

Tillæg til rapport om

**Havvindmøller i Nissum Bredning
Modellering af strømningsforhold,
sedimenttransport og
kystmorfologi**

Thomas Ruby Bentzen
Torben Larsen

Aalborg Universitet
Institut for Byggeri og Anlæg
Vand og Jord

DCE Contract Report No.115

Tillæg til rapport om
Havvindmøller i Nissum Bredning
Modellering af strømningsforhold,
sedimenttransport og kystmorfologi

Thomas Ruby Bentzen
Torben Larsen

Januar 2012

© Aalborg Universitet

Videnskabelige publikationer ved Institut for Byggeri og Anlæg

Technical Reports anvendes til endelig afrapportering af forskningsresultater og videnskabeligt arbejde udført ved Institut for Byggeri og Anlæg på Aalborg Universitet. Serien giver mulighed for at fremlægge teori, forsøgsbeskrivelser og resultater i fuldstændig og uforkortet form, hvilket ofte ikke tillades i videnskabelige tidsskrifter.

Technical Memoranda udarbejdes til præliminær udgivelse af videnskabeligt arbejde udført af ansatte ved Institut for Byggeri og Anlæg, hvor det skønnes passende. Dokumenter af denne type kan være ufuldstændige, midlertidige versioner eller dele af et større arbejde. Dette skal holdes i mente, når publikationer i serien refereres.

Contract Reports benyttes til afrapportering af rekvireret videnskabeligt arbejde. Denne type publikationer rummer fortroligt materiale, som kun vil være tilgængeligt for rekvirenten og Institut for Byggeri og Anlæg. Derfor vil Contract Reports sædvanligvis ikke blive udgivet offentligt.

Lecture Notes indeholder undervisningsmateriale udarbejdet af undervisere ansat ved Institut for Byggeri og Anlæg. Dette kan være kursusnoter, lærebøger, opgavekompendier, forsøgsmanualer eller vejledninger til computerprogrammer udviklet ved Institut for Byggeri og Anlæg.

Theses er monografier eller artikelsamlinger publiceret til afrapportering af videnskabeligt arbejde udført ved Institut for Byggeri og Anlæg som led i opnåelsen af en ph.d.- eller doktorgrad. Afhandlingerne er offentligt tilgængelige efter succesfuldt forsvar af den akademiske grad.

Latest News rummer nyheder om det videnskabelige arbejde udført ved Institut for Byggeri og Anlæg med henblik på at skabe dialog, information og kontakt om igangværende forskning. Dette inkluderer status af forskningsprojekter, udvikling i laboratorier, information om samarbejde og nyeste forskningsresultater.

Udgivet 2012 af
Aalborg Universitet
Institut for Byggeri og Anlæg
Sohngårdsholmsvej 57,
DK-9000 Aalborg, Danmark

Trykt i Aalborg på Aalborg Universitet

DCE Contract Report No. 115

Indholdsfortegnelse

1. INTRODUKTION	5
2. BEREGNINGSFORUDSÆTNINGER	5
ÆNDRINGER I FORHOLD TIL TIDLIGERE SCENARIO 2B	5
3. RESULTATER	7
SCENARIO 0 – REFERENCESCENARIO (SYDHAVN + KLAPNING PÅ KLAPPLADS)	7
SCENARIO 2C (DÆMNINGER + SYDHAVN + KLAPNING PÅ KLAPPLADS)	9
4. SAMMENFATNING	14
<i>Klappladsen</i>	15
<i>Sydhavnen</i>	15
<i>Natura 2000 området</i>	15
5. REFERENCELISTE	16

Figuroversigt

Figur 1. Beregningsnet ved og omkring Sælhundeholm Løbet(vist for scenarie 2c).	6
Figur 2. Placering af klappads jf. /3/.....	6
Figur 3. Scenarie 0 – Initial bundkote i og omkring Sælhundeholm Løbet	8
Figur 4. Scenarie 0 – Bundkote i og omkring Sælhundeholm Løbet efter 1 år	8
Figur 5. Scenarie 0 - Akkumuleret transport samt retning over ét år (2005). Vektorerne angiver størrelse og retning af transporten.....	9
Figur 6. Ændring af bundkoten, fra 1.1.2005 – 31.12.2005 ved scenarie 2c.	9
Figur 7. Scenarie 2c – Relativ morfologisk udvikling af Nissum Bredning over ét år (i forhold til scenarie 0).....	11
Figur 8 Scenarie 2c – Relativ morfologisk udvikling af Natura 2000 området over ét år (i forhold til scenarie 0)	12
Figur 9. Scenarie 2c – Relativ morfologisk udvikling af detailområdet over ét år (i forhold til scenarie 0). Fin skala inddeling. Figuren viser dybdeforholdene på Figur 6 fratrukket Figur 5.	12
Figur 10. Scenarie 2c - Relativ morfologisk udvikling af detailområdet over ét år (i forhold til scenarie 0). Grov skala inddeling. Figuren viser dybdeforholdene på Figur 6 fratrukket Figur 5.	13
Figur 11. Scenarie 2c – Relativ morfologisk udvikling af detailområdet efter orkanen den 8. januar 2005 (i forhold til scenarie 0).....	13
Figur 12. Scenarie 2c - Akkumuleret transport samt retning over ét år (2005). Vektorerne angiver størrelse og retning af transporten.....	14

1. Introduktion

Nærværende rapport er udført for NOE, A.m.b.a. og Nissum Bredning Vindmølle Laug af Aalborg Universitet, Institut for Byggeri og Anlæg i henhold til konsultantaftale af 30.11.2011, som tillæg til tidligere rapport jf. konsultantaftale af 6.7.2010. /1/. Dette tillæg omfatter kun den såkaldte *dæmningsløsning*, hvor vindmøllerne opstilles på dæmninger.

Rapportens formål er at adressere en del af de høringssvar, der indkom i forbindelse med en offentlig høring vedrørende VVM redegørelsen udarbejdet for havvindmølleparken i Nissum Bredning.

Formålet med undersøgelsen er at vurdere den morfologiske udvikling af Nissum Bredning omkring Sælhundeholm Løb ved etablering af ny vindmøllepark, bestående af 11-14 offshore vindmøller. Tillægget indbefatter medtagning af Thyborøn Sydhavn samt den årlige klappning af 50.000 m³ oprensningsmateriale på klapplassen beliggende ved Gåseholm.

