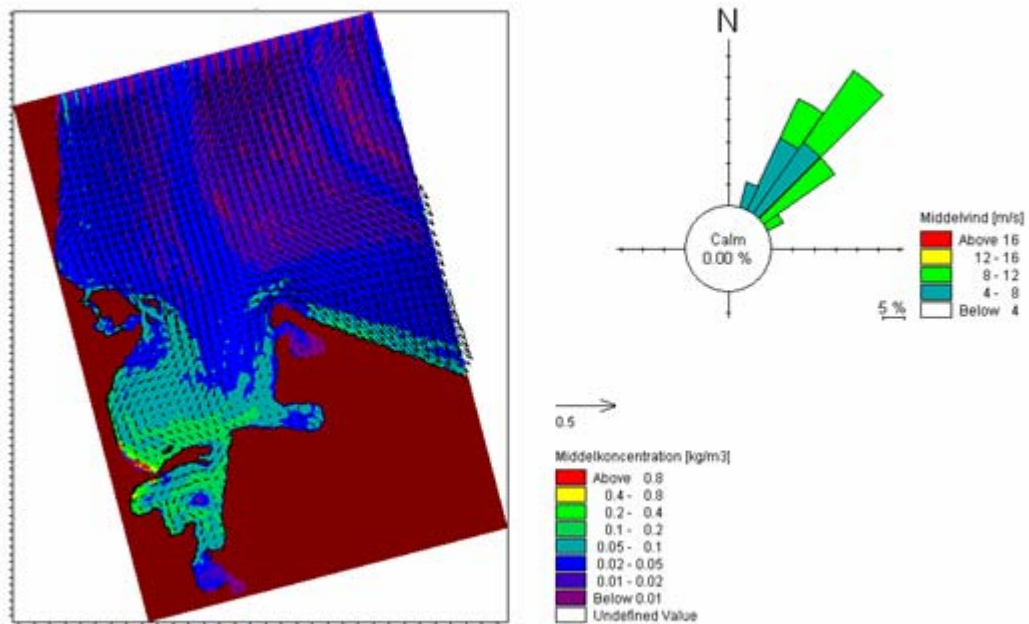


Badested i Svanemøllebugten

Endelig rapport



Udført af
DHI – Institut for Vand og Miljø
i samarbejde med
Hasløv & Kjærsgaard, Arkitektfirma I/S
for
Københavns Kommune

Oktober 2006

Badested i Svanemøllebugten

Agern Allé 5
2970 Hørsholm

Endelig rapport

Tlf: 4516 9200
Fax: 4516 9292
Afd. fax: 4516 8952
E-mail: dhi@dhigroup.com
Web: www.dhigroup.com

Klient Københavns Kommune	Klientens repræsentant Stine Cecilie Brink
----------------------------------	---

Projekt Badested i Svanemøllebugten	Projekt nr. 53947
--	--------------------------

Forfattere Bo Brahtz Christensen Jesper G. Dannisøe Rolf Deigaard Karsten Mangor	Dato Oktober 2006
	Godkendt af 26. oktober 2006

Revision	Beskrivelse	Udført	Kontrolleret	Godkendt	Dato
1	Endelig rapport	BBC	RD	KM	26/10/06
0	Endelig rapport, udkast	BBC	RD	KM	16/09/06

Nøgleord Svanemøllebugten Badevandskvalitet Tangforhold Badestrand	Klassifikation <input type="checkbox"/> Åben <input type="checkbox"/> Intern <input checked="" type="checkbox"/> Tilhører klienten
--	---

Distribution Københavns Kommune DHI:	Stine Cecilie Brink BBC;RD;KM;JAO	Antal kopier 4 + pdf 4
--	--------------------------------------	------------------------------



INDHOLDSFORTEGNELSE

1	OPSUMMERING	1-1
1.1	Hydrodynamik	1-1
1.2	Vandkvalitet	1-2
1.3	Tangforhold	1-6
1.4	Bølgeforhold	1-7
1.5	Analyse af bundprøver	1-7
1.6	Sandtransportforhold	1-8
1.7	Tekniske anbefalinger	1-11
1.8	Strande og ideer	1-12
2	INDLEDNING	2-1
3	HYDRODYNAMISK MODEL	3-1
3.1	Formål	3-1
3.2	Modelopsætninger	3-1
3.2.1	Regional model	3-1
3.2.2	Lokal model	3-6
3.3	Resultater	3-9
3.3.1	Strømningsmønstre	3-10
3.3.2	Strømroser	3-14
3.4	Vandskifte	3-15
4	VINDGENEREREDE BØLGER	4-1
4.1	Formål	4-1
4.2	Modelopsætning	4-1
4.2.1	Beregningsnet og bathymetri	4-1
4.2.2	Modelscenarier	4-3
4.3	Vindstatistik	4-3
4.4	Resultater	4-7
4.4.1	Signifikante bølgehøjder	4-8
4.4.2	Retningsspredning og bølgeperiode	4-12
4.4.3	Bølgeroser	4-14
5	BADEVANDSKVALITET	5-1
5.1	Formål	5-1
5.2	Modelopsætning	5-1
5.2.1	Udledninger og overløb	5-1
5.2.2	Anvendte tidsserier for spildevandsudledning	5-2
5.2.3	Spredning og fortynding	5-6
5.2.4	Bakterie modellering	5-6
5.2.5	Solindstråling og vandtemperatur	5-7
5.2.6	Modelscenarier	5-7
5.3	Resultater	5-8
5.4	Diskussion	5-18
6	TANGFORHOLD	6-1
6.1	Nuværende tangbelastning	6-3



6.2	Basis beskrivelser	6-3
6.2.1	Ålegræs	6-3
6.2.2	Makroalger og fedtmøg.....	6-4
6.3	Modelopsætninger	6-4
6.3.1	Lokal hydrodynamisk model	6-4
6.3.2	Partikel model til modellering af tang.....	6-5
6.4	Resultater	6-7
6.5	Diskussion	6-11
7	SANDTRANSPORTFORHOLD	7-1
7.1	Strandprofil	7-1
7.2	Sedimenttransport og ligevægtsretninger	7-2
7.3	Langsgående sedimenttransport	7-3
7.4	Ligevægtsretninger og aktiv dybde for en fremskudt strand.....	7-5
8	INDSAMLING OG ANALYSE AF BUNDPRØVER	8-1
8.1	Indledning	8-1
8.2	Metode.....	8-1
8.3	Glødetab og kornkurver	8-2
8.4	Kemisk analyse.....	8-2
8.5	Kommentarer	8-4
9	REFERENCER	9-1

Bilag A	Bundprøver
Bilag B	Kornkurver
Bilag C	Analyse rapport, kemisk analyse af bundprøver



1 OPSUMMERING

DHI - Institut for Vand og Miljø har i samarbejde med Hasløv & Kjærsgaard, Arkitektfirma I/S for Københavns Kommune udført undersøgelser af mulighederne for etablering af en fremskudt strand i Svanemøllebugten. Undersøgelserprogrammet indeholdt dels en serie tekniske undersøgelser (hydrauliske, vandkvalitetsmæssige og kysttekniske forhold) og dels udarbejdelse af alternative idéforslag til strandudformning og bedefaciliteter, dækkende fra det helt simple til omfattende anlæg. Idéforslagene er forsøgt udformet således, at de kan udføres etapevis, hvilket kan være af interesse i såvel teknisk som økonomisk henseende.

Undersøgelsen er blevet inddelt i en række delundersøgelser, hvis hovedkonklusioner er opsummeret i det følgende. Som basis for undersøgelsen er der blevet etableret en regional og to lokale tredimensionale hydrodynamiske modeller. Desuden er der etableret en bølgemodel dækkende hele Øresundsområdet til beskrivelse af vindgenererede bølger i Svanemøllebugten, og der er sluttelig etableret specialmodeller for sandtransport og transport af tang. Der er ligeledes foretaget indsamling af bundprøver.

1.1 Hydrodynamik

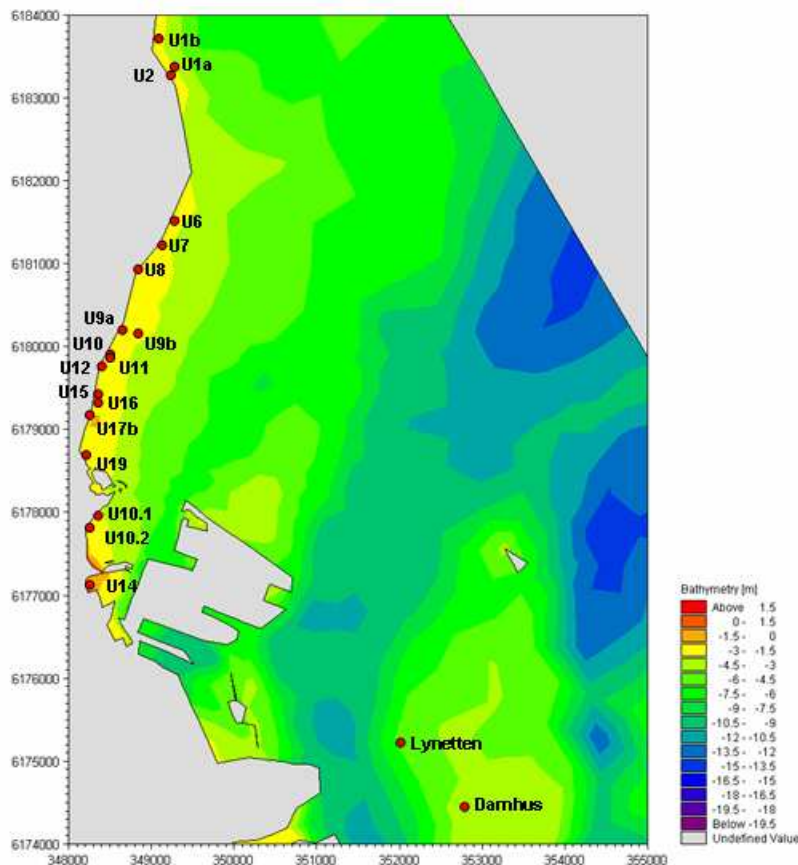
Den lokale hydrodynamiske model afspejlede, at Svanemøllebugten og området nord herfor er en læzone og derved karakteriseret af komplekse strømningsmønstre bestående af flere horisontale hvirvler, som varierer over tid og sted. Inde i Svanemøllebugten er hvirvlerne generelt svage (dybdemidlede hastigheder $\sim 0,05$ m/s), men medvirker til at opretholde et relativt højt vandskifte i området. En typisk opholdstid i den inderste del af bugten (nord for Svaneknoppen) er væsentlig mindre end 24 timer, hvorfor lokal planktonalgedannelse ikke vil kunne finde sted i større mængde, men primært blive tilført udefra. Typisk vil en opholdstid på mere end 24 timer kun forekomme tre til fire gange i løbet af et normalår. Det relativt høje vandskifte er drevet af horisontale cirkulationsceller samt vertikal strømningscirkulation drevet af vindens påvirkning af vandoverfladen. Den lokale hydrodynamiske model er ikke verificeret, da der ikke findes verifikationsdata til rådighed indenfor modelområdet, men da modellen benytter samme parameterspecifikation som den verificerede regionale model, som blev etableret i forbindelse med opførelse af Øresundsforbindelsen, vurderes det, at modellen er pålidelig.

DHI har valgt at benytte en hydraulisk periode på 72 døgn fra efteråret 1993, da denne ud fra statistiske beregninger er repræsentativ hvad angår strømme og vind. Perioden blev oprindeligt udvalgt i forbindelse med bygningen af Øresundsforbindelsen, da man også her havde brug for en repræsentativ periode. Da perioden ligger i efteråret 1993, har det været nødvendigt at påtrykke alle biologiske og biokemiske processer for forhold, der svarer til en sommerperiode for juni-juli. Når der derfor enkelte steder i rapporten er figurer med reference til november-december 1993, er der tale om relativ tidsangivelse, idet alle processer som nævnt er justeret til sommerforhold (temperatur, lys, sigtddybde etc.).



1.2 Vandkvalitet

Badevandskvaliteten i Svanemøllebugten ved den fremskudte strand er vurderet på baggrund af den hydrodynamiske model samt modellering af E.coli bakterieudledninger fra overløbsbygværkerne inde i Svanemøllebugten samt fra Gentofte Kommunes overløb nord for området. Desuden er de generelle udledninger fra Damhusåens Renseanlæg og Lynetten inkluderet i modelleringen. Udledningspunkternes placeringer er vist i Figur 1.1.



Figur 1.1 Udledningspunkter for spildevand og E.coli bakterier. Udledningspunkterne U10.1, 10.2 og 14 er fra Københavns Kommune, mens resten er fra Gentofte Kommune.

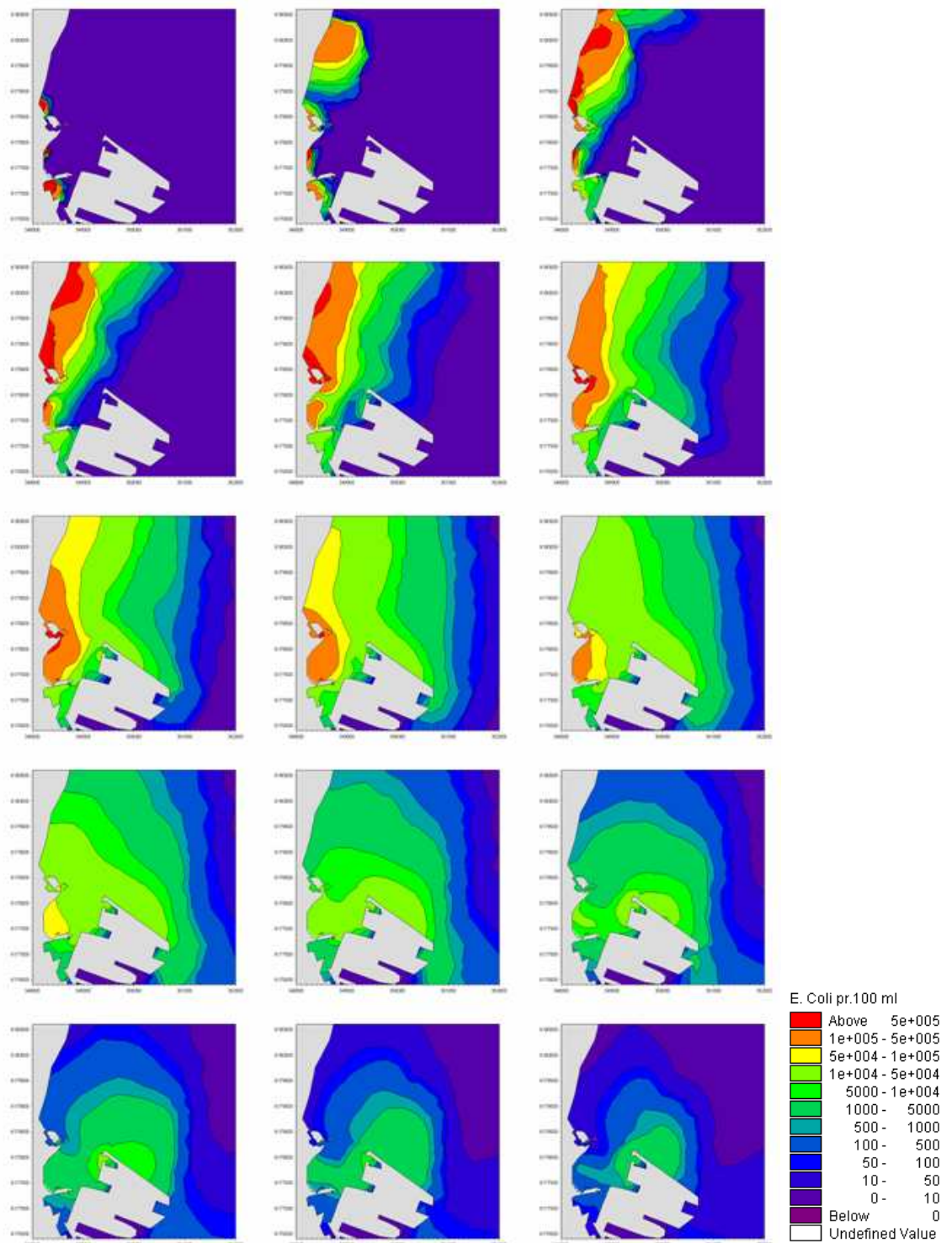
For alle udledninger i Københavns Kommune er der anvendt værdier svarende til situationen efter en række omfattende udbygninger af overløbsbygværkerne, hvoraf de sidste forventes færdige i maj 2007. Disse forbedringer omfatter bl.a. rørlægning og udvidelse af bassinvoluminet af Lergravsparkens forsinkelsesbassin, hvilket forventes at nedsætte den gennemsnitlige samlede årlige aflastning til Svanemøllebugten/Svanemøllehavnen fra 100 – 200.000 m³/år til 35 – 40.000 m³/år. Det må således forventes at forholdene i bugten vil blive forbedret i forhold til hvordan forholdene har været tidligere, men det skal erindres at de ikke uvæsentlige aflastninger fra Gentofte Kommune ikke endnu er blevet tilsvarende reduceret.

De modellerede udledninger repræsenterer de fremtidige forhold i Svanemøllebugten.



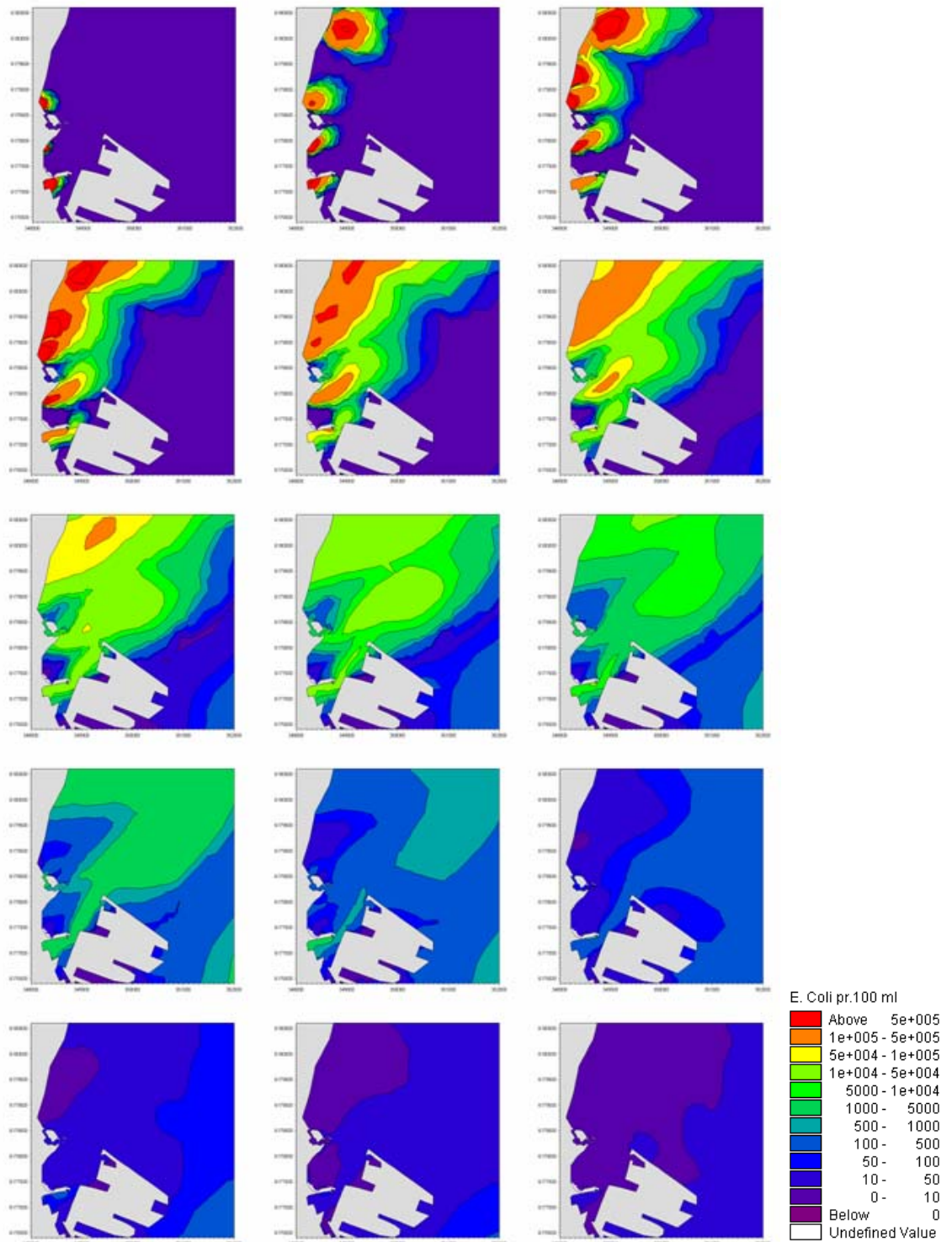
Til simulering af badevandskvaliteten (E.coli) er der anvendt en række sammenhørende tidsserier af spildevandsudledninger fra de tyve udløb fra en regnvejrshændelse fra den 24. maj 2003. Hændelsen er vurderet til at have en forventet returperiode på cirka 1 år for de lokale bygværker i Københavns Kommune. Valget af hændelsen er gjort i samarbejde med kommunen for at finde en repræsentativ hændelse, hvor udledningen er stor nok til at få alle de viste bygværker aktiveret. Hændelsen er påtrykt cyklisk hvert fjerde døgn gennem den modellerede periode på 72 døgn for at kunne vurdere udbredelsesmønsteret for 18 hændelser, idet disse antages at dække stort set alle kombinationer af vind- og strømretning. Perioden på fire døgn er valgt for at sikre tilstrækkelig tid til nedbrydning og henfald af E.coli bakterierne, således at hændelserne er uafhængige.

Modelleringen viste, at de mest kritiske forhold opstår under forhold med en sydgående kyststrøm, idet denne trækker udledningerne fra Gentofte kommune ind i Svanemøllebugten, som illustreret i Figur 1.2, der viser fordelingen af E.coli koncentrationer med én times mellemrum i en situation med sydgående strøm.



Figur 1.2 Billedsekvens visende udbredelse af E.coli koncentrationer i Svanemøllebugten under kritiske forhold med sydgående strøm. Tidsrummet mellem billederne er en time.

Omvendt opstår de mest gunstige forhold for en udledningshændelse, når vinden blæser fra det sydvestlige hjørne, idet det forurenede vand trækkes ud af bugten. Ligeledes er der ingen påvirkning fra overløbene i Gentofte Kommune. Figur 1.3 viser en billedsekvens, som illustrerer denne situation.



Figur 1.3 Billedsekvens som viser udbredelse af E.coli koncentrationer i Svanebøllebugten under gunstige forhold. Tidsrummet mellem billederne er en time.

En statistisk analyse af de simulerede udledningshændelser indikerer, at den fremtidige grænseværdi på 500 E.coli/100 ml. i gennemsnit overskrides inde i bugten i omkring 10 timer pr. hændelse. Der må derfor påregnes en lukning af badeområdet i 24 timer efter en hændelse for at være på den sikre side. Den fremtidige overløbsfrekvens for udløbne til Svanebøllebugten fra Københavns Kommune vil typisk blive af størrelsesordenen



2-3 gange pr. badesæson, eller 5 gange år, hvorimod de to mest kritiske overløbsbygværker i Gentofte Kommune U17b og U19 har en overløbsfrekvens på 6-8 udledninger pr. år. Da overløb er mest hyppigt forekommende i sommerperioden, må der påregnes udstedelse af badeforbud 2-4 gange i løbet af en typisk badesæson. Det skal bemærkes at dette udgør en forbedring af forholdene i forhold til tidligere.

1.3 Tangforhold

Den inderste del af Svanemøllebugten er udformet med en lodret spunsvæg for at hindre at tang aflejres permanent i området og for at lette eventuel oprensning. Dette virker nogenlunde efter hensigten, idet ålegræs/tang, som periodevis aflejres i vandet foran spunsen, i de fleste tilfælde flyder bort igen. Hvis der imidlertid forekommer aflejringer i badesæsonen og tangen begynder at lugte, så fjerner Københavns Havn tangen vha. en lastbil med grab. Tangen køres herefter til depot for tørring hvorefter det køres til forbrænding. De sidste 3 år er der opsamlet tangmængder af 100 og 330 tons efter tørring.

Tangforhold i bugten er vurderet ud fra områdets beskaffenhed samt kvalitativ modellering af, hvorvidt eksternt tilført tang i form af ålegræs/overfladetang vil føre til tangophobninger i området med den fremskudte strand. Modelresultaterne viste, at eventuelle tangophobninger er kraftigt korreleret til vindretning og i lidt mindre grad til vindhastighed. Tangophobninger vil generelt kun forekomme, når vinden kommer fra det nordøstlige hjørne, og såfremt der befinder sig løsrevet ålegræs eller overfladetang inde i området, dvs. specielt i juli, august og september, hvor biomassen er størst eller efter kraftigt blæsevejr, hvor tang og ålegræs kan løsrives. Den fremskudte strands placering i bunden af Svanemøllebugten er forholdsvis gunstig hvad angår hyppigheden af tangansamlinger, idet vind fra nordøst forekommer forholdsvis sjældent i sommerperioden, men samtidig er bugtens V-form med til at koncentrere tangen i bunden af bugten i disse sjældne hændelser.

Tangforholdene i området vil ligeledes afhænge af, hvorvidt man vælger at anlægge en fremskudt sandstrand eller opføre en fremskudt kajvæg med badebroer. Etableres en sandstrand, vil tangen skylles op på stranden med aflejring af tangvolde til følge, hvorimod tang samlet foran en kajvæg vil flyde bort igen, når vinden skifter til fralandsvind. Aflejring af tang i form af tangvolde er naturligt forekommende langs Øresunds kyster og vil ikke give anledning til væsentlige lugtgener. Lugtgener på sandstrande optræder typisk på lokaliteter med et foranliggende lavvandet område (som syd for Køge havn, syd for Mosede havn, syd for Rungsted havn og ud for Amager Strand før bygning af Amager Strandpark), hvor tangen fanges på det lave vand og går i forrådnelse med kraftige lugtgener til følge.

De nuværende kyster i Svanemøllebugten består af stenkastninger langs flankerne af bugten og en lodret kajvæg i bunden af bugten, hvilke kysttyper er ideelle med hensyn til minimering af tangproblemer. En løsning med en sandstrand indebærer risiko for dannelse af tangvolde, men ingen nævneværdig risiko for alvorlige lugtgener. Endelig er der mulighed for at placere stranden på en ø ude i bugten, som på baggrund af resultaterne af tangsimuleringerne skønnes at være væsentlig mindre udsat for aflejring af tangvolde. Dette skyldes, at den inderste del af bugten virker som en tragt, som koncentrerer tangansamlingerne. Denne mekanisme vil ikke være til stede, såfremt stranden anlægges på en ø ude i bugten.



Uafhængig af hvilken type løsning der vælges ud fra en overordnet afvejning af alle forhold, så kan det overvejes at nedsætte risikoen for tangansamlinger ved at placere en række flydespærringer til afskærmning af strandområdet. Denne løsning kan dog af forskellige praktiske årsager ikke umiddelbart anbefales og det anbefales derfor kun at overveje en sådan løsning, efter der er indvundet erfaringer uden installation af en sådan flydespærre.

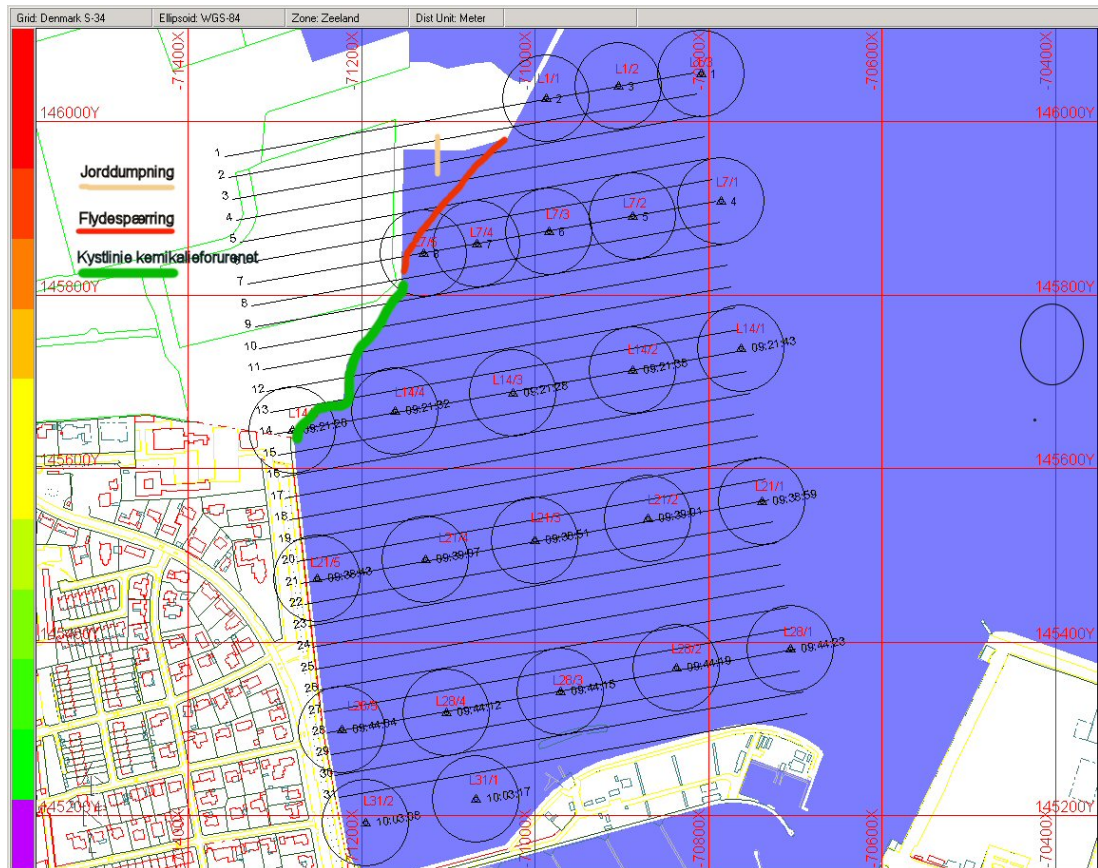
1.4 Bølgeforhold

Bølger inde i Svanemøllebugten er primært vindgenererede. Bølgernes højde, hyppighed og udbredelsesretning er af stor betydning for strandens udformning og kvalitet. Der er derfor etableret en bølgemodel dækkende Øresundsregionen fra Helsingør-Helsingborg i nord til midten af Saltholm i syd. Modellen er brugt til at simulere bølgeforholdene i Svanemøllebugten for en række betydende kombinationer af vindhastigheder og vindretninger. Modellen beskriver bølgernes udbredelse i bugten under indflydelse af vind, bundfriktion, refraction, retningsspredning, brydning og skyggeeffekt fra de mange havneanlæg i området. Der er etableret bølgestatistikker i udvalgte positioner i bugten på grundlag af bølgesimuleringerne og vindstatistik for området.

Resultaterne af bølgeanalyserne er benyttet som basis for modellering af sandtransport og kyststabilitet.

1.5 Analyse af bundprøver

Med henblik på at undersøge forureningstilstanden af bundsedimenterne i bugten blev der den 19. maj 2006 udtaget 25 bundprøver fra de øverste 10 cm af bunden. Prøvetagningen blev udført fra gummibåd med en van Veen grab. Prøvepositioner blev fastlagt med GPS, og vist i Figur 1.4.



Figur 1.4 Oversigt over bundprøvestationer.

Under prøvetagningen blev det konstateret, at bunden er bevokset med ålegræs på dybder større end ca. 3 meter og i den nordlige del af området helt ind under land på 2 meters vanddybde. Fire bundprøver fra området ved den fremskudte strand blev udvalgt i samråd med Miljøkontrollen, Københavns Kommune til nærmere analyse for glødetab, kornfordeling samt kemisk analyse for tungmetaller, kulbrinter, PAH-forbindelser, PCB og Organotinforbindelser. Primærmaterialet i bundprøverne bestod af sand og silt.

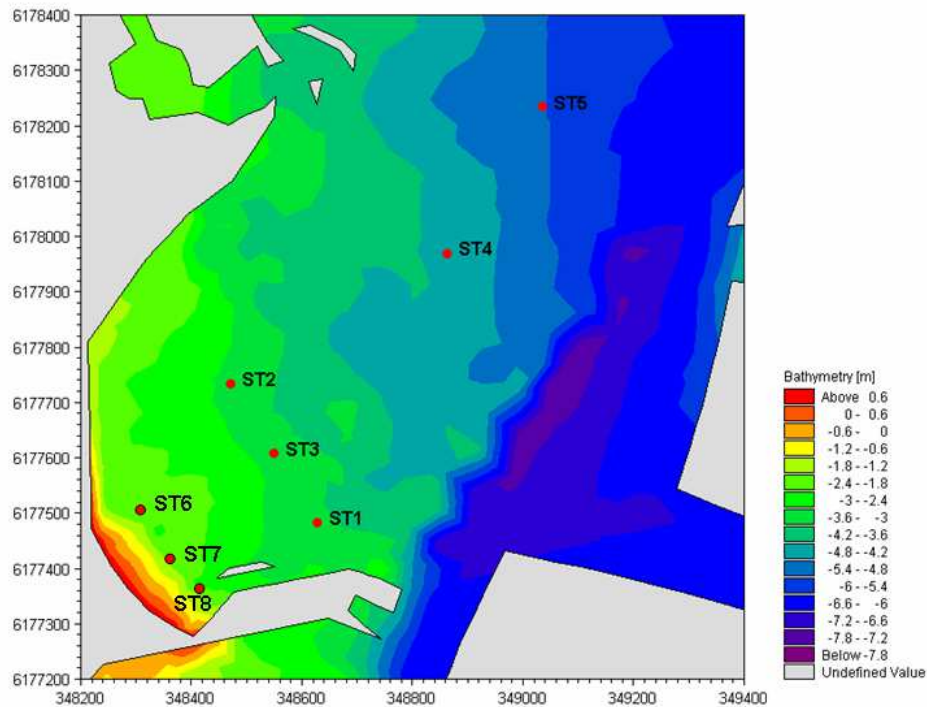
Hovedkonklusionen af analysen er, at sedimentets ”miljømæssige tilstand” er relativt god. I en enkelt prøve blev der dog fundet et indhold af kviksølv, som overskrider det øvre aktionsniveau, som angiver det niveau, hvor der kan være begyndende økotoxikologiske effekter. Der bør derfor inddrages flere bundprøver til belysning af, hvorvidt kviksølvforekomster er et reelt problem.

1.6 Sandtransportforhold

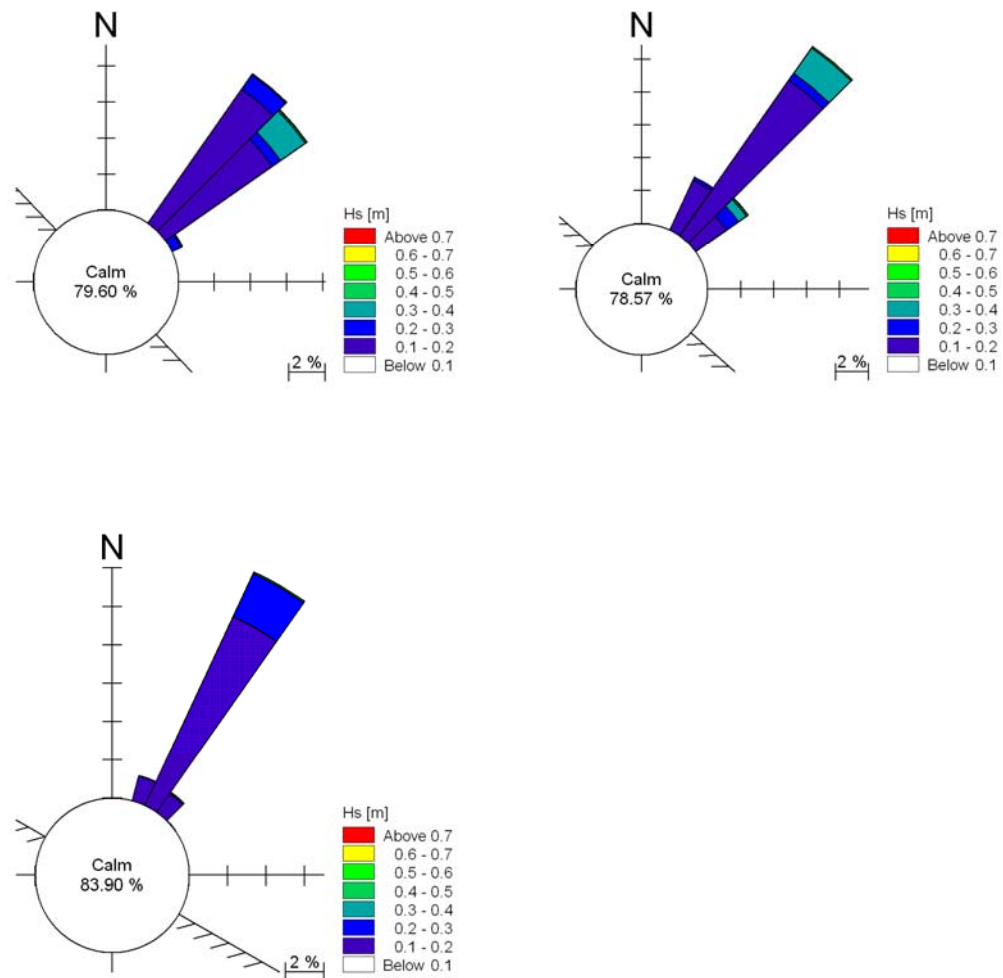
En eventuel ny strand i området skal være stabil. Med henblik på at undersøge hvilken form stranden skal have for at være stabil, er der foretaget analyser af transportforholdene. Sand transporteres langs med stranden under påvirkning af bølger og bølgegenererede strømme. Bølgeførholdene er den dominerende faktor for den resulterende årlige nettotransport langs stranden sammen med kystprofilets form og sandets beskaffenhed. Ved analyse af transportforholdene er det således undersøgt, hvordan stranden skal orienteres for at opnå en stabil orientering. En strand bygget med denne stabile orientering vil stort set bevare sin form bortset fra mindre variationer fra sæson til sæson og som



følge af påvirkning fra enkelte storme. I Figur 1.5 er vist de punkter, hvori der er beregnet bølgeforhold, og i Figur 1.6 er der vist tre bølgeroser fra området ud for den frem-skudte strand med angivelse af den tilhørende ligevægtsorientering af strandlinien.



Figur 1.5 Oversigt over punkter hvor der er udtaget bølgeroser og beregnet transportparametre.



Figur 1.6 Bølgeroser med ligevægtsretninger i punkterne 6, 7 og 8 i området ud for en mulig fremskudt strand i bunden af bugten.

Et andet forhold af væsentlig betydning er, til hvilken dybde sandet på bunden vil blive aktiveret af bølgerne. Denne dybde kaldes den ”aktive dybde”. Dette bestemmer, hvor langt ud bunden vil vedblive med at være sandbund, da bunden på større dybder med tiden vil blive dækket af og blandet med finere sedimenter med organisk materiale. Den uforstyrrede bund på disse større vanddybder vil derfor fremtræde blød, og bunden kan blive begroet med ålegræs.

Den aktive dybde er tilnærmelsesvis bestemt som to gange den signifikante bølgehøjde, $H_{s,12h}$, der i middel overskrides 12 timer om året. Resultaterne er vist i Tabel 1-1. ”Afstand fra bunden af bugten” angiver, hvor langt fra bunden af bugten stationen for beregningerne er placeret, jævnfør Figur 1.5.

Af de estimerede aktive dybder fremgår det, at disse vil være af størrelsesordenen 0,6 til 0,9 m for en fremskudt strand i bunden af bugten. Dette kan betegnes som en strand af middelgod kvalitet, idet der vil være risiko for udvikling af blød bund i den nedre del af strandprofilen på dybder større end 0,6 til 0,9 m. For at give et sammenligningsgrundlag kan det oplyses, at de østvendte strande i Amager Strandpark har en aktiv dybde af størrelsesordenen 1,2 til 1,4 m, medens lagunestranden har en aktiv dybde af størrelsesordenen 0,4 m. Den anvendte beregningsmetode tager ikke hensyn til effekter fra baden-



de, som vil medvirke til at rode op i sandbunden og derved modvirke dannelse af blød bund.

Tabel 1-1 Beregnet ligevægtsretning og aktiv dybde for station 1-8.

Station	Ligevægtsretning [deg]	$H_{s,12h}$ [m]	Aktiv dybde [m]	Afstand fra bunden af bugten [m]
1	35	0,5	1,0	350
2	47	0,53	1,1	350
3	38	0,51	1,0	350
4	43	0,67	1,3	850
5	52	0,77	1,5	1200
6	46	0,44	0,9	100
7	42	0,45	0,9	100
8	30	0,29	0,6	100

En mulighed for at opnå en mere eksponeret strand og dermed en bedre strandkvalitet er at anlægge en strand på en fremskudt ø i bugten. Det fremgår af Tabel 1-1, at dette vil medføre en lidt bedre eksponering af stranden, hvis denne placeres på en ø i nærheden af Station 1, medens en væsentlig forbedring vil kræve, at øen flyttes meget langt ud i bugten, jævnfør forholdene i punkt 4 og 5. Fremrykning af en strand helt ud til disse yderste punkter er dog næppe realistisk.

1.7 Tekniske anbefalinger

Det fremgår af analyserne, at en ny fremskudt strand i bunden af Svanemøllebugten kun vil blive af moderat god kvalitet, og at den periodevis vil blive udsat for akkumulation af tang i form af opskyllede tangvolde, som det ses på mange naturlige kyster i Øresundsområdet. Det anbefales derfor, at et nyt rekreativt område i bunden af bugten udformes med en lodret væg, som vil forhindre dannelse af permanente tangansamlinger. På landarealet bag en sådan fremskudt væg kan eventuelt etableres en "tør strand", dvs. et areal dækket med strandsand, som vil tjene samme formål som en normal bagstrand. Bademuligheder kan etableres via badebroer. Man kan eventuelt overveje at opfylde området ud for væggen med en sandskråning, som når op til en dybde af ca. 0,4 - 0,5 m, hvilket vil medføre, at der kan soppes og bades på relativt lavt vand foran væggen. Et sådant areal må ikke være for bredt og for lavvandet, idet der så vil kunne opstå vedvarende tangansamlinger i dette område.

En anden, men dyrere, løsning vil være at bygge en ø længere ude i bugten med en sandstrand. Dette vil medføre en bedre eksponering og dermed en lidt bedre strandkvalitet, og ligeledes vurderes det, at en sådan strand vil være væsentligt mindre udsat for tangansamlinger.

Det fremtidige badevandskrav om at "grænseværdien på 500 E.coli/100 ml ikke må overskrides i mere end fem procent af tiden" er opfyldt uden problemer. Der må dog påregnes to til fire hændelser i løbet af badesæsonen i et normalår, som kortvarigt overskrider grænseværdien. Dette udgør en moderat reduktion i belastningen i forhold til tidligere som er opnået ved etablering af større forsinkelsesbassiner mv. i Københavns Kommunes afløbsområde til Svanemøllebugten samt etablering af et mini renseanlæg. Reduktionen vurderes til kun at være moderat fordi der stadig sker flere aflastning til



bugten fra Gentofte kommune. DHI er imidlertid informeret om at Gentofte Kommune ligeledes overvejer optimering af aflastningsforholdene i kommunen, men der foreligger for nærværende ikke oplysninger om resultater og beslutninger om disse forhold. Nærværende undersøgelser har således vist at de fremtidige badevandsforhold i Svanemøllebugten med de ovennævnte tiltag er forbedret i forhold til tidligere, men at der stadig vil forekomme nogle kortvarige situationer med uacceptable badevandsforhold. Forhold skønnes at blive yderligere forbedret såfremt Gentofte Kommune ligeledes gennemfører minimering af aflastningen til Svanemøllebugten og tilstødende områder. Det skal bemærkes at Københavns Kommune planlægger at udvide eksisterende varsling af badevandskvalitets til også at omfatte Svanemøllebugten såfremt det besluttes at gennemføre bade faciliteter i Svanemøllebugten. Den potentielle risiko for badning i forurenede vand vil således blive elimineret ved lukning af bade faciliteterne i tilfælde med uacceptable forhold. Med et sådant system skønnes det at der vil kunne opnås sikre bade forhold i Svanemøllebugten, men det bør parallelt hermed overvejes om aflastningsforholdene kan forbedres yderligere i såvel Københavns Kommune som i Gentofte Kommune.

1.8 Strande og ideer

På grundlag af de gennemførte undersøgelser er udarbejdet idéskitser til en mulig udformning af bademulighederne i Svanemøllebugten. Idéskitserne er udført af Hasløv & Kjærsgard og de rapporteret særskilt i rapporten:

Badested i Svanemøllebugten
Idéskitser
Oktober 2006

Forslagene er udformet med fokus på forskellige bademuligheder. Stranden er den familie- og småbørnsegne bademulighed, men der er også vist muligheder for, hvordan badning fra særlige anlæg - broer mv. - kan åbne for andre badeaktiviteter - vinterbadning mv.

Stedet

Svanemøllebugten har en særlig placering i byen. Der er herfra en vigtig fri udsigt imod nord og nordøst over Øresund. Denne udsigt skal fastholdes og udvikles - også efter indpasning af et bade anlæg.

Området har særlige trafikale forudsætninger med fokus på, at det er et lokalt badested med stærkt begrænsede parkeringsmuligheder. Der skal især være gode forhold for gående og cyklende.

