



Højvandsbeskyttelse ved østlige Kulhuse

Bilag 01 - Projektbeskrivelse

Frederikssund Kommune - Teknik, Miljø og Erhverv

Dato: 10. juli 2023

Indhold

0.	Ordliste	4
1.	Introduktion	6
1.1	Kystdirektoratets §2 udtalelse	7
1.2	WSP Skitseprojekt.....	7
1.3	Digeforening Kulhuses anlægsbeskrivelse.....	7
1.4	Frederikssund udbyder Dispositionsforslag og Myndighedsprojekt.....	8
1.5	Nærværende myndighedsprojekt.....	8
1.6	Projektområde.....	9
2.	Områdebeskrivelse	11
2.1	Kystmorfologi.....	13
2.2	Geologi og jordbundsforhold.....	15
2.3	Afstrømning	17
2.4	Eksisterende kystbeskyttelse.....	17
2.4.1	Strækning 1: Mathiesens Enghave, Engens Ejerlaug, Strandkanten og vestlige Bag Hegnet.....	18
2.4.2	Strækning 2: Østlige Bag Hegnet, Fjordskov, Nordskovvej 35 og vestlige Skovengen	21
2.4.3	Strækning 3: Østlige Skovengen og Nordskoven	24
2.4.4	Strækning 4: Strandengen, Strandhaven og Skoven af 1963.....	26
2.4.5	Strækning 5: Nordstrand, Ved Stranden og Sælvig	29
2.5	Eksisterende plan- og miljømæssige forhold	32
2.5.1	Lokal- og kommuneplan.....	32
2.5.2	Kystnærhedszone.....	32
2.5.3	Strandbeskyttelseslinje	32
2.5.4	Naturbeskyttelse	32
2.5.5	Natura 2000	33
2.5.6	Bilag IV-arter	34
2.5.7	Fredskov	34
2.5.8	Beskyttede diger	34
3.	Sikringsniveau	35
3.1	Anvendt sikringsniveau.....	35
4.	Dimensionering af kystbeskyttelsen	38
4.1	Korrelation mellem ekstrem vandstand og bølgepåvirkning	38
4.2	Højvandsstatistik	39
4.3	Havspejlsstigning	40
4.4	Dimensionsgivende vandstand	41

4.5	Landhævning.....	41
4.6	Overskylskriterie	42
4.7	Bølgetillæg og resulterende kronekote	43
5.	Bagvandshåndtering.....	46
5.1	Vandløbsloven.....	48
6.	Løsningsforslag	49
6.1	Område 1: Mathiesens Enghave, Engens Ejerlaug, Strandkanten og vestlige Bag Hegnet.....	51
6.1.1	Dimensioner på kystbeskyttelsen.....	52
6.1.2	Dimensioner bagvandshåndtering.....	54
6.2	Område 2: Østlige Bag Hegnet, Fjordskov, Nordskovvej 35 og vestlige Skovengen.....	56
6.2.1	Dimensioner Kystbeskyttelsen	57
6.2.2	Dimensioner bagvandshåndtering.....	58
6.3	Område 3: Østlige Skovengen og Nordskoven.....	60
6.3.1	Dimensioner Kystbeskyttelsen	62
6.3.2	Dimensioner bagvandshåndtering.....	63
6.4	Område 4: Strandengen, Strandhaven og Skoven af 1963	64
6.4.1	Dimensioner Kystbeskyttelsen	66
6.4.2	Dimensioner bagvandshåndtering.....	68
6.5	Område 5: Nordstrand, Ved Stranden og Sælvig.....	69
6.5.1	Dimensioner Kystbeskyttelsen	72
6.5.2	Dimensioner bagvandshåndtering.....	74
7.	Fravalgte alternativer	76
7.1	Område 3 (st. 930 – st. 1210).....	76
7.2	Område 4 & 5 (st. 1580 – st. 1795).....	77
8.	Projektets påvirkning	79
8.1	Anlæg	79
8.1.1	Ledninger.....	79
8.2	Naturbeskyttelse	82
8.3	Eksisterende diger	83
8.4	Landskab og visuelle forhold	83
8.5	Økonomiske konsekvenser.....	83
9.	Økonomi- og budgetoverslag.....	84
9.1	Enhedspriser	84
9.2	Anlægsoverslag	85
9.3	Budget for drift og vedligeholdelse.....	88
10.	Den videre proces.....	90
11.	Berørte matrikler.....	91
12.	Referencer.....	95

0. Ordliste

Afværgeforanstaltning: Når der etableres højvandsbeskyttelse langs kysten, så afskærer anlægget ofte nogle strømningsveje ad hvilke overfladevand (regnvand eller vandløbsvand) ellers ville strømme. I forbindelse med Kommunale Fællesprojekter til kystbeskyttelse skal det sikres, at projektet ikke skaber oversvømmelse i baglandet som følge af blokerede strømningsveje. Dette håndteres med afværgeforanstaltninger. Projektet må omvendt heller ikke forbedre afstrømningsforholdene. Hvis et område typisk oversvømmes ved skybrud selv før projektet, er det ikke projektets opgave at løse dette problem. Projektet må blot ikke forværre situationen. Afværgeforanstaltninger består typisk af dræn, grøfter, pumper, rørgennemføringer, terrænregulering etc.

Bathymetri og Terræn: Bathymetri beskriver niveauer under vandlinjen. Terræn beskriver niveauer over vandlinjen.

Bølgeopskyl og Opskylshøjde: Bølgerne skyller op af konstruktioner og op af stranden. Opskylshøjden er den højde, hvortil bølgerne kan nå.

Bølgestuvning: Opstuvning af vand mod kysten skabt af brydende bølger. Forekommer typisk, hvor der er bugter eller indadvendte hjørner på kysten.

Erosionsbeskyttelse: Beskyttelse imod bølgernes eller strømmens nedbrydning af klinte, diger, strand eller havbund. F.eks. skråningsbeskyttelse, bølggebrydere, høfder, strandfodring.

Foran, bagved, havværts, landværts: Når noget beskrives *foran* højvandsbeskyttelseskonstruktionerne, så er det på *havværts side*, altså på havsiden af konstruktionerne. Når noget beskrives *bagved* konstruktionerne, så er det på *landværts side*, altså på landsiden af konstruktionerne.

Frit stræk: Længden fra kyst til kyst over hvilken vinden kan danne og udvikle bølger.

Højvandsbeskyttelse: Beskyttelse imod højvande. F.eks. jorddiger, klitdiger eller højvandsmure (beton, træ, plastic eller glas).

Hård kystbeskyttelse: Konstruktioner af hårde materialer til fastholdelse af bagstrand og/eller materialer i kystprofilen (skråningsbeskyttelse, høfder, bølggebrydere)

Højvandslukke/-klap: Ved alle rørunderføringer/gennemføringer gennem højvandsbeskyttelse, skal der isættes en lukke, som tillader vand at strømme fra baglandet ud i fjorden, men som lukker i når vandstanden i fjorden stiger. Således sikres, at der ikke trænger vand ind gennem udløbene ved stormflod.

Kote i m DVR90: Niveau over 0-punktet for Dansk Vertikal Referencesystem. Opdateret med nyt nulpunkt omtrent ved middelvandstanden i 1990. Alle koter i dokumentet refererer til DVR90. Om koten der angives er over- eller under nulpunktet angives typisk med fortegn foran tallet, som f.eks. kote +2,3 m DVR90.

Krone og kronekote: Kronen er den vandrette øverste flade af et dige, højvandsmur eller skråningsbeskyttelse. Kronekoten er det niveau kronen har i m DVR90.

Kystbeskyttelse: Tekniske tiltag i kystzonen til håndtering af erosion eller oversvømmelse (der skelnes typisk mellem højvands- og erosionsbeskyttelse).

Levetid: Hvor langt frem i tiden projektet skal kunne beskytte mod den valgte middeltidshændelse. Dette både med henblik på fremtidige havspejlsstigninger og med henblik på, at de anvendte materialer holder, samt at konstruktionerne er stabile.

Middeltidshændelse: Den vandstand eller bølgehøjde eller kombination af disse to, som statistisk set kun forekommer én gang per x-antal år. F.eks. forekommer en 100-års hændelse statistisk set kun én gang per 100 år. Der er mange kombinationer af bølger og vandstand, som i gennemsnit kun forekommer én gang per 100 år.

Overskyl: Mængden af vand, som bølgerne skyller over kystbeskyttelsen. Gennemsnittet af dette opgøres i l/s/m.

Profil: Hvis der trækkes en linje fra dybt vand ind til vandlinjen og op til bag kystområdet og terræn-/bathymetri kortene langs denne linje vises. Et profil er således et tværsnit gennem eksisterende terræn/bathymetri.

Ref.: Når dette skrives, er det fordi der henvises til andre dokumenter, enten fordi man her kan læse mere om emnet og beregninger, eller fordi det er der informationen er hentet fra. Afsnit 12 indeholder en oversigt over de henviste dokumenter.

Signifikant bølgehøjde: Middelværdien af bølgehøjden af en tredjedel højeste bølger (H_s).

Sikringsniveau: Den hændelse med tilsvarende vandstand og/eller bølgehøjde, som anlæggene dimensioneres til at kunne beskytte imod. Et sikringsniveau vil være defineret ud fra en middeltidshændelse og levetid. F.eks. ved at beskytte imod en 100-års hændelse frem til om 50 år.

1. Introduktion

Sommerhusområdet ved det østlige Kulhuse (Mathiesens Enghave 28 til Ved Vigen 47) er et sammenhængende lavtliggende område og store dele af det er i fare for oversvømmelse under stormflod. Under stormen Bodil i 2013 blev mere end 260 ejendomme i området oversvømmet, og senest forvoldte stormen Malik i starten af 2022 en mindre oversvømmelse og erosion af kystbeskyttelsen. Det meste af strækningen er beskyttet af diger, men under Bodil-stormen oplevede mange, at deres matrikler blev oversvømmet fra siderne, før diget umiddelbart ud for dem blev oversvømmet.

Med udgangspunkt i oversvømmelsen under Bodil blev der i 2014 opstartet et Kommunalt Fællesprojekt om ensartet beskyttelse på baggrund af en dialog mellem Digeforeningen Kulhuse og Frederikssund Kommune. Siden opstarten af projektet er der udarbejdet et skitseprojekt, som siden er blevet opdateret efter Digeforeningen Kulhuses ønske. Projektets forløb kan opsummeres af følgende:

2014: Projektet opstartes

2015-2017: NIRAS og Frederikssund Kommune udarbejder skitseprojekt, se ref. [1]

2017: Kystdirektoratet udarbejder §2 udtalelse, se ref. [2]

2018: Digeforeningen udarbejder ønsker til ændringer og sender til FK

2019: Orbicon udarbejder supplement til skitseprojektet, se ref. [3]

2021: WSP (Orbicon) færdiggør opdateret skitseprojekt, se ref. [4]

2021: Digeforening Kulhuse udarbejder ønsker til dispositionsprojektet, se ref. [5]

2022: Frederikssund Kommune udbyder projektet til og med myndighedsgodkendelse

2022-2023: NIRAS udarbejder Myndighedsprojekt (nærværende projekt)

Nærværende projektbeskrivelse er en del af et samlet Myndighedsprojekt til ansøgning om helhedsorienteret kystbeskyttelse langs den ca. 2 km lange projektstrækning. Rapporten gennemgår og beskriver det ønskede projekt, herunder baggrund, eksisterende forhold, ønskede sikringsniveau, dimensionering og grundlag for løsningens udformning inkl. tilhørende afværgeforanstaltninger til håndtering af bagvand, projektets påvirkninger, anlægsoverslag og den videre proces frem til etablering af anlæggene.

Myndighedsprojektet er udformet som ansøgningsmateriale til kystmyndigheden. Nærværende projektbeskrivelse er et bilag til selve kystansøgningen. Ansøgningsmaterialet består af følgende dokumenter, bilag og tegninger:

- Ansøgningsskema - Højvandsbeskyttelse ved østlige Kulhuse

Bilag:

- 01 - Projektbeskrivelse - Højvandsbeskyttelse ved østlige Kulhuse 2022
- 02 - VVM-screening Kulhuse
- 03 - Natura 2000-væsentlighedsvurdering
- 04 - Bilag IV-vurdering
- 05 - Bølgeberegninger
- 06 - Beregning af bagvandsvolumener
- 07 - Understrømning
- 08 - Skoven af 1963 og Nordstrand -Vurdering af alternative linjeføringer
- 09 - NOTAT - Vedr. vurdering af alternativ 7 og 12, kystbeskyttelse ved Kulhuse øst.
- Beliggende: Arealer ejet af Grf. Skoven Af 1963, Nordstrand og Ved Stranden, Kulhuse
- 10 - Beskrivelse af dræn, rør og pumper

- 11 - Metodebeskrivelse – bidragsfastsættelse for digelaget Kulhuse

Tegninger:

- Plan - KULH_A5_K24_1001
- Plan - KULH_A5_K24_1002
- Plan - KULH_A5_K24_1003
- Plan - KULH_A5_K24_1004
- Plan - KULH_A5_K24_1005
- Snit - KULH_A5_K24_3001
- Snit - KULH_A5_K24_3002
- Snit - KULH_A5_K24_3003
- Snit - KULH_A5_K24_3004
- Snit - KULH_A5_K24_3005

1.1 Kystdirektoratets §2 udtalelse

Kystdirektoratet har d. 13.06.2017 fremsendt en §2 (se ref. [2]) udtalelse på baggrund skitseprojektet udarbejdet af NIRAS og Frederikssund Kommune i 2017, se ref. [1]. Hovedpointerne fra Kystdirektoratets udtalelse er:

- Området har behov for kystbeskyttelse
- Dimensioneringen af digets kronekote skal baseres på den samme hændelse for hele strækningen. Denne hændelse bør være større end en 50-års middeltidshændelse.
- Alternativt kan digets kronebredde øges så en senere hævnning af diget kan gøres lettere og billigere.
- For at mindske bølgepåvirkningen anbefales det at trække diget tilbage fra kysten de steder hvor diget er placeret kystnært og en tilbagetrækning er mulig.
- Det høje antal af retningskift i digeforløbet medfører højere anlægsudgifter og mere kompleks vedligeholdelse af diget. Et digeforløb med mange retningskift er således ikke en teknisk optimal løsning.
- Diget er et teknisk anlæg og skal vedligeholdes sådan. Diget skal derfor slås minimum 3 gange i vækstsæsonen og ukrudt skal fjernes. Der må ikke placeres sandbunker på diget ligesom at diget ikke må udvikle sig til strandeng.
- Overgangene er projekteret med for stejle hældninger.
- Om der skal indhentes dispensation fra anden lovgivning og hvilke miljøvurderinger der skal udarbejdes skal afdækkes yderligere.

1.2 WSP Skitseprojekt

Skitseprojektet færdiggjort i 2021 af Orbicon/WSP (se ref [4]) byggede videre på det tidligere skitseprojekt udarbejdet af NIRAS i 2017. I det nye skitseprojekt er §2 udtalelsen samt Digeforeningens ønsker til ændringer indarbejdet i videst muligt omfang. Herunder bl.a. indarbejdelse af en bredere krone og i nogen grad udretning af linjeføringen.

Derudover blev dimensioneringsgrundlaget beregnet i større detaljeringsgrad, et grundigere anlægsoverslag opstillet. Der blev også arbejdet yderligere med bagvandshåndteringen, som overvejende bestod i opsamling af bagvand og overskylsvand i lange grøfter og samling af eksisterende udløb til kun få udløb med pumper.

1.3 Digeforening Kulhuses anlægsbeskrivelse

Digeforening Kulhuse og grundejerne var i nogen grad tilfredse med WSP's skitseforslag hvad angik digets forløb, men i høj grad utilfredse med konceptet for afværgeforanstaltningerne, med lange grøfter uden fald og store pumper. Utilfredsheden skyldtes både det faktum, at løsningen var særdeles dyr og at ingen af grundejerne ønskede grøfter i deres haver.

Digeforening Kulhuse udarbejdede i 2021 derfor en alternativ anlægsbeskrivelse (se ref. [5]) til højvandsbeskyttelse og afværgeforanstaltninger. Forskellen fra WSP's forslag ligger primært i et nyt forslag til håndtering af bagvand og bølgeoverskyl, i hvilket de lange grøfter reduceres, der anvendes færre pumper, flere udløb beholdes om end en del af de eksisterende udløb slås sammen for at reducere antallet af sårbare punkter, som f.eks. rørunderføringer med højvandslukke.

1.4 Frederikssund udbyder Dispositionsforslag og Myndighedsprojekt

Frederikssund Kommune udbød i 2022 udarbejdelse af et dispositionsforslag og et myndighedsprojekt for højvandsbeskyttelse af det østlige Kulhuse. Formålet med det udbudte projekt var at oparbejde de tidligere projektforslag til at indeholde en realiserbar løsning, der ville kunne ansøges om hos kystmyndigheden og hvor Digeforeningens anlægsbeskrivelse er indarbejdet. Der ønskedes særlig fokus på bagvandshåndtering og bølgeoverskyl, herunder mere detaljeret beregning af bølgehøjder og -overskyl.

Udbuddet understregede, at projektet skulle udarbejdes i tæt dialog med Frederikssund Kommune og Digeforeningen.

1.5 Nærværende myndighedsprojekt

De ovennævnte rapporter og notater samt en mere detaljeret beskrivelse af projektets historik kan findes på kommunens hjemmeside, se ref. [6].

NIRAS har særligt arbejdet videre med en kvalificering af Digeforening Kulhuses anlægsforslag til håndtering af bagvand og bølgeoverskyl med et minimalt antal grøfter og pumper. Derudover har NIRAS efter ønske fra Digeforeningen, detaljeret beregningen af bølgepåvirkning og dermed kronekote og linjeføring på særligt udsatte punkter.

Udover tidligere udgivne rapporter og notater er nærværende myndighedsprojekt baseret på en løbende dialog mellem Digeforening Kulhuse, Frederikssund Kommune, NIRAS og de direkte berørte grundejere i løbet af foråret, sommer og efterår 2022. Dialog og arbejde har haft fokus på, at løsningerne er ønskede og teknisk holdbare.

Således er Frederikssund Kommune på vegne af det kommende digelag med dette projekt klar til at ansøge om tilladelse til udførelse af projektet med følgende linjeføring, se Figur 1.1.



Figur 1.1: Oversigt af projektets linjeføring og tracé. Ortofoto: 2022, se ref. [7].

Nærværende rapport indledes med en afgrænsning af projektområdet, områdebeskrivelse og gennemgang af de fysiske, planmæssige og miljømæssige eksisterende forhold. Herefter beskrives dimensionsgrundlaget for kystbeskyttelsen og afværgeforanstaltninger, der efterfølges af en gennemgang af udformningen og placeringen af kystbeskyttelsen samt håndteringen af bølgeoverskyl og bagvand. Rapporten slutter med en beskrivelse anlæggets påvirkning på området, anlægsoverslag og fremadrettede proces.

1.6 Projektområde

Projektområdet er beliggende ved Kulhuse i den nordlige del af Hornsherred i Frederikssund Kommune og går langs kysten fra Matthiesens Enghave nr. 30 (Matr. 1q) i vest til Ved Vigen nr. 33 (Matr. 6cd) i øst, se Figur 1.2. Ind i land afgrænses området af Nordskovvej og Revelinen som går nogenlunde parallelt med fjorden, og som udgør overgangen til skov (kaldet Nordskoven).

Projektstrækningen langs kysten er ca. 2 km lang.



Figur 1.2: Oversigtskort af projektområdet markeret en rød linje på ortofotoet. Det lille kort viser placering (rød boks) af det viste ortofoto. Ortofoto: 2022.

Projektområdet strækker sig over 12 grundejerforeninger og en række enkeltparceller, se Figur 1.3:

- GF Sælvig
- GF Nordstrand
- GF Skoven af 1963
- GF Strandhaven
- GF Strandengen
- GF Nordskoven
- GF Skovengen
- GF Fjordskov
- GF Bag Hegnet
- GF Strandkanten
- GF Engens Ejerlaug
- GF Mathiesens Enghave

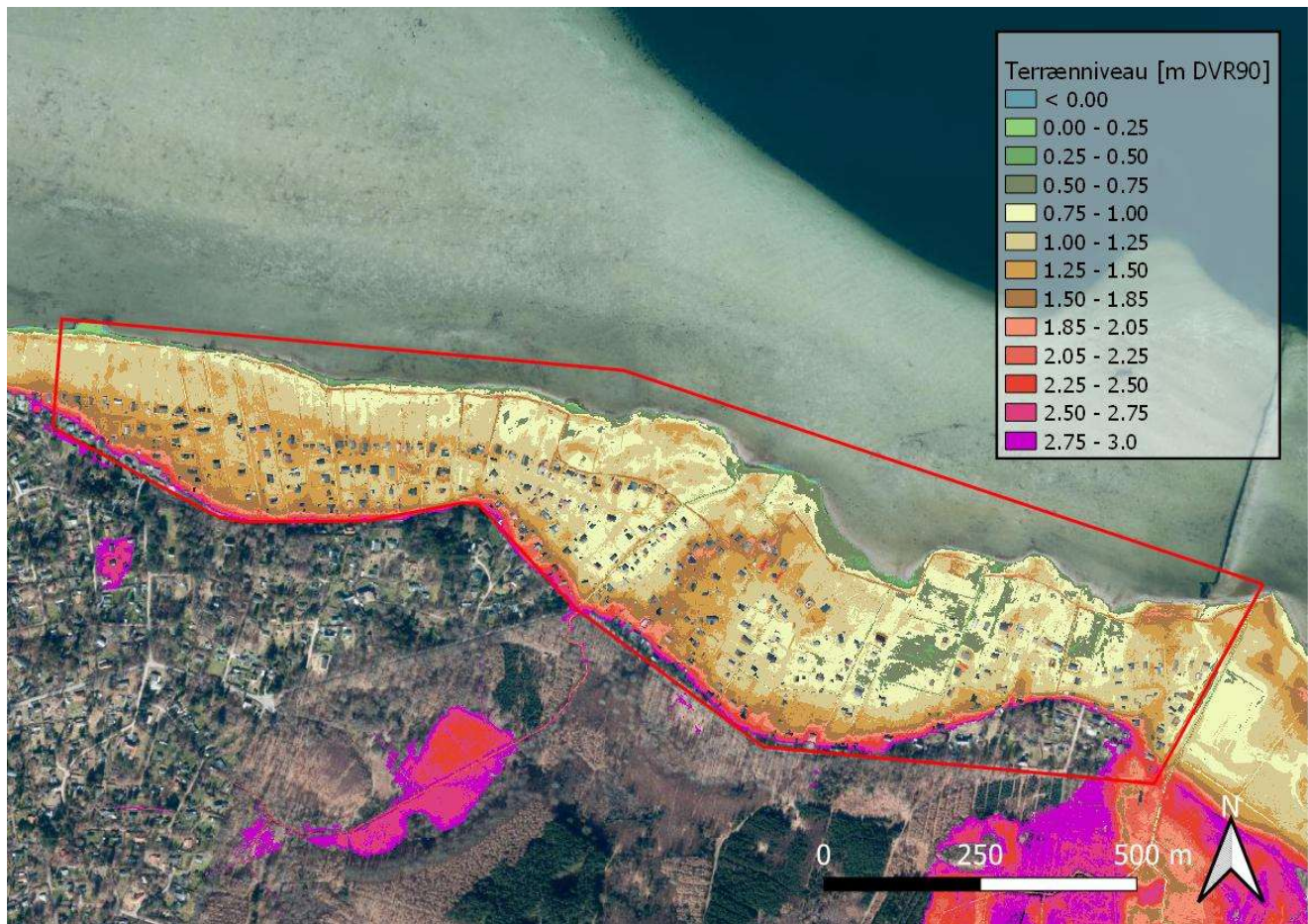


Figur 1.3: Oversigtskort af projektområdet med de forskellige grundejerforeninger vist samt enkeltparcellerne imellem. Ortofoto: 2022.

2. Områdebeskrivelse

Området består stort set kun af sommerhuse og fællesarealer samt enkelte helårshuse.

Terrænniveauet i området er nogenlunde sammenhængende. I den vestlige del er terrænet over +1 m DVR90 i det meste af området, hvor det i den østlige del er lavere og det meste af området ligger mellem +0.75 og +1.25 m DVR90.



Figur 2.1: Terrænniveau i projektområdet. Kilde: ref. [8]. Ortofoto: 2022, se ref. [7].

Eftersom terrænet er lavt, er der allerede etableret diger langs strækningen (se Afsnit 2.4). Da de mere landværts områder er højereliggende afvandes disse via sommerhusområdet i grøfter og kanaler med en række udløb til kysten. Store dele af området er således ikke kun udfordret af vand fra havet men også fra baglandet og skybrud, se Afsnit 2.3.

For at overskueliggøre gennemgangen af højvandsbeskyttelsen i nærværende projektbeskrivelse er projektstrækningen delt op i 5 delstrækninger af nogenlunde samme længde, som er vist i Figur 2.2.



Figur 2.2: Oversigt af delstrækningerne. Ortofoto: 2022, se ref. [7].

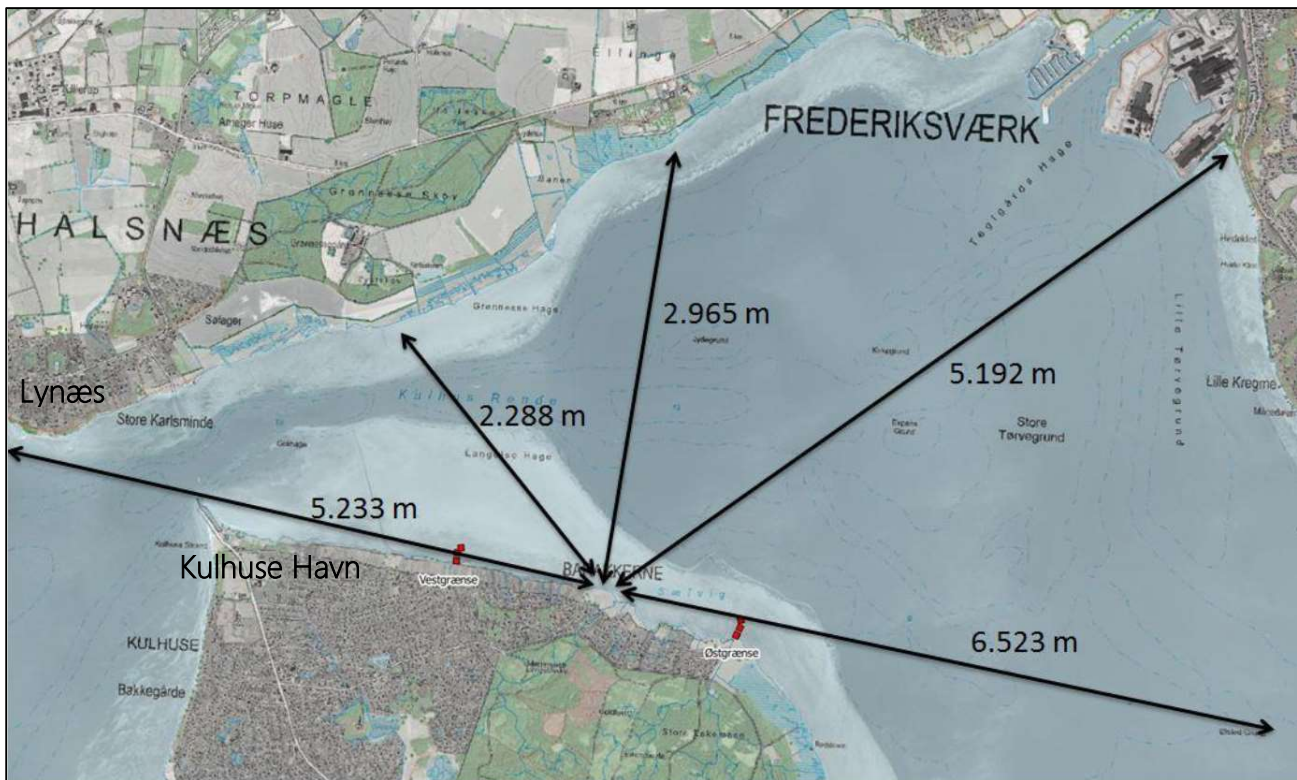
2.1 Kystmorfologi

Kysten er karakteriseret af lille vanddybde og en begroet kystlinje med bagvedliggende enge. Kysten langs projektområdet er klassificeret som en tilgroningskyst i Kystatlas, se ref. [9].

Projektstrækningen ligger ca. 1,5 km fra indløbet til Roskilde Fjord, som udgøres af det smalle fjordområde mellem Kulhuse havn og Lynæs, se Figur 2.3. Langs projektstrækningen bliver afstanden til modsatte kyst i Halsnæs Kommune bredere.

Kysten bliver påvirket af lokalt dannede bølger i Roskilde Fjord. Dannelsen af bølger er begrænset af vanddybden, vindhastigheden og det frie stræk (afstanden hvor vinden blæser over vandoverfladen). Fra nord-nordvestlig retning er det frie stræk relativt kort og vanddybde ligeledes relativt lille, hvorimod det største frie stræk og vanddybde forekommer fra øst-nordøstlig retning.

I den vestlige del af projektområdet er kysten meget lige, mens den i den østlige del er mere ondulerende, hvilket er et tegn på, at den vestlige side oplever større bølgepåvirkning, som følge af placeringen nær munden af Roskilde Fjord. Altså er kysten eksponeret for mere bølgeenergi fra vestlige retninger end for østlige retninger, fordi bølgerne refrakterer rundt om Lynæs og Kulhuse havnene.



Figur 2.3: Længder af mulige frie stræk i projektområdet, se ref. [1]

Den kroniske erosion er den erosion, der kan måles over længere tid og inkluderer alle bølgeforhold. Den akutte erosion er den erosion, der måles ved en stormhændelse, hvor bølgeenergien er høj.

Der forekommer delstrækninger med lille og moderat kronisk erosion og enkelte strækninger med fremrykning. Den akutte erosion er af Kystdirektoratet klassificeret som lille over hele strækningen, se Figur 2.4.

Figur 2.4 viser også en historisk kystlinje fra ca. år 1885. Det kan ses, at kystlinjen i dag ligger tilnærmelsesvis samme sted som den historiske kystlinje undtagen i den vestlige del af området, hvor den er rykket tilbage.

Sammenholdes erosionsklassificeringen og den historiske kystlinjeudvikling kan området overordnet set beskrives som værende ikke særligt dynamisk med enkelte delstrækninger med erosion og kystfremrykning. Dette skyldes en generelt lavt bølgeenergi på strækningen, der resulterer i, at kysten mange steder langs projektstrækningen er tilgroet af vegetation. Vegetationen øger kystens resistens over for erosion, så når bølgeenergien indimellem er højere under en stormhændelse, vil erosionen af kysten være lille eller ikke eksisterende.



Figur 2.4: Historisk kystlinje fra ca. år 1885, kronisk og akut erosion i projektområdet, se ref. [9].

2.2 Geologi og jordbundsforhold

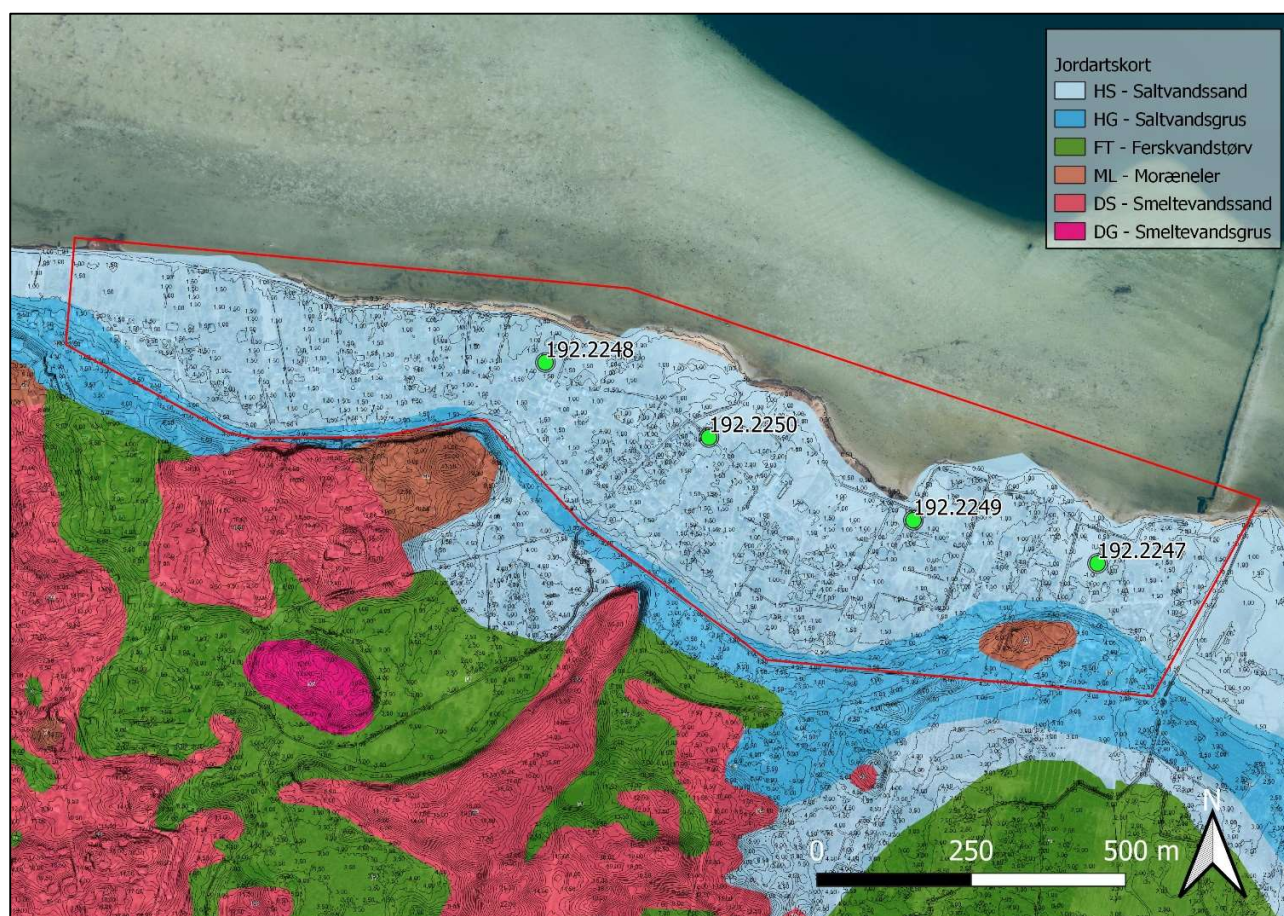
Den nordligste del af Hornsherred, hvor Kulhuse er beliggende, består primært af glaciale moræneaflejringer fra sidste istid (Weichsel, der sluttede for ca. 11.600 år siden), omkranset af hævet havbund fra stenalderen (ca. 5-6.000 år siden).

