

AUGUST 2024
LYNGBY-TAARBÆK KOMMUNE

STORMFLODSBESKYTTELSE I TAARBÆK

VURDERING AF SYSTEM AF KYSTNÆRE BØLGEBRYDERE



AUGUST 2024
LYNGBY-TAARBÆK KOMMUNE

STORMFLODSBESKYTTELSE I TAARBÆK

VURDERING AF SYSTEM AF KYSTNÆRE BØLGEBRYDERE

PROJEKTNR. DOKUMENTNR.
A273244 A273244-COWI-REP-001

| VERSION | UDGIVELSESDATO | BESKRIVELSE | UDARBEJDET | KONTROLLERET | GODKENDT |
|---------|----------------|-------------|-----------------|--------------|----------|
| 2.0 | 28-08-2024 | FINAL | ADKE | JJU | ADKE |
| 1.1 | 22-08-2024 | DRAFT | OJJ, ADKE | JJU | ADKE |
| 1.0 | 16-07-2024 | | OJJ, ADKE | JJU | ADKE |
| 0.1 | 03-07-2024 | | ASHN, OJJ, ADKE | JJU | ADKE |

INDHOLD

| | | |
|-----|---|----|
| 1 | Introduktion | 7 |
| 1.1 | Denne undersøgelses formål og aktiviteter | 9 |
| 2 | Sammenfatning og anbefalinger | 11 |
| 2.1 | Sammenfatning | 11 |
| 2.2 | Anbefalinger | 14 |
| 3 | Projektgrundlag | 16 |
| 3.1 | Vanddybder (Bathymetri) | 16 |
| 3.2 | Vind, vandstand, bølger og strøm (metocean) | 16 |
| 3.3 | HD-modellering | 20 |
| 3.4 | Eksisterende sandtransport og sand | 20 |
| 3.5 | Jordbundsforhold | 22 |
| 4 | Planløsninger | 25 |
| 5 | Kystnære bølgebrydere | 27 |
| 5.1 | Dimensionering af bølgebrydere | 27 |
| 5.2 | Bølgediffraktion gennem åbninger | 27 |
| 5.3 | Mulig udbygning af Taarbæk Havn | 30 |
| 6 | Vandstrømninger og vandskifte | 33 |
| 6.1 | Eksisterende forhold | 33 |
| 6.2 | Projektets indflydelse på strømmen | 33 |
| 6.3 | Vandskifteforhold | 36 |
| 6.4 | Badesikkerhed | 42 |
| 7 | Sandtransport | 44 |
| 7.1 | Forlængelse af høfden ved Bellevue Strand | 48 |
| 7.2 | Eksempel fra Skodsborg og hvorfor det bliver anderledes i Taarbæk | 50 |

| | | |
|-----|--|----|
| 8 | Visualisering | 51 |
| 9 | Anlægsmetode og tidsplan | 54 |
| 9.1 | indledning | 54 |
| 9.2 | Anlægsmetode | 54 |
| 9.3 | Anlæg af høldeforlængelse ved Bellevue | 55 |
| 9.4 | Tidsplan | 55 |
| 10 | Anlægsoverslag | 56 |
| 11 | References | 60 |

1 Introduktion

Udfordringen for kyststrækningen ved Taarbæk er, at kystsikringen i dag består af lokale og ukoordinerede løsninger, der ikke giver tilstrækkelig beskyttelse under stormflod med samtidigt højvande og bølgepåvirkning. Dette har tidligere givet problemer især under stormfloden Bodil d. 6. dec. 2013, hvor der forekom bølgeoverskyl på mure med en topkote på +2,2 og endvidere opstod der skader på havnens nordre mole.

Lyngby-Taarbæk Kommune har i de seneste par år udarbejdet et skitseprojekt for kyststrækningen mellem Springforbi og Bellevue Strand, indeholdende 3 forslag til helhedsløsninger for kystbeskyttelsen /1/. Projektet er i en fase nu hvor der fokuseres alene på de oversvømmelsestruede ejendomme beliggende fra Nordlyvej lige nord for Havnen til Bellevue i syd. Undersøgelserne i skitseprojektet omhandlede blandt andet hvordan man kan afhjælpe eller reducere bølgeoverskyllet over de mange private og offentlige kystmure, der findes på denne kyststrækning. Erfaringen viser, herunder især under stormen Bodil d. 6. dec. 2013 og igen under Pia d. 22. dec. 2023, at der ved meget kraftig vind fra nordvestlig til nordlig retning sker en kraftig vindstuvning som påvirker Kattegat og Øresund m.m. Selvom de lokale bølger fra nordvestlig til nordlig retning er mindre end hvad der er tilfældet for vind fra øst og sydøst, kan der på grund af det ekstreme højvande forekomme alvorligt bølgeoverskyl over mange af kystmurene med deraf følgende oversvømmelse af haver bag murene.

Der blev i skitseprojektet blandt andet arbejdet med løsninger, der reducer bølgerne med en stenkastning foran muren eller ved en kraftig forhøjelse af muren for at reducere bølgeoverskyllet. Disse løsninger er af mange af grundejerne fundet ikke at være optimale. En stenkastning vil komme i karambolage med de mange private badebroer langs kysten. Med hensyn til en kraftig forhøjelse af kystmurene, er der hos beboerne en modstand mod dette, da det vil reducere eller helt eliminere udsynet over havet fra matriklerne.

Grundejerne har et ønske om, at eksisterende konstruktioner så vidt muligt skal indgå i fremtidige løsninger og det varierende udtryk langs strækningen bevares i så stort et omfang det er muligt. Endvidere er der et ønske om at kunne vedblive med at have udsigt over Øresund, samtidig med at en god vandkvalitet kan opretholdes langs kyststrækningen.

Figur 1-1 viser, hvor eksisterende mure og huse over +2 m DVR90 er placeret og derved høje nok (grøn/blå linje) til at udgøre en vis højvandsbeskyttelse, hvis udgange til badebroer og bådophal også lukkes i tilfælde af stormflod.



Figur 1-1 Oversigt over kyststrækningen med mure over +2 m DVR90, /2/.

COWI blev i november 2023 forespurgt om vi kunne lave en uafhængig vurdering af mulighederne for at bruge de eksisterende kystmure og mobile løsninger i en fremtidig stormflodsbeskyttelse til beskyttelse af strækningen fra Nordlyvej lige nord for Taarbæk Havn til Bellevue Strand. Under denne analyse kom vi til den konklusion, at det kunne være fordelagtigt at anlægge et system af fritliggende bølgebrydere som stenkastningskonstruktioner et stykke fra kysten, samtidig med en mindre forhøjelse af de eksisterende mure. Der har tidligere været diskuteret om sådanne bølgebrydere kunne være undersøiske, men det er ikke tilfældet, da de kun har den nødvendige bølgedæmpende virkning, hvis deres kroneskote er lidt over vandspejlet. Der er her ikke tale om vandspejlet på en dag med normal vandstand, men under en stormflod hvor disse bølgebrydere skal virke. Derfor vil man i det følgende se at disse bølgebrydere er vist med en

kronekote på +2,3 m.

Denne rapport omhandler et nærmere studie af COWIs forslag til en samlet udformning med et system af bølgebrydere og mindre forhøjninger af eksisterende mure langs kyststrækningen. Disse omfatter udover projektgrundlag, også planudformning og foreløbigt design af bølgebryderne, samt beskrivelser af sedimenttransport og strømforhold herunder vandskiftet i vandområdet mellem kysten og bølgebryderne.

Der kigges overordnet på to forskellige udformning af bølgebryderne:

- > Planløsning 1: Der etableres 4 bølgebrydere langs strækningen syd for Taarbæk Havn og ned til Bellevue Strand.
- > Planløsning 2: Der etableres 3 bølgebrydere langs strækningen syd for Taarbæk Havn og ned til Bombegrunden. Anden kystbeskyttelse af området mellem Bombegrunden og Bellevue strand er ikke en del af denne undersøgelse, hvorfor henvises til skitseprojektets løsningsforslag.

1.1 Denne undersøgelses formål og aktiviteter

Lyngby-Taarbæk Kommune og Styregruppen har interesse i overordnet at få belyst om en serie af bølgebrydere kan etableres på en måde, så en god vandkvalitet kan opretholdes, og uden at løsningen kommer til at fungere som sedimentfang med en markant fremrykning af kystlinjen til følge.

Eksisterende anvendelser af Øresund skal kunne fortsætte, bl.a. med henblik på badebroer og slæbesteder, at foreningsaktiviteter ved Jollehavnen/Rosenhaven kan foregå mere eller mindre upåvirket (bl.a. med henblik på adgangsforhold), at Søvej 10 og Bombegrunden bevares som en sandstrand.

Følgende aktiviteter er en del af det gennemførte studie med et system af kystnære bølgebrydere:

- > En vurdering af vandskiftet og strømforholdene bag bølgebryderne.
- > En vurdering af indflydelsen af en forlængelse af den nordlige hofde ved Bellevue Strand på sandtransporten, samt etablering af en mulig hofde nord/syd for Bombegrunden.
- > En vurdering/beskrivelse af sandtransporten og op stuvning af tang, og indvirkningen på denne ved en etablering af bølgebrydere.
- > En vurdering af badesikkerheden ved etablering af et system af bølgebrydere.
- > En vurdering af transmissionen af bølger gennem åbninger mellem bølgebryderne.

- > Taarbæk Havns eventuelle beskyttende effekt på kyststrækningen.
- > Hvordan udsigten udover bølgebryderne eventuelt kan komme til at se ud.
- > Belysning af en mulig anlægsmetode for bølgebryderne.

2 Sammenfatning og anbefalinger

2.1 Sammenfatning

Denne rapport omhandler nærmere undersøgelser af COWIs forslag til en samlet udformning med et system af bølgebrydere og mindre forhøjninger af eksisterende mure langs kyststrækningen mellem Bellevue Strand og Taarbæk Havn med henblik på stormflodssikring. Rapporten har fokus på planudformning, foreløbig design af bølgebryderne, vandstrømninger og vandskifte bag bølgebryderne, samt sandtransport.

Det vurderes overordnet at et system af kystnære bølgebrydere med en mindre forhøjelse af eksisterende kystmure til kote +2,5 m DVR90, som præsenteret i nærværende rapport, er en plausibel løsning som stormflodsbeskyttelse mellem Taarbæk Havn og Bellevue Strand.

Det bemærkes, at en etablering af bølgebryderne i sig selv vil give en forbedring af den eksisterende stormflodsbeskyttelse, da bølgerne reduceres med ca. 65% bag bølgebryderne under ekstremt højvande, som beskrevet nedenfor. Dette vil give en relativ stor reduktion af overskylltet ind over de eksisterende mure. Bølgebryderne vil dog ikke have nogen effekt på vandstanden under en stormflodshændelse.

Der er undersøgt to primære planløsninger med hhv. 4 bølgebrydere (planløsning 1) og 3 bølgebrydere (planløsning 2), samt muligheden og den potentielle effekt af udvidelsen af den nordlige hofde ved Bellevue Strand. Bellevue Strandbad (Taarbæk Strandvej 14A), herunder bygningerne, tårnene og badebroerne, blev omfattet af bygningsfredning i 2001. Etablering af en hofde i forlængelse af badebroen vil sandsynligvis kræve en dispensation fra fredningen, idet hofden vil være en "tilbygning" til eksisterende fredede konstruktion. Det er Slots- og Kulturstyrelsen der er myndighed på fredningen.

Analyserne tager udgangspunkt i en 100-års hændelse i år 2050 svarende til en vandstand på +1,9 m DVR90 og en signifikant bølgehøjde fra NNØ på ca. 1,0 m (stormflod fra Nord). Endvidere er der ved design af bølgebryderen taget højde for en 100-års hændelse fra øst med en vandstand på +0,65 m DVR90 i år 2050 og en signifikant bølgehøjde på 1,4 m. Projektgrundlaget er nærmere beskrevet i afsnit 3.

Planløsningerne er udformet således, at nuværende anvendelser af Øresund kan fortsætte uden større påvirkning, med undtagelse af at mindre lystbåde og joller nu skal sejle ud gennem åbningerne mellem bølgebryderne for at komme ud på Øresund. Der er placeret en åbning ud for Jollehavnen for herfra at give lettere adgang til Øresund. Ved udformning af åbningerne er der taget hensyn til reduktionen af bølger gennem disse ved bl.a. at dreje disse mod nordøst. Åbningerne er 15 m tilsvarende indsejlingsbredden i Taarbæk Havn. Planløsningerne er nærmere beskrevet i afsnit 4.

De foreslåede planløsninger vurderes at reducere mængden af tang, der kommer ind på kyststrækningen i forhold til de nuværende forhold, da en stor del af tangen vil blive skyllet op på bølgebryderne. Det skal forventes, at den tang der kommer ind bag bølgebryderne, sandsynligvis ikke vil blive skyllet ud igen, hvorfor det kan blive nødvendigt at skulle ud og fjerne tang.

Bølgediffraktionen gennem åbningerne er undersøgt for bølger fra NØ, hvor en reduktion på ca. 90% inde ved kysten opnås i forhold til bølgerne foran bølgebryderne, hvilket findes acceptabelt. Bølgediffraktionen er også undersøgt for bølger for Ø og SØ, hvor denne også findes acceptabel. Bølgebryderne er designet med henblik på tilstrækkelig hydraulisk stabilitet mod storme fra Øst, samtidig med hensyn til tilstrækkelig reduktion af bølgetransmissionen over bølgebryderne ved stormflod fra Nord. Bølgetransmission er vurderet til ~35% svarende til en reduktion af bølgehøjden på 65%, hvilket findes acceptabelt. Nærmere beskrivelser fremgår af afsnit 5.

Det er beskrevet overordnet om Taarbæk Havn har en beskyttende effekt på kyststrækningen, samt hvad en eventuel udvidelse af havnen kan have af indflydelse på planløsningerne. Dette er beskrevet under afsnit 5.3.

Der er udført modelsimuleringer af vandskiftet under en kritisk periode ved lav strøm og høj vandstand for begge planløsninger (3 og 4 bølgebrydere) med og uden en forlængelse af den nordlige hofde ved Bellevue. For planløsning 1 (4 bølgebrydere) er vandskiftet uden forlængelse af hofden ved Bellevue ca. 0,2 til 1,6 dage, hvor den med forlængelse af hofden øges til ca. 1 til 3 dage. Vandskiftet er bedre for planløsning 2 (3 bølgebrydere), da der er bedre ind- og udstrømningsforhold med kun 3 bølgebrydere. Der observeres et vandskifte på ca. 0,2 til 1,2 dage, både uden og med forlængelse af hofden ved Bellevue for planløsning 2. Generelt anses vandskiftet som værende godt. Vandskiftesimuleringerne er beskrevet nærmere i afsnit 6.3.

Etableringen af bølgebryderne vil have en indflydelse på den eksisterende nordgående sandtransport, da bølgebryderne vil beskytte kyststrækningen og dermed reducere den nordgående transport på kyststrækningen. Der kan fortsat opstå sandtransport foran bølgebryderne under kraftige storme. Under kraftige storme kan der blive transporteret sand ind gennem åbningerne på grund af bølgepåvirkning og den deraf genererede strøm. Dette sand vil sandsynligvis aflejre sig inde bag bølgebryderne eller i åbningen, hvorfor det ikke kan udelukkes, at det efter nogle år kan blive nødvendigt at oprense sandet for at fastholde rimelige dybdeforhold i området. Det er ikke muligt at sige noget om mængden af sandaflejringer på baggrund af analyserne udført i forbindelse med denne rapport. Bag bølgebryderne er det vurderet, at der sjældent vil opstå sandtransport forårsaget af strøm. Der kan dog opstå sandtransport i forbindelse med ekstreme storme med deraf følgende øgede strømhastigheder i Øresund. Sandtransporten er yderligere beskrevet i afsnit 7.

En forlængelse af den nordlige hofde ved Bellevue Strand er undersøgt med henblik på at reducere den nordgående sandtransport. Det er vurderet, at en forlængelse på ca. 55 m ud til en vanddybde på 2 m vil reducere den nordgående sandtransport og derved vil sandet aflejre sig ved Bellevue Strand. Hofden

foreslås etableret op til kote +1,5 m DVR90. En anden mulighed er at etablere en ny hofde nord for Bombegrunden som vil have en lignende effekt, samtidig med at sandet i stedet forventes at aflejre på stranden ved Bombegrunden. Høfden vil dog være mere omkostningstung og effekten på vandskiftet er usikkert. Det vurderes ikke, at der vil være udfordringer med at bibeholde sandstrandene ved Bombegrunden og Søvej 10, såfremt den eksisterende hofde ved Bellevue forlænges eller der etableres en ny ved Bombegrunden. Der kan dog forekomme mindre erosion af stranden ved Bombegrunden, hvorfor det på sigt kan være nødvendigt med tilførsel af sand. Der henvises til afsnit 7.1 for yderligere information.

Ved bølgebryderne etableret i 2004 ved Skodsborg, har sandstranden kontakt ud til bølgebryderne, hvilket bl.a. er pga. en initial sandfodring og det længere stræk med sandkyst både nord og syd for området. Det vurderes, at der ikke vil komme sandaflejringer i stil med dette ved Taarbæk ifm. etablering af et system af bølgebrydere. Dette skyldes, at den sydgående sedimenttransport er delvist blokeret af Taarbæk Havn og af de tre nye bølgebrydere, og at transporten mod nord delvist blokeres af en forlængelse af hofden ved Bellevue Strand eller evt. en ny hofde ved Bombegrunden.

Badesikkerheden vil blive påvirket af anlæggelse af de kystnære bølgebrydere, dog forventelige i form af en beskyttende effekt, da de vil blokere for bølge fra Øresund og dermed skabe mere rolige forhold end de eksisterende. Der kan opstå utilsigtede situationer med folk som sejler/svømmer ud og kravler op på bølgebryderne og kommer til skade, hvorfor det bør være forbudt at opholde sig på bølgebryderne. Der henvises til afsnit 6.4 for nærmere beskrivelse.

På grund af den lave vanddybde ved projektlokationen, så er anlægsarbejderne udfordret. Det foreslås derfor at Bombegrunden benyttes som arbejdsplads og til opmagasinering i anlægsperioden, samt som tilgang ud til området for bølgebryderne via en midlertidig etableret dæmning. Benyttelsen af Bombegrunden forudsætter, at der gives dispensation for fredningen. Udover fredningshensyn, kan også andre hensyn skulle tages i betragtning, f.eks. belastning oven på eksisterende spildevands- og regnvandsledninger, m.v. Det estimeres, at en etablering af hhv. planløsning 1 og 2 inklusiv en hofdeforlængelse vil tage omkring 11 og 9 måneder. Se nærmere under afsnit 9.

Der er på baggrund af planløsning 1 og 2 inklusiv en hofdeforlængelse udarbejdet to anlægsoverslag baseret på erfaringspriser og estimerede generelle omkostninger, geotekniske undersøgelser og administrationstillæg (planarbejde, projektering, tilsyn m.v.). For planløsning 1 er anlægsoverslaget estimeret til ca. 70 mio. DKK, hvor det for planløsning 2 er estimeret til ca. 52 mio. DKK. Priser er angivet ekskl. moms. Der henvises til afsnit 10 for et mere detaljeret overblik over omkostningerne.

Det er udarbejdet tre tegninger for projektet, samt to visualiseringer, som er vedlagt rapporten:

- > A273244-COWI-DWG-001: Plantegning for planløsning 1 inklusiv en forlængelse af den nordlige hofde ved Bellevue Strand, se Bilag C.

- > A273244-COWI-DWG-002: Plantegning for planløsning 2 inklusiv en forlængelse af den nordlige hofde ved Bellevue Strand, se Bilag C.
- > A273244-COWI-DWG-101: Snittegning med typisk tværsnit for bølgebryderne, samt tværsnit for forlængelsen af den nordlige hofde ved Bellevue Strand, se Bilag C.
- > Visualisering ved udkig udover bølgebryderne set fra kystejendom mod øst inklusiv en forhøjning af den kystnære mur til kote +2,5 m DVR90.
- > Visualisering ved udkig udover bølgebryderne fra Taarbæk Havn mod syd.

2.2 anbefalinger

For teknisk at belyse projektet yderligere og nærmere undersøge muligheden for etableringen af et system kystnære bølgebrydere kombineret med en forhøjning af mure, anbefales det at følgende udføres:

- > Supplerende arbejder i form af geotekniske boringer på grund af begrænset viden om de lokale geotekniske forhold ved kyststrækningen. De geotekniske boringer skal udføres under bølgebryderens tracé. Det forventes, at 8 boringer jævnt fordelt vil være tilstrækkeligt, dog med forbehold for eventuelle tilføjelser, såfremt der findes stor variation mellem boringerne.
- > Geotekniske stabilitetsberegninger af bølgebryderne med udgangspunkt i informationerne fra de geotekniske boringer.
- > Supplerende analyser af sedimenttransport i form af modelsimuleringer for at give et bedre overblik over:
 - > indflydelsen på kyststrækningen ved en forlængelse af hofden ved Bellevue (eller etablering af en hofde ved Bombegrunden) og dennes effekt mod nord og syd, samt foran bølgebryderne.
 - > sedimenttransporten under ekstreme østenstorme.
- > Det bør overvejes om en eventuel undersøgelse af badekvaliteten med henblik på det reducerede vandskifte bag bølgebryderne og udløb fra overløb/kilder i projektområdet bør udføres. Dette under hensyntagen til kvalitetskravene beskrevet i Bekendtgørelsen om badevand og badeområder.
- > Dimensionering af en forhøjning af de eksisterende kystmure langs projektstrækningen vil kræve yderligere undersøgelser og vurderinger af kvaliteten af murene og om en forhøjning af disse er realistisk eller om der skal etableres nye mure. Det vil kræve en del forundersøgelser af de eksisterende mure og jordbundsforhold for at kunne vurdere ovenstående, da der er omkring 50-60 grundejere med potentielt hver deres type og tilstand af kystmur. En sådan forundersøgelse kan bl.a. indeholde:

- > Gennemgang af de eksisterende mures tilstand f.eks. visuelt og med prøvninger af murernes trykstyrke (under antagelse af beton), samt opmåling af synlige dimensioner, såfremt de ikke er tilgængelige på anden vis.
- > Undersøge om de enkelte grundejere har tegninger af murerne for at belyse dimensioner, materialeegenskaber og eventuel opbygning under terræn.
- > Prøvegravninger ved mure for at belyse geometrien under terræn.
- > Geotekniske borer eller nærmere undersøgelser af eksisterende borer i nærheden af området for at belyse eventuelle udfordringer i forbindelse funderingsforholdene og dermed den geotekniske stabilitet.
- > En eventuel revurdering af designforholdene (bølger og strøm) med henblik på at inkludere oktober stormen 2023 (storm fra øst) og januar stormen 2024 (storm fra øst).
- > Projektering af bølgebrydere og hofdeforlængelse.
- > Udarbejdelse af en 3D-model (geometri) i forbindelse med et udbud for præcisering af mængder og dermed få et mere pålideligt billede af anlægsomkostningerne.
- > Såfremt Taarbæk havns eventuelle beskyttende effekt ønskes undersøgt nærmere, kan der udføres mere detaljerede simuleringer af bølgetransformationen syd for havnen.

