



OPTIMERING AF KYSTBESKYTTELSE VED FREDERICA ØSTERSTRAND

APRIL 2023

Projektnavn	Kystbeskyttelse på Østerstrand
Kunde	Fredericia Kommune
Projektleder	Christian Helledie
Projektnummer	22002553
Til	Tobias Berthel Bendixen
Udarbejdet af	Sebastian Westh
Kvalitetssikret af	Christian Helledie
Godkendt af	Lea Bjerre Schmidt
Version	1.1
Versionsdato	21.04.2023
Første udgivelsesdato	21.04.2023

INDHOLD

1	INDLEDNING	4
2	EKSISTERENDE FORHOLD	5
3	HISTORISK KYSTUDVIKLING	16
4	WSP OPMÅLING	19
5	SKITSEFORSLAG FOR OMLÆGNING AF HØFDER OG STRAND	23
5.1	Mål og rammer	23
5.2	Strand	23
5.3	Høfder	25
5.4	Strandfodring	29
5.5	Skråningsbeskyttelse	30
6	REFERENCER	31

1 INDLEDNING

WSP har indgået aftale med Fredericia Kommune om kystopmåling og kystteknisk rådgivning og herunder udarbejdelse af skitseforslag for optimering af kystbeskyttelse og formidlingsstenrev syd for Cirkelbroen ved Østerstrand i Fredericia.

Projektet afrapporteres i to dele: en rapport om kystbeskyttelsen og en rapport om stenrevet. Nærværende rapport omhandler optimering af kystbeskyttelsen.

Rapporten indeholder forslag til optimering af høfderne syd for Cirkelbroen samt strandfodring for at forbedre strandene og stabilisere kysten, samt for at rydde op i uvirksomme anlæg.

Der er allerede udført en række forundersøgelser af kystbeskyttelsen ved Østerstrand i årene 2015 til 2020 med indledende skitseforslag, kysttilbagerykningsrater, sedimenttransportrater og erosion af Kystdirektoratet (2020), DHI (2015) og Rambøll (2016).

WSP og Fredericia Kommune afholdt opstartsmøde og kystinspektion 23.01.2023 for at diskutere mål og rammer for projektet for optimering af kystbeskyttelse og formidlingsstenrev. Opmåling af strand og havbund blev udført samme dag.

2 EKSISTERENDE FORHOLD

Projektområdet dækker en strækning på ca. 600 m ved Østerstrand i Fredericia som vist på Figur 2-1. Der ligger en række mindre ældre høfder langs stranden fra Cirkelbroen og sydpå mod Skanseodden Havn. En del af høfderne er nedslidte og har kun begrænset virkning på stranden. Cirkelbroen og stenpynten nord for Roklubben udgør større konstruktioner, der har markant virkning på kystdynamikken og herunder strandens form. Stranden er bred og forholdsvis stabil umiddelbart nord for begge konstruktioner.



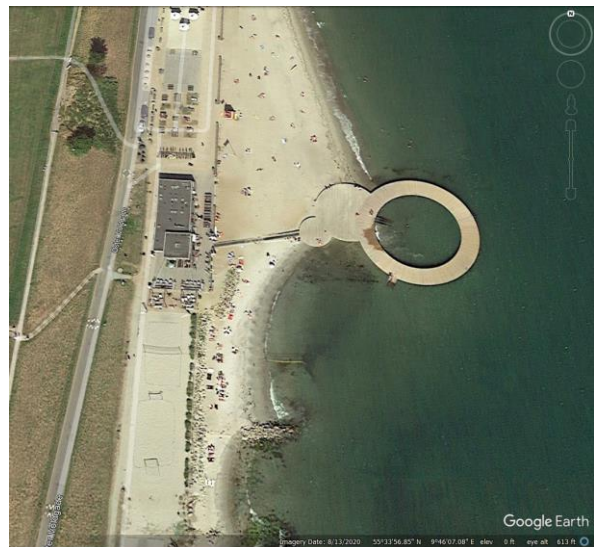
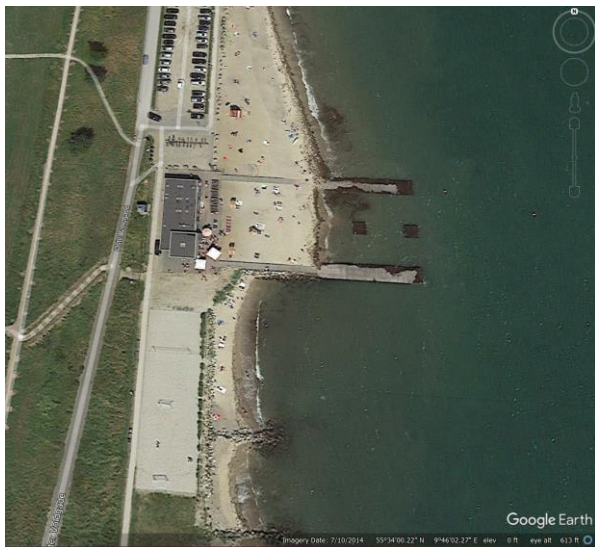
Figur 2-1 Projektområde

Der lå tidligere to større høfder på det sted Cirkelbroen ligger i dag, som havde markant virkning på kysten, se Figur 2-2.

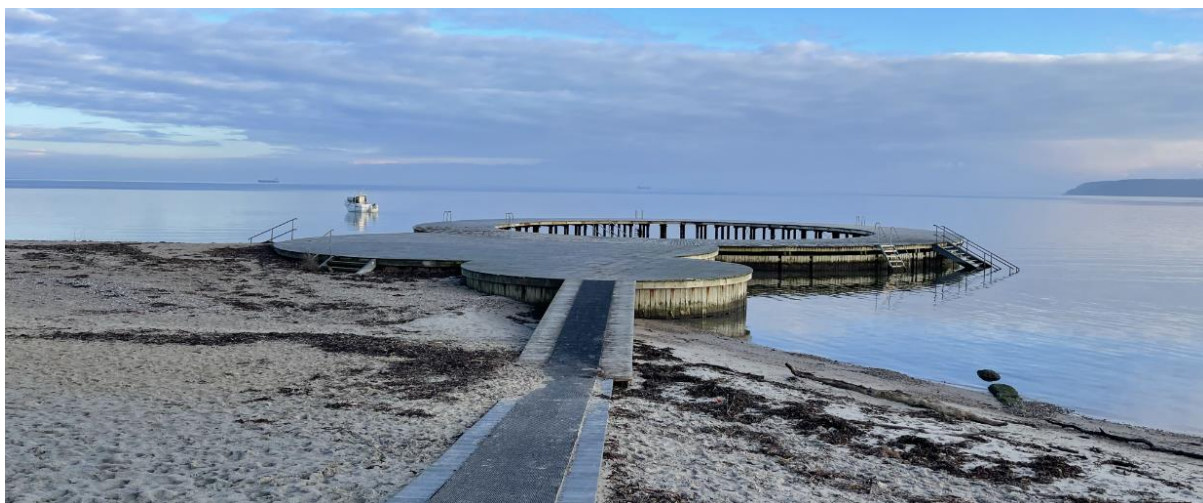
Cirkelbroen blev anlagt i 2017, se Figur 2-3. Kommunen oplyser, at der i den forbindelse blev udført strandfodring på begge sider af Cirkelbroen. Stranden er i dag bred og attraktiv nord for Cirkelbroen, se Figur 2-4. Stranden syd for Cirkelbroen bærer i dag præg af erosion.

Der er pæle under den yderste del af Cirkelbroen og spunsvæg under den inderste del. Spunsvæggen blokerer en del af den kystparallelle sedimenttransport, hvilket stabiliserer stranden nord for. Der er dog stadig sedimenttransport langs kysten mod syd, som så vandrer udenom spunsvæggen og derved under den del af badebroen, der står på pæle.

Der er en trappe ned til sandbunden indenfor Cirkelbroen. Der er udfordringer med uroligt vand og bølger for de badende i midten af Cirkelbroen som følge af, at bølgerne reflekteres af den runde spunsvæg.