2. Beregningsforudsætninger

Hydrodynamiske modelparametre, randbetingelser, sedimentegenskaber og sedimenttransportmodel er uændret i forhold til /1/

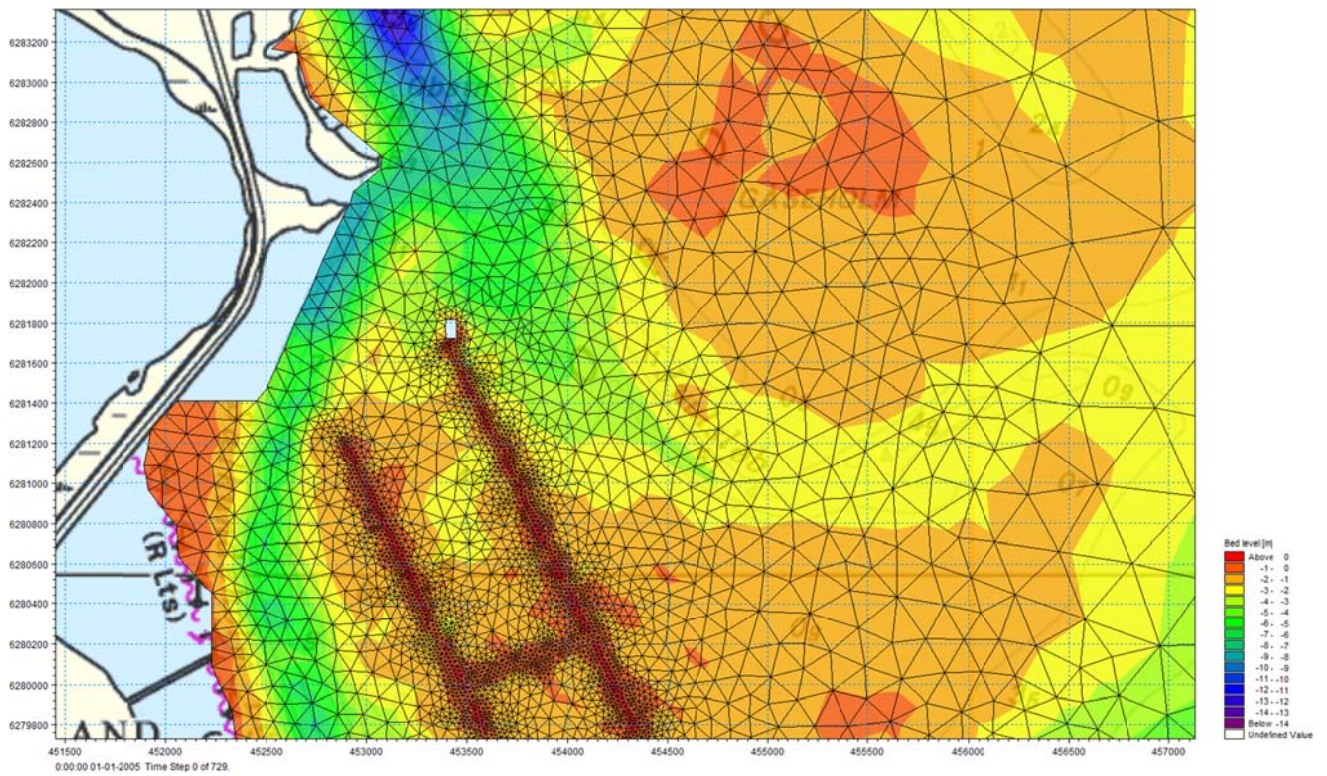
Ændringer i forhold til tidligere scenarie 2b

Følgende ændringer er gjort i forhold til scenarie 2b (dæmningsløsning) i /1/ :

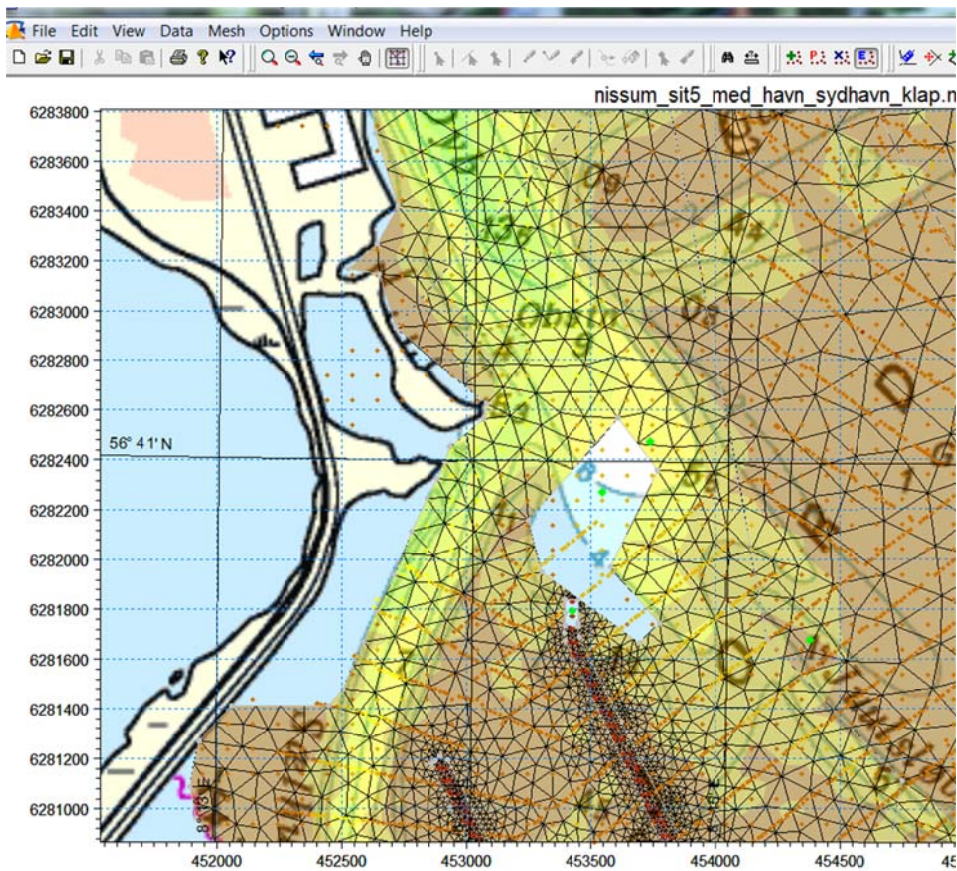
1. Det nye sydhavnsområde er inkluderet i modellen jf. /2/ (se Figur 1)
2. Bundkoten umiddelbart øst for Sydhavnen er i den øverste halvdel og op til Thyborøn Kanal sænket til kote -8m jf. /2/
3. I klappingsområdet jf. /3/ (Figur 2) er bundkoten hævet med 20 cm, svarende til placering af 50.000 m³ oprensningsmateriale jævnt fordelt på 248.000 m² klappads.
4. Landingsstedet er rykket ca. 200 m mod syd i forhold til tidligere scenarie 2b for ikke at komme i konflikt med klapplassen. Da der jf. /3/ til stadighed skal opretholdelse 4 meters vanddybde på klapplassen, er dette dog ikke en nødvendighed.

Dette nye beregningsscenarie er efterfølgende benævnt ”scenarie 2c”.

Beregningsscenarie ”scenarie 0” i herværende rapport er reference scenariet dvs. scenarie 2c uden vindmøllepark.