3 Projektgrundlag

I følgende afsnit beskrives eksisterende dybdeforhold og hydrauliske forhold, sand/sediment transport. Disse forhold danner tilsammen projektgrundlag for en foreløbig projektering af bølgebryderne.

3.1 Vanddybder (Bathymetri)

Vanddybdeforholdene i projektområdet fra Taarbæk Havn ned til Bellevue Strand er vist på Figur 3-1. Vanddybden kan generelt karakteriseres ved, at 1 m dybdekurven er beliggende ca. 30 m fra kysten, og 1,5 m kurven ca. 60 til 70 m fra kysten.

Det er vanddybder i denne størrelsesorden, som er relevante for forslaget til anlæg af et system af bølgebrydere udfør kysten i ca. 50 til 60 m afstand fra kysten til centerlinjen i kronen på bølgebryderne.

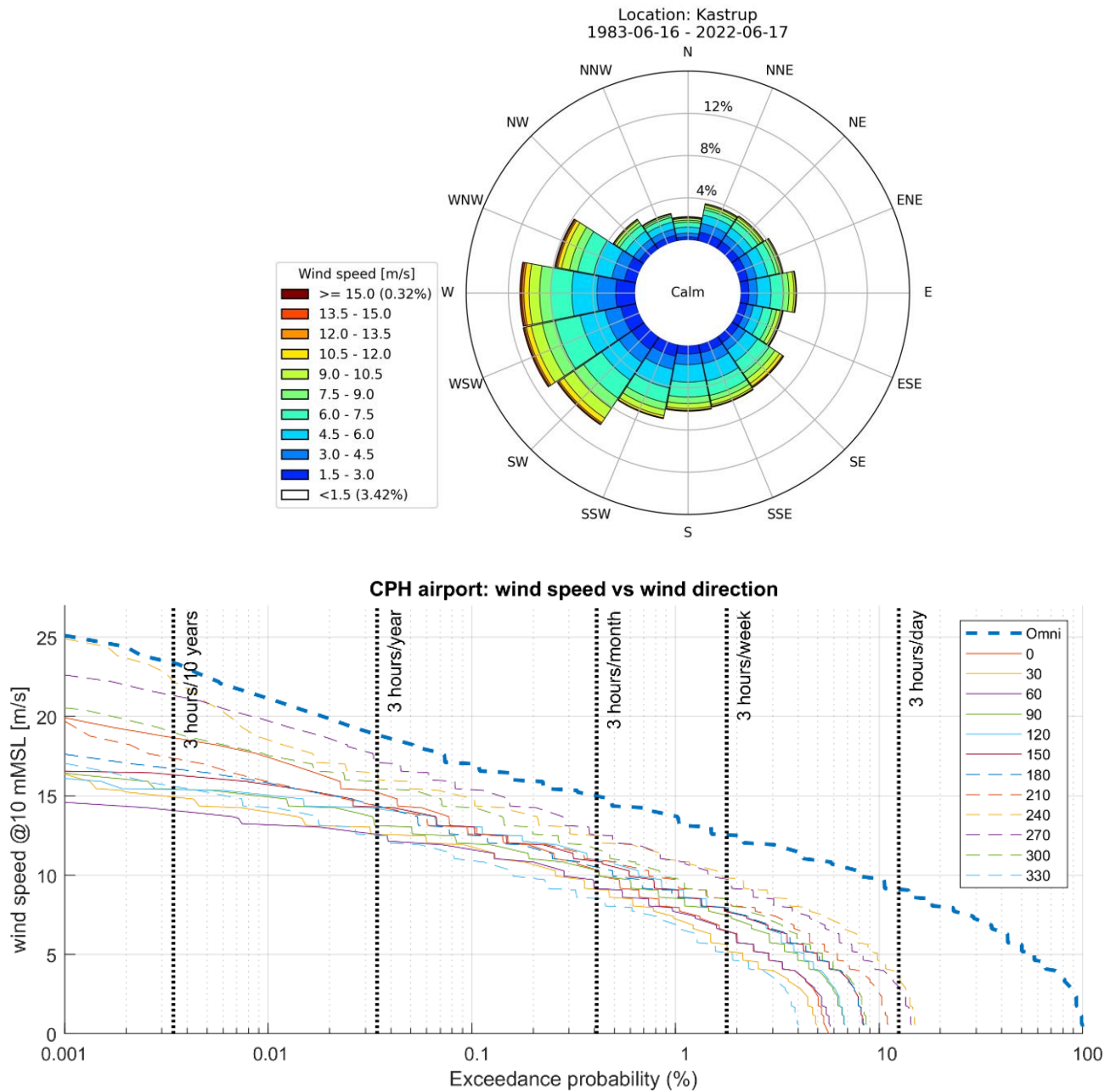


Figur 3-1 Vanddybdeforhold i projektområdet nær Taarbæk Havn og Bellevue Strand. Figuren er orienteret med nord til venstre (se nordpil).

3.2 Vind, vandstand, bølger og strøm (metocean)

3.2.1 Vind

Vindforholdene i Øresund er belyst ved vindrosen vist på Figur 3-2. Hovedvindretningerne ses at være fra vest og sydvest; mens vinde fra retninger mellem nordøst til sydøst, som giver pålandsvind i Taarbæk, er væsentligt mindre hyppige.



Figur 3-2 Øverst: Vindrose for 10-min midlet vindhastighed ved +10 m DVR90. Nederst: Retningsfordelt overskridelsessandsynlighed for 10-min midlet vindhastighed ved +10 m DVR90. Generelt: Data fra Københavns Lufthavn 1983-2022, retninger er defineret som middeltretninger og "kommende fra".

3.2.2 Oversigt over stormfloder

Øresundskysten er især udsat for to typer ekstreme stormfloder:

Stormflod fra nord med meget kraftig vind fra NV til N tilsvarende stormene Bodil og Pia. Disse storme giver det højeste højvande, men begrænsede bølger, da vinden kommer skråt ind som fralandsvind eller stort set parallel med kysten. DHIs undersøgelser viser at den signifikante bølgehøjde kan opnå en størrelse på ca. 1,0 m med en peak bølgeperiode på 6 til 8 s. Vandstanden i Københavns

Havn under Bodil var ca. +1,7 m, og ifølge vandstandsstatistikken fra Kystdirektoratet er vandstanden for en 50 års hændelse +1.5 m og for en 100 års hændelse +1.6 m. I den forbindelse skal det noteres, at en vandstand på +1.7 m, svarende til Bodil, er rapporteret for 1921/22 af DMI i rapport af 1949. Der kan således være tale om, at en storm som Bodil kan have et gentagelsesinterval på 100 år.

Stormflod fra øst med meget kraftig vind fra NNØ til Ø. Den værste veldokumenterede storm af denne type er 13-14 nov. 1872, som forårsagede meget stor stormflod i den vestlige del af Østersøen og med storm i Øresund med en vind på ca. 27 m/s med et maksimalt højvande på +0,5 m, hvilket med vandstandsstigningen de sidste 150 år svarer til ca. +0,65 m ved Taarbæk. Dette regnes konservativt som en 100 års storm i dag. Denne situation er medtaget for at sikre, at fremtidig kystbeskyttelse er undersøgt også for ekstreme bølger fra østlig retning.

3.2.3 Vandstand

Vandstanden i Øresund ved Taarbæk er påvirket af en række faktorer:

- 1 Det astronomiske tidevand er begrænset og normalt ca. 10 cm og ved Springflod ca. 15 cm. En typisk situation ses i Figur 6-3.
- 2 De største variationer i vandstanden skyldes vinden; og der kan typisk være op til +1,5 m højvande og -1,0 m lavvande ved storm fra forskellige retninger. De højeste vandstande forekommer ved stormfloder fra nordvest til nord tilsvarende Bodil d. 6 dec. 2013, hvor vandstanden nåede ca. +1,7 m. Dette skyldes primært vinden, såkaldt vindstuvning, men også lavtryk, se nedenfor.
- 3 Derudover varierer vandstanden med lufttrykket. Normalt/middel lufttryk er 1013 mbar, og lavt lufttryk forårsager højvande. F.eks. hvis lufttrykket er 963 mbar vil vandstanden stige med ca. 0,50 m.
- 4 Derudover er vandstanden på længere sigt påvirket af stigningen af vandstanden i havet på grund af klimaforandringer samt at landet langsomt hæver sig efter istidens sammenpresning.

I skitseprojektet, /1/, er der udført analyser af maksimale vandstande under stormflod for forskellige returperioder og under hensyntagen af fremskrivning i forhold til den relative havspejlsstigning, se Figur 3-3. Den yderste venstre kolonne refererer til havspejlsstigningen, hvor +35 cm, +50 cm og +100 cm svarer ca. til en tidshorisont på hhv. 25-30 år (~år 2050), 40-60 år (~år 2075) og 80-110 år (~år 2120).

Der er på baggrund af afsnit 3.2.2 og analyser udført under skitseprojektet, /1/, udvalgt en 100-års stormflodshændelse med en tidshorisont i år 2050 svarende til en vandstand på +1,9 m DVR90. Dette svarer til vandstanden brugt under det forrige COWI studie /3/.

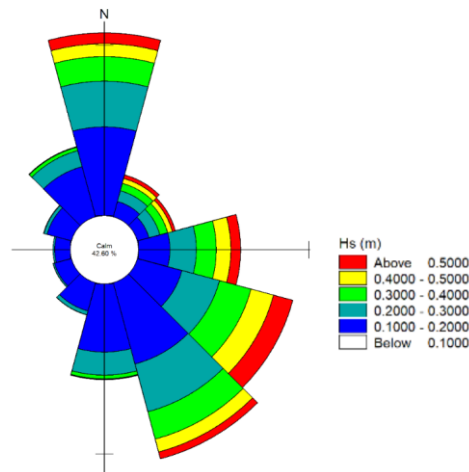
Tabel 6 Fremskrevne maksimale vandstande under stormflod for forskellige returperioder – inklusive markering af valgte værdier for dimensioneringen

| DVR 90 | 20 år | 50 år | 100 år | 500 år |
|-----------|---------------|--------|---------------|---------------|
| +0 (2017) | 143 cm | 152 cm | 158 cm | 172 cm |
| +35 cm | 178 cm | 187 cm | 193 cm | 207 cm |
| +50 cm | 193 cm | 205 cm | 208 cm | 232 cm |
| +100 cm | 243 cm | 252 cm | 258 cm | 272 cm |

Figur 3-3 Resultater af analyse af vandstand under stormflod for forskellige returperioder inkl. valgte værdier for dimensioneringen, /1/.

3.2.4 Bølger

DHIs resultater for bølgeklimaet ved Taarbæk i forbindelse med skitseprojektet fremgår af bølgerosen på Figur 3-4. Det fremgår, at der er to hovedbølgesektorer, nemlig omkring nord og øst til sydsydpøst.



Figur 4 Fordeling af bølgehøjder (Hs - "signifikant" bølgehøjde) og retninger i et punkt ud for Taarbæk havn ved ca. 6m dybde (fra DHIs model baserede MetOcean data portal, jf. /3/). Bølgerne vises som retning kommende fra og at der i 42.6% af tiden ingen bølger er (f.eks. pga. læ for vestenvind).

Figur 3-4 Bølgerose ud for Taarbæk Havn, /1/.

DHI finder i deres studier en 100 års designbølgehøjde fra østlige retninger på $H_s=1,6$ m på ca. 6 m vanddybde. Ved Taarbæk er bølgerne fra østlige retninger dybdebegrænsede på grund af den begrænsede vanddybde, og en relativ stejl havbund med hældning 1:30. Dette betyder at bølgerne bryder inden de rammer kystbeskyttelsen (eller rækken af kystnære bølgebrydere, såfremt disse anlægges). For en 100 års situation betyder dette, at ifm. stormflod fra øst reduceres bølgehøjden tæt ved land til ca. $H_s=1,4$ m; idet vanddybden regnes til ca. 1,5 m og højvandet til maksimalt +0,65 m, dvs. en samlet dybde på 2,15 m. Der er her forudsat en dybdebegrænsning til 65 % af vanddybden.

DHI finder i deres studier en 100 års designbølgehøjde ifm. stormflod fra nord på $H_s=1,0$ m på ca. 6 m vanddybde. Ved stormflod med tilhørende højvande er vanddybden ikke begrænsende for bølger fra NV og N.

3.2.5 Designforhold

Designforhold for en 50- og 100-års hændelse i år 2050 ved hhv. stormflod fra Nord og Øst fremgår af Tabel 3-1. Værdierne for vandstande og bølgehøjder (H_s) er valgt på baggrund af de tidligere afsnit. Efterfølgende beskrivelser af bølgebryderen er baseret på forudsætningen om en 100-års designhændelse i år 2050.

Tabel 3-1 Design vandstande og bølger ved Taarbæk i år 2050 for en vanddybde på ca. 1,5 m ved bølgebryderne.

| | Indfaldsvinkel af bølger (°N) | 50-års hændelse | | 100-års hændelse | |
|--------------------|-------------------------------|---------------------|--------|---------------------|--------|
| | | Vandstand (m DVR90) | Hs (m) | Vandstand (m DVR90) | Hs (m) |
| Stormflod fra Nord | 30 - 45 | 1,8 | 0,85 | 1,9 | 1,0 |
| Stormflod fra Øst | 90 | 0,5 | 1,3 | 0,65 | 1,4 |

3.3 HD-modellering

I forbindelse med vurderinger af vandskifte, strømforhold og sedimenttransport med og uden etablering af et system af bølgebrydere har COWI udført numeriske modelleringer ved brug af MIKE 21 HDFM. En eksisterende kalibreret regional model benyttes, som er blevet opdateret med den modtagne bathymetri (vanddybder). Modellen benyttes bl.a. i forbindelse med projektet omhandlende stormflodssikring af Dragør Kommune.

Udtræk fra den regionale model er efterfølgende benyttet som randdata for en lokal model for området. Den lokale model dækker ca. et område 2 km nord og syd for Taarbæk Havn, og er blevet opdateret med en detaljeret bathymetri og et finere beregningsnet. Resultater af strømforhold og vandskifte, som vises i denne rapport, er fra denne lokale model.

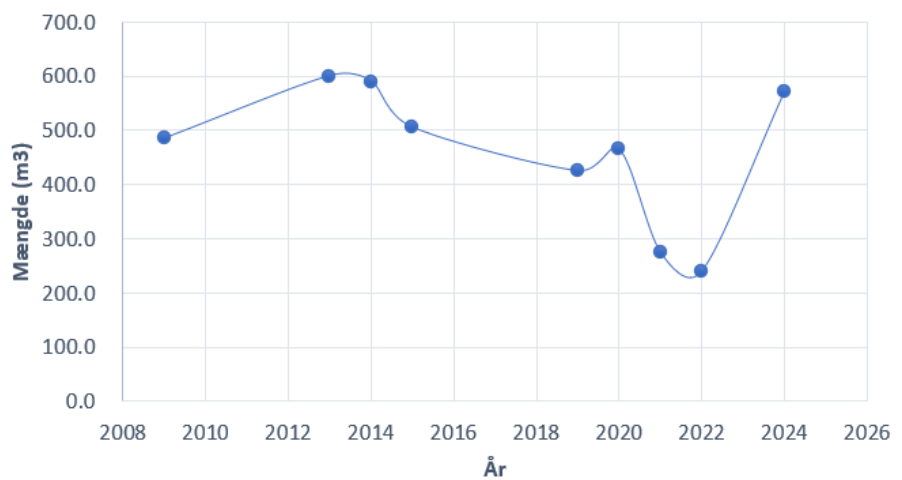
3.4 Eksisterende sandtransport og sand

3.4.1 Bølgedreven sedimenttransport

Øresundskysten ved Taarbæk er udsat for bølger fra forskellige vindretninger mellem syd over øst til nord. Der er områder med sand og en del steder med hård kystbeskyttelse i form af stenkastninger. På grund af forskelle i hyppigheden af vind fra forskellige retninger og det frie stræk i forskellige retninger er

den resulterende sedimenttransport mod nord. Det kan bl.a. ses af, at der opsamles sand på sydsiden af den nordlige hofde på Bellevue Strand. Denne hofde når kun ud på lidt mere end 1 m vanddybde, og ifm. bølger fra SØ forekommer passage af sediment/sand rundt om hofdeenden, så det ender i projektområdet mellem Bellevue og Taarbæk Havn. Det fremgår også af bypass loggene for oprensning af sediment ved Taarbæk Havn fra år 2009 til 2022, som Lyngby-Taarbæk Kommune har fremsendt, se Figur 3-5. Det fremgår, at der oprensnes ca. 300 til 600 m³ sedimenter om året. Sedimenterne oprensnes fra åbningen ind til Taarbæk Havn og klappes herefter i et område umiddelbart nord for havnen, se Figur 3-6.

BYPASS I TAARBÆK HAVN



Figur 3-5 Bypass log for oprensning af sediment ved Taarbæk Havn.



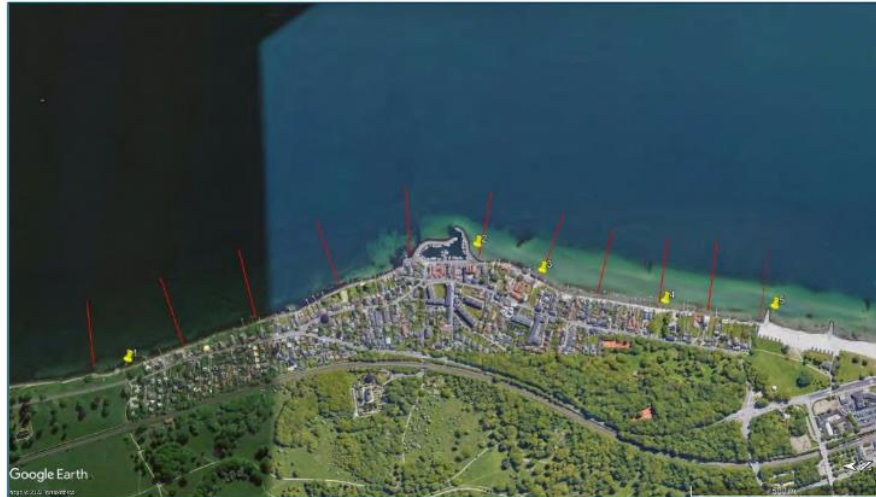
Figur 3-6 Oversigt over område hvor der oprensnes sediment (grøn) og klappes sediment (lilla) ud for Taarbæk Havn.

3.4.2 Sedimenttransport i projektområdet

For vurdering af sedimenttransporten i området er det vigtigt at kende til kornstørrelsen af det sediment/sand der er tale om. Følgende data er gældende, /1/:

3.1 Sedimentets karakter

Taarbæk-kystens bundmateriale er sandholdigt og på grund af bølger og strøm vil dette sand flytte sig både på langs og på tværs af kysten. Bevægelserne skyldes hovedsageligt bølgenes bevægelser, herunder ophvirvling af sediment fra bunden og strømme genereret af bølgebrydningen (der flytter det ophvirvlede materiale).



Figur 12 Gule markører viser lokationer, hvor der er udtaget sedimentprøver

De langsgående sedimenttransportrater over et år vurderes overordnet til at være forholdsvis små og kystlinjen mod nord og mod syd vurderes til at være tæt på ligevægt, så der hverken optræder litoral aflejring eller erosion. Til dette overordnede billede skal der lægges at der er lokale variationer, jf. observationer af variationer i dybden i strækket fra Bombegrunden til Havnens sydlige mole – se også uddybende kommentarer om netop dette i det følgende sektion "Karakteristiske strækninger".

Tabel 5 Resultater af kornstørrelsesfordeling for de 5 sedimentprøver

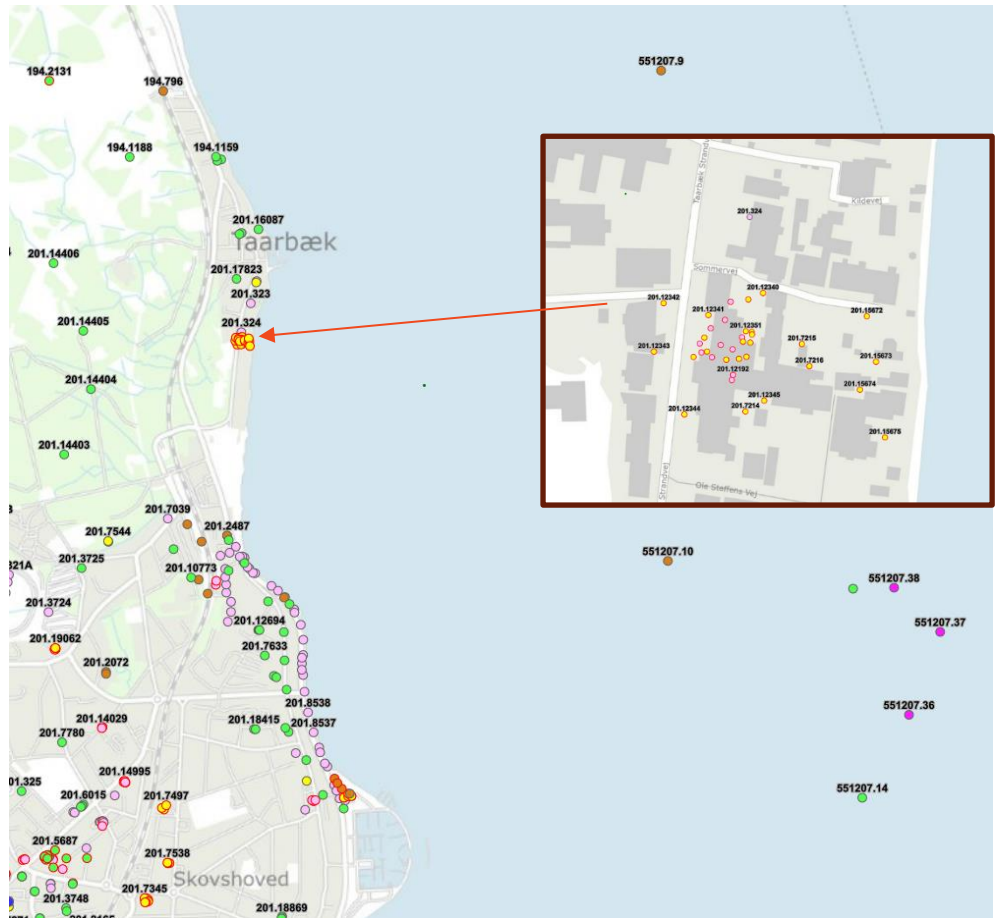
| Prøve nummer | Median diameter d50 (mm) | Geometrisk spredning Sqrt(d84/d16) (-) |
|--------------|-----------------------------|---|
| 1 | 0.214 | 1.405 |
| 2 | 0.299 | 1.226 |
| 3 | 0.302 | 1.429 |
| 4 | 0.448 | 1.438 |
| 5 | 0.265 | 1.342 |

3.5 Jordbundsforhold

Det har kun været muligt at finde informationer om de eksisterende jordbundsforhold ved projektområdet i et meget begrænset omfang. Disse er beskrevet i nedenstående.

