

NOVEMBER 2023
ULVSHALE-FÆLLESSKOV DIGELAG

FORUNDERSØGELSE AF KYSTBESKYTTELSEN VED ULVSHALE-FÆLLESSKOV

FORUNDERSØGELSE/IDÉOPLÆG

Løsningsforslag s. 41-43 er ikke længere gældende.

Se markering på de nævnte sider.

Tilføjet 14.03.2025

NOVEMBER 2023
ULVSHALE-FÆLLESSKOV DIGELAG

FORUNDERSØGELSE AF KYSTBESKYTTELSEN VED ULVSHALE-FÆLLESSKOV

FORUNDERSØGELSE/IDÉOPLÆG

PROJEKTNR.

A256285

DOKUMENTNR.

RP-002

VERSION

2.0

UDGIVELSESDATO

3-11-2023

BESKRIVELSE

Idéoplæg Ulvshale kyst

UDARBEJDET

KARH/JBUN/PFKL

KONTROLLERET

PFKL/JBUN

GODKENDT

JBUN

INDHOLD

1	Indledning	7
2	Eksisterende forhold	8
2.1	Kystlinjen	8
2.2	Bølgebrydere	11
2.3	Diger	13
2.4	Geotekniske forhold	19
2.5	Terræn og havbund	20
2.6	Miljøforhold	21
3	Indledende projekteringsgrundlag	23
3.1	Vandstand	23
3.2	Bølger	27
3.3	Sikringshøjder	35
3.4	Nedbør	35
3.5	Samtidig af stormflod og længerevarende nedbør	35
4	Forundersøgelse af kystbeskyttelsen	37
4.1	Overordnede løsningsforslag	37
4.2	Erosionsbeskyttelse	37
4.3	Oversvømmelsesbeskyttelse	41
4.4	Samlet klimatilpasning	43
5	Anlægsoverslag	45
5.1	Bølgebrydere	45
5.2	Diger	47

1 Indledning

Efter aftale med Ulvshale-Fællesskov digelag har COWI udarbejdet denne forundersøgelse af kystbeskyttelsen langs digelagets diger. Forundersøgelsen vil primært omhandle etablering af bølgebrydere langs kysten mod nord, men vil også omhandle de udfordringer med vand som kommer dels havoversvømmelse fra nord via havdigerne bag bølgebryderne, fra nedbør og fra Stege Nor via engområderne mod sydvest.

På baggrund af denne forundersøgelse forventes det at digelaget vil have mulighed for at arbejde videre med det økonomiske perspektiv i at få anlagt bølgebrydere ved kysten, samt have mulighed for at beslutte de næste faser for denne del af projektet. Udfordringen med vand fra nord via havdigerne og digerne mod sydvest bliver også prissat. Her forventes det dog at der vil være flere faser frem mod anlæggelsen af digerne, da disse skal opføres indenfor et Natura 2000 område.