Ifølge Trap Danmark/GEUS, består moræneaflejringerne i den østlige del af Kulhuseområdet overvejende af småkuperet dødislandskab med render og afløbsløse lavninger (dannet ved isens afsmeltning i slutning af istiden), og i vest af randmoræne (dannet ved isens fremstød) og bundmoræne (aflejret under isen), se ref. [10].

I stenalderen har disse moræneaflejringer ligget som en ø i Litorinahavet (opkaldt efter sneglen *Littorina*), men er siden blevet landfaste med resten af Hornsherred på grund af langsom relativ landhævning efter trykket fra isen lettede. I dag omkranses moræneaflejringerne således af lavtliggende marint forland i form af hævet havbund, med undtagelse af den nordøstligste del, hvor den større bølgeeksponering har skabt en kystklint i moræneaflejringerne.

Nærværende projektområde er næsten udelukkende beliggende på hævet havbund i den mere beskyttede Roskilde Fjord. En undtagelse herfra, er en enkelt mindre moræneknold i den østlige del af projektområdet. Som følge heraf, forventes jordbundsforholdene i projektområdet overvejende at bestå af recente og postglaciale marine aflejringer – primært i form af sand. Rester af gammel kystlinje kan ses i terrænet omkring kote +2 m DVR90. Her kan der forventes mere grusede aflejringer, mens der i de yderstbeliggende strandensområder må forventes mere fintkornede, samt organiskholdige aflejringer i form af marint ler, silt, gytje og tørv (jf. jordartskort fra GEUS – Figur 2.5).

Under de marine aflejringer, kan der muligvis træffes ældre postglaciale ferskvandsaflejringer fra før Litorina. Derudover må det forventes, at der træffes glaciære moræne- og smeltevandsaflejringer af ler og sand, samt herunder paleocæne aflejringer af Danienkalk i forventeligt 30-50 m dybde, se ref. [11].



Figur 2.5: Jordartskort, se ref. [12] overlagt med højdekurver, samt eksisterende borer.

Der er udført i alt 4 geotekniske borer i området, se Figur 2.5. Boringerne er udført af WSP i 2021, se ref. [4], og navngivet i Jupiter som 192.2247 til 192.2250. Der er dog ikke offentlig adgang til boringsdata via Jupiter, se ref. [13]. Boring 192.2247-192.2249 er udført til 4 meters dybde, mens boring 192.2250, beliggende ved Goldbjergevej, er udført til 10 meters dybde.

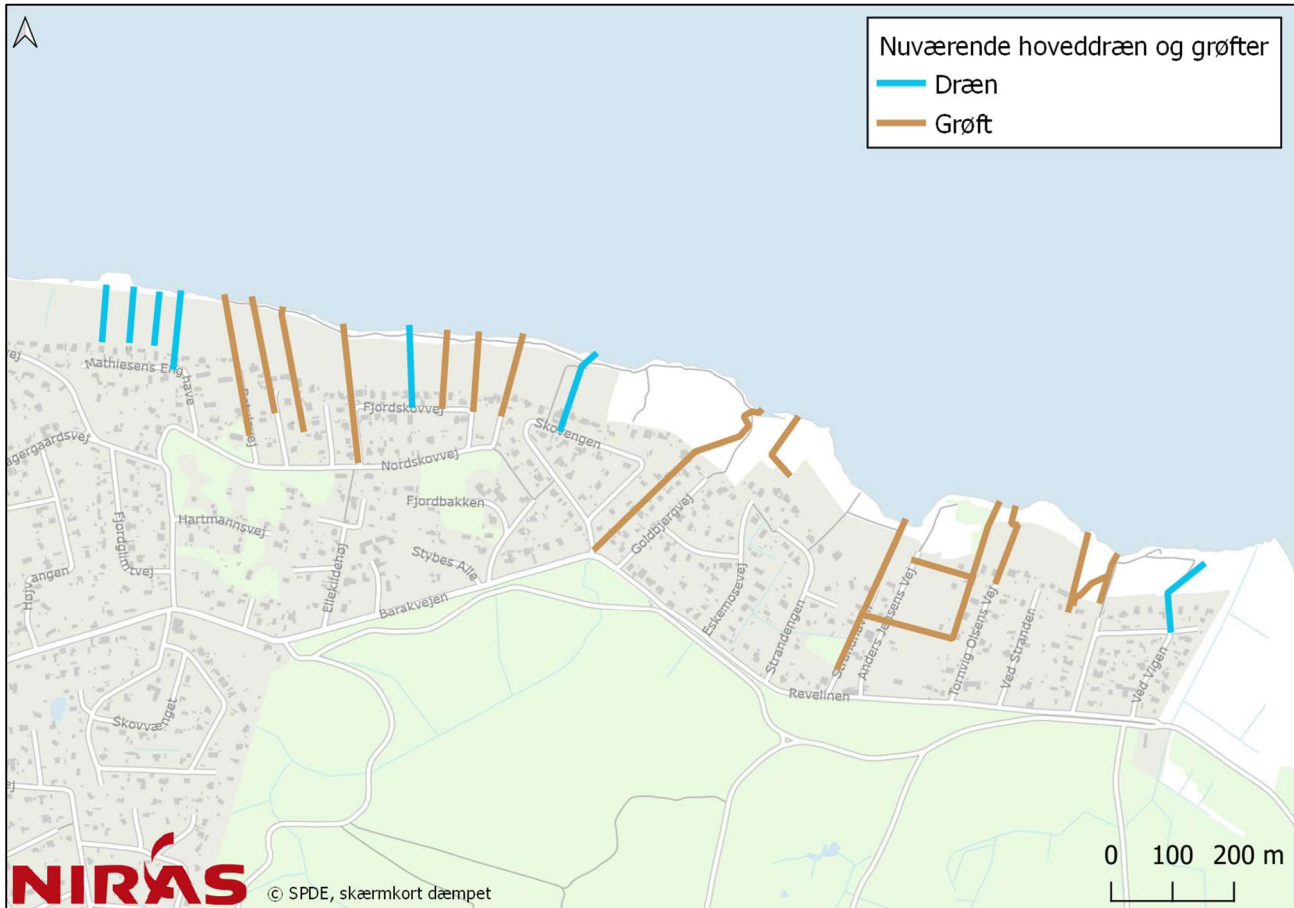
I boringerne er truffet muld og/eller uspecificeret sand i de øverste ca. 0,3-0,8 m. I boring 192.2250 og 192.2249 er der herunder truffet organiskholdige aflejringer i form af et mindre lag tørv i boring 192.2250, samt et >3 m tykt lag gytje i boring 192.2249 (beliggende længst mod øst), der fortsætter til boringens bund 4 m under terræn.

I de øvrige borer træffes, under de øvre jordlag, uspecificeret ler til hhv. 4 m (boringernes bund) og i boring 192.2250 til 6 m under terræn. Herunder træffes uspecificeret sand og silt til boringens bund.

Da prøverne ikke er nærmere beskrevet, må aflejringsforhold og alder bero på gæt. Fundene stemmer dog godt overens med det forventelige – således er der formentlig tale om recente og postglaciale marine aflejringer i de øverste meter, mens det er mere uklart, om sand og silt i bunden af boring 192.2250 er marint aflejret eller smeltevandsaflejret.

2.3 Afstrømning

I dag er både dræn og grøfter placeret spredt over hele projektområdet, hvor en stor del af hverdagsregnen afledes til med slut recipienten Roskilde Fjord. Der er i tidligere undersøgelser kortlagt 17 udløb langs digestrækningen (se ref. [4]), mens der efterfølgende er tilføjet et par udløb så det totale antal udløb når op på 21 (Figur 2.6).

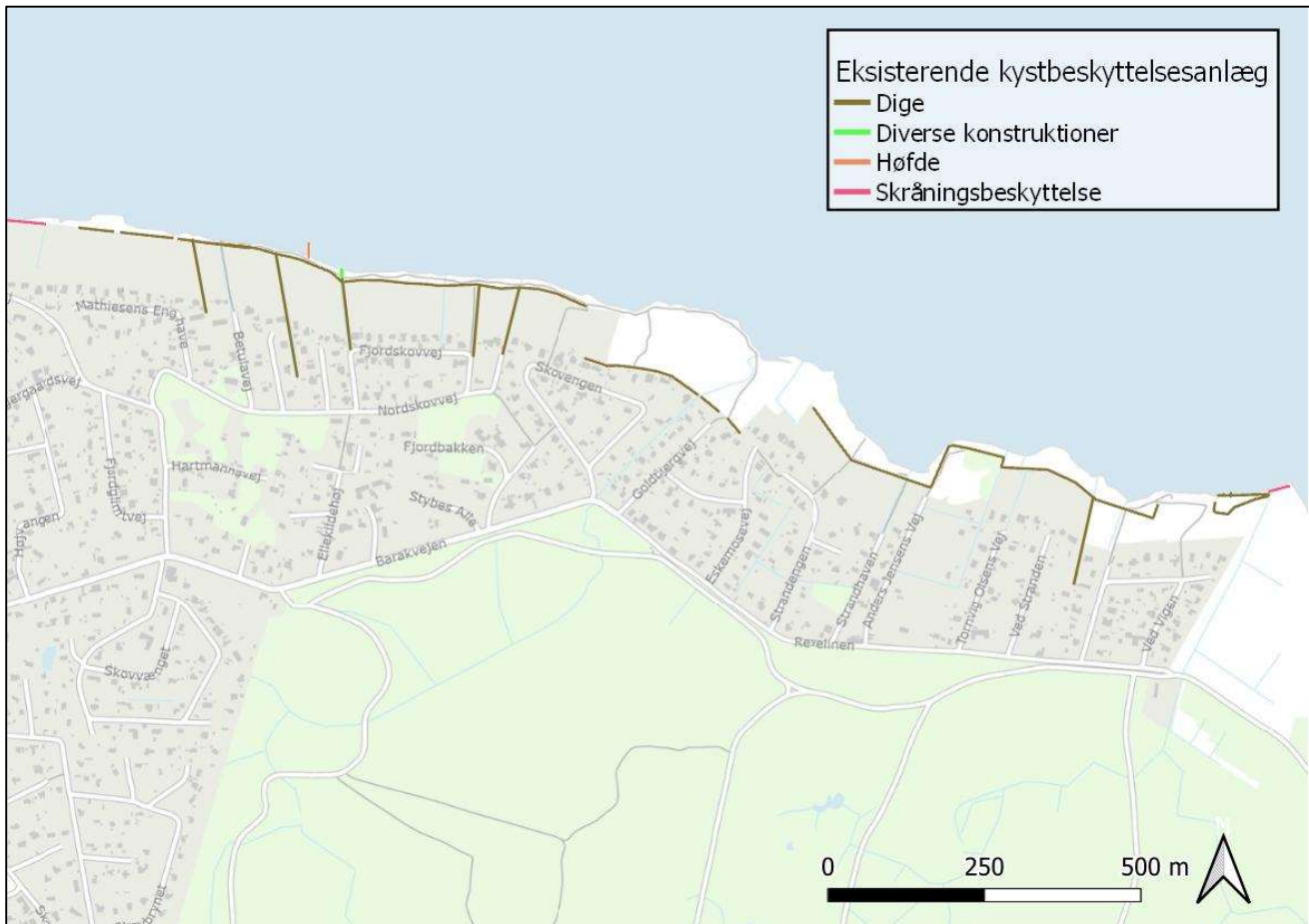


Figur 2.6: Cirka placering af hoved grøfter og dræn i nærheden af kysten.

Oplandsstørrelserne (topografisk opland) til de nuværende udløb er af varierende størrelse, med oplandet omkring Nordskoven værende klart størst (102 ha).

2.4 Eksisterende kystbeskyttelse

Den eksisterende beskyttelse er generelt uensartet i sikringsniveau, opbygning samt tilstand. Beskyttelsen består både af diger og stensætninger. De eksisterende beskyttelses anlæg, der er registreret i Kystdirektoratets Kystatlas, er vist i Figur 2.7.

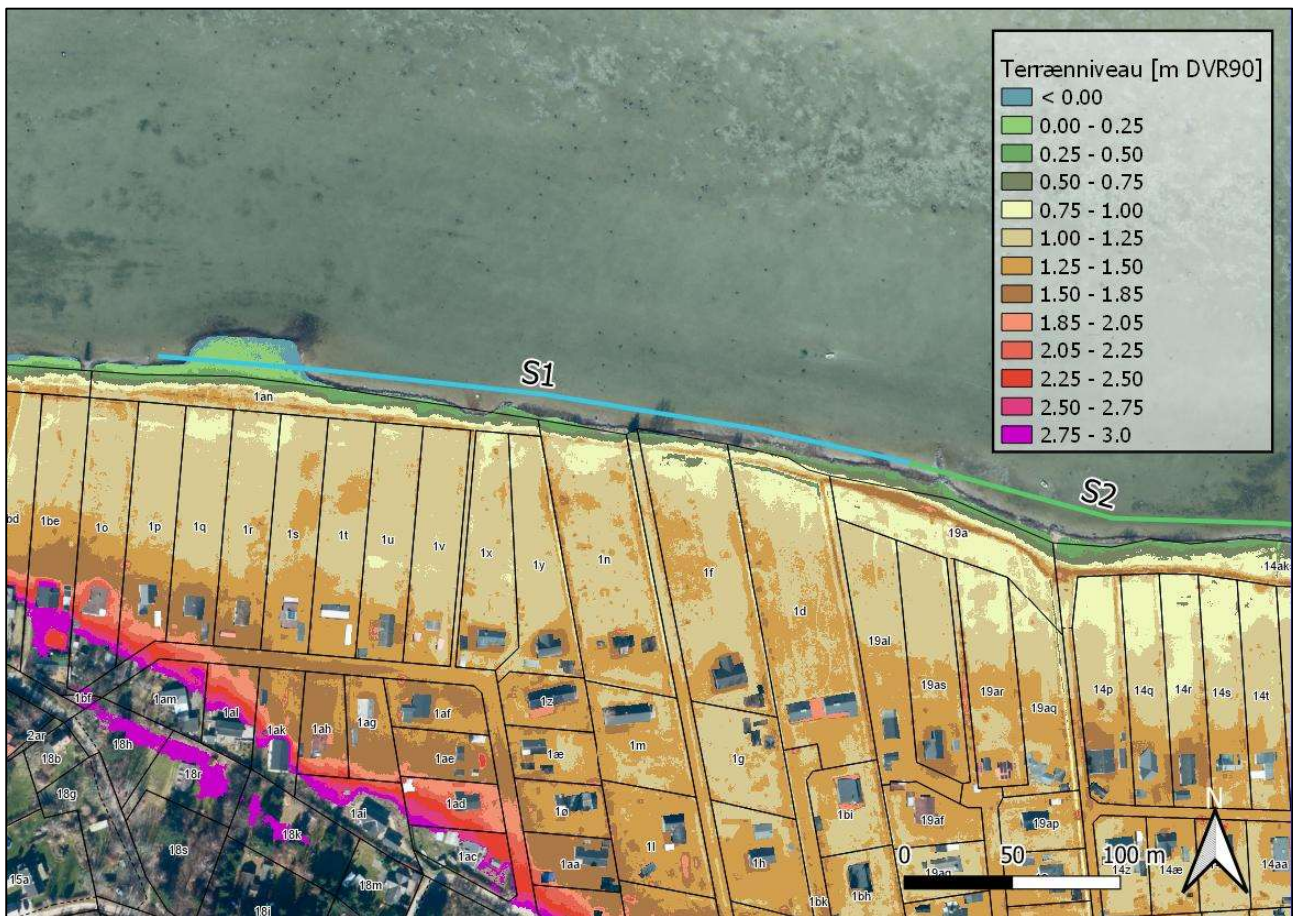


Figur 2.7: Oversigt af eksisterende kystbeskyttelses anlæg, se ref. [9].

Nærværende afsnit beskriver og gennemgår den eksisterende kystbeskyttelse i området delstrækning for delstrækning. Underafsnittene for hver delstrækning viser terrænniveauet på strækningen fra Danmarks Højdemodel, se ref. [8]. I højdemodellen kan man identificere eksisterende diger som et langstrakt smalt område med en mørk/rød farve. Derudover vises der fotos af udvalgte dele af beskyttelsen.

2.4.1 Strækning 1: Mathiesens Enghave, Engens Ejerlaug, Strandkanten og vestlige Bag Hegnet

På Strækning 1 kan anses et langstrakt område langs kysten med mørke farver, der indikerer, at der er en forhøjning i terrænet, se Figur 2.8. Dette er den eksisterende højvandsbeskyttelse i form af et mindre dige.



Figur 2.8: Terræn på strækning 1. Ortofotos: 2022, se ref. [7].

Forhøjningen er tydeligst på matrikel 1an, hvor toppen/kronekoten af forhøjningen varierer mellem +1,3 og +1,6 m DVR90. Figur 2.9 viser et foto af denne forhøjning som består af større sten, bunker af slået vegetation og andet krat. Derudover er der en overgang bestående af en betonrampe, se Figur 2.9.



Figur 2.9: Forhøjning i terrænet på matrikel 1an set mod vest. Foto til venstre: NIRAS (d. 22-3-2022). Foto til højre: NIRAS (d. 6-4-2022).

Forhøjningen forsætter mod øst på matrikel 1n og 1f. Her består den ligeledes af krat og store sten. Derudover er der en overgang bestående af en betonrampe mellem matrikel 1n og 1f. Forhøjningen og betonrampen er vist på Figur 2.10.



Figur 2.10: Til venstre: Forhøjning i terrænet på matrikel 1f. Foto: NIRAS (d. 22-3-2022). Til højre: Overgang over forhøjningen mellem matrikel 1n og 1f. Foto: NIRAS (d. 6-4-2022).

På matrikel 1f begynder forhøjning at have karakter af et dige, som det ligeledes har på matrikel 1d. Figur 2.11 viser diget, der er nedbrudt med erosionskår forårsaget af bølger. Digets kroneskote er beliggende mellem kote +1,4 og +1,6 m DVR90.



Figur 2.11: Nedbrudt dige med erosionskår ud for matrikel 1d. Til venstre: Set mod land/sydvest. Foto: NIRAS (d. 6-4-2022). Til højre: set mod øst fra toppen af diget. Foto: NIRAS (d. 6-4-2022).

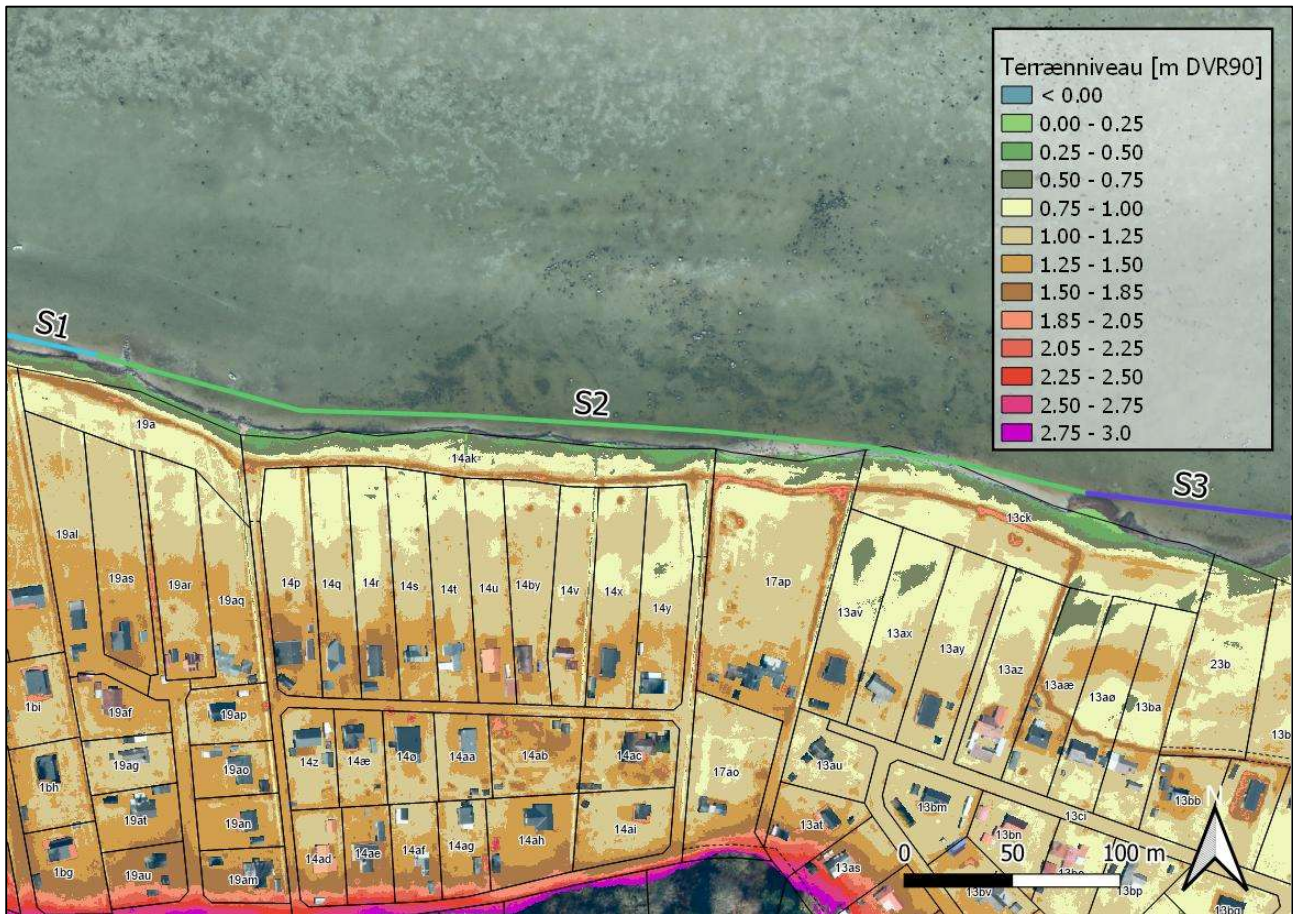
På Strækning 1, der er udsat jf. Afsnit 2.1 for en moderat kronisk erosion, er der spredte medtagne stensætninger og enkelte høfder ved kystlinjen, se Figur 2.12.



Figur 2.12: Til venstre: Erosionsbeskyttelse ved matrikel 1f. Foto: NIRAS (d. 6-4-2022). Til højre: Erosionsbeskyttelse ud for matrikel 1n og 14y. Foto: NIRAS (d. 6-4-2022).

2.4.2 Strækning 2: Østlige Bag Hegnet, Fjordskov, Nordskovvej 35 og vestlige Skovengen

På Strækning 2 forekommer der et mere tydeligt dige i højdemodellen, Diget kan tydelig identificeres i højdemodellen som en langstrakt forhøjning af landskabet og er placeret kystnært umiddelbart havværts for sommerhusmatriklerne, se Figur 2.13.



Figur 2.13: Terrænet på strækning 2. Bemærk at diget kan identificeres i terrænniveauet som en langstrakt mørk farve tæt på kystlinjen. Ortofotos: 2022, se ref. [7].

Digets stand er dårlig, hvilket bl.a. ses ved en uensartet skråning med lavninger og enkelte steder erosionsskår, se Figur 2.14. Kronekoten på diget er varierende på strækningen og ligger primært mellem +1,6 og +1,8 m DVR90. På en mindre del af matrikel 17ap er diget højest med en kote på +2,4 m DVR90.



Figur 2.14: Til venstre: Diget på matrikel 19a set mod nordvest. Foto: NIRAS (d. 22-3-2022). Til højre: Diget ved matrikel 14q. Foto: NIRAS (d. 6-4-2022).

Erosionsbeskyttelsen består ligesom på Strækning 1 af en mindre stensætning ved kystlinjen. Der forekommer erosion bagved beskyttelse, hvilket tyder på, at beskyttelsen ikke fungerer efter hensigten.

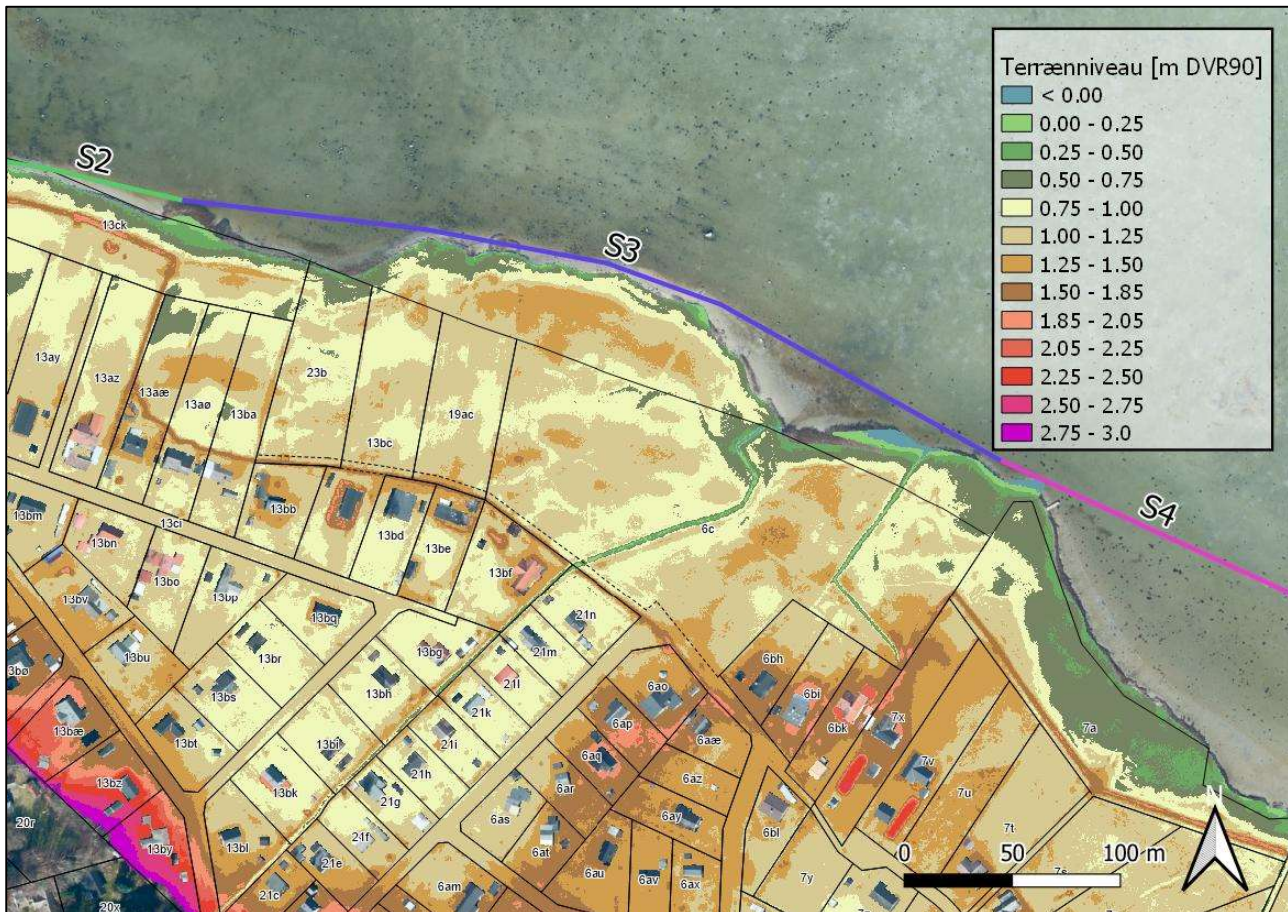


Figur 2.15: Erosionsbeskyttelse ud for matrikel 14x og 14y. Foto: NIRAS (d. 22-3-2022). På fotoet ses der erosionskår bag stensætningen.

2.4.3 Strækning 3: Østlige Skovengen og Nordskoven

På Strækning 3 fortsætter diget fra Strækning 2. Diget er her beliggende tæt på sommerhusene, se Figur 2.16. Digets kronekote varierer mellem +1,6 og +1,8 m DVR90. Digets stand er ligesom på Strækning 2 dårlig med en uensartet skråning med lavninger, se Figur 2.17. Diget er enkelte steder forhøjet med sandsække, som det ses af Figur 2.17.

Diget slutter i den østlige del af Strækning 3 ved matrikel 6æa og begynder igen ved overgangen til Strækning 4 ved matrikel 7x. På den del af strækningen, hvor der ikke er et dige, er terrænet relativt højt og ligger over +1,6 m DVR90.



Figur 2.16: Terrænet på strækning 3. Bemærk, at diget kan identificeres i terrænniveauet som en langstrakt mørk farve tæt på kystlinjen. Ortofotos: 2022, se ref. [7].



Figur 2.17: Til venstre: Diget ud for matrikel 13bd set mod vest. Foto: NIRAS (d. 22-3-2022). Til højre: Sandsække ovenpå diget ud for matrikel 13be set mod vest. Foto: NIRAS (d. 22-3-2022).

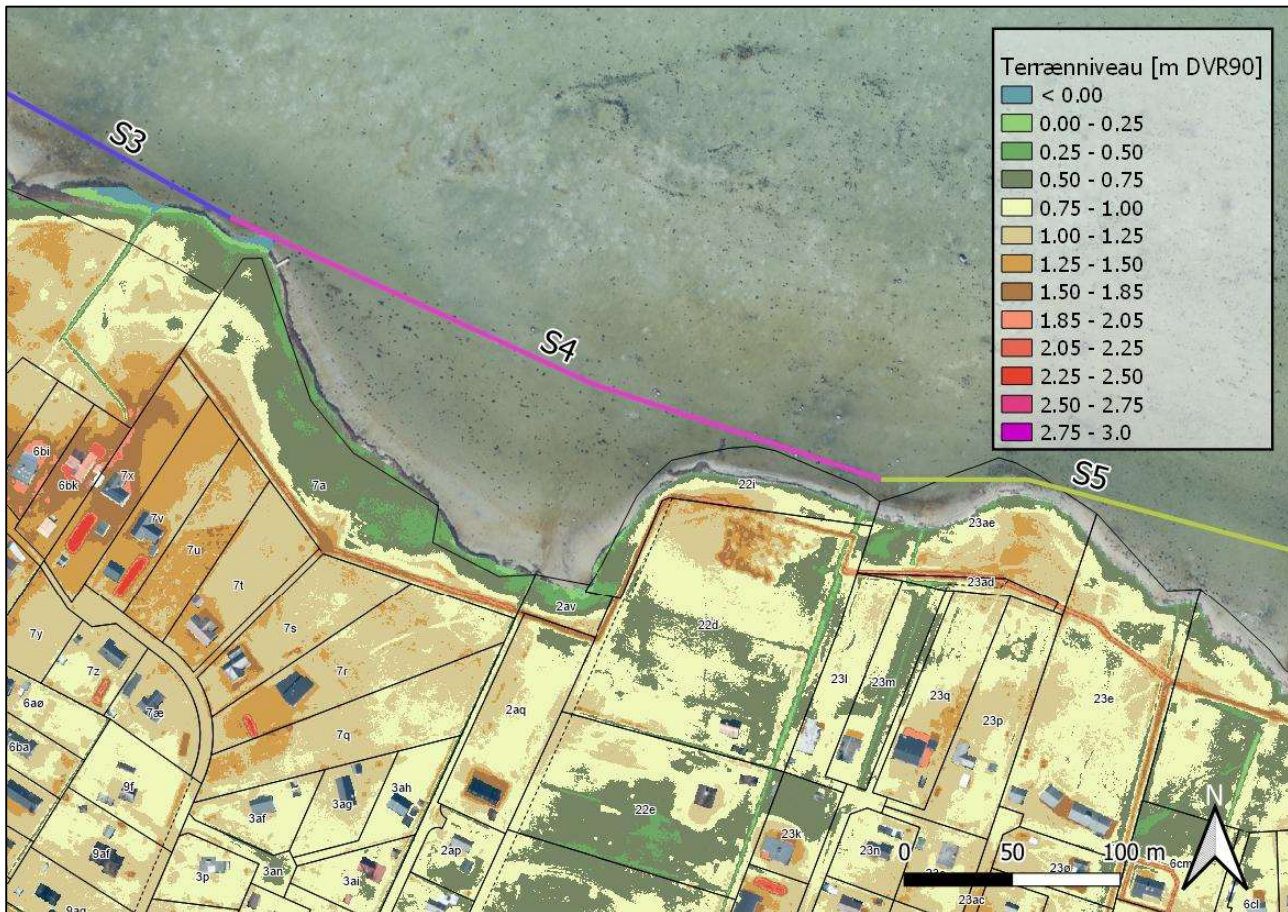
På Strækning 3 forekommer der enkelte mindre stensætninger og høfder ved kystlinjen. Konstruktionerne vises på Figur 2.18, hvor der ligeledes kan ses erosionskår i kystlinjen.