Geus Jupiter database viser hvilke borer som er udført i området mellem Taarbæk havn og Bellevue strand, hvor bølgebryderne ønskes etableret. Der er

udført geoteknisk, råstof, miljø og termiske borerer fra Taarbæk havn til syd for Bellevue strand. Der er også udført enkelte kystnære boring, disse er dog udført ca. 2 km fra land.



Figur 3-7 Fra GEUS (Jupiter).

Boringerne som er udført på land, viser at grundforholdene overvejende består af sen-glacialt/glacialt sand og grus eller moræner over kalk. I en enkelt boring syd for Bellevue strand (201.10584) er der truffet en tørvelag ca. 5,5-6,5 m under terræn.

Kystnære borerne viser, at der under et mindre lag af havbundssedimenter træffes sen-glacialt smeltevandsler eller glacialt moræner.

På baggrund af /4/, skønnes det, at oversiden af kalk befinder sig omkring kote -12 m DVR90 ved Taarbæk havn og faldende mod kote -25 m DVR90 syd for Bellevue strand.

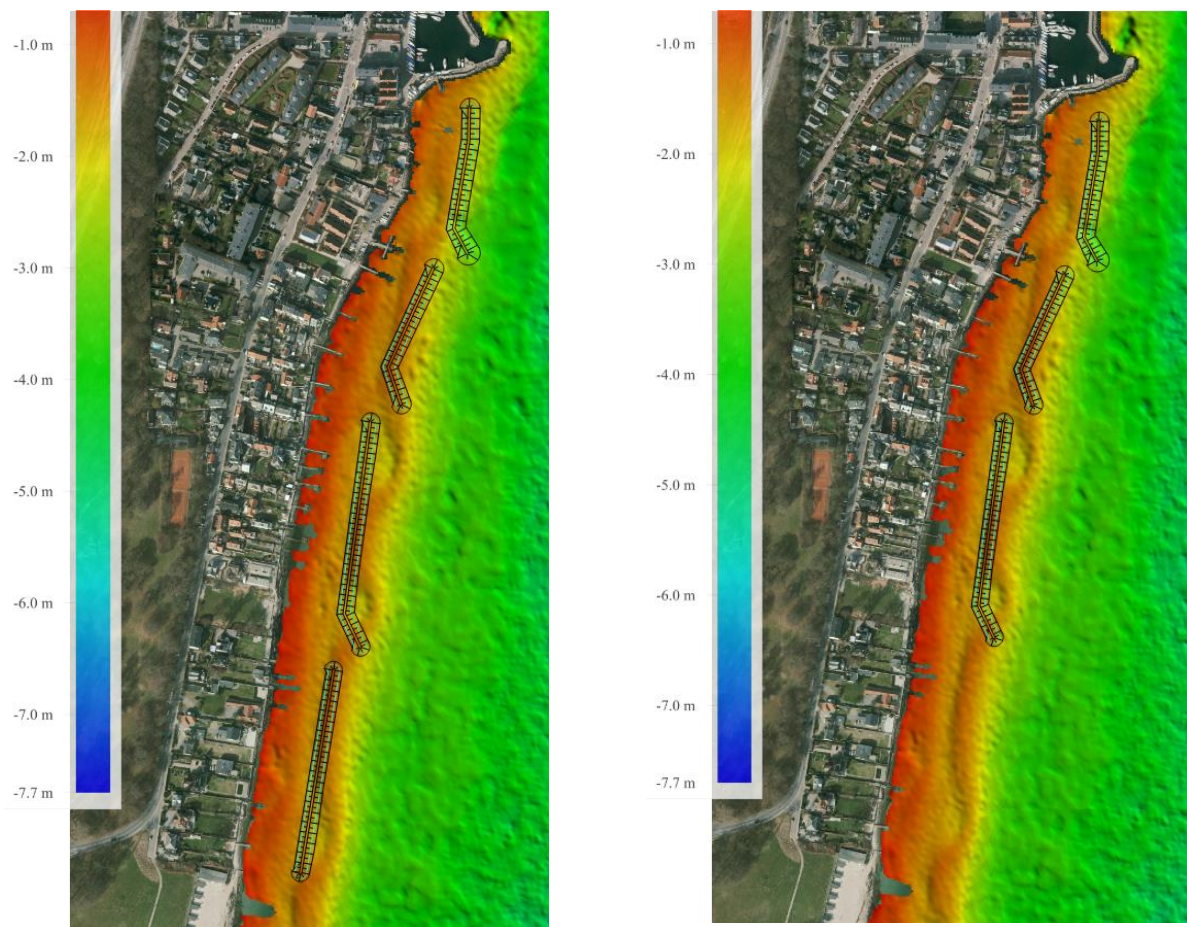
Området var i fastlandstiden land, hvorfor der ovenpå de glaciale aflejringer kan findes forekomster af ferskvandstørv. Ifølge /5/, er der bl.a. ved Kongedybet, Rungsted og Vedbæk påvist skovtørv med stammer og træstubbe fra fastlandstidens skove. Disse lag kan være dækket af marin gytje og sand af ukendt omfang.

Baseret på de tilgængelige oplysninger fra eksisterende borer og litteratur forventes grundforholdene overvejende at bestå af et øvre lag af postglacialt/senglaciale sand og herunder senlaciale/glaciale smeltevandsler/moræner. Det kan dog ikke afvises, at der lokalt kan træffes lag med tørv og gytje.

4 Planløsninger

To planløsninger er udarbejdet med det formål at skabe læ for bølgerne så de bølger, der rammer kysten og de mange højvandsmure er reduceret væsentligt med primær fokus på stormflod fra nord, da det er her vandstanden er dimensionsgivende med henblik på stormflodsbeskyttelse.

Som det fremgår af planløsningerne vist på Figur 4-1 (se også tegninger A273244-COWI-DWG-001 og A273244-COWI-DWG-002 i Bilag B) består disse af en række bølgebrydere med en række "åbninger". Det bemærkes, at planløsning 1 og 2 er identiske med undtagelse af at den sydligste bølgebryder er fjernet for planløsning 2. For at reducere den bølgeenergi, der kan trænge frem gennem åbningerne, er disse lavet med en afstand på ca. 15 m ved normal vandstand og enderne af konstruktionerne er udført med overlap for at reducere bølgetransmissionen for bølger fra nord, der er drejet til nordøst når de når frem til åbningerne. Der er primært fokuseret på denne bølgeretning, hvor der er stor korrelation (sammenhæng) mellem ekstremt højvande og relativt langperiodiske bølger. Åbningen mellem den nordligste bølgebryder og Taarbæk Havn er lidt bredere for at kunne lukke mere vand ind/ud med henblik på vandskiftet bag bølgebryderne.



Figur 4-1 Forslag til planløsninger for et system af bølgebrydere ud for kyststrækning mellem Taarbæk Havn og Bellevue Strand. Venstre: Planløsning 1, 4 bølgebrydere. Højre: Planløsning 2, 3 bølgebrydere.

Det er vigtigt, at der er balance mellem hvor store bølger, der kommer gennem og over bølgebryderne (også kaldet bølgetransmission) og bølgerne, der forplanter sig gennem åbningerne i rækken af bølgebrydere. Derfor har fokus været på, at bølgerne der kommer ind gennem åbningerne i ekstreme storme fra nord, tilsvarende Stormen Bodil d. 6. dec. 2013, ikke forværrer forholdene lokalt langs kysten ud for åbningerne sammenlignet med bølgetransmission. Dette er især tilfældet ved den nordlige åbning overfor Jollehavnen, hvor åbningen er placeret for at kunne udgøre en ind-og udsejling fra Øresund til Jollehavnen. Det er tilstræbt at bølgerne fra nordlige retninger, og som drejer på grund af refraktion, så de rammer bølgebryderne fra en retning tæt på NØ, reduceres med ca. 30 % bag bølgebryderne. Bølgetransmissionen er undersøgt nærmere i afsnit 5.2.

Åbningen mellem bølgebryderne på 15 m forventes at være tilstrækkelig for sejlladsen til og fra Jollehavnen, da åbningen ind til Taarbæk Havn har samme bredde.

Bølgebryderne er trukket ca. 50-60 m ud fra kysten for at få et acceptabelt vandskifte, samtidig med at der sikres en sejlbredde på ca. 30 m mellem badebroerne og bagsiden af bølgebryderne. Herved vurderes det forsat muligt, at badebroerne kan komme ind og ud med deres lystbåde og nuværende anvendelser af Øresund kan opretholdes.

Taarbæk sejlkлуб, som er ansvarlig for driften af Jollehavnen beskriver, at der nogle gange er udfordringer med ansamlinger af tang på kysten i forbindelse med østlig kuling, men at det forsvinder igen efter nogle dage med højvande og vestenvind. Generelt forstås, at udfordringerne er af mindre karakter, dog forstås det også, at havnefogeden for Taarbæk Havn af og til er ude og hjælpe ålegræs ud af havnen som har fundet vej ind gennem den nordvendte havnemunding. Ved etablering af bølgebrydere foran kyststrækningen vil dette betyde, at en stor del af tangen vil skylle op på den østlige side af bølgebryderne, dog forventes dette også at blive skyllet ned i et vist omfang under større bølgepåvirkninger. Der kan blive skyllet tang over bølgebryderne, samt strømme tang ind gennem åbningerne mellem bølgebryderne. Når tangen først er kommet ind bag bølgebryderne, så kan dette ansamle sig, og det vil forventelig ikke skylles ud i havet igen, da det kræver at tangen skal ud gennem åbningerne. Det kan derfor blive nødvendigt at skulle ud og fjerne tang, eller hjælpe den ud igen.

5 Kystnære bølgebrydere

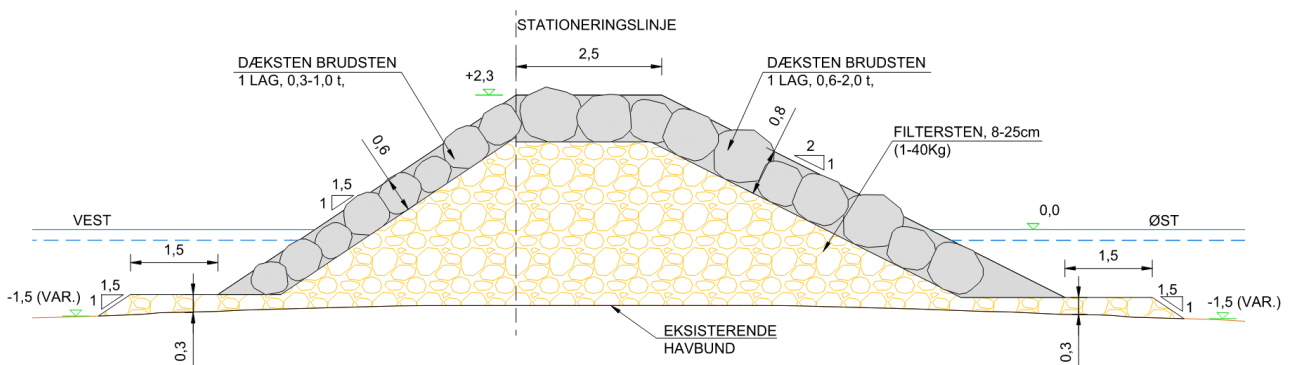
Dette afsnit præsenterer den foreløbige projektering af kystnære bølgebrydere, herunder selve designet af bølgebryder ift. dimensioner, stenstørrelse m.m. samt planløsning for systemet af bølgebrydere, som tilsammen udgør en del af den foreslåede stormflodsbeskyttelse foran kyststrækningen. Vurderingen af påvirkningen på vandmiljø bag ved bølgebryderne vurderes i afsnit 5.3.

5.1 Dimensionering af bølgebrydere

Der er en række elementer der skal tages højde for under projekteringen af kystnære bølgebrydere, såsom tilstrækkelige stenstørrelser på forside, bagside og krone samt udformning af bølgebryderens tå. Det vurderes ikke at bølgebryderne skal nedgraves i havbunden, men blot placeres oven på eksisterende havbund. Dimensionering af bølgebrydere er nærmere beskrevet i Bilag B.

Et typisk tværsnit for bølgebryderne fremgår af Figur 5-1 (se også vedlagt tegning A273244-COWI-DWG-101 i Bilag C), hvor der etableres ét lag 0,6-2 t på forsiden (mod Øresund) og i kronen, og ét lag 0,3-1 t på bagsiden. Udover filtersten etableres også en tå med tykkelse på 30 cm og bredde på 1,5 m både forside og bagside.

Det skal bemærkes, at bølgebryderne ikke kan stå alene som stormflodssikring, men at det skal kombineres med en forhøjelse af de eksisterende højvandsmure op til kote +2,5 m DVR90.



Figur 5-1 Typisk tværsnit for bølgebryderne.

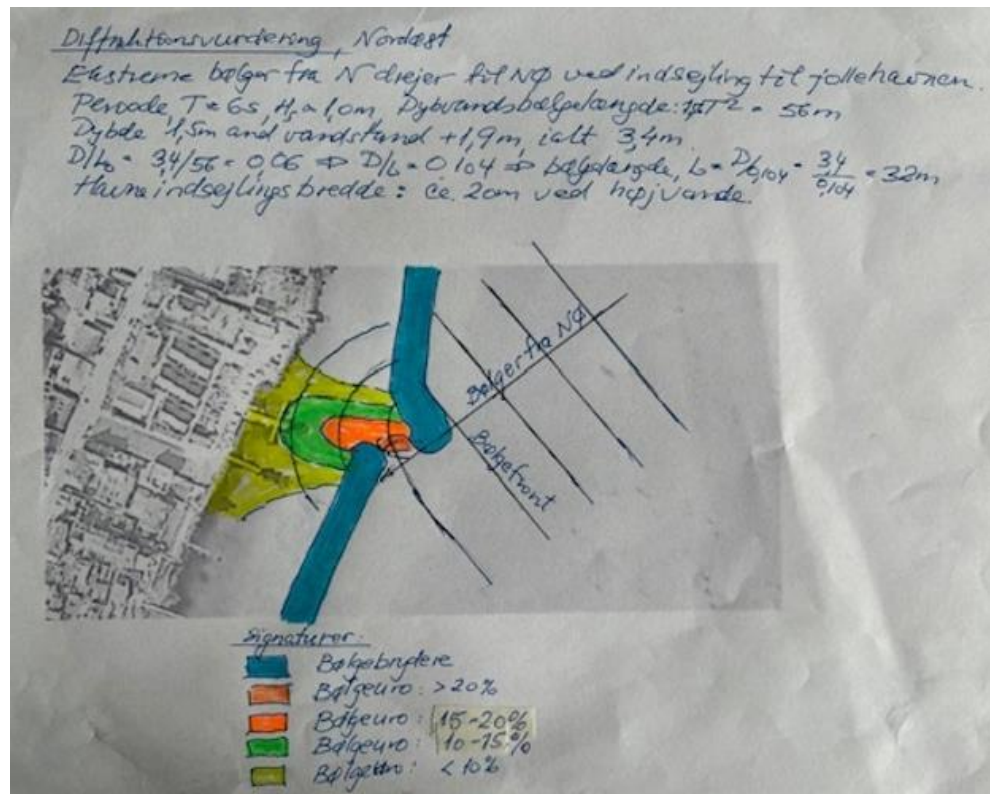
5.2 Bølgediffraktion gennem åbninger

Med henvisning til afsnit 4 er der udført en række skrivebordsvurderinger af bølgediffraktionen gennem åbningerne baseret på bølgediffraktionsdiagrammer og stor erfaring med bølgeuro for lystbådehavne og marinaer. Disse er for åbningen ved Jollehavnen vist nedenfor på Figur 5-2, Figur 5-3 og Figur 5-4 for retningerne NØ, Ø og SØ. Resultaterne er generelt også gældende for de andre åbninger.

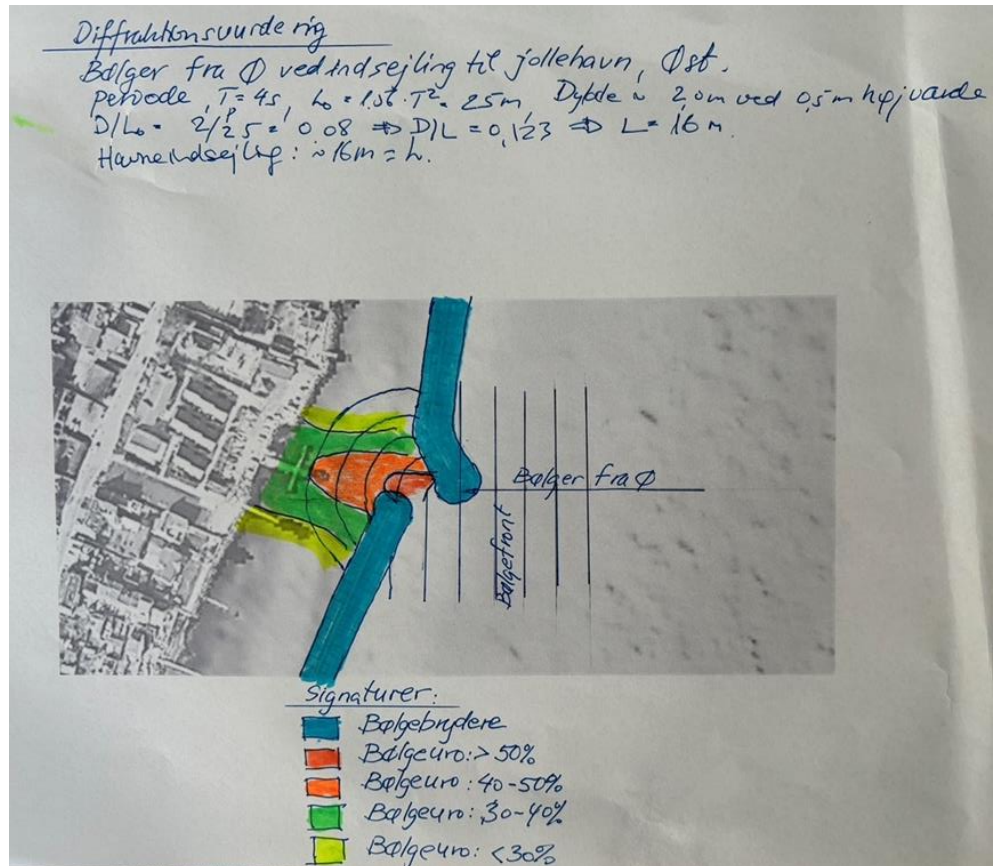
Ved bølger fra NØ (stormflod fra N) sker der en kraftig dæmpning af bølgerne, hvor bølgehøjden reduceres med ca. 80% lige inden for åbningen mellem bølgebryderne, hvorefter reduktionen gradvist øges til ca. 90% eller mindre inde ved kysten. Ved Jollehavnen er reduktionen ca. 85%. Denne dæmpning er væsentlig lavere end transmissionen over bølgebryderne, hvorfor dette anses som værende acceptabelt.

Ved bølger fra Ø reduceres bølgehøjden i åbningen med ca. 50%, hvor reduktionen er ca. 60-65% inde ved Jollehavnen. Da vandstanden ved østlige bølger ikke er kritisk mht. stormflodsbeskyttelse, vurderes forholdene som acceptable.

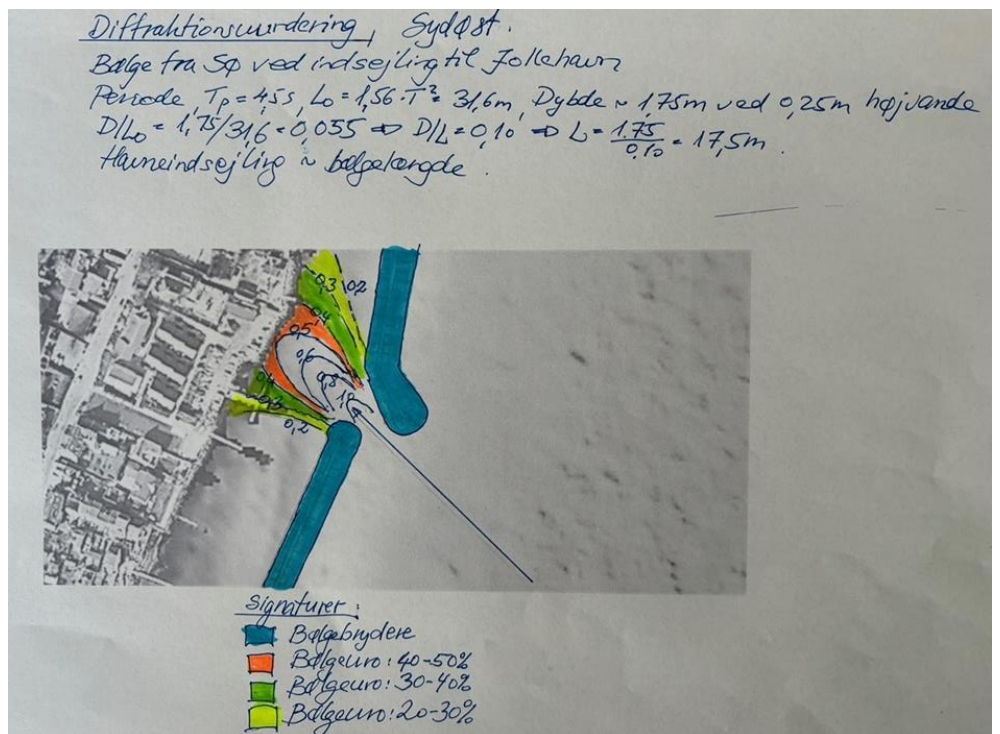
Ved bølger fra SØ reduceres bølgerne i åbningen ikke, da bølgerne har frit indløb. Bølgerne ved Jollehavnen reduceres med ca. 65-80%, hvor bølgerne inde ved stranden reduceres med omtrent 50%. Dette vurderes som acceptabelt, da vandstanden ikke er kritisk ved bølger fra SØ.



Figur 5-2 Bølgediffraktionsdiagram for bølger fra NØ. De angivne procenter viser faktoren som skal multipliceres på bølgehøjden uden for bølgebryderne.



Figur 5-3 Bølgediffraktionsdiagram for bølger fra Ø. De angivne procenter viser faktoren som skal multipliceres på bølgehøjden uden for bølgebryderne.



Figur 5-4 Bølgediffraktionsdiagram for bølger fra SØ. De angivne procenter/faktorer viser faktoren som skal multipliceres på bølgehøjden uden for bølgebryderne.

