

Vurdering af rentabilitet for genåbning af Sønderho Havn

Hydrografisk modellering og vurdering

Del I



Vurdering af rentabilitet for genåbning af Sønderho Havn

Agern Allé 5
2970 Hørsholm

Tlf: 4516 9200
Fax: 4516 9292
dhi@dhigroup.com
www.dhigroup.com

Marts 2008

Klient		Klientens repræsentant			
Foreningen Sønderho Havn		Mogens Vesteraard			
Projekt		Projekt nr.			
Vurdering af rentabilitet for genåbning af Sønderho Havn		11800213			
Forfattere		Dato			
Ulrik Lumborg		Marts 2008			
		Godkendt af			
	Rapport	ULU			
Revision	Beskrivelse	Udført	Kontrolleret	Godkendt	Dato
Nøgleord		Klassifikation			
Danish Wadden Sea, hydrodynamic modeling Sønderho		<input type="checkbox"/> Åben <input type="checkbox"/> Intern <input checked="" type="checkbox"/> Tilhører klienten			
Distribution					Antal kopier
Foreningen Sønderho Havn		Mogens Vestergaard			3+pdf
DHI:		ULU, JAO			2



INDHOLDSFORTEGNELSE

1	INDLEDNING OG BAGGRUND	1-1
2	BAGGRUND OG GENEREL BESKRIVELSE AF OMRÅDET	2-1
3	METODE.....	3-1
3.1	Den numeriske model	3-1
3.2	Inputdata	3-1
4	MODELRESULTATER.....	4-1
5	KONKLUSIONER OG ANBEFALINGER	5-1
6	REFERENCER	6-1



1 INDLEDNING OG BAGGRUND

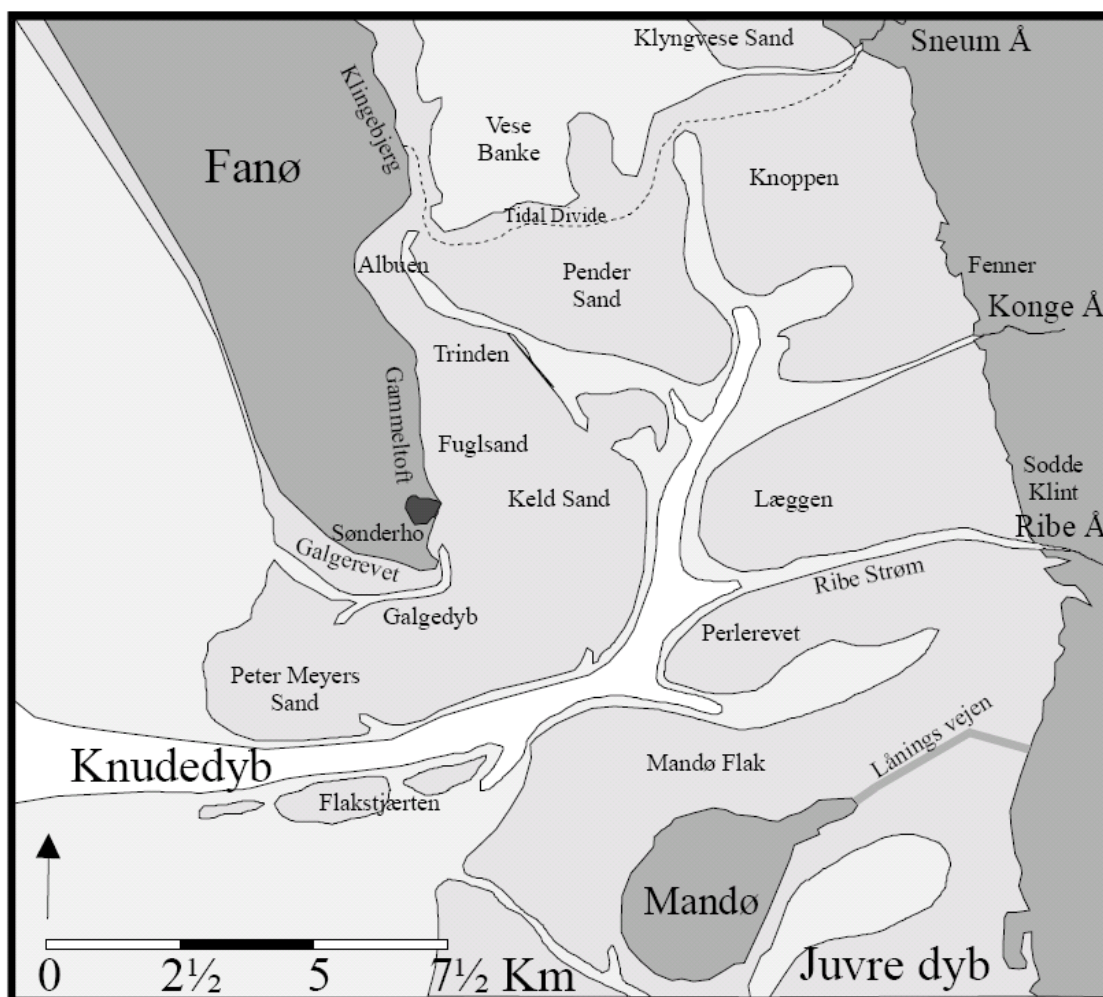
Foreningen Sønderho Havn ved Mogens Vestergaard har rettet henvendelse til DHI med henblik på en vurdering af muligheden for genåbning af Sønderho Havn. DHI har i samarbejde med Foreningen Sønderho Havn valgt i første omgang at opstille en hydrodynamisk model der beskriver vandstrømningerne omkring Sønderho. Denne model anvendes til at lave en kvalitativ vurdering af projektet.