Stedet kommer til at ligge tæt integreret med den eksisterende lystbådehavn, som også giver særlige funktionelle forudsætninger. Lystbådehavnen skal kunne fungere både mht. besejling og adgangsforhold.

Endelig har stedet også en særlig placering i læ af kysten. Specielt de østlige dele kan få en solåben og attraktiv placering for solbadning/badning sidst på eftermiddagen og om aftenen.

To forslag



Der er skitseret to hovedprincipper for en udformning af bademulighederne.

Forslag A viser en badestrand inderst i Svanemøllebugten. En strand med en udstrækning på ca. 170 m orienteret mod den fremherskende bølgeretning fra nordøst, se Figure 1.7.



Figure 1.7 Forslag A til badestrand i Svanemøllebugten

Stranden kan suppleres med andre badeanlæg etableret på den eksisterende jollehavns nordre mole. Her kan der etableres et badelandskab på store 'klipper' i beton. Forslag 1 kan etapedeles i små enheder med en første etape, der blot etablerer sandstranden inderst i bugten. Området vil kunne udformes med opholdsarealer på de etablerede landområder og eksisterende moler. Der kan indrettes promenader, græsarealer, cykelparkering samt en lille servicebebyggelse med kiosk og toiletter.

I forhold til risikoen for ophobning af tang i området vil stranden inderst i bugten stille særlige krav til vedligeholdelsen. Forslag 1 vil kun i beskeden grad påvirke sejladsmulighederne i Svanemøllebugten.

Forslag B viser et anlæg, hvor den inderste del af bugten udvikles som en 'badekaj' med en lav kaj imod vandet, hvor der placeres trapper og badebroer. Badningen foregår på vanddybder fra ½ m på sandbund. Dette forslag er præsenteret i Figure 1.8

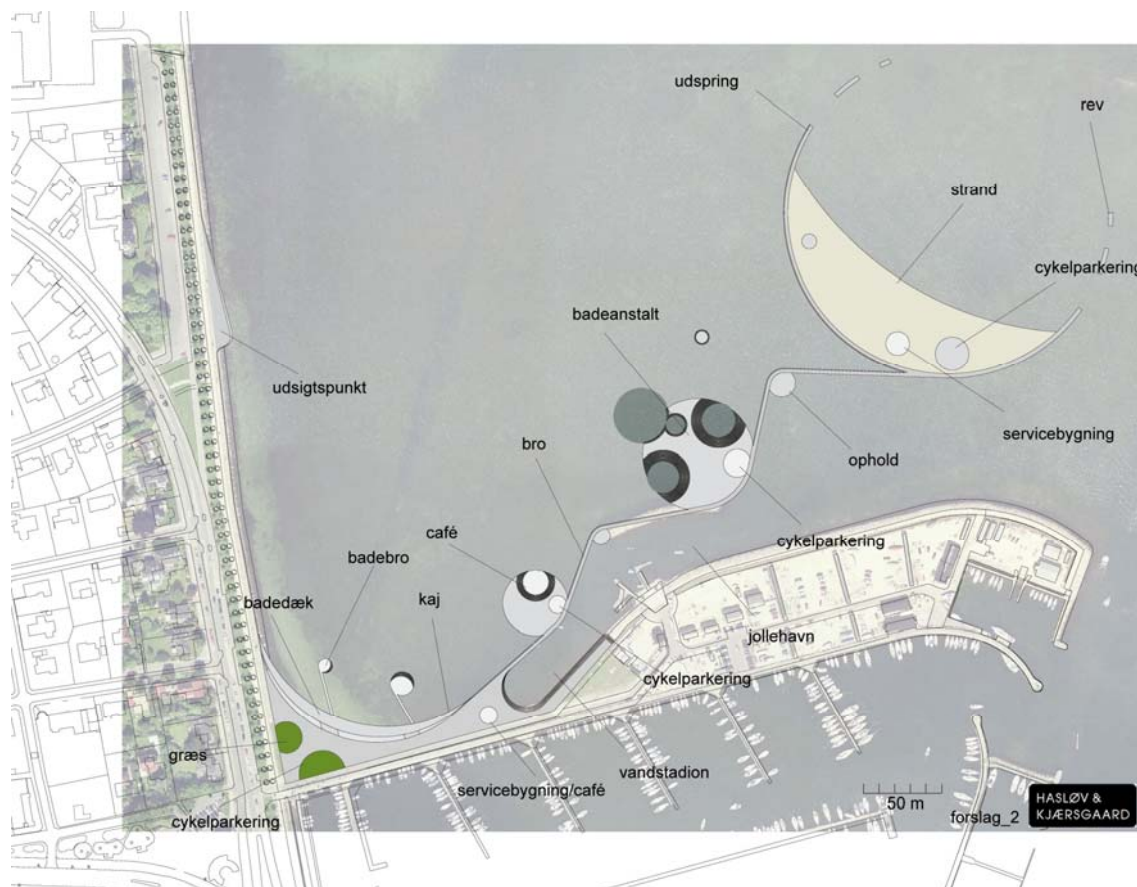


Figure 1.8 Forslag B til badefaciliteter i Svanemøllebugten

I den yderste del af Svanemøllebugten etableres en ny ø formet som en halvmåne, som bliver den egentlige badestrand i området. Denne strand bliver ca. 200 m lang.

Adgangen etableres som en langstrakt, bred promenadebro med plads til både gående og cyklende. Undervejs kan der etableres særlige badeanlæg, fx en vinterbadeanstalt mv. Broen udformes med adgangsmuligheder til cykelparkeringsarealer undervejs.

Også dette forslag kan etapedeles, så øen længst ude etableres i en sen etape.

I forhold til risikoen for ophobning af tang vurderes denne model at fungere efter samme princip som den nuværende afslutning inderst i Svanemøllebugten, hvor en lille kajvæg gør, at sammendreven tang ikke lægger sig på konstruktioner og eller stranden. Dette bevirker at del af tangen forsvinder fra området ved naturens hjælp. Der vil dog forekomme situationer, som med den nuværende kajvæg, hvor det vil være nødvendigt at fjerne sammendrevet tang maskinelt.

Forslag B vil påvirke sejladsmulighederne i Svanemøllebugten. Kun kajaker og robåde vil kunne sejle mellem 'øerne'.



2 **INDLEDNING**

Denne rapport belyser kvaliteten og mulighederne for etablering af en fremskudt strand i Svanemøllebugten. Undersøgelsen er blevet inddelt i tre faser benævnt som:

- Basisanalyser
- Vandkvalitetsanalyser
- Sedimenttransport, strande og ideer

I basisfasen er der blevet etableret en lokal tredimensional hydrodynamisk model til beskrivelse af strømforhold i bugten. Denne model danner desuden grundlag for vandkvalitetsanalysen. Endvidere er der etableret en bølgemodel dækkende hele Øresund til beskrivelse af vindgenererede bølger i Svanemøllebugten. Bølgestudiet danner grundlag for vurdering af strandkvalitet, sedimenttransportberegninger og strandorientering. Endelig er der foretaget en analyse af en række bundprøver af sedimentet i området med henblik på vurdering af forureningsgraden.

Vandkvalitetsundersøgelsen omfatter beregninger af vandskiftet inde i bugten og udbredelse og nedbrydning af E.Coli bakterier fra spildevandsudledninger. Desuden er der foretaget en modellering af tangtransport i området og en vurdering af dennes indflydelse på strandforholdene.

I den tredje fase er der udført en sedimenttransport analyse med henblik på at bestemme ligevægtsretninger for orientering af en frembygget strand i hjørnet af Svanemøllebugten, eller etableret som en kunstig ø ude i bugten. I denne fase er der endvidere i samarbejde med arkitektfirmaet Hasløv & Kjærsgaard udarbejdet en række projektforslag for etablering af strand(e) og badevandsfaciliteter. Disse forslag er rapporteret i en særskilt rapport, men hovedkonklusionerne er dog beskrevet i afsnit 1.9 i nærværende rapport.



3 HYDRODYNAMISK MODEL

Følgende afsnit beskriver opsætningen af en 3D hydrodynamisk model, der beskriver vanddybder, vind- og tidevandsgenererede strømme, salt og temperatur i Øresund. Modellen er baseret på et fleksibelt beregningsnet bestående af trekantede beregningselementer, hvilket gør det muligt at opløse interesseområdet intenst.

3.1 Formål

Formålet med opsætningen af den hydrodynamiske model (HD) er:

- At vurdere vandskiftet i Svanemøllebugten.
- At danne grundlag for modellering af vandkvalitet og tangforhold i Svanemøllebugten

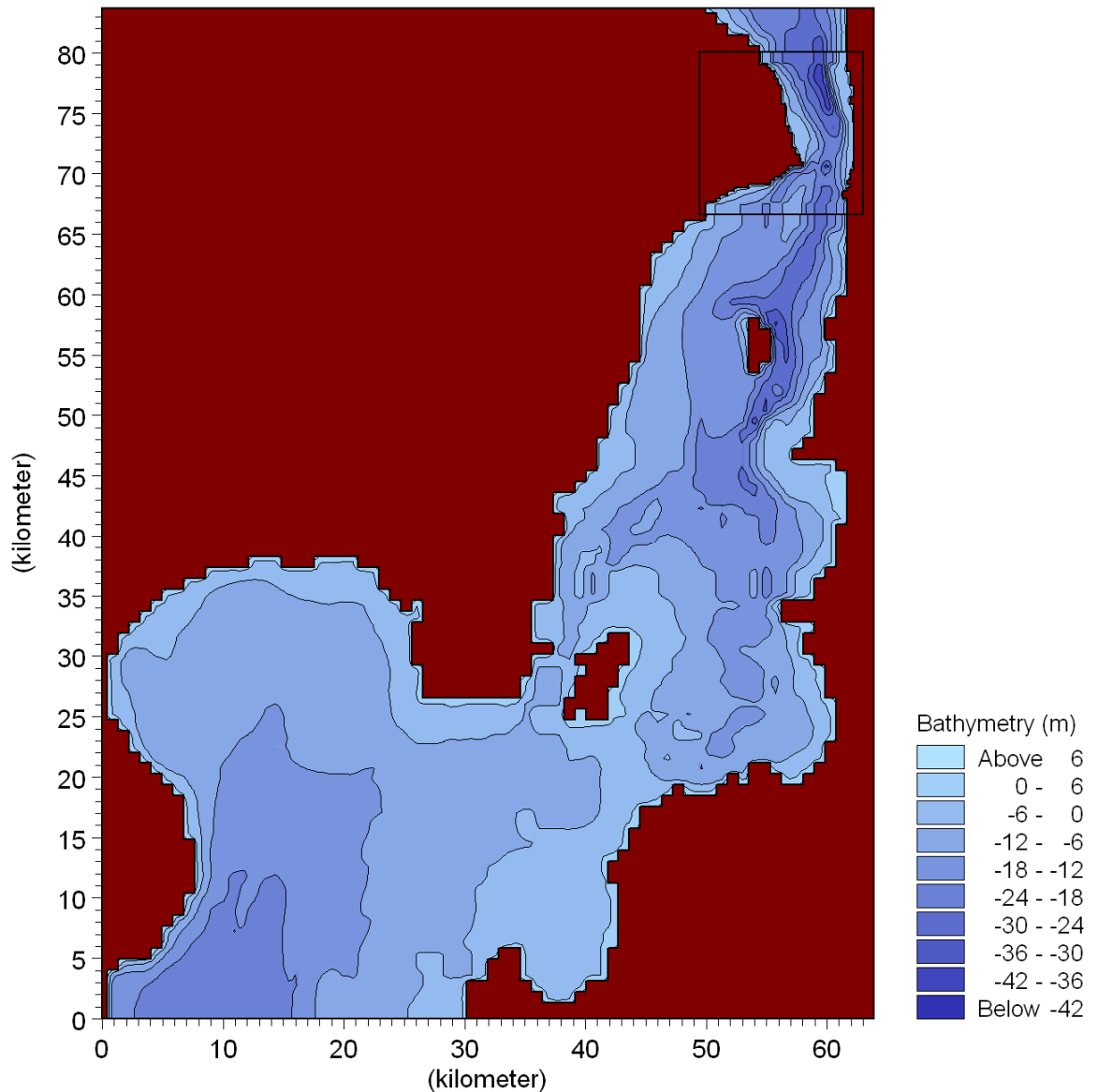
3.2 Modelopsætninger

3.2.1 Regional model

Beregningerne bygger på den regionale model, der blev benyttet i forbindelse med opførelsen af Øresundsforbindelsen. Øresundsmodellen er en koblet version af MIKE 3, der dækker hele Øresund i en 900 m opløsning. For at beskrive forholdene omkring den snævre passage ved Kronborg er der indlagt en finere bathymetri med en opløsning på 300 meter i dette område. Den anvendte modelbathymetri er vist i Figur 3.1.

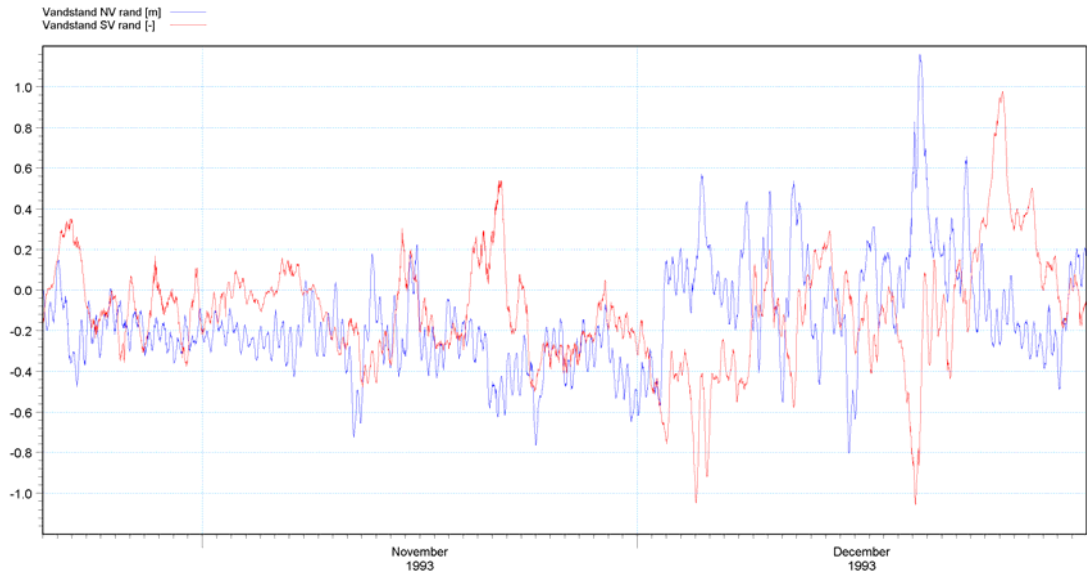
Den regionale model er blevet kørt for en periode på 72 døgn, der giver en god beskrivelse af gennemsnitsforholdene i Øresund. Perioden beskriver strømforholdene fra den 21. oktober 1993 og frem til årets udgang. Perioden dækker over både stillestående og kraftige strømforhold, der tilsammen svarer til et gennemsnitlig normalår for Øresund. Modellen bliver drevet af målte tidsserier af vandstand fra henholdsvis Viken og Hornbæk på den nordlige rand og Klakshamn og Rødvig på den sydlige rand. De benyttede vandstandstidsserier er vist i Figur 3.2.

Den simulerede periode på 72 døgn er blevet udvalgt på baggrund af et index baseret på en statistisk analyse over fordelingen af strømhastigheder, varighed af strøm over en periode på cirka 45 år samt saltholdighedsvariation over en periode på over 100 år. Perioden inkluderer også en ekstrem hændelse nemlig indstrømningen til Østersøen mellem den 2-12-1993 til 7-12-1993, hvor Øresund i alt blev gennemskyllet fire gange, og saltholdigheden ved Drogden konstant var over 30 psu.

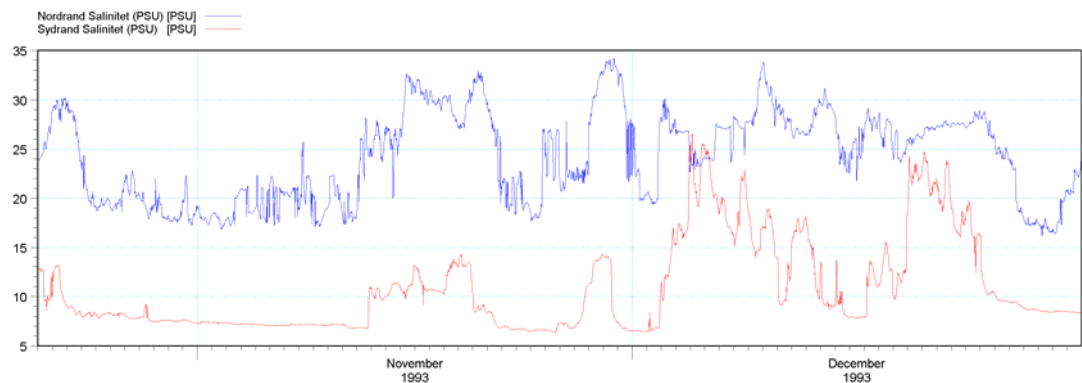


Figur 3.1 Regional bathymetri af Øresund opløst i netvidder på henholdsvis 900 meter og 300 meter.

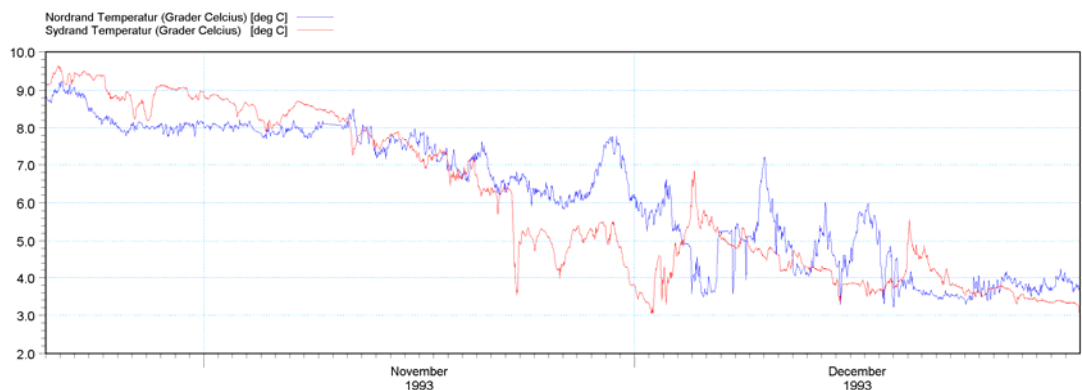
På grund af Drogden tærsklen er der stor forskel på densiteten af vandet i Øresund og Køge Bugt, hvorfor målinger af både temperatur og saltholdighed er påtrykt den nordlige og sydlige rand for at drive modellen. De benyttede målte tidsserier for salt og temperatur er vist henholdsvis i Figur 3.3 og Figur 3.4.



Figur 3.2 Målte vandstande på den nordlige og sydlige modelrand.



Figur 3.3 Målte saltkoncentrationer på den nordlige og sydlige modelrand.

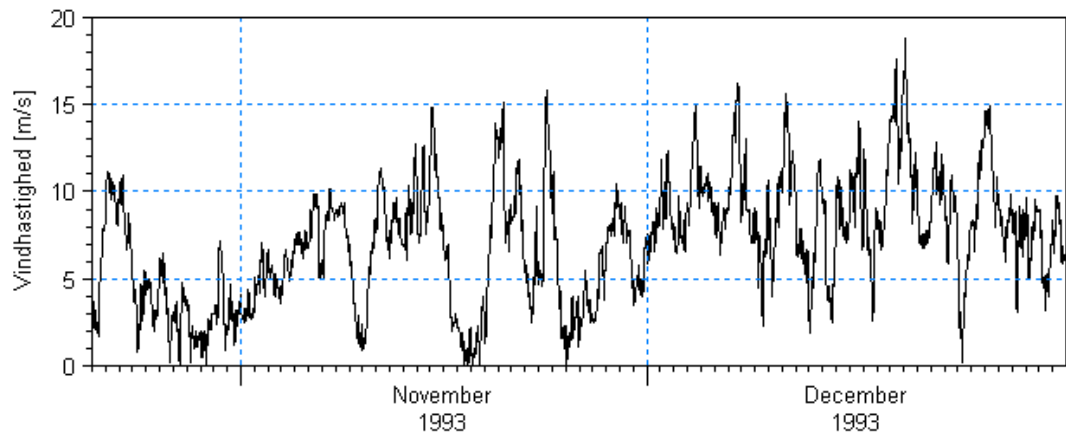


Figur 3.4 Målte temperaturer på den nordlige og sydlige modelrand.

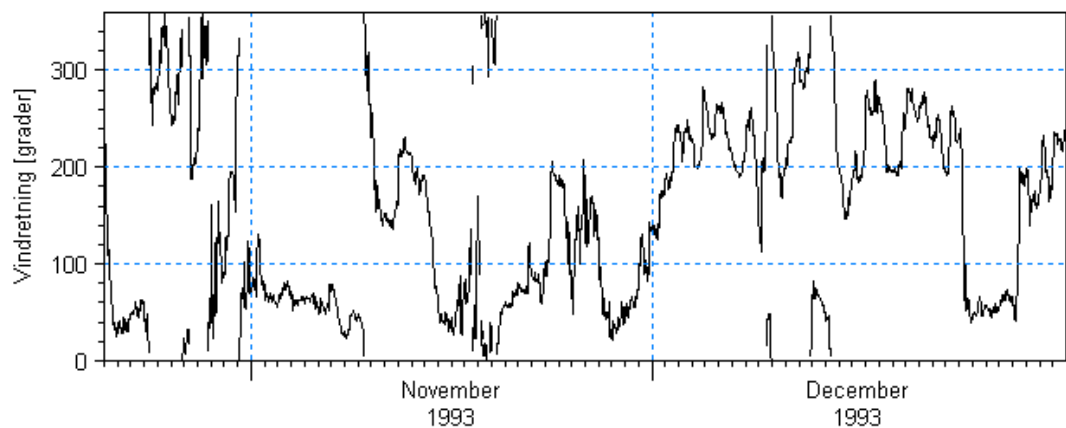
Udover forskelle i vandstand og densitet er de genererede strømninger også påvirket af en forskydningspænding hidrørende fra vind på vandoverfladen. Figur 3.5 og Figur 3.6



viser tidsserier af målte vindhastigheder og vindretninger observeret i Kastrup for hele perioden. Dette viste tidsvarierende vindfelt er påtrykt hele domænet under den hydrodynamiske simulering. Størrelserne i tidsserierne er angivet som tre timers middelvind.

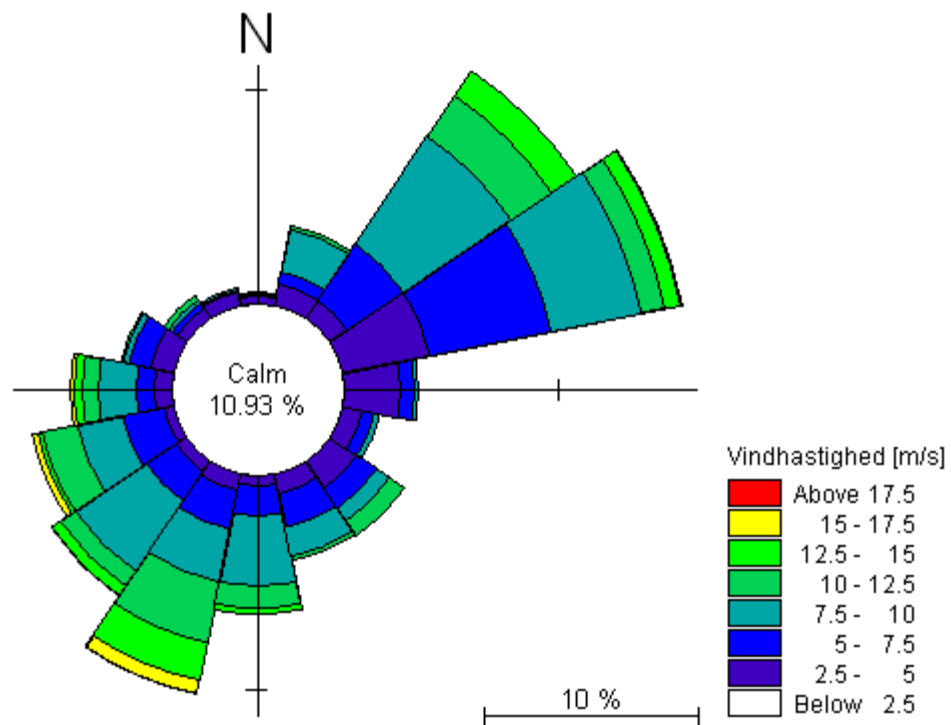


Figur 3.5 Målte vindhastigheder i Kastrup.



Figur 3.6 Målte vindretninger i Kastrup.

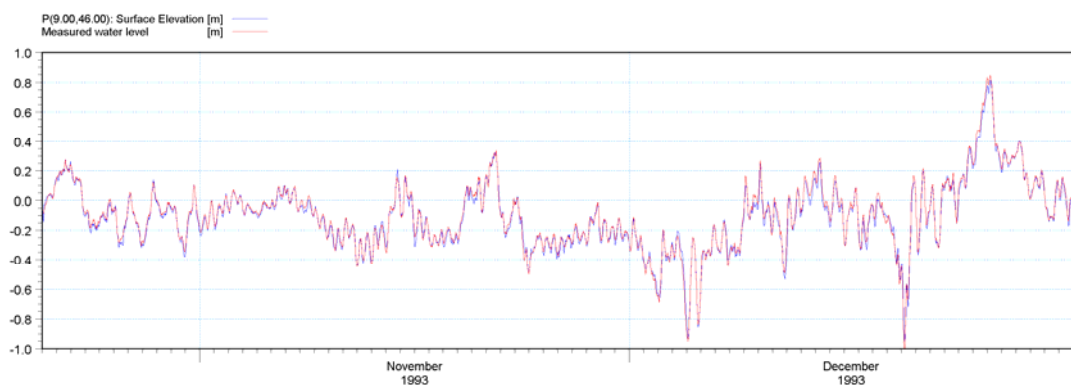
En vindrose for den simulerede periode er vist i Figur 3.7. Den viser, at vind fra henholdsvis sydvest og nordøst dominerer perioden.



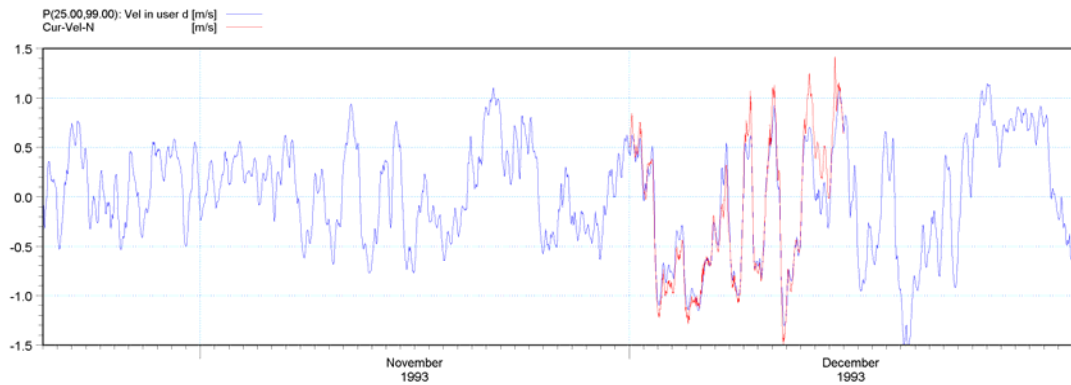
Figur 3.7 Vindrose baseret på observationer fra Kastrup i perioden 21-10-1993 til 1-1-1994.

Den benyttede modelopsætning er tidligere blevet kalibreret og verificeret på baggrund af blandt andet vandstande ved Drogden ($55^{\circ}32.19$ N $12^{\circ}42.69$ Ø) og strømhastigheder ved Nordre Røse ($55^{\circ}38.17$ N $12^{\circ}41.21$ Ø) begge placeret i den centrale del af modelområdet. Drogden fyr ligger syd for Saltholm, mens Nordre Røse fyr ligger mellem Saltholm og Amager.

Figur 3.8 viser en sammenligning af målte og modellerede vandstande ved Drogden fyr dækkende hele perioden, mens Figur 3.9 viser en sammenligning af strømhastigheder ved Nordre Røse fyr, der er målt i perioden 1-12-1993 til 15-12-1993.



Figur 3.8 Målte og beregnede vandstande ved Drogden fyr.



Figur 3.9 Målte og beregnede strømshastigheder ved Nordre Røse fyr.

3.2.2 Lokal model

Den lokale model dækker den vestlige del af Øresund fra Saltholm og op til omkring Vedbæk. Den er opbygget med fire netgradueringer, således at opløsningen af Svane-møllebugten er fint opløst. Det fulde beregningsnet og bathymetri indlagt i Google Earth er vist i Figur 3.10.

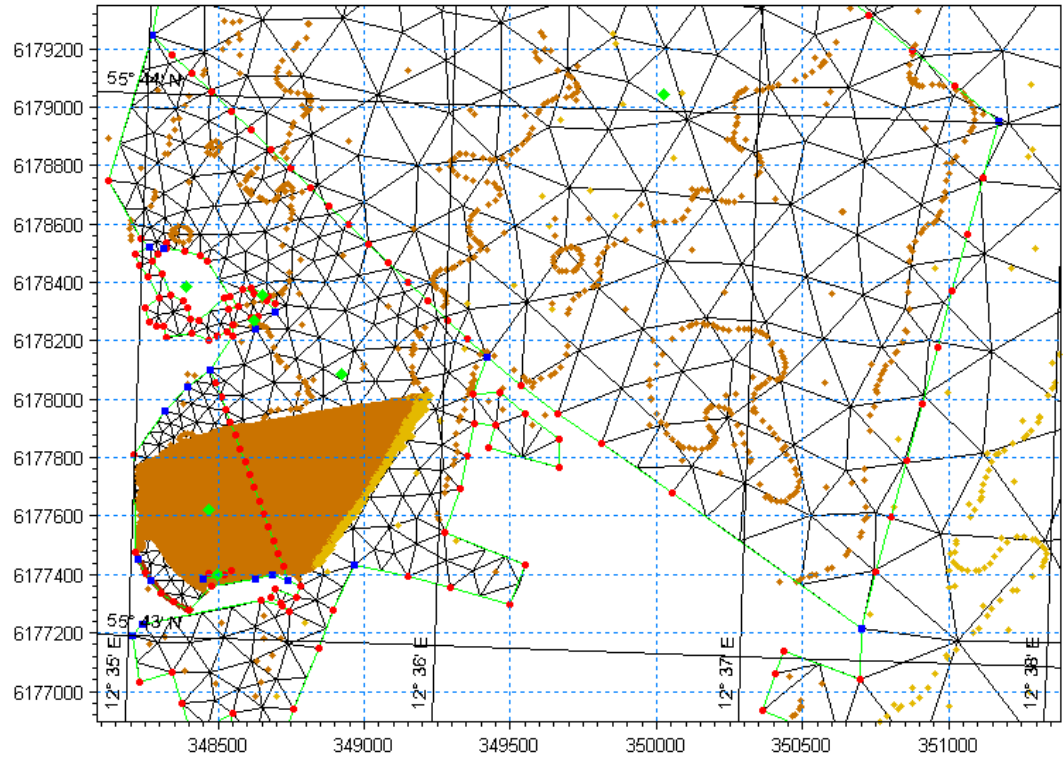
Modelområdet og bathymetrien er blevet digitaliseret på baggrund af data fra C-Map og dybde pejlinger fra Københavns Havn, der dækker Svane-møllebugten med ekstrem høj intensitet. Figur 3.11 viser, hvilke data (brune og gulbrune punkter) der har været til rådighed for interpolation af bathymetrien. Pejlingerne fra Københavns Havn, som var defineret i System 34, og som vanddybder er blevet transformeret til zone UTM-33 koordinater og koter. I området hvor stranden tænkes placeret, er pejlingerne blevet erstattet med en kystlinie og en prædefineret strandhældning på 1:30 frem til den linie, hvor pejlinger og det definerede strandprofil bliver sammenfaldende.

Den nordøstlige rand og den sydlige rand har en orientering svarende til orienteringen af akserne i den regionale model, således at randbetingelser for vandstande, salt og temperatur kan ekstraheres direkte fra den regionale model. Vandstande er påtrykt som tidsvarierende linieserier langs de to rande, hvorimod salt og temperatur er påtrykt som en matrix tidsserie, dvs. linieserier med vertikal variation. Den vertikale variation er opløst ved hjælp af seks lag. Grænserne mellem de seks lag er beskrevet ved sigma-koordinater, hvor hver laggrænse flytter op og ned med vandstanden, så den altid har en position, der svarer til en fast brøkdel af den øjeblikkelige vanddybde.

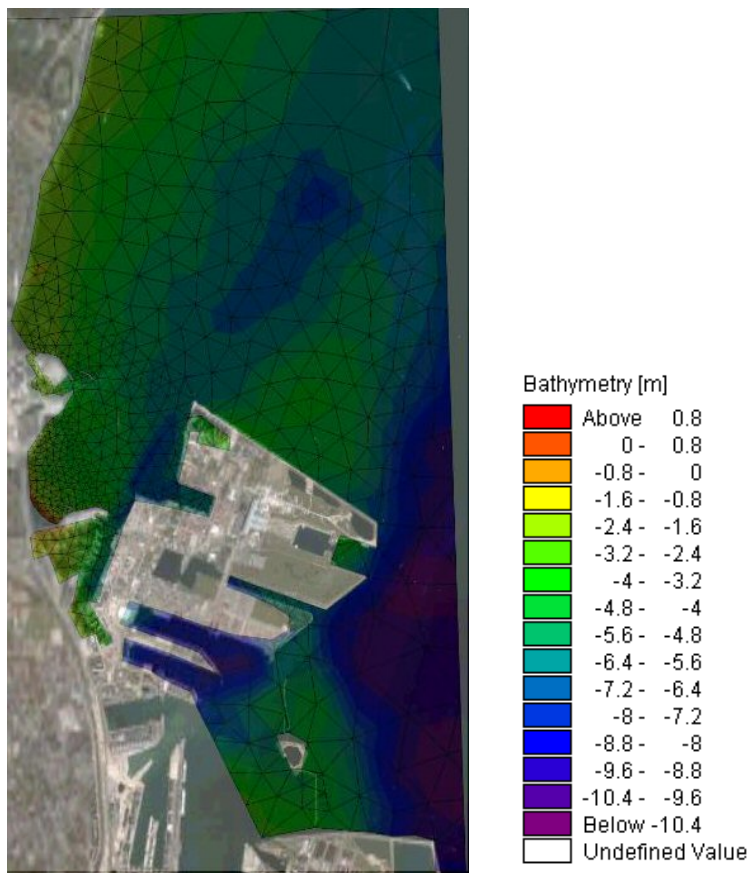
Det har ikke været muligt at verificere den lokale model, da der ikke er observationer til rådighed indenfor modelområdet. Modelopsætningen er derfor baseret på den samme parameter specifikation, som er blevet anvendt for den regionale model.



Figur 3.10 Den fulde modelbathymetri og beregningsnet indlagt i Google Earth.



Figur 3.11 Koter fra C-map og pejlinger fra Københavns Havn anvendt til bathymetri interpolation (vist som brune og gulbrune punkter).

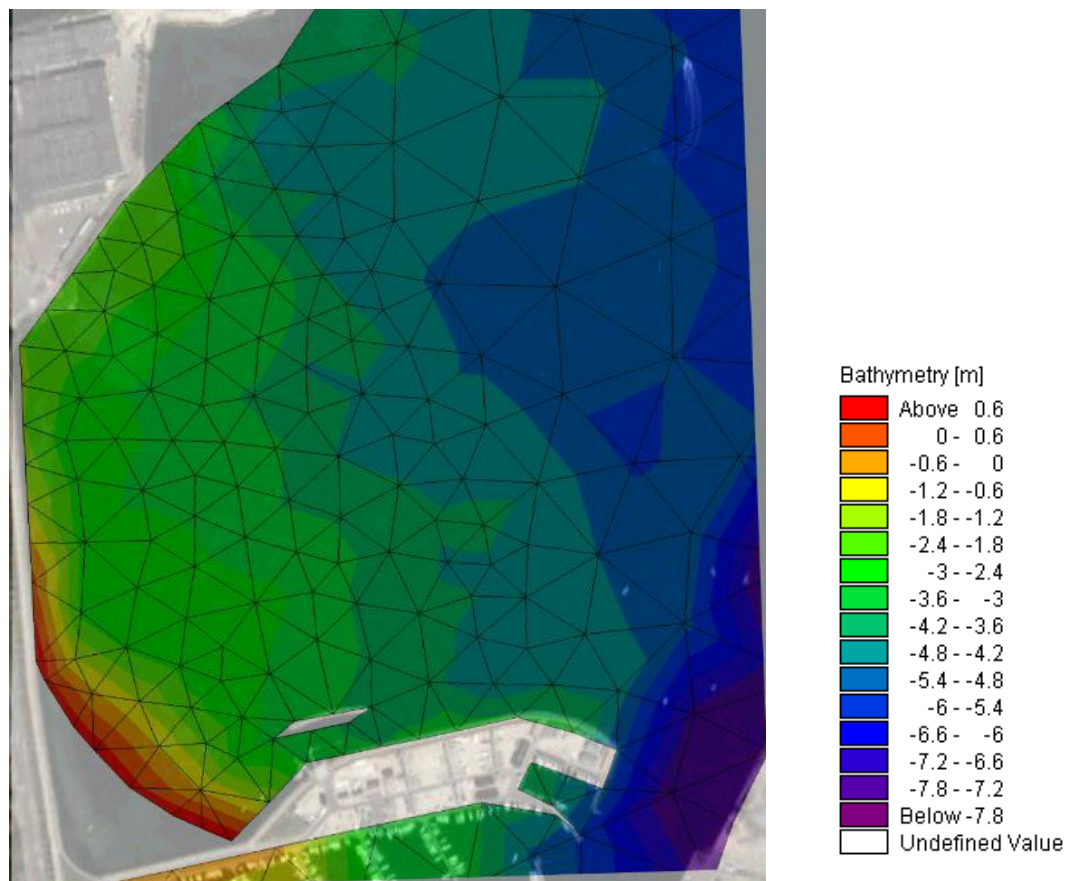


Figur 3.12 Detailzoom af Nordhavnen og Svanemøllebugten.



Figur 3.12 viser et detailzoom af beregningsnet og bathymetri i området omkring Nordhavnen og Svanemøllebugten. Det ses, at modellen ikke opløser kanalen mellem København og Amager, da vandudvekslingen mellem modelområdet og kanalen er vurderet til at have en yderst beskedne indvirkning på forholdene i Svanemøllebugten.

Figur 3.13 viser den anvendte modelbathymetri for Svanemøllebugten. Det ses, at et strandprofil med hældningen 1:30 og en grønning (som ikke opløses i modellen) er indlagt i nederste venstre hjørne. Et mindre område syd for Tuborg havn (øverste venstre hjørne) er ikke medtaget i modellen, da området er under opfyldning.



Figur 3.13 Detailzoom af Svanemøllebugtens modelbathymetri og beregningsnet med det foreslåede strandprofil og grønning indlagt.

3.3 Resultater

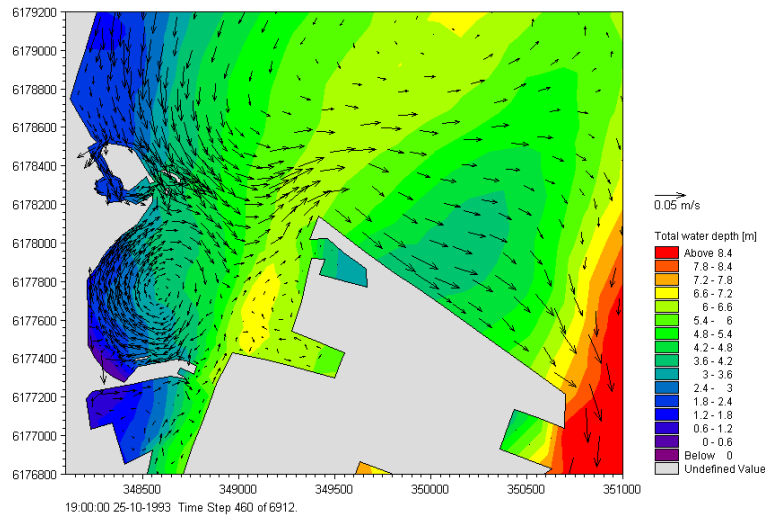
Modellen er ikke verificeret mod observationer, da disse ikke er til rådighed. Man bør derfor være forsigtig med at fortolke de fundne resultater

Analysen af den hydrodynamiske simulering viser, at Svanemøllebugten og området nord for er karakteriseret ved komplekse strømningsmønstre. Det skyldes, at området ofte udgør en læzone i forhold til den dominerende strømning i Øresund. Man kan derfor ikke blot skelne mellem de to strømningsituationer med henholdsvis nord- og sydgående strøm forbi Saltholm, idet der ofte er tendens til dannelse af flere strømhvirvler i området.

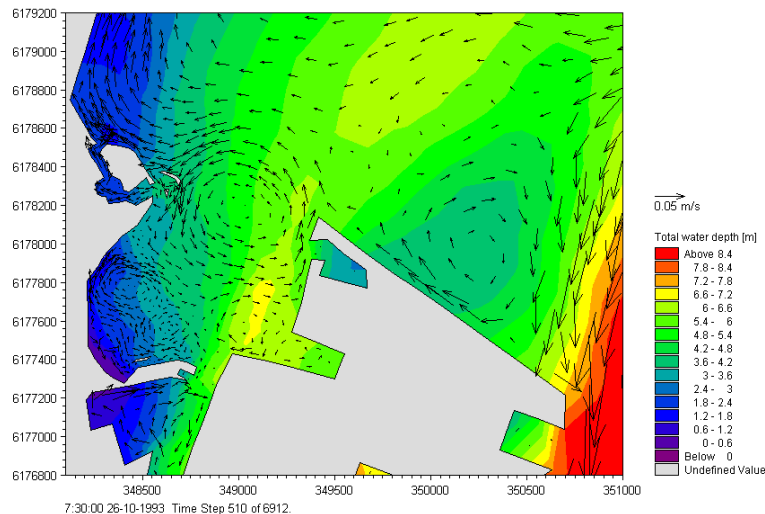


3.3.1 Strømningsmønstre

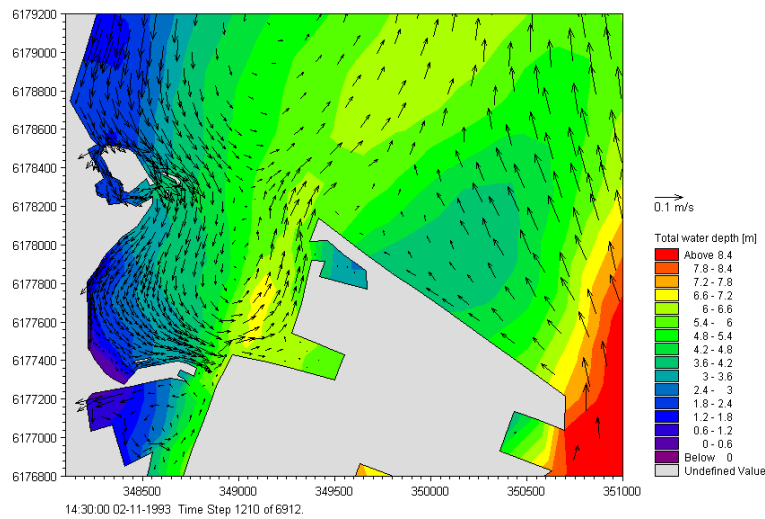
Strømningsmønsteret i Øresund er karakteriseret ved en henholdsvis nordgående og sydgående strøm. For Svanemøllebugten og området nord for er de karakteristiske strømningsmønstre noget mere komplicerede på grund af dannelsen af strømningshvirvler, som løbende varierer i antal og udstrækning. I Figur 3.14 til og med Figur 3.23 er vist ti eksempler på modellerede strømningskonfigurationer. Af disse fremgår det, at hvirvlernes antal, udstrækning, styrke og rotationsretning ikke er entydigt bestemt af den dominerende strømretning ude i Øresund.



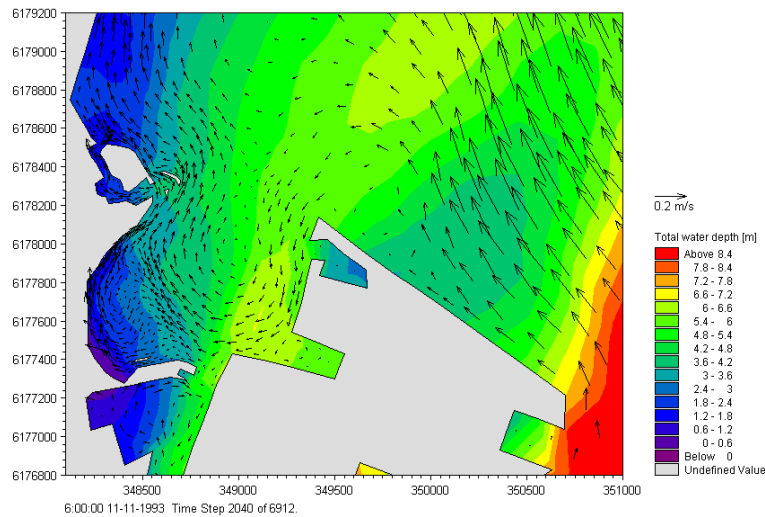
Figur 3.14 Eksempel på dybdeintegreret strømfelt for en situation med sydgående strøm i Øresund.



