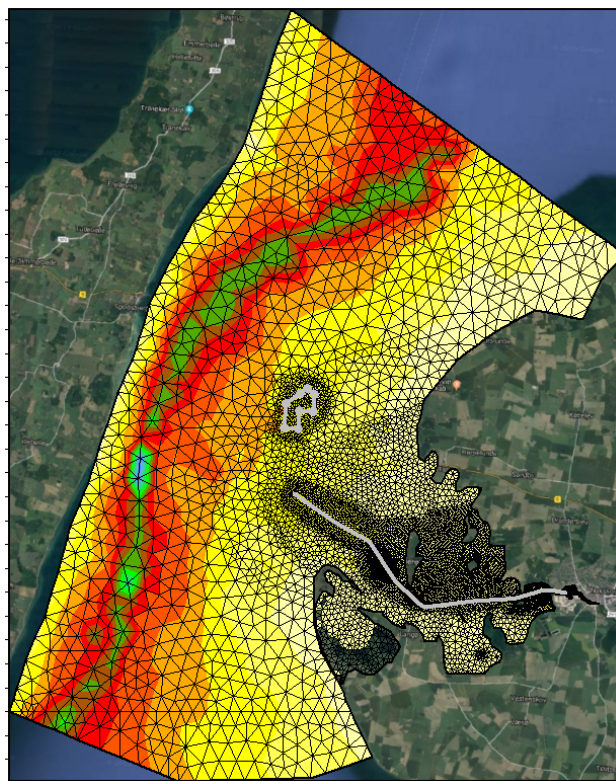

RAPPORT

NAKSKOV HAVN

Nakskov Sejlrende, Etape 2, Spildmodelling

PROJEKTNUMMER 23.0540.14

SPILDMODELLERING AF KLAPNING PÅ KLAPPLADS K_050_01A



REV. 0

UDARBEJDET AF: SANDRA BOLLWERK, PIOTR DE BEVER

KONTROLLERET AF: ANDERS HELKJÆR

GODKENDT AF: ANDERS HELKJÆR

2024-12-20

Ændringsliste

REV.	ÆNDRING	REVIDERET	GODKENDT
0	Nyt dokument	AHND	AHND

Indholdsfortegnelse

1	Indledning	2
2	Modelbeskrivelse	3
2.1	Uddybning	3
2.1.1	Metode	3
2.1.2	Mængder	4
2.1.3	Spild	4
2.2	Hydrodynamisk model	6
2.2.1	Vanddybder	6
2.2.2	Randbetingelser	8
2.2.3	Verifikation	9
2.3	Sedimentmodel	11
3	Resultater	12
3.1	Strømningsforhold	12
3.1.1	Uddybning af sejltrede, Etape 2	13
4	Konklusion	21

1 Indledning

Nærværende rapport belyser sedimentspildet i Langelandsbæltet som følge af klapning af materiale fra omlægning og udvidelse af sejlrenden til Nakskov Havn Etape 2. Det samlede projekt for omlægning og udvidelse af sejlrenden til Nakskov Havn er beskrevet i miljøkonsekvensvurderingen og Natura 2000 konsekvensvurderingen, og nærværende rapport er et supplement til spildmodelleringen for hele projektet. Rapporten fokuserer på spild i forbindelse med klapning af uddybet sediment fra Etape 2 på klapplads K_050_01A.

2 (22)

RAPPORT

2024-12-20

REV. 0

KONTROLLERET AF: ANDERS HELKJÆR

NAKSKOV SEJLRENDE, ETAPE 2, SPILDMODELLERING

bilag 1 - nakskov sejlrende, etape 2, spildmodellering.docx

2 Modelbeskrivelse

I de følgende afsnit beskrives de informationer, der er tilgængelige og danner basis for de hydrodynamiske modelleringer, samt hvordan de er anvendt for at opnå modelresultaterne.

2.1 Uddybning

Nakskov Fjord er et såkaldt druknet morænelandskab, hvilket vil sige at det var tørlagt før landsænkning og vandstigninger langsomt har fyldt fjorden med vand. Det betyder desuden, at der er mange lavvandede områder imellem de mindre øer i fjorden. Fjordbunden må derfor antages at bestå af et tyndt lag af løst restsediment (op til en halv meter) af blandede fraktioner fra sten til sandet mudder ovenpå moræneler.

2.1.1 Metode

Uddybningen vil foregå med en spandkædemaskine eller gravemaskine ("backhoe dredger"). Disse typer af maskiner har tendens til at opsamle materialet i næsten intakte klumper, i modsætning til f.eks. en maskine med sugespids ("cutter suction dredger") som knuser materialet. Uddybningsfartøjet antages at have en kapacitet på op til 2.000 m³ per dag, inklusiv evt. start/stop og transport af materiale til klappladsen.

Uddybningsfartøjet vil placere materialet på en pram, som løbende klapper materialet i takt med at prammen(e) fyldes. Materialet klappes på klapplads K-50-1 / K-50-1A, se placering på Figur 2-1. Prammen antages at have en kapacitet på 600 m³, hvorefter materialet klappes.



Figur 2-1: Placering af klapplads vist med grøn. Etape 1 er uddybning af den nye sejlrende vist med gult. Etape 2 er udvidelsen af den eksisterende sejlrende vist med rødt (knækket ved siden af den gule linje udvides ikke i Etape 1 og 2).

2.1.2 Mængder

Baseret på uddybningsmængder og -områder er der simuleret et scenarie for Etape 2 (udvidelse af hele sejlrende efter etape 1). Det antages at uddybningsprocessen for Etape 2 forløber over 175 dage, hvor der uddybes i døgndrift alle dage med en gravehastighed på 2.000 m³/dag, dvs. en totalmængde på 350.000 m³. Uddybningsarbejdet påbegyndes i efteråret 2025.

2.1.3 Spild

Baseret på erfaringer fra Øresundsprojektet spildes der op til ca. 5% af det uddybede materiale ved uddybning med spandkædemaskine eller gravemaskine. Det vil sige at når der uddybes med 2.000 m³ om dagen (~85 m³/timen) spildes der 100 m³ om dagen (~4 m³/timen). Spild ved klapning er ligeledes sat til 5%, dette er en meget konservativ betragtning og spild ved klapning vil være betydeligt under 5%. Der er ikke antaget spild ved transport af materiale, da dette antages at være minimalt.