5.3 Mulig udbygning af Taarbæk Havn

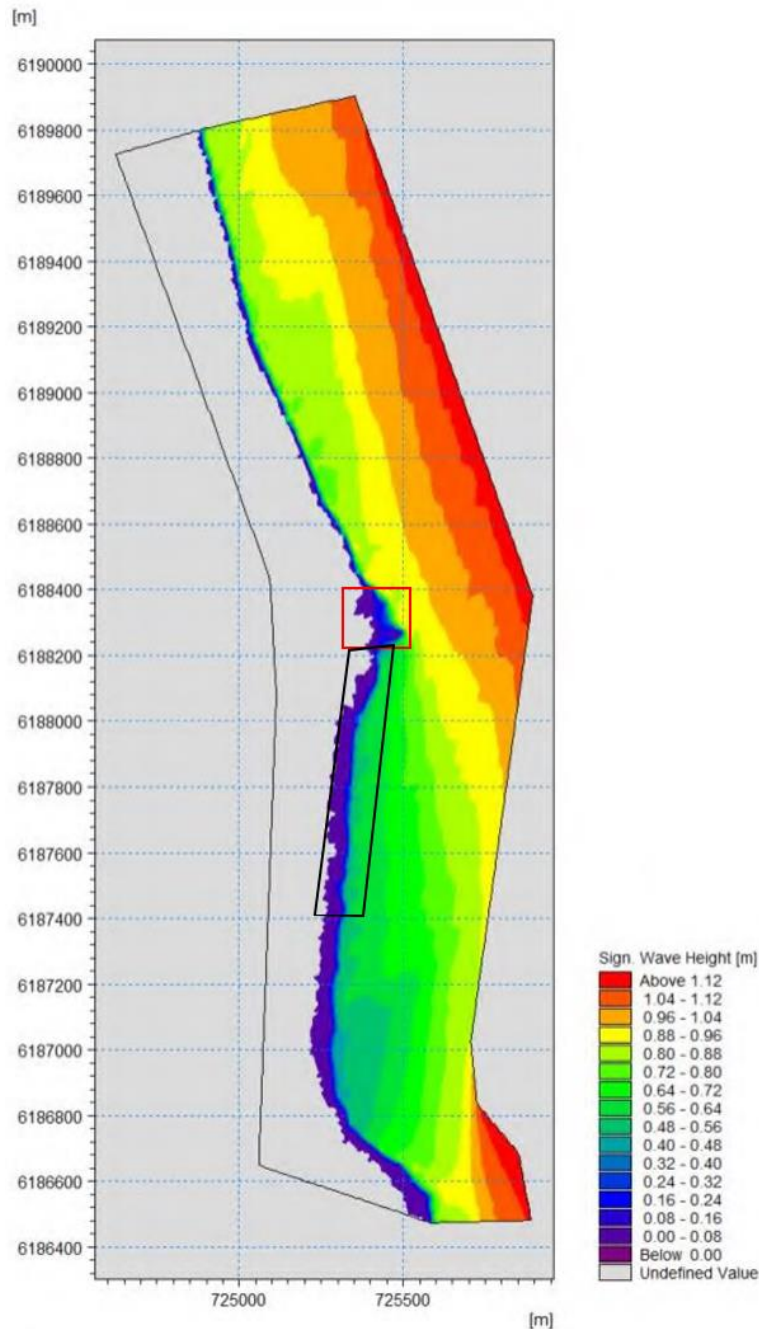
I forbindelse med en mulig fremtidig udbygning af Taarbæk Havn kan dette potentielt have en indvirkning på bølgeforsholdene syd for havnen. I det følgende beskrives virkningen af den eksisterende havn og en mulig udvidelse.

Taarbæk Havn skaber i dag delvis læ for sydgående strøm, som redegjort for tidligere i afsnit 6.1. Med hensyn til bølger er virkningen dog meget begrænset. DHIs modelundersøgelser har bl.a. fokuseret på dette under skitseprojektet, og i deres rapport, /1/, står følgende:

Ud fra denne øvelse er følgende dimensionerende bølgehøjder foran stormflodssikringen under stormflod bestemt:

| | |
|---|-----------|
| Nord for havnen: | 1,0 m |
| Havnen (tilbagetrukket stormflodsbarriere): | 0,5-0,7 m |
| Syd for havnen til og med Bombegrunden: | 0,5-0,7 m |
| Syd for Bombegrunden: | 0,5-0,7 m |

Undersøgelsen viser således, at bølgerne inde under land ca. er af samme størrelse uafhængigt af afstanden fra havnens sydlige mole. Dette fremgår også af en figur fra undersøgelsen, Figur 19 gengivet herunder som Figur 5-5, hvor det ser ud til at bølgerne ca. er de samme langs kysten på nær strækningen fra Bombegrunden og syd herfor. Det bemærkes, at Figur 5-5 viser fordelingen af bølgehøjder for en indfaldsvinkel på 10°N for en 100-års hændelse svarende til stormflod fra nord.



Figur 5-5 *Figur 19 fra DHI modelundersøgelse, se /1/. Figuren viser bølgehøjder langs kysten ved Taarbæk for en indfaldsvinkel på 10 grader (ca. N til Ø) for en 100 ´-års hændelse for stormflod ved en 50 cm vandstandsstigning (om ca. 50 år). Den røde boks anviser Taarbæk Havn og den sorte kasse anviser projektområdet*

Der har været diskussion om læ-virkningen fra havnen, og om denne skærmer så meget af for bølger fra nord, at den nordligste bølgebryder kunne afkortes. Ovennævnte resultater viser, at bølgehøjden lige syd for havnen ikke er mindre end lidt længere sydpå. Der skal samtidig også tages hensyn til en eventuel variation af retningsfordelingen for bølgerne under stormflod. Derfor fastholdes den udarbejdede planløsning med tre eller fire bølgebrydere som vist her i rapporten.

Det har også været diskuteret om en udvidelse af havnen vil ændre på dette billede. Hvis havnen udvides meget mod øst, vil de nye molekonstruktioner på et tidspunkt nå så langt ud i Øresund, at der vil ske en forøget læ-virkning for bølger fra nordlige retninger. Men det er ikke på det foreliggende grundlag muligt at vurdere dette. Hvis det bliver aktuelt, må der foretages et grundigt modelstudium af bølgenes forplantning tilsvarende som vist på Figur 5-5.

Det kan forventes, at en udbygning af havnen mod øst kan forværre vandskiftningen bag bølgebryderen, særligt ved sydgående strøm, da molerne vil komme til at skygge mere for strømmen end den gør i dag.

6 Vandstrømninger og vandskifte

6.1 Eksisterende forhold

Med den foreslåede planløsning med tre eller fire kystnære bølgebrydere ca. 50 til 60 m fra kysten er strømforholdene meget vigtige. I den nuværende situation er der ingen hindringer for strømmen i Øresund i enten nordlig eller sydlig retning. Dog, udgør Tårnbæk Havn der stikker ud fra kyststen en delvis blokering af den sydgående strøm, da der dannes en strømhvirvel, et idvande.

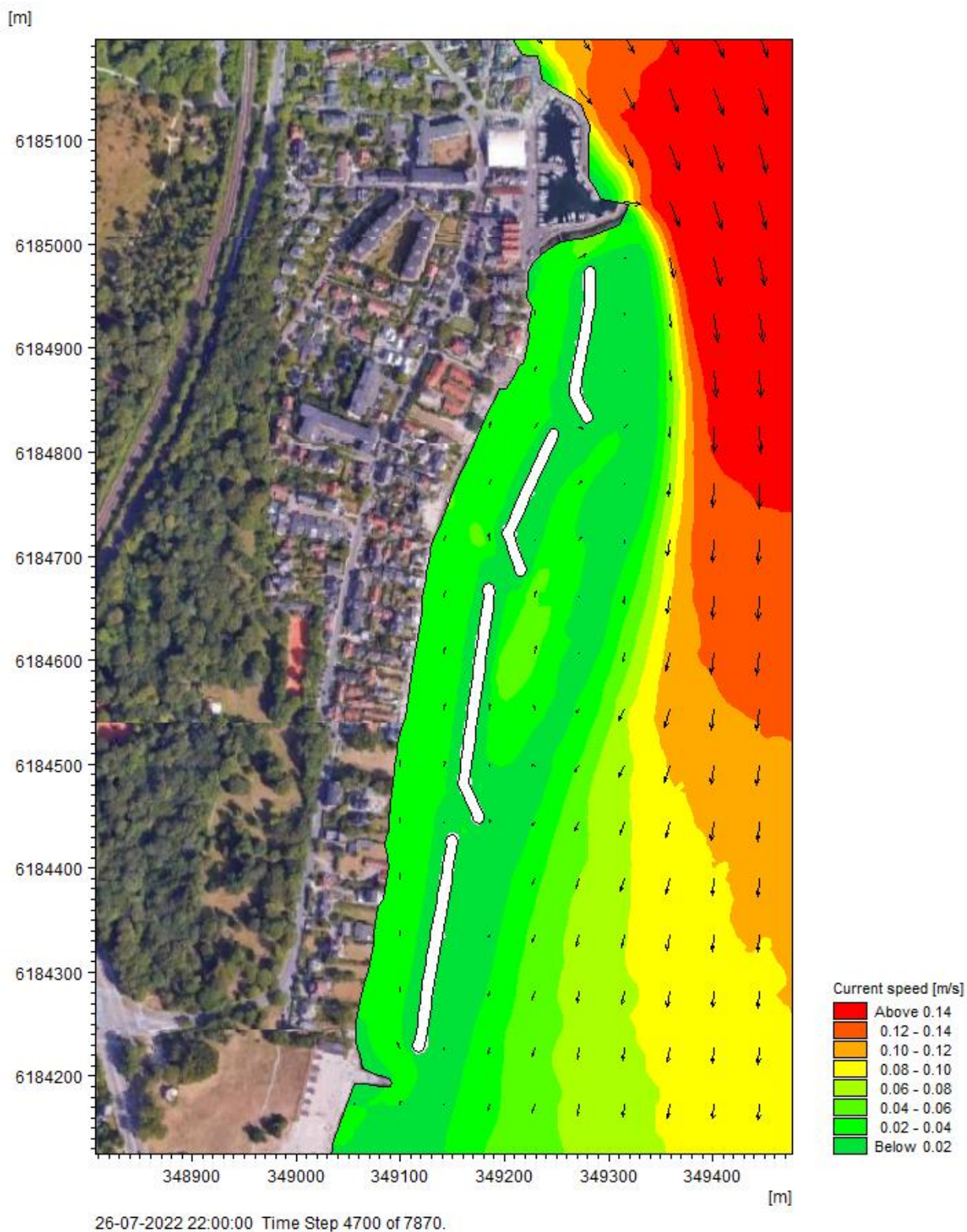
Projektets bølgebrydere er udformet så de giver læ for bølgerne der rammer ind på kysten med dens mange kystmure; men de påvirker også strømmen. Åbningerne mellem bølgebryderne er udformet så de sydlige ender drejer ud og giver delvis overlap for bølgerne fra NØ og Ø, og samtidig virker de som lede-vægge, der drejer strømmen ind bag ved bølgebryderne.

For at undersøge strømforholdene og vandskifte-forholdene i området mellem kysten og bølgebryderne er der blevet opsat en MIKE 21 hydrodynamisk model, se afsnit 3.3. Forholdene med og uden bølgebryderne for både planløsning 1 og 2, samt med og uden en eventuel forlængelse af den nordlige hofde ved Bellevue Strand, er undersøgt for at vurdere virkningen på strøm- og vandskifteforhold.

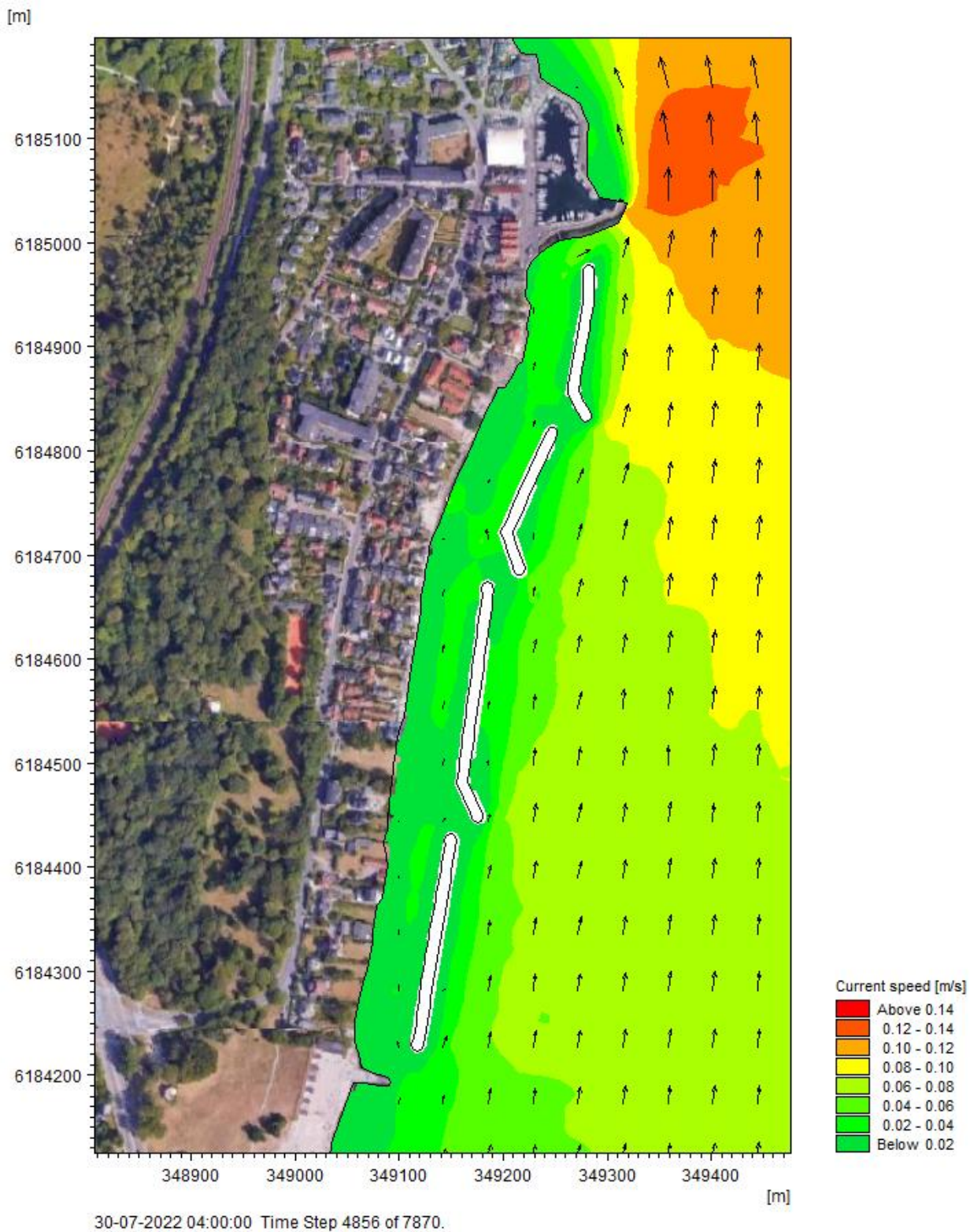
6.2 Projektets indflydelse på strømmen

Figur 6-1 viser en typisk situation for sydgående strøm for planløsning 1 med 4 bølgebrydere. Strømforhold for samme tidspunkt for eksisterende forhold og for planløsning 2 med 3 bølgebrydere fremgår af Figur A-1 og Figur A-2 i Bilag A. Det ses, at den sydgående kystparallelle strøm er meget svag på grund af Tårnbæk Havns indflydelse på strømmen. I den nuværende situation står der en hvirvel ca. 200 til 400 m syd for havnen. Hvirvlen går ind til stranden for de eksisterende forhold, men presses sammen ved etablering af bølgebryderne. Strømmen inde bag bølgebryderne for planløsning 1 og 2 reduceres mere eller mindre ens i forhold til de eksisterende forhold, med undtagelse ved den sydligste bølgebryder, hvor strømhastigheden for planløsning 2 øges ind mod kysten.

Figur 6-2 viser en typisk situation for nordgående strøm for planløsning 1 med 4 bølgebrydere. Strømforhold for samme tidspunkt for eksisterende forhold og for planløsning 2 med 3 bølgebrydere fremgår af Figur A-3 og Figur A-4 i Bilag A. Her er strømmen inde ved land kraftigere, og løber nordpå både i dag og efter anlæg af en af de to planløsninger. Det ses, at bølgebryderne reducerer strømhastigheden, men at strømmen løber nordpå i hele arealet bag bølgebryderne, hvilket sikrer at vandet bag bølgebryderne kan udskiftes hver gang strømmen er nordgående. Dette sker normalt to gange i døgnet, da det astronomiske tidevand skifter med en periode på ca. 12 timer.



Figur 6-1 Sydgående strøm for en typisk situation for planløsning 1 med fire bølgebrydere. Bemærk reducerede strømhastigheder syd for havnen grundet dennes lævirkning/blokering.



Figur 6-2 Nordgående strøm for en typisk situation for planløsningen med fire bølgebrydere. Bemærk at strømmen løber fint bag om bølgebryderne.

6.3 Vandskifteforhold

Vandkvaliteten lige ud for ejendommene i projektområdet er bestemt af en række forhold, nemlig den generelle kvalitet af vandet i Øresund og mulige lokale forureningskilder i form af udløb. Der er i dag ingen kloakudløb på strækningen, men to regnvandsudløb og overløbsudløb, som kun er i brug ved kraftige skybrud.

Kommunens hjemmeside angiver at badevandskvaliteten ved stranden ved Bombegrunden normalt er god, men advarer for alle kommunens strande om at badning frarådes indtil 24 timer efter kraftigt skybrud, hvor der udledes vand fra overløbsbygværker.

Den opstillede MIKE21 model er endvidere benyttet til simulering af vandskiftet i området bag bølgebryderne. Det pointeres at følgende beskrivelse er en vurdering af vandskiftet og ikke badevandskvaliteten. Vandskiftet beregningen skal ses som en indikator for vandkvaliteten i tilfælde, hvor vandkvaliteten er bestemt af en lokal tilførsel (udledning). Vandskiftet beregningen tager ikke højde for udefrakommende tilførsel og opvækst- eller henfaldsprocessor.

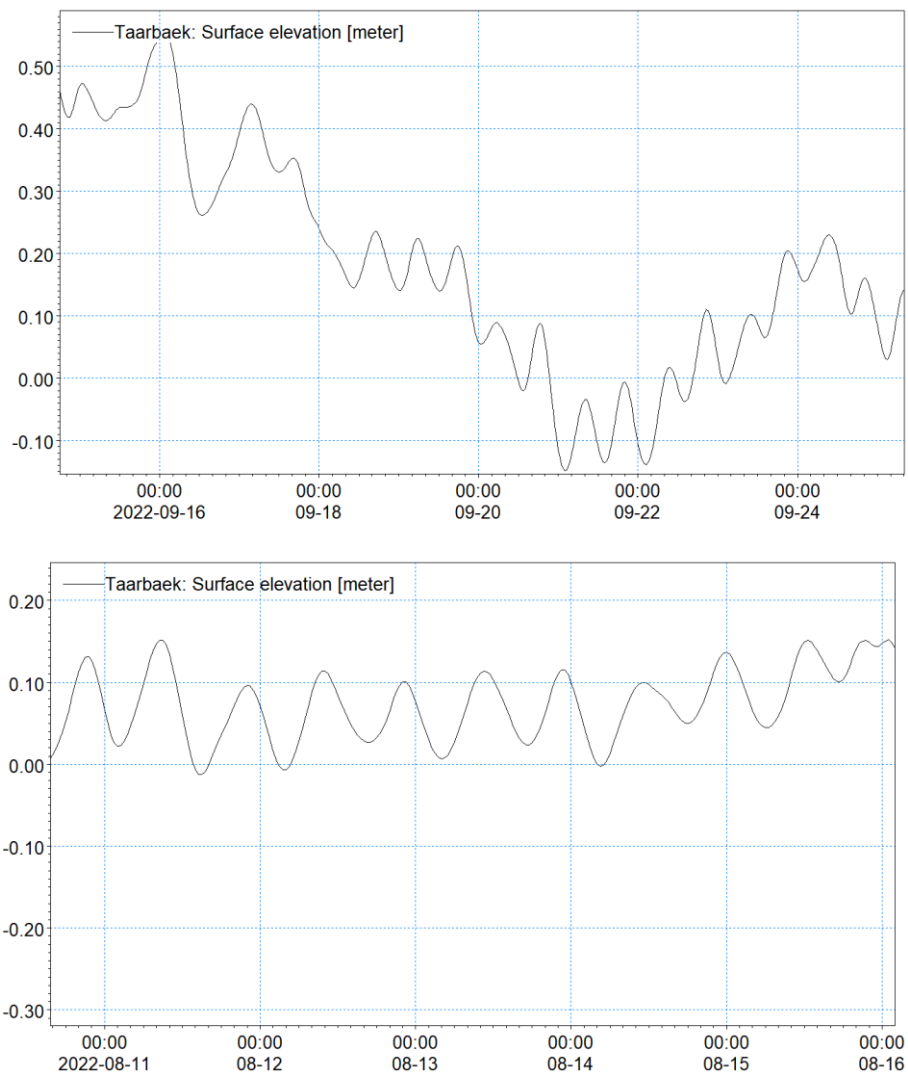
For at få et mere præcist billede af badevandskvaliteten kræves en nærmere analyse af de nuværende forhold dækkende bl.a., eksisterende forekomst af de stoffer som nævnes i kvalitetskravene i *Bekendtgørelsen om badevand og badeområder*, på baggrund af kilder til disse stoffer ifm. udløb til kysten, samt en sammenligning af hvordan forholdene vil være for de potentielle fremtidige forhold. Således skal udløb fra land og ud i vandet undersøges i forbindelse med overløb, både nord og syd for området. Hertil skal de historiske overløb undersøges nærmere for at kunne definere forureningskilderne.

6.3.1 Vandskiftesimuleringer

Til vandskiftet beregningerne er to forskellige perioder benyttet:

- > Perioden 15. til 25. sept. 2022 er valgt idet der i denne periode er vurderet et lavt vandskifte under ebbe og flod (på trods af den kraftige variation i vandstanden), se Figur 6-3. Samtidig er perioden valgt på grund af højvande, da dette modelmæssigt giver mere vand i området, som skal udskiftes.
- > Perioden 11. til 16. august 2022 er valgt; og disse er udført uden forlængelse af høfden ved Bellevue. Der er her stort set kun astronomisk tidevand, dvs. lav variation i vandstanden, dog med hurtigere ændring mellem ebbe og flod og lavere vandstand ved starttidspunktet, se Figur 6-3.
- > Simuleringer er udført for begge planløsninger, med og uden forlængelse af høfden ved Bellevue Strand (med undtagelse af perioden 11. til 16. august). Der henvises til afsnit 7 for en beskrivelse af en eventuel forlængelse af den nordlige høfde ved Bellevue Strand.

- > Simuleringerne er konservativt udført uden vind. Det bemærkes, at vinden har en relativ stor positiv indflydelse på vandskiftet.



Figur 6-3 Vandstandsvariation i de to perioder for august og september 2022, hvor der er foretaget simuleringer af vandskifte.