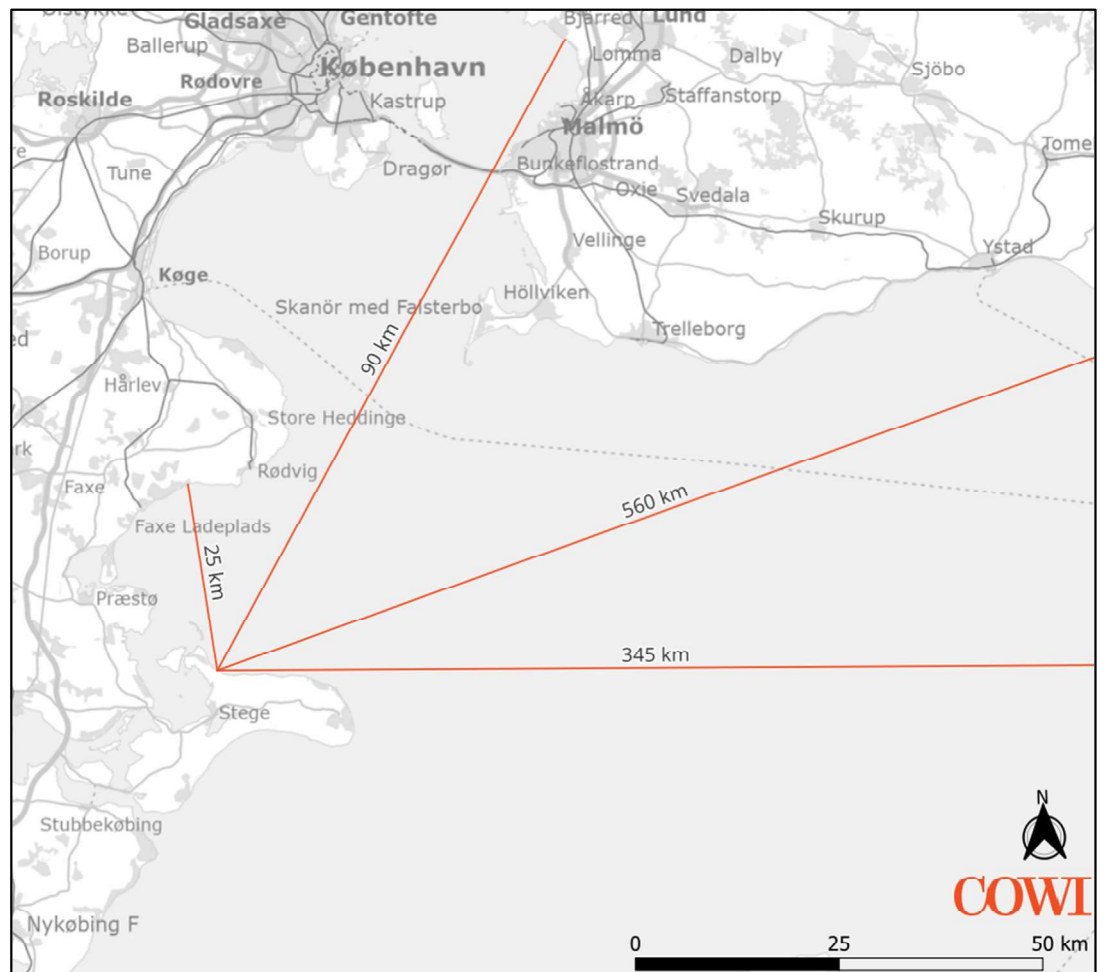
Foruden disse udfordringer er der desuden nuværende havdige mod øst, med evt. renoveringer af denne.

Målet med opdateringen af nuværende beskyttelses-anlæg er på lang sigt fuld optimering af den samlede klimatilpasning med håndtering af erosionsfaren fra bølger, havoversvømmelsesfaren fra nord, øst, sydvest og vest samt håndtering af al nedbør indenfor projektområdet.

Til planlægning og optimering af Ulvshale-projektområdet vil yderligere kommunikation med bl.a. myndighederne være nødvendigt for at tilpasse mulighederne for klimatilpasning på denne strækning i forhold til nuværende udpegning af naturbeskyttelse etc.

2 Eksisterende forhold

Ulvshale Kyst-området består primært af marine og æoliske sand- og grusaflejringer, med underliggende moræneler. Den overordnede sandtransportør i området er bølgeenergien, der forårsager en netto langstransport af sediment fra øst fra Møns klint langs Møns nordkyst forbi Ulvshale og med naturligt aflejringsområde mod nordvest. Det frie stræk i området når op til 560 km, som illustreret i Figur 1. Dette medfører en potentiel meget stor bølgeenergi og dermed oversvømmelsesrisiko i området.



Figur 1 Frit stræk fra Ulvshale Strand

I området Ulvshale findes flere lavtliggende, kystnære boligområder, der er truet af risiko for både kysterosion og oversvømmelser. Området er delvist beskyttet af et etableret dige, samt bølgebrydere. Derudover skal der håndteres vand fra baglandet i form af vand på terræn som følge af episoder med kraftig nedbør.

2.1 Kystlinjen

Ulvshale strand er en del af Møns nordkyst. Kysten er en nedbrydningskyst med nettomaterialetransport i vestlig retning. Denne materialetransport har været holdt ved lige af sediment fra Møns klint og af nedbrud fra kridt- og lerskrænterne langs kysten og de mange rullestensstrande ved havet. For at give et

bedre overblik ved beskrivelse er kystlinjen opdelt i stationer, med nulpunktet ved den østlige grænse af områdets østlige matrikel. Stationsnumrene stiger herefter med meters afstand fra nulpunktet til den østlige ende af Ulvshales erosionsprægede boligområde. Punkterne er afsat ved vegetationsgrænsen og stiger medløbende sedimenttransportens retning, hvilket er fra øst mod nordvest. Punkterne er estimeret til at have samme lokation som stationeringen i tidligere rapporter af Ing. M. Sørensen. Det sidste punkt er 2400 og afgrænses cirka ved østligste matrikel. Dette kan ses på Figur 2, hvor stationsnummer samt bølgebrydernes numre er markeret.