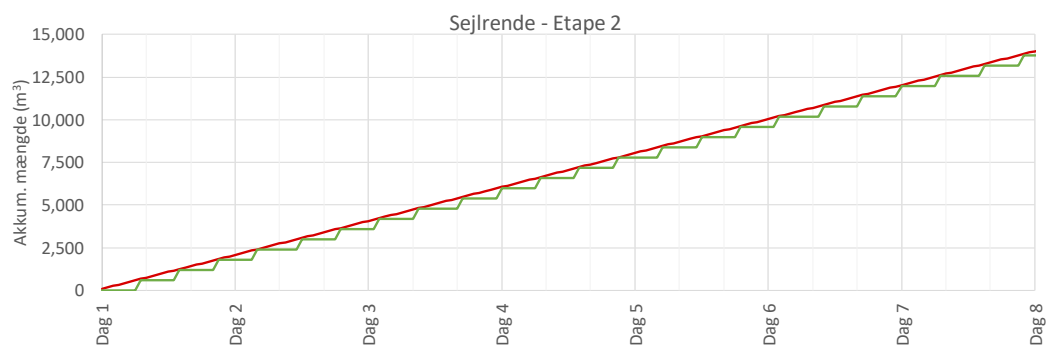
Der modelleres spild som bevægelige punktkilder som vist på Figur 2-2. Klappladsen og anlægsarbejdet er stationære punkter. Da spildmodelleringen i miljøkonsekvensvurderingen og Natura 2000 konsekvensvurderingen omhandler hele

projektet er der i Figur 2-2 vist samtlige punktkilder anvendt i modelleringen, som er relevante for Etape 2.



Figur 2-2: Spildkilder for uddybning af sejlrunden (rød) og klapplads (grøn) fra miljøkonsekvensvurderingen og Natura 2000 konsekvensvurderingen for Etape 2. Der er vist en spildkilde for Sydhavns kaj (blå), denne kilde er ikke relevant længere da projektet med Sydhavns kajen er gennemført.

Uddybnings- og klappmængder for en uge er vist på Figur 2-3. Forskellen mellem den røde kurve og den grønne er opholdet af uddybningsmateriale på prammen.



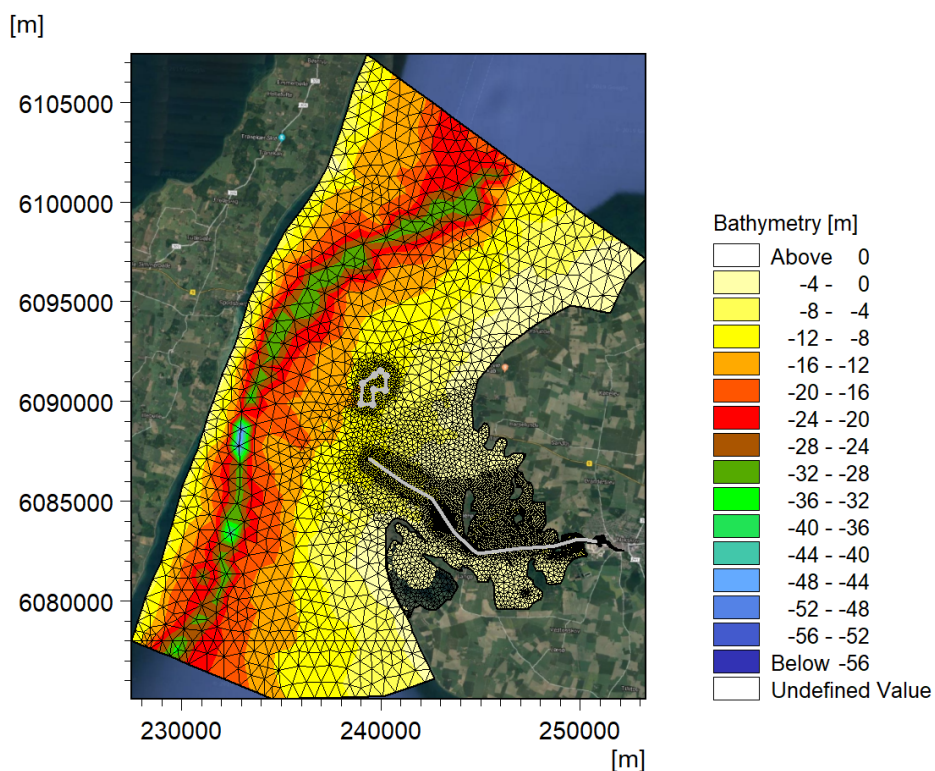
Figur 2-3: Uddybnings- og klappmængder for 1 uge, sejlrunde, Etape 2. Rød: Uddybning sejlrunde. Grøn: Klapning.

2.2 Hydrodynamisk model

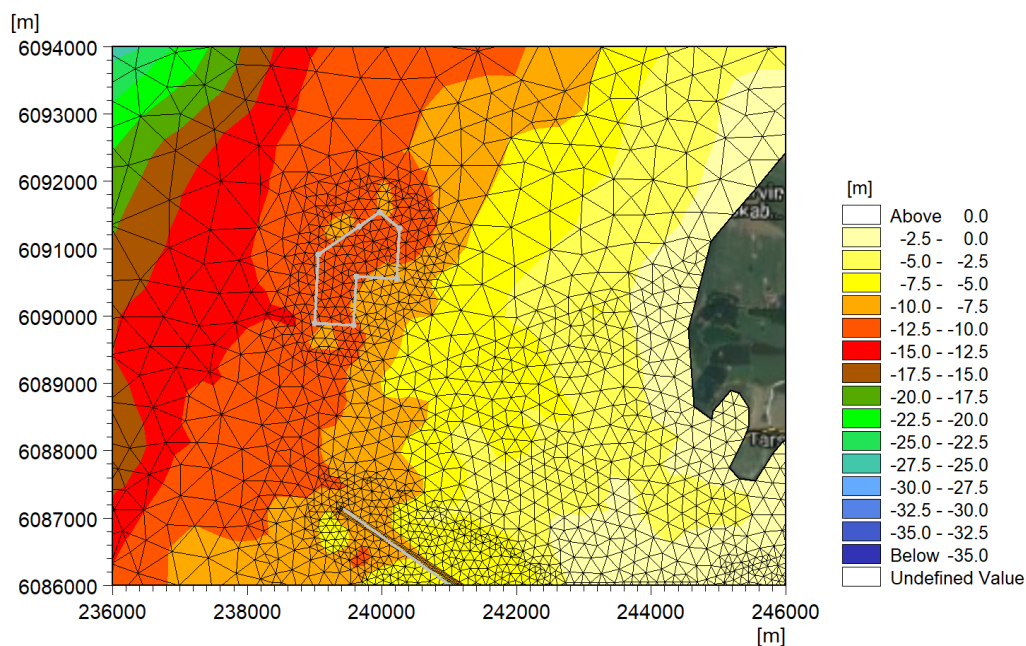
2.2.1 Vanddybder

Vanddybderne i den hydrodynamiske model (MIKE 21FM) er baseret på MIKE c-map, som er et program der læser digitale søkort, suppleret med pejlinger af sejlrenden og klappladsen foretaget i hhv. januar og maj 2018.

Vanddybder og beregningsnet i hele modelområdet udstrækning er vist på Figur 2-4, hvor der er vist et zoom ind på klappladsen på Figur 2-5.



Figur 2-4: Vanddybder og beregningsnet for hele modelområdet.