Det er aftalt med Foreningen Sønderho Havn evt. at udvide nærværende projekt med yderligere beregninger hvad angår hydrografi og sedimentdynamik hvis det skønnes nødvendigt. Denne rapport skal således ikke anses for udtømmende hvad angår hydrografiske undersøgelser til brug for projektet.

2 BAGGRUND OG GENEREL BESKRIVELSE AF OMRÅDET

Området er beliggende i det Danske Vadehav, der er den nordligste del af det Europæiske Vadehav. Et oversigtskort over Fanøs sydlige del og omliggende havområder er vist i Figur 2-1. Området er forbundet til Nordsøen gennem Knudedyb, og det nordlige tidevandskel er beliggende fra Sneum Ås udløb til Klingebjerg/Albuen. Det sydlige vandskel er beliggende ved Låningsvejen mod Mandø.

Området er domineret af halvdøgntligt tidevand med et middel på ca. 1,5 m. Tidevandsprismet, dvs. forskellen i vandvolumen ved lavvande og højvande, er ca. $175 \times 10^6 \text{ m}^3$ (Ref. /1/). Typiske maksimumshastigheder i Knudedyb er $1-1,5 \text{ m s}^{-1}$. Over de indre tidevandsflader kommer hastighederne sjældent over $0,15 \text{ m s}^{-1}$.



Figur 2-1 Oversigtskort over den sydlige del af Fanø samt omkringliggende havområde. Figuren er adapteret fra (Ref. /2/)

Sedimentologisk set er området domineret af intertidale flader, der tørlægges ved normalt lavvande. Dette område dækker omkring 67%. Fordelingen af sedimenttyper i området fremgår af Tabel 2-1.



Tabel 2-1 Oversigt over sedimenttyper i Knudedybs tidevandsområde

Sedimenttype	Andel af område i %
Finkonet materiale (ler- og siltindhold > 70%)	5%
Blandet sediment (ler- og siltindhold mellem 30% og 70%)	11%
Sand (ler- og siltindhold < 30%)	51%

Sedimentdynamikken i et Vadehavsmiljø er kompleks både i kraft af den store spredning i sedimenttyper (kornstørrelser) og af den skiftende påvirkning i strømhastigheder og retninger. Bølgepåvirkningen spiller også en stor rolle.

Generelt transporteres en ganske stor mængde sediment ind fra Nordsøen gennem Knudedyb. Koncentrationen i vandet er som regel lille, i størrelsesordenen 5 mg l^{-1} . Da det på den anden side er store vandmængder, der flyttes, betyder det, at meget store mængder sediment tilføres området i hver tidevandsperiode. Tidligere studier har vist, at en lille andel (omkring 4–5%) af det tilførte sediment aflejres inde i området (Ref. /3/, /4/). Denne delikate balance betyder, at der årligt aflejres ganske store mængder i de indre områder af Vadehavet. Det totale årlige input til Knudedybs tidevandsområde er angivet til 38.500 tons pr. år. Heraf stammer 20% fra de tilløbende åer, 24% fra primærproduktion og 51% fra Nordsøen. De resterende 5% stammer fra kyst- og marskerosion samt atmosfærisk aflejring (Ref. /2/).