Figur 2 Stationeringsnumre per 200 m samt markering af bølgebrydernes numre

Ved sammenligning af høje målebordsblade fra 1899 med ortofotos af området, ses kyststrækningens udvikling over tid. Etablering af forskellige typer af kystbeskyttelse har været årsag til en forstyrrelse af kystens naturlige ligevægt. Dermed er dele af kysten rykket frem, mens andre er rykket landværts.

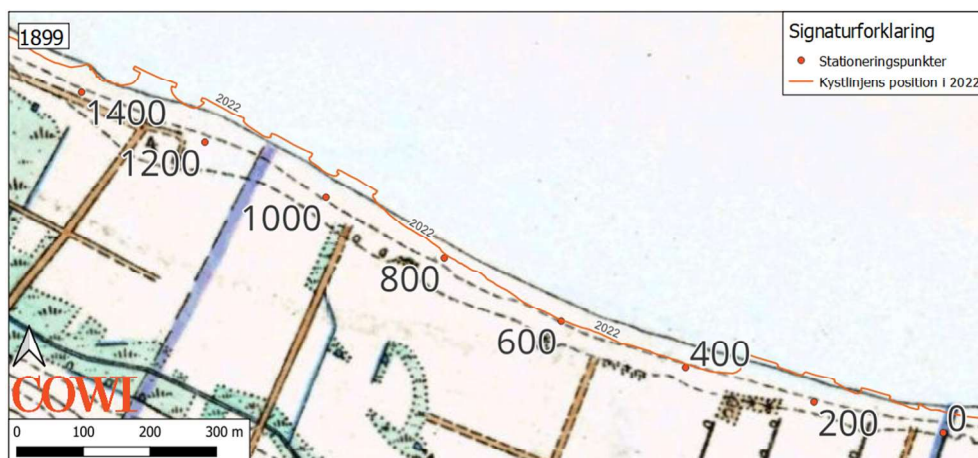
Fremrykningen er bl.a. sket mellem station 950 og 1500 efter etablering af fem bølgebrydere i efteråret 1995. De blev etableret med henblik på at beskytte digefoden, men fungerede ikke efter hensigten. De er derfor senere blevet forlænget. Dette skete i november 2002 for bølgebryder nr. 5, oktober 2004 for bølgebryder 3 og 4 og i 2013 for bølgebryder nr. 2. Derudover blev bølgebrydere 11, 12 og 13 anlagt i 2013, hvormed strækningen mellem st 0 og 450 også er fremrykket med ca. 40 m på ét år, som følge af den tilhørende sandfodring. Alle bølgebrydere undtagen nummer 1 er i dag landfaste, mens der sker en mindre tombolodannelse ved bølgebryder 1.

Figur 3 viser et ortofoto fra 2022, samt kystlinjen i 1899, 1945, 2002 og 2022.



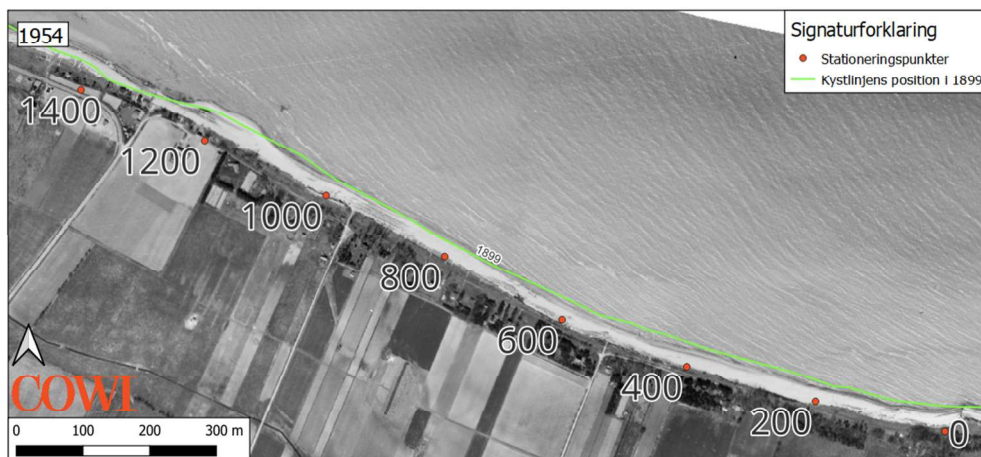
Figur 3 Ortofoto fra 2022 samt kystlinjernes position i området i 1899, 1954 og 2002