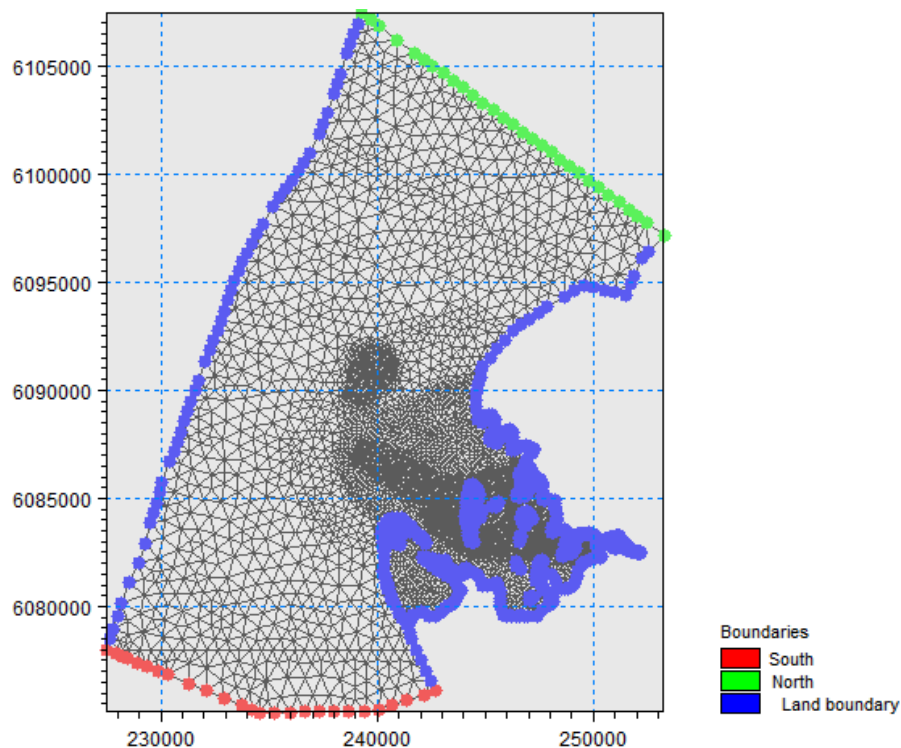
Figur 2-5: Vanddybder og beregningsnet ved og omkring klappladsen.

Der er generelt anvendt et triangulært beregningsnet, med undtagelse af at der i sejlrunden, er benyttet et rektangulært beregningsnet.

Da klappladsen i denne modellering er interesseområde og kilde for sedimentspild er modellen højt opløst i dette område. Ved klappladsen er der anvendt beregningsceller med en størrelse på maks. til 15.000 m² og længere væk fra klappladsen graderet cellestørrelsen op til 0.5 km² ved modelområdets rand.

2.2.2 Randbetingelser

På modelrandene er der påført vandstands- og strømdata fra Swecos regionale hydrodynamiske model der dækker Nordsøen, de indre danske farvande og det Baltiske Hav. Placeringen af randene er vist på Figur 2-6 og er erfaringsmæssigt placeret med tilstrækkelig afstand fra modelområdet for at materiale der når randen antages at blive transporteret bort fra området.



Figur 2-6: Placering af modelrande.

2.2.3 Verifikation

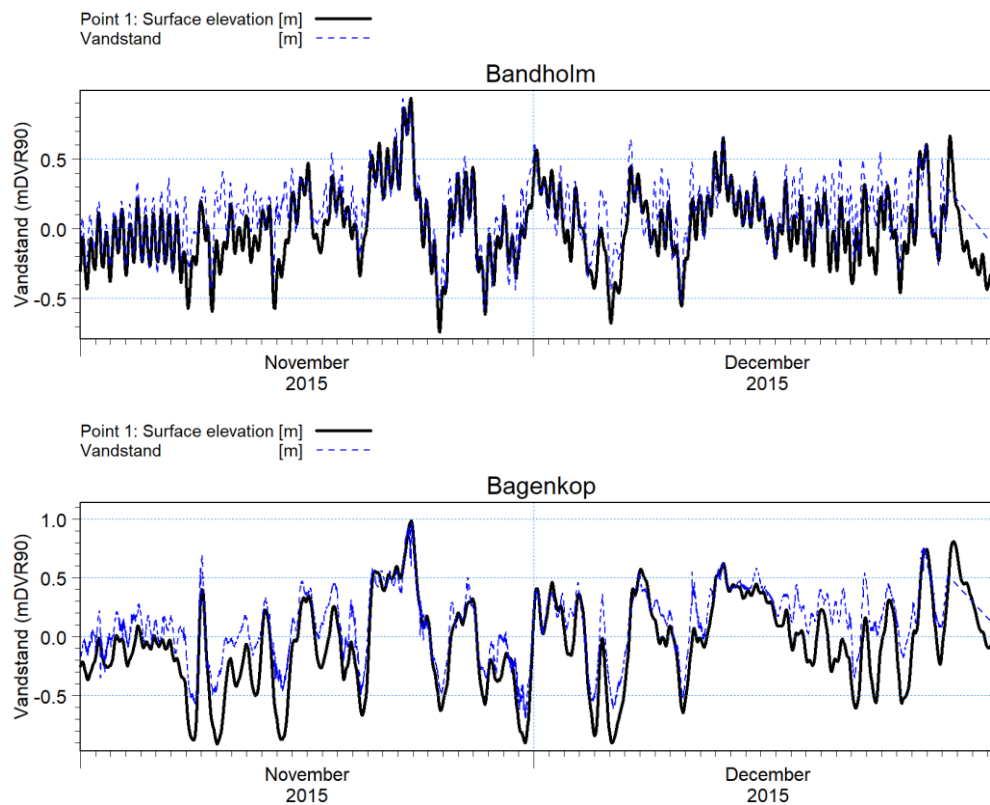
Randdata fra den regionale model sammenholdes med måledata fra nærliggende målestationer, som vist på Figur 2-7. De nærmeste målestationer er Bandholm og Bagenkop, som ligger hhv. sydøstligt i Smålandsfarvandet og på sydvest Langeland.

Der vil derfor ikke altid være fuld korrelation mellem målestationerne og randdata, da de fysiske fænomener bag vandstanden i farvandet er anderledes. Dog ses en pæn tendens til at randdata og måledata følges ad. Måledata viser generelt lidt højere vandstand end randdata. Det er desuden tydeligt at Bandholm/Nordlig rand har hyppigere, korte variationer i vandstanden, formentlig pga. placeringen i Smålandsfarvandet, som kan medvirke til lokal opstuvning af vand, modsat det mere åbne farvand omkring Langeland.

Det styrende fænomen for strømforholdene i modelområdet er vandstandsforskellene mellem randene, hvilket driver strømmen mellem de to rande.



Figur 2-7: Placering af modelområde og modelrande ift. målestationerne Bandholm og Bagenkop.