6.3.2 Krav til vandskifte

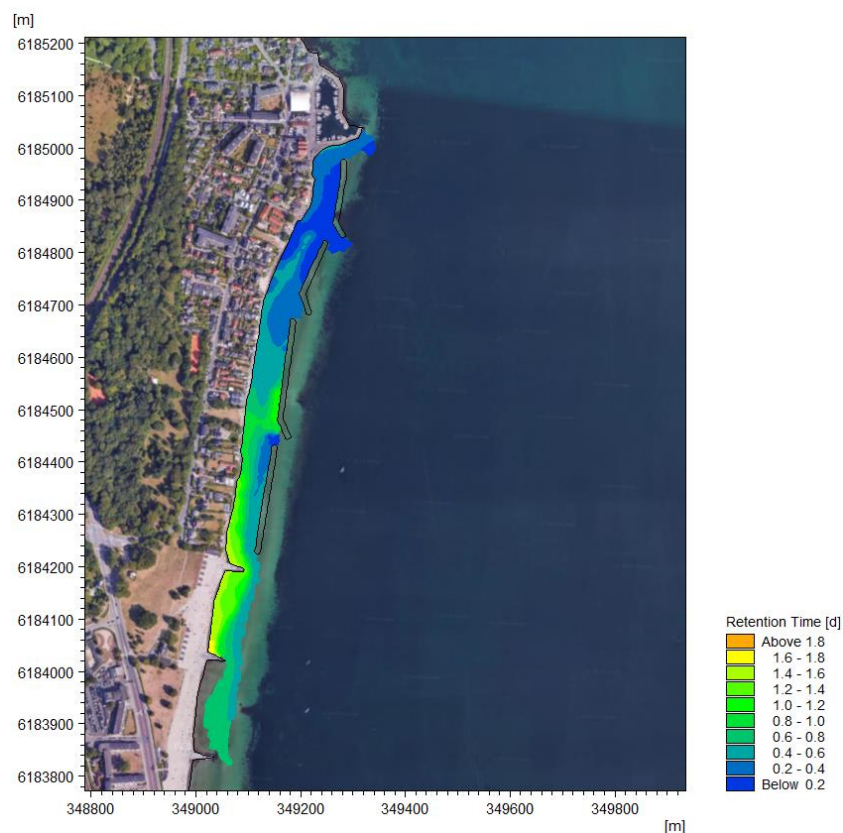
- > Der undersøges hvor lang tid det tager for udskiftning af vandet bag bølgebryderne. Dette foretages ved at beregne hvorledes koncentrationen af en "tracer" varierer med tiden. Koncentrationen af "traceren" skal mindst være reduceret til 37% over 5 dage (63 % af vandet skal være udskiftet) for at man normalt vil finde forholdene acceptable, se bl.a. /6/, /7/ og /8/.
- > Kravet er baseret på at iltforbruget reducerer iltindholdet i vandet til et kritisk niveau indenfor 5 dage. I de følgende beregninger er "retention time" tilsvarende tiden det tager for at koncentrationen er reduceret til 37% (63 % er udskiftet). Herved kan man se om vandskiftet er acceptabelt.

6.3.3 Situation uden forlængelse af højde ved Bellevue, sept. 2022

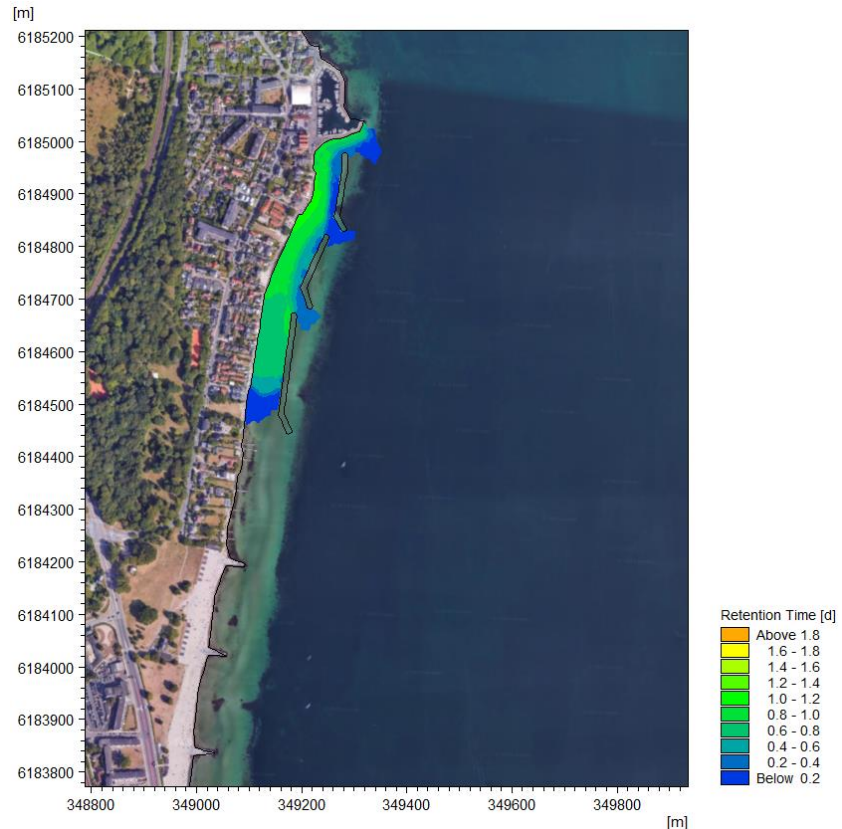
Uden forlængelse af den nordlige højde ved Bellevue Strand ses:

- > **Planløsning 1** (4 bølgebrydere). Der er formindsket indløb af vand fra syd. Der er en tendens til, at traceren "fanges" nord for højden ved Bellevue Strand. Udskiftning af 63% tager ~0,2 til 1,6 dage og sker hurtigst mod nord, se Figur 6-4.
- > **Planløsning 2** (3 bølgebrydere). Der er nu større indløb af vand fra syd, og "traceren" presses mod nord. Retention time er mindst mod syd og størst mod nord. Udskiftning af 63% ~0,2 til 1,2 dage, se Figur 6-5.
- > **Konklusion:** Vandskifte på 5 dage er overholdt for begge planløsninger. Vandskiftet ses generelt som værende godt for begge planløsninger.

Det bemærkes, at der for planløsning 1 er noget af den fiktive "tracer" som bevæger sig ned til Bellevue Strandpark. Dette er forventeligt grundet en sydgående strøm under simuleringsperioden. Dette vand er dog ikke "forurennet" som udgangspunkt, og vil ved Bellevue Strandpark hurtigt blive opblandet med det omgivende vand grundet det åbne område.



Figur 6-4 Situation uden forlængelse af højde ved Bellevue for planløsning 1 med fire bølgebrydere. For perioden 15-25. sept. 2022.

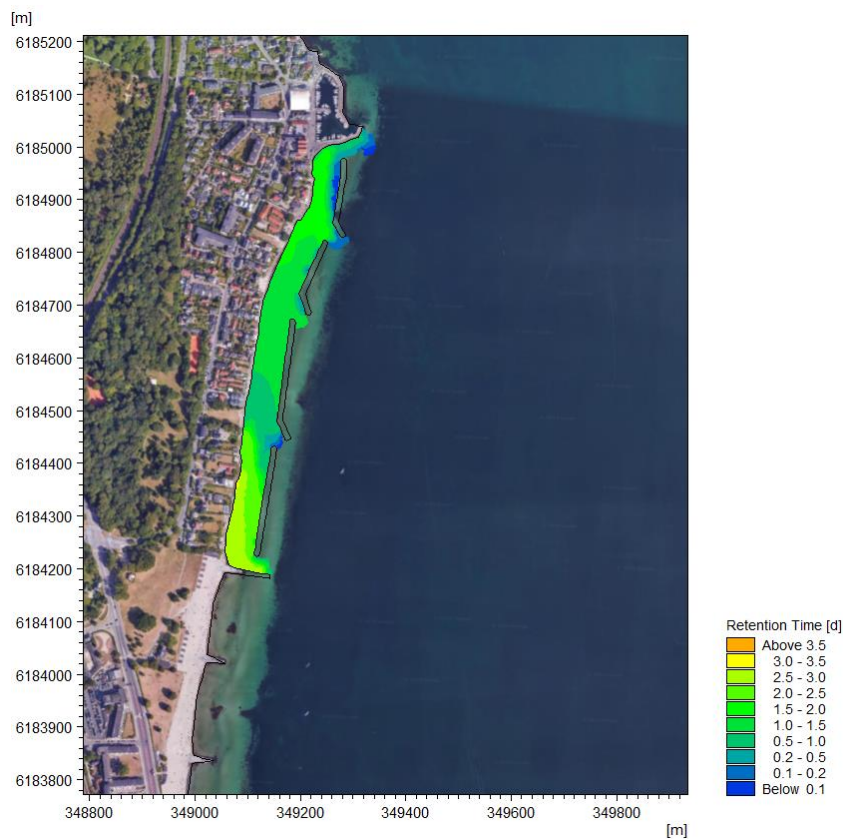


Figur 6-5 Situation uden forlængelse af hofde ved Bellevue for planløsning 2 med tre bølgebrydere. For perioden 15-25. sept. 2022.

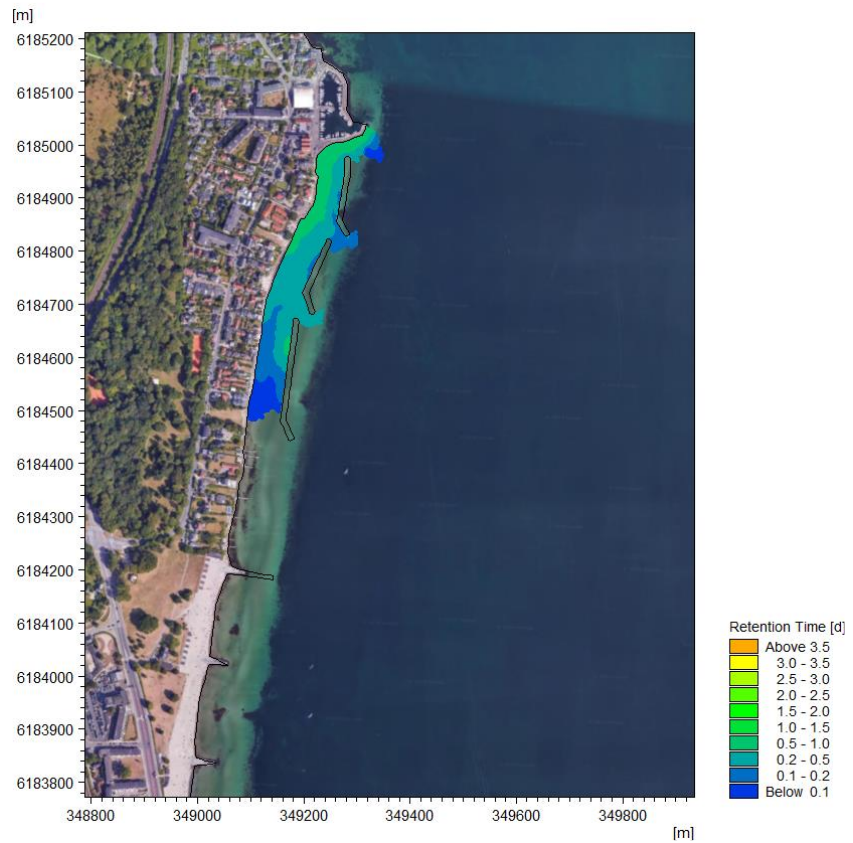
6.3.4 Situation med forlængelse af hofden ved Bellevue, sept. 2022

Med forlængelse af den nordlige hofde ved Bellevue Strand:

- > **Planløsning 1** (4 bølgebrydere). Mindre indløb af vand fra syd hvorved "traceren" fanges bag bølgebrydere pga. det lavere indløb. Især lige nord for hofden øges retention time meget i forhold til uden en forlængelse af hofden. Retention time er nu ~1 til 3 dage, se Figur 6-6.
- > **Planløsning 2.** (3 bølgebrydere). Udformning medfører større indløb af vand fra syd ift. planløsning 1 og "traceren" presses mod nord. Retention time er nu ~0,2 til 1,2 dage, se Figur 6-7. Dvs. for denne udformning er indflydelsen på vandskiftet ved forlængelsen af hofden negligerbar i forhold til tilfældet uden.
- > **Konklusion:** Vandskifte på 5 dage er overholdt, og for planløsning 2 med 3 bølgebrydere er vandskiftet mere eller mindre ens med situationen uden forlængelse af hofden ved Bellevue. Vandskiftet ses generelt som værende godt for begge planløsninger.



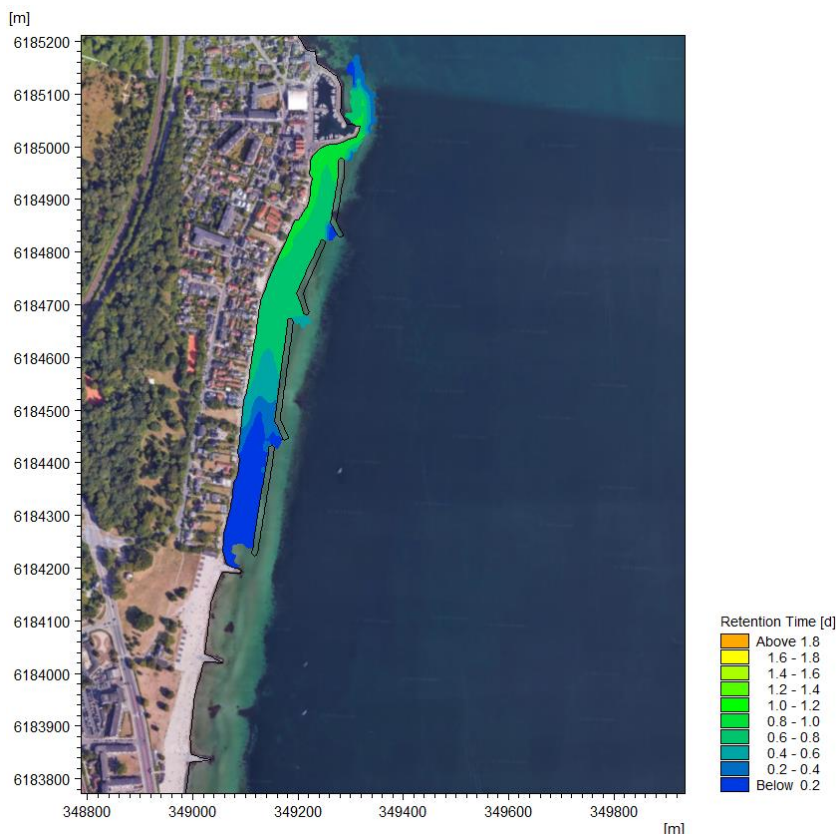
Figur 6-6 Situation med forlængelse af hofde ved Bellevue for planløsning 1 med fire bølgebrydere. For perioden 15-25. sept. 2022.



Figur 6-7 Situation med forlængelse af hofde ved Bellevue for planløsning 2 med tre bølgebrydere. For perioden 15-25. sept. 2022.

6.3.5 Sammenligning af vandskifte for aug. 2022 og sept. 2022

For perioden 11-16. august 2022 fremgår det af Figur 6-8, at retention time er på ~0,2 til 1 dag, hvor den for perioden 15-26. september 2022 er ~0,2 til 1,6 dage. Dvs. at perioden i september er konservativ set i forhold til en almindelig dag med overvejende astronomisk tidevand.



Figur 6-8 Situation uden forlængelse af hofde ved Bellevue for planløsning 1 med fire bølgebrydere. For perioden 11-16. aug. 2022.

6.4 Badesikkerhed

Kysten ved Taarbæk er i dag relativ beskyttet mod større bølger og kraftig strøm, så det er ikke disse parametre der normalt udgør en fare for badesikkerheden på kysten. Dog er der allerede i dag et spørgsmål om sikkerhed ifm. ud-spring (især på hovedet) ved de mange private badebroer, hvis de badende ikke er bekendt med forholdene. Dette forhold ændres ikke ved anlæg af bølgebryderne udfor kysten.

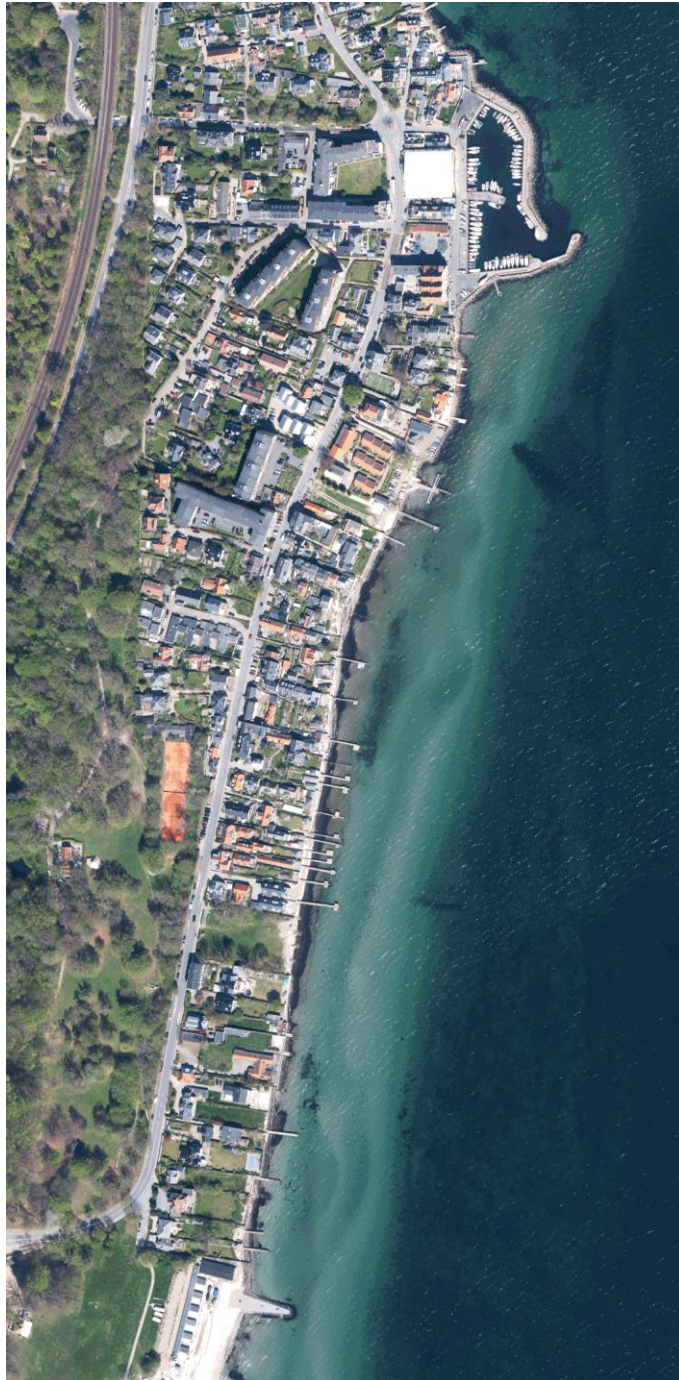
Bølgebryderne giver anledning til en række sikkerhedsaspekter:

- > De er anlagt af store sten, og det kan ikke udelukkes at der vil være enkelte sten som kan ligge løst, og som kan flytte sig eller falde ned hvis personer kravler op på dem. Derfor bør der være et forbud for badende at svømme ud til bølgebryderne og kravle op på dem.
- > Under stormvejr vil der på grund af bølgerne optræde strøm igennem åbningerne mellem bølgebryderne, og måske så stærk strøm at svømmende bliver trukket med (det er dog mindre sandsynligt, at der er badende gæster under stormvejr). Strømmen kan formentlig, afhængig af bølgeretning og hvilken åbning der ses på, være enten indadgående eller udadgående. Der bør derfor skiltes med dette forhold, hvor der bliver offentlig adgang som på Bombegrunden og ved Bådehavnen mm.

- > Generelt vil bølgebryderne have en beskyttende effekt, da de vil blokere for bølgerne fra Øresund og dermed skabe mere rolige forhold end de eksisterende.

7 Sandtransport

Der foregår i dag sedimenttransport på kysten ud til ca. 100 m fra kysten, se Figur 7-1. Der ses en bræmme med sandbund. Denne er ca. 100 m bred og det er her på dybder mindre end ca. 2 m, at transporten af sand foregår. Den resulterende transport er mod nord. Resulterende transport betyder, at der foregår transport af sand i begge retninger, men at summen giver en nordgående transport af sand.



Figur 7-1 *Luftfoto af projektstrækningen fra GeoDanmark. Det fremgår, at der er sandbund ud til ca. 100 m fra kysten. Det er i dette område der foregår sedimenttransport med en resulterende nordgående transport.*

Hvis den foreslåede udformning med 3 eller 4 bølgebrydere gennemføres, vil hovedparten af området med sandbund blive dækket af bølgebrydere eller befinde sig i læ af bølger bagved disse. Derved vil der kun i kraftige storme med høje bølger foregå sedimenttransport foran bølgebrydere. Hvis udformningen med 3 bølgebrydere vælges, vil der stadig ske sedimenttransport på strækningen (ca. 280 m lang strækning) fra Bellevue og op til Bombegrunden. Her vil der ske en vis opsamling af sediment, når det når ind i læ bag den sydligste bølgebryder, da sandet fanges bag bølgebrydere. Dette kan delvist modvirkes ved at forlænge hølften ved Bellevue således, at der næsten stoppes for tilførsel af nyt sediment/sand sydfra.

Hølften ved Bellevue går i dag ca. 35 m ud fra kysten, mens den vil blive ca. 90 m lang med en 55 m forlængelse, og enden af hølften vil nå ud på en vanddybde på ca. 2 m, se afsnit 7.1. Da sedimenttransporten er nordgående, vil kysten nord for hølften og op til Bombegrunden være beliggende i erosionsområdet nedstrøms for hølften. Figur 7-2 viser hvorledes kysten ændrer sig ved anlæg af en hølft. Erosionsområdet strækker sig helt op til ca. 5 gange hølftens længde, mens der er betydelig erosion ca. 3 gange hølftens længde.

Case 1: Single groyne, short or long

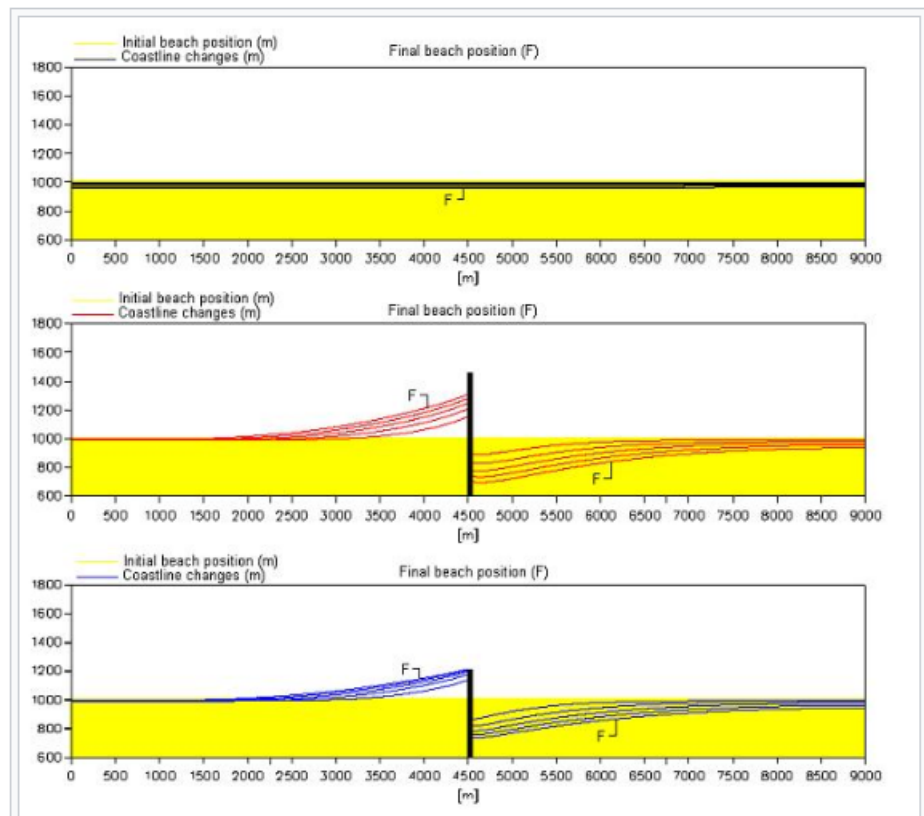


Fig.3. Shoreline development for a situation with a slightly oblique wave climate with increasing littoral drift in the transport. Upper panel: Shoreline without any structures; middle panel: Effect of a single long groyne; bottom panel: Effect of a single short groyne.