Figur 2.18: Erosionsbeskyttelse på Strækning 3. Foto: NIRAS (d. 6-4-2022).

2.4.4 Strækning 4: Strandengen, Strandhaven og Skoven af 1963

På Strækning 4 ligger diget kystnært nogenlunde i sommerhusmatriklernes skel, se Figur 2.19. Digets kronekote er varierende på strækningen, men ligger primært mellem +1,8 og +2,0 m DVR90 og et enkelt sted på +1,4 m DVR90 (ifølge højdemodellen). Omkring halvvejs på strækningen tager diget et 90 graders knæk mod nord uden om matrikel 22d for at følge kystlinjens forløb. Umiddelbart herefter knækket diget igen mod øst.



Figur 2.19: Terrænet på strækning 4. Bemærk, at diget kan identificeres i terrænniveauet som en langstrakt mørk farve tæt på kystlinjen. Ortofotos: 2022, se ref. [7].

På matrikel 7a ser diget ud som på de forrige strækninger, se Figur 2.20. Ud for matrikel 2aq er diget bedre vedligeholdt sammenlignet med de øvrige strækninger, se Figur 2.21.



Figur 2.20: Til venstre: Diget ud for matrikel 7u set mod nordvest. Foto: NIRAS (d. 22-3-2022). Til højre: Diget ud for matrikel 7s set mod øst. Foto: NIRAS (d. 22-3-2022).



Figur 2.21: Diget ud for matrikel 2aq set mod vest. Foto: NIRAS (d. 22-3-2022).

Efter digets første knæk skifter diget fra at være et jorddige til at være et lodret stendige langs skellet mellem matrikel 22d og 22i, se Figur 2.22. Figuren viser diget ved det andet knæk (hvor det drejer mod øst) og tydeliggør, at diget her er i risiko for at bliver undermineret af erosion. Figuren viser desuden en medtaget stensætning, der er i dårlig stand, og hvor der forekommer erosion af stien.



Figur 2.22: Stendige og erosionsbeskyttelse på matrikel 22i set mod syd. Foto: NIRAS (d. 6-4-2022).

Efter knækket forsætter diget som et stendige langs skellet mellem matrikel 22d og 22i, se Figur 2.23.

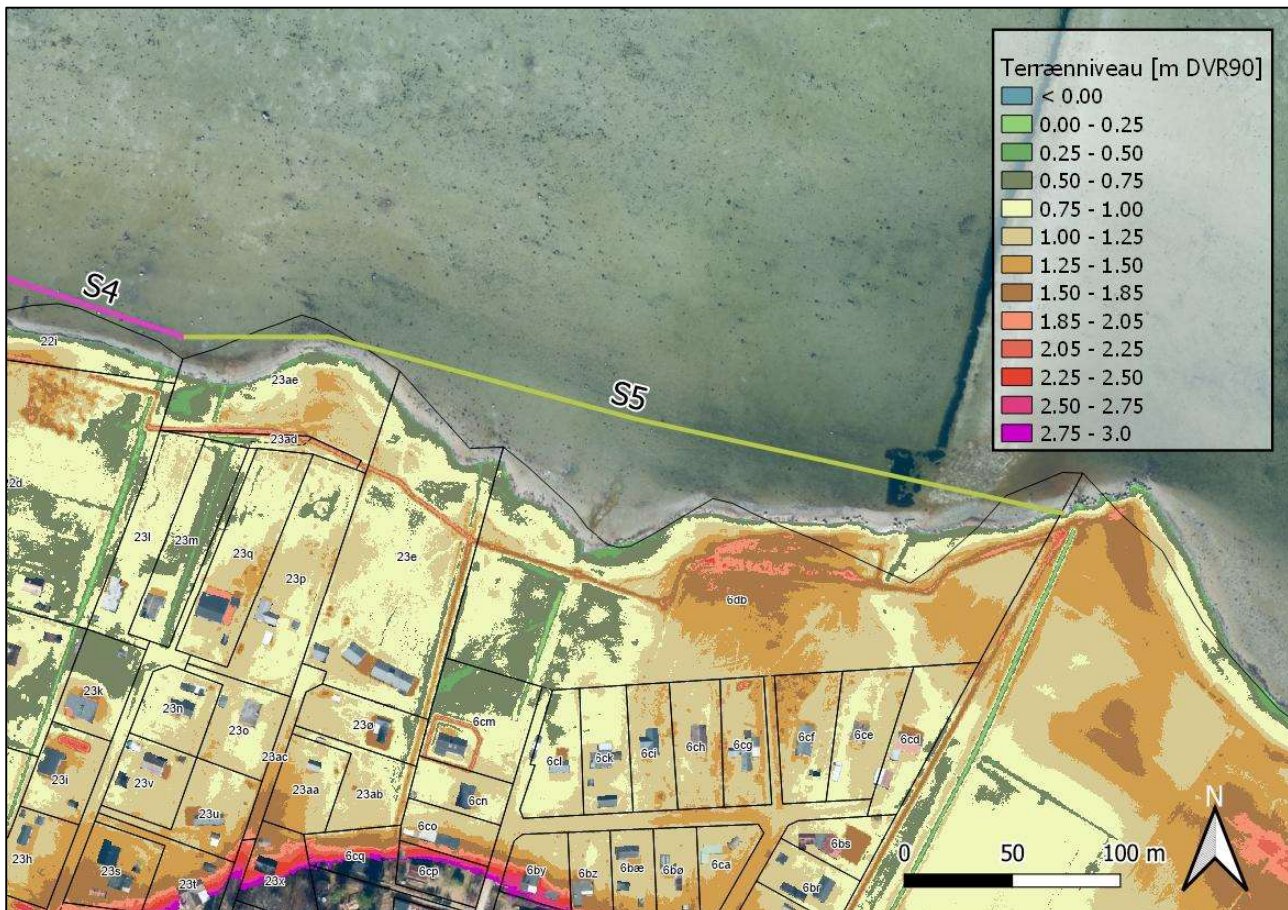


Figur 2.23: Stendige på matrikel 22i set mod vest. Foto: NIRAS (d. 22-3-2022).

2.4.5 Strækning 5: Nordstrand, Ved Stranden og Sælvig

Diget forsætter på Strækning 5 og dækker den resterende strækning mod øst, se Figur 2.24. Digets kronekote varierer mellem +1,7 m og +2,1 m DVR90. Midt på matrikel 6db er der et område, hvor terrænet er over +1,8 m DVR90 dvs. nogenlunde samme højde som kronekoten på diget. Her stopper diget for at forsætte på den anden side af området.

Ved slutningen af Strækning 5 ligger der et vandløb, der løber ud i Roskilde Fjord. Inden vandløbet drejer diget mod syd langs vandløbet og ender i det højtliggende terræn syd for projektområdet. Diget har en varierende kronekote mellem +1,7 og +2,0 m DVR90.



Figur 2.24: Terrænet på strækning 5. Bemærk, at diget kan identificeres i terrænniveauet som en langstrakt mørk farve tæt på kystlinjen. Ortofotos: 2022, se ref. [7].

På matrikel 23ae og 23e samt halvejs ind på matrikel 6db indtil det højtliggende område er diget et lodret stendige med stejl landværts hældning, se Figur 2.25. På dele af denne strækning er stenene støbt ind i beton.



Figur 2.25: Stendige på Strækning 5. Øverst: Stendige ud for matrikel 231 set mod vest. Foto: NIRAS (d. 6-4-2022). Nederst til venstre: Stendige i den vestlige del af matrikel 6db set mod syd. Foto: NIRAS (d. 22-3-2022). Nederst til højre: Stendige i den vestlige del af matrikel 6db set mod øst. Foto: NIRAS (d. 22-3-2022).

På den anden side af det højtliggende område på matrikel 6db forsætter diget som et jorddige. Diget blev beskadiget under stormen Malik i januar 2022 og er derfor blevet repareret med sand og jord, se Figur 2.26.



Figur 2.26: Dige i den østlige del af matrikel 6db. Foto: NIRAS (d. 6-4-2022)

Ved afslutningen af Strækning 5 drejer diget mod syd og løber lang vandløbet i ca. 290 m, ind til det højere bagvedliggende terræn. Figur 2.27 viser diget hvis forsideskråning er medtaget med flere pletter med bar jord. Digets bagskråning er beskyttet med store sten.



Figur 2.27: Diget langs vandløbet set mod nord. Foto: NIRAS (d. 22-3-2022).

2.5 Eksisterende plan- og miljømæssige forhold

Langs kysten ved det østlige Kulhuse er der flere plan- og miljømæssige forhold, der skal tages hensyn til i planlægningen af et nyt dige. I det følgende beskrives de forhold, som er relevante for placeringen af det nye digetracé.

2.5.1 Lokal- og kommuneplan

Der er ingen lokalplan for projektområdet. Projektområdet er omfattet af kommuneplanramme S.6.1, som dækker alle matrikler i projektområdet. Områdets anvendelse er angivet som sommerhusområde.

2.5.2 Kystnærhedszone

Arealet for den nye kystbeskyttelse er beliggende inden for kystnærhedszone. Kystnærhedszonen skal sikre de danske kystlandskaber mod bebyggelse, som hindrer oplevelsen af landskaberne fra hav eller fra land. Kystnærhedszonen dækker arealer fra kysten og 3 km ind i landet. Tilladelser til anlæg i kystnærhedszonen kan gives under hensyntagen til det ansøgte placering i landskabet, samt afstanden og synlighed til og fra kysten og under forudsætning af, at det ansøgte anlæg placeres og udformes hensigtsmæssigt i forhold til kystlandskabet.

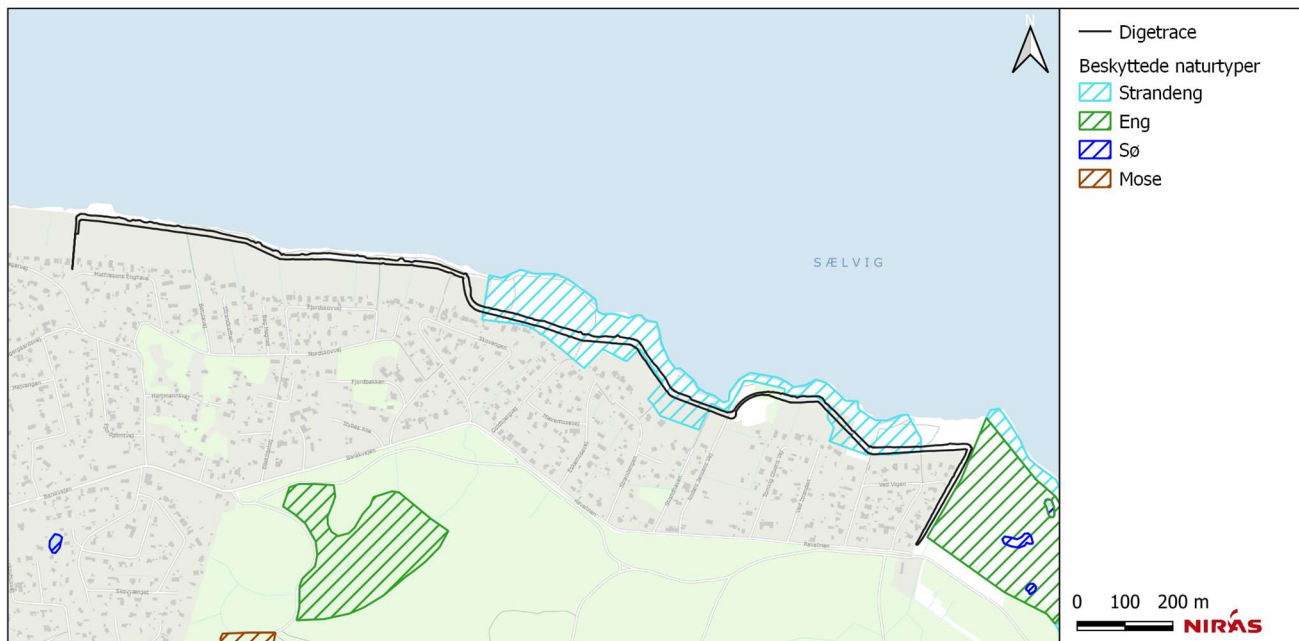
2.5.3 Strandbeskyttelseslinje

Arealet for den nye kystbeskyttelse er også beliggende inden for strandbeskyttelseslinjen. Strandbeskyttede arealer er forbudszoner, hvor der som hovedregel ikke må foretages ændringer af den eksisterende tilstand. Det betyder, at man blandt andet ikke må tilplante, udstykke areal eller ændre på terrænet. Kystdirektoratet kan dispensere fra forbuddet ved en konkret vurdering, hvor projektets påvirkning på kystlandskabet, naturen og rekreative interesser indgår.

2.5.4 Naturbeskyttelse

I den østlige del af projektområdet findes der langs kysten en strandeng, som er beskyttet efter naturbeskyttelseslovens § 3. Strandenge findes langs beskyttede kyster i fjorde og lavvandede havområder. Strandenge oversvømmes af havvand, og er derfor kendetegnet ved forekomst af salttolerante arter. Strandengen ved Østlige Kulhuse er senest besigtiget i 1995, hvor der blev registreret mere end 100 plantearter, heraf flere stjernearter, som er værdifulde for naturtypen. Den aktuelle tilstand i strandengen er ukendt.

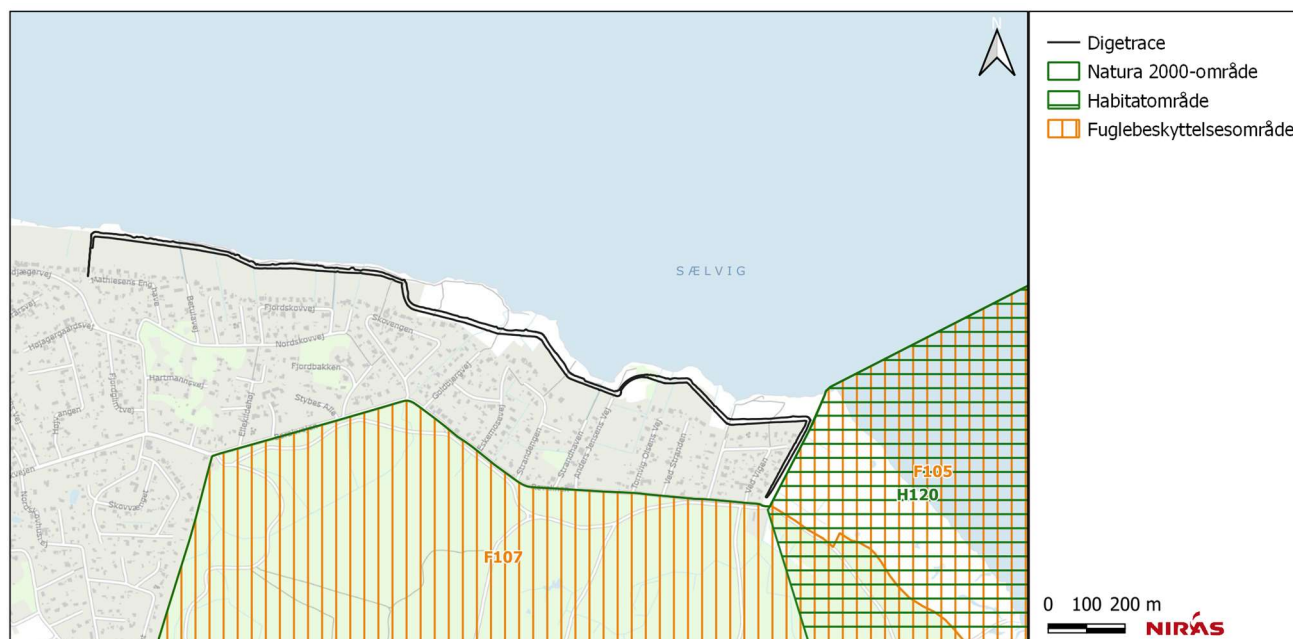
Beskyttelsen af naturtyper i henhold til naturbeskyttelseslovens § 3, stk. 1-3, er umiddelbar og gælder så snart et givent naturområde opfylder naturbeskyttelseslovens definitioner. Det er således ikke en forudsætning for beskyttelsen, at områderne er registrerede på Danmarks Arealinformation. Ved feltbesigtigelsen af NIRAS i november 2022 blev det undersøgt, om arealer bag det eksisterende dige, som ikke er vejledende registreret, potentielt opfylder naturbeskyttelseslovens krav til beskyttelse. Grundet årstiden blev der ikke udført en egentlig § 3-registrering af arealerne (jf. den teknisk anvisning). Der blev ved besigtigelsen fundet to arealer som potentielt opfylder kravene til strandeng/strandsump i naturbeskyttelsesloven. Arealerne ligger inden for matrikel 22d, 23l, 23m og 23 ad. Begge arealer ligger bag det eksisterende dige og er tilgroet strandsump med tagrør. For at afklare om områderne er omfattet af § 3 beskyttelsen vil det kræve, at der udføres en egentlig registrering efter den tekniske anvisning.



Figur 2.28: Beskyttet § 3-natur

2.5.5 Natura 2000

Umiddelbart øst for projektområdet ligger Natura 2000-område nr. 136 Roskilde Fjord og Jægerspris Nordskov. Natura 2000-området omfatter habitatområderne H120 Roskilde Fjord og H199 Kongens Lyng samt fuglebeskyttelsesområde F105 Roskilde Fjord og F107 Jægerspris Nordskov. Natura 2000-området er særligt udpeget for at beskytte de marine naturtyper bugt og sandbanke samt de vidtstrakte strandenge langs kysten. Derudover er Roskilde Fjord et af Danmarks vigtigste yngleområder for vandfugle. Der er udarbejdet en Natura 2000-væsentlighedsvurdering, hvori det vurderes, om projektet kan medføre potentielle, væsentlige påvirkninger på Natura 2000-området.



Figur 2.29: Afgrænsning af habitatområde af fuglebeskyttelsesområder i Natura 2000-område nr. 136 nær digetraceet.

2.5.6 Bilag IV-arter

Inden for projektområdet kan der forekomme arter af flagermus samt markfirben, som begge er arter opført på habitatdirektivets bilag IV. Der er registreret markfirben i 2013 ca. 120 m syd for diget. Markfirben yngler og raster på steder med bar og løs, gerne sandet jord. Det kan være heder, klitter overdrev, råstofgrave og på vej- eller jernbaneskråninger samt diger. I sommerhusområdet og i Nordskoven umiddelbart syd for projektet er der registreret langøret flagermus i 2011, dværgflagermus i 2013 og 2015 og troldflagermus i 2013. Flagermus yngler og raster i træer og bygninger med sprækker og hulheder. I henhold til kysthabitatbekendtgørelsens § 7 kan der ikke meddeles tilladelse til et projekt, såfremt det medfører forsættelig indfangning, drab eller forstyrrelse af individer samt beskadigelse eller ødelæggelse af yngle- og rastesteder for arter, der er omfattet af bilag IV-beskyttelsen. Der er udarbejdet en bilag IV-vurdering, hvori kystbeskyttelsens potentielle påvirkninger på bilag IV-arter vurderes.

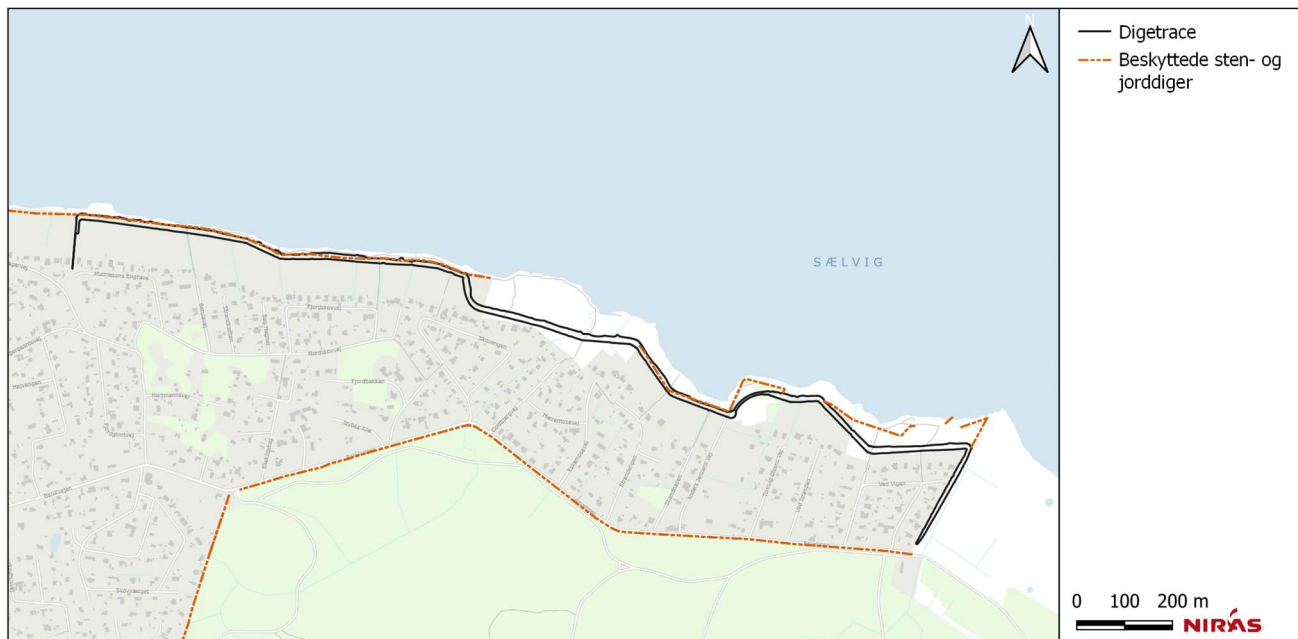
2.5.7 Fredskov

Den østligste del af diget ligger i et areal, som er omfattet af fredskovspligt. Fredskovsarealet dækker blandt andet Jægerspris Nordskov, der ligger syd for Kulhuse. Arealet med fredskov afgrænses mod vest af vejen Revelinen, øst for Kulhuse. Den østlige del af diget ligger i kanten af fredskovsarealet. Der er dog ingen bevoksning i denne del af arealet, og anlæg af diget vil ikke medføre fældning af træer og derfor ikke være i strid med fredskovspligten.

2.5.8 Beskyttede diger

Diget etableres på dele af strækningen ovenpå et eksisterende beskyttet dige. De eksisterende beskyttede stendiger er en del af den nuværende kystbeskyttelse og fremstår de fleste steder som diger opbygget af kampesten. Diget er ikke omfattet af beskyttelsen i museumslovens¹ § 29a, da digerne ligger i sommerhusområde og oprindeligt er anlagt som kystbeskyttelse.

¹ Bekendtgørelse nr. 358 af 8. april 2014 af museumsloven.



Figur 2.30: Beskyttede sten- og jorddiger.

3. Sikringsniveau

Sikringsniveau og dimensionering af kystbeskyttelse fastlægges ud fra en hændelse, der statistisk set forekommer med et valgt interval (middeltidshændelse/returperiode) samt en ønsket levetid. Levetiden definerer, hvor langt ud i fremtiden, det ønskes at være beskyttet imod den valgte hændelse. Højvandsbeskyttelse dimensioneres ofte som minimum til at kunne modstå en 100-års middeltidshændelse med en levetid på 50 år.

Der vil altid være en sandsynlighed for, at den dimensionsgivende vandstand og bølgehøjde vil forekomme eller overskrides inden for den valgte levetid. Denne sandsynlighed stiger i gennem beskyttelsens levetid som følge af havspejlsstigningen. Valget af den dimensionsgivende hændelse (sikringsniveauet) er en afvejning af flere parametre, hvoraf de mest afgørende er:

- Ønsket om at være sikret mod så ekstrem en hændelse som muligt
- Acceptabel risiko for, at den dimensionsgivende hændelse overskrides inden for levetiden
- Konsekvensen af, at der opstår skader samt prisen på udbedring af disse
- Ønsket om at bevare udsigten til vandet
- Reduktion af anlægs- og vedligeholdelsesomkostninger

3.1 Anvendt sikringsniveau

Kommunens udbudsmateriale definerer ikke et sikringsniveau ift. middeltidshændelse (MT) for bølger og vandstand eller ift. samlet levetid for anlægget. Dimensioneringen af anlæggene har indtil videre taget udgangspunkt i;

1. at det ønskes at beskytte mod en hændelse svarende til stormfloden forårsaget af Bodilstormen i 2014, som er den stormflod, der har katalyseret projektet. Hændelsen svarer nogenlunde til en 100-års middeltidshændelse i 2050 ved Kulhuse, som er +2,02 m DVR90.

2. at digerne skal være brede nok til, at de om 30 år skal forhøjes med 30 cm som følge af havspejlsstigningen. Forhøjelsen skal forlænge levetiden med 20 år.
3. at der har været lagt op til, at de enkelte grundejerforeninger skulle vælge mellem *et fremskudt dige med kronekote +2,4 m DVR90* eller *et tilbagetrukket dige med kronekote +2,2 m DVR90*.

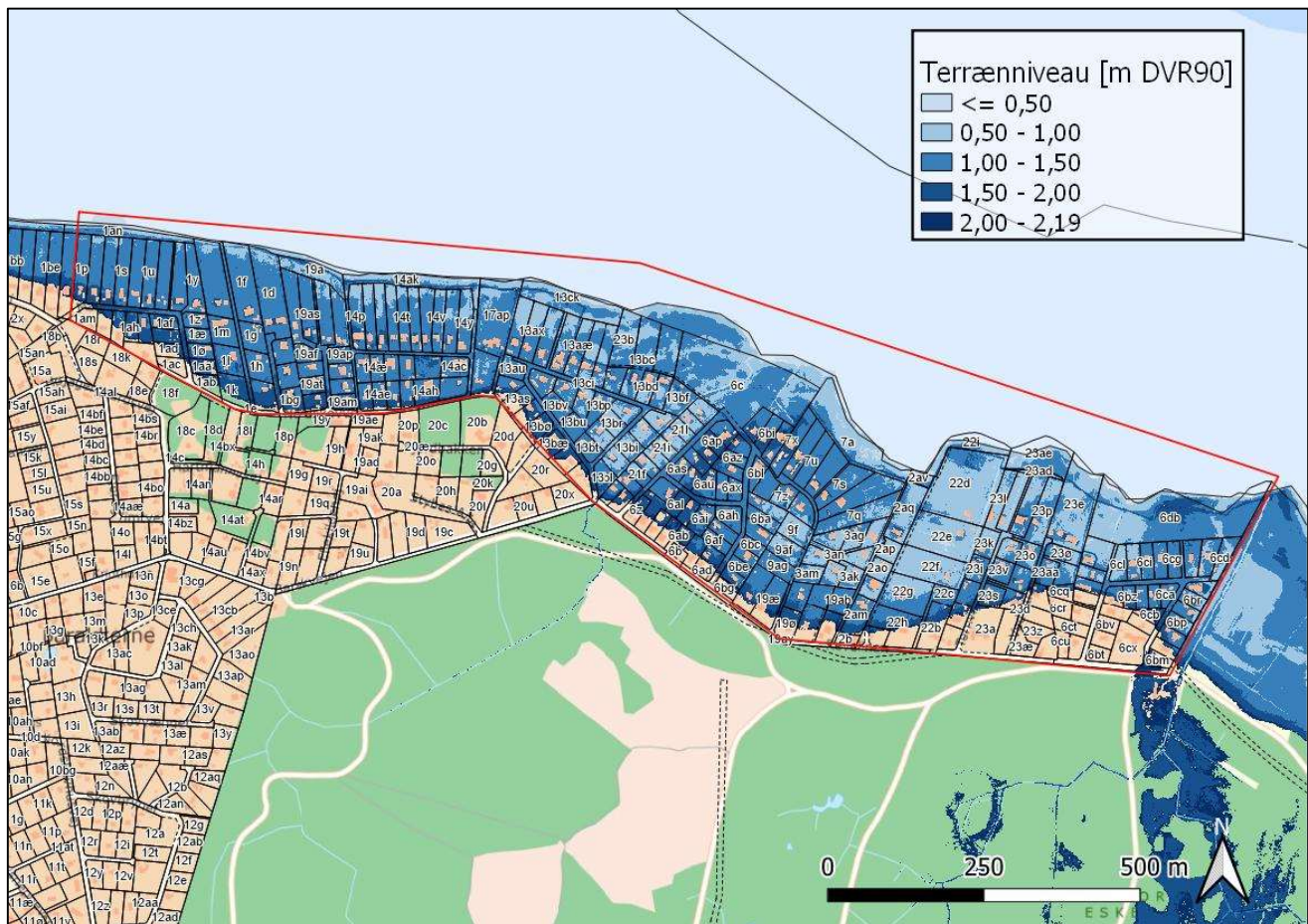
Med udgangspunkt i ovenstående punkter er det i dialog mellem Digeforeningen og Frederikssund Kommune besluttet, med tanke på fremtidig forhøjelse, at sikringsniveauet for projektet defineres som en 100-års middeltidshændelse frem til om 30 år. Det betyder, at der beskyttes imod en hændelse i år 2050, som statistisk set forekommer én gang hvert 100. år.

Vandstanden svarende til det valgte sikringsniveau er +2,02 m DVR90, se Afsnit 4.2. Det forventes, at kronekoten på hele strækningen forhøjes med 30 cm omkring år 2050. Kronen der etableres med nærværende projekt er således klargjort hertil. Vandstanden der i 2070 vil være den dimensionsgivende, svarende til en 100-års middeltidshændelse er +2,19 m DVR90 (se Afsnit 4.3 og 4.4).

Vandstanden på +2,02 m DVR90 definerer, hvor mange matrikler projektet beskytter, altså til hvilken kote og hvor langt ind i land vandet potentielt kan sprede sig såfremt første etape af projektet ikke udføres. Det skal i den forbindelse nævnes, at formålet med projektet er at beskytte bebyggelse, der er anvendt til beboelse, samt ubebyggede matrikler hvor der kan opføres bebyggelse, der anvendes som beboelse. Projektets formål er ikke at beskytte skure og anden bebyggelse, der ikke er godkendt til beboelse

Afgrænsningen langs kysten er fastsat ud fra, hvilket område der tidligere er blevet oversvømmet. I den østlige side er afgrænsningen dog sammenfaldende med overgang fra sommerhusområde til et større naturområde, som ikke har behov for beskyttelse.

Af Figur 3.1 ses hvilke matrikler, der derved opnår beskyttelse med projektet.



Figur 3.1: Området der er beliggende under sikringskoten på både +2,0 og +2,19 m DVR90.

Som det ses af kortet, og som det er erfaret ved tidligere oversvømmelser, udgør projektområdet ét stort sammenhængende lavtliggende område. Oversvømmelse fra fjorden ét sted, kan altså hurtigt sprede sig mod øst og vest bag de eksisterende diger. Derfor er det vigtigt, at der med nærværende projekt bliver beskyttet langs kysten imod den samme hændelse (sikringsniveau) og også lukkes af i siderne af projektområdet.

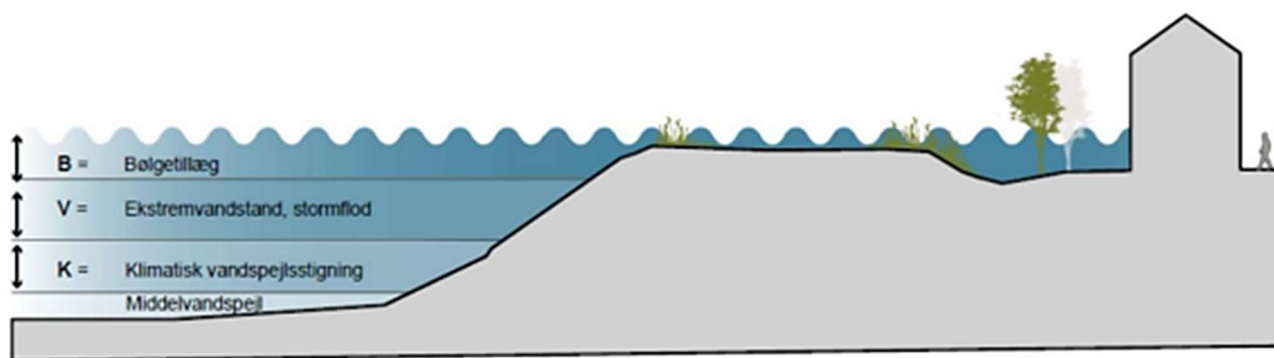
Som det beskrives i Afsnit 4, kan man ikke nødvendigvis give et ensartet sikringsniveau langs hele strækningen ved at have den samme kronekote over lange strækninger (punkt 2), når bølgepåvirkningen er forskellig. Til nærværende projektforslag er der foretaget detaljerede beregninger af bølgepåvirkningen på de enkelte delstrækninger for det nyligt definerede sikringsniveau til første fase af projektet, altså en 100-års middeltidshændelse om 30 år (i år 2050). Derfor er kronekoterne, kronebredderne og forsidehældningerne i nærværende fase genberegnet og justeret flere steder i forbindelse med oparbejdelsen af projektet fra et skitseforslag til myndighedsprojekt.

Grundigere gennemgang af højvandsstatistik, havspejlsstigning, bølgepåvirkning, minimumskrav til dimensionering af diger og bagvandshåndtering er gennemgået i Afsnit 4 og 5. Gennemgang af de projekterede dimensioner, fodaftryk og placering gennemgås i Afsnit 6.