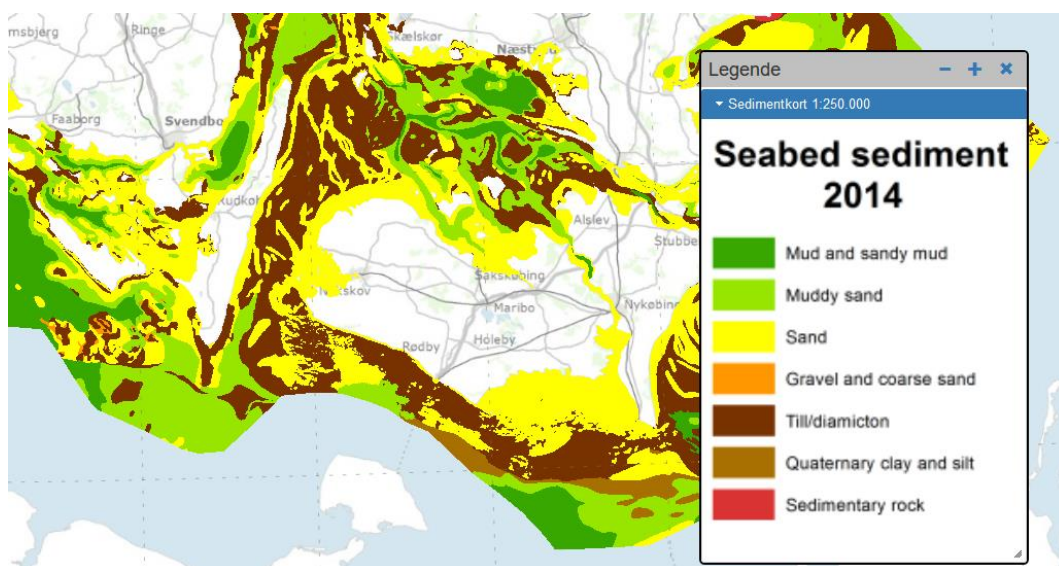


Figur 2-8: Sammenligning af randbetingelser og målestationer for Bandholm (øverst) og Bagenkop (nederst).

2.3 Sedimentmodel

Som det fremgår af sedimentkortet på Figur 2-9 består havbunden af moræneler og fint til groft sand, primært sand inde i Nakskov Fjord. Spild antages konservativt at bestå af moræneler, da dette giver den laveste faldhastighed og derved største opholdstid og spredning inden aflejring. De karakteristiske sedimentparametre for moræneler som er anvendt i tidligere studier er:

- Faldhastighed: 0,6 mm/s
- Kritisk bundfriktion, aflejring: 0,07 N/m²
- Kritisk bundfriktion, erosion: 0,2 N/m²
- Erosionskoefficient: 5·10⁻⁵ kg/m²/s



Figur 2-9: Udsnit af havbundssedimentkort fra GEUS råstofdatabase.

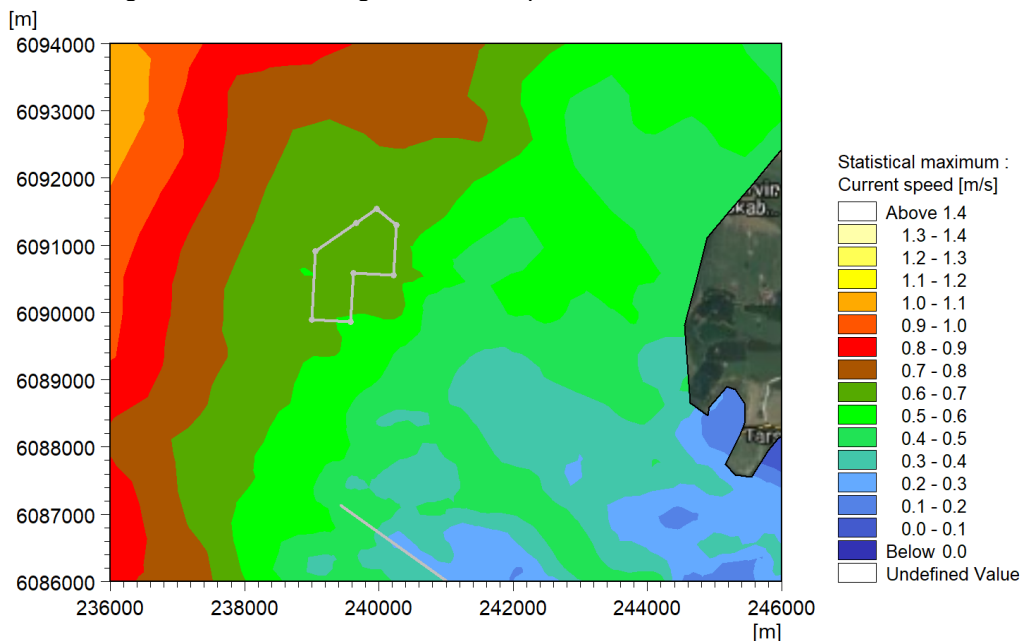
Der er ikke medtaget bølger i den hydrodynamiske model, hvilket ville have medført en større spredning af sediment som midlertidigt aflejres på kysterne, både inde i og udenfor fjorden. Bølgerne vil re-suspendere det fine materiale på kysten og transportere det længere væk eller på dybt vand, hvor det vil aflejres fordelt over et stort område.

3 Resultater

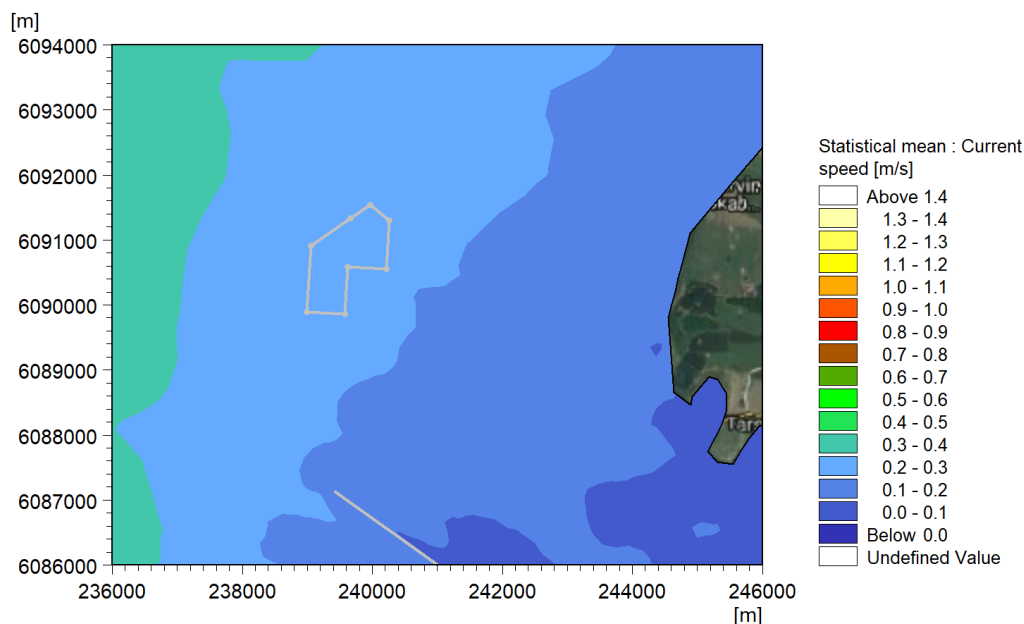
3.1 Strømningsforhold

Strømførholdene i Langelandsbæltet ændrer sig ikke som følge af at den klappede mængde lægger sig på havbunden og havbundskoten derved ændrer sig.

Eksisterende strømførhold er præsenteret på Figur 3-1 og Figur 3-2 som statistiske maksimale og middel strømhastigheder i hvert punkt i modellen.