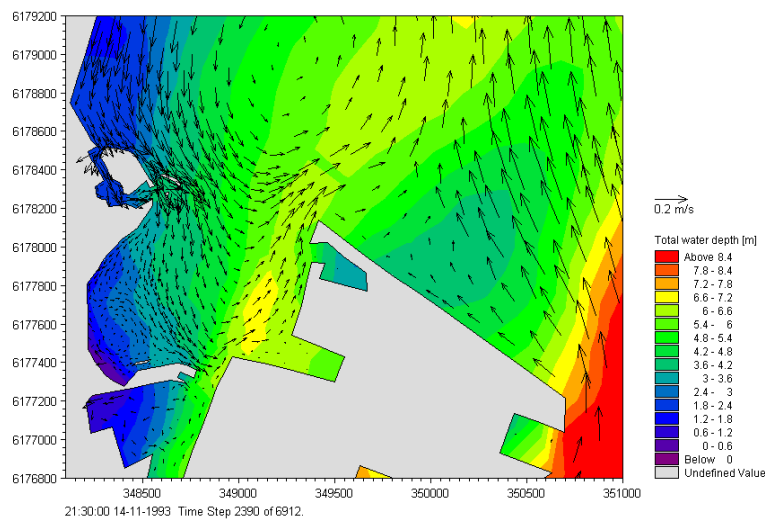
Figur 3.15 Eksempel på dybdeintegreret strømfelt for en situation med sydgående strøm i Øresund.



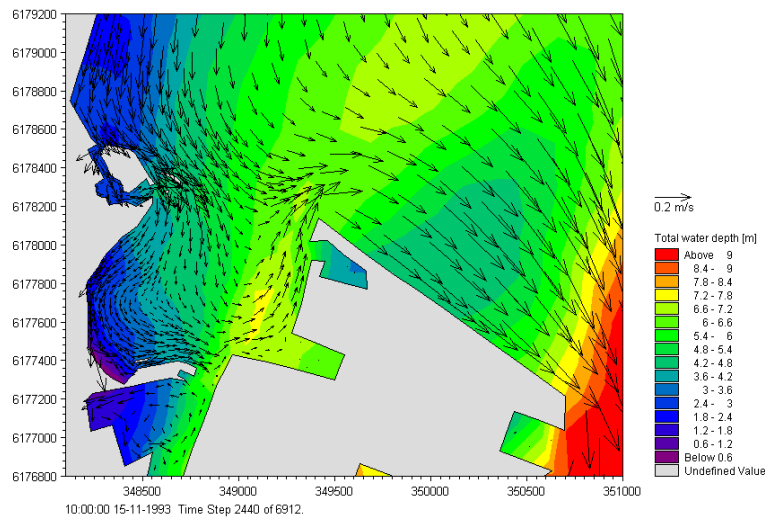
Figur 3.16 Eksempel på dybdeintegreret strømfelt for en situation med nordgående strøm i Øresund.



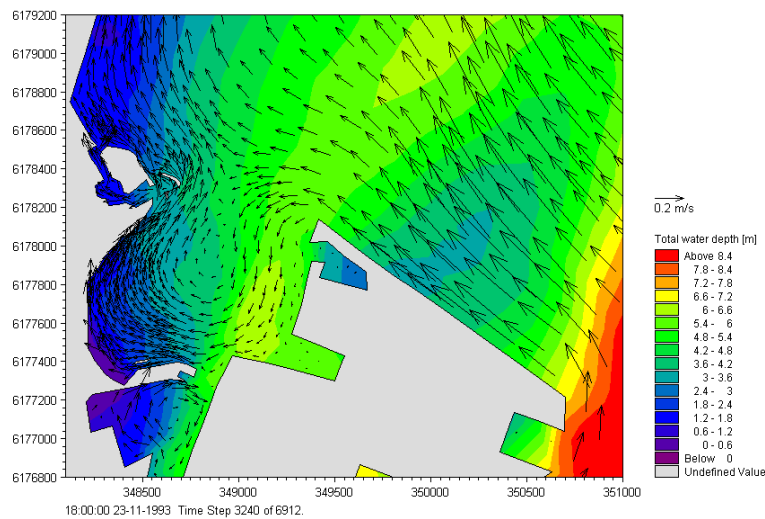
Figur 3.17 Eksempel på dybdeintegreret strømfelt for en situation med nordgående strøm i Øresund.



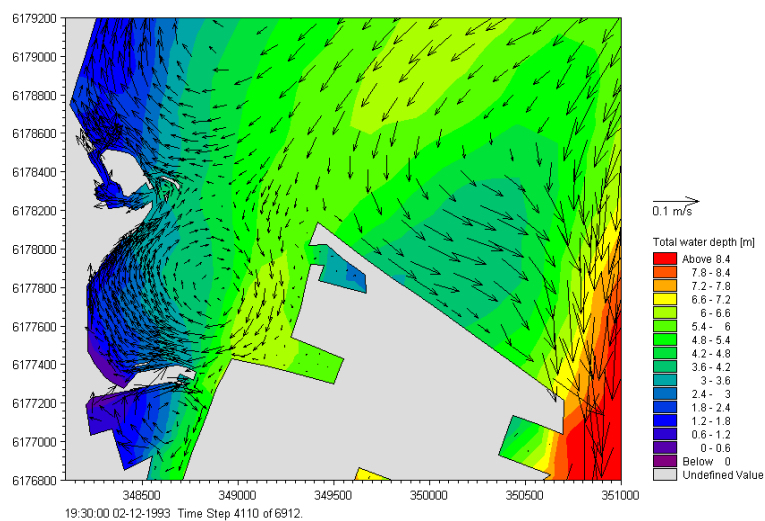
Figur 3.18 Eksempel på dybdeintegreret strømfelt for en situation med nordgående strøm i Øresund.



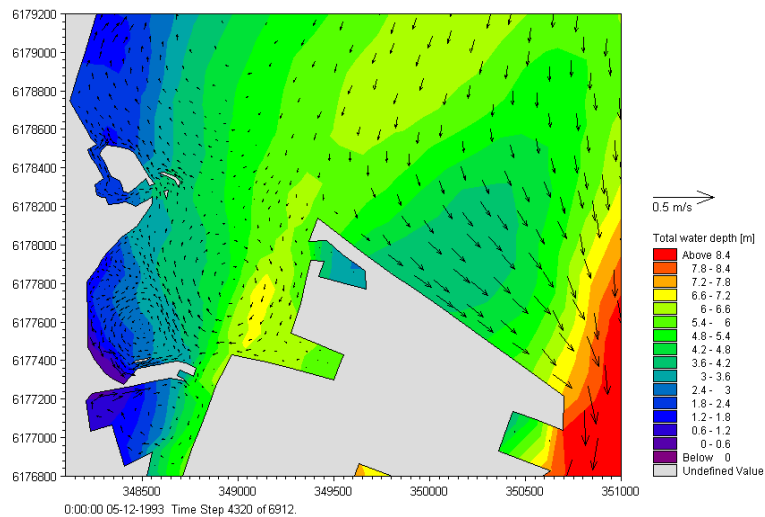
Figur 3.19 Eksempel på dybdeintegreret strømfelt for en situation med sydgående strøm i Øresund.



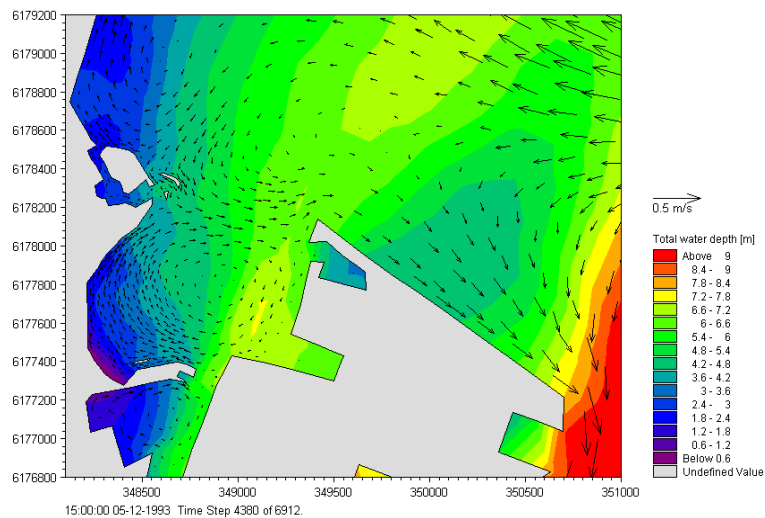
Figur 3.20 Eksempel på dybdeintegreret strømfelt for en situation med nordgående strøm i Øresund.



Figur 3.21 Eksempel på dybdeintegreret strømfelt for en situation med sydgående strøm i Øresund.

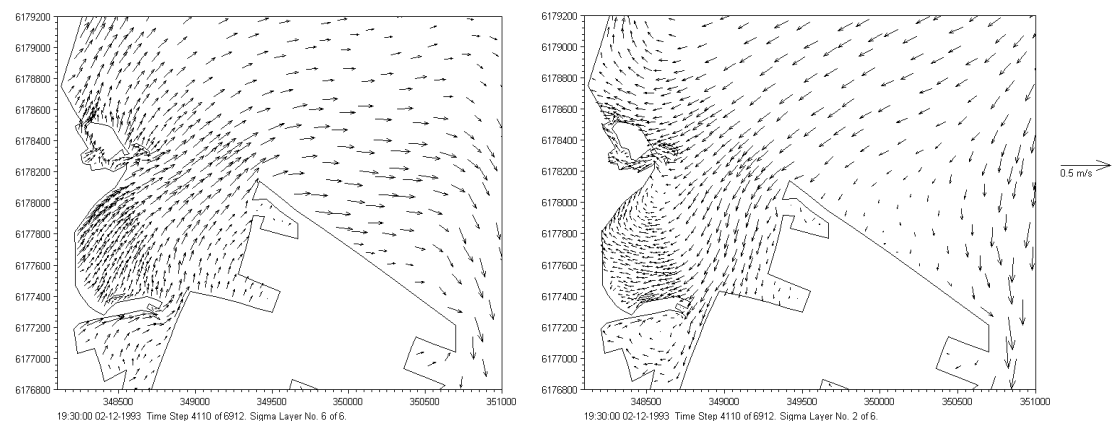


Figur 3.22 Eksempel på dybdeintegreret strømfelt for en situation med sydgående strøm i Øresund.



Figur 3.23 Eksempel på dybdeintegreret strømfelt for en situation med sydgående strøm i Øresund.

For at illustrere strømningens kompleksitet yderligere er der i Figur 3.24 vist strømningsskemaer for henholdsvis øverste og næstnederste lag i modellen svarende til den dybdeintegrerede strømningssituation illustreret i Figur 3.21.



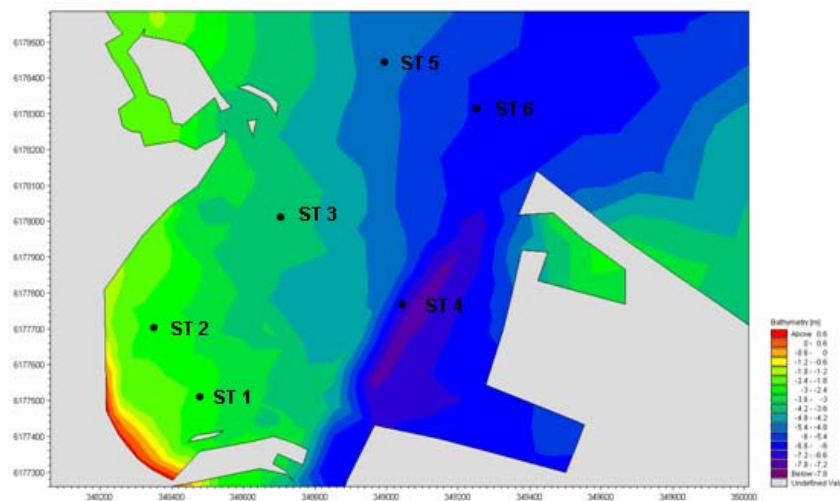
Figur 3.24 Eksempel på strømningsskemaer i henholdsvis øverste og næstnederste sigmalag.



Af eksemplet vist i Figur 3.24 fremgår det, at vandskiftet i bugten mere er domineret af strømningscirkulation over vertikalen end af de horisontale cirkulationsceller og dermed forskelle i salinitet (densitet) og /eller vindstuvningsfænomener.

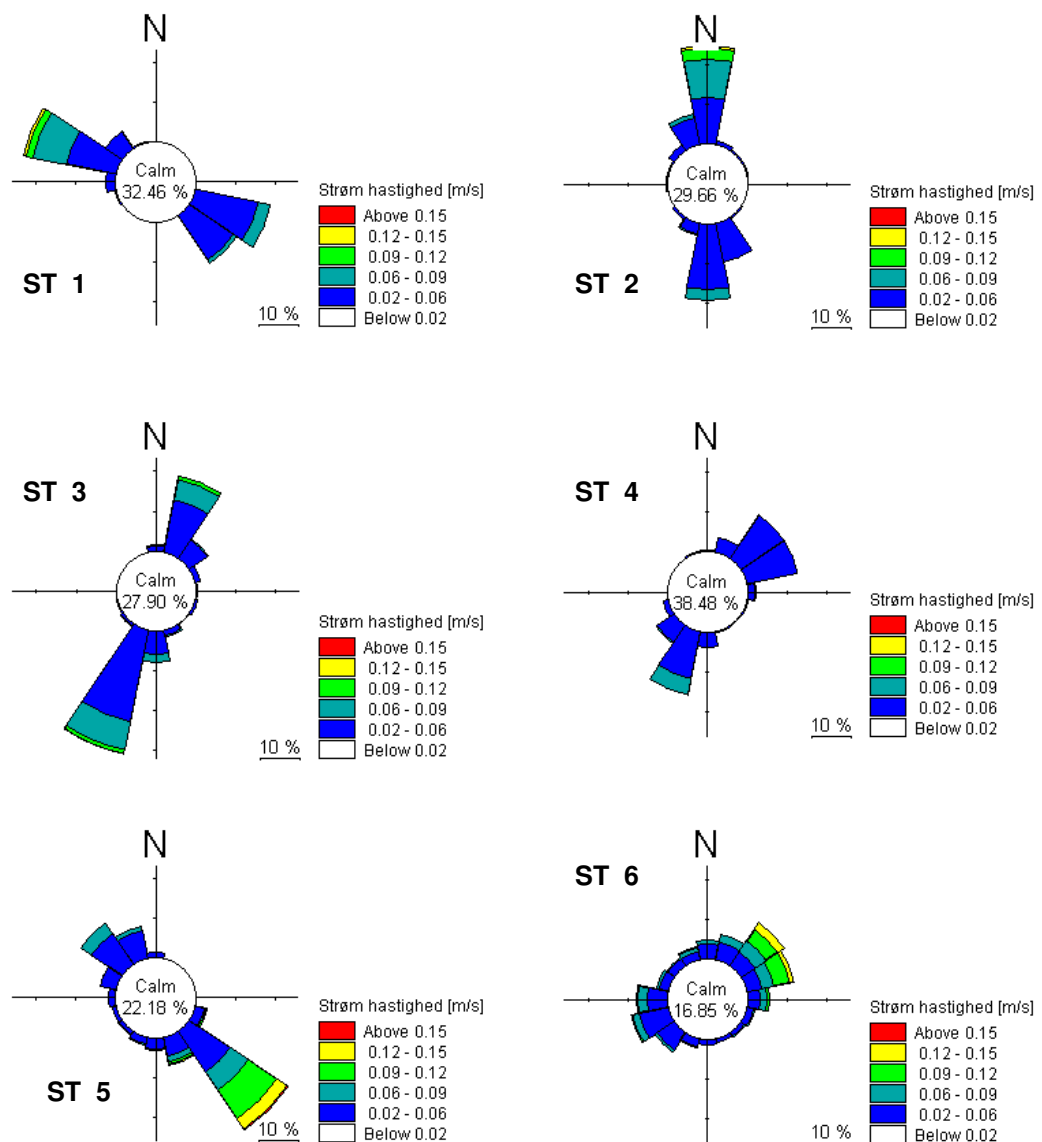
3.3.2 Strømroser

De dybdeintegrerede strømfelter giver et noget diffust billede af strømningsmønsteret i bugten. For at danne et mere integreret billede er der derfor genereret strømstatistik i form af strømroser for seks udvalgte punkter placeret som vist i Figur 3.25. Strømroserne for de seks stationer er vist i Figur 3.26. Strømroserne viser i modsætning til vindroser og bølgeroser, den retning strømmen løber imod og ikke den retning strømmen kommer fra.



Figur 3.25 Strømrose positioner.

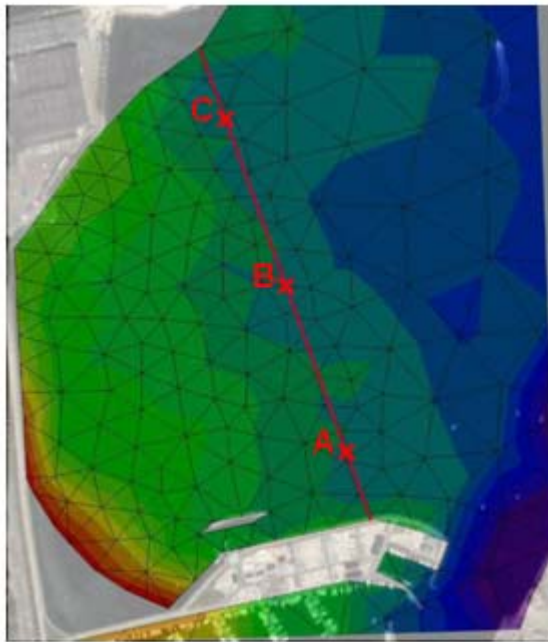
Strømroserne viser, at de dybdeintegrerede hastigheder er svage ($< 0,15$ m/s), og de simulerede strømninger vil derfor ikke have nogen betydning for badesikkerheden. Desuden ses det, at der generelt kun er to hovedretninger for strømmen, selvom de mange hvirvelkonfigurationer indikerer noget andet. For alle seks stationer er de to hovedretninger fundet at ligge diametralt modsat på nær station 4, hvor sejllendens orientering er styrende under indstrømning til bugten, men ikke under udstrømning.



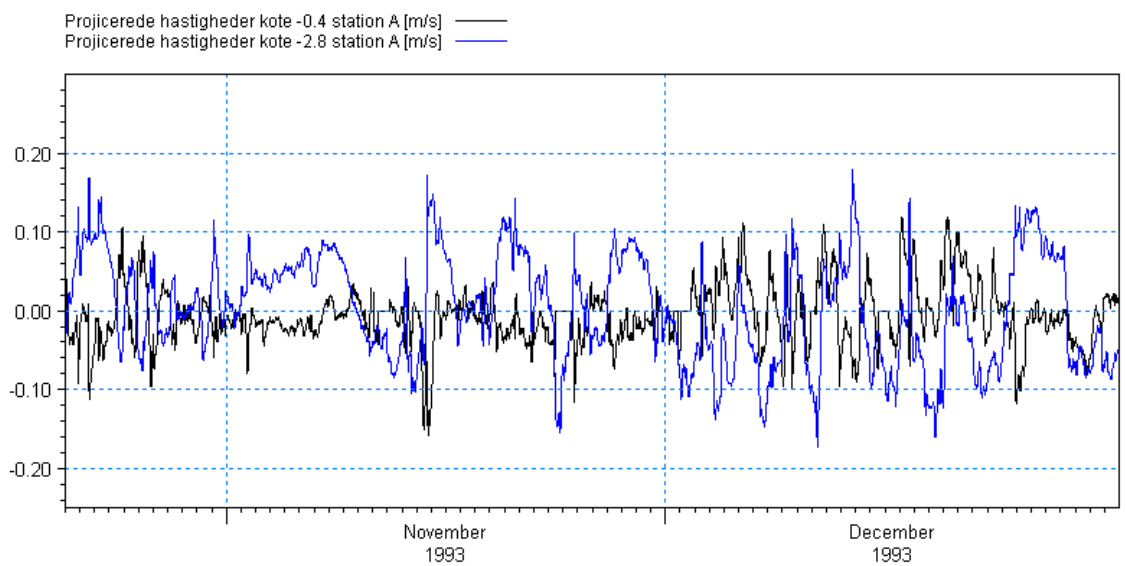
Figur 3.26 Strømroser for de seks lokaliteter i Svanemøllebugten.

3.4 Vandskifte

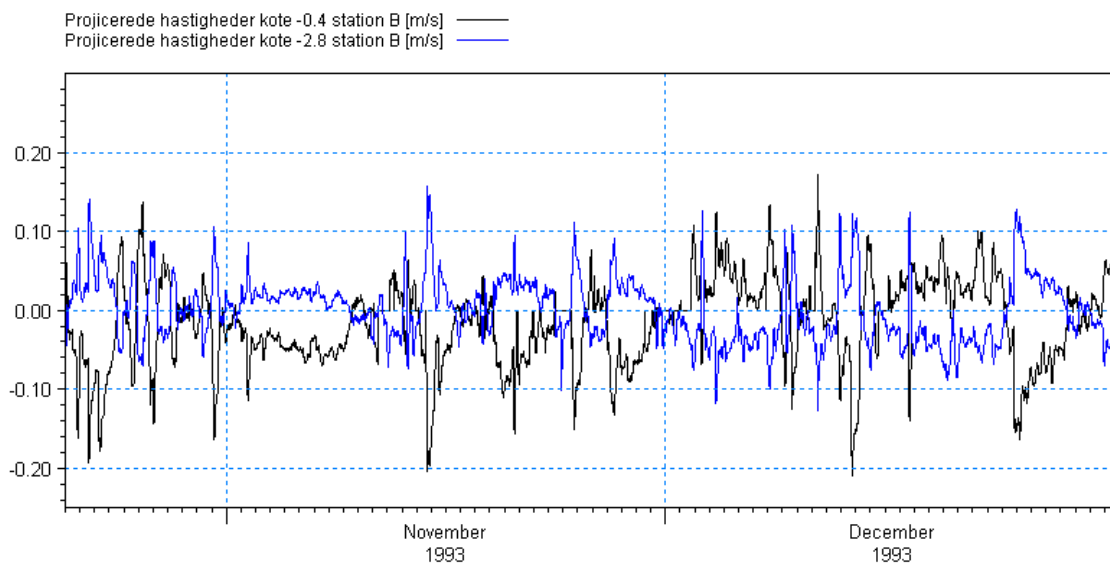
Tilstedeværelse af vertikalt drevne densitetsstrømme samt horisontale strømnings-hvirvler har stor indflydelse på vandets opholdstid i Svanemøllebugten, idet bruttofluxen herved kan være relativt stor, selv om nettofluxen er tæt på nul. På baggrund af den tredimensionale strømningsbeskrivelse er bruttofluxen blevet beregnet og anvendt til at estimere opholdstider i bugten. Tværsnittets placering er angivet som en rød linie i Figur 3.27. Endvidere angiver figuren placeringen af tre stationer A, B, C, hvorfra hastighedstidsserier er udtrukket i niveauerne -0,4 m og -2,8 m, se Figur 3.28, Figur 3.29 og Figur 3.30. De viste tidsserier er for hastigheder projiceret vinkelret på tværsnittet. Negative hastigheder angiver indstrømning til bugten, mens positive angiver udstrømning.



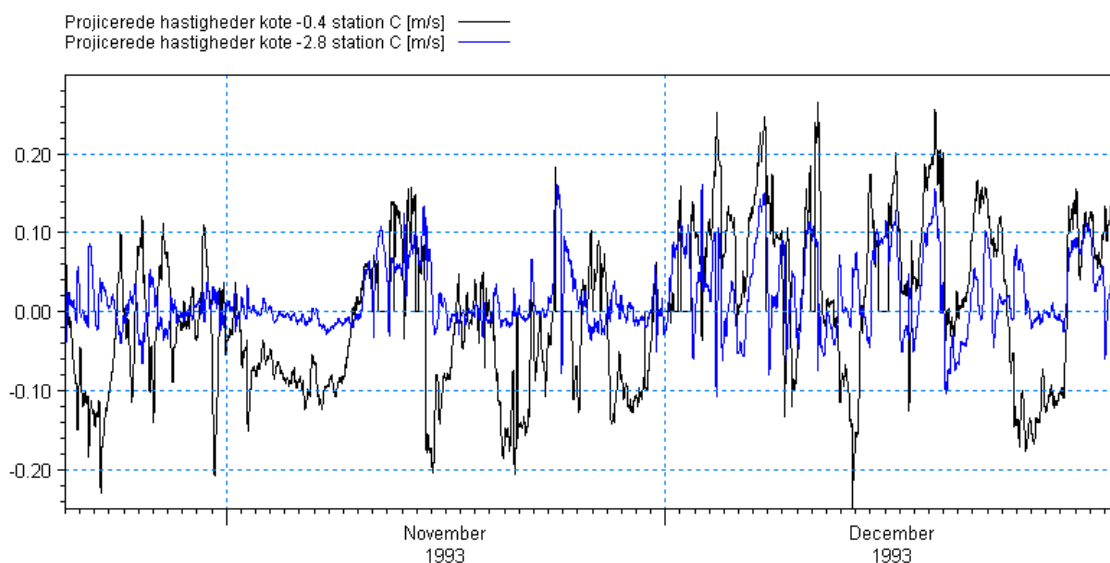
Figur 3.27 Tværsnittets placering hvorover vandskifteberegningen er foretaget samt positioner for udtrukne hastigheder.



Figur 3.28 Station A: Tværsnittets placering hvorover vandskifteberegningen er foretaget samt position for udtrukne hastigheder. Negative hastigheder angiver indstrømning til bugten, mens positive angiver udstrømning.

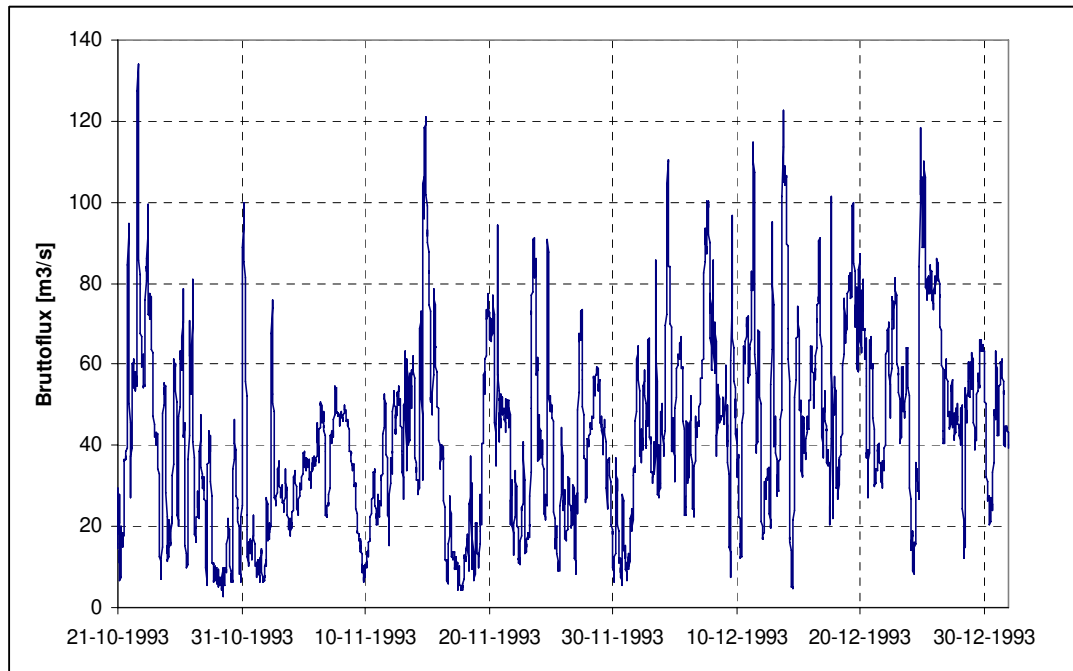


Figur 3.29 Station B: Tværsnittets placering hvorover vandskifteberegningen er foretaget samt position for udtrukne hastigheder. Negative hastigheder angiver indstrømning til bugten, mens positive angiver udstrømning.



Figur 3.30 Station C: Tværsnittets placering hvorover vandskifteberegningen er foretaget samt position for udtrukne hastigheder. Negative hastigheder angiver indstrømning til bugten, mens positive angiver udstrømning.

Bruttofluxen er estimeret ved hjælp af vertikal og horisontal numerisk integration af de absolutte hastigheder projiceret vinkelret ind på tværsnitsfladen. Fluxberegningen er baseret på 30 ækvidistant placerede punkter horisontalt og fem vertikalt ekstraherede hastigheder i niveauerne -0,4 m, -1,2 m, -2 m, -2,8 m og -3,6 m. Den vertikale integration er udført fra bunden til vandoverfladen med 15 minutters mellemrum for hele perioden på 72 døgn. Figur 3.31 viser den herved fundne bruttoflux tidsserie.

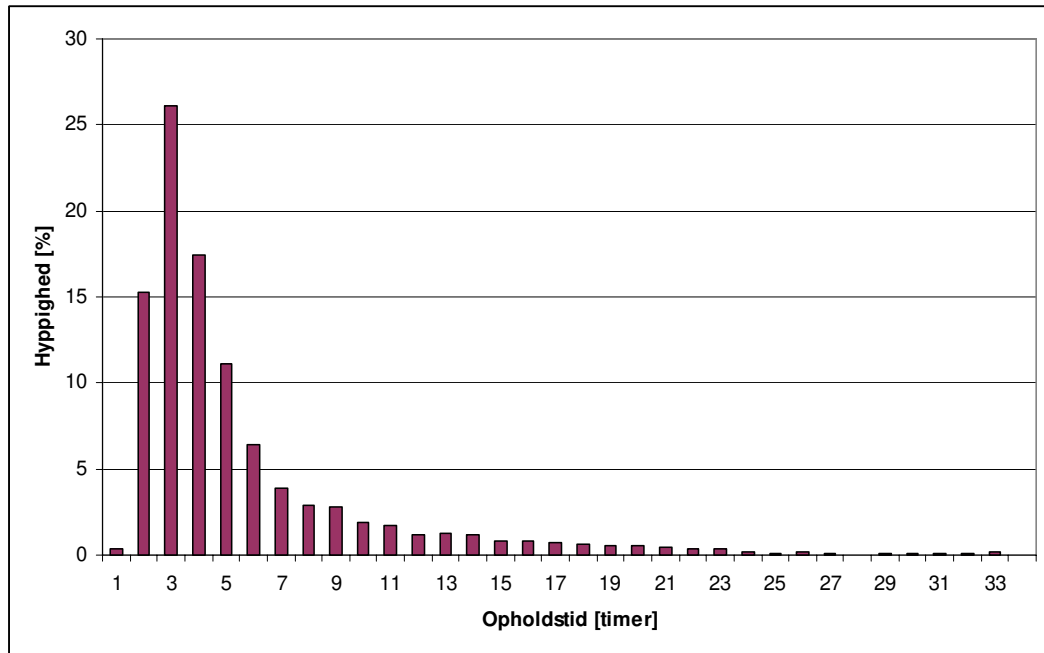


Figur 3.31 Den beregnede bruttoflux tidsserie.

Opholdstiden T i bugten er beregnet som forholdet mellem vandvolumenet i bugten V og indstrømningen Q , som er antaget at svare til 50 % af bruttofluxen, i.e.

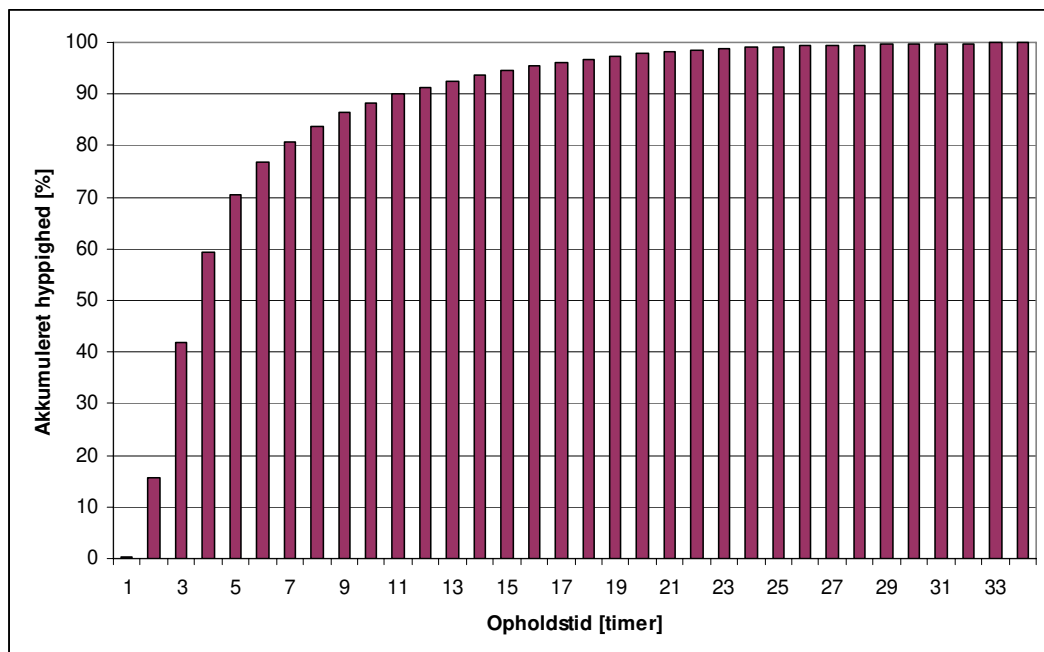
$$T = \frac{V}{Q}$$

For at undgå for kraftig indflydelse af øjeblikssituationer med næsten stillestående vand er der benyttet et tre timers rullende gennemsnit for indstrømningen Q . Figur 3.32 viser den relative frekvensfordeling af vandets opholdstider i Svanemøllebugten. Det ses, at opholdstiden generelt er lille (< 24 timer). Derfor vil der være en meget lille chance for en lokal opvækst af planktoniske alger, idet opholdstiden er så kort. Den maksimale opholdstid er fundet til 34 timer. Dette tal er dog påvirket af den benyttede tre timers rullende middelværdi for indstrømningen. Benyttes i stedet en otte timers rullende middel, finder man en maksimal opholdstid på 30 timer.



Figur 3.32 Procentvis fordeling af opholdstider i Svanemøllebugten.

Figur 3.33 viser den tilsvarende diskrete fordelingsfunktion for vandets opholdstid. Af dette diagram fremgår det, at en opholdstid på mere end 24 timer kun vil forekomme i tre til fire dage i løbet af et normalår.



Figur 3.33 Akkumuleret fordeling af opholdstider i Svanemøllebugten.

På trods af at vandskiftebetegningen viser, at vandskiftet er højt og opholdstiderne generelt er korte, bør beregningen følges op af en advektion-dispersions (AD) beregning af en forureningskilde (E.coli), idet strømhvirvlerne kan trække forurenede vand tilbage i



bugten. Endelig vil en partikel der er opdriftspåvirket følge et andet strømningsmønster end en vandpartikel.



4 VINDGENEREREDE BØLGER

Følgende afsnit beskriver opsætningen af en spektral bølgemodel til beskrivelse af vindgenererede bølger i Øresund og Svanemøllebugten. Modellen er baseret på et fleksibelt beregningsnet opbygget af trekantede beregningselementer, hvilket gør det muligt at opløse interesseområdet detaljeret og samtidig begrænse antallet af beregningselementer.

4.1 Formål

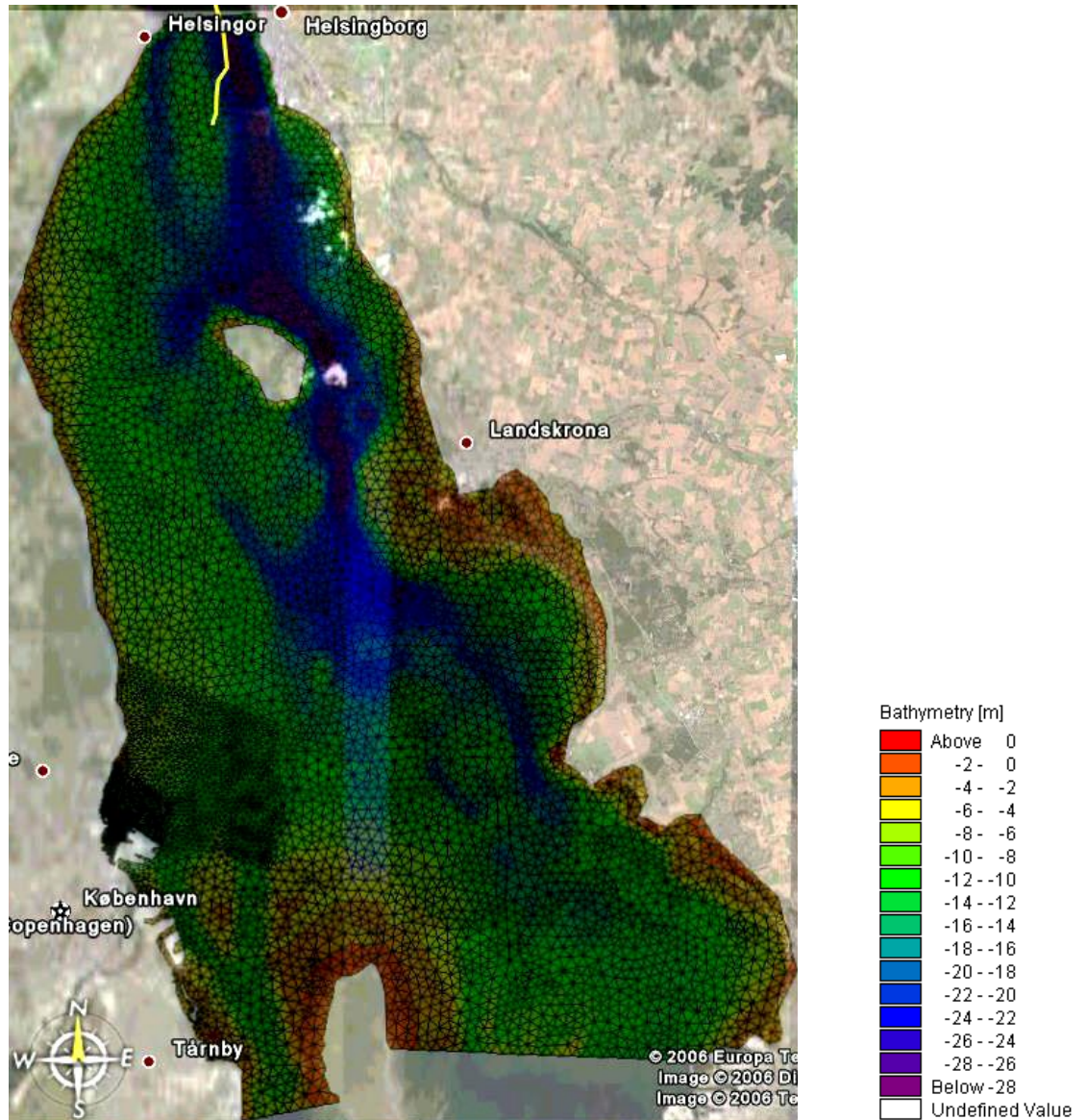
Formålet med opsætningen af den spektrale bølgemodel er at etablere bølgestatistikker i form af bølgehøjder, bølgeudbredelsesretninger, bølgeperioder og retningsspredninger for udvalgte punkter i Svanemøllebugten. Denne information er grundlaget for udførelse af sedimenttransport beregninger langs den planlagte strand, hvilket danner grundlag for analyse af stabile strandretninger samt for vurdering af strandkvaliteten.

4.2 Modelopsætning

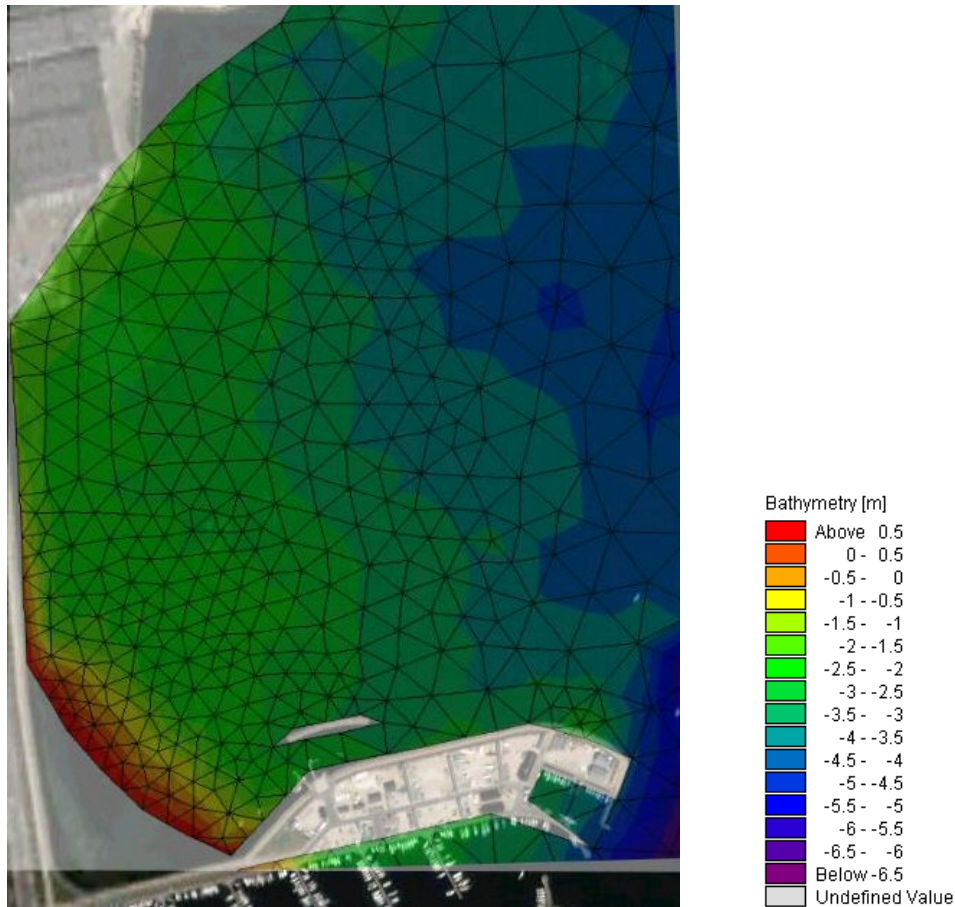
Bølgemodelleringen inkluderer udelukkende vindgenererede bølger, mens dønninger og bølger fremkaldt af skibspassage ikke er vurderet. Da de vindgenererede bølger vil være de dominerende, vurderes denne formulering at være fuldt tilstrækkelig. Modellen beskriver bølgenes udbredelse i bugten under indflydelse af vind, bundfriktion, refraktion, retningsspredning, brydning og skyggeeffekt fra de mange havneanlæg etc. i området, mens egentlige diffraktionseffekter ikke er inkluderet.

4.2.1 Beregningsnet og bathymetri

Det anvendte beregningsnet og bathymetri (dybdekort) anvendt for den spektrale bølgemodel er præsenteret i Figur 4.1. Modelområdet dækker hele Øresund fra Helsingør-Helsingborg i nord til midten af Saltholm i syd. Opløsningen i modellen er valgt således, at den gradvist forøges ind mod Svanemøllebugten med en slutopløsning noget finere end i den hydrodynamiske model for at sikre en god beskrivelse af energitabet (ændring af bølgehøjder) af de vindgenererede bølger inde i bugten. Et detailudsnit, som viser opløsningen af beregningsnettet inde i bugten og ud for den planlagte strand, er vist i Figur 4.2.



Figur 4.1 Beregningsnet og bathymetri anvendt til modellering af vindgenererede bølger.



Figur 4.2 Detailudsnit af beregningsnet og bathymetri i Svanemøllebugten.

4.2.2 Modelscenarier

For at kunne etablere bølgestatistikker inde i Svanemøllebugten er der gennemført en matrix af bølgesimuleringer, som dækker alle relevante kombinationer af vindretninger og vindhastigheder for Svanemøllebugten. Matrixen dækker over følgende kombinationer:

- Vindretninger: 330°, 340°, 350°, 0°, 10°, 20°, 30°, 40°, 50°, 60°, 70°, 80° og 90°
- Vindhastigheder: 5 m/s, 10 m/s, 15 m/s, 20 m/s

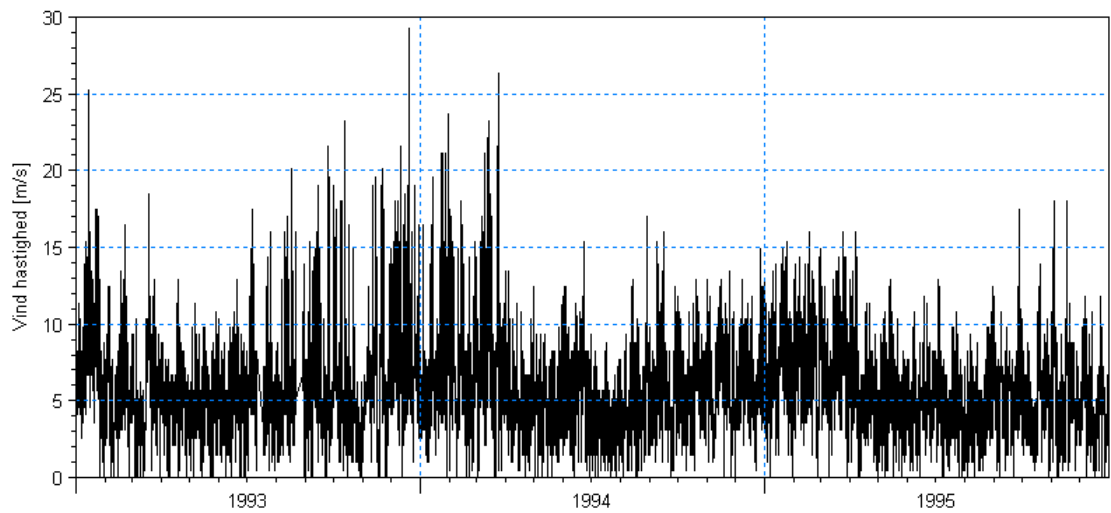
Den valgte matrix svarer til vindhændelser dækkende lidt mere end vinkelrummet fra nordnordvest til øst. Øvrige vindkombinationer er vurderet til ikke at give bølger af betydning i området, og er derfor repræsenteret med et nul i de fundne bølgeroser.

