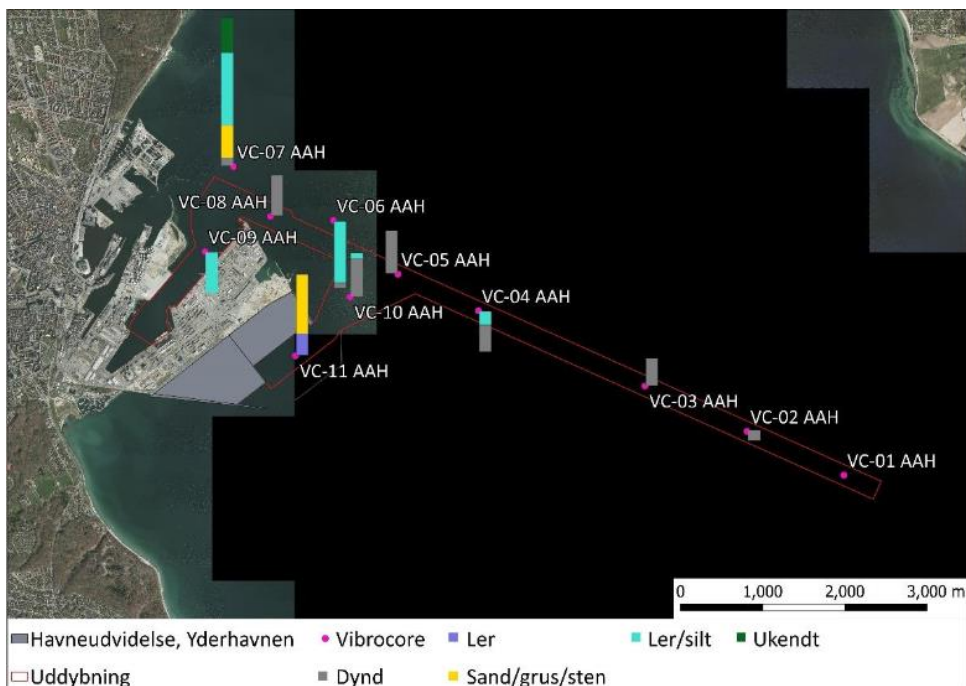


Figur 3-15 Kumulativ fordeling af de forskellige prøvers tørdensiteter fra Tabel 3-3 med angivelse af 80% fraktilen (rød linje)

Som det fremgår, er den valgte tørdensitet på 1000 kg/m³ konservativt høj for de organiske og lerede aflejringer, men ikke for prøver med et højt indhold af silt. Ved inspektion af fordelingerne af jordarter i uddybningsområderne ses det, at silt udgør en meget lille andel af den totale jordmængde, og at der dermed kan ses bort fra bidraget af silt-jordarter til modelleringen af sedimentspild, jfr. Figur 3-16 og Figur 3-17.



Figur 3-16 Fordeling af jordarter fra borer

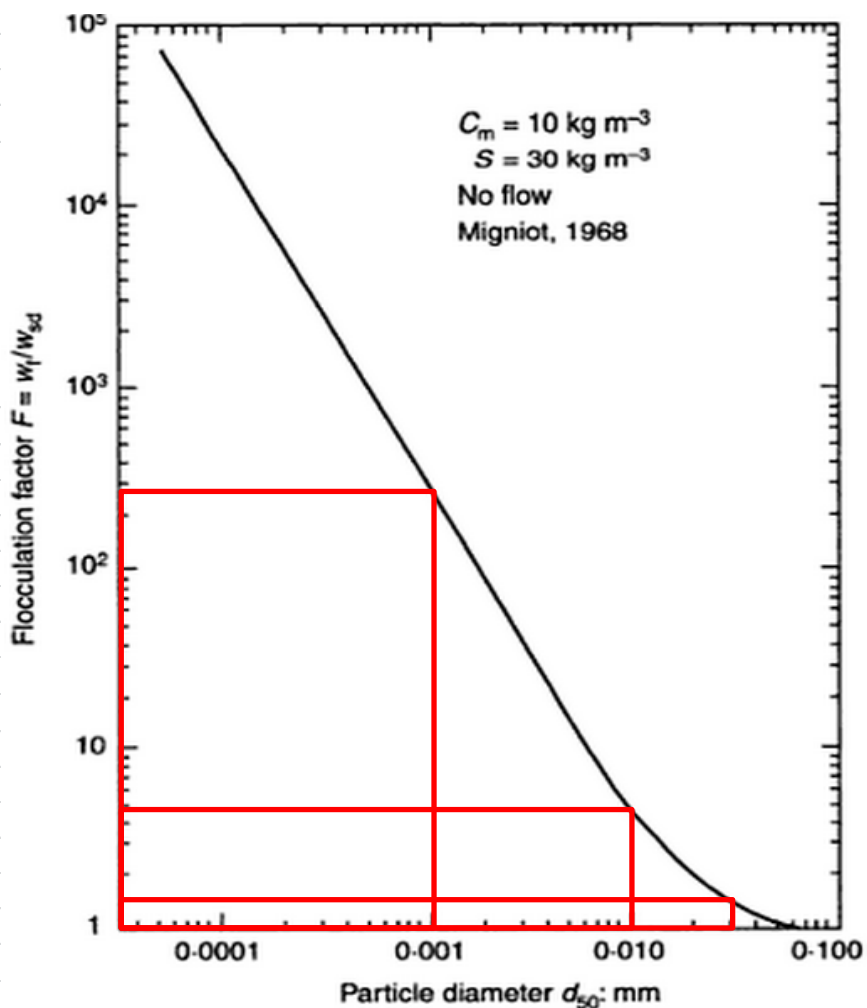


Figur 3-17 Fordeling af jordarter i Vibro core boringer. Bemærk at de 4 boringer mod NV ikke længere er en del af projektet, idet der ikke skal uddybes i det område.

3.5.3 Faldhastighed

Sedimentspild er her defineret som den del af sedimentmassen (tons), der forlader arbejdsområdet. Partikler med en diameter over 63 μm forventes at synke hurtigt ud og derfor ikke vil drive ud af arbejdsområdet inden det falder til bunds. Som arbejdsområdet opfattes her de områder der graves i samt en kantstribe omkring disse områder på omkring 100 m. Kantområdet er nødvendigt til besejling og ankringsmuligheder. Groft sand og grus vil typisk synke hurtigt ud med en faldhastighed på typisk 0,1 m/s og 2 m/s. Selv ved høje strømhastigheder vil sand synke til bunds indenfor en afstand fra gravemaskinen på 50-100 m. For grus er denne afstand af størrelsesorden 5-10 m. Sedimenter over 63 μm vil ikke drive ud af arbejdsområdet og vil derfor ikke belaste havmiljøet udenfor arbejdsområdet. Det er partikler med en diameter under 63 μm (silt og ler), der forventes at bidrage til den potentielle miljøbelastning.

I havvand vil ler mineraler sammen med organisk materiale aggregere til større, løst sammensatte strukturer, de såkaldte "flokks". Aggregeringsprocessen og den omvendte delingsproces kaldes "flokkulering". Under flokkuleringsprocessen sammensættes meget små ler partikler til større "flokks", som på grund af ændrede tyngde- arealforhold vil opnå en større faldhastighed igennem vandet end faldhastigheden for de enkelte ler partikler, som "flokks" er opbygget af. Sammenhængen mellem faldhastigheden af det sammensatte aggregat/"flod" og faldhastigheden af den enkelte "solitære" ler partikel er defineret i (Whitehouse, 2000) ved en flokkuleringsfaktor "f", se Figur 3-18.



Figur 3-18 Sammenhæng mellem flokkuleringsfaktor f og partikeldiameteren (d_{50}) (Whitehouse, 2000)

Faldhastigheden w_{sd} af den enkelte partikel beregnes efter Stokes lov:

$$w_{sd} = \frac{1}{18} \cdot \frac{g d^2 (\rho_s - \rho_w)}{\mu}$$

Her er d middeldiameteren (d_{50}) af den givne sedimentfraktion, ρ_s er partiklens densitet, her er den 2650 kg/m^3 (kvarst), ρ_w benævner vandet densitet, her sat til 1016 kg/m^3 ved en saltholdighed på ca. 20 PSU. Denne saltholdighed er bestemt ved at betragte målinger af saltholdighed i overfladen af Aarhus Bugt gennem året 2004 /12/ og μ er vandets kinematiske viskositet $0,0013 \text{ kg/(m}\cdot\text{s)}$ ved 10°C /12/.

Faldhastigheden w_f af "floks"-ene er bestemt ved

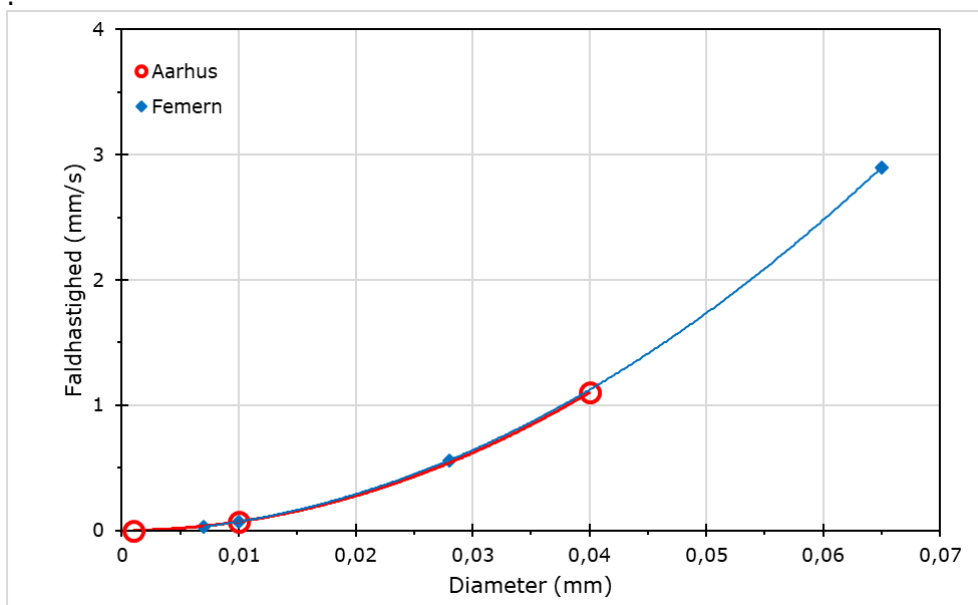
$$w_f = f \cdot w_{sd}$$

De beregnede faldhastigheder fremgår af Tabel 3-4.

Tabel 3-4 Korndiametre og faldhastighed efter Stokes lov

Fraktions nr.	Fraktion 1	Fraktion 2	Fraktion 3
Korndiameter (mm)	0,04	0,01	0,001
Faldhastighed (mm/s)	1,1	0,069	0,00069

Faldhastighederne er sammenlignet med tilsvarende sedimentfaldhastigheder fra undersøgelserne for Femern Bælt Forbindelsen /8/. I undersøgelserne for Femern Bælt blev faldhastighederne bestemt blandt andet på baggrund af udførlige laboratorieforsøg med sedimentprøver. Sammenligningen mellem faldhastighederne i de to projekter er illustreret i nedenstående Figur 3-19.



Figur 3-19 Partikelfaldhastighed som funktion af partikeldiameter. Sammenligning mellem de anvendte faldhastigheder i nærværende studie for Aarhus Havn (rød) og de tilsvarende værdier fra de tilsvarende undersøgelserne for Femern forbindelsen (blå)

Det ses af ovennævnte, at partikelfaldhastighederne anvendt i de to projekter er i overensstemmelse med hinanden.

3.5.4 Sedimentation og erosion af havbunden

Sedimentation af sedimentpartikler er beskrevet i MIKE3 MT ved hjælp af et antal depositions- og erosionsparametre. Når partiklerne når havbunden vil de enten deponeres permanent eller temporært afhængig af de øjeblikkelige bølge- og strømforhold (bundforskydningsspændingen).

De fine partikler vil danne et lag af mobilt og flydende mudder, som over tid vil konsolideres. I denne fase vil sedimentets egenvægt fortrænge porevandet mellem partiklerne og derved tvinge partiklerne tættere på hinanden. Dermed vil

tørdensiteten af havbundsmaterialet over tid tiltage, mens lagtykkelsen aftager, se Tabel 3-5.

Tabel 3-5 Typiske tørdensiteter og konsolideringer af mudder. /13/

Sedimentets tilstand	Generel beskrivelse	Rheologisk karakteristisk	Tør densitet (kg/m ³)
Ukonsolideret (1 dag)	Løst mudder	Mobilt flydende mudder	50-100
Svagt konsolideret (1 uge)	Mudder	Flydende stationært mudder	100-250
Medium konsolideret (1 måned)		Bevægelig kohæsiv bund	250-400
Konsolideret (1 år)		Ikke-bevægelig kohæsiv bund	400-550
Hårdt mudder (10 år)	Hård ler	Ikke-bevægelig kohæsiv bund	550-650

Erosionsegenskaber af de sedimenterede sedimentspild afhænger af konsolideringen og af tørdensiteten af sedimentlaget. Et løst mudderlag vil således resuspendere lettere end et lag af konsoliderede partikler. Tabel 3-6 viser den kritiske forskydningsspænding for erosion for forskellige jordtyper og (bulk) tørdensiteter.

I MIKE3 MT er bundparametrene vurderet for tørdensiteten $\rho_{bed,d} = 200 \text{ kg/m}^3$, som svarer til "flydende stationært mudder" efter 1 uges konsolidering. Den kritiske bundforskydningsspænding for erosion er vurderet ud fra Tabel 3-6 til $\tau_{e,c} = 0.4 \text{ N/m}^2$.

Modelkonstanten, M_{se} , for sedimentoverfladens erosionsrate er baseret på tørdensiteten af "flydende stationært mudder" fra /14/ og beregnet til:

$$\log_{10}(M_{se}) = 0.23 \exp \left[\frac{0.198}{\rho_{bed,b} - \rho_w} \right] \rightarrow M_{se} = 6.2 * 10^{-5} \text{ kg/m}^2 \text{ s}$$

Hvor,

(Bulk) Våddensitet: $\rho_{bed,b} = \rho_w \epsilon + \rho_s (1 - \epsilon) = 1.140 \text{ g/cm}^3$

Porøsitet: $\epsilon = \frac{\rho_s - \rho_{bed,d}}{\rho_s} = 0.925$

Tabel 3-6 Kritisk bundforskydningssspænding for sediment erosion ved forskellige tør-densiteter /15/.

Soil Type	Sand [%]	Organic [%]	τ_{sc}^c = critical shear stress for surface erosion [Pa]				
			$\rho_b = 100$ [kg/m ³]	$\rho_b = 150$ [kg/m ³]	$\rho_b = 200$ [kg/m ³]	$\rho_b = 250$ [kg/m ³]	$\rho_b = 300$ [kg/m ³]
Kaolinite (saline water)	0	0	-	0.05 – 0.10	0.30 – 0.40	-	-
Kaolinite (distilled water)	0	0	-	0.05 – 0.10	0.15 – 0.20	0.20 – 0.25	0.25 – 0.30
Hollands Diep 1 (lake)	9	10	0.15 – 0.25	0.30 – 0.40	0.40 – 0.50	0.60 – 0.80	-
Hollands Diep 2 (lake)	23	9	0.15 – 0.25	0.30 – 0.40	0.40 – 0.50	0.80 – 1.00	-
Ketelmcer (lake)	7	12	0.10 – 0.20	0.20 – 0.25	0.25 – 0.35	0.50 – 0.70	-
Biesbosch (lake)	8	8	0.20 – 0.25	0.25 – 0.30	0.30 – 0.35	0.50 – 0.70	-
Maas (river)	36	8	0.15 – 0.30	0.30 – 0.40	0.40 – 0.50	0.80 – 1.00	-
Breskens Harbour (estuary)	27	5	0.15 – 0.25	0.25 – 0.35	0.35 – 0.45	0.60 – 0.80	-
Delfzijl Harbour (estuary)	60	2	0.05 – 0.15	0.15 – 0.20	0.20 – 0.25	0.40 – 0.60	-
Loswal Noord (sea)	69	2	0.20 – 0.30	0.30 – 0.35	0.35 – 0.45	0.60 – 0.80	-
Brisbane, Grangemouth and Belawan	0	-	0.20 – 0.30	0.40 – 0.60	0.80 – 1.00	-	-
Loire	-	-	0.10 – 0.15	0.15 – 0.20	0.20 – 0.30	0.30 – 0.40	0.80 – 1.20
Cardiff Bay	-	-	0.20 – 0.30	0.40 – 0.50	0.60 – 0.70	0.70 – 0.90	-

3.5.5 Sedimentations parametre

Faldhastigheder samt sediment erosions parametre til modellen er givet i Tabel 3-7. Hvor ikke andet angivet, er MIKE3-MT's default parametre anvendt.

Tabel 3-7 Sediment karakterisering og modelparametre (MIKE3 MT).

Parameter	Benæv- nelse	Dimen- sion	Fraktion 1 "Grovt silt"	Fraktion 2 "Mellem - fin silt"	Fraktion 3 "Ler"
Fraktion	d	[μm]	31-63	3.9-31	<3.9
Middel partikel diameter	d50	[mm]	0.04	0.01	0.001
Partikel faldhastighed	W_{sd}	[mm/s]	1,10	0,069	0,00069
Flokkulerings faktor	f	-	1	5	280
Faldhastighed af "floks"	W_f	[mm/s]	1,10	0,34	0,19
Vandets densitet	ρ_w	[kg/m ³]	1016	1016	1016
Partikel densitet	ρ_s	[kg/m ³]	2650	2650	2650
Tør densitet	ρ_d	[kg/m ³]	1000	1000	1000
Våd densitet	ρ_b	[kg/m ³]	1750	1750	1750
Bundruhed	k	[m]	0,001	0,001	0,001
Kritisk forskydningsspænding (Erosion)	$\tau_{e,c}$	[N/m ²]	0.4		
Kritisk forskydningsspænding (Deposition)	$\tau_{d,c}$	[N/m ²]	0.04		
Erosions Rate Koefficient	M_{se}	kg/(m ² s)	6.2e-5		
Havbundsdensitet "Svagt konsolideret" (Tør)	$\rho_{bed,d}$	[kg/m ³]	200		
Havbundsdensitet "Svagt konsolideret" (Våd)	$\rho_{bed,b}$	[kg/m ³]	1140		

3.6 Kalibrering

Med henvisning til valg af de for den hydrauliske model (HD) vigtigste parametre, så som vindfriktion, turbulens beskrivelse, bundfriktion og er givet i /2/. Vandstand blev kalibreret på november 2015. Salinitet på maj og juni 2013.

3.7 Verifikation

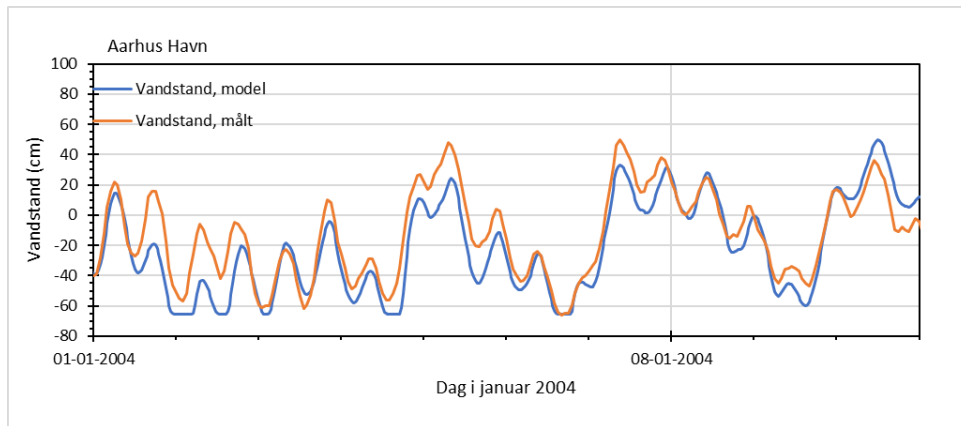
Hele året 2004 er anvendt som verifikationsperiode i nærværende modellering. Dermed er der en klar adskillelse mellem kalibrering og verifikationsperiode.

Verifikation af modelresultater er gennemført ved sammenligning med oceanografiske målinger fra det nationale overvågningsprogram, som er dokumenteret i /2/. Desuden anvendes vandstandsmålinger fra /16/.

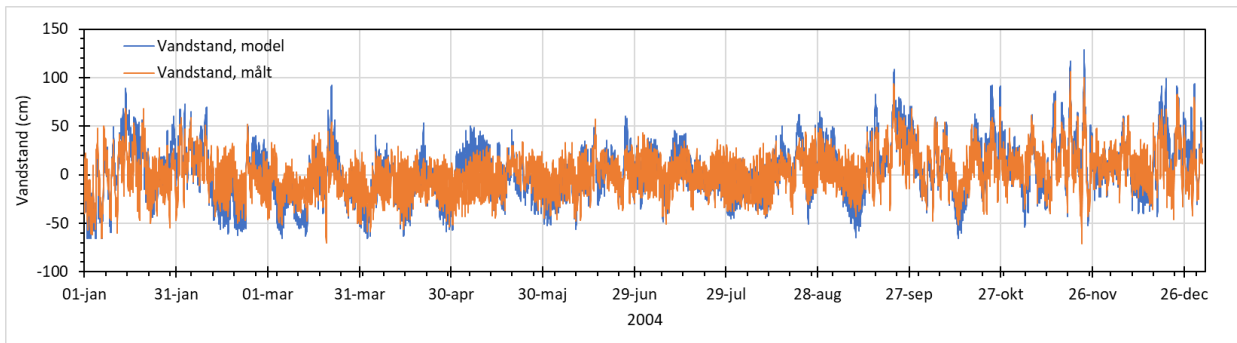
Kalibrering er gennemført på vandstand, strømforhold, saltholdighed og temperatur og beskrevet i de følgende nedenfor.

3.7.1 Vandstand

Vandstandsmodelleringen er baseret på vandstande på randen som de er modelleret med DHIs regional model, der dækker Nordsøen, de danske farvande og Østersøen. Denne model er overordnet drevet af vandstanden på randen mellem de Shetlandske Øer og Norge samt af påvirkning fra en regional meteorologisk model mht. vind og lufttryk. Det er klart, at mindre afvigelser i lufttryk og vindfelt over Kattegat og Skagerrak i den meteorologiske model vil kunne give periodise afvigelser mellem model og feltmålinger. Som feltmåling er der anvendt DMI's måler i Aarhus Havn, /16/. Sammenlignende tidsserier for den målte og den modellerede vandstand i Aarhus Havn er vist i Figur 3-20 og Figur 3-21.



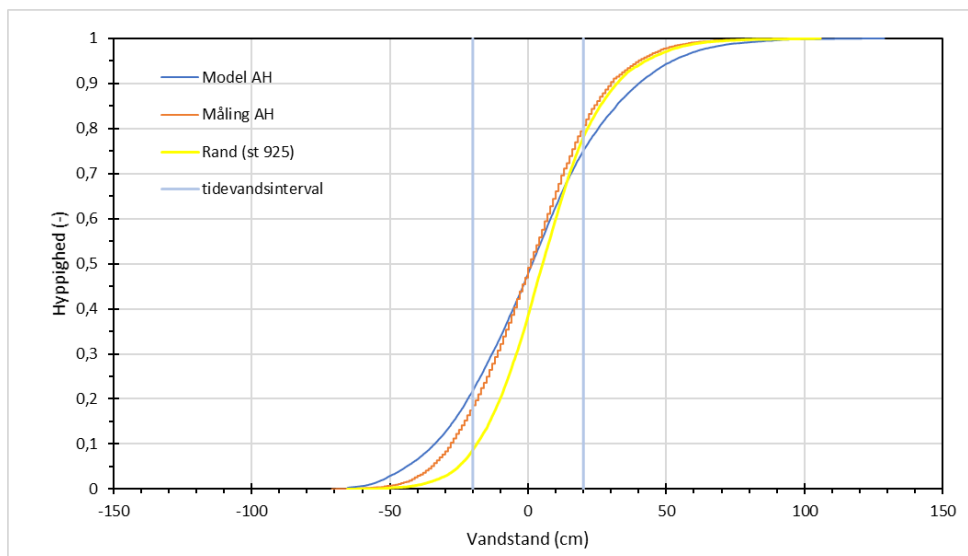
Figur 3-20 Sammenligning mellem tidsserier for modelleret og målt vandstand i Aarhus Havn, periode 1. til 10. januar 2004.



Figur 3-21 Sammenligning mellem tidsserier for modelleret og målt vandstand i Aarhus Havn, periode 1. januar til 31 december, 2004.

Af ovenstående figurer se at model og måling tydeligvis viser samme karakteristiske hændelser. Især er det vigtigt at de store fluktuationer reproduceres med stor nøjagtighed. Derudover stemmer langtidsmiddel og variabilitet godt overens. Størstedelen af forskellene mellem model og måling forventes at hidrøre fra randbetingelsen, som hidrører fra den ovennævnte regionale model for Nordsøen og Østersøen.

Den statistiske sammenhæng mellem model og måling er illustreret i hyppighedsgraferne i Figur 3-22, som viser at hændelser af en bestemt vandstand har omtrent samme hyppighed i model og måling.



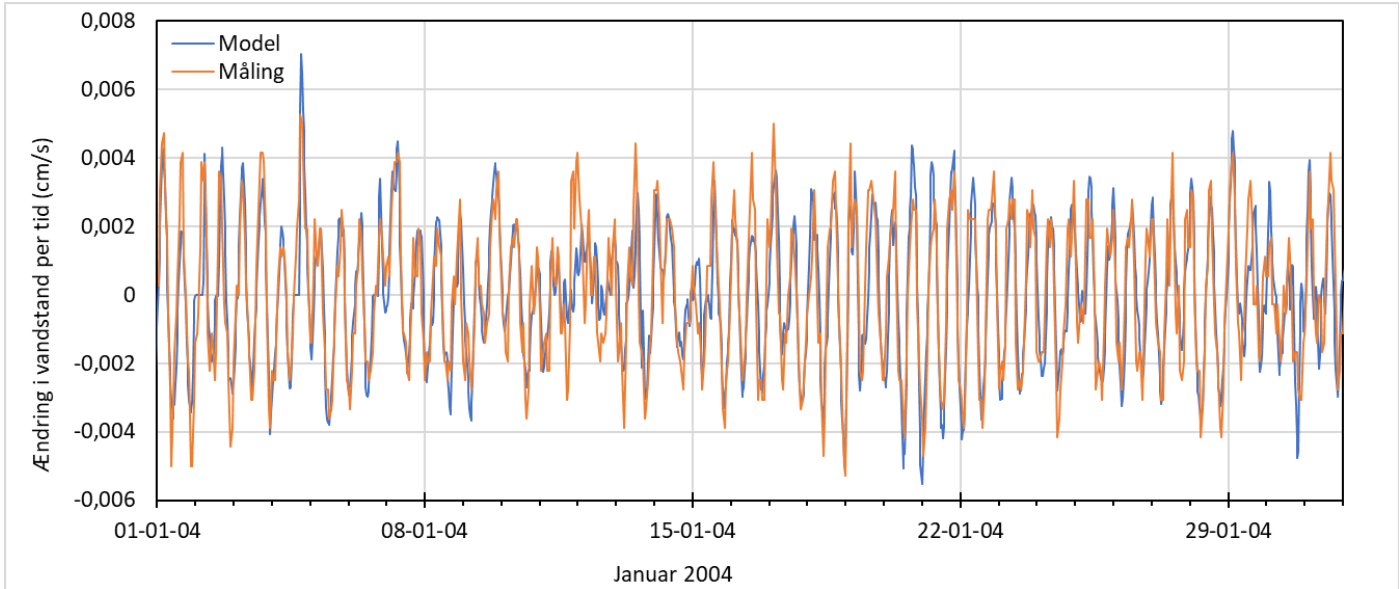
Figur 3-22 *Hyppighedsfordeling af vandstand bestemt for randbetingelsen (gul) ved den nordvestlige rand i Storebælt (st.925) og ved stationen i Aarhus Havn (AH), hvor statistikken for modellen (blå) og for målinger (rød) er angivet.*

Det ses af ovenstående hyppighedsfordelinger at vandstandens fordeling ændres fra modelranden i Storebælt til en station på lavere vand i det indre af modellen. Især for lavvande ses det, at lavvande optræder væsentlig mere hyppig i Aarhus Havn end i Storebælt. Modellen ser ud til at øge denne ændring mere end målingerne tilsiger. Omvendt ses, at modellen underestimerer højvandsændelser. Overordnet ses dog, at der idet typiske tidevandsinterval på mellem ± 20 cm ikke ses den store afvigelse mellem model og måling.

3.7.2 Strømforhold

Overordnede strømforhold kan indirekte belyses ved at betragte vandstandenes variation med tiden. Idet vandstandsændringer i det indre af modelområdet (f.eks. i Aarhus havn) ændres, betyder det at en bestemt vandføring må strømme til eller fra denne del af modelområdet. Idet denne vandføring skal passere gennem et veldefineret tværsnitsareal, som er givet ved dybdeforholdene, betyder det at vandføringen er knyttet til strømhastigheden. En af forudsætningerne for denne sammenhæng er, at interne cirkulationsstrømme i modelområdet er af sekundær betydning. Der foreligger dermed en fysisk sammenhæng mellem vandstandsvariationer i det indre af modelområdet og de overordnede strømhastighederne i modelområdet.

Denne overordnede sammenhæng er illustreret ved tidsserier af de tidlige vandstandsændringer på lokaliteten Aarhus Havn for såvel modelresultater som for måleresultaterne i nedenstående Figur 3-23.

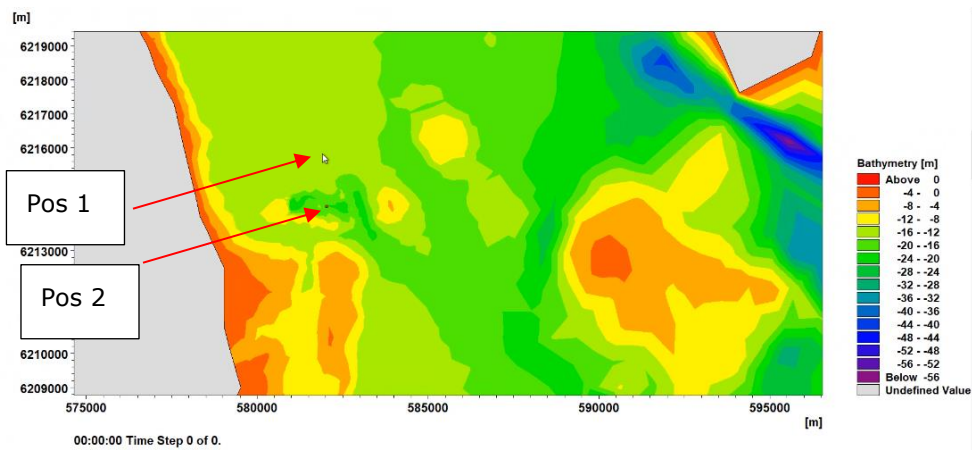


Figur 3-23 Sammenligning mellem modelleret og målt vandstandsændring i Aarhus Havn.

Det fremgår af Figur 3-23, at vandstandsændringerne i høj grad stemmer overens, og at de dertil hørende strømhastigheder derfor i samme grad vil stemme overens. På baggrund af ovenstående kan det dermed konkluderes, at modellens overordnede hastighedsfelter bekræftes af den fundne sammenhæng mellem målt og modelleret vandstandsvariation i Aarhus Havn.

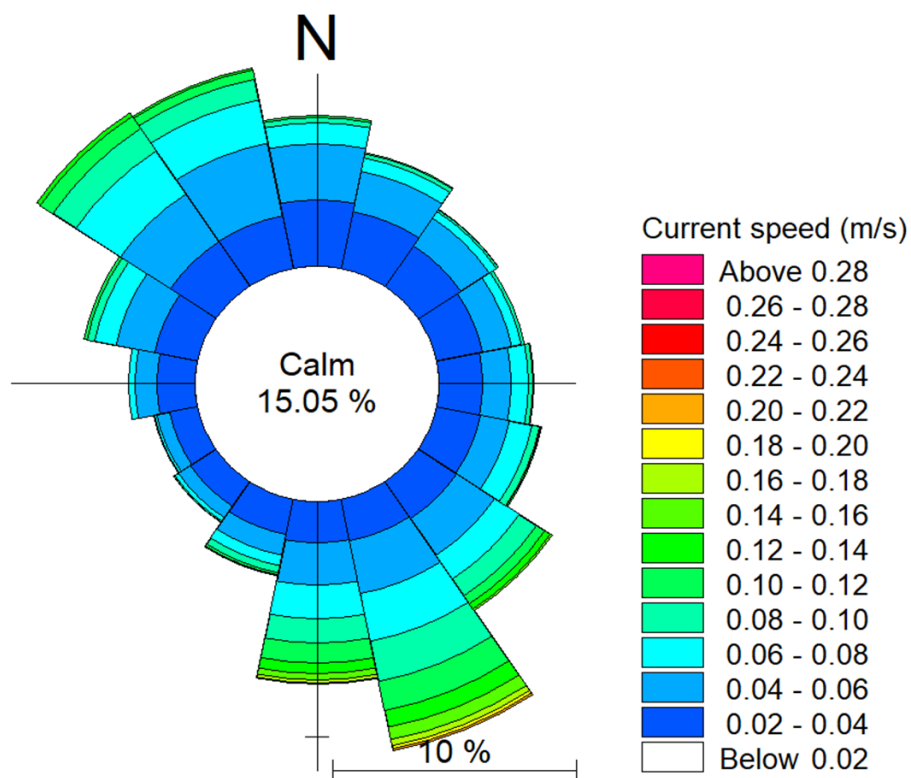
Strømforhold ved klappladsen

Der foreligger ikke målinger af strømforholdene i Aarhus Bugt i den udvalgte periode. Alligevel er strømforholdene illustreret på udvalgte positioner for at indikere deres generelle troværdighed.

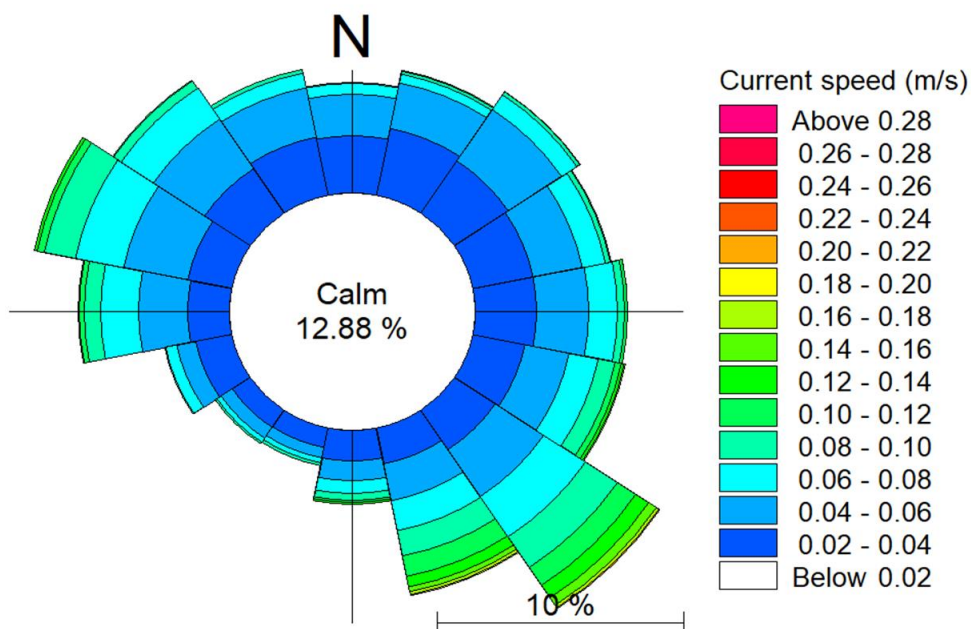


Figur 3-24 Anvendte positioner til illustration af strømforhold. Position 1 (Pos 1) ligger nord for det tidligere indvindingsområde, mens Pos 2 ligger central i det tidligere indvindingsområde.

Sandindvindingsens effekt på de lokale dybdeforhold erkendes tydeligt. Strømroserne for de to positioner er vist i Figur 3-25 og Figur 3-26.



Figur 3-25 Strømrose for 2004 på position 1, omtrent 1 km nord for den planlagte klappads (se Figur 3-24). Strømrosen er beregnet for dybdemidlet strøm-
hastighed og -retning.

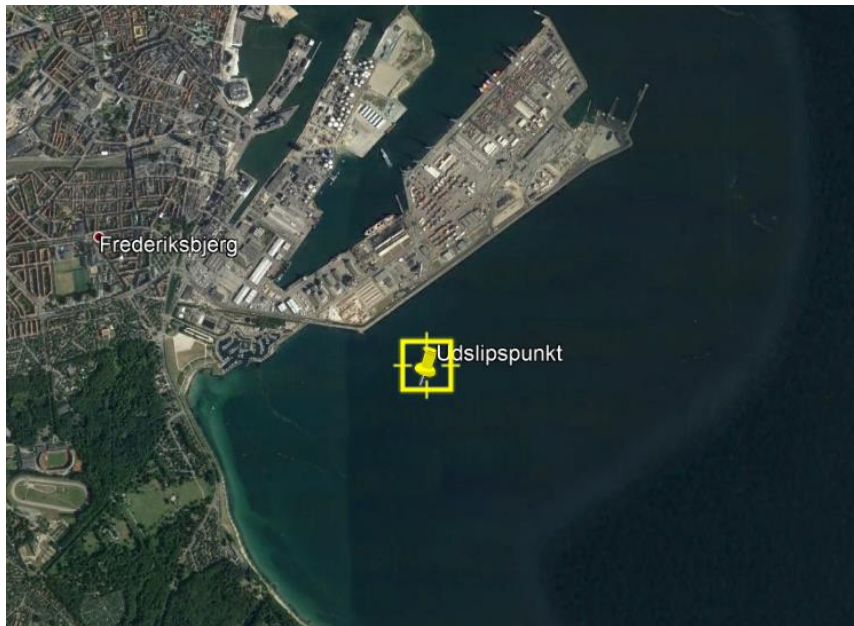


Figur 3-26 Strømrose for 2004 på position 2, centralt placeret på den planlagte klappads (se Figur 3-24). Strømrosen er beregnet for dybdemidlet strøm-
hastighed og -retning.

De to strømroser indikerer en tydelig afbøjning på selve klappladsen (Pos 2) af den generelle strømretning (NNV-SSØ) mod en mere NV-SØ-lige retning. Denne afbøjning skyldes den ændrede bathymetri i det tidligere indvindingsområde, der efterlader en dybere rende mod SØ og som efterlader et højtliggende område syd for den tidligere indvindingsplads. Såvel den dybe rende mod SØ som den tilbageværende Ø-V-lige højderyg betinger at strømmen på den tidligere indvindingsplads afbøjes som illustreret med strømrosen i Figur 3-26.

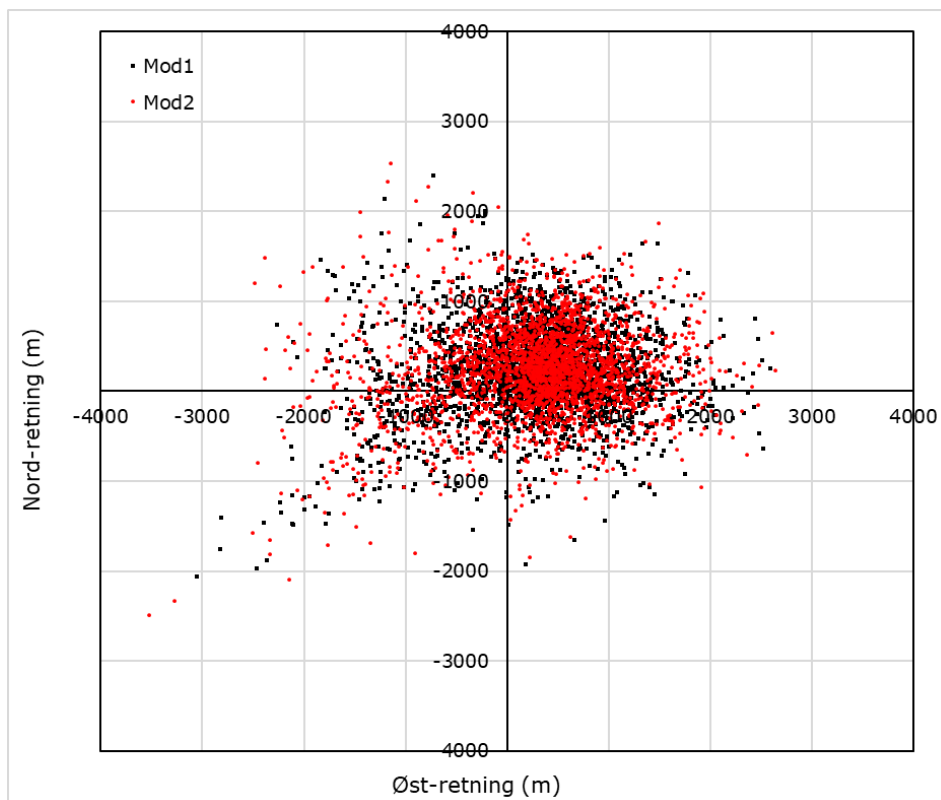
Sensitivitet med hensyn til modellens vertikal opløselighed

Der er foretaget modellering med forskellige modelopløsninger af vanddybden. I set-up 1 er der anvendt en opløselighed med 8 lag til en vanddybde på 17 m, mens der i set-up 2 er anvendte 10 lag, der når ned til en vanddybde på 32 m. Mens det viser sig at set-up 1 kun omfatter en beskeden del af den tyngdebetingede strømninger, er denne effekt i langt større grad omfattet i set-up 2. Forskellen mellem resultaterne fra de to model set-up på aflejring af spildt sediment er undersøgt ved for hver model set-up at beregne flytning af spildt sediment. I denne regneøvelse spildes sedimentet i overfladen et par hundrede meter syd for ydermolen på en position, der kan regnes for repræsentativ for udgravningerne i såvel ReWater projektet som Ydermole-projektet, se Figur 3-27:



Figur 3-27 Position af anvendt udslipspunkt

Flytningen af sedimentet er beregnet ved hver af de to model setup for at identificere effekten fra de densimetriske strømninger på sedimentaflejringen. Flytningen beregnes ved at integrere strømhastigheden over 3½ timer, som svarer til at sedimentet falder gennem hele vanddybden på 12½ m med en typisk faldhastighed på 1 mm/s. Flytningen bestemmes hver 3½ timer over hele året 2004 (inkl. december 2003). Resultaterne angiver positionerne for de forskellige sedimenters landingspunkter i forhold til udslips punktet, se Figur 3-28.



Figur 3-28 Positioner for sedimenters landingspunkter efter udsynkning gennem 12½ m vandsøjle i forhold til udslips punktet i (0,0) beregnet efter strømninger modelleret med to forskellige set-up.

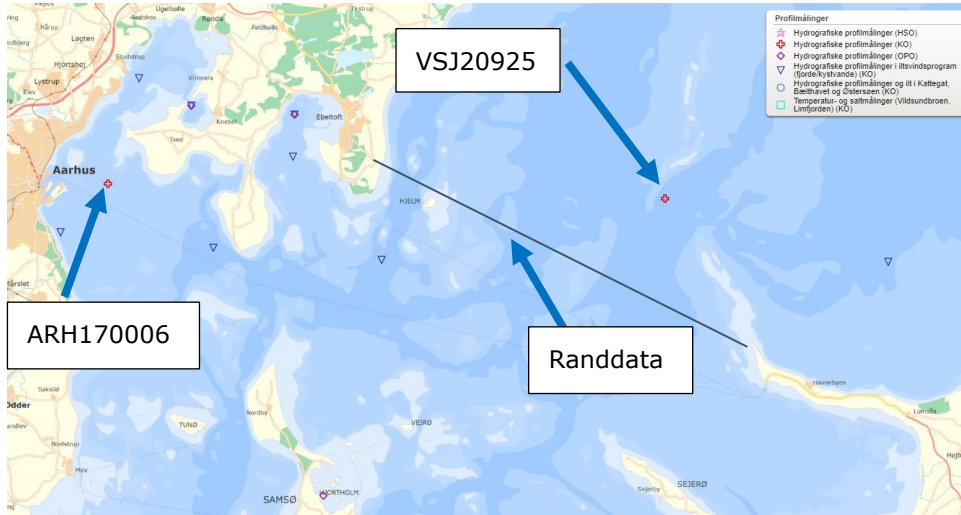
Det ses af ovenstående Figur 3-28 at flytningerne med to modelset-up holder sig indenfor en afstand på ca. 1 km til 2 km fra udslips punktet og at de to punktskyer ikke udviser betydende forskel. Det forventes af denne overslagsvurdering at sedimentet i middel vil flyttes omkring ½ km mod NØ. Derudover viser figuren, at effekten af tyngdedrevne strømninger på sedimentation i dette område ikke har en afgørende betydning for sedimentdriften. Sedimentdriften domineres således af vandstandsforskelle (inkl. tidevand) og vindfriktion på overfladen. Det er en forudsætning for ovenstående beregning at strømfeltet er antaget ensartet indenfor en afstand på 4 km til alle sider. I projektområdet forligger der dog begrænsninger på grund af strand og variationer i dybdeforhold. Overstående skal således kun sammenligne forskelle i modelresultater, ikke angive specifikke sedimentationspunkter for det konkrete sedimentspild.

3.7.3 Saltholdighed

Modellering af saltholdighed er gennemført for at eftervise modellens overordnede evne til at transportere vandmasser og dermed at genspejle de overordnede vandskiftprocesser. Saltholdighed er dermed ikke af primær vigtighed for transport og spredning af sedimenter.

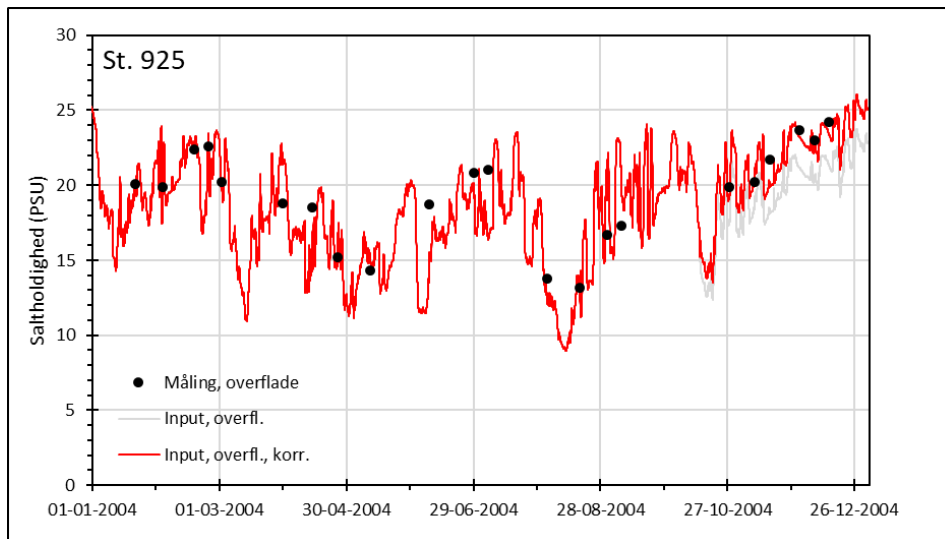
Feltmålinger fra det nationale overvågningsprogram /12/ er anvendt til at verificere modelresultaterne. Til at verificere randbetingelserne for saltholdighed i overfladen er der anvendt målinger fra station 93000001 (VSJ20925), som ligger i sydlige Kattegat og beskriver den nordlige Storebælt-rand og fra station

94400007 (ARH170006), som ligger i Aarhus Bugt, tæt på Aarhus Havn og som beskriver forholdene i modellens indre område, se Figur 3-29.



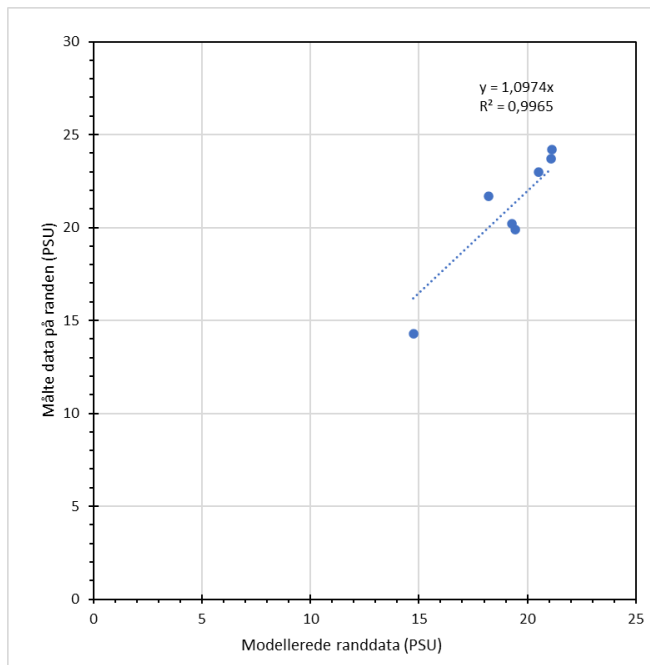
Figur 3-29 Positioner for to stationer af det nationale overvågningsprogram /12/, som er anvendt til at verificere modellen.

De af den regionale model modellerede saltholdigheder på modelranden (Randdata) er anvendt som input for den nærværende model. En afvigelse i input data vil derfor forplante sig til modelresultaterne i modelområdet. En sammenligning af den regionale model modellerede saltholdigheder og de på overvågningsstation 925 målte saltholdigheder er illustreret i Figur 3-30 .



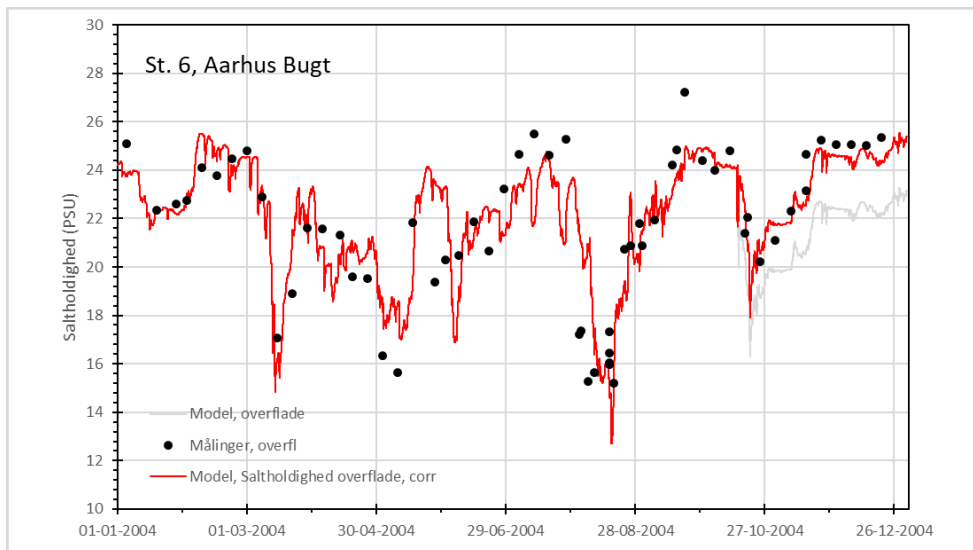
Figur 3-30 Saltholdigheder i overfladen på den nordøstlig modelrand. Målingerne (sorte cirkler) er fra det nationale overvågningsprogram (St. 925 i Storebælt). Input (rød linje) er input til Aarhus Bugt modellen baserede på DHIs regional model over de indre danske farvande. For perioden efter medio oktober er værdierne korrigeret for den observerede systematiske afvigelse mellem målinger og randdata (grå linje).

For perioden efter medio oktober ses en afvigelse mellem model og målinger. Denne afvigelse er vist som funktion af saltholdighed i Figur 3-31.



Figur 3-31 Sammenhæng mellem målte og anvendte input saltholdigheder på den nordøstlige rand for perioden oktober-december 2004 i overfladen.

Ovenstående Figur 3-31 viser en systematisk relation mellem input data, der er resultatet af DHIs regional model for de indre danske farvande, og konkrete målinger i nærheden fra perioden oktober, november og december 2004. Den fundne relation anvendes i det følgende til at skalere resultaterne i modelområdet i perioden oktober til december 2004 for på den måde at korrigere for den observerede fejl i input data. Med en sådan korrektion vil det være muligt at sammenligne modelresultaterne inden i modelområdet med konkrete målinger. Dette er foretaget for station 6 i Aarhus Bugt, lidt uden for havnen (se Figur 3-29) i nedenstående Figur 3-32.



Figur 3-32 Sammenligning mellem de målte saltholdigheder i overfladen på station 6 i Aarhus Bugt og de tilsvarende modellerede saltholdigheder. Den røde linje angiver saltholdigheder korrigeret for afvigelser i input data, den grå linje tilsvarende uden korrektion.

Ovenstående Figur 3-32 illustrerer en meget overbevisende overensstemmelse mellem de målte og de modellerede saltholdigheder på station 6 i Aarhus Bugt.

4 Scenarier

4.1 Uddybningsaktiviteter og klapping

Uddybning vil foregå for to store projekter i umiddelbar nærhed af hinanden. De enkelte uddybningsaktiviteter er listet i følgende Tabel 4-1. For hver uddybningsaktivitet foregår der samtidigt en klappingsaktivitet af de samme masser, som anført i tabellen. Klapping af Yderhavns materialer vil foregå på klapplads Fløjstrup Skov, mens materialer fra ReWater vil blive klappet på en anden klapplads identificeret og ansøgt af Aarhus Vand A/S.

Tabel 4-1 Uddybningsaktiviteter. Aktiviteter med blå skrift gennemføres for ReWater-projektet, aktiviteter med grøn skrift gennemføres for Yderhavnen

Uddybningsaktivitet	Mængde [m ³]	Klappes	Antal Dredgere	Samlet produktionsrate [m ³ /dag]	År / periode
ReWater, Hovedforslag	250.000	Ja	1	5500	2023 / 1-2 mdr
ReWater, Alternativ 2	750.000	Ja	1	5500	2023 / 3-6 mdr
ReWater, Bugtrør+overløbsledning	300.000	Nej	1	5500	2023 / 1-2 mdr
Lystbådehavn, Hovedforslag	0	Nej	1	5500	-
Lystbådehavn, Alternativ 2	40.000	Ja	1	5500	2023 / 1-2 uger
Yderhavn, Bundudskiftning moler	650.000	Ja	1	5500	2023 / 4-6 mdr
Yderhavn, Sejlrende og bassiner	3.750.000	Ja	2	11000	2023-2025 / 1 år

Blå tekst: ReWater (klapping på Aarhus Vand's klapplads)

Grøn tekst: Yderhavnen (klapping på Fløjstrup Skov)

4.2 Udstyr

Uddybningsfartøjer:

Det er på baggrund af sedimentkarakteristika antaget, at der anvendes enheder af mekanisk graveudstyr med en kapacitet på hver 165.000 m³/måned. Mekanisk udstyr giver erfaringsmæssigt et lavere sedimentspild en f.eks. hydraulisk udstyr. Som nævnt kan mekanisk graveudstyr opereres med en spildprocent under 5%. Om der vil blive anvendt gravemaskiner (backhoe) eller spandkædemaskiner eller kombinationer, er ikke nærmere fastlagt.

Pramme:

Modelleringen bygger på antagelsen, at der anvendes splitpramme med minimumsvolumen på 1.000 m³. De skal kunne læsses, sejles til klappladsen, tømmes og sejles tilbage indenfor 5½ time i snit, idet der regnes med at der arbejdes døgnet rundt i alle ugens dage ("24/7").

4.3 Modellerede scenarier

Da graveaktiviteterne for ReWater og Yderhavnen foregår i umiddelbar nærhed af hinanden og kan forekomme samtidigt, er det væsentligt at bestemme den kumulative (samlede) påvirkning af sedimentspildet fra de to projekter. På grund af, at der på nuværende tidspunkt stadig foreligger forskellige muligheder for projekterne gennemførelse, eksisterer der forskellige kombinationsmuligheder af ovenstående aktiviteter

En oversigt over de undersøgte scenarier er givet i Tabel 4-2. Tabellen omfatter såvel de scenarier, der modelleres af Niras (i forbindelse med miljøkonsekvensvurdering for ReWater – markeret med **blåt**) som de, der modelleres af COWI (markeret med **grønt**). Tabellen indeholder således også scenarier, der for vurderingen af sedimentpåvirkning af klappladsen ikke er af primær relevans. De er dog medtaget her for fuldstændighedens skyld.

Hvert af gravescenarierne omfatter modellering af såvel gravearbejdet på de respektive gravelokaliteter samt klapning af de samme materialer på den planlagte klapplads Fløjstrup Skov. For ReWater scenarierne vil klapning på Fløjstrup Skov reelt ikke forekomme, idet Aarhus Vand søger om selvstændig klapplads.

Tabel 4-2 Spildmodellerings-scenarier: Beskrivelse samt fordeling af modelleringsopgaven mellem COWI og Niras

Id	Bathymetri/Strømmodellering af	Uddybningsaktivitet 1	Uddybningsaktivitet 2	MKV	Modellering af	Mængde [m ³]	Produktionsrate ¹⁾ [m ³ /dag]	Varigheder ²⁾ (Dage)
1	Uden Aarhus Havns mole / COWI	ReWater, Hovedforslag	-	ReWater/Tangkrogen	Niras	250,000	5,500	45
2	Uden Aarhus Havns mole / COWI	ReWater, Alternativ 2	-	ReWater/Tangkrogen	Niras	750,000	5,500	136
3	Uden Aarhus Havns mole / COWI	ReWater, Bugtrør+overløbsledning	-	ReWater/Tangkrogen	Niras	300,000	5,500	55
4	Uden Aarhus Havns mole / COWI	Yderhavn, Bundudskiftning moler	-	Yderhavnen	COWI	650,000	5,500	118
5	Uden Aarhus Havns mole / COWI	Lystbådehavn, Alternativ 2	-	ReWater/Tangkrogen	Niras	40,000	5,500	7
6	Uden Aarhus Havns mole / COWI	Lystbådehavn, Alternativ 2	Rewater, Alternativ 2	ReWater/Tangkrogen	Niras	790,000	11,000	7 136
7	Uden Aarhus Havns mole / COWI	Yderhavn, Bundudskiftning moler	Lystbådehavn, Alternativ 2	Begge (kumulativ)	COWI	690,000	11,000	118 7
8	Uden Aarhus Havns mole / COWI	Yderhavn, Bundudskiftning moler	Rewater, Hovedforslag	Begge (kumulativ)	COWI	900,000	11,000	118 45
9	Uden Aarhus Havns mole / COWI	Yderhavn, Bundudskiftning moler	Rewater, Alternativ 2	Begge (kumulativ)	COWI	1,400,000	11,000	118 136
10	Med Aarhus Havns mole / COWI	Yderhavn, Sejlrende og bassiner	-	Yderhavnen	COWI	3,750,000	11,000	341
11	Med Aarhus Havns mole / COWI	ReWater, Hovedforslag	-	ReWater/Tangkrogen (kumulativ)	Niras	250,000	5,500	45
12	Med Aarhus Havns mole / COWI	ReWater, Alternativ 2	-	Yderhavnen	Niras	450,000*	5,500	82
13	Med Aarhus Havns mole / COWI	Lystbådehavn, Alternativ 2	-	ReWater/Tangkrogen (kumulativ)	Niras	40,000	5,500	7

1) Gælder for den periode hvor begge aktiviteter foregår

2) Varigheder er angivet for hver aktivitet

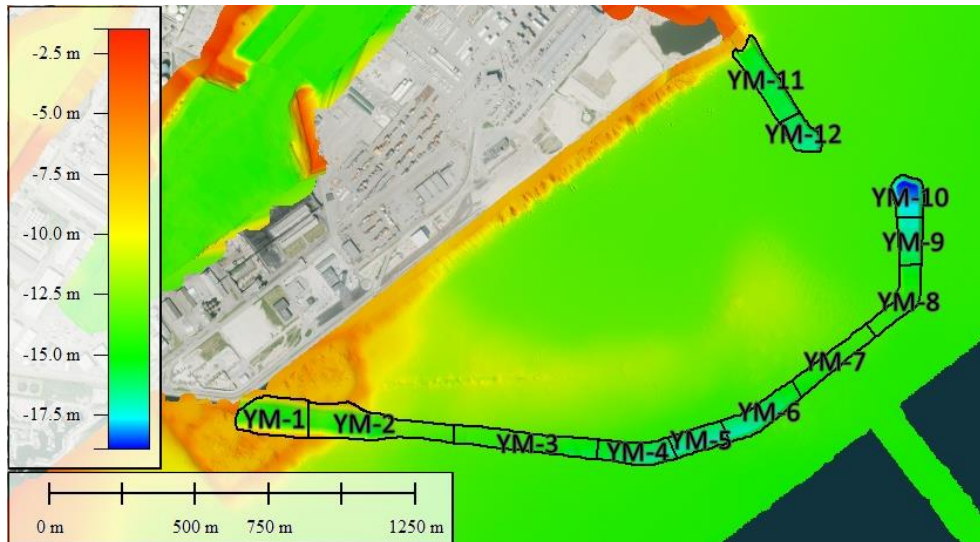
* Ved udgravning efter etablering af ydermolerne er mængden reduceret.

Blå tekst: Niras (indgår i miljøkonsekvensvurderingen for ReWater).

Grøn tekst: COWI (indgår i miljøkonsekvensvurderingen for Yderhavnen).

4.3.1 Scenarie 4: Ydermole, bundudskiftning

Før etableringen af ydermolen skal 650.000 m³ blød bund udskiftes under den fremtidige mole, se Tabel 4-2. Da volumen og sammensætning af det materiale, der skal udskiftes, er varierende, bestemmes de respektive mængder og karakteristika for typiske delmængder se Figur 4-1.



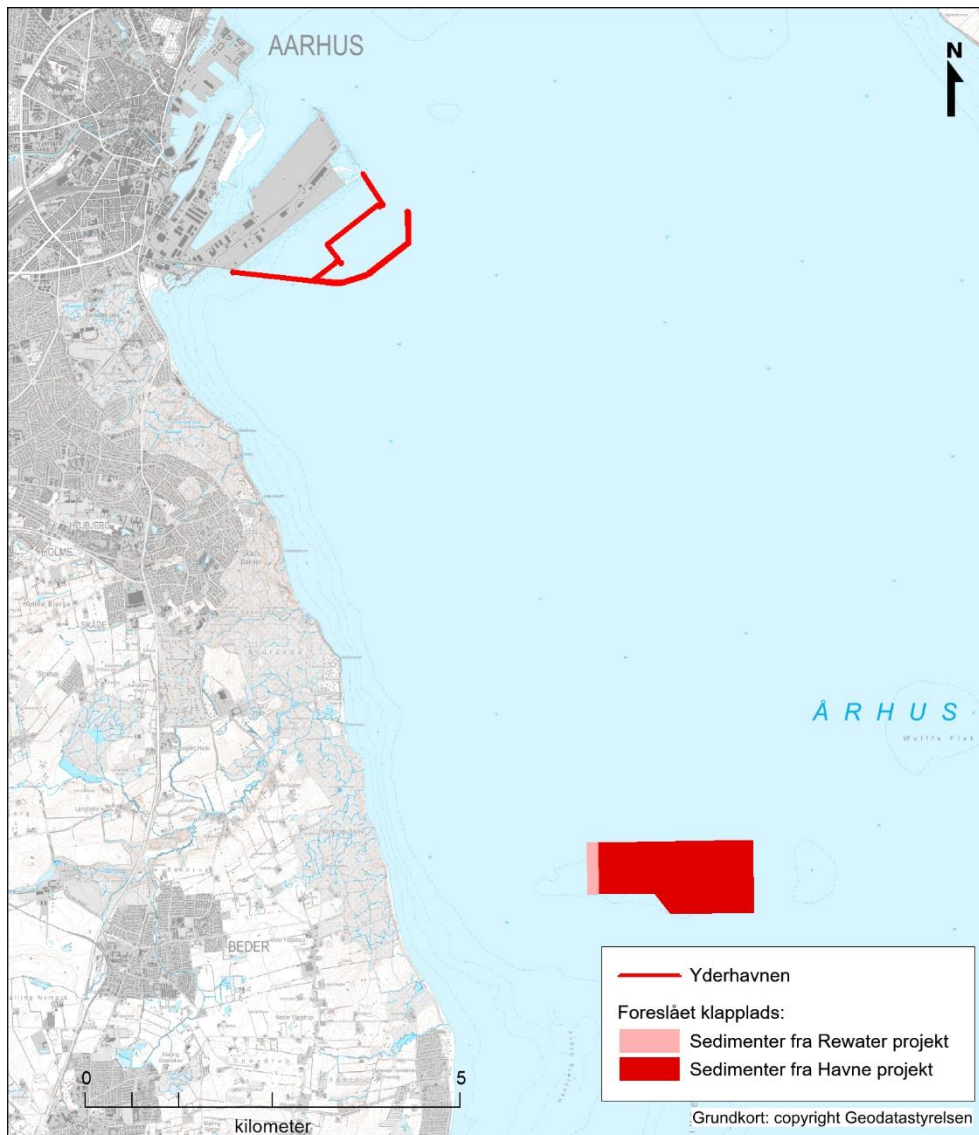
Figur 4-1 Illustration af graveområdet for bundudskiftning under ydermolen.

Nedenstående Tabel 4-3 beskriver spildraterne for hver af de tre fraktioner, der beskriver den specifikke sedimentsammensætning. Fra volumen regnes til masse ved at multiplicere med en tørdensitet på 1000 kg/m³. Produktionsraten antages at være 165.000 m³/måned, svarende til 5.500 m³/dag. Spildprocenten antages konservativt – dvs. "på den sikre side" – at være 5%. Ved at kende sammensætningen af sedimentet, beregnes spildfordelingen for hver af de tre fraktioner for hvert område. Forskellen mellem den totale spildrate og summen af de tre modellerede fraktioner udgøres af partikler der er større end fraktion 1, og som har en så hurtig faldhastighed at de ikke vil forlade graveområdet og derfor ikke indgår i modellering af sedimentdriften.

Tabel 4-3 Scenarie 4: Opgravning: Spildrate og fordeling per fraktion

Om- råde	Produktion		Spildfordeling per fraktion [kg/s]		
	Gravet volu- men [m ³]	Total spild- rate [kg/s]	Fraktion 1 (31-63µm)	Fraktion 2 (3,9-31µm)	Fraktion 3 (<3,9µm)
YM-1	173.897	3,18	0,45	0,57	0,57
YM-2	154.261	3,18	0,25	0,67	0,45
YM-3	31.566	3,18	0,13	0,16	0,35
YM-4	32.708	3,18	0,60	0,73	0,38
YM-5	30.979	3,18	0,45	0,86	0,64
YM-6	44.781	3,18	0,32	1,11	0,86
YM-7	11.253	3,18	0,13	0,22	0,29
YM-8	12.017	3,18	0,06	0,41	0,48
YM-9	30.467	3,18	0,10	0,38	0,29
YM-10	46.663	3,18	0,22	0,80	0,57
YM-11	53.395	3,18	0,16	0,57	1,11
YM-12	28.014	3,18	0,41	0,54	1,21

Under klapping regnes med de samme mængder som ved opgravning. Spildprocenten ved klapping er vurderet til 6%, se afsnit 3.5.1. Klappingen af sedimenter fra havneudvidelsen foregår på klappladspositionen (FS-1) og antages at foregå samtidigt med opgravningen.



Figur 4-2 *Beliggenheden af den forventede klappads "Fløjstrup Skov". Pladsen er delt op således at højre del (mørkerødt) forbeholdes Havneudvidelsens klappning (FS-1) og venstre del (lyserød) forbeholdes ReWater projektets klappning (FS-2), som kun omfatter uddybning af ReWater Alternativ 2 i det tilfælde hvor det gennemføres efter Ydermolens etablering (variant af Hovedforslaget), og dermed myndighedsmæssigt er en del af havneprojektet.*

Til klappning påtænkes anvendt pramme der har et volumen på 1.000 m³. Ved en månedsproduktion på 165.000 m³ svarer det i middel til 5,5 ture per døgn. En klappning antages at vare ca. 5 minutter. Forholdet mellem varigheden af opgravningens 4,4 timer og klappingens 5 minutter er 53, svarende til en frigivelsesrate under klappingen, der er 53 gang større som under opgravningen. Da der spildes 5% under opgravning og 6% under klappning skaleres faktoren derfor yderligere med 6/5 og bliver dermed 64. Den tilsvarende rate sammen med dens fordeling på fraktioner er givet i Tabel 4-4.

Tabel 4-4 Scenarie 4: Klapping: Spilddrate og spildfordeling per fraktion. Spilddraten er baseret på 5 minutters klapping hver 4,3 time. Fordelingen mellem fraktionerne er som i det opgravede materiale, se Tabel 4-3

Klap-område	Produktion		Spilddrate per fraktion [kg/s] under 5 minutters klapping hver 5½ time		
	Graveområde	Spilddrate [kg/s]	Fraktion 1 (31-63µm)	Fraktion 2 (3,9-31µm)	Fraktion 3 (<3,9µm)
FS-1	YM-1	166,7	29	38	38
FS-1	YM-2	209,9	17	44	29
FS-1	YM-3	209,9	8	11	23
FS-1	YM-4	209,9	40	48	25
FS-1	YM-5	209,9	29	57	42
FS-1	YM-6	209,9	21	74	57
FS-1	YM-7	209,9	8,4	15	19
FS-1	YM-8	209,9	4,2	27	32
FS-1	YM-9	209,9	6,3	25	19
FS-1	YM-10	209,9	15	53	38
FS-1	YM-11	209,9	11	38	74
FS-1	YM-12	209,9	27	36	80

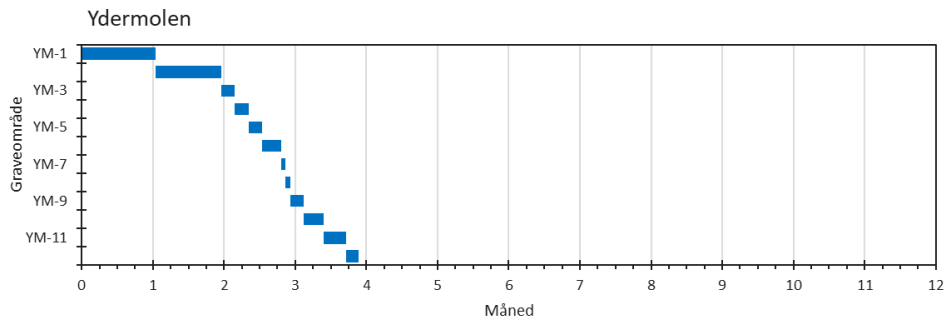
Oversigten over de anvendte spildlokaliteter per område samt spildaktiviteternes start- og sluttidspunkt er specificeret i Tabel 4-5.

Tabel 4-5 Scenarie 4: Koordinater for sedimentfrigivelse under opgravning og klapping samt modelleringernes startdato og slutdato

Areal	X [UTM32]	Y [UTM32]	Startdato	Slutdato
YM-1	576400	6222231	01-01-2004 00:00	01-02-2004 15:00
YM-2	576719	6222204	01-02-2004 15:00	29-02-2004 16:00
YM-3	577255	6222147	29-02-2004 16:00	06-03-2004 10:00
YM-4	577633	6222112	06-03-2004 10:00	12-03-2004 09:00
YM-5	577846	6222156	12-03-2004 09:00	18-03-2004 00:00
YM-6	578059	6222244	18-03-2004 00:00	26-03-2004 03:00
YM-7	578303	6222427	26-03-2004 03:00	28-03-2004 04:00
YM-8	578533	6222634	28-03-2004 04:00	30-03-2004 08:00
YM-9	578568	6222836	30-03-2004 08:00	04-04-2004 21:00
YM-10	578561	6222982	04-04-2004 21:00	13-04-2004 09:00
YM-11	578074	6223380	13-04-2004 09:00	23-04-2004 02:00
YM-12	578197	6223196	23-04-2004 02:00	28-04-2004 04:00
FS-1	582027,5	6214304	01-01-2004 00:00	28-04-2004 04:00
FS-2	581053	6214363	-	-

De to klappositioner FS-1 og FS-2 gælder for hhv. Aarhus Havn og ReWater Alternativ 2 (efter ydermolerne etablering), og er beliggende i den central del og den vestlige del af klapplassen (se Figur 4-2).

De angivne start- og slutdatoer er illustreret i nedenstående Figur 4-3.



Figur 4-3 Tidsplan for udgravning af ydermolen

4.3.2 Scenarie 7: Ydermole + Lystbådehavn alt.2

Dette scenarie belyser den kumulative effekt af samtidig bundudskiftning under havnens ydermoler og lystbådehavnens alternativ 2. Modelleringen omfatter også klappning fra begge projekter på Fløjstrup Skov, hvilket ikke vil forekomme, da materiale fra Lystbådehavnen vil blive klappet på separat klapplass ansøgt af Aarhus Vand A/S i forbindelse med ReWater projektet.

Graveområderne for samtidig udgravning af ydermole og Lystbådehavn, alt. 2 er illustreret i Figur 4-1 og Figur 4-4.



Figur 4-4 Illustration af graveområdet for lystbådehavn alt.2

Nedenstående Tabel 4-6 beskriver spildraterne for hver af de tre fraktioner, som er bestemt som i afsnit 4.3.1.