Som det fremgår af Figur 3 er strækningerne st. 900-1400 og st. 0-350 rykket frem, mens strækningen st. 350-900 (uden bølgebrydere) er rykket tilbage. Dette er sandsynligvis som følge af den uligevægt som de opførte bølgebrydere har skabt – og den manglende række bølgebrydere mellem Bølgebryder 5 og 11. Dette er især tydeligt ved sammenligningen af kystlinjen 1899 med 2022, hvilket kan ses på Figur 4.



Figur 4 Højde målebordsblade fra 1899 med markering af kystlinjen fra 2022.

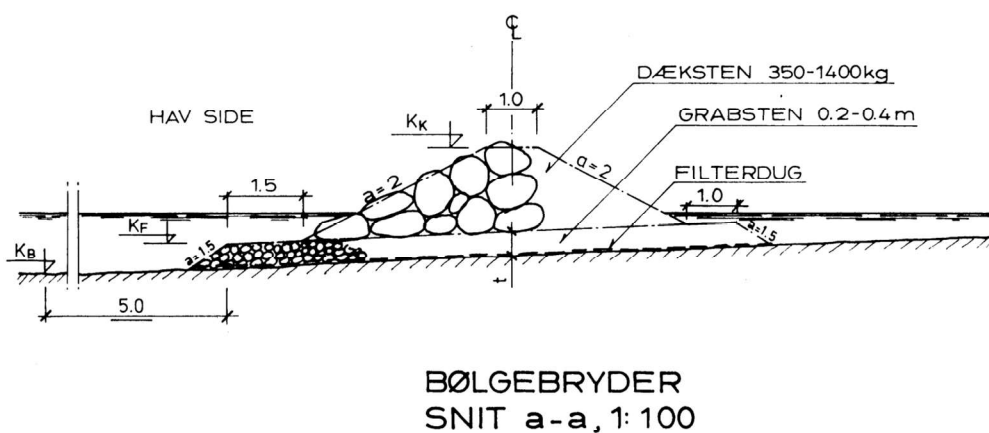
Mellem 1899 og 1954 er etableret en mindre høfde i forbindelse med et åudløb til havet ved station 0 samt små pælehøfder. Da der ikke har været tilgængelige data mellem 1899 og 1954, har det ikke været muligt at registrere mere præcist, hvornår denne høfde blev etableret. Dog kan det ses på Figur 5 nedenfor, at den har været i stand til at påvirke kystens balance, ved at mindske mængden af langtransport vest for station 0. Dermed er der skabt læsideerosion.



Figur 5 Ortofoto fra 1954 og kystlinje fra 1899.

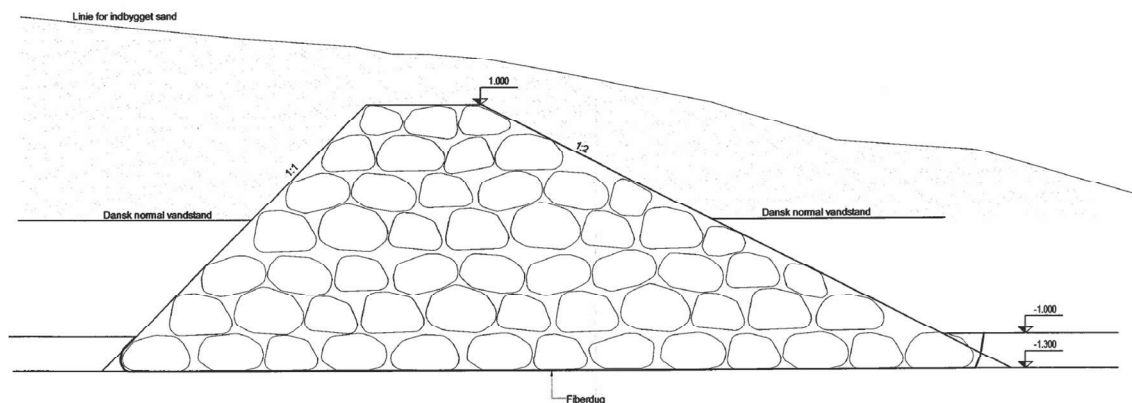
2.2 Bølgebrydere

Da de 5 første bølgebrydere blev etableret i 1995 havde de alle en længde på omkring 40 m og en højde på 1,25 m og en opbygning som illustreret i Figur 6 med kronebredde på 1 m og anlæg 1:2 på hav- og landværts side.