4. Dimensionering af kystbeskyttelsen

Dimensionerne på højvandsbeskyttelsen bestemmes på baggrund af det valgte sikringsniveau. Kronekoten af højvandsbeskyttelsen bestemmes overordnet ved følgende trin:

1. Ekstremvandstanden (V), der svarer til den valgte middeltidshændelse findes ud fra højvandsstatistikkerne.
2. Dernæst estimeres størrelsen på den forventede havspejlsstigning inden for den valgte levetid (K).
3. Korrelation mellem forhøjet vandstand og samtidig bølgepåvirkning vurderes ud fra statistik og erfaringer.
4. Summen af V og K udgør den dimensionsgivende vandstand på dybt vand.
 - a) Forventes der ingen bølgepåvirkning, samtidigt med ekstrem vandstand, fastsættes kronekoten (KK) lidt højere end selve den dimensionsgivende vandstand.
 - b) Forventes samtidighed mellem ekstrem vandstand og bølgepåvirkning, skal det beregnes hvortil bølgerne kan nå (B), som vist på Figur 4.1. Dette afgøres bl.a. ud fra koten af det foranliggende terræn, da bølgenes højde bl.a. varierer med vanddybden. Kronekoten justeres ud fra B, samt et acceptabelt niveau af bølgeoverskyl (overskylskriterie).



Figur 4.1: Principskitse af de forskellige bidrag til beregning af kystbeskyttelsers kronekote i fremtiden. Kronekoten ved etableringstidspunktet findes ved at fratække den forventede landhævning.

Derudover kan kronekoten hæves eller sænkes lidt ved anvendelse af hhv. en stejlere eller fladere anlægsgang. Ved beregning af B indregnes den forventede landhævning, således at vandsøjlen, som bølgerne udvikles over er reduceret tilsvarende, se Afsnit 4.5.

4.1 Korrelation mellem ekstrem vandstand og bølgepåvirkning

For at bestemme om kronekoten skal fastsættes efter et scenarie med ekstrem vandstand og samtidig ekstrem, ingen eller moderat bølgepåvirkning er tidligere storm- og højvandstandshændelser analyseret.

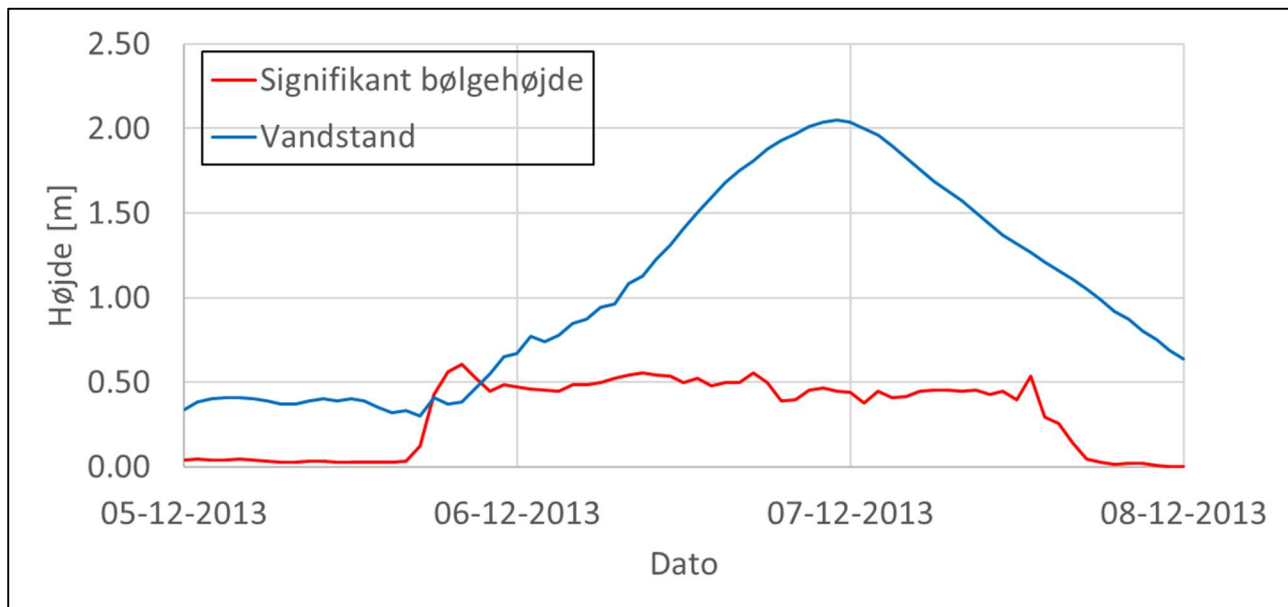
De højeste vandstande i området optræder typisk, når et lavtryk passerer nord om Danmark og i begyndelsen skaber kraftig længerevarende vestenvind. Herved presses store mængder vand ind i Kattegat og de Indre Danske Farvande fra Nordsøen via Skagerrak. Dette i sig selv kan give forhøjet vandstand ved Kulhuse. Hvis vinden så også undervejs/mod slutningen af stormen drejer om i nord(vest)lige retninger, skubbes vandet mod syd ind i Isefjord og Roskilde Fjord, hvorved der skabes ekstrem vandstand ved Kulhuse samtidigt med en nordvestlig ekstrem vind.

Der er således en vis korrelation ved Kulhuse mellem ekstrem vandstand og ekstrem vind- og bølgepåvirkning.

Ovenstående type hændelse skabte særligt stor oversvømmelse ved Kulhuse i december år 2013, da stormen Bodil ramte Danmark. Udviklingen og korrelationen mellem vindretning, styrke og vandstand gennem stormen danner

grundlag for beregningen af bølgehøjden ved digets fod. Beregning af bølgehøjde og -tillæg er yderligere beskrevet i Afsnit 4.7.

Figur 4.2 viser den modellerede signifikante bølgehøjde ud for projektområdet og den målte vandstand i Roskilde under Bodil. Som det ses af Figur 4.2 er der i modellen nogenlunde korrelation mellem ekstrem vandstand og den største bølgehøjde. Vandstanden toppede lidt senere end bølgehøjden, men bølgehøjden forblev nogenlunde konstant under stormen, hvilket resulterede i, at Kulhuse var påvirket af bølger, da vandstanden var størst.



Figur 4.2: Korrelation mellem målt vandstand og modelleret bølgehøjde under stormen Bodil.

4.2 Højvandsstatistik

Til fastsættelse af den dimensionsgivende vandstand har NIRAS udarbejdet en højvandsstatistik i forbindelse med skitseprojektet fra 2017, se ref. [1]. Højvandsstatistikken er udarbejdet for Holbæk Havn og vist herunder i Tabel 4.1.

Tabel 4.1: NIRAS højvandsstatistik for Holbæk Havn, se ref. [1].

Middeltidshændelse	Vandstand [m DVR90]
50 års	+1,73
100 års	+1,84
200 års	+1,96

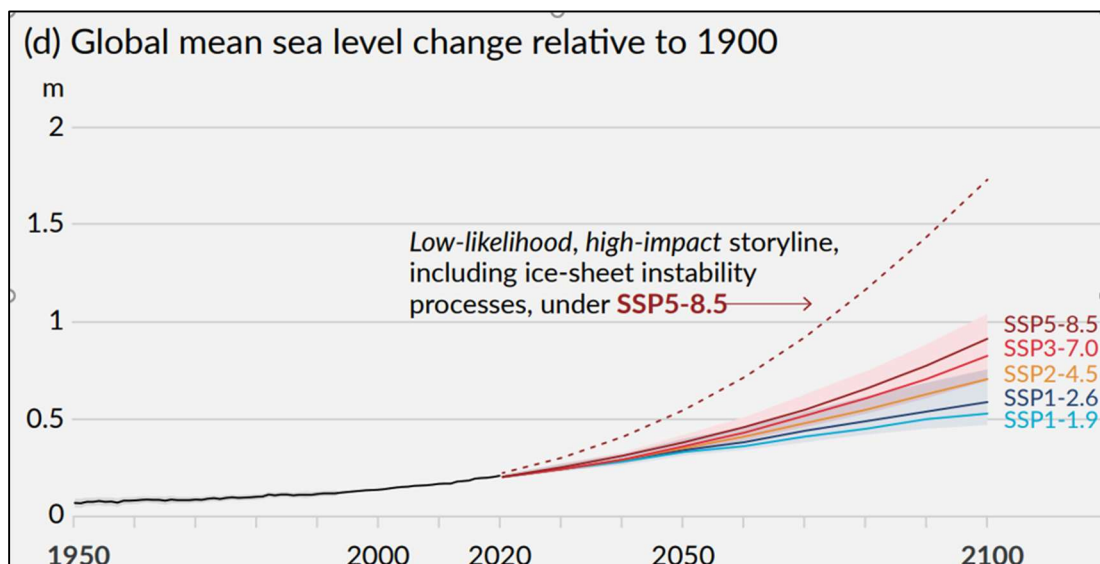
NIRAS højvandsstatistik er sammenholdt med Realdanias højvandsstatistik, der er vist i Figur 4.3 og viser, at en 100 års middeltidshændelsen svarer til en vandstand på +1,84 m DVR90, hvilket er det samme som højvandsstatistikken anvendt i skitseprojektet.

By	Hændelser	2015	2065	2090
Frederiksværk	10	150	184	206
	20	159	193	215
	50	173	207	229
	100	184	218	240
	250	200	234	256

Figur 4.3: Realdanias højvandsstatistik for Frederiksværk i DVR90 ift. 2015, se ref. [14].

4.3 Havspejlsstigning

De globale klimaforandringer resulterer i eustatiske havspejlsstigninger. Gennem de seneste 100 år er middelvandstanden i farvandene omkring Danmark steget ca. 2 mm/år i gennemsnit, se ref. [15]. Grundet effekten af klimaforandringerne forventes denne tendens at tiltage i fremtiden. FN's klimapanel (IPCC) har beregnet den forventede havspejlsstigning ved forskellige fremtidige klimascenarier, se ref [16].



Figur 4.4: IPCC's bud på de globale havspejlsstigninger for en række klimascenarier. Middelværdien i prognoserne er vist med farvede linjer og usikkerhedsintervallet er vist med de farvede områder omkring linjerne, se ref. [16]. Fremskrivningen af havspejlsstigning er baseret på temperaturscenarier og beregning af afsmeltning af iskapper, hvorfor der er et stort usikkerhedsinterval for værdierne som stiger med tiden.

Returperioden for en given vandstand falder efterhånden, som det generelle havspejl stiger. For eksempel vil en vandstand, som i dag har en returperiode på 100 år, om 50 år have en returperiode på 2-3 år. Ved fastlæggelse af den dimensionsgivende vandstand, som kystbeskyttelsen dimensioneres efter, skal den forventede havspejlsstigning inden for anlæggets levetid derfor lægges oven i vandstanden svarende til den valgte returperiode.

Ved etablering af kystbeskyttelses anlæg med levetider, der strækker sig længere frem end til år 2050 anbefaler DMI og Miljøstyrelsen, at man anvender klimascenarie SSP5-8.5, se ref. [17]. I klimascenariet SSP5-8.5 er den forventede havspejlsstigning fra 2020 til 2050 0,18 m og fra 2020 til 2070 0,35 m. I perioden frem til år 2050 er forskellen i havspejlsstigning mellem de forskellige scenarier lille, hvorfor scenarie SSP5-8.5 anvendes i nærværende projekt.

4.4 Dimensionsgivende vandstand

På baggrund af de overstående parametre i Afsnit 4.2 og 4.3 kan den dimensionsgivende vandstand (V) beregnes, se Figur 4.1. I nærværende projekt er den dimensionsgivende vandstand en 100 års hændelse i 2050 og i 2070. Altså tillægges havspejlsstigningen fra i dag (2020) og frem til hhv. 2050 og 2070 en 100 års hændelse i dag som vist i Tabel 4.2.

Tabel 4.2: Beregning af den dimensionsgivende vandstand i 2050 og 2070.

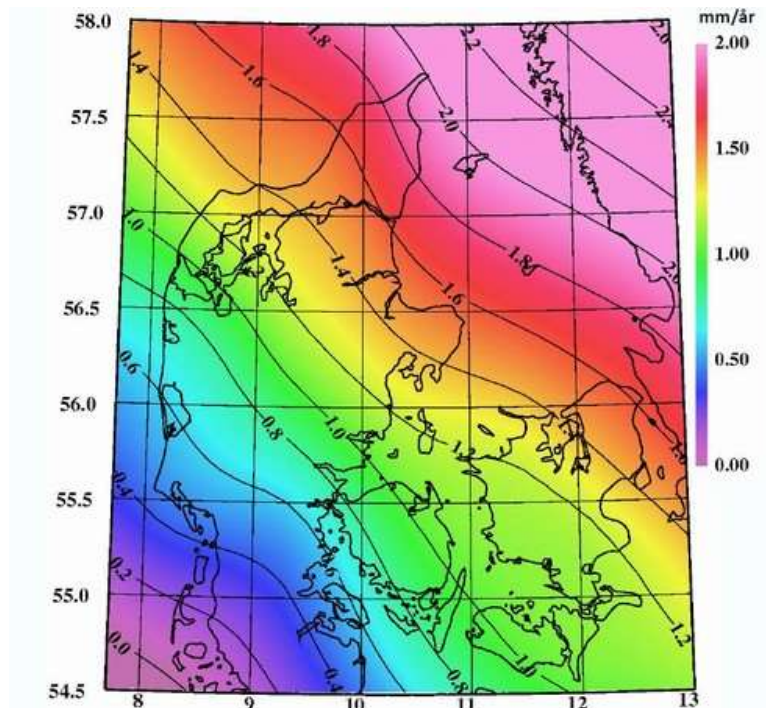
	2050 (Levetid 30 år)	2070 (Levetid 50 år)
100 års middeltidshændelse i år 2020	+1,84 m DVR90	+1,84 m DVR90
	+	+
Havspejlsstigning fra år 2020	0,18 m	0,35 m
	=	=
Dimensionsgivende vandstand (100 års hændelse)	+2,02 m DVR90	+2,19 m DVR90

Hermed ses, at en 100 års hændelse i 2050 og 2070 er hhv. +2,02 og +2,19 m DVR90.

4.5 Landhævning

Den fremtidige havspejlsstigning lokalt i Danmark er påvirket af landhævning. Ved seneste istid blev landmasserne trykket ned grundet tyngden fra ismasserne. Efter isens afsmeltning begyndte en landhævning af landmasserne, hvilket stadig pågår. Raten af landhævning er størst i de nordøstlige dele af Danmark og lavest i Sønderjylland.

For projektområdet pågår en landhævning på ca. 1,4 mm/år, se Figur 4.5. For perioden fra år 2020 og frem til år 2050 og til år 2070 forventes der således en landhævning på hhv. 4 cm og 7 cm.



Figur 4.5: Absolutte landhævninger for Danmark angivet i mm/år, se ref. [18].

Ved etablering af diget kan kronekoten anlægges med en reduceret krone svarende til landhævningen, som vil forekomme gennem anlæggets levetid. Således vil kronekoten med tiden hæve sig til den nødvendige kote. Dog er størrelsesordenen for landhævningen så lille, at det frarådes at reducere anlægskoten ved etablering, hvilket også giver en lille sikkerhed ift. sætninger i selve diget.

Ved beregning af bølgehøjde er taget højde for landhævning, som beskrevet i Afsnit 4.7.

4.6 Overskylskriterie

Overskyl fra bølger kan være kraftfuldt og kan skade nærtliggende bygninger og konstruktioner. Betydeligt bølgeoverskyl kan over længere tid også resultere i oversvømmelser i baglandet.

Et diges optimale kronekote fastsættes endeligt ud fra et kriterie for tilladeligt overskyl. Det er anbefalet i EurOtopmanualen, der er en vejledning i bølgeoverskyl baseret på tusindvis af forsøg, at bølgeoverskyl i områder med nærtliggende bebyggelse, hvor der er dårlig mulighed for afløb af overskyl til arealer uden bebyggelse eller anlæg, maksimalt skal være 2 L/s/m.

Det anvendte overskylskriterie i nærværende projekt er derfor maksimalt 2 L/s/m.

Der er dog et ønske fra grundejerne om et minimere afværgeforanstaltninger til håndtering af overskylsvandet. Det acceptable overskyl langs nogle delstrækninger er således lidt lavere for at sikre tilstrækkelig reservoir kapacitet i baglandet. Opmagasineringen af bagvand er beskrevet yderligere i afsnit 5.

Hældningen af bagsiden af diget har stor indflydelse på, hvor modstandsdygtigt diget er imod bølgeoverskyl. Digebrud indledes ofte ved beskadigelse af digets bagside ved et enkelt kraftigt bølgeoverskyl. Jo fladere bagsiden er, jo mindre er sandsynligheden for skader og gennembrud. Et diges for- og bagsidehældning anbefales at være minimum 1:3 ved bølgepåvirkede kyster, se ref. [19]. I dette projekt etableres digerne overvejende med en bagsidehældning på

1:2 og enkelte steder med 1:3. Dette vurderes at være okay, da bølgerne under de dimensionsgivende forhold stadig vil være små og dette kombineres med et overskylskriterie på 2 L/s/m.

4.7 Bølgetillæg og resulterende kronekote

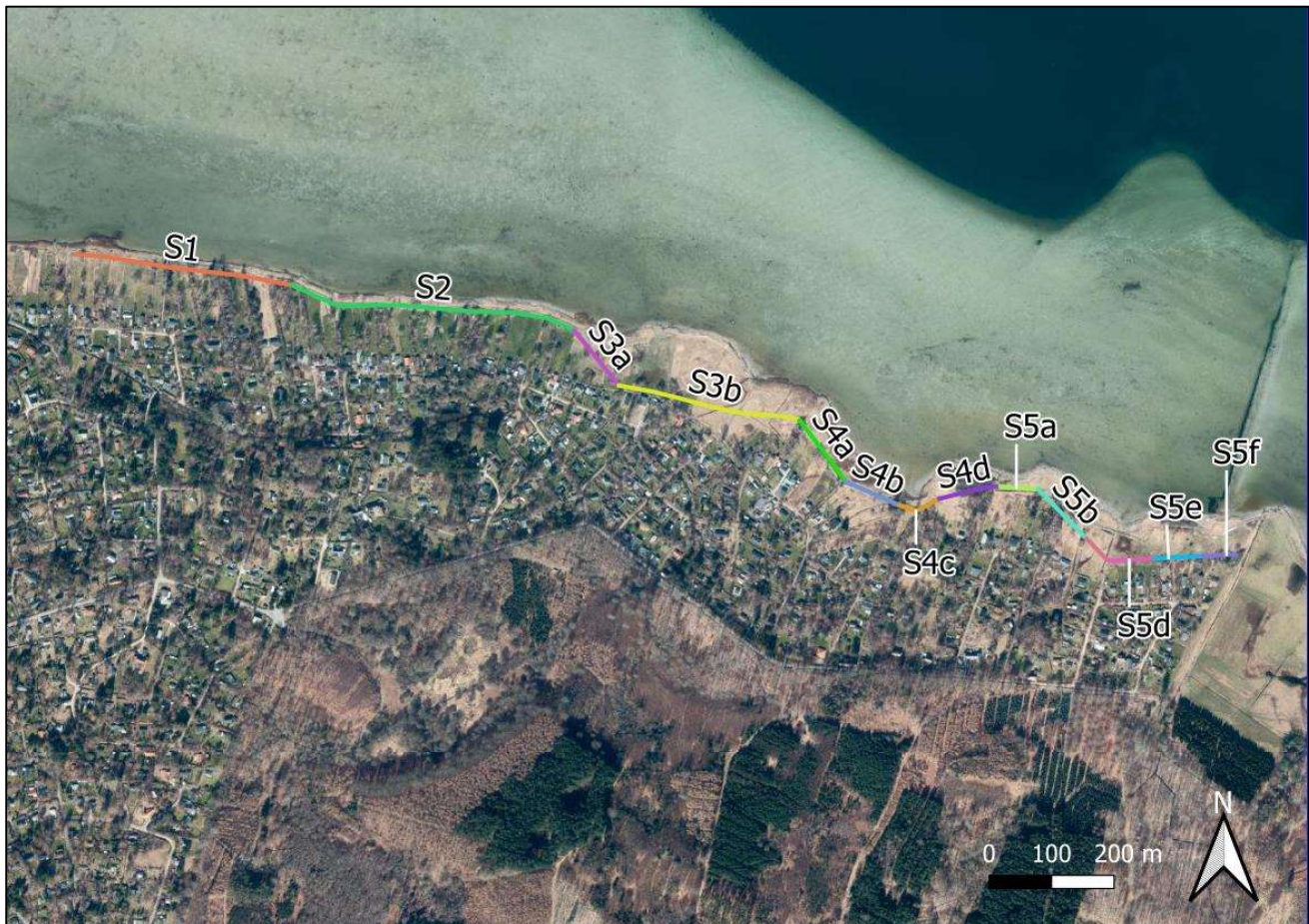
Når der er forhøjet vandstand i Kulhuse forventes højvandsbeskyttelsen samtidigt at være eksponeret for bølger, se Afsnit 4.1. Bølgerne vil skylle op ad digerne og muligvis overskylle dem. Bølgeoverskylling er beregnet efter principperne i EurOtop-manualen ref. [20].

Bølgebidraget til dimensioneringen af højvandsbeskyttelsen er baseret på en modelberegning af bølger i Isefjord og Roskilde Fjord under en Bodillignende storm, se Figur 4.2. Modelleringen er foretaget med DHI's MIKE 21 SW-model, som er opstillet og kørt af NIRAS med målt vandstand fra Roskilde Fjord og vindforhold samt dybdeforhold baseret på søkort.

Til at beregne bølgeoverskylling ved højvandsbeskyttelsen skal bølgerne transformeres fra dybt vand ind til beskyttelsen. Bølgen på dybt vand er udtrukket fra bølgemodellen og herefter er DHI's LITPACK-model anvendt til at beregne bølge transformationen. Beregningen af bølge transformationen er foretaget med forskellige vandstande, som forekommer i løbet af designstormen, hvor den største vandstand svarer til en 100-års returperiode i år 2050. Bølgehøjden ved digefoden afhænger af vanddybden og dermed terrænet foran diget. Hvis terrænet er højt vil det få bølgen til at smide noget energi (bølgebrydning), hvilket medfører en lavere bølgehøjde ved diget.

Modelleringen er beskrevet yderligere i Bilag 5.

Udover bølgehøjden ved digefoden er bølgeoverskylling en funktion af vandstanden, digets forsidehældning, digets kronekote og bølgens vinkel ift. digets orientering. Disse parametre ændrer sig adskillige gange langs projektstrækningen, hvorfor kysten er inddelt i en række delområder, for hvilke beregningerne er foretaget, se Figur 4.6.



Figur 4.6: Oversigt af overskylsstrækninger. Ortofotos: 2022, se ref. [7]

Bølgeoverskyllet er beregnet under hele designstormen dvs. med tidsvarierende vandstand og bølgehøjde. Resultatet af overskylsberegningerne under designstormen er vist i Tabel 4.3. Ved tre af delstrækningerne er bølgehøjden så lille ved diget, at bølgeoverskyllet ikke kan beregnes og er derfor sat til 0 L/s/m. Den lille bølgehøjde ved det nye dige skyldes, at bølgerne bryder på det eksisterende stendige.

På strækninger, hvor det eksisterende dige er et jorddige, er det antaget, at det eksisterende dige er eroderet til kote +1,4 m DVR90 i bølgeberegningen. Jorddigerne bliver i dag repareret, når der forekommer erosion af dem under stormhøjvande. Da disse diger ikke er en del af det nye anlæg vil de ikke blive vedligeholdt og forventes at erodere i fremtiden. På nogle enkelte strækninger forventes meget lille eller intet bølgeoverskyl, da diget her enten ligger beskyttet bag stendige eller med tracé parallelt med bølgeretningen.

Som det fremgår af tabellen, varierer overskyllet langs projektstrækningen og dermed er der nogle steder, hvor der er tilladt et større overskyl end andre, dog altid under 2 L/s/m. Det kan tillades, fordi arealet og terrænet bagved diget er varierende, og dermed kan der opmagasineres mere eller mindre vand.

Tabel 4.3: For hver strækning er der listet bølgehøjde (H_s) på dybt vand og ved digefod, forsidehældning af diget, digets kronkote og det resulterende bølgeoverskyl ved den dimensionsgivende hændelse.

Strækning	H_s (dybt vand) [m]	Maks. H_s (digefod) [m]	Forside- hældning 1:x	Kronkote [m DVR90]	Maksimalt overskyl [l/s/m]	Samlet overskyl under designstorm [m ³ /m]
S1	0,5	0,44	1:4	+2,4	0,68	12,2
S2	0,5	0,44	1:4	+2,4	0,66	10,7
S3a	0,5	0,34	1:4	+2,3	0,06	0,7
S3b	0,5	0,34	1:5	+2,3	0,15	1,7
S4a	0,5	0,46	1:4	+2,4	0,02	0,2
S4b	0,5	0,46	1:5	+2,4	0,00	0
S4c	0,5	0,46	1:8	+2,4	0,10	1,4
S4d	0,5	-	-	-	-	-
S5a	0,5	0,38	1:4	+2,4	0,27	3,7
S5b	0,5	-	1:3	+2,2	-	-
S5c	0,5	0,23	1:3	+2,2	0,05	0,5
S5d	0,5	0,23	1:5	+2,2	0,16	1,1
S5e	0,5	-	1:5	+2,2	-	-
S5f	0,5	0,29	1:5	+2,3	0,04	0,3

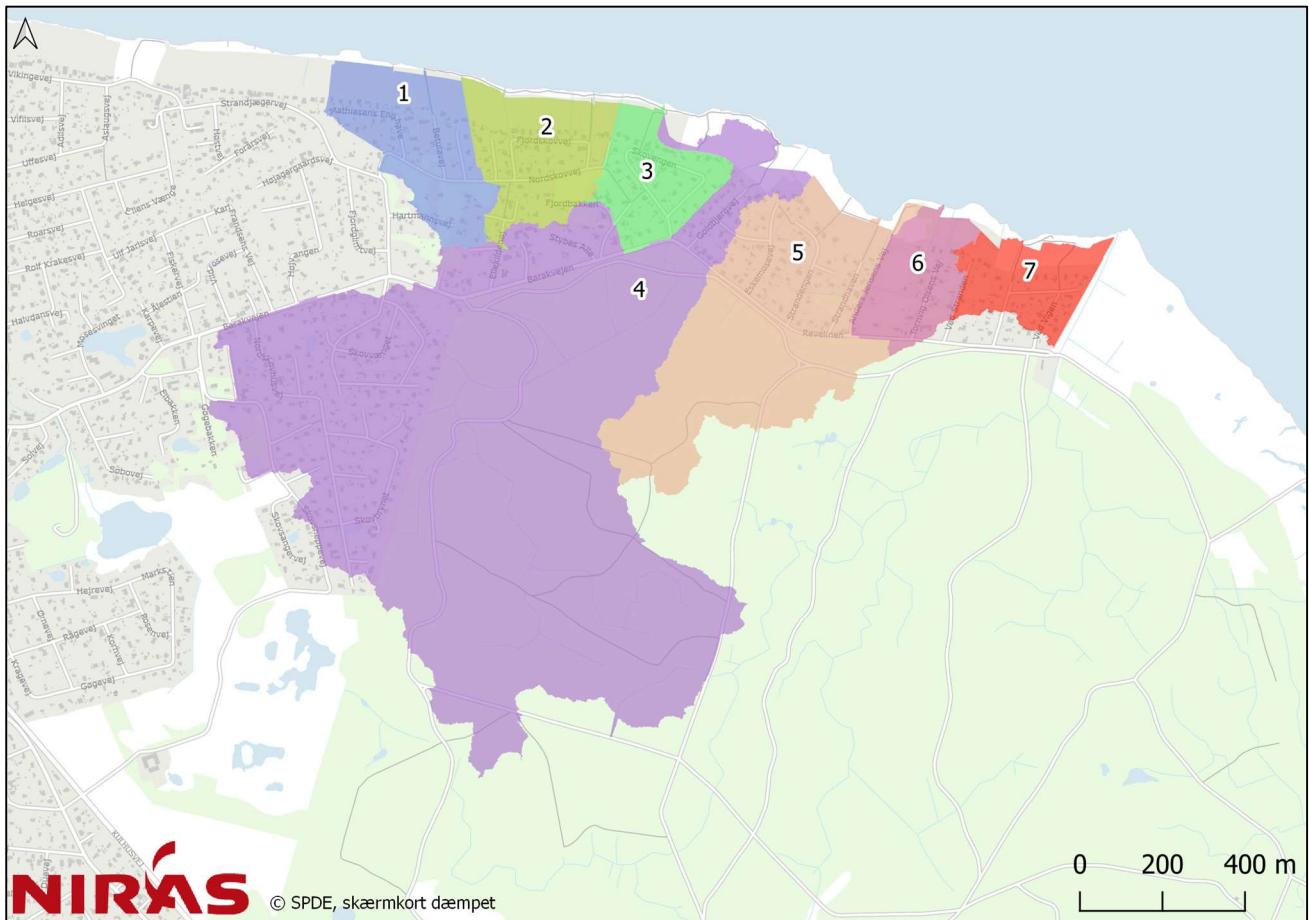


Figur 4.7: Kronekoter beregnet på baggrund af det bølgeoverskyl der kan håndteres af bagvandsforanstaltningerne. Ortofotos: 2022, se ref. [7]

5. Bagvandshåndtering

I forbindelse med en ekstrem højvandssituation vil der skulle tages hensyn til flere forskellige puljer af vand på bagsiden af diget. Det drejer sig hovedsageligt om bølgeoverskyl, vand fra oplandet bag digerne og understrømning under digerne.

I afsnit 4.7 er bølgeoverskyllet beskrevet for en designstorm, med udgangspunkt i disse tal er overskyllet beregnet for oplandene indenfor projektområdet ved at gange længden af diget indenfor oplandet med det/de specifikke overskyls mængder. Deloplandene er topografisk afgrænset og der beregnet med baggrund i eksisterende forhold samt terrænændringer der er beskrevet i løsningsforslaget (afsnit 6) og kan ses på Figur 5.1.



Figur 5.1: Oversigt over topografiske deloplunde efter at dige samt nye grøfter og dræn er etableret. Områderne ned mod diget kan blive brugt som reservoirer i forbindelse med højvandsituationer.

I en højvandsituation vil vand fra oplandet ikke kunne ledes til havet og der vil derfor opstå en opstuvning omkring åer og drækanaler. For at vurdere denne pulje af vand bruges der vandføringstal fra Mademose å, syd for Tørslev med en median maks. afstrømning, svarende til en 2 års hændelse, på $10 \text{ l s}^{-1} \text{ pr. km}^2$ opland, baseret på afstrømningsstatistik for danske vandløb ref. [21]. Opstuvningsvolumenerne er beregnet ud fra oplandet til udledningsspunkterne med udgangspunkt i en højvandsituation som varer 24 timer. Specifikke volumener kan ses i Tabel 5.2 mens oplandene kan ses i Figur 5.1 samt i område beskrivelsen (Tabel 5.1).

Tabel 5.1: Beskrivelse af de 7 deloplunde som bruges til opmagasinering af bagvand.

Område nr.	Område beskrivelse
1	Fra Mathiesens Enghave, Engens Ejerlaug, Strandkanten til det vestlige Bag Hegnet
2	Fra Bag Hegnet, Fjordskov til Nordskovvej 35
3	Fra Nordskovvej 35 til vandløbet mellem Skovengen og Goldbjergvej
4	Fra vandløbet til den østlige del af Goldbjergvej
5	Fra den østlige del af Goldbjergvej til Anders Jensens Vej
6	Fra Anders Jensens Vej til Ved Stranden
7	Fra Ved Stranden til og med Ved Vigen

I forbindelse med højvandssituationer kan der infiltrerer vand gennem diget, når vandet er højt på havsiden og lavt på landsiden. Det er blevet vurderet at infiltrationen, understrømningen, gennemsnitligt at udgør 0.008 l/m/s (8 ml/s/m), svarende til 0,74 m³ pr meter over 24 timer med forhøjet vandstand. Dette er beskrevet i Bilag 7. Indsivningen er derfor relateret til digelængden indenfor deloplandene. Specifikke mængder er beskrevet i Bilag 6 hvor alle strækninger bliver gennemgået separat.

Hvert opland har et reservoir, hvori der kan magasinere vand. Beregningen af reservoir kapaciteten er foretaget i [Scalgo Live](#), hvor højdemodellen er ændret i overensstemmelse med de terrænændringer, som er beskrevet i løsningsforslaget, se Afsnit 6. Alle kendte hoveddræn og grøfter i projektområdet er desuden tilføjet i Scalgo for at sikre retvisende strømningsveje på terræn. Reservoir kapaciteten er derefter undersøgt for områderne nær diget, indenfor deloplandene, med henblik på fastsættelse af en maksimal kote af vand på terræn ved designstormen. I nogle områder er der fra digeforeningens side godtaget en vis vandspejlskote omkring husene – da disse er hævet og derfor ikke påvirkes direkte af vandstanden. Der er ikke taget højde for eventuelle skader på skure og andre sekundære bygninger på matriklerne.

Opmagasineringsbehovet i hvert opland er en summering af bølgeoverskyl, understrømningen og bagvand fra oplandet. En gennemgang af delområder og deres specifikke krav kan ses i Tabel 5.2.

Tabel 5.2: Mængder (m³) af bølgeoverskyl, understrømning, oplandsafstrømning samt opmagasineringskapacitet for delområderne

Område	Bølgeoverskyl (m ³ / 24 t)	Understrømning (m ³ / 24 t)	Oplandsafstrømning (m ³ / 24 t)	Opmagasinerings- behov (m ³ / 24 t)	Opmagasinerings kapa- citet (m ³)
1	3.950	240	114	4.304	5.500
2	4.225	288	55	4.568	4.780
3	1.180	81	58	1.319	625
4	582	380	873	1.835	4.360
5	87	185	225	497	500
6	313	150	55	518	560
7	164	270	44	478	925

5.1 Vandløbsloven

Det følger af kystbeskyttelseslovens [22] § 3, stk. 1, at på søterritoriet, strandbredder og andre kyststrækninger, hvor der ikke findes sammenhængende grønsvær eller anden sammenhængende landvegetation og på arealer, der ligger inden for en afstand af 1.000 m fra, hvor denne vegetation begynder, kræves tilladelse til at udføre kystbeskyttelsesforanstaltninger. Der er en række tilladelser efter anden lov jf. § 3a [22], som skal indbefattes i kystbeskyttelsestilladelsen, og så er der en række tilladelser, hvor der er valgfrihed, herunder om tilladelsen efter vandløbsloven indarbejdes i kystbeskyttelsestilladelsen eller om der sker særskilt sagsbehandling.