Figur 7-2 Effekt af en hølft på kystudviklingen (Coastal Wiki)

I det foreliggende tilfælde (Planløsning 2 med tre bølgebrydere) betyder det, at erosionsområdet fra høfden ved Bellevue strækker sig helt op til og i princippet forbi Bombegrunden. Derfor må man i dette område fremover snarere forvente begrænset erosion af havbunden end naturlig opsamling af sand. Da der er tale om en langsom udvikling, forventes det ikke, at der vil ske en erosion af stranden ved Bombegrunden. Det kan dog ikke udelukkes, at der efter nogle år vil være behov for at udlægge sand her. Hvis dette sker, kunne det være en mulighed at få del i det sand, der vil opsamles syd for høfden ved Bellevue.

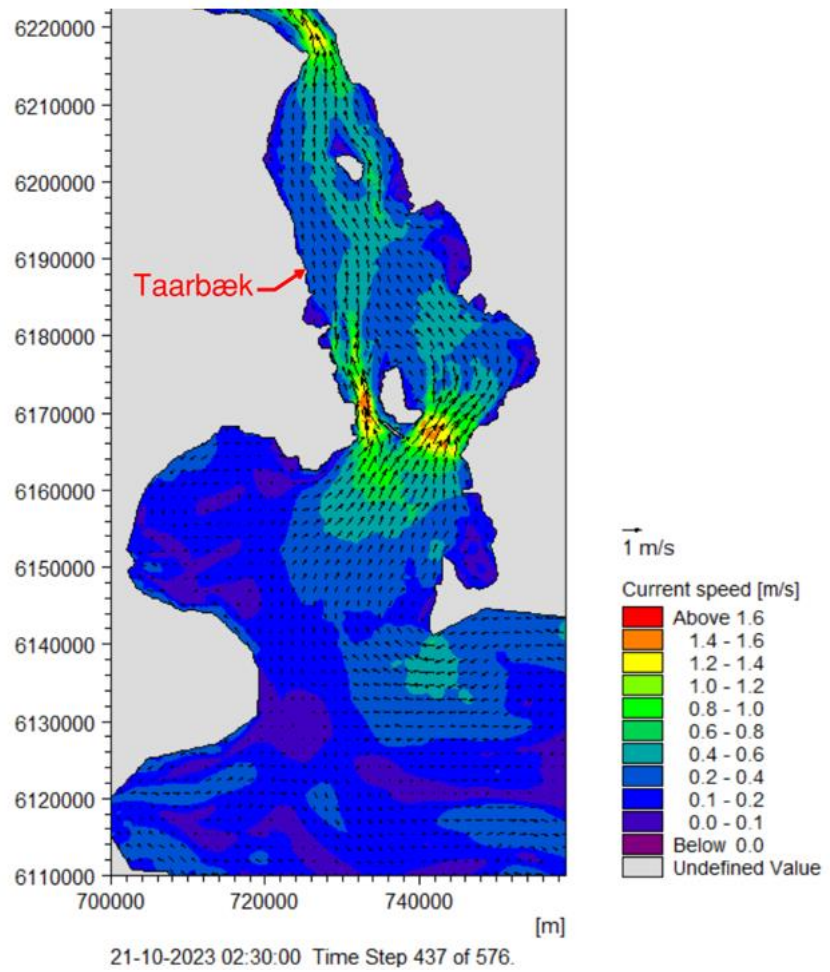
Et andet aspekt ved projektet er åbningerne mellem bølgebryderne. Her vil der under kraftige storme ske det, at bølgerne vil skabe en strøm ind gennem åbningerne. Denne bølgedrevne strøm vil kunne transportere sand ind i og gennem åbningen, hvor det aflejres når strømmen aftager og ikke længere kan transportere sandet. Det er usikkert hvor meget sand der er tale om, og det kan ikke udelukkes at det efter nogle år kan blive nødvendigt at oprense sandet for at fastholde rimelige dybdeforhold i området ved og lige bag åbningerne. Mængden af den potentielle sandaflejring kan ikke fastsættes på baggrund af analyserne udført i forbindelse med denne rapport.

Der vil, når systemet af bølgebrydere er anlagt, ske en ændring af den bølgedrevne sedimenttransport i området. Dette skyldes, at bølgebryderne på ca. 1,5 m vanddybde skærmer for, at der kan ske en langsgående transport inde ved kysten. Der vil dog stadig i kraftige storme ske en begrænset transport mod nord foran bølgebryderne, da den aktive dybde på 2,0 m er større end dybden hvor bølgebryderne er anlagt.

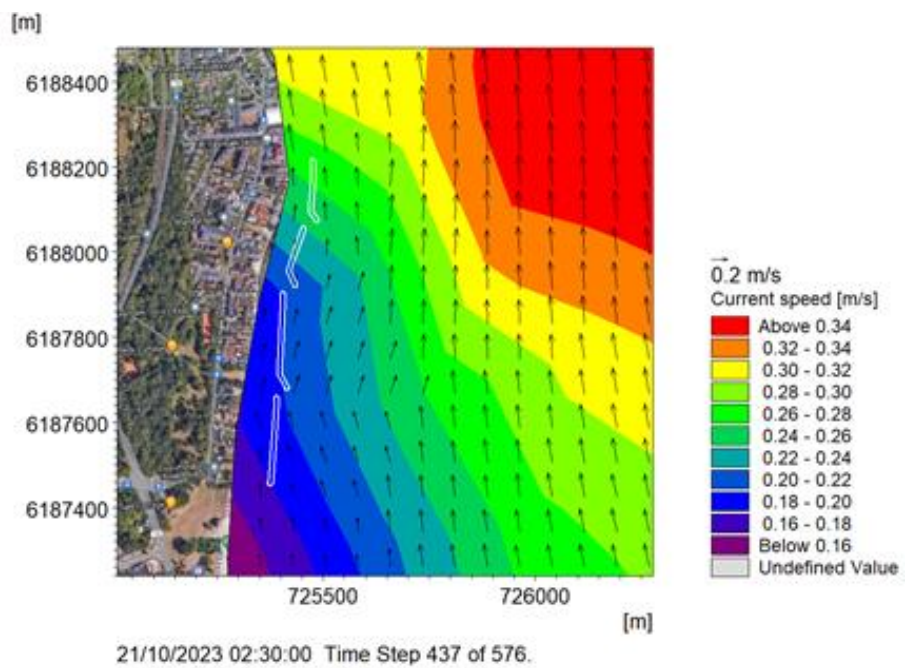
Derudover skabes der ved anlæg af systemet af bølgebrydere et relativt beskyttet område mellem bølgebryderne og kysten, hvor bølgerne er for små til at flytte sedimentet. Udover bølgerne kan strøm generere sedimenttransport hvis strømmen er kraftig nok. Normalt regner man med, at der i en flod eller kanal skal være en strømhastighed på mere end ca. 0,3 til 0,35 m/s for at normalt sand med diameter på 0,2 mm flyttes af strømmen.

Det er således muligt ud fra de foretagne numeriske modelsimuleringer for strøm og vandskifte, at udlede om en strømhastighed af denne størrelse vil forekomme bag bølgebryderne.

Der er undersøgt situationer med en stor vandstandsvariation igennem Øresund, bl.a. oktober stormen 20-21. oktober 2023 som ifølge COWIs estimater ca. var en 75-års storm med hensyn til vandstanden i den vestlige Østersø. Ved slutningen af stormfloden skal al den vand der har været opstuvet i Østersøen løbe ud gennem bælteerne, derfor må man regne med, at der er tale om en relativ ekstrem situation. Maksimal strømhastighed ud for Taarbæk er 0,6 m/s (nordgående), se Figur 7-3, og væsentlig mindre inde ved kysten, hvor den er ca. 0,3 m/s, se Figur 7-4, bemærk dog at havnen ikke er inkluderet i modellen.



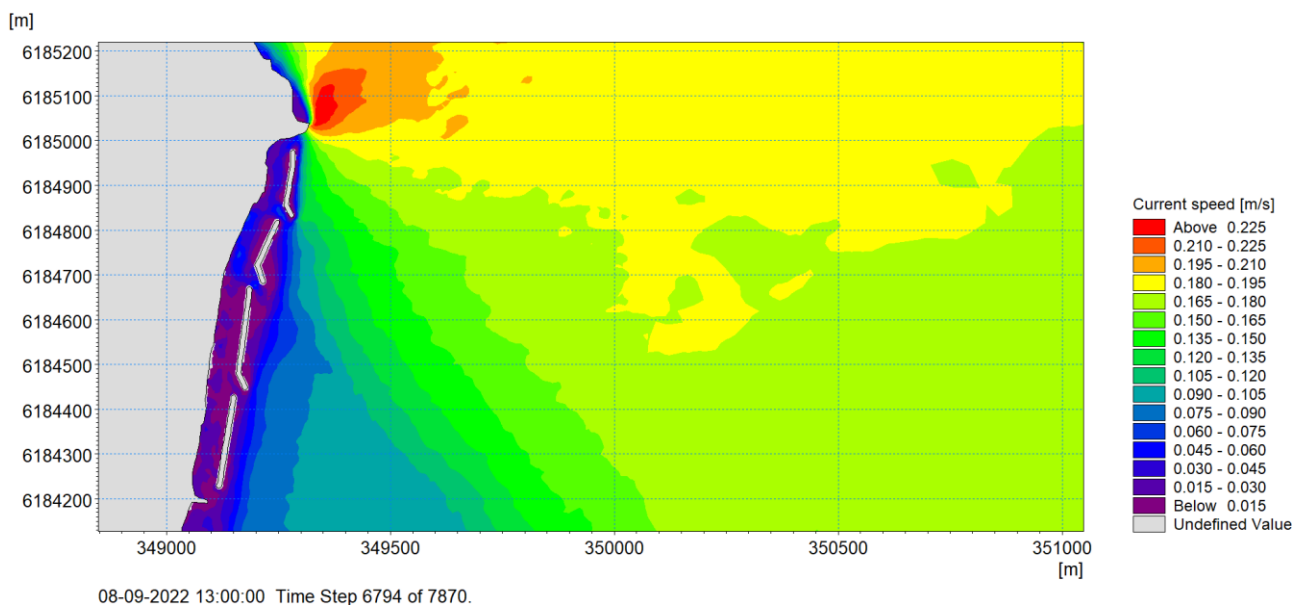
Figur 7-3 Simulering af nordgående strøm d. 21/10 2023 kl. 02.30.



Figur 7-4 Simulering af nordgående strøm d. 21/10 2023 kl. 02.30. Close up ved Taarbæk.

Figur 7-5 viser strømforholdene d. 08-09-2022 kl. 13:00:00, et tidspunkt med maksimal nordgående strøm i den maj-sept. periode i 2022 som blev simuleret i forbindelse med vandskifteundersøgelsen. Der er her inkluderet de fire nye bølgebrydere.

Strømmen ~400 m ude fra kysten er omkring 0,15 m/s, hvor den ved samme tidspunkt er maksimalt 0,06 m/s inde bag bølgebryderne. Dvs. en reduktion til kun ca. 40 %. Det samme forhold er fundet for tre bølgebrydere. Dvs. der skal være en strøm på 0,75 m/s for at opnå ca. 0,3 m/s inde bag bølgebryderne. Som vist ovenfor var der ca. 0,6 m/s i okt. 2023, så det kan konkluderes, at der sjældent vil opstå en nordgående strøm bag bølgebryderne, som er kraftig nok til at flytte sand.



Figur 7-5 Simulering af nordgående strøm d. 26.07.2023 kl. 07.00 med projektet med fire bølgebrydere inkluderet.

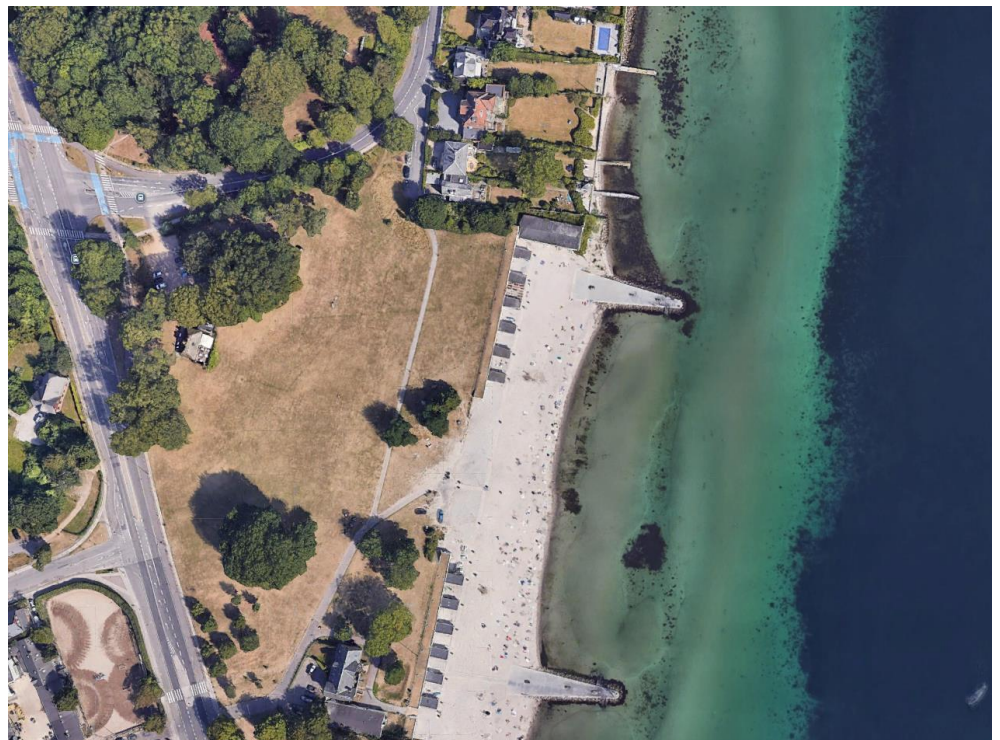
7.1 Forlængelse af hølften ved Bellevue Strand

Der er med bølge- og vandstandsdata for Taarbæk foretaget beregninger af den såkaldte aktive dybde. Den aktive dybde svarer til en dybde hvor der stort set ikke sker sedimenttransport på grund af bølgerne. På dette sted er den aktive dybde beregnet til ca. 2,0 m med baggrund i /9/ og /10/. Da det er et af projektets mål at reducere mængden af sediment, der fremover efter en eventuel etablering af systemet af bølgebrydere, skal komme ind i området med risiko for aflejring, anbefales det at hølften ved Bellevue forlænges med ca. 55 m mod øst så enden af denne når ud på en vanddybde på ca. 2,0 m, se bl.a. tegning A273244-COWI-DWG-001 og A273244-COWI-DWG-002 i Bilag C.

Der er i denne rapport forudsat at denne høldeforlængelse sker som en normal bølgebryder med en krone over normalt vandspejl i +1,5 m DVR90, se tegning A273244-COWI-DWG-101 i Bilag C. Herved opnås den bedste virkning. Det er også muligt at anlægge en hølfe med begrænset kroneskote, f.eks. omkring kote

0,0 m DVR90. Denne vil have en mindre effekt med at stoppe den nordgående sedimenttransport, og være lidt billigere at anlægge, da mængderne bliver reduceret. Det vil dog udgøre en komplikation for entreprenøren at skulle anlægge høfden, da det vil blive nødvendigt først at lave kernen af høfden ud til enden med en kote lidt over kote 0,0 m (f.eks. +0,3 m), og så grave materialet, ca. 1 m tykkelse, af på tilbagevejen og udlægge dækstenene (tykkelse forudsat 0,6-0,8 m).

Det er vigtigt at fremføre, at en forlængelse af høfden udover at reducere mængden af sediment, der kommer ind i projektområdet, også vil medføre, at der vil ske en forøget aflejring af sediment/sand på Bellevue Strand syd for høfden. Den eksisterende høfde er vist på Figur 7-6.



Figur 7-6 Luftfoto af stranden ved Bellevue (Google Earth 2024)

I tilfælde af, at det kun ønskes at etablere de tre nordligste bølgebrydere, kan den sydligste af de tre bølgebrydere eventuelt forkortes, samtidig med at der etableres en høfde lige nord for Bombegrunden. Høfden vil have samme effekt som en forlængelse af høfden ved Bellevue Strand, dog vil sandet her i stedet i et hvis omfang aflejres på sydsiden af høfden og dermed tilføre sand til stranden ved Bombegrunden. Høfden vil dog være mere omkostningstung, da der skal bruges flere stenmaterialer end ved forlængelsen af høfden ved Bellevue Strand. Samtidig er det usikkert, hvordan vandskiftet vil se ud under sådan et planforslag.

7.2 Eksempel fra Skodsborg og hvorfor det bliver anderledes i Taarbæk

Der har været udtrykt bekymring for, om der kan ske stor sedimentation på grund af de nye bølgebrydere, som det er sket i Skodsborg efter bygning af tre bølgebrydere.



Figur 7-7 Kysten ved Skodsborg, 2003 (venstre), 2005 (midt) og 2024 (højre).

Figur 7-7 viser situationen i 2003 hvor der ikke var bølgebrydere og i 2005 hvor disse var anlagt. Det er oplyst fra Rudersdal Kommune, at der efter anlæg af høfderne skete sandopfyldning bag bølgebryderne (initialfodring), hvilket også ses på luftfoto fra 2005. Endvidere ses det, at situationen i 2024 er sammenlignelig med 2005. Der er altså her opstået en ny ligevægtssituation, og det kan ikke udelukkes, at selv hvis der ikke var foretaget en initialfodring vil der kunne være sket en sedimentation bag bølgebryderne. Dette skyldes, at der er et længere stræk med sandkyst på begge sider af konstruktionerne. Som redegjort for tidligere i forbindelse med beskrivelsen ved Figur 7-2 er situationen forskellig i Taarbæk, hvor den sydlige del af projektstrækningen ligger i området nord for høfden ved Bellevue, hvor der kan forventes mindre erosion. Samtidig er den sydgående sedimenttransport delvist blokeret af Taarbæk Havn og af de tre nye bølgebrydere.

8 Visualisering

Som en del af denne undersøgelse er der udarbejdet en visualisering af det landskabelige udtryk set fra land og ud over bølgebryderne. Der er i denne forbindelse udført to visualiseringer:

- > En visualisering mod Ø/ØNØ set ud fra en kystejendom. Foto og visualisering fremgår af Figur 8-2.
- > En visualisering set mod S/SSØ ud fra den sydlige side af Taarbæk Havn, se Figur 8-1 for lokation hvorfra fotoet er taget. Foto og visualisering fremgår af Figur 8-3.



Figur 8-1 Lokation og orientering af foto ved Taarbæk Havn brugt til visualisering.



Figur 8-2 Øverst: Originalt foto set fra kystejendom (juni måned 2024). Nederst: Visualisering af udsigt ud over bølgebryderne med topkote +2,3 m DVR90. Topkoten for muren lige bag planterne er desuden hævet til kote +2,5 m DVR90. Øjenhøjde i +3,0 m DVR90.



Figur 8-3 Øverst: Originalt foto ved Taarbæk Havn (juni måned 2024). Nederst: Visualisering af udsigt ud over bølgebryderne med topkote +2,3 m DVR90.

9 Anlægsmetode og tidsplan

9.1 indledning

Systemet af fritliggende bølgebrydere, enten 3 eller 4 stk. er beliggende parallelt med kysten ca. 50-60 m fra land.

Vanddybden er begrænset til 1 til 2 m, og typisk 1,5 m. Denne dybde gør anlæg af bølgebryderne vanskelig, idet de ikke umiddelbart kan bygges fra land, da der ikke er adgang for entreprenørens maskiner som kraner og dumpers. Dybden er for lille til at man kan få pramme af en rimelig størrelse ind med stenmaterialer, da sådant grej har større dybgang.

9.2 Anlægsmetode

Efter nøje overvejelse er det vurderet, at den bedste og mest økonomiske måde at anlægge bølgebryderne er at benytte Bombegrunden som entreprenørens plads til maskiner og midlertidigt lager af stenmaterialer.

Stenmaterialer vil blive (antages som brudsten fra stenbrud i Norge eller Sverige) transporteret på pramme eller massegodsskibe til Københavns Havn, hvor de omlades og køres til midlertidigt lager på Bombegrunden.

Ud fra Bombegrunden anlægges en midlertidig dæmning med en kronekote på ca. +0,5 m og med en 6-7 m bred kørevej på toppen. Hvis det ønskes eller kræves af miljømæssige årsager, er det muligt at indlægge rør eller åbning(er) i dæmningen, så vand kan passere for bedre vandskifte under anlægsfasen. Når denne midlertidige dæmning når ud til området, hvor bølgebryderne skal etableres, kan disse anlægges ved at entreprenøren forsætter mod nord med de tre nordlige bølgebrydere i én operation, også hen over åbningerne mellem bølgebryderne. Når det nordlige bølgebryder-hoved er nået forsætter entreprenøren med at opbygge toppen af konstruktionen ved, at han trækker sig tilbage mod syd, og samtidig etableres åbningerne mellem bølgebryderne. Bølgebryderen syd for Bombegrunden kan, hvis denne bliver en del af projektet, opbygges på samme måde.

Til sidst når alle bølgebryderne er færdige, trækker entreprenøren sig tilbage under opgravning/fjernelse af den midlertidige dæmning vinkelret på land.

Det er kendt, at Bombegrunden er fredet, men det forstås, at det er muligt at få dispensation for den fredning. Det er dog uvist om der kan opnås en tilstrækkelig lang dispensation til at kunne anlægge bølgebryderne. Udover fredningshensyn, kan også andre hensyn skulle tages i betragtning, f.eks. belastning oven på eksisterende spildevand- og regnvandsledninger, m.v.

9.3 Anlæg af hofdeforlængelse ved Bellevue

Når materialerne fra opgravningen af den midlertidige dæmning er foretaget, kan disse materialer med fordel blive anvendt til anlæg af forlængelsen af hofden ved Bellevue. Da den eksisterende hofde er landfast, kan dens forlængelse bedst fortages fra land på traditionel vis ved anlæg af landfaste moler og hofder, dvs. at entreprenøren kører på kernematerialet ud til enden og laver konstruktionen færdig under tilbagetrækning. Dette vil dog enten kræve adgang via den eksisterende hofde, såfremt denne kan modstå belastningerne, ellers kan det være nødvendigt at bygge en midlertidig kørevej ud til enden af den eksisterende hofde, som efterfølgende fjernes igen.