4.3 Vindstatistik

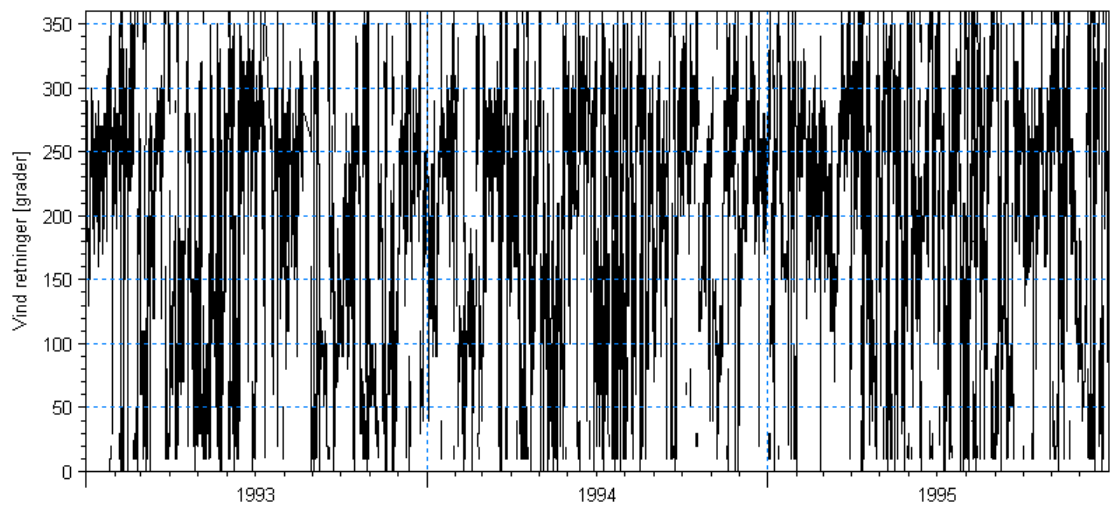
For at kunne etablere bølgeroser for Svanemøllebugten er det nødvendigt med kendskab til de enkelte vindhændelsers hyppighed. Denne information er valgt etableret på baggrund af tidsserier for middelvinden og tilhørende retninger målt ved Kastrup i perioden januar 1993 til juli 2000. Tidsserierne for middel vindhastigheder og vindretninger er inddelt i treårs perioder og vist i Figur 4.3 til Figur 4.8. Fordelen ved at anvende tidsse-



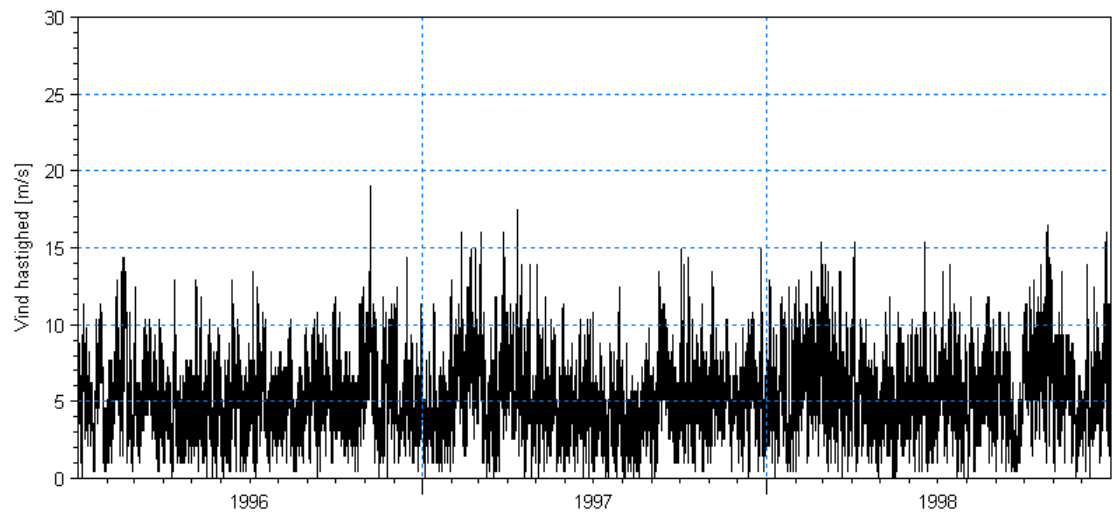
riedata er, at det bliver muligt at anvende den samme vinkelrumsopløsning, som er anvendt for bølgesimuleringerne, og dermed undgå skævheder i hyppighederne.



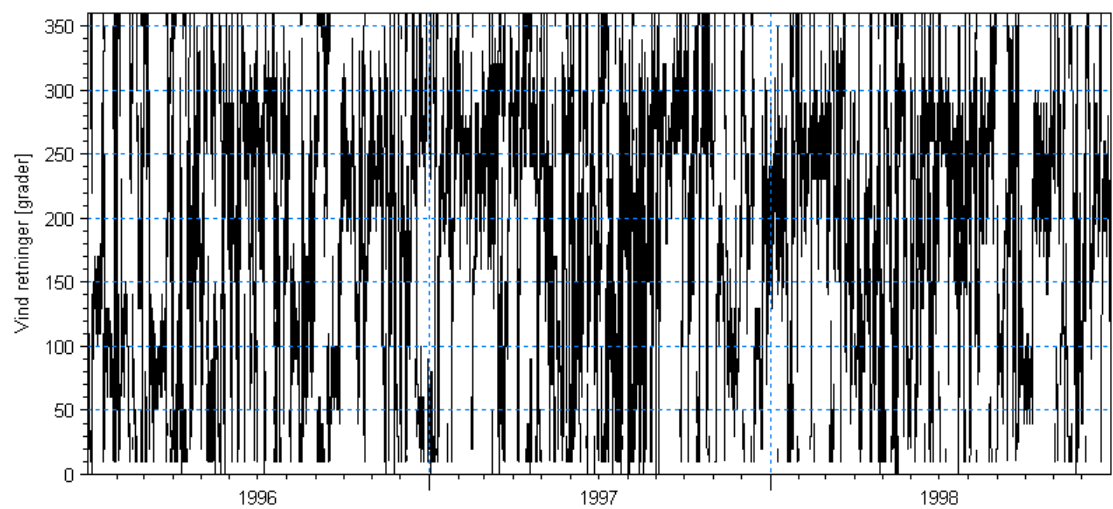
Figur 4.3 Vindhastigheder målt ved Kastrop i perioden 1993-1995.



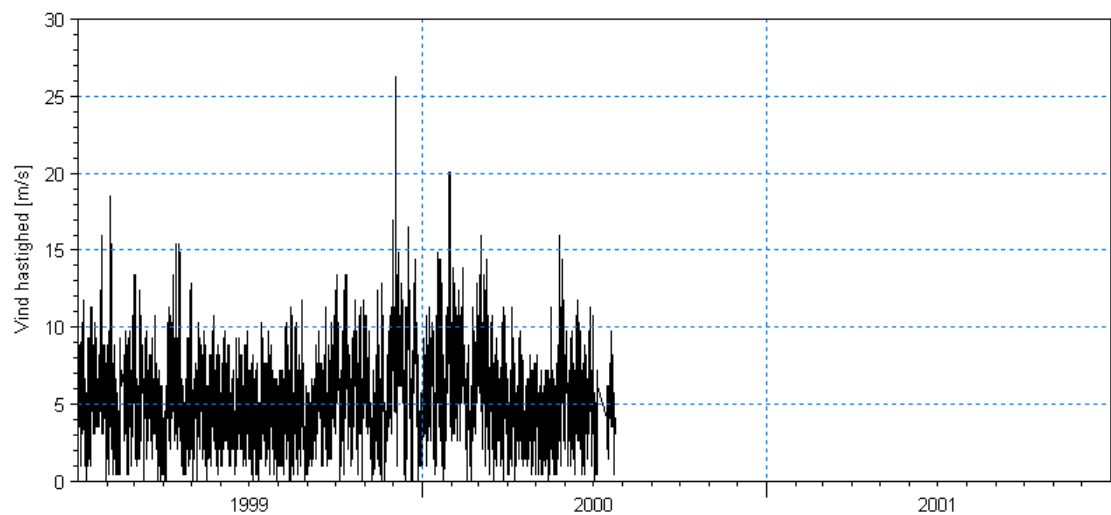
Figur 4.4 Vindretninger målt ved Kastrop i perioden 1993-1995.



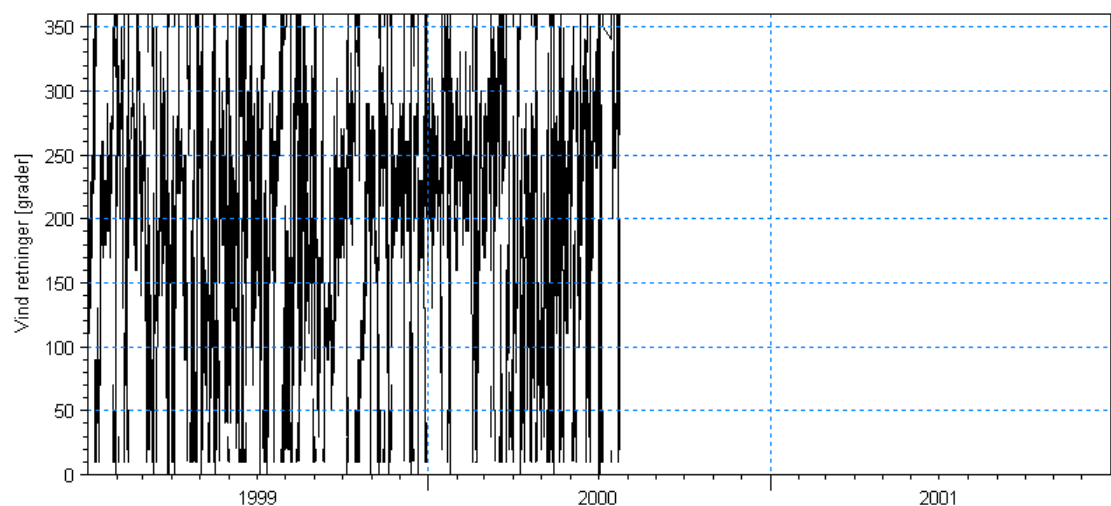
Figur 4.5 Vindhastigheder målt ved Kastrup i perioden 1996-1998.



Figur 4.6 Vindretninger målt ved Kastrup i perioden 1996-1998.



Figur 4.7 Vindhastigheder målt ved Kastrup i perioden 1999-2000.



Figur 4.8 Vindretninger målt ved Kastrup i perioden 1999-2000.

For at finde vægtkoefficienterne (relative hyppigheder) tilhørende de simulerede bølgehændelser er data i tidsserien sorteret og inddelt i klasserne som vist i Tabel 4-1. Af tabellen fremgår det, at ingen vind optræder i 9% af tiden, mens vind fra vindretninger, der ikke kan generere bølger af betydning i bugten, optræder i 68% af tiden. I de resterende 23% af tiden optræder der vindhændelser som kan generere bølger i Svanemøllebugten.

Brugen af en diskret fordeling frem for en kontinuert best-fit fordelingsfunktion betyder, at visse af de simulerede hændelser optræder med en sandsynlighed på nul og derfor er overflødige.



Tabel 4-1 Relative hyppigheder for de enkelte vindhændelser baseret på Kastrup vind 1993-2000.

Vindhastighed	Vindretning	Relativ hyppighed	Vindhastighed	Vindretning	Relativ hyppighed
< 2,5 m/s	Alle	0,0910	2,5 – 7,5 m/s	40° Nord	0,010545
2,5 – 7,5 m/s	330° Nord	0,011344	7,5 – 12,5 m/s	40° Nord	0,002239
7,5 – 12,5 m/s	330° Nord	0,001953	12,5 – 17,5 m/s	40° Nord	7,75e-05
12,5 – 17,5 m/s	330° Nord	0,000101	> 17,5 m/s	40° Nord	0
> 17,5 m/s	330° Nord	0	2,5 – 7,5 m/s	50° Nord	0,012521
2,5 – 7,5 m/s	340° Nord	0,010282	7,5 – 12,5 m/s	50° Nord	0,002332
7,5 – 12,5 m/s	340° Nord	0,001945	12,5 – 17,5 m/s	50° Nord	0,000108
12,5 – 17,5 m/s	340° Nord	0,000108	> 17,5 m/s	50° Nord	3,87e-05
> 17,5 m/s	340° Nord	0	2,5 – 7,5 m/s	60° Nord	0,014025
2,5 – 7,5 m/s	350° Nord	0,009306	7,5 – 12,5 m/s	60° Nord	0,002712
7,5 – 12,5 m/s	350° Nord	0,003130	12,5 – 17,5 m/s	60° Nord	0,000186
12,5 – 17,5 m/s	350° Nord	0,000132	> 17,5 m/s	60° Nord	7,75e-05
> 17,5 m/s	350° Nord	0	2,5 – 7,5 m/s	70° Nord	0,015311
2,5 – 7,5 m/s	0° Nord	0,013692	7,5 – 12,5 m/s	70° Nord	0,002456
7,5 – 12,5 m/s	0° Nord	0,004936	12,5 – 17,5 m/s	70° Nord	0,000232
12,5 – 17,5 m/s	0° Nord	0,000271	> 17,5 m/s	70° Nord	6,20e-05
> 17,5 m/s	0° Nord	0	2,5 – 7,5 m/s	80° Nord	0,020185
2,5 – 7,5 m/s	10° Nord	0,01614	7,5 – 12,5 m/s	80° Nord	0,003223
7,5 – 12,5 m/s	10° Nord	0,00396	12,5 – 17,5 m/s	80° Nord	0,000201
12,5 – 17,5 m/s	10° Nord	0,000271	> 17,5 m/s	80° Nord	8,52e-05
> 17,5 m/s	10° Nord	0	2,5 – 7,5 m/s	90° Nord	0,022820
2,5 – 7,5 m/s	20° Nord	0,014389	7,5 – 12,5 m/s	90° Nord	0,005589
7,5 – 12,5 m/s	20° Nord	0,003115	12,5 – 17,5 m/s	90° Nord	0,000535
12,5 – 17,5 m/s	20° Nord	0,000186	> 17,5 m/s	90° Nord	0,000349
> 17,5 m/s	20° Nord	7,75E-06	2,5 – 7,5 m/s	100° - 320° Nord	0,506249
2,5 – 7,5 m/s	30° Nord	0,012243	7,5 – 12,5 m/s	100° - 320° Nord	0,163117
7,5 – 12,5 m/s	30° Nord	0,002193	12,5 – 17,5 m/s	100° - 320° Nord	0,011561
12,5 – 17,5 m/s	30° Nord	7,75E-06	> 17,5 m/s	100° - 320° Nord	0,002410
> 17,5 m/s	30° Nord	0			

4.4 Resultater

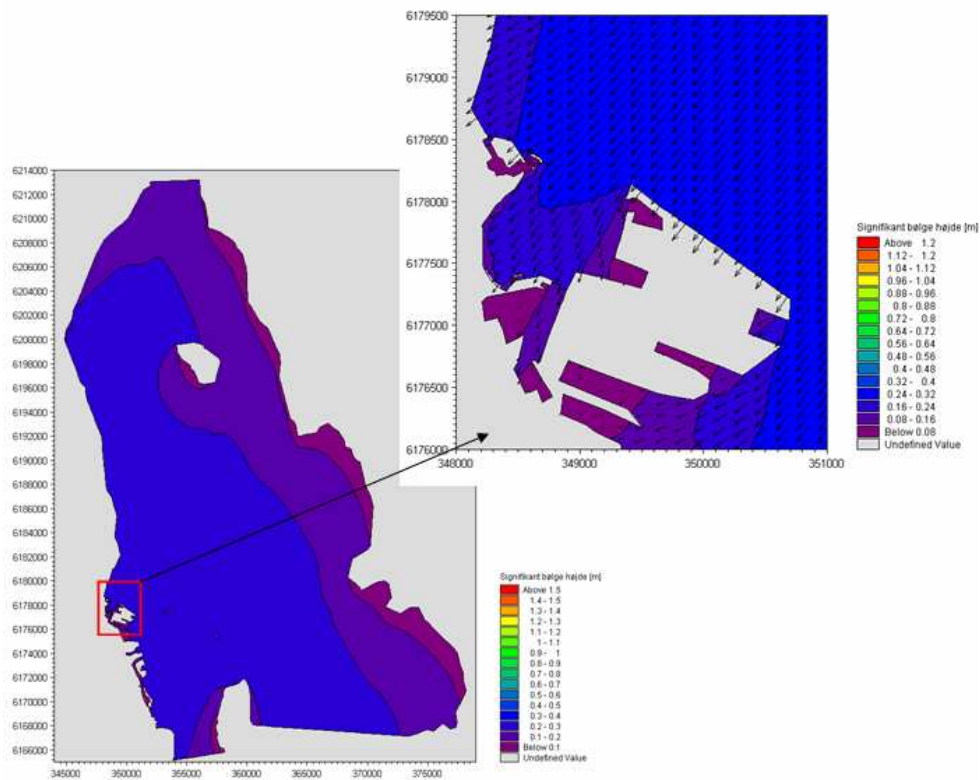
Følgende afsnit præsenterer udvalgte plots af bølgehøjder og udbredelsesretninger for en række forskellige kombinationer af vindhastigheder og vindretninger i hele modelområdet samt området omkring Svanemøllebugten. Et eksempel på retningsspredningen



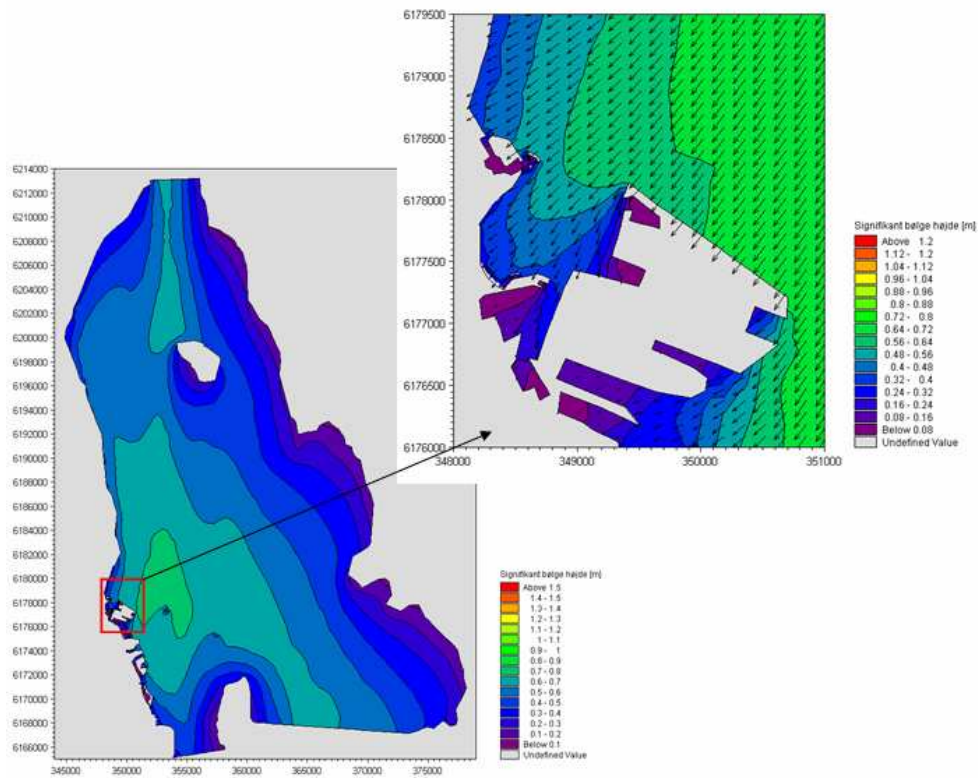
og bølgeperioder er også medtaget. Endvidere er ekstraherede bølgestatistikker præsenteret i form af bølgeroser for otte forskellige lokaliteter.

4.4.1 Signifikante bølgehøjder

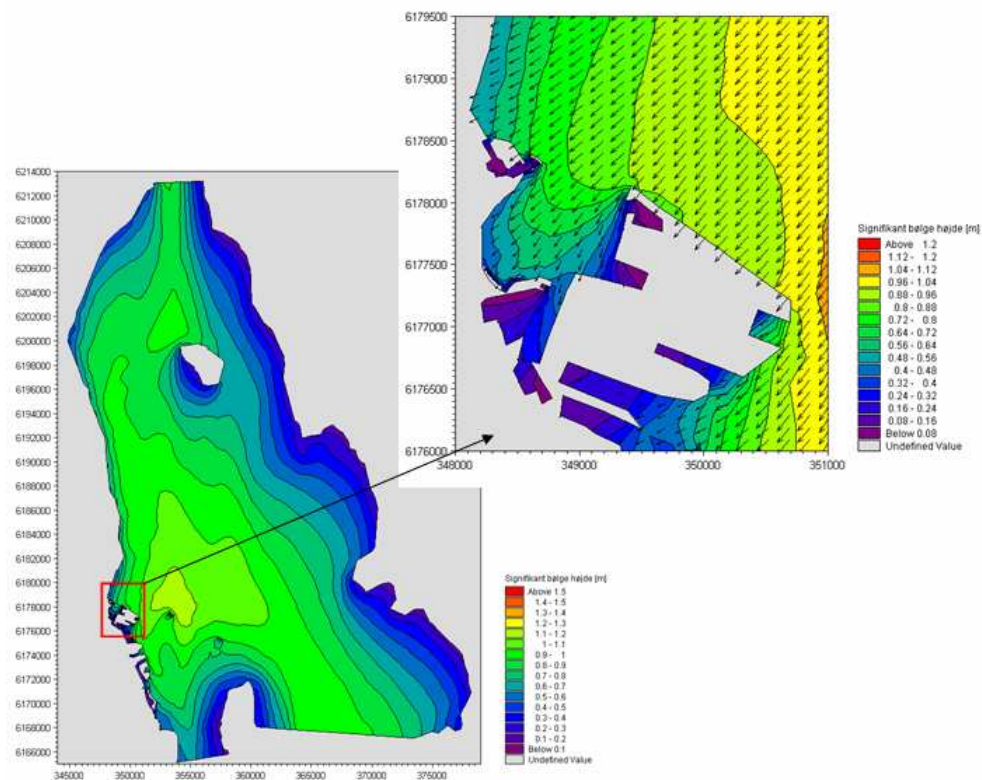
Vindgenererede bølgers størrelse er primært en funktion af vindhastigheden samt det frie stræk, hvorover vindens forskydningspænding har virket på vandoverfladen. De følgende figurer (Figur 4.9 til Figur 4.16) viser de signifikante bølgehøjder i Øresund og Svanemøllebugten for alle fire simulerede vindhastigheder og en vindretning 30° nord samt fem forskellige vindretninger med spring på 30° og vindhastighed på 15 m/s. Den signifikante bølgehøjde er defineret som middelbølgehøjden af den højeste tredjedel af alle indkomne bølger for en given søtilstand. De benyttede skalaer for bølgehøjderne er ens i alle plots for henholdsvis det fulde modelområde og detailudsnittet af Svanemøllebugten af hensyn til sammenligning af de forskellige hændelser.



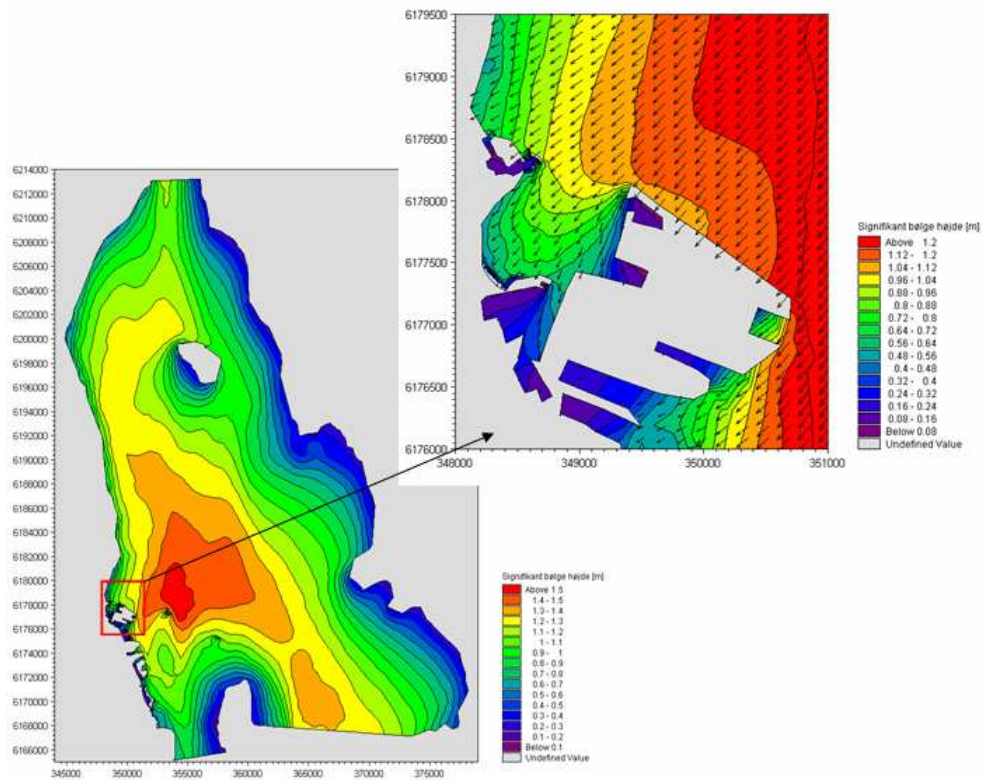
Figur 4.9 Simulerede signifikante bølgehøjder H_s og retninger for vindretning 30° Nord og vindhastighed 5 m/s.



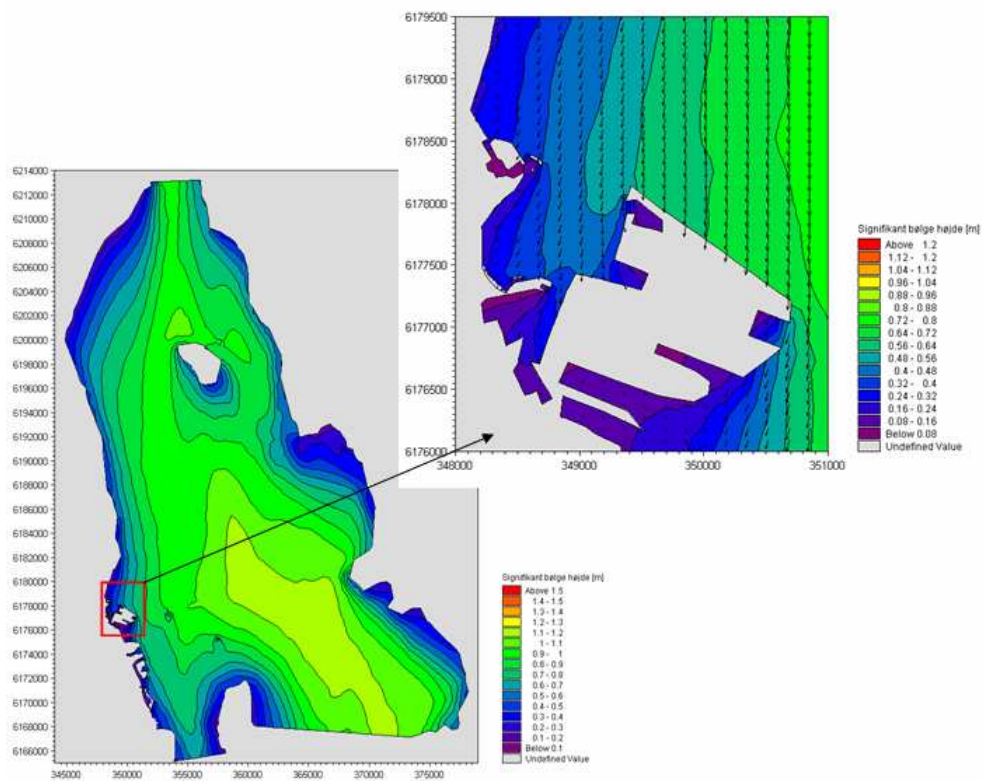
Figur 4.10 Simulerede signifikante bølgehøjder H_s og retninger for vindretning 30° nord og vindhastighed 10 m/s.



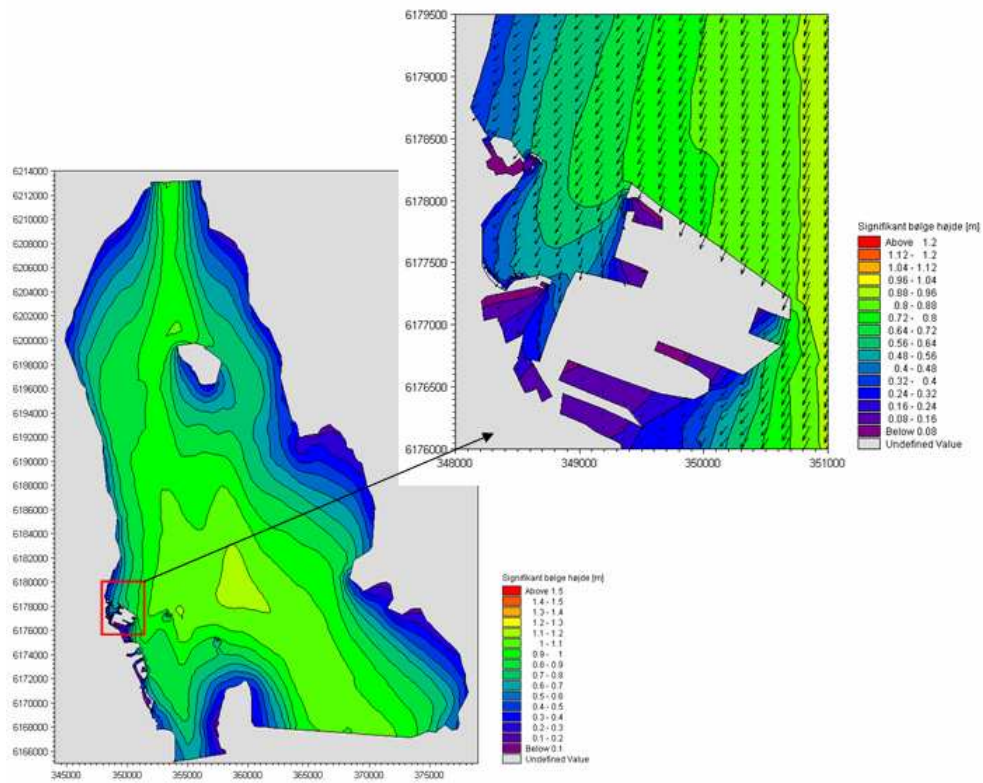
Figur 4.11 Simulerede signifikante bølgehøjder H_s og retninger for vindretning 30° nord og vindhastighed 15 m/s.



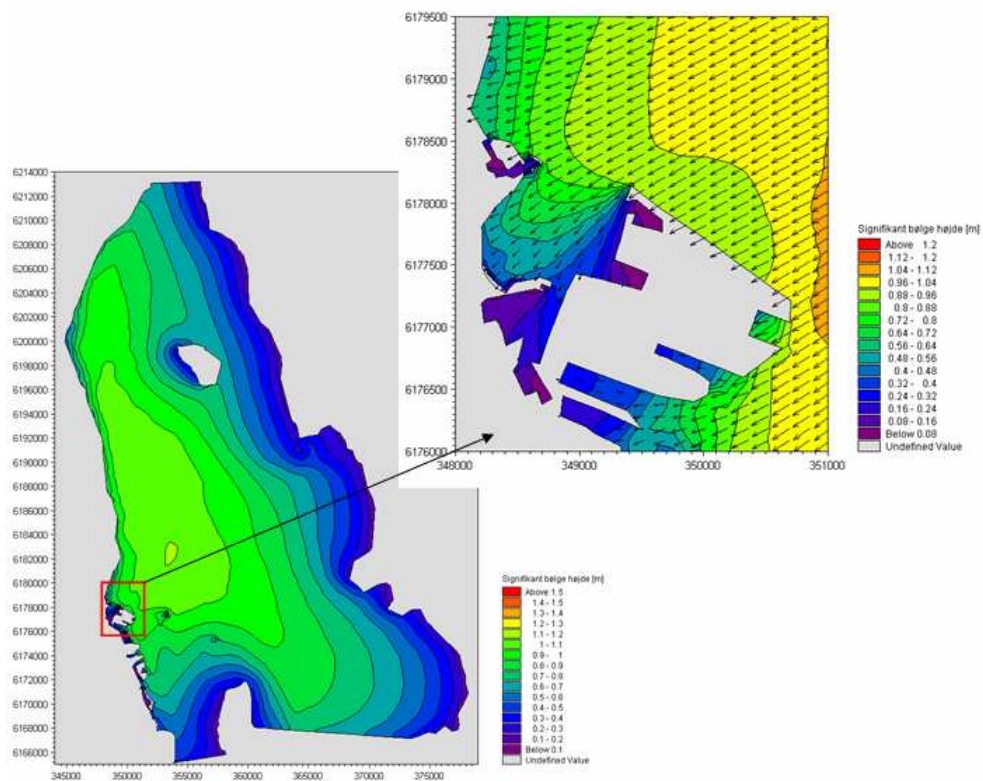
Figur 4.12 Simulerede signifikante bølgehøjder H_s og retninger for vindretning 30° nord og vindhastighed 20 m/s.



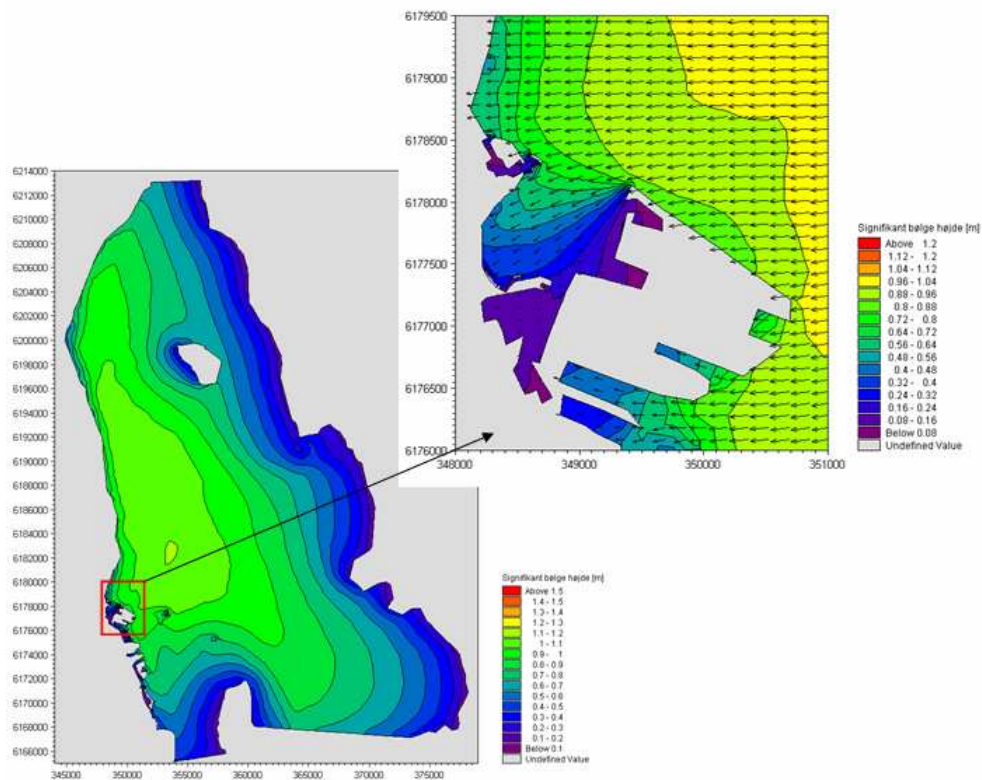
Figur 4.13 Simulerede signifikante bølgehøjder H_s og retninger for vindretning 330° nord og vindhastighed 15 m/s.



Figur 4.14 Simulerede signifikante bølgehøjder H_s og retninger for vindretning 0° nord og vindhastighed 15 m/s .



Figur 4.15 Simulerede signifikante bølgehøjder H_s og retninger for vindretning 60° nord og vindhastighed 15 m/s .

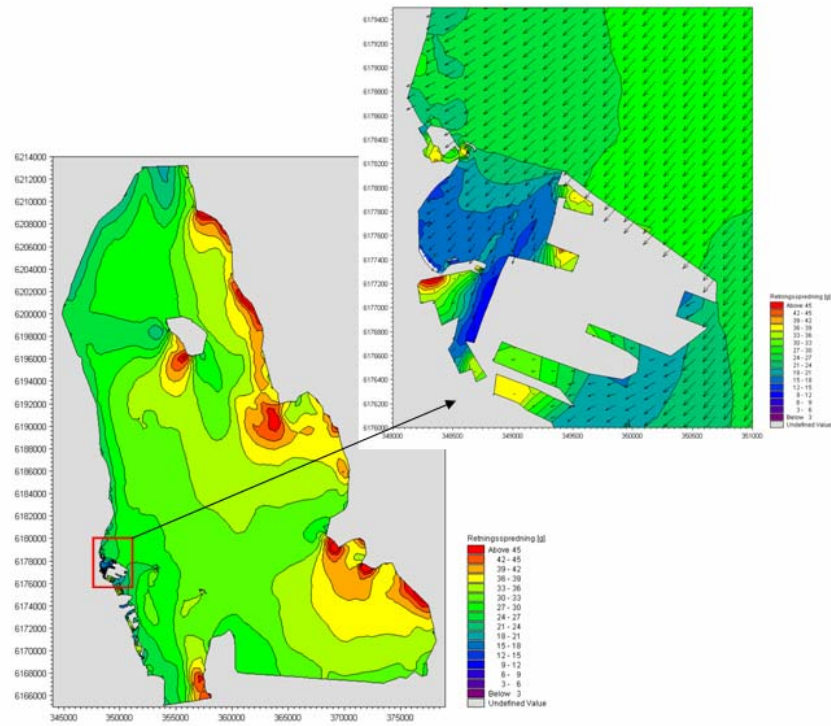


Figur 4.16 Simulerede signifikante bølgehøjder H_s og retninger for tilfældet med vindretning 90° nord og vindhastighed 15 m/s.

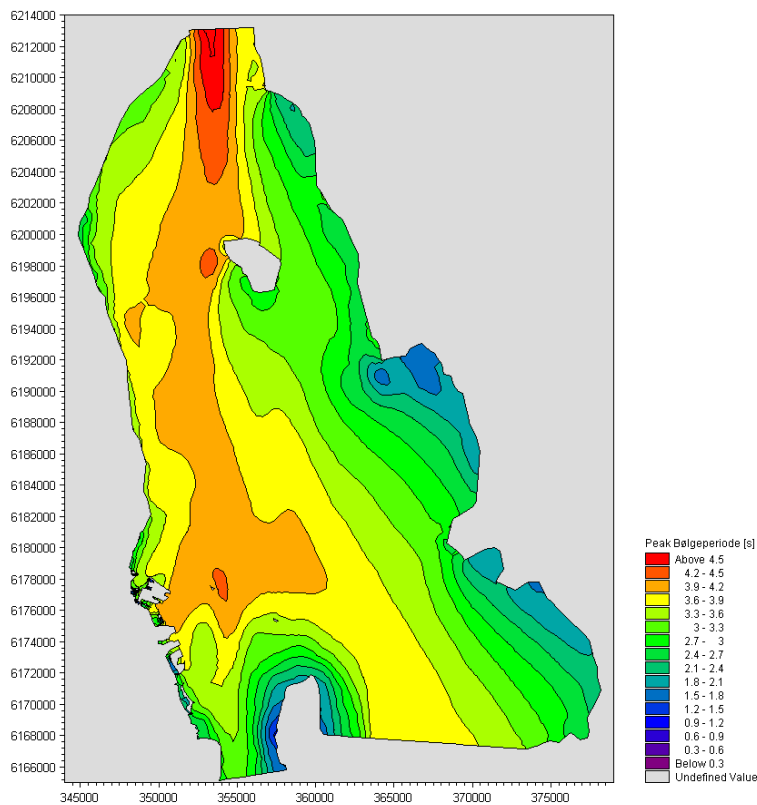
4.4.2 Retningsspredning og bølgeperiode

På baggrund af de spektrale bølgesimuleringer er der endvidere opnået information om bølgeperioder og retningsspredningen af de vindgenererede bølger. Kendskab til begge parametre er påkrævet for at kunne udføre sedimenttransportberegninger langs det indlagte strandprofil i Svanemøllebugten.

I Figur 4.17 er der vist et eksempel på bølgenes retningsspredning for tilfældet med vindretning 30° nord og vindhastighed på 15 m/s. Det ses, at retningsspredningen for dette tilfælde er relativt lille inde i Svanemøllebugten kun omkring 16° . Tilsvarende er der i Figur 4.18 vist de tilhørende bølgeperioder T_p . Peak bølgeperioden T_p er relateret til middelbølgeperioden T ud fra relationen: $T = 0,65T_p$. Det ses, at vindgenererede bølger er kort-periodiske, og at peak bølgeperioderne inde i Svanemøllebugten er lidt højere end tre sekunder.



Figur 4.17 Retningsspredning for de vindgenererede bølger for tilfældet med vindretning 30° nord og vindhastighed 15 m/s.

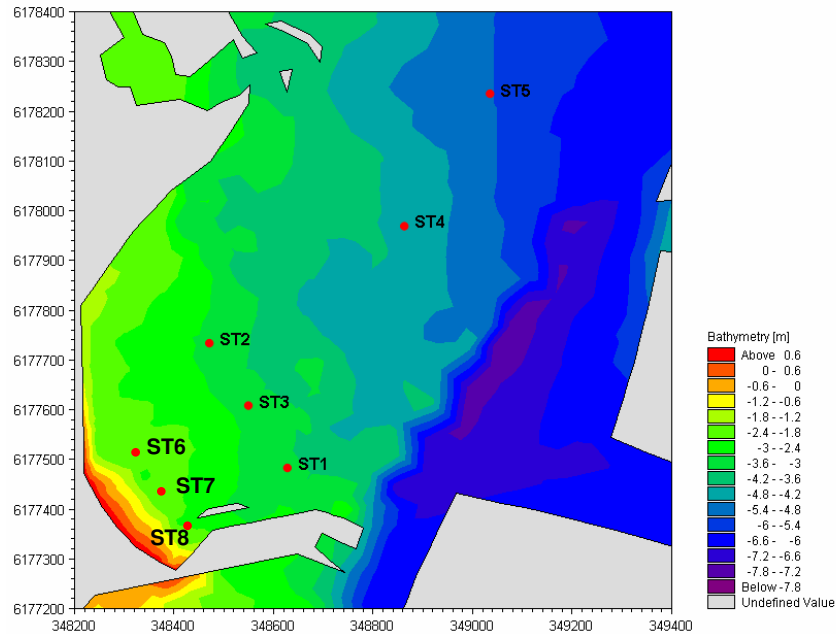


Figur 4.18 Bølgeperioder T_p for de vindgenererede bølger for tilfældet med vindretning 30° nord og vindhastighed 15 m/s.



4.4.3 Bølgeroser

Information om bølgeforldene i form af signifikant bølgehøjde, middel bølgeretning (den retning hvorfra bølgerne kommer), bølgeperiode T_p og retningsspredning er ekstraheret i de otte positioner vist i Figur 4.19 og UTM-kordinaterne vist i Tabel 4-2.



Figur 4.19 Positioner for ekstraherede bølgeroser.