Såfremt et vandløbsprojekt indgår i forbindelse med kystbeskyttelsesforanstaltninger efter kystbeskyttelseslovens § 3, kan vandløbsmyndigheden beslutte, at der ikke kræves tilladelse efter vandløbsloven til kystbeskyttelsesforanstaltninger jf. Vandløbslovens § 7b [23]. Dette forudsætter, at det samtidig fremgår af tilladelsen efter kystbeskyttelsesloven.

Ændringer af eksisterende vandløb, etablering af nye vandløb og afværgetiltag for at sikre bagvand/naturlig afstrømning vil NIRAS anbefale altid indarbejdes i kystbeskyttelsestilladelsen, da den kumulative virkning lettes/sikres. Ligeledes bliver det lettere for grundejere/partner at vurdere det samlede projekt teknisk og økonomisk.

6. Løsningsforslag

Projektet er løbende drøftet med interessenter, borgere og kommunen. Løsningsforslagene er udviklet på baggrund af denne dialog, foreliggende projekter, Kystdirektoratets kommentarer og udarbejdede miljøvurderinger.

Overordnet set består kystbeskyttelsen af ét sammenhængende jorddige og en kort strækning med spunsvæg, se Figur 6.1. Derudover indeholder løsningen stiovergange og afværgeforanstaltninger til håndtering af bagvand og bølgeoverskyl.



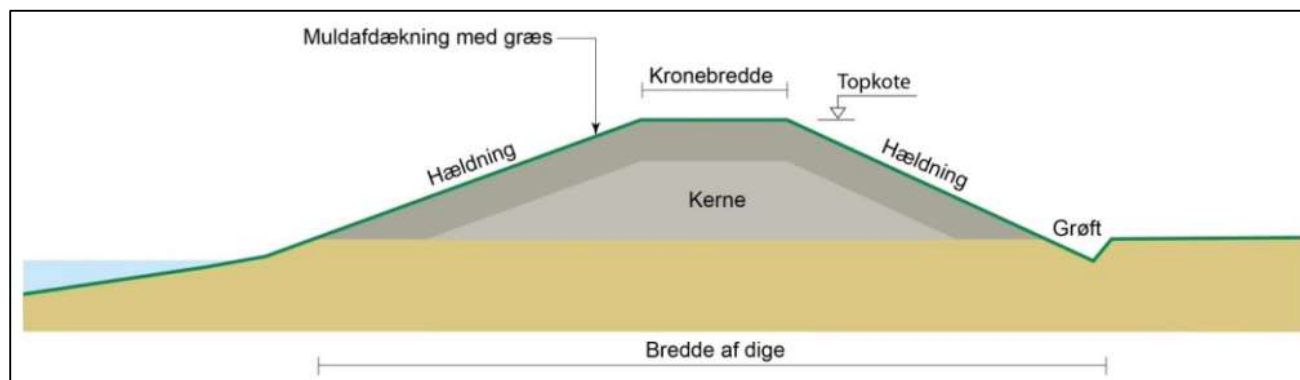
Figur 6.1: Oversigt over de konstruktioner kystbeskyttelsen består af.

Der anvendes jorddiger, da disse er særdeles holdbare, billigere end andre typer beskyttelse, er nogenlunde visuelt naturligt i området, lette at reparere, robuste over for den bølgepåvirkning, der er i området og reducerer bølgeoverskyl. Derudover er det allerede i dag jorddiger, der beskytter området. Til gengæld optager de et stort areal med deres fodaftryk.

Jorddiget anlægges efter principperne i Kystdirektoratets digebeskrivelse. Et principsnittværsnit af et dige er vist i Figur 6.2. Jorddiget anlægges med en krone og skrånende for- og bagside. Diget består af en kerne af sand og/eller ler, en lerkappe (membran) og et muldlag med græs. Tykkelsen af lermembranen er 30 cm. Afslutningen af lermembranen føres 20 cm under eksisterende terræn. Lermembranen afdækkes med et 10 cm tykt muldlag, hvorpå der tilsås med særligt salttålede græsfrøblandning. Oversiden af muldlaget, svarer til den angivne kronekote. Der må forventes en tolerance i anlagt højde på +/- 10 cm. Den ideelle græsfrøblandning kan oplyses af Kystdirektoratet.

Jorddigets kronekote varierer langs strækningen mellem +2,2 og +2,4 m DVR90 og forsidehældningen (havsiden) varierer mellem 1:3 og 1:5 afhængigt af hvad der kan tillades af bølgeoverskyl på den specifikke strækning. Bagsidehældningen (landsiden) er 1:2 på hele strækningen

Kronebredden er dimensioneret til, at diget kan forhøjes 30 cm i år 2050 og herefter opnå en kronebredde på 2 m. En bredde på minimum 2 m anbefales af Kystdirektoratet i tilfælde med let bølgepåvirkning. Da for- og bagsidehældning varierer langs strækningen, varierer kronebredden som diget anlægges med efter nærværende projekt også.



Figur 6.2: Principtværsnit af et dige, se ref. [24].

Diget er langs det meste af strækningen så vidt muligt søgt placeret oven i det eksisterende dige. Dette har dog ikke været hensigtsmæssigt alle steder. Det varierer om diget er søgt placeret med sammenfald af for- eller bagside med det eksisterende diges fod. Det nye dige er større end det eksisterende dige, og da det er forsøgt at placere diget mindst 10 m fra vandlinjen og samtidig ikke gå henover den eksisterende sti, er der ikke alle steder plads til at udvide diget på forsiden. Under inspektion er flere steder, særligt langs strækning 1 og 2 set tegn på erosion af kystlinje og digefod. Af hensyn til fremtidig eventuel erosion bør diget placeres et stykke fra kystlinjen.

Den endelige geometri og udformning af højvandsbeskyttelsen fastlægges i detailprojektet, om end kronekoten ikke kan ændres efter udstedelse af tilladelse. I detailfasen foretages geotekniske stabilitetsberegninger af anlæggene.

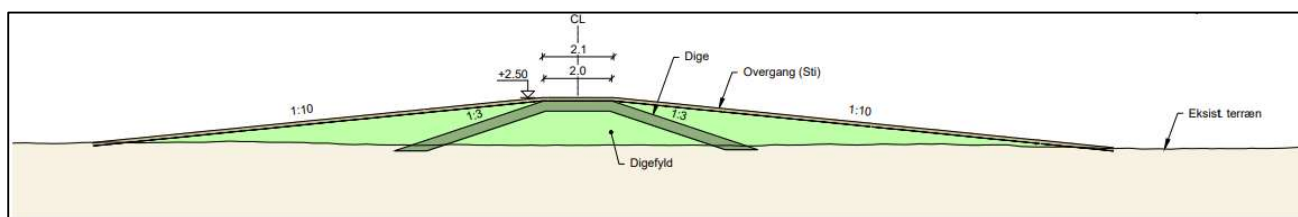
Det overordnede koncept for afværgeforanstaltningerne er beskrevet i ovenstående afsnit 5, mens de konkrete tiltag beskrives i underafsnit sidestillet med beskrivelse af de konkrete kystbeskyttelses anlæg for hver delstrækning.

Der er for hver delstrækning angivet et antal projektovergange over diget primært i forlængelse af veje eller stier. De beskrevne projektovergange etableres som en del af projektet og indgår i det samlede anlægsoverslag. Derudover har det været muligt for grundejerne at tilvælge en privat overgang, som indarbejdes i detailprojektet/hovedprojektet og som anlægges samtidig med det samlede projekt og de inkluderede projektovergange, men som finansieres af den enkelte grundejer eller grundejere, hvis overgangen deles mellem flere matrikler. I slutningen af hvert afsnit for et pågældende delområde er der en skitsering af de private overganges placering. Bemærk at nogle af de private overgange allerede er tegnet ind i projektet og vil fremgå af både projekttegningerne og på skitseringen.

Projektovergangene er delt op i tre følgende kategorier:

- 1 m bred overgang til gående med for- og bagsidehældning 1:5 og sidehældning 1:1,5.
- 2,5 m bred overgang til havetraktorer og småjoller med for- og bagsidehældning 1:10 og sidehældning 1:1,5. Nogle steder er hældningen ud mod vandet 1:5 grundet pladsmangel.
- 4 m bred overgang til køretøjer og større både med for- og bagsidehældning 1:10 og sidehældning 1:3.

Figur 6.3 viser et principsnit af en overgang af diget. For- og bagsidehældningerne tilpasses overgangskategorien.



Figur 6.3: Principsnit af overgang af dige. Hældningen på overgangen tilpasses projektet og overgangstype.

I det følgende gennemgås hver delområde 1-5 først med en overordnet beskrivelse af højvandsbeskyttelsen, derefter med grundigere gennemgang af dimensionerne langs strækningen og til sidst en gennemgang af afværgeforanstaltninger og dimensioner for disse. Detaljeret gennemgang af afværgeforanstaltningernes dimensioner kan findes i Bilag 10.

Variationen langs kysten i de hydrauliske påvirkninger fra fjorden, som definerer højvandsbeskyttelsens dimensioner, giver anledning til inddeling af strækningen på én måde, mens variationen langs kysten af bagvands-oplandene giver anledning til en anden inddeling af strækningen. I beskrivelsen af afværgeforanstaltninger refereres der derfor til syv delområder, som er listet i Tabel 5.1.

6.1 Område 1: Mathiesens Enghave, Engens Ejerlaug, Strandkanten og vestlige Bag Hegnet

Område 1 strækker sig fra st. 0 til st. 460, og er således 460 m lang. Der henvises til Tegning KULH_A5_K24_1001 og Tegning KULH_A5_K24_3001 for hhv. plan- og snittegning af anlægget i område 1. Placeringen af tværsnittene er vist på plantegningen. Et udsnit af plantegningen er vist i Figur 6.4.

Området mellem kysten og det eksisterende dige er smalt. Det nye dige er derfor søgt placeret oven på det eksisterende dige, således at digets forside rammer terrænet det samme sted, som det eksisterende dige gør i dag. Dette betyder, at det meste af fodaftrykket ligger på matriklerne bag det eksisterende dige.

Denne strækning omfatter den vestlige afgrænsning af projektområdet. Da der fortsat er lavt terræn (men ikke lavtliggende boliger) vest herfor, skal der etableres en tværgående højvandsbeskyttelse fra kysten og ind i land til terrænet med kote +2,3 m DVR90. Dette tværdige er ca. 105 m langt og består delvist af dige og delvist af spunsvæg og har en højde på mellem 1,0 – 1,5 m over eksisterende terræn.

Strækningen er bølgepåvirket mellem st. 105 til st. 460, hvorfor kronekoten er fastsat, så bølgeoverskyllet kan håndteres af bagvandsforanstaltningerne.

Der er fire overgange over beskyttelsen.



SIGNATURER:	
	Spunsvæg (træ)
	Dige
	Overgang
	Ny rørføring
	Dræn
	Eksist. grøft
	ø1250 brønd med højvandslukke
	ø600 brønd med sandfang og kuppelrist
	ø600 brønd med sandfang

Figur 6.4: Plantegegn af Område 1. Udsnit af tegning KULH_A5_K24_1001.

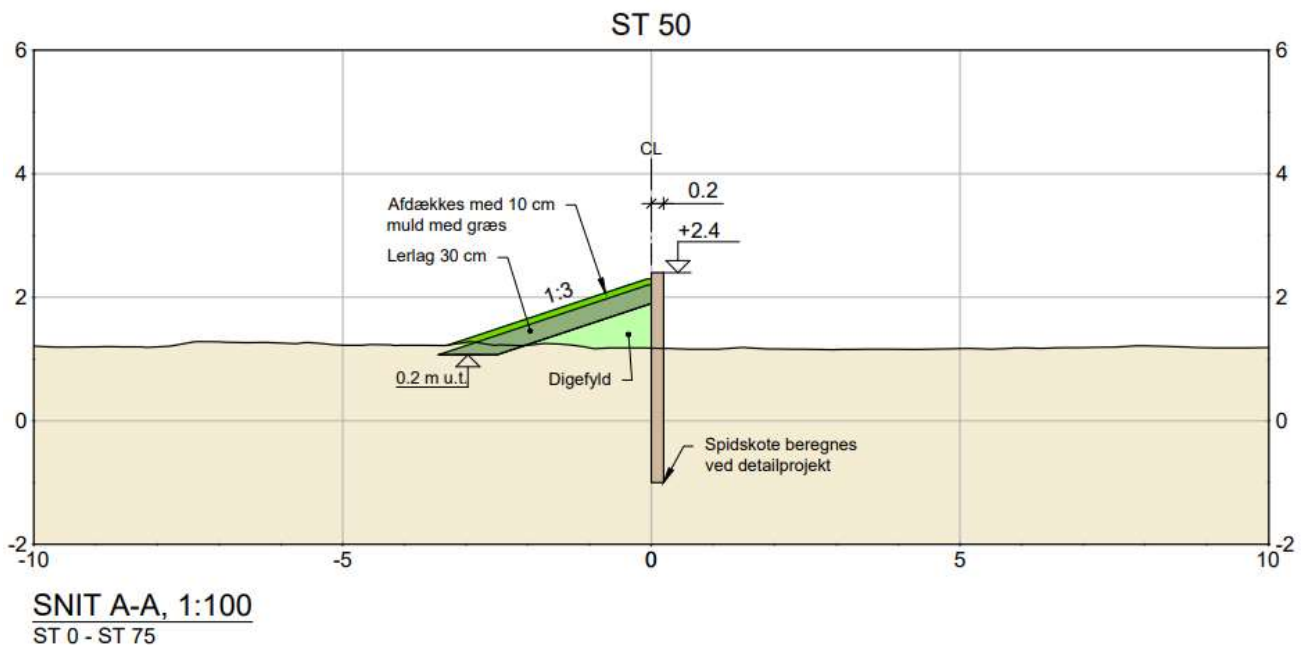
6.1.1 Dimensioner på kystbeskyttelsen

Da spunsvægge er svære at forhøje på et senere tidspunkt, er højden af spunsvæggen i dette delområde dimensioneret til også at beskytte imod en 100-års middeltidshændelse om 50 år, svarende til en vandstand på +2,19 m DVR90.

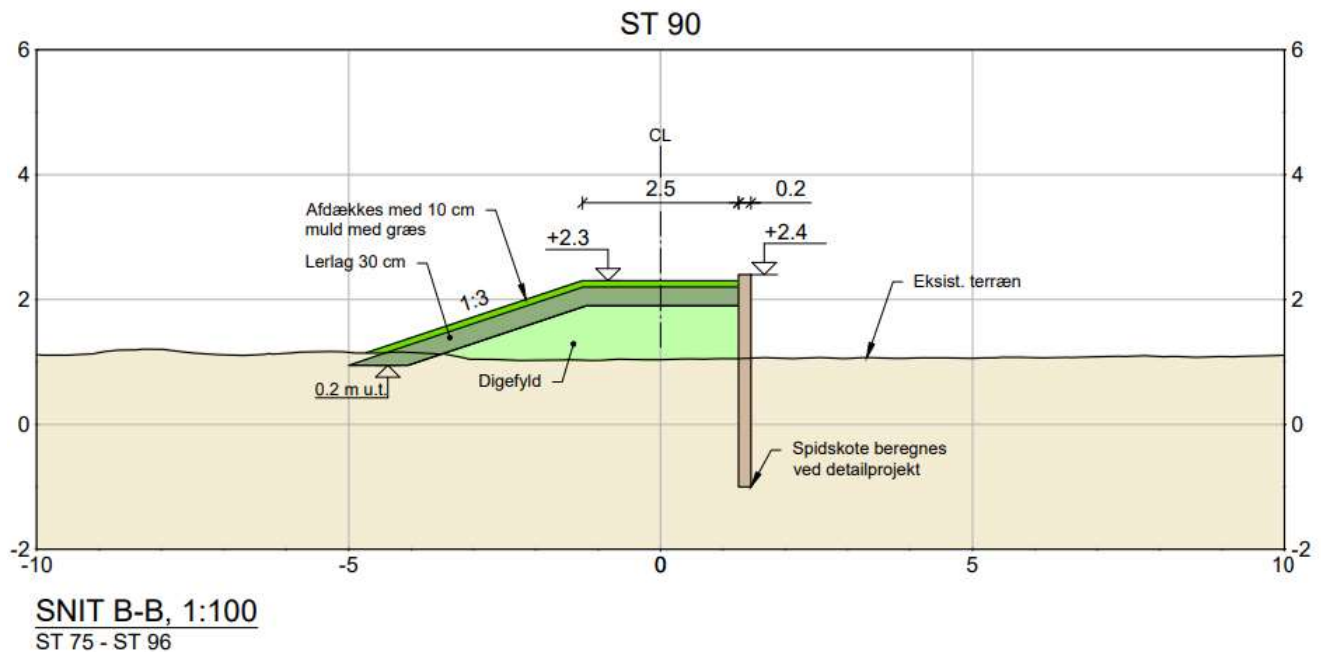
Beskyttelsen på denne strækning består af;

- Fra st. 0 til st. 75: en spunsvæg af træ med træhammer med overside i kote +2,4 m DVR90 og en forskrånning opbygget som et jorddige med hældning 1:3, se tværsnit i Figur 6.5. Spunsvæggen er placeret på matrikel 1p så tæt på skel til 1o som muligt. Matrikel 1p opnår beskyttelse, mens matrikel 1o ikke gør. Væggen er 20 cm bred.
- Ved st. 75 slår spunsvæggen et knæk og forsætter fra matrikelskellet ca. 6 m ind på matrikel 1p til st. 105 med en kronekote på +2,4 m DVR90. På denne strækning er forskrånningen opbygget som et jorddige med en kronebredden på 2,5 m og med hældning 1:3 fordi der her kan være bølgepåvirkning af væggen, se tværsnit i Figur 6.6. Skrånningen skal reducere bølgeoverskyl.

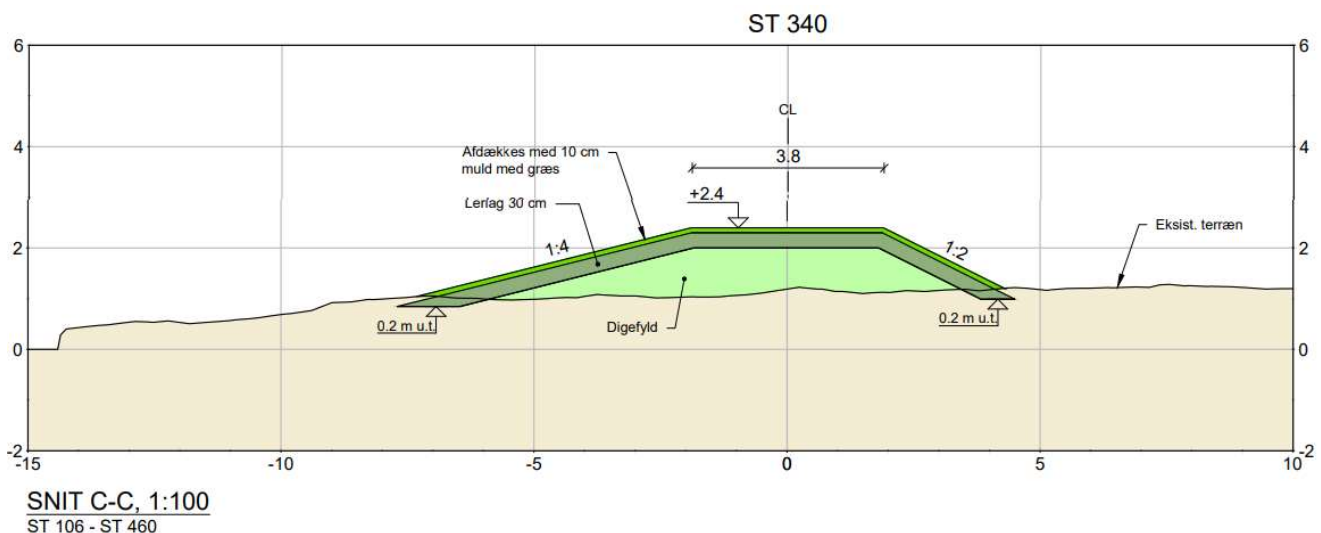
- Fra st. 105 drejer beskyttelsen og forsætter parallelt med kysten til st. 460. På denne strækning består beskyttelsen af et jorddige med en kronekote på +2,4 m DVR90, kronebredde på 3,8 m, forsidehældning 1:4 og bagsidehældning 1:2. Diget er placeret så der er ca. 10 m til den eksisterende kystlinje, se tværsnit på Figur 6.7.
- To overgange for gående m.m. ved st. 290 placeret mod vest på matrikel 1n og ved st. 385 længst mod vest på matrikel 1d.
- To overgange for havetraktorer m.m. ved ca. st. 260 i forlængelse af den eksisterende sti mellem matrikel 1v og 1x og ved st. 335 for enden af Betulavej.



Figur 6.5: Tværsnit A-A af spunsvæg med forskråning opbygget som et jorddige. Dimensionerne på anlægget er gældende mellem de nævnte stationeringer (ST). Spidskoten beregnes i detailfasen. Figuren er et udsnit af Tegning KULH_A5_K24_3001.



Figur 6.6: Tværsnit B-B af spunsvæg med forskråning opbygget som et jorddige med en krone. Dimensionerne på anlægget er gældende mellem de nævnte stationeringer (ST). Spidskoten (bundkote på væg) beregnes i detailfasen. Figuren er et udsnit af Tegning KULH_A5_K24_3001.



Figur 6.7: Tværsnit C-C af jorddige. Dimensionerne på anlægget er gældende mellem de nævnte stationeringer (ST). Figuren er et udsnit af Tegning KULH_A5_K24_3001.

6.1.2 Dimensioner bagvandshåndtering

I dette område sker der anlægsarbejde i to områder (øst og vest, Figur 6.4).

I det østlige område reduceres antallet af udløb fra 4 til 1 ved at etablere et nyt tværgående dræn, som forbinder tidligere dræn til det nye hovedudløb.

De nedgravede dræn kobles på det tværgående rør (Ø315) med fald mod øst. Koblingerne sker i Ø600 brønde med sandfang for at kunne tage hensyn til varierende dybde af drænrørene. Det antages, at rørene ligger cirka 0,5 meter under terræn og at top af røret skal ligge 0,6 m under terræn for at undgå skader på røret. Den vestlige og østligste brønd etableres med kuppelrist for at tillade en hurtigere tilbagetrækning af bagvandet (vand på terræn).

Udløbet sker gennem diget med en Ø315 ledning og der placeres en højvandslukke i en Ø1250 brønd midt på diget.

Det anbefales, at fastlægge koterne for drænene og afmærke placeringen før påbegyndelse af anlægsarbejdet for at kunne beskrive den endelige løsning præcist. På digets yderside monteres der en højvandslukke/kontraklap (Ø315). Det tværgående rør er ikke selvrensende ved de planlagte koter.

I det vestlige område reduceres antallet af udløb fra 3 til 1 ved at etablere en ny tværgående rørføring (Ø315), som forbinder de tidligere grøfte udløb til det nye hovedudløb. Koblingerne mellem grøfter og rørføring sker med Ø600 brønde med sandfang og kuppelrist samt en eventuelt snydebrønd.

Udløbet sker gennem diget med en Ø315 ledning og der placeres højvandslukke i en Ø1250 brønd midt på diget.

Der er ingen adgangsveje til vedligeholdelse af rørene og drænene, f.eks. spuling af rørene (som ikke er selvrensende) eller tømning af sandfang, hvilket betyder at vedligeholdelsen kan blive en større opgave for de private grundejere.

6.1.3 Private overgange

Følgende private overgange er blevet valgt:

- 1s, Barakkerne, Dråby – 5 m overgang
- 1f, Barakkerne, Dråby – 1 m overgang
- 19a, Barakkerne, Dråby – 1 m overgang

Overgangene er vist i Figur 6.8 sammen med projektovergangene.



Figur 6.8: Oversigt over de private overgange i område 1. Ortofotos: 2022, se ref. [7].

6.2 Område 2: Østlige Bag Hegnet, Fjordskov, Nordskovvej 35 og vestlige Skovengen

Område 2 strækker sig fra st. 460 til st. 930, og er således 470 m lang. Der henvises til Tegning KULH_A5_K24_1002 og Tegning KULH_A5_K24_3002 for hhv. plan- og snittegning af anlægget i område 2. Placeringen af tværsnittene er vist på plantegningen. Et udsnit af plantegningen er vist i Figur 6.9.

På hele strækningen ligger beskyttelsen kystnært og parallelt med kysten. Beskyttelsen består af et jorddige og er i gennemsnit 1 – 1,5 m over eksisterende terræn.

Området mellem kysten og det eksisterende dige er smalt. Det nye dige er derfor søgt placeret oven på det eksisterende dige, således at digets forside rammer terrænet det samme sted, som det eksisterende dige gør i dag. Dette betyder, at det meste af fodaftrykket ligger på matriklerne bag det eksisterende dige.

Hele strækningen er bølgepåvirket, hvorfor kronekoten er fastsat, så bølgeoverskyllet kan håndteres af bagvandsforanstaltningerne.

Der er tre overgange over beskyttelsen i forlængelse af eksisterende stier og veje.



SIGNATURER:

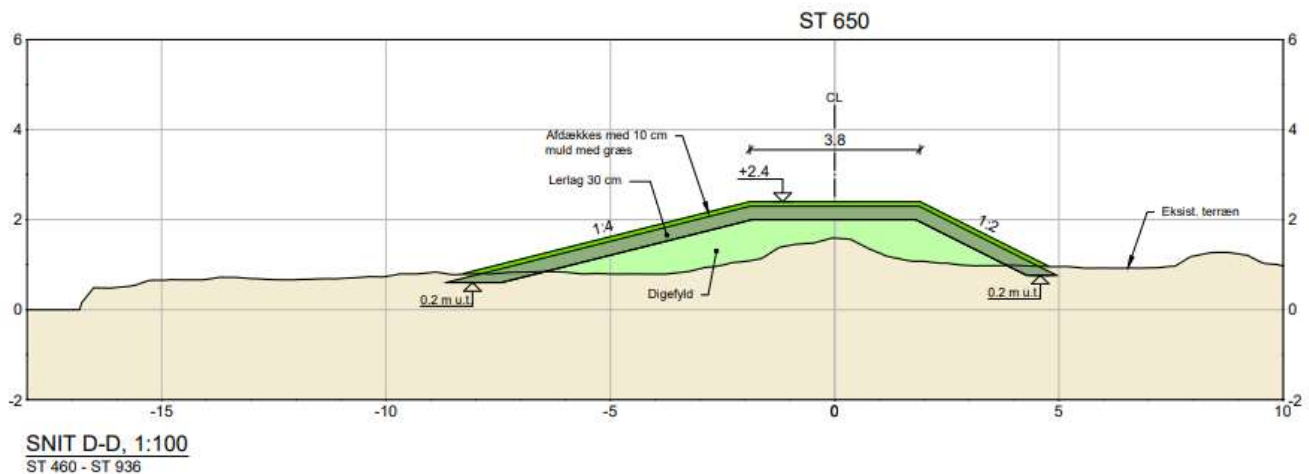
	Dige
	Overgang
	Terrænregulering
	Eksist. dige som reduceres til kote 1.5
	Ny rørledning
	Dræn
	Eksist. grøft
	ø1250 brønd med højvandslukke
	ø1250 betonbrønd med pumpe
	ø600 brønd med sandfang og kuppelrist
	Kontraklap
	Elskab

Figur 6.9: Plantegning af Område 2. Udsnit af tegning KULH_A5_K24_1002.

6.2.1 Dimensioner Kystbeskyttelsen

Beskyttelsen på denne strækning består af:

- Et jorddige med en kronekote på +2,4 m DVR90, kronebredde på 3,8 m, forsidehældning 1:4 og bagsidehældning 1:2, se Figur 6.10. Diget er placeret så der er ca. 10 m til den eksisterende kystlinje.
- Tre overgange for havetraktorer m.m. ved st. 750 i forlængelse af eksisterende vejstykke mellem matrikel 14y og 17ap, ved st. 485 i forlængelse af den eksisterende sti mellem matrikel 19ar og 19as ved st. 540 i forlængelse af den eksisterende sti mellem matrikel 14p og 19aq.



Figur 6.10: Tværsnit D-D af jorddige. Dimensionerne på anlægget er gældende mellem de nævnte stationeringer (ST). Figuren er et udsnit af Tegning KULH_A5_K24_3002.

6.2.2 Dimensioner bagvandshåndtering

Dette område består af to opmagasineringsoplande (område 2-3 i Tabel 5.1), hvorfor hvert område gennemgås separat.

I område 2 reduceres antallet af udløb fra 4 til 2 (Figur 6.9) ved at etablere en ny tværgående rørføring, som forbinder tidligere dræn og grøfte udløb til et af de to hovedudløb.

Det vestlige udløb bibeholdes som det er, men der etableres ny rørføring (ø315), som forbinder grøften med ydersiden af diget. Udløbet sker gennem diget med en ø315 ledning og der placeres højvandslukke i en ø1250 brønd midt på diget. Der etableres en rist på røret for at undgå, at større ting sætter sig fast i højvandsklappen

Ved de østlige udløb reduceres antallet af udløb fra 3 til 1 ved at etablere et nyt tværgående rør, som forbinder et dræn og en grøft til det nye hovedudløb. De nedgravede dræn kobles på det tværgående rør (ø315) med fald mod øst. Koblingerne sker i en ø600 brønd med sandfang for at kunne tage hensyn til varierende dybde af drænrørene. Det antages, at rørene ligger cirka 0,5 meter under terræen og at top af røret skal ligge 0,6 m under terræen for at undgå skader på røret. I midten af området kobles røret på en grøft med en ø600 brønd med kuppelrist og sandfang samt en eventuel snydebrønd. Udløbet sker gennem diget med en ø315 ledning og der placeres højvandslukke i en ø1250 brønd midt på diget.

I forbindelse med opmagasineringen af bagvandet skal der sikres til kote +1,3 m DVR90 langs Fjordskovvej (Figur 6.9), hovedsageligt fra matrikel 14by til matrikel 14y, hvor grusvejen forhøjes. Mod syd etableres der tre kontraklapper/spjæld mod Fjordskovvej på eksisterende ledninger med en opmålt diameter på ca. 9-13 cm ved Fjordskovvej, for at undgå at vandet presses længere tilbage i oplandet. Mellem matrikel 17ao og 13au på Nordskovvej laves der terrænregulering af vejen til kote +1,35 m DVR90 (Figur 6.9).

Der er ingen adgangsveje til vedligeholdelse af rørene og dræne, f.eks. spuling af rørene (som ikke er selvrensende) eller tømning af sandfang, hvilket betyder, at vedligeholdelsen kan blive en større opgave for de private grundejere.

I område 3, reduceres antallet af udløb fra 2 til 1 (Figur 6.9) ved at etablere et nyt tværgående rør som forbinder et dræn og en grøft til det nye hovedudløb.

De nedgravede dræn kobles på det tværgående rør (Ø315) med fald mod øst. Koblingerne sker i en Ø600 brønd med sandfang samt en eventuel snydebrønd, samtidigt skal top af røret ligge mindst 0,6 m under terræn for at undgå skader på røret. På ledningen etableres der en brønd med kuppelrist og sandfang med en overkantskote på +0,8 til +0,9 m DVR90 for at kunne dræne overskylllet fra bølger i en højvandsituation.

Udløbet sker gennem diget med en trykledning, da der etableres en pumpe i en Ø1250 beton brønd. Brønden samt tilhørende elskab etableres i en kotehøjde, som ikke påvirkes af bølgeoverskylllet. Pumpen skal kunne håndtere bagvandet og er derfor dimensioneret til 30 l/s, svarende til at overskylllet kan håndteres løbende. Brønden etableres med to pumper for at sikre driften som alternerer i drift med mulighed for parallel drift.

6.2.3 Private overgange

Følgende private overgange er blevet valgt:

- 19ar og 19aq, Barakkerne, Dråby – 1 m overgang
- 14q og 14r, Barakkerne, Dråby – 1 m overgang
- 14s og 14t, Barakkerne, Dråby – 1 m overgang
- 14u og 14by, Barakkerne, Dråby – 1 m overgang
- 14v og 14x, Barakkerne, Dråby – 1 m overgang
- 17ap, Barakkerne, Dråby – 1 m overgang

Overgangene er vist i Figur 6.11 sammen med projektovergangene.



Figur 6.11: Oversigt over de private overgange i område 2. Ortofotos: 2022, se ref. [7].

6.3 Område 3: Østlige Skovengen og Nordskoven

Område 3 strækker sig fra st. 930 til st. 1350, og er således 420 m lang. Der henvises til Tegning KULH_A5_K24_1003 og Tegning KULH_A5_K24_3003 for hhv. plan- og snittegning af anlægget i område 3. Placeringen af tværsnittene er vist på plantegningen. Et udsnit af plantegningen er vist i Figur 6.12.

Beskyttelsen på denne strækning består af et jorddige og er i gennemsnit 1 – 1,5 m over eksisterende terræn.

Ved den vestlige ende af strækningen afviger det nye dige fra det eksisterende dige og drejer med en blød bue ind i land og skråt henover engen. Det eksisterende dige går direkte ind i land tværs på kysten, og ligger således bag det eksisterende dige. Efter ca. 50 m (ved st. 980) drejer linjeføringen igen og forsætter som et tilbagetrukket dige, der løber parallelt med kysten et par meter foran det eksisterende dige.