Tabel 4-6 *Scenarie 7: Opgravning: Spildrate og fordeling per fraktion. Områderne YM beskriver YderMolen, mens områderne LA beskriver Lystbådehavn Alt.2.*

Om- råde	Produktion		Spildfordeling per fraktion [kg/s]		
	Gravet volu- men [m ³]	Total spild- rate [kg/s]	Fraktion 1 (31-63µm)	Fraktion 2 (3,9-31µm)	Fraktion 3 (<3,9µm)
YM-1	173.897	3,18	0,45	0,57	0,57
YM-2	154.261	3,18	0,25	0,67	0,45
YM-3	31.566	3,18	0,13	0,16	0,35
YM-4	32.708	3,18	0,60	0,73	0,38
YM-5	30.979	3,18	0,45	0,86	0,64
YM-6	44.781	3,18	0,32	1,11	0,86
YM-7	11.253	3,18	0,13	0,22	0,29
YM-8	12.017	3,18	0,06	0,41	0,48
YM-9	30.467	3,18	0,10	0,38	0,29
YM-10	46.663	3,18	0,22	0,80	0,57
YM-11	53.395	3,18	0,16	0,57	1,11
YM-12	28.014	3,18	0,41	0,54	1,21
LA1	6.150	3,18	0,24	0,49	0,72
LA2	11.658	3,18	0,24	0,49	0,72
LA3	8.293	3,18	0,24	0,49	0,72
LA4	13.900	3,18	0,24	0,49	0,72

Klapningen af sedimenter fra havneudvidelsen foregår på klappladspositionen (FS-1) og antages at foregå på samme tidspunkt som opgravningen. Klapningen af sedimenter fra Lystbådehavnen foregår på klappladspositionen (FS-2) og antages at foregå på samme tidspunkt som opgravningen. Se illustration i Figur 4-2.

Den tilsvarende rate for klapning sammen med dens fordeling på fraktioner er givet i Tabel 4-7.

Tabel 4-7 Scenarie 7: Klapping: Spildrate og spildfordeling per fraktion. Spildraten er baseret på 5 minutters klapping hver 4,4 timer (rundet op). Fordelingen mellem fraktionerne er som i det opgravede materiale, se Tabel 4-6

Klap-område	Produktion		Spildrate per fraktion [kg/s] under 5 minutters klapping hver 5½ time		
	Graveområde	Spildrate [kg/s]	Fraktion 1 (31-63µm)	Fraktion 2 (3,9-31µm)	Fraktion 3 (<3,9µm)
FS-1	YM-1	210	29	38	38
FS-1	YM-2	210	17	44	29
FS-1	YM-3	210	8	11	23
FS-1	YM-4	210	40	48	25
FS-1	YM-5	210	29	57	42
FS-1	YM-6	210	21	74	57
FS-1	YM-7	210	8,4	15	19
FS-1	YM-8	210	4,2	27	32
FS-1	YM-9	210	6,3	25	19
FS-1	YM-10	210	15	53	38
FS-1	YM-11	210	11	38	74
FS-1	YM-12	210	27	36	80
FS-2	LA1	210	15,8	32,6	47,3
FS-2	LA2	210	15,8	32,6	47,3
FS-2	LA3	210	15,8	32,6	47,3
FS-2	LA4	210	15,8	32,6	47,3

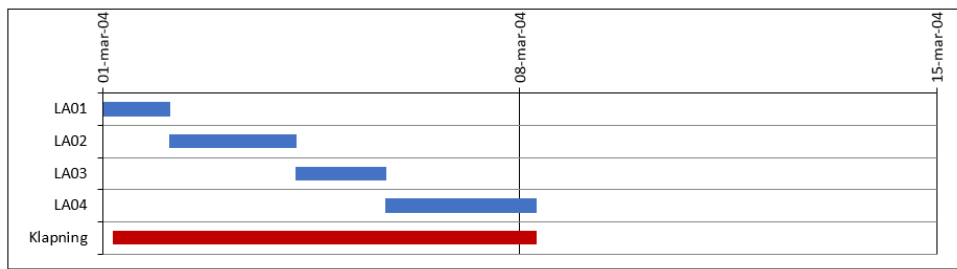
Oversigten over de anvendte spildlokaliteter per område samt spildaktiviteternes start- og sluttidspunkt er specificeret i Tabel 4-10. For stationerne LA1-4 er koordinater for uddybning og klapping angivet sammen med en start og slutdato for uddybningsarbejdet. I beregningerne flytter gravemaskinen sig fra koordinat til koordinat inden for hvert delområde.

Tabel 4-8 Scenarie 7: Koordinater for sedimentfrigivelse under opgravning og klappning samt modelleringernes startdato og slutdato

Areal	X [UTM32]	Y [UTM32]	Startdato	Slutdato
YM-1	576400	6222231	01-01-2004 00:00	01-02-2004 15:00
YM-2	576719	6222204	01-02-2004 15:00	29-02-2004 16:00
YM-3	577255	6222147	29-02-2004 16:00	06-03-2004 10:00
YM-4	577633	6222112	06-03-2004 10:00	12-03-2004 09:00
YM-5	577846	6222156	12-03-2004 09:00	18-03-2004 00:00
YM-6	578059	6222244	18-03-2004 00:00	26-03-2004 03:00
YM-7	578303	6222427	26-03-2004 03:00	28-03-2004 04:00
YM-8	578533	6222634	28-03-2004 04:00	30-03-2004 08:00
YM-9	578568	6222836	30-03-2004 08:00	04-04-2004 21:00
YM-10	578561	6222982	04-04-2004 21:00	13-04-2004 09:00
YM-11	578074	6223380	13-04-2004 09:00	23-04-2004 02:00
YM-12	578197	6223196	23-04-2004 02:00	28-04-2004 04:00
LA1a	575995	6222207	01-03-04 00:00:00	02-03-04 02:50:13
LA1b	576055	6222200		
LA1c	576067	6222209		
LA1d	576128	6222132		
LA2a	575992	6222194	02-03-04 02:50:13	04-03-04 05:42:22
LA2b	576043	6222185		
LA2c	576074	6222148		
LA2d	576048	6222127		
LA2e	575989	6222169		
LA3a	576041	6222052	04-03-04 05:42:22	05-03-04 17:53:33
LA3b	576131	6222102		
LA4a	576154	6222078	05-03-04 17:53:33	05-03-04 17:53:33
LA4b	576197	6222103		
LA4c	576307	6222097		
FS-1	582027,5	6214304	01-01-2004 00:00	28-04-2004 04:00
FS-2	581053	6214363	01-03-04 04:21:49	08-03-04 06:37:44

De to klappositioner FS-1 og FS-2 gælder for hhv. Aarhus Havn og ReWater, og er beliggende i den central del og den vestlige del af klapplassen (se Figur 4-2).

De angivne start- og slutdatoer for udgravningen for ydermolen er illustreret i Figur 4-3. De angivne start- og slutdatoer for udgravningen og klappning for lystbådehavnen alt.2 er illustreret i nedenstående Figur 4-5.

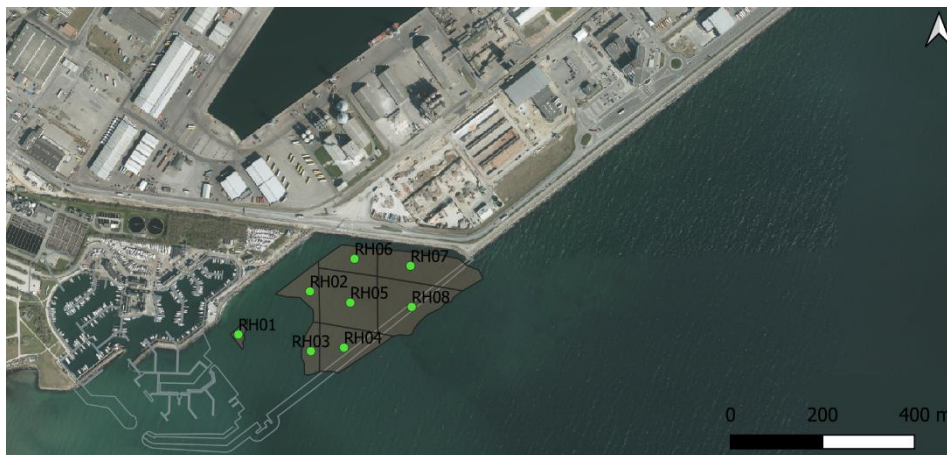


Figur 4-5 Tidsplan for udgravning og klapning af lystbådehavn alt.2

4.3.3 Scenarie 8: Ydermole + ReWater hovedforslag

Dette scenarie belyser den kumulative effekt af samtidig bundudskiftning under havnens ydermoler og ReWaters hovedforslag. Modelleringen omfatter også klapning fra begge projekter på Fløjstrup Skov, hvilket ikke vil forekomme da materiale fra ReWater vil blive klappet på separat klappads ansøgt af Aarhus Vand A/S i forbindelse med ReWater projektet.

Graveområderne for samtidig udgravning af ydermole og ReWater, hovedforslaget er illustreret i Figur 4-1 og Figur 4-6.



Figur 4-6 Illustration af graveområdet for ReWater, hovedforslaget (RH)

Nedenstående Tabel 4-9 beskriver spildraterne for hver af de tre fraktioner, som er bestemt som i afsnit 4.3.1.

Tabel 4-9 *Scenario 8: Opgravning: Spildrate og fordeling per fraktion. Områderne YM beskriver YderMolen, mens områderne RH beskriver ReWater Hovedfor-slag.*

Om-råde	Produktion		Spildfordeling per fraktion [kg/s]		
	Gravet volu-men [m ³]	Total spild-rate [kg/s]	Fraktion 1 (31-63µm)	Fraktion 2 (3,9-31µm)	Fraktion 3 (<3,9µm)
YM-1	173.897	3,18	0,45	0,57	0,57
YM-2	154.261	3,18	0,25	0,67	0,45
YM-3	31.566	3,18	0,13	0,16	0,35
YM-4	32.708	3,18	0,60	0,73	0,38
YM-5	30.979	3,18	0,45	0,86	0,64
YM-6	44.781	3,18	0,32	1,11	0,86
YM-7	11.253	3,18	0,13	0,22	0,29
YM-8	12.017	3,18	0,06	0,41	0,48
YM-9	30.467	3,18	0,10	0,38	0,29
YM-10	46.663	3,18	0,22	0,80	0,57
YM-11	53.395	3,18	0,16	0,57	1,11
YM-12	28.014	3,18	0,41	0,54	1,21
RH01	405	3,18	0,13	0,57	0,76
RH02	1.282	3,18	0,06	0,06	0,06
RH03	6.676	3,18	0,30	0,40	0,27
RH04	15.011	3,18	0,30	0,40	0,27
RH05	23.795	3,18	0,48	0,33	0,37
RH06	50.590	3,18	0,08	0,16	0,24
RH07	75.972	3,18	0,19	0,67	1,05
RH08	76.268	3,18	0,10	0,38	0,48

Klapningen af sedimenter fra havneudvidelsen foregår på klappladpositionen (FS-1) og antages at foregå på samme tidspunkt som opgravningen. Klapningen af sedimenter fra ReWater foregår på klappladpositionen (FS-2) og antages at foregå på samme tidspunkt som opgravningen. Se illustration i Figur 4-2.

Den tilsvarende rate for klapning sammen med dens fordeling på fraktioner er givet i Tabel 4-12.

Tabel 4-10 Scenarie 8: Klapping: Spildrate og spildfordeling per fraktion. Spildraten er baseret på 5 minutters klapping hver 4,4 time (rundet op). Fordelingen mellem fraktionerne er som i det opgravede materiale, se Tabel 4-9

Klap-område	Produktion		Spildrate per fraktion [kg/s] under 5 minutters klapping hver 5½ time		
	Graveområde	Spildrate [kg/s]	Fraktion 1 (31-63µm)	Fraktion 2 (3,9-31µm)	Fraktion 3 (<3,9µm)
FS-1	YM-1	210	29	38	38
FS-1	YM-2	210	17	44	29
FS-1	YM-3	210	8	11	23
FS-1	YM-4	210	40	48	25
FS-1	YM-5	210	29	57	42
FS-1	YM-6	210	21	74	57
FS-1	YM-7	210	8,4	15	19
FS-1	YM-8	210	4,2	27	32
FS-1	YM-9	210	6,3	25	19
FS-1	YM-10	210	15	53	38
FS-1	YM-11	210	11	38	74
FS-1	YM-12	210	27	36	80
FS-2	RH01	210	8,4	37,8	50,4
FS-2	RH02	210	4,2	4,2	4,2
FS-2	RH03	210	20,0	26,3	17,9
FS-2	RH04	210	20,0	26,3	17,9
FS-2	RH05	210	31,5	22,1	24,2
FS-2	RH06	210	5,3	10,5	15,8
FS-2	RH07	210	12,6	44,1	69,3
FS-2	RH08	210	6,3	25,2	31,5

Oversigten over de anvendte spildlokaliteter per område samt spildaktiviteternes start- og sluttidspunkt er specificeret i Tabel 4-11.

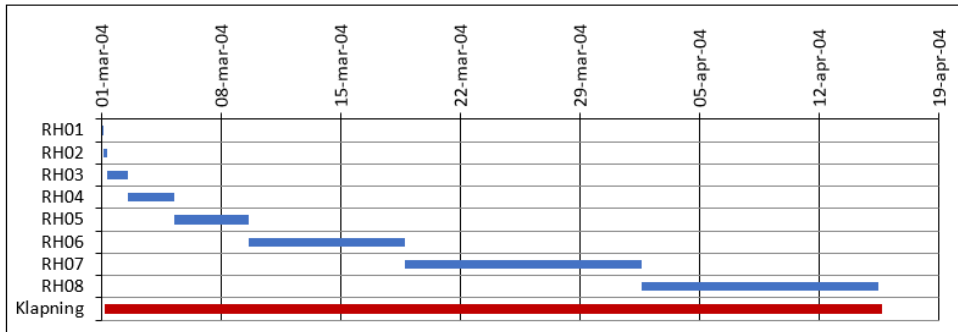
Tabel 4-11 Scenarie 8: Koordinater for sedimentfrigivelse under opgravning og klappning samt modelleringernes startdato og slutdato

Areal	X [UTM32]	Y [UTM32]	Startdato	Slutdato
YM-1	576400	6222231	01-01-2004 00:00	01-02-2004 15:00
YM-2	576719	6222204	01-02-2004 15:00	29-02-2004 16:00
YM-3	577255	6222147	29-02-2004 16:00	06-03-2004 10:00
YM-4	577633	6222112	06-03-2004 10:00	12-03-2004 09:00
YM-5	577846	6222156	12-03-2004 09:00	18-03-2004 00:00
YM-6	578059	6222244	18-03-2004 00:00	26-03-2004 03:00
YM-7	578303	6222427	26-03-2004 03:00	28-03-2004 04:00
YM-8	578533	6222634	28-03-2004 04:00	30-03-2004 08:00
YM-9	578568	6222836	30-03-2004 08:00	04-04-2004 21:00
YM-10	578561	6222982	04-04-2004 21:00	13-04-2004 09:00
YM-11	578074	6223380	13-04-2004 09:00	23-04-2004 02:00
YM-12	578197	6223196	23-04-2004 02:00	28-04-2004 04:00
RH01	575758	6222095	01-03-04 00:00:00	01-03-04 01:46:09
RH02	575914	6222189	01-03-04 01:46:09	01-03-04 07:21:54
RH03	575916	6222059	01-03-04 07:21:54	02-03-04 12:29:42
RH04	575988	6222067	02-03-04 12:29:42	05-03-04 05:59:54
RH05	576002	6222164	05-03-04 05:59:54	09-03-04 13:49:45
RH06	576011	6222259	09-03-04 13:49:45	18-03-04 18:35:09
RH07	576133	6222244	18-03-04 18:35:09	01-04-04 14:06:06
RH08	576135	6222155	01-04-04 14:06:06	15-04-04 10:54:33
FS-1	582027,5	6214304	01-01-2004 00:00	28-04-2004 04:00
FS-2	581053	6214363	01-03-04 04:21:49	15-04-04 10:59:33

De to klappositioner FS-1 og FS-2 gælder for hhv. Aarhus Havn og ReWater, og er beliggende i den central del og den vestlige del af klapplassen (se Figur 4-2).

De angivne start- og slutdatoer for udgravningen for ydermolen er illustreret i Figur 4-3.

De angivne start- og slutdatoer for udgravningen og klapping for Lystbådehavnen alt 2 er illustreret i nedenstående Figur 4-7.



Figur 4-7 Tidsplan for udgravning og klapping af ReWater hovedforslag.

4.3.4 Scenarie 9: Ydermole + ReWater alt.2

Dette scenarie belyser den kumulative effekt af samtidig bundudskiftning under havnens ydermoler og ReWaters alternativ 2. Modelleringen omfatter også klapping fra begge projekter på Fløjstrup Skov, hvilket ikke vil forekomme da materiale fra ReWater vil blive klappet på separat klappplads ansøgt af Aarhus Vand A/S i forbindelse med ReWater projektet.

I denne kombination af delprojekter ses, at bundudskiftningerne delvis overlapper hinanden. der er dermed sedimentmængder der ikke skal tælles dobbelt i modelleringen og derfor skal fratrækkes et af projekterne under modellering af sedimentspildet. Det er valgt at reducere gravmængderne fra bundudskiftningen under ydermolen. Der reduceres med de mængder der svarer til hele delområdet YM1 og halvdelen af delområdet YM2 (se Figur 4-1 og Tabel 4-3). Mængden for ydermolen reduceres dermed med 250.000 m³ fra 650.000 m³ blød bund til ca. 400.000 m³. Der anvendes stadigvæk de respektive karakteristika for de respektive delområder.



Figur 4-8 Illustration af graveområdet for bundudskiftning for ReWater alt. 2.

Graveområderne for ydermolen og ReWater alt.2 er vist nedenfor i Figur 4-1 og Figur 4-8.

Nedenstående Tabel 4-12 beskriver spildraterne for hver af de tre fraktioner, som er bestemt som i afsnit 4.3.1.

Tabel 4-12 *Scenario 9: Opgravning: Spildrate og fordeling per fraktion for yderMole (YM) og ofr ReWater alt 2 (RA). Spildraterne for delområde YM1 er sat til nul, spildet fra YM2 er halveret ved at graveperioden er halveret – se Tabel 4-14.*

Om-råde	Produktion		Spildfordeling per fraktion [kg/s]		
	Gravet volu-men [m ³]	Total spild-rate [kg/s]	Fraktion 1 (31-63µm)	Fraktion 2 (3,9-31µm)	Fraktion 3 (<3,9µm)
YM-1	173.897	3,18	0	0	0
YM-2	154.261	3,18	0,25	0,67	0,45
YM-3	31.566	3,18	0,13	0,16	0,35
YM-4	32.708	3,18	0,60	0,73	0,38
YM-5	30.979	3,18	0,45	0,86	0,64
YM-6	44.781	3,18	0,32	1,11	0,86
YM-7	11.253	3,18	0,13	0,22	0,29
YM-8	12.017	3,18	0,06	0,41	0,48
YM-9	30.467	3,18	0,10	0,38	0,29
YM-10	46.663	3,18	0,22	0,80	0,57
YM-11	53.395	3,18	0,16	0,57	1,11
YM-12	28.014	3,18	0,41	0,54	1,21
RA01	405	3,18	0,41	0,60	0,57
RA02	1.282	3,18	0,25	0,67	0,45
RA03	6.676	3,18	0,25	0,51	0,45
RA04	15.011	3,18	0,13	0,51	1,11
RA05	167.136	3,18	0,19	0,48	0,51
RA06	133.096	3,18	0,06	0,70	0,45
RA07	105.519	3,18	0,08	0,27	0,60
RA08	87.828	3,18	0,10	0,22	0,16
RA09	49.196	3,18	0,10	0,16	0,16
RA10	43.376	3,18	0,11	0,14	0,14
RA11	76.513	3,18	0,11	0,14	0,14
RA12	53.758	3,18	0,11	0,14	0,14
RA13	13.983	3,18	0,11	0,14	0,14
RA14	6.123	3,18	0,11	0,14	0,14
RA15	5.373	3,18	0,11	0,14	0,14

Klapningen af sedimenter fra havneudvidelsen foregår på klappladspositionen (FS-1) og antages at foregå på samme tidspunkt som opgravningen. Klapningen af sedimenter fra ReWater foregår på klappladspositionen (FS-2) og antages at foregå på samme tidspunkt som opgravningen. Se illustration i Figur 4-2.

Den tilsvarende rate for klapning sammen med dens fordeling på fraktioner er givet i Tabel 4-13. Tabel 4-13 Scenario 9: Klapning: Spilddrate og spildfordeling per fraktion. Spilddraten er baseret på 5 minutters klapning hver 4,4 time (rundet op). Fordelingen mellem fraktionerne er som i det opgravede materiale, se Tabel 4-3

Klap-om-råde	Produktion		Spilddrate per fraktion [kg/s] under 5 minutters klapning hver 5½ time		
	Graveom-råde	Spilddrate [kg/s]	Fraktion 1 (31-63µm)	Fraktion 2 (3,9-31µm)	Fraktion 3 (<3,9µm)
FS-1	YM-1	210	0	0	0
FS-1	YM-2	210	17	44	29
FS-1	YM-3	210	8	11	23
FS-1	YM-4	210	40	48	25
FS-1	YM-5	210	29	57	42
FS-1	YM-6	210	21	74	57
FS-1	YM-7	210	8,4	15	19
FS-1	YM-8	210	4,2	27	32
FS-1	YM-9	210	6,3	25	19
FS-1	YM-10	210	15	53	38
FS-1	YM-11	210	11	38	74
FS-1	YM-12	210	27	36	80
FS-2	RA01	210	27,3	39,9	37,8
FS-2	RA02	210	16,8	44,1	29,4
FS-2	RA03	210	16,8	33,6	29,4
FS-2	RA04	210	8,4	33,6	73,5
FS-2	RA05	210	12,6	31,5	33,6
FS-2	RA06	210	4,2	46,2	29,4
FS-2	RA07	210	5,2	17,9	39,9
FS-2	RA08	210	6,3	14,7	10,5
FS-2	RA09	210	6,3	10,5	10,5
FS-2	RA10	210	7,4	9,5	9,5
FS-2	RA11	210	7,4	9,5	9,5
FS-2	RA12	210	7,4	9,5	9,5
FS-2	RA13	210	7,4	9,5	9,5
FS-2	RA14	210	7,4	9,5	9,5
FS-2	RA15	210	7,4	9,5	9,5

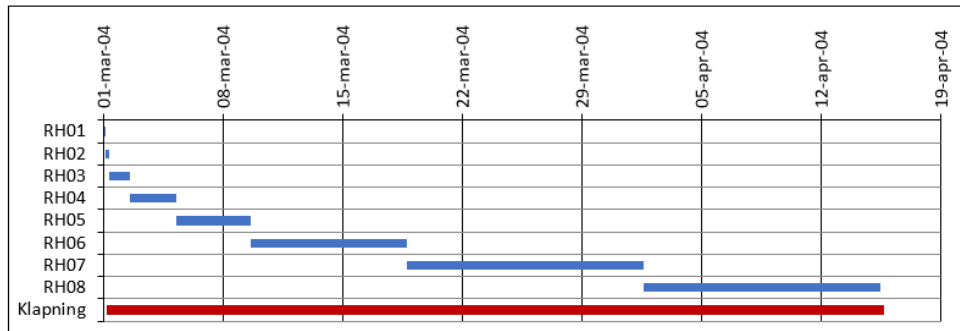
Oversigten over de anvendte spildlokaliteter per område samt spildaktiviteternes start- og sluttidspunkt er specificeret i Tabel 4-16.

Tabel 4-14 *Scenarie 9: Koordinater for sedimentfrigivelse under opgravning og klappning samt modelleringernes startdato og slutdato*

Areal	X [UTM32]	Y [UTM32]	Startdato	Slutdato
YM-1	576400	6222231	01-01-2004 00:00	01-02-2004 15:00
YM-2	576719	6222204	14-02-2004 15:00	29-02-2004 16:00
YM-3	577255	6222147	29-02-2004 16:00	06-03-2004 10:00
YM-4	577633	6222112	06-03-2004 10:00	12-03-2004 09:00
YM-5	577846	6222156	12-03-2004 09:00	18-03-2004 00:00
YM-6	578059	6222244	18-03-2004 00:00	26-03-2004 03:00
YM-7	578303	6222427	26-03-2004 03:00	28-03-2004 04:00
YM-8	578533	6222634	28-03-2004 04:00	30-03-2004 08:00
YM-9	578568	6222836	30-03-2004 08:00	04-04-2004 21:00
YM-10	578561	6222982	04-04-2004 21:00	13-04-2004 09:00
YM-11	578074	6223380	13-04-2004 09:00	23-04-2004 02:00
YM-12	578197	6223196	23-04-2004 02:00	28-04-2004 04:00
RA01	576384	6222224	01-03-04 00:00:00	31-03-04 09:19:19
RA02	576608	6222206	31-03-04 09:19:19	24-04-04 14:06:19
RA03	576583	6222311	24-04-04 14:06:19	13-05-04 18:32:59
RA04	576452	6222328	13-05-04 18:32:59	29-05-04 17:48:02
RA05	576557	6222428	29-05-04 17:48:02	07-06-04 16:28:21
RA06	576651	6222476	07-06-04 16:28:21	15-06-04 13:44:59
RA07	576699	6222386	15-06-04 13:44:59	29-06-04 11:37:33
RA08	576760	6222291	29-06-04 11:37:33	09-07-04 06:12:27
RA09	576887	6222382	09-07-04 06:12:27	11-07-04 19:13:20
RA10	576804	6222434	11-07-04 19:13:20	12-07-04 21:56:24
RA11	576731	6222537	12-07-04 21:56:24	13-07-04 21:23:07
RA12	576817	6222614	13-07-04 21:23:07	14-07-04 12:29:12
RA13	576874	6222484	14-07-04 12:29:12	14-07-04 21:06:06
RA14	576967	6222575	14-07-04 21:06:06	14-07-04 23:15:29
RA15	576996	6222448	14-07-04 23:15:29	15-07-04 08:43:38
FS-1	582027,5	6214304	14-02-2004 15:00	28-04-2004 04:00
FS-2	581053	6214363	01-03-04 04:21:49	15-07-04 08:48:38

De to klappositioner FS-1 og FS-2 gælder for hhv. Aarhus Havn og ReWater, og er beliggende i den central del og den vestlige del af klapplassen (se Figur 4-2).

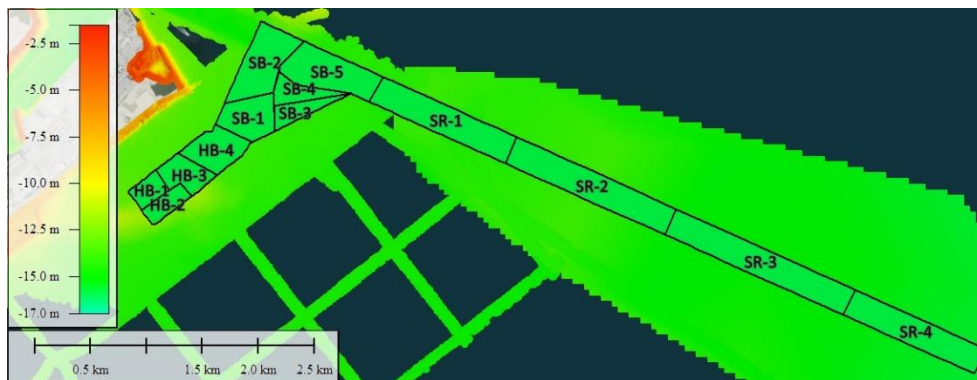
De angivne start- og slutdatoer for udgravningen for ydermolen er illustreret i Figur 4-3. De angivne start- og slutdatoer for udgravningen og klapping for ReWater alternativ 2 er illustreret i nedenstående Figur 4-9.



Figur 4-9 Tidsplan for udgravning og klapping af ReWater, alternativ 2

4.3.5 Scenarie 10: Sejlrende og bassiner

I forbindelse med uddybning af Yderhavnsens sejlrende og bassiner (svajebassin og havnebassin) skal der bortgraves 3,750,000 m³ materiale, se Tabel 4-2. Da volumen og sammensætning af det materiale, der skal bortgraves, er varierende, bestemmes de respektive mængder og karakteristika for typiske delmængder se Figur 4-10.



Figur 4-10 Illustration af graveområdet for bundudskiftning for sejlrende og bassiner.

Nedenstående Tabel 4-15 beskriver spildraterne for hver af de tre fraktioner, som er bestemt som i afsnit 4.3.1.

Tabel 4-15 Scenarie 10: Opgravning: Spildrate og fordeling per fraktion

Om- råde	Produktion			Spild per fraktion [kg/s]		
	Gravema- skine	Gravet vo- lumen [m ³]	Spildrate [kg/s]	Fraktion 1 (31-63µm)	Fraktion 2 (3,9- 31µm)	Fraktion 3 (<3,9µm)
HB-1	GD1	160.000	3,18	0,29	0,92	1,66
HB-2	GD1	225.000	3,18	0,06	0,22	0,25
HB-3	GD1	310.000	3,18	0,27	0,29	0,33
HB-4	GD1	325.000	3,18	0,38	0,48	0,95
SB-1	GD1	300.000	3,18	0,62	0,37	0,46
SB-2	GD1	375.000	3,18	0,59	0,64	0,89
SB-3	GD1	125.000	3,18	0,89	0,54	0,8
SB-4	GD2	145.000	3,18	0,29	1,05	1,75
SB-5	GD2	305.000	3,18	0,36	0,45	0,45
SR-1	GD2	460.000	3,18	0,67	1,18	1,18
SR-2	GD2	600.000	3,18	0,93	0,99	0,8
SR-3	GD2	295.000	3,18	0,68	0,92	0,76
SR-4	GD2	125.000	3,18	0,5	0,64	0,48

Klapningen af sedimenter fra havneudvidelsen foregår på klappladspositionen (FS-1), se Tabel 4-2, men antages at foregå på samme tidspunkt som opgravningen.

Den tilsvarende rate for klappning sammen med dens fordeling på fraktioner er givet i Tabel 4-16.

Tabel 4-16 Scenarie 10: Klapping: Spildrate og spildfordeling per fraktion. Spildraten er baseret på 5 minutters klapping hver 5½ time. Fordelingen mellem fraktionerne er som i det opgravede materiale, se Tabel 4-15

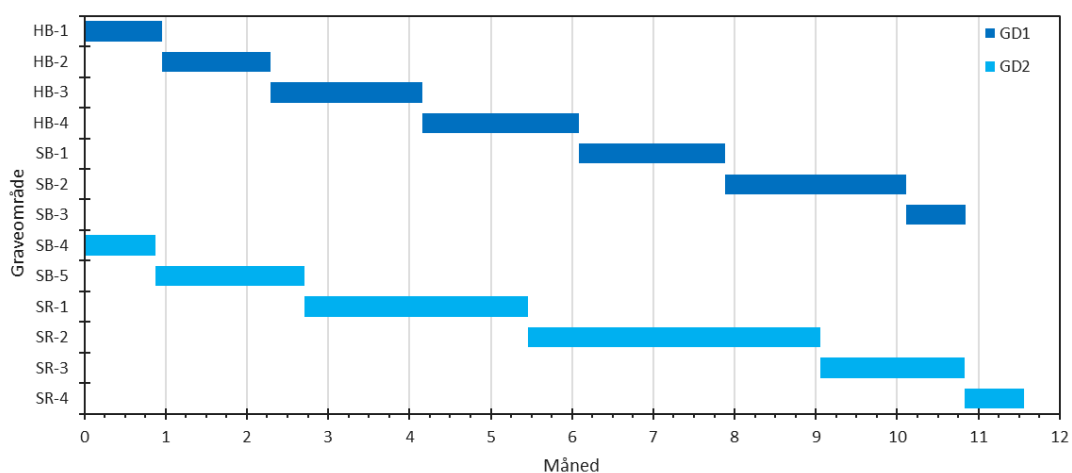
Om- råde	Produktion		Spildrate per fraktion [kg/s] under 5 minutters klapping hver 5½ time		
	Klappingsrate [m ³ /md]	Spildrate [kg/s]	Fraktion 1 (31-63µm)	Klappingsrate [m ³ /md]	Spildrate [kg/s]
FS-1	165.000	210	19	61	110
FS-1	165.000	209,9	4,0	15	17
FS-1	165.000	209,9	18	19	22
FS-1	165.000	209,9	25	32	63
FS-1	165.000	209,9	41	24	30
FS-1	165.000	209,9	39	42	59
FS-1	165.000	209,9	59	36	53
FS-1	165.000	209,9	19	69	116
FS-1	165.000	209,9	24	30	30
FS-1	165.000	209,9	44	78	78
FS-1	165.000	209,9	61	65	53
FS-1	165.000	209,9	45	61	50
FS-1	165.000	209,9	33	42	32

Oversigten over de anvendte spildlokaliteter per område samt spildaktiviteternes start- og sluttidspunkt er specificeret i Tabel 4-17.

Tabel 4-17 Scenarie 10: Koordinater for sedimentfrigivelse under opgravning og klappning samt modelleringernes startdato og slutdato. Bemærk at uddybning af sejlrenden (SR) er modelleret dynamisk, dvs. med en start- og slutposition.

Areal	Start		End		Startdato	Slutdato
	X [UTM32]	Y [UTM32]	X [UTM32]	Y [UTM32]		
HB-1	577666	6222628			01-01-2004 00:00	30-01-2004 03:00
HB-2	577822	6222506			30-01-2004 03:00	10-03-2004 14:00
HB-3	577987	6222769			10-03-2004 14:00	06-05-2004 08:00
HB-4	578265	6222990			06-05-2004 08:00	04-07-2004 01:00
SB-1	578562	6223279			04-07-2004 01:00	27-08-2004 17:00
SB-2	578684	6223762			27-08-2004 17:00	03-11-2004 13:00
SB-3	579015	6223342			03-11-2004 13:00	25-11-2004 22:00
SB-4	578999	6223503			01-01-2004 00:00	27-01-2004 11:00
SB-5	579276	6223678			27-01-2004 11:00	23-03-2004 07:00
SR-1	580904	6222986	579699	6223527	23-03-2004 07:00	14-06-2004 23:00
SR-2	582330	6222345	580904	6222986	14-06-2004 23:00	02-10-2004 12:00
SR-3	583924	6221630	582330	6222345	02-10-2004 12:00	25-11-2004 13:00
SR-4	585099	6221104	583924	6221630	25-11-2004 13:00	17-12-2004 22:00
FS-1	582027,5	6214304			01-01-2004 00:00	17-12-2004 22:00
FS-2	581053	6214363			-	-

De angivne start- og slutdatoer er illustreret i nedenstående Figur 4-11.



Figur 4-11 Scenarie 10: Tidsplan for udgravning af sejlrende og bassiner

5 Resultater

Effekter af klappningsaktiviteterne er angivet i dette afsnit. Da modelleringen af sedimentspild under opgravning og under klappning modelleres i samme modelkørsel (aktiviteterne foregår samtidigt) er effekterne af gravearbejdet omfattet i resultatfigurerne. Figureerne illustrerer ligeledes, at påvirkninger fra gravning og klappning ikke overlejres.

Følgende resultatparametre udtrækkes fra modelleringen for at understøtte miljøkonsekvensvurderingen med hensyn til den marine biologi:

Suspenderet stof koncentration

- > Udvalgte øjeblikbilleder af koncentration af suspenderet stof under forskellige strømsituationer
- > Maks. koncentration af suspenderet stof koncentration
- > Overskridelsestid (Dage) af 10 mg/l koncentrationen af suspenderet stof
- > Overskridelsestid (Dage) af 50 mg/l koncentrationen af suspenderet stof
- > Overskridelsestid (Dage) af 100 mg/l koncentrationen af suspenderet stof
- > Overskridelsestid (Dage) af 250 mg/l koncentrationen af suspenderet stof

Lysforhold

- > Overskridelsestid (Dage) af ≤ 5 % (SI) lys
- > Overskridelsestid (Dage) af ≤ 20 % (SI) lys

Deposition

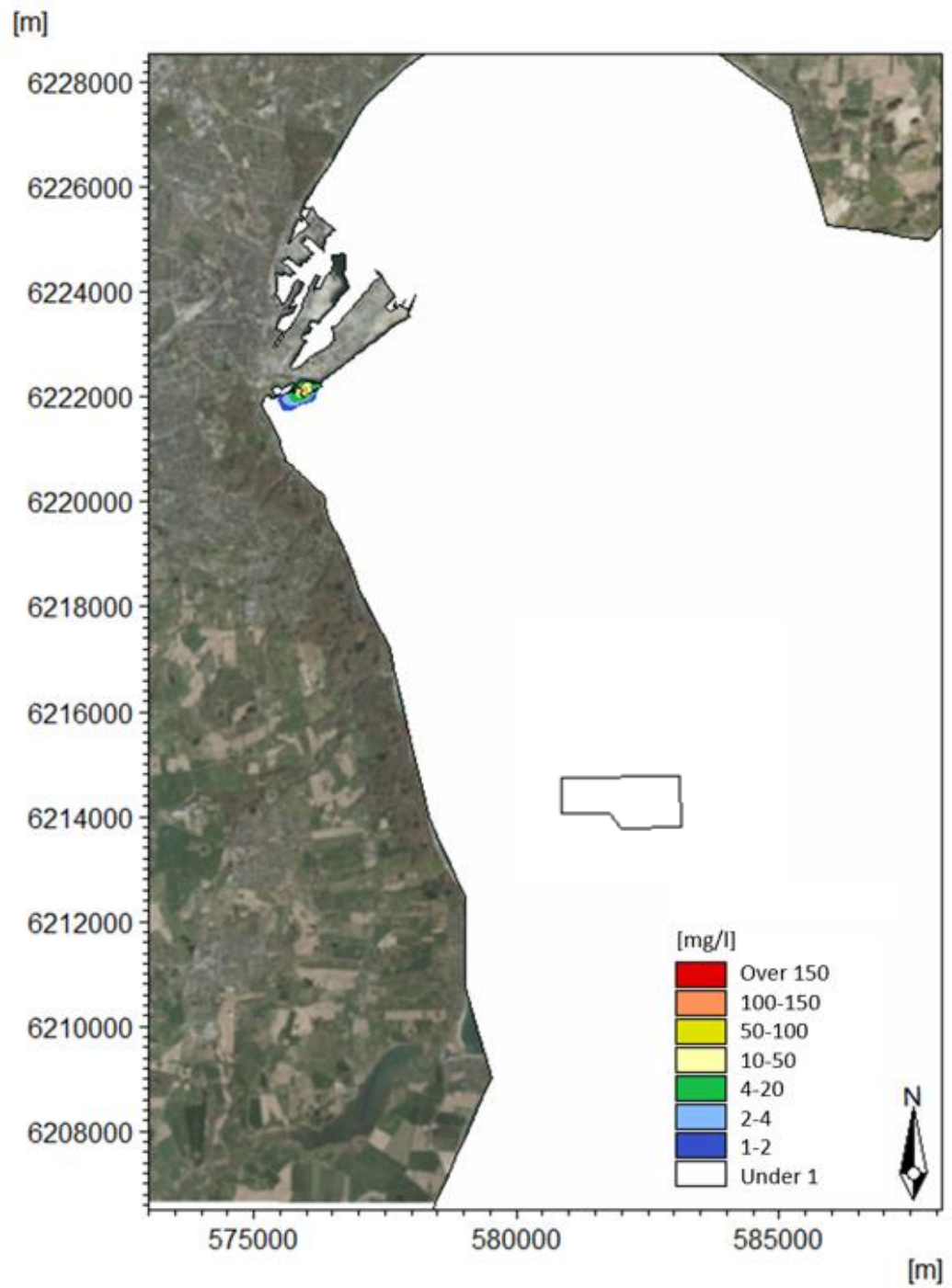
- > Netto deposition
- > Netto depositionsrate

5.1 Scenarie 1: ReWater, hovedforslag

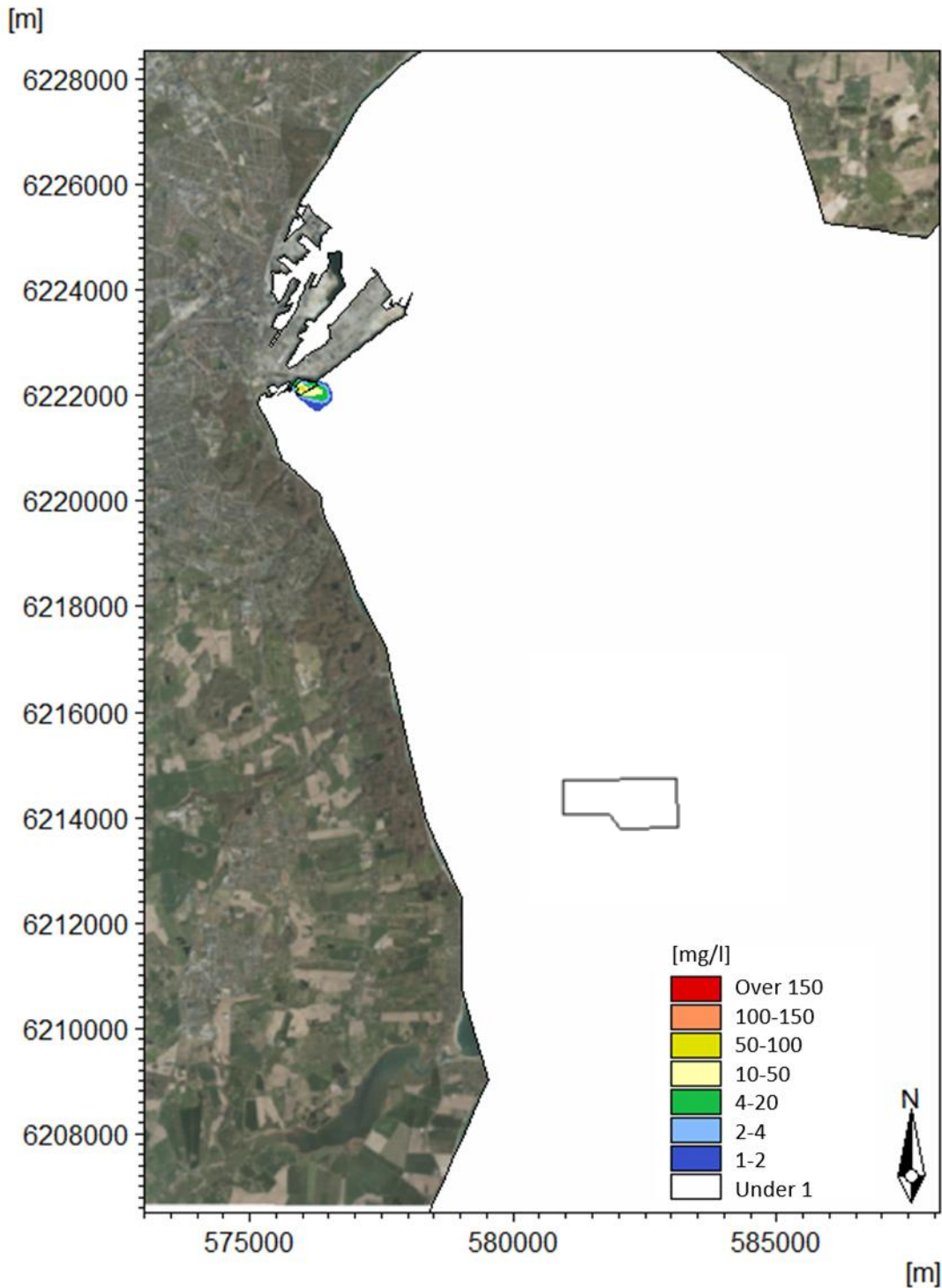
Modelresultater er leveret fra Niras. Modelleringen omfatter ikke klappning på Fløjstrup Skov, da materiale fra ReWater vil blive klappet på separat klapplads ansøgt af Aarhus Vand A/S i forbindelse med ReWater projektet.

5.1.1 Suspenderet stof koncentration

Udvalgte øjeblikbilleder af koncentration af suspenderet stof under forskellige strømsituationer er illustreret i nedenstående Figur 5-1 og Figur 5-2.

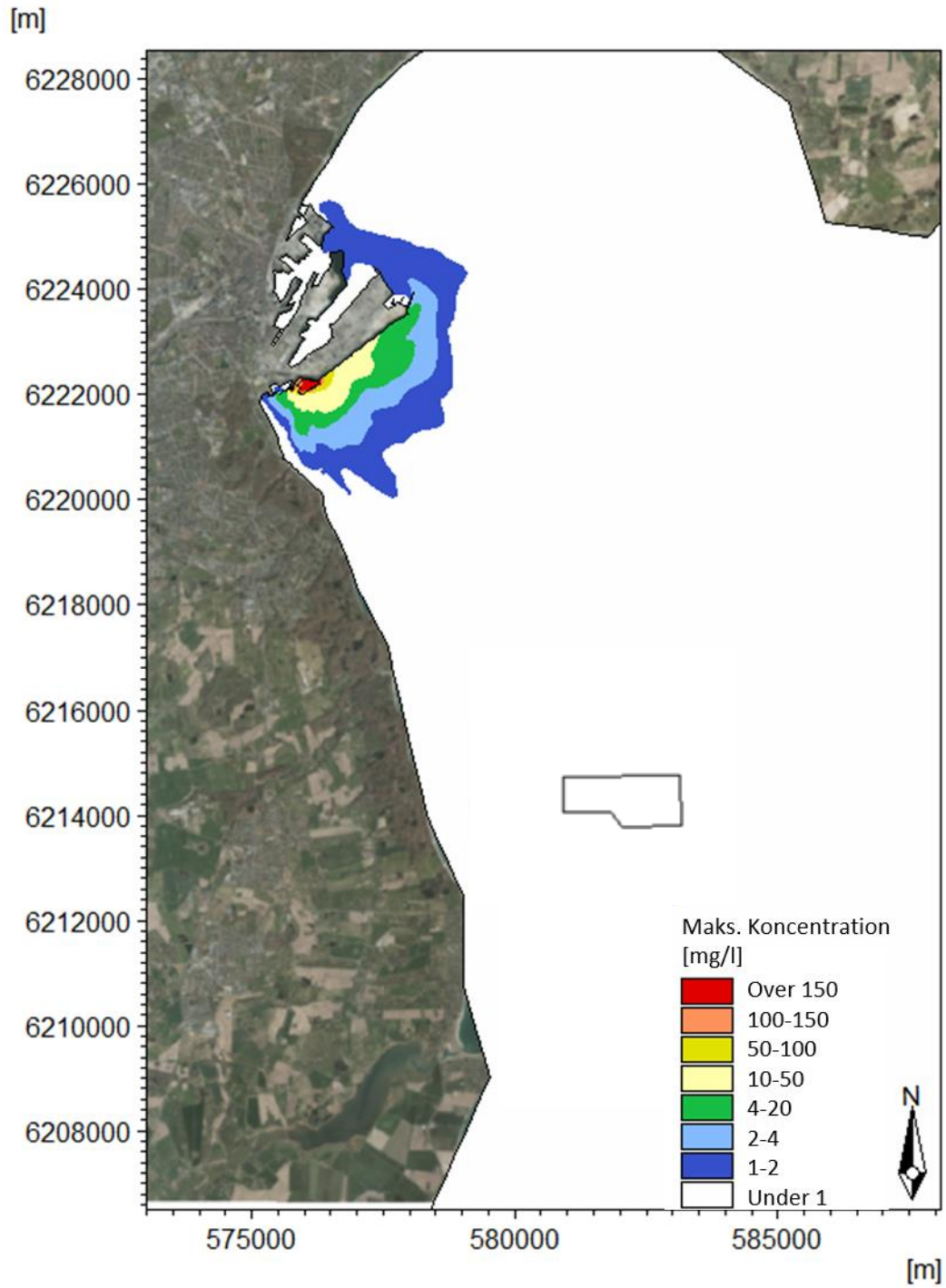


Figur 5-1 Scenarie 1: ReWater, hovedforslag. Øjebliksbillede af faneudbredelsen (middelværdi over dybden) ved gravearbejde ved nordgående strøm, 7. marts 2004 00:00. De sorte linjer indikerer grave- hhv. klapningsområderne.



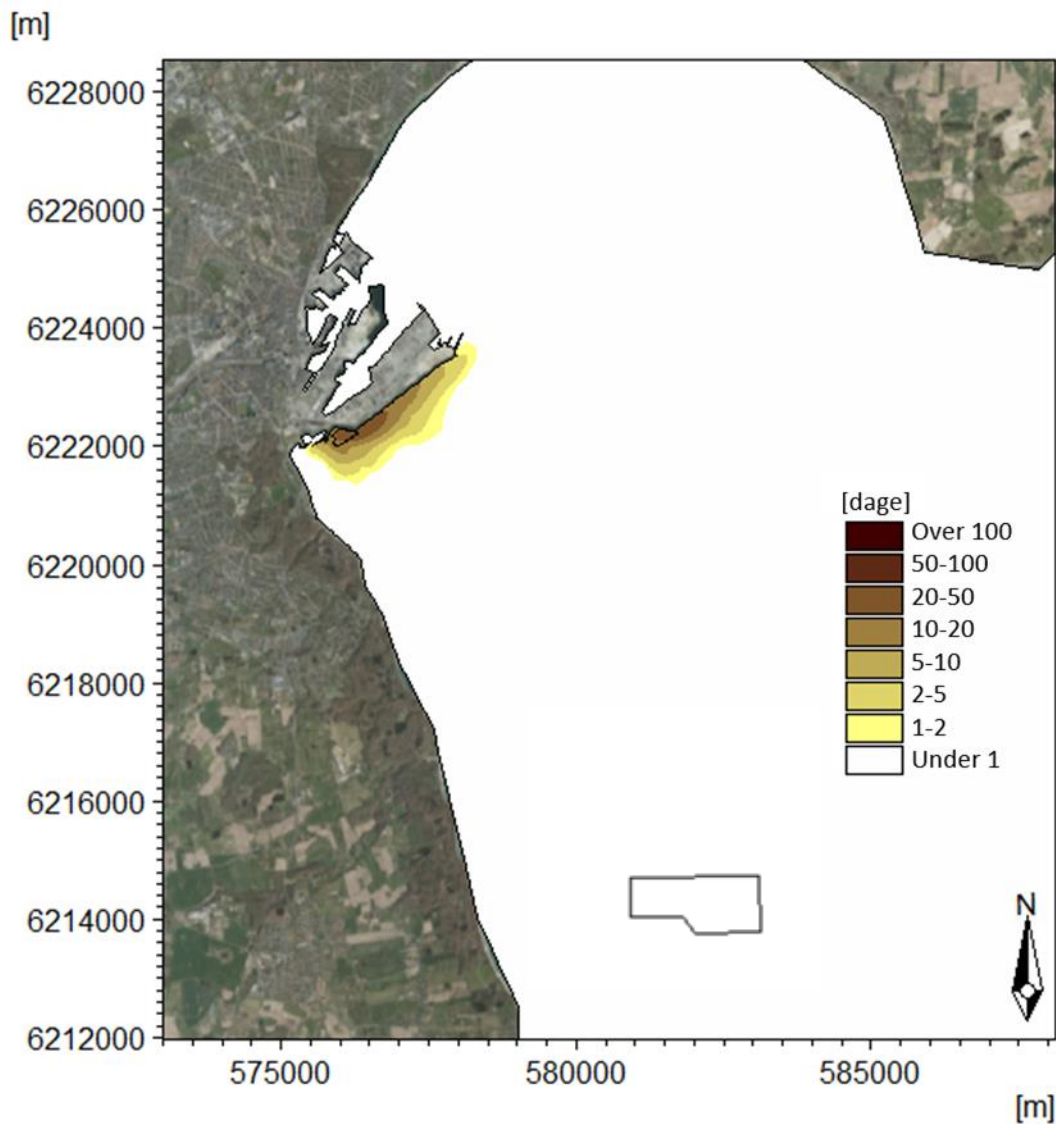
Figur 5-2 Scenarie 1: ReWater, hovedforslag. Øjebliksbillede af faneudbredelsen (middelværdi over dybden) ved gravearbejde ved sydgående strøm, 5. marts 2004 07:30. De sorte linjer indikerer grave- hhv. klapningsområderne.

De maksimale koncentrationer, modelleret i hele perioden på 1½ måneder for aktiviteterne i Scenarie 1, er vist i nedenstående Figur 5-3. Det bemærkes, at Figur 5-3 viser den maksimale koncentration under hele modelleringsperioden i hvert punkt. Af dynamisk grunde vil det dermed være givet at de maksimale værdier aldrig vil kunne forekomme samtidig.



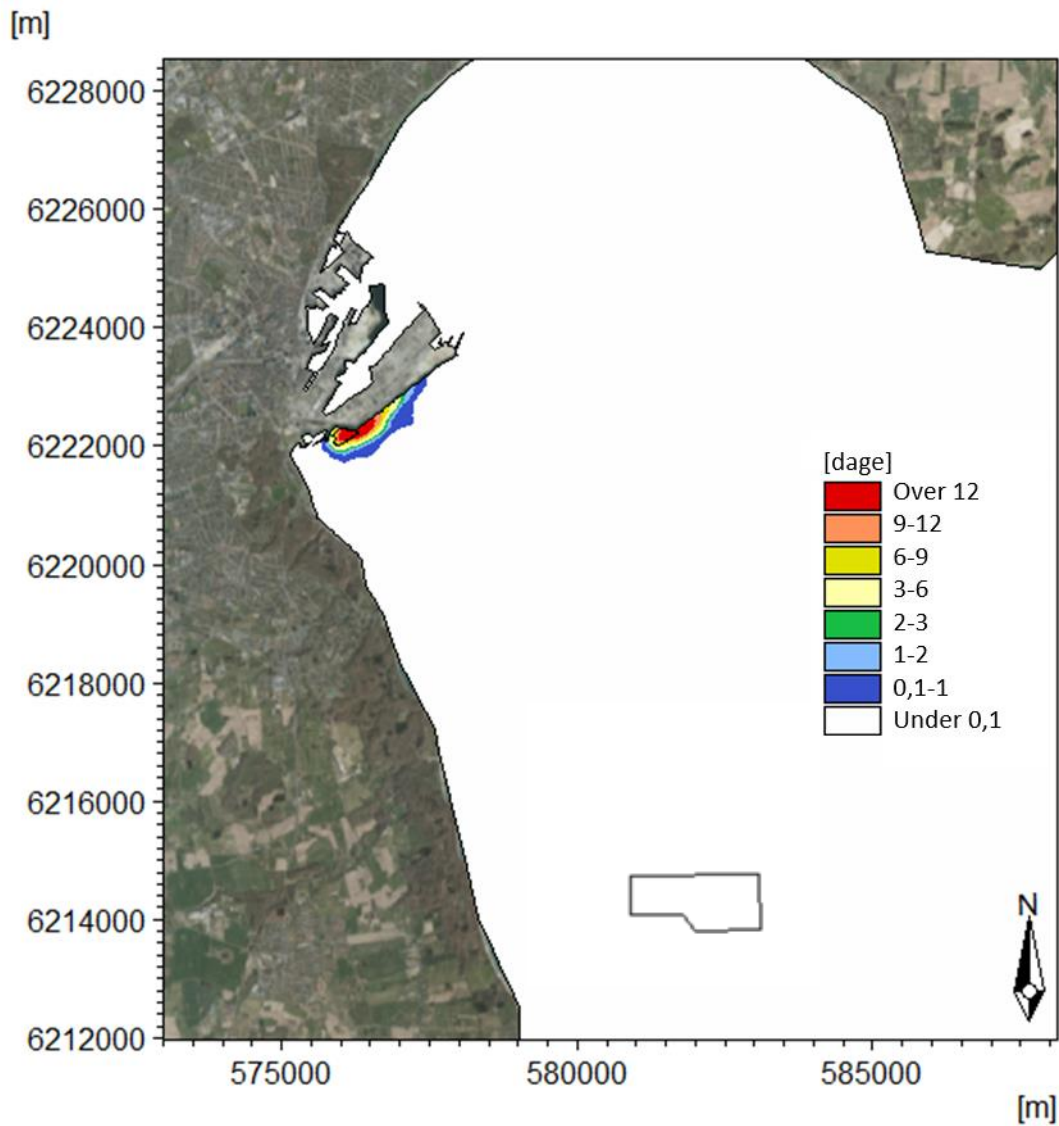
Figur 5-3 Scenarie 1: ReWater, hovedforslag. Maksimal koncentration af suspenderet stof.

Overskridelsesvarigheden af 2 mg/l koncentrationen af suspenderet stof i middel over vanddybden er vist i nedenstående Figur 5-4. Figuren har en anderledes farvet signaturforklaring idet denne figur, som beskriver overskridelse af 2 mg/l grænsen, beskriver forhold, hvor en sedimentfane er synlig for det menneskelige øje (hvis sedimentet er kalk). Kriteriet er dermed til den sikre side for kvaliteten af badevandet.



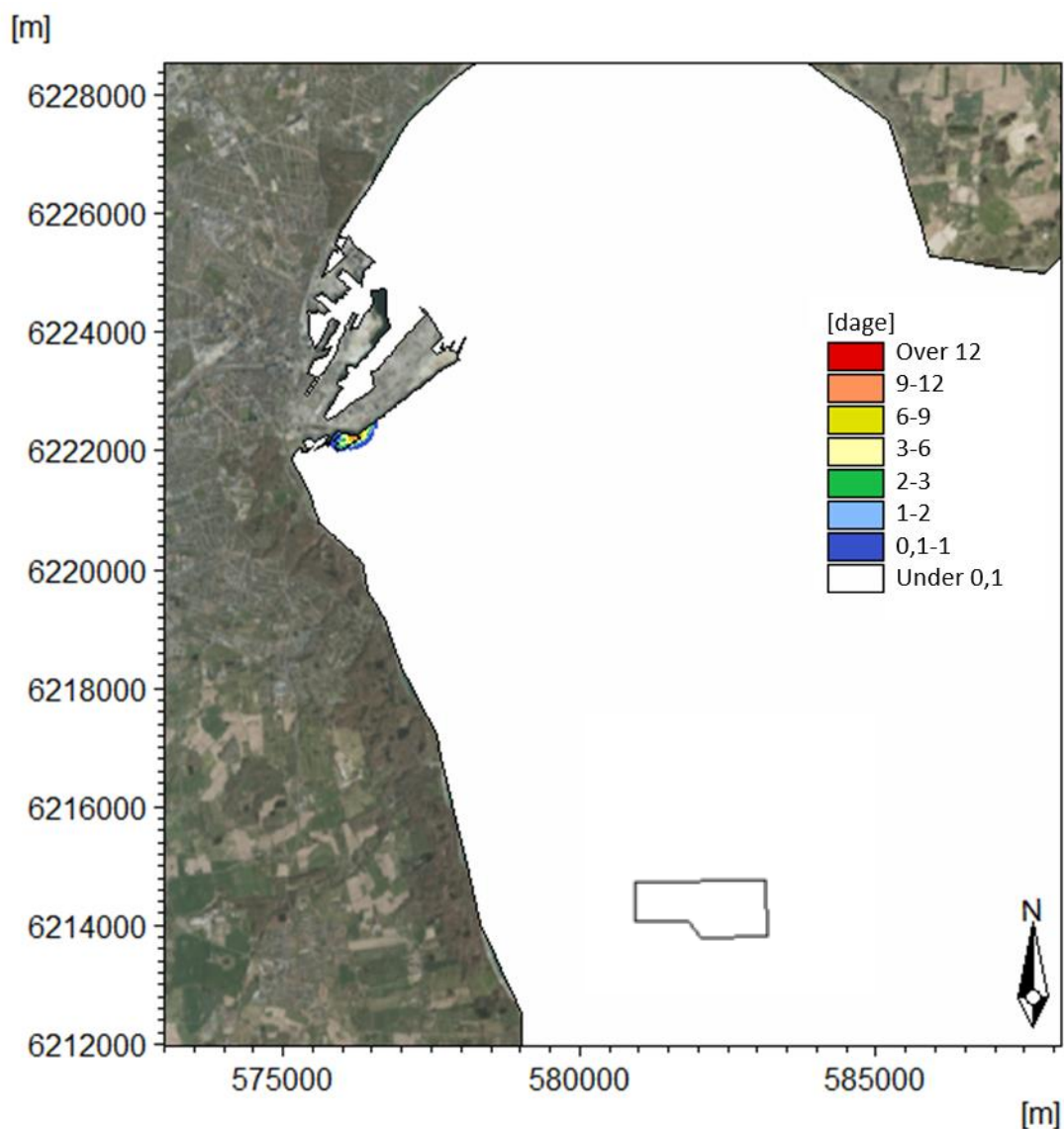
Figur 5-4 Scenarie 1: ReWater, hovedforslag. Overskridelsestid af 2 mg/l koncentrationen af suspenderet stof.

Overskridelsesvarigheden af 10 mg/l koncentrationen af suspenderet stof i mid-del over vanddybden er vist i nedenstående Figur 5-5.



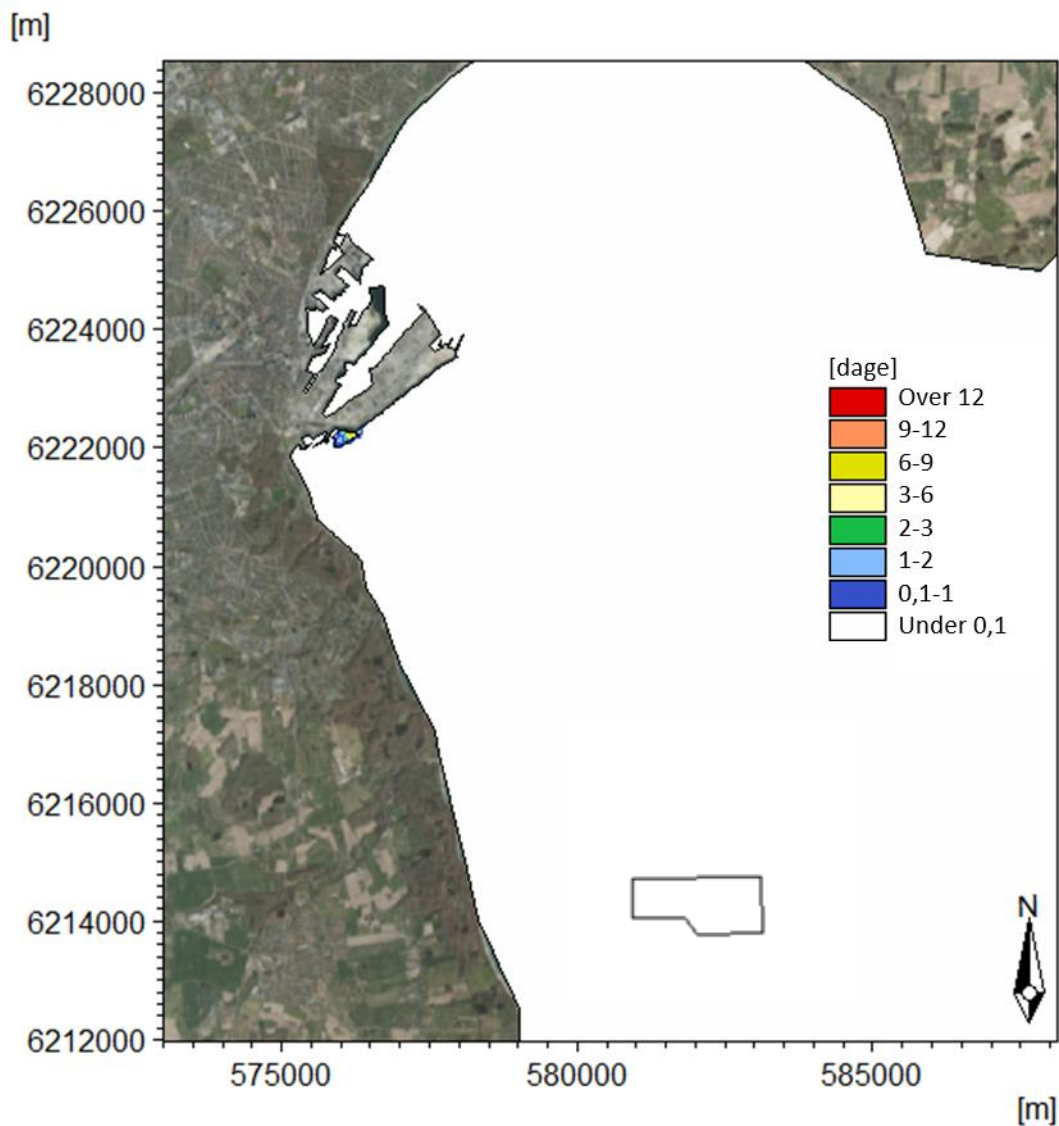
Figur 5-5 Scenarie 1: ReWater, hovedforslag. Overskridelsestid af 10 mg/l koncentrationen af suspenderet stof. (dage)

Overskridelsesvarigheden af 50 mg/l koncentrationen af suspenderet stof i mid-
del over vanddybden er vist i nedenstående Figur 5-6.



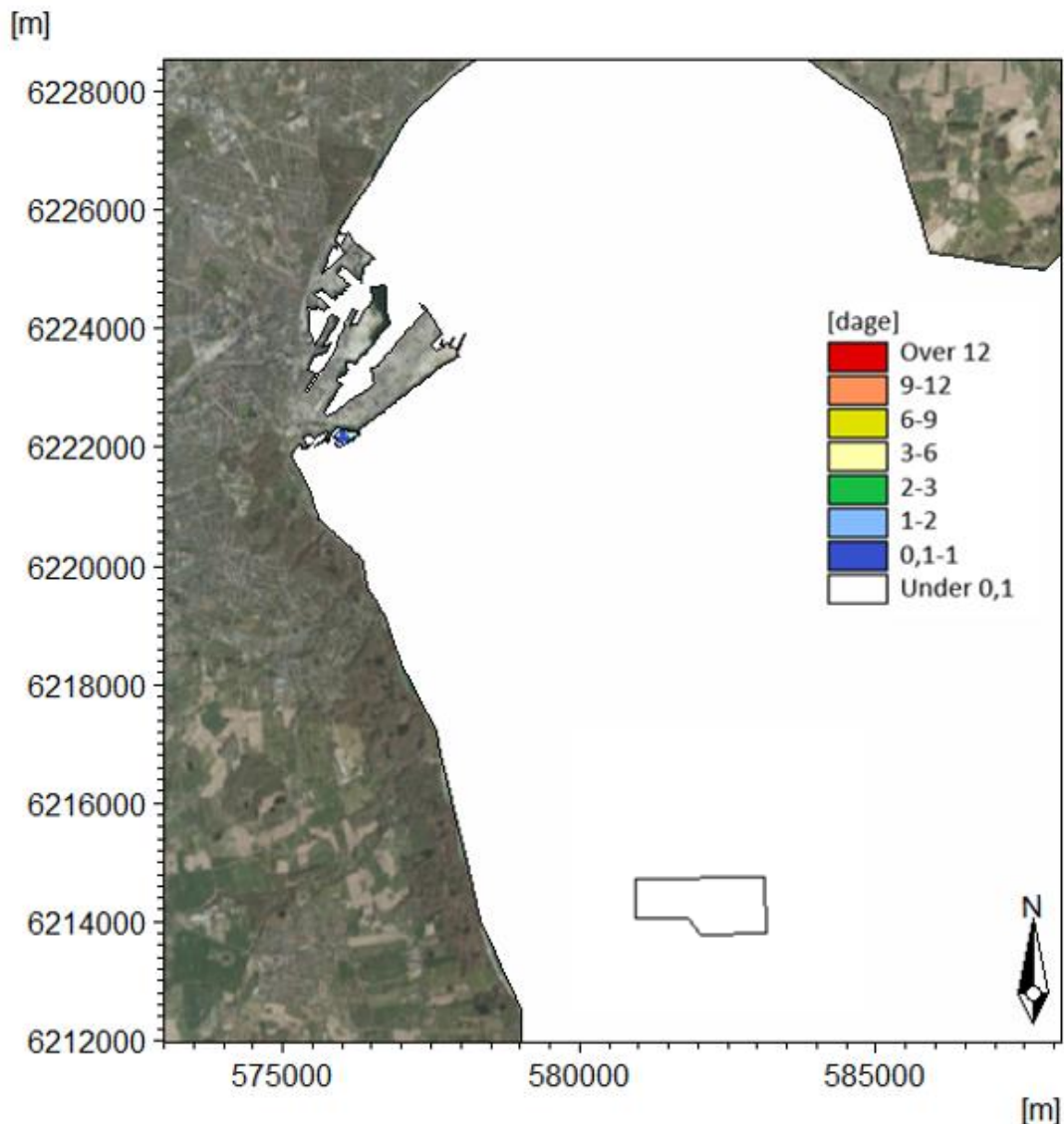
Figur 5-6 Scenarie 1: ReWater, hovedforslag. Overskridelsestid af 50 mg/l koncentrationen af suspenderet stof. (dage)

Overskridelsesvarigheden af 100 mg/l koncentrationen af suspenderet stof i middel over vanddybden er vist i nedenstående Figur 5-7.



Figur 5-7 Scenarie 1: ReWater, hovedforslag. Overskridelsestid af 100 mg/l koncentrationen af suspenderet stof. (dage)

Overskridelsesvarigheden af 250 mg/l koncentrationen af suspenderet stof i middel over vanddybden er vist i nedenstående Figur 5-8.



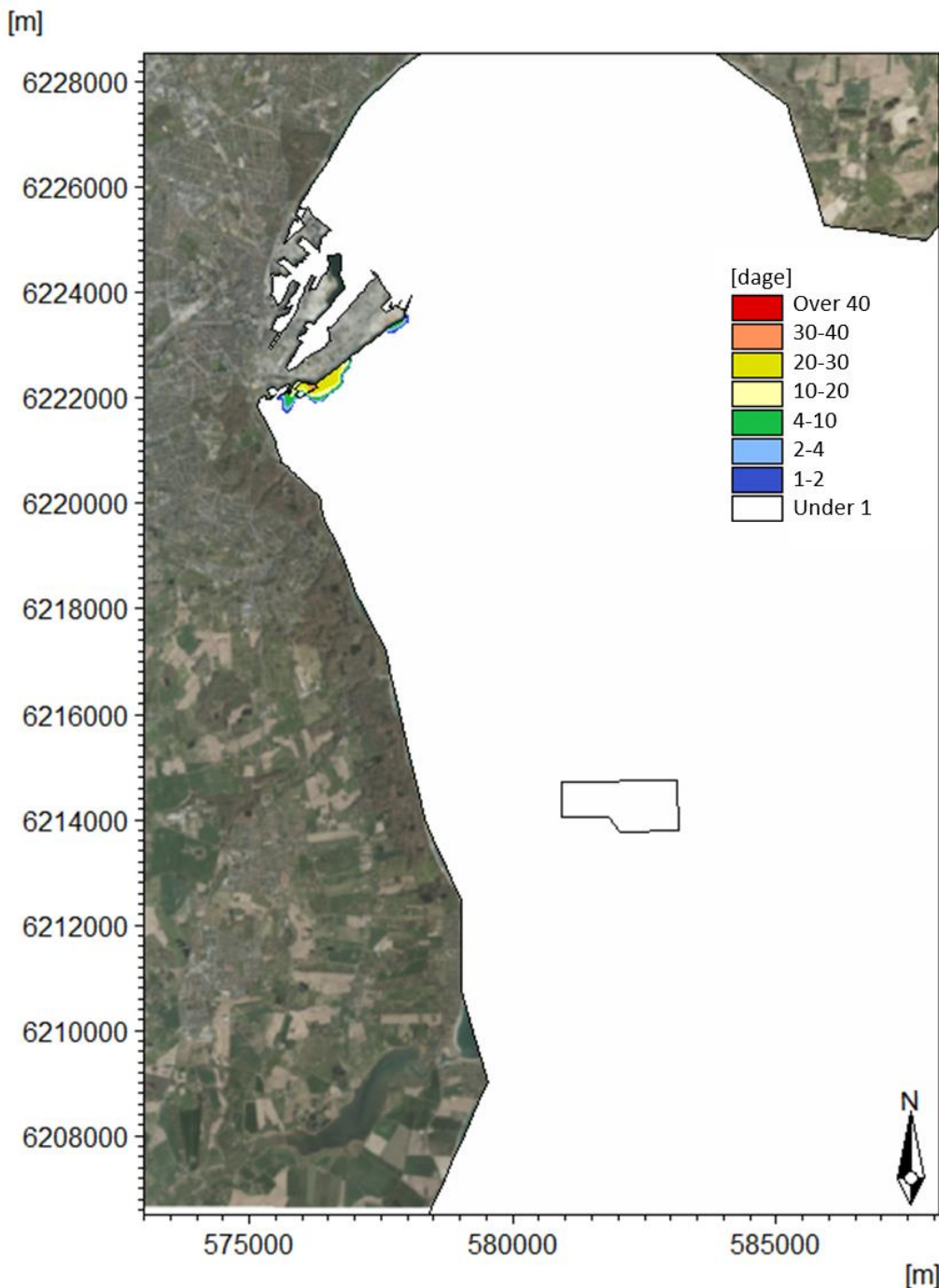
Figur 5-8 Scenarie 1: ReWater, hovedforslag. Overskridelsestid af 250 mg/l koncentrationen af suspenderet stof. (dage)

5.1.2 Lysforhold

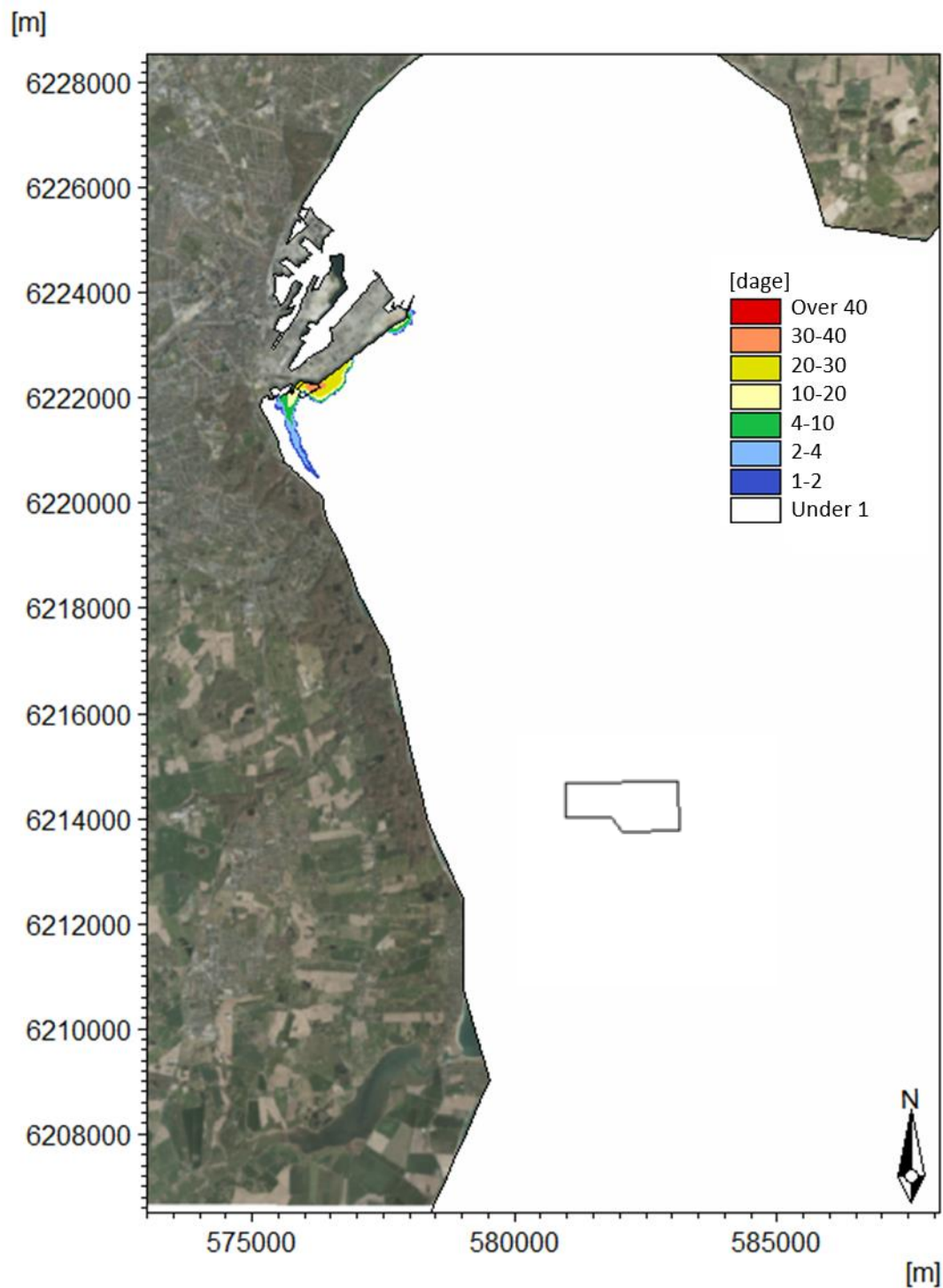
Sedimentspildet under gravning og klapning giver anledning til skyggeeffekt på bundsiddende planter. Dette er beskrevet ved at beregne de områder hvor lysintensiteten på havbunden reduceres under bestemte lysintensiteter, der repræsenterer minimumskrav for bestemte plantetyper. Lysintensiteten på havbunden modelleres én gang for de eksisterende forhold (uden sedimentspild) og én gang med projektets sedimentspild. Resultatet præsenteres som udbredelseskort, der viser områder og varigheden, hvor lysintensiteten på havbunden på grund af projektet kommer under disse grænseværdier. Hvor dette sker hen over varigheder, der er længere end planternes tolerance, vil der kunne forventes en negativ effekt. Under tolkningen af disse kort skal der tages i betragtning af en høj

SSC-koncentration (Suspended Solid Concentration = suspenderet stof koncentration) på store vanddybder, hvor der er mørkt i forvejen, ikke vil have nogen effekt på planterne, da der forefindes for lidt lys i forvejen. Ligeledes vil en høj SSC-koncentration på meget lave vanddybder have en ringe effekt, fordi der alligevel kommer lys nok.