Figur 1. Beregningsnet ved og omkring Sælhundeholm Løbet (vist for scenarie 2c).



Figur 2. Placering af klappads jf. /3/

3. Resultater

I efterfølgende afsnit er resultat af sedimenttransportmodelleringen vist. For at kunne vurdere de påtænkte vindmøllers direkte effekt på den morfologiske udvikling i Nissum Bredning, er der foretaget en simulering af sedimenttransporten over 2005 uden møller og kørevej. Figur 3 og Figur 4 viser bundkoten for Sælhundeholm Løbet og området omkring den 1.1.2005 samt et år efter.

De største ændringer i bundkoten, sker umiddelbart mellem Søndre Dyb og Sælhundeholm Løb (UTM 453295, 6282600). Naturligt er bundkoten højere her i forhold til Søndre Dyb og Sælhundeholm Løb, uddybningen til 8 meters vanddybde her, vil i løbet af 2005 være reduceret til ca. 6 meters vanddybde. Herudover vil der ske registrerbare aflejringer i den sydlige del af det nye Sydhavnsbassin. Aflejringen her vil i løbet af 2005 reducere vanddybden fra 8 til 6 meter, hvilket primært sker i forbindelse med kraftig udadgående strøm.

Herudover registreres der ikke væsentlige ændringer i bundkoten i løbet af dette år, ej heller i Sælhundeholm Løbet, hvilket også fremgår af Figur 5, hvor den akkumulerede sedimenttransport er vist. De viste ændringer i 2005, er beregningsmæssigt også et resultat af en udjævning af bunden, opfyldelse af huller og erosion af toppe som begge er produkter af den interpolation af tilgængelige bundkoter der er foretaget i forbindelse med genereringen af beregningsnettet. For at forskellen mellem scenarier med møller og scenariet uden møller kan sammenlignes og at "naturlige" ændringer samt ændringer pga. førnævnt udjævning af bunden dermed ikke medtages i vurderingen, er den ændring som scenarie 2c medfører beregnet som:

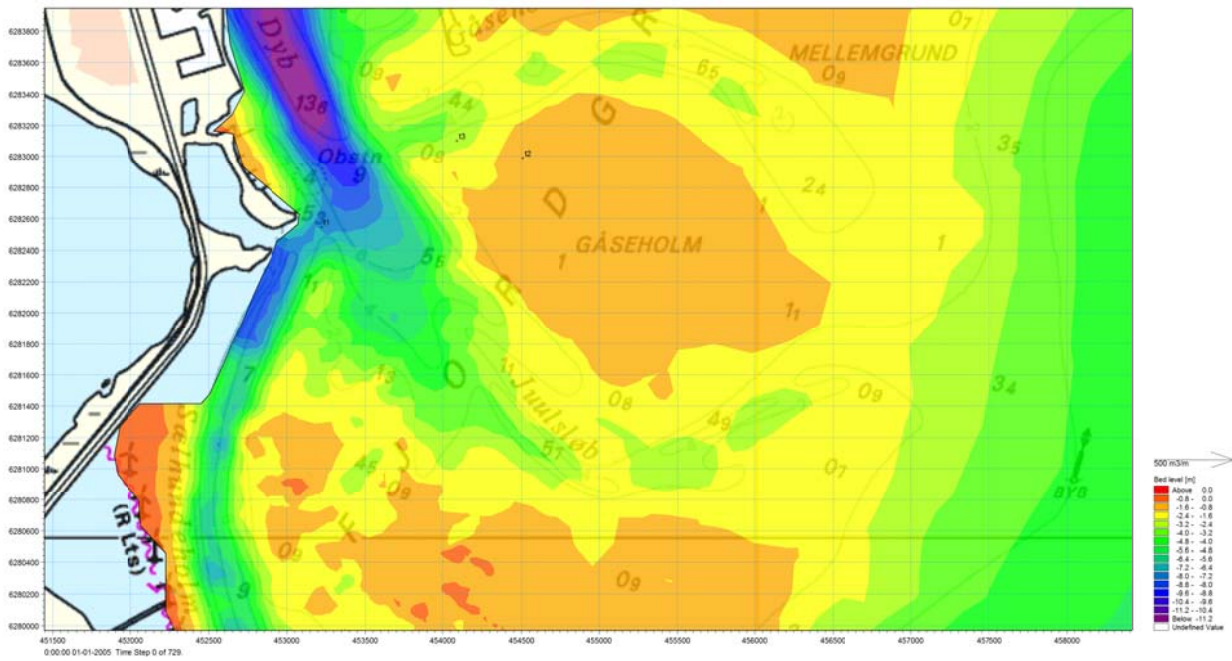
$$\Delta_{Bundkote\ 0,2} = (Bundkote_{31.12.2005}^{Scenarie\ 2} - Bundkote_{1.1.2005}^{Scenarie\ 2}) - (Bundkote_{31.12.2005}^{Scenarie\ 0} - Bundkote_{1.1.2005}^{Scenarie\ 0})$$

Således er fejlen i forbindelsen med initialbetingelsen af bundkoterne fjernet, samtidig muliggør den en mere overskuelig vurdering af scenariet, da bunden i netop disse to er ændret radikalt ved kørevejen og slutteligt vil evt. numeriske fejl i modellen højst sandsynlig være til stede i alle scenarier. Disse eventuelle fejl vil således blive udryddet i scenarie sammenligningen.