Det nye dige er ikke placeret oven i det eksisterende af hensyn til at holde blødere kurver på linjeføringen, og fordi der ved matrikel 13ba til og med 13be (st. 1000-1130) ikke er plads til afværgeforanstaltninger bag det eksisterende dige, da dette ligger helt op ad bebyggelsen. Højden af det eksisterende dige reduceres, således at det blot indgår som afgrænsning af reservoir område til håndtering af bagvand og bølgeoverskyl i området, se Afsnit 6.3.2. Det er dog søgt at placere det nye dige så tæt som muligt på det eksisterende dige ved matrikel 13bc, 13bd og 13be. Diget forsætter herefter i en svag bue skråt henover engen.

Ved overgangen til Område 4 hæfter den nye linjeføring igen på den eksisterende linjeføring (st. 1350).

Der er to overgange over beskyttelsen.

Den vestligste strækning i dette område, hvor linjeføringen går væk fra kysten, vil kun være minimalt påvirket af bølger, da linjeføringen er parallel med bølgeretningen. Bølgerne skyller således ikke op af diget, men løber blot langs diget. Strækningen mellem st. 1040 til 1350 er bølgepåvirket, hvorfor kronekoten er fastsat, så bølgeoverskyllet kan håndteres af bagvandsforanstaltningerne.



Figur 6.12: Plantegning af Område 3. Udsnit af tegning KULH_A5_K24_1003.

På denne strækning har der været arbejdet med adskillige linjeføringer. De fravalgte alternativer og årsagen til fravalg af forslagene er beskrevet i Afsnit 7.1.

På tidspunktet for indsendelsen af ansøgningen er der endnu ikke indarbejdet rettelse til linjeføringen af diget fra omkring st. 930 til omkring st. 1000. Den endelige ansøgte linjeføring fremgår dermed ikke af Tegning KULH_A5_K24_1003 på ansøgningstidspunktet, men vil blive eftersendt, så det kan blive en del af det ansøgningsmateriale, der vil blive myndighedsbehandlet. Den ansøgte linjeføring fremgår af Figur 6.13. Det er vurderet, at ændringen af linjeføring ikke har væsentlig betydning for de vurderinger og analyser, der er foretaget som en del af myndighedsansøgningen.



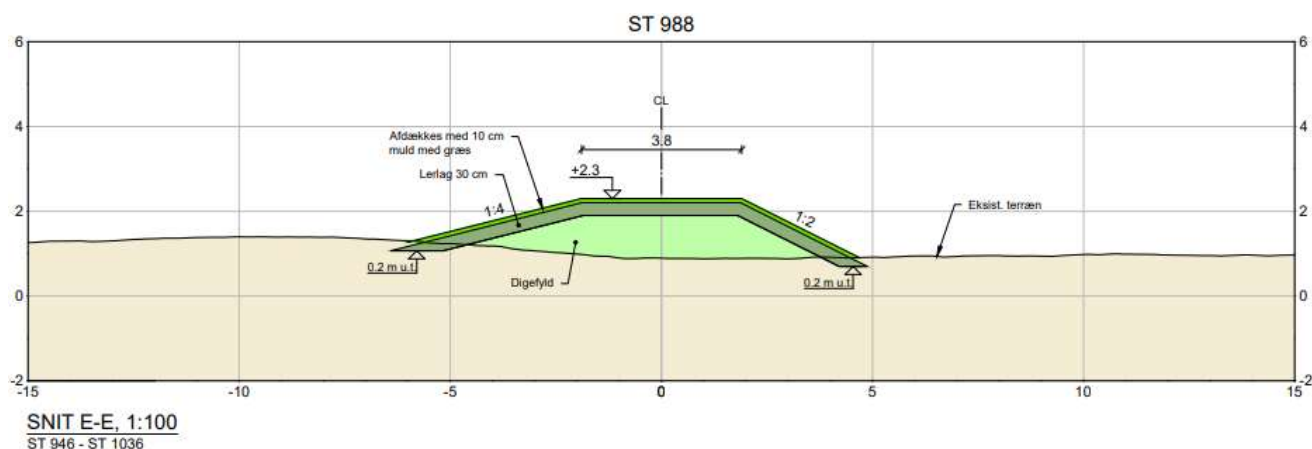
Figur 6.13: Kystbeskyttelsens linjeføring på Tegning KULH_A5_K24_1003 og den ansøgte linjeføring.

6.3.1 Dimensioner Kystbeskyttelsen

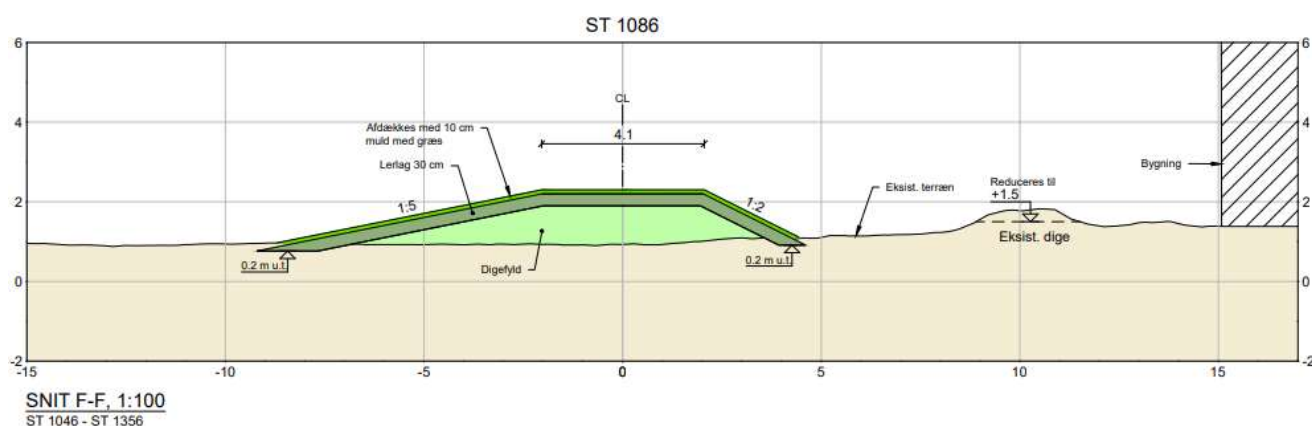
Beskyttelsen på denne strækning består af;

- Fra st. 936 til st. 1036 et jorddige med kronekote på +2,3 m DVR90, kronebredden på 3,8 m, forsidehældning 1:4 og bagsidehældning 1:2, se tværsnit på Figur 6.14.
- Fra st. 1046 til st. 1356 et jorddige med kronekote på +2,3 m DVR90, kronebredden på 4,1 m, forsidehældning 1:5 og bagsidehældning 1:2, se tværsnit på Figur 6.15. Da strækningen er bølgepåvirket, er forsidehældningen særligt flad, hvilket reducerer bølgeoverskyllet.

- Én overgang for havetraktorer m.m. i øst-vest gående retning ved ca. st. 940 på matrikel 13ck.
- Én overgang for køretøjer ved st. 1240 i forlængelse af Goldbjergvej. Overgangen over det eksisterende dige i forlængelse af Goldbjergvej etableres tilsvarende.



Figur 6.14: Tværsnit E-E af jorddige. Dimensionerne på anlægget er gældende mellem de nævnte stationeringer (ST). Figuren er et udsnit af Tegning KULH_A5_K24_3003.



Figur 6.15: Tværsnit F-F af jorddige. Dimensionerne på anlægget er gældende mellem de nævnte stationeringer (ST). Figuren er et udsnit af Tegning KULH_A5_K24_3003.

6.3.2 Dimensioner bagvandshåndtering

I dette område reduceres antallet af udløb fra 2 til 1 (Figur 6.12) ved at etablere en ny tværgående grøft til hovedudløbet. Der etableres pumpebrønd til håndtering af bagvand i højvandsituationer. Pumpen skal kunne håndtere mindst 10,1 l/s, svarende til en 2 års hændelse. Dette løses med 2 stk. pumper á 11 l/s ved solodrift, som alternerer i drift med mulighed for parallel drift. Der etableres en brønd $\varnothing 600$ brønd med kuppelrist og sandfang i forbindelse med vandløbet. Brønden har en hævet udløbskote i +0,9 m DVR90, der sikrer, at vandet kun ledes til pumpen når vandet støver op i oplandet. Fra pumpen ledes vandet tilbage med en trykledning og føres enten over diget eller igennem (med tilhørende tætning). Pumpebrønden placeres mod øst for at sikre service adgang. Der etableres et elskab til styringen.

Mod øst etableres der en ny grøft med samme dimensioner som eksisterende grøft (1 m bund bredde, anlæg 1:2) til hovedudløbet.

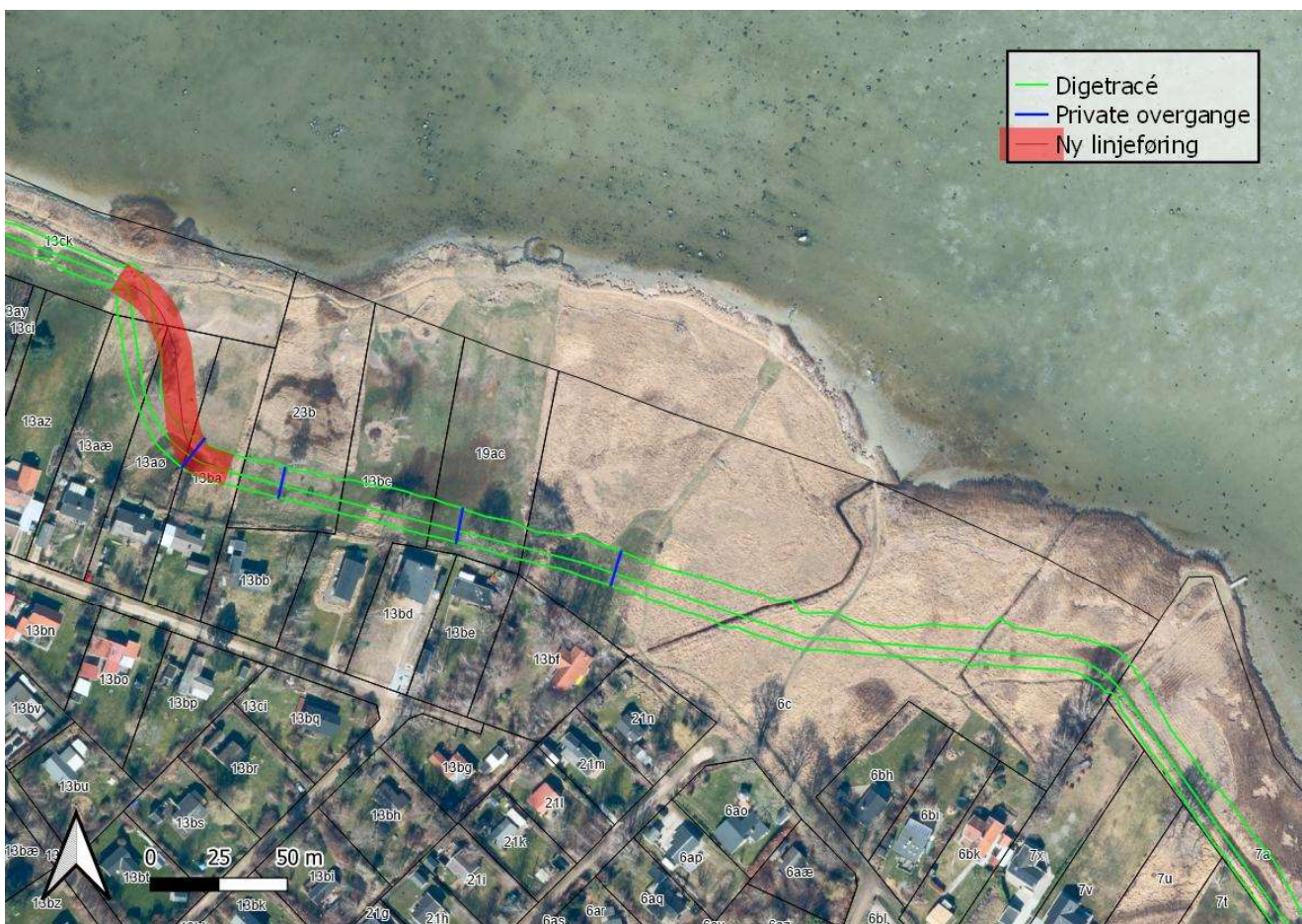
Udløbet sker gennem diget med en $\varnothing 400$ ledning med et bygværk og manuelt vægmonteret skydespjæld.

6.3.3 Private overgange

Følgende private overgange er blevet valgt:

- 13aø og 13ba, Barakkerne, Dråby – 2,5 m overgang
- 23b, Barakkerne, Dråby – 1 m overgang
- 19ac, Barakkerne, Dråby – 2,5 m overgang
- 6c, Barakkerne, Dråby – 2,5 m overgang

Overgangene er vist i Figur 6.8 sammen med projektovergangene.



Figur 6.16: Oversigt over de private overgange i område 3. Ortofotos: 2022, se ref. [7].

6.4 Område 4: Strandengen, Strandhaven og Skoven af 1963

Område 4 strækker sig fra st. 1350 til st. 1751, og er således 400 m lang. Der henvises til Tegning KULH_A5_K24_1004 og Tegning KULH_A5_K24_3004 for hhv. plan- og snittegning af anlægget i område 4. Placeringen af tværsnittene er vist på plantegningen. Et udsnit af plantegningen er vist i Figur 6.17.

Beskyttelsen består af et jorddige og er i gennemsnit 1 – 1,5 m over eksisterende terræn.

På hele strækningen har beskyttelsen varierende orientering, så den følger kystens forløb. På de første 250 m (st. 1350 – 1600) af strækningen er beskyttelsen placeret ovenpå det eksisterende dige.

Langs den vestlige del (st. 1350 – st. 1510) er forlandet havværts for det eksisterende dige så bredt, at kyststien godt kan flyttes lidt længer ud mod havet. Derfor er det nye dige her søgt placeret oven på det eksisterende dige, således at digets bagside rammer terræn det samme sted, som det eksisterende dige gør i dag.

Herefter (st. 1510 – st. 1555) er forlandet havværts for det eksisterende dige smalt. Det nye dige er derfor søgt placeret oven på det eksisterende dige, således at digets forside rammer terræn det samme sted, som det eksisterende dige gør i dag.

Ved st. 1600 forlader det nye dige det eksisterende diges forløb og drejer i en blød buen henover matrikel 22d. Øst herfor fanger diget det eksisterende stendige igen ved st. 1735, hvor det nye diges forskråning rammer det eksisterende diges bagside. For at undgå at der opstår en fordybning mellem de to diger, fyldes der op med jordfyld mellem digerne. Jordfyldet skal skråne let ud mod fjorden, så der ikke kommer til at stå vand mellem digerne.

Der er tre overgange over beskyttelsen i forlængelse af stier og veje.

Strækningen hvor diget er placeret ovenpå det eksisterende dige er bølgepåvirket (st. 1350 – 1600), hvorfor kronekoten er fastsat, så bølgeoverskyllet kan håndteres af bagvandsforanstaltningerne.

Langs den vestlige del (st. 1350 – st. 1465) er dog kun minimalt påvirket af bølger under den dimensionsgivende hændelse, da linjeføringen er nogenlunde parallel med bølgeretningen. Herefter er diget i højere grad påvirket af bølger da digets orientering er mere nordvendt (st. 1465 – st. 1600). Særligt på de sidste ca. 50 m af strækningen kan der forekomme høj bølgeenergi og opstuvning, da der her er et skarpt indadvendt hjørne, hvor bølgerne fokuseres. Til absorption af denne bølgeenergi udlægges derfor en større flade foran og ovenpå digets forside. For at jordfladen dækker hele hjørnet, forsætter den foran det eksisterende dige til ca. st. 1640.

Jordfladen beplantes så vidt muligt med den samme vegetation, som er at finde foran diget i dag. Kyststien placeres ovenpå denne flade.

Fra st. 1600 og indover matrikel 22d er diget beskyttet af det eksisterende lodrette stendige, der har kronekoten +1,7 m DVR90, som reducerer bølgeenergien, da en stor del af bølgeenergien aftager grundet bølgebrydning på dette dige.



SIGNATURER:	
	Dige
	Overgang
	Opfyldning med jord
	Terrænregulering
	Sti
	Ny rørføring
	Eksist. grøft
	ø1250 brønd med højvandslukke
	ø600 brønd med sandfang og kuppelrist

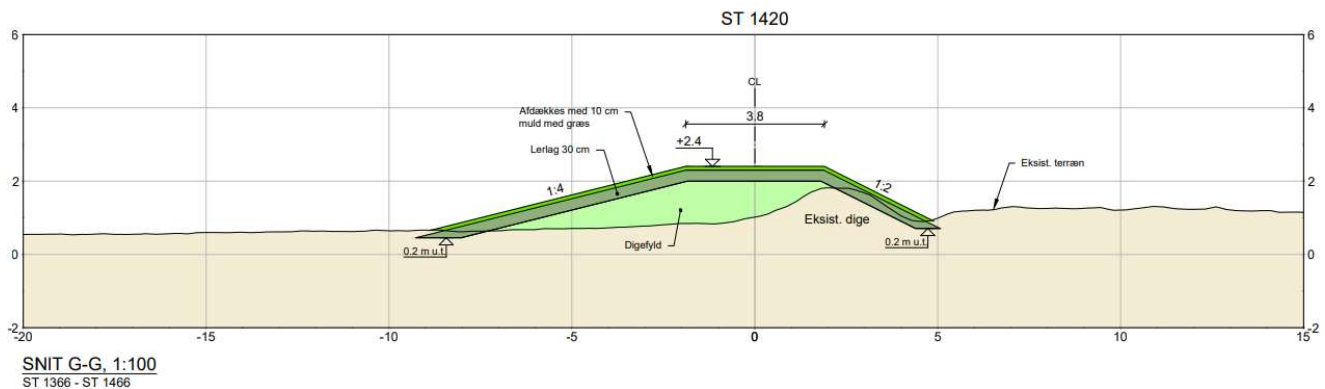
Figur 6.17: Plantegning af Område 4. Udsnit af tegning KULH_A5_K24_1004.

På denne strækning har der været arbejdet med adskillige linjeføringer. De fravalgte alternativer og årsagen til fravalg af forslagene er beskrevet i Afsnit 7.2.

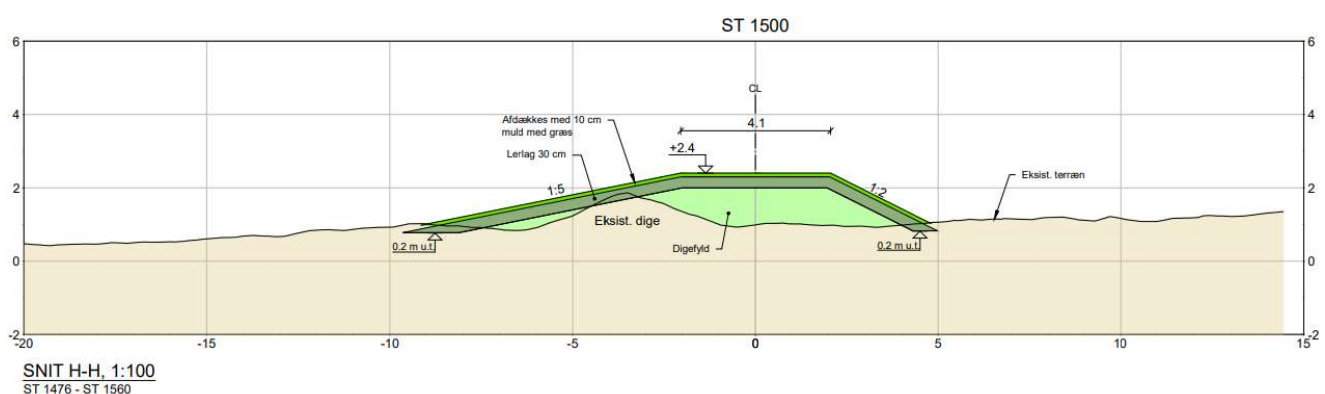
6.4.1 Dimensioner Kystbeskyttelsen

Beskyttelsen på denne strækning består af;

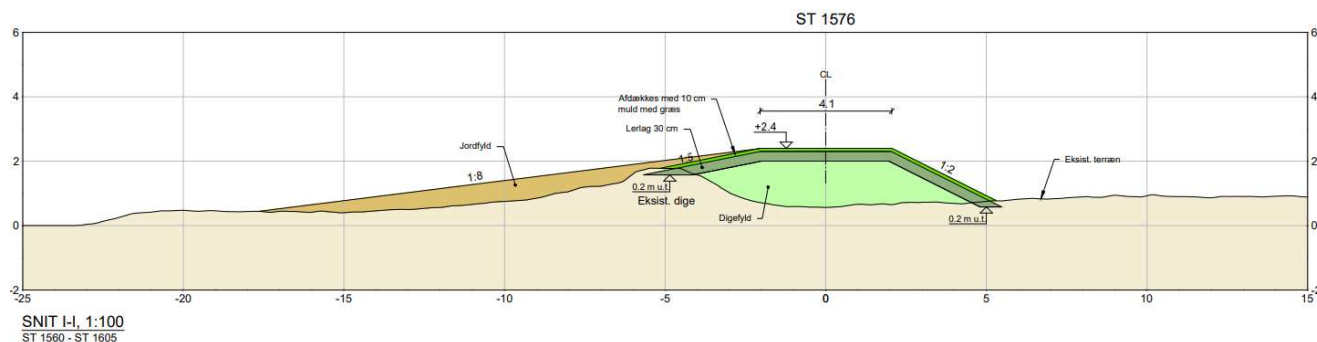
- Fra st. 1366 til st. 1466 et jorddige med kronekote på +2,4 m DVR90, kronebredden på 3,8 m, forsidehældning 1:4 og bagsidehældning 1:2, se tværsnit på Figur 6.18.
- Fra st. 1476 til st. 1605 et jorddige med kronekote på +2,4 m DVR90, kronebredden på 4,1 m, forsidehældning 1:5 og bagsidehældning 1:2, se tværsnit på Figur 6.19.
- Fra st. 1560 til st. 1600 udlægges ovenpå det nye diges forside en jordflade til håndtering af den forventede bølgepåvirkning, se tværsnit på Figur 6.20.
- Fra st. 1615 til st. 1640 udlægges ovenpå det eksisterende diges forside en jordflade af hensyn til den forventede bølgepåvirkning, se tværsnit på Figur 6.21.
- Fra st. 1625 til st. 1751 et jorddige med kronekote på +2,2 m DVR90, kronebredden på 3,5 m, forsidehældning 1:3 og bagsidehældning 1:2, se tværsnit på Figur 6.21. Kronekote +2,2 på trods af, at diget her er helt ude ved kysten. Dette skyldes dog at den første strækning øst for matrikel 22d, ligger lidt i læ for pynten og stendiget på matrikel 22d.
- Én overgang for gående ved st. 1595.
- Tre overgange for havetraktorer m.m. ved st. 1465 i forlængelse af eksisterende vejstykke mellem matrikel 7q og 2aq, ved st. 1560 i forlængelse af eksisterende vejstykke mellem matrikel 2aq og 7q og ved st. 1670 i forlængelse af eksisterende sti på matrikel 22d.



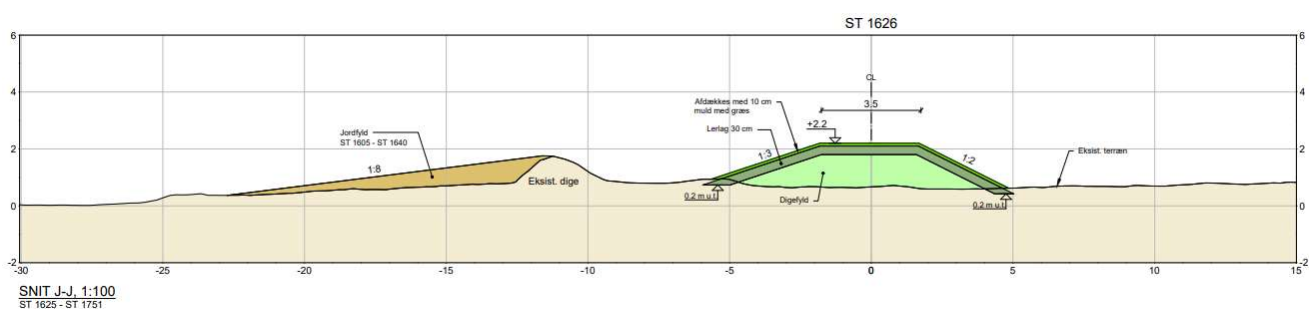
Figur 6.18: Tværsnit G-G af jorddige. Dimensionerne på anlægget er gældende mellem de nævnte stationeringer (ST). Figuren er et udsnit af Tegning KULH_A5_K24_3004.



Figur 6.19: Tværsnit H-H af jorddige. Dimensionerne på anlægget er gældende mellem de nævnte stationeringer (ST). Figuren er et udsnit af Tegning KULH_A5_K24_3004.



Figur 6.20: Tværsnit I-I af jorddige med foranliggende jordflade. Dimensionerne på anlægget er gældende mellem de nævnte stationeringer (ST). Figuren er et udsnit af Tegning KULH_A5_K24_3004.



Figur 6.21: Tværsnit J-J af jorddige med fra det eksisterende dige en foranliggende jordflade. Dimensionerne på anlægget er gældende mellem de nævnte stationeringer (ST). Figuren er et udsnit af Tegning KULH_A5_K24_3004.

Det forventes, at der fortsat vil forekomme erosion af terrænet foran det eksisterende dige på det nordvestvendte hjørne, ligesom der gør i dag. Kyststien derude vil derfor fortsat kræve jævnlig vedligehold, hvilket dog ikke er en del af nærværende projekt.

6.4.2 Dimensioner bagvandshåndtering

I opmagasinerings-område nummer 5, ændres antallet af udløb ikke. Der laves en terrænregulering på stien mellem matrikel 7t og 7s, som hæves til kote +1,28 m DVR90 (Figur 6.17). Udløbet fortsættes i en ny rørføring (ø315), som forbinder grøften med ydersiden af diget. Der etableres en rist på røret, for at undgå at større ting sætter sig fast i højvandsklappen.

Udløbet sker gennem diget med en ø315 ledning og der placeres højvandslukke i en ø1250 brønd midt på diget.

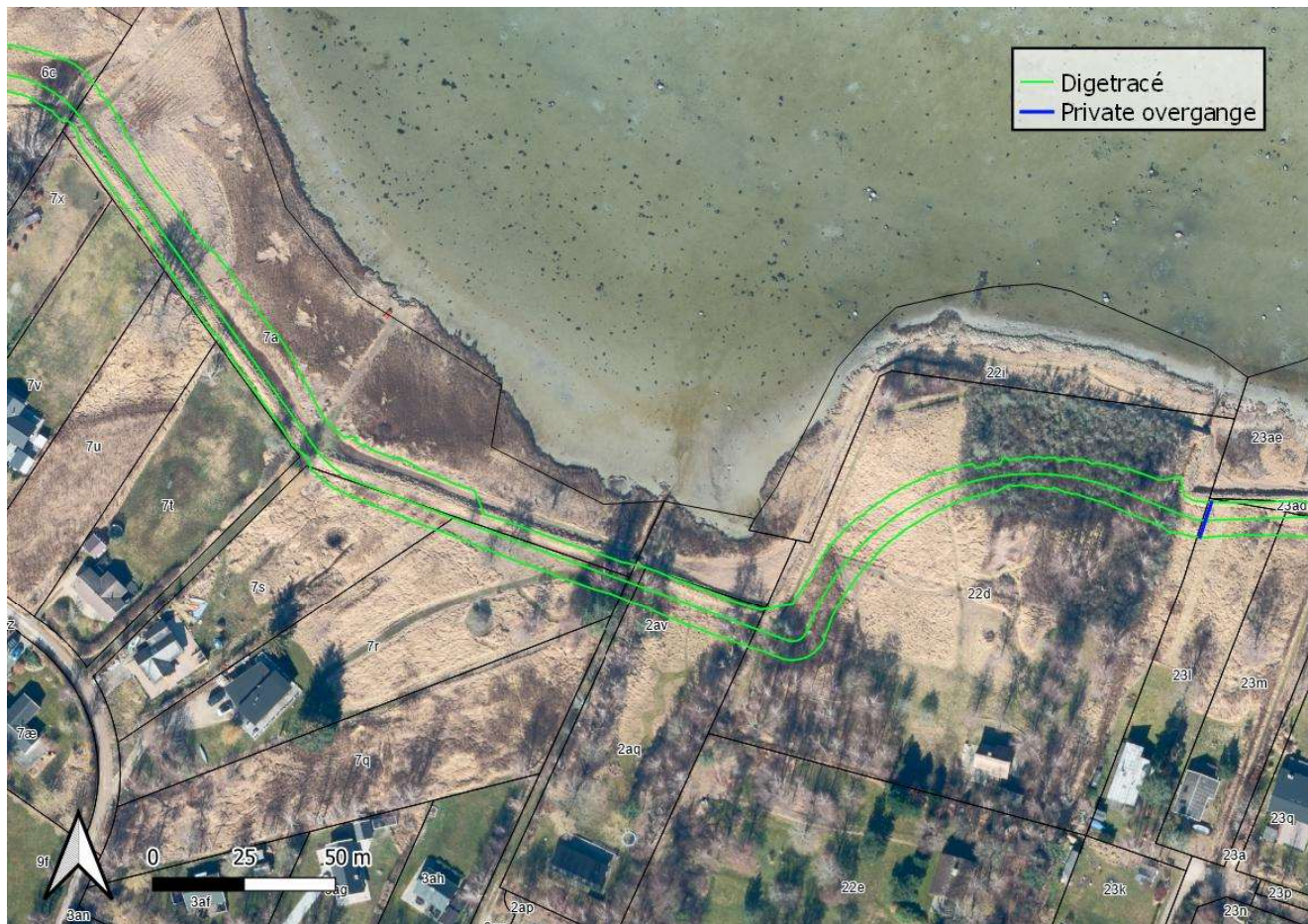
Der er ingen adgangsveje til vedligeholdelse af røret, f.eks. ved rens af rist, hvilket betyder at vedligeholdelsen kan blive en større opgave for de private grundejere.

6.4.3 Private overgange

Følgende private overgange er blevet valgt:

- 23I, Barakkerne, Dråby – 2,5 m overgang

Overgangene er vist i Figur 6.8 sammen med projektovergangene.



Figur 6.22: Oversigt over de private overgange i område 4. Ortofotos: 2022, se ref. [7].

6.5 Område 5: Nordstrand, Ved Stranden og Sælvig

Område 5 strækker sig fra st. 1751 til st. 2426, og er således 675 m lang. Der henvises til Tegning KULH_A5_K24_1005 og Tegning KULH_A5_K24_3005 for hhv. plan- og snittegning af anlægget i område 5. Placeringen af tværsnittene er vist på plantegningen. Et udsnit af plantegningen er vist i Figur 6.23.

Beskyttelsen består af et jorddige og er i gennemsnit 1 – 1,5 m over eksisterende terræn.

De første ca. 60 m (st. 1751 – st. 1810) er beskyttelsen placeret helt eller delvist ovenpå det eksisterende dige. Forlandet havværts for det eksisterende dige er smalt, hvorfor stien ikke kan rykkes længere ud mod havet. Det nye dige er derfor søgt placeret oven på det eksisterende stendige, således at digets forside nogenlunde rammer terrænet det samme sted, som det eksisterende dige gør i dag.

Over de næste 150 m (st. 1810 – st. 1960) trækkes beskyttelsen landværts, hvormed orienteringen ændres så det nye dige ligger skråt ind over matrikel 23p, 23e og 6db bag det eksisterende stendige.

Herefter drejer beskyttelsen så den er mere parallelt med kysten og er placeret på matrikel 6db (st. 1960 – st. 2170). På denne strækning ligger diget langt tilbagetrukket fra kysten, dog med et lavt forland på det meste af strækningen. Det eksisterende jorddige ligger tæt på kysten, og er flere gange blevet nedbrudt under ekstremhændelser. Dette dige

yder derfor nogen beskyttelse, men ikke i samme grad som de højere stendiger forventes at gøre gennem det nye diges levetid.










Diget afsluttes med et tværdige (st. 2170 – st. 2396), der går landværts langs åen/grøften, der er den østlige afgrænsning af sommerhusområdet og som etableres som forhøjelse af det eksisterende dige. Det nye dige er søgt placeret oven på det eksisterende dige, således at digets bagside rammer terrænet det samme sted, som det eksisterende dige gør i dag.

For at vandet ikke trænger ind i området fra syd for Revelinen via grøften, etableres der et mindre dige/terrængulering på vejmatriklen.

Der er fire overgange over beskyttelsen.



SIGNATURER:

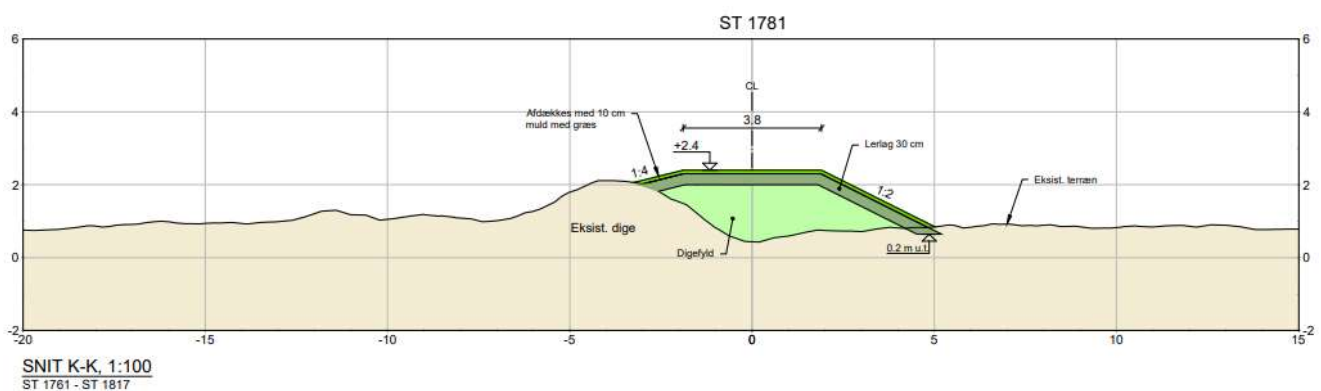
	Dige
	Overgang
	Opfyldning med jord
	Ny rørføring
	Dræn
	Ny grøft
	Eksist. grøft
	ø1250 brønd med højvandslukke
	ø600 brønd med sandfang og kuppelrist

Figur 6.23: Plantegning af Område 5. Udsnit af tegning KULH_A5_K24_1005.