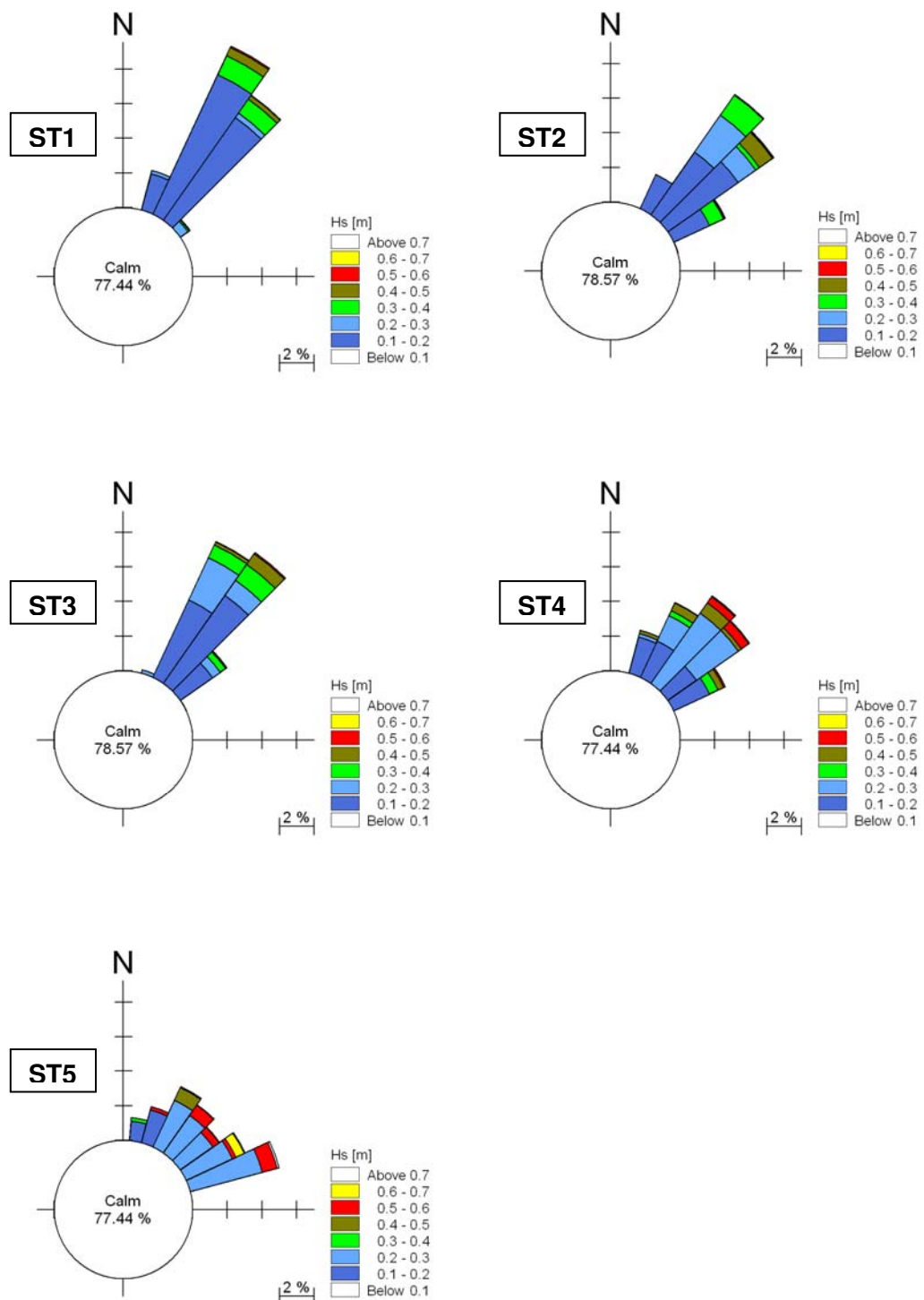
Tabel 4-2 Ekstraktionspunkter for bølgeparametre.

Lokalitet	Easting	Northing	Bundkote [m]
ST1	348626	6177489	3,47
ST2	348478	6177728	3,24
ST3	348552	6177610	3,24
ST4	348868	6177959	4,43
ST5	349033	6178235	5,38
ST6	348321	6177505	2,05
ST7	348364	6177429	1,96
ST8	348428	6177364	2,27

På baggrund af de fundne relative hyppigheder for de forskellige vindkombinationer og tilhørende ekstraherede bølgehøjder er der dannet en syntetisk tidsserie for hver lokali-



tet, som danner grundlag for de etablerede bølgestatistikker. Bølgestatistikkerne for de fem lokaliteter ude i bugten er præsenteret i form af bølgeroser i Figur 4.20.



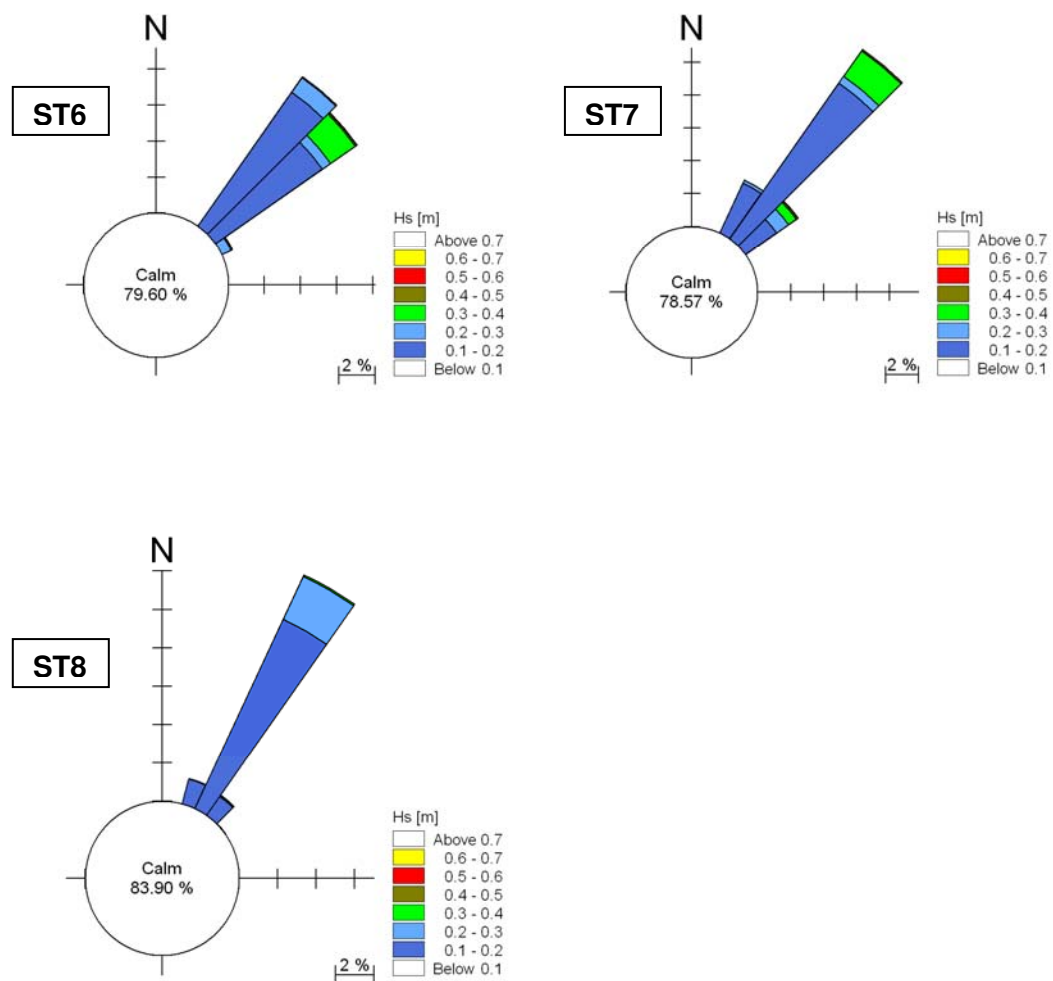
Figur 4.20 Bølgeroser visende fordelingen af den signifikante bølgehøjde og bølgeretning i stationerne 1-5 beliggende ude i bugten.

De udtrukne bølgeroser i station 1-3 viser, at indkomne bølger generelt er orienteret i et snævert vinkelrum på cirka 30°. Dette skyldes bølgeretning og lævirkning fra omgi-



vende landområder. De største signifikante bølgehøjder der forekommer, er af størrelsesordenen 0,7 meter, mens mere hyppigt forekommende bølger ikke er større end 0,5 meter. I station 4 og 5 er bølgeretningerne lidt mere spredt, og tilsvarende er de største bølgehøjder større. I station 4 er de største signifikante bølgehøjder omkring 0,9 meter, mens de i station 5 er omkring 1,1 meter.

For foden af det indlagte strandprofil er der ligeledes udtrukket bølgeroser, som vist i Figur 4.21. Det ses, at bølgehøjderne er reduceret yderligere, og at vinkelrummet for bølgenes udbredelsesretning er indsnævret (til $10^\circ - 20^\circ$) i forhold til bølgerne lidt længere ude i bugten. Disse forholds betydning for strandforholdene er beskrevet i afsnittet vedrørende sedimenttransport og strandforhold.



Figur 4.21 Bølgeroser visende fordelingen af den signifikante bølgehøjde og bølgeretning for station 6-8, de tre stationer beliggende ved foden af det indlagte strandprofil.



5 **BADEVANDSKVALITET**

Følgende afsnit vurderer badevandskvaliteten i Svanemøllebugten ud for den planlagte strand. Vurderingen er foretaget på baggrund af den etablerede lokale hydrodynamiske model samt modellering af E.coli bakterieudledninger tilført fra overløbsbygværkerne inde i Svanemøllebugten samt fra Gentofte Kommunes overløb nord for området. Endelig er de generelle udledninger fra Damhusåens Renseanlæg og Lynetten inkluderet i modelleringen.

5.1 **Formål**

Formålet med opsætningen af modellen er at danne sig et indtryk af, hvor kraftigt bugten er påvirket af spildevandsudledninger med fokus på E.coli bakterier, og hvor længe/hvor ofte forringelse af badevandskvaliteten vil føre til lukning af stranden og et eventuelt søbad. Endvidere kan modellen bruges til at udpege hvilke kilder, der har størst negativ indflydelse på badevandskvaliteten i Svanemøllebugten.

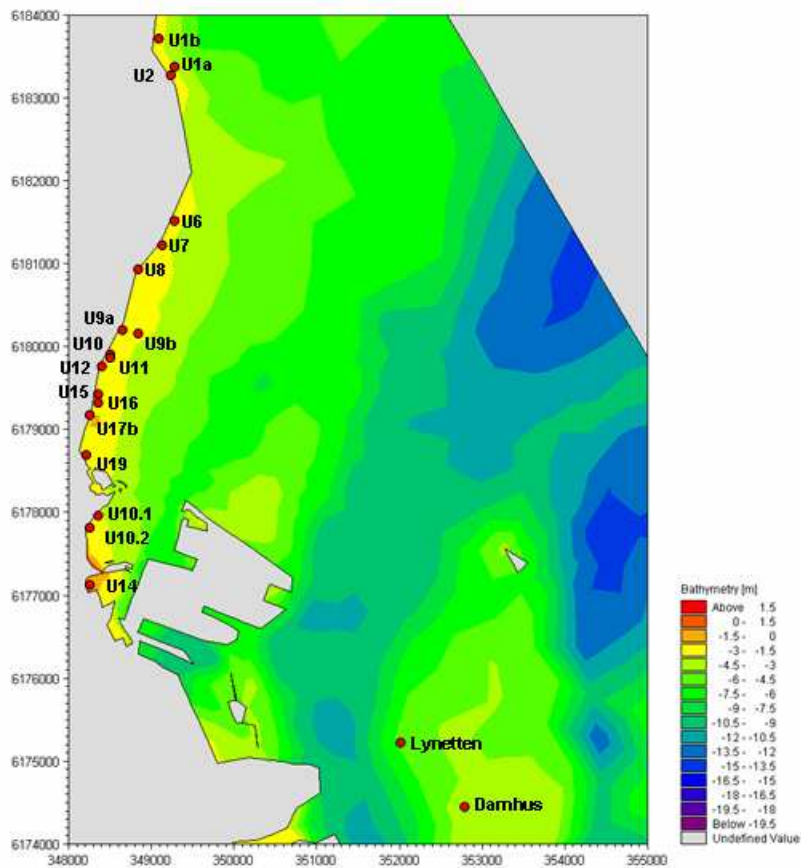
5.2 **Modelopsætning**

5.2.1 **Udledninger og overløb**

De vigtigste udledningskilder for spildevand af potentiel betydning for forholdene i Svanemøllebugten er inkluderet i badevandskvalitetsmodellen. Modellen inkluderer tyve bypass/overløb og to permanente udledninger fra Damhusåen- og Lynetten renseanlæg. Positionerne for de forskellige udløb er vist i Figur 5.1. Belastningskoncentrationerne for E.coli fra Damhusåen og Lynetten for henholdsvis rensed udledning og bypass er valgt på baggrund af /1/. For København og Gentofte Kommunes overløbsudledninger er valgt værdien fra Lynettefællesskabets overløbsbygværk ved Trekrøner i mangel af bedre information. De benyttede E.coli udledningskoncentrationer er sammenfattet i Tabel 5-1 for de forskellige udløb.

Tabel 5-1 Anvendte udledningskoncentrationer af E.coli angivet som E.coli pr. 100 ml.

<i>Udløb</i>	<i>Udledning fra renseanlæg</i>	<i>Overløb</i>
<i>Svanemøllebugten</i>		23 x 10 ⁶
<i>Damhusåens renseanlæg</i>	9 x 10 ³	9,8 x 10 ⁶
<i>Lynetten</i>	75 x 10 ³	23 x 10 ⁶
<i>Gentofte Kommune</i>		23 x 10 ⁶



Figur 5.1 Udledningspunkter for spildevand og E.coli bakterier. Udledningspunkterne U10.1, 10,2 og 14 er fra Københavns Kommune, mens resten er fra Gentofte Kommune.

Fra Københavns Kommune, KE, er oplyst følgende om udbygningen af renseforholdene til Svanemøllebugten.

Der indbygges ca. 27.000 m³ bassinvolumen i oplandet til Svanemøllebugten. Samtidigt er der anlagt et minirensesanlæg med filtrering og UV-desinfektion. Dette anlæg har en kapacitet på 500 l/s.

I forbindelse med dimensionering af bassin og rensesanlæg har kommunen gennemført en lang række MOUSE-beregninger. Når de ovenfor nævnte anlæg er færdige til badesæsonen 2007 vil overløbsfrekvensen for ubehandlet overløbsvand være reduceret til 2-3 gange pr. badesæson (5 gange pr. år), hvilket efter kommunens erfaring svarer til at kravet om 5% af tiden i badesæsonen kan overholdes i relation til aflastninger fra Københavns Kommune..

5.2.2 Anvendte tidsserier for spildevandsudledning

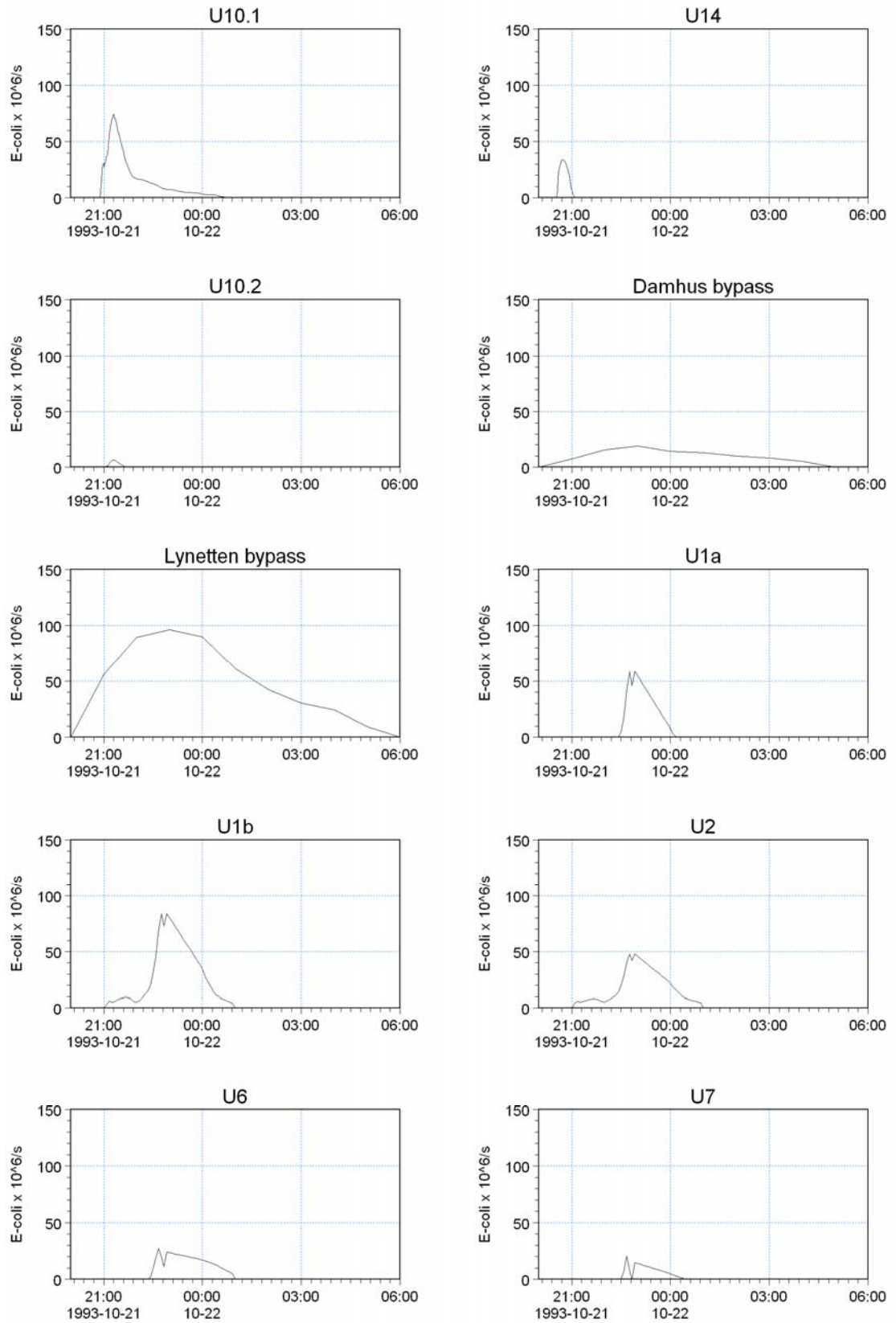
Til simulering af badevandskvalitet (E.coli) er der anvendt en række sammenhørende tidsserier af spildevandsudledninger fra de tyve udløb. Spildevandsudledningerne er baseret på en regnvejrshændelse fra den 24. maj 2003, hvor beregninger har vist en forventet returperiode på cirka et år for de lokale udløbsbygværker i Københavns Kommune (U10.1 og 10.2, samt U14.1). Valget er gjort i samarbejde med kommunen for at finde en repræsentativ hændelse, hvor der var en udledning stor nok til at få alle de viste bygværk aktiveret. Der er enkelte bygværker i Københavns Kommune inden for model-



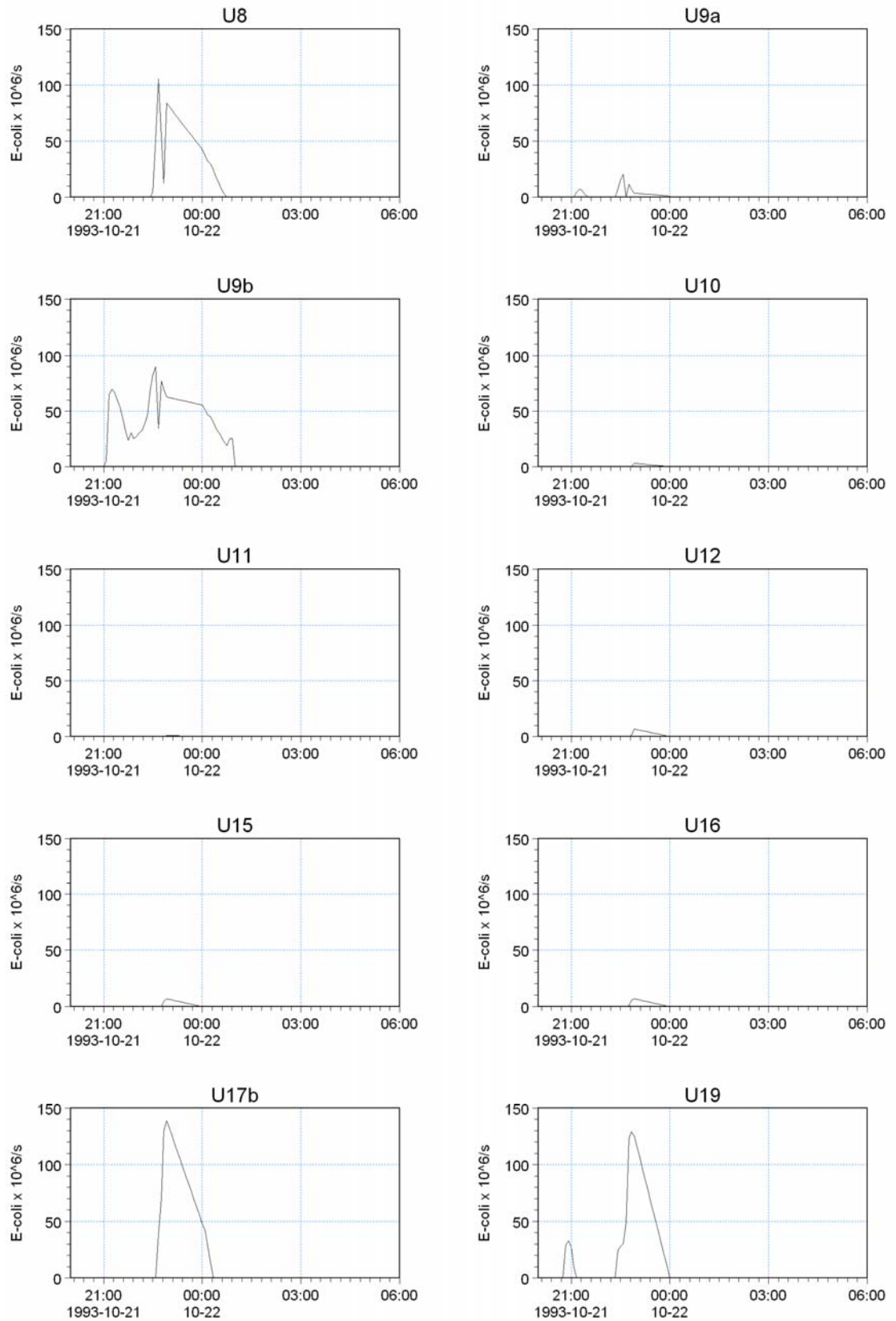
oplandet, som ikke er vist, da de træder så sjældent i kraft, at de i denne sammenhæng er uinteressante.

På baggrund af de formodede udløbskoncentrationer angivet i Tabel 5-1 er udledningsraterne af E.coli bakterier for de tyve udløb udregnet og plottet i Figur 5.2 og Figur 5.3. Det ses, at udløbene U17b og U19 lige nord for Svanemøllebugten har de højeste udledningsrater, mens Lynetten står for den største integrerede udledning. Udløbet U10.1 inde i Svanemøllebugten ses også at have en relativ høj udledningsrate.

For alle udledninger i Københavns Kommune er der anvendt værdier svarende til situationen efter en række omfattende udbygninger af overløbsbygværkerne, hvoraf de sidste forventes færdige i maj 2007. Disse forbedringer omfatter bl.a. rørlægning og udvidelse af bassinvoluminet af Lergravsparkens overløbsreservoir, hvilket forventes at nedsætte den gennemsnitlige samlede årlige aflastning til Svanemøllebugten/Svanemøllehavnen fra 100 – 200.000 m³/år til 35 – 40.000 m³/år. *De modellerede udledninger repræsenterer således de fremtidige forhold i Svanemøllebugten.*



Figur 5.2 Påtrykte udledningsintensiteter af E.coli i den hydrodynamiske model fra overløb i Svane-møllebugten, Damhusrenden, Lynetten og Gentofte Kommune.



Figur 5.3 Påtrykte udledningsintensiteter af E.coli i den hydrodynamiske model fra ti overløb i Gentofte Kommune.



5.2.3 Spredning og fortynding

Når der udledes urensset spildevand til Øresund fra et overløb, er der en række faktorer, som er afgørende for, hvorvidt hændelsen kan føre til uacceptabelt høje bakteriekoncentrationer ved den planlagte strand i Svanemøllebugten. De to mest betydende er strømforhold og udledningsmængder, men også spredning, fortynding og henfald (inaktivering) af bakterierne er vigtige. Strømforhold, spredning og fortynding er fysisk betinget, dvs. primært styret af hydrodynamikken, mens henfald er en biologisk proces.

5.2.4 Bakterie modellering

Udbredelse og nedbrydning af E.coli bakterier bestemmes ved at sammenkoble information fra den hydrodynamiske model med et procesmodul (ECO Lab), der beskriver hvordan bakterierne henfalder. Henfaldet af bakterierne er afhængigt af saltindhold, vandtemperatur og lyspåvirkning (solindstråling). Information om saltindhold og vandtemperatur kommer fra den hydrodynamiske model, mens solindstrålingen er påtrykt via en målt tidsserie fra sommeren 2005. Endvidere er der gjort en antagelse om sigt dybden (2 m), som har betydning for, hvor langt sollyset kan trænge ned i vandsøjlen. En sigt dybde på 2 meter svarer omtrent til det halve af standardværdien for en normal situation, men i forbindelse med overløb udledes der en mængde opløste organiske stoffer, som især har betydning for UV-A og B lys, de selvsamme kilder der har størst betydning for nedbrydningen af bakterierne. Antagelsen om en lavere indtrængende lysmængde resulterer i en mere konservativ beregning end hvis standardværdier på 4-6 meter for sigt dybden benyttes.

Tabel 5-2 Anvendte relationer for henfald af E.coli.

Henfaldsligning	$C = C_0 \cdot e^{-k \cdot t}$ $k = k_m + K_1 \cdot I_I$	<p>C: Aktuell koncentration [E.coli/100 ml]</p> <p>C₀: Initial koncentration [E.coli/100 ml]</p> <p>I_I: Aktuell lysindstråling i vandet [W·m²]</p> <p>t: tid [h]</p>
Mørke	$k_m = a_T \cdot (T + 10) - k_{m0}$	<p>T + 10: vandtemperatur i procesmodul [°C]</p> <p>a_T = 0,0024 [h⁻¹ · °C⁻¹]</p> <p>k_{m0} = 0,0083 [h⁻¹]</p>
Lys	$K_1 = \frac{b_T \cdot (T + 10) + K_{10}}{a \cdot S_m - (a - 1) \cdot S} S_m$	<p>T + 10: Vandtemperatur i procesmodul [°C]</p> <p>S: salinitet</p> <p>S_m = 34,5 [psu] reference salinitet</p> <p>a = 1,54</p> <p>b_T = 0,133·10⁻³ [m² · W⁻¹ · h⁻¹ · °C]</p> <p>k₁₀ = 2,124·10⁻³ [m² · W⁻¹ · h⁻¹]</p>

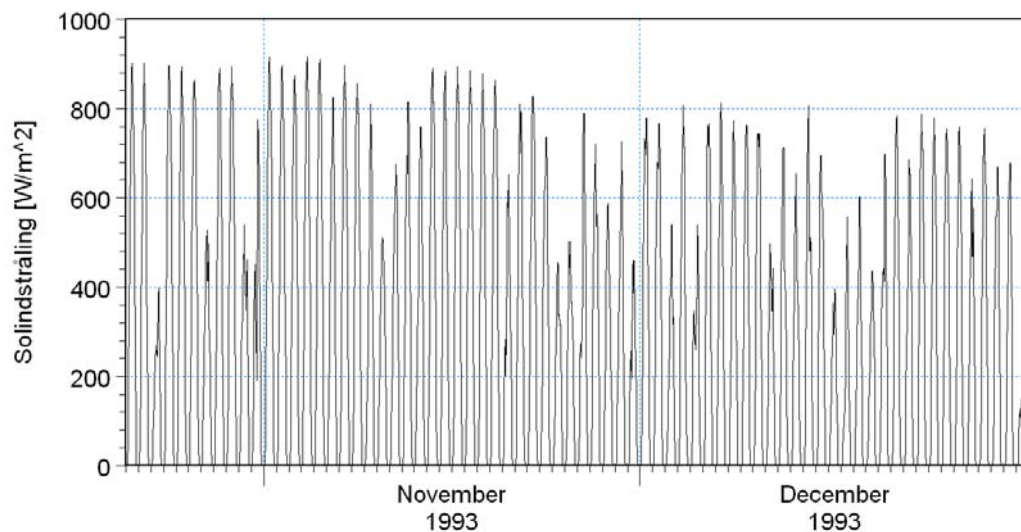


De benyttede henfaldsligninger er beskrevet i Tabel 5-2.

5.2.5 Solindstråling og vandtemperatur

Da den hydrodynamiske modellerede periode ligger udenfor badesæsonen, er temperaturerne i procesmodulet kunstigt forøget med 10 grader i forhold til temperaturerne i den hydrodynamiske model.

For solindstrålingen er der anvendt data fra badevandsæsonen i 2005, hvorefter disse er blevet tidsforskudt til 1993. Den påtrykte solindstråling er vist i Figur 5.4.



Figur 5.4 Påtrykt solindstråling anvendt for modelleringen af *E.coli* bakterier.

5.2.6 Modelscenarier

Grundlæggende er der kørt to modelscenarier. Et basis scenarium hvor alle spildevandskilder er medtaget og et afdækkende scenarium, hvor udledninger fra Lynetten og Damhus ikke er medtaget for bedre at kunne vurdere deres betydning for vandkvalitetsforholdene inde i Svanemøllebugten. De to scenarier er i det følgende betegnet:

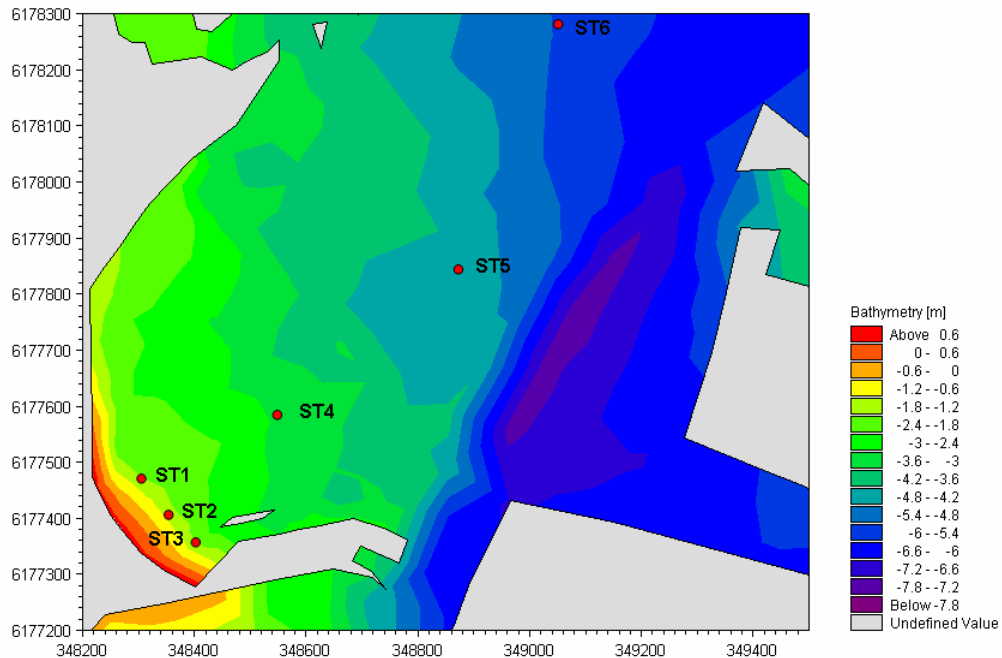
- **Scenarie 1:** Udledninger fra alle udløb vist i Figur 5.1
- **Scenarie 2:** Udledninger fra alle udløb minus Lynetten og Damhus

De to scenariosimuleringer benytter den i Kapitel 3 beskrevne hydrodynamiske model, således at spildevandsudledningerne optræder cyklisk hvert fjerde døgn gennem den modellerede periode på 72 døgn. Dette er naturligvis en ganske urealistisk hændelsesfrekvens og endda med den samme intensitet. Den anvendte regnhændelse var således en 1-års regn, men DHI har valgt de 18 gentagelser for bedre at kunne vurdere udbredelsesmønstret i Svanemøllebugten, da man må forvente, at de 18 hændelser vil ske under stort set alle kombinationer af vind- og strømretning. At dette også er tilfældet, ses af Figur 4.6 til Figur 4.9. Den cykliske periode på fire døgn er valgt for at sikre tilstrækkelig tid til henfald og nedbrydning af *E.coli* bakterierne, således at hver udledningshændelse ikke er influeret mærkbart af foregående hændelser. Alle udledninger af *E.coli* er påtrykt ved vandoverfladen i modellen.



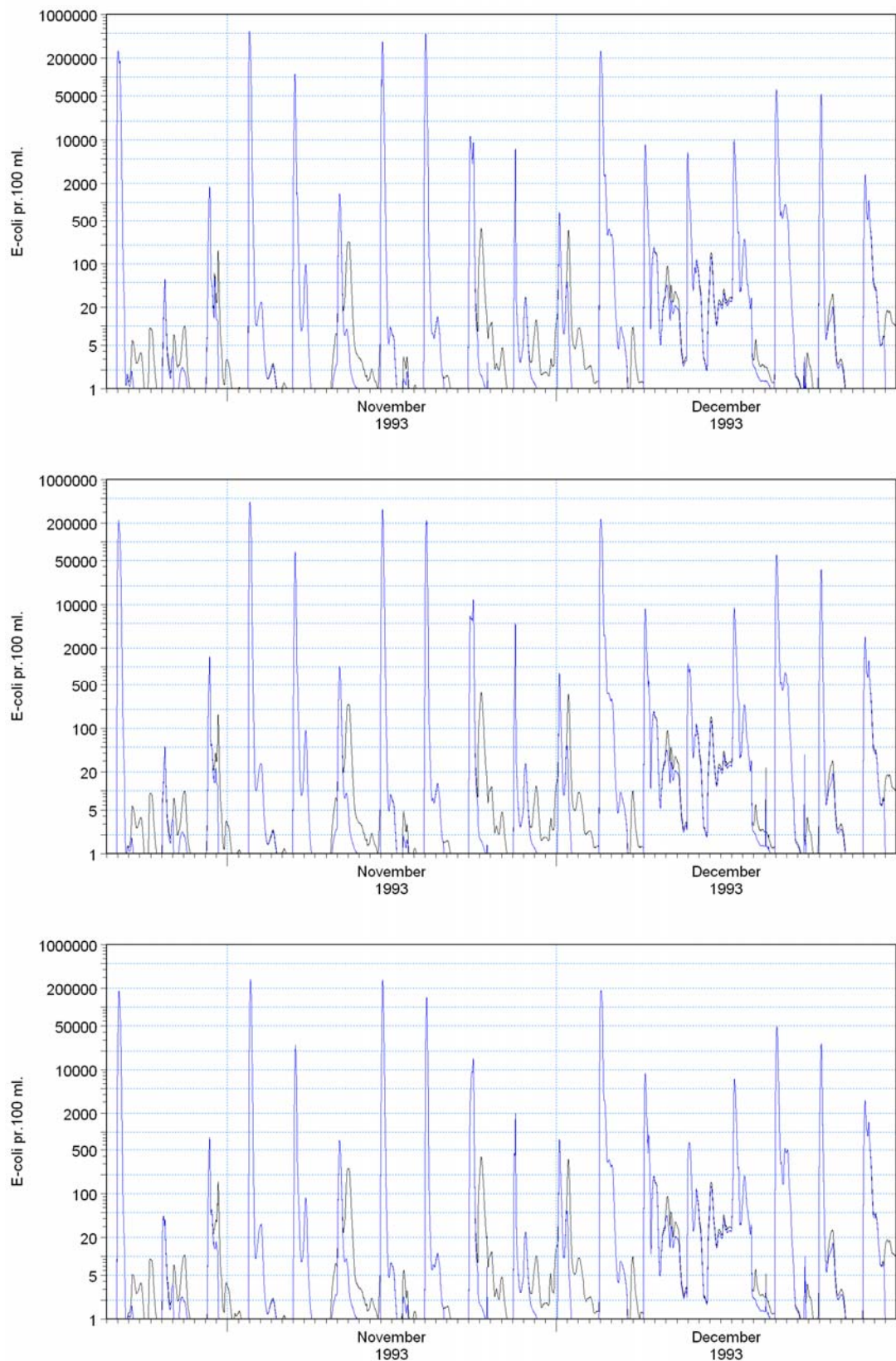
5.3 Resultater

For at kunne vurdere forholdene med hensyn til badevandskvalitet i Svanemøllebugten er der ekstraheret tidsserier fra seks stationer som vist i Figur 5.5. De tre af stationerne er placeret langs det indlagte strandprofil, mens de tre øvrige er beliggende ude i bugten.

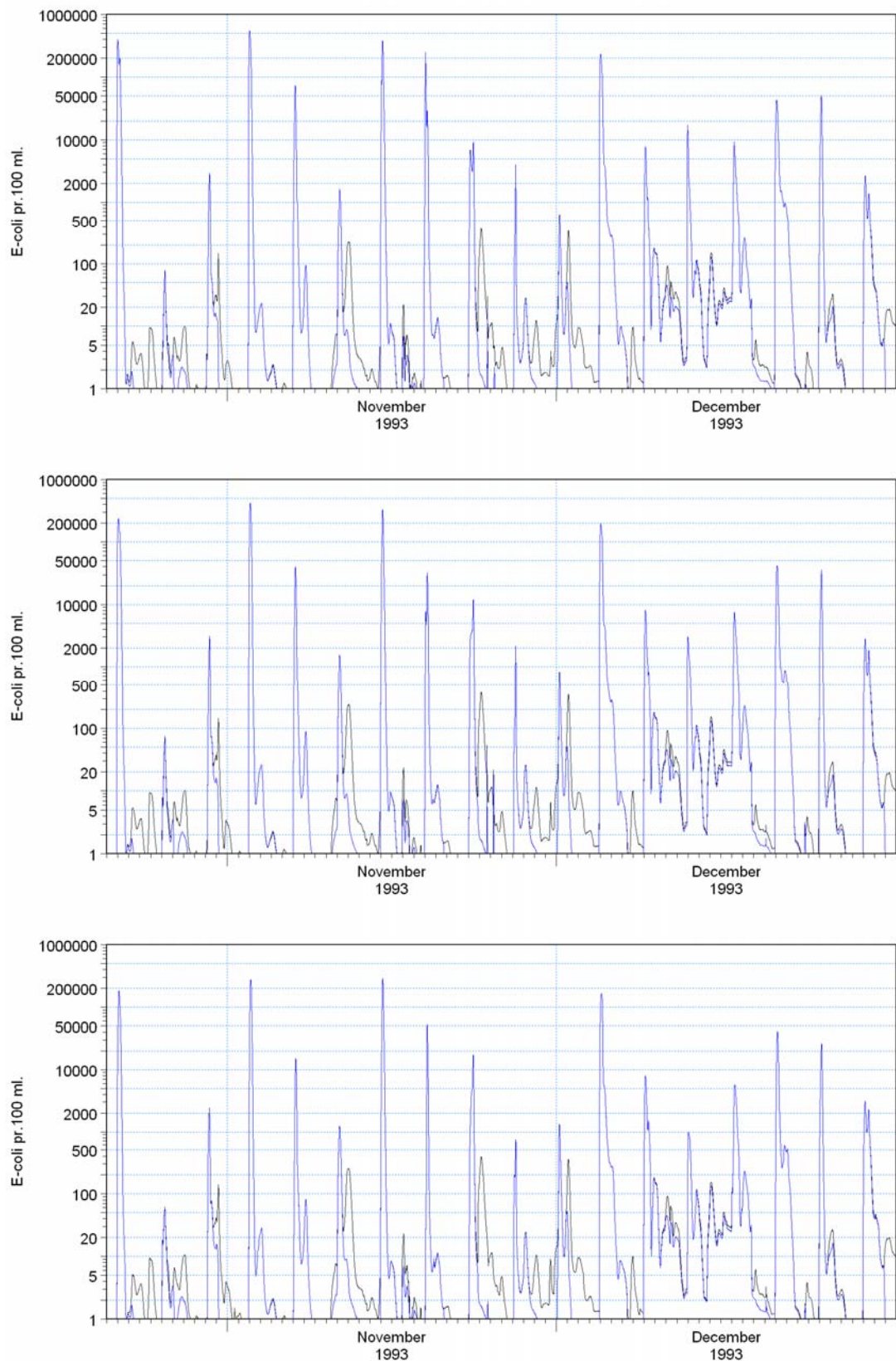


Figur 5.5 Positioner for udtrukne tidsserier for *E.coli* bakterie koncentrationer.

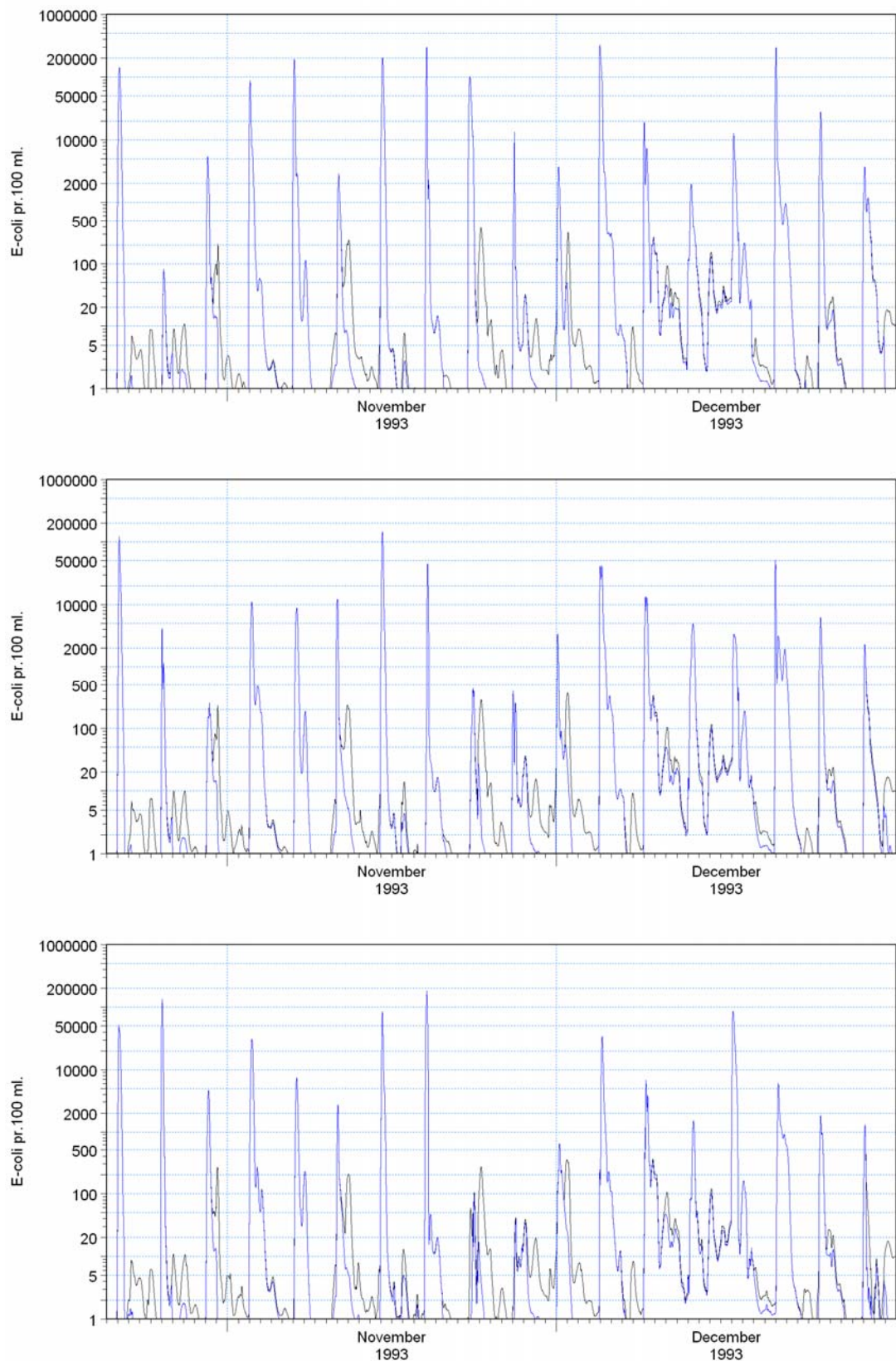
Tidsserierne er ekstraheret henholdsvis nær vandoverfladen og ved bunden i de seks stationer for begge scenarier. Resultatet er vist i Figur 5.6 til Figur 5.9 med brug af en logaritmisk skala for *E.coli* koncentrationen. Det ses, at den samme udledningshændelse kan have vidt forskellige konsekvenser for badevandskvaliteten i bugten. I de fleste tilfælde bliver den acceptable grænseværdi på 1000 *E.coli*/100 ml overskredet, men ikke hver gang. Ved at sammenholde den sorte (scenarium 1) og blå kurve (scenarium 2) ses det, at udledninger fra Lynetten og Damhus undertiden er ansvarlige for en tidsforskudt opvoksen af *E.coli* koncentrationer, men ikke i en sådan grad, at tærskelværdien på 1000 *E.coli*/100 ml. bliver overskredet.