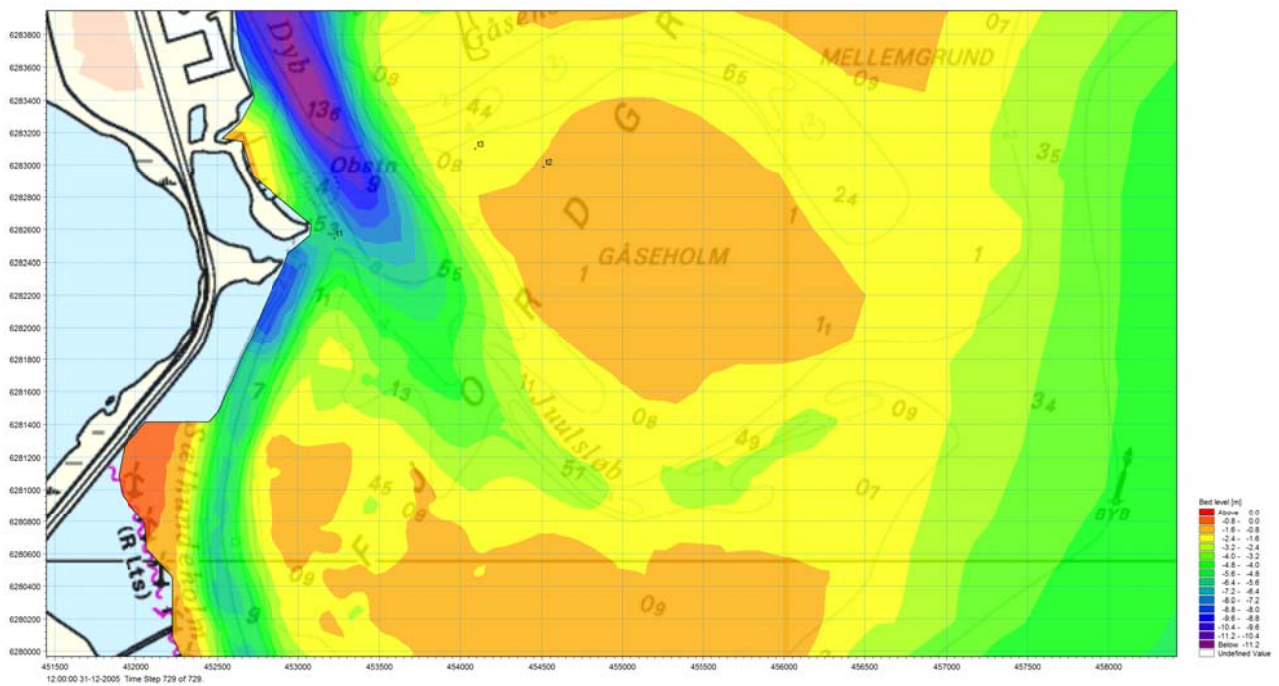
Det bør dog pointeres, at den geometriske beskrivelse af kørevejen i modellen samt den stedslige opløsning af denne, gør at resultaterne i umiddelbar nærhed af kørevejen bør vurderes med forsigtighed.

Scenarie 0 – Referencescenarie (Sydhavn + klapning på klapplads)

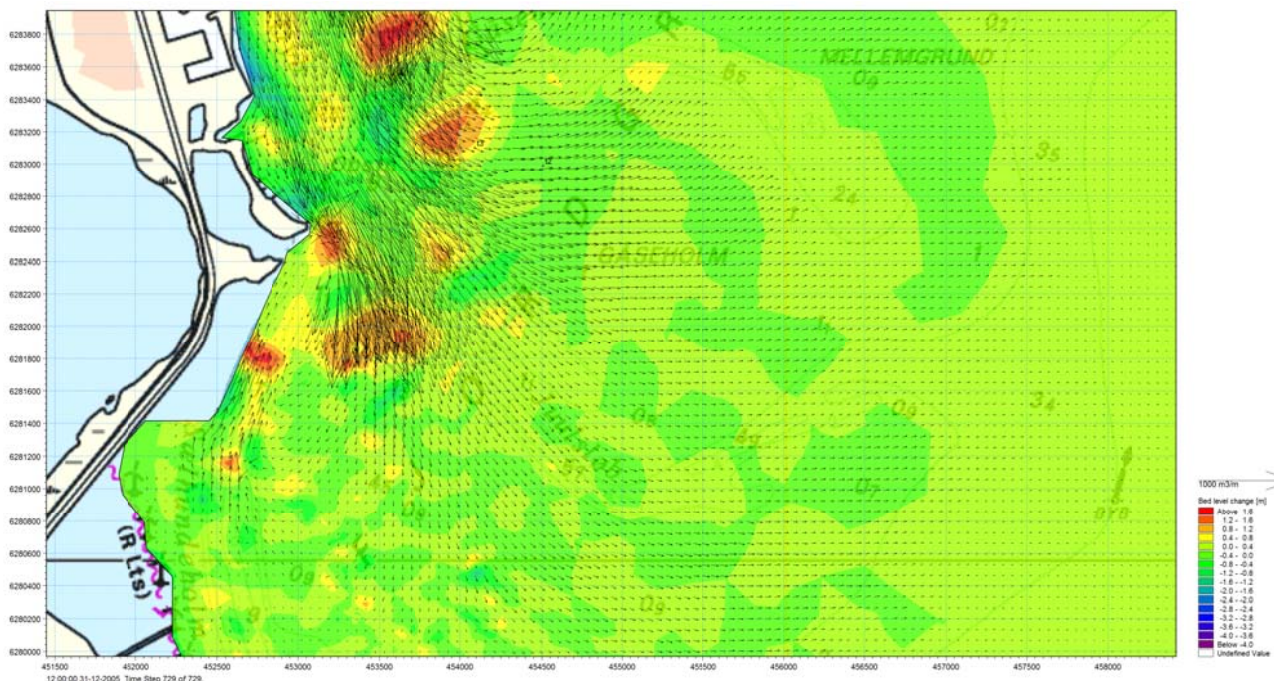
Figur 3 viser dybdeforholdene ved start af simulering (dybdeforholdene den 1.1.2005) og på figur 4 ses resultatet af et års simulering (forholdene den 31.12.2005). Forskellen mellem de to situationer er angivet på figur 5, hvor også transport størrelse og retning ses.



Figur 3. Scenarie 0 – Initial bundkote i og omkring Sælhundeholm Løbet



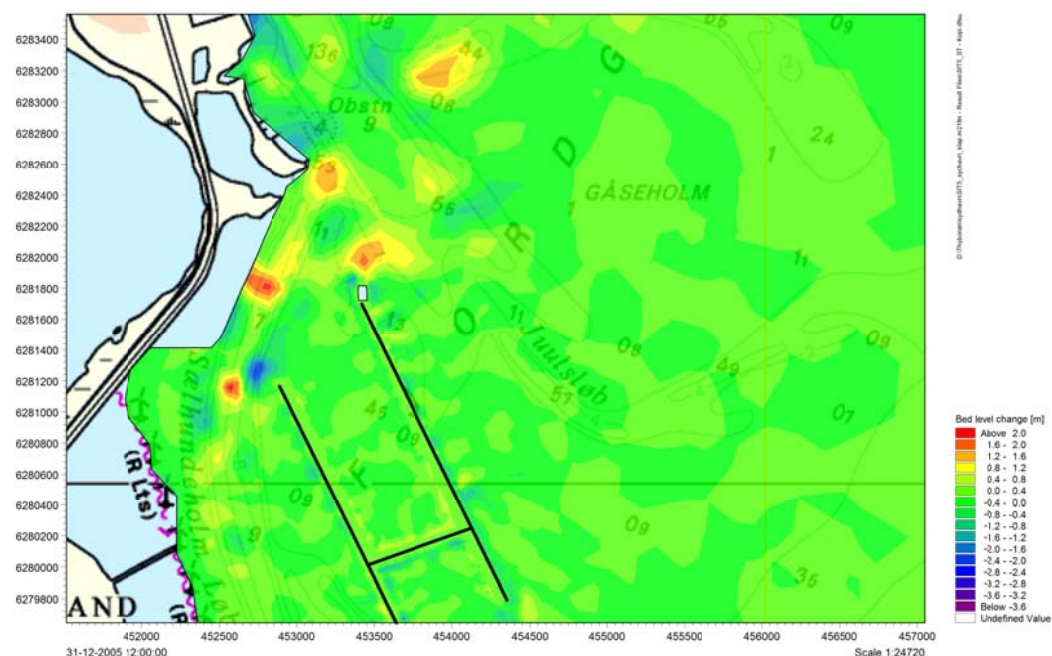
Figur 4. Scenarie 0 – Bundkote i og omkring Sælhundeholm Løbet efter 1 år



Figur 5. Scenarie 0 - Akkumuleret transport samt retning over ét år (2005). Vektorerne angiver størrelse og retning af transporten.