Figur 2-2 Stranden omkring Cirkelbroen, 10.2014 til venstre, 08.2023 til højre



Figur 2-3 Cirkelbroen, 25.01.2023



Figur 2-4 Cirkelbroen og stranden nord for, 25.01.2023

Stranden er smal syd for Cirkelbroen og der er anlagt en skråningsbeskyttelse med træmur bagved for at beskytte en strandfodboldbane, se Figur 2-5. Figur 2-6 viser, at bølgerne kan nå op til skråningsbeskyttelsen selv under almindelige vejrforhold og højvande.



Figur 2-5 Skråningsbeskyttelse ved Østerstrand syd for Cirkelbroen, 25.01.2023



Figur 2-6 Bølger foran skråningsbeskyttelse ved Østerstrand, 17.11.2022

Figur 2-7 viser kysten syd for Cirkelbroen. Bølgerne kan nå op til kystklinten under selv almindelige vejrforhold og højvande. Da stranden er lav, kan der ske erosion af bagstranden under både normale og ekstreme vejrforhold.



Figur 2-7 Bølger ved Østerstrand, 17.11.2022

Der er sket skader på den sydlige ende af skråningsbeskyttelsen ud for fodboldbanen, se Figur 2-8 og Figur 2-9. Skråningsbeskyttelsen er tilsyneladende opbygget med dæksten direkte ovenpå geotekstil, hvilket ikke er en optimal opbygning. Derudover er afslutningen mod syd tilsyneladende blevet undermineret. Dækstene ser desuden ud til at være for små.



Figur 2-8 Skader på skråningsbeskyttelse ved Østerstrand, 25.01.2023



Figur 2-9 Skader på skråningsbeskyttelse og stranden syd for Cirkelbroen, 25.01.2023

Figur 2-10 viser stranden syd for Cirkelbroen og den første badebro. Der er en række mindre høfder med varierende dimensioner og varierende kystteknisk virkning langs kysten. Der er erosion af baglandet bag den smalle sandstrand, hvilket har skabt en lav kystklint, se Figur 2-11.

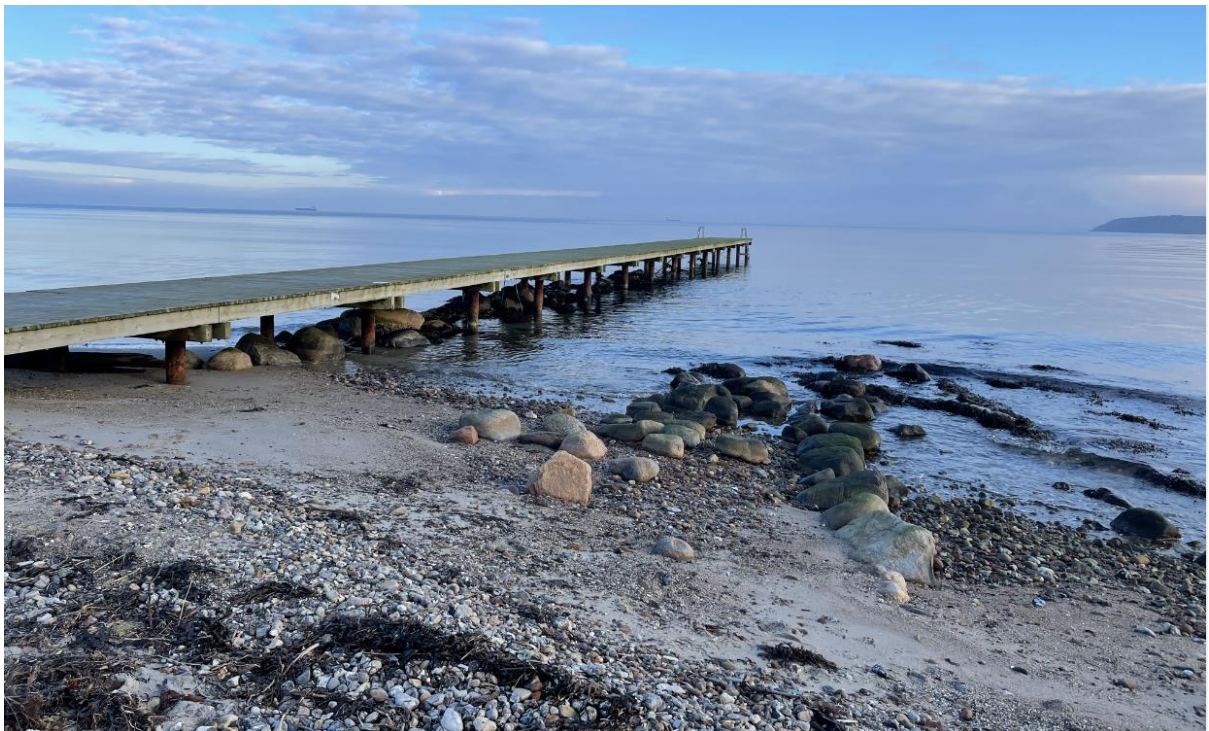


Figur 2-10 Kysten og 1. badebro syd for Cirkelbroen, 25.01.2023

Badebroen står på pæle, men der er sten under den inderste del, se Figur 2-12. Længden af høfderne under badebroen er cirka det samme som de øvrige høfder langs stranden.



Figur 2-11 Erosion af bagstrand syd for skråningsbeskyttelsen og Cirkelbroen, 25.01.2023



Figur 2-12 Første badebro og mindre hølfer syd for Cirkelbroen, 25.01.2023

Der er en smal sand- og ral-strand mellem de to badebroer syd for Cirkelbroen. Der er et smalt forland foran skanserne, hvor der løber en trampesti og en grussti. Der er tegn på erosion af den lille kystlint langs forlandet og flere af høfderne er bagskåret, se Figur 2-13. Høfderne er flere steder opbygget med pælekonstruktioner, som generelt er i dårlig stand.



Figur 2-13 Høfder, strand, forland og sti mellem de to badebroer syd for Cirkelbroen, 25.01.2023

Figur 2-14 viser, at høfderne er opbygget af sten suppleret med pæleværker, som er i dårlig stand. En del af høfderne har dog en vis virkning på forløbet af vegetationslinjen og derved på strandens forløb. De mindre høfder har dog kun begrænset kystteknisk virkning.



Figur 2-14 Høfder og sti mellem de to badebroer syd for Cirkelbroen, 25.01.2023

Figur 2-15 viser kysten omkring den anden badebro syd for Cirkelbroen.



Figur 2-15 Kysten ved 2. badebro syd for Cirkelbroen, 25.01.2023

Der er flere små stenkastninger/høfder langs stranden omkring 2. badebro syd for Cirkelbroen, se Figur 2-16. Der er også erosion i bagstranden langs denne strækning.



Figur 2-16 2. badebro, strand og høfder, 25.01.2023

Der er en adgangsrampe fra græsarealet ned til vandet ved kunstværket Havfruefløjterne, se Figur 2-17.



Figur 2-17 Kysten ved kunstværket Havfruefløjterne, 25.01.2023

Høfderne er opbygget af pælerækker med dæksten i mellem, se Figur 2-17 og Figur 2-18. Høfderne ser mange steder ud til at være faldet noget sammen specielt den yderste del. Dette indikerer, at stenene som høfderne er opbygget af, er for små i forhold til bølgeklimaet ved Østerstrand.



Figur 2-18 Kysten syd for kunstværket Havfruefløjterne, 25.01.2023

Figur 2-19 viser kysten syd for kunstværket Havfruefløjterne, der er præget af mange små høfder. Der er mindre erosion af skråningen ned mod stenpynten ved Roklubben. Stenpynten udgør et større

forland, der virker som en stor høfde og dermed bevirker, at stranden er forholdsvis stabil nord for, se Figur 2-20. Den lille høfde nord for stenpynten har stort set ingen virkning, da strandens form her styres af den større pynt syd for. Baglandet er bredere umiddelbart nord for stenpynten ved Roklubben, da pynten har en større udstrækning søværts og derved har opbygget en bredere strand.