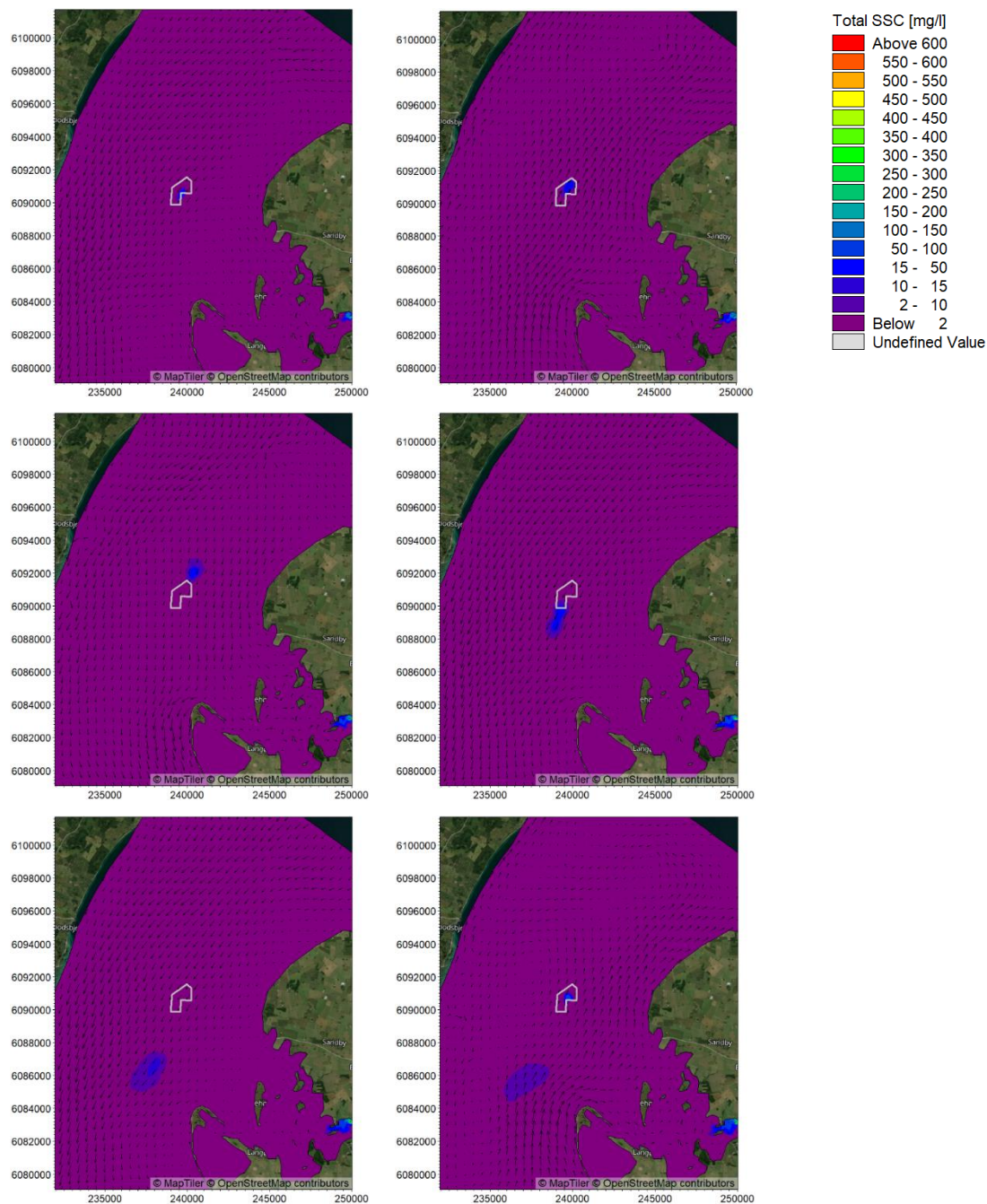
Figur 3-1: Eksisterende strømførhold som statistisk max. Klappladssens vist med omrids.



Figur 3-2: Eksisterende strømforhold som statistisk middel. Klappladssens vist med omrids.

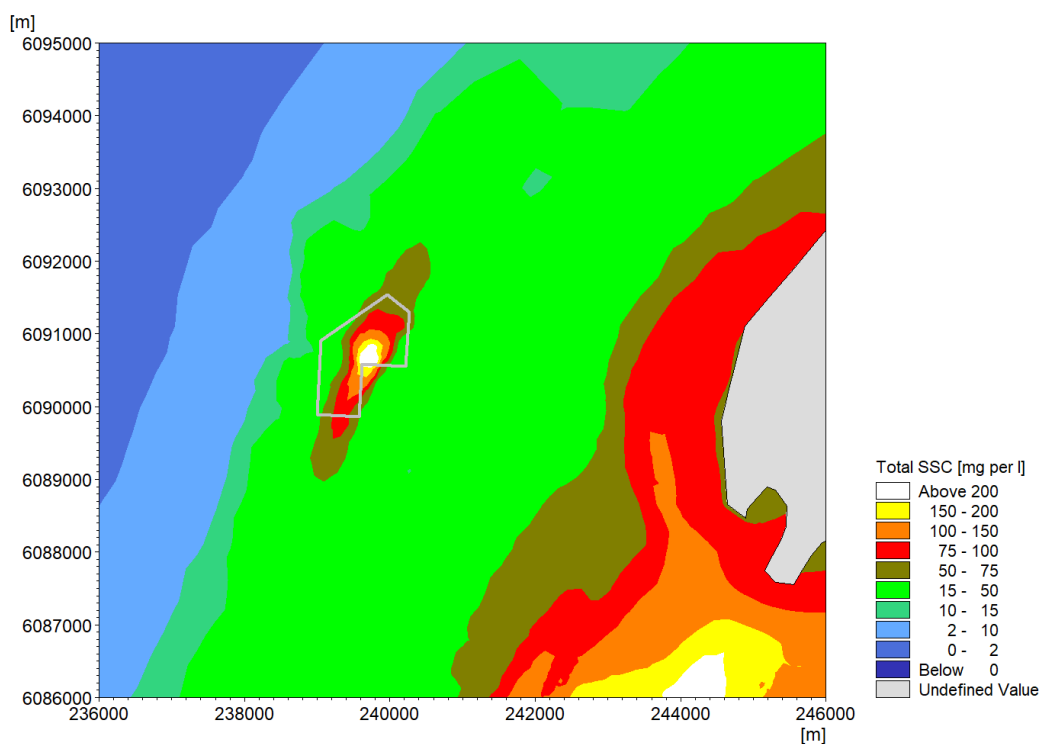
3.1.1 Uddybning af sejlrende, Etape 2

Udviklingen i koncentrationen af suspenderet stof i vandfasen ved uddybning af sejlrenden og klapning på klappladssens midt i Etape 2 er vist på Figur 3-3, hvor det almindelige fænomen med skiftende strømretning i Langelandsbæltet er vist for en periode på 10 timer. Strømmen vender i perioden 2 gange. Resultatet af dette er at det spildte materiale bevæger sig kortvarigt i én retning, hvorefter sedimentfanen bevæger sig tilbage hen over sedimentkilden og herved bliver forstærket med yderligere sediment. Den resulterende sedimentfane vil herefter sprede sig primært med strømmen og sekundært ved diffusion.