I det følgende er områder og overskridelsesvarigheder modelleret for lysintensiteter ved havbunden på hhv. <5% og <20% lys på grund af projektet.



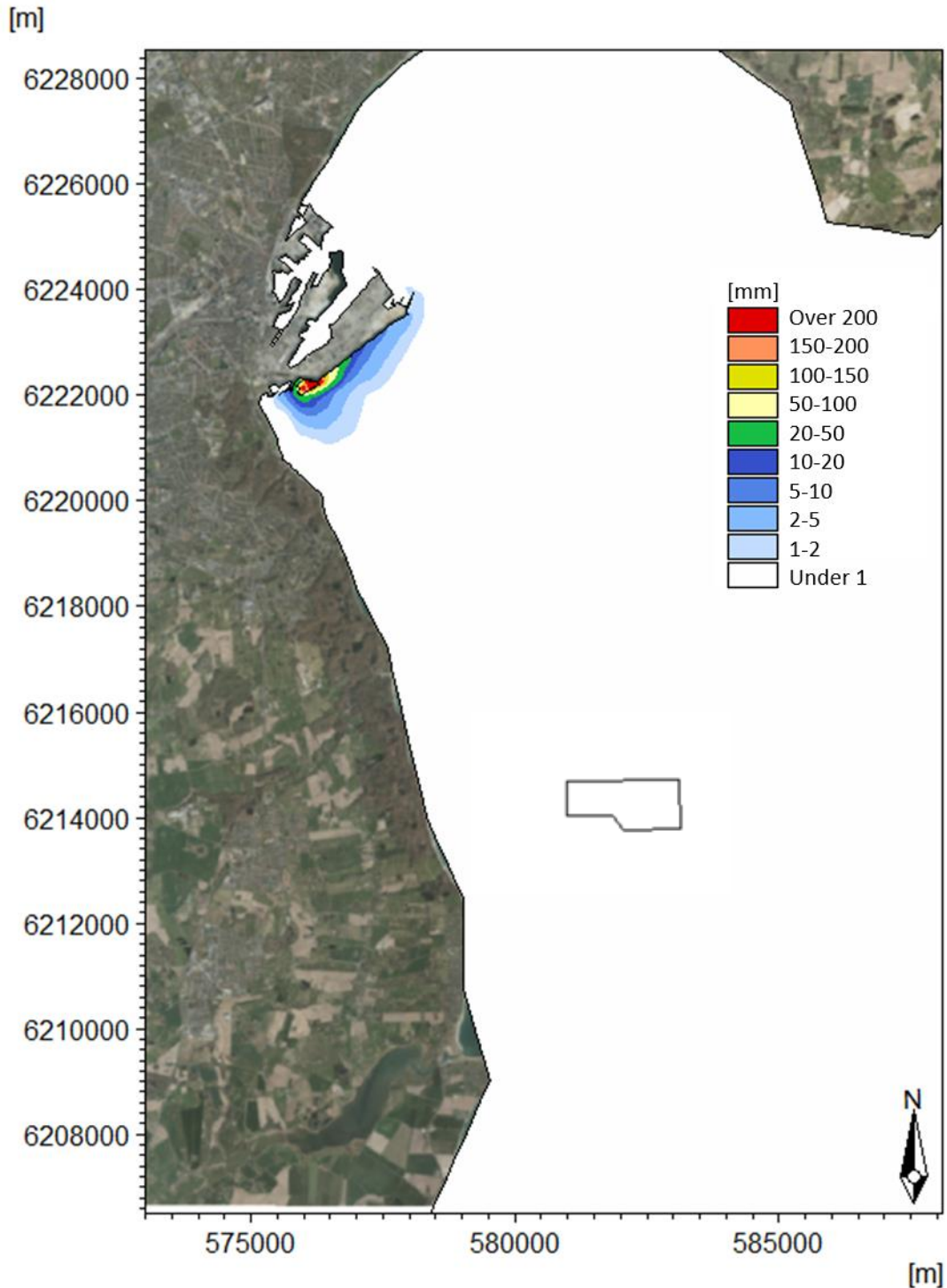
Figur 5-9 Scenarie 1: ReWater, hovedforslag. Områder og varigheder hvor lysindfaldet på havbunden på grund af projektets sedimentspild reduceres til mindre end 5% af lysindfaldet på overfladen



Figur 5-10 Scenarie 1: ReWater, hovedforslag. Områder og varigheder hvor lysindfaldet på havbunden på grund af projektets sedimentspild reduceres til mindre end 20% af lysindfaldet på overfladen

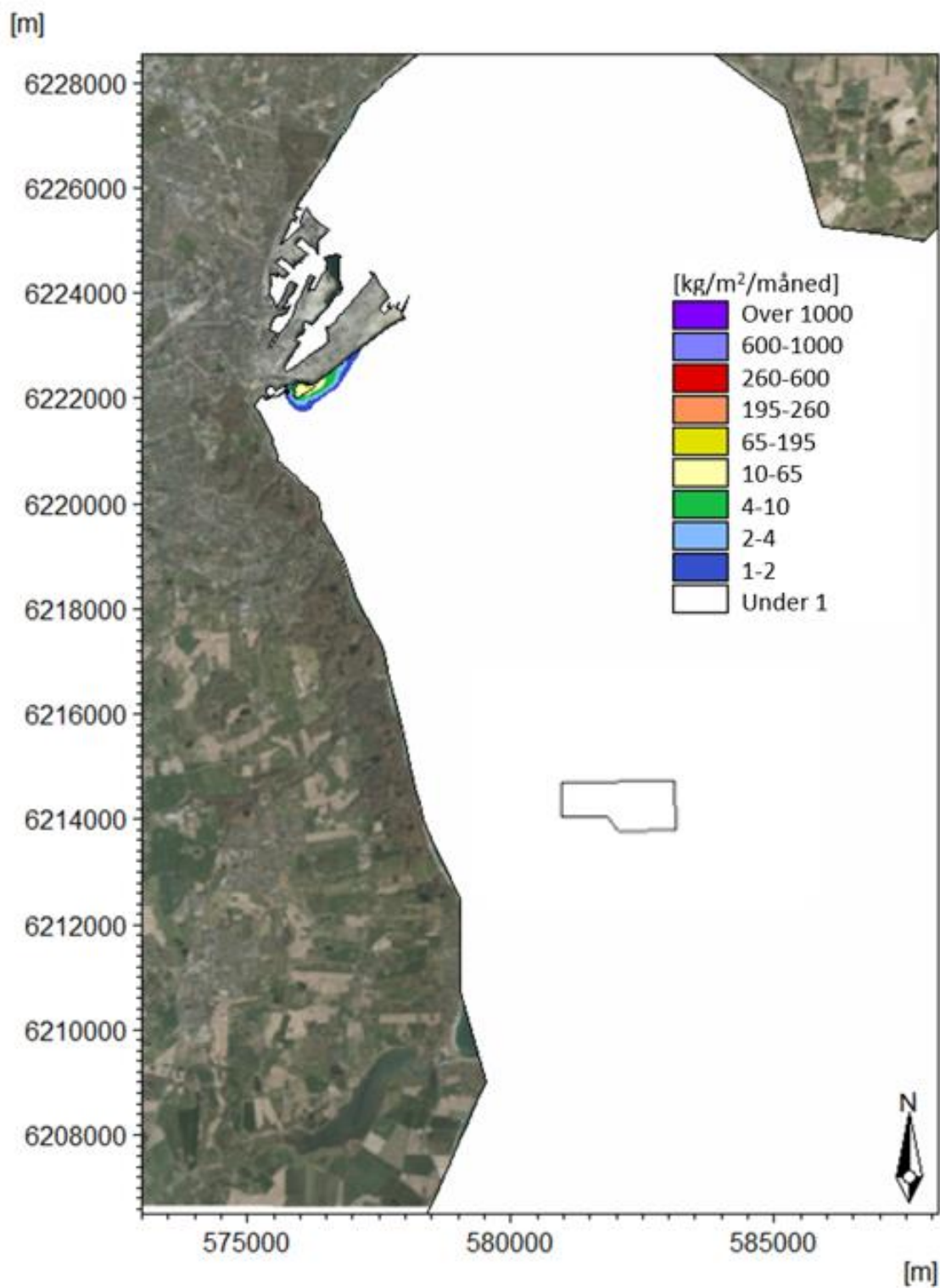
5.1.3 Deposition

Netto deposition på havbunden af sedimentspild efter afslutning af dette scenarier aktiviteter er vist i Figur 5-11.



Figur 5-11 Scenarie 1: ReWater, hovedforslag. Netto deposition efter afsluttet grave- og klavningsaktivitet. De sorte linjer indikerer grave- hhv. klavningsområder. (mm)

Sedimentationsraten af spildt materiale under grave- og klappingsaktiviteten er vist i Figur 5-12.



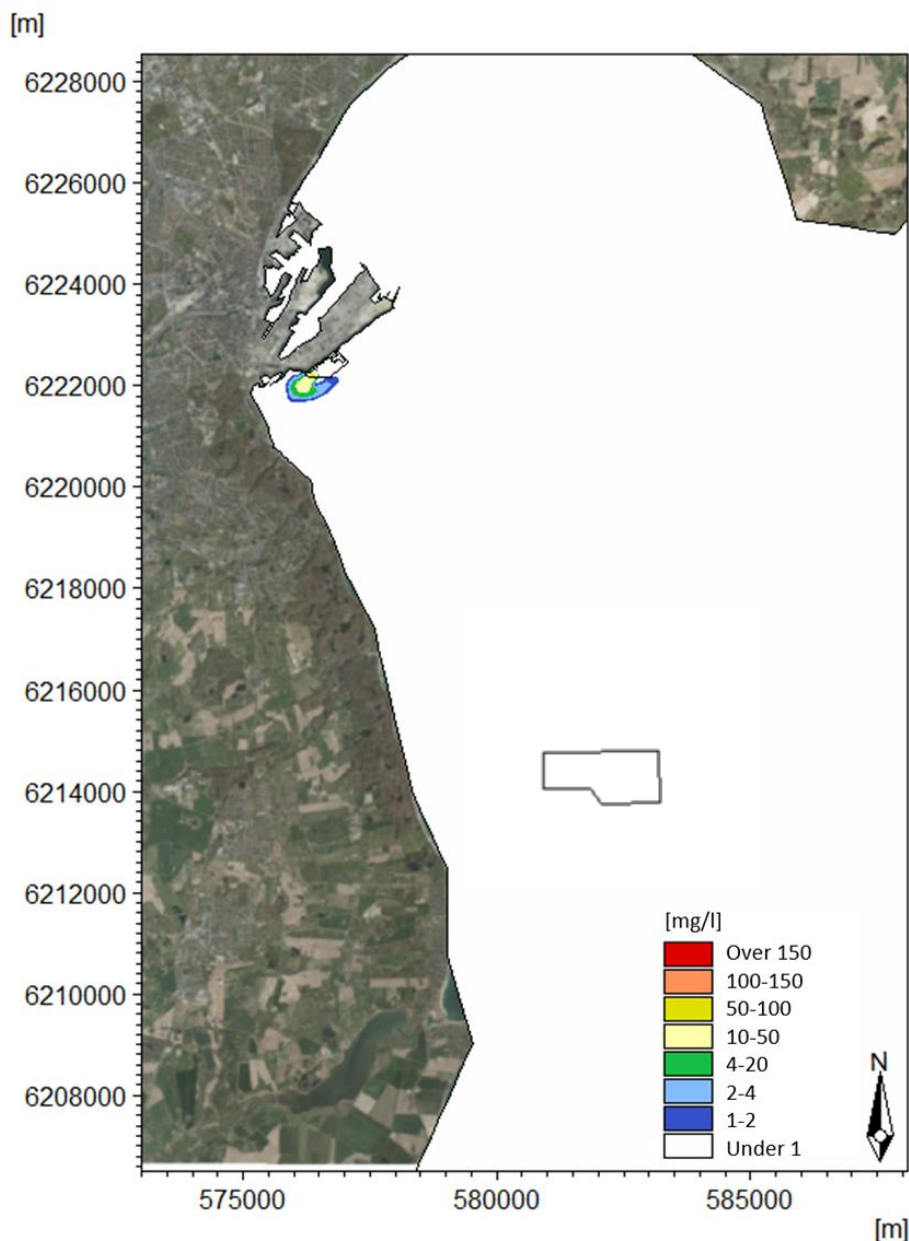
Figur 5-12 Scenarie 1: ReWater, hovedforslag. Sedimentationsrater under gravning og klapping. De sorte linjer indikerer grave- hhv. klappingsområder.

5.2 Scenarie 2: ReWater alt 2

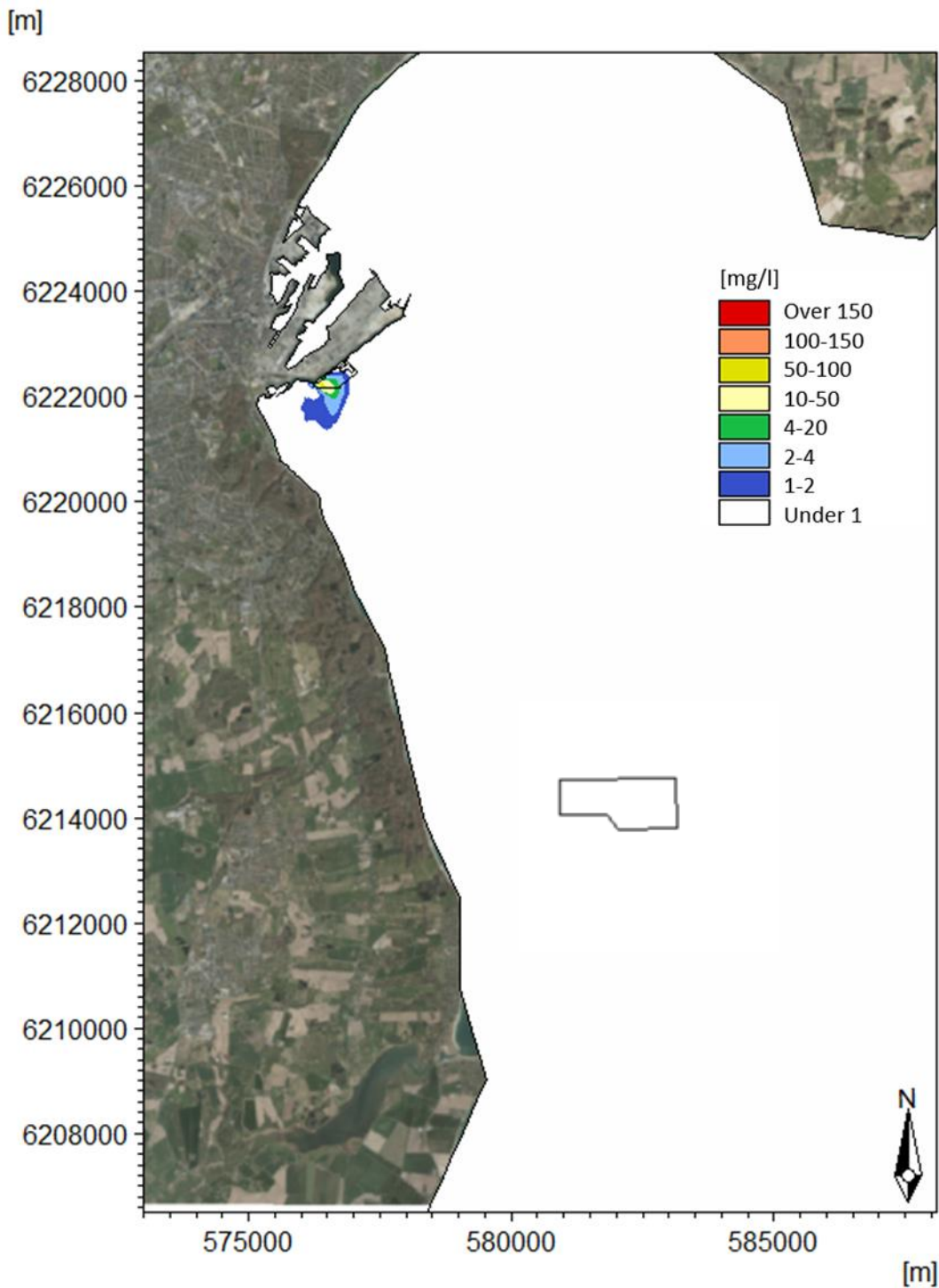
Modelresultater er leveret fra Niras. Modelleringen omfatter ikke klapping på Fløjstrup Skov, da materiale fra ReWater vil blive klappet på separat klappplads ansøgt af Aarhus Vand A/S i forbindelse med ReWater projektet.

5.2.1 Suspenderet stof koncentration

Udvalgte øjeblikbilleder af koncentration af suspenderet stof under forskellige strømsituationer er illustreret i nedenstående Figur 5-13 og Figur 5-14.

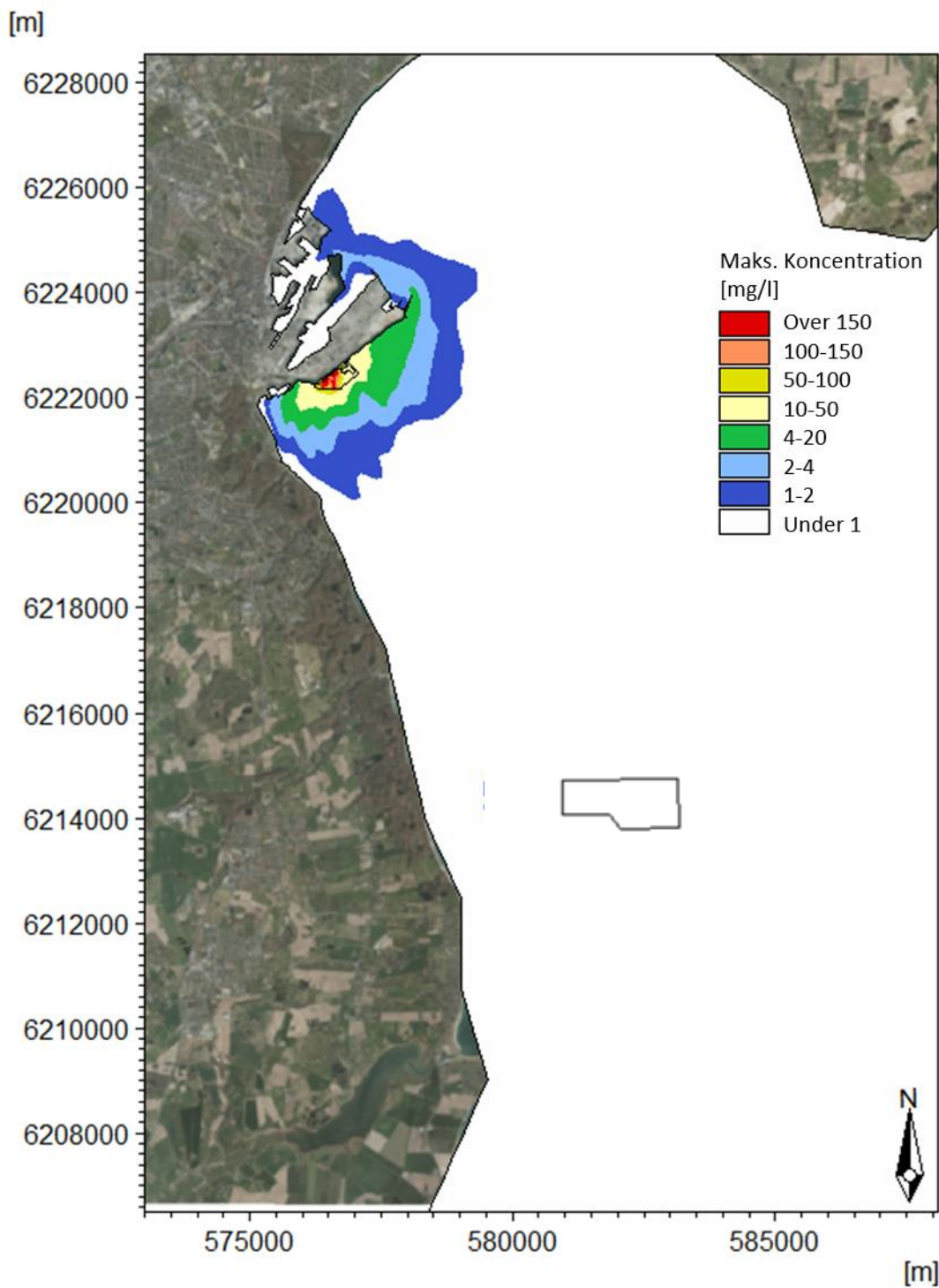


Figur 5-13 Scenarie 2: ReWater alt 2. Øjebliksbillede af faneudbredelsen (middelværdi over dybden) ved gravearbejde ved nordgående strøm, 7. marts 2004 00:00. De sorte linjer indikerer grave- hhv. klappingsområderne.



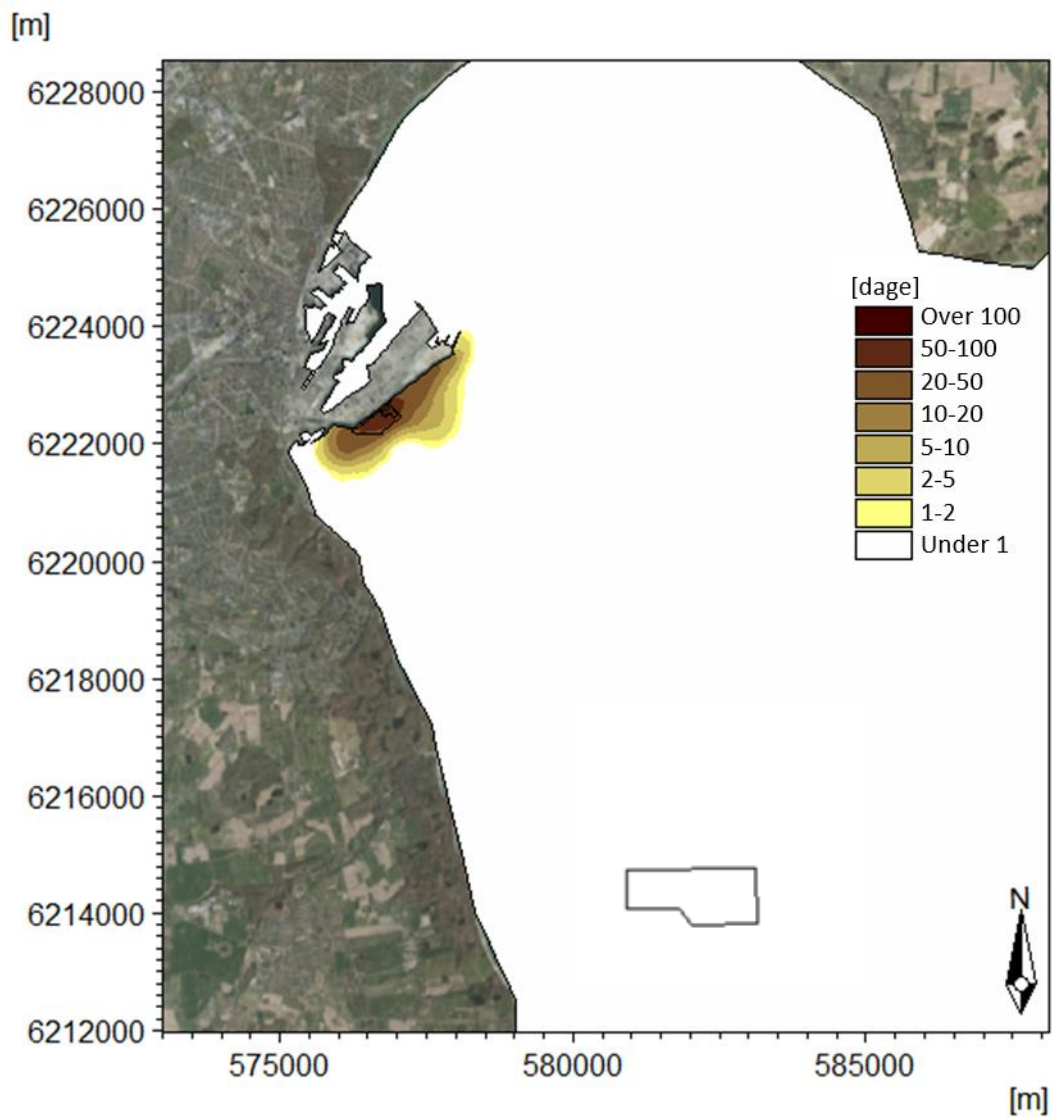
Figur 5-14 Scenarie 2: ReWater alt 2. Øjebliksbillede af faneudbredelsen (middelværdi over dybden) ved gravearbejde ved sydgående strøm, 5. marts 2004 07:30. De sorte linjer indikerer grave- hhv. klappingsområderne.

De maksimale koncentrationer, modelleret i hele perioden på 4½ måneder for aktiviteterne i Scenarie 2, er vist i nedenstående Figur 5-15. Det bemærkes, at Figur 5-15 og Figur 5-27 viser den maksimale koncentration under hele modellingsperioden i hvert punkt. Af dynamisk grunde vil det dermed være givet at de maksimale værdier aldrig vil kunne forekomme samtidig.



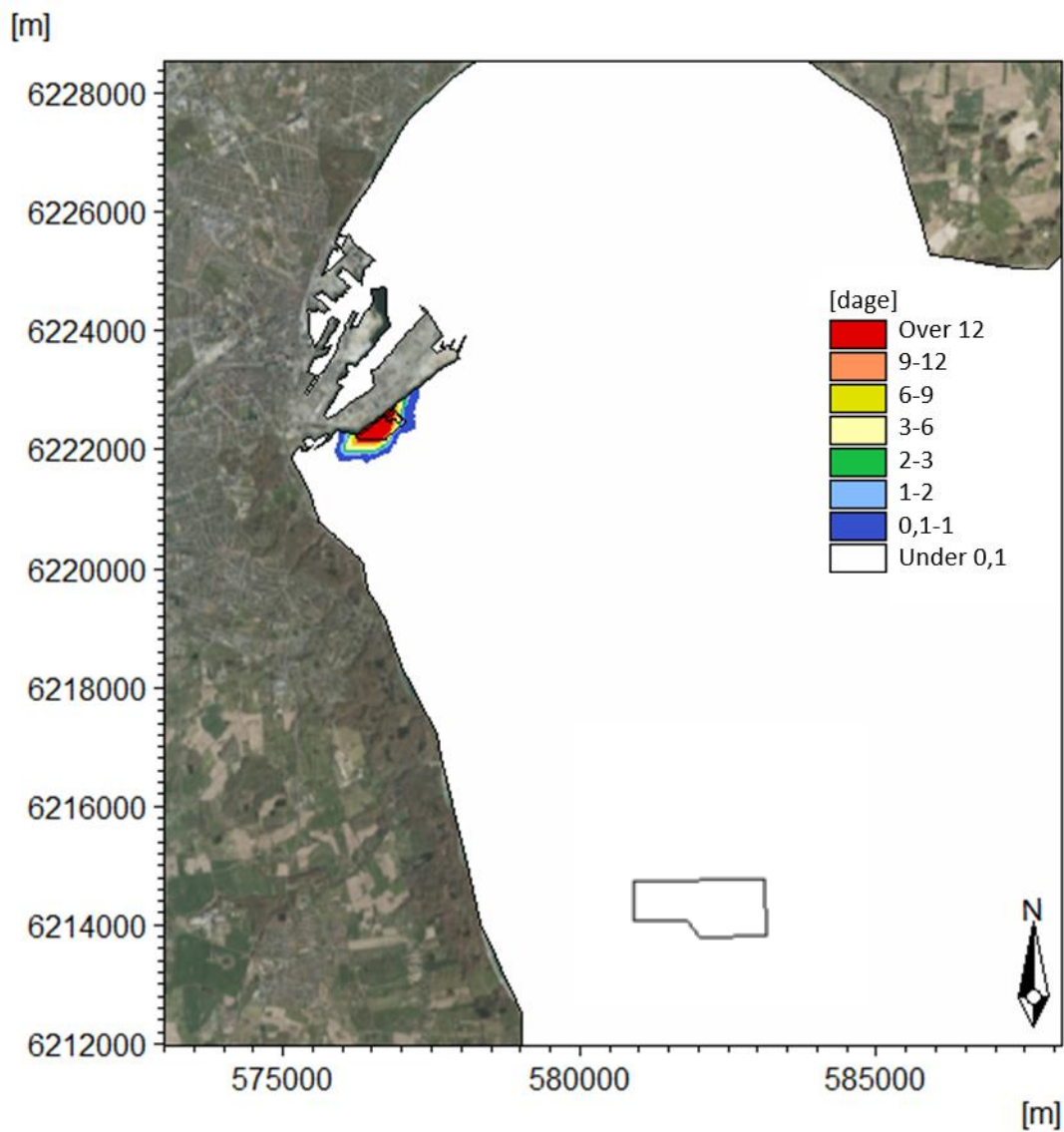
Figur 5-15 Scenarie 2: ReWater alt 2. Maksimal koncentration af suspenderet stof.

Overskridelsesvarigheden af 2 mg/l koncentrationen af suspenderet stof i middel over vanddybden er vist i nedenstående Figur 5-16. Figuren har en anderledes farvet signaturforklaring idet denne figur, som beskriver overskridelse af 2 mg/l grænsen, beskriver forhold, hvor en sedimentfane er synlig for det menneskelige øje (hvis sedimentet er kalk). Kriteriet er dermed til den sikre side for kvaliteten af badevandet.



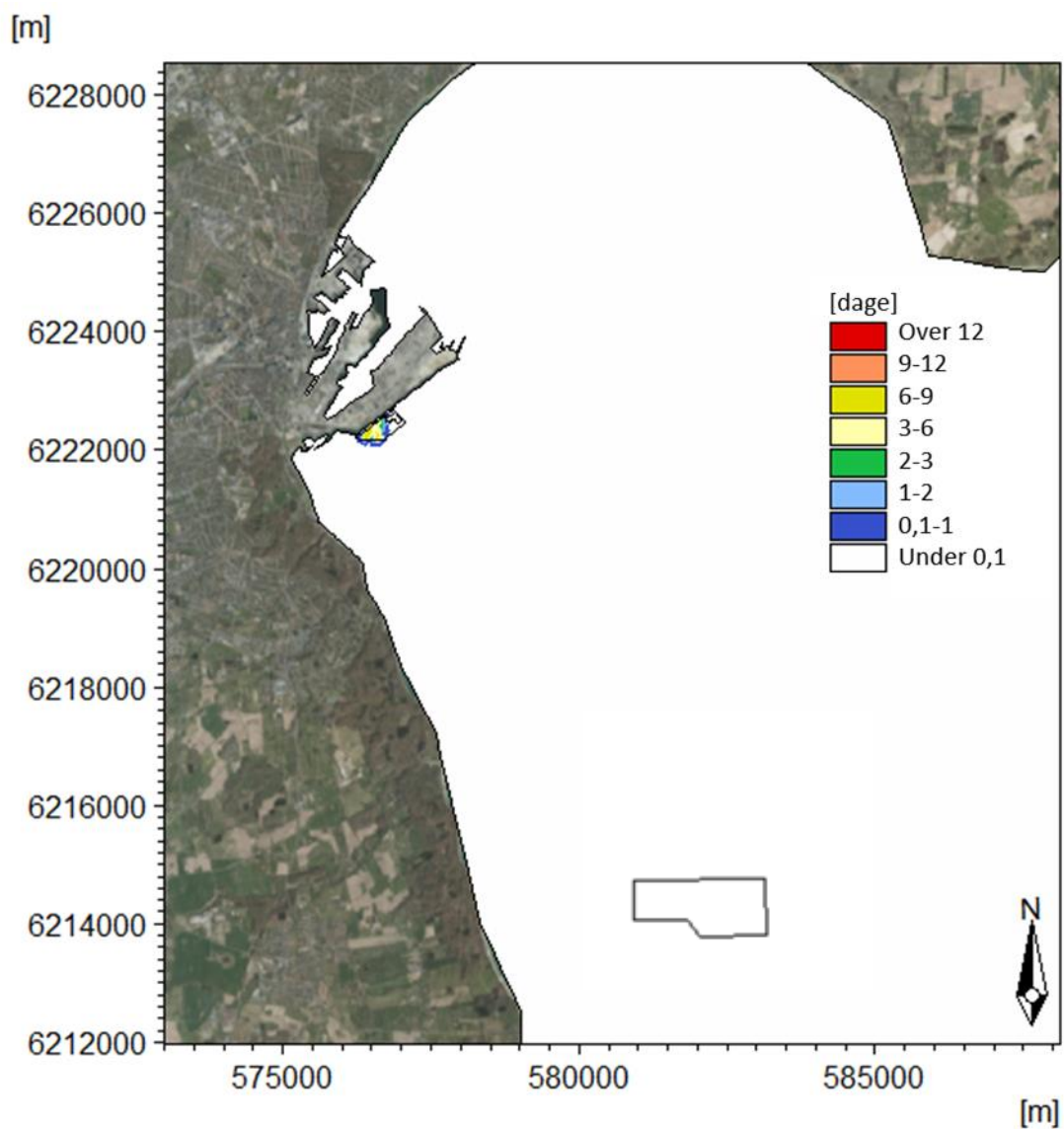
Figur 5-16 Scenarie 2: ReWater alt 2. Overskridelsestid af 2 mg/l koncentrationen af suspenderet stof.

Overskridelsesvarigheden af 10 mg/l koncentrationen af suspenderet stof i mid-del over vanddybden er vist i nedenstående Figur 5-17.



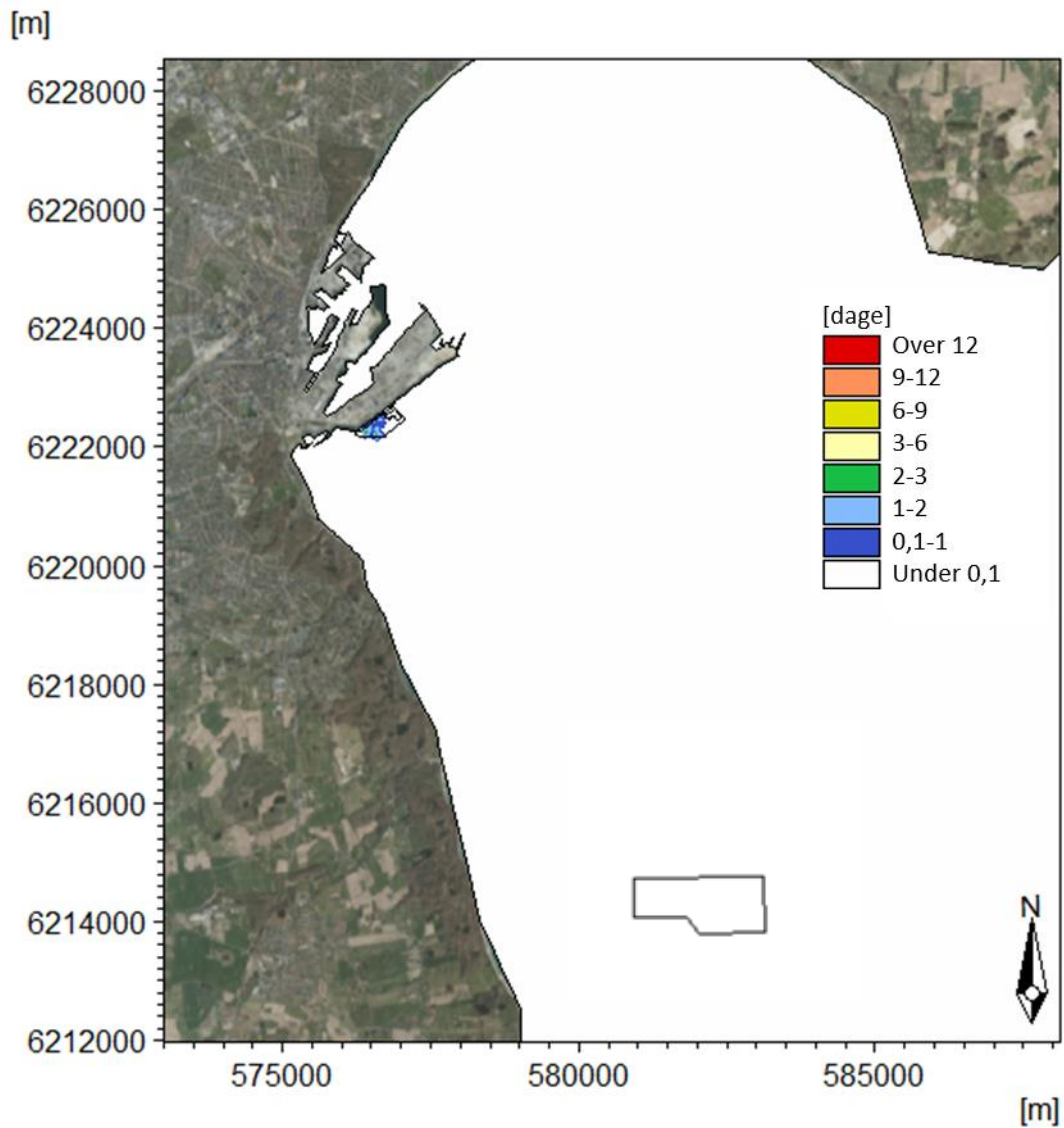
Figur 5-17 Scenarie 2: ReWater alt 2. Overskridelsestid af 10 mg/l koncentrationen af suspenderet stof.

Overskridelsesvarigheden af 50 mg/l koncentrationen af suspenderet stof i mid-
del over vanddybden er vist i nedenstående Figur 5-18.



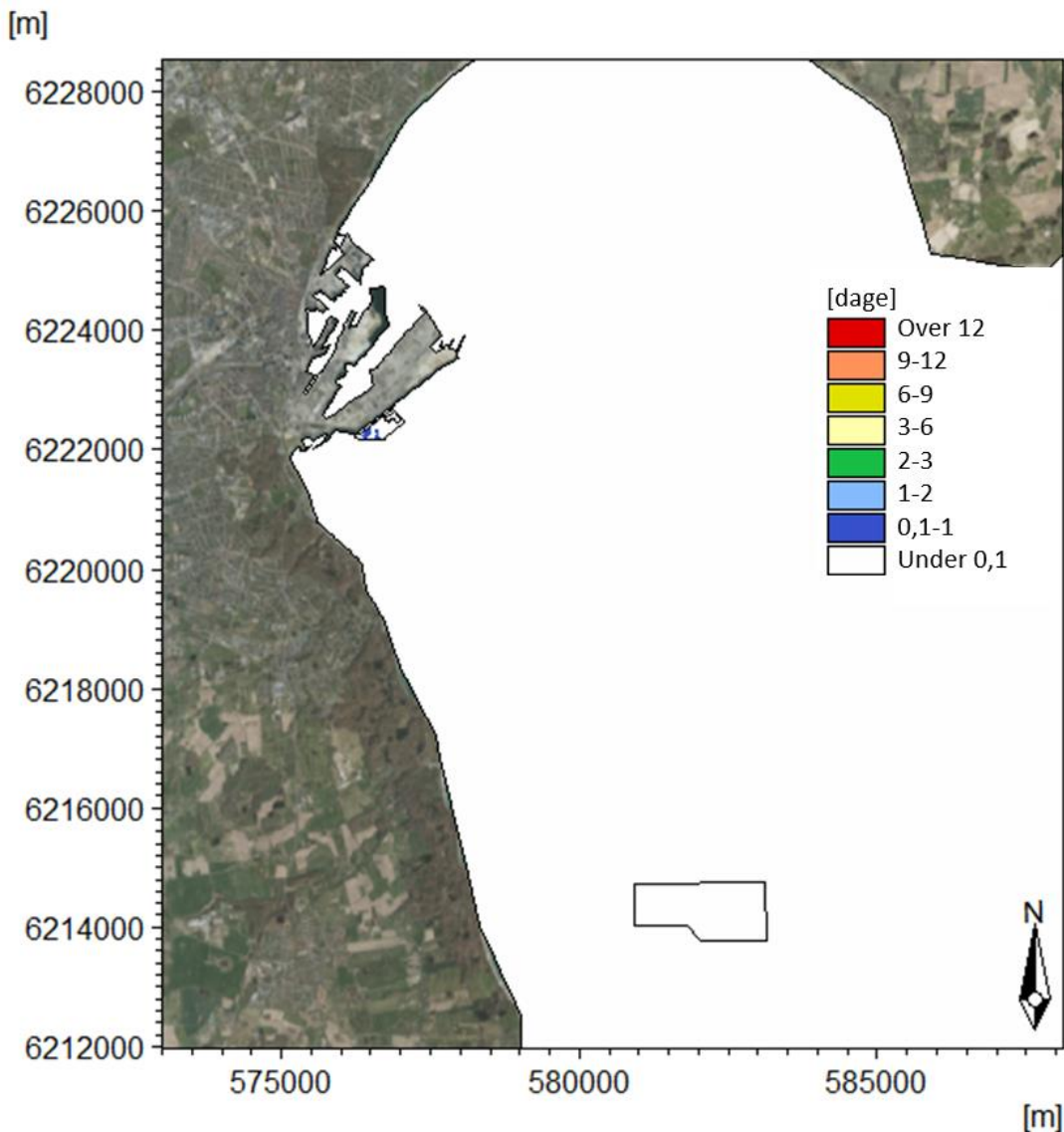
Figur 5-18 Scenarie 2: ReWater alt 2. Overskridelsestid af 50 mg/l koncentrationen af suspenderet stof.

Overskridelsesvarigheden af 100 mg/l koncentrationen af suspenderet stof i middel over vanddybden er vist i nedenstående Figur 5-19.



Figur 5-19 Scenarie 2: ReWater alt 2. Overskridelsestid af 100 mg/l koncentrationen af suspenderet stof.

Overskridelsesvarigheden af 250 mg/l koncentrationen af suspenderet stof i middel over vanddybden er vist i nedenstående Figur 5-20.



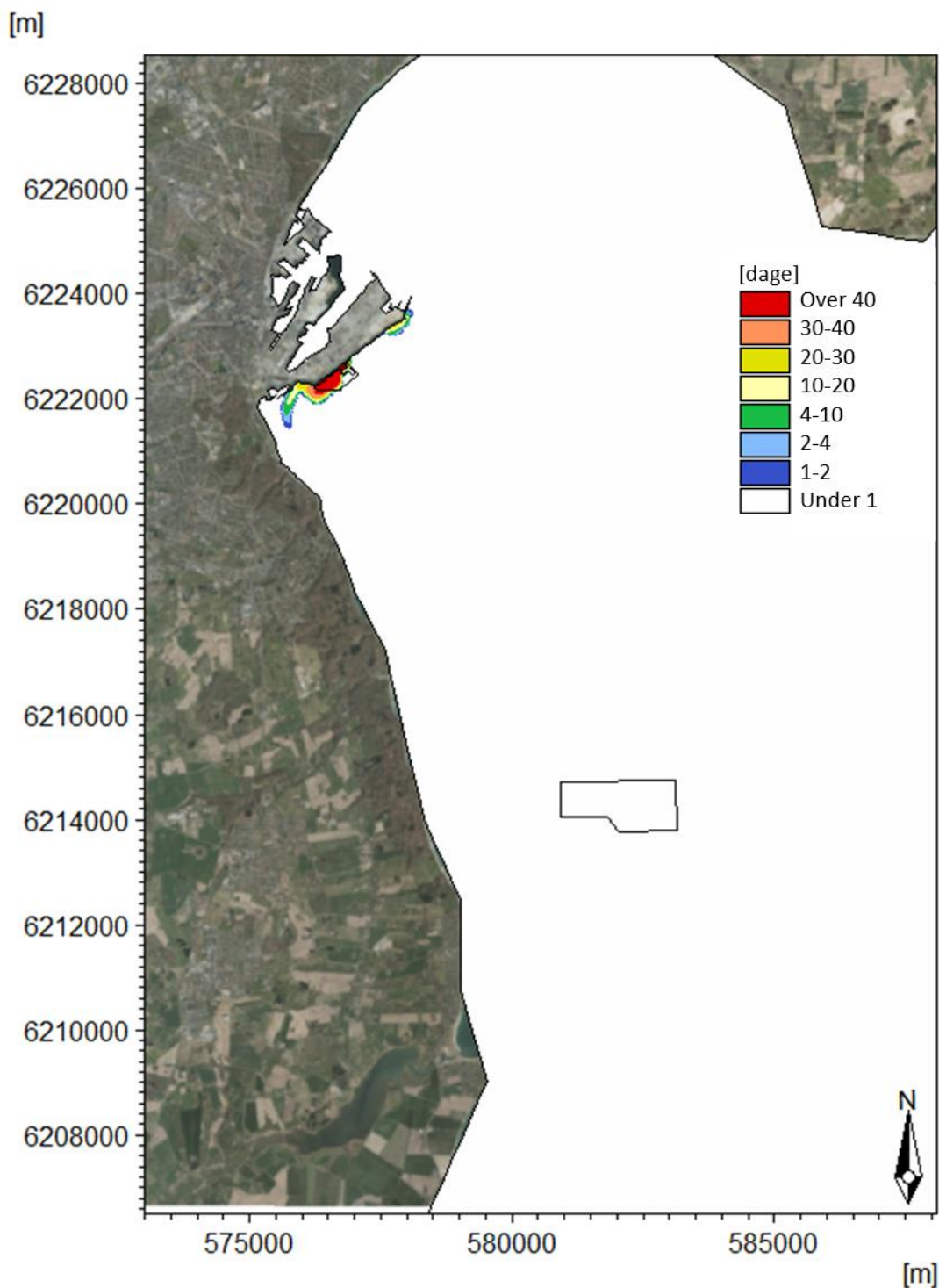
Figur 5-20 Scenarie 2: ReWater alt 2. Overskridelsestid af 250 mg/l koncentrationen af suspenderet stof.

5.2.2 Lysforhold

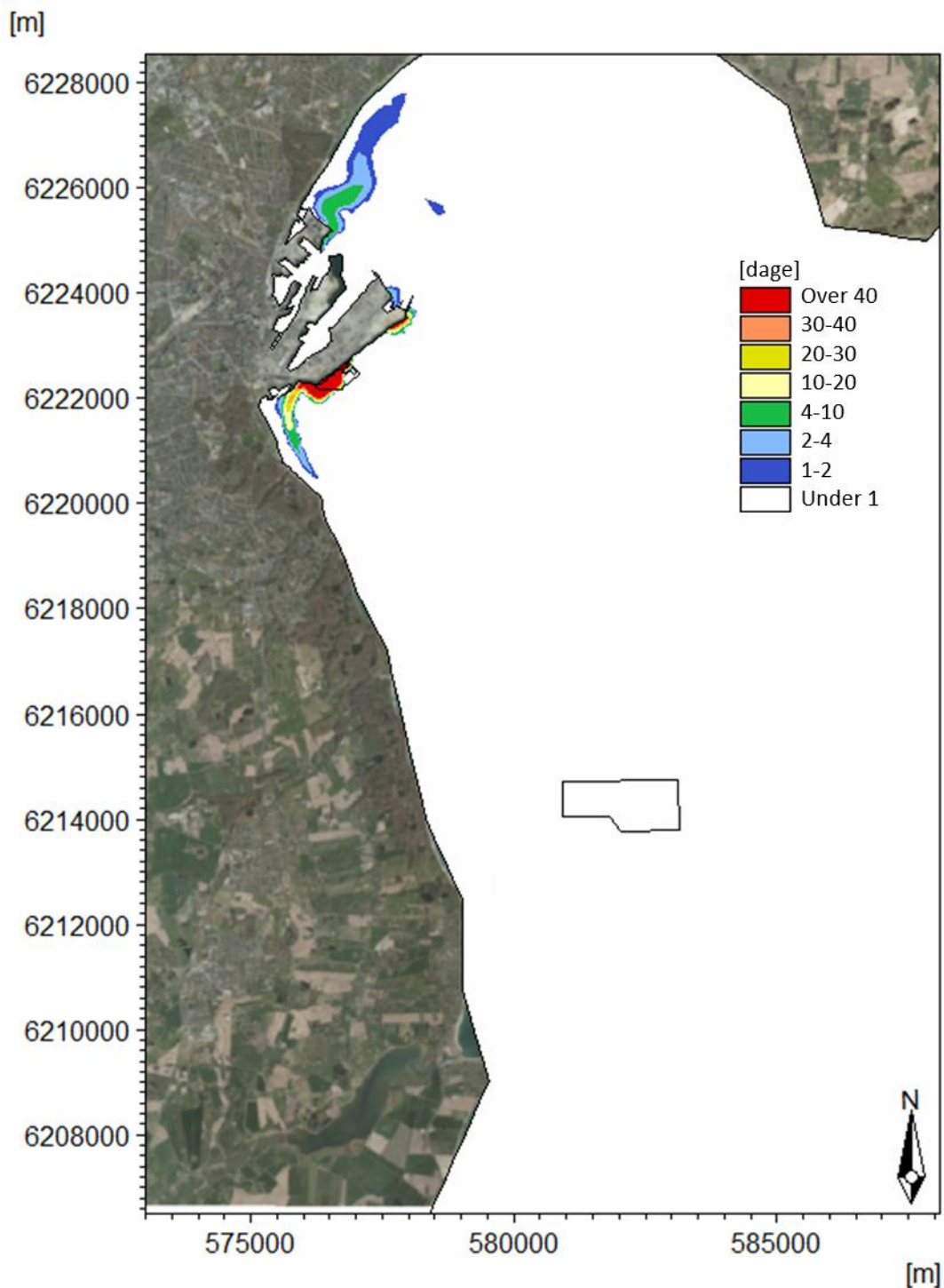
Sedimentspildet under gravning og klappning giver anledning til skyggeeffekt på bundsiddende planter. Dette er beskrevet ved at beregnet de områder hvor lysintensiteten på havbunden reduceres under bestemte lysintensiteter, der repræsenterer minimumskrav for bestemte plantetyper. Resultatet er udbredelseskort, der viser områder og varigheden, hvor lysintensiteten på havbunden på grund af projektet kommer under disse grænseværdier. Hvor dette sker hen over varigheder, der er længere end planternes tolerance, vil der kunne forventes en negativ effekt. Under tolkningen af disse kort skal der tages i betragtning af en høj SSC-koncentration på store vanddybder, hvor der er mørkt i forvejen, ikke vil have nogen effekt på planterne, da der forefindes for lidt lys i forvejen.

Ligeledes vil en høj SSC-koncentration på meget lave vanddybder have en ringe effekt, fordi der alligevel kommer lys nok.

I det følgende er områder og overskridelsesvarigheder modelleret for lysintensiteter ved havbunden på hhv. <5% og <20% lys på grund af projektet.



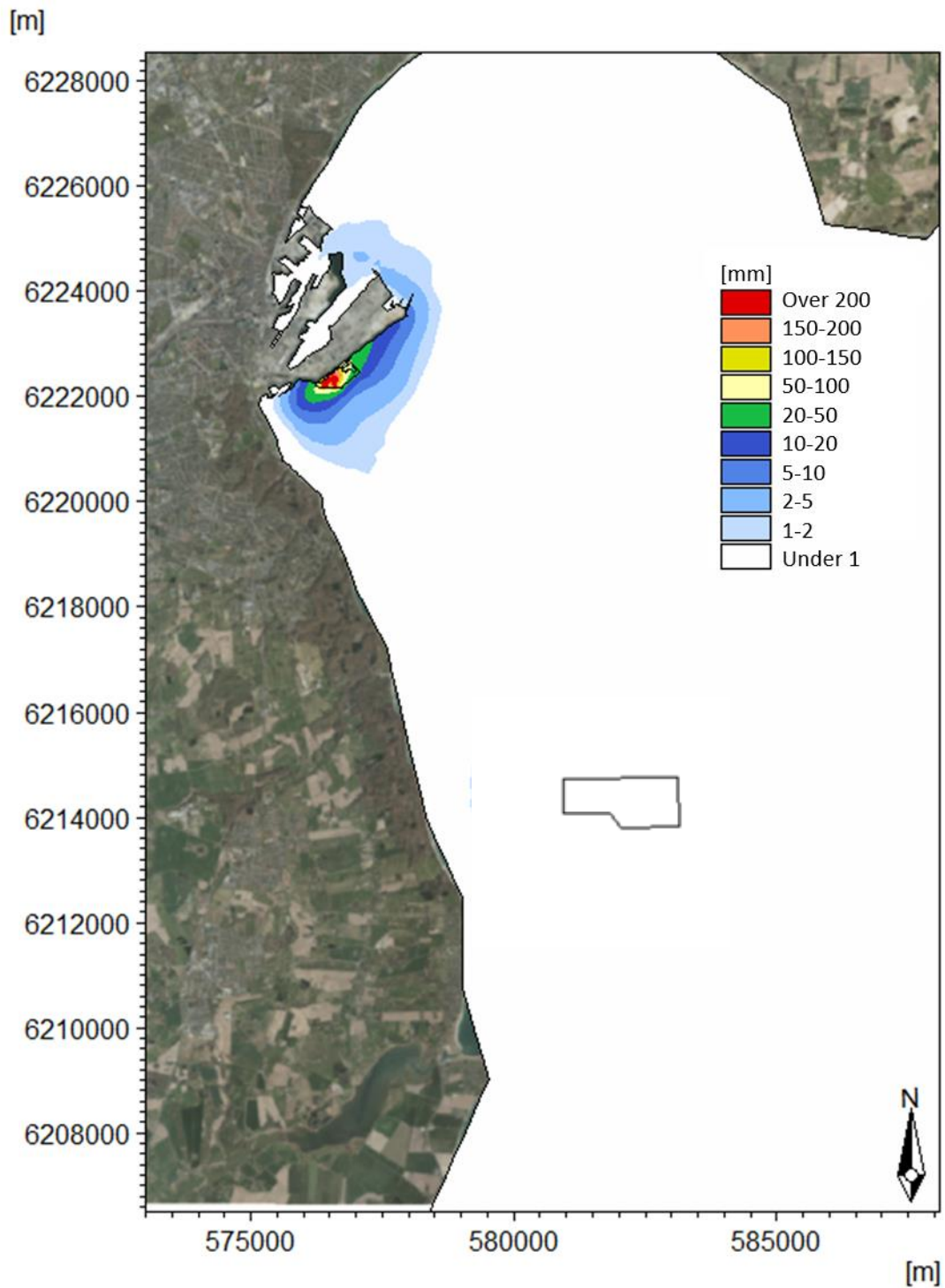
Figur 5-21 *Scenario 2: ReWater alt 2. Områder og varigheder hvor lysindfaldet på havbunden på grund af projektets sedimentspild reduceres til mindre end 5% af lysindfaldet på overfladen*



Figur 5-22 Scenarie 2: ReWater alt 2. Områder og varigheder hvor lysindfaldet på havbunden på grund af projektets sedimentspild reduceres til mindre end 20% af lysindfaldet på overfladen

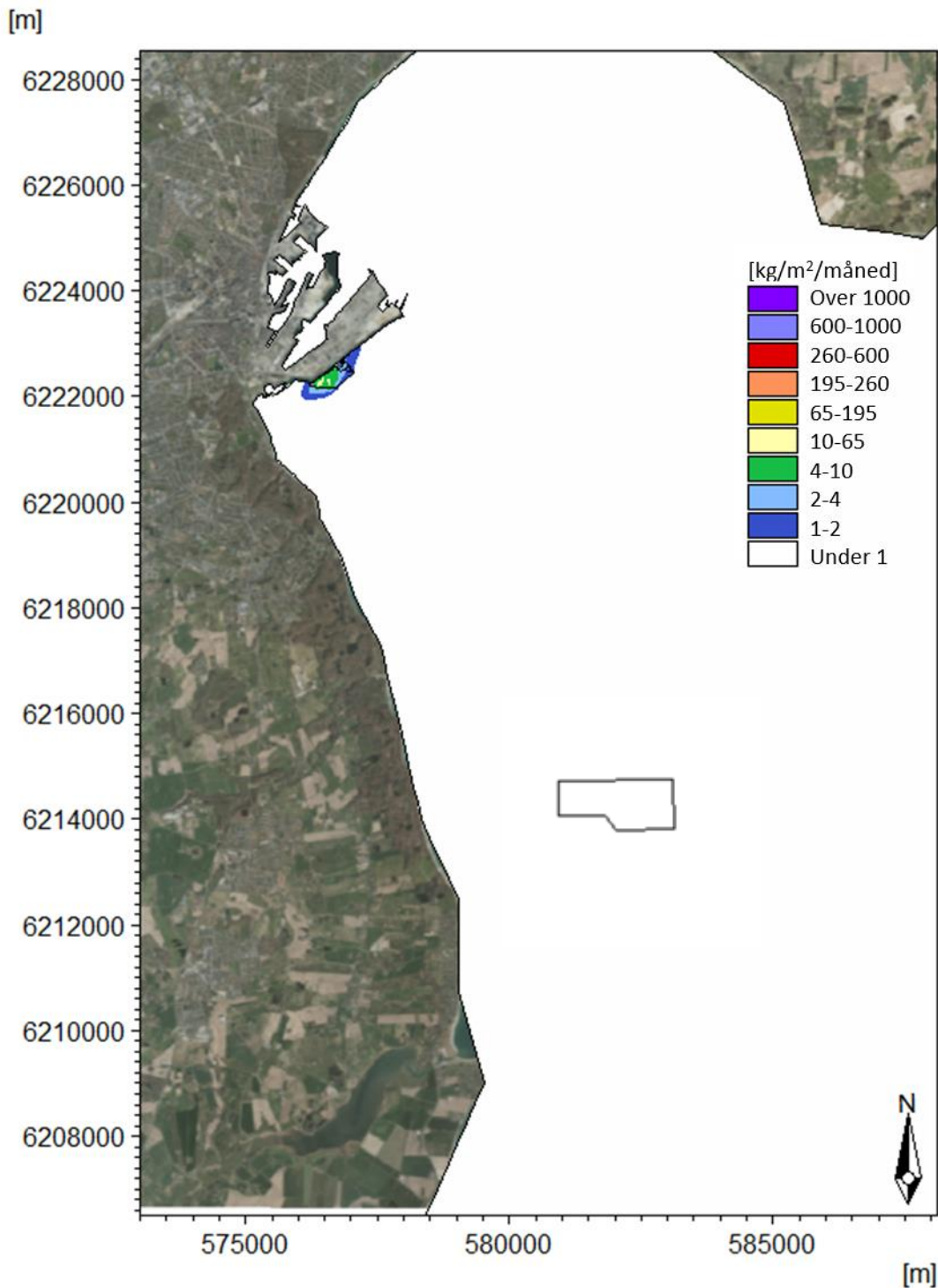
5.2.3 Deposition

Netto deposition på havbunden af sedimentspild efter afslutning af dette scenarier aktiviteter er vist i Figur 5-23



Figur 5-23 Scenarie 2: ReWater alt 2. Netto deposition efter afsluttet grave- og klappningsaktivitet. De sorte linjer indikerer grave- hhv. klappningsområder.

Sedimentationsraten af spildt materiale under grave- og klappningsaktiviteten er vist i



Figur 5-24 Scenarie 2: ReWater alt 2. Sedimentationsrater under gravning og klappning. De sorte linjer indikerer grave- hhv. klappningsområder.

5.3 Scenarie 3: ReWater, bugtrør + overløb

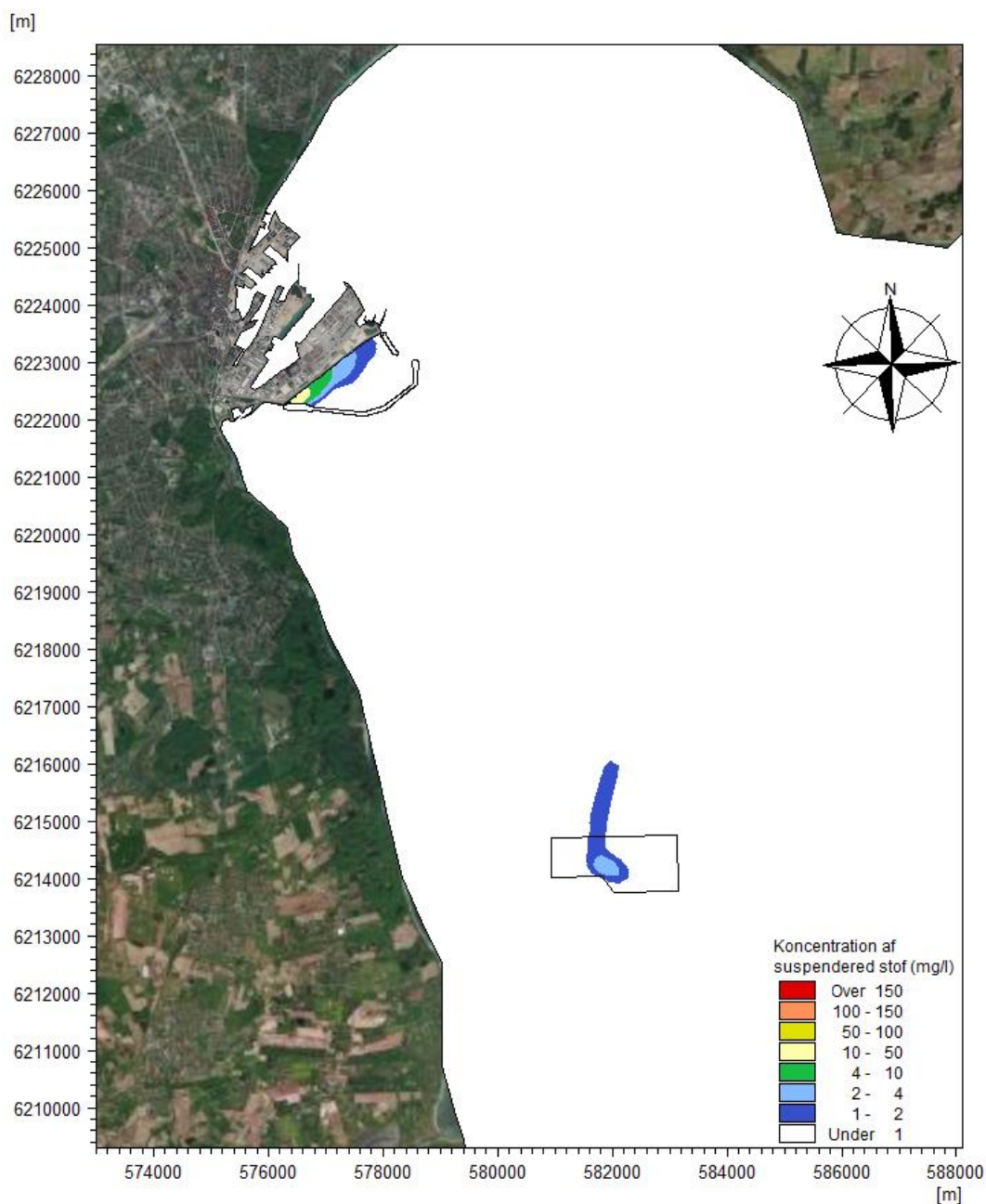
Der foretages ingen klappning ved denne aktivitet. Det opgravede materiale lægges midlertidigt på kanten af grøfterne og efter at rørene er lagt, fyldes materialet tilbage i grøfterne.

5.4 Scenarie 4: Bundudskiftning moler

Modelscenarie 4 omfatter udgravning og klappning af havbund under den planlagte ydermole for at kunne udskifte blød bund. Scenariet beskriver sedimentationsforholdene i graveområderne og på den påtænkte klappads. Varigheden er ca. 4 måneder.

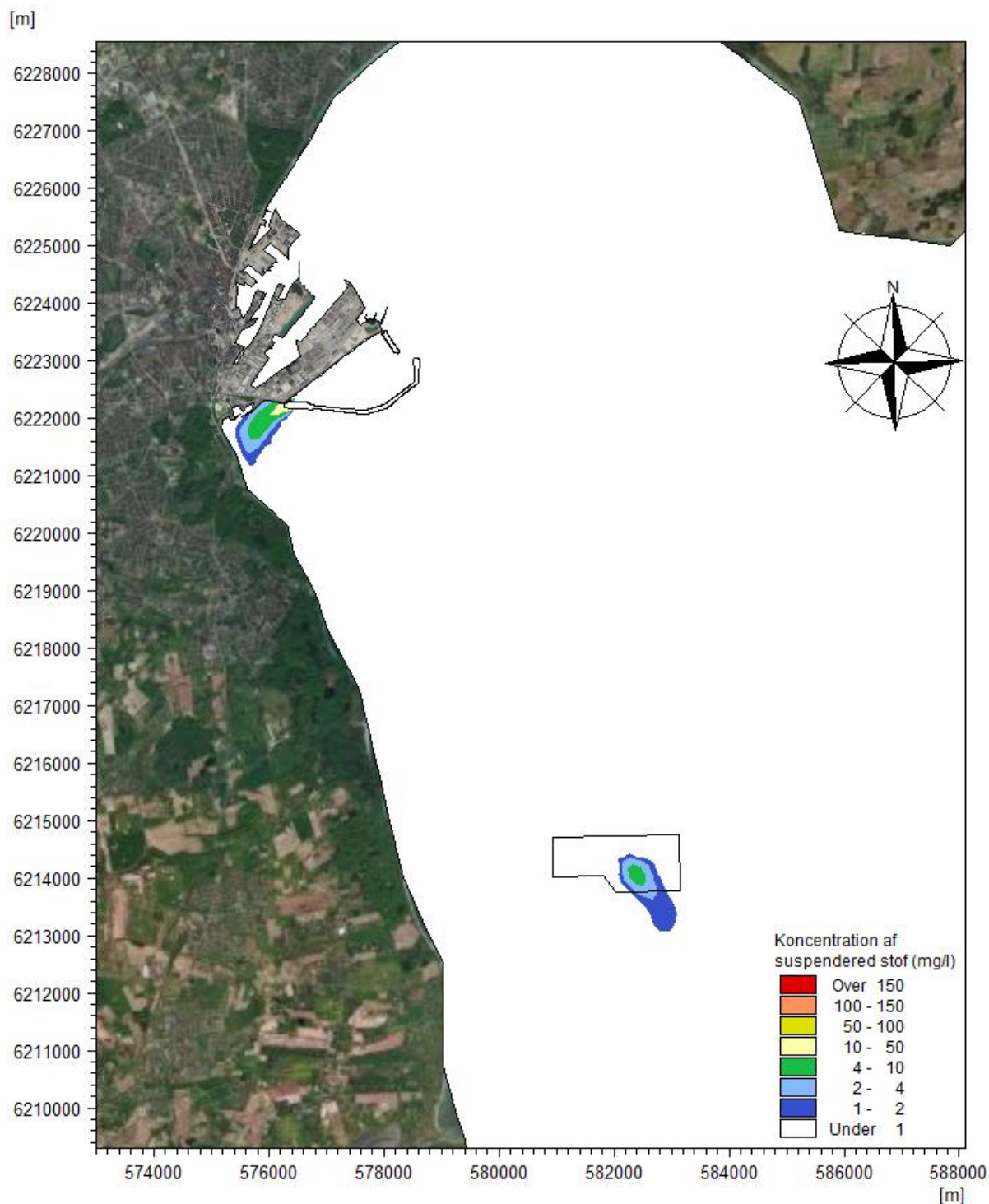
5.4.1 Suspenderet stof koncentration

Udvalgte øjebliksbilleder af koncentration af suspenderet stof under forskellige strømsituationer er illustreret i nedenstående Figur 5-25 og Figur 5-26.



Figur 5-25 Scenarie 4: Bundudskiftning moler. Øjebliksbillede af faneudbredelsen (middelværdi over dybden) ved gravearbejde ved nordgående strøm, 24.

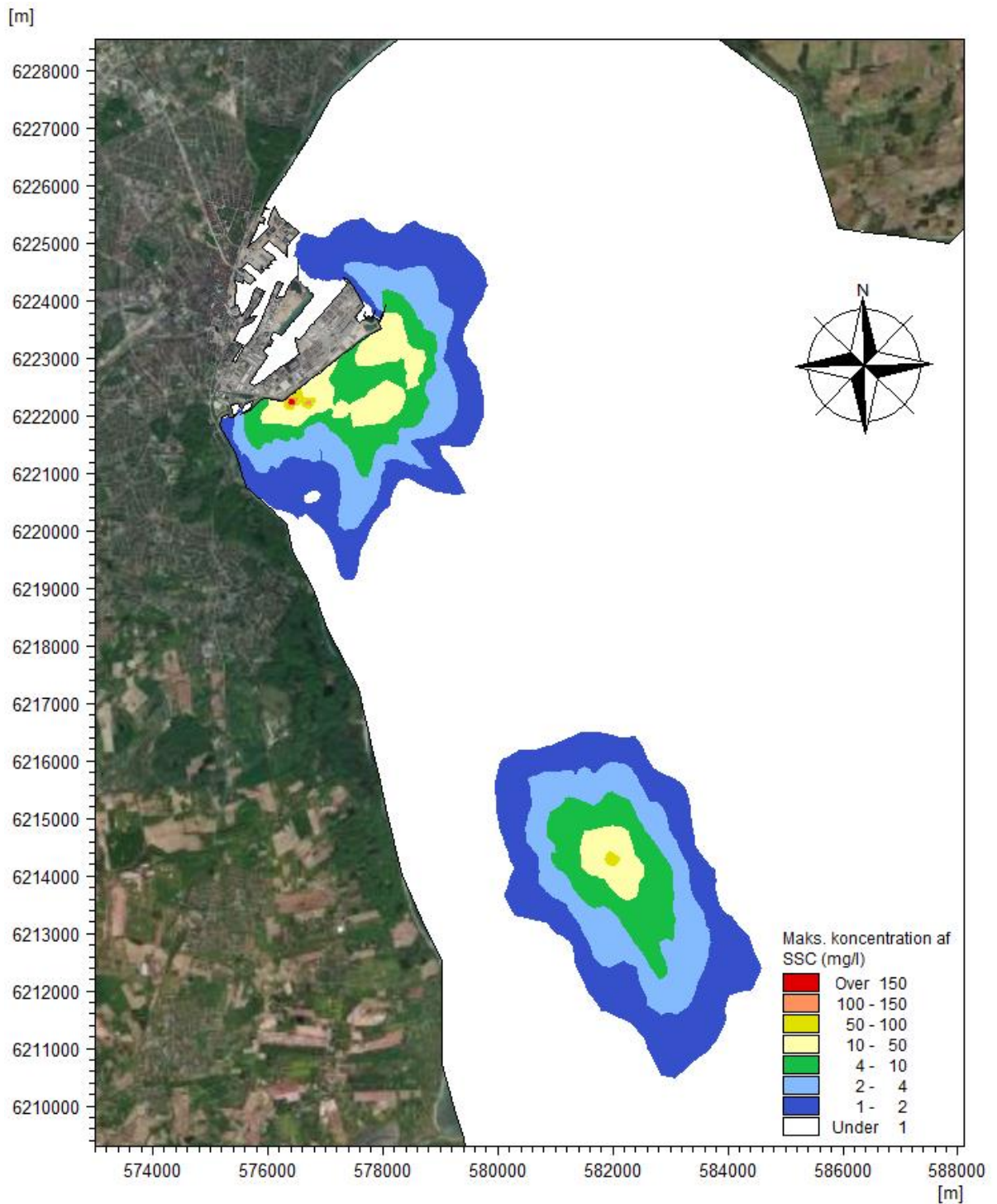
januar 2004 kl. 18. De sorte linjer indikerer grave- hhv. klapningsområderne.