3 METODE

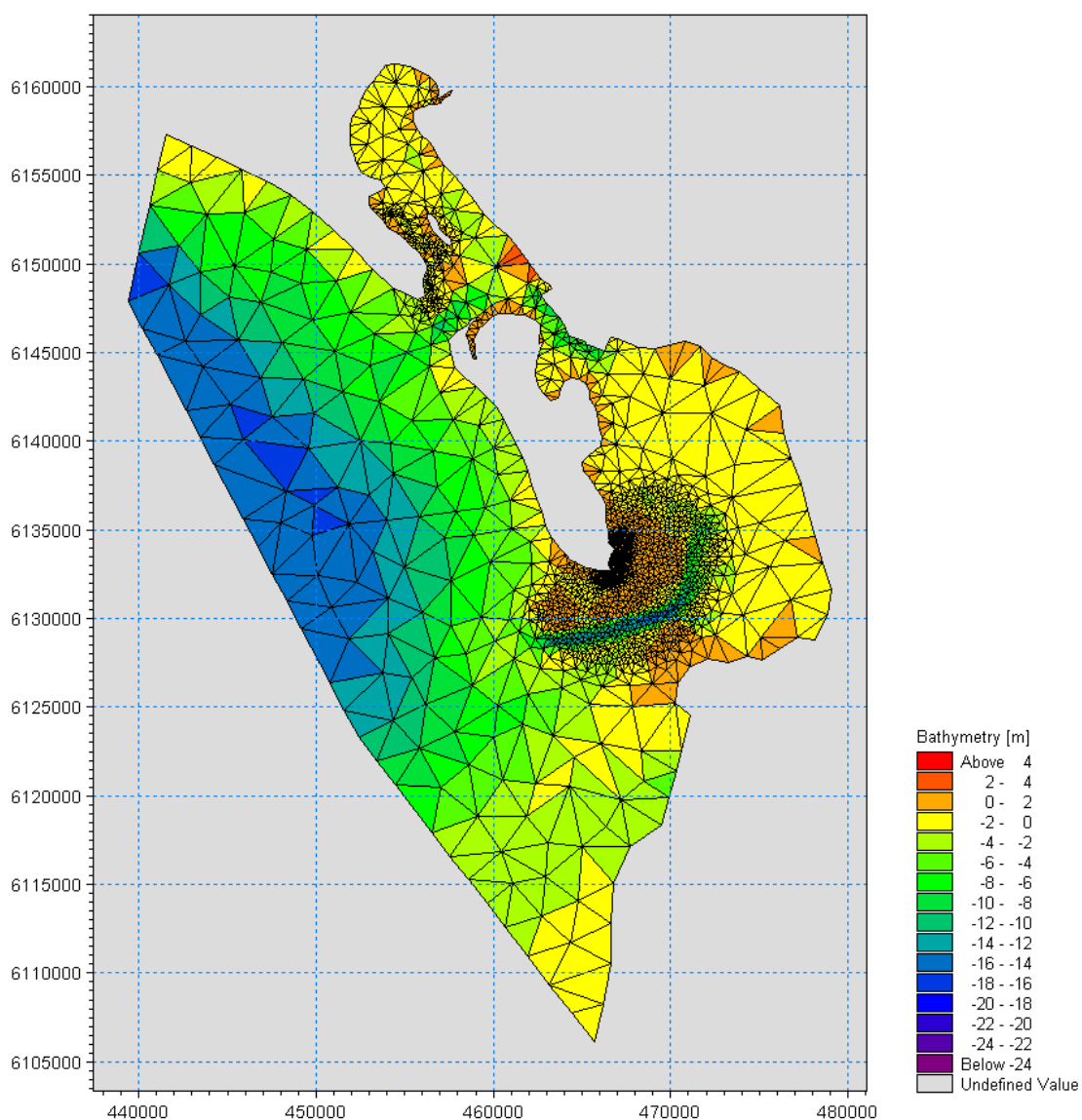
Denne rapport bygger på opsætning af en numerisk hydrodynamisk model samt en vurdering af mulighederne for et rentabelt projekt. Den numeriske model (MIKE 21 FM HD) er opstillet for perioden 1. marts, 2008 – 1. april, 2008 og dækker området fra Ho Bugt i nord til Mandø ebbevej i syd. Desuden er et stykke af Nordsøen medtaget for at beskrive tidevandet korrekt. Modellen er opstillet for at få en korrekt repræsentation af strømningerne omkring den sydlige del af Fanø. Arealer beliggende langt væk fra dette er ikke nødvendigvis korrekt repræsenteret i modellen. Modellen er opstillet med henblik på senere at kunne simulere sedimentdynamik, dvs. erosion, transport og aflejring, men dette er endnu ikke inkluderet.