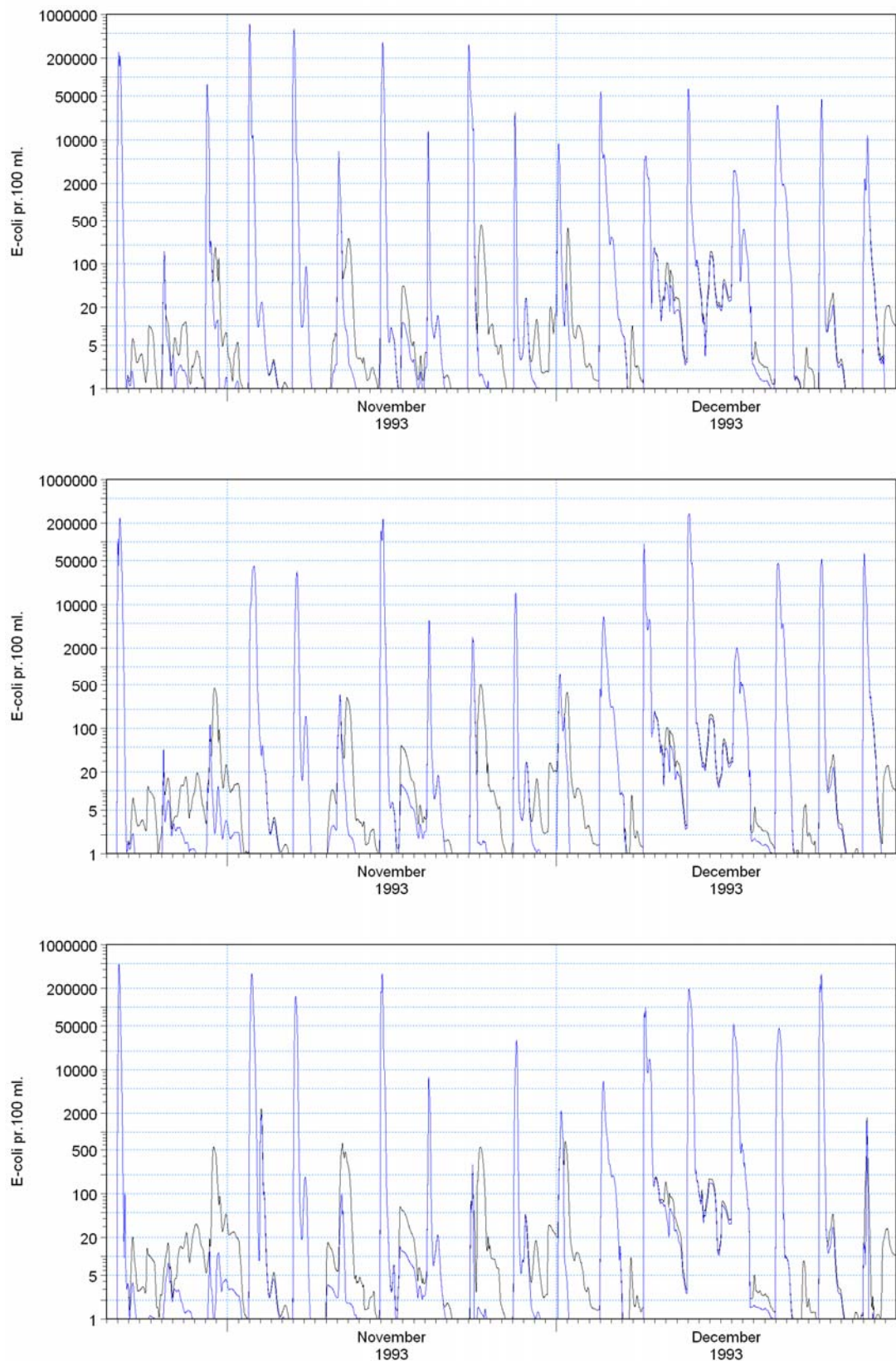
Figur 5.6 *E.coli* koncentrationer nær vandoverfladen i de tre udvalgte punkter langs det indlagte strandprofil. Øverst: ST1, midterst: ST2, nederst: ST3. Sort graf: Scenarium 1, blå graf: Scenarium 2. OBS. Modelperioden svarer til juni-juli.



Figur 5.7 *E.coli* koncentrationer nær bunden i de tre udvalgte punkter langs det indlagte strandprofil. Øverst: ST1, midterst: ST2, nederst: ST3. Sort graf: Scenarium 1, blå graf: Scenarium 2. OBS. Modelperioden svarer til juni-juli.



Figur 5.8 *E.coli* koncentrationer nær vandoverfladen i de tre udvalgte punkter ude i bugten. Øverst: ST4, midterst: ST5, nederst: ST6. Sort graf: Scenarium 1, blå graf: Scenarium 2. OBS. Mødelperioden svarer til juni-juli.



Figur 5.9 *E.coli* koncentrationer nær bunden i de tre udvalgte punkter ude i bugten. Øverst: ST4, mid-terst: ST5, nederst: ST6. Sort graf: Scenarium 1, blå graf: Scenarium 2.



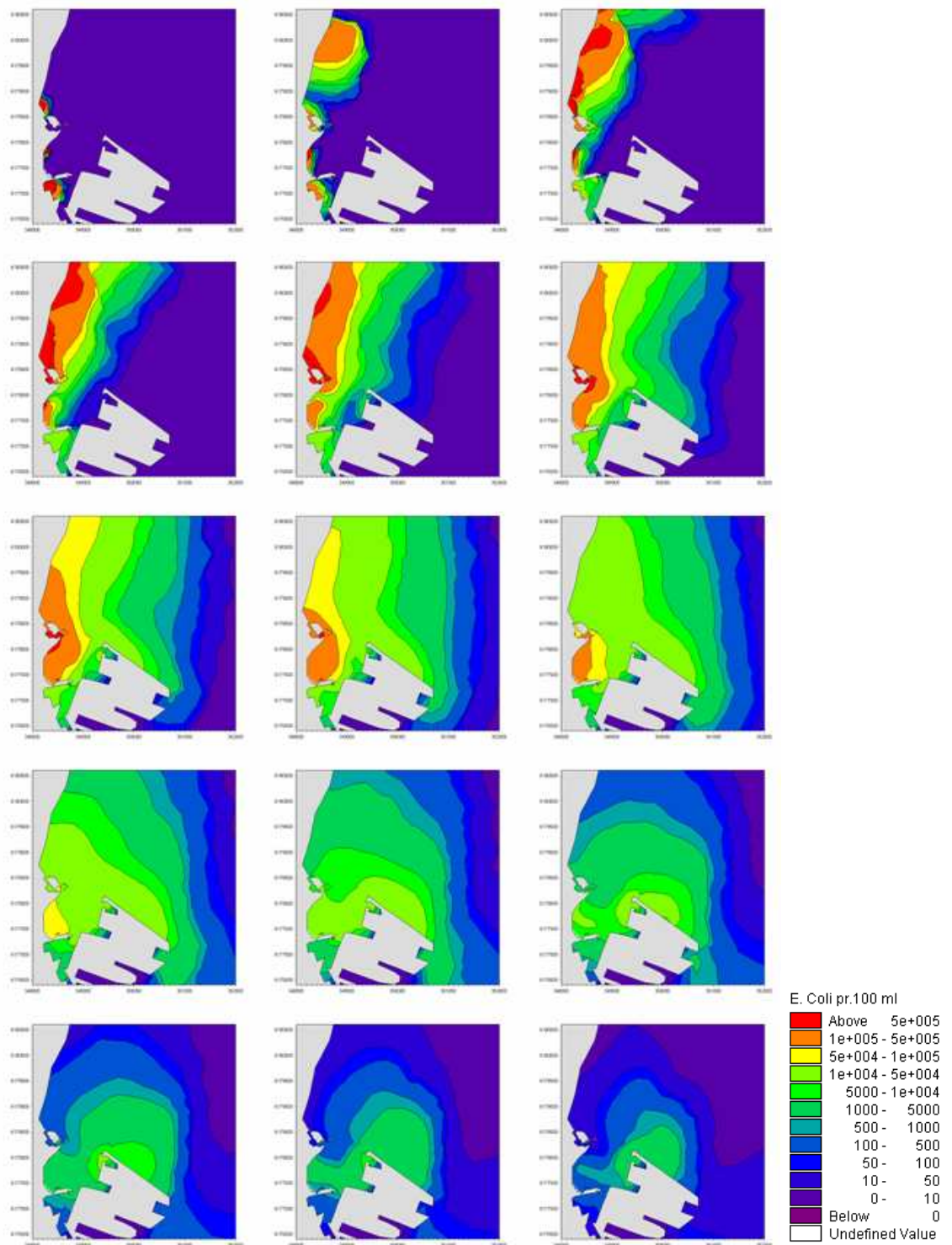
Den store variation i E.coli koncentrationer for den cykliske hændelse indikerer kraftigt, at strømforhold er en meget vigtig faktor for, hvor kraftigt badevandskvaliteten i Svanemøllebugten bliver påvirket ved overløbsudledninger. For at få en bedre forståelse af hvordan og hvorfor så stor variation kan optræde er der udtrukket en billedsekvens af E.coli koncentrationen for hver time for henholdsvis en ”kritisk” og en ”ikke-kritisk” hændelse.

Modellerede E.coli koncentrationer nær vandoverfladen relateret til den kritiske hændelse illustreret i Figur 5.10. Det ses, at strømforholdene er domineret af en sydgående kyststrøm, der trækker udledningen fra udløbene U10.1 og U10.2 ind i Svanemøllebugten over mod den planlagte strand. Samtidig ses det, at de to overløb U17b og U19 nord for Tuborg Havn med de højeste udledningsintensitetsrater bliver trukket mod syd ned i Svanemøllebugten, hvor store mængder af E.coli forbliver fanget, indtil det gradvist henfalder til under den kritiske tærskelværdi på 1000 E.coli/100 ml. efter cirka 15 timer.

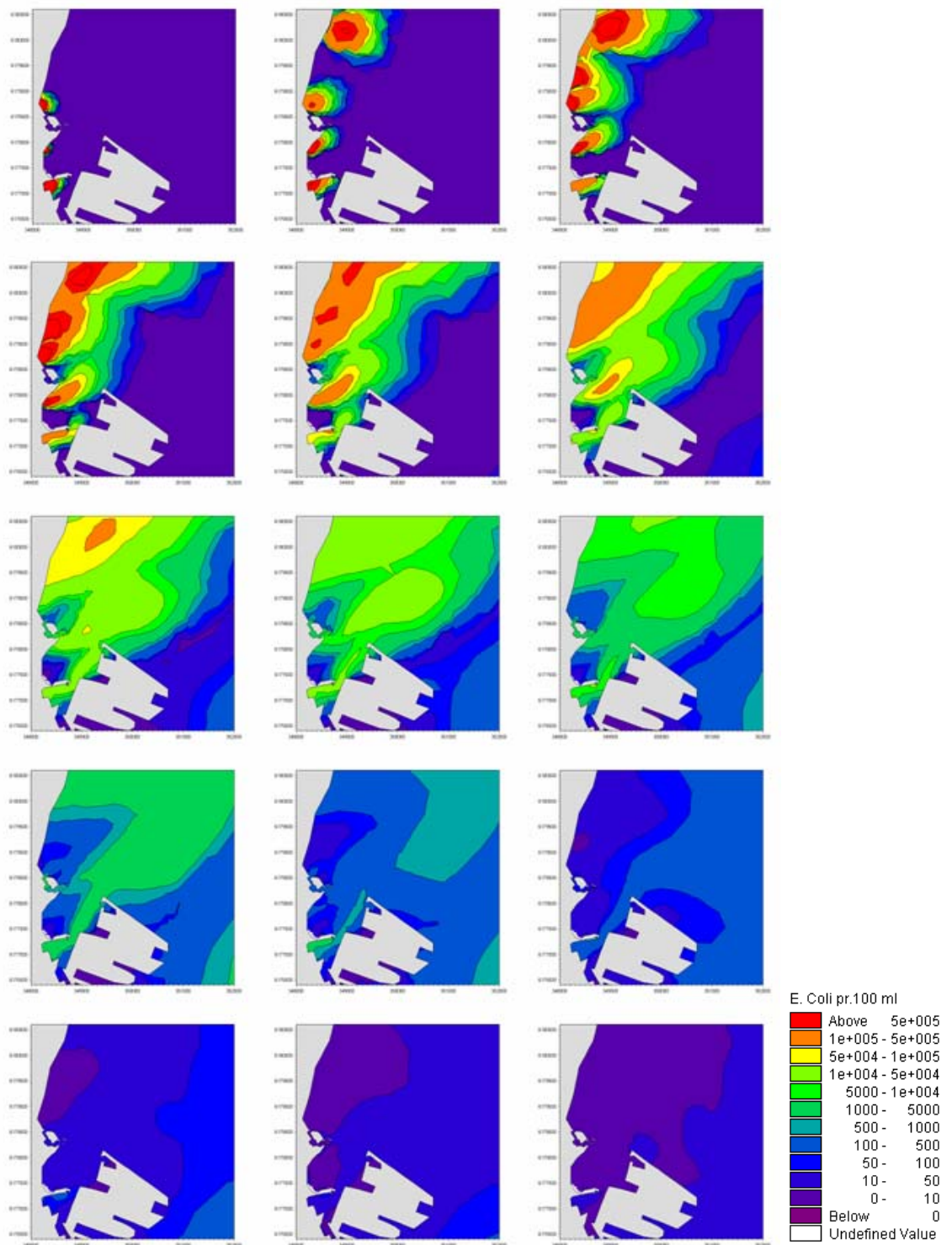
Tilsvarende er der i Figur 5.11 vist en billedsekvens af modellerede E.coli koncentrationer nær vandoverfladen for en hændelse domineret af en nordgående kyststrøm, der trækker udledningen fra udløbene U17b og U19 væk fra Svanemøllebugten. Udledninger fra udløbene U10.1 og U10.2 løber ligeledes mod nordøst væk fra den planlagte strand. Endelig løber udledningen fra U14 ud af bugten via sejlrenden uden at spredes ind mod området med den planlagte strand. En hændelse af denne type ses derfor at være ”ikke-kritisk”, idet der skabes en lomme ud for den planlagte strand, hvor E.coli koncentrationerne forbliver lave og ikke på noget tidspunkt overskrider den nuværende grænseværdi på 1000 e.coli/100 ml. eller den fremtidige på 500 E.coli/100 ml.

For bedre at kunne se variationen mellem de cykliske hændelser er de ekstraherede tids-serier for de seks stationer nær overfladen (vist i Figur 5.6 og Figur 5.8) plottet i det samme tidsvindue i henholdsvis Figur 5.12 og Figur 5.13 for scenarium 1. Tidsvinduerne er plottet med både en lineær akse og en logaritmisk akse. Endvidere er en midlet hændelse baseret på de 18 cykliske hændelser plottet med en fed rød linie.

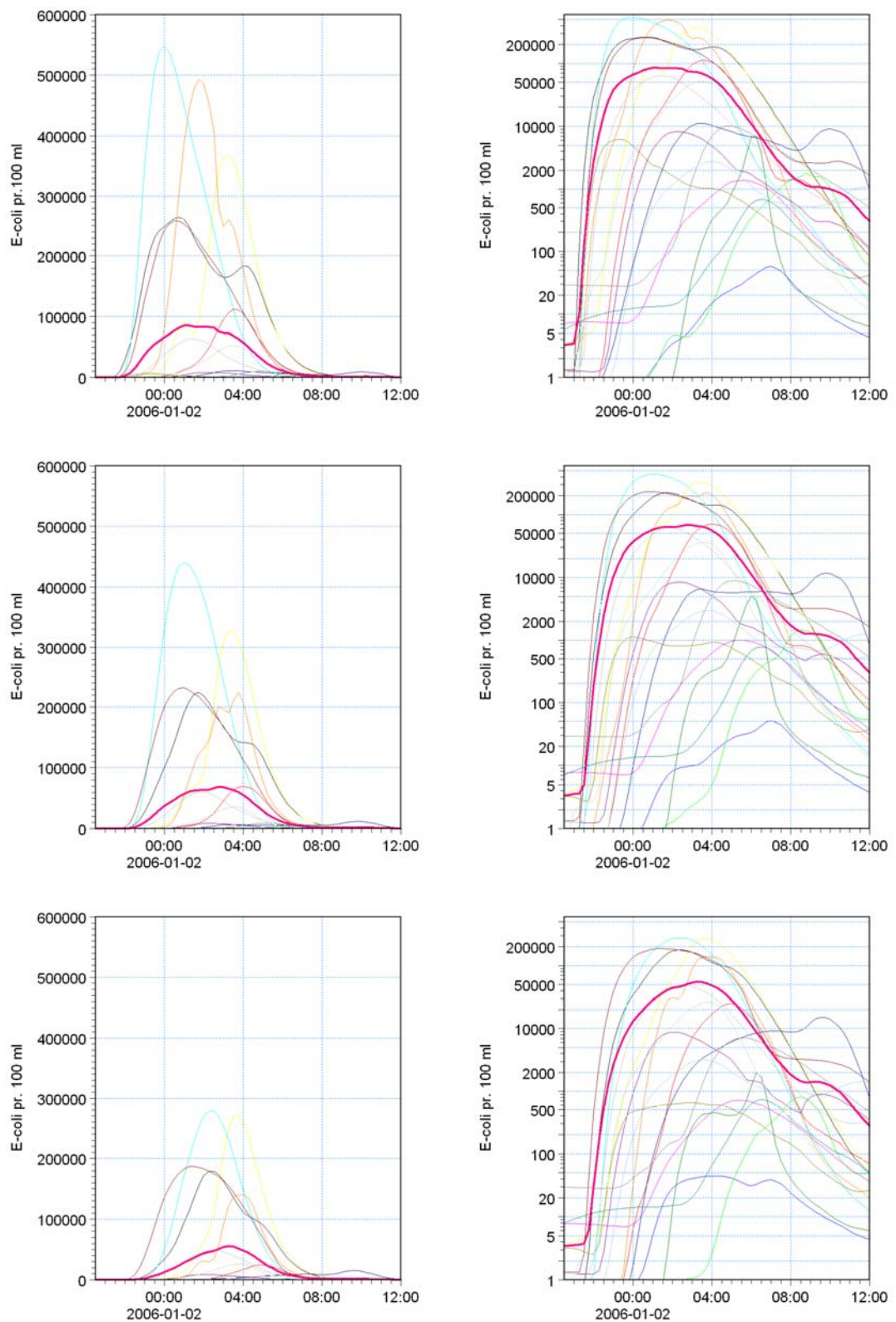
For de 18 udledningshændelser er der lavet en statistik, som angiver frekvensen af overskridelser, middelperioden for grænseværdi overskridelse og den tilhørende spredning. Resultaterne er præsenteret i Tabel 5-3 for grænseværdierne 1000 E.coli/100 ml. og i Tabel 4-1 for 500 E.coli/100 ml.



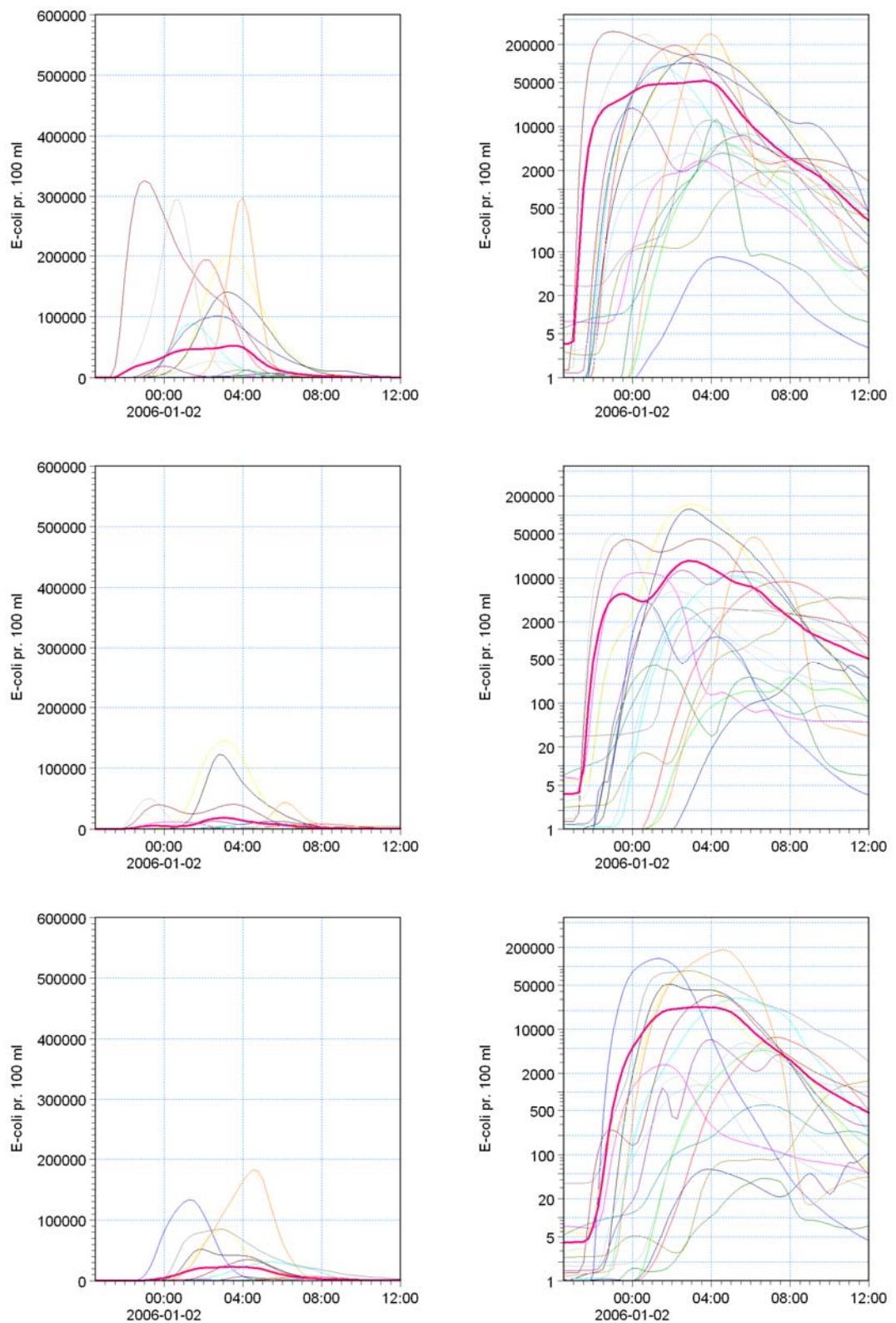
Figur 5.10 Billedsekvens visende udbredelse af *E.coli* koncentrationer i Svanebøllebugten under kritiske forhold. Tidsgabet mellem billederne er en time.



Figur 5.11 Billedsekvens visende udbredelse af *E.coli* koncentrationer i Svanemøllebugten under gunstige forhold. Tidsgabet mellem billederne er en time.



Figur 5.12 Tidsvinduer af *E.coli* bakterie koncentrationer for de 18 spildevandsudledninger i stationerne 1-3. Til venstre plot med lineær skala. Til højre plot med logaritmisk skala. Den fede røde kurve repræsenterer en midling af de 18 hændelser.



Figur 5.13 Tidsvinduer af *E.coli* bakterie koncentrationer for de 18 spildevandsudledninger i stationerne 4-6. Til venstre plot med lineær skala. Til højre plot med logaritmisk skala. Den fede røde kurve repræsenterer en midling af de 18 hændelser.



Tabel 5-3 Statistik for de cykliske udledninger baseret på grænseværdien 1000 E.coli/100ml.

<i>Lokalitet</i>	<i>Antal overskridelser</i>	<i>Middelperiode for overskridelser [min]</i>	<i>Spredning [min]</i>
<i>ST1</i>	16 ud af 18	504	223
<i>ST2</i>	16 ud af 18	446	260
<i>ST3</i>	13 ud af 18	508	194
<i>ST4</i>	17 ud af 18	552	221
<i>ST5</i>	15 ud af 18	469	202
<i>ST6</i>	15 ud af 18	431	186

Tabel 5-4 Statistik for de cykliske udledninger baseret på grænseværdien 500 E.coli/100ml.

<i>Lokalitet</i>	<i>Antal overskridelser</i>	<i>Middelperiode for overskridelser [min]</i>	<i>Spredning [min]</i>
<i>ST1</i>	17 ud af 18	605	373
<i>ST2</i>	17 ud af 18	583	375
<i>ST3</i>	17 ud af 18	536	381
<i>ST4</i>	17 ud af 18	681	336
<i>ST5</i>	15 ud af 18	599	356
<i>ST6</i>	16 ud af 18	534	287

5.4 Diskussion

Modelleringerne af bakterieforholdene i Svanemøllebugten viser, at forholdene er fuldstændig afhængige af de aktuelle strømforhold, og at en udledning under en sydgående strøm vil medføre høje koncentrationer af bakterier i bugten, mens en udledning under nordgående strøm stort set vil medføre, at man vil kunne bade på den nye strand, da alle de lokale udledninger går uden om stranden. Men så sort-hvidt er billedet ikke. Sker der en udledning under nordgående strøm, og strømmen vender, vil der alligevel bringes høje mængder bakterier ind i Svanemøllebugten. Henfaldstiden/fortyndingen gør dog, at den samlede tid, hvor der er uacceptable bakteriekoncentrationer, er relativt kort. Jævnfør Tabel 5-3 og Tabel 5-4 (hhv. E.coli på 1000 og 500/100 ml) ser man, at der ved de kystnære beregningspunkter, stationerne 1-3 er max 508 eller 605 minutter med overskridelse, svarende til 8-10 timer. Længere ude på stationerne 4-6 er der lidt længere perioder med uacceptable forhold på op til 681 minutter (ca. 11,5 timer). Samlet peger det



på, at badeområdet bør være lukket i 24 timer efter en hændelse for at være på den sikre side. Det skal dog igen nævnes, at der i modelsammenhæng har været regnet på en hændelse, der for et at de større bygværker i Københavns Kommune svarer til en 1-års hændelse. Derfor vil mindre udledninger kunne forekomme i løbet af en badesæson, men overløbsfrekvensen for udløbene til Svanemøllen er nede på 2-4 gange pr. år.

Københavns Kommune har arbejdet med at nedbringe antallet af aflastninger på de bygværker, der afleder enten til Kalkbrænderihavnen eller Svanemøllebugten, og der er således tale om ganske få udledninger pr. år. Ganske vist kommer der oftest store og intensive regnskyl inden for badesæsonen, så statistisk set kan alle årets udledninger komme inden for badesæsonen. Modelberegningerne viser, at selv om kommunen lukker samtlige udledninger, vil der fortsat ske forurening fra udledningerne i Gentofte Kommune, som under sydgående strømretninger vil bringe koncentrationerne op på uacceptable koncentrationer. Af Figur 5.10 fremgår det, at koncentrationerne fra udløbene i den sydlige del af Gentofte tilsyneladende giver de højeste koncentrationer (U17 og U19). En gennemgang af overløbshyppighed og max. udledning fra bygværkerne i Gentofte for perioden 30. april 2003 til 8. august 2005 er samlet i nedenstående tabel.

Tabel 5-5 Oversigt over udløb i Gentofte Kommune i perioden 30. april 2003 til 8. august 2005.

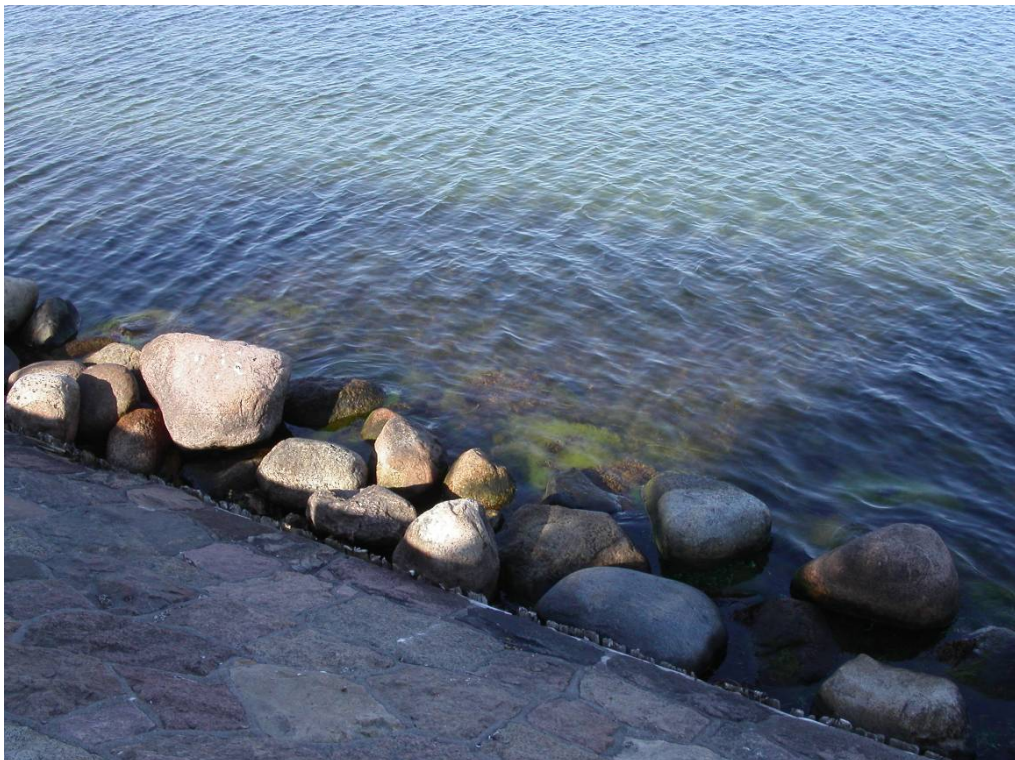
U-nr.	Navn	Antal aflastninger	Max flow m ³ /s
U1a	Bellevue inde	11	2,54
U1b	Bellevue ude	17	3,65
U2	Emiliekildevej	19	2,07
U6	Skovshovedvej	16	1,26
U7	Øresundshøj	8	1,01
U8	Charlottenlund	12	5,08
U9a	Constantia inde	16	1,35
U9b	Constantia ude	21	4,51
U10	Sundsvænget	4	2,06
U11	Sigurdsvej	4	0,48
U12	Annasvej	4	1,39
U15	Hambroes Allé	6	0,42
U16	A.N Hansensvej	7	0,34
U17	Lemchesvej	12	6,17
U19	Marievej	16	5,86

Som også påpeget tidligere i rapporten er det vigtigt at holde sig for øje, at samtlige udledninger og modelleringer er baseret på nogle standardbelastninger af E.Coli. Derfor bør der ikke drages for faste konklusioner, før der foreligger konkrete målinger for de enkelte bygværker.



6 TANGFORHOLD

Med henblik at vurdere risikoen for ophobning af tang (makroalger og løsrevet ålegræs) i Svanemøllebugten er der gennemført nogle modelberegninger. Desuden er der gennemført inspektioner af kystområdet den 27. juli, 13. august og 22. august. Inspektionen den 27. juli viste vækstområder af blæretang og ålegræs tæt ved land, men der var ingen tegn på større ophobning af løsrevet tang langs kysten. Vækst af makroalger er normalt knyttet til en stenet bund, medens vækst af ålegræs primært kun forekommer i områder med sand. Disse forhold blev konstateret i forbindelse med prøvetagning af sedimenter.



Figur 6.1 Billede fra kystsikringen 27-07-2006. Der er ingen ophobning af tang, hverken på forside eller bagside af stenkastningen. Der ses vækst af trådalger og blæretang på stenene.

Inspektionen den 13. august gav et noget andet billede af tangforholdene i bunden af bugten ved Svaneknoppen. En større ophobning af overfladetang med mere befandt sig udfør den lodrette spunsvæg som er etableret i den inderste del af bugten, se foto i Figur 6.2. Vinden var jævn fra nordøst.

Ved inspektionen den 22. august, hvor der var en svag vestenvind, blev der kun konstateret meget beskedne tangforekomster, hvilket indikerer, at den nuværende udformning er i stand til at frigive tangen, når vind og overfladestrøm er rettet væk fra hjørnet af bugten. Det skal bemærkes at der ikke er opsamlet tang i den mellemliggende periode. Etablering af et strandprofil i stedet for den vertikale ledevæg må forventes at binde en større del af tangen, idet noget af denne vil skylle op på stranden og blive liggende som tangvolde. Dette fænomen er naturligt langs Øresunds strande. Det forekommer hyppigst i eftersommeren. Den opskyllede tang forventes ikke at give nævneværdige lugtgener, da det udtørres. Strandvoldene forsvinder normalt af sig selv igen under efterårets



vestenstorme, hvor højvande og fralandsvind medfører, at tangvoldene opløses og driver til havs. Hvis det ikke kan accepteres, at der forekommer sådanne tangvolde, som kan ligge der i flere måneder, kan det blive nødvendigt med løbende oprensning af stranden.

I øjeblikket markeres en vandskibane af en række flydespærringer i bugten, som kan have en vis beskyttende effekt mod udefra kommende løsrevet ålegræs, som flyder i overfladen. Ved besøget den 22. august blev der konstateret en større ophobning af ålegræs langs en flydespærre og nær kystsikringen i det nordvestlige hjørne af Svane-møllebugten (nær overløbet U10.2). De identificerede flydespærrer (hvis formål er uklart) består af et tov med en række flydere, der fastholder tovet i vandoverfladen. Såfremt opskyl af tang skulle blive et større problem, kunne man overveje at installere egentlige flydespærringer til at holde overfladetang væk fra strandområdet. En sådan flydespærre kunne også tjene til adskillelse af badeområder og sejladsområder, men der må påregnes en vis vedligeholdelse af sådan en installation, og dens virkning er ikke dokumenteret.



Figur 6.2 Billede taget fra Svane knoppen 13-08-2006. Der ses en større ophobning af tang (hovedsagelig løsrevet ålegræs) og strandskarn i det sydvestlige hjørne af Svane møllebugten (området for den planlagte strand). Vandet er desuden helt grønt grundet forekomst af blågrønner, som dog ikke er specielt knyttet til Svane møllebugten.



6.1 Nuværende tangbelastning

Den inderste del af Svanemøllebugten er udformet med en lodret spunsvæg for at hindre at tang aflejres permanent i området og for at lette eventuel oprensning. Dette virker nogenlunde efter hensigten, idet ålegræs/tang, som periodevis aflejres i vandet foran spunsen, i de fleste tilfælde flyder bort igen, jævnfør tidligere beskrivelse. Hvis der imidlertid forekommer aflejringer i badesæsonen og tangen begynder at lugte, så fjerner Københavns Havn tangen vha. en lastbil med grab. Den indsamlede tangmængde køres til deponering, hvor det ligger og tørrer indtil det kan køres til forbrænding.

I 2005 kostede det 271 kr./tons til forbrænding svarende til cirka 60.000 kr. i 2005 plus udgifter til vognmand etc.

Nedenfor er opgivet de indsamlede tangmængder for de tre forgående år, angivet som vægt efter tørring.

- 2003: 332,79 tons
- 2004: 98,49 tons
- 2005: 218,70 tons

Af ovenstående ses at mængden af tang kan variere en del fra år til år. Det skal bemærkes at tangen indsamles uden hensyntagen til om vind og strømforhold vil kunne føre akkumulerede tangmængder væk fra området.

6.2 Basis beskrivelser

I de følgende to underafsnit er der givet en kort beskrivelse af karakteristika for ålegræs, makroalger og fedtmøg i Øresund.

6.2.1 Ålegræs

Ålegræs (*Zostera marina*) er den dominerende vegetationstype i Svanemøllebugten og store dele af de kystnære områder i Øresund. Ålegræs er en rodfæstet, flerårig blomsterplante, som vokser i sedimentet i kystzonen (på sandbund). Spredningen af ålegræs foregår overvejende ved en vegetativ vækst, men kan også foregå ved frøspiring.

Planten består af korte oprette skud, som udgår fra en vandret jordstængel (rhizom), der forplanter sig i den øverste del af sedimentet. Hvert skud har 4-6 blade, som holdes oppe i vandsøjlen ved opdrift, idet bladernes massefylde er mindre end vands. Nye blade dannes hele året, men med størst frekvens om sommeren, hvor bladene også bliver længere end om vinteren. De ældste blade afkastes i takt med, at der dannes nye blade. Biomassen af ålegræs er maksimal i august, hvorefter biomassen reduceres kraftigt som følge af et stort bladtab. De afkastede blade samles på overfladen. I august og september kan der ofte dannes store drivende øer af ålegræsblade, som transporteres med vind og strøm, og som kan føres ind på strandene.

I Øresund vokser der typisk ålegræs på 1-6 meters dybde, og biomassen er oftest størst på 2-4 meters dybde. Ålegræssets udbredelse i forhold til kysten kan påvirkes af bølger og de tilhørende transportprocesser, ligesom ekstreme temperaturer både sommer og



vinter kan være en begrænsende faktor. Desuden kan udbredelsen og tætheden af ålegræs påvirkes af eutrofieringsbetingede epifytiske alger og akkumulering af løstliggende algemåtter omkring planterne. På lavt vand kan ålegræs ædes af svaner.

6.2.2 Makroalger og fedtmøg

I modsætning til ålegræs vokser makroalger normalt på et fast substrat af sten, skaller eller andre alger (epifyter). Eutrofieringsbetingede enårige brune trådalger (fedtmøg), som er et potentielt forureningsproblem i Øresund, kan vokse i løs tilstand. Væksten af trådalger starter om foråret på et fast substrat, og arterne (*Ectocarpus sp.* / *Pilayella sp.*) kan i løsrevet stand spredes med vind og strøm. Biomassen af trådalger øges kraftigt i løbet af maj og kulminerer i juni og juli, hvorefter algerne henfalder i løbet af august og september.

Trådalger som driver i vandet, kan fanges af ålegræsbeltet og omslynge bladene som en slags pseudoepifyter. Desuden kan den nedsatte strømhastighed i ålegræsbeltet fremme akkumuleringen af trådalger på sandpletterne mellem planterne. Herved kan der dannes tykke algetæpper, som forrådner på undersiden og kvæler bunddyrene. De iltfattige forhold under algerne og udviklingen af svovlbrinte i den øverste del af sedimentet kan skade ålegræsset. Desuden kan trådalgerne akkumuleres i læ af moler og på lavt vand langs strandene, hvor algerne går i forrådnelse og giver anledning til lugtgener og uæstetiske forhold.

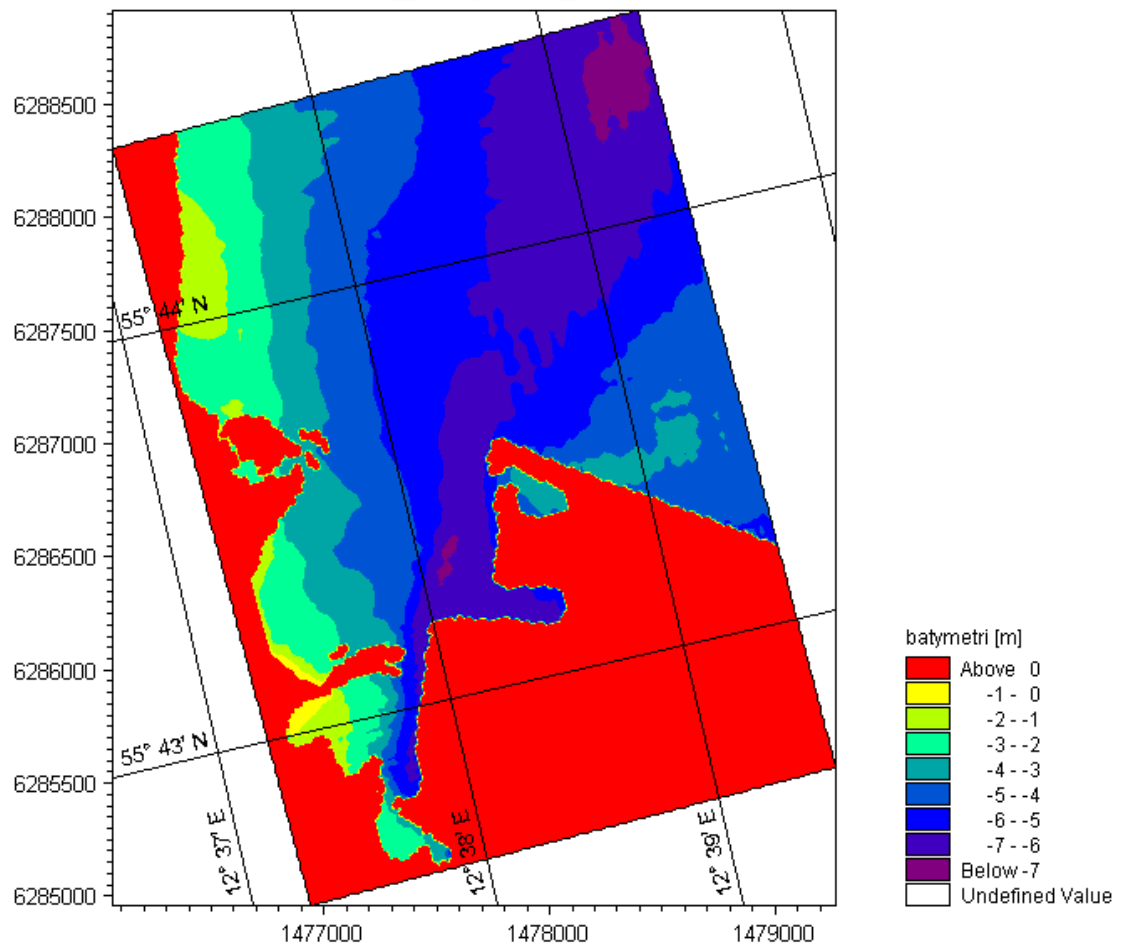
6.3 Modelopsætninger

Tangproblemer langs en anlagt strand i bunden af Svanemøllebugten vil enten være årsaget af lokalt genereret overfladetang eller i overfladen drivende løsrevet ålegræs, som i eftersommeren ofte forekommer som omkringdrivende ålegræs-øer i Øresund. En kvantificering af omfanget er ikke muligt at angive på baggrund af det nuværende videngrundlag, men det kan konstateres, at der er udbredte områder bevokset med ålegræs i nærområdet, og der er gode betingelser for opvækst af makroalger. Der er derfor lagt vægt på at frembringe en mere kvalitativ beskrivelse af tangfordelingsmønstre inde i Svanemøllebugten, da de i sidste ende er styret af vind og strømforhold.

Tangmodelleringen er foretaget ved hjælp af en ”partikel model” der på baggrund af strømhastigheder ved vandoverfladen og vindpåvirkningen flytter og følger tangpartiklernes spor og eventuelle akkumulering. Til at drive transporten af frigivne tangpartikler er der blevet etableret en lokal ikke-hydrostatisk MIKE 3 model for området.

6.3.1 Lokal hydrodynamisk model

DHI's partikel model understøtter på nuværende tidspunkt kun modelopsætninger baseret på Kartesiske beregningsnet. Det har derfor været nødvendigt at etablere en lokal MIKE 3 model for Svanemøllebugten og området nord herfor. Der er valgt en horisontal opløsning på 20 x 20 meter og x 1 meter vertikalt for at sikre en tilstrækkelig detaljeringsgrad af strømforhold i bugten. Dybdeforholdene i modellen er vist i Figur 6.3.



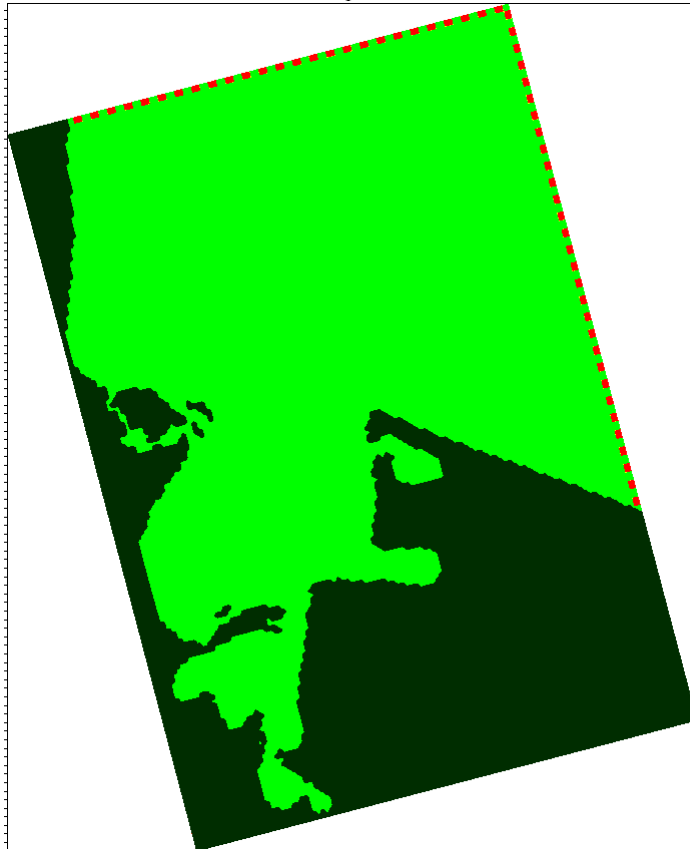
Figur 6.3 Modelbathymetri for den hydrodynamiske model.

Til at drive modellen er der udtrukket information om vandstande, salt og temperatur langs linier svarende til de to åbne rande fra den hydrodynamiske model med det fleksible beregningsnet beskrevet i Afsnit 3.2.2 Lokal model, samt påtrykt en vindforskydningsspænding på vandoverfladen.

Modelparametre for den lokale model er valgt i overensstemmelse med de tidligere hydrodynamiske modelopsætninger, på nær hvirvelviskositeten som er blevet øget for at forebygge modelinstabiliteter.

6.3.2 Partikel model til modellering af tang

I partikel modellen som er baseret på en Lagrange beskrivelse (fysikken beskrives ved at følge de enkelte partikler) i modsætning til de øvrige modeller, som alle er Eulerske (fysikken beskrives i faste beregningspunkter), kan man definere et antal kilder (tangpartikler) som frigives for hvert beregningstidskridt. Den enkelte partikel følges og flyttes herefter på baggrund af strømningsfeltet beregnet med den lokale hydrodynamiske model samt effekten fra horisontal og vertikal dispersion. I modellen er dispersion inkluderet ved hjælp af en "random walk" procedure.



Figur 6.4 Tangopvækst fødes kontinuert i modellen fra 56 kilder placeret langs de to åbne rande..

Løsrevet ålegræs og overfladetang flyder og transporteres i vandoverfladen. For at sikre at partiklerne altid forbliver ved overfladen i modellen, er der gjort følgende:

- Strømningsfeltet er beregnet af en tredimensional model, således at den vertikale hastighedsfordeling er opløst (største hastigheder optræder som regel ved overfladen på grund af vindpåvirkning).
- Partiklerne modelleres som en første ordens sedimentationsproces.
- Nye tangpartikler placeres altid i vandoverfladen.
- Den vertikale dispersion er slået fra (dispersionskoefficienten er sat til nul).
- Tangpartiklernes faldhastighed er sat til nul.