Scenarie 2c (dæmninger + Sydhavn + klappning på klappblads)

Den totale ændring af bunden området omkring møllerne er vist på Figur 6. Der vil ved sammenholdelse af Figur 6 og Figur 5 ses overensstemmelse mellem aflejrings- og erosionsområderne.



Figur 6. Ændring af bundkoten, fra 1.1.2005 – 31.12.2005 ved scenarie 2c.

For at vurdere møllernes (dæmningernes) indvirkning er der efterfølgende vist de relative ændringer, således, at Figur 7 til Figur 10 viser den modellerede ændring i bundkoter, scenarie 2c vil forårsage i

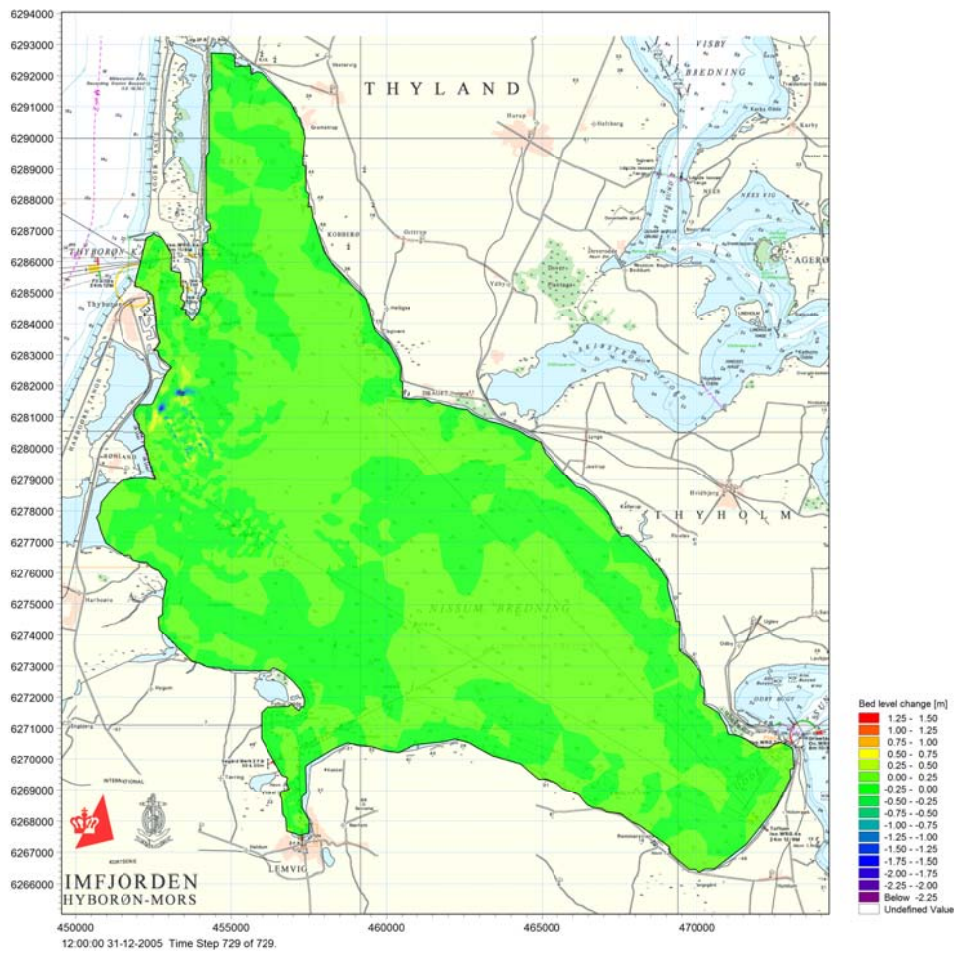
forhold til den ”naturlige” ændring i området, samt den årlig transport i detailområdet omkring møllerne (Figur 12).

På figur 9 ses den forskel der må forventes såfremt dæmningsløsningen etableres. Man bemærker at der ikke vil ske en forøgelse i opgrunden ved Sydhavnen. Tværtimod er der tegn på en svagt modsatrettet tendens. Forklaringen er formentlig, at dæmningsløsningen vil tvinge mere vand gennem Sælhundeholm Løb samtidig med, at etableringen af kajanlægget i Sydhavnen har indskrænket tværsnitsarealet en smule.

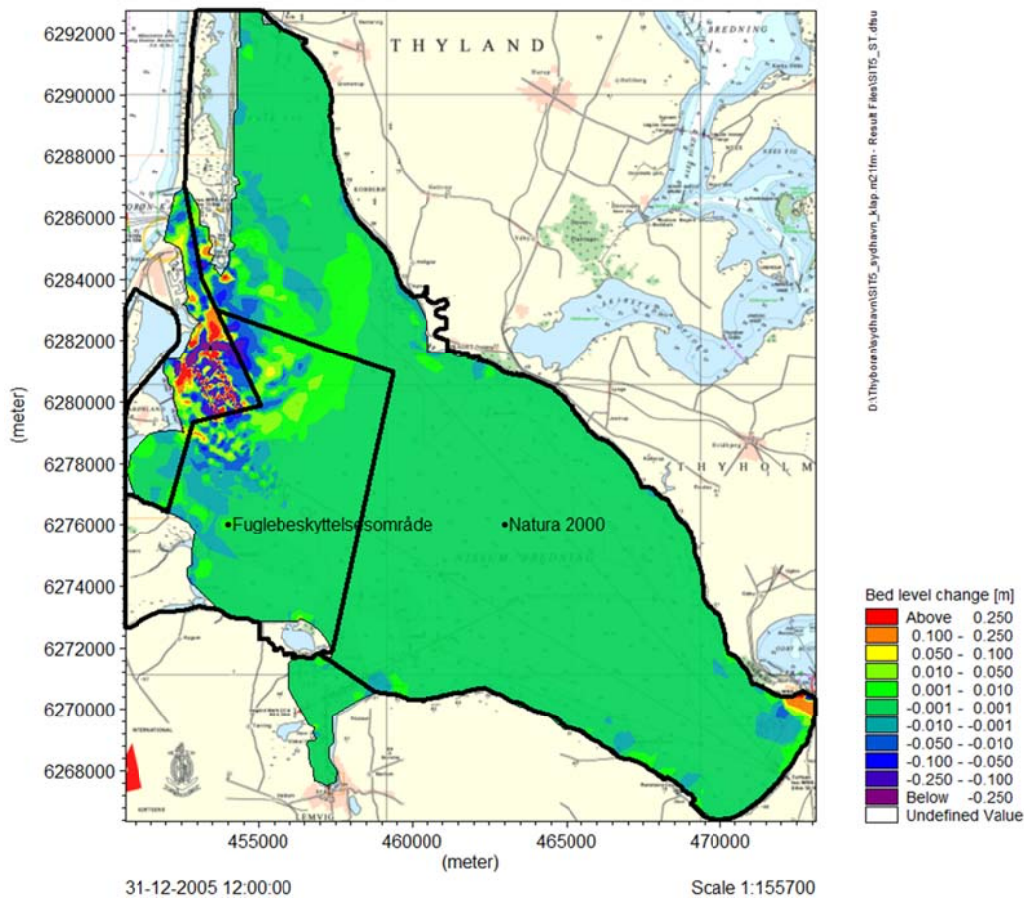
Figur 7 viser hele udviklingen i hele Nissum Bredning. Det bør bemærkes at selvom de grønne farver på figuren indikerer en relativ ændring på mellem -25 cm til + 25 cm, reelt er ændringen ikke-eksisterende i langt den største del af bredningen og særdeleshed i Natura 2000 området, som det ses af Figur 8. Af Figur 8 ses, at ca. 80-90 % af Natura 2000 området har en ændring på +/- 1 mm forårsaget af dæmningsløsningen. I hovedparten den resterende del registreres små ændringer op til +/- 10 cm dog med enkelte små områder med lidt større ændring.