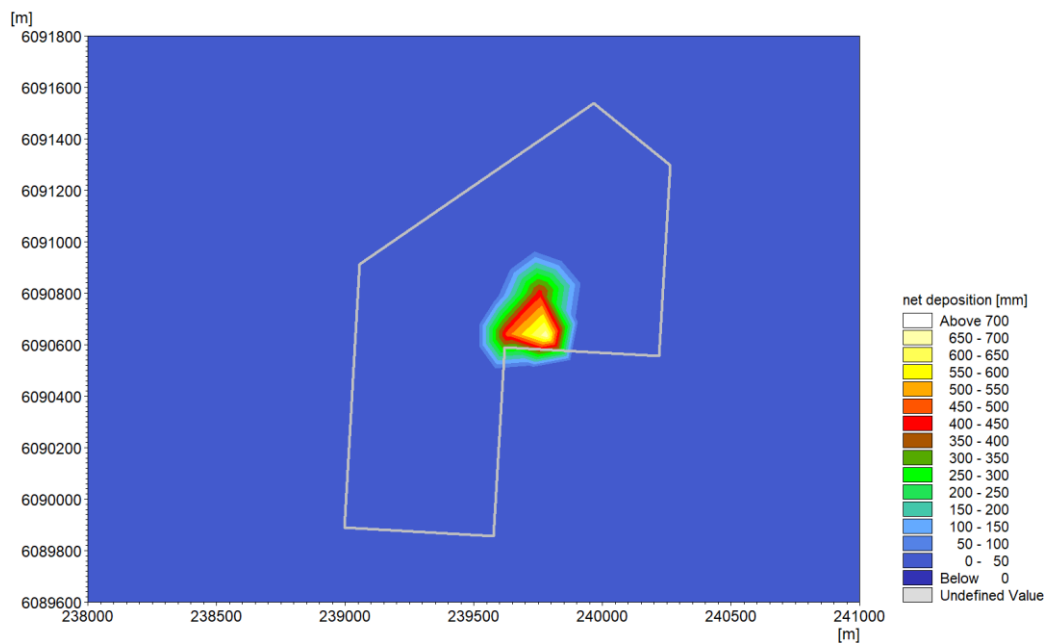
Figur 3-3: Udvikling i suspenderet stof koncentration ved uddybning af sejlrenden og klappning, Etape 2. Efter 1 døgn med 3 timers mellemrum. Pilene indikerer strømhastighed i m/s.

Der er generelt lavere koncentrationer af suspenderet stof i vandfasen ved klappladsen end ved sejltrengen, da det suspenderede materiale hurtigt bliver spredt over et større område. Dette skyldes de højere strømhastigheder længere ude i Langelandsbæltet, se Figur 3-4.



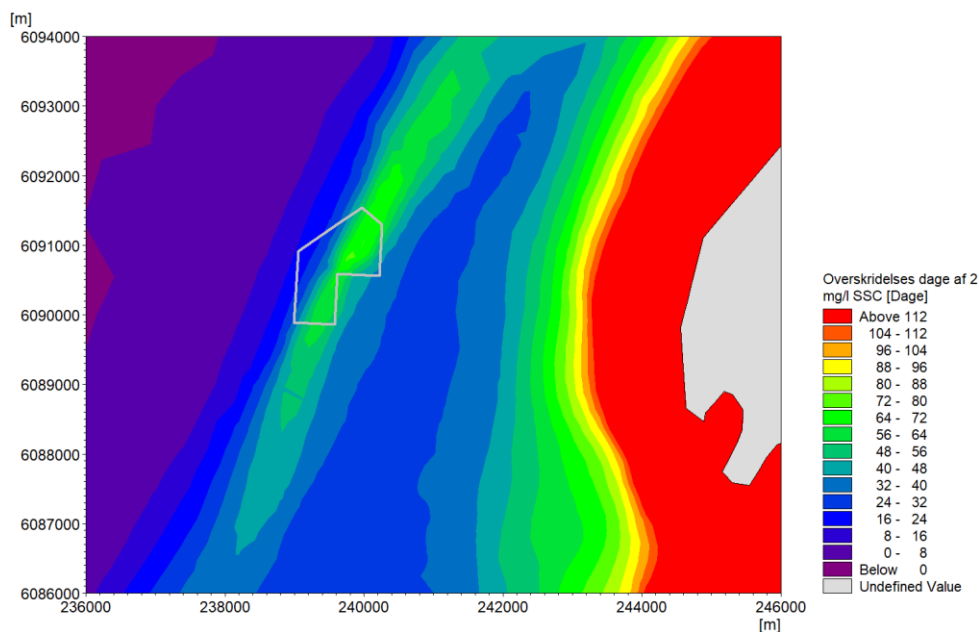
Figur 3-4: Statistisk maksimum af suspenderet stof koncentration for minimum 1 time ved klappladsen.

Aflejret materiale er vist på Figur 3-5, hvor det ses at materialet aflejrer i klappladsen. Det materiale der bevæger sig længere væk fra kilden vil også aflejres, men i så små mængder, at det ikke kan opløses ved modelleringen.

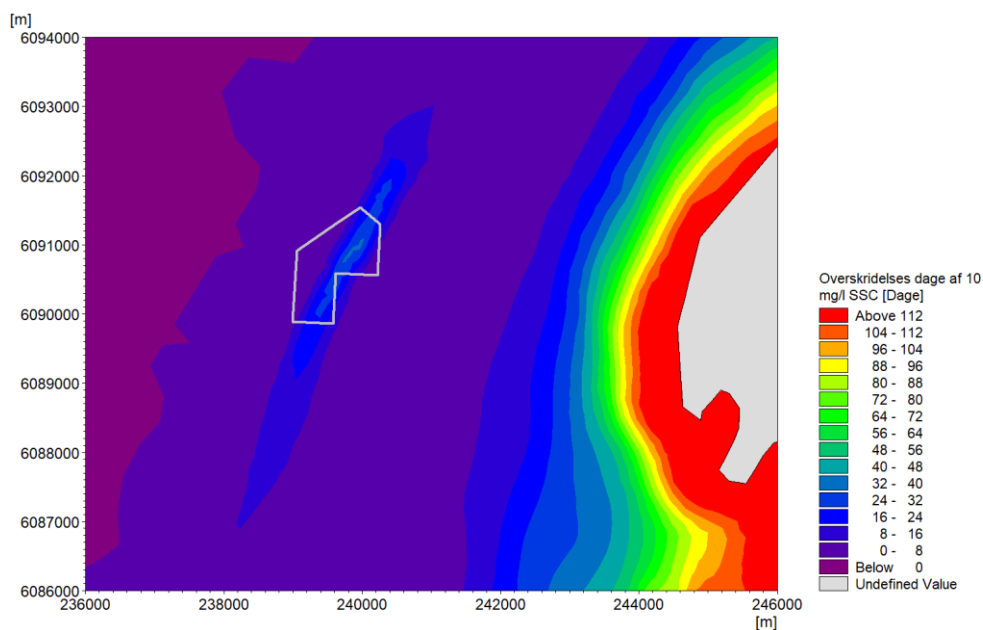


Figur 3-5: Aflejret materiale efter klapning på klappladsen.