Figur 5-26 Scenarie 4: Bundudskiftning moler. Øjebliksbillede af faneudbredelsen (middelværdi over dybden) ved gravearbejde ved sydgående strøm, 15. januar 2004 kl. 19. De sorte linjer indikerer grave- hhv. klapningsområderne.

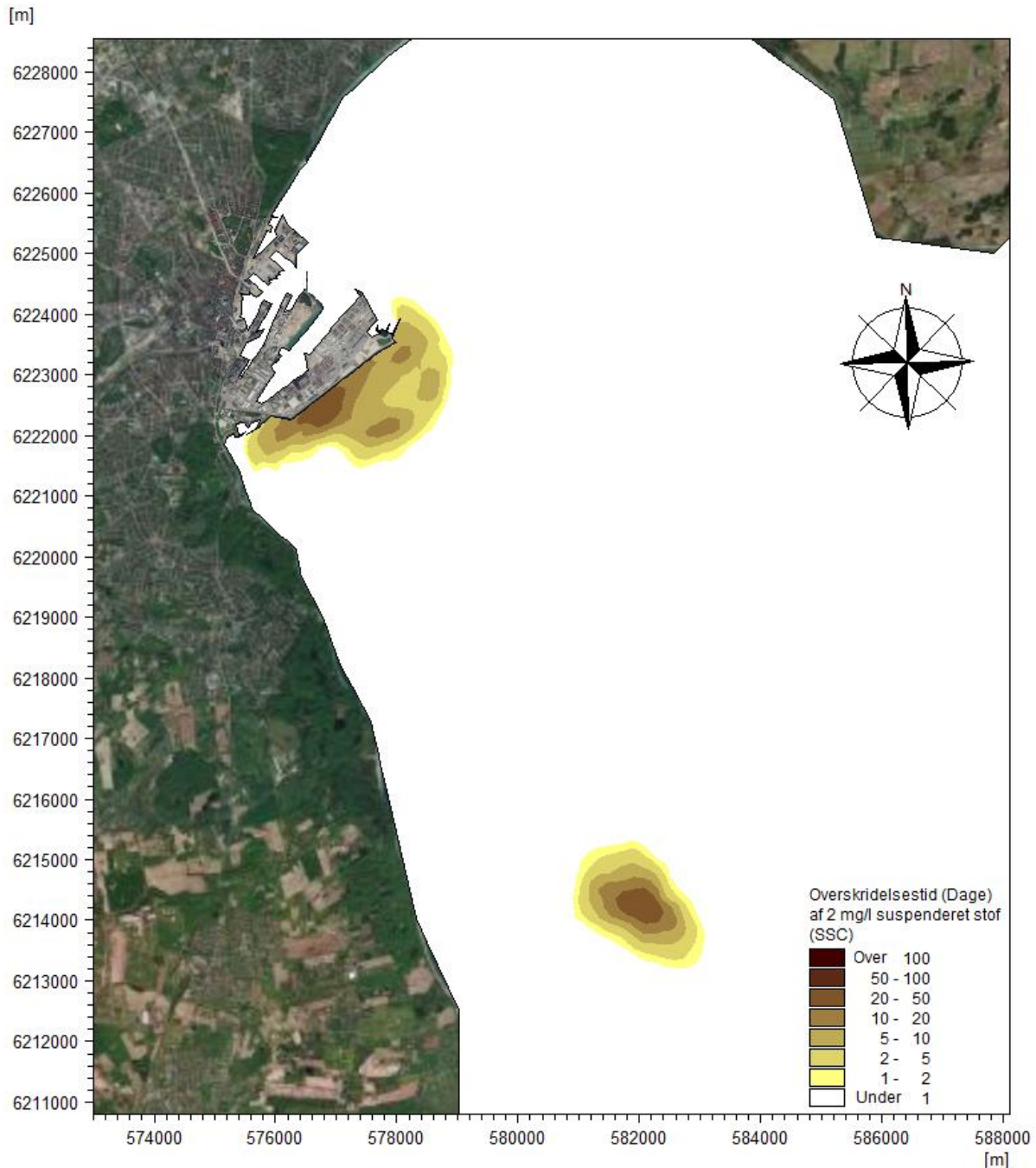
De maksimale koncentrationer, modelleret i hele perioden på 4 måneder for aktiviteterne i Scenarie 4, er vist i nedenstående Figur 5-27. Det bemærkes, at Figur 5-27 viser den maksimale koncentration under hele modelleringsperioden i

hvert punkt. Af dynamisk grunde vil det dermed være givet at de maksimale værdier aldrig vil kunne forekomme samtidig.



Figur 5-27 Scenarie 4: Bundudskiftning moler. Maksimal koncentration af suspenderet stof.

Overskridelsesvarigheden af 2 mg/l koncentrationen af suspenderet stof i middel over vanddybden er vist i nedenstående Figur 5-28. Figuren har en anderledes farvet signaturforklaring idet denne figur, som beskriver overskridelse af 2 mg/l grænsen, beskriver forhold, hvor en sedimentfane er synlig for det menneskelige øje (hvis sedimentet er kalk). Kriteriet er dermed til den sikre side for kvaliteten af badevandet.

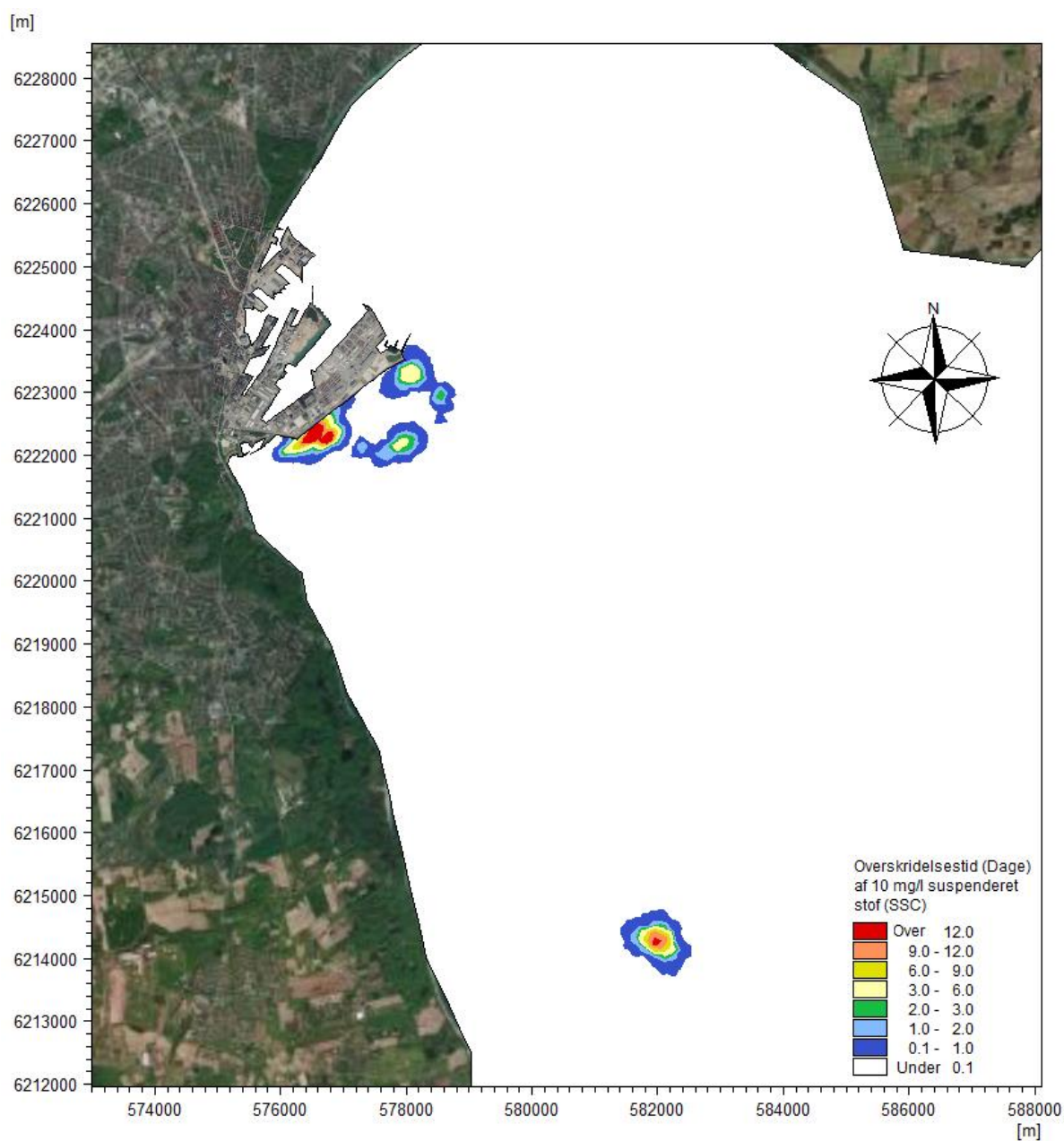


Figur 5-28 Scenarie 4: Bundudskiftning moler. Overskridelsestid af 2 mg/l koncentrationen af suspenderet stof.

Ved tolkning af en figur som Figur 5-28 skal man være bevist om at det kun beskriver det projektbetingede overkoncentration af suspenderet stof. Den naturlige koncentration af suspenderet stof er et resultat af bølger og strøm samt

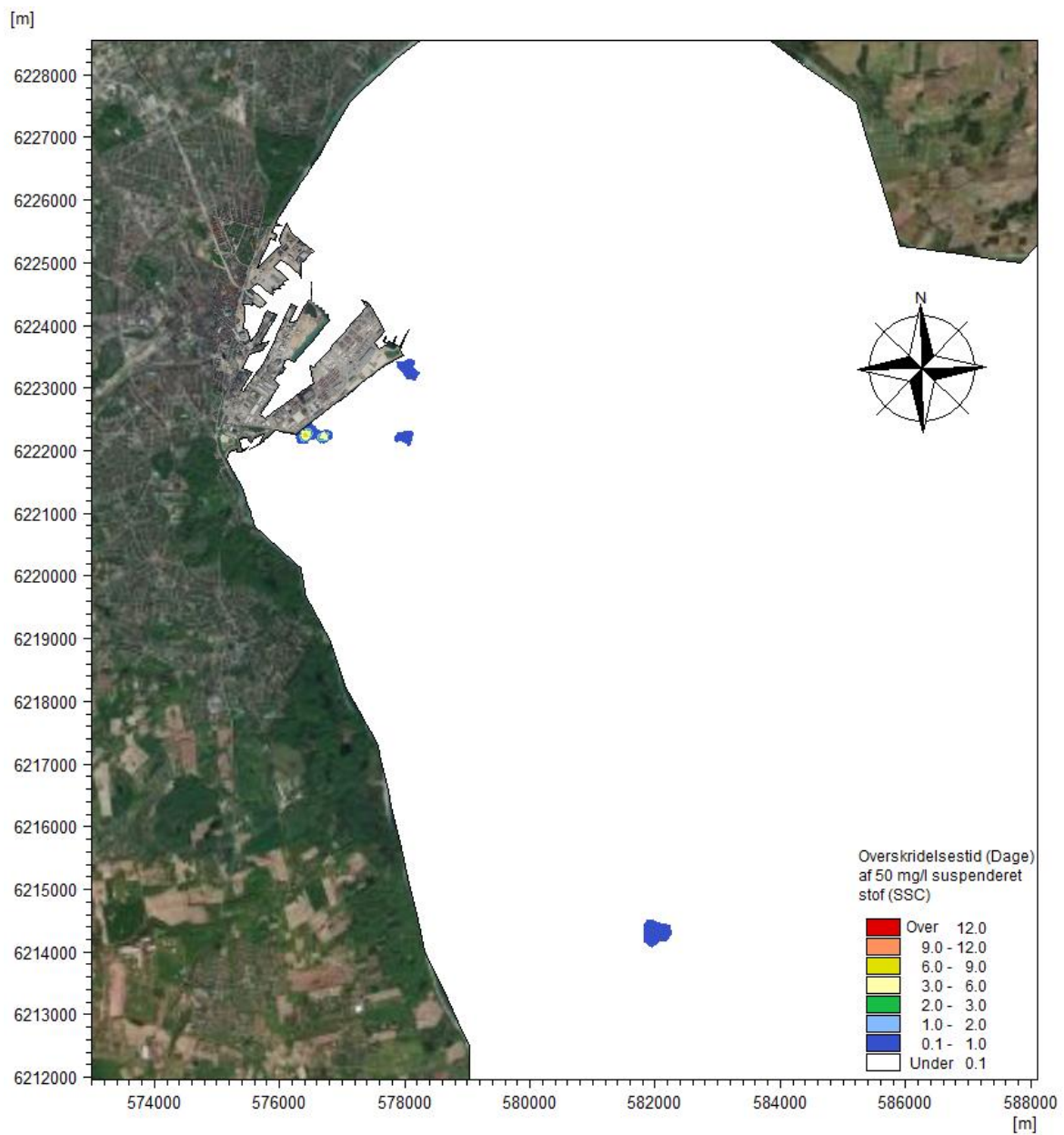
vanddybde og tilstedeværelse af materiale på havbunden der kan suspendere. I Aarhus Bugt området foreligger det ikke målinger af den naturligt forekommende koncentration af suspenderet stof. Som led i forundersøgelserne for Femern Belt forbindelsen er koncentrationen i Femern Belt målt på flere forskellige positioner og vanddybder, /8/. Forholdene på den østvendte kyst ved Femern vurderes at kunne sammenlignes med forholdene ved den østvendte kyst i Aarhus Bugt. På baggrund af målinger ud for Femern findes en overskridelse af 2 mg/l koncentrationen i ca. 100 dage på 6 m vanddybde. Sammenlignet med overstående Figur 5-28 svarer det til overskrideshyppigheden inde på selve klappladsen. Overført til de rekreative områder på badestrandene, er den projektbetingede hyppighed af 2 mg/l niveauet mange størrelsesordener mindre end den naturligt forekommende hyppighed.

Overskridelsesvarigheden af 10 mg/l koncentrationen af suspenderet stof i mid-
del over vanddybden er vist i nedenstående Figur 5-29.



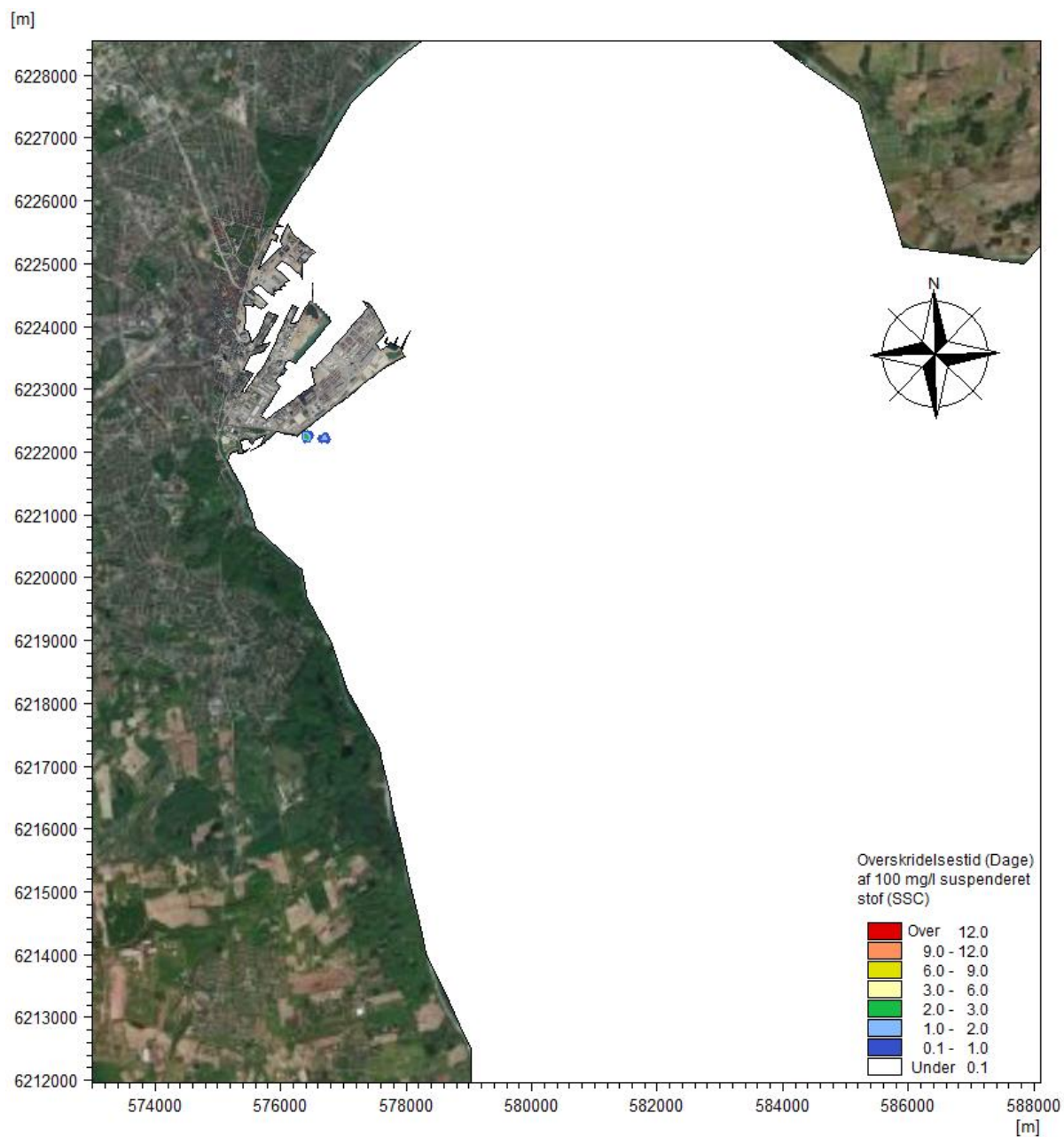
Figur 5-29 Scenarie 4: Bundudskiftning moler. Overskridelsestid af 10 mg/l kon-
centrationen af suspenderet stof.

Overskridelsesvarigheden af 50 mg/l koncentrationen af suspenderet stof i mid-del over vanddybden er vist i nedenstående Figur 5-30.



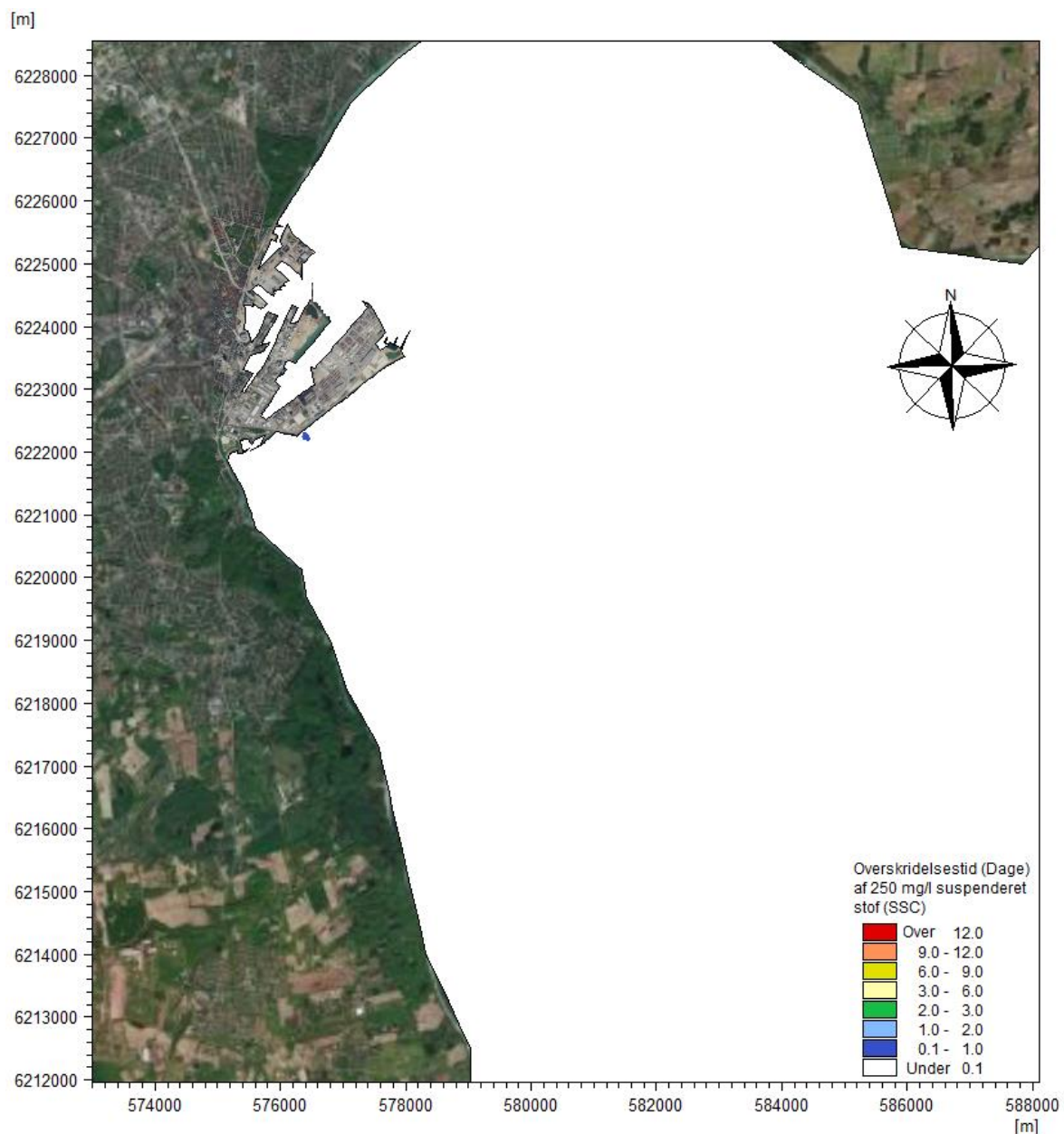
Figur 5-30 Scenarie 4: Bundudskiftning moler. Overskridelsestid af 50 mg/l koncentrationen af suspenderet stof.

Overskridelsesvarigheden af 100 mg/l koncentrationen af suspenderet stof i middel over vanddybden er vist i nedenstående Figur 5-31.



Figur 5-31 Scenarie 4: Bundudskiftning moler. Overskridelsestid af 100 mg/l koncentrationen af suspenderet stof.

Overskridelsesvarigheden af 250 mg/l koncentrationen af suspenderet stof i middel over vanddybden er vist i nedenstående Figur 5-32.



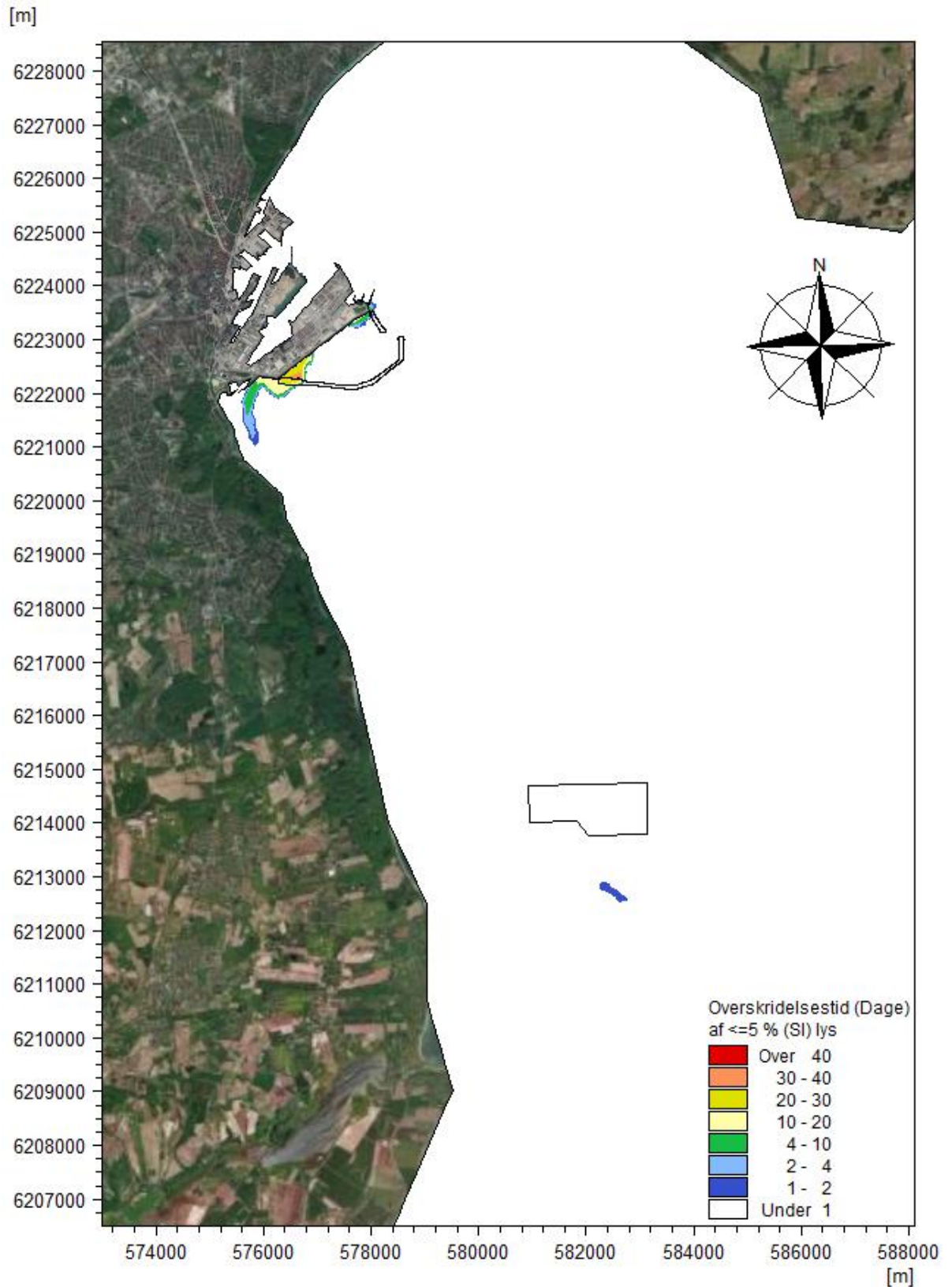
Figur 5-32 Scenarie 4: Bundudskiftning moler. Overskridelsestid af 250 mg/l koncentrationen af suspenderet stof.

5.4.2 Lysforhold

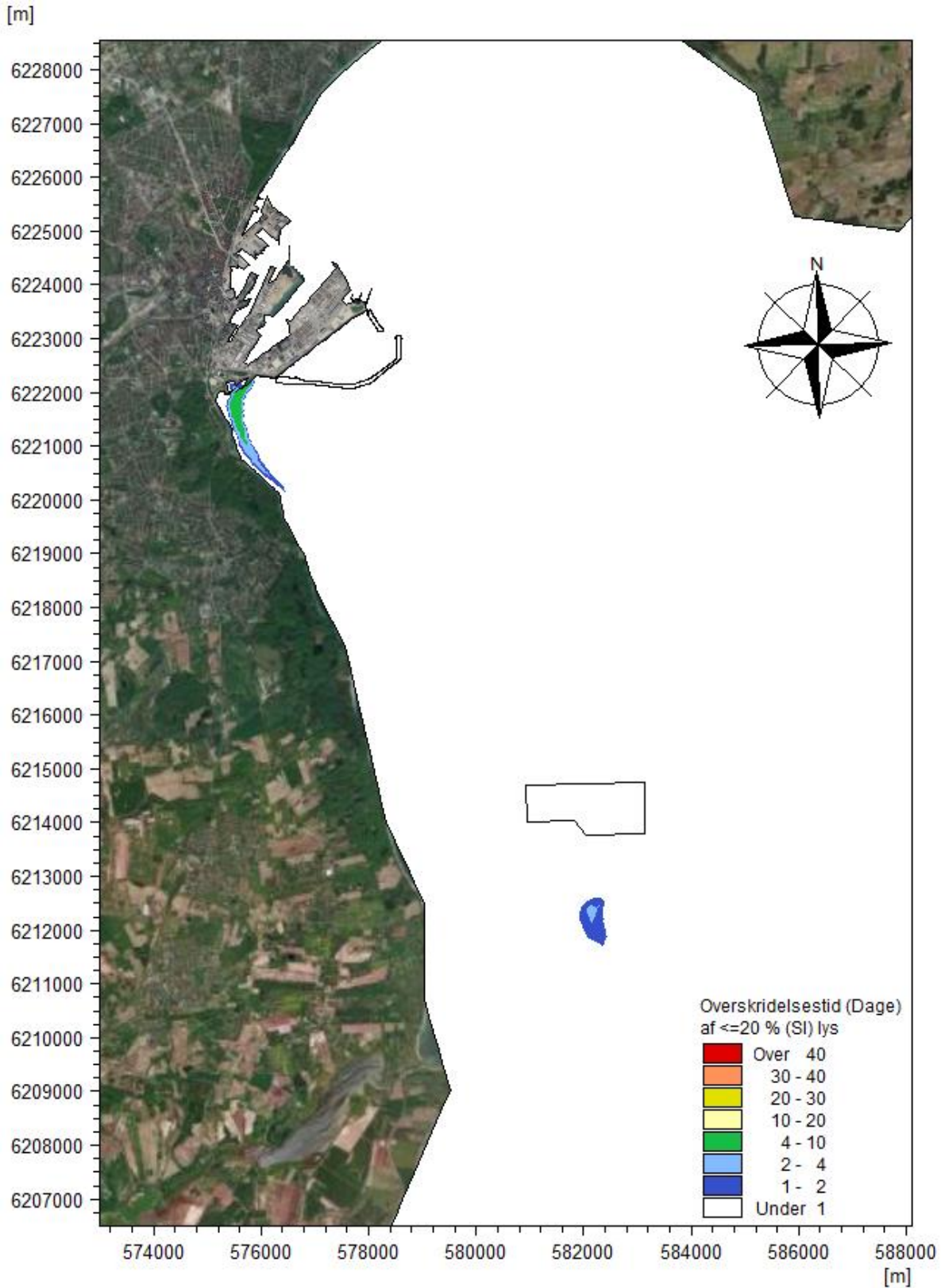
Sedimentspildet under gravning og klapping giver anledning til skyggeeffekt på bundsiddende planter. Dette er beskrevet ved at beregnet de områder hvor lysintensiteten på havbunden reduceres under bestemte lysintensiteter, der repræsenterer minimumskrav for bestemte plantetyper. Resultatet er udbredelseskort, der viser områder og varigheden, hvor lysintensiteten på havbunden på grund af projektet kommer under disse grænseværdier. Hvor dette sker hen over varigheder, der er længere end planternes tolerance, vil der kunne

forventes en negativ effekt. Under tolkningen af disse kort skal der tages i betragtning af en høj SSC-koncentration på store vanddybder, hvor der er mørkt i forvejen, ikke vil have nogen effekt på planterne, da der forefindes for lidt lys i forvejen. Ligeledes vil en høj SSC-koncentration på meget lave vanddybder have en ringe effekt, fordi der alligevel kommer lys nok.

I det følgende er områder og overskridelsesvarigheder modelleret for lysintensiteter ved havbunden på hhv. <5% og <20% lys på grund af projektet.



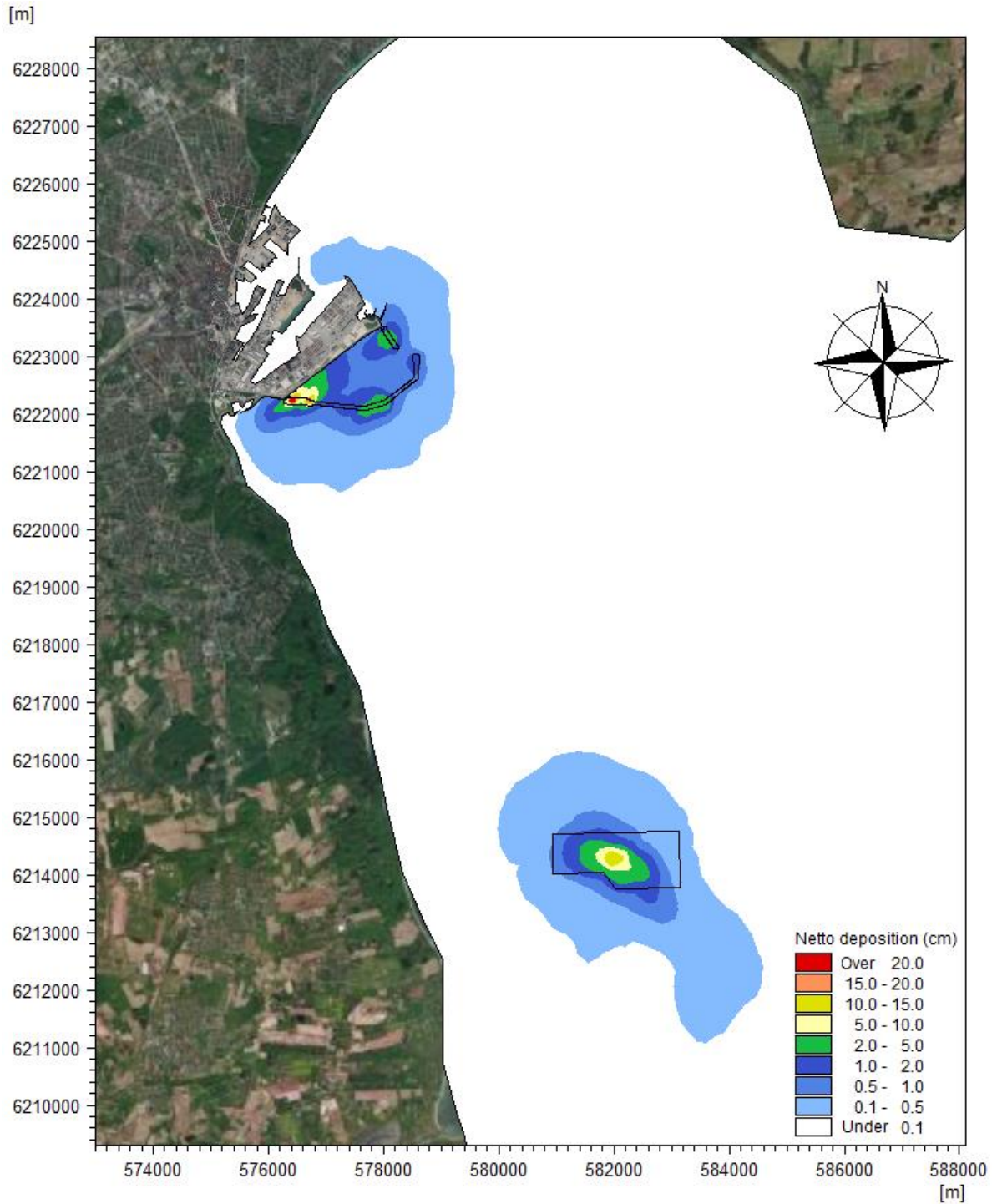
Figur 5-33 Scenarie 4: Bundudskiftning moler. Områder og varigheder hvor lysindfaldet på havbunden på grund af projektets sedimentspild reduceres til mindre end 5% af lysindfaldet på overfladen



Figur 5-34 Scenarie 4: Bundudskiftning moler. Områder og varigheder hvor lysindfaldet på havbunden på grund af projektets sedimentspild reduceres til mindre end 20% af lysindfaldet på overfladen

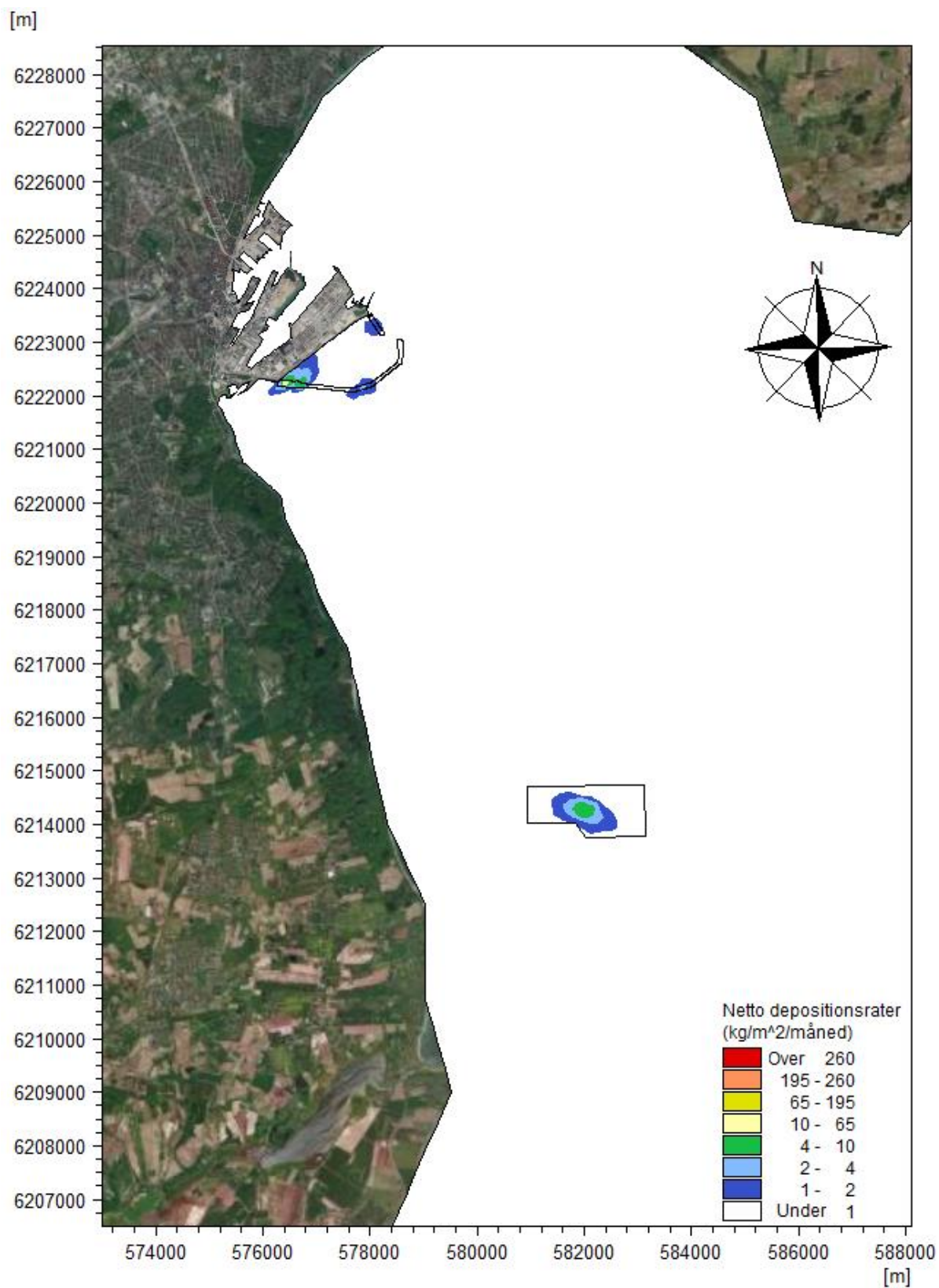
5.4.3 Deposition

Netto deposition på havbunden af sedimentspild efter afslutning af dette scenarier aktiviteter er vist i Figur 5-35.



Figur 5-35 Scenarie 4: Bundudskiftning moler. Netto deposition efter afsluttet grave- og klavningsaktivitet. De sorte linjer indikerer grave- hhv. klavningsområder.

Sedimentationsraten af spildt materiale under grave- og klavningsaktiviteten er vist i Figur 5-36.



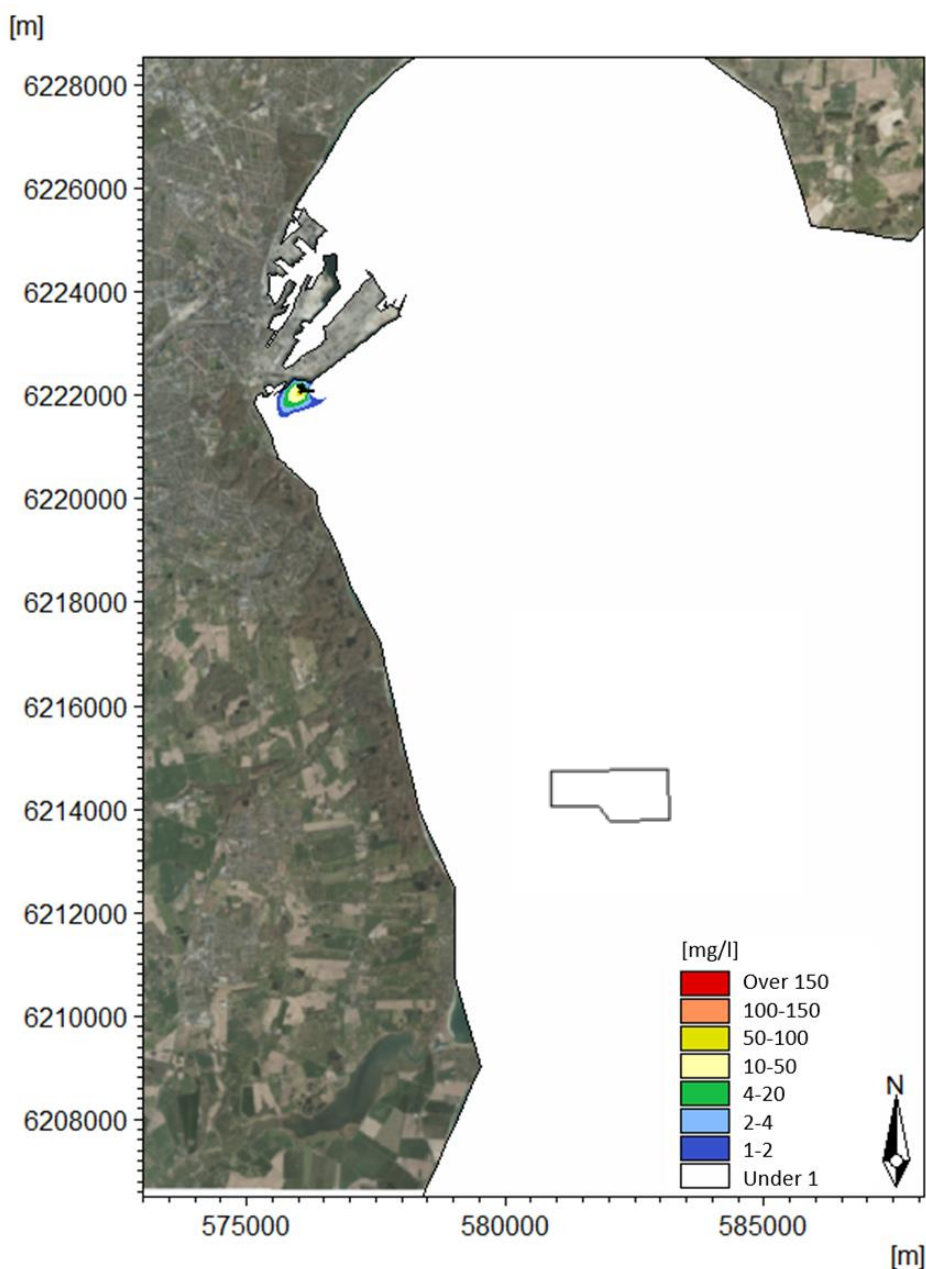
Figur 5-36 Scenarie 4: Bundudskiftning moler. Sedimentationsrate under gravning og klavning. De sorte linjer indikerer grave- hhv. klavningsområder.

5.5 Scenarie 5: Lystbådehavn, Alt.2

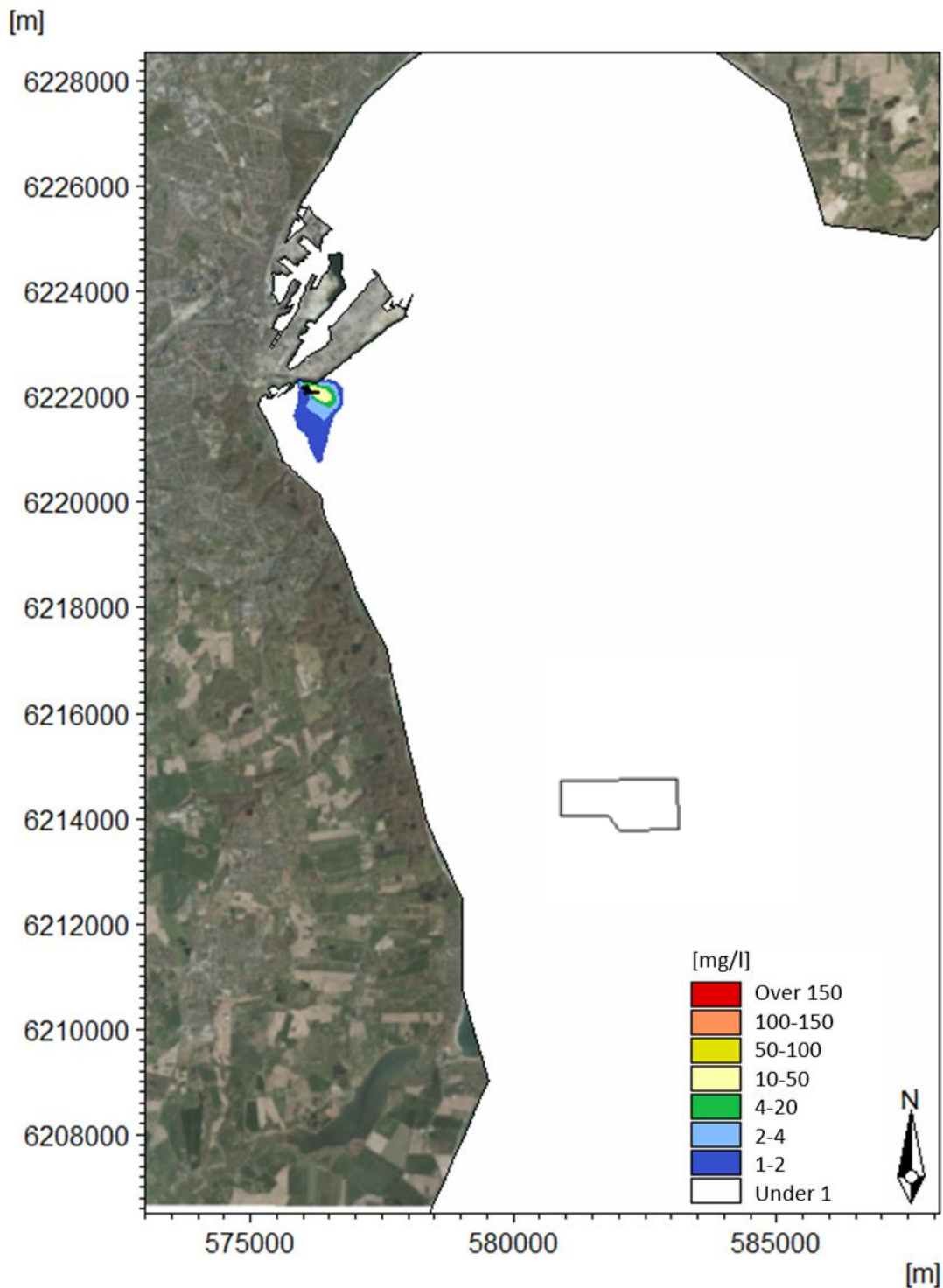
Modelresultater er leveret fra Niras. Modelleringen omfatter ikke klappning på Fløjstrup Skov, da materiale fra ReWater vil blive klappet på separat klappplads ansøgt af Aarhus Vand A/S i forbindelse med ReWater projektet.

5.5.1 Suspenderet stof koncentration

Udvalgte øjeblikbilleder af koncentration af suspenderet stof under forskellige strømsituationer er illustreret i nedenstående Figur 5-37 og Figur 5-38.

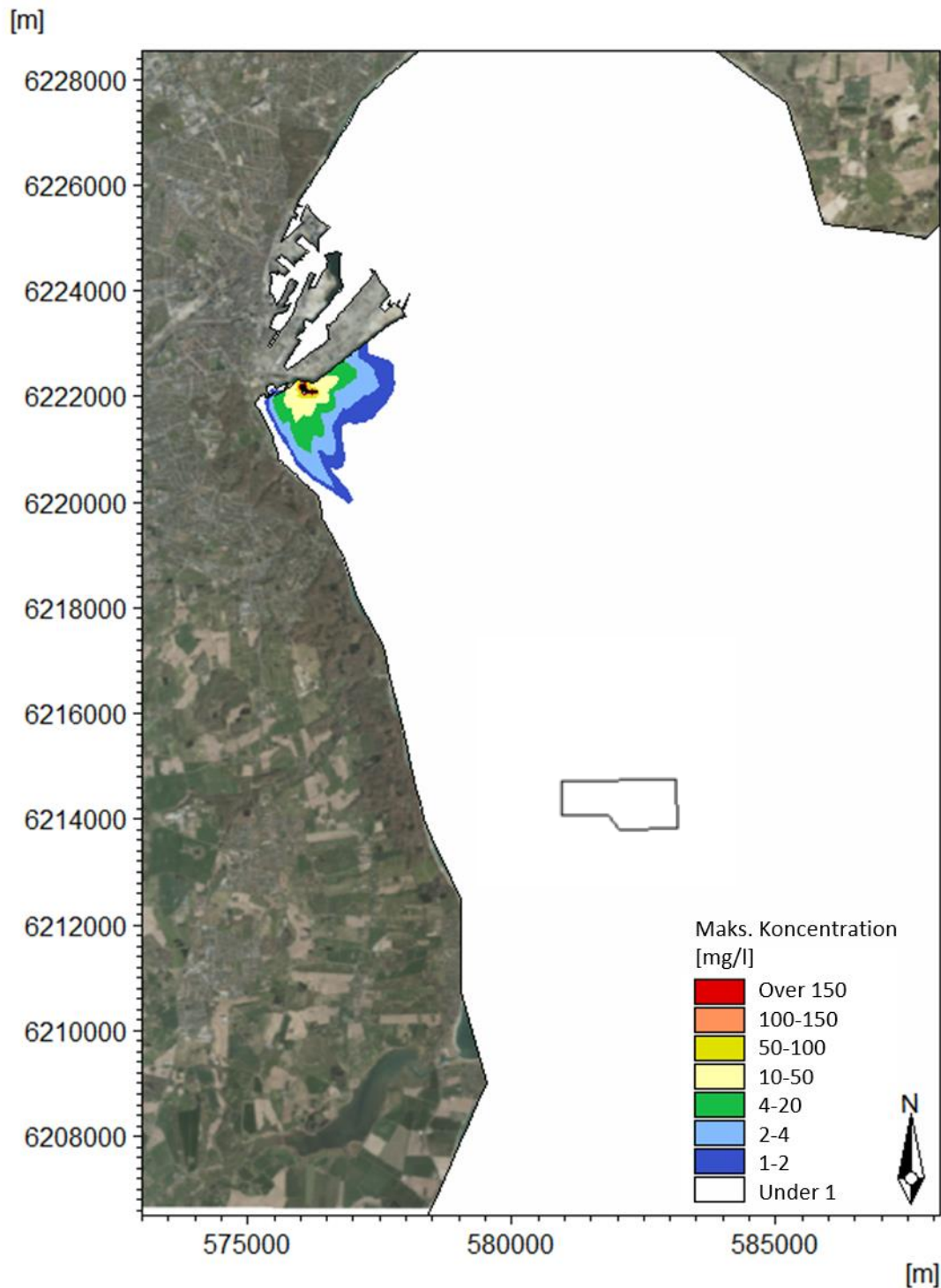


Figur 5-37 Scenarie 5: Lystbådehavn, Alt.2. Øjebliksbillede af faneudbredelsen (mid-delværdi over dybden) ved gravearbejde ved nordgående strøm, 7. marts 2004 00:00. De sorte linjer indikerer grave- hhv. klappingsområderne.



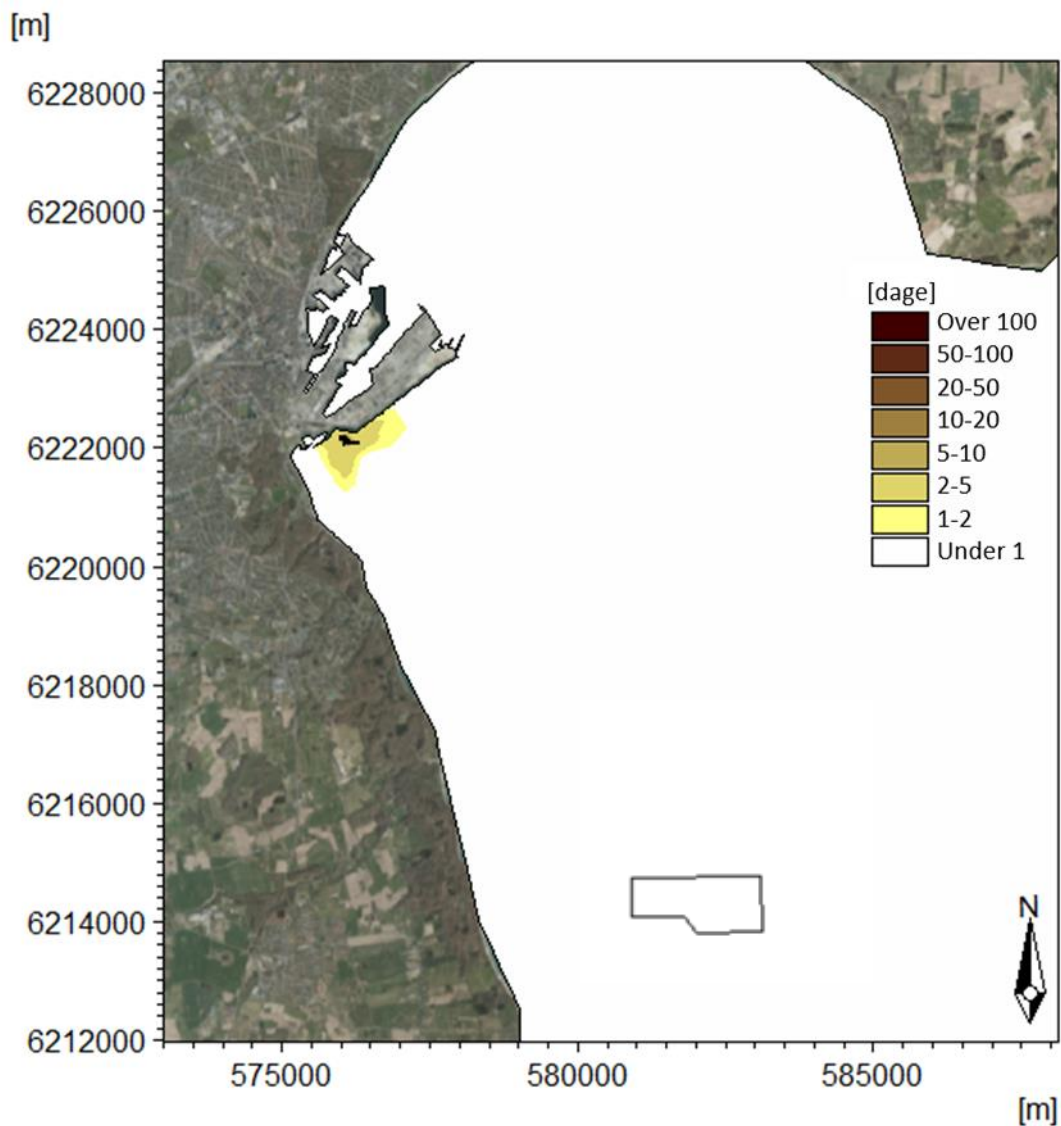
Figur 5-38 Scenarie 5: Lystbådehavn, Alt.2. Øjebliksbillede af faneudbredelsen (mid-delværdi over dybden) ved gravearbejde ved sydgående strøm, 5. marts 2004 07:30. De sorte linjer indikerer grave- hhv. klapningsområderne.

De maksimale koncentrationer, modelleret i hele perioden på 1/4 måned (1 uge) for aktiviteterne i Scenarie 5, er vist i nedenstående Figur 5-39. Det bemærkes, at Figur 5-39 viser den maksimale koncentration under hele modelleringsperioden i hvert punkt. Af dynamisk grunde vil det dermed være givet at de maksimale værdier aldrig vil kunne forekomme samtidig.



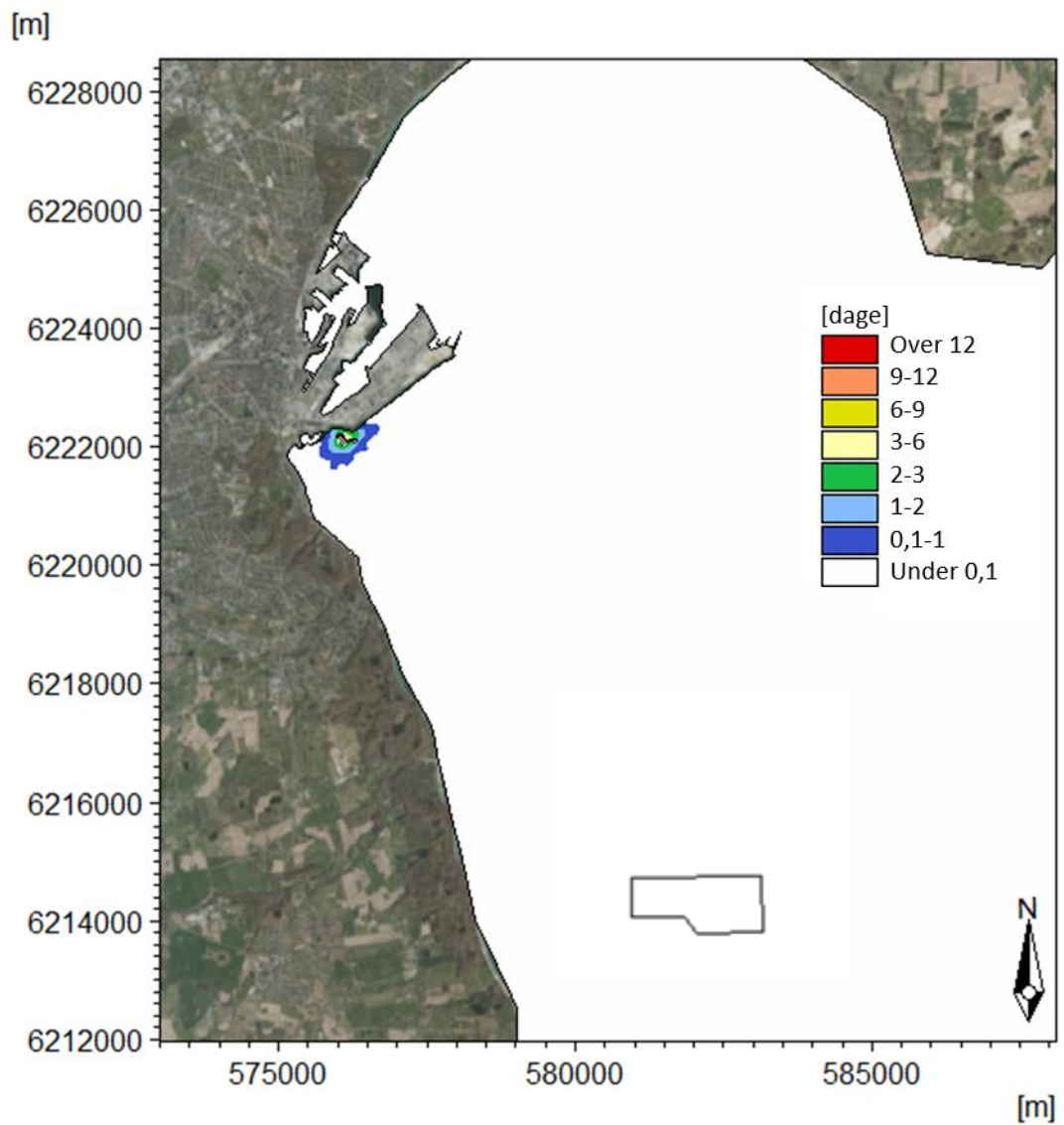
Figur 5-39 Scenarie 5: Lystbådehavn, Alt.2. Maksimal koncentration af suspenderet stof.

Overskridelsesvarigheden af 2 mg/l koncentrationen af suspenderet stof i middel over vanddybden er vist i nedenstående Figur 5-40. Figuren har en anderledes farvet signaturforklaring idet denne figur, som beskriver overskridelse af 2 mg/l grænsen, beskriver forhold, hvor en sedimentfane er synlig for det menneskelige øje (hvis sedimentet er kalk). Kriteriet er dermed til den sikre side for kvaliteten af badevandet.



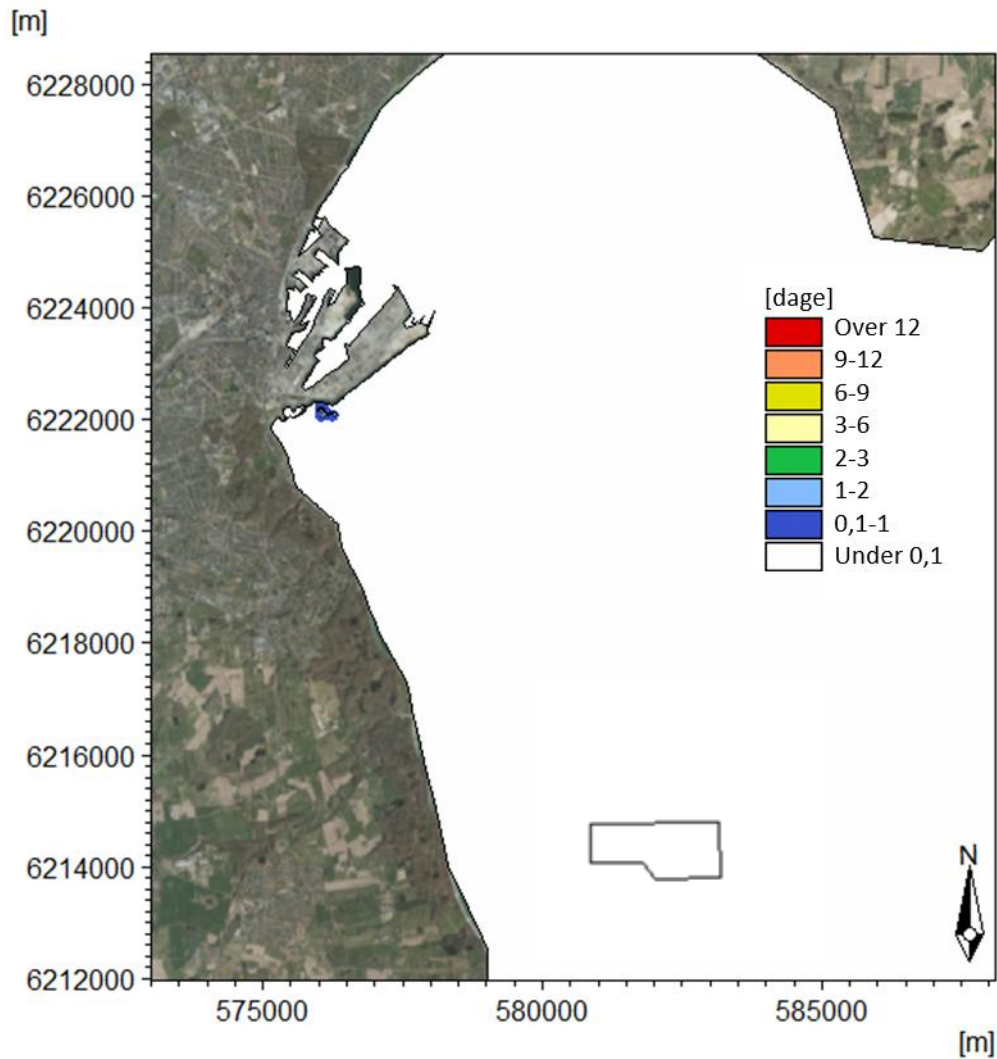
Figur 5-40 Scenarie 5: Lystbådehavn, Alt.2. Overskridelsestid af 2 mg/l koncentrationen af suspenderet stof.

Overskridelsesvarigheden af 10 mg/l koncentrationen af suspenderet stof i mid-del over vanddybden er vist i nedenstående Figur 5-41.



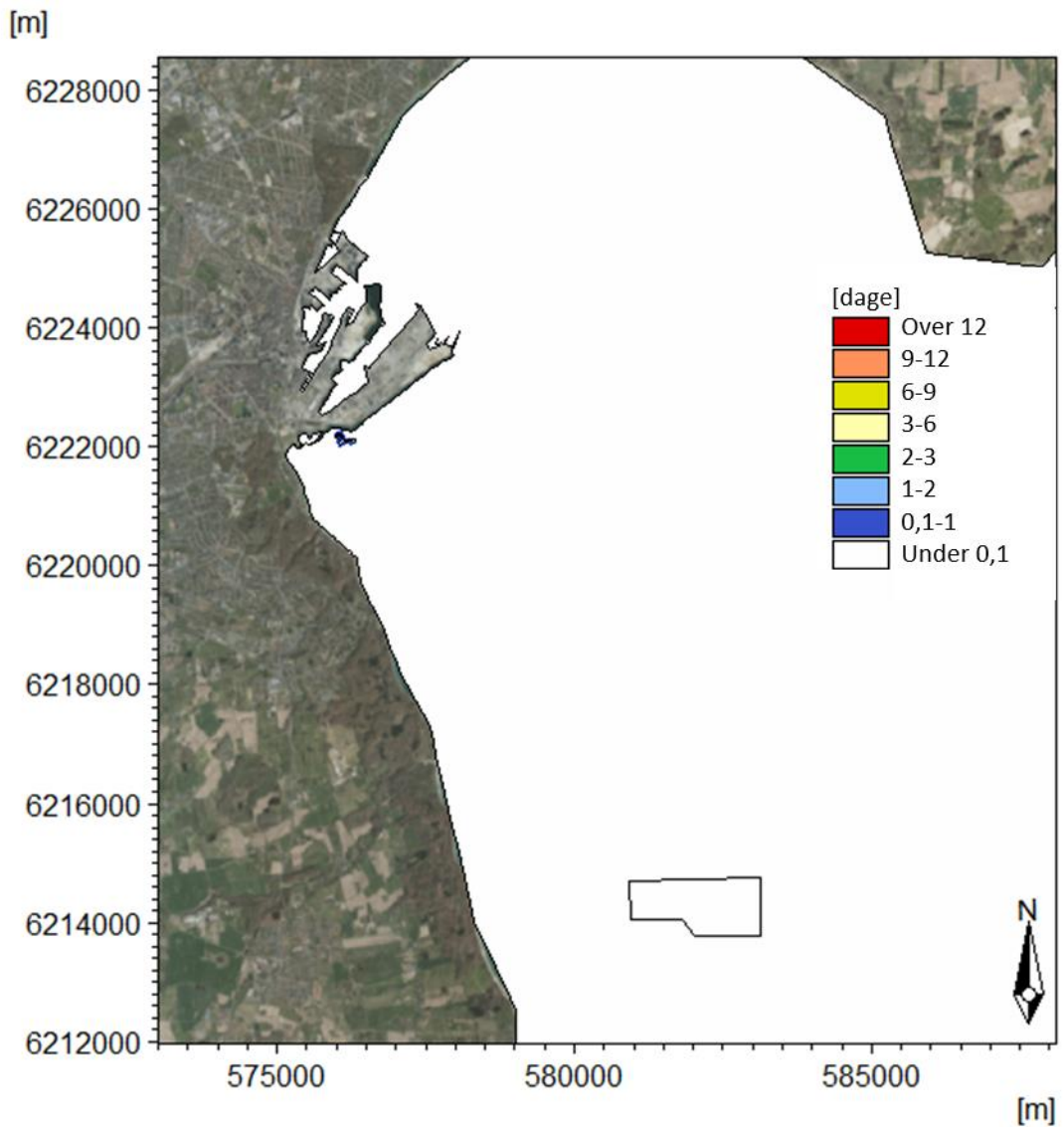
Figur 5-41 Scenarie 5: Lystbådehavn, Alt.2. Overskridelsestid af 10 mg/l koncentrationen af suspenderet stof.

Overskridelsesvarigheden af 50 mg/l koncentrationen af suspenderet stof i mid-
del over vanddybden er vist i nedenstående Figur 5-42.



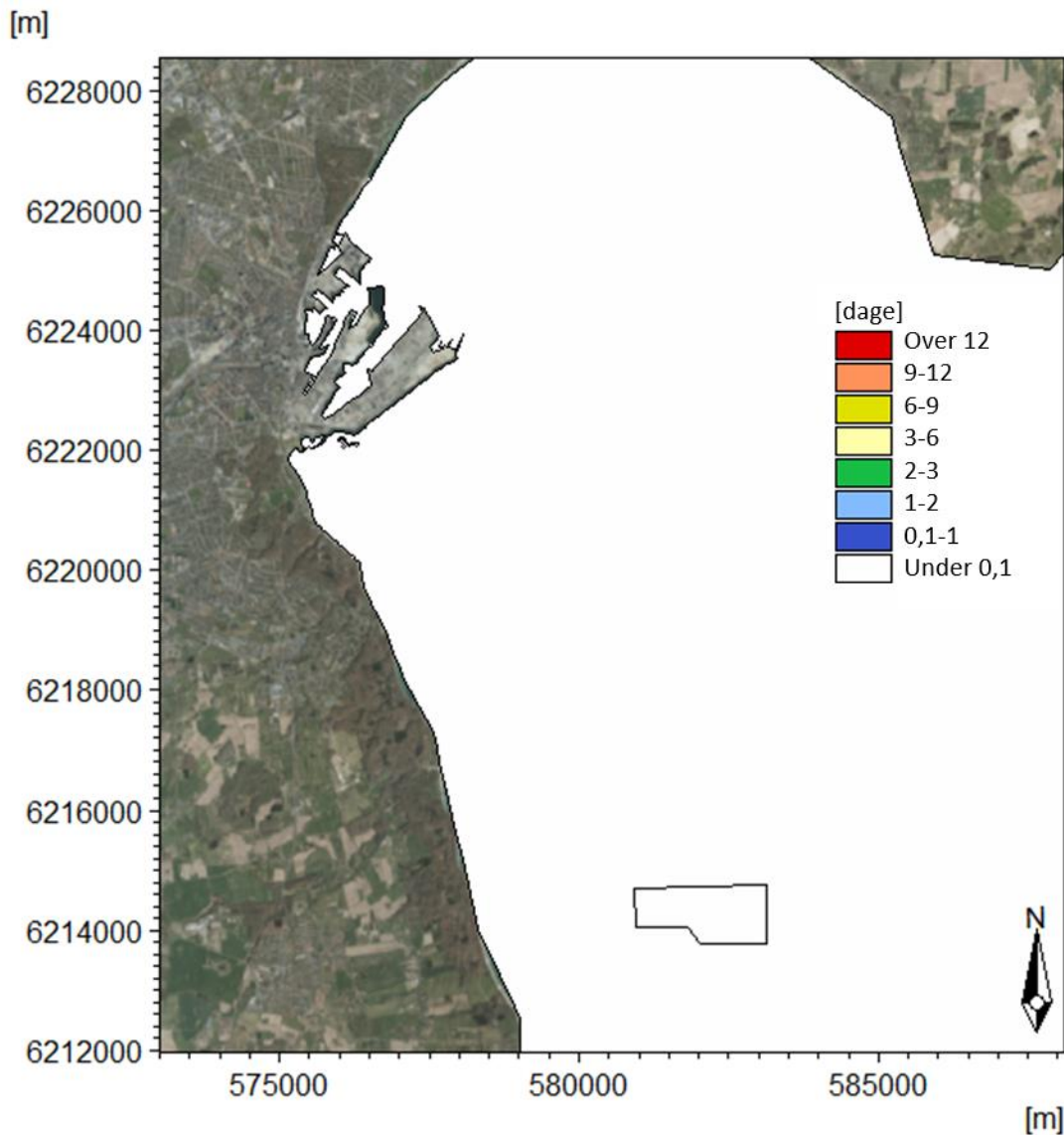
Figur 5-42 Scenarie 5: Lystbådehavn, Alt.2. Overskridelsestid af 50 mg/l koncentrationen af suspenderet stof.

Overskridelsesvarigheden af 100 mg/l koncentrationen af suspenderet stof i middel over vanddybden er vist i nedenstående Figur 5-43.



Figur 5-43 Scenarie 5: Lystbådehavn, Alt.2. Overskridelsestid af 100 mg/l koncentrationen af suspenderet stof.