Figur 2-19 Kysten syd for kunstværket Havfruefløjterne og nord for stenpynten ved Roklubben, 25.01.2023



Figur 2-20 Kysten syd for Havfruefløjterne ned mod stenpynten ved Roklubben, 25.01.2023

Figur 2-21 viser den større stenpynt nord for Roklubben. Figur 2-22 viser roklubbens bygninger syd for stenpynten med smal strand som følge af læsideerosion bag stenpynten. Roklubbens bygninger ser ud til at ligge meget lavt og er således truet af både erosion og høj vandstand i forbindelse med ekstreme vejrforhold.

Der er et naturområde langs kysten syd for Roklubben, som er stabiliseret af høfder.

Projektstrækningen ligger tæt op ad Skanseodde, hvor vanddybden stiger betydeligt og der ligger havneanlæg direkte ud til Lillebælt. Den sedimenttransport der foregår langs Østerstrand tabes ud på dybt vand ved Skansehage som følge af den store vanddybde.



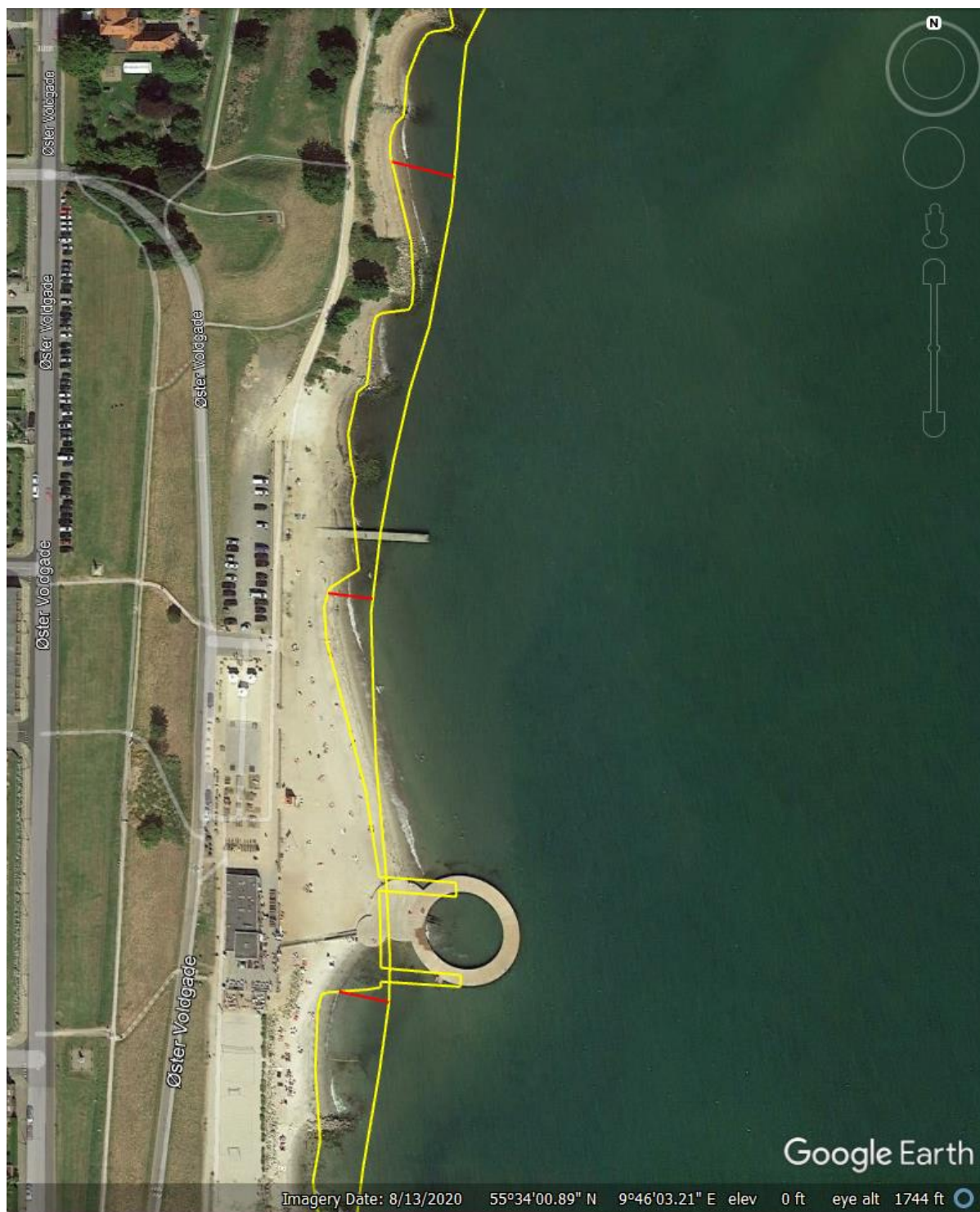
Figur 2-21 Roklubben og projektets sydlige afgrænsning ved stenpynten, 25.01.2023



Figur 2-22 Roklubben og projektets sydlige afgrænsning ved stenpynten, 25.01.2023

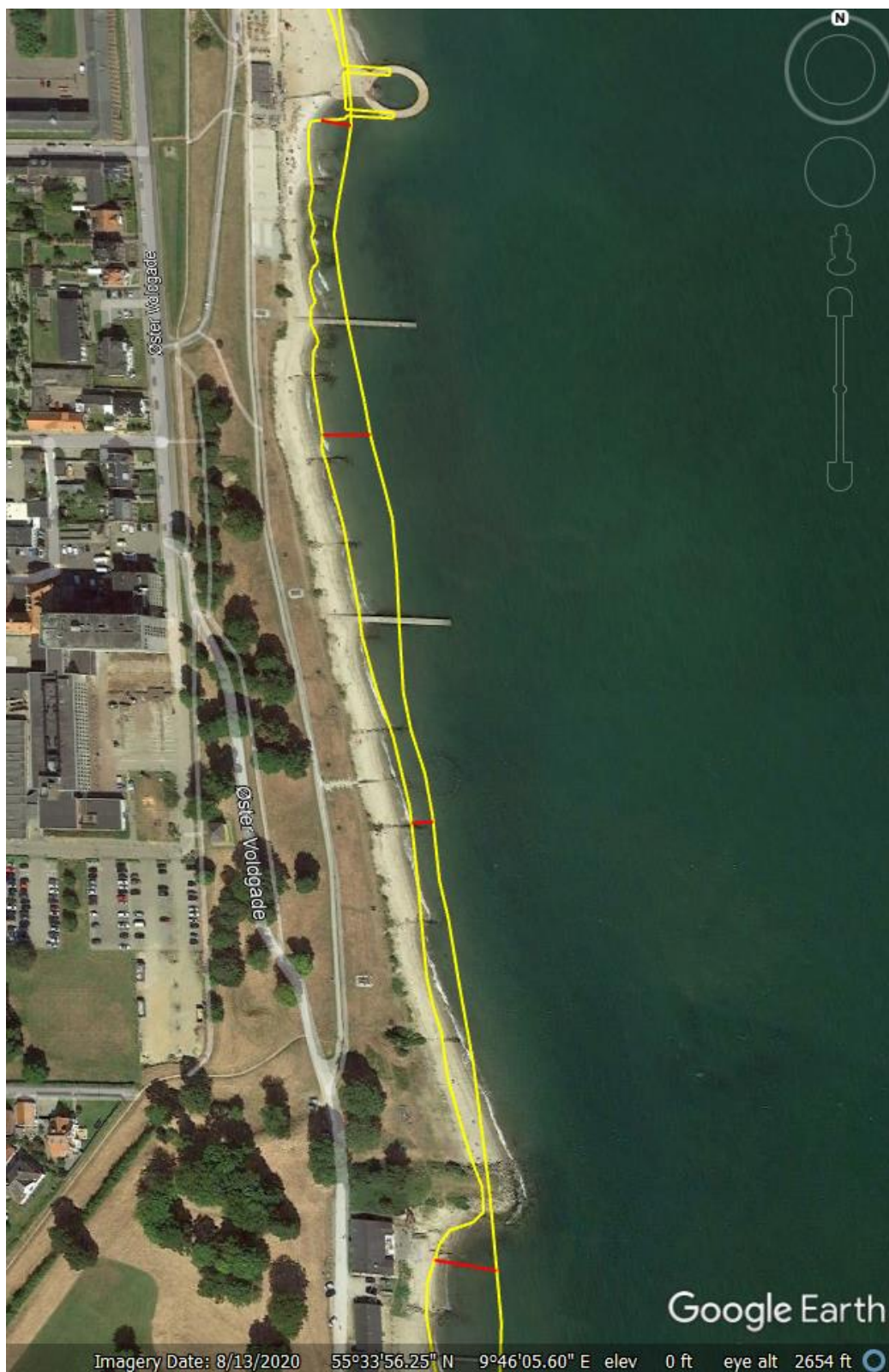
3 HISTORISK KYSTUDVIKLING

Figur 3-1 viser den historiske udvikling af stranden nord for Cirkelbroen.