På Figur 9, 10 & 11 er der zoomet ind på området omkring møllerne. Anlæggelsen af kørevejen giver anledningen til en forøgelse af den generelle strømningsmodstand syd for Thyborøn Kanal. Under normale forhold, hvor vandstanden ikke overstiger kronekoten af kørevejen på +0,3 m vil kørevejen være en blokering for både vand og sedimenttransporten, hvilket ændrer på både strøm og transport forhold i området omkring anlægget. I forhold til det tidligere scenarie 2b (samme scenarie uden Sydhavn og klapplads) er der ingen nævneværdig forskel på de registrerede ændringer af bunden. Dog er der pga. Sydhavnen ikke tendens til aflejringer i det nordvestlige hjørne af Sælhundeholm Løb, som scenarie 2b viste.

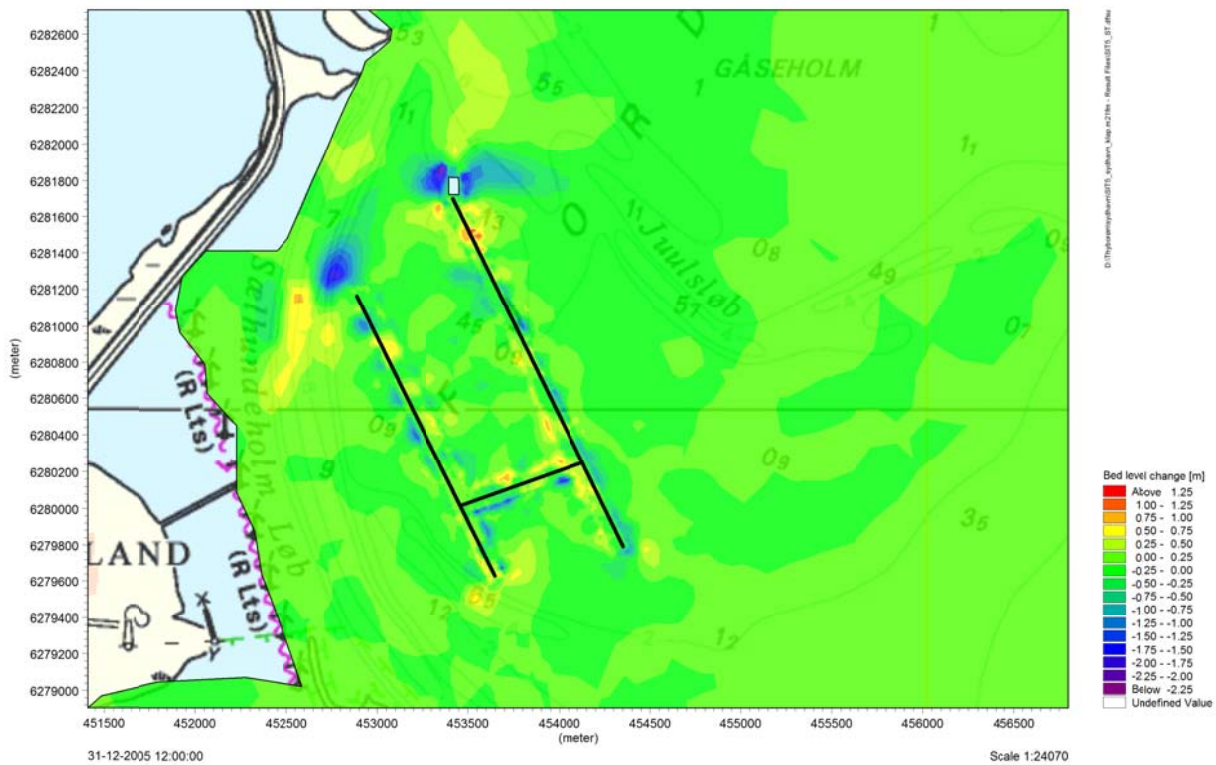
De største ændringer i forhold til scenarie 0, sker stadig ved kørevejens nordlige ben samt landingssted med både erosions- og depositionsområder. Orkanen den 8. januar 2005 medfører en ændring af morfologien i de førnævnte områder, men den årlige udvikling kan ikke tilskrives forholdene under orkanen alene. Vandstanden før, under og efter orkanen var historisk høj, hvilket indebar, at dæmningen var oversvømmet og at dæmningen dermed relativt vil reducere gennemstrømningsarealet i langt mindre grad end under normale omstændigheder.