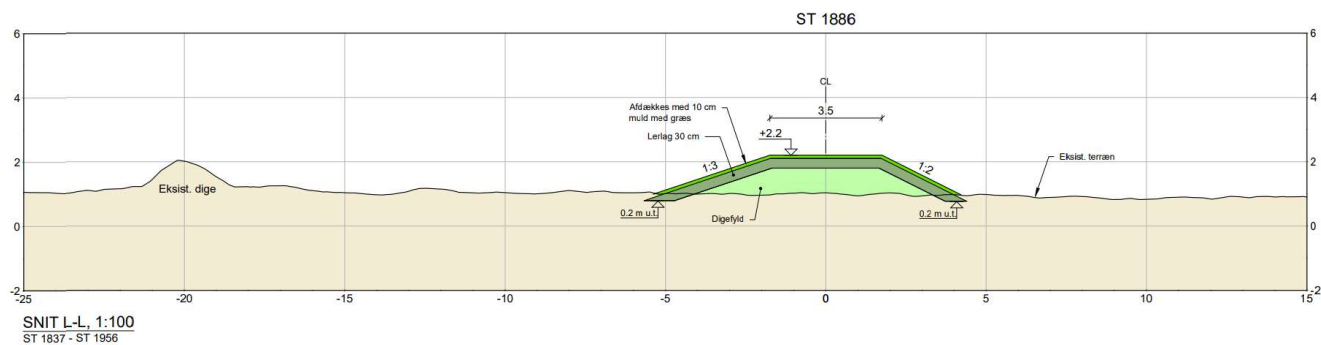
6.5.1 Dimensioner Kystbeskyttelsen

Beskyttelsen på denne strækning består af;

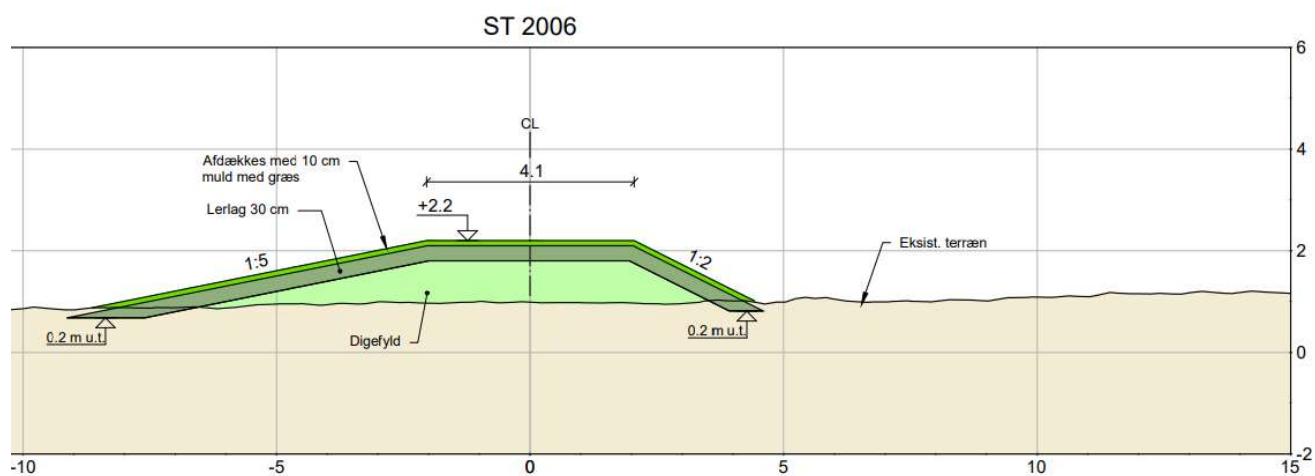
- Fra st. 1761 til st. 1817 et jorddige med kronekote på +2,4 m DVR90, kronebredden på 3,8 m, forsidehældning 1:4 og bagsidehældning 1:2, se tværsnit på Figur 6.24.
- Fra st. 1837 til st. 1956 et jorddige med kronekote på +2,2 m DVR90, kronebredden på 3,5 m, forsidehældning 1:3 og bagsidehældning 1:2, se tværsnit på Figur 6.25.
- Fra st. 1971 til st. 2115 et jorddige med kronekote på +2,2 m DVR90, kronebredden på 4,1 m, forsidehældning 1:5 og bagsidehældning 1:2, se tværsnit på Figur 6.26.
- Fra st. 2125 til st. 2172 et jorddige med kronekote på +2,3 m DVR90, kronebredden på 4,1 m, forsidehældning 1:5 og bagsidehældning 1:2, se tværsnit på Figur 6.27.
- Fra st. 2182 til st. 2396 et jorddige med kronekote på +2,2 m DVR90, kronebredden på 2 m, forsidehældning 1:3 og bagsidehældning 1:2, se tværsnit på Figur 6.28.
- Fra st. 2400 til st. 2426 et mindre jorddige med kronekote +2,3 m DVR90, kronebredden på 1 m, forsidehældning 1:2 og bagsidehældning 1:2, se tværsnit på Figur 6.29. Da der på denne strækning ikke er bølger, skal dette dige ikke forhøjes om 30 år. Diget vil allerede være højt nok til at beskytte imod en vandstand på +2,19 m DVR90 uden bølger.
- Én overgang for gående ved st. 1890, placeres ved eksisterende sti på matrikel 23e.
- To overgange for havetraktorer m.m. ved st. 1775, st. 1890 og st. 1965. Ved st. 1775 er overgangen placeret i forlængelse af eksisterende sti mellem matrikel 23m og 23q. Ved st. 1965 er overgangen placeret i forlængelse af eksisterende vejstykke mellem matrikel 6cm og 6cl.
- Én overgang for køretøjer m.m. ved st. 2070 i forlængelse af eksisterende vejstykke mellem matrikel 6cg og 6cf.



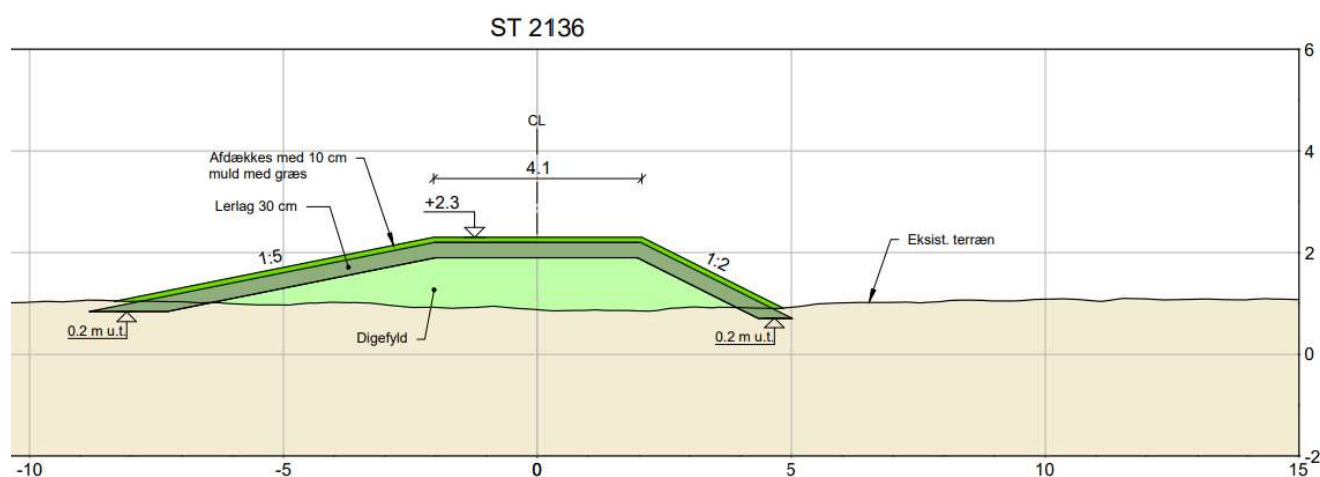
Figur 6.24: Tværsnit K-K af jorddige. Dimensionerne på anlægget er gældende mellem de nævnte stationeringer (ST). Figuren er et udsnit af Tegning KULH_A5_K24_3005.



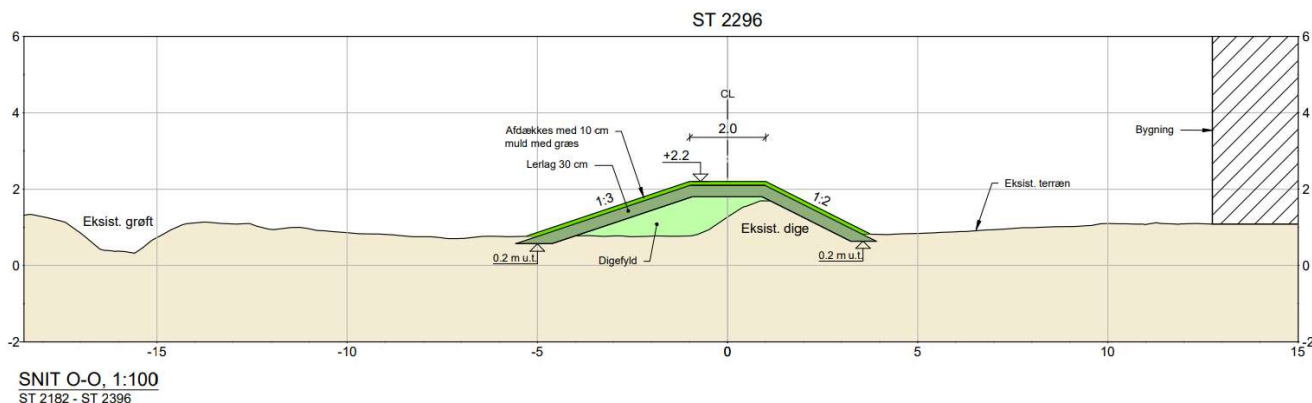
Figur 6.25: Tværsnit L-L af jorddige. Dimensionerne på anlægget er gældende mellem de nævnte stationeringer (ST). Figuren er et udsnit af Tegning KULH_A5_K24_3005.



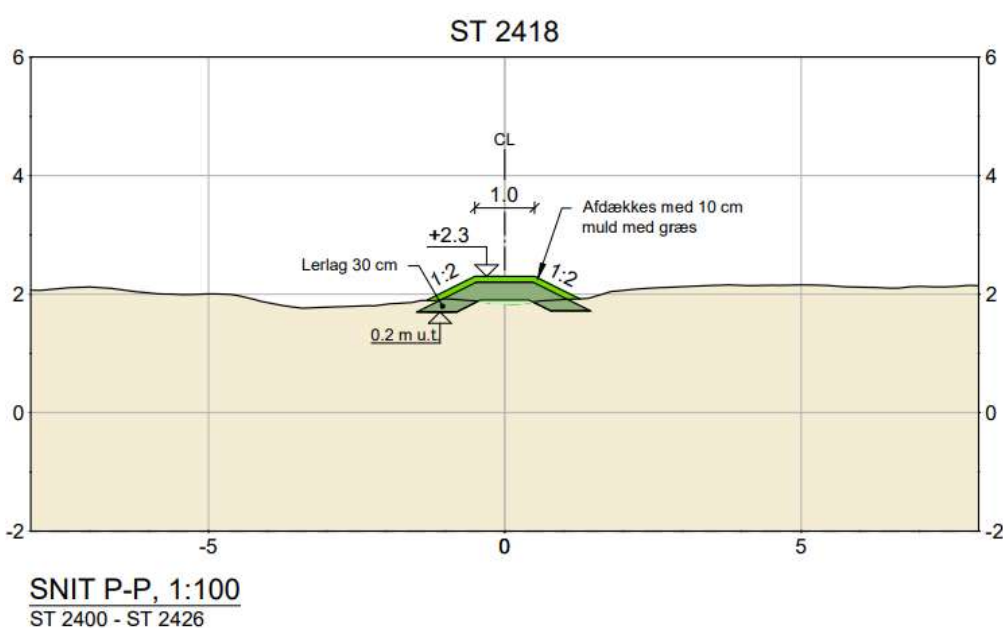
Figur 6.26: Tværsnit M-M af jorddige. Dimensionerne på anlægget er gældende mellem de nævnte stationeringer (ST). Figuren er et udsnit af Tegning KULH_A5_K24_3005.



Figur 6.27: Tværsnit N-N af jorddige. Dimensionerne på anlægget er gældende mellem de nævnte stationeringer (ST). Figuren er et udsnit af Tegning KULH_A5_K24_3005.



Figur 6.28: Tværsnit O-O af jorddige. Dimensionerne på anlægget er gældende mellem de nævnte stationeringer (ST). Figuren er et udsnit af Tegning KULH_A5_K24_3005.



Figur 6.29: Tværsnit P-P af jorddige. Dimensionerne på anlægget er gældende mellem de nævnte stationeringer (ST). Figuren er et udsnit af Tegning KULH_A5_K24_3005.

6.5.2 Dimensioner bagvandshåndtering

Dette område består af to opmagasinerings oplande (område 6 og 7 i Tabel 5.1), hvorfor hver del gennemgås separat.

I område 6 reduceres antallet af udløb fra 2 til 1 (Figur 6.) ved at etablere en ny tværgående rørføring (ø315), som forbinder de tidligere grøfte udløb til det nye hovedudløb. Koblingerne mellem grøfter og rørføring sker med ø600 brønde med sandfang og kuppelrist samt en eventuel snydebrønd. I diget monteres der en højvandslukke/kontraklap.

Udløbet sker gennem diget med en ø315 ledning og der placeres højvandslukke i en ø1250 brønd midt på diget.

Der er ingen adgangsveje til vedligeholdelse af rørene og drænene, f.eks. spuling af rørene (som ikke er selvrensende) eller tømning af sandfang, hvilket betyder at vedligeholdelsen kan blive en større opgave for de private grundejere.

I område 7 reduceres antallet af udløb fra 3 til 1 (Figur 6.23) ved at etablere en ny tværgående grøft (bundbredde 0,5 m med anlæg 1:3), som forbinder de tidligere grøfte og dræn udløb til det nye hovedudløb. Koblingerne mellem drænet og grøften sker med en $\varnothing 600$ brønd med sandfang og kuppelrist samt en eventuel snydebrønd. Mod vest etableres en kort rørføring $\varnothing 315$ for at forbinde de to sider af tværdiget.

Udløbet sker gennem diget med en $\varnothing 315$ ledning og der placeres højvandslukke i en $\varnothing 1250$ brønd midt på diget.

I den østlige del fyldes lavningen op til kote +1,13 m DVR90 i et 5 meter bredt bælte.

6.5.3 Private overgange

Følgende private overgange er blevet valgt:

- 23p, Barakkerne, Dråby – 2,5 m overgang
- 23e, Barakkerne, Dråby – 1 m overgang
- 6ce og 6cd, Barakkerne, Dråby – 2,5 m overgang

Overgangene er vist i Figur 6.8 sammen med projektovergangene.



Figur 6.30: Oversigt over de private overgange i område 5. Ortofotos: 2022, se ref. [7].

7. Fravalgte alternativer

Enkelte steder er der i udarbejdelsen af Myndighedsprojektet foretaget en vurdering af forskellige linjeføringer. I det følgende gennemgås disse alternativer overordnet inklusive vurderingen, der ledte til, at de blev fravalgt. Langs hele projektstrækningen er der løbende foretaget mindre justeringer og tilpasninger, som ikke gennemgås her.

7.1 Område 3 (st. 930 – st. 1210)

På strækning 3 fra ca. st. 930 til st. 1210 er linjeføringen fra skitseprojektet udarbejdet i 2021 (se ref. [4]) blevet fravalgt til fordel for en linjeføring, der er placeret længere mod havet. Skitseprojektets linjeføring er vist i sammenligning med den ansøgte linjeføring i Figur 7.1. Diget er i skitseprojektet placeret så tæt som muligt på sommerhusene og hvor det er muligt ovenpå det eksisterende dige.



Figur 7.1: Oversigt af det fravalgte alternativ fra skitseprojektet 2021 og den ansøgte løsning i nærværende myndighedsprojekt.

Skitseprojektets linjeføring er fravalgt bl.a. for at udglatte linjeføringen, hvilket dog ikke er altafgørende for digets stabilitet netop her, da knækket ligger i læ for bølgerne. Den primære årsag til udretningen er, at der forventes at være et overskyl i nogen grad, særligt ved de matrikler, der ligger i den østlige side af strækningen. Da bebyggelsen ligger umiddelbart bag det eksisterende dige, vil der ikke være plads til en grøft eller anden håndtering af bølgeoverskyl, uden at bebyggelsen oversvømmes. Da det samtidigt er ønsket at benytte reservoir områder til opsamling af bagvand og bølgeoverskyl frem for at etablere grøfter, så er løsningen med det mere havværts dige anvendt. Det er dog søgt at placere det nye dige så tæt som muligt på det eksisterende dige ved matrikel 13bd og 13be

7.2 Område 4 & 5 (st. 1580 – st. 1795)

På Strækning 4 og 5 fra st. 1580 til st. 1795 er der vurderet tre alternative linjeføringer, som er vist Figur 7.2 og overordnet beskrevet herunder:

- Det ene alternativ er linjeføringen fra skitseprojektet udarbejdet i 2021
- Det andet alternativ er en linjeføring, der er trukket lidt ind i land skråt henover Skoven af 1963 og hen til matrikel 23m men ellers ligger oven i det eksisterende dige ved matrikel 23q og 23p (også benævnt alternativ 7).
- Det tredje alternativ er en linjeføring, der er trukket helt ind nær bebyggelsen landværts for det eksisterende dige (kaldet alternativ 12).

Alternativet med linjeføringen som i WSP's skitseprojekt blev tidligt fravalgt, da grundejeren ved Skoven af 1963 matrikel 22d var indstillet på, at diget kunne gå i en bue henover matriklen frem for oven i det eksisterende dige langs kanten af matriklen. Fordelene ved denne tilbagetrukne linjeføring er;

- At direkte bølgepåvirkning af det nye dige undgås, fordi det eksisterende er så højt. Det nye dige kan derfor etableres med en lavere kronekote end hvis det lå tæt på kysten oven i det eksisterende dige.
- At man undgår at skulle erosionsbeskytte det nye anlæg på det nordvestvendte hjørne af matriklen. Foran diget ville skulle etableres en betydelig skråningsbeskyttelse af sten op af det nye dige, for at undgå erosion af foden af det nye dige. Dette ville være både særdeles bekosteligt og beskæmmende for området.

Ulempen ved det tilbagetrukne dige er dog, at der fortsat kræves vedligehold omkring det nordvestvendte hjørne i form af jævnlig genetablering af kyststien, og at digets fodaftryk på matrikel 22d tværs henover grunden, er større end hvis det var udbygget fra det eksisterende dige.

De to alternativer 7 og 12 er grundigt vurderet ift. hinanden i Bilag 8 ud fra følgende hensyn,; hvoraf de fleste nævnes direkte i kystbeskyttelsesloven:

- Fodaftryk og længde
- Adgangsforhold
- Påvirkning på natur og miljø
- Kystteknik/bølgepåvirkning
- Bagvandshåndtering
- Anlægs- og vedligeholdelsesomkostninger
- Relevant lovgivning herunder beskyttede sten og jorddiger samt strandbeskyttelseslinjen

Altså vurderes følgende hensyn jf. kystbeskyttelsesloven §1 ref. [22]:

- Økonomiske hensyn ved projekter omfattet af kapitel 1 a.
- Kystbeskyttelsesforanstaltningens tekniske og natur-og miljømæssige kvaliteter.
- Sikring af den eksisterende adgang til og langs kysten.

For nærmere uddybning af vurderingen af de tekniske parametre (fodaftryk og længde, anlægs- og vedligeholdelsesomkostninger, kystteknisk stabilitet, bagvandshåndtering, påvirkning af natur og miljø samt adgangsforhold) henvises til Bilag 8.

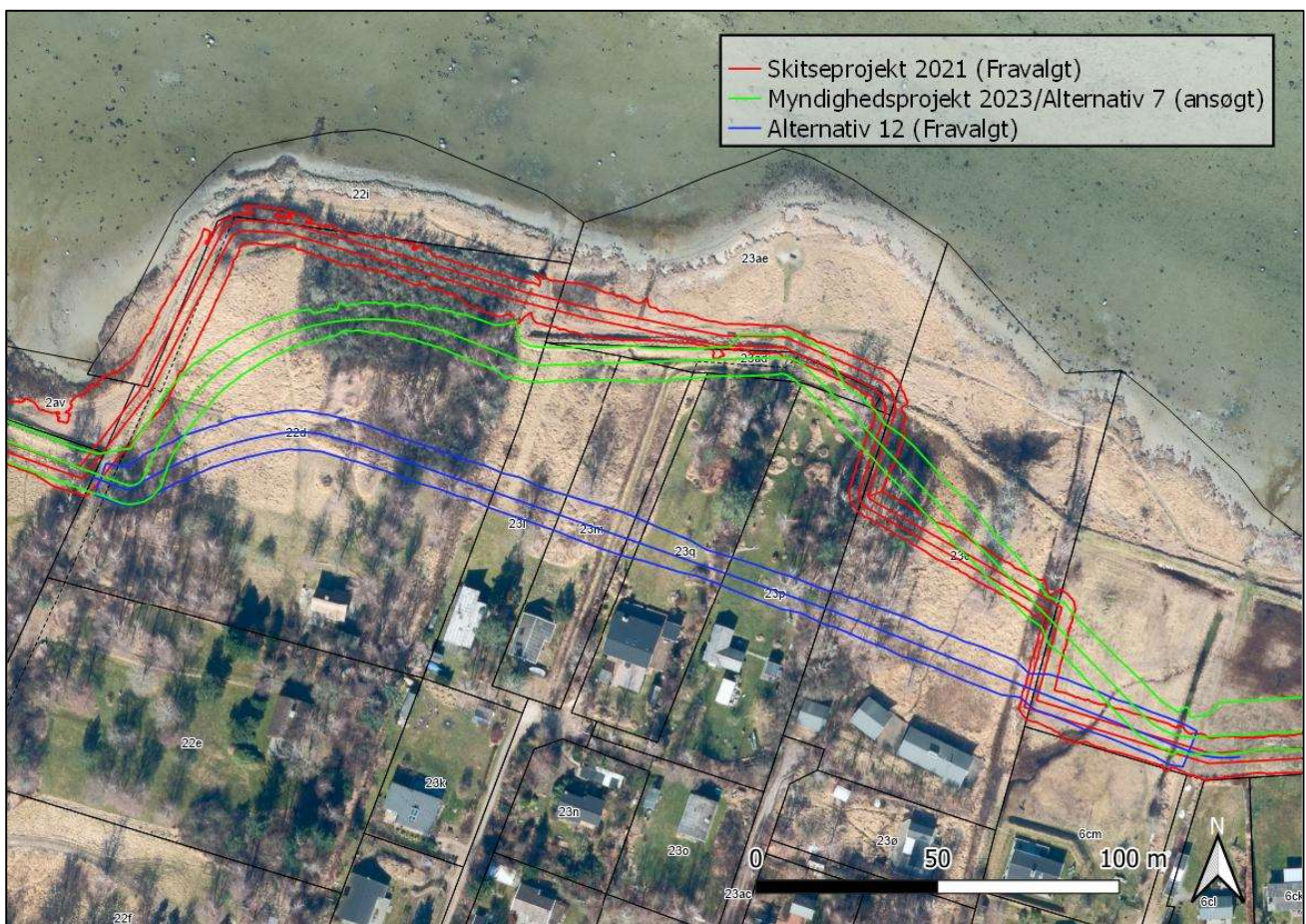
Der blev samtidigt med den tekniske vurdering af NIRAS også udarbejdet en vurdering ift. eventuelle ekspropriationsforhold og -omkostninger ved de to alternativer af Mølbak Landinspektører. Vurderingen kan findes i Bilag 9.

Slutteligt er ønskerne til linjeføringen, fra de grundejere hvis matrikel bliver berørt af anlægget, taget i betragtning og indgået i den samlede vurdering af hvilken linjeføring, der er den mest hensigtsmæssige.

På baggrund af vurderingen i Bilag 8 er det fundet, at begge alternativer er kystteknisk acceptable, bevarer adgangsforhold langs kysten og kan umiddelbart tillades ift. natur- og miljølovgivning. Begge alternativer er således ud fra de nævnte parametre vurderet i Bilag 8 til at være realistiske at anlægge og er mere hensigtsmæssige end løsningen i skitseprojektet fra 2021.

Vurderingen af ekspropriationsforholdene og -omkostningerne pegede på, at alternativ 7 (Myndighedsprojekt) langs kanten af matriklerne er mere hensigtsmæssigt.

Endeligt var der et flertal af grundejerne, der ønskede alternativ 7 (Myndighedsprojekt).



Figur 7.2: Oversigt af det fravalgte alternativ fra skitseprojektet 2021, den ansøgte løsning i nærværende myndighedsprojekt (alternativ 7) og det fravalgte alternativ 12.

8. Projektets påvirkning

8.1 Anlæg

Ved anlæg af dige skræbes det øverste muldlag af i det område, hvor diget skal etableres, hvorefter kernen med ler-membranen opbygges og beklædes med muld. Anlæggelsen sker fra land med brug af almindelige anlægsmaskiner, som gravemaskiner og dumpere. Det afrømmede muldlag kan i nogle tilfælde genindbygges i kernen. Slutteligt tilsås diget med en græsfrøblanding.

Trævæggen udføres som træspuns med hammer på toppen, som holder spunsflagerne samlet. Træflagerne bankes/presses i jorden. I nogle tilfælde graves udgraves en rende forud for isætning. Anlægsarbejdet kan udføres med mindre maskinel.

Anlæg af diget forventes foretaget fra eksisterende adgangsveje. Det må derfor forventes, at der lokalt i arbejdsområdet vil være begrænset adgang til kysten, og at dele af eksisterende adgangsveje vil blive delvist spærret i perioder under anlægsarbejdet. Under anlægsarbejdet vil der lokalt være en begrænset støjmængde fra anlægsmaskiner, hvilket kan medføre lokale gener.

Ved eksisterende adgangsstier etableres der overgange, således at adgangen til kysten opretholdes. Store dele af anlægget etableres på fællesområder og vil dermed mindske det ubebyggede areal af disse. Anlægget er udformet så der kun skal anlægges en enkelt ny grøft i hele området.

Anlægget etableres på land inden for projektområdet og påvirker derfor ikke nabostrækninger.

8.1.1 Ledninger

Der er to steder hvor anlægget lægges ovenpå på en eksisterende vandledning. Derudover er diget ved Revelinen placeret tæt på et strømkabel.

I område 1 ved St. 5 krydser spunsvæggen en vandledning. Denne vandledning forventes at skulle føres igennem spunsen så dens funktion stadig opretholdes. Udformningen af gennemføringen fastsættes i detailfasen.



Figur 8.1: Oversigt af hvor ledningen krydser anlægget i Område 1 (St. 5). Ortofoto: 2022, se ref. [7].

I område 4 ved St. 1590 er diget placeret ovenpå en eksisterende vandledning der ifølge LER ikke er i brug, se Figur 8.2.



Figur 8.2: Oversigt af hvor ledningen krydser anlægget i Område 4 (St. 1590). Ortofoto: 2022, se ref. [7].

Langs Revelinen ligger der en elledning (0,4 kV) tæt på diget, se Figur 8.3. Diget er placeret så det ikke berører elledningen. Inden anlæggelse af diget skal det undersøges om elledningens placering er korrekt så det sikres at der ikke er en konflikt mellem ledningen og diget.



Figur 8.3: Oversigt af ledningernes og digets placering ved Revelinen (St. 2400) . Ortofoto: 2022, se ref. [7].

8.2 Naturbeskyttelse

Anlægsarbejder i forbindelse med etablering af et nyt dige ved østlige Kulhuse foretages uden for Natura 2000-område nr. 136 Roskilde Fjord og Jægerspris Nordskov. Der sker således ikke fysiske indgreb i habitatnatur på udpegningsgrundlaget, og det vurderes, at projektet ikke medfører påvirkninger på hverken habitatnatur eller -arter. Støj i forbindelse med nedvibrering af en spunsvæg i den vestligste del af diget kan potentielt forstyrre fugle på udpegningsgrundlaget for fuglebeskyttelsesområderne F105 og F107. Nedvibrering af spuns sker ca. 2 km fra kendte ynglefokomster af fugle, og det vurderes på baggrund af en støjberegning, at støj fra nedvibreringen vil være mindre end 50 dB, som anses som den kritiske grænse for forstyrrelse af fugle, ved yngleområderne. Det vurderes derfor, at aktiviteter i forbindelse med anlæg af diget ikke medfører væsentlig påvirkning på fugle på udpegningsgrundlagene for F105 og F107. Samlet vurderes det, at projektet ikke medfører væsentlig påvirkning på Natura 2000-område nr. 136.

Strandenge, der den 1. juli 1992 ligger i et sommerhusområde, er jf. naturtypebekendtgørelsen² fritaget forbuddet mod tilstandsændringer jf. naturbeskyttelseslovens³ § 3, såfremt der ikke er tale om landbrugsformål. Der skal derfor ikke søges om dispensation til anlæg af dige i strandengen.

² Bekendtgørelse nr. 1067 af 21. august 2018 om beskyttede naturtyper (naturtypebekendtgørelsen)

³ Bekendtgørelse nr. 1392 af 4. oktober 2022 af lov om naturbeskyttelse (naturbeskyttelsesloven)

Adskillige træer langs digets tracé skal fældes. Det vurderes, at der ikke er nogen af disse træer, som er potentielle rastesteder for flagermus.

8.3 Eksisterende diger

Det planlagte dige placeres flere steder ovenpå et eksisterende dige, se Figur 2.30. Diget er kortlagt som et beskyttet sten- og jorddige, men er ikke omfattet af beskyttelsen i museumslovens⁴ § 29a, da digerne ligger i sommerhusområde og oprindeligt er anlagt som kystbeskyttelse. Der skal derfor ikke søges om dispensation til at anlægge et nyt dige ovenpå det eksisterende dige. Diget vurderes desuden ikke at være egnet som levested for fredede eller beskyttede arter i de dele, som tildækkes ved anlæg af det planlagte dige.

8.4 Landskab og visuelle forhold

Beskyttelsen vil fremstå som et teknisk anlæg i landskabet. Dog vil anlægget fremstå i naturfarver, hvilket minimerer beskyttelsens visuelle påvirkning og passer ind i omgivelserne. Derudover etableres diget over det meste af strækningen oven i et eksisterende dige, hvilket også reducerer den visuelle påvirkning.

Højvandsbeskyttelsen udføres op til mellem kote +2,2 og +2,4 m DVR90. Størstedelen af anlægget har en kronehøjde på mellem ca. 1 og 1,5 m over eksisterende terræn. Dette vil nogle steder medføre en reduceret udsigt. Der vil dog stadig være udsigt til fjorden. Anlægget vil dog påvirke det visuelle indtryk af landskabet.

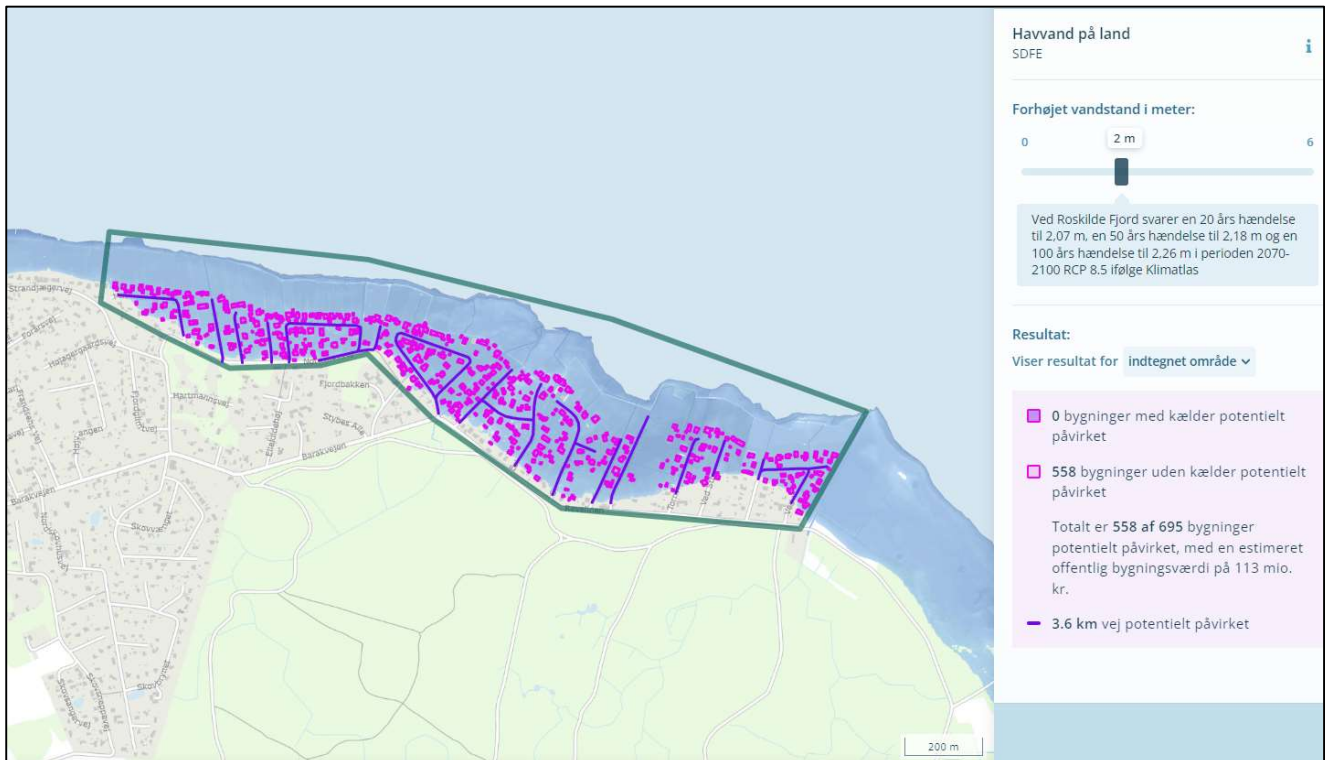
Adskillige træer langs digets tracé skal fældes. Dette vil ændre udtrykket lokalt. Træspunsvæggen vil være synlig fra matrikel 1p, men forventes at fremstå naturlig med tiden eftersom den udføres i træ. I begyndelsen vil væggen tilmed passe til husets kobberbrune-træfarve.