Figur 3-1 Historisk kystudvikling ved Cirkelbroen ved Østerstrand.
Luftfoto 2020, inderste gule linje – vandlinje i 2001 og yderste gule linje – vandlinje i 1866

Figur 3-2 viser den historiske udvikling af stranden syd for Cirkelbroen.



Figur 3-2 Historisk kystudvikling ved Cirkelbroen ved Østerstrand, Luftfoto 2020, inderste gule linje – vandlinje i 2001 og yderste gule linje – vandlinje i 1866

Figur 3-1 og Figur 3-2 viser, at kysten er rykket betydeligt tilbage i perioden mellem 1866 og frem til i dag. Billederne fra inspektionen viser, at erosionen af stranden og baglandet fortsætter i dag på en stor del af strækningen. Stranden er kun blevet bredere nord for Cirkelbroen og stenpynten, som begge er markante konstruktioner, der har kunne blokere en større del af den langsgående transport. De mindre høfder har ikke kunne stabilisere kysten mellem Cirkelbroen og pynten ved Roklubben.

Kysten er generelt en erosionskyst som følge af skråt indfaldne bølger med det længste frie stræk mod nordøst op mod Endelave.

Kysten er forsøgt stabiliseret med hård kystbeskyttelse nordøst for Østerstrand, hvilket har reduceret tilførslen af sand over årene.

Der er således hårde anlæg langs hele kysten, som dog ikke har været tilstrækkelig til at stabilisere hele stranden.

De to store høfder ved Østerstrand (Cirkelbroen og pynten ved Roklubben) har dog vist, at der kan opretholdes en bred sandstrand ved anlæggelse af større konstruktioner.

Der vil dog generelt være læsideerosion syd for konstruktionerne, da nettotransporten er fra nordøst mod syd.

4 WSP OPMÅLING

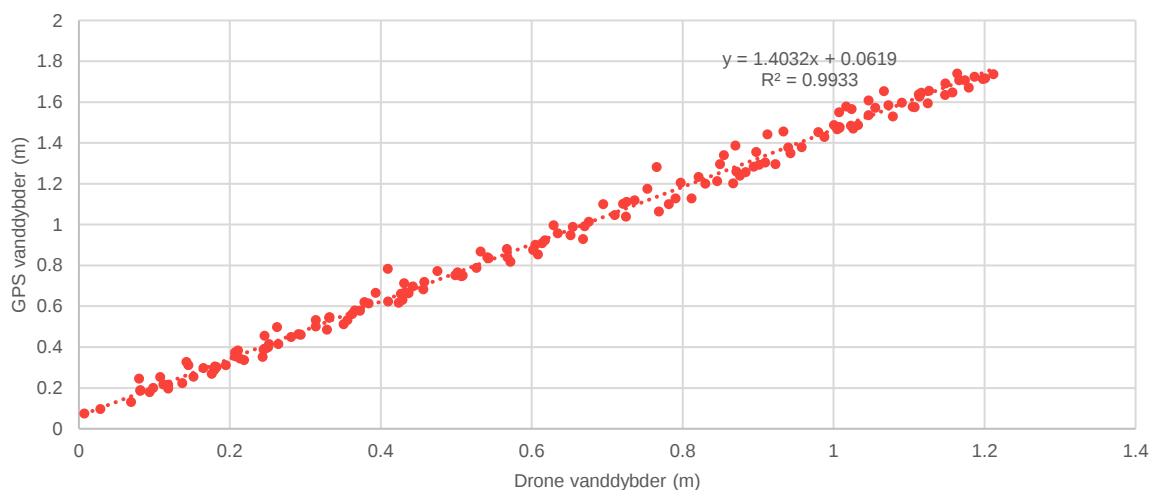
Som en del af forundersøgelserne til projektet, blev der indledningsvist udført en kombineret opmåling af kysten fra land med drone og RTK GPS samt fra båd med multibeam ekkolod og sidescan sonar.

Ved droneopmålingen blev benyttet en DJI Phantom 4 Pro drone (Figur 4-1) og dronesoftware Pix4Dmapper, der ud fra en fotogrammetrisk metode kan generere højdemodeller og ortofoto ud fra overlappende billeder af terrænet. Der blev benyttet en håndholdt Trimble RTK GPS til indmåling af Ground Control Points (GCP), der giver en nøjagtighed af opmålingen på ca. 2 cm. Den genererede punktsky blev herefter kategoriseret og renset i softwaret CloudCompare, hvorefter en højdemodel med en opløsning på 20 x 20 cm blev genereret i softwaret ArcGIS Pro.



Figur 4-1 DJI Phantom 4 Pro drone

Som følge af optimale vejrforhold under opmålingen lykkedes det at få opmålt punkter under vandoverfladen, som dog havde brug for korrektion pga. af lysets brydning mellem luft og vand. Der blev udarbejdet transekter i vand i vaders med Trimble RTK GPS'en, som kunne plottes mod dybder fra droneopmålingen, se Figur 4-2. I alt blev der opmålt 158 punkter. Sammenhængen viser en korrektionsfaktor på ca. 1,4 som skal ganges på den estimerede dybde fra droneopmålingen under vandoverfladen, der under opmålingen var placeret i kote ca. +0,15 til +0,25 m DVR90.



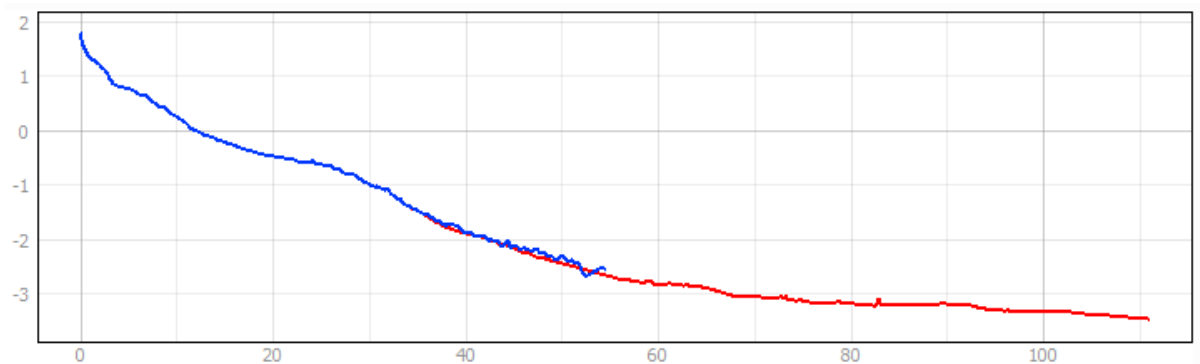
Figur 4-2 Sammenhæng mellem indmålte RTK GPS punkter og dybder fra droneopmåling korrigeret for vandstand.

Til opmåling af batymetri blev der fra WSP's opmålingsfartøj Sephia (Figur 4-3) udført en multibeam opmålingen med ekkolodhoved af typen R2Sonic 2020 og IMU og positionering af typen Applanix POS MV med RTK GPS. NaviScan blev brugt som opmålingssoftware og til efterfølgende databehandling og rensning af data blev der brugt NaviEdit og NaviModel, hvorfra der blev eksporteret en dybdemodel.