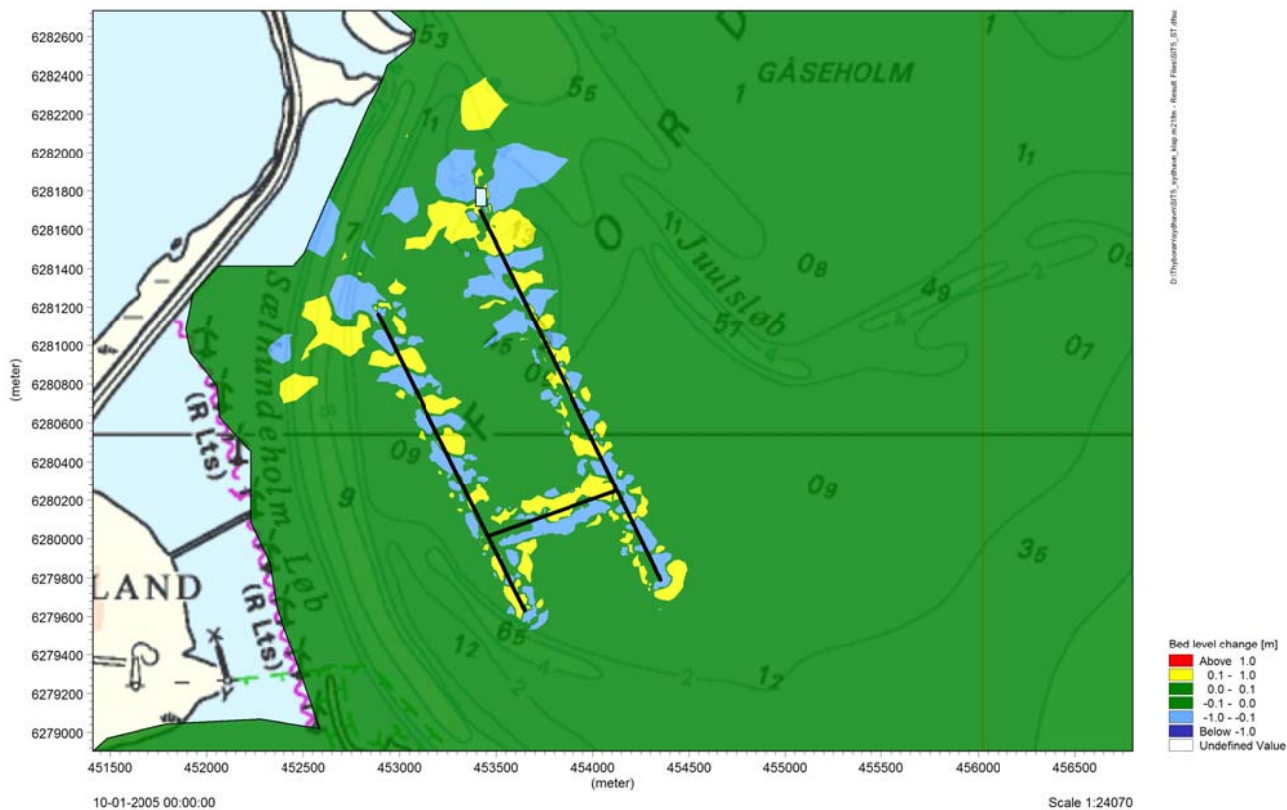
Figur 7. Scenarie 2c – Relativ morfologisk udvikling af Nissum Bredning over ét år (i forhold til scenarie 0)



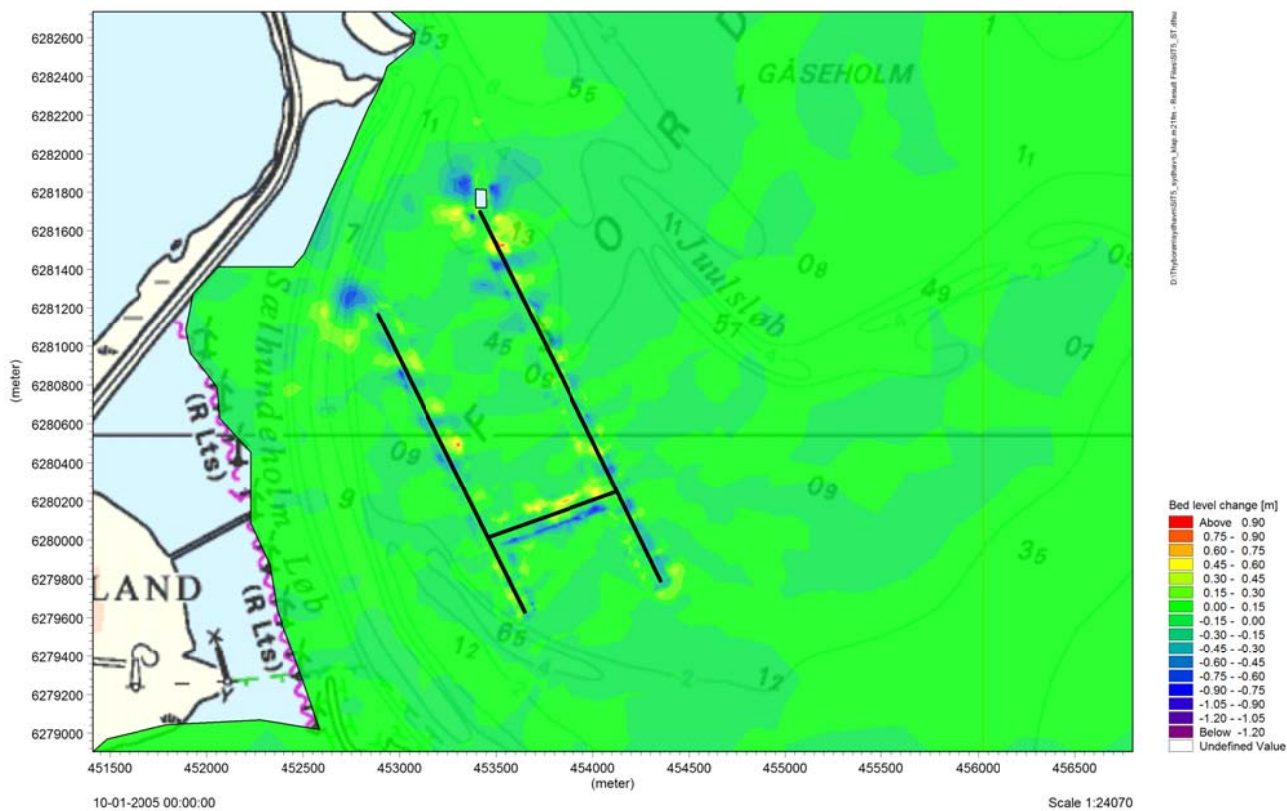
Figur 8 Scenarie 2c – Relativ morfologisk udvikling af Natura 2000 området over ét år (i forhold til scenarie 0)