8.5 Økonomiske konsekvenser

Ifølge KAMP-værktøjet vil den foreslåede højvandsbeskyttelse ved sikringsniveau svarende til vandstand +2,02 m DVR90 beskytte 558 bygninger i området med en offentlig bygningsværdi på 113 mio. kr., se ref. [25].

Anlægsomkostningerne udgør ca. 15-20% af den i KAMP beregnede påvirkede offentlige bygningsværdi ved en vandstand på +2,02 m DVR90.

⁴ Bekendtgørelse nr. 358 af 8. april 2014 af museumsloven.



9. Økonomi- og budgetoverslag

I det følgende præsenteres overslag over omkostninger til at anlægge højvandsbeskyttelse til beskyttelse af det sammenhængende område til et sikringsniveau svarende til en vandstandskote på +2,02 m DVR90 mellem Matthiesens Enghave nr. 28 og Ved Vigen nr. 41.59.

Anlægsoverslaget danner grundlag for at fordele udgifterne ved den valgte bidragsfordeling.

Omkostningerne estimeres ud fra senest kendte enhedspriser fra lignende projekter udført i år 2022, der allerede er udbudt eller anlagt, samt fra mængder og opmålte arealer.

Enhedspriserne er påvirket af en lang række forhold så som materialetilgængelighed, underleverandører, afstand til projektområdet, brændstofomkostninger m.m. Derudover udvikler priserne sig i fremtiden bl.a. på grund af inflationen.

9.1 Enhedspriser

Følgende enhedspriser ekskl. moms anvendes til anlægsoverslaget, se Tabel 9.1. Priserne er for indbyggede materialer.

Tabel 9.1: Enhedspriser for de anvendte materialer.

Materialer	Pris i kr. ekskl. moms	Enhed
Digeler	500	Kr./m ³
Digefyld	400	Kr./m ³
Muld	70	Kr./m ³
Græssåning	30	Kr./m ²
Rydning af skov	120	Kr./lbm
Rydning af andet bevoksning	50	Kr./m ²
Udgravning	25	Kr./m ³
Azobéspuns med hammer	5.550	Kr./lbm
Stiovergang (1 m bred)	10.000	Kr./stk.
Stiovergang (2 m bred)	20.000	Kr./stk.
Stiovergang (5 m bred)	50.000	Kr./stk.
Grøfter (1 m bred)	150	Kr./lbm
Grøfter (0,5 m bred)	50	Kr./lbm
Plastrør ø315	900	Kr./lbm
Plastrør ø400	1.000	Kr./lbm
Ø600 brønd med sandfang og kuppelrist	12.000	Kr./stk.
Ø600 brønd med sandfang	8.000	Kr./stk.
Ø1250 brønd med højvandslukker	50.000	Kr./stk.
Ø1250 betonbrønd m. pumpe	230.000	Kr./stk.
Kontraklap	10.000	Kr./stk.
Bygværk med manuelt lukke – ø400	50.000	Kr./stk.

Det skal bemærkes, at alle enhedspriser kan variere blandt andet ift. mulighederne for at skaffe egnet jord.

9.2 Anlægsoverslag

Anlægsoverslaget for det samlede projekt er angivet i Tabel 9.2 og

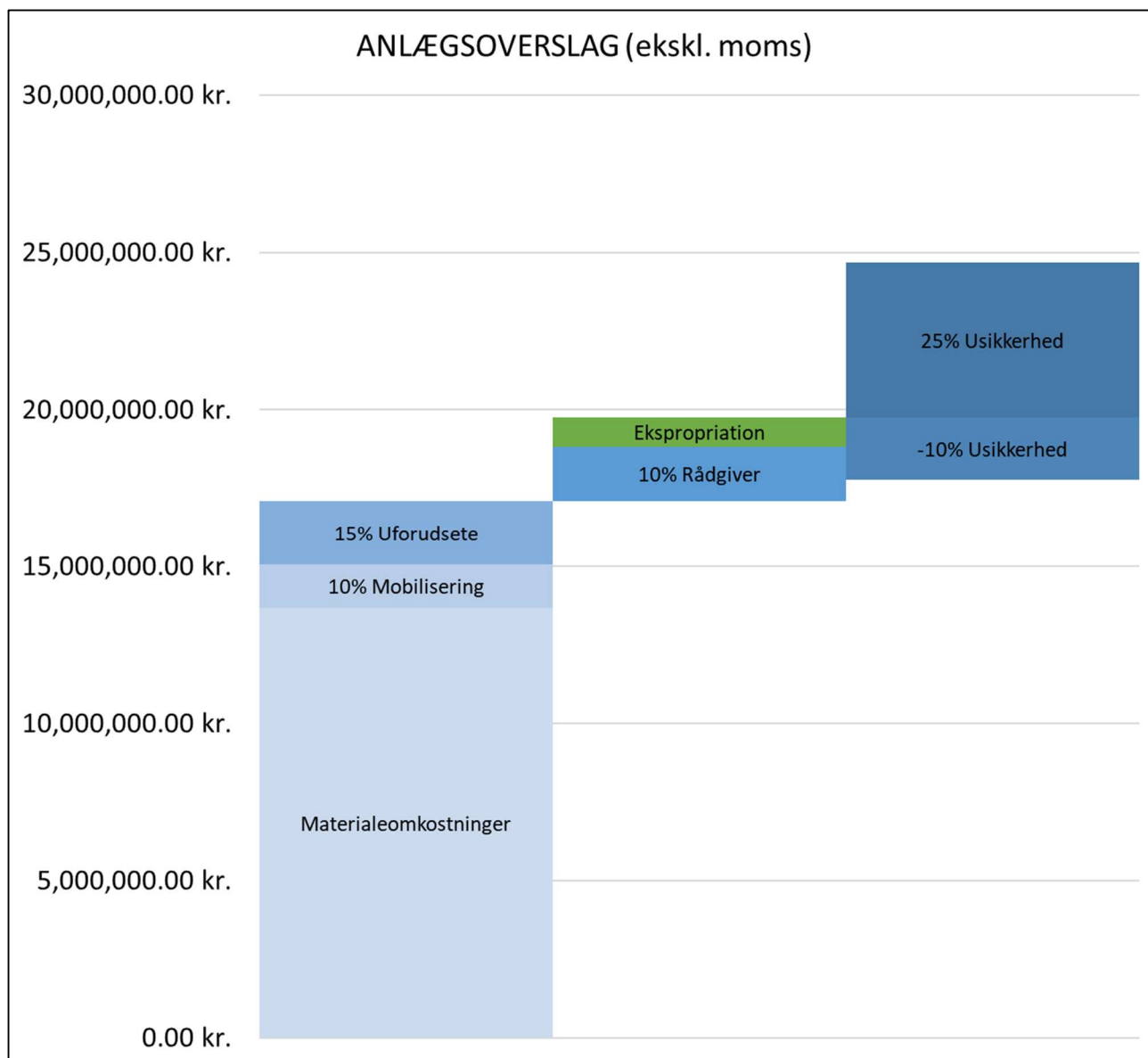
Tabel 9.3 samt i Figur 9.1 og Figur 9.2. Priserne er ekskl. forventede vedligeholdelsesomkostninger. Alle priser er afrundede værdier. I anlægsoverslaget er også indregnet anstilling, usikkerheder i mængder og anstilling, usikkerheder for mængder og anstilling, rådgiverhonorarer samt uforudsete udfordringer af forskellig størrelse.

Tabel 9.2: Anlægsoverslag for den ansøgte løsning ekskl. moms. Alle priser er i DKK.

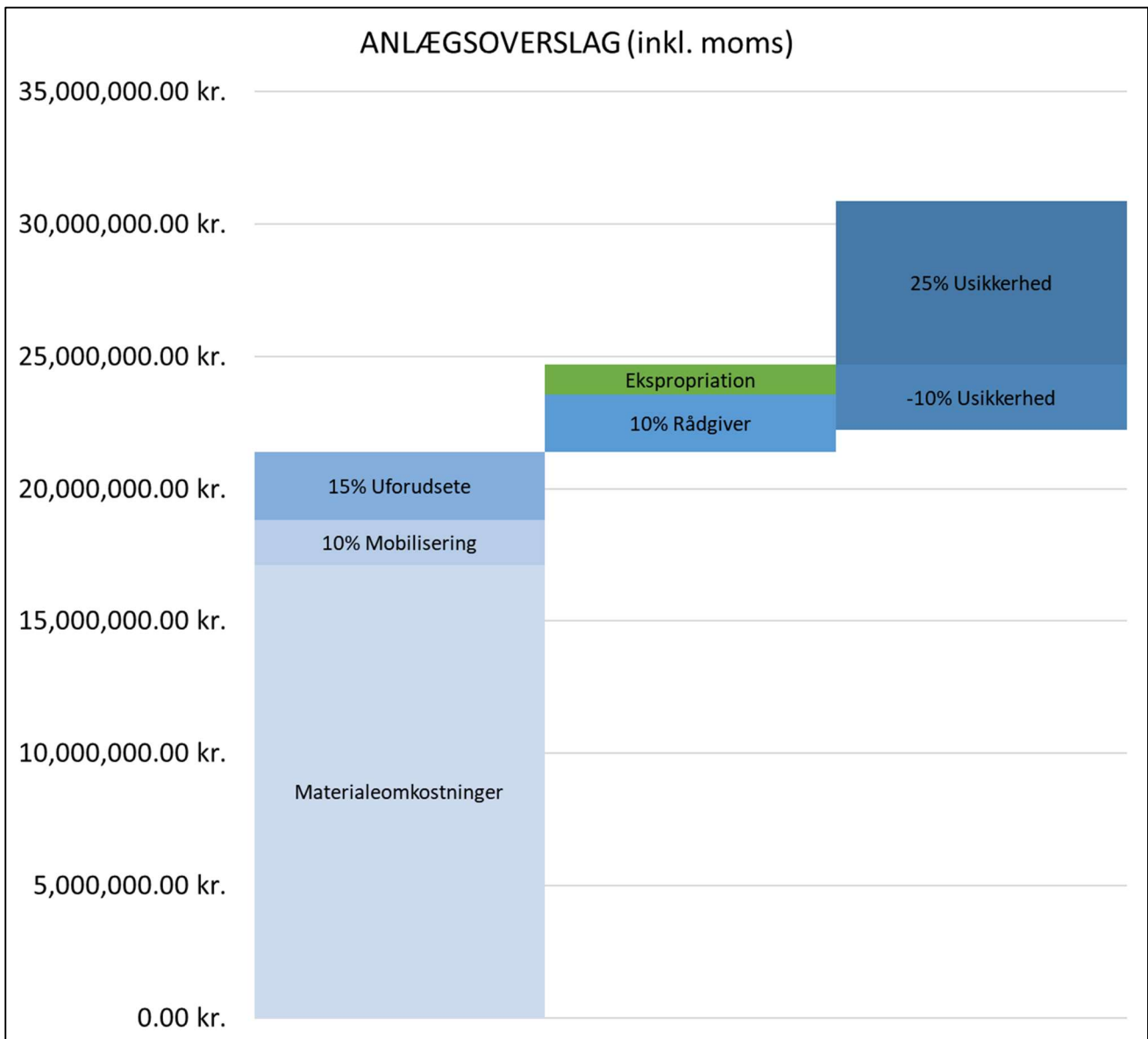
Delelement	Prisoverslag (ekskl. moms) [Kr.]
Digeler	3.850.000
Digefyld	4.870.000
Muldjord	190.000
Digebeplantning	800.000
Afgravning	33.500
Rydning af bevoksning	1.140.000
Rydning af skov	40.000
Azobéspuns med hammer	590.000
Grøfter	30.000
Dræn, rørgennemføringer	740.000
Stiovergange	360.000
Kontraklap/højvandslukke	30.000
Ø600 brønde	190.000
Ø1250 brønd med højvandslukke	350.000
Ø1250 brønd med pumpe	460.000
Bygværk med manual lukke	50.000
Materialeomkostninger (Sum)	13.680.000.00
Mobilisering (10%)	1.370.000
Uforudsete (15%)	2.060.000
Entreprenørbudget (Sum)	17.110.000
Rådgiver (10%)	1.720.000
Anlægsoverslag (Sum)	18.830.000
Ekspropriationsomkostninger	920.000
Prisoverslag (Sum)	19.750.000

Tabel 9.3: Anlægsoverslag for den ansøgte løsning ekskl. moms samt med -10 % usikkerhed og +25 % usikkerhed. Alle priser er i DKK.

	Prisoverslag (ekskl. moms) [Kr.]	Prisoverslag (inkl. moms) [Kr.]
Prisoverslag (Sum)	19.750.000	24.700.000
Usikkerhed (-10%)	17.780.000	22.230.000
Usikkerhed (+25%)	24.690.000	30.880.000



Figur 9.1: Anlægsoverslag for den ansøgte løsning ekskl. moms. Alle priser er i DKK.



Figur 9.2: Anlægsoverslag for den ansøgte løsning inkl. moms. Alle priser er i DKK.

9.3 Budget for drift og vedligeholdelse

Det årlige budget til drift og vedligeholdelse sættes erfaringsmæssigt i denne projektfase til 2 % af entreprenørbudgettet inkl. moms. Vedligeholdelsesomkostninger for det samlede højvandsbeskyttelsesprojekt inkl. bagvandshåndtering er derfor ca. 500.000 kr. pr. år inkl. moms.

Anlægget gennemgås hvert år i sensommeren og efter hvert

Vedligeholdelse omfatter følgende hovedpunkter:

- Græsslåning af digerene 3-5 gange pr. år i vækstsæsonen (for at græssets rodnet udvikles ensartet, binder digejorden sammen og samtidig holder gnavere væk), rydning af eventuelle træer og buske på digerene samt gnaverbekæmpelse.

- Diget gennemgås i sensommeren for evt. huller efter dyr og fugle. Evt. huller fyldes op. Digeoverflader der fremstår udækket af græs besås med græs.
- Årlig supplering med grus til overgange
- Årlig kontrol af dræn, grøfter, brønde, pumper, højvandslukker og vegetation i grøfter samt nødvendig vedligeholdelse.
- Beskyttelse af trævægge/hammer imod råd og svamp med træbeskyttelse. Dette gælder ikke azobé, men f.eks. ved brug af lærkehammer. Årlig gennemgang af alle anlæg og eventuel udbedring af skader. Dette også umiddelbart efter kraftige storme og stormfloder.
- Monitorering af kronekoter, foranliggende terræn hvert 2.-5. år.

En drift- og vedligeholdelsesplan skal udarbejdes af kommunen i samarbejde med det kommende digelag. Der anbefales minimum to besigtigelser og gennemgange af pumperne pr. år samt besigtigelse efter ekstremhændelser med forhøjet vandstand.

10. Den videre proces

Ved kommunale fællesprojekter efter Kapitel 1a i Kystbeskyttelsesloven er der flere processkridt. Der er tidligere udarbejdet ideprojekter med flere forskellige forslag til højvandsbeskyttelsen af det østlige Kulhuse. Ideprojekterne har dannet grundlag for nærværende projektforslag og myndighedsprojekt, hvori én enkelt løsning er beskrevet.

Sideløbende med nærværende projektforslags udarbejdelse, har Frederikssund Kommune i dialog med digeforeningen, udarbejdet en vedtægt for det kommende digelag, der skal drive anlægget. Den nuværende digeforening opløses, når digelaget oprettes. Digelaget bliver underlagt Frederikssund Kommunes økonomiske og tekniske tilsyn.

Vedtægterne indeholder en fordelingsnøgle (Bidragsfordeling) til anlæg og drift. Bidragsfordelingen er defineret af Frederikssund kommune i dialog med Digeforeningen. Vedtægterne skal i offentlig høring og derefter godkendes af kommunalbestyrelsen.

Miljøvurderinger og digelagets vedtægter indsendes sammen med selve kystbeskyttelsesansøgningen til kystmyndigheden i Frederikssund kommune som ét samlet Myndighedsprojekt. Kystbeskyttelsesansøgning, projektforslag, digelagets vedtægter og bidragsfordeling samt miljøvurderinger sendes af Frederikssund Kommune i en 4 ugers høring af interessenter, naboer, myndigheder mv.

Frederikssund Kommune afholder et borgermøde i forbindelse med den offentlige høring.

Herefter håndterer Frederikssund Kommune (kystmyndigheden) høringssvarene og evt. mindre tilpasninger til projektet udføres. Ved større projektændringer sendes projektet i fornyet høring.

Såfremt Frederikssund Kommune vurderer, at projektet kan have væsentlig påvirkning på natur og miljø, altså er VVM-pligtigt, skal udarbejdes en Miljøkonsekvensvurdering (MKV) forud for udstedelse af tilladelse.

En MKV skal ligeledes sendes i høring, som har en varighed på 8 uger. Kommunalbestyrelsen træffer afgørelse om den endelige ansøgning på baggrund af det indsendte materiale og den gældende lovgivning.

Afgørelsen sendes til interessenter fra høringen samt offentliggøres. Afgørelsen gennemgår herefter en samlet 4 ugers klageperiode. Eventuelle klager sendes til Miljøklagenævnet med opsættende virkning. Dog kan Miljøministeriet efter ansøgning fra kommunalbestyrelsen helt eller delvist afskære klageadgangen. Hvis afgørelsen ikke påklages, kan projektet gennemføres.

Når der er opnået tilladelse til projektet overdrager Frederikssund Kommune ejerskabet over projektet til det nye Digelag. Digelaget bliver formelt bygherre med ansvar for detailprojektering af anlægget samt valg af entreprenør.

Frederikssund Kommune og digelaget indgår en aftale om overdragelse af projektejerskabet, der skal sikre en langsom og gradvis overdragelse af projektejerskabet. Frederikssund Kommune bistår digelaget med detailprojektering, valg af entreprenør, samt tilsyn med byggeriet i anlægsfasen.

Kommunen skal tinglyse betalingspligt på de ejendomme, der omfattes af bidragsfordelingen. Efter anlæggelsen af kystbeskyttelsen er kystbeskyttelseslaget ansvarlig for vedligehold og drift af anlægget.

For nærmere gennemgang af processen for et Kommunalt Fællesprojekt, henvises til ref. [26].

11. Berørte matrikler

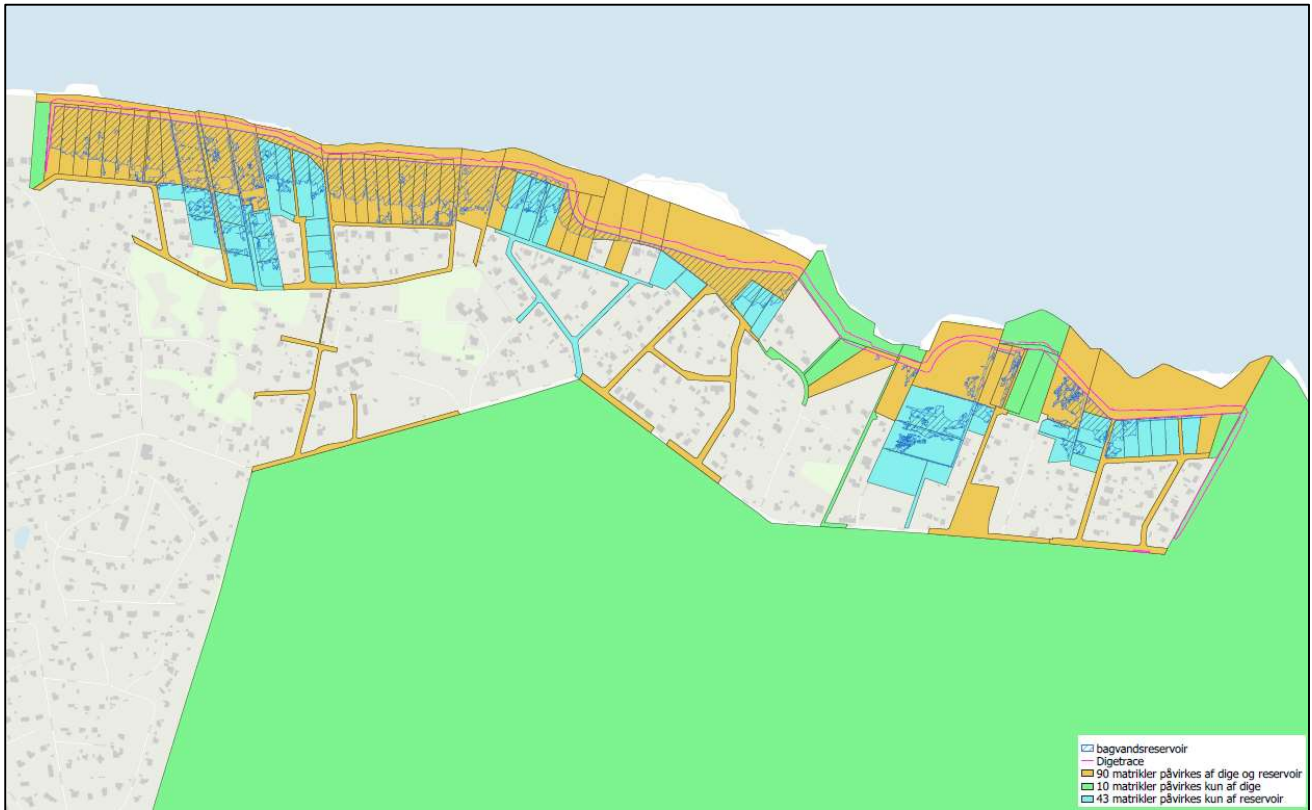
Tabel 11.1 og Figur 11.1 og viser hhv. en tabel og et kort over de matrikler hvorpå anlægget placeres samt en angivelse af hvilken del af anlægget af placeres på den pågældende matrikel.

Tabel 11.1: Liste over matrikler som anlægget berører.

Matrikel nr.	Påvirkning
1p, Barakkerne, Dråby	Spunsvæg, Dige, Bagvandsanlæg
1o, Barakkerne, Dråby	Dige
1an, Barakkerne, Dråby	Dige, Bagvandsanlæg
1q, Barakkerne, Dråby	Dige, Bagvandsanlæg
1r, Barakkerne, Dråby	Dige, Bagvandsanlæg
1s, Barakkerne, Dråby	Dige, Bagvandsanlæg
1t, Barakkerne, Dråby	Dige, Bagvandsanlæg
1u, Barakkerne, Dråby	Dige, Bagvandsanlæg
1v, Barakkerne, Dråby	Dige, Bagvandsanlæg
1e, Barakkerne, Dråby	Dige, Bagvandsanlæg
1x, Barakkerne, Dråby	Dige, Bagvandsanlæg
1y, Barakkerne, Dråby	Dige, Bagvandsanlæg
1n, Barakkerne, Dråby	Dige, Bagvandsanlæg
1f, Barakkerne, Dråby	Dige, Bagvandsanlæg
1d, Barakkerne, Dråby	Dige, Bagvandsanlæg
19a, Barakkerne, Dråby	Dige, Bagvandsanlæg
14ak, Barakkerne, Dråby	Dige, Bagvandsanlæg
14p, Barakkerne, Dråby	Dige, Bagvandsanlæg
14q, Barakkerne, Dråby	Dige, Bagvandsanlæg
14r, Barakkerne, Dråby	Dige, Bagvandsanlæg
14s, Barakkerne, Dråby	Dige, Bagvandsanlæg
14t, Barakkerne, Dråby	Dige, Bagvandsanlæg
14u, Barakkerne, Dråby	Dige, Bagvandsanlæg
14by, Barakkerne, Dråby	Dige, Bagvandsanlæg
14v, Barakkerne, Dråby	Dige, Bagvandsanlæg
14x, Barakkerne, Dråby	Dige, Bagvandsanlæg
14y, Barakkerne, Dråby	Dige, Bagvandsanlæg
17ap, Barakkerne, Dråby	Dige, Bagvandsanlæg
13av, Barakkerne, Dråby	Dige, Bagvandsanlæg
13ck, Barakkerne, Dråby	Dige, Bagvandsanlæg

13aæ, Barakkerne, Dråby	Dige, Bagvandsanlæg
13aø, Barakkerne, Dråby	Dige, Bagvandsanlæg
13ba, Barakkerne, Dråby	Dige, Bagvandsanlæg
23b, Barakkerne, Dråby	Dige, Bagvandsanlæg
13bc, Barakkerne, Dråby	Dige, Bagvandsanlæg
19ac, Barakkerne, Dråby	Dige, Bagvandsanlæg
6c, Barakkerne, Dråby	Dige, Bagvandsanlæg
7a, Barakkerne, Dråby	Dige, Jordflade
7s, Barakkerne, Dråby	Dige
7r, Barakkerne, Dråby	Dige, Bagvandsanlæg
2av, Barakkerne, Dråby	Dige, Jordflade, Bagvandsanlæg
2aq, Barakkerne, Dråby	Dige, Jordflade, Bagvandsanlæg
22d, Barakkerne, Dråby	Dige, Jordflade, Bagvandsanlæg
23l, Barakkerne, Dråby	Dige, Bagvandsanlæg
23ae, Barakkerne, Dråby	Dige
23ad, Barakkerne, Dråby	Dige
23m, Barakkerne, Dråby	Dige, Bagvandsanlæg
23a, Barakkerne, Dråby	Dige, Bagvandsanlæg
23q, Barakkerne, Dråby	Dige
23p, Barakkerne, Dråby	Dige
23e, Barakkerne, Dråby	Dige, Bagvandsanlæg
6db, Barakkerne, Dråby	Dige, Bagvandsanlæg
6ce, Barakkerne, Dråby	Bagvandsanlæg
6cd, Barakkerne, Dråby	Bagvandsanlæg
3a, Jægerspris Hgd., Dråby	Dige
13av, Barakkerne, Dråby	Bagvandsanlæg
13ax, Barakkerne, Dråby	Bagvandsanlæg
13ay, Barakkerne, Dråby	Bagvandsanlæg
13az, Barakkerne, Dråby	Bagvandsanlæg
13bf, Barakkerne, Dråby	Bagvandsanlæg
13ci, Barakkerne, Dråby	Bagvandsanlæg
19al, Barakkerne, Dråby	Bagvandsanlæg
19am, Barakkerne, Dråby	Bagvandsanlæg
19an, Barakkerne, Dråby	Bagvandsanlæg
19ao, Barakkerne, Dråby	Bagvandsanlæg
19ap, Barakkerne, Dråby	Bagvandsanlæg

19aq, Barakkerne, Dråby	Bagvandsanlæg
19ar, Barakkerne, Dråby	Bagvandsanlæg
19as, Barakkerne, Dråby	Bagvandsanlæg
1bg, Barakkerne, Dråby	Bagvandsanlæg
1bh, Barakkerne, Dråby	Bagvandsanlæg
1bi, Barakkerne, Dråby	Bagvandsanlæg
1bk, Barakkerne, Dråby	Bagvandsanlæg
1g, Barakkerne, Dråby	Bagvandsanlæg
1h, Barakkerne, Dråby	Bagvandsanlæg
1i, Barakkerne, Dråby	Bagvandsanlæg
1l, Barakkerne, Dråby	Bagvandsanlæg
1m, Barakkerne, Dråby	Bagvandsanlæg
1z, Barakkerne, Dråby	Bagvandsanlæg
21n, Barakkerne, Dråby	Bagvandsanlæg
22c, Barakkerne, Dråby	Bagvandsanlæg
22e, Barakkerne, Dråby	Bagvandsanlæg
22f, Barakkerne, Dråby	Bagvandsanlæg
22g, Barakkerne, Dråby	Bagvandsanlæg
23ab, Barakkerne, Dråby	Bagvandsanlæg
23k, Barakkerne, Dråby	Bagvandsanlæg
23ø, Barakkerne, Dråby	Bagvandsanlæg
6bh, Barakkerne, Dråby	Bagvandsanlæg
6bi, Barakkerne, Dråby	Bagvandsanlæg
6bk, Barakkerne, Dråby	Bagvandsanlæg
6cf, Barakkerne, Dråby	Bagvandsanlæg
6cg, Barakkerne, Dråby	Bagvandsanlæg
6ch, Barakkerne, Dråby	Bagvandsanlæg
6ci, Barakkerne, Dråby	Bagvandsanlæg
6ck, Barakkerne, Dråby	Bagvandsanlæg
6cl, Barakkerne, Dråby	Bagvandsanlæg
6cm, Barakkerne, Dråby	Bagvandsanlæg
6cn, Barakkerne, Dråby	Bagvandsanlæg
6co, Barakkerne, Dråby	Bagvandsanlæg
13az, Barakkerne, Dråby	Bagvandsanlæg
13bf, Barakkerne, Dråby	Bagvandsanlæg
13ci, Barakkerne, Dråby	Bagvandsanlæg



Figur 11.1: Oversigtskort over matrikler hvor anlægget i form af diger, spunsvæg og reservoir placeres.

12. Referencer

- [1] NIRAS, »Kulhuse - Højvandsbeskyttelse Frederikssund Kommune,« 2017.
- [2] Kystdirektoratet, »§ 2 udtalelse - højvandsbeskyttelse, Kulhuse,« 2017.
- [3] Orbicon, »Kystbeskyttelse ved Kulhuse - SUPPLEMENT TIL SKITSEPROJEKT,« 2019.
- [4] WSP, »Kystbeskyttelse ved Kulhuse - Sammenskrevet skitseprojekt,« 2021.
- [5] Digeforeningen Kulhuse, »Anlægsbeskrivelse for Kulhuse Dige,« 2021.
- [6] Frederikssund Kommune, »Nyt dige øst for Kulhuse Havn,« 17 03 2022. [Online]. Available: <https://www.frederikssund.dk/Borger/Natur-og-trafik/Klima/Kystbeskyttelse/Digeprojekter/kulhuse>.
- [7] SDFI, »Dataforsyningen,« [Online]. Available: <https://dataforsyningen.dk/>. [Senest hentet eller vist den 07 10 2022].
- [8] SDFI, »Danmarks højdemodel,« 2022.
- [9] Kystdirektoratet, »Kystdirektoratets Kystatlas,« 29 03 2022. [Online]. Available: <https://kms.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=8669133b3f4842b7a9a19fb24b08ffd5>. [Senest hentet eller vist den 29 03 2022].
- [10] Trap Danmark/GEUS, »Frederikssunds Kommunes Landskaber,« 2018. [Online]. Available: https://trap.lex.dk/Frederikssund_Kommunes_landskaber.
- [11] Trap Danmark, »Frederikssunds Kommunes Geologi,« 2018. [Online]. Available: https://trap.lex.dk/Frederikssund_Kommunes_geologi.
- [12] GEUS, *Jordartskort*.
- [13] GEUS, »National boringsdatabase (Jupiter),« [Online]. Available: <https://www.geus.dk/produkter-ydelser-og-faciliteter/data-og-kort/national-boringsdatabase-jupiter>.
- [14] Realdania, Cowi, »Byernes udfordringer med havvandsstigning og stormflod,« 2017.
- [15] DMI, »Fremtidens vandstand omkring Danmark,« 7 august 2018. [Online]. Available: <http://www.dmi.dk/laer-om/temaer/hav/fremtidens-vandstand/>.
- [16] IPCC, »Summary for Policymakers,« *Climate Change 2021: The Physical Science Basis*, 2021.
- [17] DMI, »Klimaatlas,« 2023. [Online]. Available: <https://www.dmi.dk/klimaatlas/>.
- [18] Kystdirektoratet, »Landbevægelser i Danmark,« 7 august 2018. [Online]. Available: <http://kysterne.kyst.dk/landbevaegelser-i-danmark.html>.
- [19] Kystdirektoratet, »Klimaændringers effekt på kysten,« 2008.
- [20] EurOtop, »Manual on wave overtopping of sea defences and related structures,« 2018.
- [21] DMU, »Afstrømningsforhold i danske vandløb«.
- [22] Miljøministeriet, »Bekendtgørelse af lov om kystbeskyttelse m.v. - LBK nr 705 af 29/05/2020,« 2020.
- [23] Miljøministeriet, »Bekendtgørelse af lov om vandløb - LBK nr 1217 af 25/11/2019,« 2019.
- [24] Kystdirektoratet, »Dige,« [Online]. Available: <https://kyst.dk/media/80420/dige.pdf>.
- [25] Danmarks Miljøportal, »KAMP,« 06 09 2022. [Online]. Available: <https://kamp.miljoportal.dk/>.
- [26] Mølbak Landinspektør A/S, Vedr. vurdering af alternativ 7 og 12, kystbeskyttelse ved Kulhuse øst., 2022.