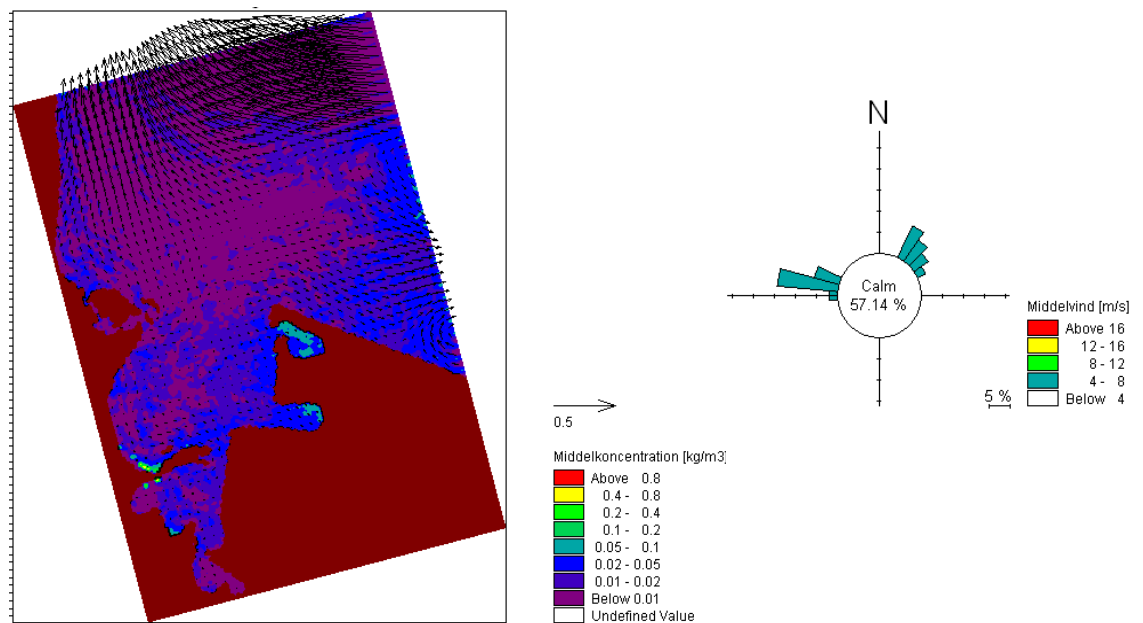
Hvor meget, hvornår og hvor ålegræsset bliver frigivet er ikke muligt at modellere eksakt, men ved at placere en række kontinuerte kilder langs de åbne rande i modellen (vist med rødt i Figur 6.4) kan man finde nogle typiske trends for tangforholdene. Modellen er blevet specificeret, således at der frigives en tangpartikel med en levetid på et døgn hvert halve minut i hver af de 56 kilder over en periode på 72 døgn. Levetiden på 24 timer er benyttet for at sikre en begrænsning af det maksimale antal partikler i simuleringen og for at kunne påvise en kraftig korrelation mellem vindforhold og potentielle tangproblemer.



6.4 Resultater

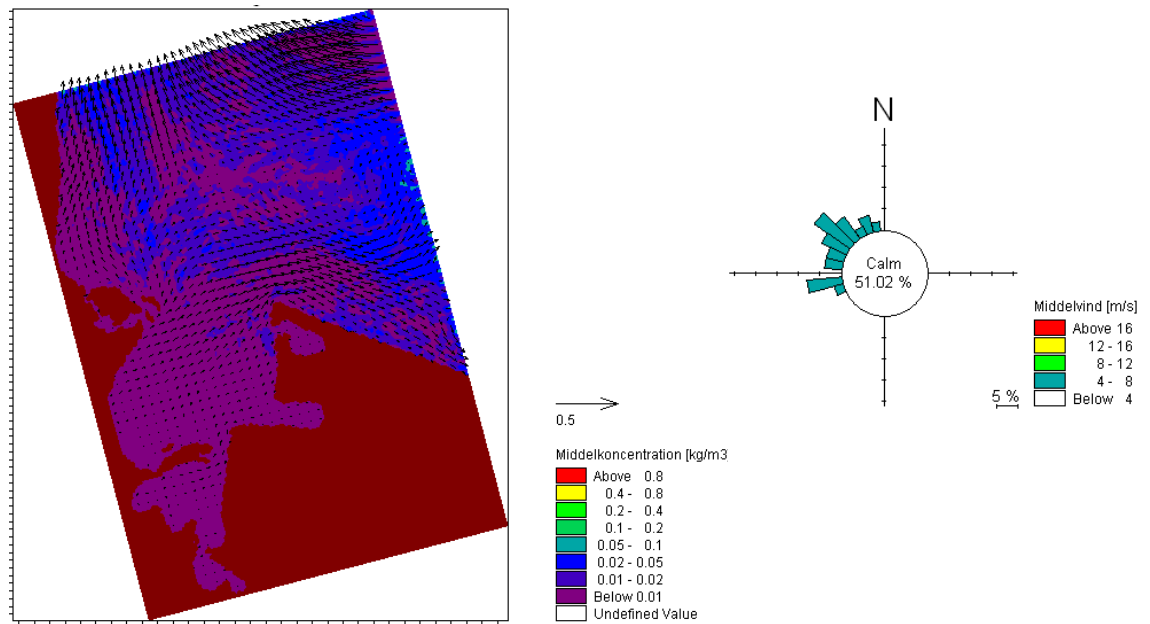
For den simulerede periode på 72 døgn er der genereret vindroser for de enkelte døgn. Denne information er brugt til at udvælge en række karakteristiske vejr-situationer til belysning af tangforholdene i Svanemøllebugten. Tangophobninger er indikeret ved hjælp af en relativ farveskala, hvor rød, gul og grøn indikerer kraftig ophobning, blå moderate forekomster og lilla ingen eller stort set ingen tang.

Figur 6.5 viser et kort over simulerede tangforekomster for en vejr-situation de foregående 24 timer med middelvindhastigheder varierende fra 0–8 m/s og dominerende vind fra henholdsvis 40° og 280°. Endvidere er der plottet hastighedsvektorer visende dybdemidlede hastigheder. Af plottet fremgår det, at vindforholdene fører til akkumulation af tang i de to østlige bassiner og i den sydlige del af Svanemøllebugten ved Svane-knoppen. En vejr-situation som denne vil derfor forårsage tangaflejring i området med den foreslåede strand, såfremt der tilføres ålegræs udefra eller befinder sig løsrevet overfladetang inden for modelområdet. Plottet er orienteret således, at den tilfede y-akse peger stik nord.

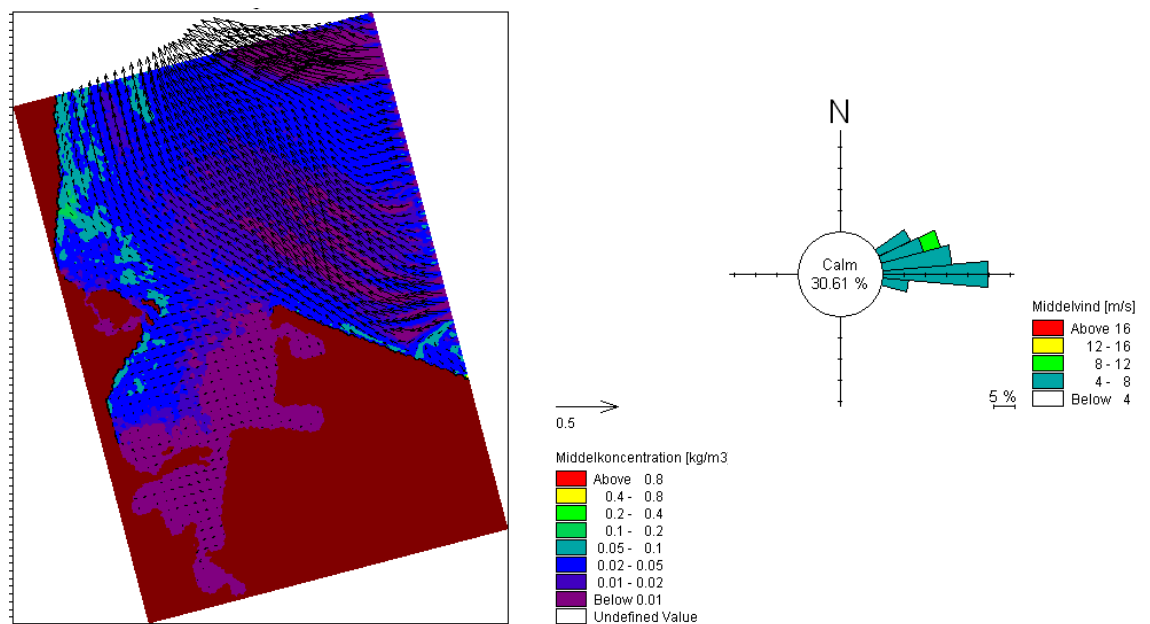


Figur 6.5 Strømningscirkulation samt 1 times middelkoncentrationer af udefrakommende tilført tang for den viste vindrose af de foregående 24 timers middelvind.

Figur 6.6 beskriver tangforholdene for en vejr-situation med dominerende vind fra 310° og vindhastigheder fra 0-8 m/s. For en vejr-situation som denne fremgår det, at eksternt tilført tang ikke trænger ind i bunden af Svanemøllebugten, og derfor ikke vil føre til tangaflejringer på strandprofilen.



Figur 6.6 Strømningscirkulation samt 1 times middelkoncentrationer af udefrakommende tilført tang for den viste vindrose af de foregående 24 timers middelvind.



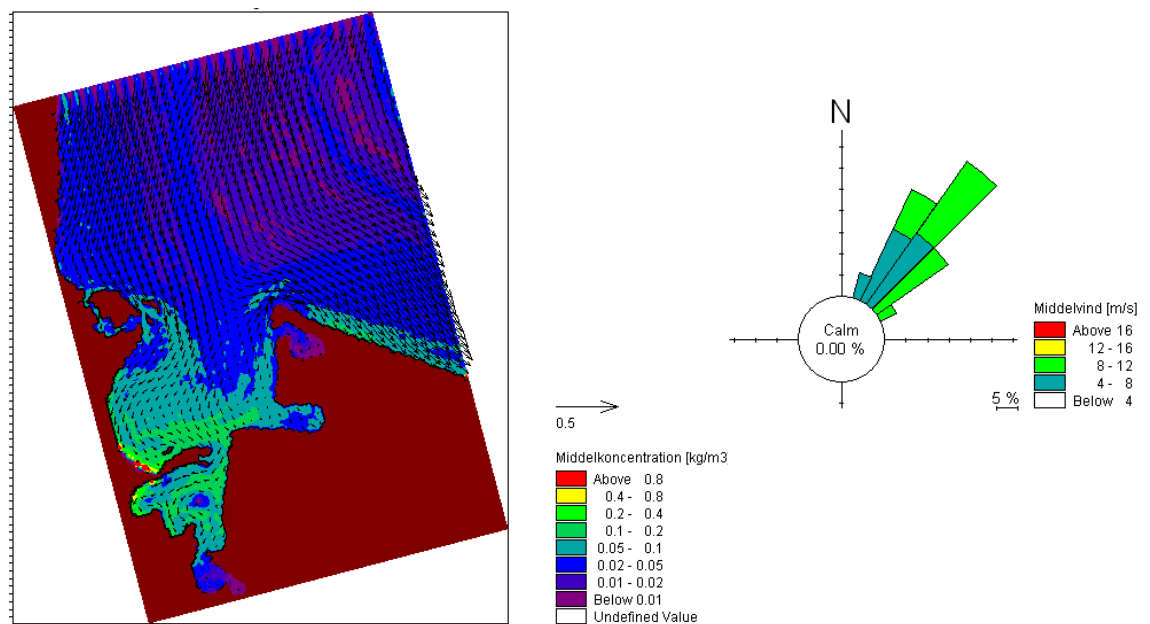
Figur 6.7 Strømningscirkulation samt 1 times middelkoncentrationer af udefrakommende tilført tang for den viste vindrose af de foregående 24 timers middelvind.

I Figur 6.7 er de foregående 24 timers dominerende vindretning 80° med en styrke varierende fra 0-12 m/s. For dette tilfælde er der en generel tendens til tangophobning langs den østlige kyst. Området med det indlagte strandprofil er ikke påvirket.

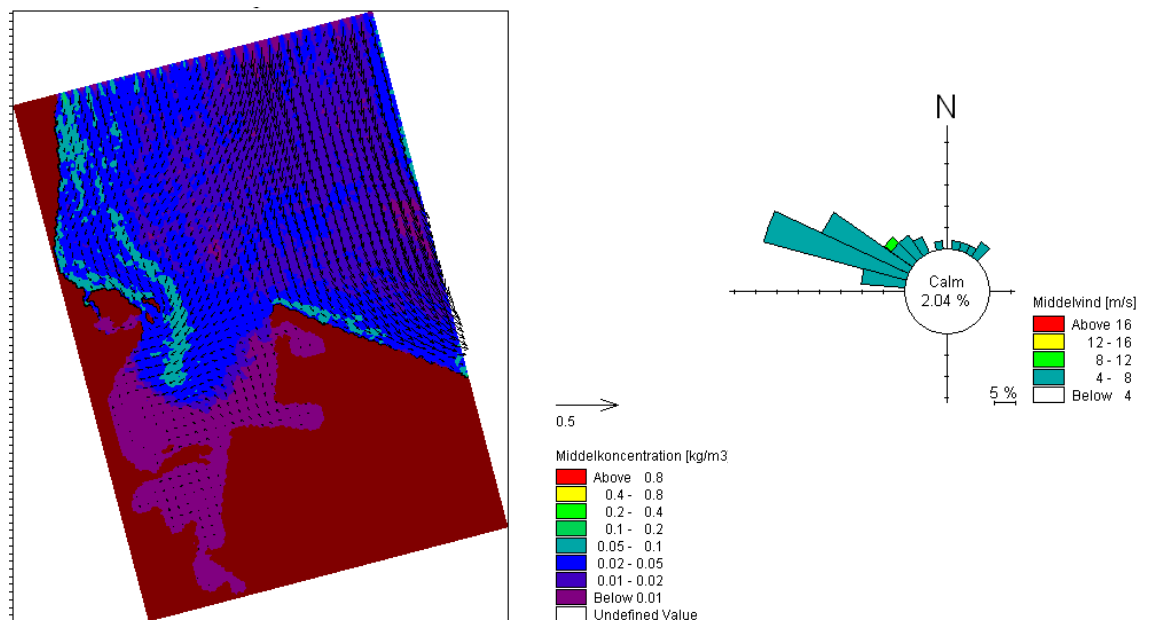
Figur 6.8 viser tangforholdene for en kritisk situation, hvor vinden er relativ kraftig med en dominerende retning 40° svarende til fuld eksponering af bugten. Af plottet fremgår



det, at en vejr-situation som denne kan føre til kraftige tangaflejringer i strandområdet. Denne situation minder om situationen d. 13.08.06, jævnfør Figur 6.2.

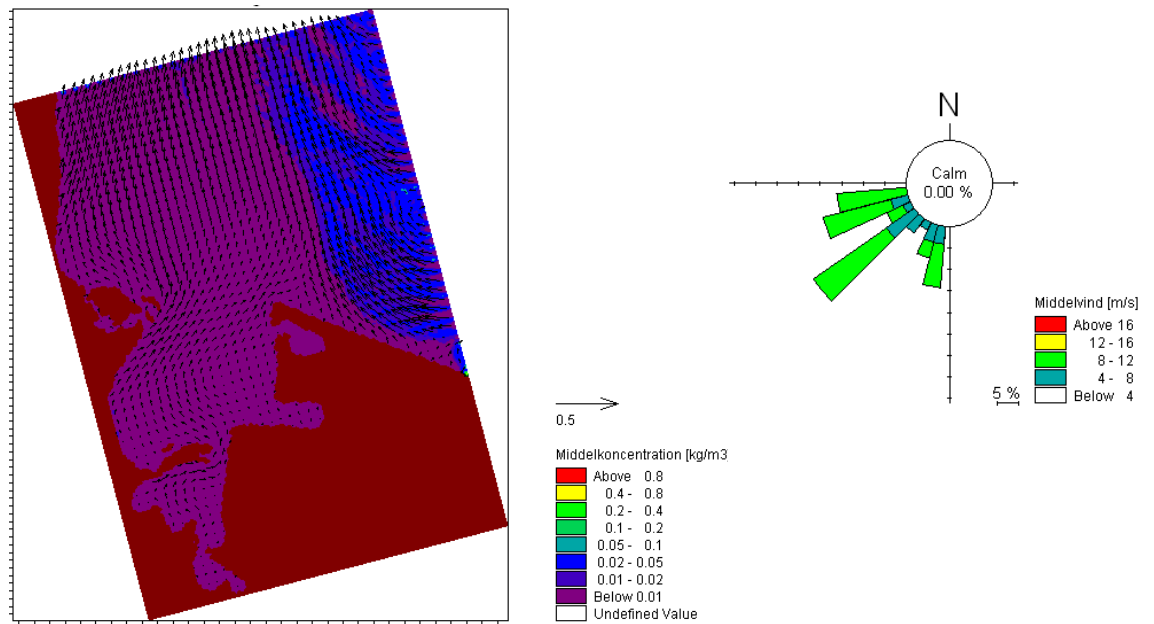


Figur 6.8 Strømningscirkulation samt 1 times middelkoncentrationer af udefrakommende tilført tang for den viste vindrose af de foregående 24 timers middelvind.

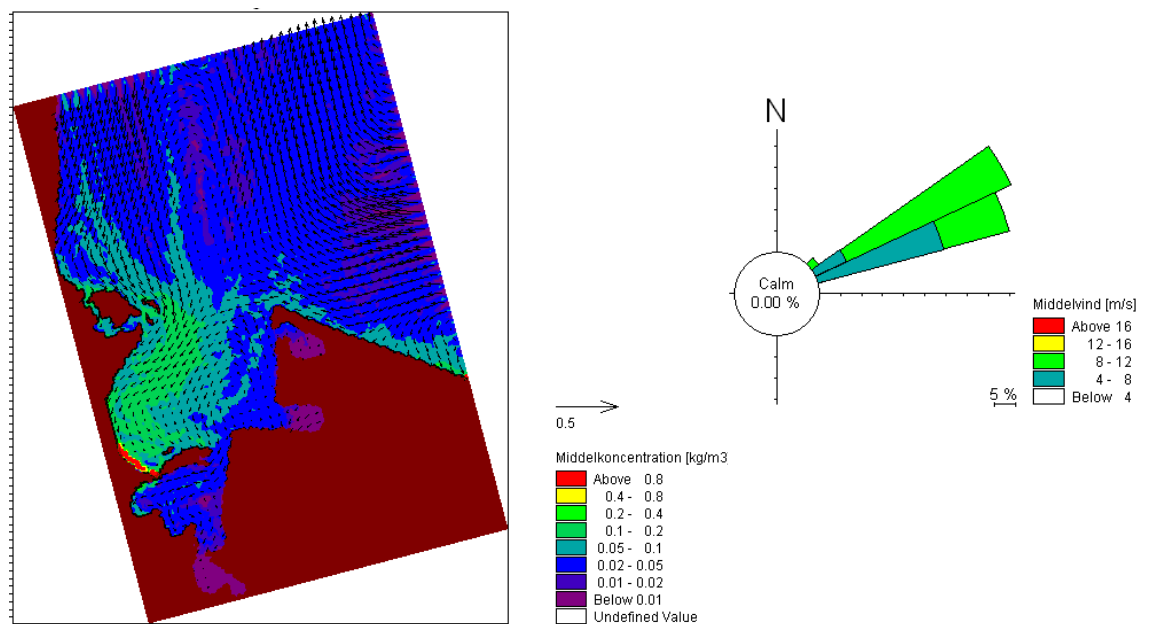


Figur 6.9 Strømningscirkulation samt 1 times middelkoncentrationer af udefrakommende tilført tang for den viste vindrose af de foregående 24 timers middelvind.

Figur 6.9 viser en vejr-situation med dominerende vind fra 300°, men med noget spredning. I dette tilfælde er der nogen tilførsel af tang ind i den ydre del af Svanemøllebugten, uden at det dog formår at trænge helt ind til den indre del af bugten. Figur 6.10 viser en situation med kraftig vind fra det sydvestlige hjørne. Det ses, at tangen på det nærmeste blæses væk fra området og derfor ikke vil føre til problemer.

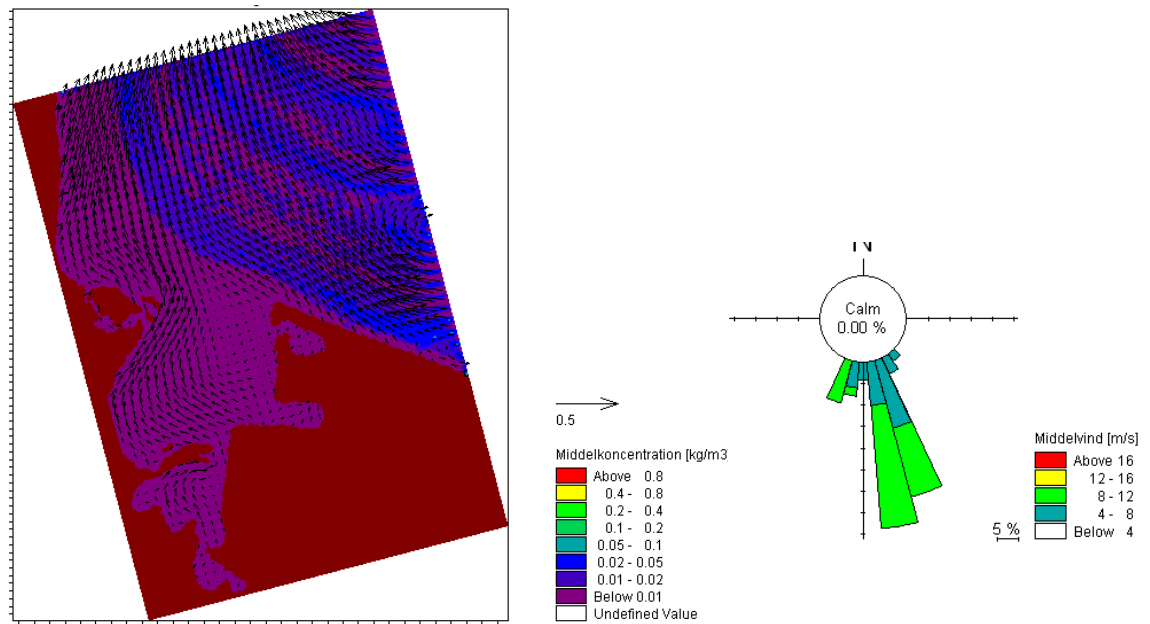


Figur 6.10 Strømningscirkulation samt 1 times middelmiddelt koncentrationer af udefrakommende tilført tang for den viste vindrose af de foregående 24 timers middelvind.



Figur 6.11 Strømningscirkulation samt 1 times middelmiddelt koncentrationer af udefrakommende tilført tang for den viste vindrose af de foregående 24 timers middelvind.

Figur 6.11 viser en vejr-situation med kraftig vind og dominerende retning 60°. Som forventet fører denne vejr-situation til kraftige forekomster af tang langs den østlige del af Svanemøllebugten og aflejring på den forslåede strand. Endelig er der i Figur 6.12 vist en vejr-situation med vind fra syd, hvoraf det fremgår, at tangaflejringer ikke forekommer inde i Svanemøllebugten under disse forhold.



Figur 6.12 Strømningscirkulation samt 1 times middelmiddelt koncentrationer af udefrakommende tilført tang for den viste vindrose af de foregående 24 timers middelvind.

6.5 Diskussion

Modelleringen har fokuseret på en kvalitativ beskrivelse af, hvorvidt eksternt tilført ålegræs/overfladetang vil føre til tangophobninger inde i Svanemøllebugten. På baggrund af modelresultaterne kan det konkluderes, at tangophobninger er kraftigt korreleret til vindretning og i lidt mindre grad til vindhastigheder. Tangophobninger langs en eventuel strand inderst i Svanemøllebugten vil generelt kun forekomme, når vinden kommer fra det nordøstlige hjørne, og såfremt der befinder sig løsrevet ålegræs eller overfladetang inde i området, dvs. specielt i juli, august og september.

Analysen kunne også være udført ved at frigive tang fra en række interne kilder inde i området. En sådan analyse vil dog ikke ændre på det generelle billede, idet den herfra frigivne tang enten vil drive ind mod kysten eller føres ud af bugten.

Simuleringerne af tangforholdene medtager ikke de mekanismer, som medfører, at tilført flydende tang vil blive skyllet op på en eventuel strand, eller at det kan aflejres mellem stenene på en stenkastning, men udelukkende tangens transport i vanddækkede områder. Erfaring fra Svanemøllebugten og fra andre lignende områder viser imidlertid, at kysttypen har betydning for risikoen for, at tangen bliver fanget, således at:

1. Stenkastninger kan fange en del tang mellem stenene, men det giver sjældent anledning til lugtgener.
2. En lodret spunsvæg giver ikke anledning til, at flydende tang fanges i området, men inddrevet tang i hjørnet kan forblive i området et stykke tid.



3. En sandstrand giver anledning til, at tangen skylles op på stranden med aflejring af tangvolde til følge. Dette giver ikke anledning til væsentlige lugtgener. Denne form for tangaflejring er naturligt forekommende langs Øresunds kyster.
4. En sandstrand med et foranliggende lavvandet område (som syd for Køge havn, syd for Mosede havn, syd for Rungsted havn og ud for Amager Strand før bygning af Amager Strandpark) kan give anledning til at tangen fanges på det lavvandede område, hvorefter den går i forrådnelse. Denne form for tangaflejring medfører kraftige lugtgener.

De nuværende forhold i Svanemøllebugten består af stenkastninger og lodret kajvæg (1 og 2), hvilke kysttyper er ideelle med hensyn til minimering af tangproblemer.

En ny badestrand placeret inde i bunden af Svanemøllebugten er af typen 3, dvs. med risiko for ansamling af tangvolde, men uden nævneværdig risiko for lugtgener.

En løsning med en fremrykket lodret kajvæg kombineret med badebroer vil være bedre mht. tangaflejringer, idet evt. ansamlet tang vil flyde bort igen, når vinden skifter til fra-landsvind.

En ny strand placeret på en ø ude i bugten skønnes, på baggrund af resultaterne af tangsimuleringerne, at være væsentlig mindre udsat for aflejring af tangvolde. Dette skyldes, at den inderste del af bugten virker som en tragt, som koncentrerer tangansamlingerne i den inderste del af bugten. Denne mekanisme vil ikke være til stede for en strand anlagt på en ø.

Uafhængig af hvilken type løsning der vælges ud fra en overordnet afvejning af alle forhold, så kan det overvejes at nedsætte risikoen for tangansamlinger ved at placere en række flydespærringer til afskærmning af strandområdet. Denne løsning kan dog af forskellige praktiske årsager ikke umiddelbart anbefales og det anbefales derfor kun at overveje en sådan løsning, efter der er indvundet erfaringer uden installation af en sådan flydespærre.



7 SANDTRANSPORTFORHOLD

Sand transporteres langs med stranden på grund af den samlede effekt af strøm og bølger. Nær kysten i brændingszonen drives strømmen langs kysten af de brydende bølger, og bølgeforholdene er absolut den dominerende faktor for transporten langs stranden og den resulterende årlige nettotransport styres hovedsagelig af bølgeklimaet (statistisk fordeling af højde, retning og periode), sandtypen og dybdeprofillets facon.

Sandtransporten er blevet beregnet ved hjælp af DHIs sedimenttransportmodel LITPACK. Modellen omfatter alle relevante fysiske sandtransportmekanismer langs åbne sandkyster. LITPACK er en såkaldt liniemodell, hvilket vil sige, at dybdekonturerne antages at være lokalt parallelle. Bølgerne, strømforholdene og den deraf følgende sandtransport beregnes langs et givet kystprofil. Fordelingen af sedimentkornstørrelsen angives ved hjælp af to parametre, som beskriver middeldiameter (d_{50}) og sorteringsgraden σ_g (også benævnt standardafvigelsen). En mere detaljeret beskrivelse af modellen kan ses i Ref. /3/.

For dette studie er det især af interesse at bestemme den kystorientering, der svarer til, at der i middel ikke transporteres sand langs kysten. Denne retning angiver formen på en stabil strand med et stort set konstant forløb af kystlinien, bortset fra mindre variationer fra sæson til sæson og som følge af påvirkningen fra en enkelt storm.

Et andet forhold af betydning er, til hvilken dybde sandet på bunden vil blive forstyrret af bølgerne. Dette bestemmer, hvor langt ud bunden vil vedblive med at være sandbund, da bunden på større dybder efterhånden vil blive dækket af og blandet med finere sedimenter med organisk materiale. Den uforstyrrede bund vil derfor fremtræde blød, materialet i bunden kan blive sort, og bunden kan blive begroet.

7.1 Strandprofil

Strandprofillets hældning afhænger af det benyttede fodringsmateriale til etableringen af en strand. Des finere sand der vælges, des fladere strandprofil vil blive udviklet. Følgende antagelser for profilerne og analysen af sandtransportforhold er gjort:

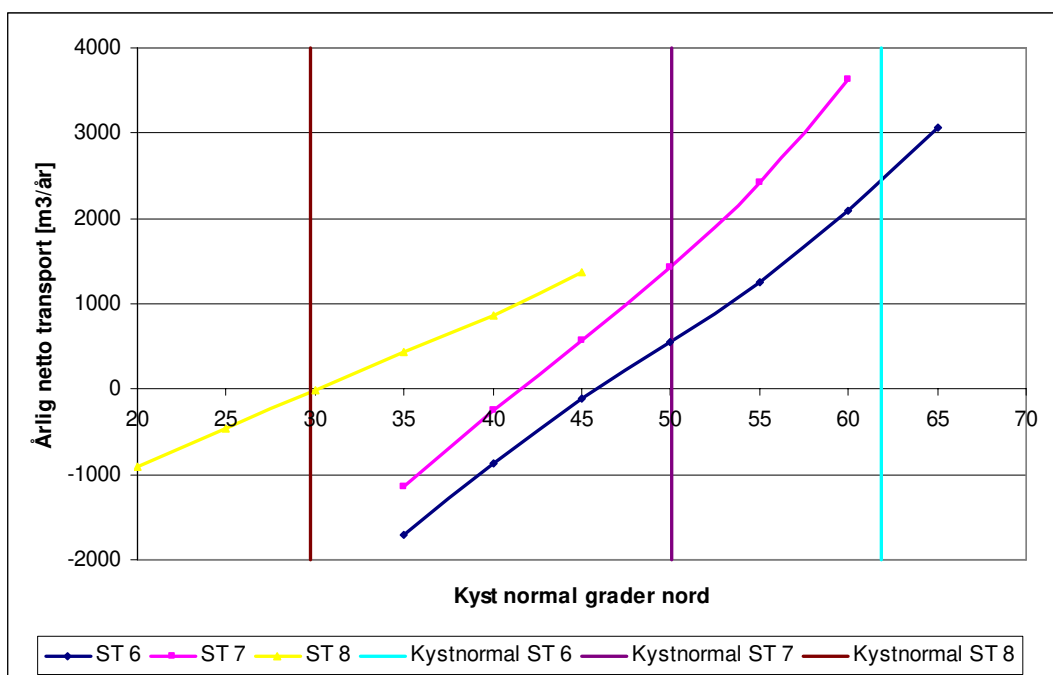
- Strandprofilet har en hældning 1:30 ned til den oprindelige bund på omkring 2 m vand.
- Sandet har en middeldiameter på 0,3 mm og en geometrisk spredning, defineret som $(d_{84}/d_{16})^{0,5}$ på 1,2.
- Den aktive dybde af strandprofilet, som er den maksimale vanddybde, hvor bølgerne er i stand til at transportere sand, er mindre end 2,0 meter, dvs. når ikke helt ud til foden af det indlagte strandprofil.
- Strøm genereret af vind og densitetsforskelle er uden betydning for sedimenttransporterne i forhold til de bølgedrevne strømme og er derfor ikke inkluderet.
- Vandspejlsvariationer er uden betydning for sedimenttransporten.



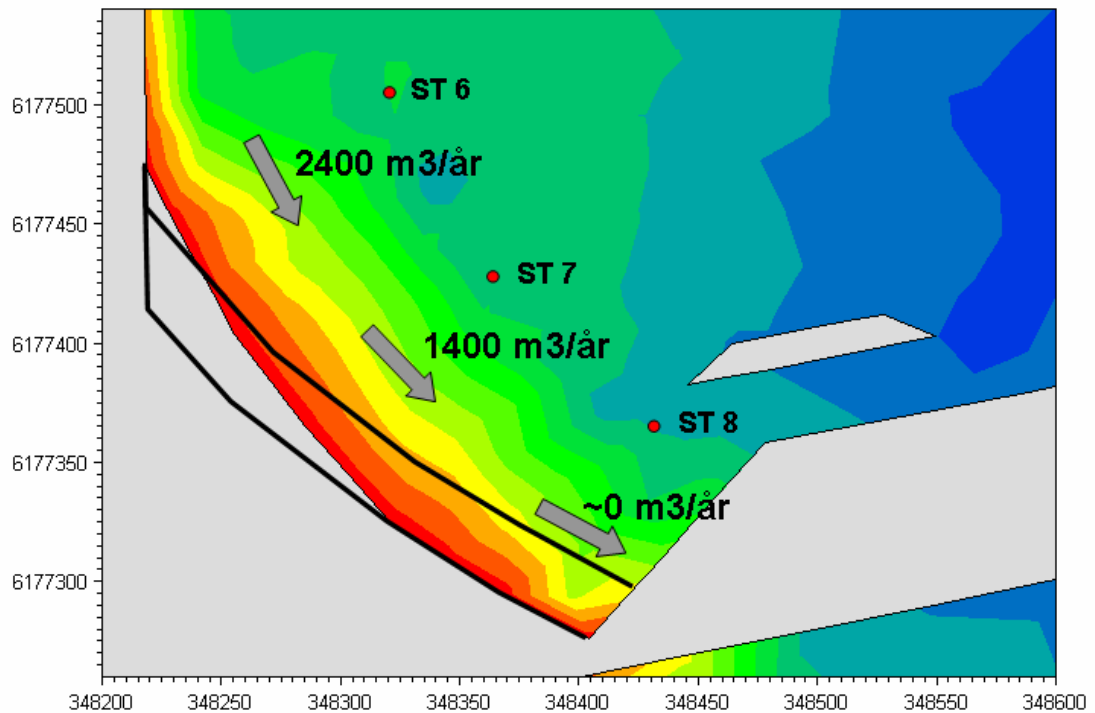
7.2 Sedimenttransport og ligevægtsretninger

De udtrukne bølgestatistikker i Afsnit 4 for stationerne ST 6, ST 7 og ST 8 (se eventuelt Figur 7.2 for placering) danner grundlaget for den årlige belastning af det foreslåede strandprofil. Endvidere er der fra bølgesimuleringerne ekstraheret information om bølgeperioder, bølgeretning og retningsspredning i de tre punkter.

Den langsgående sedimenttransport er beregnet for hvert af de tre bølgeklimaer for forskellige mulige orienteringer af kystlinien. Kystliniens orientering er angivet som den kompasretning, man ser mod, når man står på kysten og ser ret ud mod havet. En kystorientering på 90^0 svarer således til en kyst, der vender mod øst og strækker sig ret fra nord til syd. Figur 7.1 viser transporten som funktion af kystorienteringen for de tre bølgeklimaer. Kystorienteringen ud for hver af de tre stationer svarende til stranden, som er lagt ind i strømings- og vandkvalitetsmodellen, er angivet med de lodrette streger i Figur 7.1. Det ses, at for station 6 og 7 skal kystorienteringen justeres med henholdsvis 16° og $8,5^{\circ}$ for at opnå en årlig middeltransport på nul. Figur 7.2 viser dels strandens mulige forløb svarende til ligevægtsretningerne (vist med fede sorte linier) og dels den transport, der ville være med det første skøn for strandens udformning. Ændringen i kystliniens forløb har ingen betydning for resultaterne fra de øvrige strømings- og vandkvalitetsmodeller.



Figur 7.1 Beregnet årlig netto sedimenttransport som funktion af strandprofillets kystorientering samt indikation af den i modelbathymetrien anvendte orientering.

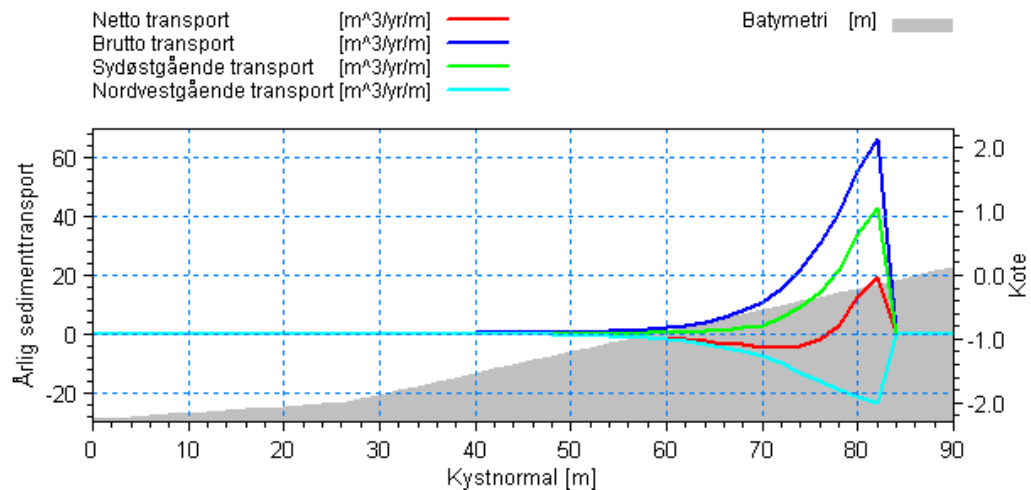


Figur 7.2 Beregnede årlige netto sedimenttransporter med den anvendte kystorientering. De fede sorte linier indikerer kystlinier med strandnormaler i ligevægt.

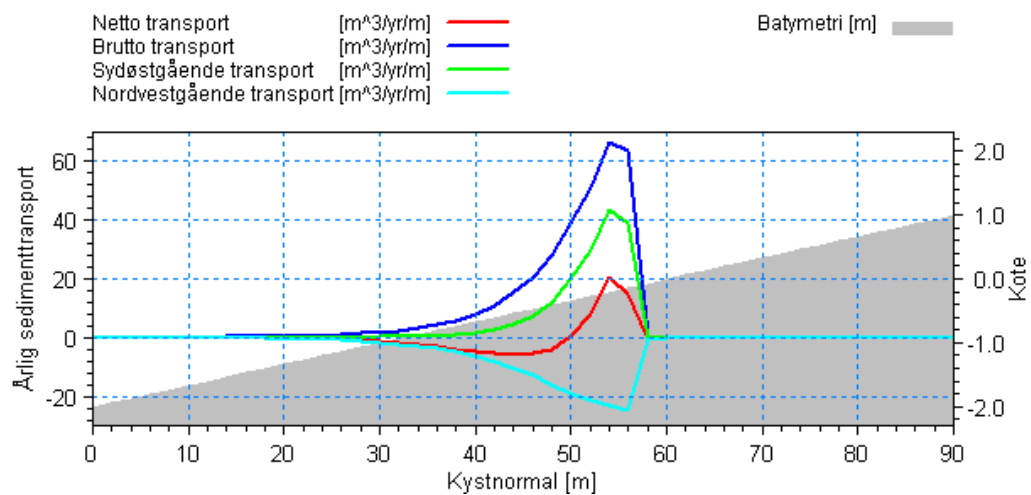
7.3 Langsgående sedimenttransport

Selv ved ligevægtsretningen vil de forskellige bølgeforhold give transport i den ene eller den anden retning langs kysten; den totale sum er blot nul. For de tre profilers ligevægtsnormaler er fordelingen af sedimenttransporten beregnet som nettotransport, sydøstgående transport, nordvestgående transport samt bruttotransport, der er summen af de to sidste. De fire transport er plottet sammen med profilernes bathymetri i Figur 7.3, Figur 7.4 og Figur 7.5. En positiv værdi af nettotransporten indikerer en transport i sydøstgående retning.

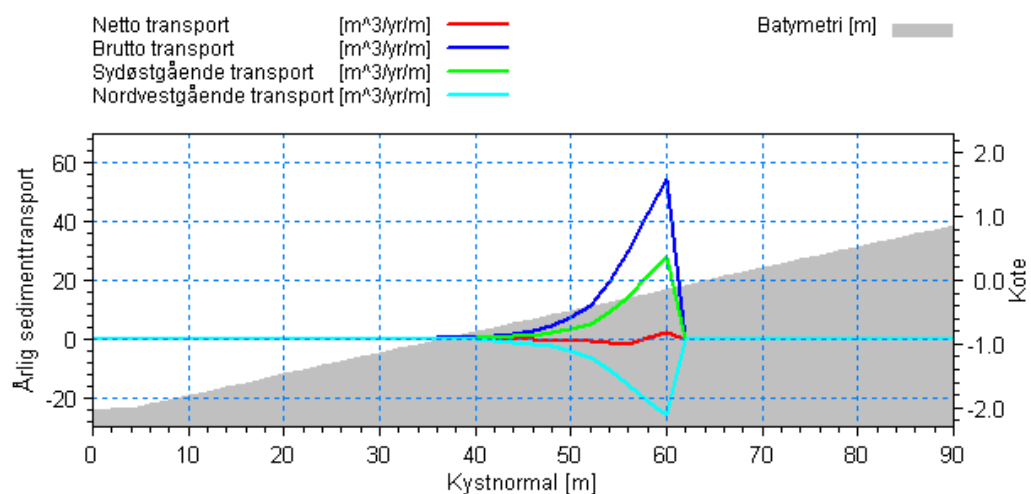
For at få en ide om hvor store mængder af sediment der bliver flyttet rundt på, er de viste bruttotransporter integreret. For profilerne ud for ST 6, ST 7 og ST 8 er bruttotransporterne fundet til henholdsvis $550 \text{ m}^3/\text{år}$, $650 \text{ m}^3/\text{år}$ og $350 \text{ m}^3/\text{år}$. Fordelingerne indikerer, at betydelig sedimenttransport optræder indenfor 0,6-0,8 meters vanddybde. Det er derfor sandsynligt, at bunden vil blive blød og eventuelt begroet fra disse vanddybder og ud.



Figur 7.3 Beregnede fordelinger af den årlige sedimenttransport langs strandprofilet ud for ST 6 og en kystnormal orienteret med 46° nord (ligevægts kystnormal).



Figur 7.4 Beregnede fordelinger af den årlige sedimenttransport langs strandprofilet ud for ST 7 og en kystnormal orienteret med 41,5° nord (ligevægts kystnormal).



Figur 7.5 Beregnede fordelinger af den årlige sedimenttransport langs strandprofilet ud for ST 8 og en kystnormal orienteret med 30° nord (ligevægts kystnormal).



7.4 Ligevægtsretninger og aktiv dybde for en fremskudt strand

Det er en mulig option, at der anlægges en strand fremskudt i bugten i forbindelse med en ø. Ligevægtsretningen og den aktive dybde er derfor bestemt svarende til bølgeklimmet for alle stationerne, hvor bølgedata er trukket ud, som vist i Figur 4.19. De yderste stationer, ST 4 og ST 5, er næppe relevante med hensyn til anlæggelse af badefacilitet, men er medtaget for at illustrere variationen i de relevante parametre.

Ligevægtsretningen er bestemt uden egentlige transportberegninger, men ved at betragte de forskellige bølgesituationers hyppighed og vægte retningen i hver situation med dens hyppighed og bølgehøjden opløftet til potensen 5/2, som afspejler, at sedimenttransporten vokser ikke-lineært i forhold til bølgehøjden. I de tre inderste stationer giver denne metode en afvigelse på omkring en grad i forhold til resultatet opnået ved anvendelse af LITPACK modellen.