3.1 Den numeriske model

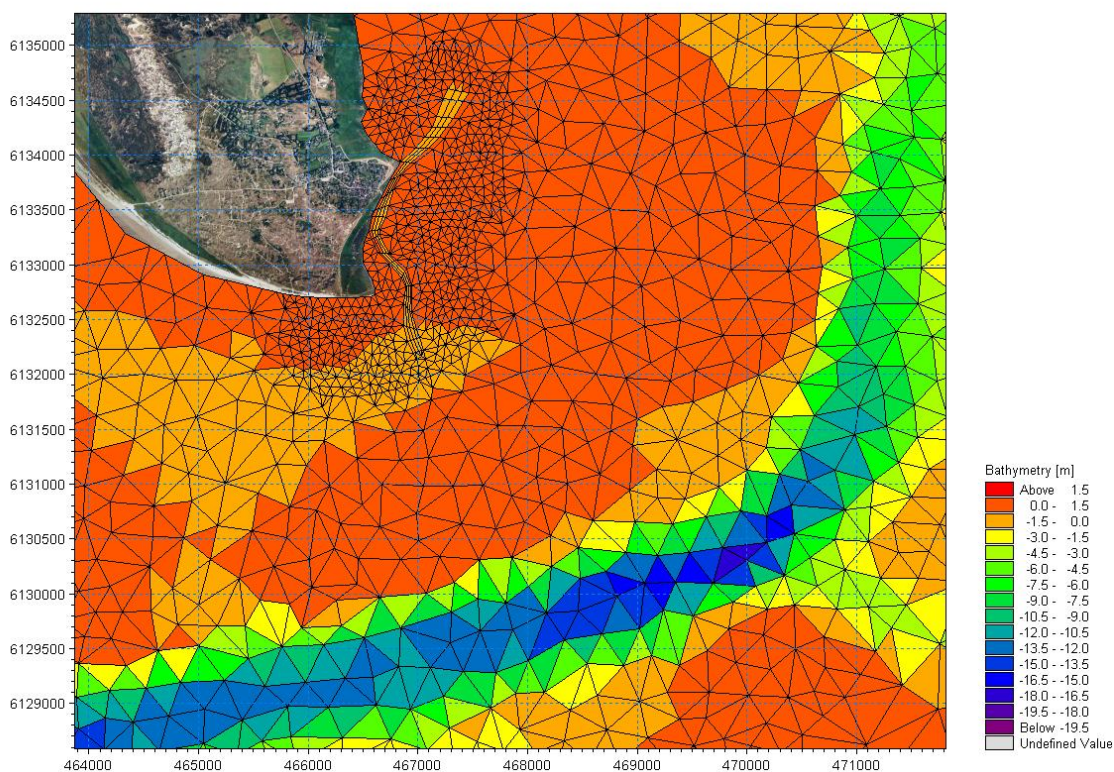
Den numeriske model MIKE 21 FM HD er udviklet af DHI. Modellens udvikling startede i begyndelsen af 1980'erne og modellen er under stadig udvikling. MIKE 21 FM HD er en hydrodynamisk model der er baseret på et såkaldt fleksibelt net, hvilket vil sige at nettet er opbygget af trekanter og firkanter af forskellig størrelse. Dette muliggør en meget detaljeret model i interesseområdet samtidig med at beregningstiden (CPU-tiden) holdes på et rimeligt niveau. Modellen beskriver som udgangspunkt vandstand samt strømhastighed og –retning i samtlige punkter. Den tidslige opløsning justeres løbende for at opnå en stabil model, men resultatet er gemt med en tidslig opløsning på 15 minutter.

3.2 Inputdata

Modellens bathymetriske grundlag (dybdeinformation) stammer fra et antal opmålinger, bl.a. informationer fra elektroniske søkort samt en større opmåling foretaget af Kystdirektoratet i 2002. De bathymetriske rådata er ret detaljerede, der er således benyttet mere end 500.000 punkter fordelt over modelområdet. Disse data er interpoleret til et beregningsnet bestående af omkring 4000 elementer af varierende størrelse. Der er altså tale om en vis forsimpning af informationen. Dette er dog påkrævet da beregningstiden ellers ville være alt for lang. Der er fra klienten modtaget en skitse-mæssig opmåling af kanalen ud for Sønderho havn. Skitsen angiver bredden af kanalen samt dybderne i tre punkter henover tværsnittet. Disse oplysninger er integreret i modelbathymetrien der i forvejen ikke indeholdt en kanal på lokaliteten. I forbindelse med en eventuel opdatering af modellen vil det være formålstjenstligt yderligere at opdatere de bathymetriske forhold omkring kanalen. I Figur 3-1 er vist et oversigtskort over bathymetrien for hele området, mens et zoom på interesseområdet er vist i Figur 3-2.