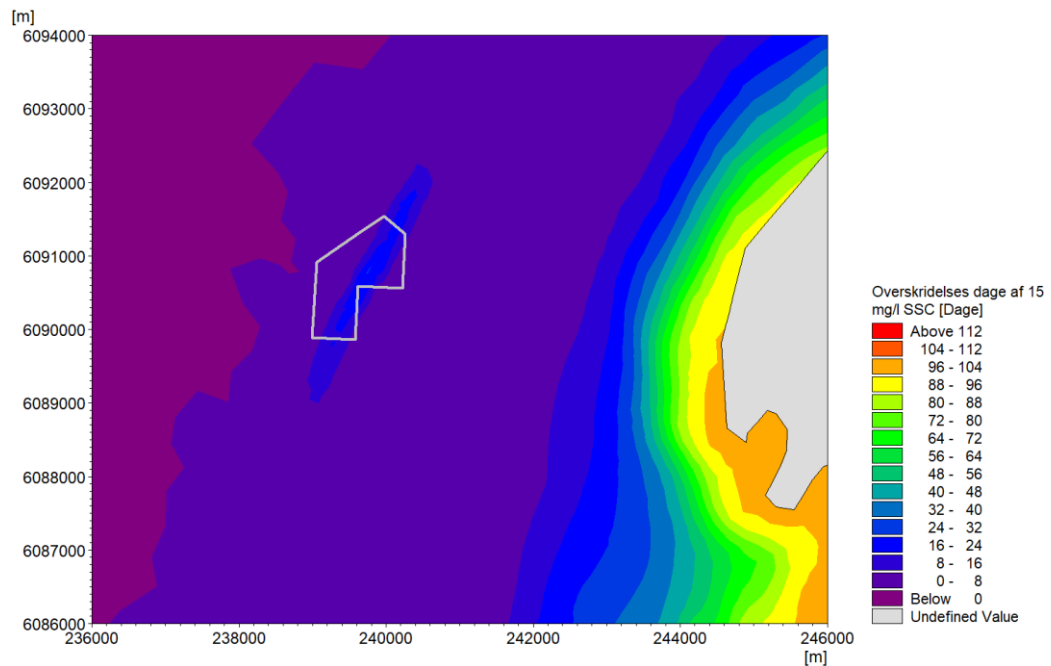
På Figur 3-6, Figur 3-7 og Figur 3-8 ses antal dage hvor koncentrationen af suspenderet stof er over hhv. 2, 10 og 15 kg/m³. Dagene er nødvendigvis ikke i rækkefølge. Ved klappladsen ses det at der meget lokalt omkring klappladsen er høje koncentrationer. Et større område kan ses på Figur 3-9, Figur 3-10 og Figur 3-11.



Figur 3-6: Summerede antal dage over koncentrationer på 2 mg/L ved klappladsen. Bemærk at dette ikke nødvendigvis er sammenhænge dage.

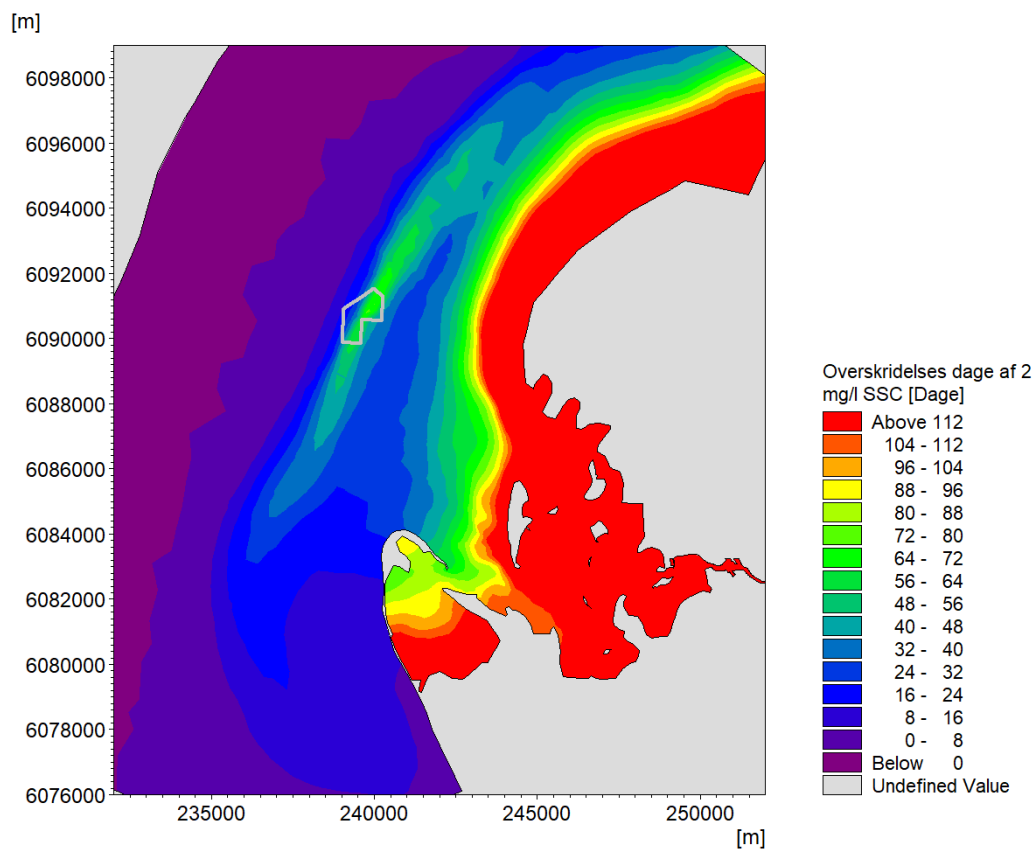


Figur 3-7: Summerede antal dage over koncentrationer på 10 mg/L ved klappladsen. Bemærk at dette ikke nødvendigvis er sammenhænge dage.