Overskridelsesvarigheden af 250 mg/l koncentrationen af suspenderet stof i middel over vanddybden er vist i nedenstående Figur 5-44.



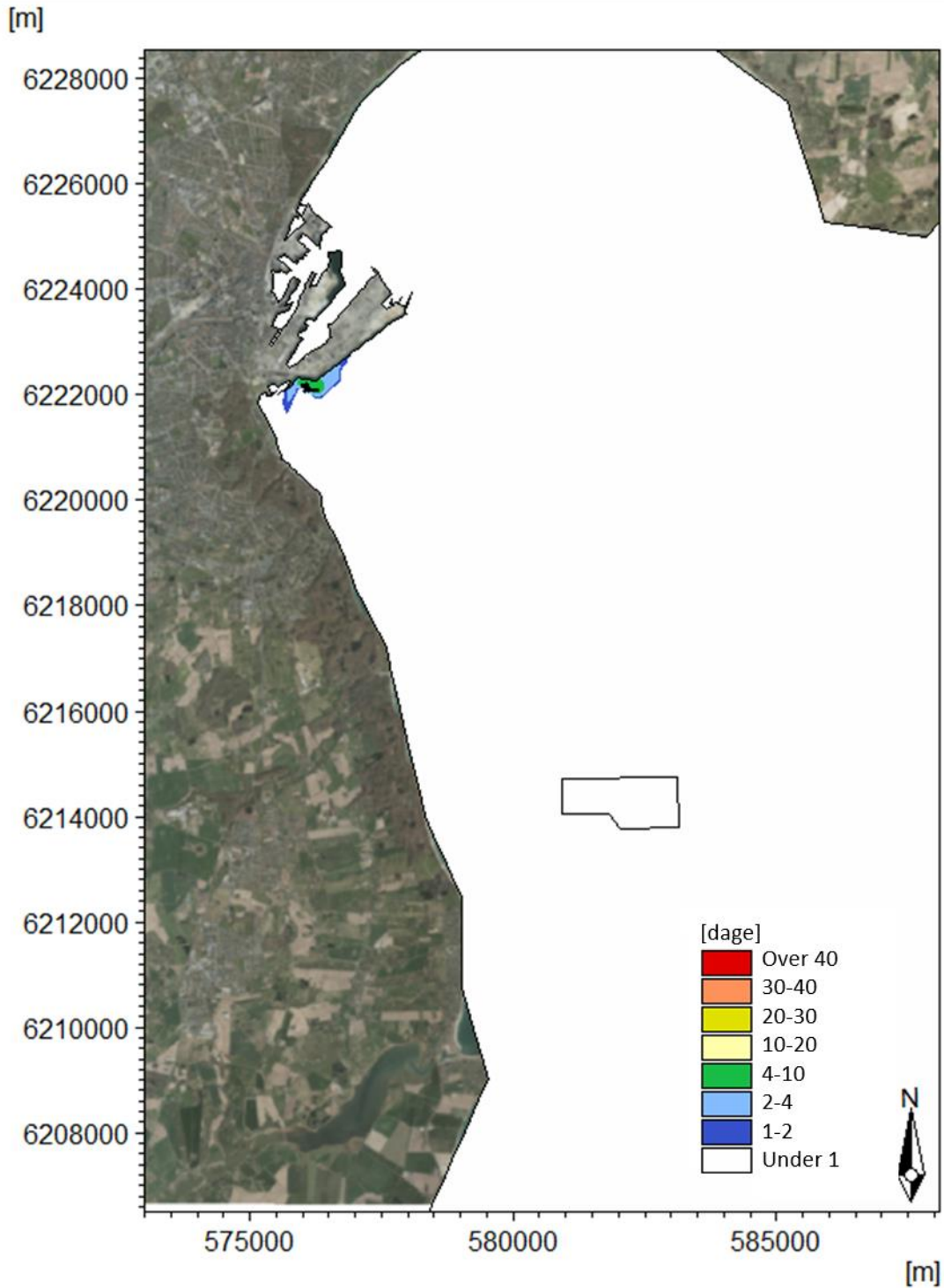
Figur 5-44 Scenarie 5: Lystbådehavn, Alt.2. Overskridelsestid af 250 mg/l koncentrationen af suspenderet stof.

5.5.2 Lysforhold

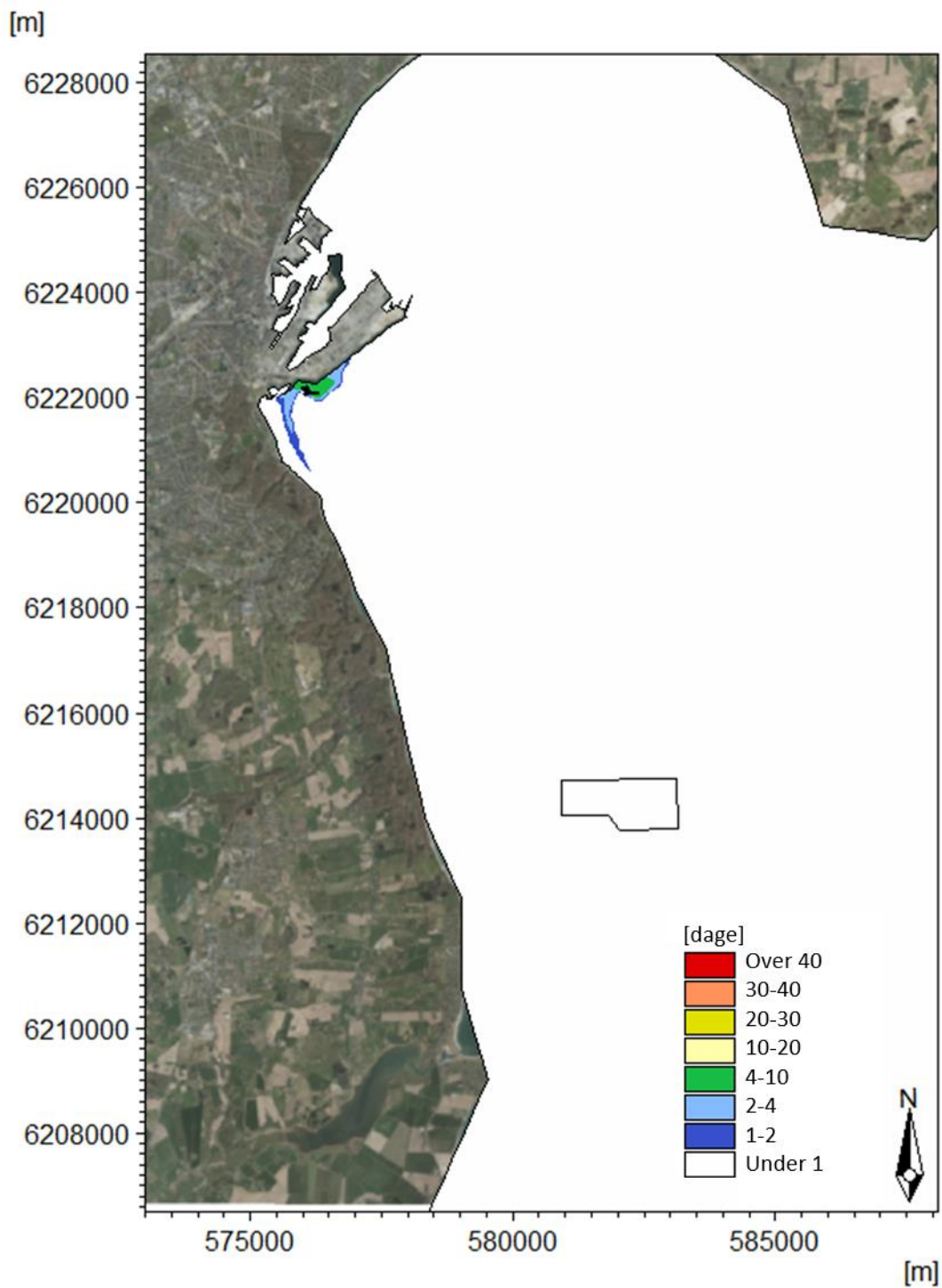
Sedimentspildet under gravning og klappning giver anledning til skyggeeffekt på bundsiddende planter. Dette er beskrevet ved at beregnet de områder hvor lysintensiteten på havbunden reduceres under bestemte lysintensiteter, der repræsenterer minimumskrav for bestemte plantetyper. Resultatet er udbredelseskort, der viser områder og varigheden, hvor lysintensiteten på havbunden på grund af projektet kommer under disse grænseværdier. Hvor dette sker hen over varigheder, der er længere end planternes tolerance, vil der kunne forventes en negativ effekt. Under tolkningen af disse kort skal der tages i betragtning af en høj SSC-koncentration på store vanddybder, hvor der er mørkt i forvejen, ikke vil have nogen effekt på planterne, da der forefindes for lidt lys i forvejen.

Ligeledes vil en høj SSC-koncentration på meget lave vanddybder have en ringe effekt, fordi der alligevel kommer lys nok.

I det følgende er områder og overskridelsesvarigheder modelleret for lysintensiteter ved havbunden på hhv. <5% og <20% lys på grund af projektet.



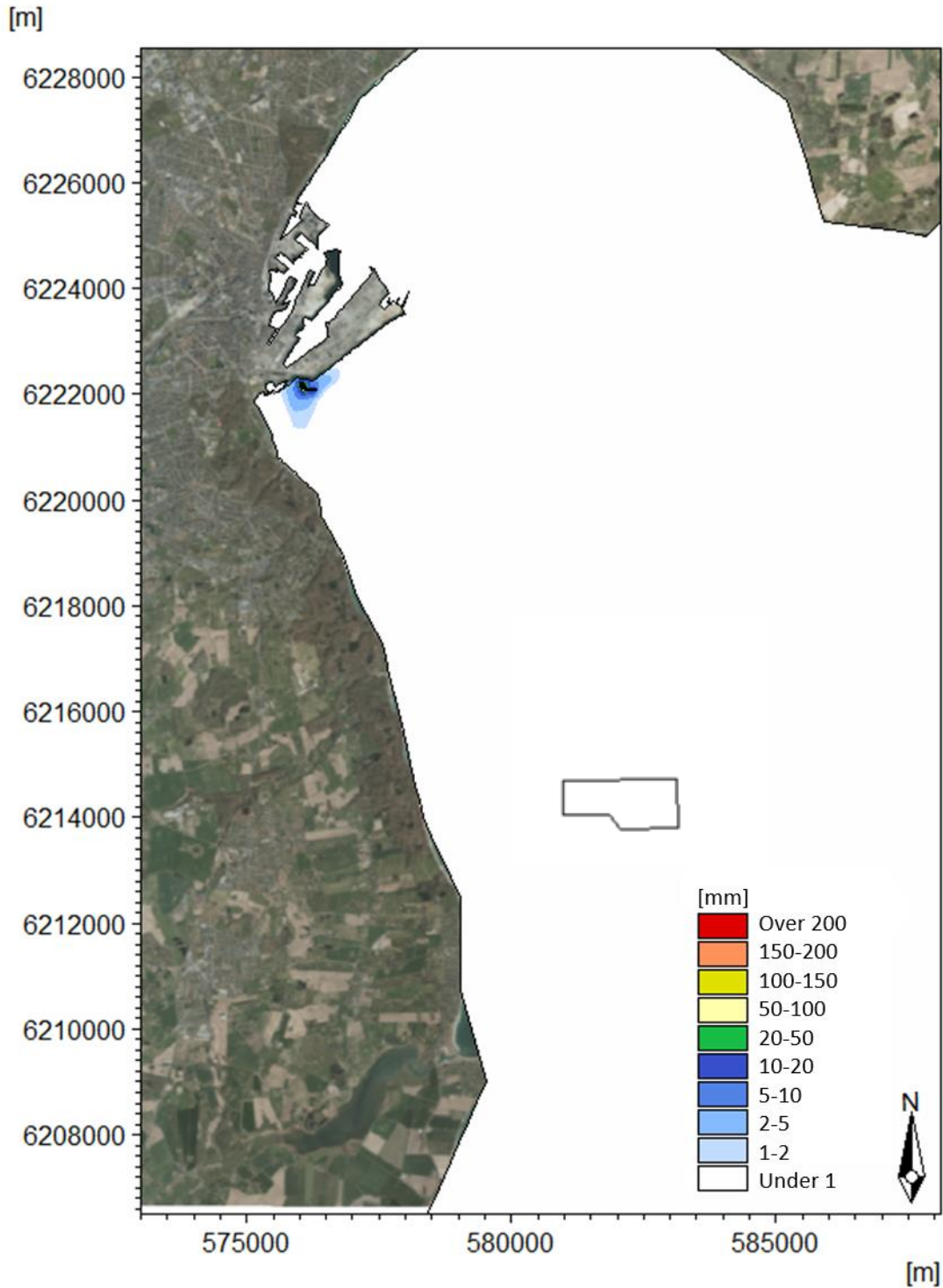
Figur 5-45 Scenarie 5: Lystbådehavn, Alt.2. Områder og varigheder hvor lysindfaldet på havbunden på grund af projektets sedimentspild reduceres til mindre end 5% af lysindfaldet på overfladen



Figur 5-46 Scenarie 5: Lystbådehavn, Alt.2. Områder og varigheder hvor lysindfaldet på havbunden på grund af projektets sedimentspild reduceres til mindre end 20% af lysindfaldet på overfladen

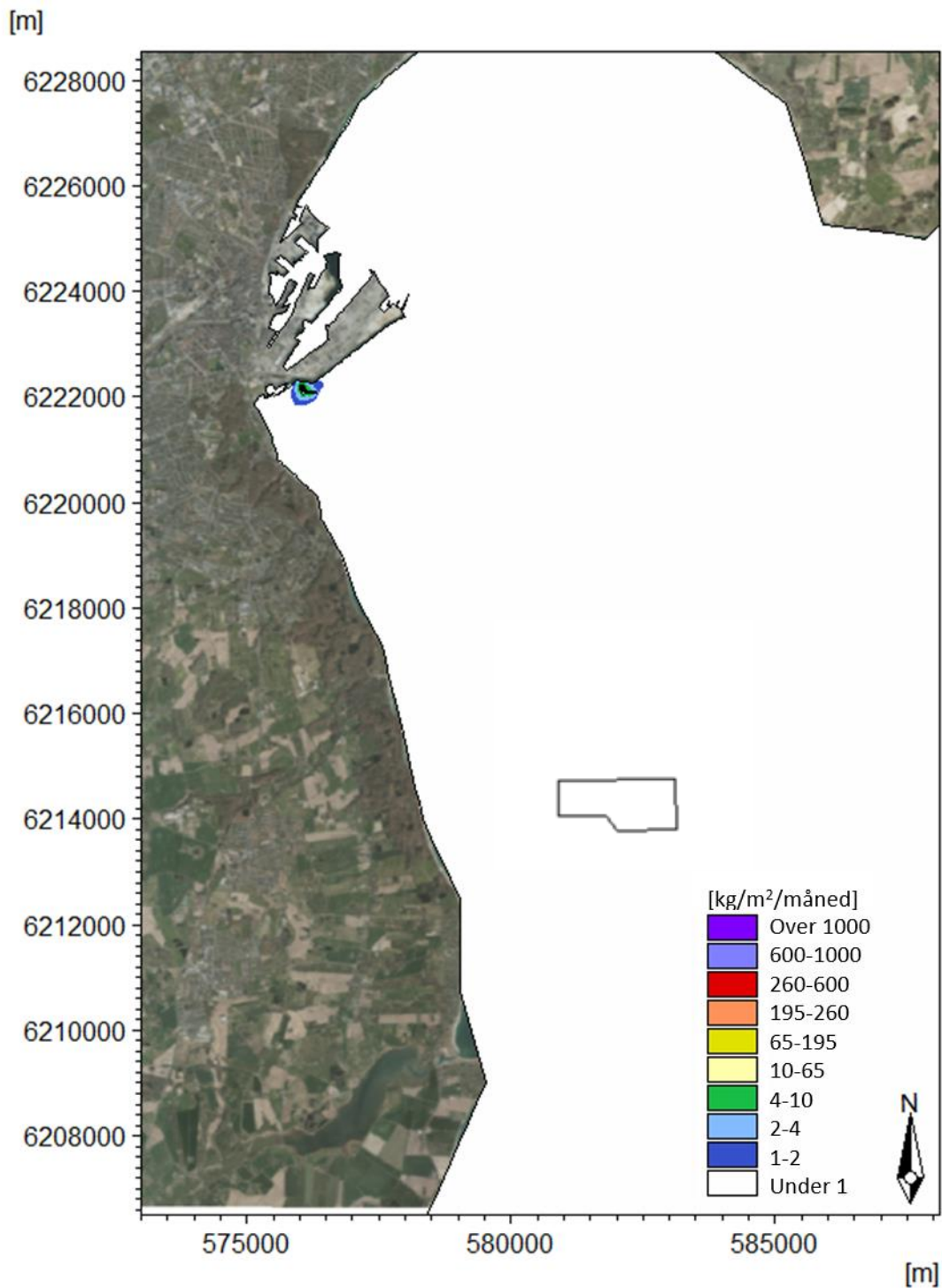
5.5.3 Deposition

Netto deposition på havbunden af sedimentspild efter afslutning af dette scenarier aktiviteter er vist i Figur 5-47.



Figur 5-47 *Scenario 5: Lystbådehavn, Alt.2. Netto deposition efter afsluttet grave- og klavningsaktivitet. De sorte linjer indikerer grave- hhv. klavningsområder.*

Sedimentationsraten af spildt materiale under grave- og klappingsaktiviteten er vist i Figur 5-48.



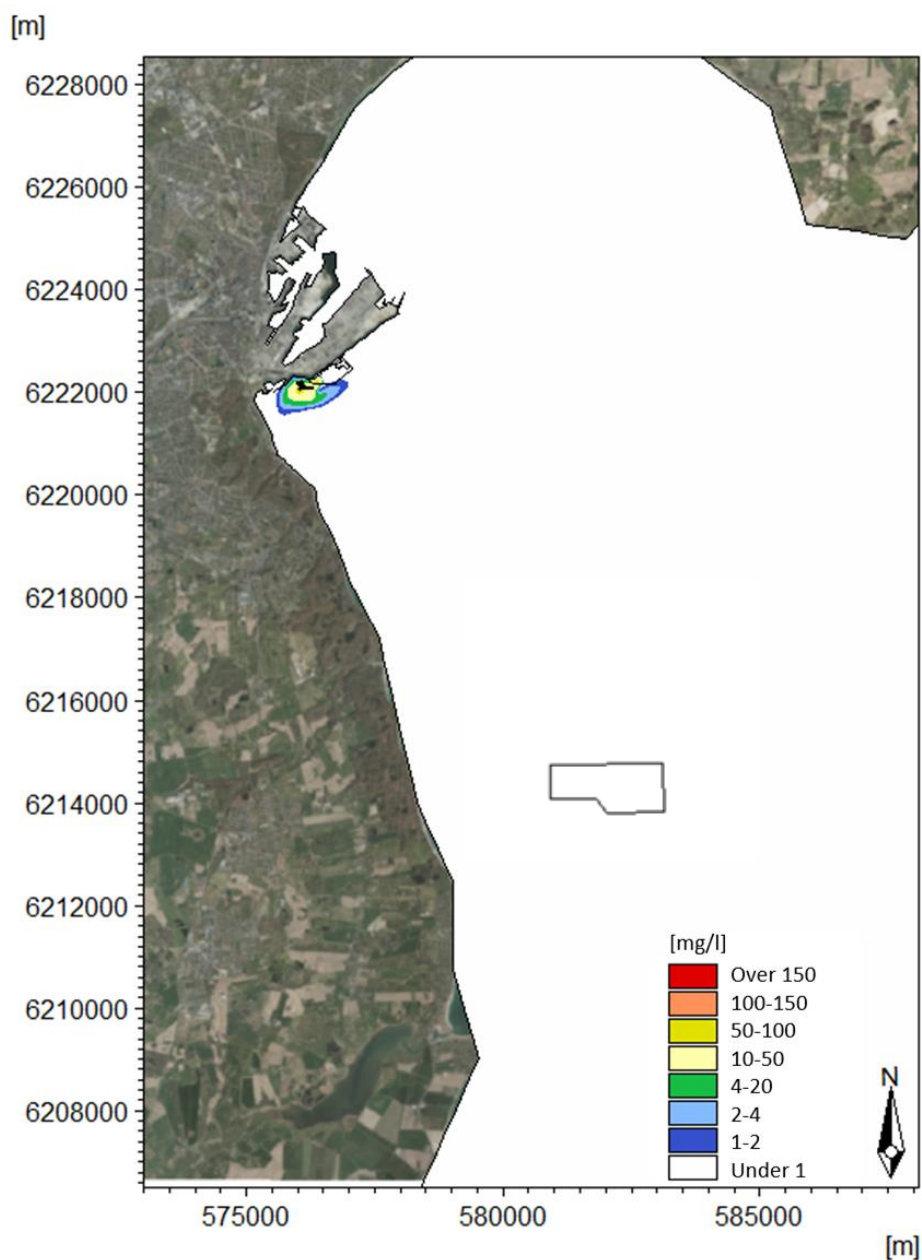
Figur 5-48 Scenarie 5: Lystbådehavn, Alt.2. Sedimentationsrater under gravning og klapping. De sorte linjer indikerer grave- hhv. klappingsområder.

5.6 Scenarie 6: Lystbådehavn og ReWater alt.2

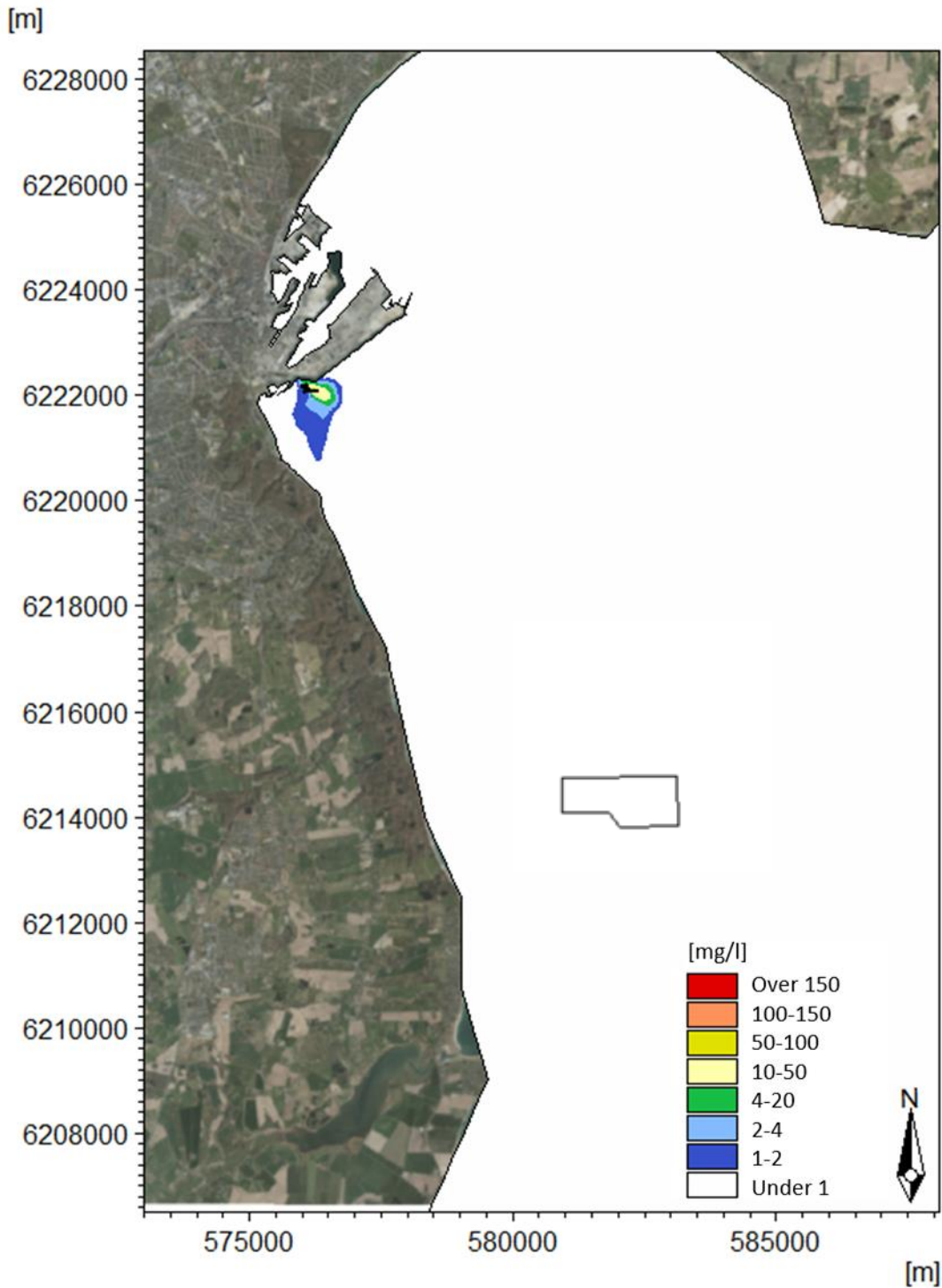
Modelresultater er leveret fra Niras. Modelleringen omfatter ikke klapping på Fløjstrup Skov, da materiale fra ReWater vil blive klappet på separat klapplads ansøgt af Aarhus Vand A/S i forbindelse med ReWater projektet.

5.6.1 Suspenderet stof koncentration

Udvalgte øjeblikbilleder af koncentration af suspenderet stof under forskellige strømsituationer er illustreret i nedenstående Figur 5-49 og Figur 5-50.



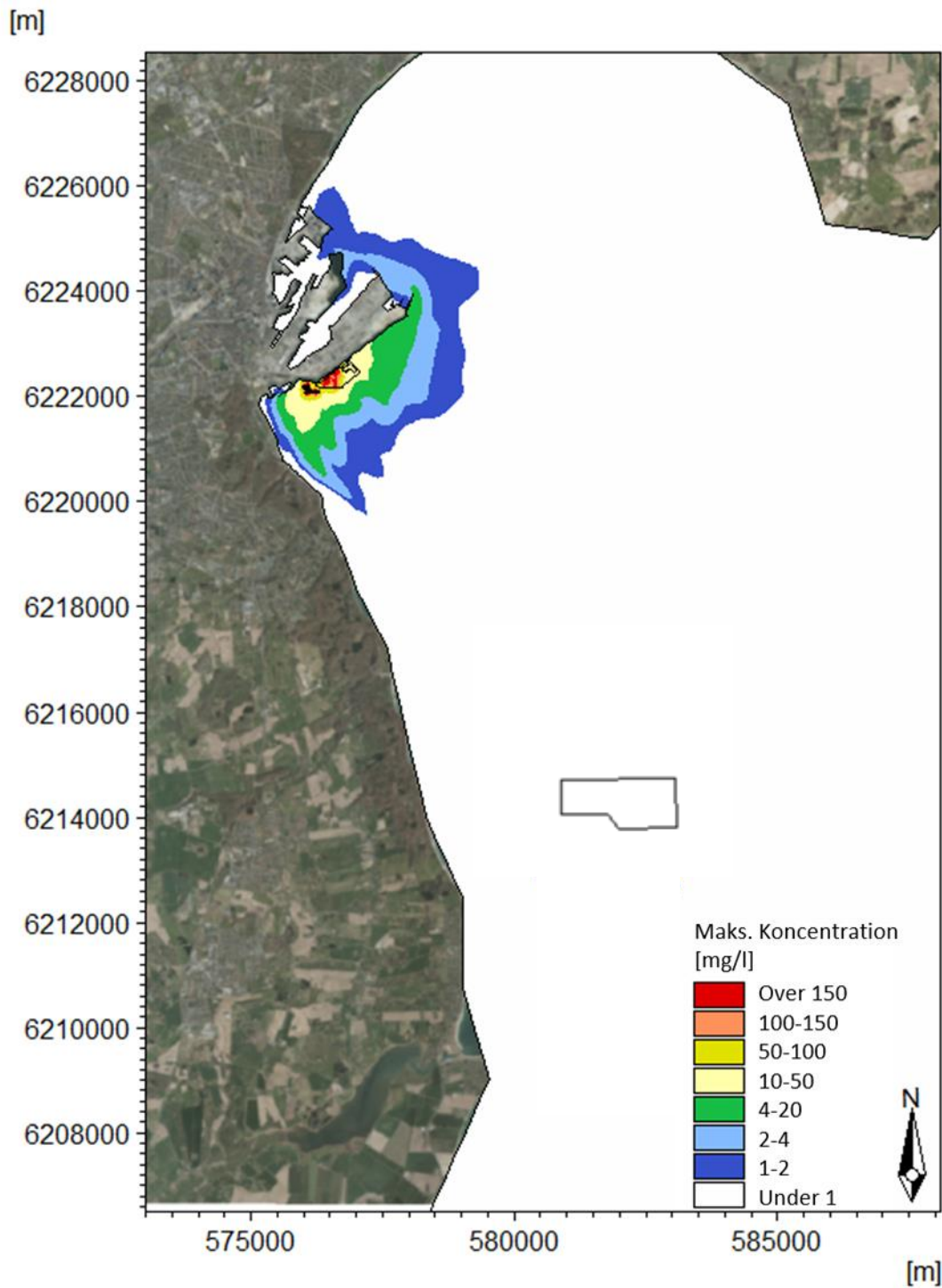
Figur 5-49 Scenarie 6: Lystbådehavn og ReWater alt.2. Øjebliksbillede af faneudbredelsen (middelværdi over dybden) ved gravearbejde ved nordgående strøm, 7. marts 2004 00:00. De sorte linjer indikerer grave- hhv. klapningsområderne.



Figur 5-50 Scenarie 6: Lystbådehavn og ReWater alt.2. Øjebliksbillede af faneudbredelsen (middelværdi over dybden) ved gravearbejde ved sydgående strøm, 5. marts 2004 07:30. De sorte linjer indikerer grave- hhv. klapningsområderne.

De maksimale koncentrationer, modelleret i hele perioden på 4½ måneder, hvoraf der foregår samtidige aktiviteter for lystbådehavn alt.2 i 7 dage, er vist for i Scenarie 6 i nedenstående Figur 5-51. Det bemærkes, at Figur 5-51 viser den maksimale koncentration under hele modelleringsperioden i hvert punkt. Af

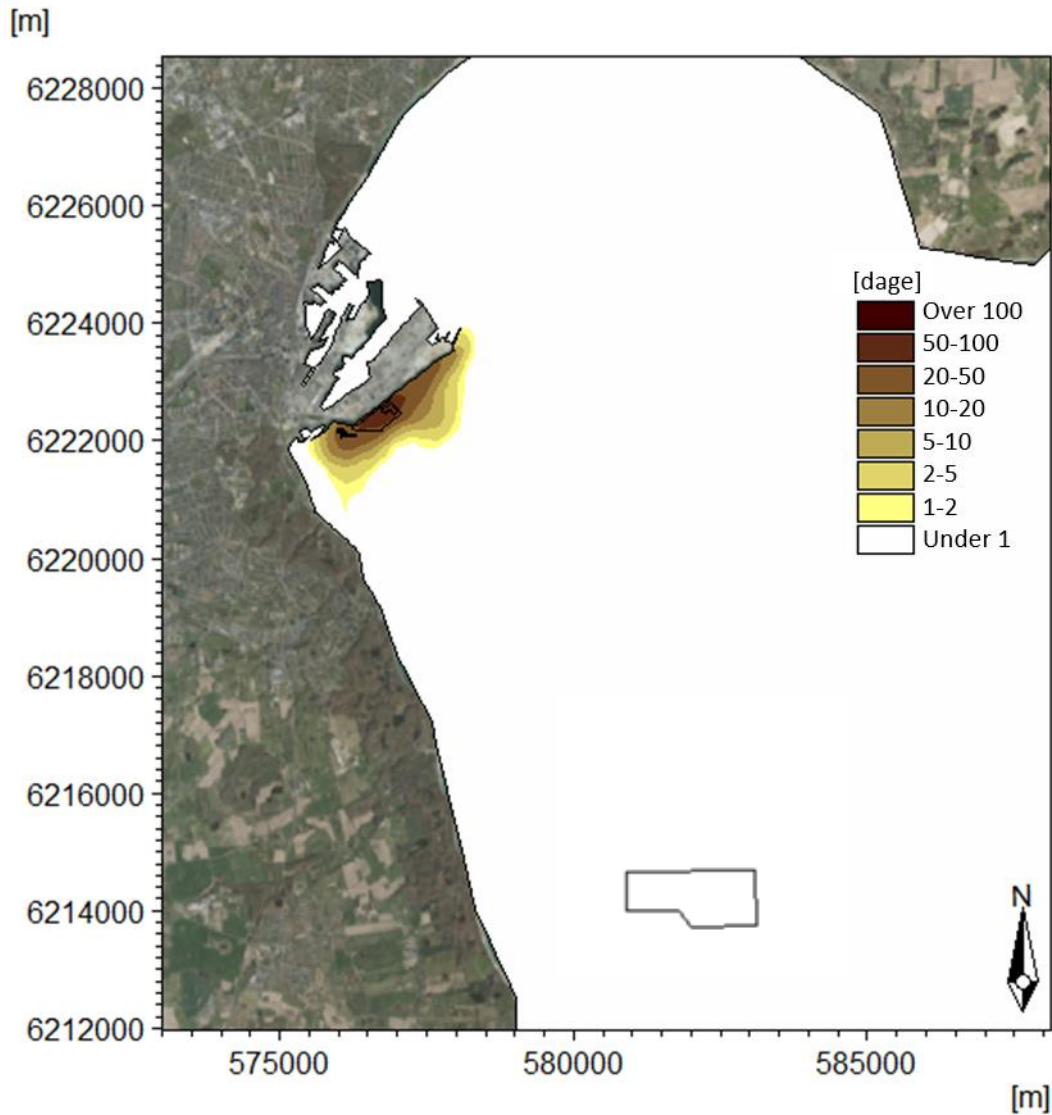
dynamisk grunde vil det dermed være givet at de maksimale værdier aldrig vil kunne forekomme samtidig.



Figur 5-51 Scenarie 6: Lystbådehavn og ReWater alt.2. Maksimal koncentration af suspenderet stof.

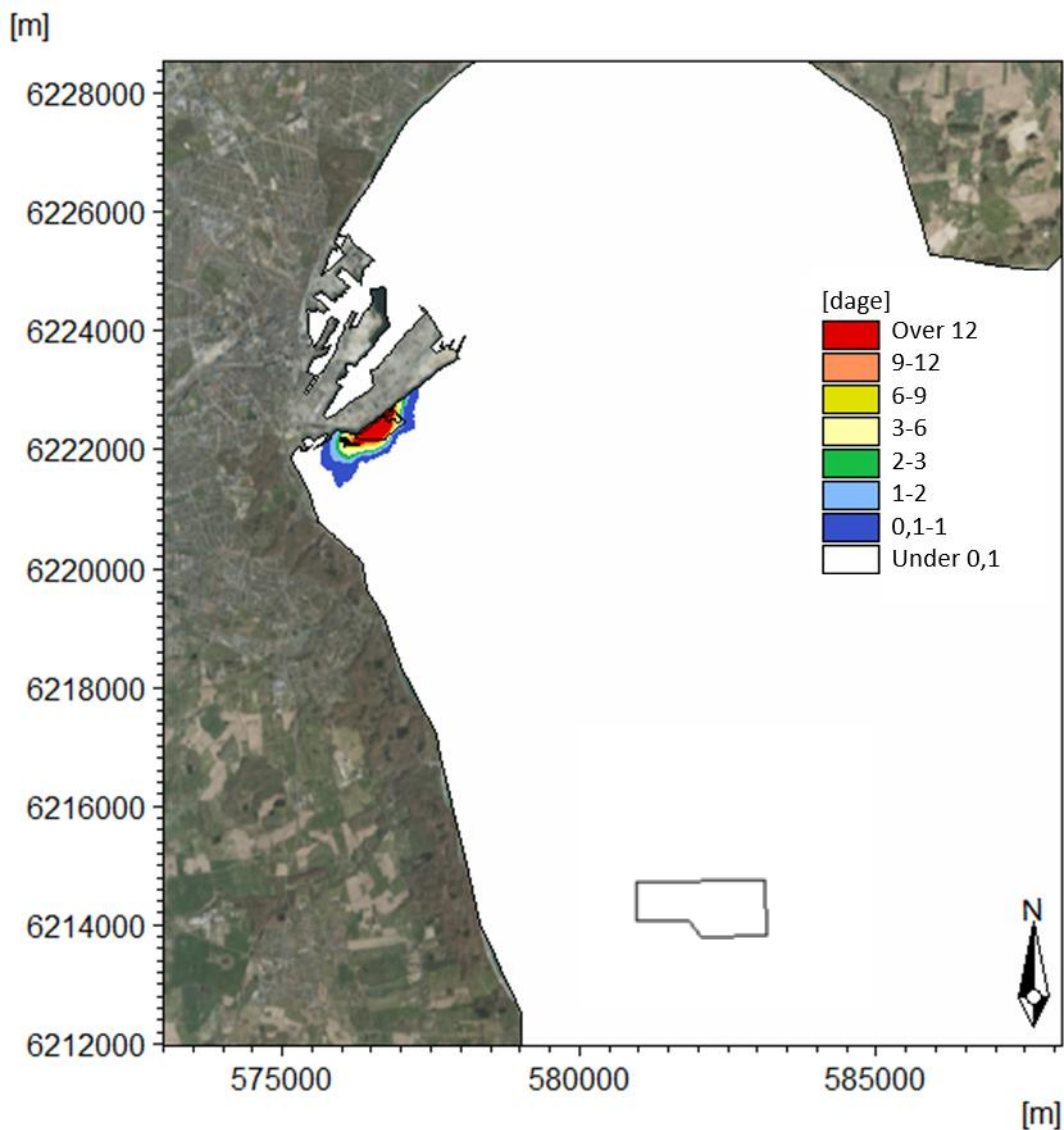
Overskridelsesvarigheden af 2 mg/l koncentrationen af suspenderet stof i middel over vanddybden er vist i nedenstående Figur 5-52.

Figuren har en anderledes farvet signaturforklaring idet denne figur, som beskriver overskridelse af 2 mg/l grænsen, beskriver forhold, hvor en sedimentfane er synlig for det menneskelige øje (hvis sedimentet er kalk). Kriteriet er dermed til den sikre side for kvaliteten af badevandet.



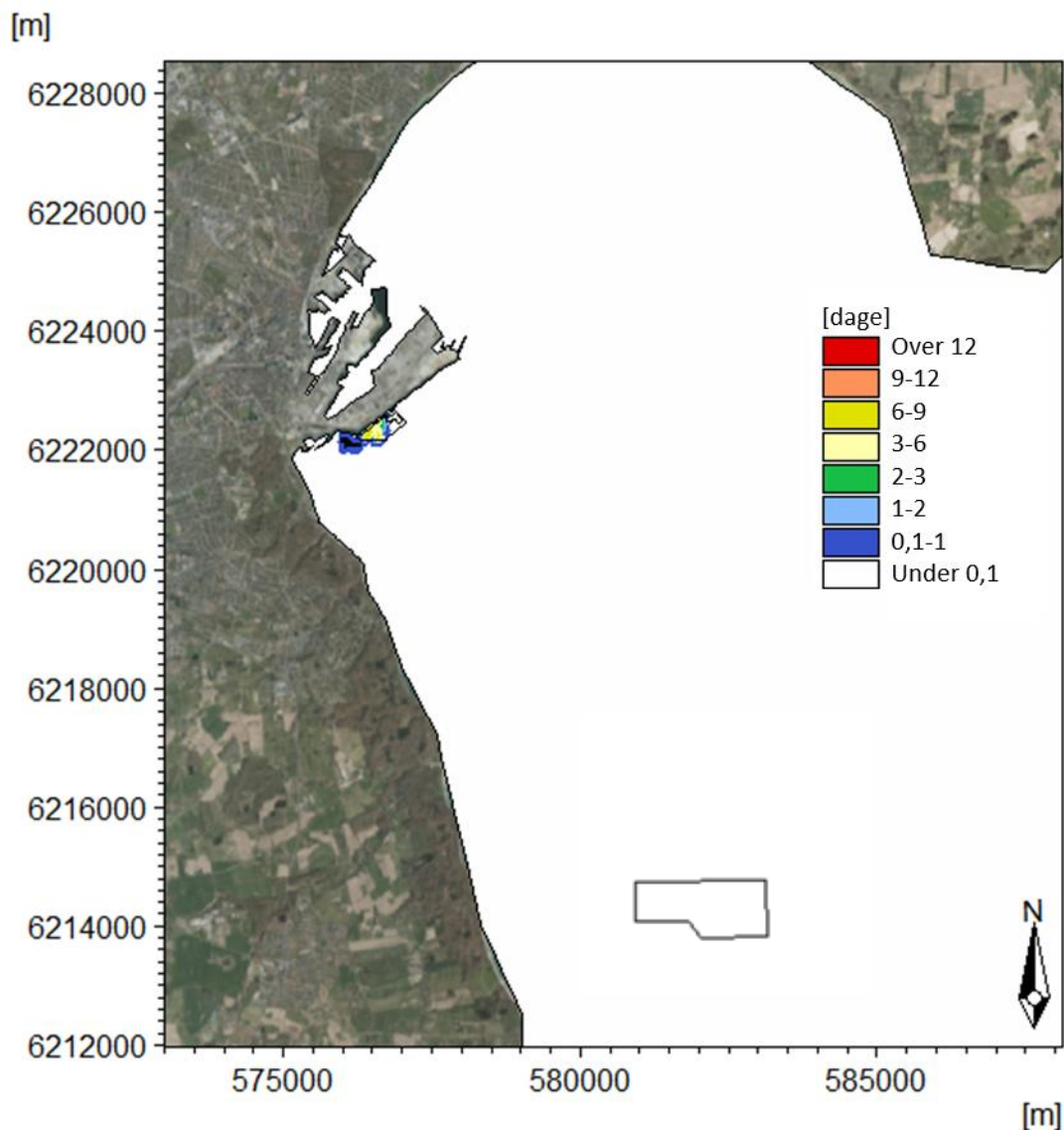
Figur 5-52 Scenarie 6: Lystbådehavn og ReWater alt.2. Overskridelsestid af 2 mg/l koncentrationen af suspenderet stof.

Overskridelsesvarigheden af 10 mg/l koncentrationen af suspenderet stof i mid-del over vanddybden er vist i nedenstående Figur 5-53.



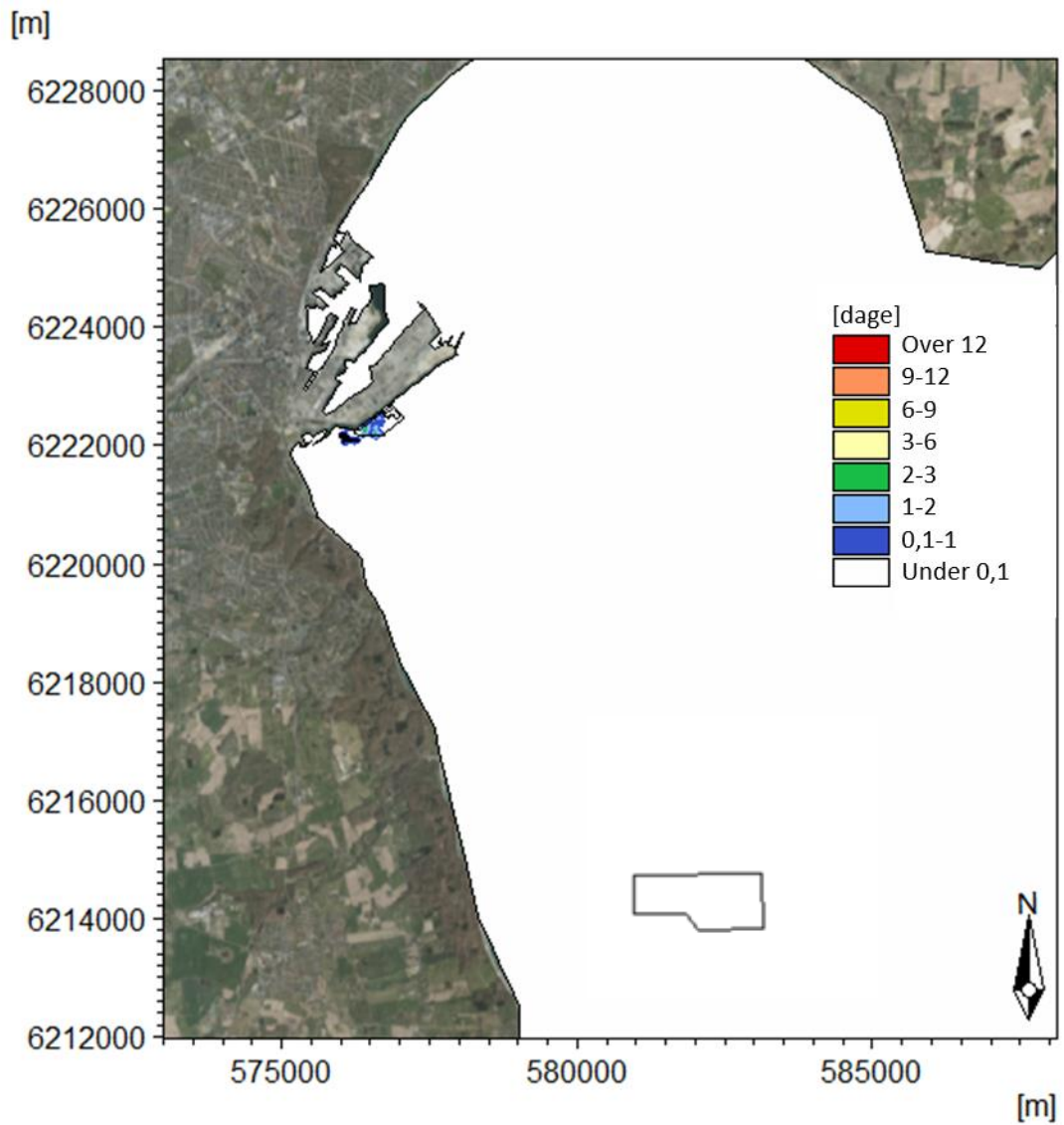
Figur 5-53 Scenarie 6: Lystbådehavn og ReWater alt.2. Overskridelsestid af 10 mg/l koncentrationen af suspenderet stof.

Overskridelsesvarigheden af 50 mg/l koncentrationen af suspenderet stof i mid-
del over vanddybden er vist i nedenstående Figur 5-54.



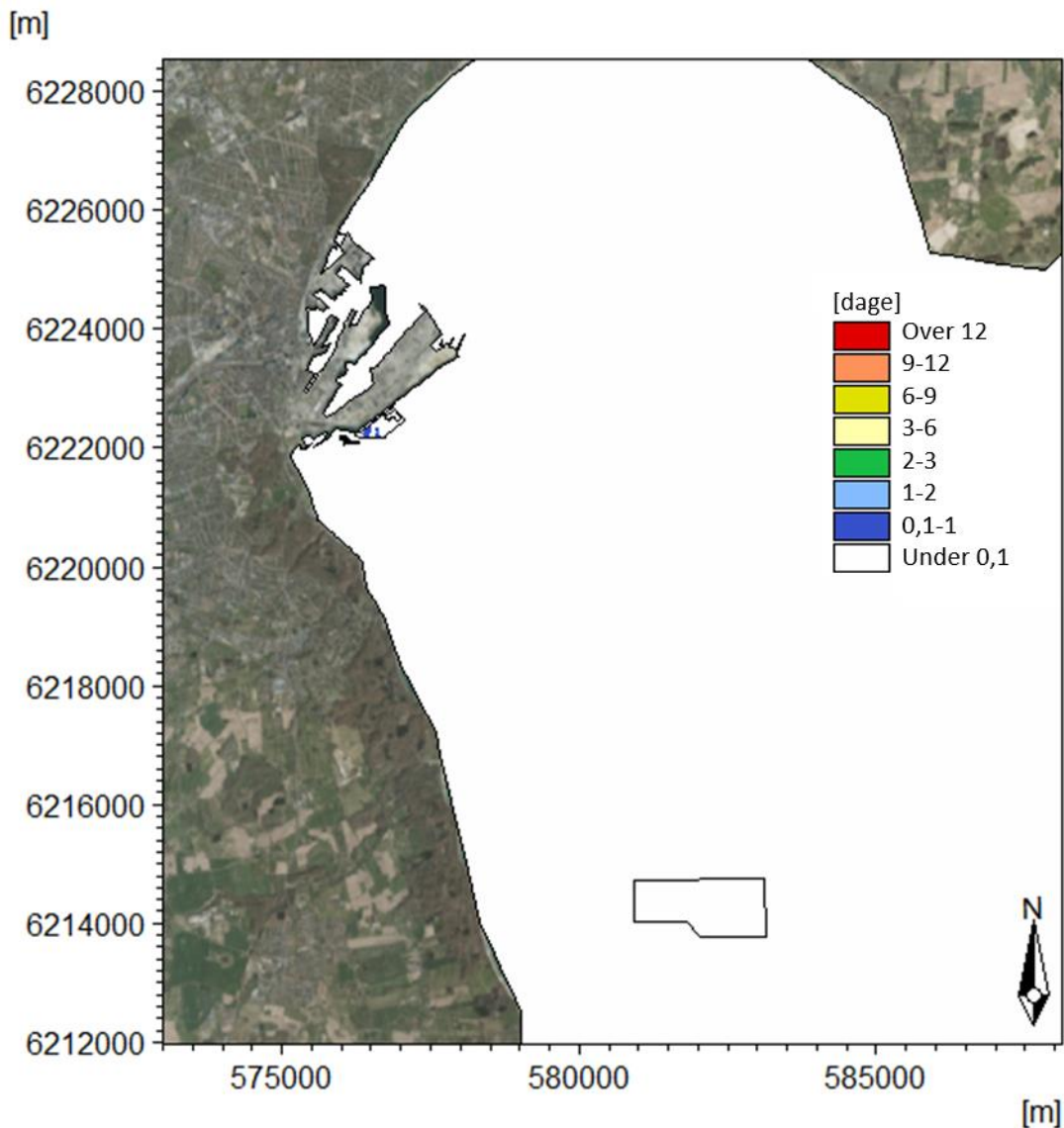
Figur 5-54 Scenarie 6: Lystbådehavn og ReWater alt.2. Overskridelsestid af 50 mg/l koncentrationen af suspenderet stof.

Overskridelsesvarigheden af 100 mg/l koncentrationen af suspenderet stof i middel over vanddybden er vist i nedenstående Figur 5-55.



Figur 5-55 Scenarie 6: Lystbådehavn og ReWater alt.2. Overskridelsestid af 100 mg/l koncentrationen af suspenderet stof.

Overskridelsesvarigheden af 250 mg/l koncentrationen af suspenderet stof i middel over vanddybden er vist i nedenstående Figur 5-56.



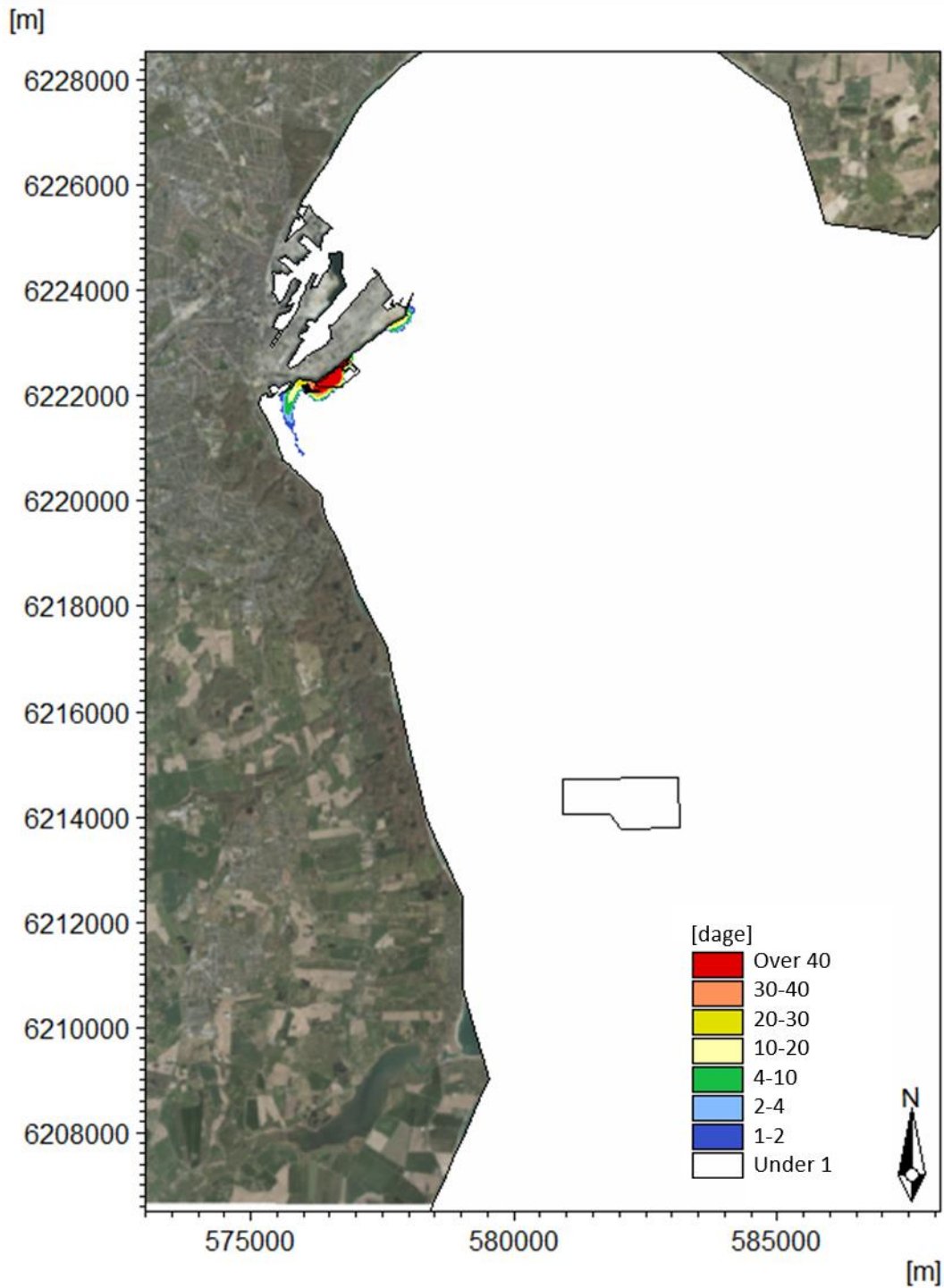
Figur 5-56 Scenarie 6: Lystbådehavn og ReWater alt.2. Overskridelsestid af 250 mg/l koncentrationen af suspenderet stof.

5.6.2 Lysforhold

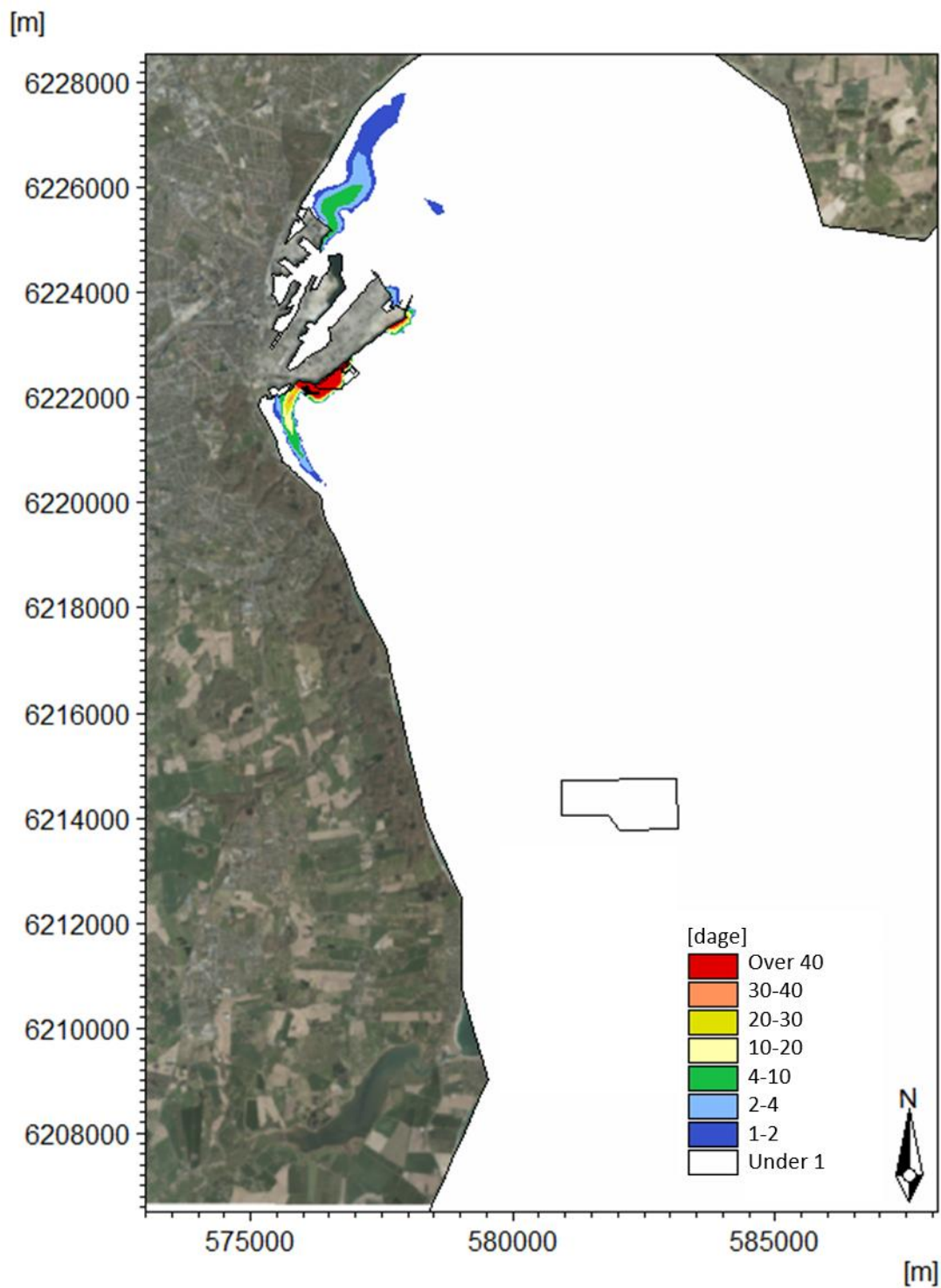
Sedimentspildet under gravning og klapning giver anledning til skyggeeffekt på bundsiddende planter. Dette er beskrevet ved at beregnet de områder hvor lysintensiteten på havbunden reduceres under bestemte lysintensiteter, der repræsenterer minimumskrav for bestemte plantetyper. Resultatet er udbredelseskort, der viser områder og varigheden, hvor lysintensiteten på havbunden på grund af projektet kommer under disse grænseværdier. Hvor dette sker hen over varigheder, der er længere end planternes tolerance, vil der kunne forventes en negativ effekt. Under tolkningen af disse kort skal der tages i betragtning af en høj SSC-koncentration på store vanddybder, hvor der er mørkt i forvejen, ikke vil have nogen effekt på planterne, da der forefindes for lidt lys i forvejen.

Ligeledes vil en høj SSC-koncentration på meget lave vanddybder have en ringe effekt, fordi der alligevel kommer lys nok.

I det følgende er områder og overskridelsesvarigheder modelleret for lysintensiteter ved havbunden på hhv. <5% og <20% lys på grund af projektet.



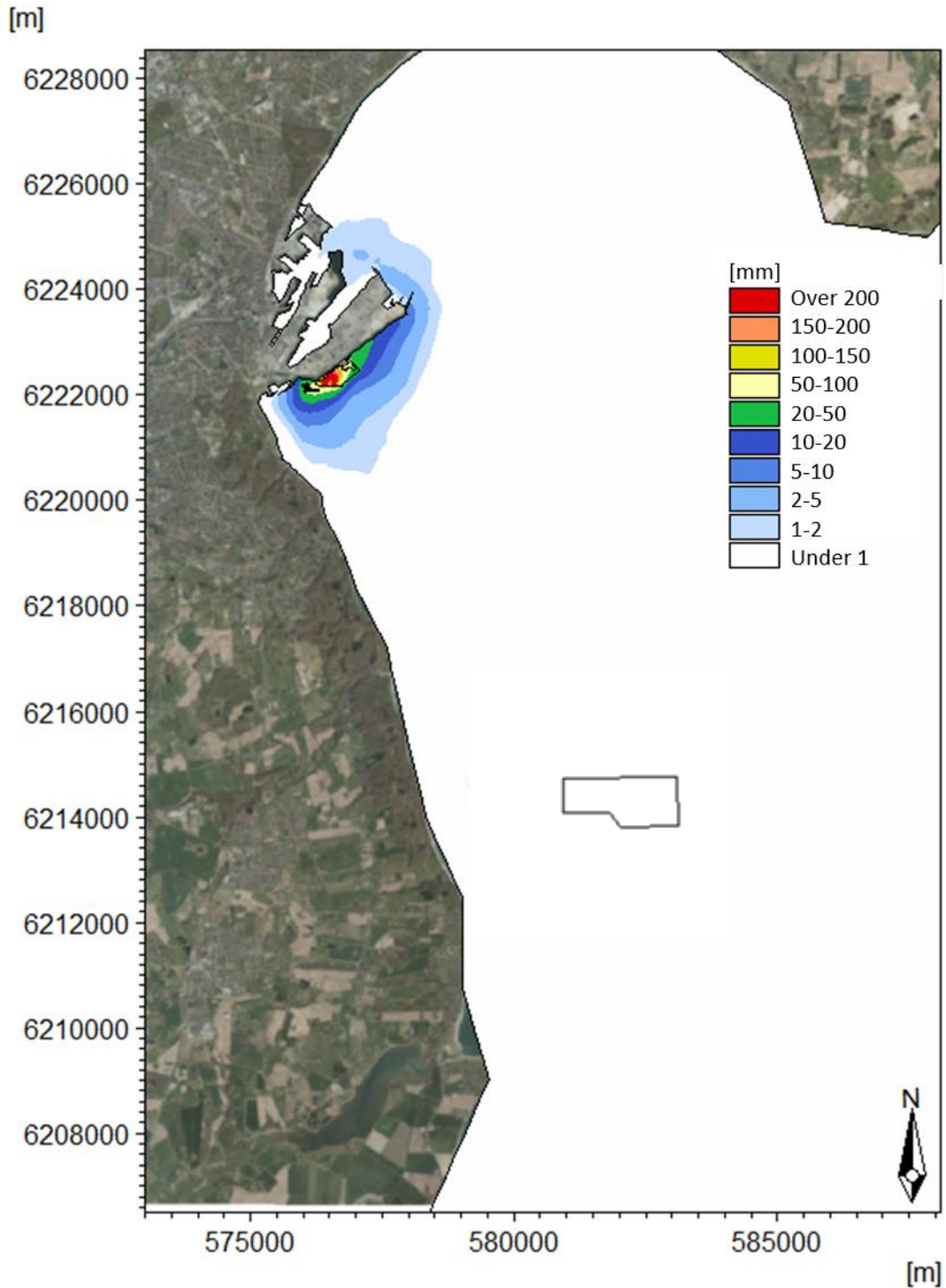
Figur 5-57 Scenarie 6: Lystbådehavn og ReWater alt.2. Områder og varigheder hvor lysindfaldet på havbunden på grund af projektets sedimentspild reduceres til mindre end 5% af lysindfaldet på overfladen



Figur 5-58 Scenarie 6: Lystbådehavn og ReWater alt.2. Områder og varigheder hvor lysindfaldet på havbunden på grund af projektets sedimentspild reduceres til mindre end 20% af lysindfaldet på overfladen

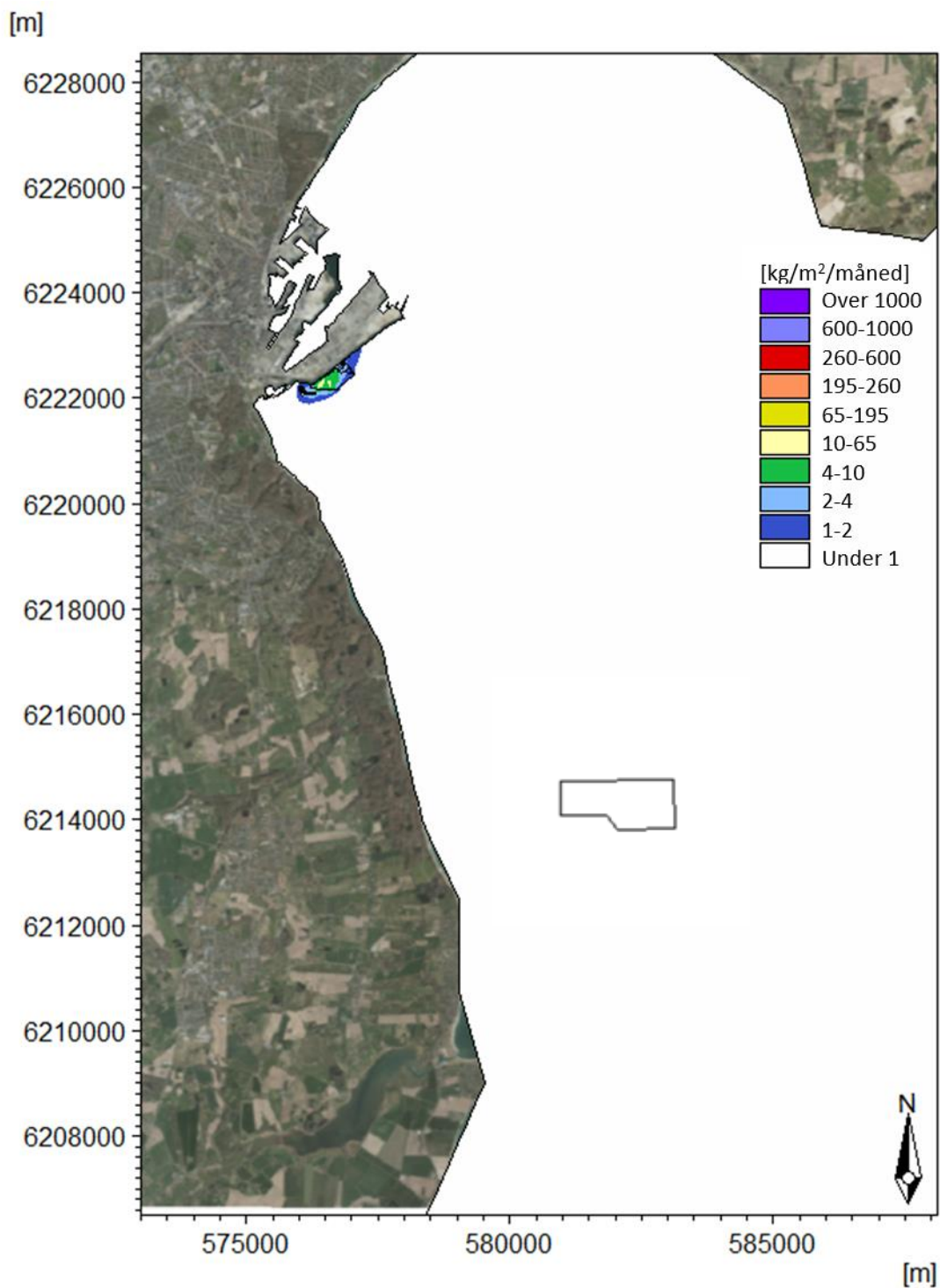
5.6.3 Deposition

Netto deposition på havbunden af sedimentspild efter afslutning af dette scenarier aktiviteter er vist i Figur 5-59.



Figur 5-59 Scenarie 6: Lystbådehavn og ReWater alt.2. Netto deposition efter afsluttet grave- og klapningsaktivitet. De sorte linjer indikerer grave- hhv. klapningsområder.

Sedimentationsraten af spildt materiale under grave- og klappingsaktiviteten er vist i Figur 5-60.



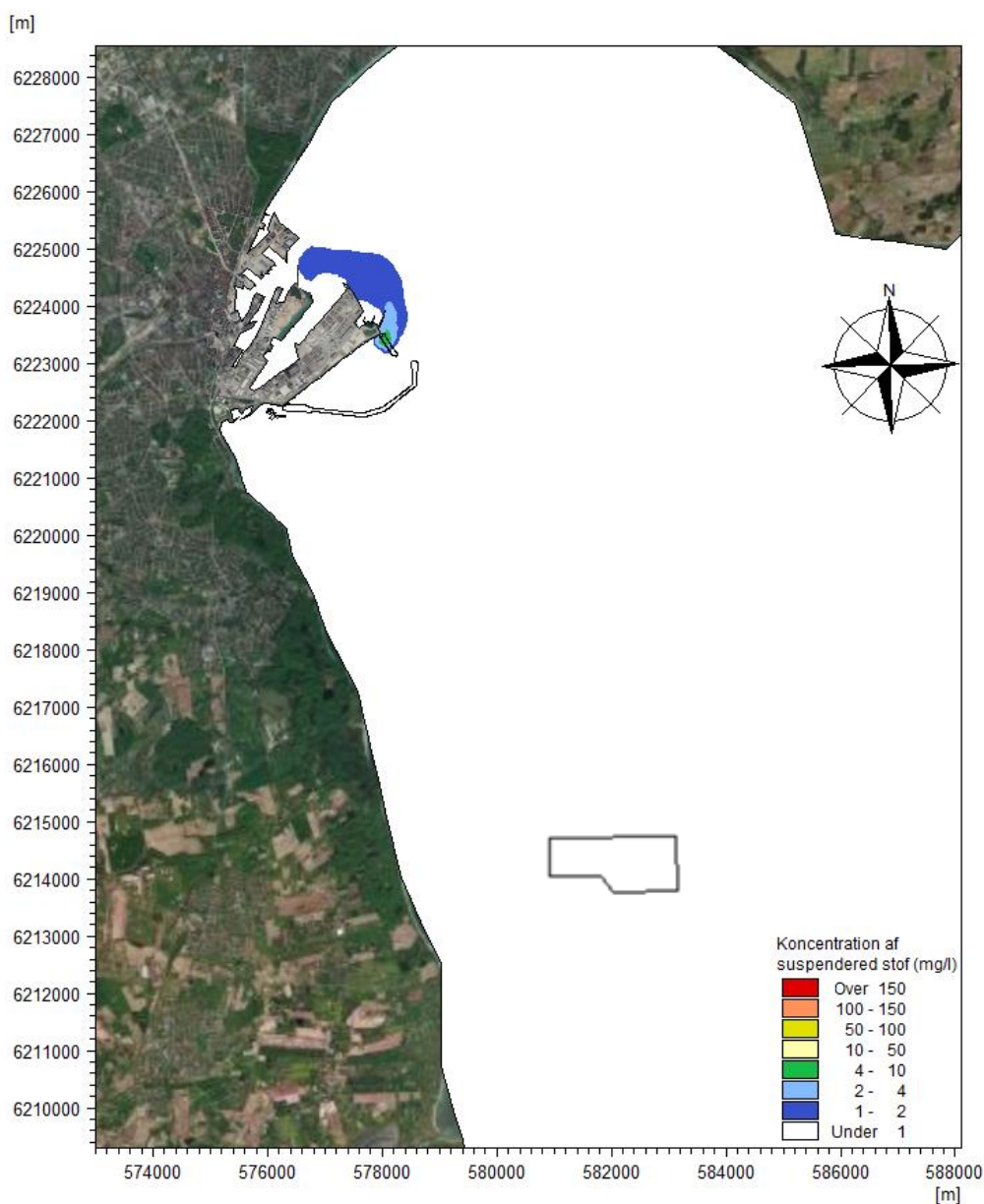
Figur 5-60 Scenarie 6: Lystbådehavn og ReWater alt.2. Sedimentationsrater under gravning og klapping. De sorte linjer indikerer grave- hhv. klappingsområder.