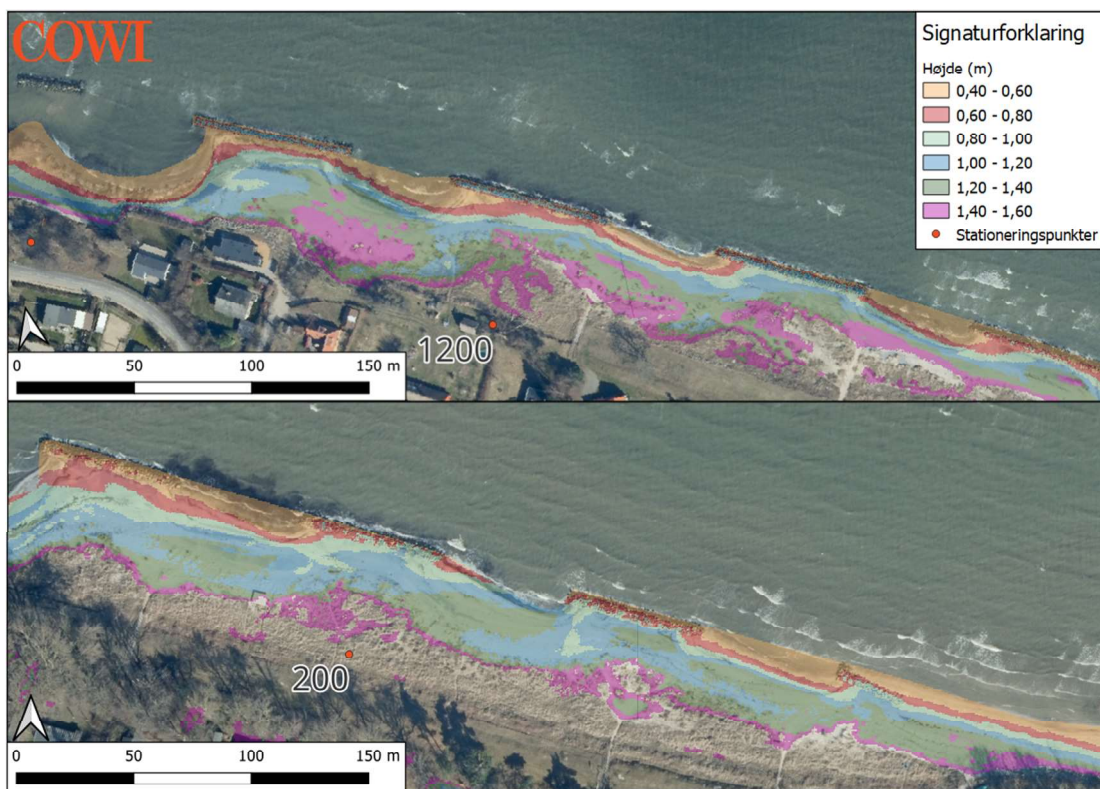
Figur 6 Tværsnit af bølgebryder fra 1995

I 2013 etableredes 3 stk. bølgebrydere. Dette blev gjort ved at først fodre med 30.000 m³ sand og bygge sandet op til kote -1,00. Herefter blev bølgebryderne anlagt med sten i størrelsen 0,4-0,8 m, og de føres ned til kote ca. -1,30 og opbygges til kote +1,00, som illustreret på Figur 7.



Figur 7 Opbygning af bølgebrydere 11, 12 og 13 i 2013.

Det er dog kun enkelte steder, bølgebryderne har holdt samme kote som ved deres anlæggelse. Som illustreret på Figur 8 er der kun enkelte steder, hvor bølgebryderne 11-13 (nederste ortofoto) når en kote +1,00 eller højere. Bølgebryderne 2-4 (øverste ortofoto) ligger alle med højder over kote +1,00, mens bølgebryder 1 og 5 ligger lavere.