9.4 Tidsplan

Hvor lang tid det tager for en entreprenør at anlægge projektet afhænger af hvor meget materiel de mobiliserer. Under forudsætning af, at entreprenøren laver alle bølgebryderne samlet ved at køre hen over kernen ud til nordenden af den nordlige bølgebryder, så er der en begrænsning på hvor meget grej der kan mobiliseres på samme tid, da det f.eks. kun vil være muligt for én gravemaskine at arbejde ude på bølgebryderen.

Tidsplanen kan se ud som følger:

- | | |
|---|-------------------|
| > Opstart og mobilisering: | 1 måned |
| > 4 stk. bølgebrydere, á 2 mdr: (inklusive opgravning til åbninger). | 8 måneder |
| > 1 opgravning af midlertidig dæmning: | 0,5 måned |
| > Anlæg af hofdeforlængelse, Bellevue | 1,5 måned |
| > Samlet tidsplan: | 11 måneder |
| > Hvis kun tre bølgebrydere: | 9 måneder |

10 Anlægsoverslag

I det følgende præsenteres estimerede anlægsoverslag for:

- > Planløsning 1 (4 bølgebrydere) inklusiv en mulig forlængelse af den nordlige høfde ved Bellevue Strand, samt geotekniske boringer, se Tabel 10-1.
- > Planløsning 2 (3 bølgebrydere) inklusiv en mulig forlængelse af den nordlige høfde ved Bellevue Strand, samt geotekniske boringer, se Tabel 10-2

Disse estimater angiver materiale- samt anlægspris. Derudover er der angivet et estimat på entreprenørens generelle omkostninger (estimeret til 20% af anlægsudgifter) i forbindelse med f.eks. mobilisering, anstilling, demobilisering, køreplader og reetablering af arbejdsområder. Det er af Lyngby-Taarbæk Kommune ønsket at anvende deres anlægsstyringsprincipper, hvorved der er indført en post til forundersøgelser (4%), totalrådgiver (15%), uforudsete omkostninger (30%) og intern projektledelse i Lyngby-Taarbæk Kommune (15%).

Priser er angivet ekskl. moms.

De benyttede bagvedliggende enhedspriser på dæksten og filtersten bygger på erfaringstal i COWI og kan relateres til Q2 2024.

Anlægsoverslaget for de geotekniske boringer er baseret på korrespondance med GEO og skal ses som værende et groft overslag. En detaljeret oversigt over udgifterne hertil er angivet i Tabel 10-3. Udgifter til geotekniske boringer er indeholdt i posten "Forundersøgelser".

Det bemærkes, at der forventeligt skal etableres en midlertidig dæmning af filtersten under arbejderne, se afsnit 9. Det forventes, at disse filtersten kan genbruges ved en forlængelse af den nordlige høfde ved Bellevue Strand, hvorfor enhedsprisen for filtersten ved høfden er reduceret med 50%, da stenene er indkøbt og transportafstanden er kort.

I forbindelse med etableringen af de kystnære bølgebrydere skal det forventes, at der løbende forekommer drift- og vedligeholdelsesarbejder, f.eks. i forbindelse med fjernelse af tang, sandaflejringer, m.m. Det estimeres, at drift- og vedligeholdelsesomkostningerne vil være omkring 1% af anlægsomkostningerne.

Tabel 10-1 Anlægsoverslag for planløsning 1 (fire bølgebrydere), samt forlængelse af den nordlige hofde ved Bellevue Strand.

| Post | Identifikation | Mængde | Enhedspris | Pris (ekskl. moms) |
|---|---|----------------------|------------|-----------------------|
| 1 | Bølgebryder 1 | | | |
| 1.1 | 0.6-2 t dæksten, levering og indbygning | 1.500 m ³ | 1.350 kr. | 2.025.000 kr. |
| 1.2 | 0.3-1 t dæksten, levering og indbygning | 570 m ³ | 1.350 kr. | 770.000 kr. |
| 1.3 | Filtersten, levering og indbygning | 4.490 m ³ | 1.050 kr. | 4.715.000 kr. |
| 2 | Bølgebryder 2 | | | |
| 2.1 | 0.6-2 t dæksten, levering og indbygning | 1.410 m ³ | 1.350 kr. | 1.904.000 kr. |
| 2.2 | 0.3-1 t dæksten, levering og indbygning | 550 m ³ | 1.350 kr. | 743.000 kr. |
| 2.3 | Filtersten, levering og indbygning | 4.160 m ³ | 1.050 kr. | 4.368.000 kr. |
| 3 | Bølgebryder 3 | | | |
| 3.1 | 0.6-2 t dæksten, levering og indbygning | 2.040 m ³ | 1.350 kr. | 2.754.000 kr. |
| 3.2 | 0.3-1 t dæksten, levering og indbygning | 820 m ³ | 1.350 kr. | 1.107.000 kr. |
| 3.3 | Filtersten, levering og indbygning | 6.060 m ³ | 1.050 kr. | 6.363.000 kr. |
| 4 | Bølgebryder 4 | | | |
| 4.1 | 0.6-2 t dæksten, levering og indbygning | 1.620 m ³ | 1.350 kr. | 2.187.000 kr. |
| 4.2 | 0.3-1 t dæksten, levering og indbygning | 660 m ³ | 1.350 kr. | 891.000 kr. |
| 4.3 | Filtersten, levering og indbygning | 4.800 m ³ | 1.050 kr. | 5.040.000 kr. |
| 5 | Forlængelse af hofde ved Bellevue Strand | | | |
| 5.1 | 0.6-2 t dæksten, levering og indbygning | 260 m ³ | 1.350 kr. | 351.000 kr. |
| 5.2 | 0.3-1 t dæksten, levering og indbygning | 270 m ³ | 1.350 kr. | 365.000 kr. |
| 5.3 | Filtersten, lokal flytning og indbygning | 1.070 m ³ | 525 kr. | 562.000 kr. |
| 6 | Midlertidig dæmning | | | |
| 6.1 | Levering og indbygning af filtersten | 960 m ³ | 1.050 kr. | 1.008.000 kr. |
| Delsum | | | | 35.200.000 kr. |
| Entreprenørens generalomkostninger: 20% | | | | 7.040.000 kr. |
| Delsum – Materiel og anlægspris | | | | 42.300.000 kr. |
| Forundersøgelser: 4%* | | | | 1.700.000 kr. |
| Totalrådgiver: 15% | | | | 6.400.000 kr. |
| Uforudsete udgifter: 30% | | | | 12.700.000 kr. |
| Intern projektleddelse for Bygherre: 15% | | | | 6.400.000 kr. |
| SUM | | | | 70.000.000 kr. |

* Anlægsoverslag for geotekniske borer er indeholdt.

Tabel 10-2 Anlægsoverslag for planløsning 2 (tre bølgebrydere), samt forlængelse af den nordlige hofde ved Bellevue Strand.

| Post | Identifikation | Mængde | Enhedspris | Pris (ekskl. moms) |
|--|---|----------------------|------------|-----------------------|
| 1 | Bølgebryder 1 | | | |
| 1.1 | 0.6-2 t dæksten, levering og indbygning | 1.500 m ³ | 1.350 kr. | 2.025.000 kr. |
| 1.2 | 0.3-1 t dæksten, levering og indbygning | 570 m ³ | 1.350 kr. | 770.000 kr. |
| 1.3 | Filtersten, levering og indbygning | 4.490 m ³ | 1.050 kr. | 4.715.000 kr. |
| 2 | Bølgebryder 2 | | | |
| 2.1 | 0.6-2 t dæksten, levering og indbygning | 1.410 m ³ | 1.350 kr. | 1.904.000 kr. |
| 2.2 | 0.3-1 t dæksten, levering og indbygning | 550 m ³ | 1.350 kr. | 743.000 kr. |
| 2.3 | Filtersten, levering og indbygning | 4.160 m ³ | 1.050 kr. | 4.368.000 kr. |
| 3 | Bølgebryder 3 | | | |
| 3.1 | 0.6-2 t dæksten, levering og indbygning | 1.890 m ³ | 1.350 kr. | 2.552.000 kr. |
| 3.2 | 0.3-1 t dæksten, levering og indbygning | 750 m ³ | 1.350 kr. | 1.013.000 kr. |
| 3.3 | Filtersten, levering og indbygning | 5.610 m ³ | 1.050 kr. | 5.891.000 kr. |
| 5 | Forlængelse af hofde ved Bellevue Strand | | | |
| 5.1 | 0.6-2 t dæksten, levering og indbygning | 260 m ³ | 1.350 kr. | 351.000 kr. |
| 5.2 | 0.3-1 t dæksten, levering og indbygning | 270 m ³ | 1.350 kr. | 365.000 kr. |
| 5.3 | Filtersten, lokal flytning og indbygning | 1.070 m ³ | 525 kr. | 562.000 kr. |
| 6 | Midlertidig dæmning | | | |
| 6.1 | Levering og indbygning af filtersten | 960 m ³ | 1.050 kr. | 1.008.000 kr. |
| Delsum | | | | 26.300.000 kr. |
| Entreprenørens generalomkostninger: 20% | | | | 5.260.000 kr. |
| Delsum – Materiel og anlægspris | | | | 31.600.000 kr. |
| Forundersøgelser: 4%* | | | | 1.300.000 kr. |
| Totalrådgiver: 15% | | | | 4.800.000 kr. |
| Uforudsete udgifter: 30% | | | | 9.500.000 kr. |
| Intern projektledelse for Bygherre: 15% | | | | 4.800.000 kr. |
| SUM | | | | 52.000.000 kr. |

* Anlægsoverslag for geotekniske boringer er indeholdt.

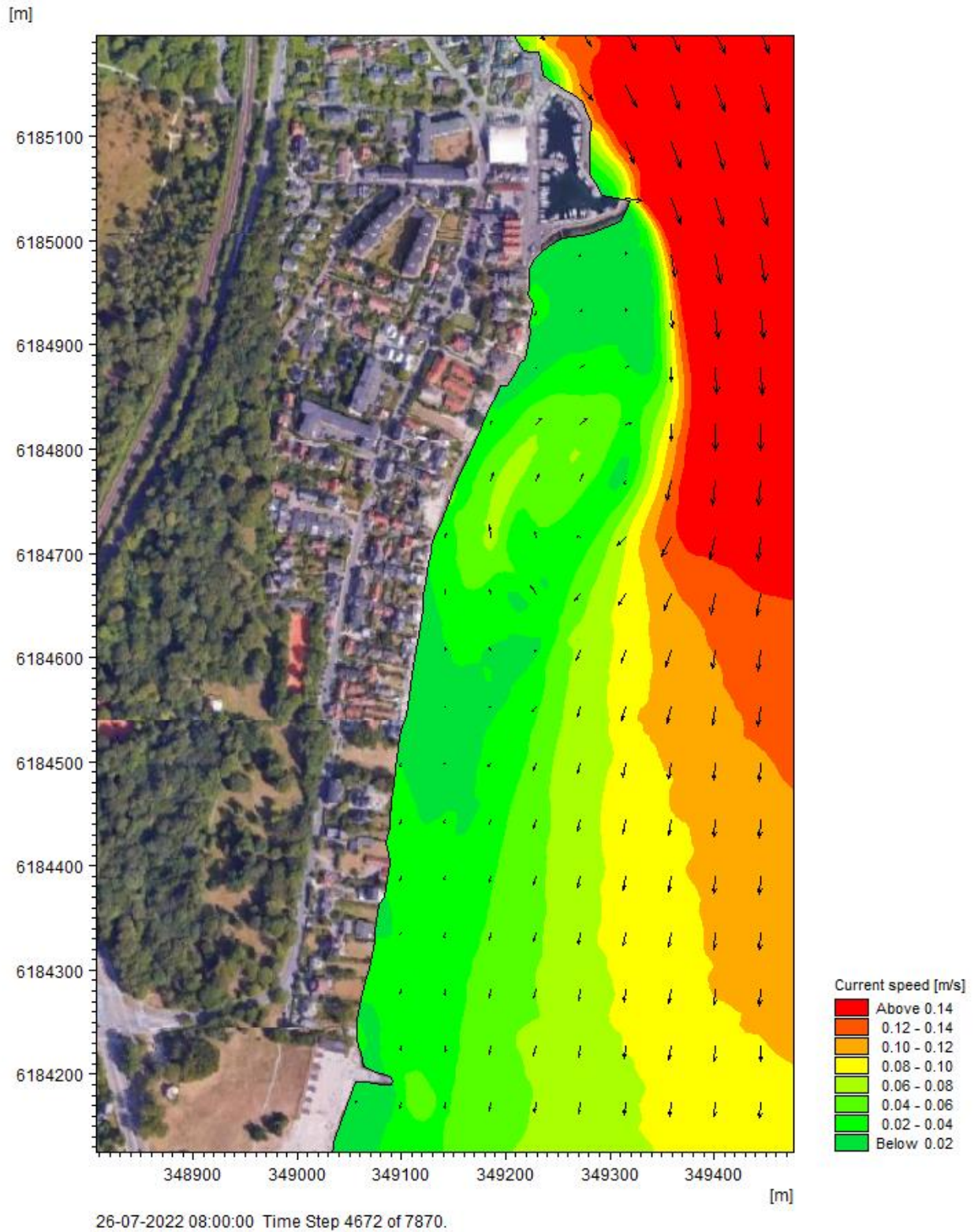
Tabel 10-3 Detaljeret oversigt over anlægsoverslag for geotekniske borerer.

| Identifikation | Pris (ekskl. moms) | |
|------------------------------|--------------------|-------------|
| Projektledelse | 45.000 kr. | |
| Øvrige forberedende arbejder | 25.000 kr. | |
| Mobilisering/Demobilisering | 250.000 kr. | |
| Borearbejde | 8 stk á 40.000 kr. | 320.000 kr. |
| Rapportering inkl. lab | 100.000 kr. | |
| SUM | 750.000 kr. | |

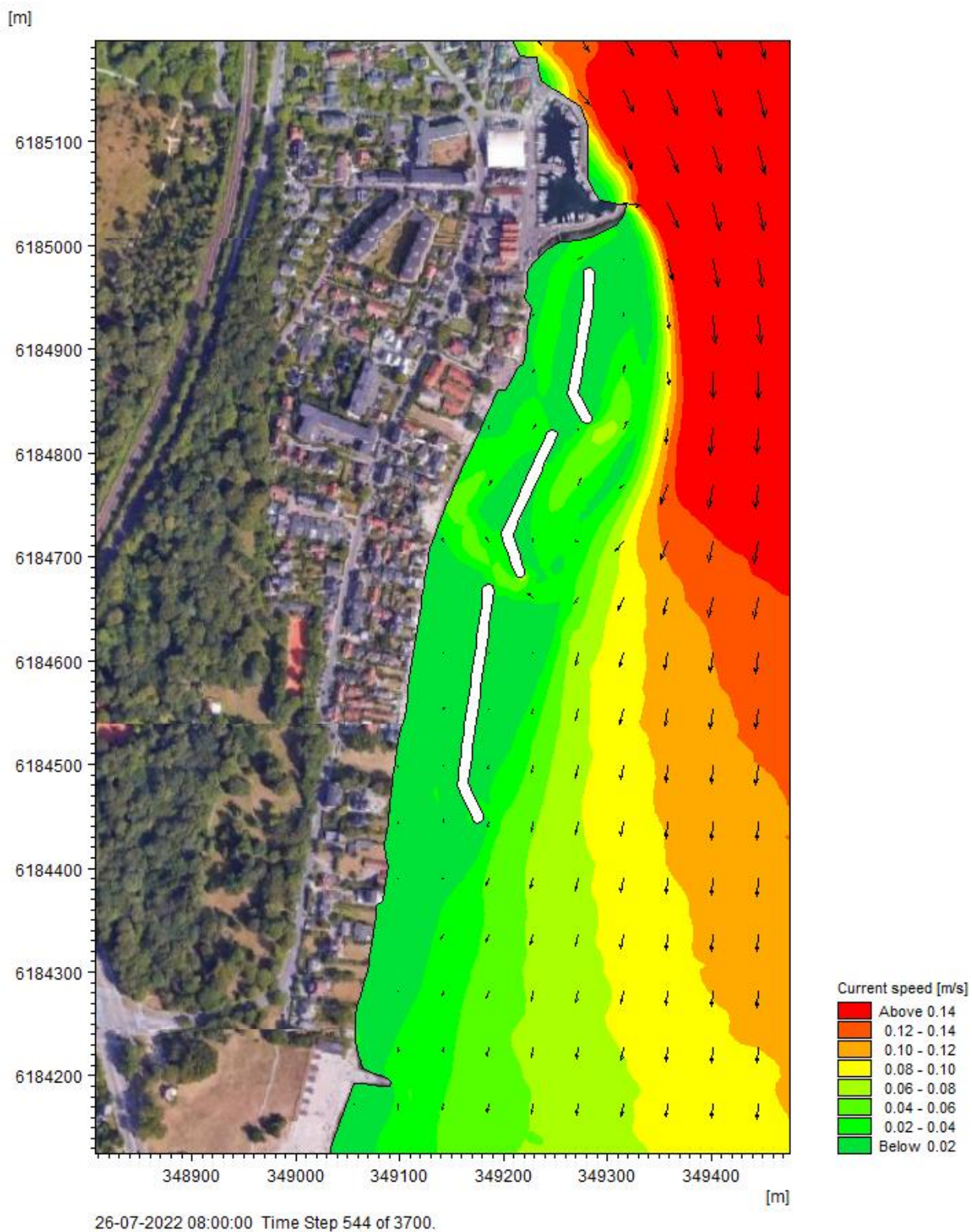
11 References

- /1/ **EKJ, Hasløv & Kærgaard og DHI**
Taarbæk kystsikring - Skitseprojekt, rapport og tilhørende tegningshæfte
April 2023.
- /2/ **COWI**
Stormflodsberedskab I Taarbæk
2021.
- /3/ **COWI**
Stormflodsbeskyttelse i Taarbæk, Ver. 2.0
Februar 2024.
- /4/ **GEUS**
Geologisk Basisdatakort 1513 i NØ København Nord
1989.
- /5/ **Bertelsen, O.**
Fra det nordlige Sokkelund - noget om geologi, teglværker, grusgrave og tørveskæring
GEUS, 1995.
- /6/ **Cavalcante, G. H., Kjerfve, B. and Fear, D. A.**
Examination of residence time and its relevance to water quality within a coastal mega-structure: The Palm Jumeirah Lagoon
Journal of Hydrology, pp. 111-119, August 2012.
- /7/ **PIANC**
Protecting Water Quality in Marinas
2008.
- /8/ **Agency, U. S. E. P.**
Guidelines for Deriving Numerical National Water Quality Criteria for the Protection of Aquatic Organisms and Their Uses
1985.
- /9/ **Birkemeier, W. A.**
Field data on seaward limit of profile change.
Journal of Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering, vol. 111(3), pp. 596-602, 1985.
- /10/ **Hallermeier, R. J.**
A Profile Zonation for Seasonal Sand Beaches from Wave Climate
Coastal Engineering, vol. 4, pp. 253-277, 1981.
- /11/ **Marcel R.A. van Gent, L. B. J. P. v. d. B. D. W.**
Wave transmission at submerged coastal structures and artificial reefs
Coastal Engineering, Volume 184, ISSN 0378-3839, 2023.
- /12/ **CIRIA, CUR and CETMEF**
The Rock Manual. The use of rock in hydraulic engineering.
London: CIRIA, C683, 2nd edition, 2016.
- /13/ **Lars Kirkegaard, M. H. o. O. J. J.**
Design of Scour Protection for the Bridge Piers of the Øresund Link
Coastal Engineering, 1998.