Figur 3-1 Modelbathymetri for hele modelområdet. Det ses at der er anvendt store trekanter langt fra interesseområdet og mindre elementer i området omkring Sønderho.



Figur 3-2 Modelbathymetri for interesseområdet omkring Sønderho. Den smalle kanal er opløst som firkanter for at simulere strømningerne igennem så korrekt som muligt.

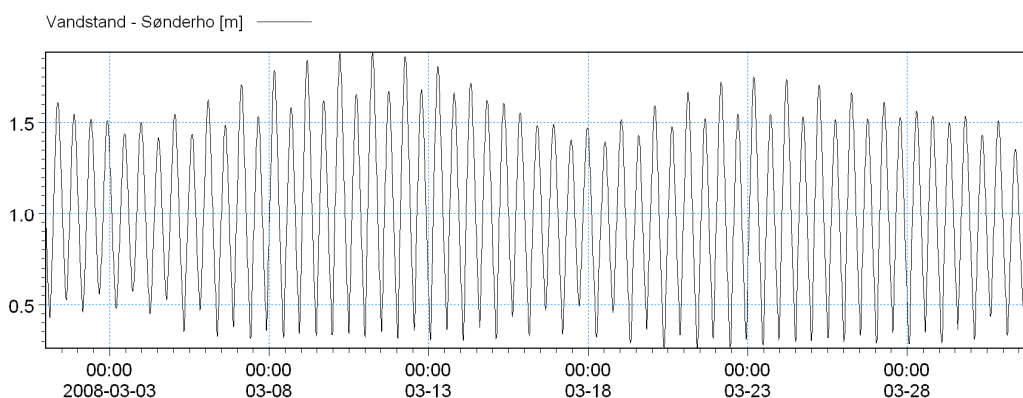
Modellen drives af astronomisk forudsagt tidevand, som er påført modellens åbne rande. Igen er der tale om en forsimpning af virkeligheden idet meteorologisk inducerede vandstandsændringer ikke er medtaget. Det vurderes dog at modellen er tilstrækkelig valid til det foreliggende formål.

4 MODELRESULTATER

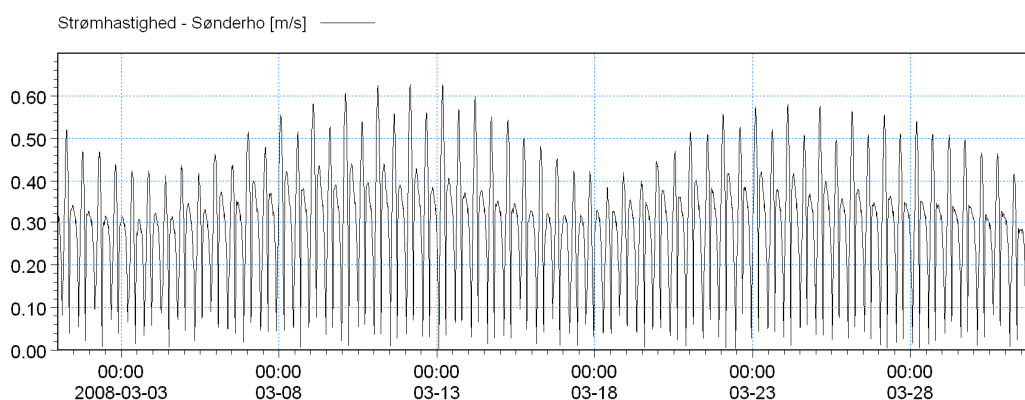
Modellens resultater består grundlæggende af vandstande og strømhastigheder i alle modelpunkter. Resultaterne er gemt hvert kvarter gennem modelleringsperioden (1. marts, 2008–1. april, 2008). Derudover er der som et afledt resultat beregnet bundforskydningsspændinger, som er den variabel der er afgørende for mulighederne for erosion og aflejring.

Afsnittet er fokuseret på området omkring Sønderho Havn.