5.7 Scenarie 7: Bundudskiftning moler + Lystbådehavn alt.2

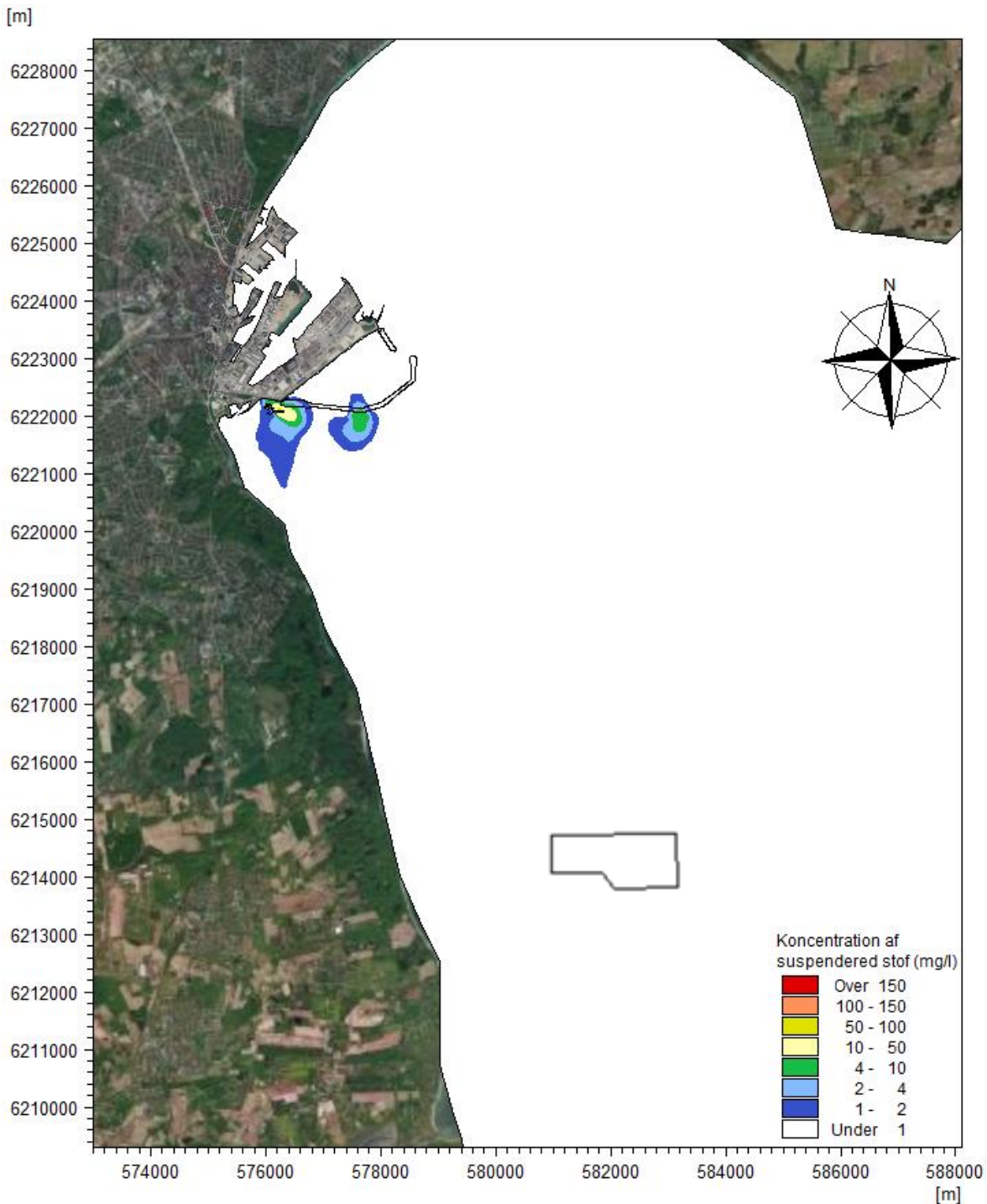
Modelleringen omfatter ikke klapping fra på Fløjstrup Skov, *da materiale fra Lystbådehavnen vil blive klappet på separat klappads ansøgt af Aarhus Vand A/S i forbindelse med ReWater projektet.* Klapping vil således alene omfatte bundudskiftning under moler, se resultater i kapitel 5.4.

5.7.1 Suspenderet stof koncentration

Udvalgte øjeblikbilleder af koncentration af suspenderet stof under forskellige strømsituationer er illustreret i nedenstående Figur 5-61 og Figur 5-62.

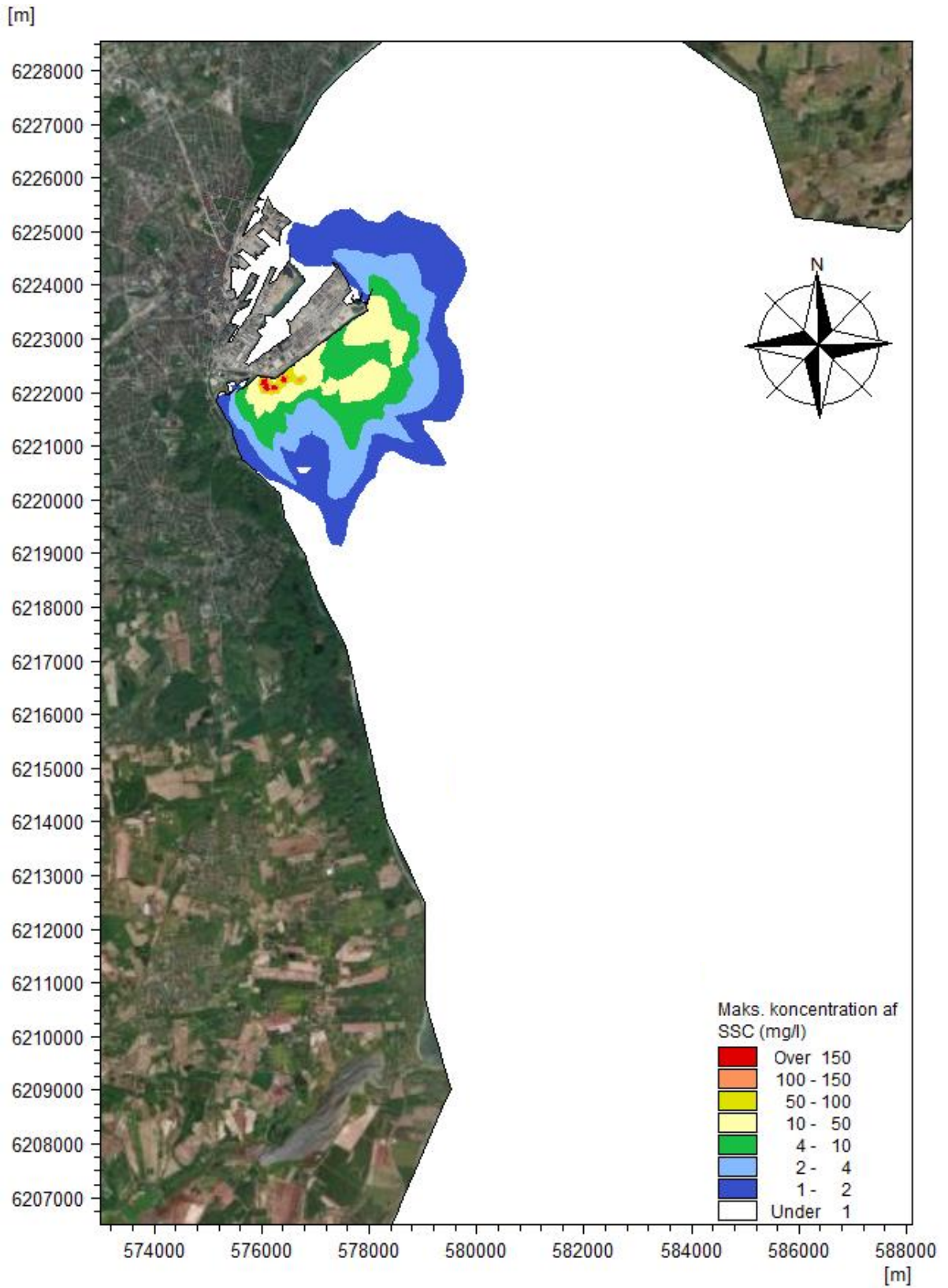


Figur 5-61 Scenarie 7: Bundudskiftning moler + Lystbådehavn alt.2. Øjeblikbillede af faneudbredelsen (middelværdi over dybden) ved gravearbejde ved nordgående strøm, 14. januar 2004 kl. 04. De sorte linjer indikerer grave- hhv. klappingsområderne.



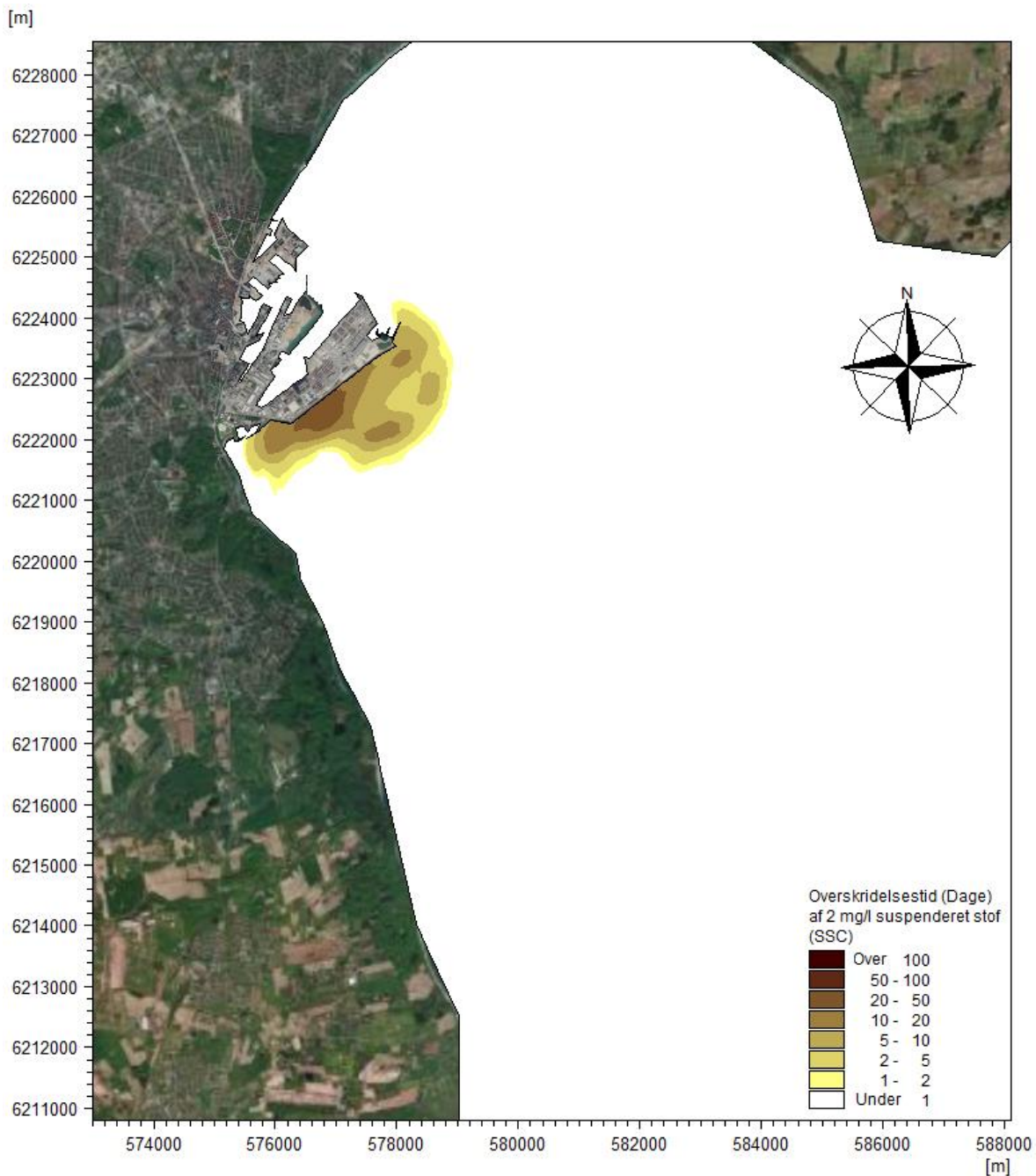
Figur 5-62 Scenarie 7: Bundudskiftning moler + Lystbådehavn alt.2. Øjebliksbillede af faneudbredelsen (middelværdi over dybden) ved gravearbejde ved sydgående strøm, 7. marts 2004 kl. 00. De sorte linjer indikerer grave- hhv. klapningsområderne.

De maksimale koncentrationer, modelleret i hele perioden på ca. 4 måneder, hvoraf aktiviteten for lystbådehavn alt.2 tager 7 dage i Scenarie 7, er vist i nedenstående Figur 5-63. Det bemærkes, at Figur 5-63 viser den maksimale koncentration under hele modelleringsperioden i hvert punkt. Af dynamisk grunde vil det dermed være givet at de maksimale værdier aldrig vil kunne forekomme samtidig.



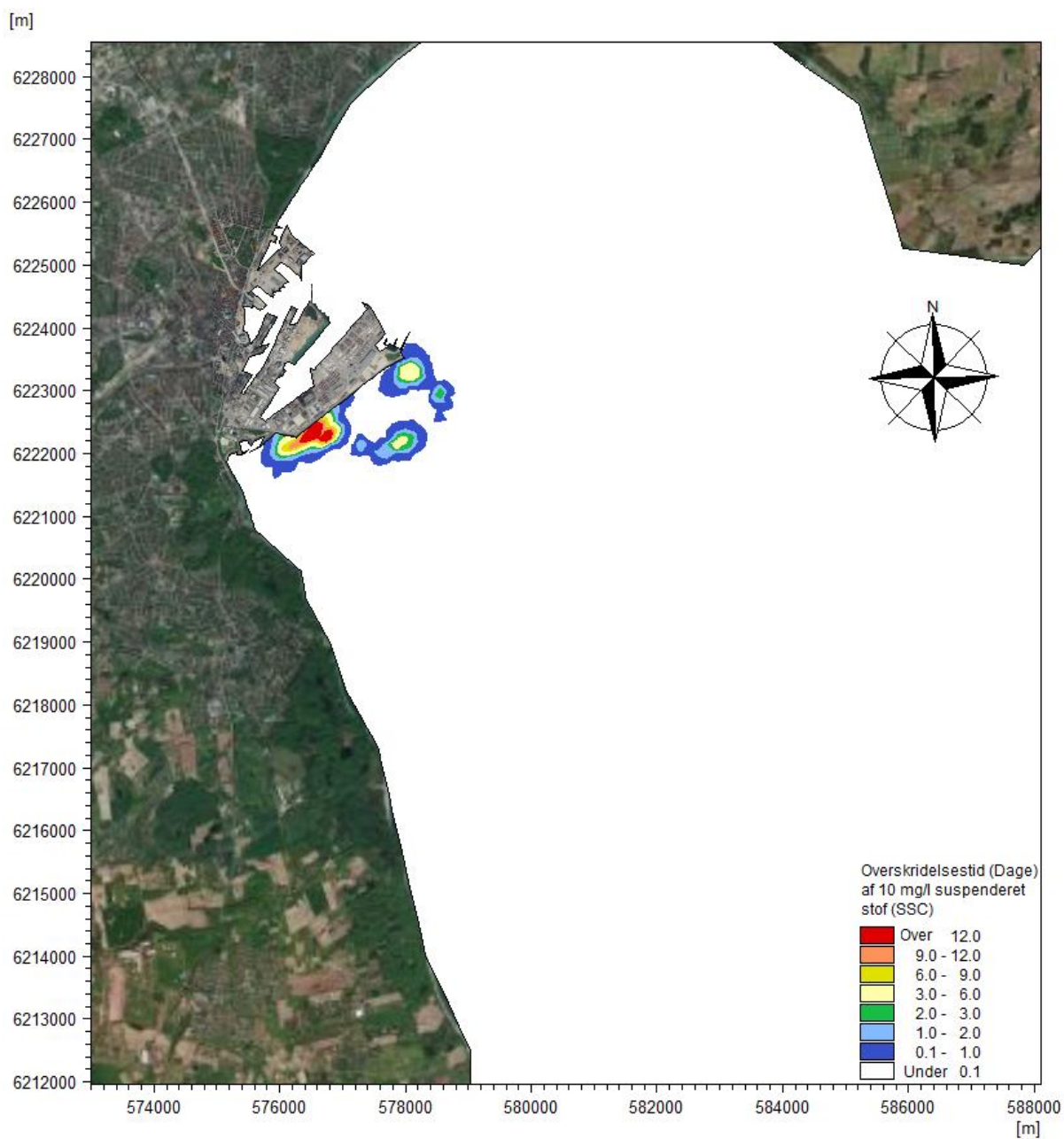
Figur 5-63 Scenarie 7: Bundudskiftning moler + Lystbådehavn alt.2. Maksimal koncentration af suspenderet stof.

Overskridelsesvarigheden af 2 mg/l koncentrationen af suspenderet stof i middel over vanddybden er vist i nedenstående Figur 5-64. Figuren har en anderledes farvet signaturforklaring idet denne figur, som beskriver overskridelse af 2 mg/l grænsen, beskriver forhold, hvor en sedimentfane er synlig for det menneskelige øje (hvis sedimentet er kalk). Kriteriet er dermed til den sikre side for kvaliteten af badevandet.



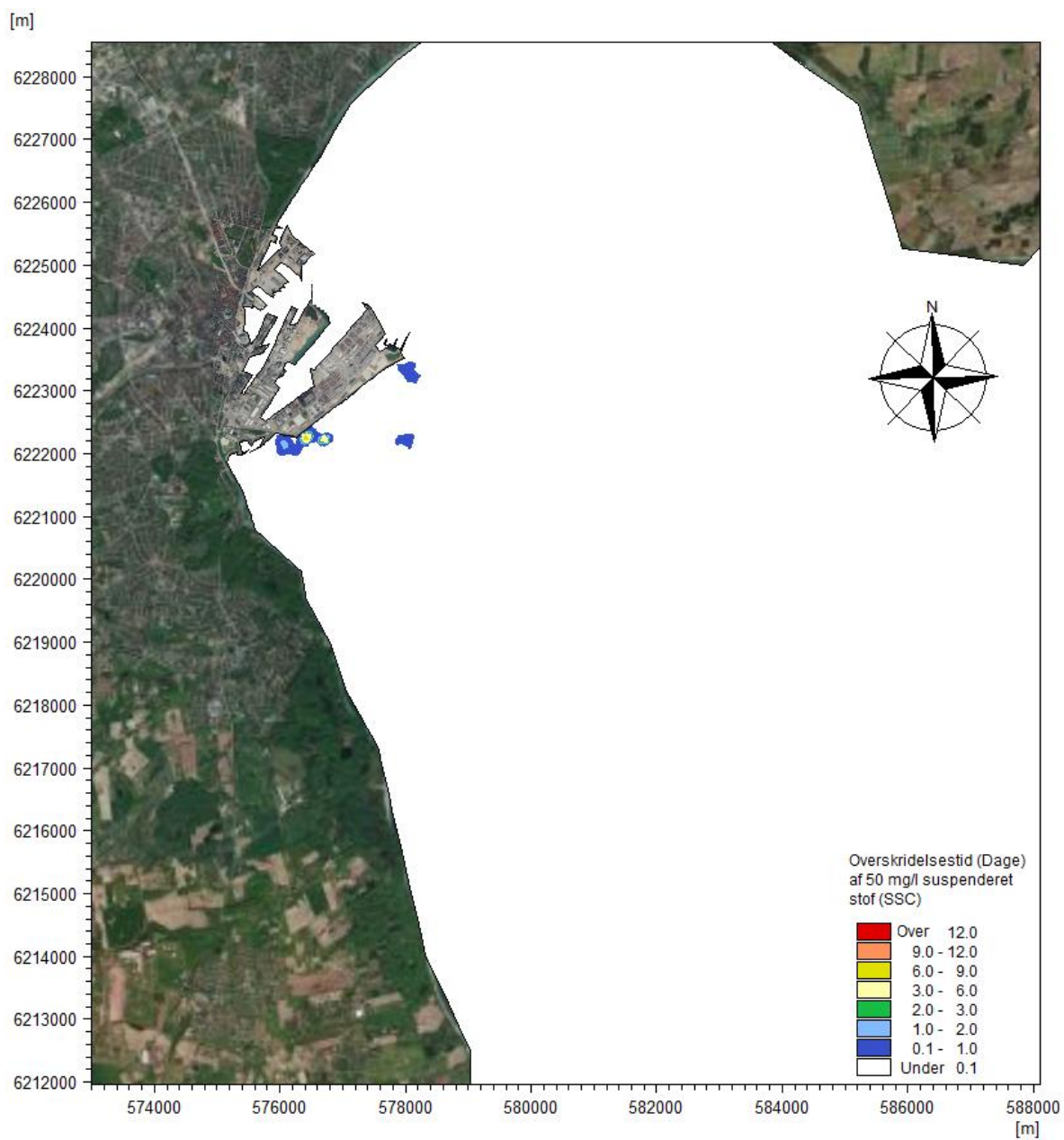
Figur 5-64 Scenarie 7: Bundudskiftning moler + Lystbådehavn alt.2. Overskridelsestid af 2 mg/l koncentrationen af suspenderet stof.

Overskridelsesvarigheden af 10 mg/l koncentrationen af suspenderet stof i mid-del over vanddybden er vist i nedenstående Figur 5-65.



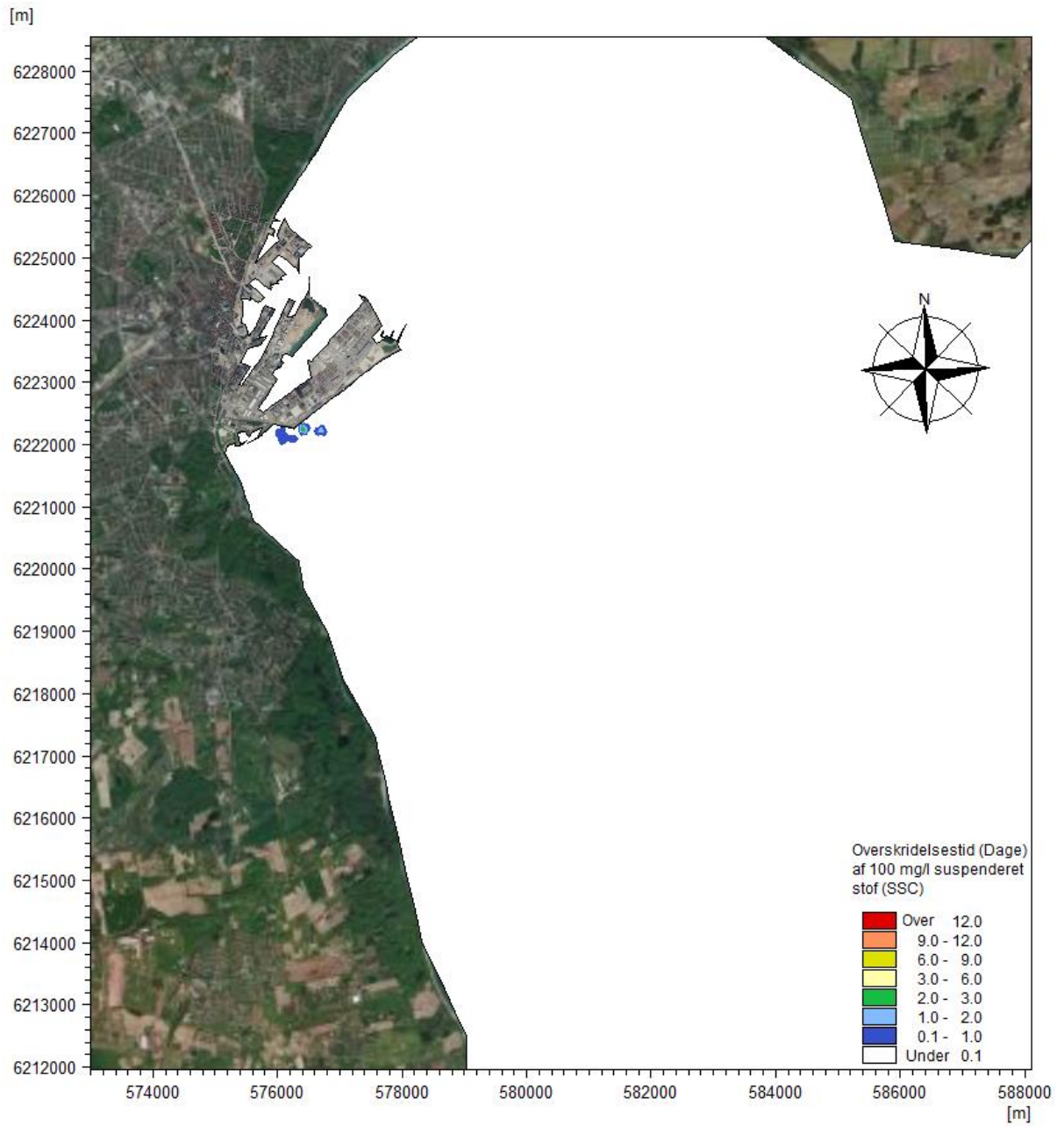
Figur 5-65 Scenarie 7: Bundudskiftning moler + Lystbådehavn alt.2. Overskridelsestid af 10 mg/l koncentrationen af suspenderet stof.

Overskridelsesvarigheden af 50 mg/l koncentrationen af suspenderet stof i mid-
del over vanddybden er vist i nedenstående Figur 5-66.



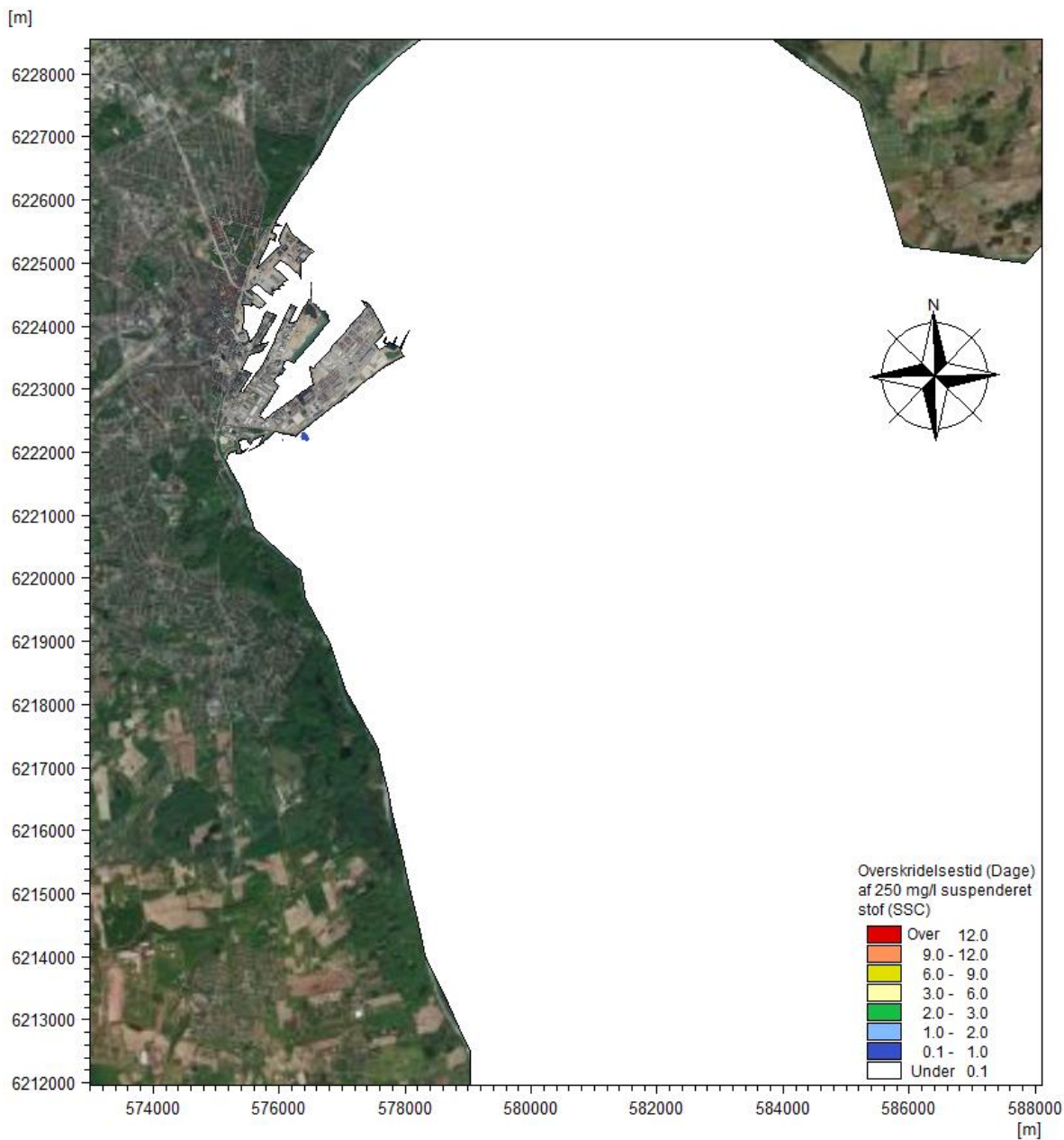
Figur 5-66 Scenarie 7: Bundudskiftning moler + Lystbådehavn alt.2. Overskridelsestid af 50 mg/l koncentrationen af suspenderet stof.

Overskridelsesvarigheden af 100 mg/l koncentrationen af suspenderet stof i middel over vanddybden er vist i nedenstående Figur 5-67.



Figur 5-67 Scenarie 7: Bundudskiftning moler + Lystbådehavn alt.2. Overskridelsestid af 100 mg/l koncentrationen af suspenderet stof.

Overskridelsesvarigheden af 250 mg/l koncentrationen af suspenderet stof i middel over vanddybden er vist i nedenstående Figur 5-68/Figur 5-32.



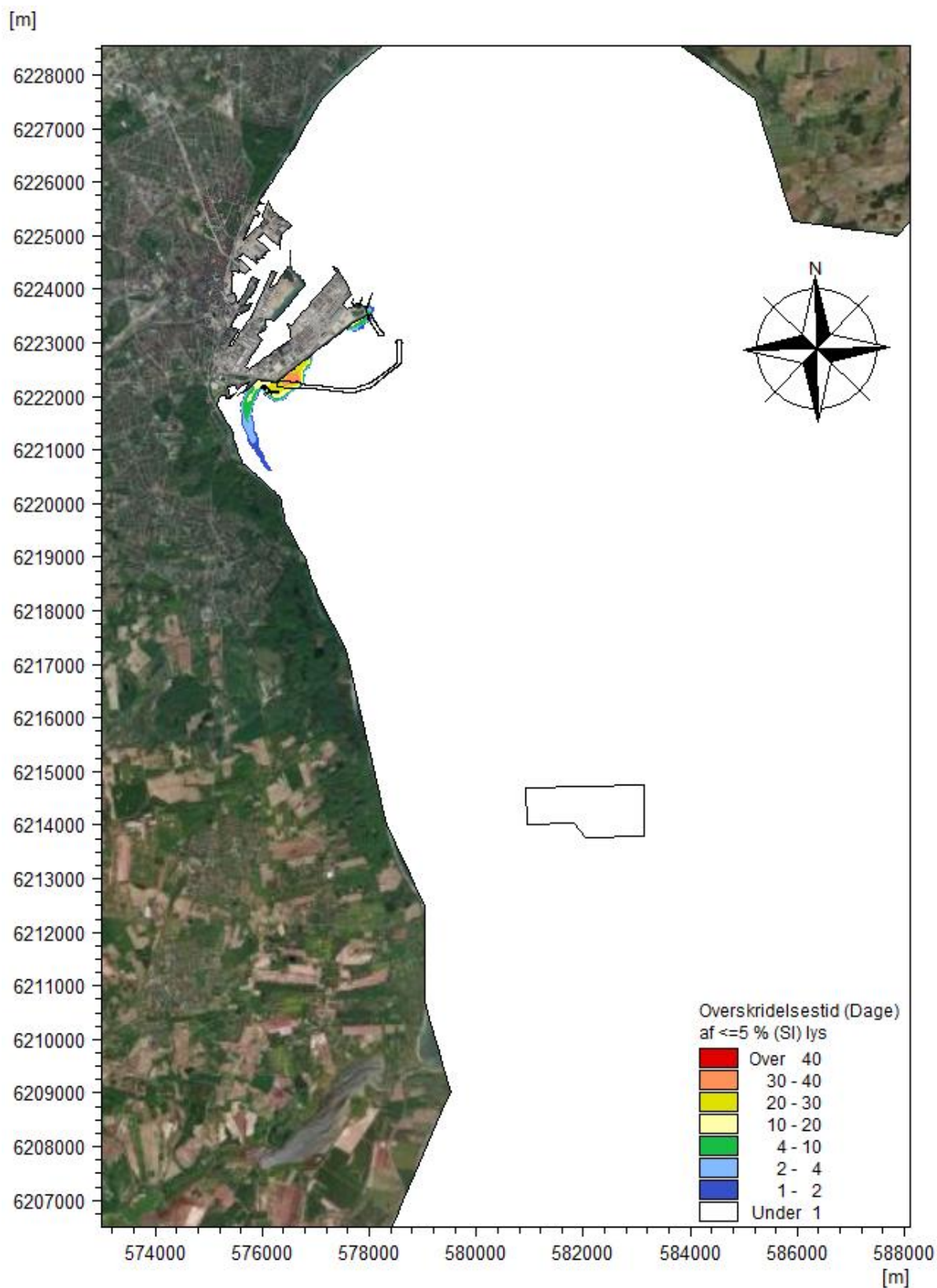
Figur 5-68 Scenarie 7: Bundudskiftning moler + Lystbådehavn alt.2. Overskridelsestid af 250 mg/l koncentrationen af suspenderet stof.

5.7.2 Lysforhold

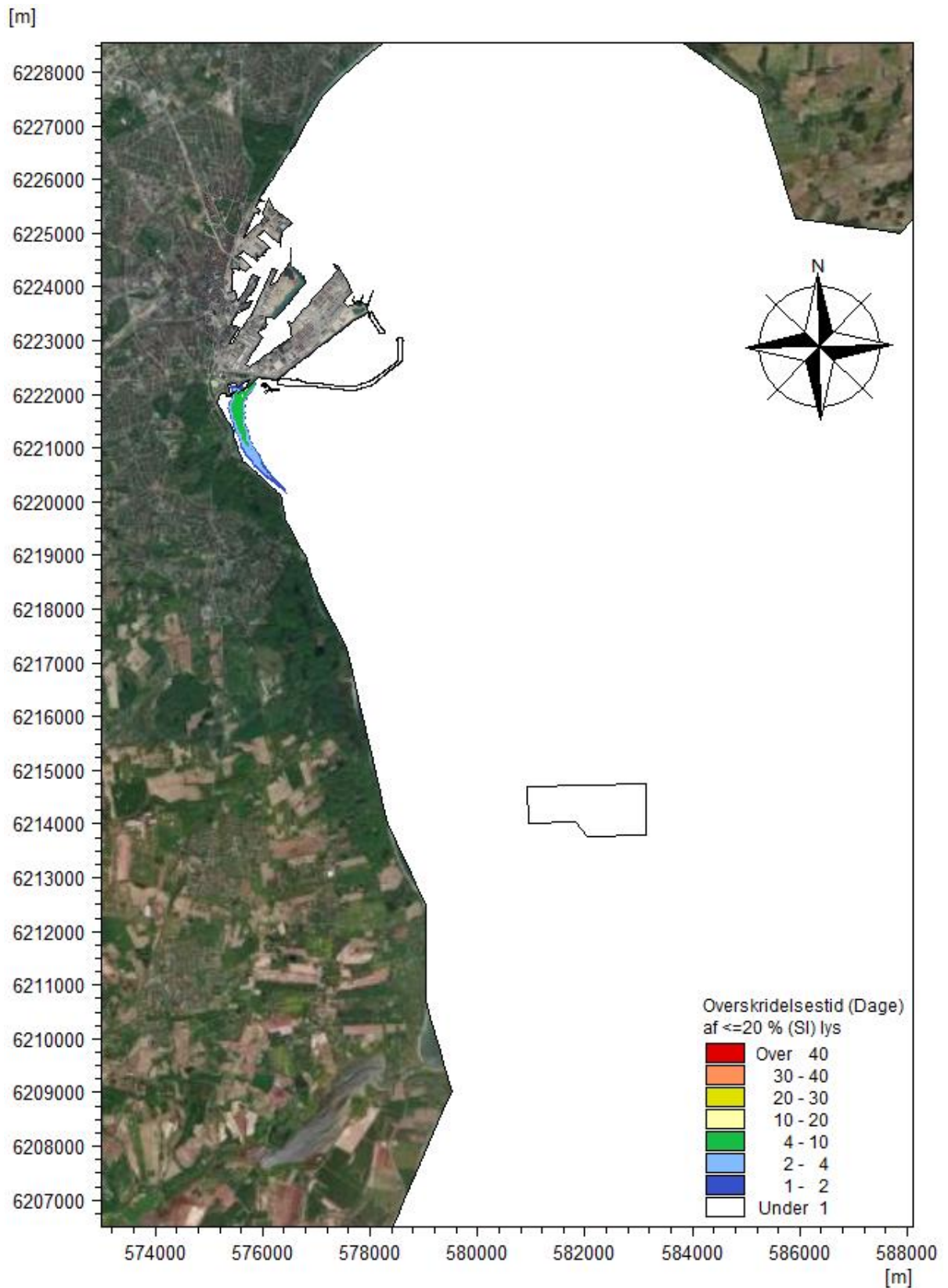
Sedimentspildet under gravning og klappning giver anledning til skyggeeffekt på bundsiddende planter. Dette er beskrevet ved at beregnet de områder hvor lysintensiteten på havbunden reduceres under bestemte lysintensiteter, der repræsenterer minimumskrav for bestemte plantetyper. Resultatet er udbredelseskort, der viser områder og varigheden, hvor lysintensiteten på havbunden på grund af projektet kommer under disse grænseværdier. Hvor dette sker hen over varigheder, der er længere end planternes tolerance, vil der kunne

forventes en negativ effekt. Under tolkningen af disse kort skal der tages i betragtning af en høj SSC-koncentration på store vanddybder, hvor der er mørkt i forvejen, ikke vil have nogen effekt på planterne, da der forefindes for lidt lys i forvejen. Ligeledes vil en høj SSC-koncentration på meget lave vanddybder have en ringe effekt, fordi der alligevel kommer lys nok.

I det følgende er områder og overskridelsesvarigheder modelleret for lysintensiteter ved havbunden på hhv. <5% og <20% lys på grund af projektet.



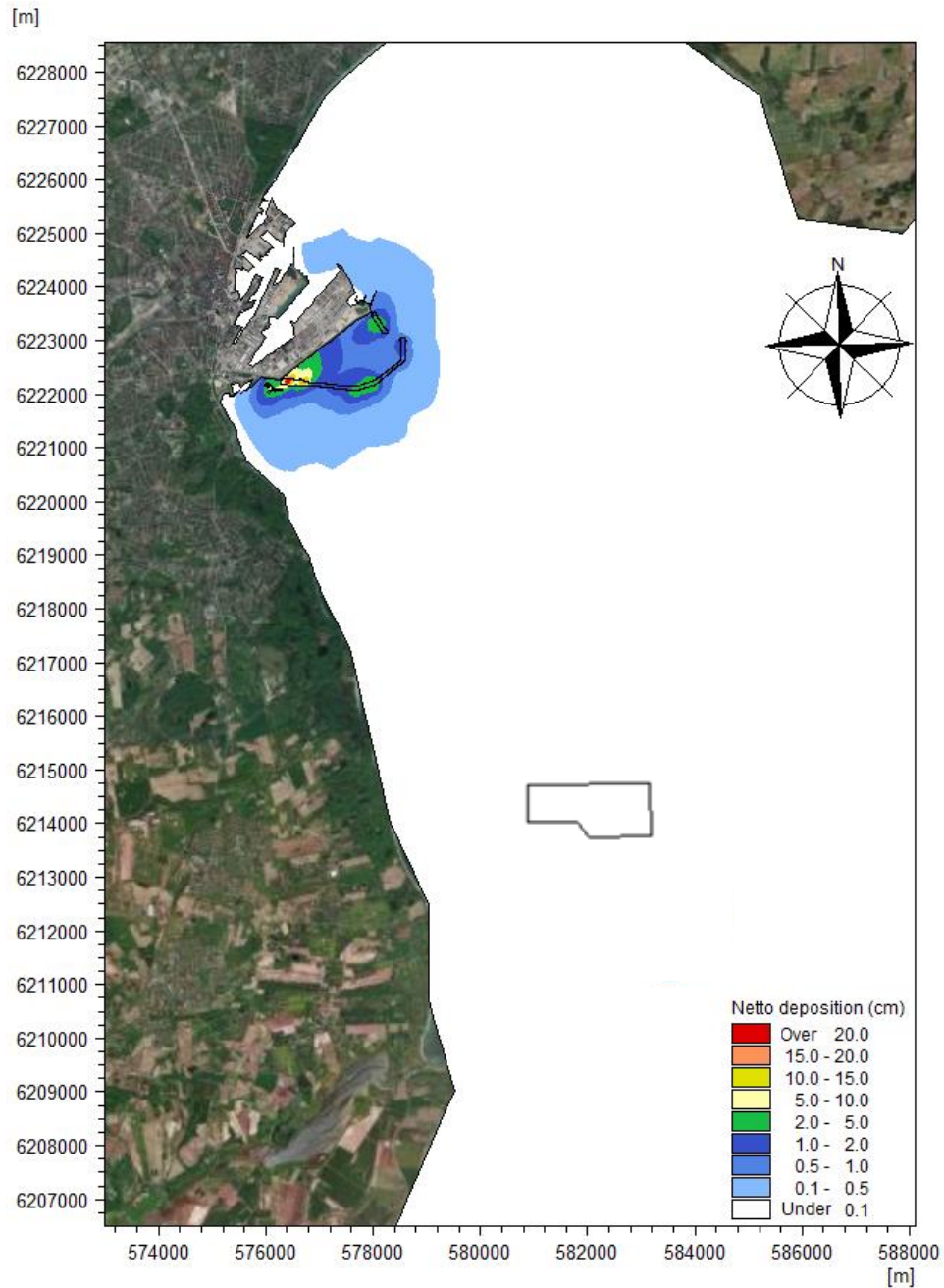
Figur 5-69 Scenarie 7: Bundudskiftning moler + Lystbådehavn alt.2. Områder og varigheder hvor lysindfaldet på havbunden på grund af projektets sediment-spild reduceres til mindre end 5% af lysindfaldet på overfladen



Figur 5-70 *Scenario 7: Bundudskiftning moler + Lystbådehavn alt.2. Områder og varigheder hvor lysindfaldet på havbunden på grund af projektets sedimentspild reduceres til mindre end 20% af lysindfaldet på overfladen*

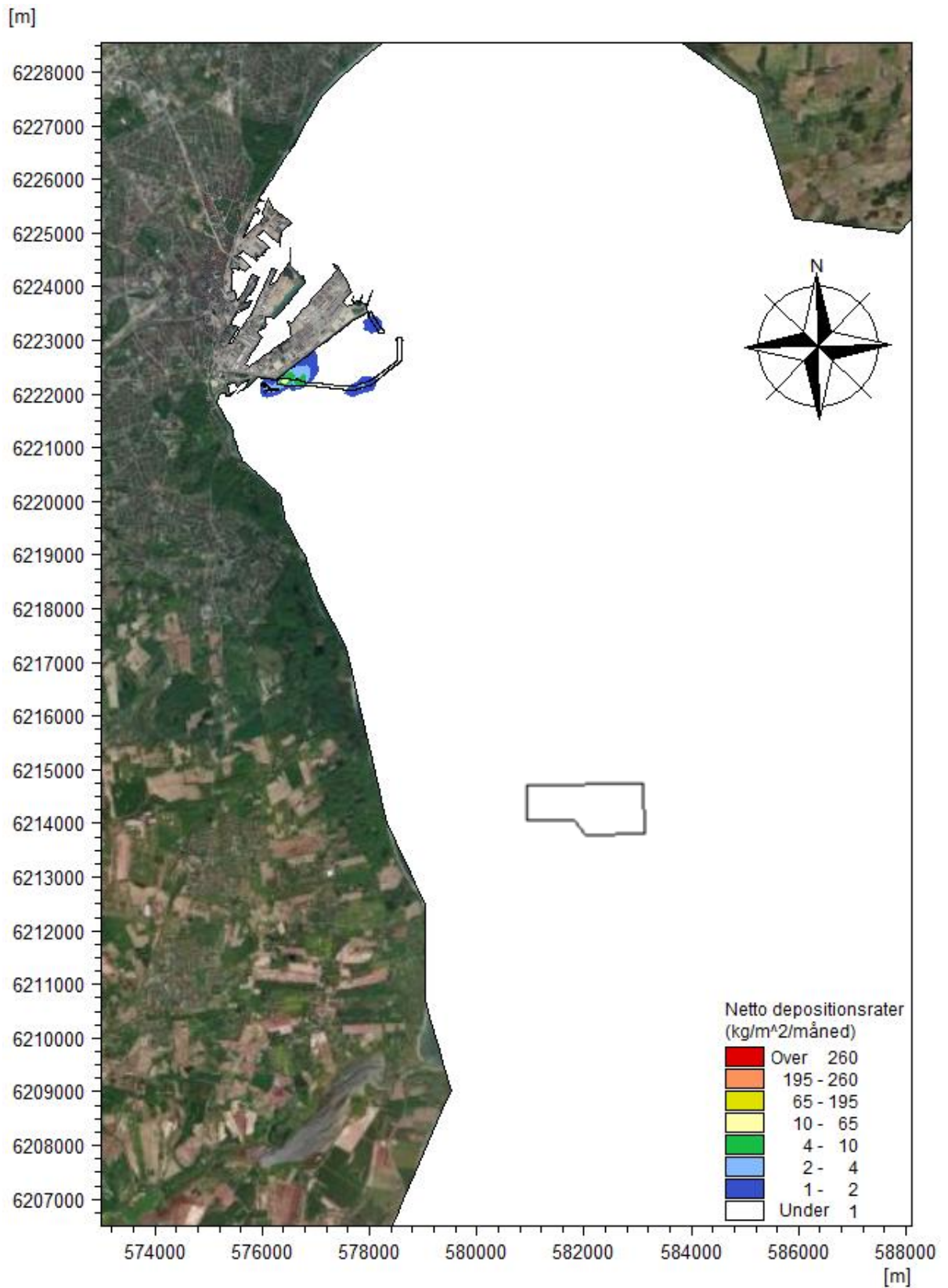
5.7.3 Deposition

Netto deposition på havbunden af sedimentspild efter afslutning af dette scenarier aktiviteter er vist i Figur 5-71.



Figur 5-71 Scenarie 7: Bundudskiftning moler + Lystbådehavn alt.2. Netto deposition efter afsluttet grave- og klavningsaktivitet. De sorte linjer indikerer grave- hhv. klavningsområder.

Sedimentationsraten af spildt materiale under grave- og klavningsaktiviteten er vist i Figur 5-72.



Figur 5-72 *Scenario 7: Bundudskiftning moler + Lystbådehavn alt.2. Sedimentations-rater under gravning og klapping. De sorte linjer indikerer grave- hhv. klappingsområder.*

5.8 Scenarie 8: Bundudskiftning moler + ReWater Hovedforslag

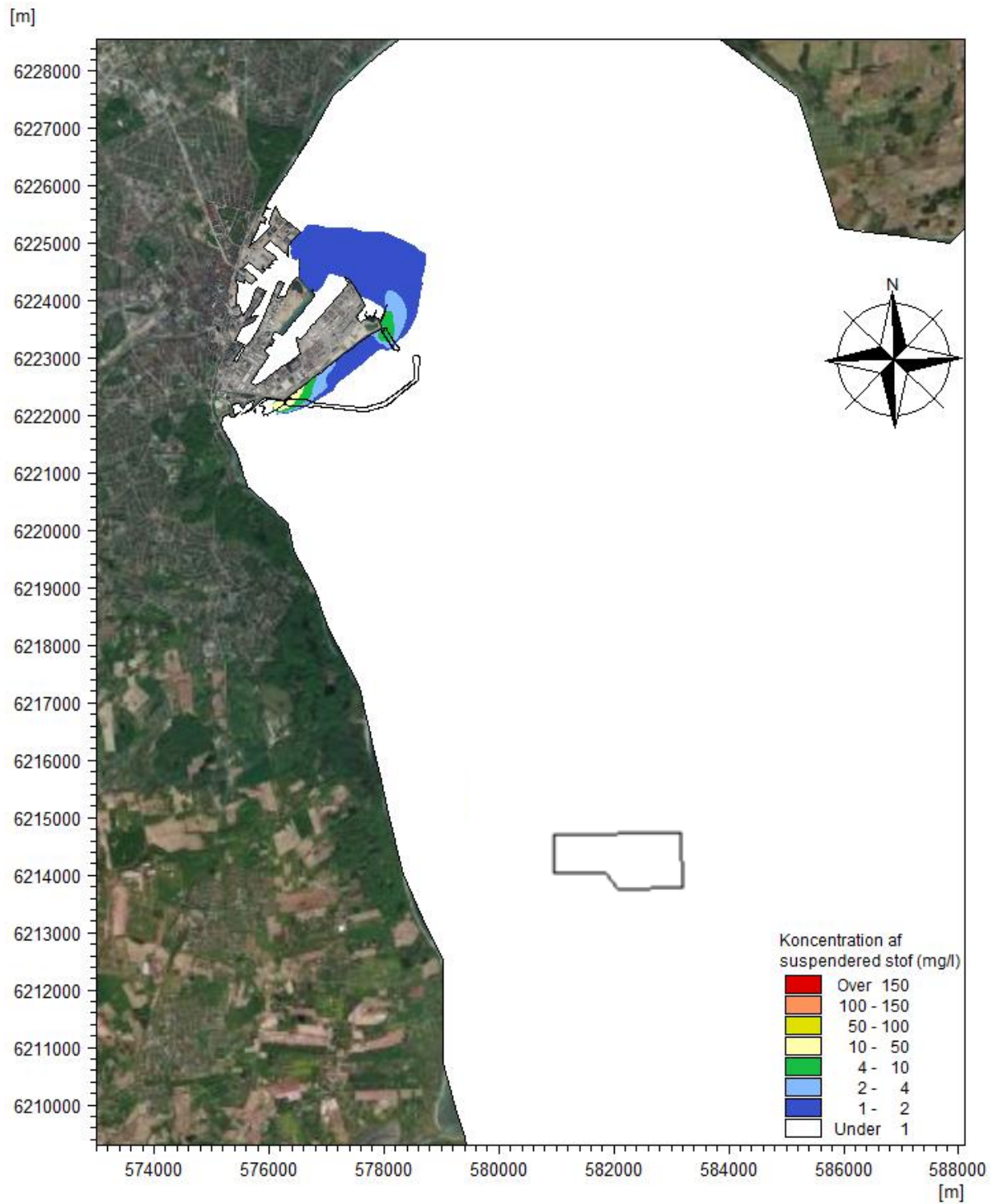
Modelscenarie 8 omfatter udgravning af havbund under den planlagte ydermole som i dette scenarie antages at gennemføres samtidig med udgravning for ReWater, hovedforslag. Scenariet beskriver sedimentationsforholdene i graveområderne og på den påtænkte klapplads. Varigheden er ca. 1½ måneder.

Modelleringen omfatter ikke klapping fra på Fløjstrup Skov, *da materialet fra ReWater vil blive klappet på separat klapplads ansøgt af Aarhus Vand A/S i forbindelse med ReWater projektet.*

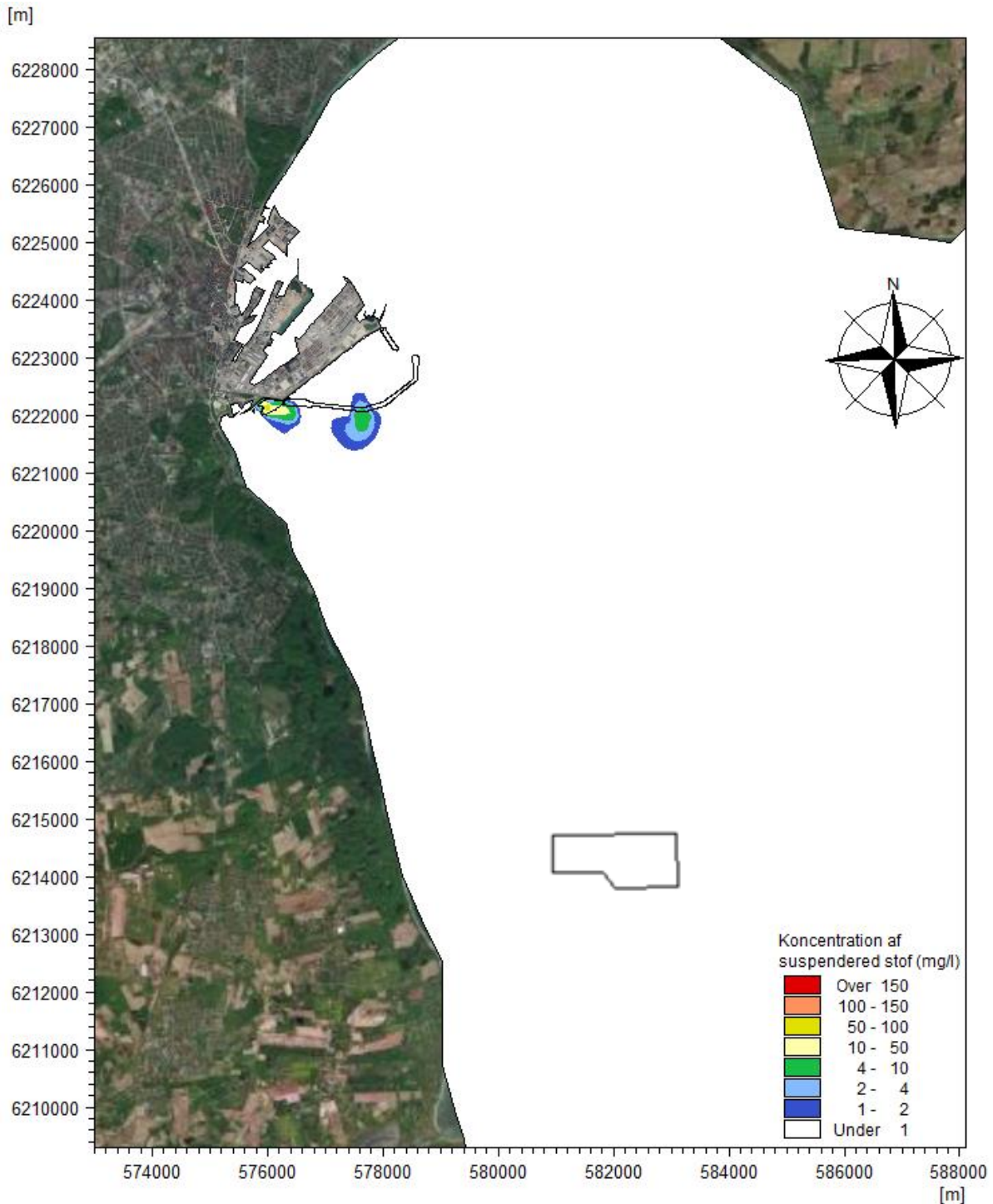
Klapping vil således alene omfatte bundudskiftning under moler, se resultater i kapitel 5.4.

5.8.1 Suspenderet stof koncentration

Udvalgte øjebliksbilleder af koncentration af suspenderet stof under forskellige strømsituationer er illustreret i nedenstående Figur 5-73 og Figur 5-74.

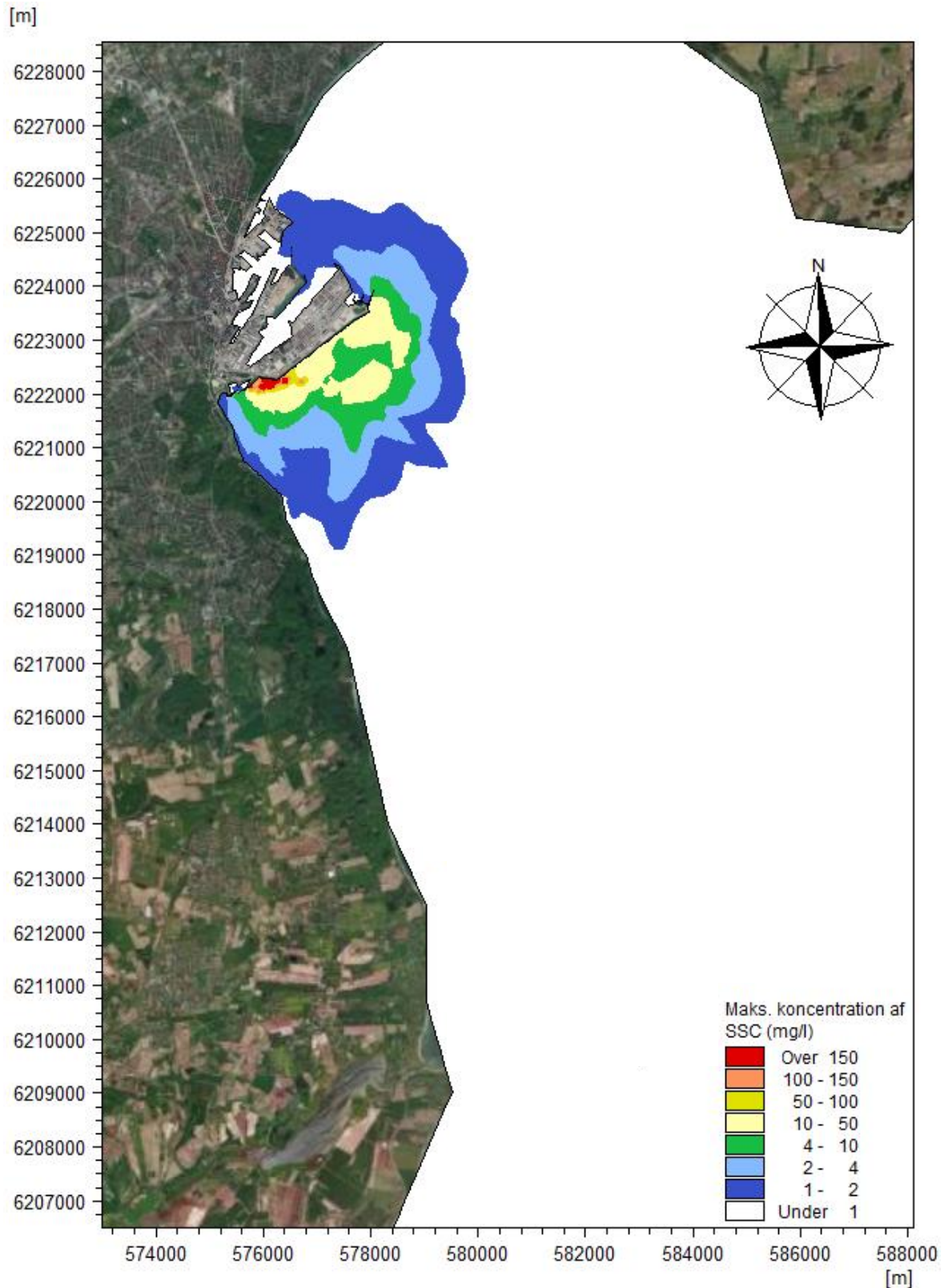


Figur 5-73 Scenarie 8: Bundudskiftning moler + ReWater Hovedforslag. Øjeblikbillede af faneudbredelsen (middelværdi over dybden) ved gravearbejde ved nordgående strøm, 14 januar 2004 kl. 04. De sorte linjer indikerer grave- hhv. klappingsområderne.



Figur 5-74 Scenarie 8: Bundudskiftning moler + ReWater Hovedforslag. Øjeblikksbillede af faneudbredelsen (middelværdi over dybden) ved gravearbejde ved sydgående strøm, 7 marts 2004 kl. 00. De sorte linjer indikerer grave-hvh. klappingsområderne.

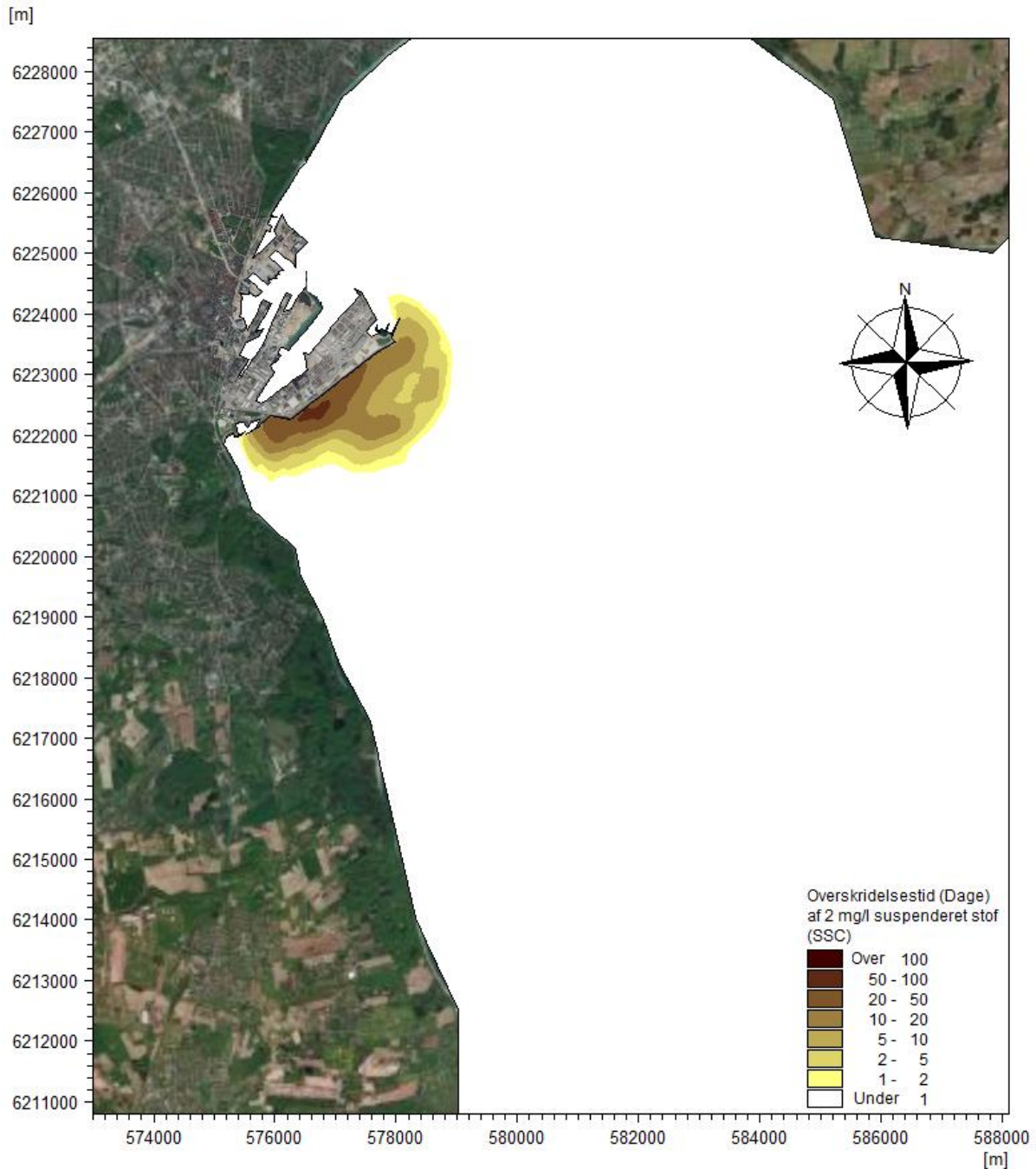
De maksimale koncentrationer, modelleret i hele perioden på ca. 4 måneder, hvoraf der i 1½ måneder foregår kumulative aktiviteter i Scenarie 8, er vist i nedenstående Figur 5-75. Det bemærkes, at Figur 5-75 viser den maksimale koncentration under hele modelleringsperioden i hvert punkt. Af dynamisk grunde vil det dermed være givet at de maksimale værdier aldrig vil kunne forekomme samtidig.



Figur 5-75 Scenarie 8: Bundudskiftning moler + ReWater Hovedforslag. Maksimal koncentration af suspenderet stof.

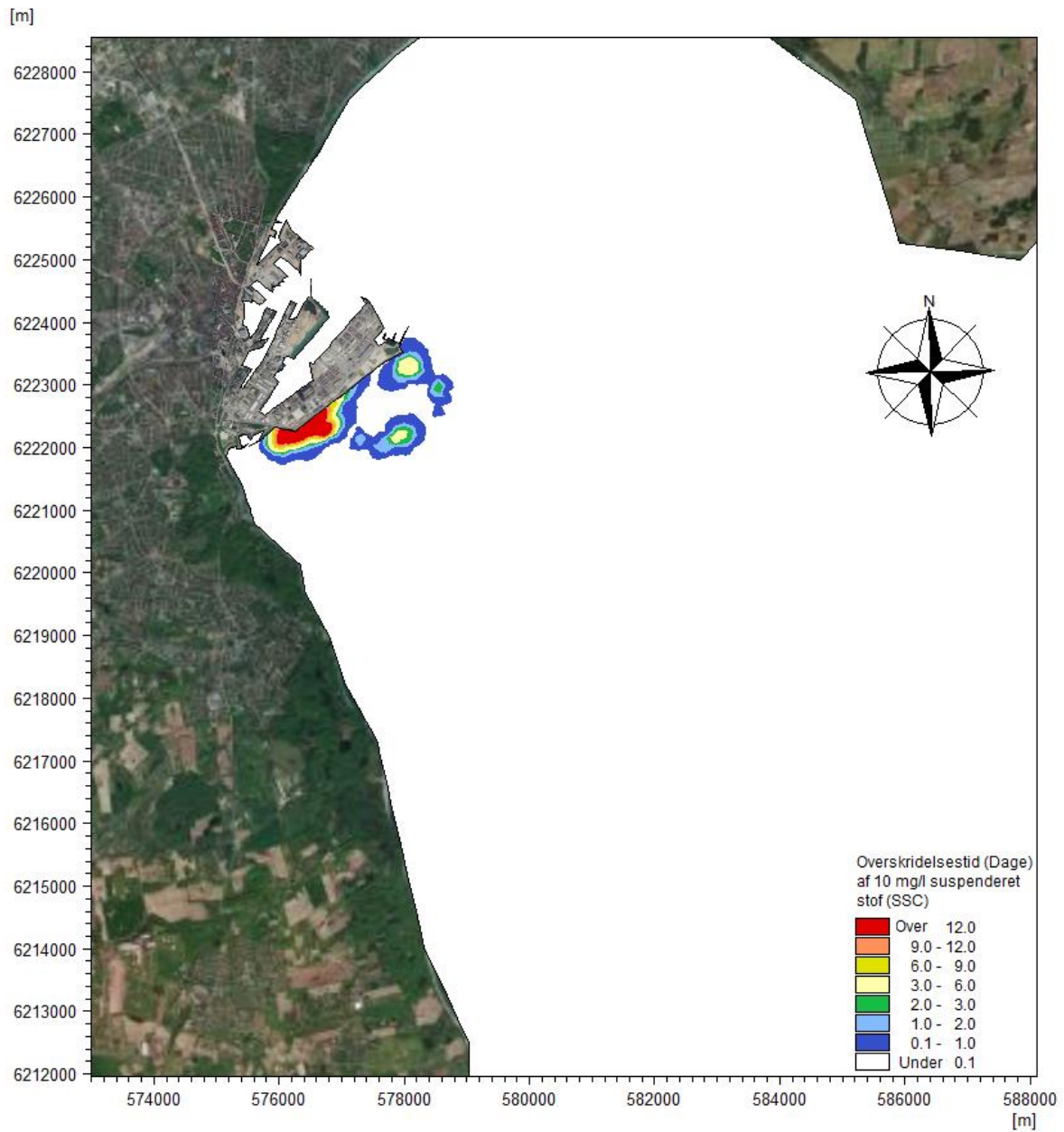
At værdierne på den vestlige klapposition på klapplassen når højere værdier og er mere samlet omkring selve positionen forklares i afsnit 5.8.3.

Overskridelsesvarigheden af 2 mg/l koncentrationen af suspenderet stof i middel over vanddybden er vist i nedenstående Figur 5-76. Figuren har en anderledes farvet signaturforklaring idet denne figur, som beskriver overskridelse af 2 mg/l grænsen, beskriver forhold, hvor en sedimentfane er synlig for det menneskelige øje (hvis sedimentet er kalk). Kriteriet er dermed til den sikre side for kvaliteten af badevandet.



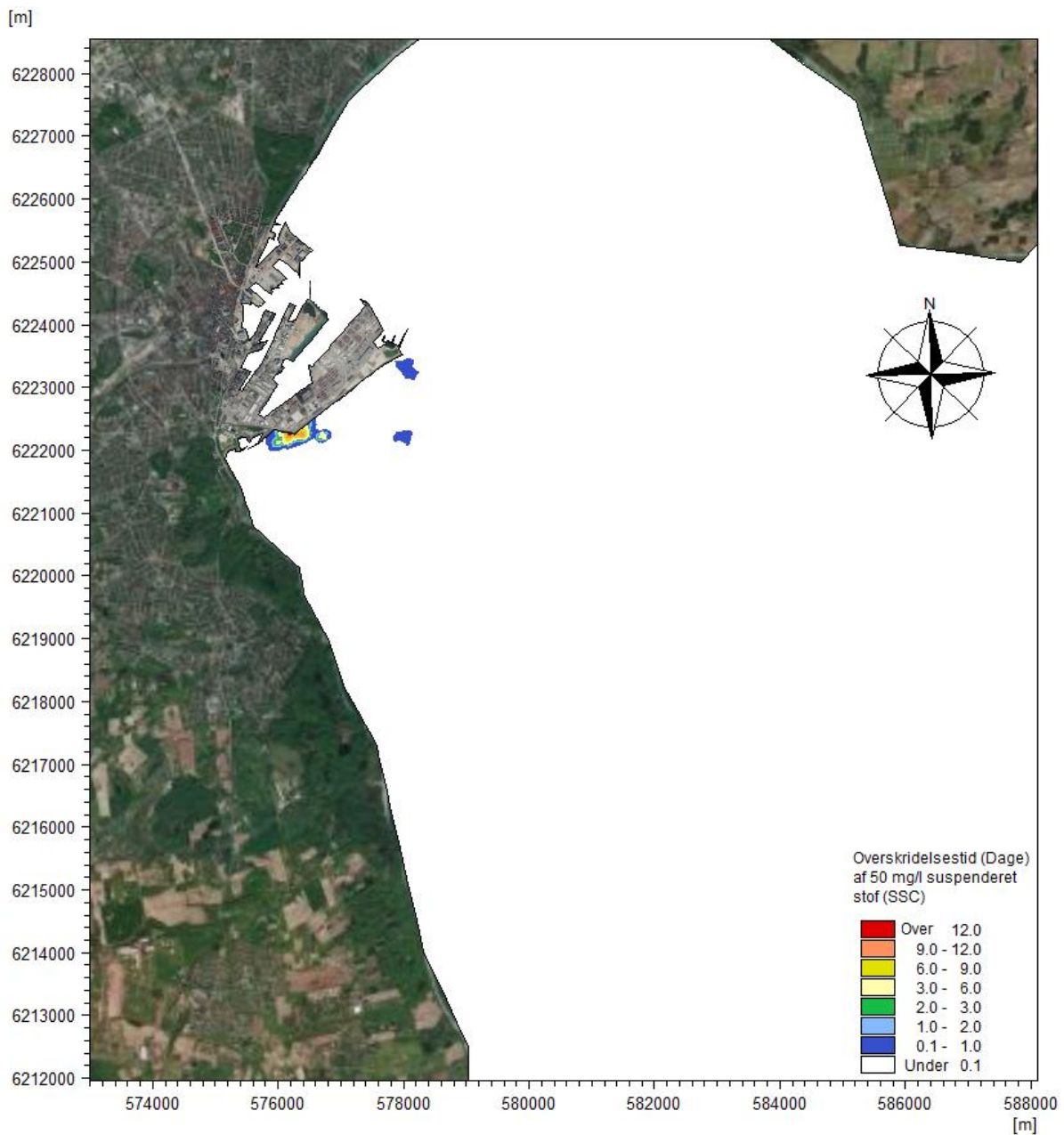
Figur 5-76 Scenarie 8: Bundudskiftning moler + ReWater Hovedforslag. Overskridelsestid af 2 mg/l koncentrationen af suspenderet stof.

Overskridelsesvarigheden af 10 mg/l koncentrationen af suspenderet stof i mid-del over vanddybden er vist i nedenstående Figur 5-77.



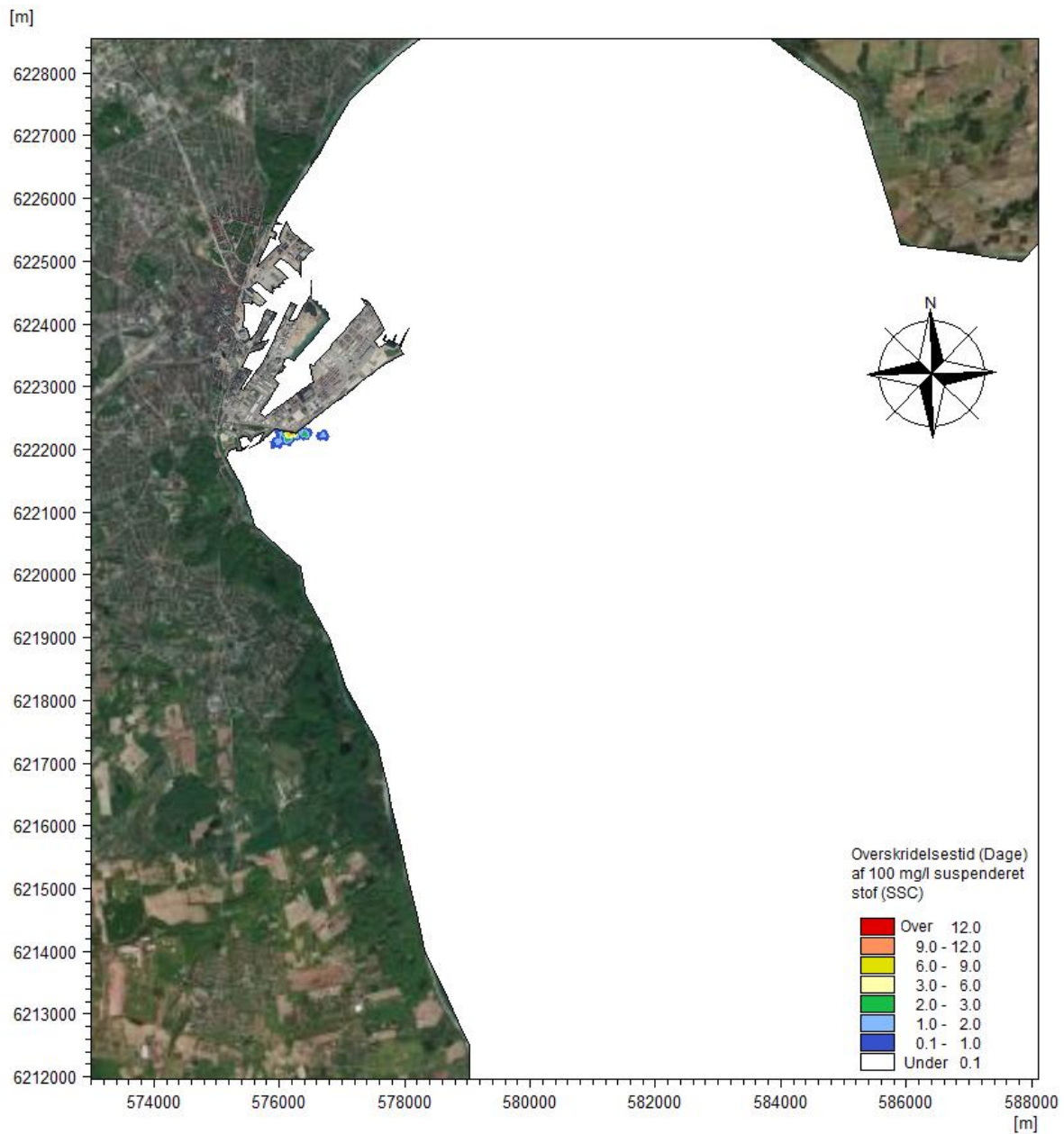
Figur 5-77 *Scenarie 8: Bundudskiftning moler + ReWater Hovedforslag. Overskridelsestid af 10 mg/l koncentrationen af suspenderet stof.*

Overskridelsesvarigheden af 50 mg/l koncentrationen af suspenderet stof i middel over vanddybden er vist i nedenstående Figur 5-78.