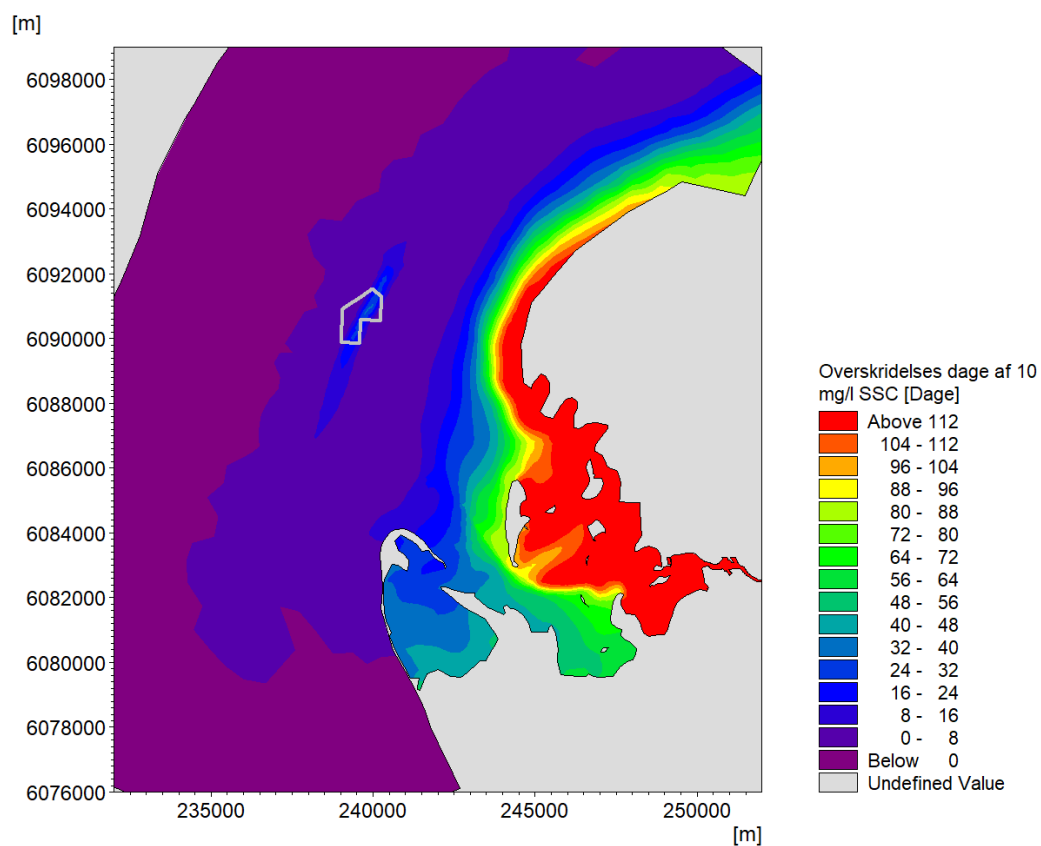


Figur 3-8: Summerede antal dage over koncentrationer på 15 mg/L ved klappladsen. Bemærk at dette ikke nødvendigvis er sammenhænge dage.

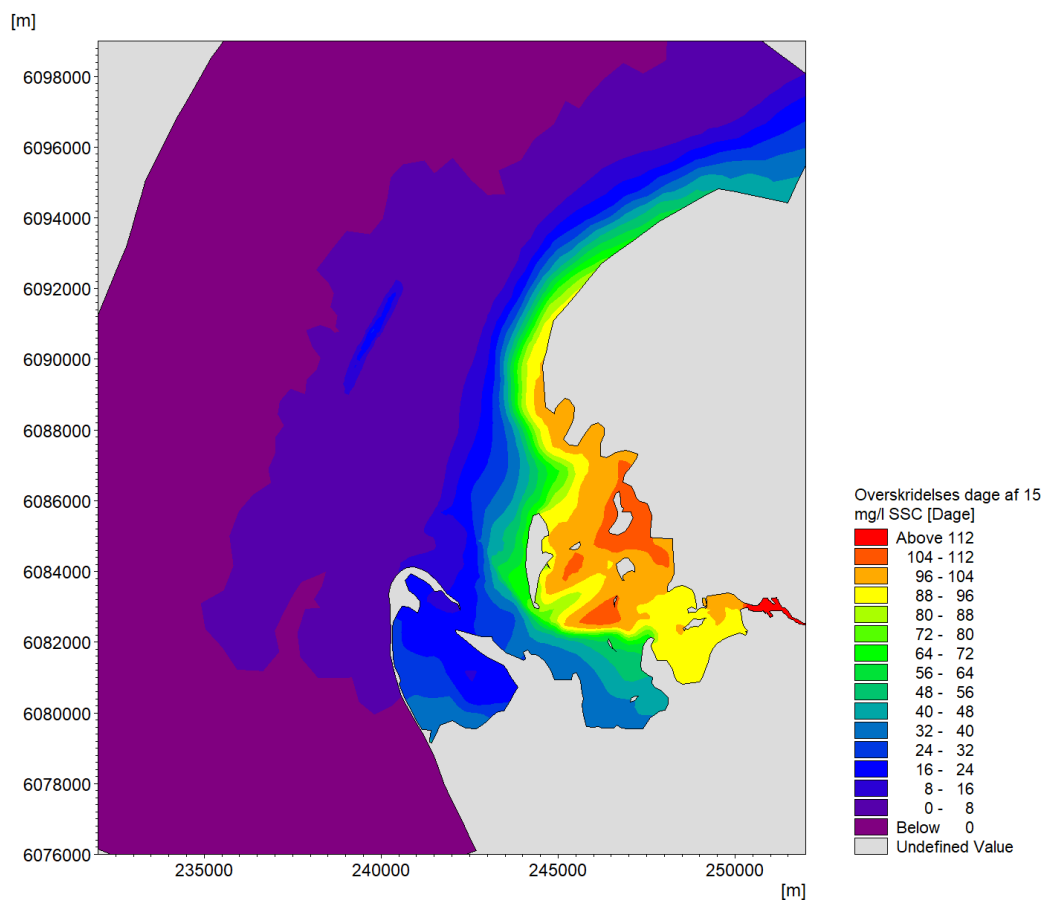
På Figur 3-9, Figur 3-10 og Figur 3-11 ses dage med 2, 10 og 15 mg/l overskridelse for hele model området.



Figur 3-9: Summerede antal dage over koncentrationer på 2, mg/L i hele modelområdet. Bemærk at dette ikke nødvendigvis er sammenhængende dage.



Figur 3-10: Summerede antal dage over koncentrationer på 10 mg/L i hele modelområdet. Bemærk at dette ikke nødvendigvis er sammenhænge dage.



Figur 3-11: Summerede antal dage over koncentrationer på 15 mg/L i hele modelområdet. Bemærk at dette ikke nødvendigvis er sammenhænge dage.

4 Konklusion

Ud fra kalibreringen ses det at den hydrodynamiske model gengiver den fysiske opførelse og kan derfor bruges til at modellere spild ved Etape 2.

Det ses fra modellen at sedimentet breder sig både mod nord og syd for klappladsen, da strømmen vender i 10 timers intervaller, hvilket forstærker koncentrationen lokalt, men også forhindre spredning på større områder.

Det ses overordnet at spild i forbindelse med klappingen er et meget lokalt fænomen. Der kan forekomme længere perioder med 2 mg/l suspenderet stof, især ind mod land, men dette skyldes uddybningen i sejlrenden og ikke klappingen. Længere ude i bæltet på klappladsen bliver sedimentet hurtigt opblandet af strømmen.

Figur 3-6, Figur 3-7 og Figur 3-8 viser, at høje koncentrationer af suspenderet stof kun forekommer i et begrænset område omkring klappladsen. Der er meget lokalt omkring klappladsen maksimalt 32 dage med mere end 10 mg/l suspenderet stof, og i et mindre område ved klappladsen, hovedsageligt indenfor klappladsen, kan der i maksimalt 24 dage optræde mere end 15 mg/l suspenderet stof.