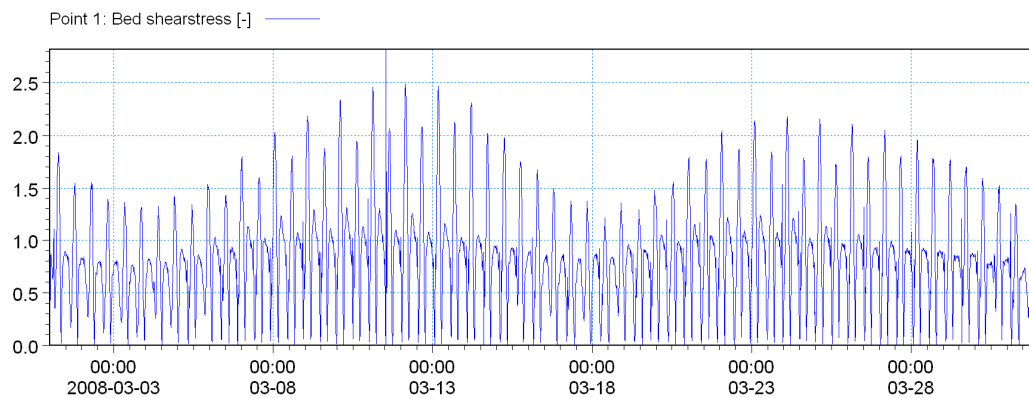
I Figur 4-1 – Figur 4-3 er vist modellerede vandstande, strømhastigheder og bundforskydningsspændinger. Der er naturligvis en vis regularitet i mønstrene eftersom meteorologiske variable ikke er medtaget i beregningerne. Modellen anvendes dog i nærværende studie til at give indikationer af de forskellige variable i området ud for Sønderho og størrelsesordenne af de præsenterede resultater vil ikke ændres pga. meteorologi.



Figur 4-1 Modelleret vandstand [m] ud for Sønderho igennem modelperioden

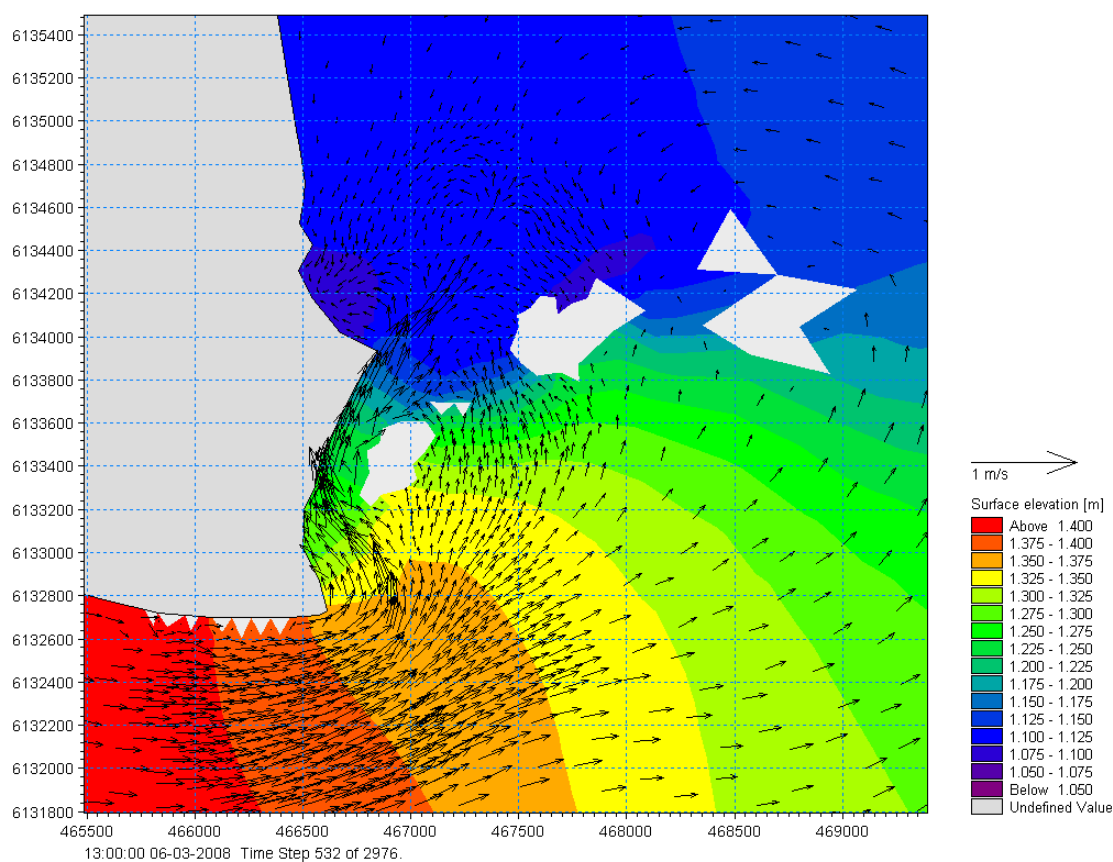


Figur 4-2 Modellerede strømhastigheder [m/s] ud for Sønderho igennem modelperioden