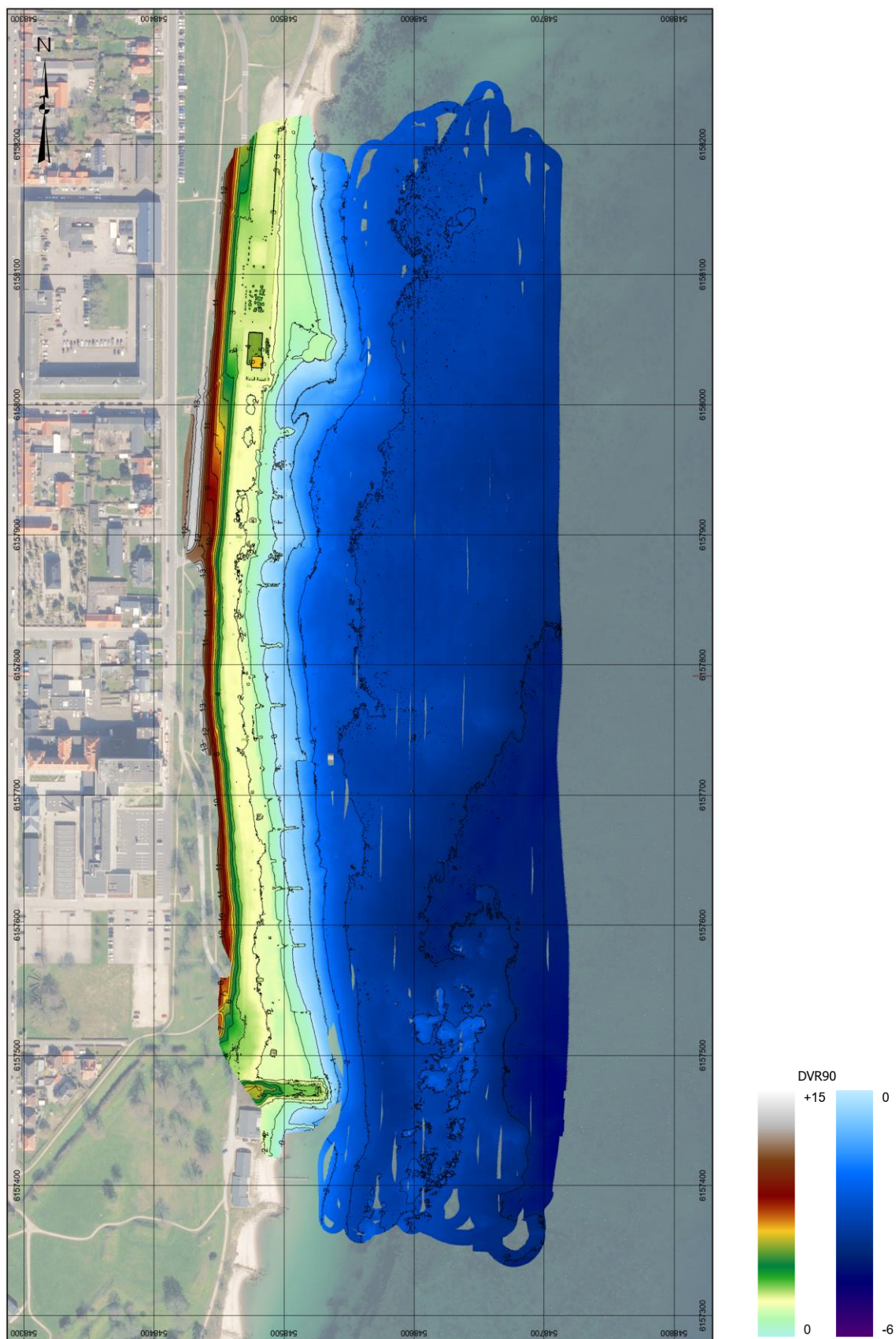
Figur 4-3 WSP's opmålingsfartøj Sephia under opmålingen ved Fredericia Østerstrand.

Overlap i dybder mellem droneopmålingen og multibeam opmåling stemte fint overens (Figur 4-4), og der blev udarbejdet en samlet heldækkende topo-batymetrisk model med en opløsning på 20 x 20 cm for hele strækningen, se Figur 4-5. I de områder, hvor droneopmålingen og multibeam data overlappede blev der brugt multibeam data, eftersom nøjagtigheden af droneopmålingen bliver mindre med stigende dybde.



Figur 4-4 Tværsnit af kystprofil (m DVR90) med overlap mellem data fra droneopmålingen (blå) og multibeam opmålingen (rød).

Til sidescan opmåling blev der brugt en sidescan fisk af typen DE340/680D fra firmaet DeepVision. Sidescan fisken blev trukket fra bådens side ca. 2 m over bunden. Der blev sejlet parallelt med kysten med 20 m afstand mellem linjerne, med efterfølgende infill for at få en heldækkende opmåling. Softwaret DeepView blev brugt til at indsamle data, hvorefter der blev bottomtracket og tillagt layback korrektion. Til sidst blev der lavet en mosaik af sidescan data, som er afleveret til kommunen særskilt.



Figur 4-5 Topobathymetrisk model af projektområdet ved Østerstrand

5 SKITSEFORSLAG FOR OMLÆGNING AF HØFDER OG STRAND

5.1 MÅL OG RAMMER

Skitseforslag til optimering af høfder og strand i projektområdet udarbejdes ud fra de kysttekniske forhold, opmålingen og Kommunens ønsker.

Skitseforslag omfatter optimering af strandene og stabilisering af kysten med enkelte større høfder, samt rydning af uvirksomme anlæg.

Der tages udgangspunkt i at udbygge høfderne ved de to badebroer, enten under eller lige ved siden af badebroerne, som foreslået af kommunen. Kommunen ønsker at anvende stenene fra eksisterende uvirksomme høfder til at udbygge længere høfder ved badebroerne.

Kommunen foreslår at indtænke flak som en del af høfderne, hvilket kan øge høfdens virkning i forhold til den synlige længde.

Kommunen ønsker at vurdere effekten af nye høfder på den langsgående sedimenttransport og den kroniske erosion og dermed strandens fremtidige form og herunder at vurdere designmulighederne for høfder og strandfodring.

Kommunen ønsker at vurdere mulighederne for at reducere dybden ved kunstværket Havfruefløjterne, da kunstværket benyttes til at gå rundt om.

5.2 STRAND

Opmålingen viser, at kystprofilen langs hele Østerstrand er relativt stejlt.

På baggrund af den aktive dybde og det eksisterende kystprofil kan der estimeres et teoretisk Dean ligevægtsprofil for kysten, der bruges til at optimere strandfodring og høfder ud fra:

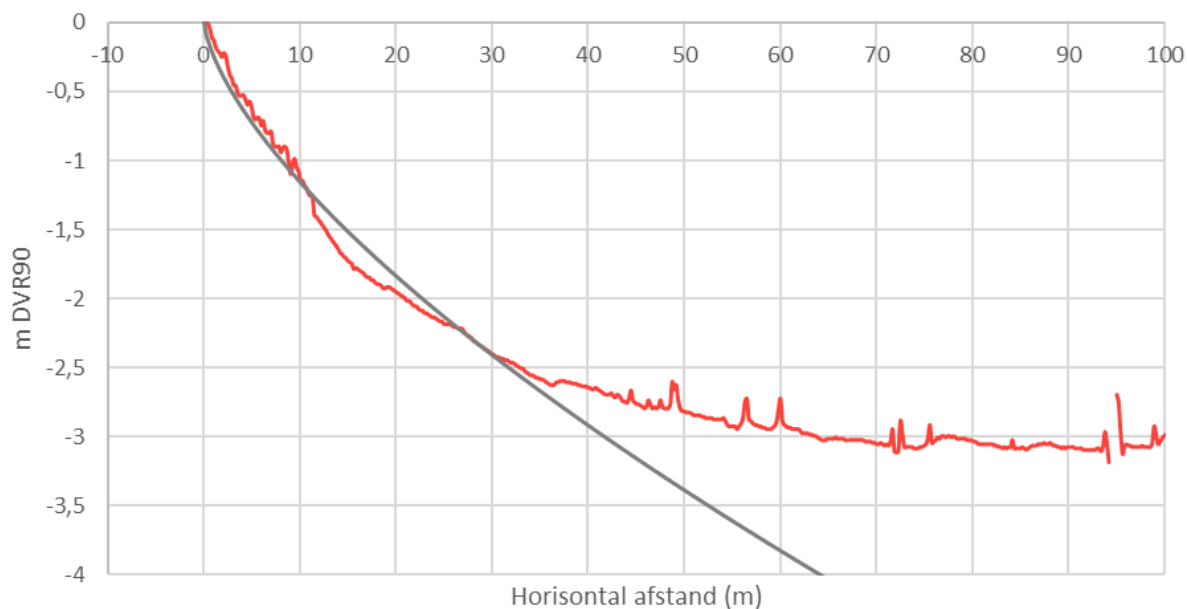
$$h = Ax^{2/3}$$

hvor h er dybden, A er Dean koefficient og x er horisontal afstand fra, hvor $h=0$.

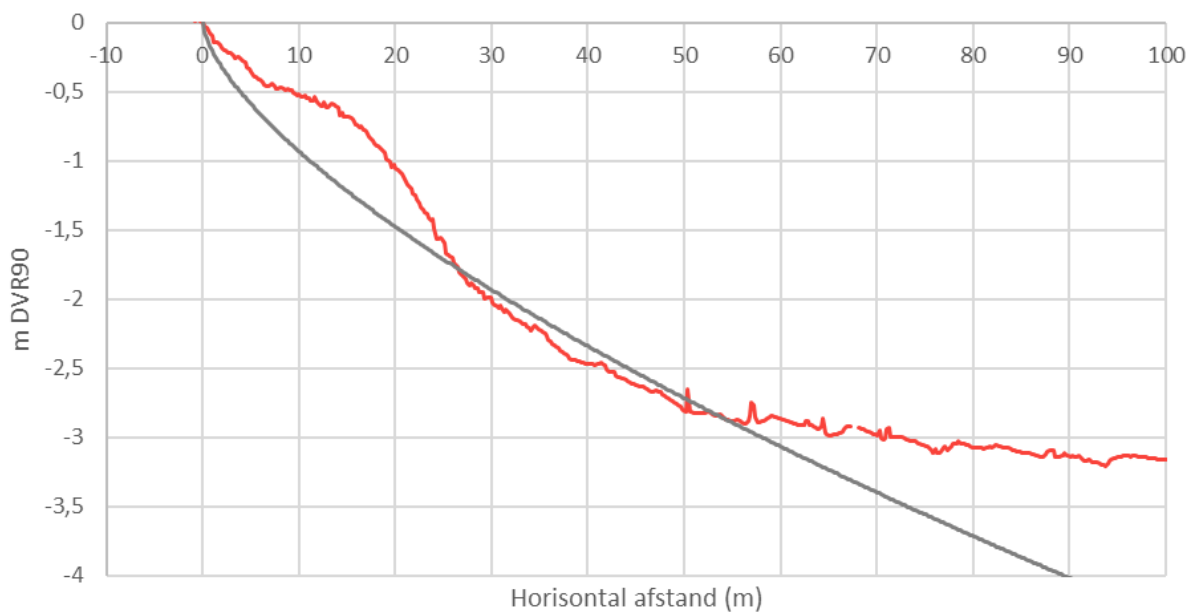
A koefficienten afhænger af middeldkornstørrelsen af sedimentet på havbunden på lavt vand. Jo større kornstørrelse jo større koefficient.

Ligevægtsprofilen gælder inden for den aktive dybde. Den aktive dybde vurderes til 1,5 - 2 m baseret på opmålingsdata og kystens eksponeringsgrad. Den aktive dybde indikerer, hvor langt ud i profilet den kystparallelle sedimenttransport typisk foregår.

Koefficienten A for karakteristiske kystprofiler ved Fredericia Østerstrand varierer mellem 0,20 og 0,25, hvilket teoretisk svarer til grovkornet sand med en middeldkornstørrelse på 1,0-1,5 mm, se Figur 5-1 og Figur 5-2.



Figur 5-1 Kystprofil nord for Cirkelbroen. A koefficient 0,25



Figur 5-2. Kystprofil midt på projektstrækningen. A koefficient 0,20

Kystprofilet nord for Cirkelbroen anvendes til skitseprojektering af strand og hølfer ved Østerstrand, se Figur 5-1.

5.3 HØFDER

Kommunen ønsker som udgangspunkt at forlænge eksisterende høfder ved badebroerne syd for Cirkelbroen.

Det foreslås at forlænge høfden umiddelbar syd for den 1. badebro. Herved sikres det, at stranden foran skråningsbeskyttelsen kan gøres lidt bredere og derved øges den rekreative værdi af stranden umiddelbart syd for Cirkelbroen, hvor der typisk er mange badegæster. Den lille høfde ud for skråningsbeskyttelsen bibeholdes for at sikre en vis minimumsbredde af stranden op mod Cirkelbroen.

Det er ikke muligt at stabilisere hele stranden ned til stenpynten ved Roklubben ved at forlænge høfden ved den 2. badebro.

Kommunen ønsker at reducere vanddybden omkring kunstværket Havfruefløjterne. Det forestår derfor at forlænge høfden umiddelbart syd for Havfruefløjterne, hvilket vil medvirke til at hæve strandprofilet nord for.

Der er således behov for en høfde mere, som foreslås umiddelbart nord for 2. badebro.

Samlet set vurderes, at tre større høfder langs med projektstrækningen mellem Cirkelbroen og pynten ved Roklubben vil give den optimale beskyttelse for stranden. Høfderne placeres således med omtrent 120 m mellem, og anlægges ovenpå og uden på tre eksisterende mindre høfder.

Høfderne orienteres så vidt muligt vinkelret på kysten.