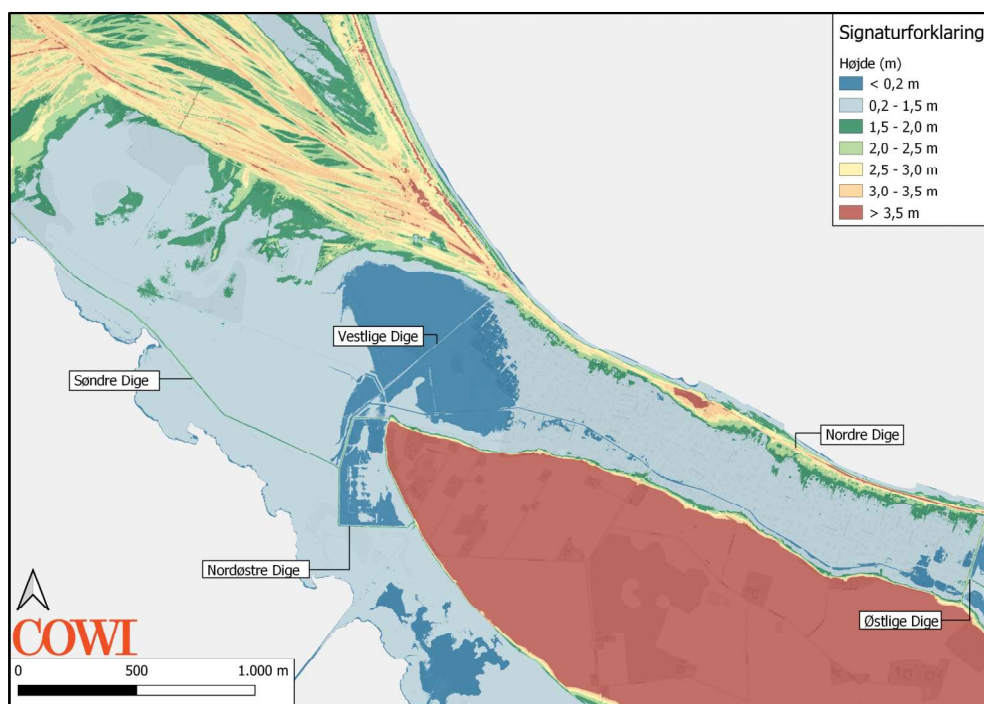
Figur 8 Højden af bølgebryderne - højdemodel fra 2019. Øverste foto viser (fra venstre) bølgebryder 1, 2, 3, 4 og 5. Nederste foto viser (fra venstre) bølgebryder 11, 12, 13 og den østligste landfaste 14

Øst for bølgebryder 13 er den ca. 25 meter lange bølgebryder, der har østligste ende på land og derved minimere erosion bag bølgebryder 11, 12 og 13.

Mellem de to sæt af bølgebrydere findes en række af gamle pæletræ-høfder. Disse er så nedbrudt at de ikke længere kan antages at have en effekt på kystbeskyttelsen.