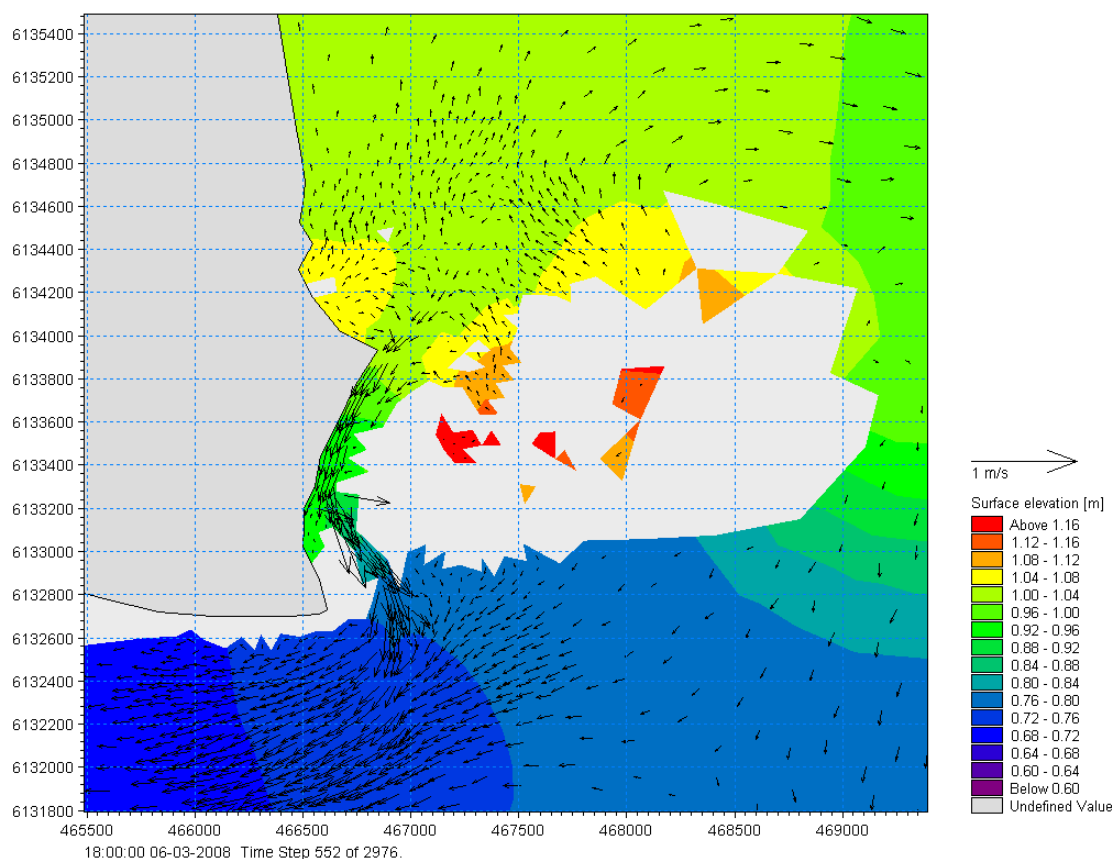


300213 - Sønderho HavnModelResults\MT\Sønderho-4_extract.dfs0

Figur 4-3 Modellerede bundforskydningsspændinger [N/m^2] ud for Sønderho gennem modelperioden



Figur 4-4 Typisk fordeling af strømhastigheder for flodperioden.



Figur 4-5 Typisk fordeling af strømhastigheder for ebbeperioden.

Sedimentaflejringer er i høj grad korreleret til bundforskydningsspændingerne (τ_b) som vist i Figur 4-3. Bundforskydningsspændingen er afhængig af bl.a. vanddybden og strømhastigheden. Finkornet sediment kan normalt kun aflejres ved bundforskydningsspændinger lavere end 0.1 N/m^2 . Dette sker ved hvert strømstille (når strømhastigheden bliver 0 bliver τ_b også 0). I ethvert tidevandsmiljø vil der derfor være mulighed for aflejring ved strømstille. Den bundforskydningsspænding der kræves for at en sedimentbund kan eroderes benævnes τ_{ce} (Critical bed shear stress for Erosion). I Tabel 4-1 er vist en række τ_{ce} -værdier for forskellige sedimenttyper. Som det ses af Figur 4-3 overstiger bundforskydningsspændingerne ved Sønderho ofte de angivne værdier. Det vil sige at sediment der aflejres ved strømstille næsten altid vil have mulighed for at blive eroderet ved i næste strømperiode.