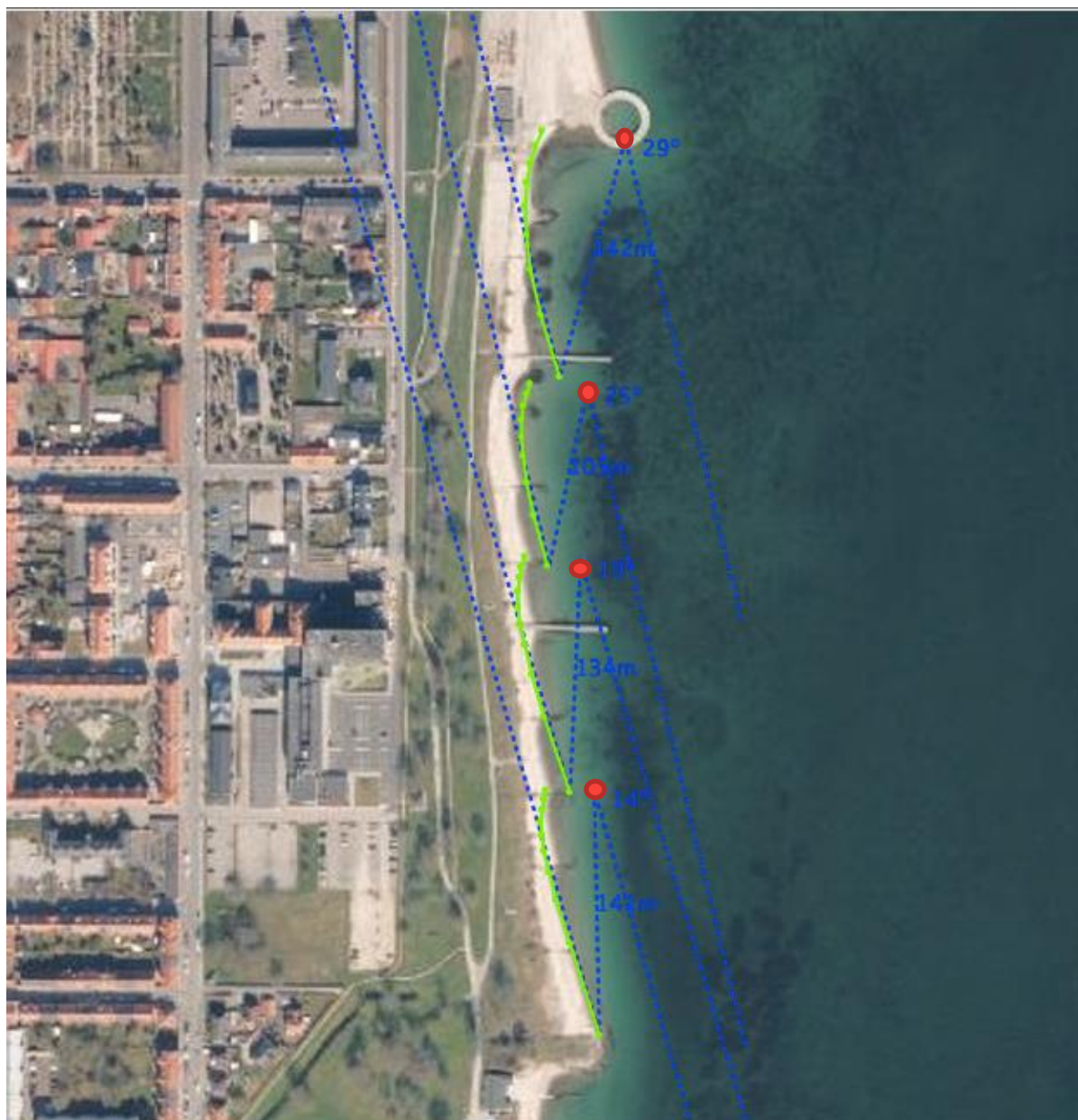
Høfderne reducerer den inderste del af den langsgående sedimenttransport, og fanger derved en del af sedimentet, der vandrer langs kysten. Herved drejer stranden lidt mod nord og stabiliseres, hvorved den kroniske erosion mindskes.

Stranden vil i sidste ende få et større sedimentvolumen og derved bedre være i stand til at beskytte baglandet mod akut erosion.

Høfdernes længde og konfiguration er optimeret med programmet MepBay, se Figur 5-3. MepBay benyttes til at bestemme strandens form mellem høfderne. Programmet tager udgangspunkt i et diffraktionspunkt ved enden af høfderne, og en bølgeindfaldsvinkel og kan herudfra estimere strandlinjens form ud fra en parabelformel. Bølgeindfaldsvinklen bestemmes ved at bruge værktøjet på eksisterende strandlinje ned langs kysten. Det viser sig, at bølgeindfaldsvinklen drejer en smule mod nord jo længere syd på man kommer i projektområdet.

Målet med analysen er at placere høfderne på en sådan vis, at der ikke sker for stor erosion af den eksisterende strand og baglandet, når de små høfder mellem de nye høfder fjernes. Samtidig skal strandlinjen heller ikke rykke for langt frem, da der så vil være brug for store mængder strandfodring og store mængder sten, da vanddybden herved stiger.

Analysen viser, at der er behov strandfodring for at opbygge en ny attraktiv sandstrand mellem de nye høfder og derved reducere erosionen af bagstranden.



Figur 5-3. Udsnit fra MepBay til skitsedesign af ny strandlinje (grønne linjer) på baggrund af diffraktionspunkter ved tre nye længere hølfer (røde cirkler)

Figur 5-4 viser den optimerede konfiguration af de tre nye længere hølfer og strandens fremtidige form mellem Cirkelbroen og pynten ved Roklubben.



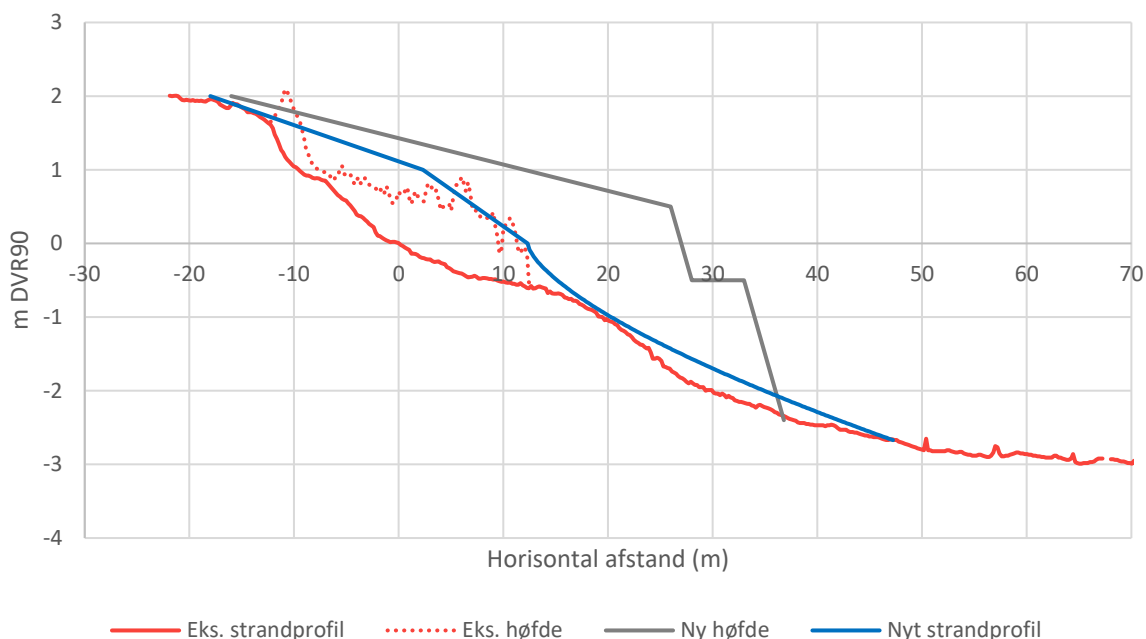
Figur 5-4. Skitseforslag til hofdeplacering og placering af ny strandlinje efter strandfodring

De nye hofder konstrueres fra den nuværende erosionsbrink i kote ca. +2 m let skrånende ned til kote +0,5 m, se Figur 5-5. De tre nye hofder bør have sammen hældning.

Hofderne opbygges således, at der på den nordlige side af hofden er ca. 15 m fra den nye strandlinje ud til, hvor hofden går under vand. Dernæst vil der være et ca. 5 m flak, der ligger i kote -0,5 m.

Den yderste del af hofden under vand hjælper med at stabilisere stranden på nordsiden og samtidig spares der på mængden af sten til konstruktionen. Derudover vil hofderne fremstå mindre synlige.

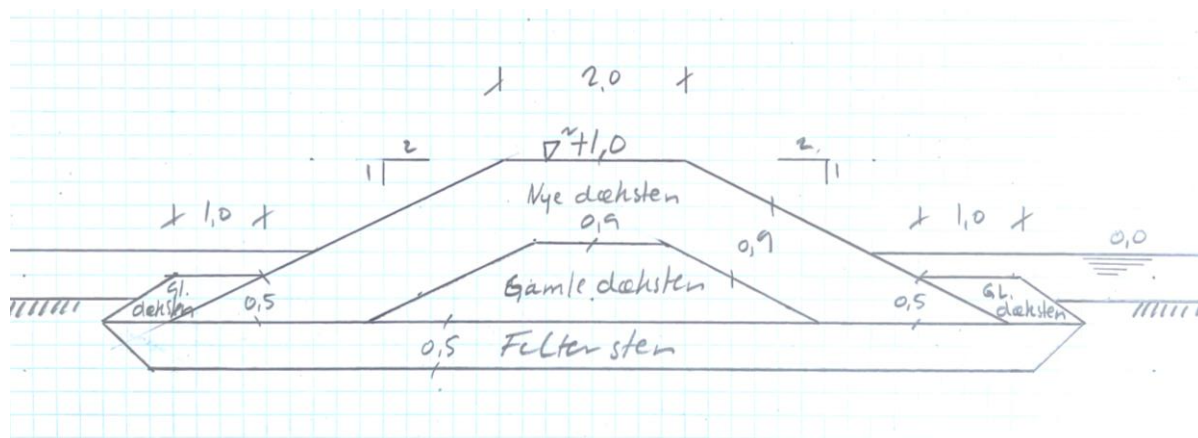
Ved det nye strandprofil i Figur 5-5 er der brugt en A koefficient på 0,25 svarende til det nuværende kystprofil nord for Cirkelbroen, se Figur 5-1. Teoretisk svarer det til sand med en middeldkornstørrelse på ca. 1,5 mm.