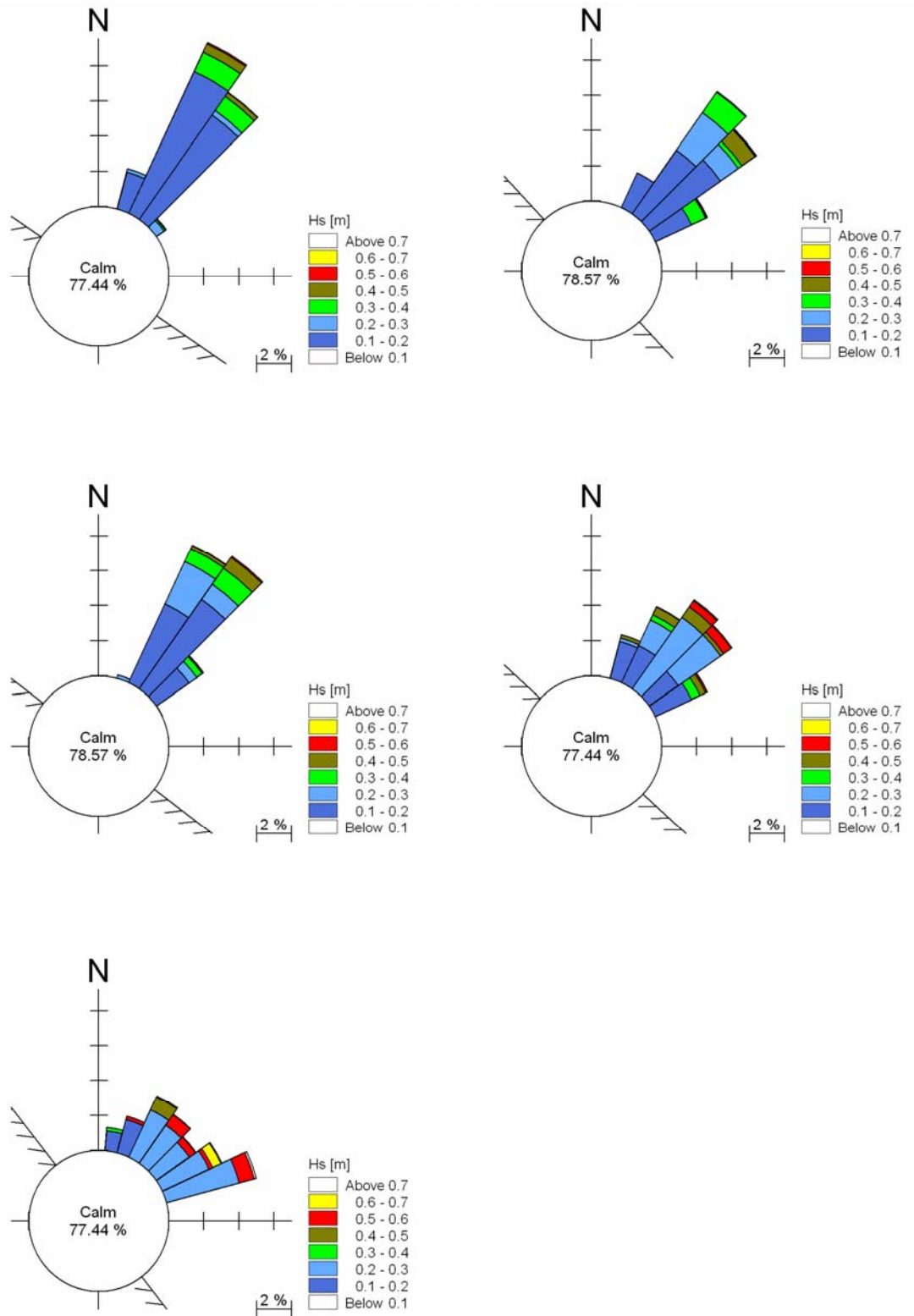
Profilets aktive dybde er skønnet som en 'closure depth', der som en tilnærmelse er bestemt som to gange den signifikante bølgehøjde, $H_{s,12h}$, der i middel overskrides 12 timer om året. Resultaterne er vist i Tabel 7-1. Afstand fra bunden af bugten angiver den omtrentlige afstand fra hjørnet, hvor stranden er placeret i modellerne til stationen.

Tabel 7-1 Beregnet ligevægtsretning og aktiv dybde for station 1-8.

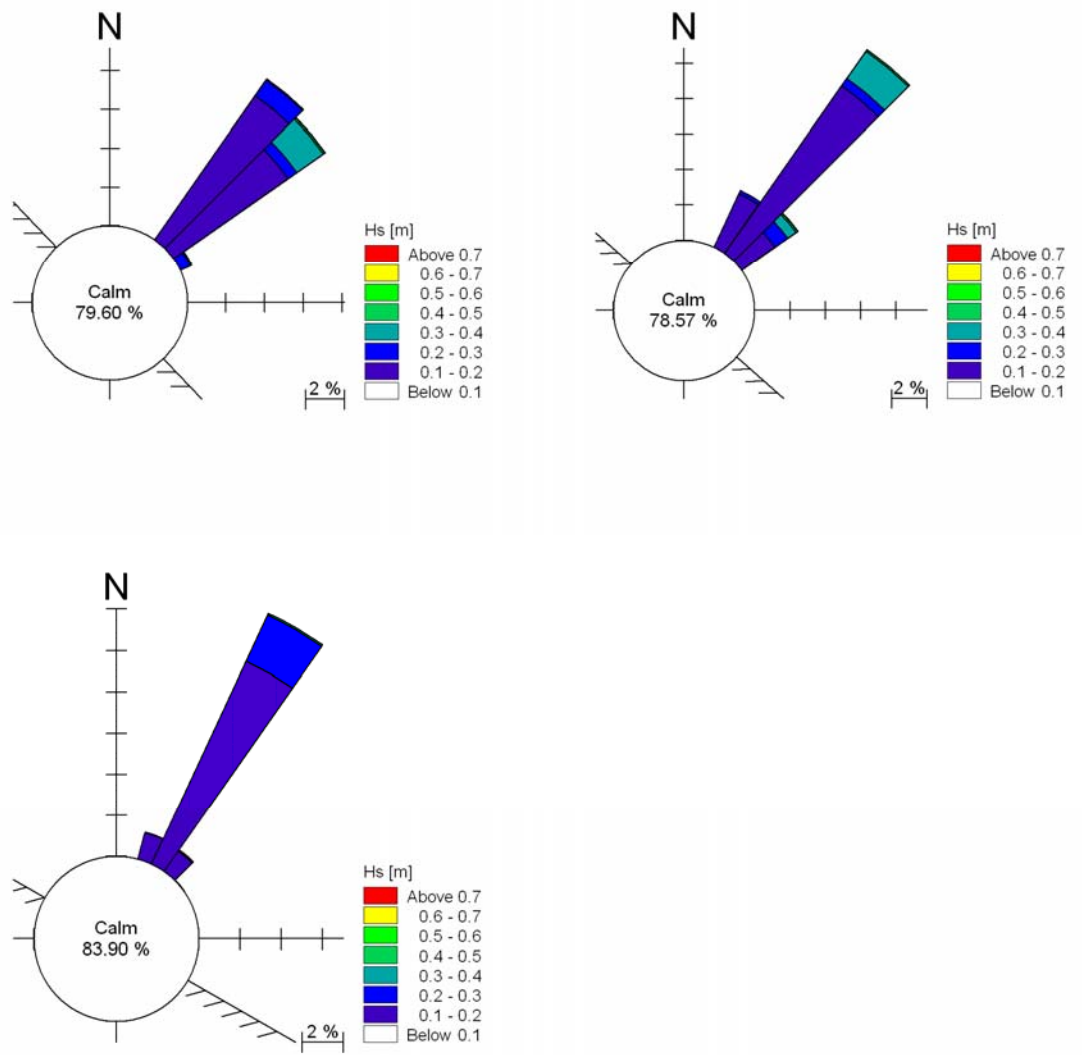
Station	Ligevægtsretning [deg]	$H_{s,12h}$ [m]	Aktiv dybde [m]	Afstand fra bunden af bugten [m]
1	35	0,5	1,0	350
2	47	0,53	1,1	350
3	38	0,51	1,0	350
4	43	0,67	1,3	850
5	52	0,77	1,5	1200
6	46	0,44	0,9	100
7	42	0,45	0,9	100
8	30	0,29	0,6	100

Figur 7.6 og Figur 7.7 viser bølgeroserne for station 1-5 og 6-8 med ligevægtsretningen angivet. Det ses, hvorledes ligevægtsretningen direkte afspejler de dominerende bølgeretninger.

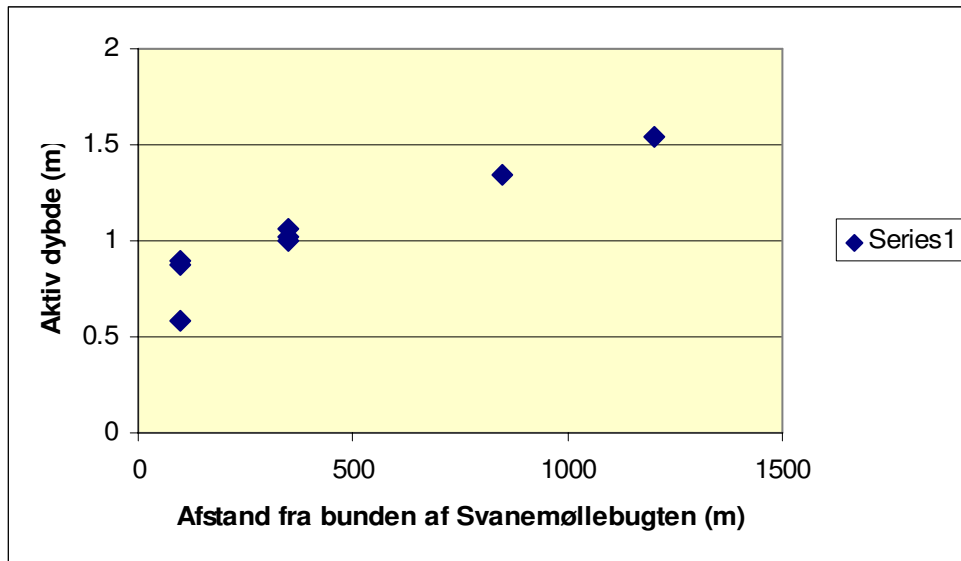
Figur 7.8 viser variationen i den aktive dybde som funktion af placeringen i bugten. Det ses, at bortset fra ST. 8, som ligger inde i læ bag den kunstige ø, varierer den aktive dybde forholdsvist svagt med afstanden fra hjørnet af bugten. Og en strand vil være eksponeret for bølgepåvirkning i nogenlunde samme omfang de forskellige steder i bugten, dog med øget eksponering jo længere ud i bugten stationen er placeret.



Figur 7.6 Bølgeroser med ligevægtsretning, station 1-5.



Figur 7.7 Bølgeroser med ligevægtsretning, station 6-8.



Figur 7.8 Profilets aktive dybde afbildet som funktion af afstanden fra bunden af bugten.



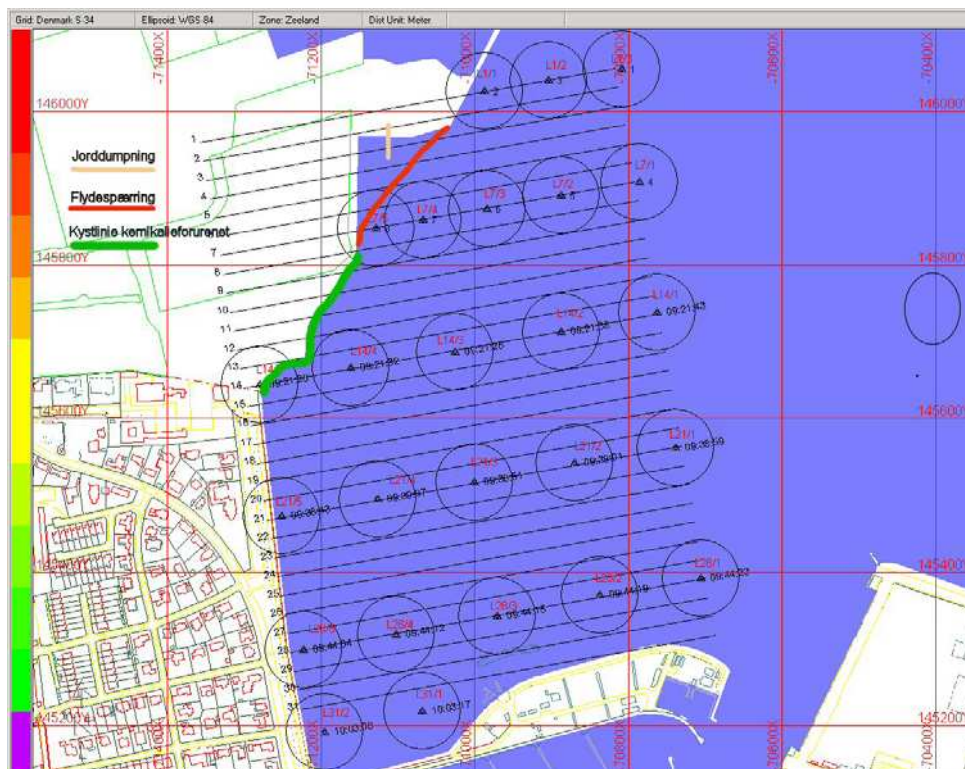
8 INDSAMLING OG ANALYSE AF BUNDPØVER

8.1 Indledning

For at undersøge om sedimentforholdene ved den foreslåede Svanemøllebugtens badestrand eventuelt kunne have en sådan karakter, at der vil være behov for en oprensning, før området vil kunne bruges, blev der den 19. maj 2006 udtaget 25 bundprøver fra de øverste 10 cm af bunden. I forbindelse med prøvetagningen blev der også indsamlet data om bundens almene beskaffenhed. Alle data fra indsamlingerne er vist i bilag 1. Figur 7.1 viser, hvor prøverne blev taget.

8.2 Metode

Prøvetagning blev gennemført fra gummibåd med en van Veen grab. Positioner blev bestemt med GPS og er angivet i S34 systemet. En beskrivelse af havbunden ved hver prøvetagning og sedimentprøverne findes i Bilag A. Bundprøverne består i de fleste tilfælde af fint (eller fint/mellem) sand, med varierende mængder af finere sedimenter og organisk materiale. Bunden er bevokset med ålegræs på dybder større end 3 m og i den nordlige del af området helt ind under land på 2 meters vanddybde.



Figur 8.1 *Oversigt over bundprøvestationer. Der blev taget prøver på alle stationer, mens kun prøver fra stationerne L14/4, L21/4, L28/4 og L31/1 blev sendt til analyse. Stationerne ligger som række 2 fra venstre med L14 øverst mod land og L31 ned mod molen.*



I samråd med Miljøkontrollen, Københavns Kommune er fire prøver udvalgt til nærmere analyse for glødetab, kornfordeling samt kemisk analyse for tungmetaller, kulbrinter, PAH-forbindelser, PCB samt Organotinforbindelser. De fire udvalgte prøver er: 14/4 (sand og silt m. planterester, gråt/sort), 21/4 (sand og silt m. småsten, sort), 28/4 (sand og silt m. planterester, gråt) samt 31/1 (sand, ler og silt m. planterester, gråt). De fire prøver er beliggende på en linie parallel med kysten nord for Svanemøllehavnen i en afstand på ca. 150 m fra denne. De analyserede prøver dækker de områder, hvor badegæster vil komme i kontakt med sedimentet, idet det blev vurderet som unødvendigt at få analyseret på de sedimenter, der ligger langt fra selve stranden, og som ligger på så dybt vand, at de færreste badegæster vil få mere end en meget kortvarig kontakt med sedimentet.

8.3 Glødetab og kornkurver

De fire prøver er analyseret med hensyn til kornstørrelse i henhold til Dansk Standard: DS 405.8, DS/EN 933-1 samt DS 405.9. Analyse af tørstof og glødetab er foretaget i henhold til DS 204 og DS 207. Hovedresultaterne er vist digitalt i Tabel 8-1, og kornkurverne findes i Bilag B.

Tabel 8-1 Hovedresultater, tørstof, glødetab og kornfordeling.

Station Nr	Tørstof	Glødetab	Kornfordeling				
	TS g/kg våd	GT g/kg TS	d ₅₀ mm	d ₁₀ mm	d ₆₀ mm	U (d ₆₀ /d ₁₀) -	fine fraktioner
14/4	646,38	37,58	1,44	0,14	3,43	24,3	2,30 %
21/4	729,2	30,92	0,19	0,09	0,22	2,3	4,80 %
28/4	731,43	21,54	0,16	0,07	0,17	2,6	9,50 %
31/1	676,2	33,85	0,13	0,04	0,17	4,4	23,20 %

Glødetabet ses at ligge på 2-4%, og materialet karakteriseres som fint eller groft sand med et indhold af fine fraktioner (silt og ler) på under 10% undtagen den sydligste prøve, hvor det er knap 25%. Den udbredte bevoksning af ålegræs afspejler formentlig et generelt beskedent indhold af organisk materiale i bundsedimentet.

8.4 Kemisk analyse

De detaljerede analyseresultater findes i analyserapporten, Bilag C.

Som et mål for sedimentets ”miljømæssige tilstand” er de foreliggende analyseresultater sammenholdt med de vejledende ”aktionsniveauer” fra Miljøstyrelsens ”Klapvejledning” (Vejledning fra Miljøstyrelsen: Dumpning af optaget havbundsmateriale til klapning, 9607 af 1. oktober 2005), se Tabel 8-2.

Miljøstyrelsen definerer det nedre aktionsniveau for et stof som det niveau, der svarer til et gennemsnitligt baggrundsniveau eller til ubetydelige koncentrationer, hvor der ikke forventes (økotoksikologiske) effekter. Det øvre aktionsniveau angiver det niveau, hvor der kunne være begyndende effekter (Miljøstyrelsen, 2005).



Tabel 8-2 Vejledende aktionsniveauer for klapping af havbundsmateriale.

Stof	Nedre aktionsniveau (TS) ¹⁾	Øvre aktionsniveau (TS)	
Kobber (Cu) mg/kg	20	90	200 kg/år/havn
Kviksølv (Hg) mg/kg	0,25	1	
Nikkel (Ni) mg/kg	30	60	
Zink (Zn) mg/kg	130	500	
Cadmium (Cd) mg/kg	0,4	2,5	
Arsen (As) mg/kg	20	60	
Bly (Pb) mg/kg	40	200	
Chrom (Cr) mg/kg	50	270	
TBT µg/kg	7	200	1 kg/år/havn
PCB µg/kg ²⁾	20	200	
PAH mg/kg ²⁾	3	30	

- 1) Summen af de følgende 7 PCB'er: 28, 52, 101, 118, 138, 153 og 180.
- 2) Summen af de følgende 9 PAH'er: Anthracen, benz[a]anthracen, benz[ghi]perylene, benz[a]pyren, chrysen, fluoranthren, indeno[1,2,3-cd]pyren, pyren og phenanthren.
- 3) I internationale naturbeskyttelsesområder og på vanddybder under 6 meter kan der som hovedregel kun tillades klapping, såfremt koncentrationen af tungmetaller og metalloider er på niveau med baggrunds niveauet i området, og tilladelse kan ikke meddeles, med mindre miljøministeren har meddelt samtykke, jf. havmiljølovens § 26, stk. 5. I forhold til TBT, PCB og PAH gælder de nedre og øvre aktionsniveauer.

Sammenholdes disse værdier med analyseresultaterne fra prøverne L 14/4, L 21/4, L28/4 og L 31/1 (Bilag C) ses følgende:

Tabel 8-3 Sammenligning mellem klapvejledningens aktionsniveauer og indholdet i sedimentprøver fra Svanemøllebugten. For forklaring på aktionsniveauer, se teksten.

Stof (gruppe)	Aktionsniveauer	Analyseresultater
Kobber mg/kg	20-90	5,0-46
Kviksølv mg/kg	0,25-1	0,1-2,4
Nikkel mg/kg	30-60	3,8-6,9
Zink mg/kg	130-500	32-140
Cadmium mg/kg	0,4-2,5	0,1-0,37
Arsen mg/kg	20-60	2,5-4,2
Bly mg/kg	40-200	8,7-36
Chrom mg/kg	50-270	4,7-11
TBT µg/kg	7-200	<2-6
Sum af organotinforbindelser (MBT, DBT, TBT)		33,1-46,9
PCB µg/kg	20-200	4-22
PAH mg/kg	3-30	0,4-1,7

Det fremgår af Tabel 8-3, at enkelte af stofferne (kobber og zink) overskrider det nedre aktionsniveau i en eller flere prøver, mens kviksølv i en enkelt prøve (L14/4) overskrider det øvre aktionsniveau væsentligt.

Desuden ses det, at TBT alene ikke overskrider det nedre aktionsniveau, men ser man på summen af organotinforbindelser, dvs. både monobutyltin (MBT-Sn), dibutyltin (DBT-Sn) og tributyltin (TBT-Sn) er der tale om værdier, som ligger over nedre aktionsniveau. Det bemærkes tillige, at det ligeledes her er prøve nr. L14/4, som har det højeste niveau.



På denne baggrund vurderes det, at sedimentets ”miljømæssige tilstand” er relativt god medmindre den høje kviksølvkoncentration, der er fundet, er kendetegnende for store dele af sedimentet.

8.5 *Kommentarer*

Undersøgelsen har ikke overraskende vist, at der findes miljøfremmede stoffer i sedimenterne men med en beliggenhed mellem en meget stor lystbådehavn, en industrihavn mod syd og en gammel færgehavn mod nord kan det ikke undre, at man bl.a. finder relativt høje koncentrationer af tinforsbindelser fra skibenes bundmalinger. Hvad angår de andre stoffer kunne tilstedeværelsen af disse skyldes, at der i mange år har været udledt vand fra overløbsbygværker til bugten, hvorfor der har været en unaturlig transport af stoffer til området. Modelberegninger af badevandsforholdene beskrevet i afsnit 5 viser desuden, at udledninger fra Gentofte Kommunes bygværker under sydgående strømme blandes med havvandet og kommer ind i bugten. Derfor vil man sandsynligvis kun forvente en moderat nedgang i belastningen, idet der fortsat sker aflastninger direkte til bugten, uanset, at Københavns Kommune har reduceret sine belastninger ganske væsentligt.



9 *REFERENCER*

- /1/ Erichsen, A.(2006): Bakterie modellering ved Amager Strandpark. DHI Rapport (DHI-ref.: 53698)
- /2/ Erichsen, A.C, Kaas, H., Dannisøe, J., Mark, O. Og Jørgensen, C. (2006): Etablering af badevandsprofiler og varslingsystemer i henhold til EUs nye badevandsdirektiv, Miljøstyrelsen (under udgivelse).
- /3/ DHI: LITPACK, Short Description. Publiceret af DHI.
- /4/ Hallemayer, R.J. (1981): A profile zonation for seasonal sand beaches from wave climate, Coastal Engineering, Vol. 4, pp. 253-277.
- /5/ Badested I Svanemøllebugten, Ideskitser, Oktober 2006, DHI/H&K for Københavns Kommune



B I L A G



B I L A G A

Bundprøver



Prøver indsamlet 19.05.2006

Svanemøllebugten				Beskrivelse af prøve		
Prøve no	Linie no.	Pos. (S34)	Dybde m	Beskrivelse havbund	1) Ved prøvetagning 2) I laboratoriet	Tidspunkt
L 1/1	L1	-70988 146028	2	Hård bund, Ålegræs	Sand fint sand m. silt, m. mørke striber af org. Mat.	8.48
L2/1	L1	-70907 146034	3	Hård bund, Ålegræs	Sand fint sand, mørkt m. org mat., fint og groft 'pinde'	8.5
L1/3	L1	-70805 146057	4	Hård bund, Ålegræs	Sand fint/mellem sand m. grus, m. mørke striber af org. Mat.	8.53
L1/7	L7	-70783 145913	4.3	Hård bund, Ålegræs	Sand fint/mellem sand m. enkelte grus partikler ~1cm	9.01
L7/2	L7	-70883 145884	3.6	Hård bund, Ålegræs	Sand fint sand m. mørke striber af org. Mat.	9.06
L7/3	L7	-70970 145877	2.6	Hård bund, Ålegræs	Sand fint sand, mørkt m. org. Materiale	9.1
L7/4	L7	-71071 145860	2.9	Hård bund, Ålegræs	Sand fint sand	9.12
L7/5	L7	-71130 145851	2	Hård bund, Ålegræs	Sand fint sand, mørkt m. mørke striber af org. Mat. Og enkelte gruspartikler	9.13
L14/1	L14	-70762 145720	4.4	Ålegræs	Sand, prøve i flere forsøg fint sand m. mørke striber af org. Mat.	9.2
L14/2	L14	-700893 145710	3.6	Ålegræs	Sand, prøve i flere forsøg fint sand	9.23
L14/3	L14	-71031 145688	2.6	Groft sand hård stenbund	Sand, prøve i flere forsøg fint/mellem sand	9.27
L14/4	L14	-71165 145673	2	Groft sand sten 10-20 cm	Sort sand sand og silt m. planterester, gråt/sort	9.34
L14/5	L14	-71249 145642	1.6	Groft sand sten 5-10 cm	Sand fint sand m mørke striber af org. Mat.	9.34



L21/1	L21	-707734 145552	3.8	Ålegræs	Sand, prøve i flere forsøg fint sand m. mørke striber af org. Mat.	9.43
L21/2	L21	-70861 145536	3.5	Ålegræs	Sand, prøve i flere forsøg fint sand m. silt m. mørke striber m. org. Mat.	9.46
L21/3	L21	-71000 145513	2.9	Groft sand hård stenbund	Sand fint sand m. silt, mørkt m. fint org. Mat.	9.49
L21/4	L21	-71138 145484	2.1	Groft sand sten 2-8 cm	Sort sand sand og silt m. småsten, sort	9.53
L21/5	L21	-71232 145462	1.6	Groft sand sten 2-8 cm	Sand fint sand/silt, mudder - mørkt m. fint org. Mat.	9.58
L28/5	L28	-71213 145275	1.5	Sand / sandorm	Sand fint sand m. silt, mørkt	10.01
L28/4	L28	71089 145307	2.2	Groft sand sten 2-8 cm	Sand sand og silt m. planterester, gråt	10.05
L28/3	L28	-70970 145335	2.8	Groft og sand sten	Sand fint sand m. mørke striber af org. Mat.	10.13
L28/2	L28	-70821 145360	3.5	Ålegræs	Sand, prøve i flere forsøg fint sand/silt m. mørke striber af org. Mat.	10.16
L28/1	L28	-70698 145389	3.7	Ålegræs	Sand, prøve i flere forsøg fint sand /mudder sort, næsten flydende	10.17
L31/1	L31	-71050 145209	2.1	Groft sand sten 2-8 cm	Sort sand sand, ler og silt m. planterester, gråt	10.21
L31/2	L31	71162 145163	1.1	Sand / sandorm	Sand fint sand	10.23



B I L A G B

Kornkurver

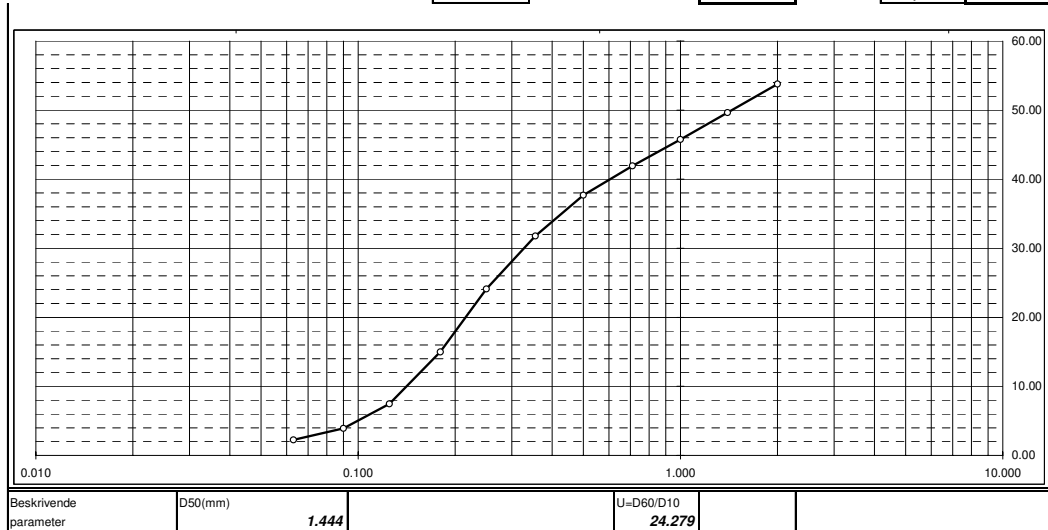


KORNSTØRRELSE

Sagsnavn:	Svanemøllebugten 2006	Filplacering:	H:\Biolab\Korn\53947	
Sagsnr:	53947	Evt. bemærkninger:	Silt + org.stof er udvasket på 63µm sigten med rigeligt vand. Rest herefter tørret og tabet bere	
Prøvemærkning	Station: L14/4			
Lab id:	Svanemøllen06-3			
Sigtedato	6. juni 2006			
Init.	smm			
Org. stof fjernet	ja			

	Silt mængde [g]	MASKE- VIDDE D (mm)	Sigte tom [g]	Sigte fuld [g]	SIGTE- REST (g)	GENNEM FALD MATR.-D (g)	GENNEM FALD (% AF C) (%)	MASKE- VIDDE D (mm)
	1.140					63.5		
		2.000			29.356	34.1	53.76	2.000
		1.400			2.616	31.5	49.64	1.400
		1.000			2.470	29.0	45.75	1.000
		0.710			2.430	26.6	41.92	0.710
		0.500			2.697	23.9	37.68	0.500
		0.355			3.747	20.2	31.77	0.355
		0.250			4.865	15.3	24.11	0.250
		0.180			5.796	9.5	14.98	0.180
		0.125			4.772	4.7	7.46	0.125
		0.090			2.245	2.5	3.93	0.090
		0.063			1.056	1.4	2.27	0.063
		BUND			0.299			
		TOTAL BUND			1.439			
		I alt			63.49			

Analysetaab%	0.02
--------------	------



D.60	
53.76	2.000
49.64	1.400
D60 (mm)	3.433

D.50	
53.76	2.000
49.64	1.400
D50 (mm)	1.444

D.10	
14.98	0.180
7.46	0.125
D10 (mm)	0.141

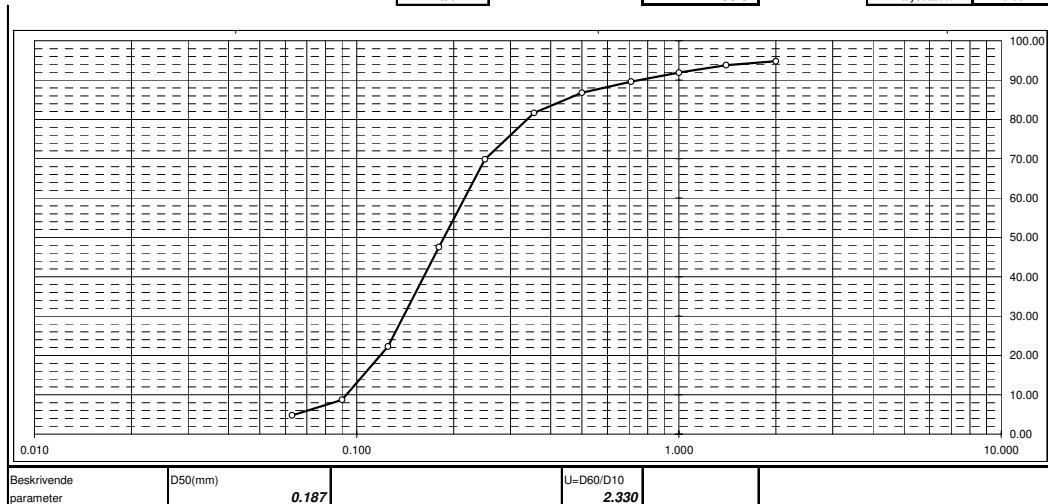


KORNSTØRRELSE

Sagsnavn:	Svanemøllebugten 2006	Filplacering:	H: Biolab/Korn/53947
Sagsnr:	53947	Evt. bemærkninger:	Silt + org.stof er udvasket på 63µm sigten med rigeligt vand. Rest herefter tørret og tabet beregnet
Prøvemærkning	Station: L21/4		
Lab id:	Svanemøllen06-2		
Sigtedato	6. juni 2006		
Init.	smm		
Org. stof fjernet	ja		

Silt mængde [g]	MASKE- VIDDE D (mm)	Sigte tom [g]	Sigte fuld [g]	SIGTE- REST (g)	GENNEM FALD MATR.<D (g)	GENNEM FALD (% AF C) (%)	MASKE- VIDDE D (mm)
3.700					86.5		
	2.000			4.495	82.0	94.81	2.000
	1.400			0.875	81.2	93.80	1.400
	1.000			1.626	79.5	91.92	1.000
	0.710			1.997	77.5	89.61	0.710
	0.500			2.439	75.1	86.79	0.500
	0.355			4.453	70.7	81.65	0.355
	0.250			10.191	60.5	69.87	0.250
	0.180			19.322	41.1	47.54	0.180
	0.125			21.859	19.3	22.28	0.125
	0.090			11.727	7.6	8.73	0.090
	0.063			3.408	4.2	4.80	0.063
	BUND			0.451			
	TOTAL BUND			4.151			
	I alt			86.54			

Analyseslab%	0.05
--------------	------



D.60	
69.87	0.250
47.54	0.180
D60 (mm)	0.216

D.50	
69.87	0.250
47.54	0.180
D50 (mm)	0.187

D.10	
22.28	0.125
8.73	0.090
D10 (mm)	0.093

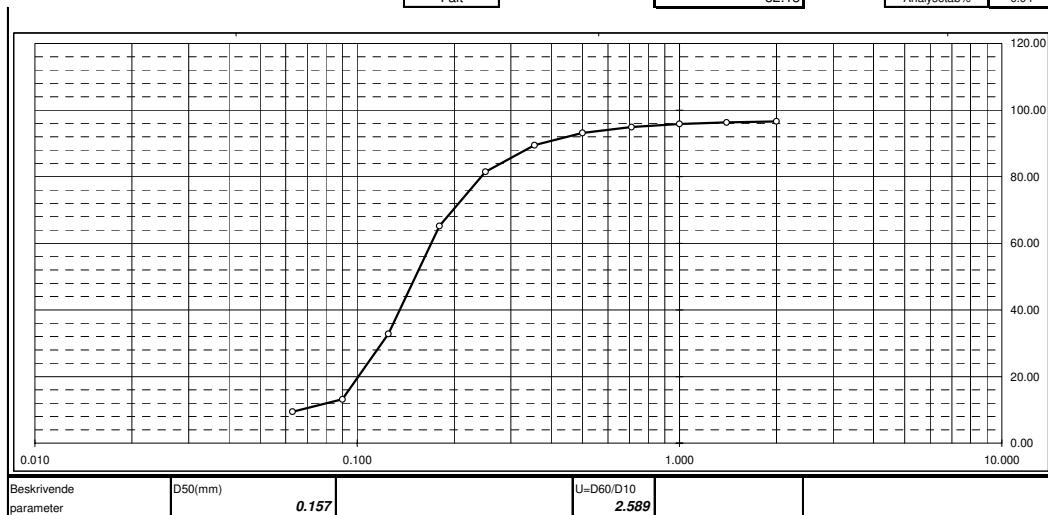


KORNSTØRRELSE

Sagsnavn:	Svanemøllebugten 2006	Filplacering:	H: Biolab/Korn/53947
Sagsnr:	53947	Evt. bemærkninger:	Silt + org.stof er udvasket på 63µm sigten med rigeligt vand. Rest herefter tørret og tabet beregnet
Prøvemærkning	Station: L28/4		
Lab id:	Svanemøllen06-1		
Sigtedato	6. juni 2006		
Init.	smm		
Org. stof fjernet	ja		

Silt mængde [g]	MASKE- VIDDE D (mm)	Sigte tom [g]	Sigte fuld [g]	SIGTE- REST (g)	GENNEM FALD MATR.-D (g)	GENNEM FALD (% AF C) (%)	MASKE- VIDDE D (mm)
7.500						82.1	
	2.000			2.808		79.3	2.000
	1.400			0.214		79.1	1.400
	1.000			0.402		78.7	1.000
	0.710			0.768		77.9	0.710
	0.500			1.448		76.5	0.500
	0.355			3.006		73.5	0.355
	0.250			6.561		66.9	0.250
	0.180			13.353		53.6	0.180
	0.125			26.600		27.0	0.125
	0.090			16.142		10.8	0.090
	0.063			3.065		7.8	0.063
	BUND			0.259			
	TOTAL BUND			7.759			
	I alt					82.13	

Analysetab%	0,04
-------------	------



D.60	
65.22	0.180
23.83	0.125

D60 (mm) 0.172

D.50	
65.22	0.180
23.83	0.125

D50 (mm) 0.157

D.10	
13.18	0.090
9.45	0.063

D10 (mm) 0.066

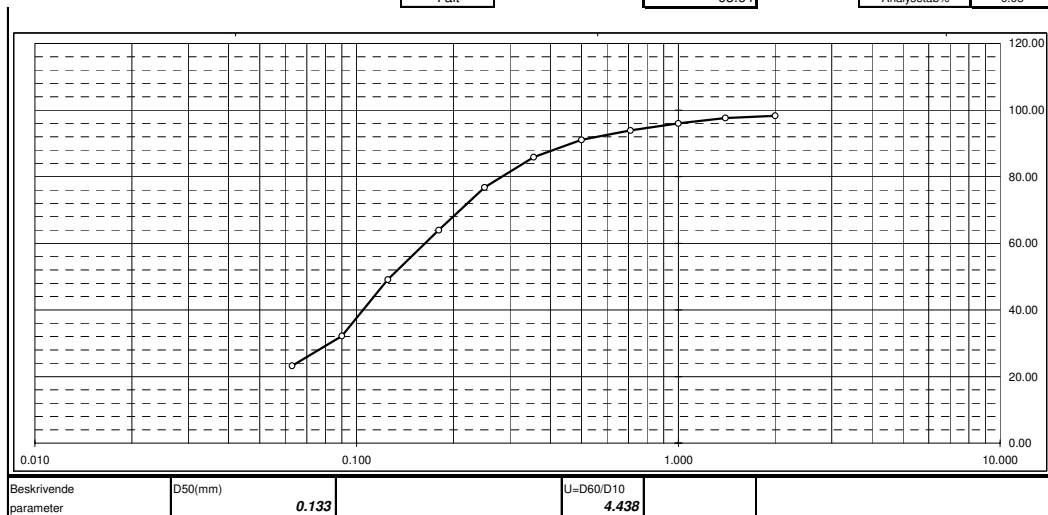


KORNSTØRRELSE

Sagsnavn:	Svanemøllebugten 2006	Filplacering:	H: Biolab/Korn/53947
Sagsnr:	53947	Evt. bemærkninger:	Silt + org.stof er udvasket på 63µm sigten med rigeligt vand. Rest herefter tørret og tabet beregnet
Prøvemærkning	Station: L31/1		
Lab id:	Svanemøllen06-4		
Sigtedato	6. juni 2006		
Init.	smm		
Org. stof fjernet	ja		

Silt mængde [g]	MASKE- VIDDE D (mm)	Sigte tom [g]	Sigte fuld [g]	SIGTE- REST (g)	GENNEM FALD MATR.-cD (g)	GENNEM FALD (% AF C)	MASKE- VIDDE D (mm)
20.470					93.6		
	2.000			1.598	92.0	98.29	2.000
	1.400			0.618	91.4	97.63	1.400
	1.000			1.537	89.9	95.99	1.000
	0.710			1.949	87.9	93.91	0.710
	0.500			2.657	85.3	91.07	0.500
	0.355			4.887	80.4	85.86	0.355
	0.250			8.484	71.9	76.80	0.250
	0.180			12.045	59.9	63.93	0.180
	0.125			13.861	46.0	49.13	0.125
	0.090			15.868	30.1	32.19	0.090
	0.063			8.400	21.7	23.22	0.063
	BUND			1.272			
	TOTAL BUND			21.742			
	I alt				93.64		

Analyselab%	0.05
-------------	------



D.60	
63.93	0.180
47.13	0.125
D60 (mm)	0.165

D.50	
63.93	0.180
47.13	0.125
D50 (mm)	0.133

D.10	
32.19	0.090
23.22	0.063
D10 (mm)	0.037



B I L A G C

Analyserapport, kemisk analyse af bundprøver

DHI
 Institut for Vand og Miljø
 Agern Alle 5
 2970 Hørsholm

Registrernr.: 925759
 Kundenr.: 70498
 Ordrenr.: 850147

Att.: Estelle Bjørnestad

Modt. dato: 2006.05.31

ANALYSERAPPORT

Sidenr.: 1 af 2

Rekvirent.....: DHI, Institut for Vand og Miljø
 Agern Alle 5, 2970 Hørsholm
 Prøvested.....: **Sedimenter fra Svanemøllebugte**
 Prøvetype.....: Sediment
 Prøveudtagning...:
 Prøvetager.....: Ikke oplyst
 Kundeoplysninger.:
 Analyseperiode...: 2006.05.31 - 2006.06.21

	Prøvenr.: 92575901 92575902 92575903 92575904				Enheder	Detekt. grænse		RSD (%)
	Prøve ID:					Metoder		
	Prøvemærke: L 14/4	L 21/4	L 28/4	L 31/1				
Tørstof	76	65	76	65	%	1.0	MK4031-DS204	5
Arsen (As)	4.1	2.5	3.0	4.2	mg/kg ts.	1.0	DS259/SM3120	10
Bly	36	15	8.7	21	mg/kg ts.	3.0	DS259/SM3120	9
Cadmium	0.37	0.11	0.10	0.30	mg/kg ts.	0.05	DS259/SM3120	14.3
Chrom	11	4.7	6.0	9.0	mg/kg ts.	1.0	DS259/SM3120	6.7
Kobber	46	12	5.0	16	mg/kg ts.	1.7	DS259/SM3120	4
Kviksølv (Hg)	2.4	0.34	0.10	0.34	mg/kg ts.	0.004	DS259SM3112fims	8
Nikkel	5.9	3.8	5.1	6.9	mg/kg ts.	1.2	DS259/SM3120	6
Zink	140	42	32	75	mg/kg ts.	1.0	DS259/SM3120	4
THC-total kulbrinter	91	48	17	69	mg/kg ts.	2.0	MK2020-GC/FID	12
PAH-forbindelser								
Acenaphthen	8.5	2.6	0.9	8.7	µg/kg ts.	0.5	M-0-007	20
Fluoren	11	5.0	2.3	18	µg/kg ts.	0.5	M-0-007	20
Phenanthren	76	43	23	190	µg/kg ts.	0.5	M-0-007	20
Anthracen	11	7.2	4.5	32	µg/kg ts.	0.5	M-0-007	20
Fluoranthren	140	95	69	400	µg/kg ts.	0.5	M-0-007	20
Pyren	120	80	58	330	µg/kg ts.	0.5	M-0-007	20
Benz(a)anthracen	55	42	32	150	µg/kg ts.	0.5	M-0-007	20
Crysen/Triphenylen	64	46	34	160	µg/kg ts.	0.5	M-0-007	20
Benzfluoranthener (b+j+k)	170	130	100	430	µg/kg ts.	0.5	M-0-007	20
Benzo(a)pyren	70	65	51	220	µg/kg ts.	0.5	M-0-007	20
Indeno(1,2,3-cd)pyren	53	44	36	150	µg/kg ts.	0.5	M-0-007	20
Benzo(ghi)perylen	47	40	31	120	µg/kg ts.	0.5	M-0-007	20
Sum PAH'er	820	600	450	2200	µg/kg ts.		M-0-007	20
Polychlorede biphenyler								
PCB nr. 28	0.9	<0.5	<0.5	1.0	µg/kg ts.	0.5	M-0-007	20
PCB nr. 52	0.5	<0.5	<0.5	0.9	µg/kg ts.	0.5	M-0-007	20
PCB nr. 101	1.1	<0.5	<0.5	2.8	µg/kg ts.	0.5	M-0-007	20
PCB nr. 118	1.5	0.6	<0.5	2.4	µg/kg ts.	0.5	M-0-007	20

Tegnforklaring:

RSD : Relativ Analyseusikkerhed.

< : mindre end. i.p.: ikke påvist.

> : større end. i.m.: ikke målelig.

: ingen af parametrene er påvist.

Prøvningsresultaterne gælder udelukkende for de(n) undersøgte prøve(r).

Rapporten må ikke gengives, undtagen i sin helhed, uden prøvningslaboratoriets skriftlige godkendelse.

DHI
Institut for Vand og Miljø
Agern Alle 5
2970 Hørsholm

Registrernr.: 925759
Kundenr.: 70498
Ordrenr.: 850147

Att.: Estelle Bjørnestad

Modt. dato: 2006.05.31

ANALYSERAPPORT

Sidenr.: 2 af 2

Rekvirent.....: DHI, Institut for Vand og Miljø
Agern Alle 5, 2970 Hørsholm
Prøvested.....: **Sedimenter fra Svanemøllebugte**
Prøvetype.....: Sediment
Prøveudtagning...:
Prøvetager.....: Ikke oplyst
Kundeoplysninger.:
Analyseperiode...: 2006.05.31 - 2006.06.21

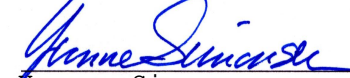
Prøvenr.:	92575901				92575902				92575903				92575904				Detekt. grænse	Metoder	RSD (%)	
	Prøve ID:				Prøvemærke: L 14/4				L 21/4				L 28/4							L 31/1
PCB nr. 138	4.1				1.6				<0.5				6.2				µg/kg ts.	0.5	M-O-007	20
PCB nr. 153	2.8				0.9				<0.5				5.3				µg/kg ts.	0.5	M-O-007	20
PCB nr. 180	2.0				0.8				<0.5				3.6				µg/kg ts.	0.5	M-O-007	20
Sum 7 PCB	13				4.0								22				µg/kg ts.		M-O-007	20
Organotinforbindelser																				
Monobutyltin-Sn (MBT-Sn)	33				32				28				29				µg/kg ts.	7.0	MK2085-GC/MS	20
Dibutyltin-Sn (DBT-Sn)	8.9				5.2				3.1				8.5				µg/kg ts.	3.0	MK2085-GC/MS	20
Tributyltin-Sn (TBT-Sn)	5				3				<2				6				µg/kg ts.	2	MK2085-GC/MS	20
Triphenyltin-Sn (TPHT-Sn)	<1.0				<1.0				<1.0				<1.0				µg/kg ts.	1.0	MK2085-GC/MS	20

Tegnforklaring:

RSD : Relativ Analyseusikkerhed.
< : mindre end. i.p.: ikke påvist.
> : større end. i.m.: ikke målelig.
: ingen af parametrene er påvist.

Yvonne Simonsen
Kontaktperson

21. juni 2006



Yvonne Simonsen
Kvalitetssikring

Prøvningsresultaterne gælder udelukkende for de(n) undersøgte prøve(r).
Rapporten må ikke gengives, undtagen i sin helhed, uden prøvningslaboratoriets skriftlige godkendelse.