Tabel 4-1 Typiske τ_{ce} værdier for forskellige sedimenttyper

Sedimenttype	$\tau_{ce} [\text{N/m}^2]$
Finkornet sediment umiddelbart efter aflejring	0.1
Finkornet sediment efter 2–4 dages konsolidering	0.25
Finkornet sediment efter flere ugers konsolidering	0.5–1
Fint sand	0.5–1
Groft sand	<1



5 KONKLUSIONER OG ANBEFALINGER

I tidevandsmiljøer som her i Vadehavet er sedimentdynamikken normalt kompleks. Den styrende faktor for erosion og aflejring er den tidligere omtalte bundforskydningsspænding (τ_b). For forskellige typer af sediment findes der forskellige grænser for erosion og aflejring som vist i Tabel 4-1. Så længe den kritiske bundforskydningsspænding for aflejring (τ_{cd} , $\sim 0.07 \text{ N/m}^2$) er overskredet vil sedimentet, hvad enten det er mudder eller fint sand, forblive i vandsøjlen (suspension). Når τ_b kommer under τ_{cd} begynder sedimentet at aflejres og hastigheden afhænger bl.a. af sedimentets karakteristika samt sedimentkoncentrationen. Efter sedimentet er aflejret på bunden vil det blive liggende indtil den kritiske bundforskydningsspænding for erosion (τ_{ce}) overskrides. τ_{ce} er altid højere end τ_{cd} . Dette medfører at hvis der er sediment til stede vil der næsten altid opstå en import af sediment. Dette vil især gøre sig gældende hvis der er tale om en afsnøret kanal (altså med kun en åbning til 'det åbne' hav). Den umiddelbare konklusion på nærværende foreløbige studie vil altså være at der i kanalen er energi til at holde kanalen åben i et vist tidsrum. Det kan dog anbefales at arbejde med en løsning der indeholder to åbninger (nord og syd). Det er muligt at denne løsning vil være dyrere rent etableringsmæssigt men det er sandsynligt at det vil tjene sig ind på et mindre løbende vedligehold.

I dette indledende studie er der blevet opstillet en numerisk model der er i stand til at beskrive vandstande, strømhastigheder og bundforskydningsspændinger i området ud for Sønderho. De værdier der er modelleret i området ud for Sønderho viser der i kanalen forekommer relative høje strømhastigheder. Dette medfører ligeledes høje bundforskydningsspændinger (τ_b), der vil modvirke en blivende erosion.

Disse indledende modelresultater giver det umiddelbare indtryk at det vil være muligt at genåbne Sønderho Havn. Al erfaring viser dog at dette vil kræve en løbende vedligeholdelse.

Det foreslås at foretage yderligere undersøgelser der indbefatter det følgende:

- Der foretages yderligere opmålinger således at kanalens nuværende tværsnit klarlægges nærmere.
- Der tages et antal vand- og bundprøver som analyseres for sedimentets karakteristika, herunder kornstørrelser og sedimentkoncentrationer.
- Den numeriske model udvides således at den kan anvendes til modellering af sedimentdynamik. Næste fase af modelarbejdet forventes at skulle indeholde en sedimentbalance for en eller to planlagte udvidelser af kanalen.



6 **REFERENCER**

- /1/ Bartholdy, J. and Pejrup, M. (1994): "Holocene evolution of the Danish Wadden Sea", *Senckenbergiana Maritima*, 24(1), 187-209.
- /2/ Pedersen, J. (2004). Fine-grained sediment budgets for the Grådyb, Knudedyb, and Juvredyb tidal areas, the Danish Wadden Sea. Upubliceret prisopgave fra Geografisk Institut, Københavns Universitet
- /3/ Lumborg, U. and Pejrup, M. (2005): "Modelling of cohesive sediment transport in a tidal lagoon – An annual budget", *Marine Geology*, 218(1-4), 1-16.
- /4/ Postma, H. (1981): "Exchange of materials between the North Sea and The Wadden Sea", *Marine Geology*, 40, 199-213.
- /5/ DHI - Water and Environment, *Modelberegning af finkornet sedimenttransport i Grådybs tidevandsområde*, Rapport udarbejdet for Kystdirektoratet, 2005.