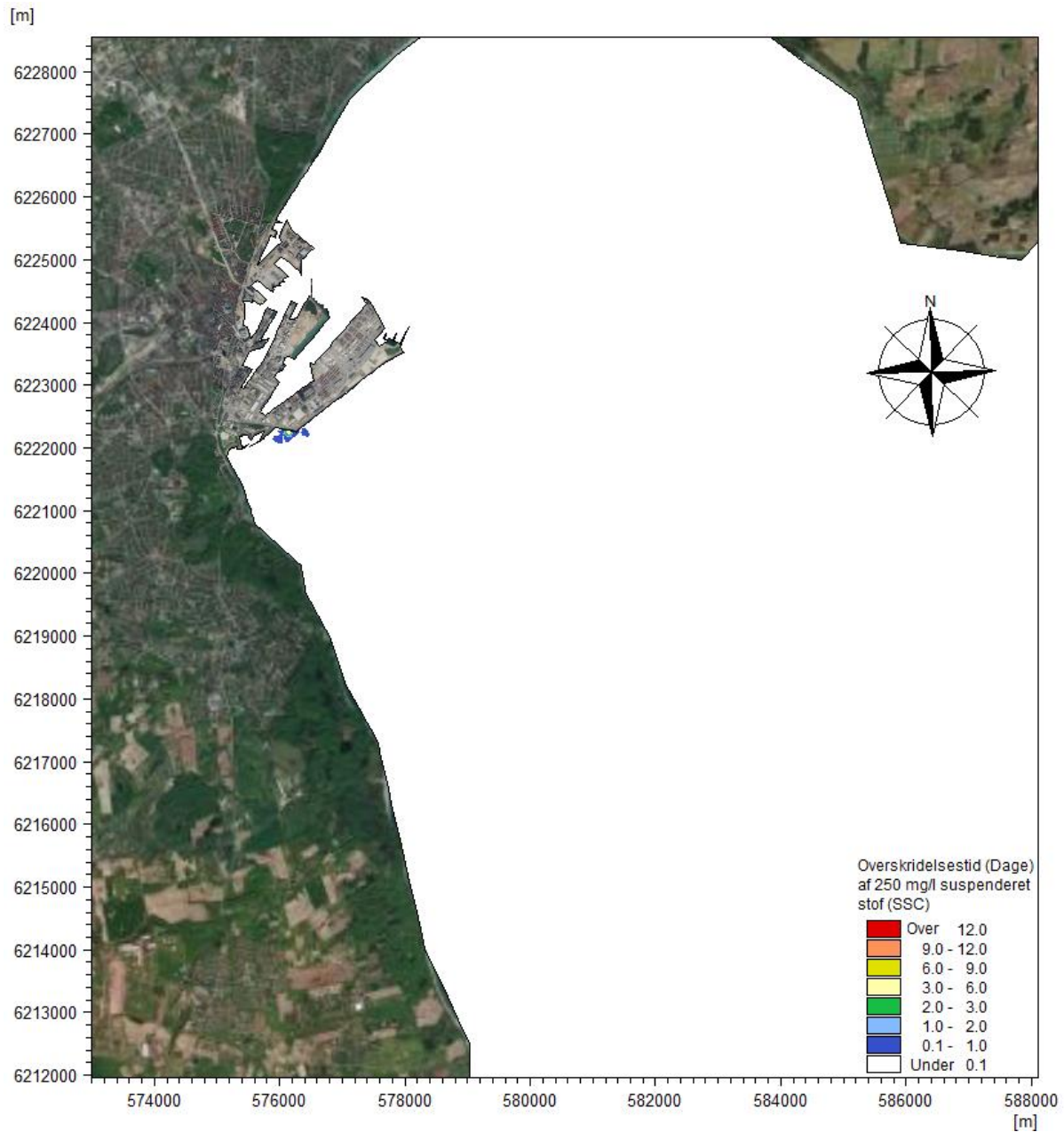
Figur 5-78 Scenarie 8: Bundudskiftning moler + ReWater Hovedforslag. Overskridelsestid af 50 mg/l koncentrationen af suspenderet stof.

Overskridelsesvarigheden af 100 mg/l koncentrationen af suspenderet stof i middel over vanddybden er vist i nedenstående Figur 5-79.



Figur 5-79 *Scenario 8: Bundudskiftning moler + ReWater Hovedforslag. Overskridelsestid af 100 mg/l koncentrationen af suspenderet stof.*

Overskridelsesvarigheden af 250 mg/l koncentrationen af suspenderet stof i middel over vanddybden er vist i nedenstående Figur 5-80.

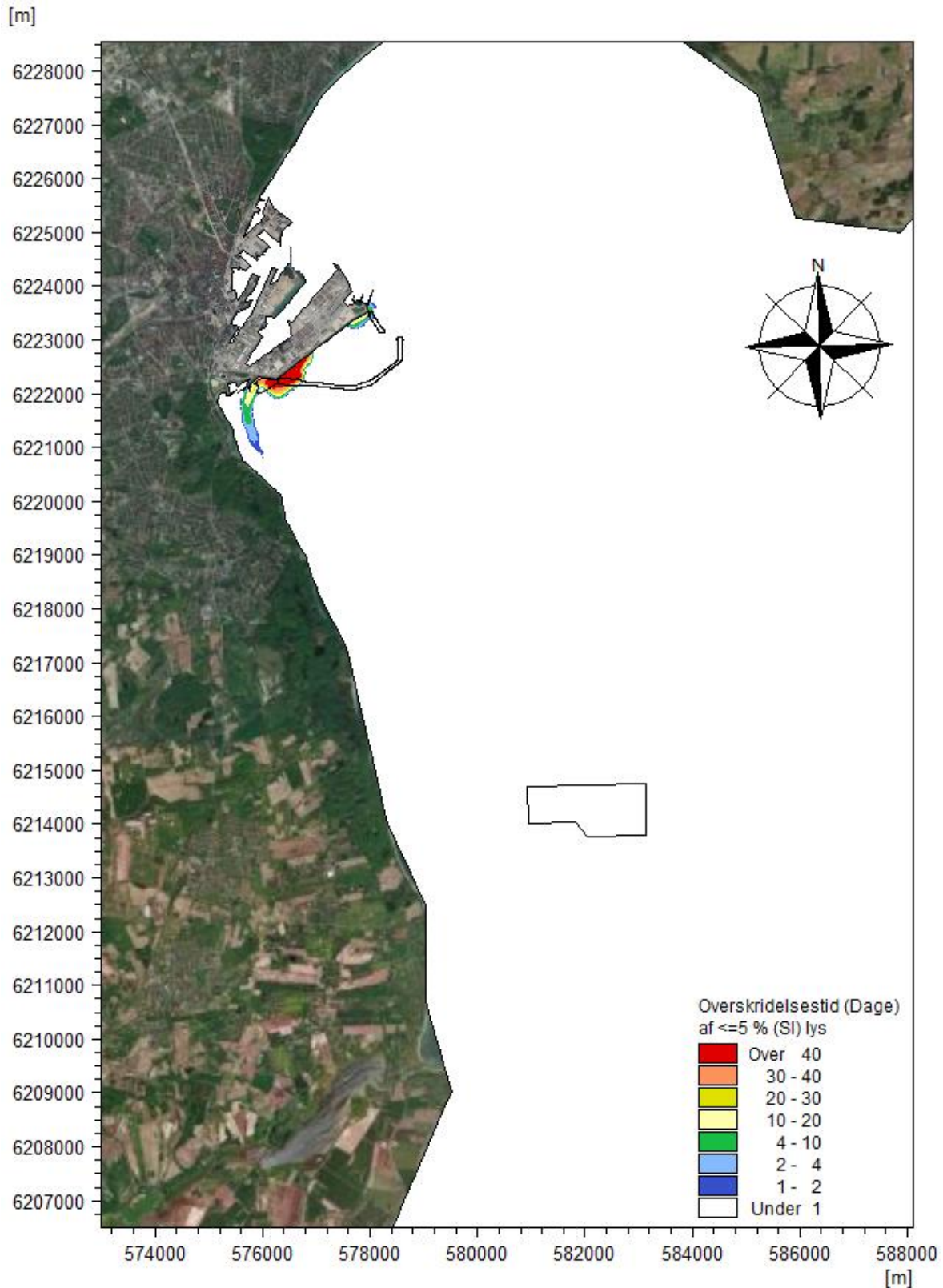


Figur 5-80 Scenarie 8: Bundudskiftning moler + ReWater Hovedforslag. Overskridelsestid af 250 mg/l koncentrationen af suspenderet stof.

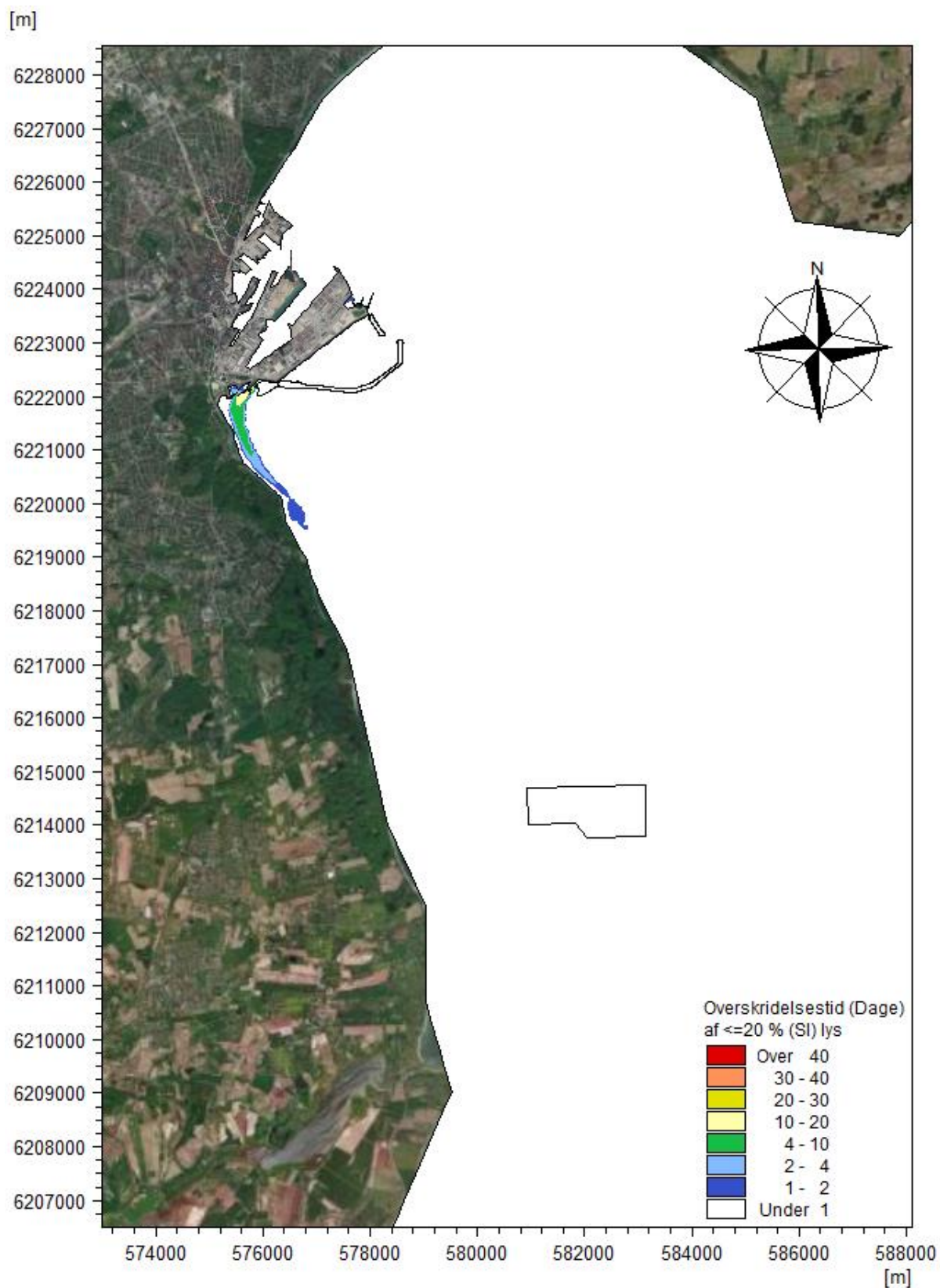
5.8.2 Lysforhold

Metoden til bestemmelse af effekten på lysforhold er beskrevet i afsnit 5.4.2.

I det følgende er områder og overskridelsesvarigheder modelleret for lysintensiteter ved havbunden på hhv. <5% og <20% lys på grund af projektet.



Figur 5-81 Scenarie 8: Bundudskiftning moler + ReWater Hovedforslag. Områder og varigheder hvor lysindfaldet på havbunden på grund af projektets sedimentspild reduceres til mindre end 5% af lysindfaldet på overfladen



Figur 5-82 Scenarie 8: Bundudskiftning moler + ReWater Hovedforslag. Områder og varigheder hvor lysindfaldet på havbunden på grund af projektets sedimentpild reduceres til mindre end 20% af lysindfaldet på overfladen

5.8.3 Deposition

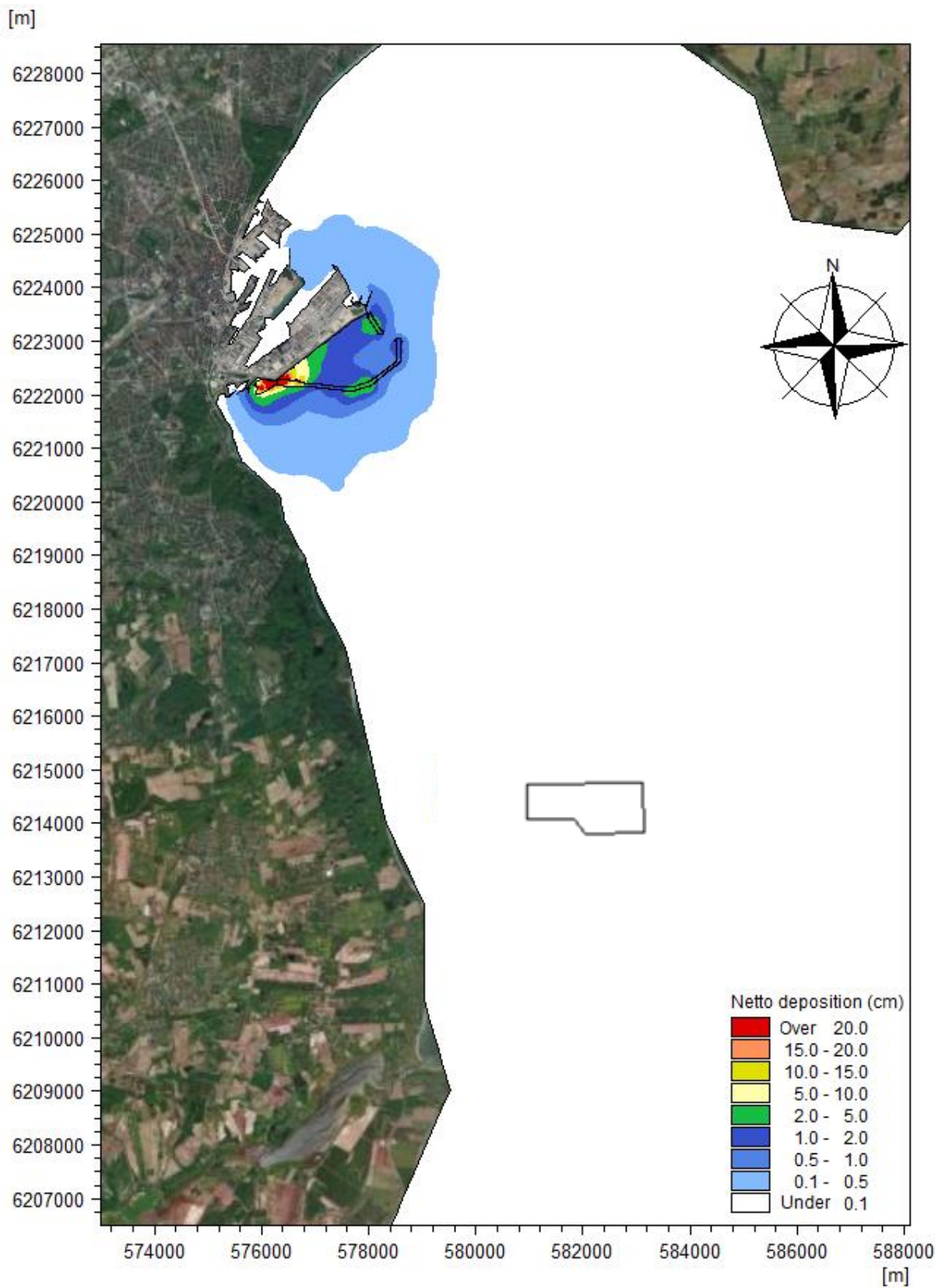
Netto deposition på havbunden af sedimentspild efter afslutning af dette scenarier aktiviteter er vist i Figur 5-83.

Depositionen fra ReWater, hovedforslag er planlagt at foregå på den vestlige del af klapplassen. Det observeres på Figur 5-83, at sedimentationen på den vestlige klapposition foregår over et mindre areal og med øget intensitet sammenlignet med depositionen på den østlige del af klapplassen som kommer fra havneudvidelsen. Klapningsraten fra ReWater projektet og fra udgravning under ydermolen er omtrent lige store i de perioder hvor de to aktiviteter foregår samtidig. At sedimentationsforholdene på de to klapplasser trods ensartet klappning på Figur 5-83 og Figur 5-84 giver et forskelligt visuelt indtryk, skyldes lokale strømforhold. Den vestlige del af klapplassen, hvor ReWater-projektet forventes at klappe, består af dybe sugehuller fra tidligere indvinding. Derfor er strømhastigheden i dette område mindre og depositionen koncentrerer således på et mindre område. Strømhastigheden som er midlet over vanddybden og over den periode hvor der foregår klappning på den vestlige del (ReWater-delen) af klapplassen er givet i Tabel 5-1 nedenfor.

Tabel 5-1 Modellerede strømhastigheder på vestlig og østlig klapposition. Hastighederne er midlede over den respektive vanddybde og over simuleringsperiode for scenarie 8.

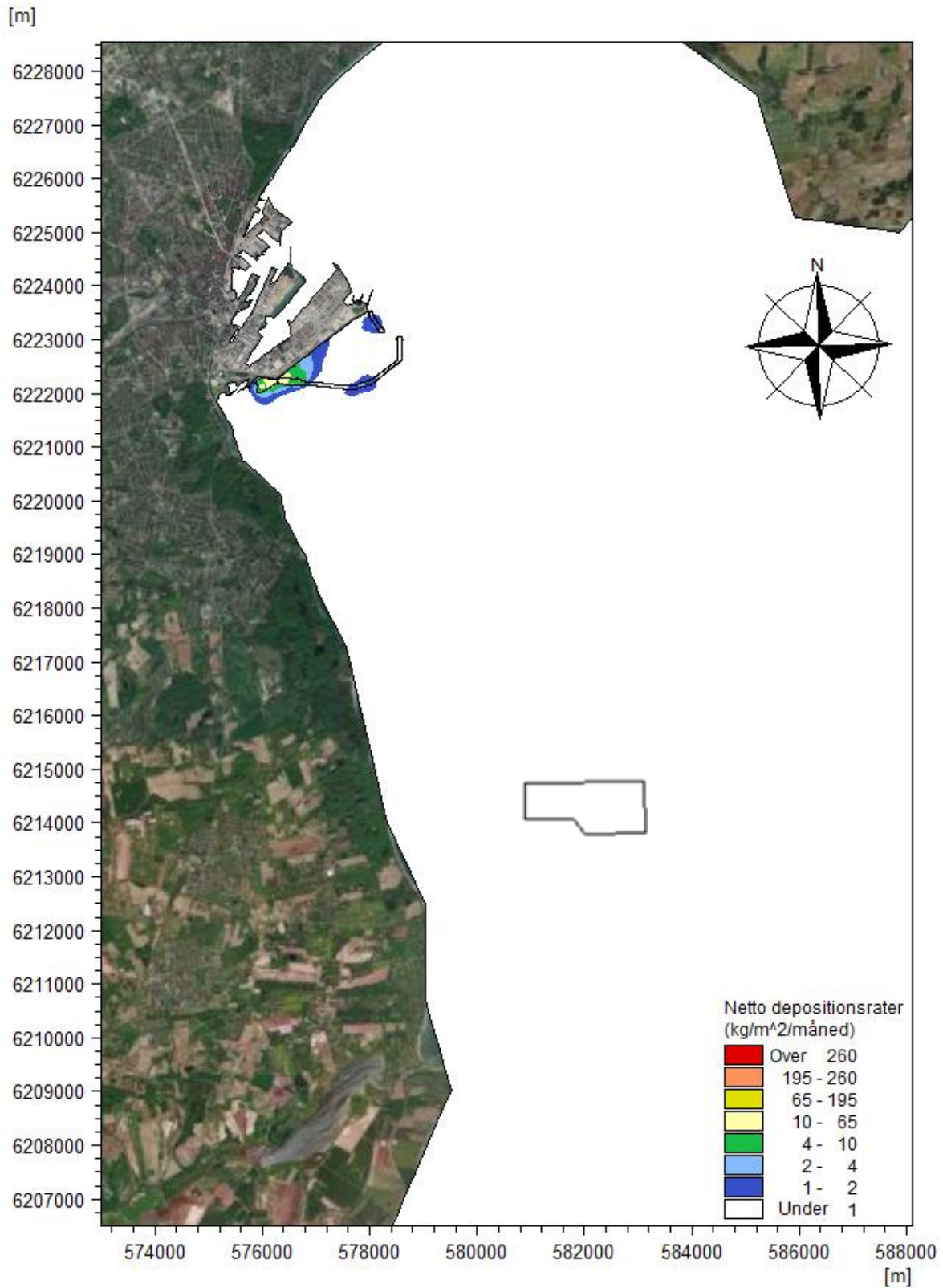
	Vestlig klapposition (ReWater)	Østlig klapposition (Havneudvidelse)
Strømhastighed midlet over vanddybden og aktivitetsperiode (m/s)	0,029	0,044

Hastighederne i ovenstående tabel viser, at den vestlige klapplass udviser en tydelig effekten af sugehullernes store vanddybde i umiddelbar nærhed af den oprindelig havbund. På den vestlige position er middel strømhastigheden væsentlig mindre, hvilket betyder at sedimentation vil foregå mere koncentreret omkring klappositionen.



Figur 5-83 Scenarie 8: Bundudskiftning moler + ReWater Hovedforslag. Netto deposition efter afsluttet grave- og klavningsaktivitet. De sorte linjer indikerer grave- hhv. klavningsområder.

Netto depositions-rater af sediment-spild under dette scenarios aktiviteter er vist i Figur 5-84.



Figur 5-84 Scenarie 8: Bundudskiftning moler + ReWater Hovedforslag. Netto depositions-rater under grave- og klappingsaktivitet. De sorte linjer indikerer grave- hhv. klappingsområder.

5.9 Scenarie 9: Bundudskiftning moler + ReWater alt.2

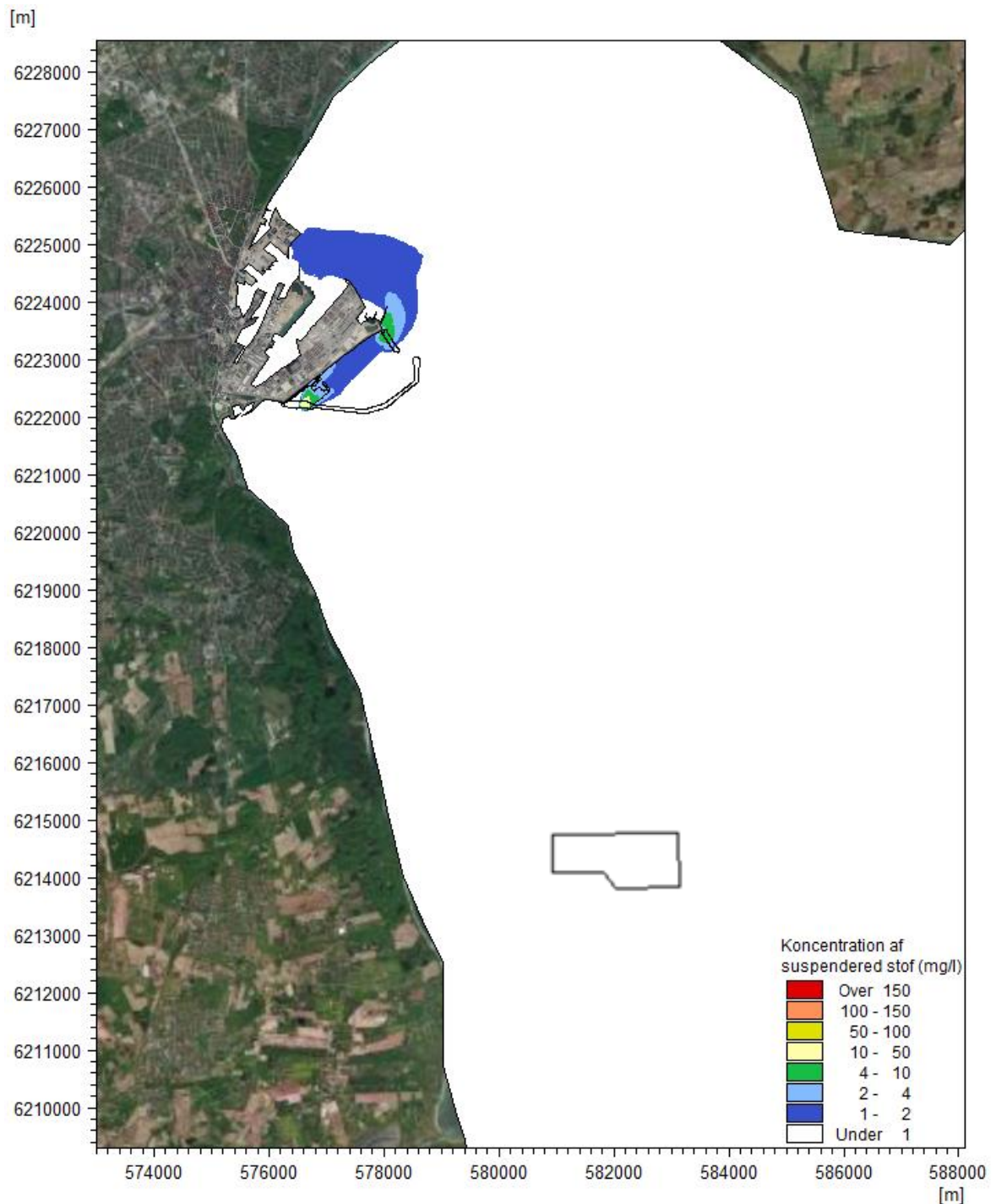
Modelscenarie 9 omfatter udgravning af havbund under den planlagte ydermole som i dette scenarie antages at gennemføres samtidig med udgravning for ReWater, alternativ 2. Scenariet beskriver sedimentationsforholdene i graveområderne og på den påtænkte klapplads. Varigheden er ca. 4 måneder.

Modelleringen omfatter ikke klapping fra på Fløjstrup Skov, *da materialet fra ReWater vil blive klappet på separat klapplads ansøgt af Aarhus Vand A/S i forbindelse med ReWater projektet.*

Klapping vil således alene omfatte bundudskiftning under moler, se resultater i kapitel 5.4.

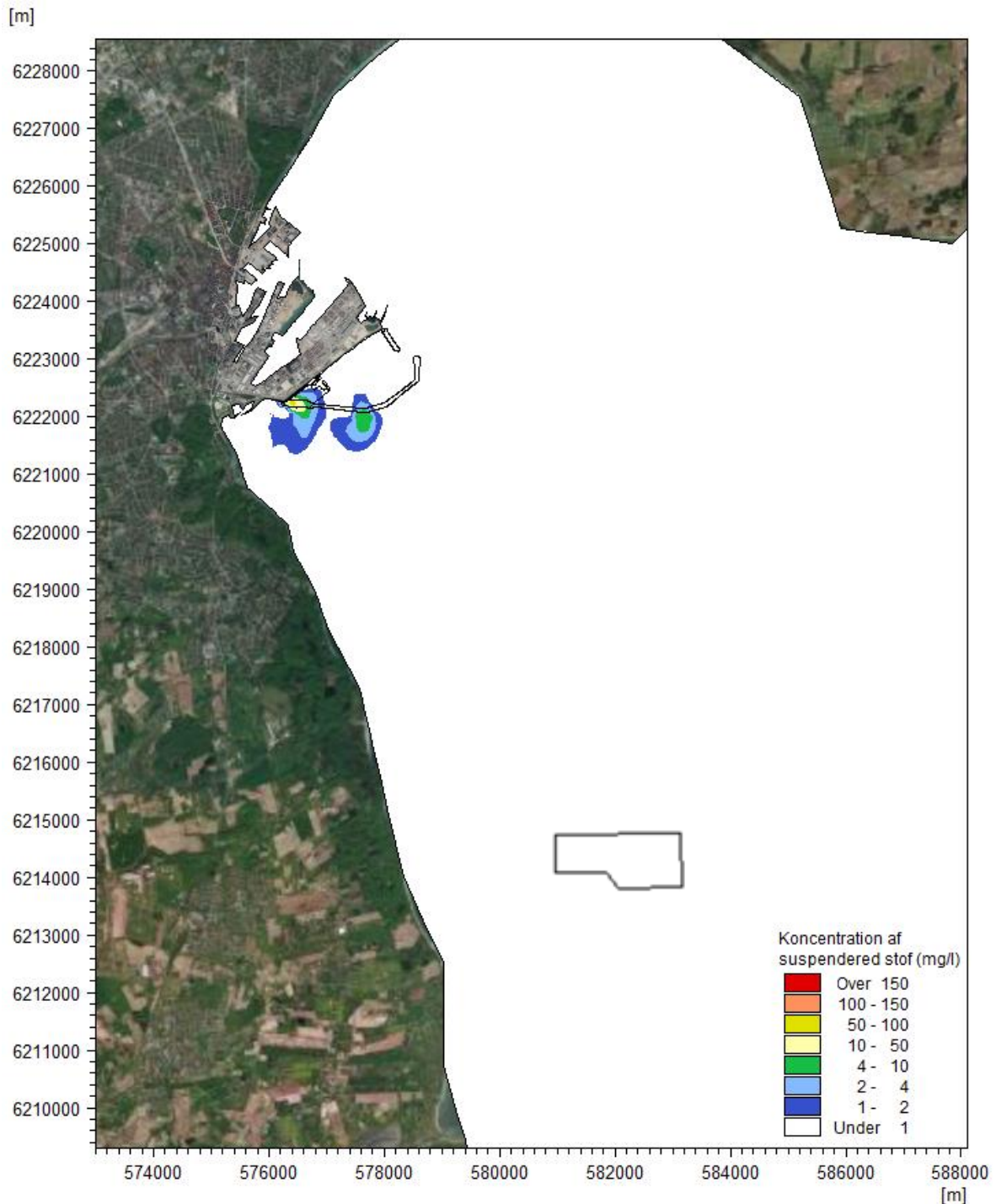
5.9.1 Suspenderet stof koncentration

Udvalgte øjebliksbilleder af koncentration af suspenderet stof under forskellige strømsituationer er illustreret i nedenstående Figur 5-85 og Figur 5-86.



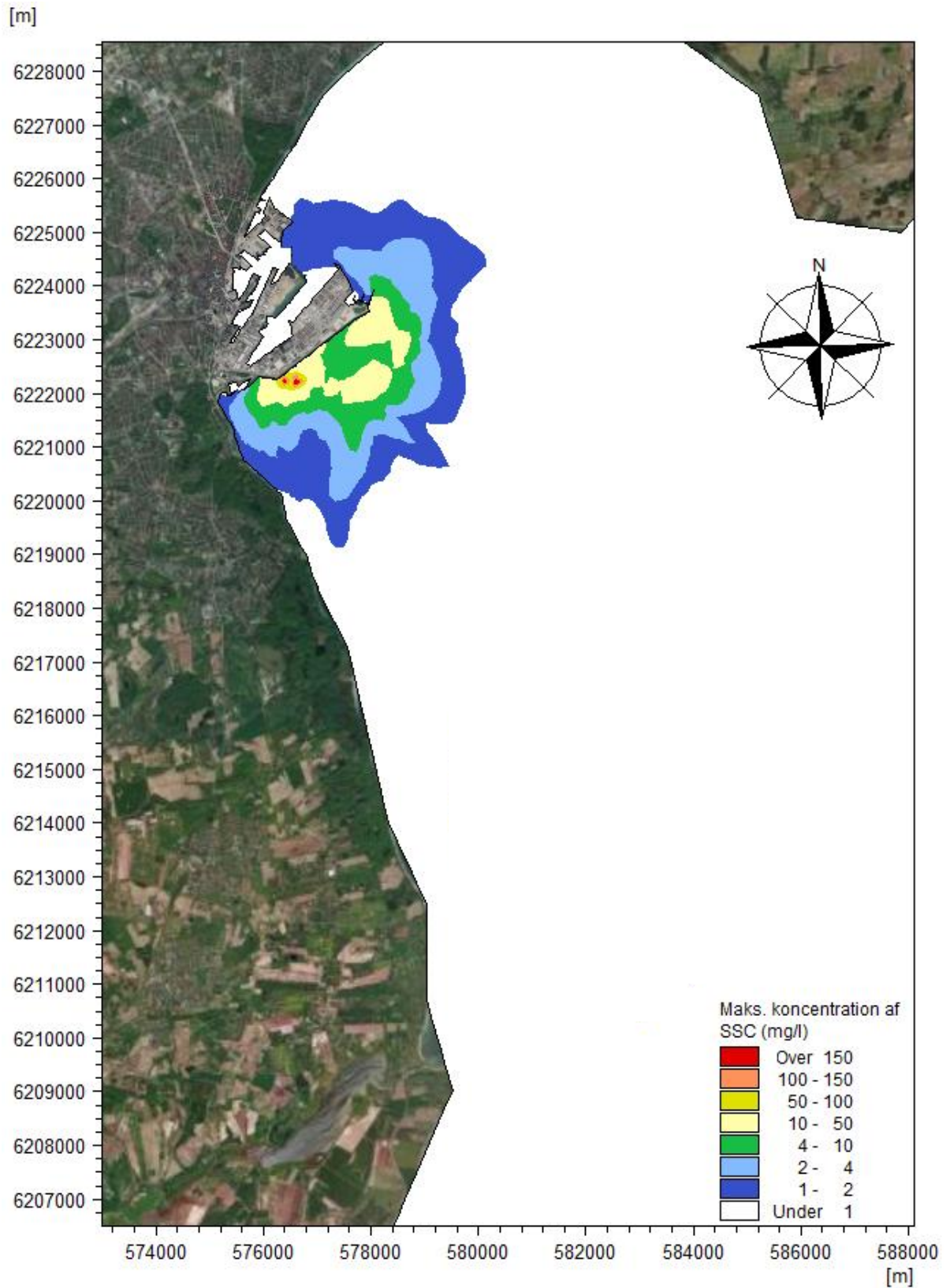
Figur 5-85 Bundudskiftning moler + ReWater alt.2. Øjebliksbillede af faneudbredelsen (middelværdi over dybden) ved gravearbejde ved nordgående strøm, 14 januar 2004 kl. 04. De sorte linjer indikerer grave- hhv. klappingsområderne.

At der på Figur 5-85 ikke observeres en fane fra den østlige klapposition skyldes at selve klappingerne fra ReWater og Havneudvidelsen foregår uafhængige fra hinanden og at der i den valgte præsentation er lagt vægt på at illustrere effekten af klappingen på den vestlige position. Med hensyn til en fane fra klapping på den østlige position henvises f.eks. til resultaterne fra scenarie 8.



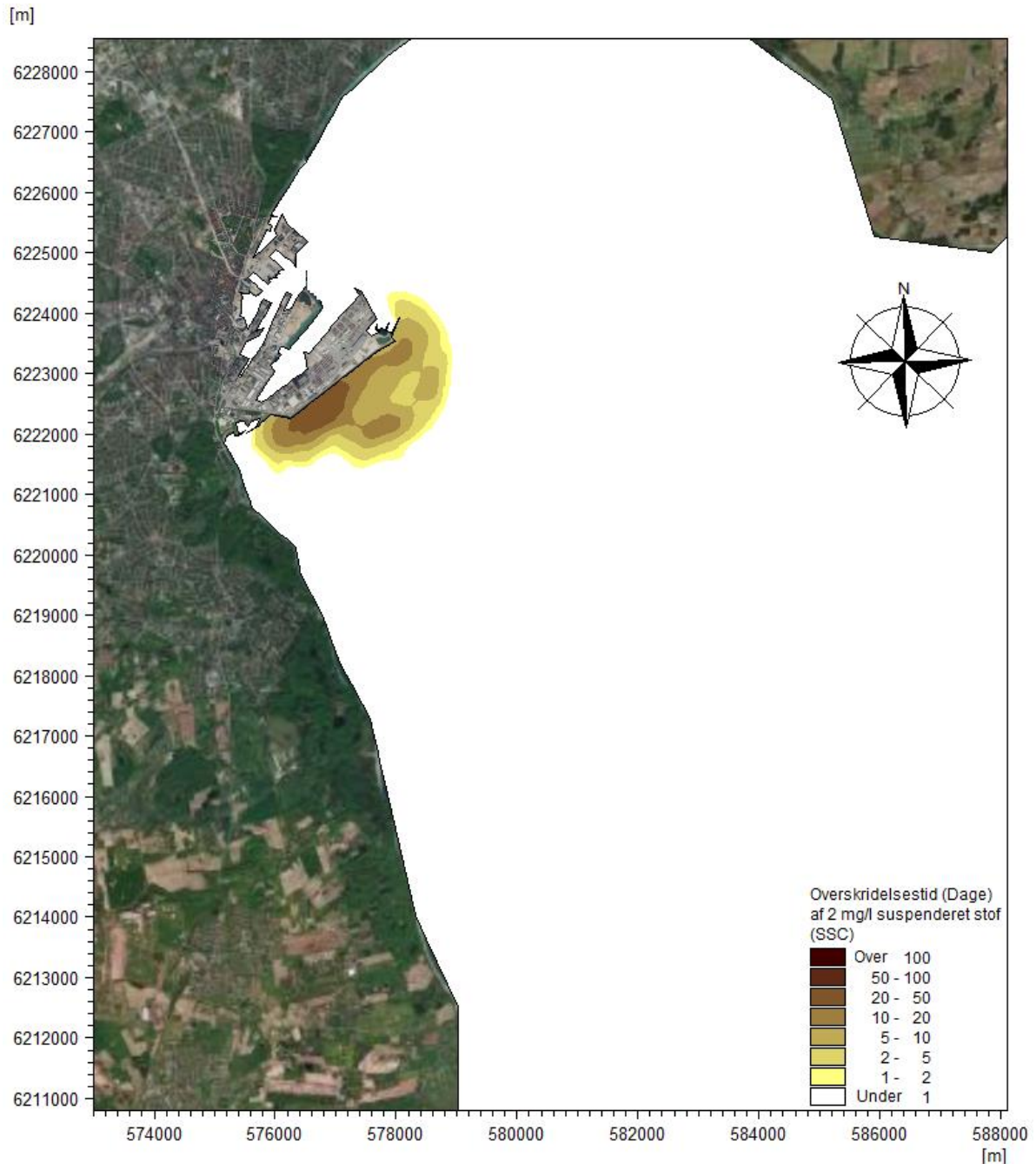
Figur 5-86 Bundudskiftning moler + ReWater alt.2. Øjebliksbillede af (middelværdi over dybden) ved gravearbejde ved sydgående strøm, 7 marts 2004 kl. 00. De sorte linjer indikerer grave- hhv. klappingsområderne.

De maksimale koncentrationer, modellerede i hele perioden på ca. 4½ måneder, hvoraf der kumulativt foregår aktiviteter for ReWater alt.2 i 1½ måneder, er vist i Figur 5-87 for Scenarie 9. Det bemærkes, at Figur 5-87 viser den maksimale koncentration under hele modelleringsperiode i hvert punkt. Af dynamisk grunde vil det dermed være givet at de maksimale værdier aldrig vil kunne forekomme samtidig.



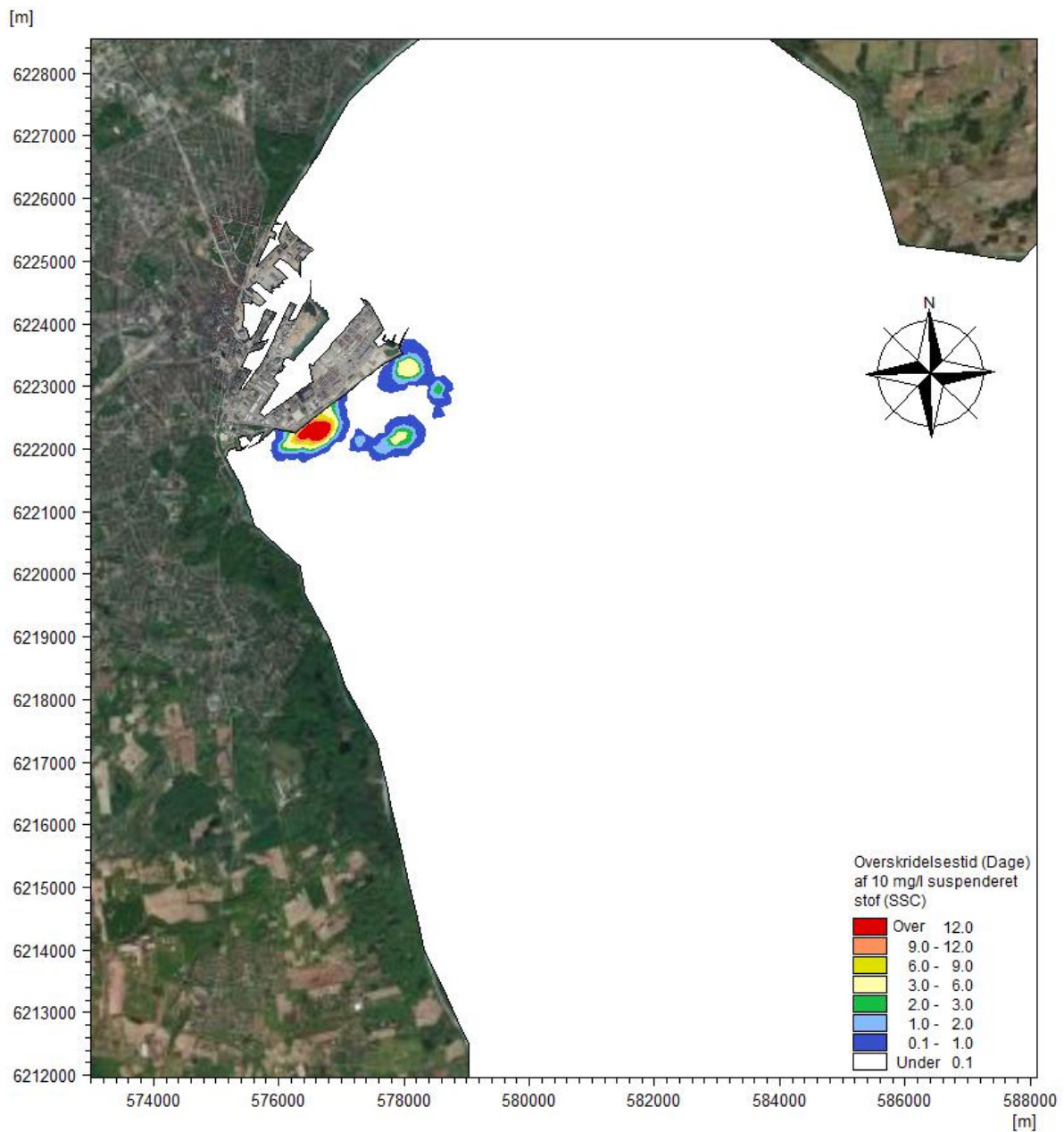
Figur 5-87 Bundskiftning moler + ReWater alt.2. Maksimal koncentration af suspenderet stof.

Overskridelsesvarigheden af 2 mg/l koncentrationen af suspenderet stof i middel over vanddybden er vist i nedenstående Figur 5-88. Figuren har en anderledes farvet signaturforklaring idet denne figur, som beskriver overskridelse af 2 mg/l grænsen beskriver forhold, hvor en sedimentfane er synlig for det menneskelige øje (hvis sedimentet er kalk). Kriteriet er dermed til den sikre side for kvaliteten af badevandet.



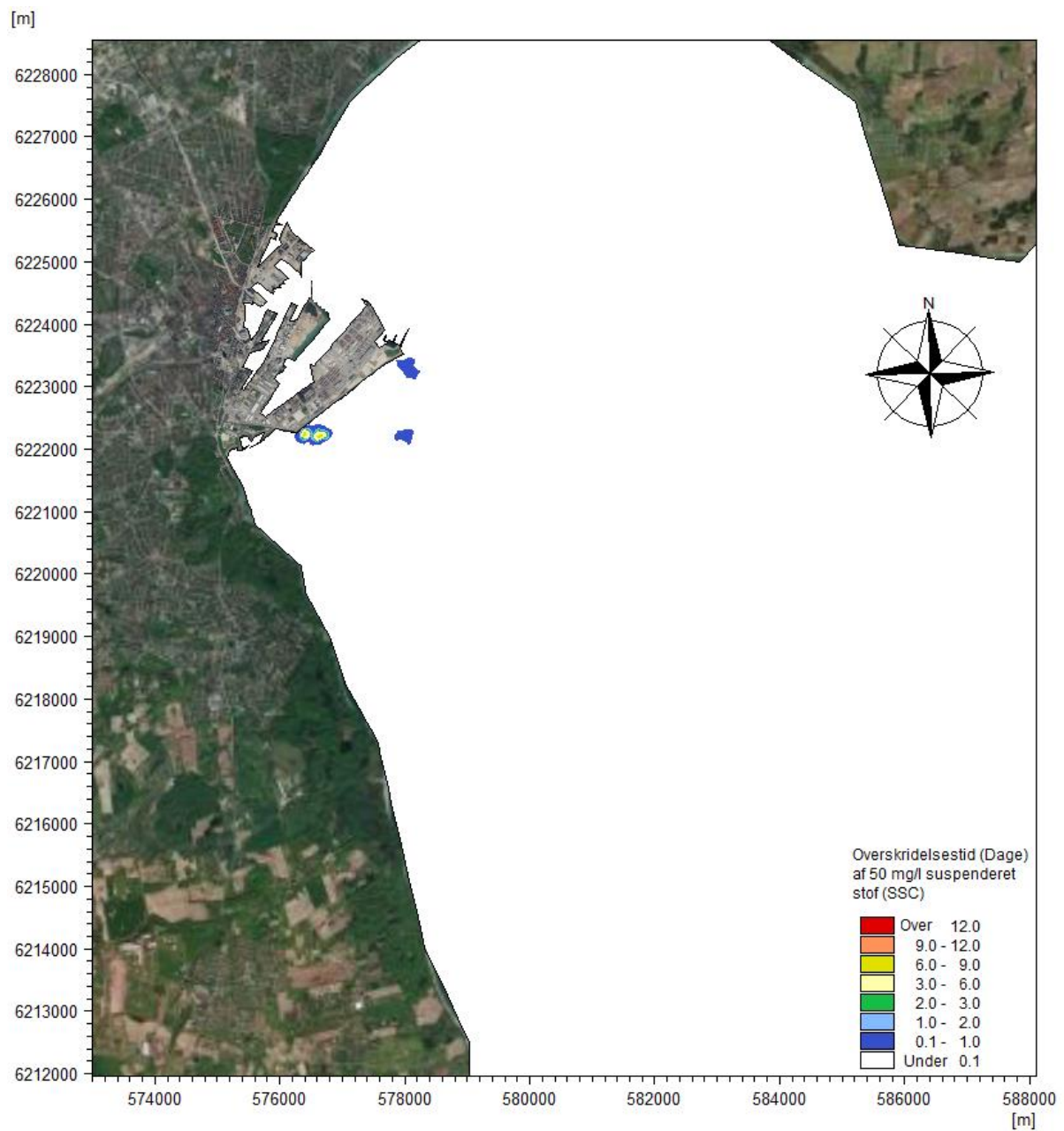
Figur 5-88 Bundudskiftning moler + ReWater alt.2. Overskridelsestid af 2 mg/l koncentrationen af suspenderet stof.

Overskridelsesvarigheden af 10 mg/l koncentrationen af suspenderet stof i mid-del over vanddybden er vist i nedenstående Figur 5-89.



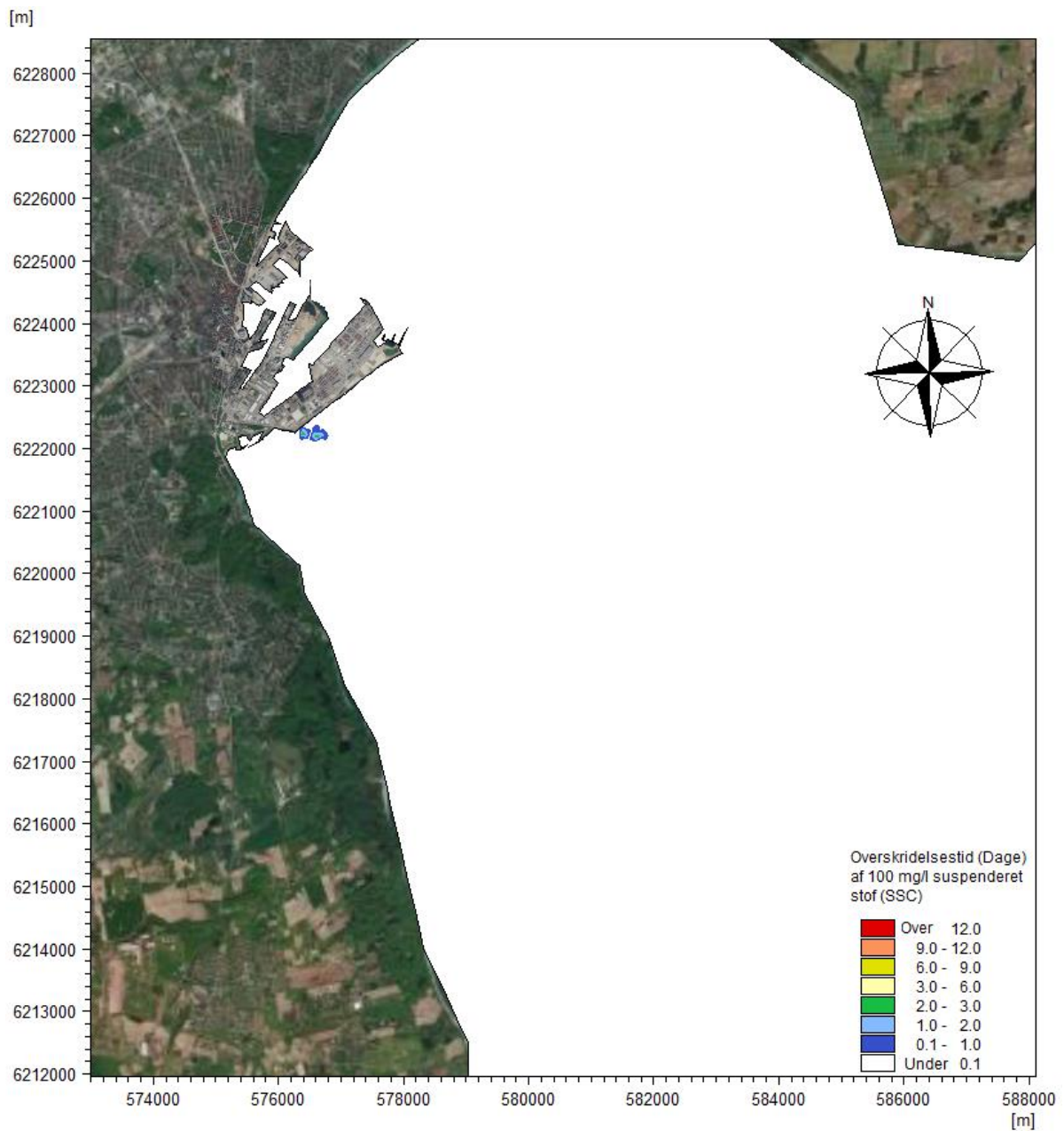
Figur 5-89 Bundudskiftning moler + ReWater alt.2. Overskridelsestid af 10 mg/l koncentrationen af suspenderet stof.

Overskridelsesvarigheden af 50 mg/l koncentrationen af suspenderet stof i mid-del over vanddybden er vist i nedenstående Figur 5-90.



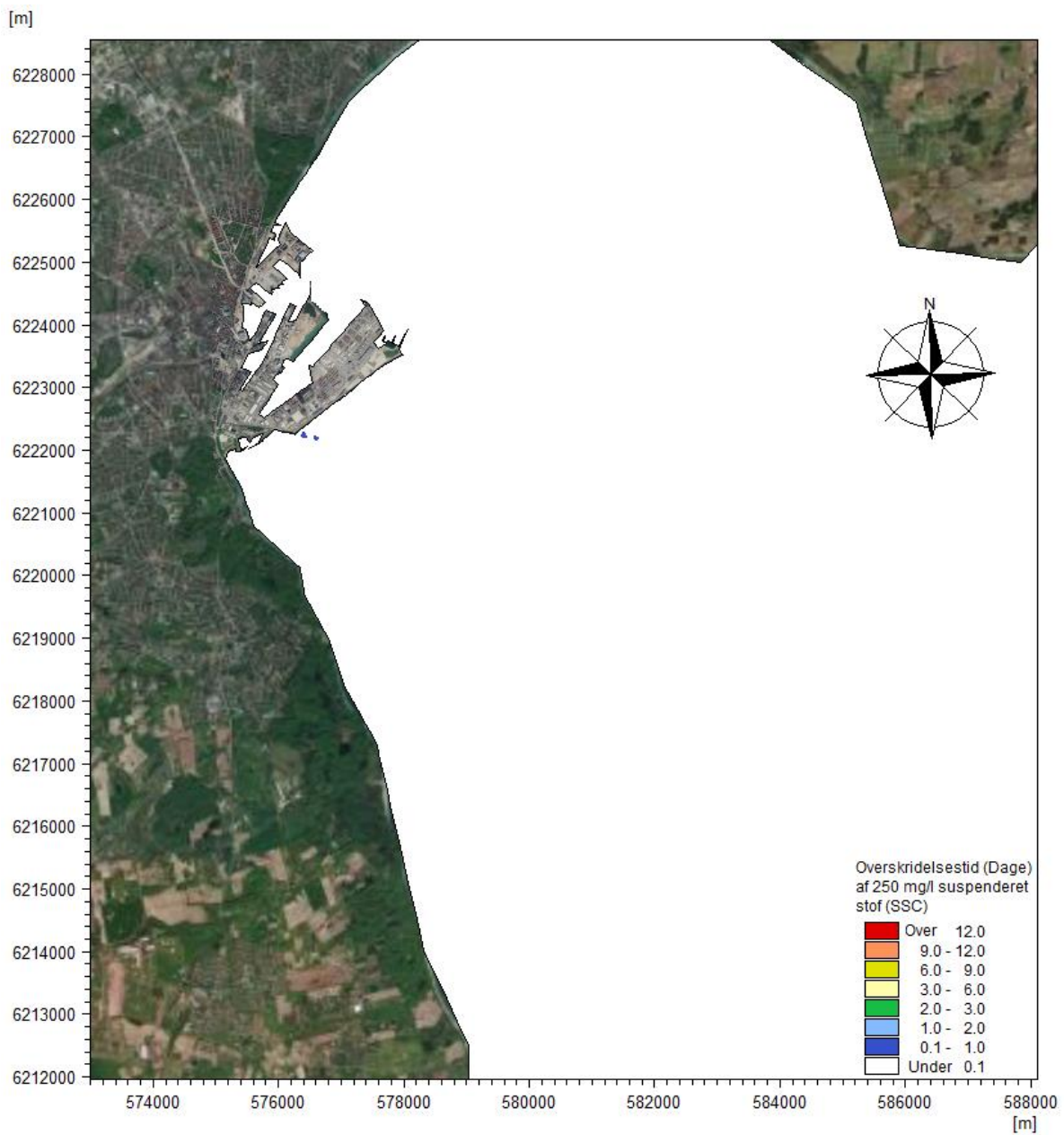
Figur 5-90 Bundudskiftning moler + ReWater alt.2. Overskridelsestid af 50 mg/l koncentrationen af suspenderet stof.

Overskridelsesvarigheden af 100 mg/l koncentrationen af suspenderet stof i middel over vanddybden er vist i nedenstående Figur 5-91.



Figur 5-91 Bundudskiftning moler + ReWater alt.2. Overskridelsestid af 100 mg/l koncentrationen af suspenderet stof.

Overskridelsesvarigheden af 250 mg/l koncentrationen af suspenderet stof i middel over vanddybden er vist i nedenstående Figur 5-92.

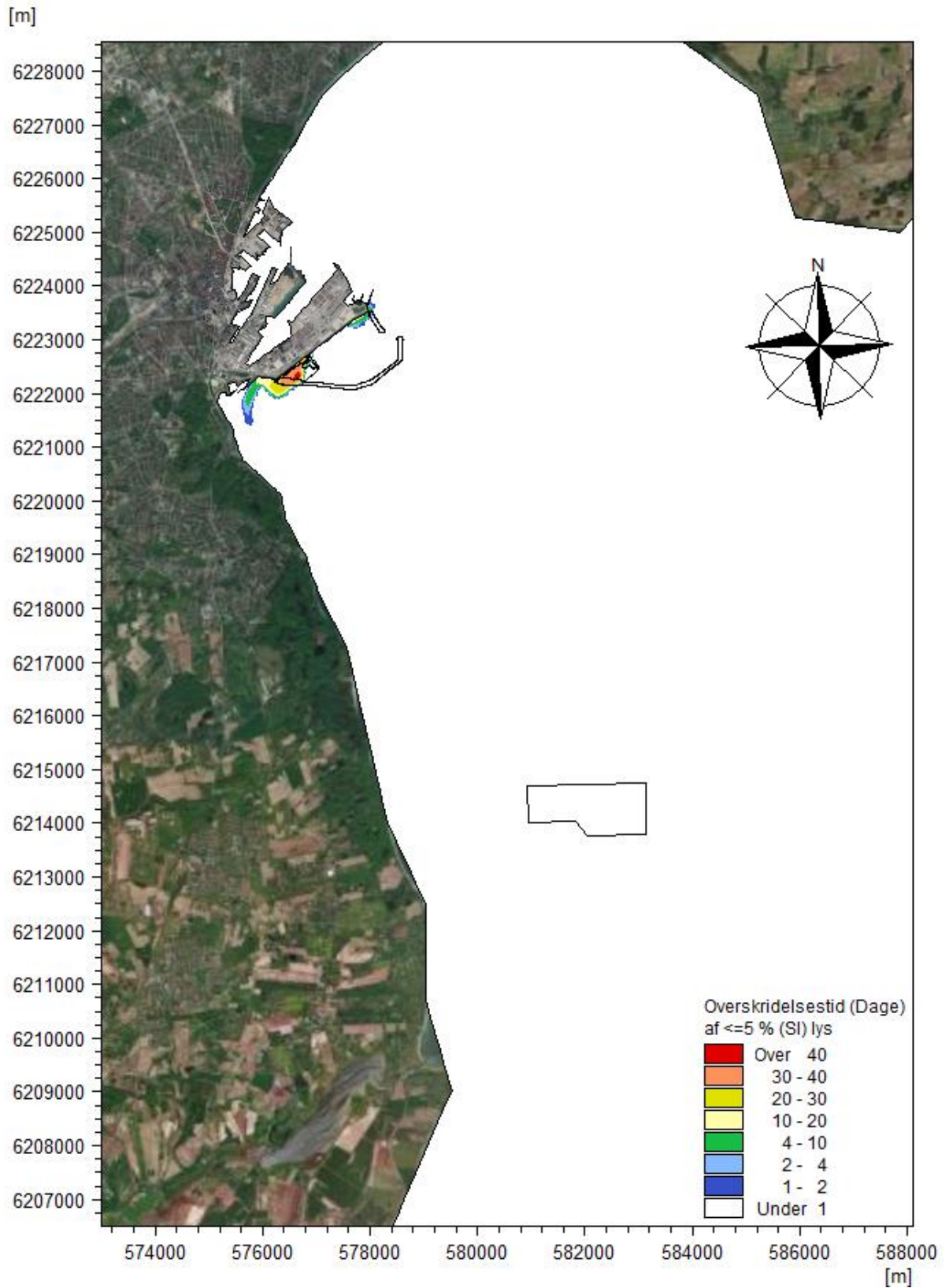


Figur 5-92 Bundudskiftning moler + ReWater alt.2. Overskridelsestid af 250 mg/l koncentrationen af suspenderet stof.

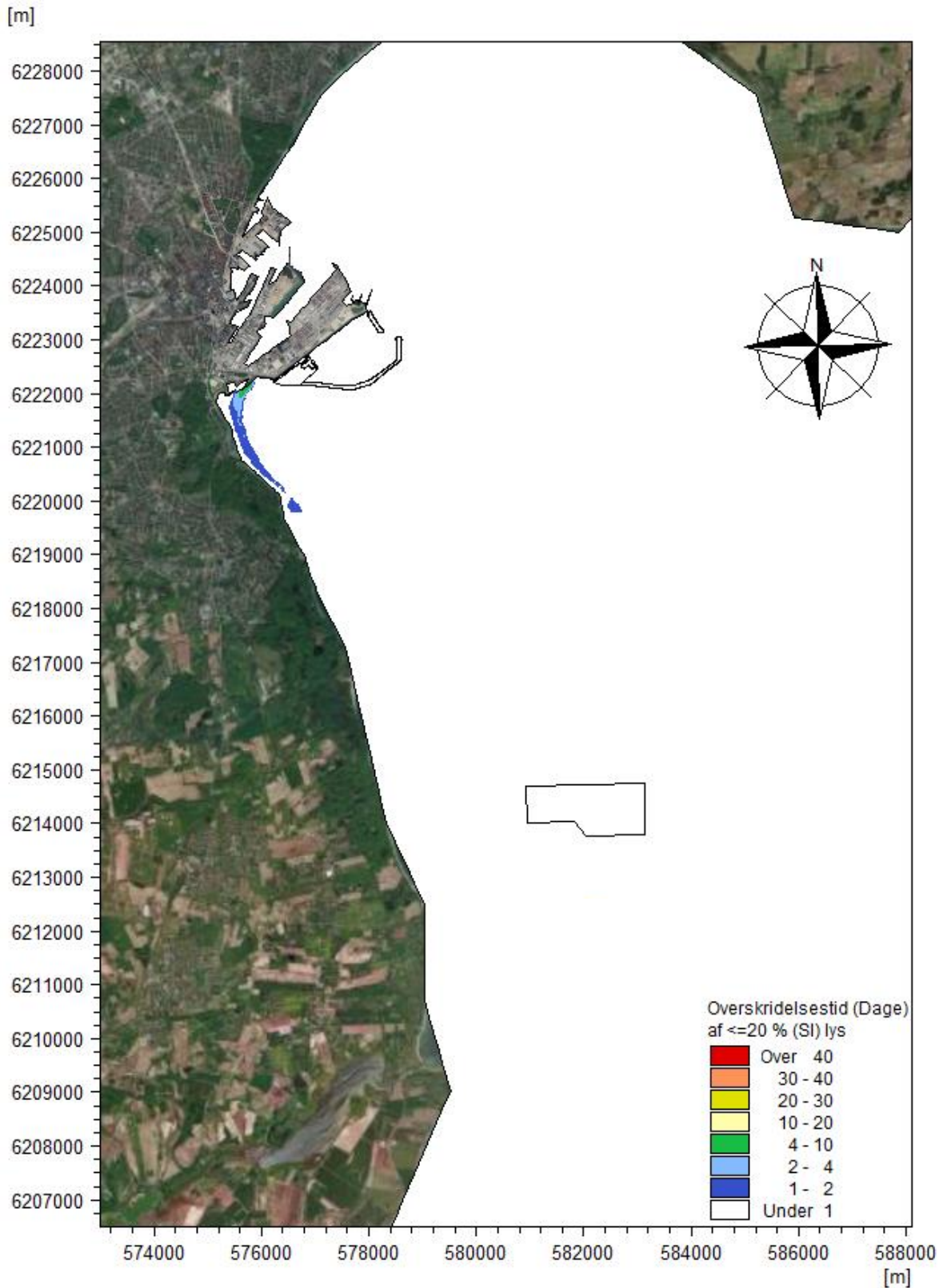
5.9.2 Lysforhold

Metoden til bestemmelse af effekten på lysforhold er beskrevet i afsnit 5.4.2.

I det følgende er områder og overskridelsesvarigheder modelleret for lysintensiteter ved havbunden på hhv. <5% og <20% lys på grund af projektet.



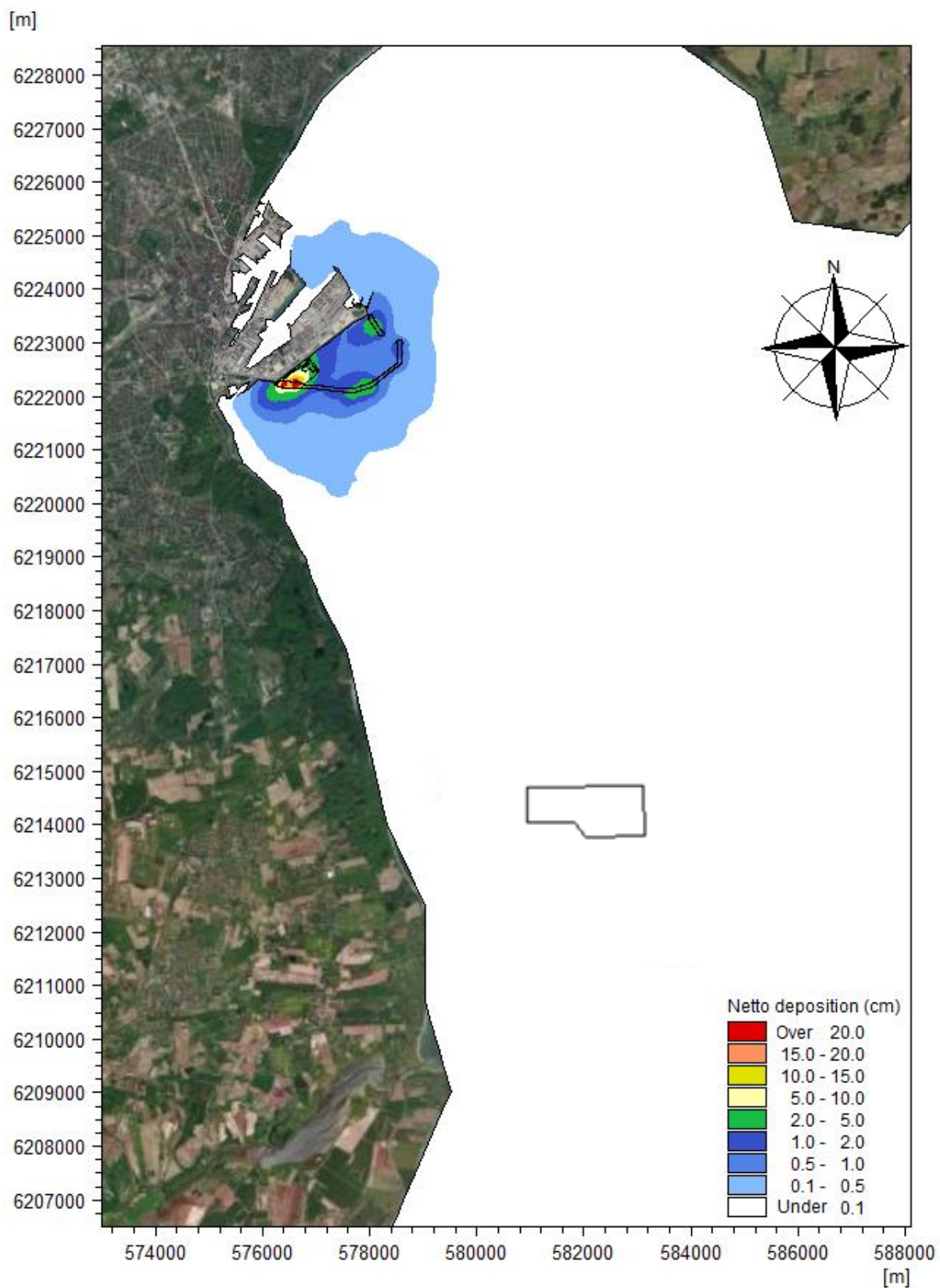
Figur 5-93 Bundudskiftning moler + ReWater alt.2. Områder og varigheder hvor lysindfaldet på havbunden på grund af projektets sedimentspild reduceres til mindre end 5% af lysindfaldet på overfladen



Figur 5-94 Bundudskiftning moler + ReWater alt.2. Områder og varigheder hvor lysindfaldet på havbunden på grund af projektets sedimentspild reduceres til mindre end 20% af lysindfaldet på overfladen

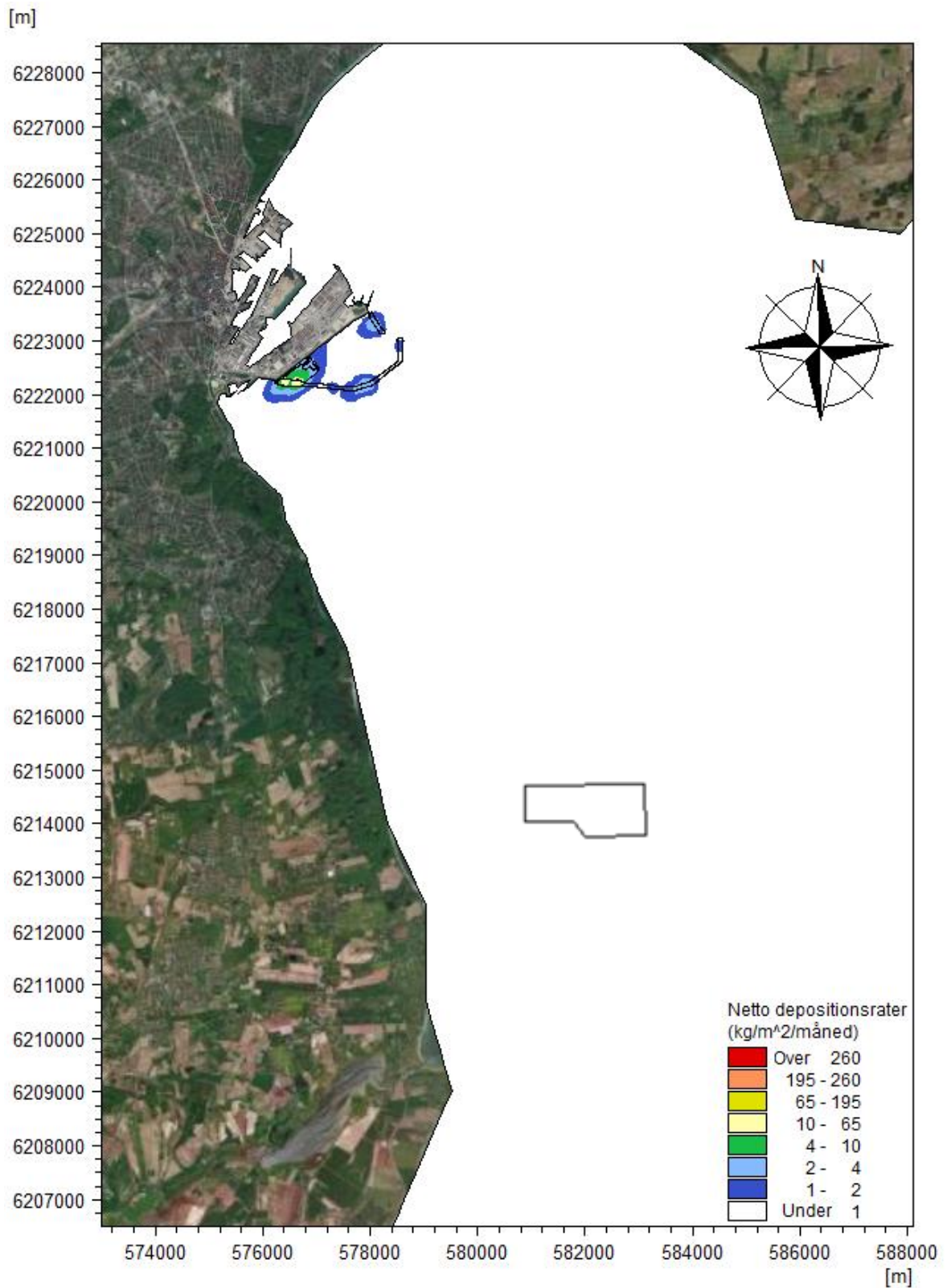
5.9.3 Deposition

Netto deposition på havbunden af sedimentpild efter afslutning af dette scenarier aktiviteter er vist i Figur 5-95. Med hensyn til forklaringen af de åbenbart høje depositions-rater på den vestlige lokalitet på trods af ensartet klappingsintensitet på de to klaplokaliteter henvises til afsnit 5.8.3.