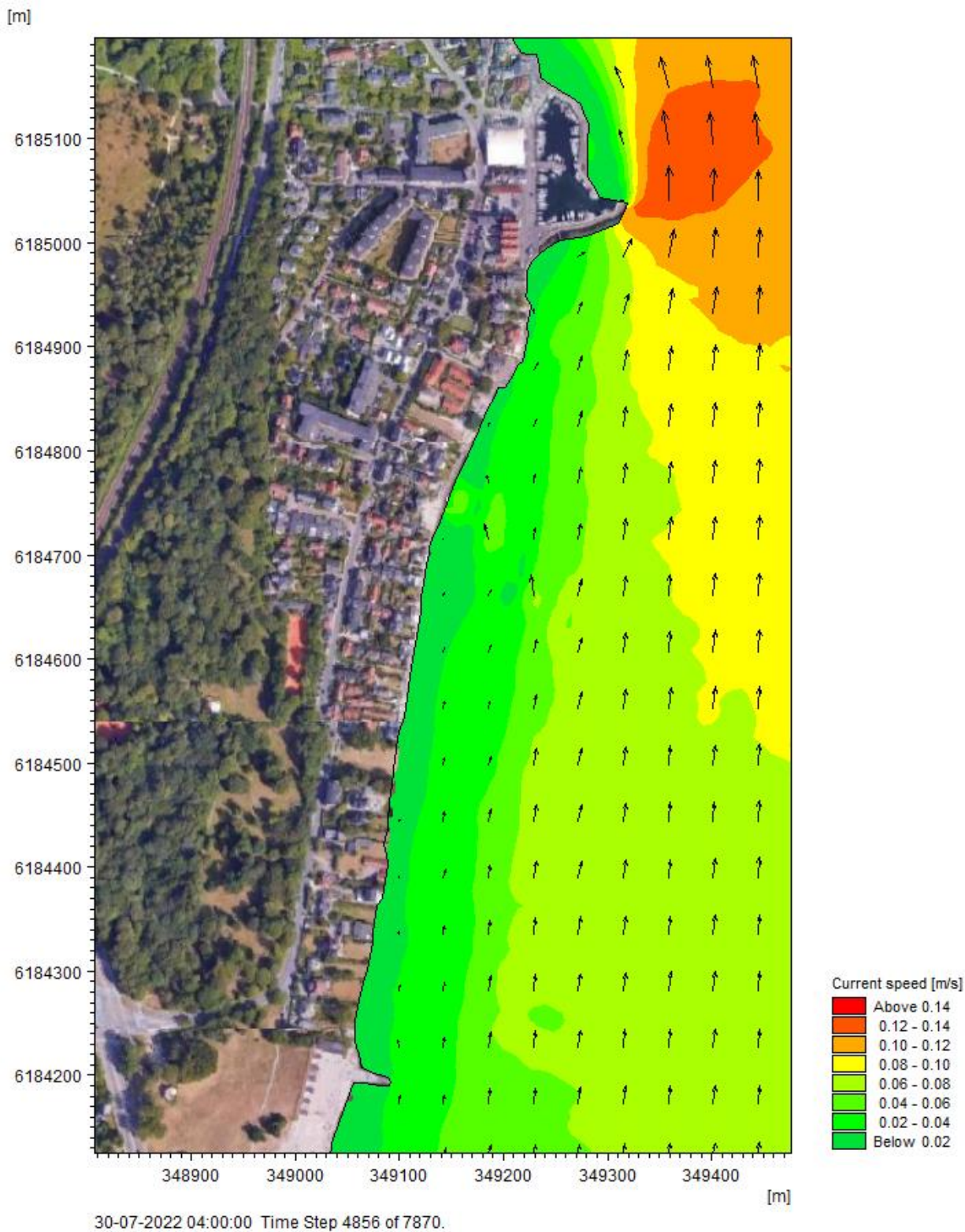
Bilag A Strømforhold



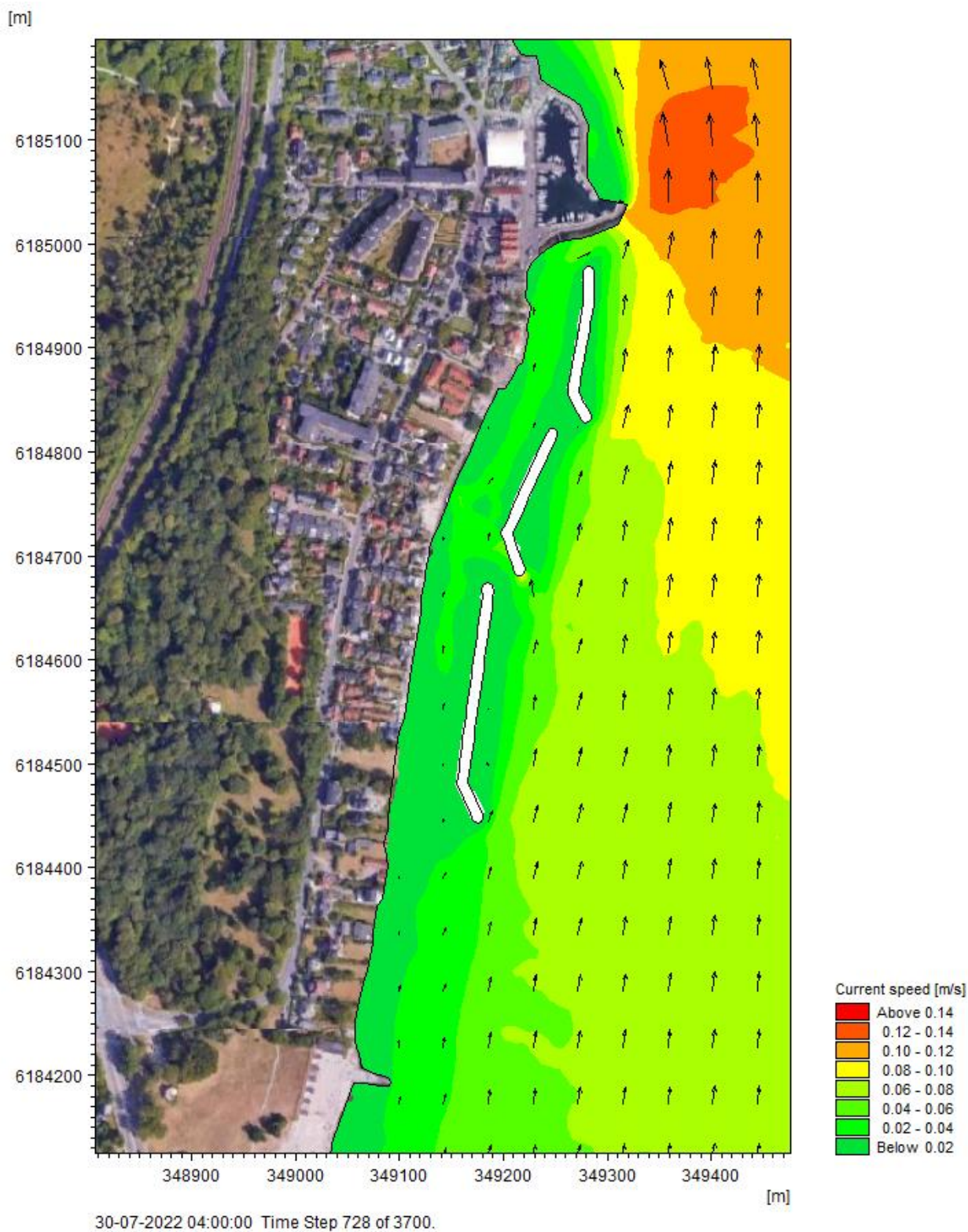
Figur A-1 Typisk situation med sydgående strøm for de eksisterende forhold.



Figur A-2 Typisk situation med sydgående strøm for planløsning 2 med 3 bølgebrydere.



Figur A-3 Typisk situation med nordgående strøm for de eksisterende forhold.



Figur A-4 Typisk situation med nordgående strøm for planløsning 2 med 3 bølgebrydere.

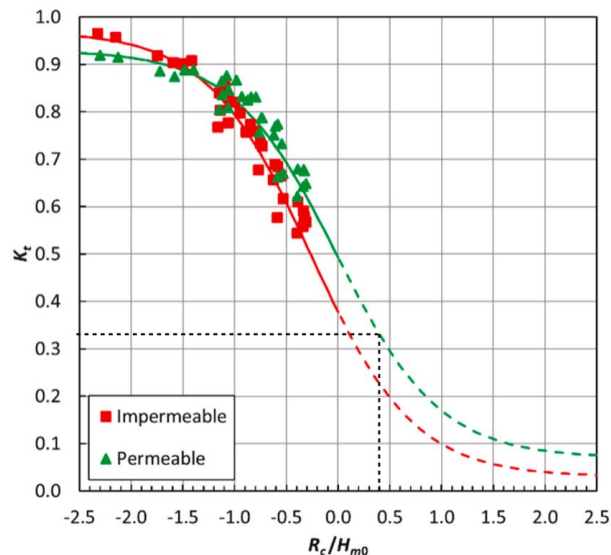
Bilag B Dimensionering af bølgebrydere

En række elementer skal medtages i projekteringen af kystnære bølgebrydere, såsom tilstrækkelige stenstørrelser på forside, bagside og krone samt udformning af bølgebryderens tå. Det vurderes ikke at bølgebryderne skal nedgraves i havbunden, men blot placeres oven på eksisterende havbund.

Der er fastsat en kronekote på +2,3 m DVR90 for bølgebryderne. Kronekoten er forholdsvis lav ift. design vandstanden på +1,9 m DVR90 og er valgt ud fra krav til reduktion af bølgeenergien igennem og over bølgebryderen. Forholdet mellem designvandstanden og kronekoten angiver fribordet, og forholdet mellem bølgehøjden og fribordet angiver hvor kraftigt bølgebryderens krone og bagside overskylles. Dette har betydning for transmissionen af bølgeenergien gennem og over bølgebryderen, men også hvor store dæksten der skal anlægges på hhv. krone og bagside.

Kronekoten er vurderet på baggrund af ønsket om at bølgerne bag bølgebryderne begrænses til ca. 30% af bølger foran bølgebryderne. Kronekoten bestemmes ud fra designhændelsen ved stormflod for nord, da det er her at transmissionen af bølger vil være kritisk i forhold til stormflodssikringen, da den maksimale vandstand opstår i den forbindelse (+1,9 m DVR90). Ved en kronekote på +2,3 m DVR90 fås på baggrund af Figur B-1 en transmissionskoefficient på 33 %, dvs. bølgerne reduceres med 67% (100-33%) ved overskyl over bølgebryderne.

$$R_c = 0,4 \text{ m}; H_{m0} = 1,0 \text{ m} \rightarrow \frac{R_c}{H_{m0}} = \frac{0,4}{1,0} = 0,4 \rightarrow K_t = 33 \%$$



Figur B-1 Bølgetransmissionskoefficient K_t som funktion af forholdet mellem fribord R_c og uforstyrrede signifikante bølgehøjde H_{m0} . Se /11/.

Med en transmissionskoefficient på 33 % reduceres bølgerne på bagsiden af bølgebryderen til ca. $H_s=0,35$ m. Selv om vandstanden langs landsiden er den samme som foran bølgebryderne, så vil en reduktion af bølgehøjden til ca. 1/3 af de indkommende bølger medføre, at risikoen for bølgeoverskyl over murene ud mod havet bliver kraftigt reduceret.

Mindstekrav til stenstørrelser på forsiden bestemmes på baggrund af designhændelsen ved stormflod fra øst, da det er her bølgebryderne er mest udsat for bølger, dvs. $H_s = 1,4$ m (dybdebegrænset) og vandstand = +0,65 m DVR90. Hudsons formel benyttes til bestemmelse af mindstekravet til dækstenens middelvægt, /12/:

$$W_{50,min} = \frac{H_s^3 * \gamma_r}{K_D * \cot \theta \left(\frac{\gamma_r}{\gamma_v} - 1 \right)^3}$$

hvor

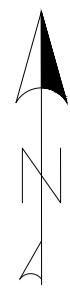
- > $W_{50,min}$ Er mindstekravet til middelvægten af dækstenen [ton]
- > H_s Er den signifikante bølgehøjde [m]
- > γ_r Er den specifikke vægt af dækstenen, 2,65 t/m³ for granit
- > γ_v Er den specifikke vægt af vandet, 1,025 t/m³ for saltvand
- > $\cot \theta$ Er hældningen af bølgebryderen
- > K_d Er en stabilitetskoefficient

K_D er på baggrund af erfaring skønnet til 2,0, hvilket svarer til begyndende skade af bølgebryderen. Hældningen på stenskråningen er valgt til 1:2 ($\cot \theta = 2$). Dette giver en $W_{50,min} = 450$ kg. Da designbølgerne er dybdebegrænsede fra $H_s=1,6$ m og ned til $H_s=1,4$ m, hvilket svarer ca. til en 15-års hændelse, betyder det, at bølgebryderen er udsat oftere for den reelle designhændelse. Samtidig vælges det at etablere bølgebryderen som en et-lags konstruktion. For at gøre bølgebryderen mere robuste, vælges det derfor at benytte en ikke-standard gradering for dækstenen på 0,6-2 t.

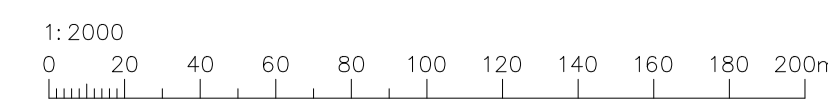
På bagsiden vurderes det acceptabelt at gå ned i stenstørrelsen 0,3-1 t og også etablere dette med 1 lag sten. Ved stormflod fra øst er $R_c/H_s = 1,2$, hvilket giver en stor reduktion af bølgerne som skyller ind over bølgebryderne. Ved stormflod fra nord er fribordet meget lavt, men samtidig er bølgehøjden også reduceret. Som filtersten vælges det at benytte 8-25 cm ral eller sprængstensfyld.

Et typisk tværsnit for bølgebryderne fremgår af Figur 5-1 (se også vedlagt tegning A273244-COWI-DWG-101 i Bilag C), hvor der etableres ét lag 0,6-2 t på forsiden (mod Øresund) og i kronen, og ét lag 0,3-1 t på bagsiden. Udover filtersten etableres også en tå med tykkelse på 30 cm og bredde på 1,5 m både forside og bagside.

Bilag C Tegninger



PLAN
Mål 1 : 2000 (A1)



NOTER
KOTER ER 1 m I SYSTEM DVR90

UBENÆVNTE MÅL ER 1 m.

PLANTEGNINGEN VISER OMFANGET AF EN MULIG FREMTIDIG ETABLERING AF FIRE BØLGEBRYDERE MELLE M TAARBÆK HAVN OG BELLEVUE STRAND. ENDVIDERE VISES EN MULIG FORLÆNGELSE AF DEN NORDLIGE HØFDE VED BELLEVUE STRAND.

SNIT A ER ET TYPISK SNIT FOR DE FIRE BØLGEBRYDERE.

ANGIVNE HAVBUNDSKOTER ER BASERET PÅ BATHYMETRY DATA MODTAGET AF LYNGBY-TAARBÆK KOMMUNE.

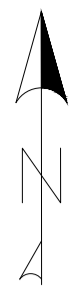
BAGGRUNDKORT FRA 2024 ER REKVIRERET FRA GEODANMARK.

HENVISNINGER

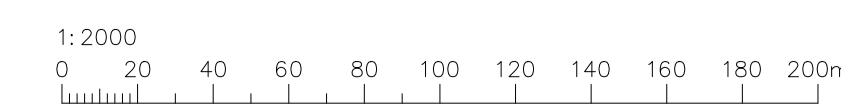
A273244-COWI-DWG-101 SNIT A, B & C

VER. | DATO | BEHÆRNINGER | TEKN./UDARB. | KONTROL | GODKENDT

| | | | | |
|-----------------------------|---|---|-------------------------------------|----------------|
| | Lyngby-Taarbæk Kommune Lyngby Rådhus Lyngby Torv 17 2800 kgs. Lyngby | Tlf +45 45 97 30 00 www.ltk.dk | | |
| | | COWI A/S Parallevej 2 2800 Kongens Lyngby | Tlf +45 56 40 00 00 www.cowi.com | |
| Plantegning - Planløsning 1 | | TEKN./UDARB. BTHI KONTROLLERET ADKE GODKENDT ADKE | | |
| PROJEKTNR. A273244 | MÅL 1:2000(A1) | DATO 16-07-2024 | DOKUMENTNR. A273244-COWI-DWG-001 | VERSION 1.0 |



PLAN
Mål 1 : 2000 (A1)



NOTER
KOTER ER 1 m I SYSTEM DVR90

UBENÆVNTE MÅL ER 1 m.

PLANTEGNINGEN VISER OMFANGET AF EN MULIG FREMTIDIG ETABLERING AF TRE BØLGEBRYDERE MELLEM TAARBÆK HAVN OG BELLEVUE STRAND. ENDVIDERE VISES EN MULIG FORLÆNGELSE AF DEN NORDLIGE HØFDE VED BELLEVUE STRAND.

SNIT A ER ET TYPISK SNIT FOR DE TRE BØLGEBRYDERE.

ANGIVNE HAVBUNDSKOTER ER BASERET PÅ BATHYMETRY DATA MODTAGET AF LYNGBY-TAARBÆK KOMMUNE.

BAGGRUNDSKORT FRA 2024 ER REKVIRERET FRA GEODANMARK.

HENVISNINGER

A273244-COWI-DWG-101 SNIT A, B & C

VER. | DATO | BEMERKNINGER | TEGN./UDARB. | KONTROL | GODKENDT

| | | |
|--|--|---|
| | LYNGBY-TAARBÆK KOMMUNE Lyngby Rådhus Lyngby Torv 17 2800 kgs. Lyngby | Tlf +45 45 97 30 00 www.ltk.dk |
| | | COWI A/S Parallevej 2 2800 Kongens Lyngby |

| | |
|-----------------------------|---|
| Plantegning - Planløsning 2 | TEGN./UDARB. BTHI KONTROLLERET ADKE GODKENDT ADKE |
|-----------------------------|---|

| | | | | |
|-----------------------|-------------------|--------------------|-------------------------------------|----------------|
| PROJEKTNR. A273244 | MÅL 1:2000(A1) | DATO 16-07-2024 | DOKUMENTNR. A273244-COWI-DWG-002 | VERSION 1.0 |
|-----------------------|-------------------|--------------------|-------------------------------------|----------------|

NOTER

KOTER ER I m I SYSTEM DVR90

UBENÆVNTE MÅL ER I m

SNIT A ER ET TYPISK SNIT FOR BØLGEBRYDERNE.

SNIT B-B ER GÆLDENDE CA. 35 m FRA SPIDSEN AF DEN NORDLIGE HØFDE OG MOD ØST. HEREFTER GÅR TVÆRSNITTET OVER I SNIT C-C.

SIGNATURER

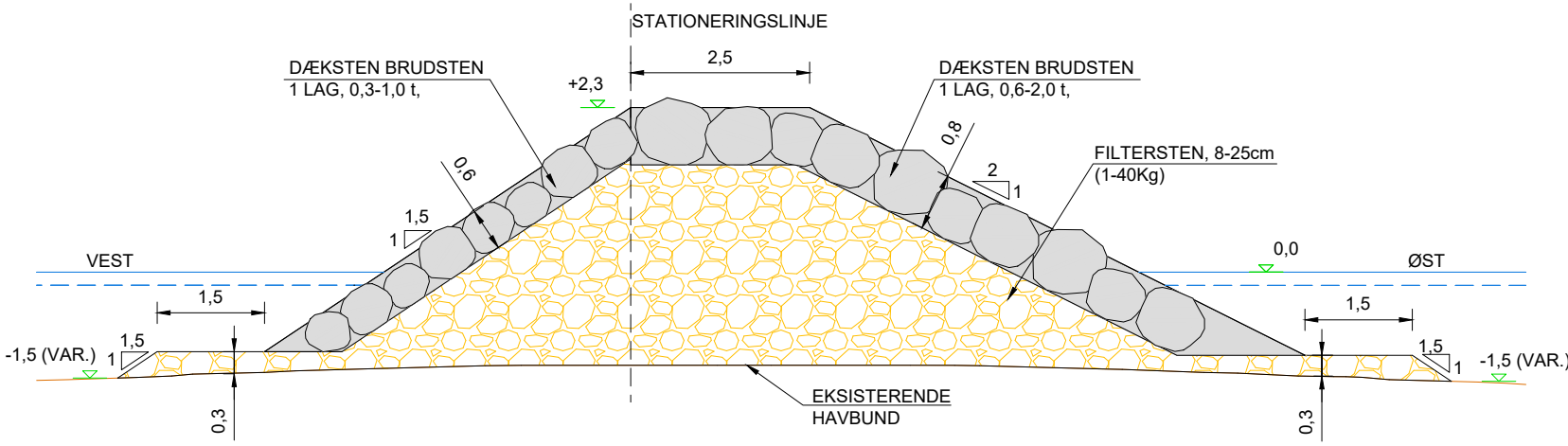
 FILTERSTEN, BRUDSTEN (8-25cm) 1-40 kg

 DÆKSTEN BRUDSTEN

HENVISNINGER

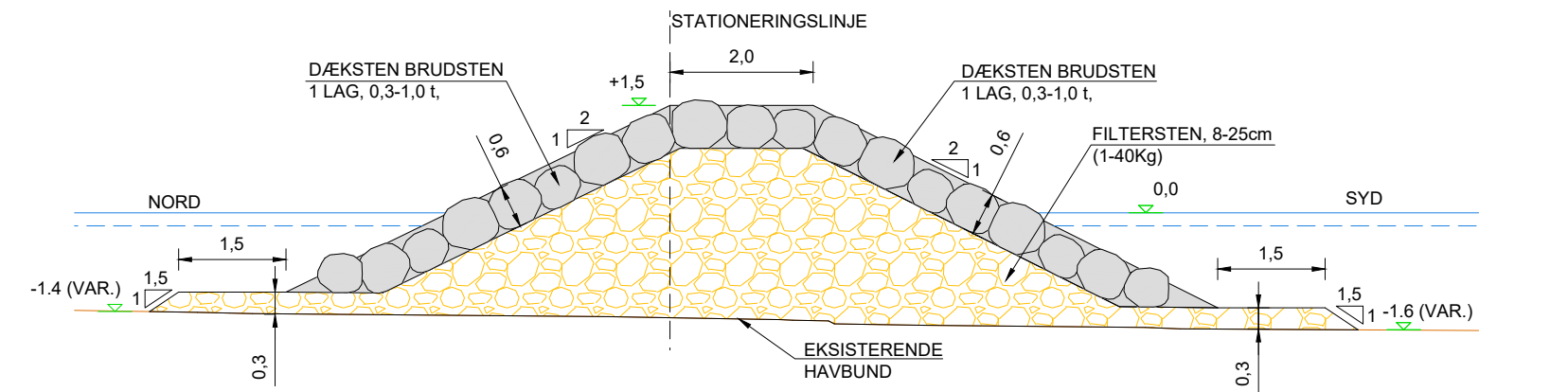
A273244-COWI-DWG-001: PLANTEGNING - LAYOUT 1

A273244-COWI-DWG-002: PLANTEGNING - LAYOUT 2



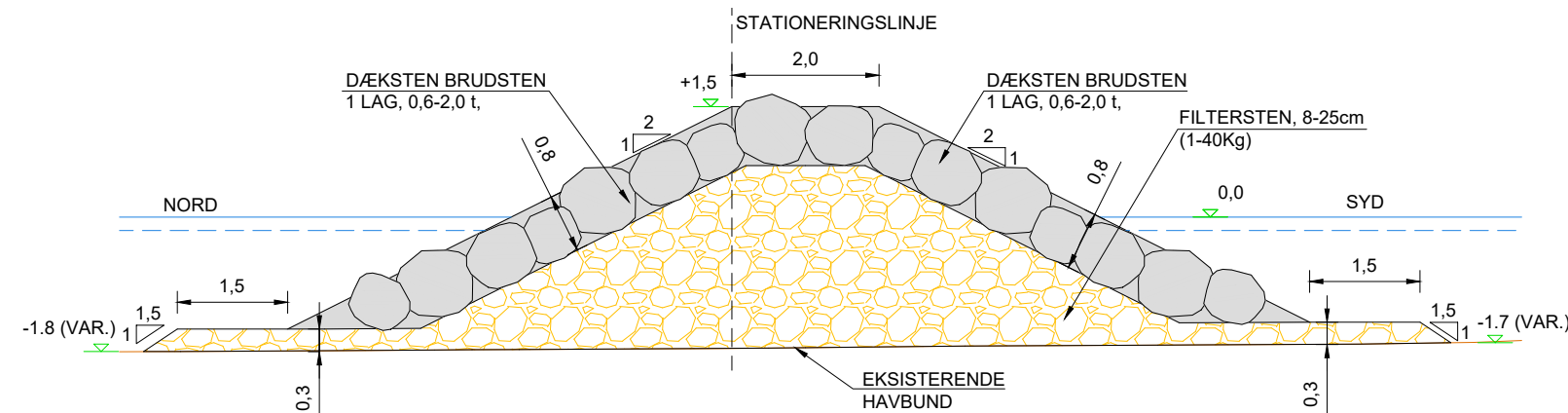
SNIT A-A, STATION: 0+60

Mål 1 : 100 (A3)



SNIT B-B, STATION: 0+25

Mål 1 : 100 (A3)





SNIT C-C, STATION: 0+48

Mål 1 : 100 (A3)



| | | | | |
|--|--|--|--|--|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

| | | | | | |
|------|------|--------------|--------------|---------|----------|
| VER. | DATO | BEMÆRKNINGER | TEGN./UDARB. | KONTROL | GODKENDT |
|------|------|--------------|--------------|---------|----------|

| | | |
|--|---|---|
|  LYNGBY-TAARBÆK KOMMUNE | Lyngby-Taarbæk Kommune Lyngby Rådhus Lyngby Torv 17 2800 kgs. Lyngby | Tlf +45 45 97 30 00 www.ltk.dk |
| |  COWI | COWI A/S Parallevej 2 2800 Kongens Lyngby |

| | | |
|------------|--------------|------|
| SINT A,B&C | TEGN./UDARB. | BTHI |
| | KONTROLLERET | ADKE |
| | GODKENDT | ADKE |

| | | | | |
|------------|-----------|------------|----------------------|---------|
| PROJEKTNR. | MÅL | DATO | DOKUMENTNR. | VERSION |
| A273244 | 1:100(A3) | 16-07-2024 | A273244-COWI-DWG-101 | 1.0 |