Figur 5-5 Tværsnit af gammel og ny hofde med nyt strandprofil med en A koefficient på 0,25

Eksisterende hofder og stenkastninger på stranden, som er markeret med sorte pile, skal fjernes, se Figur 5-4. Øvrige stenkastninger, som ikke er markeret med sorte pile, skal bibeholdes.

De nye hofder opbygges af eksisterende stenmateriale. Dertil skal der indkøbes nye større dæksten og filtersten. Filtersten udlægges på bunden under hofderne, se Figur 5-6. Eksisterende mindre dæksten udlægges herover til at opbygge kernen af hofderne. Nye større dæksten udlægges i et lag og pakkes tæt som overflade på de nye hofder. Eksisterende pæleværker fjernes og bortskaffes.



Figur 5-6 Karakteristisk tværsnit af nye hofder

5.4 STRANDFODRING

De nye høfder vil skabe læsideerosion idet en større del af den langsgående sedimenttransport fanges opstrøms, og der transporteres mindre nedstrøms.

For at reducere læsideerosion, øge beskyttelsen af baglandet og forbedre den rekreative værdi af stranden syd for Cirkelbroen foreslås det at opbygge nye sandstrande med strandfodring mellem Cirkelbroen og umiddelbart syd for den sydligste af de tre nye høfder.

Stranden i projektområdet bliver væsentligt forbedret syd for Cirkelbroen efter strandfodring, der herefter kan sammenlignes med nuværende strandområde nord for Cirkelbroen.

For at kunne opretholde et stejlt strandprofil og undgå, at sandet transporteres ud af i profilet på dybere vand, skal fodringssandet være relativt groft. Ud fra et teoretisk ligevægtsprofil bør der fodres med sand med en middeldkornstørrelse på ca. 1,5 mm.

Den naturlige middeldkornstørrelse af sandet på Østerstrand blev af Kystdirektoratet (2020) estimeret til 0,2 mm. En sigteanalyse lavet af Rambøll (2016) viser en middeldkornstørrelse på 0,45 mm nord for den nuværende Cirkelbro. Der foreligger ikke tilgængelige data omkring middeldkornstørrelsen på den tidligere strandfodring i 2017, men det blev vurderet i Kystdirektoratet (2020), at sandfodringens middeldkornstørrelse var en smule grovere end det naturlige strandsand ved Østerstrand.

Eftersom den eksisterende middeldkornstørrelse nord for Cirkelbroen sandsynligvis er mindre end den teoretisk beregnede middeldkornstørrelse, kan det i praksis betyde, at den aktive dybde muligvis er en smule mindre end først antaget, hvorfor en middeldkornstørrelse på ca. 1 mm for en ny strandfodring med stor sandsynlighed vil kunne opretholde hældningen og dermed strandbredden illustreret i Figur 5-4 over en årrække.

Det foreslås, at der indsamles en række sandprøver på tværs af stranden og på lavt vand nord for Cirkelbroen for at kunne specificere det nye fodringssand, der som minimum skal have tilsvarende kornstørrelse eller grovere.

Strandfodring skal altid vedligeholdes, da høfderne ikke stabilisere sandet helt og der forventes en mindre langsgående sedimenttransport uden om høfderne, som det også foregår i dag ved Cirkelbroen og pynten ved Roklubben.

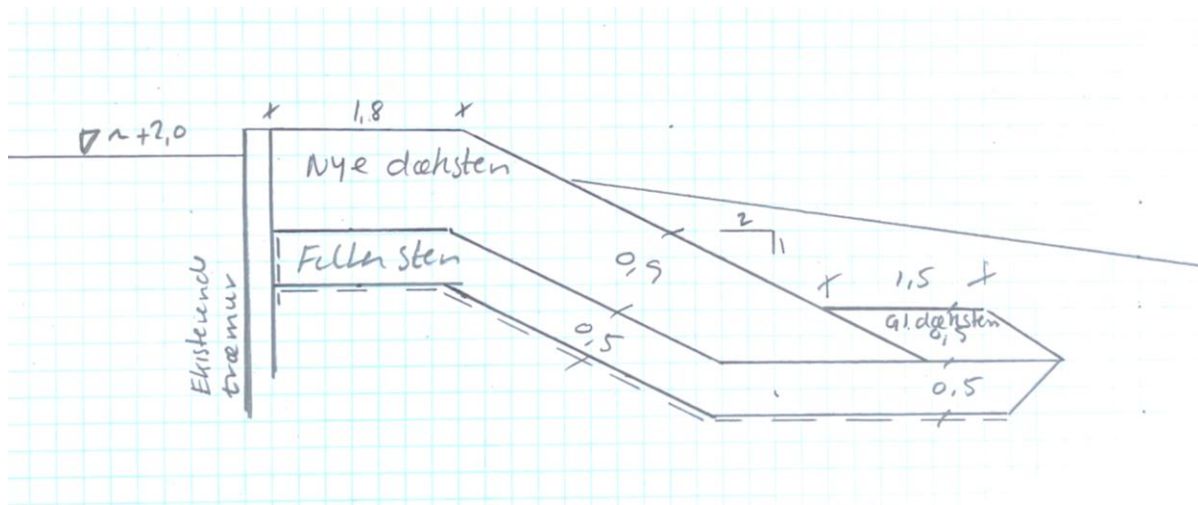
For at forhindre læsideerosion foreslås det, at strandene opbygges med lidt mere sand i begyndelsen i forhold til de beregnede strandlinjer vist med grønt, se Figur 5-4. Strandens form kan med fordel drejes lidt med uret, når strandens placering samtidig bibeholdes i den sydlige ende op mod høfderne. Herved kan strandens placering flyttes 5-10 m frem i den nordlige og midterste del, se Figur 5-4 (blå strandlinjer). Den langsgående sedimenttransport vil således flytte rundt på sandet indtil en ny ligevægtsstrand er opbygget og den langsgående sedimenttransport er genetableret i et vist omfang uden om de nye høfder.

5.5 SKRÅNINGSBESKYTTELSE

Skråningsbeskyttelsen langs strandfodboldsbanen har taget skade som følge af bølgepåvirkning, og skal repareres for at kunne yde optimal beskyttelse af baglandet mod akut erosion.

Skråningsbeskyttelsen har været opbygget uden et filterlag af ral mellem geotekstilen og dækstenene. Desuden indikerer skaderne, at dækstenene er for små til at være stabile.

Det anbefales, at skråningsbeskyttelsen genopbygges med optimal opbygning med geotekstil, filterlag og dæksten med korrekt størrelse i stil med Figur 5-7.



Figur 5-7 Principsnit af forbedret opbygning af skråningsbeskyttelse ved boldbane

6 REFERENCER

DHI (2015): Vurdering af muligheder for renovering af kystsikring på Østerstrand. *DHI*. August, 2015.

Kystdirektoratet (2020): Beach Nourishment Effects, Østerstrand Fredericia - Denmark 2017.
Kystdirektoratet. Juni, 2020.

Rambøll (2016): KYSTRENOVERING AF STRÆKNING VED ØSTERSTRAND, GEOTEKNISK
PLACERINGSUNDERSØGELSE. *Rambøll*. Maj, 2016.

WSP (2023): Formidlingsstenrev ved Fredericia Østerstrand, april 2023.