Figur 5-95 Bundudskiftning moler + ReWater alt.2. Netto deposition efter afsluttet grave- og klappingsaktivitet. De sorte linjer indikerer grave- hhv. klappingsområder.

Netto depositions-rater af sedimentspild under dette scenarios aktiviteter er vist i Figur 5-96.



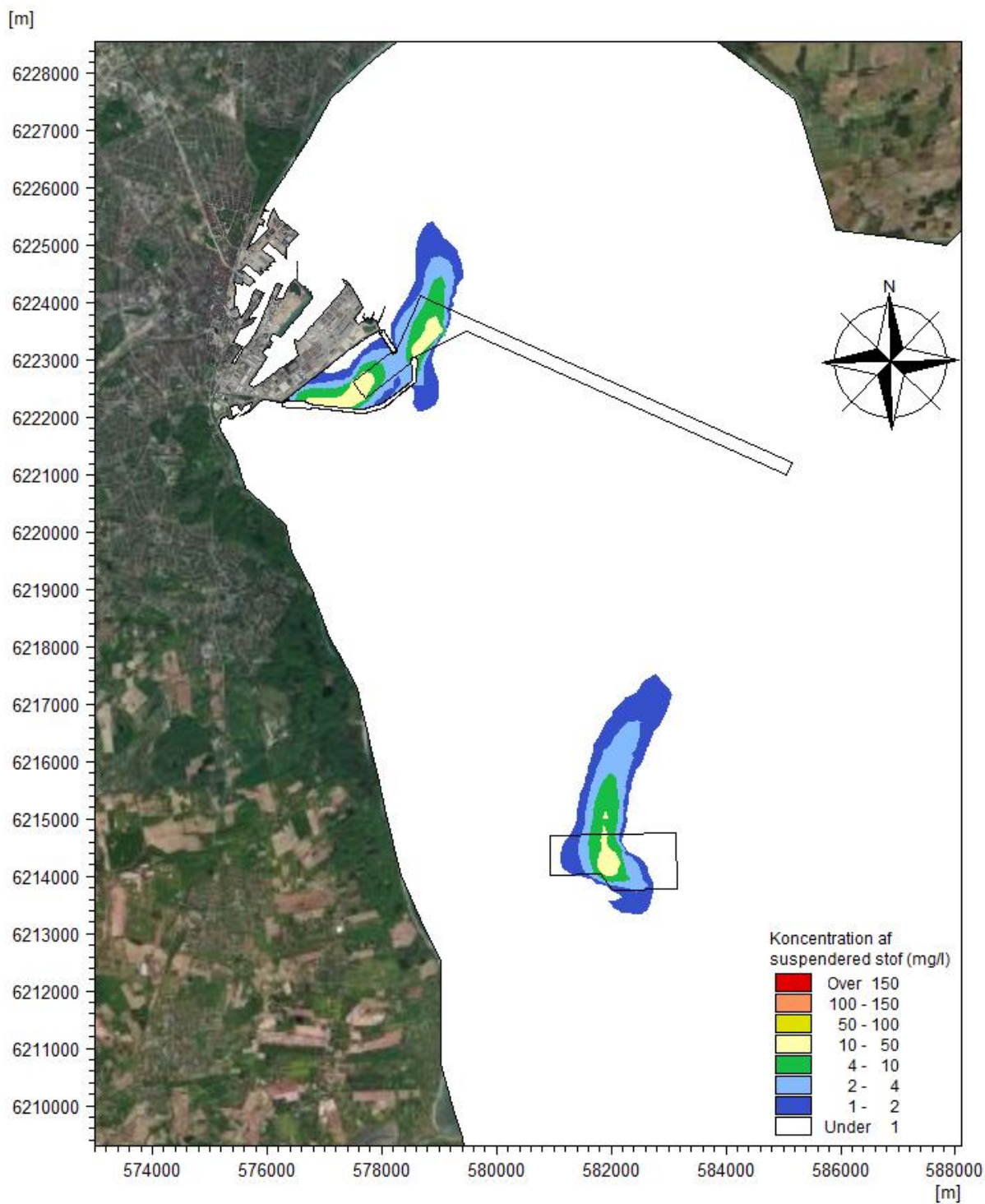
Figur 5-96 Bundudskiftning moler + ReWater alt. 2. Netto depositions-rater under grave- og klappingsaktivitet. De sorte linjer indikerer grave- hhv. klappingsområder.

5.10 Scenarie 10: Sejlrende og bassiner

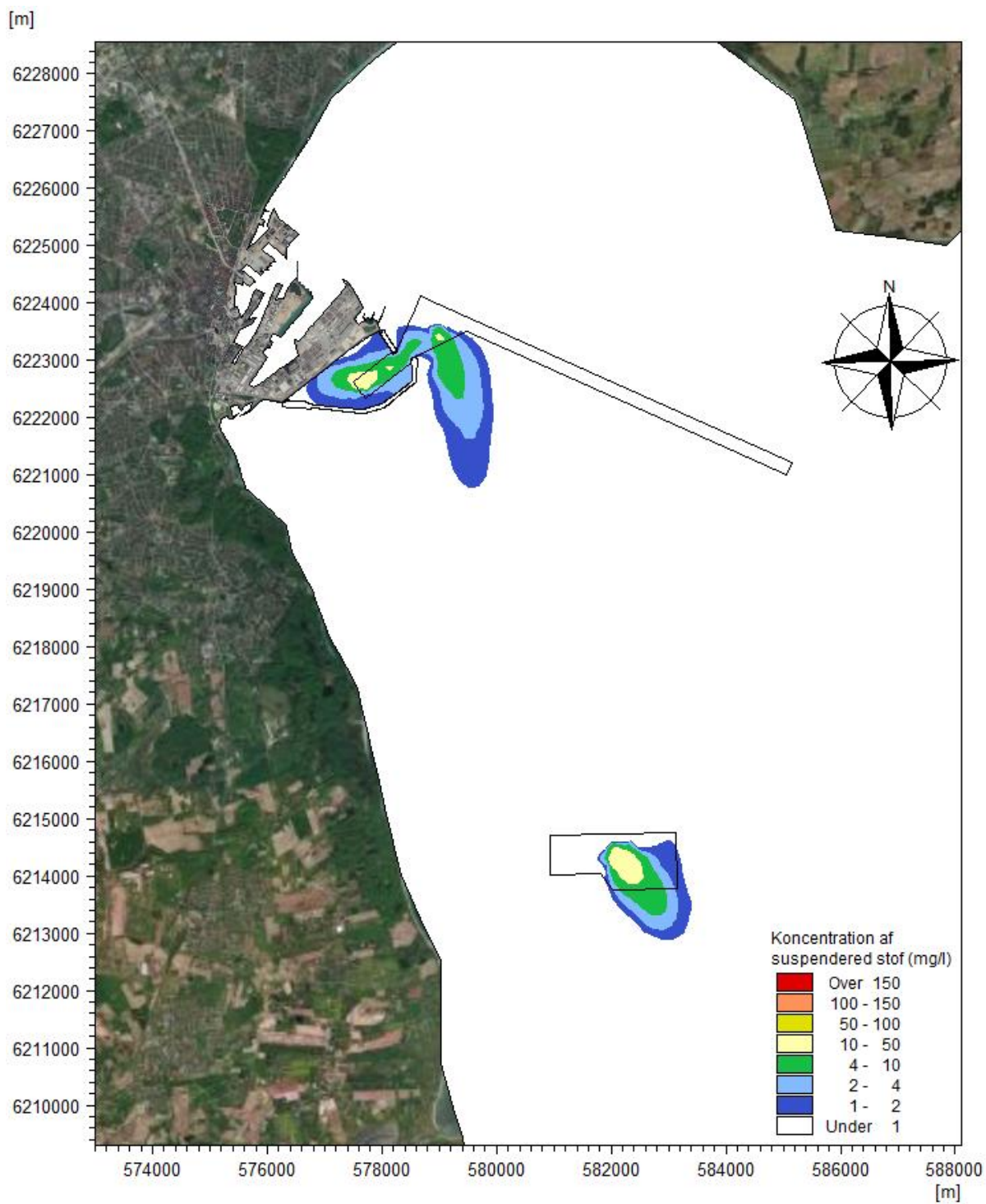
Modelscenarie 10 omfatter udgravning og klapning af havbund for sejlrenden, svajebassin og det nye havnebassin. Scenariet beskriver sedimentationsforholdene i graveområderne og på den påtænkte klappads. Varigheden er ca. 12 måneder.

5.10.1 Suspenderet stof koncentration

Udvalgte øjebliksbilleder af koncentration af suspenderet stof under forskellige strømsituationer er illustreret i nedenstående Figur 5-97 og Figur 5-98.

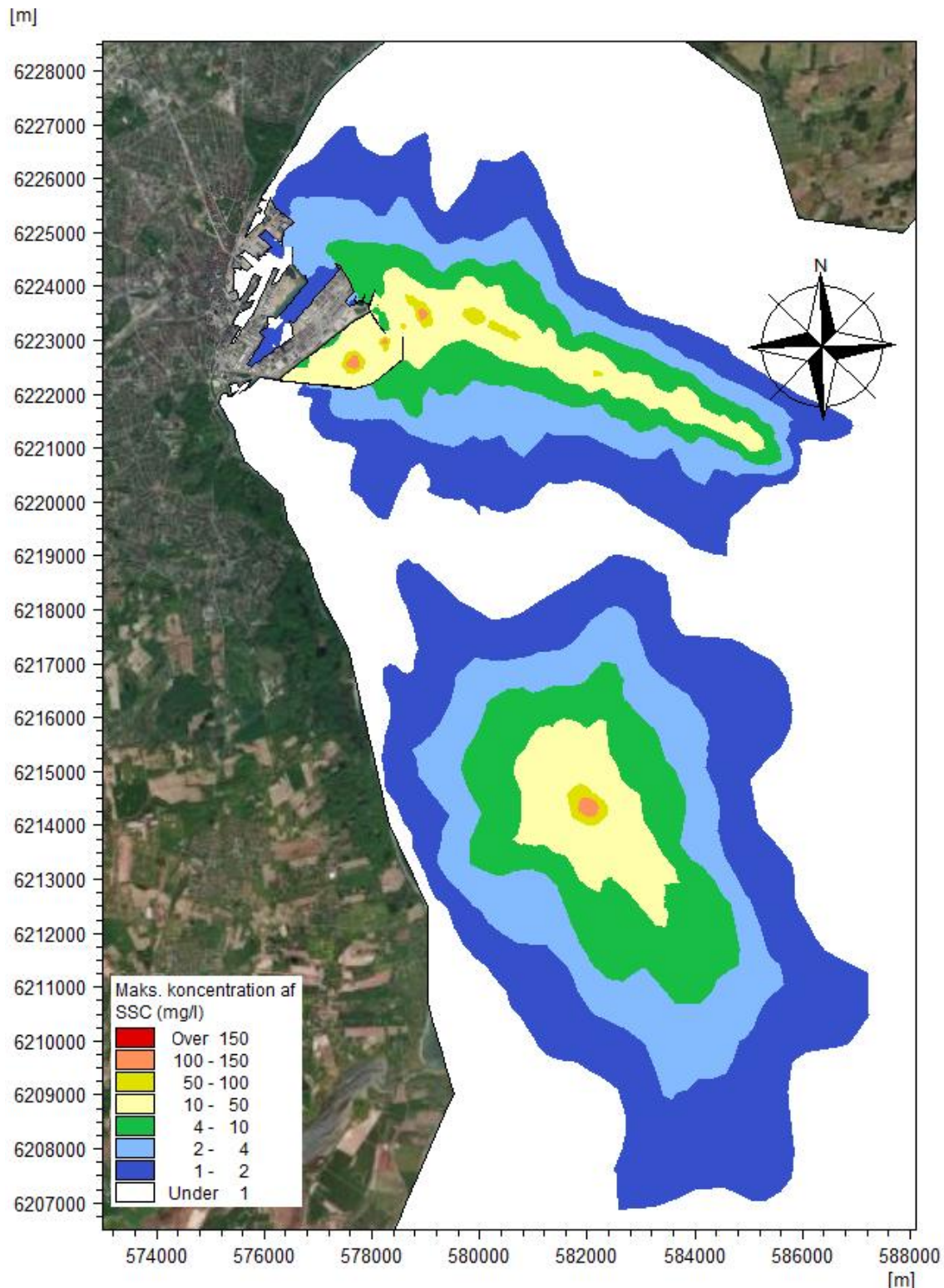


Figur 5-97 Scenarie 10: Sejlrende og bassiner. Øjebliksbillede af faneudbredelsen (middelværdi over dybden) ved gravearbejde ved nordgående strøm, 24. januar 2004 kl. 18. De sorte linjer indikerer grave- hhv. klappingsområderne.



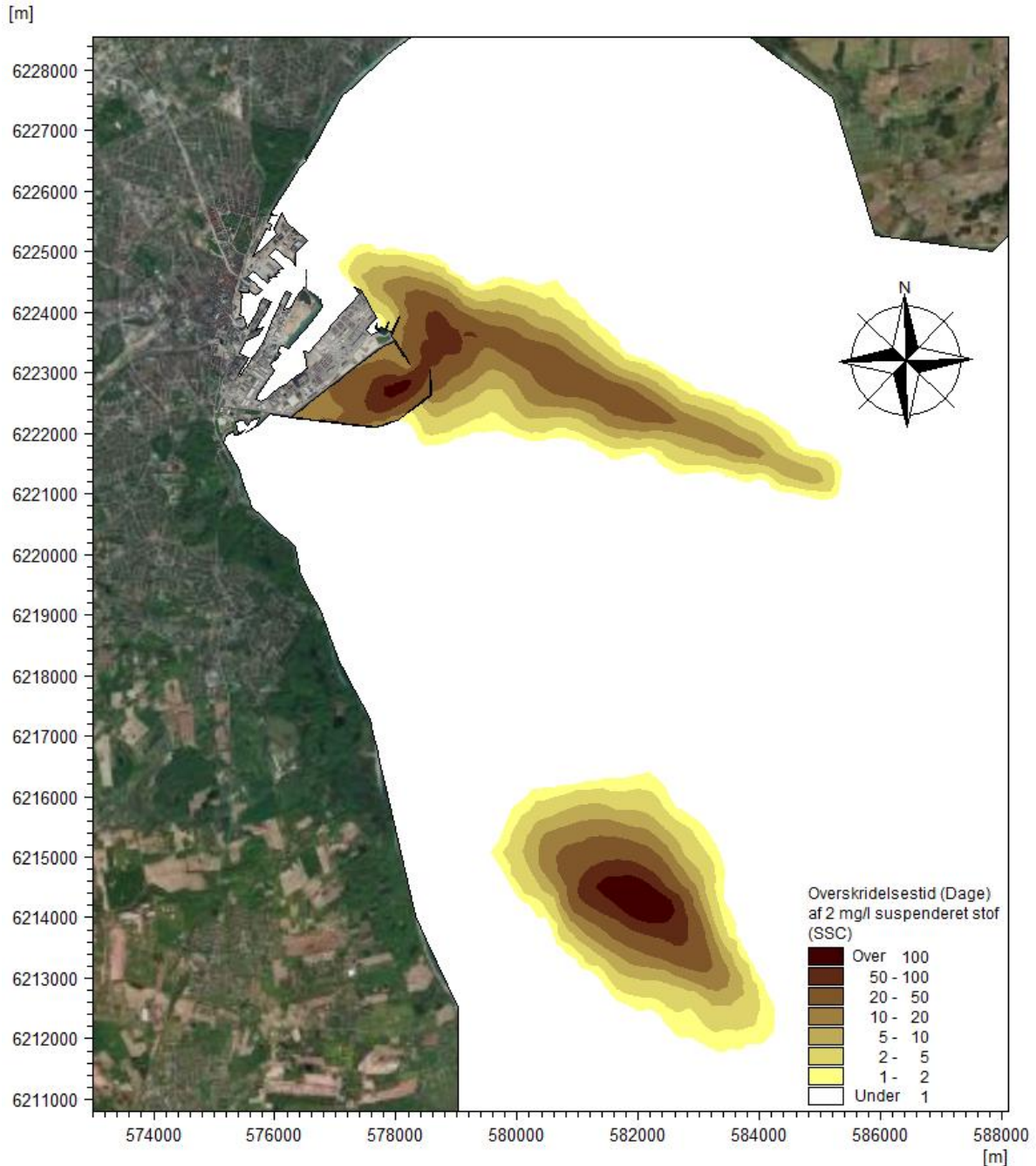
Figur 5-98 Scenarie 10: Sejlrende og bassiner. Øjebliksbillede af faneudbredelsen (middelværdi over dybden) ved gravearbejde ved sydgående strøm, 15. januar 2004 kl. 19. De sorte linjer indikerer grave- hhv. klappingsområderne.

De maksimale koncentrationer, modelleret for hele perioden på 11½ måneder for de aktiviteter, der er omfattet af Scenarie 10, er vist i nedenstående Figur 5-99. Det bemærkes, at Figur 5-99 viser den maksimale koncentration under hele modelleringsperioden i hvert punkt. Af dynamisk grunde vil det dermed være givet at de maksimale værdier aldrig vil kunne forekomme samtidig.



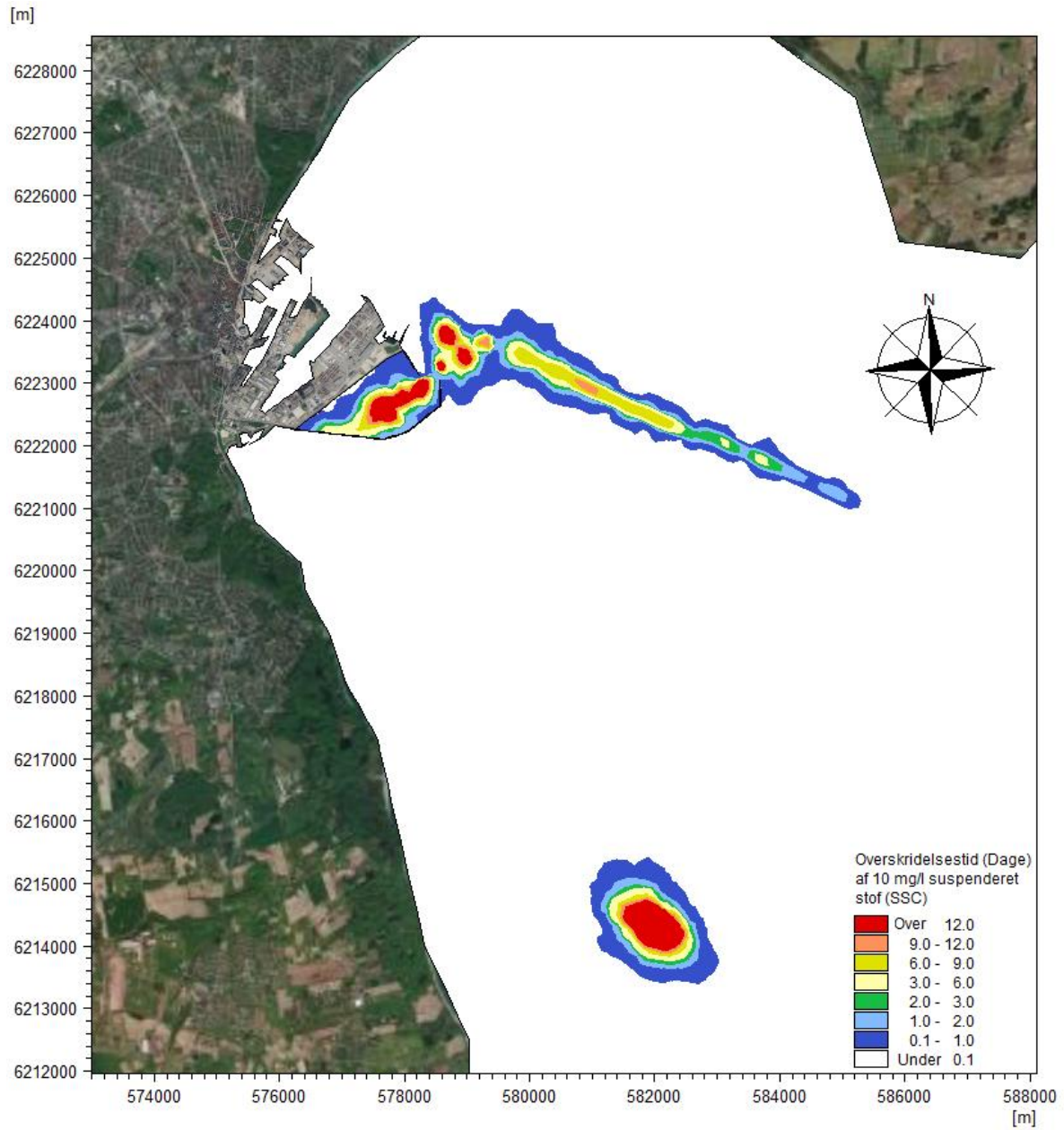
Figur 5-99 Scenarie 10: Sejlrende og bassiner. Maksimal koncentration af suspenderet stof.

Overskridelsesvarigheden af 2 mg/l koncentrationen af suspenderet stof i middel over vanddybden er vist i nedenstående Figur 5-100. Figuren har en anderledes farvet signaturforklaring idet denne figur, som beskriver overskridelse af 2 mg/l grænsen, beskriver forhold, hvor en sedimentfane er synlig for det menneskelige øje (hvis sedimentet er kalk). Kriteriet er dermed til den sikre side for kvaliteten af badevandet.



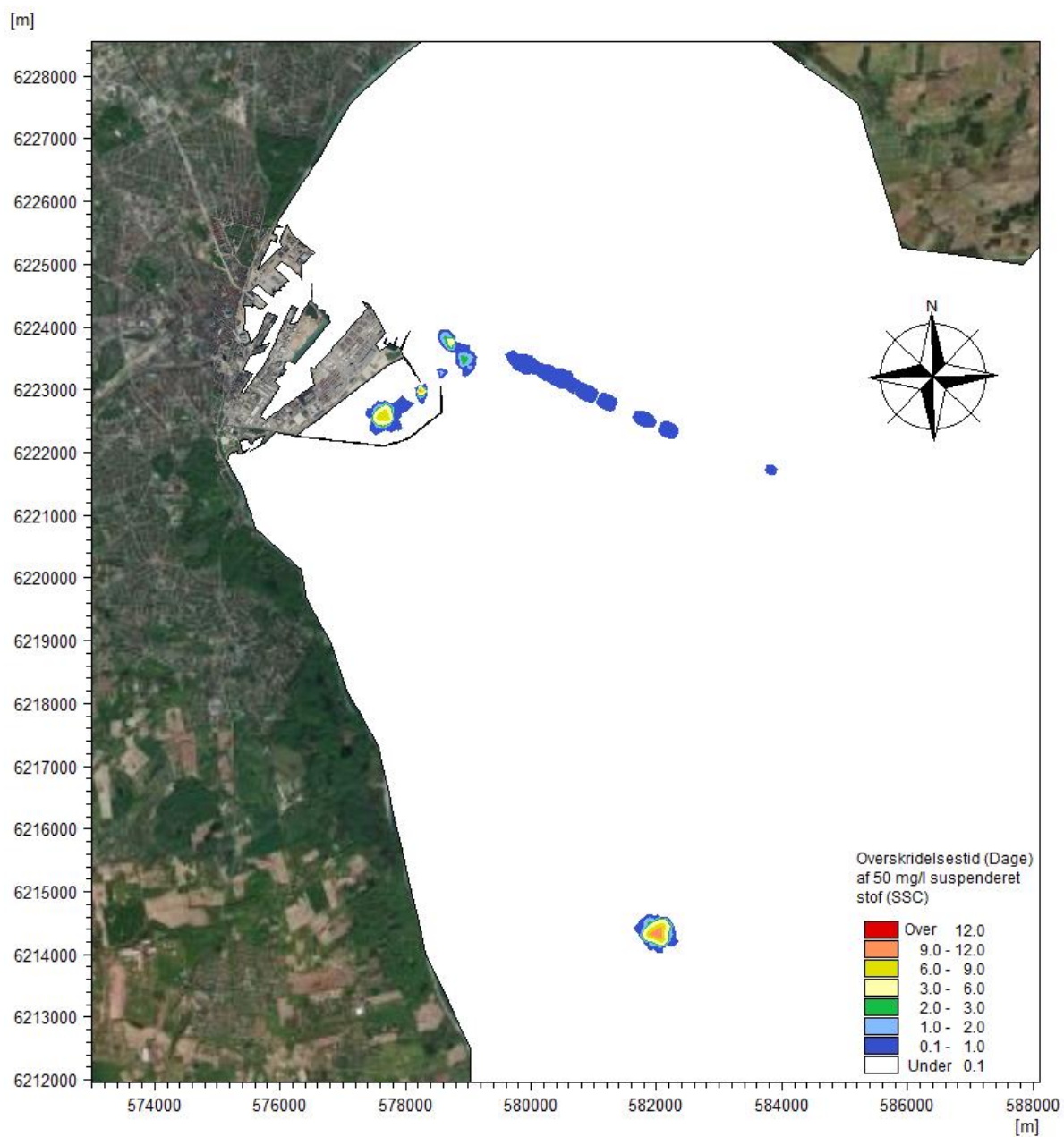
Figur 5-100 Scenarie 10: Sejlrende og bassiner. Overskridelsestid af 2 mg/l koncentrationen af suspenderet stof.

Overskridelsesvarigheden af 10 mg/l koncentrationen af suspenderet stof i mid-
del over vanddybden er vist i nedenstående Figur 5-101.



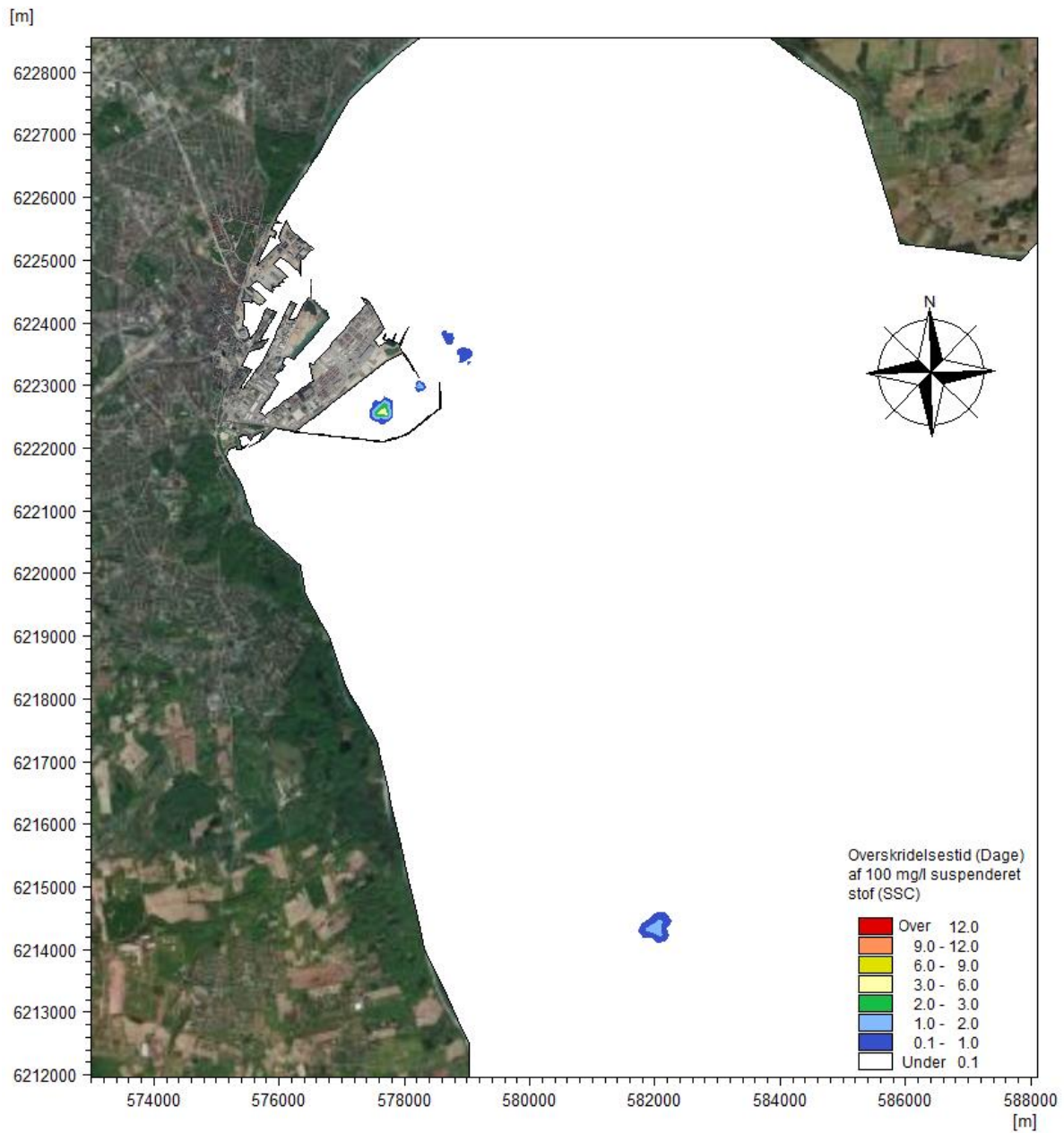
Figur 5-101 Scenarie 10: Sejlrende og bassiner. Overskridelsestid af 10 mg/l koncentrationen af suspenderet stof.

Overskridelsesvarigheden af 50 mg/l koncentrationen af suspenderet stof i middel over vanddybden er vist i nedenstående Figur 5-102.



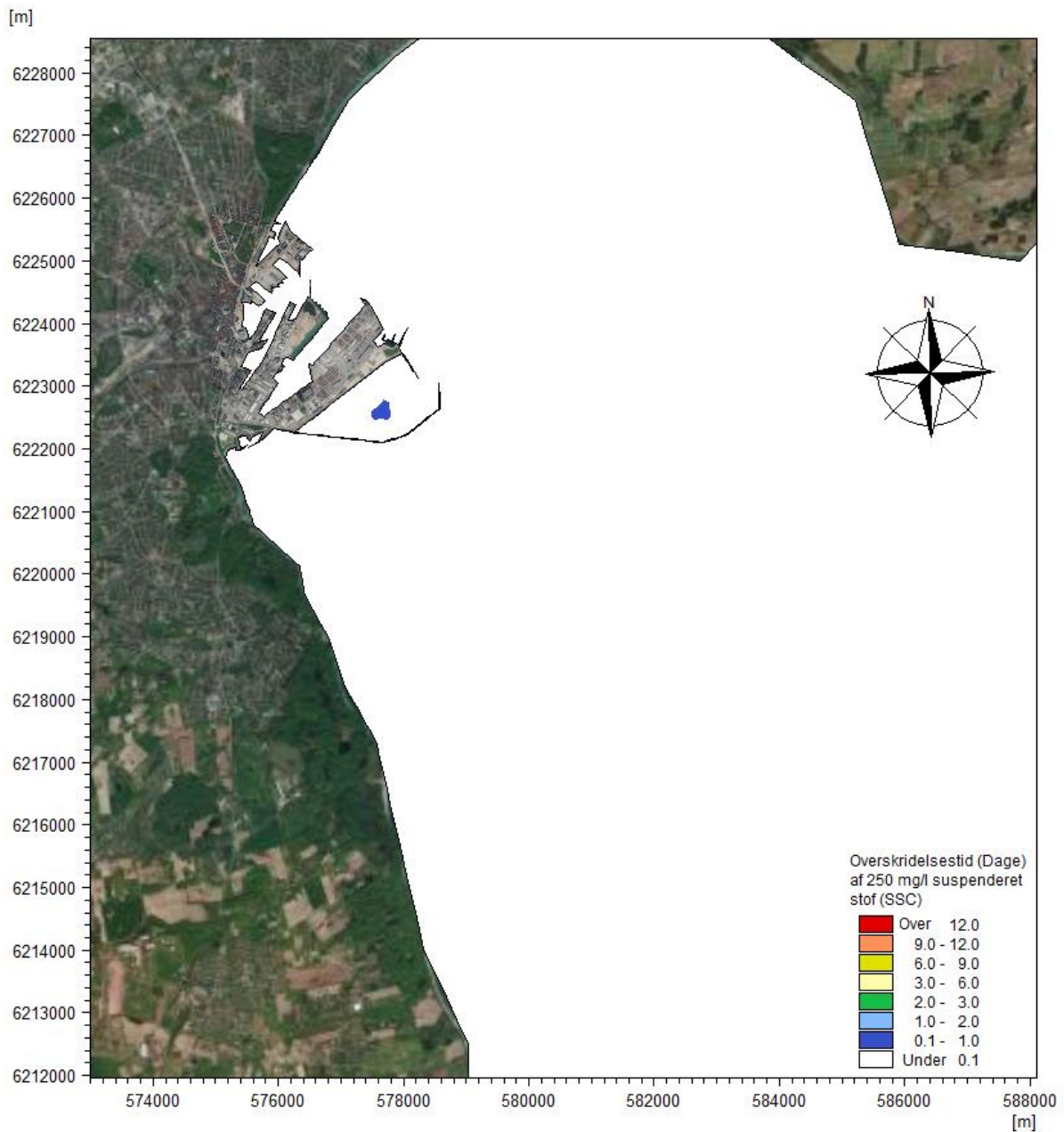
Figur 5-102 Scenarie 10: Sejlrende og bassiner. Overskridelsestid af 50 mg/l koncentrationen af suspenderet stof.

Overskridelsesvarigheden af 100 mg/l koncentrationen af suspenderet stof i middel over vanddybden er vist i nedenstående Figur 5-103.



Figur 5-103 *Scenario 10: Sejlrende og bassiner. Overskridelsestid af 100 mg/l koncentrationen af suspenderet stof.*

Overskridelsesvarigheden af 250 mg/l koncentrationen af suspenderet stof i middel over vanddybden er vist i nedenstående Figur 5-104.

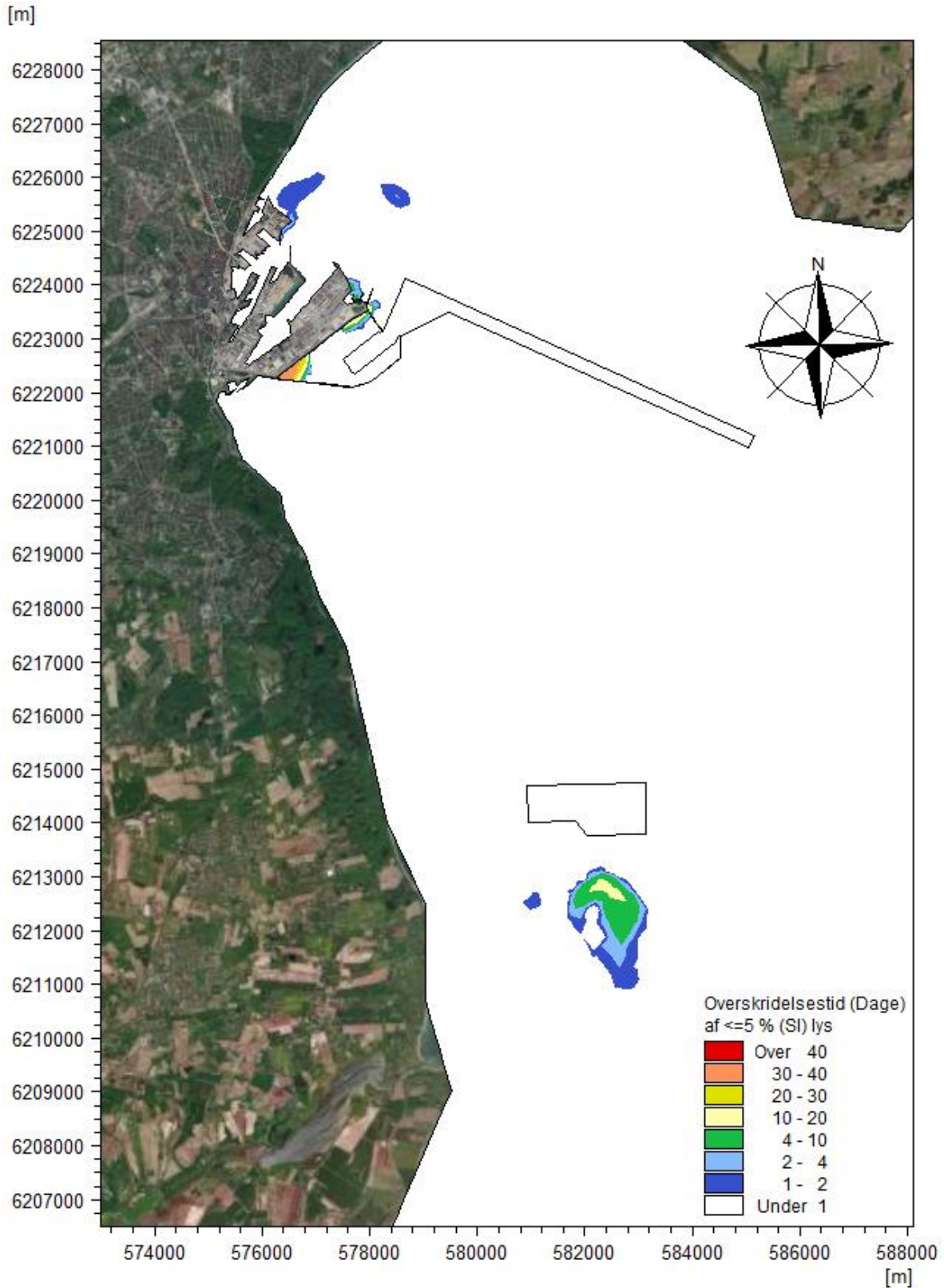


Figur 5-104 Scenarie 10: Sejlrende og bassiner. Overskridelsestid af 250 mg/l koncentrationen af suspenderet stof.

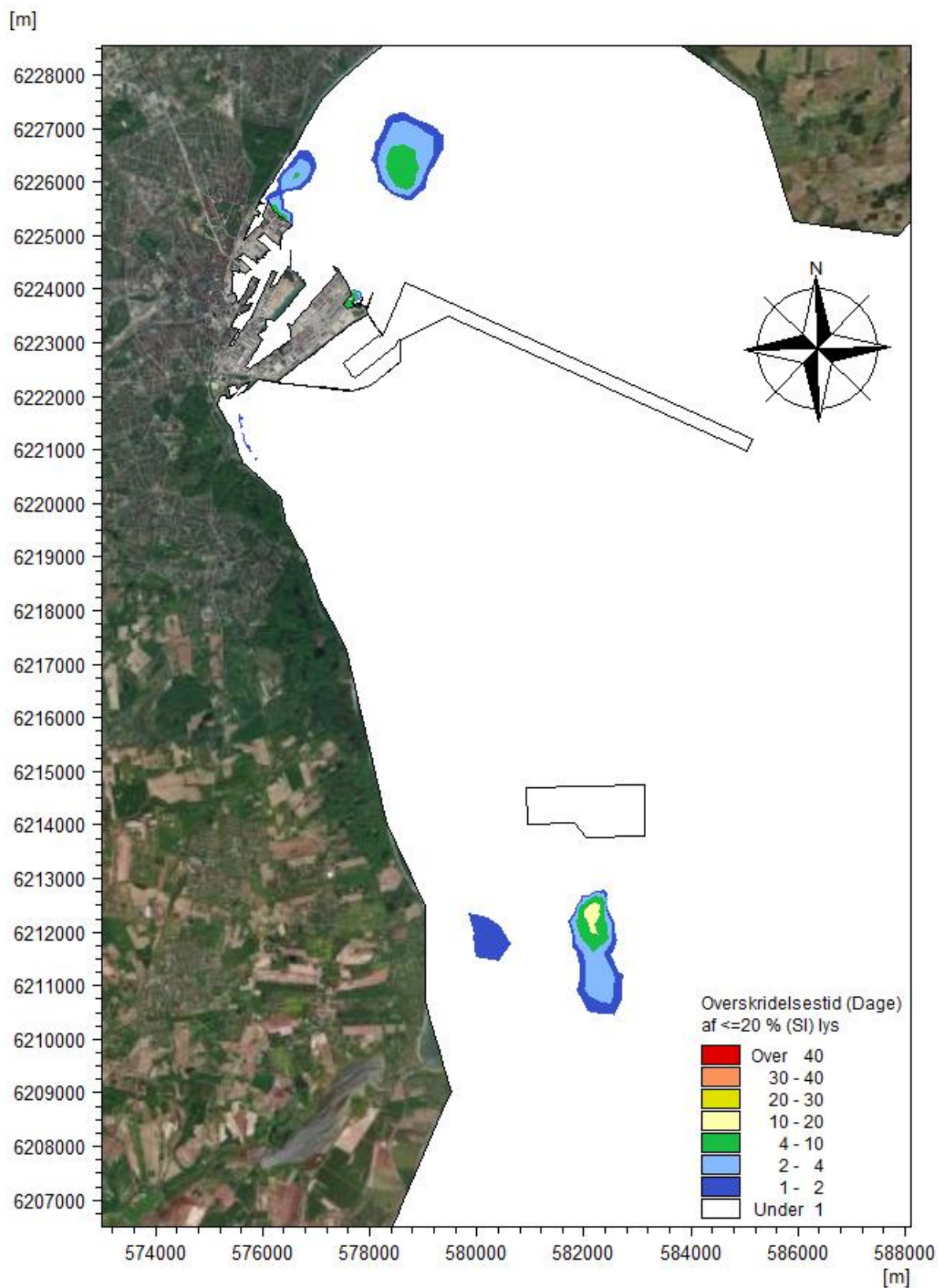
5.10.2 Lysforhold

Metoden til bestemmelse af effekten på lysforhold er beskrevet i afsnit 5.4.2.

I det følgende er områder og overskridelsesvarigheder modelleret for lysintensiteter ved havbunden på hhv. <5% og <20% lys på grund af projektet.



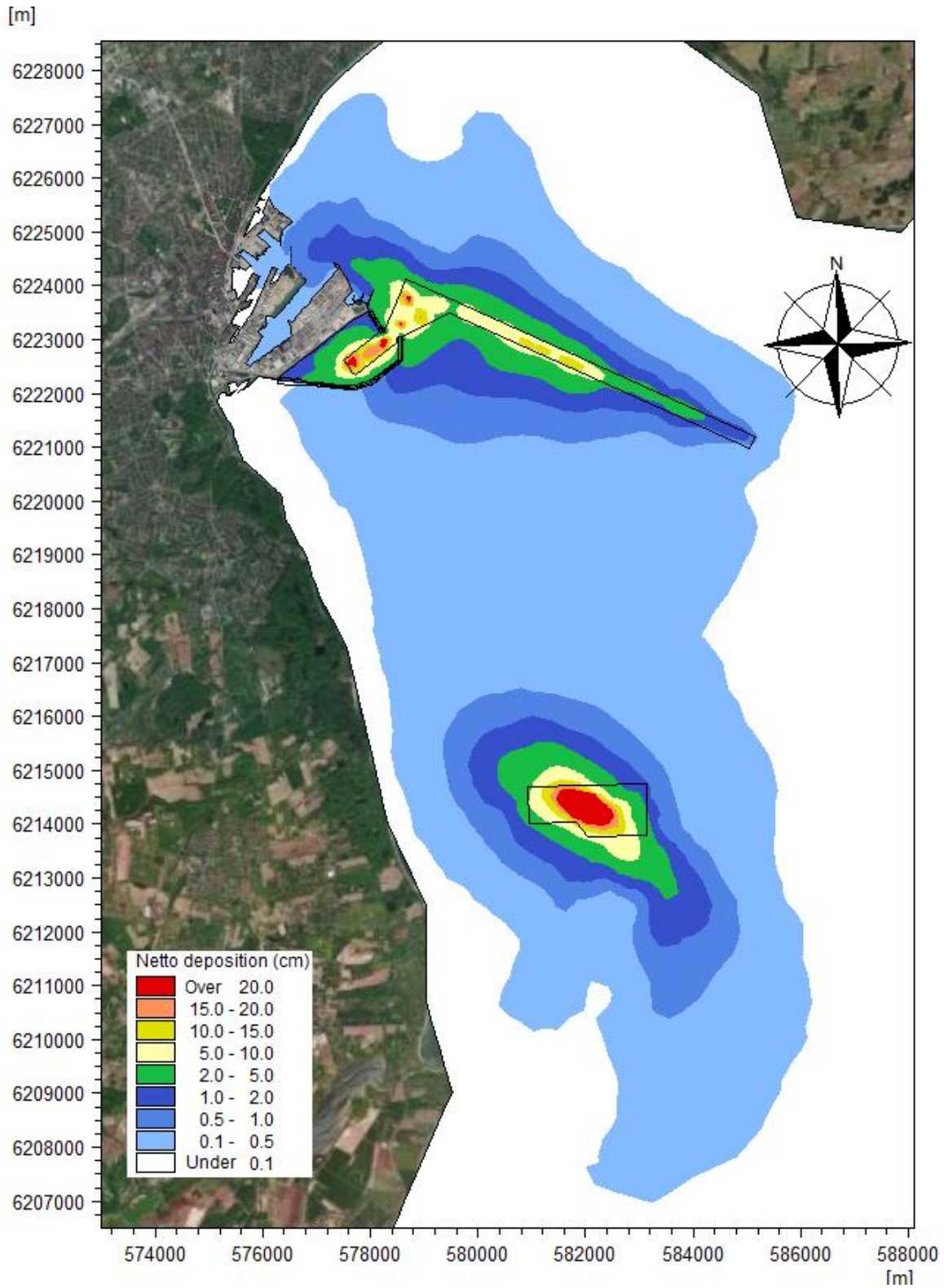
Figur 5-105 Scenarie 10: Sejlrende og bassiner. Områder og varigheder hvor lysindfaldet på havbunden på grund af projektets sedimentspild reduceres til mindre end 5% af lysindfaldet på overfladen



Figur 5-106 Scenarie 10: Sejlrende og bassiner. Områder og varigheder hvor lysindfaldet på havbunden på grund af projektets sedimentspild reduceres til mindre end 20% af lysindfaldet på overfladen

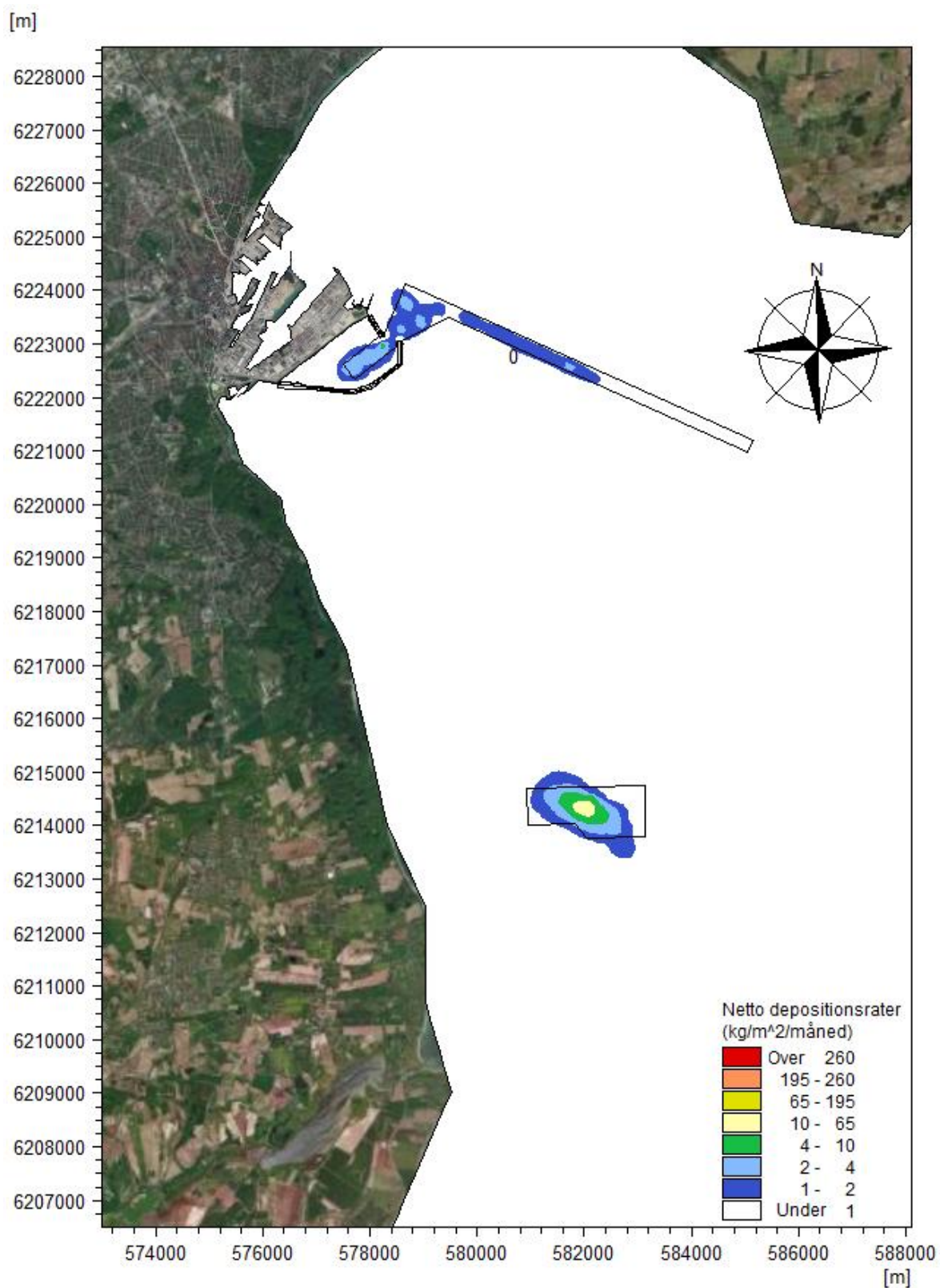
5.10.3 Deposition

Netto deposition på havbunden af sedimentpild efter afslutning af dette scenarier aktiviteter er vist i Figur 5-107.



Figur 5-107 Scenarie 10: Sejlrende og bassiner. Netto deposition efter afsluttet grave- og klavningsaktivitet. De sorte linjer indikerer grave- hhv. klavningsområder.

Netto depositions-rater af sedimentspild under dette scenarier aktiviteter er vist i Figur 5-108.



Figur 5-108 Scenarie 10: Sejlrende og bassiner. Netto depositions-rater under grave- og klappningsaktivitet. De sorte linjer indikerer grave- hhv. klappningsområder.

5.11 Scenarie 11: ReWater hovedforslag (med ydermole)

Med hensyn til klappingsaktiviteter er dette scenarie ikke relevant, da materiale fra ReWater vil blive klappet på separat klappplads ansøgt af Aarhus Vand A/S i forbindelse med ReWater projektet.

5.12 Scenarie 12: ReWater, alt.2 (med ydermole)

Med hensyn til klappingsaktiviteter er dette scenarie ikke relevant, da materiale fra ReWater vil blive klappet på separat klappplads ansøgt af Aarhus Vand A/S i forbindelse med ReWater projektet.

5.13 Scenarie 13: Lystbådehavn, alt.2 (med ydermole)

Med hensyn til klappingsaktiviteter er dette scenarie ikke relevant, da materiale fra ReWater vil blive klappet på separat klappplads ansøgt af Aarhus Vand A/S i forbindelse med ReWater projektet.

5.14 Usikkerhedsvurdering

Strømhastighed og -retning

På baggrund af sammenligning mellem vandstandsvariationerne ses at afvigelserne mellem model og målinger er relativ små, omkring 5%.

Mængdebestemmelse per fraktion

Mængder af havbundsmaterialer er bestemt på baggrund af nøjagtige indmålinger af havbunden. Ud over selve volumen skal usikkerheden af sedimenternes kornstørrelsesfordeling tages i betragtning. Samlet vurderes usikkerheden at være 5%.

Spildprocent ved gravearbejde

Der er valgt en spildprocent til den sikre side på 5%, hvor det kan forventes at der kan opnås en spildprocent på ned til 3½% ved anvendelse af stort udstyr og nænsom gravning.

Spildprocent ved klapping

Spildprocenten ved klapping er baseret på litteraturværdier der udviser en vis spredning. Procenten varierer mellem 5 og 7%

Fordeling af spild efter klapping

Efter den initiale klappingsproces, regnes der konservativt med at spildet fordeles jævnt over hele vandsøjlen. Det kan dog forventes at den største del af spildet vil foregå tæt på havbunde, hvor materialet efter frit fald gennem vandsøjlen rammer havbunden. En resulterende fordeling i den nedre halvdel af

vandsøjlen er dermed meget forventeligt. En fordeling på mellem den hele og den halve vanddybde er dermed forventeligt.

Dispersion

Dispersionen er bestemt ved traditionelt anvendte værdier. Usikkerheden på denne koefficient skønnes på 10%

Faldhastigheder

Faldhastighederne er bestemt efter en hyppigt anvendt metode til beskrivelse af flokkuleringsprocessen af finkornet materiale. Den resulterende usikkerhed skønnes til ca. 10%.

Resuspension

Resuspensionen af sedimentkorn der er blevet sedimenteret på havbunden og som hvirvles op ved tiltagende strømhastighed, hvorefter de aflejres igen under rolige forhold. Denne proces er beskrevet med de formler og standard koefficienter der er angivet i MIKE3 systemets Mud Transport-modul. Usikkerheden af de anvendte parametre er dermed forholdsvis lav.

Lysdæmpning

Lysdæmpningen er ligeledes baseret på generelle litteraturværdier og deres usikkerhed skønnes dermed til 10%.

En samlet oversigt over de forskellige nøgleparametre og deres skønnede usikkerheder er givet i nedenstående tabel.

Tabel 5-2 Samlende list over parametre, deres relative usikkerhed og den samlede usikkerhed

Parameter	Usikkerhedsinterval	Relativ usikkerhed (%)
Strømhastighed og -retning		±5
Mængdebestemmelse per fraktion		±5
Spildprocent ved gravearbejde (%)	3,5-5	-30 til 0
Spildprocent ved klappning	5-7	±17
Fordeling af spild i vandfasen ved klappning	½-1	-50 til 0
Dispersion		±10
Faldhastigheder		±10
Re-suspensionsparametre		±10
Lysdæmpningsparametre		±10

Et overordnet skøn af den resulterende usikkerhed er, at den ligger på ca. ±20% for sedimentparametre (koncentrationer, og overskridelsestider for bestemte koncentrationer samt sedimentation og sedimentationsrater) og på en lidt større usikkerhed på ca. ±30% for overskridelser af lysdæmpningsparametre.

6 Referencer

- /1/ **COWI**
A104076-PD-93:Geoteknisk vurderingsrapport – Yderhavn_v1.0
 2020.
- /2/ **COWI**
Udvidelse af Aarhus Havn, numerisk modellering af strømforhold. For Aarhus Havn, A104076-PD-013.
 2019.
- /3/ **Beer, S. . W. Y.**
Effects of light and pressure on photosynthesis in two seagrasses Aquatic Botany, vol. 13, pp. 331-337,
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0304377082900687>, 1982.
- /4/ **Christian, D. . S. .**
Relative influence of various water quality parameters on light attenuation in Indian River Lagoon
Estuarine coastal and shelf science, vol. 57, pp. 961-971, February 2002.
- /5/ **Great Belt A/S**
Environment 1994
 1994.
- /6/ **Valeur, J.**
Measurements and Modelling of Sediment Spreading in Øresund: Purpose, Methods, Results and Experiences
 FBC, Copenhagen S, Kap. 5-5. p 5-6, 2000.
- /7/ **Burt T.N., L. J. a. O. J.**
Measurement of Sediment Release from a Grab Dredge in the River Tees, UK, for the Calibration of Turbidity Prediction Software
 Proc. 18th World Dredging Conference, Orlando, May 2007.
- /8/ **Fehmarnbelt Environmental Monitoring and Consultancy**
Methodik und Daten für die Modellierung der Sedimentverdriftung
 FEMO-01TN0016 R2, p 29, DHI, Agern Alle 5, 2970 Hørsholm, Denmark., 2018.
- /9/ **Parry, S.**
Natural and anthropogenic effects on offshore suspended sediment loads in Hong Kong; implications for dredging
 Geotechnical Engineering, Ho & Li (Eds), Swets & Zeitinger, Lisse, 2001.
- /10/ **Dredging Research Ltd**
The use of acoustic doppler current profilers to measure suspended sediment
 Geo Report No. 85. , Prepared for Government of the Hong Kong Special Administrative region. Hong Kong , 1996.
- /11/ **US Army Corps of Engineers**
Ocean Dredged Material Disposal Site (ODMDS) Authorization and Short-Term FATE (SFATE) Model Analysis
 ERDC TR-16-2, March 2016.

- /12/ **DCE**
Overfladevandsdatabasen (au.dk), Aarhus Universitet, DCE- Det nationale Center for Miljø og Energi, Miljø- og Fødevarerministeriet 2021.
- /13/ **DHI**
MIKE MT 2014 reference manual, 2014th edition 2014.
- /14/ **Yang, C. T.**
Erosion and Sedimentation Manual, U.S. Department of Interior
<http://www.usbr.gov/pmts/sediment/kb/ErosionAndSedimentation/>, 2006.
- /15/ **van Rijn, L.**
Principles of Sediment Transport in Rivers, Estuaries and Coastal Seas
The Netherlands : Aqua Publications, 1993.
- /16/ **DMI**
Observationer fra DMI´s målestationer i Danmark og Grønland
<https://www.dmi.dk/friedata/observationer/>, 2021.
- /17/ **DHI**
Metocean data portal
Online: <https://www.dhigroup.com/marine-water/metocean-data-portal/>, accessed 10 December 2018.
- /18/ **StormGeo**
StormGeo - Freedom to Perform
Online: <http://www.stormgeo.com/>, accessed 18 December 2018.
- /19/ **Whitehouse, R. S. R. R. W. a. M. H.**
Dynamics of estuarine muds. A manual for practical applications
Thomas Telford, 2000.
- /20/ **DHI**
MIKE MT 2014 reference manual, 2014th edition
.
- /21/ **Yang, C. T.**
Erosion and Sedimentation Manual
U.S. Department of the Interior,
<http://www.usbr.gov/pmts/sediment/kb/ErosionAndSedimentation/>,
November 2006.
- /22/ **Femern A/S**
Methodik und Daten für die Modellierung der Sedimentverdriftung
Prepared by Fehmarnbelt Environmental Monitoring and Consultancy
FEMO, DHI, Agern Alle 5, Dk 2970 Hørsholm, 2018.
- /23/ **Kullback, S. and Leibler, R. A.**
On information and sufficiency
Annals of Mathematical Statistics, vol. 22, no. 1, p. 79–86, 1951.

Appendix A Udvælgelse af modelperiode

Det bemærkes, at en modelperiode til vurdering af miljøforhold typisk omfatter repræsentative forhold. Den fysiske påvirkning af f.eks. sedimentation skal ses på baggrund af rolige og typiske oceanografiske forhold for på bedste vis at kunne vurdere projektets virkning på miljøet.

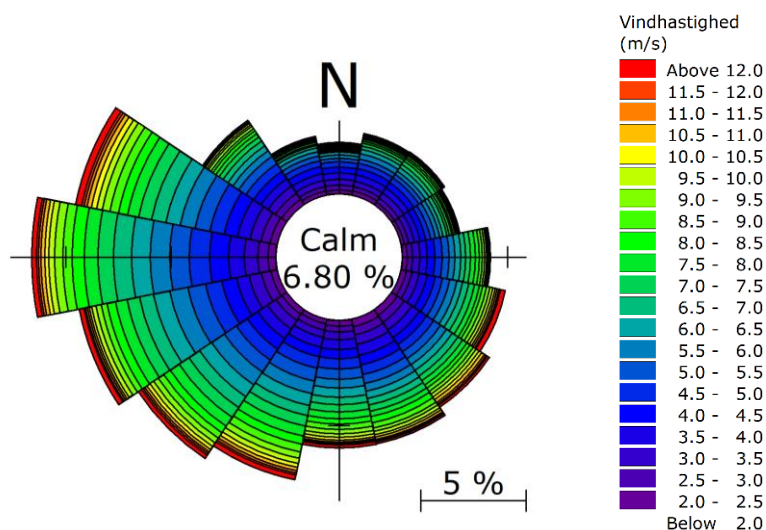
På baggrund af erfaringer fra de tidligere faser i dette projekt /2/ er det observeret, at strømforholdene (ud over af tidevandet) i høj grad er styret af de aktuelle vindforhold. Dette gælder såvel for området hvor der graves som for området hvor der klappes havbundsmaterialer. Derfor er vinddata anvendt for at udvælge en typisk og repræsentativ modelperiode.

Vinddata består af tidsserier af vindhastighed og vindretning på time basis som felter over modelområdet. Data er modelleret af HIRLAM modellen, som udmærker sig med en høj opløselighed og høj nøjagtighed. Der er anvendt en tidsserie på i alt 11 år mellem 2003 og 2013 (begge år inklusive).

To forskellige statistiske metoder er anvendt for at identificere en periode på 1 kalender år, som vil ligne de gennemsnitlige forhold over 11 års perioden så godt som muligt.

A.1 Analyse af vindens vest-syd-vestlige komponent

I denne afsnit reduceres vindanalysen til at betragte vindens projektion på hovedretningen. Hovedretningen for vinden over Aarhus Bugt er bestemt visuelt på baggrund af nedenstående vindrose fro perioden 2003-2013, se Figur 6-1.



Figur 6-1 Vindrose for Aarhus Bugt, 2003-2013.

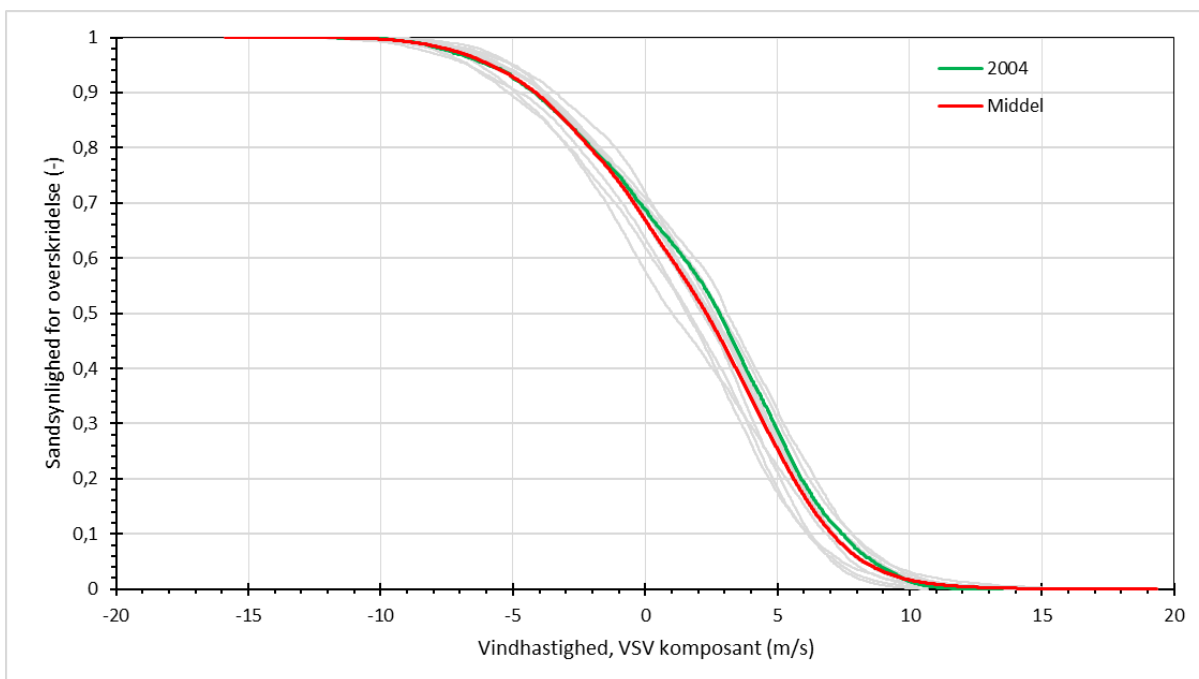
På denne måde bliver den statistiske analyse relativ simpel og kan gennemføres på en størrelse der er positiv for vind fra vest-syd-vestlige retninger og negativ for vind fra øst-nord-østlige retninger. Sektoren fra vest-syd-vest er ikke den

sektor med højeste sandsynlighed men det er vurderet at denne sektor, i mid-
 del, repræsentere alle sydvestlige vindretninger mest optimalt.

I det følgende analyseres data fra alle foreliggende år med forskellige metoder
 for at identificere det mest repræsentative år.

A.2 Overskridelseshyppighed

Med den foreliggende metode analyseres overskridelseshyppigheden af en vest-
 syd-vestlig (WSW) vind komponent. En analyse af overskridelseshyppigheden
 gennemføres for vinddata for hvert kalenderår som vi har data for. Derudover
 bestemmes hyppighedskurven for middelforholdene. Ved visuel inspektion ses at
 kurven for året 2004 stemmer meget godt overens med middelkurven, se Figur
 6-2.



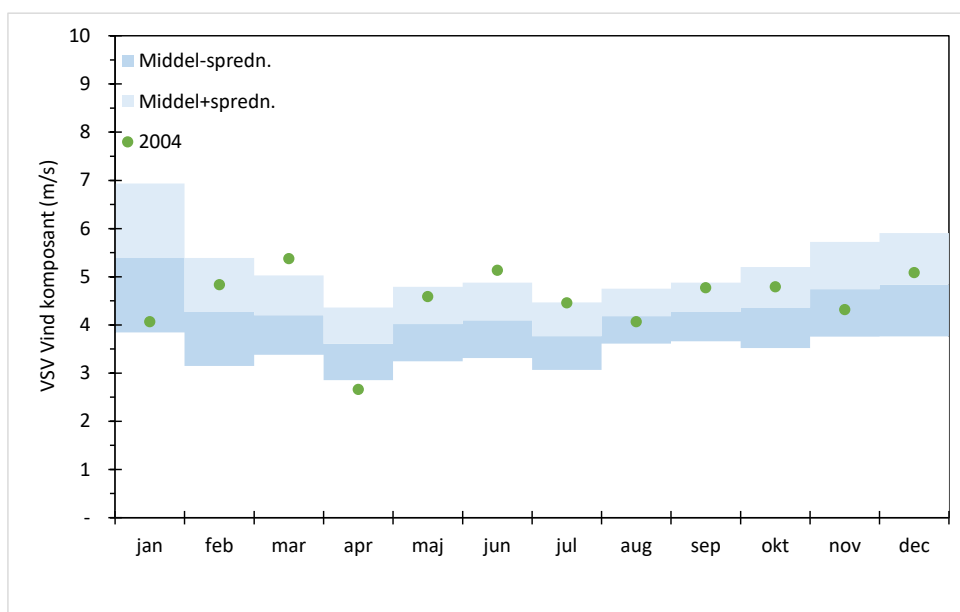
Figur 6-2 *Hyppighedskurven for WSW vind komponenten.
 Rød linje: Middelforhold for årene 2003-2013
 Grøn linje: Forhold for 2004
 Grå linjer: Årene 2003-2013*

Ved visuel inspektion af hyppighedskurverne ses at året 2004 passer generet
 godt overens med de generelle middelforhold for hele perioden 2003-2013.
 Dette betyder, at vindhændelserne i året 2004 forekommer med deres respek-
 tive hyppigheder, der svarer til middel forhold.

Analysen viser derudover at også årene 2003-2006 og årene 2010-2012 ligele-
 des kan anvendes som egnede repræsentanter for perioden 2003-2013.

A.3 Årstidsvariation

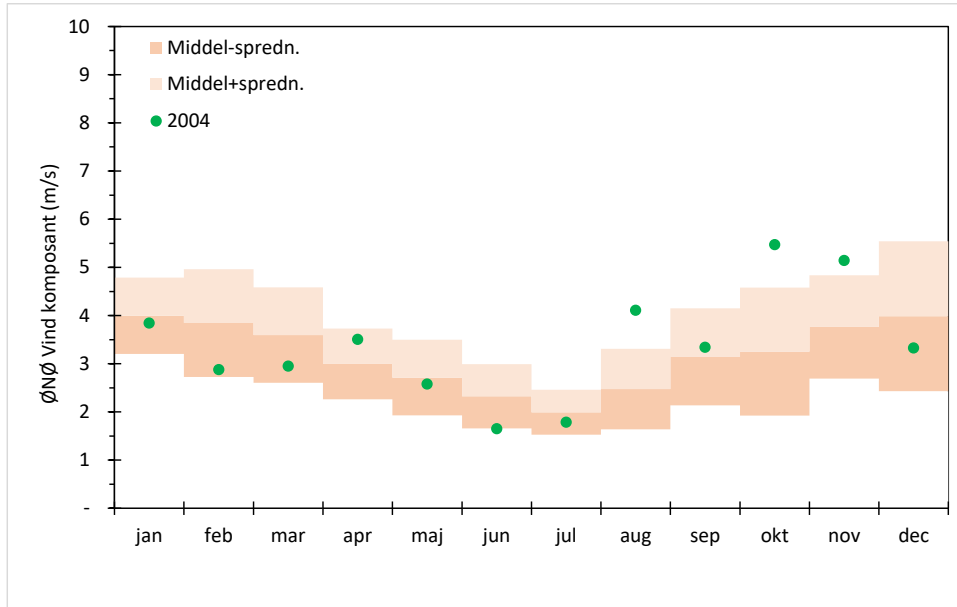
For at belyse årstidsvariationen af de enkelte år er den månedlige vest-syd-vestlige komponent (VSV) for hvert år er sammenlignet med middelforholdene for hele perioden på 11 år, 2003 til 2013. Månedlige middelværdier og standardafvigelser er bestemt og resultaterne er vist i Figur 6-3. Middelværdien for året 2004 er indtegnet med særlig signatur for at illustrere hvordan årets sæsonvariation stemmer overens med middelforholdene.



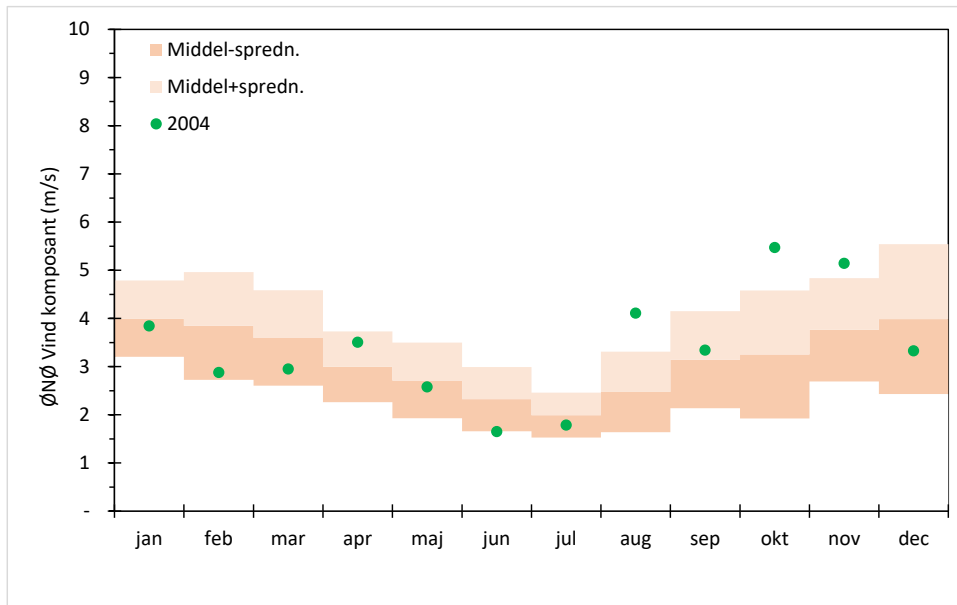
Figur 6-3 Statistik af vindens månedlige VSV-komponent. Månedlige middelværdier for året 2004 er illustreret ved grønne punkter. De blå arealer i baggrunden illustrerer intervallerne framiddelværdien til spredningen opad og nedad.

Ovenstående afbildning viser den sæsonale variabilitet af vindens VSV-komponent. Værdierne for året 2004 ligger generelt indenfor spredningsintervallet. Kun 3 værdier ligger udenfor, hvilket for en normalfordeling er at forvente, hvor 68% af udfaldene forventes at ligge indenfor intervallet af middelværdien ± spredningen. I dette tilfælde ligger 9 ud af 12 værdier indenfor intervallet, og det svarer til 75%, som er større end forventningen for en normalfordelt proces. Dette bekræfter, at valget af året 2004 er et fornuftigt valg.

Den modsatte vind komponent fra øst-nord-øst (ØNØ) er undersøgt tilsvarende, og resultatet er vist i



Figur 6-4.



Figur 6-4 Statistik af vindens månedlige ØNØ-komponent. Månedlige middelværdier for året 2004 er illustreret ved grønne punkter. De røde arealer i baggrunden illustrerer intervallerne fra middelværdien til spredningen opad og nedad.

Figuren ovenfor illustrerer årstidsvariationen for 2004 af ØNØ-vindkomponenten sammenlignet med middelforholdene for perioden 2003-2013. Igen ses at der forekommer 3 måneder, hvor værdien for 2004 ligger udenfor spredningsintervallet, men som vist ovenfor kan det forventes at op til 4 månedsværdier ligge inden for spredningsintervallet for stadig at være konform med forventningerne om en normalfordelt proces.

Det kan dermed sluttet, at årstidsvariationerne for året 2004 ligeledes bekræfter at året 2004 repræsenterer normale vindforhold for perioden 2003-2013.