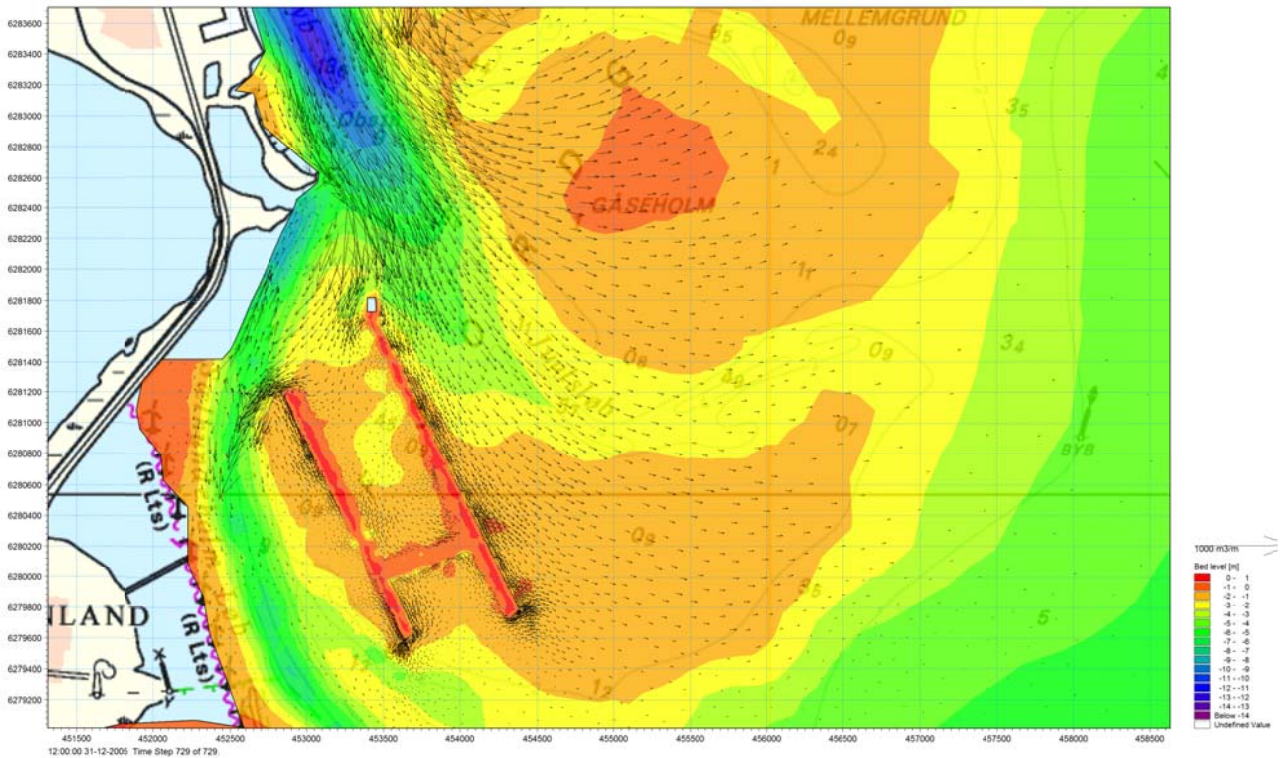
Figur 9. Scenarie 2c – Relativ morfologisk udvikling af detailområdet over ét år (i forhold til scenarie 0). Fin skala indeling. Figuren viser dybdeforholdene på Figur 6 fratrukket Figur 5.



Figur 10. Scenarie 2c - Relativ morfologisk udvikling af detailområdet over ét år (i forhold til scenarie 0). Grov skala inddeling. Figuren viser dybdeforholdene på Figur 6 fratrukket Figur 5.



Figur 11. Scenarie 2c – Relativ morfologisk udvikling af detailområdet efter orkanen den 8. januar 2005 (i forhold til scenarie 0)



Figur 12. Scenarie 2c - Akkumuleret transport samt retning over ét år (2005). Vektorerne angiver størrelse og retning af transporten.

4. Sammenfatning

Der er i dette tillæg til tidligere rapport /1/ medtaget en årlig klappning af 50.000 m³ oprensningmateriale, svarende til en sedimentdybde på 20 cm på klapppladsen ved Gåseholm /3/ herudover er jf. /2/ medtaget udvidelsen af Thyborøn Havn mod syd, her betegnet Sydhavnen.

Morfologisk set er området under stadig udvikling. Herværende rapport (såvel som den tidligere /1/) fokuserer primært på at belyse de ændringer i udviklingen som etableringen af vindmølleparken vil forårsage.

Resultatet af modelberegningerne ses på figurerne, hvor der er angivet de ændringer i havbundens niveau, der forventes at være sket efter forløbet af et år, hvor vind-, strøm- og bølgeforskel har været som året 2005. Dette år indeholder bl.a. stormen den 8. – 9. januar 2005, som er en af de kraftigste storme, der nogensinde har været observeret i området. Da områdets morfologi som nævnt er i stadig udvikling, viser figurerne de ændringer der vil forekomme i forhold til den naturlige udvikling i området. Figurer med scenarie 0 viser det beregningsmæssige bedste skøn på hvad den naturlige udvikling vil være og figurer med scenarie 2c viser de ændringer (i forhold til scenarie 0) etableringen af vindmølleparken (dæmningsløsningen) må forventes at give anledning til.

Klappladsen

Beregningerne viser, at etablering af vindmølleparken (dæmningsløsningen) ikke giver anledning til hverken øget akkumulering eller erosion af de klappede mængder oprensingsmateriale, der placeres på klappladsen.

Undersøgelserne forud for godkendelsen af klappladsen (Miljøministeriet, 2008) viste at området ved klappladsen er et erosionsområde hvorfra der årligt bliver fjernet netto omkring 25 – 30.000 m³. Dette må herefter vurderes at være uændret når vindmølleparken etableres.

Sydhavnen

Beregningerne viser at etableringen af Thyborøn Sydhavn samt uddybning til 8 meters vanddybde i forbindelse hermed, giver i scenarie 0 (ingen vindmøller) anledningen til en vis aflejring mellem Sælhundholm Løb og Søndre Dyb. Denne aflejring er en naturlig konsekvens af strømforholdene det pågældende sted. I dag er vanddybden her også reduceret i forhold til Sælhundeholm Løb og Søndre Dyb. De 8 meters vanddybde her kan næppe opretholdes naturligt. I den sydlige del uddybningsområdet øst for Sydhavnen vil der ligeledes forekomme en aflejring. Dette er en naturlig konsekvens af uddybningen kombineret med den nordgående sedimenttransport ved udgående strøm (mod Nordsøen). Disse to ændringer vil også være til stede i scenarie 2c (dæmningsløsning).

Ved at sammenholde hvad man kan betegne som den naturlige udvikling (scenarie 0) med udviklingen hvor vindmølleparken med dæmningsløsningen er medtaget (scenarie 2c) kan konkludere at beregningerne viser at dæmningsløsningen ikke vil forøge opgrundingen ved Sydhavnen. Der er derfor ingen baggrund for at antage at dæmningsløsningen vil forøge oprensningen ved Sydhavnen.

Natura 2000 området

Beregningerne viser at kun helt lokalt og i yderst begrænset omfang vil give anledning til nævneværdige ændringer i bundkoten i Natura 2000 området.

5. Referenceliste

- /1/ *Bentzen T.R. og Larsen T., Havvindmøller i Nissum Bredning - Modellering af strømningssforhold, sedimenttransport og kystmorfologi. Contract Report - DCE 93, AAU 2011*
- /2/ *Thyborøn Havn, Masterplan, 2010*
- /3/ *Miljøministeriet, Miljøcenter Århus. Klappningstilladelse for: Oprensningsmateriale af Sælhundeholm Løb i den vestlige del af Limfjorden. 20.10.2008*