2.3 Diger

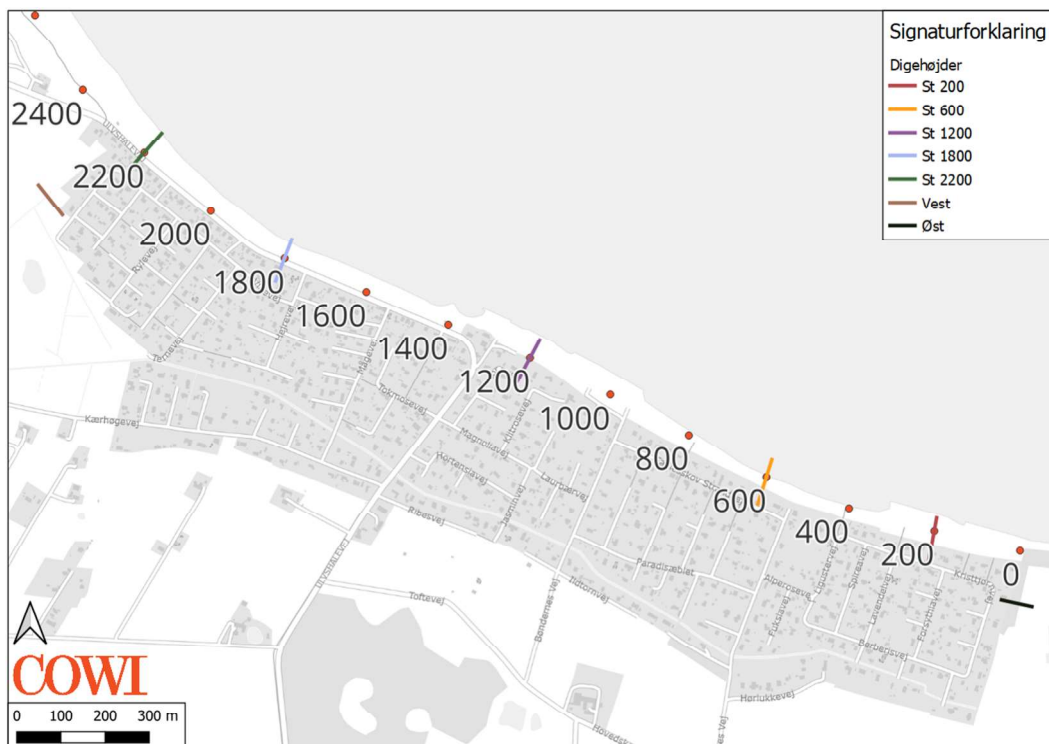
Ulvshale omkranses overordnet af fire diger. Disse er først og fremmest et havdige, kaldet det Nordre dige, der løber langs nordkysten havværts boligerne og landværts bølgebryderne. Derudover findes et østligt og et vestligt dige, der beskytter boligerne fra vand fra hhv. øst og vest. Sidst findes det Søndre samt det Nordøstre Dige, der beskytter mod vandindtrængen fra Stege Nor. Digerne lokationer kan ses markeret på en højdemodel for området i Figur 9.



Figur 9 Landskabshøjden i området. Digerne lokation ses ud fra højden.

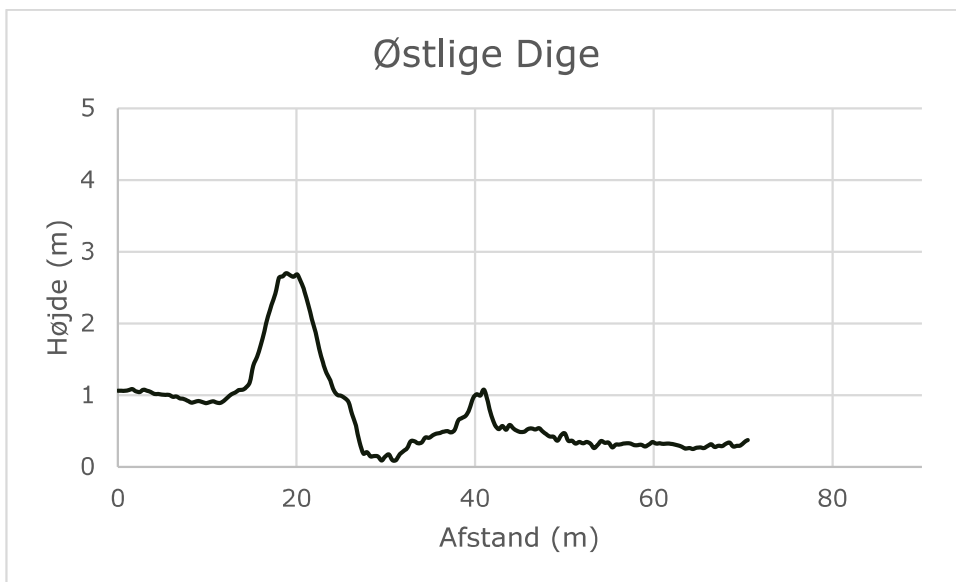
Det Nordre dige ses tydeligt i højden af landskabet. Det Østlige dige kan ses i den østlige del af området, mens det vestlige dige er særligt højt – kun maksimalt 1,5 m DVR90 ifølge denne højdemodel. Det Søndre og Nordøstre dige er langt og potentielt bølgepåvirkeligt samtidig med, at det burde være svært at holde fri for gnavere og ræve, da det er placeret meget isoleret fra boligområder etc.

Digehøjden varierer i højde fra op til 4,00 m ved st. 300 ved det nordlige dige til 0,60 m i den vestlige del af det vestlige dige. For at vurdere digets nuværende tilstand undersøges syv tværprofiler. Deres position er markeret på Figur 10.

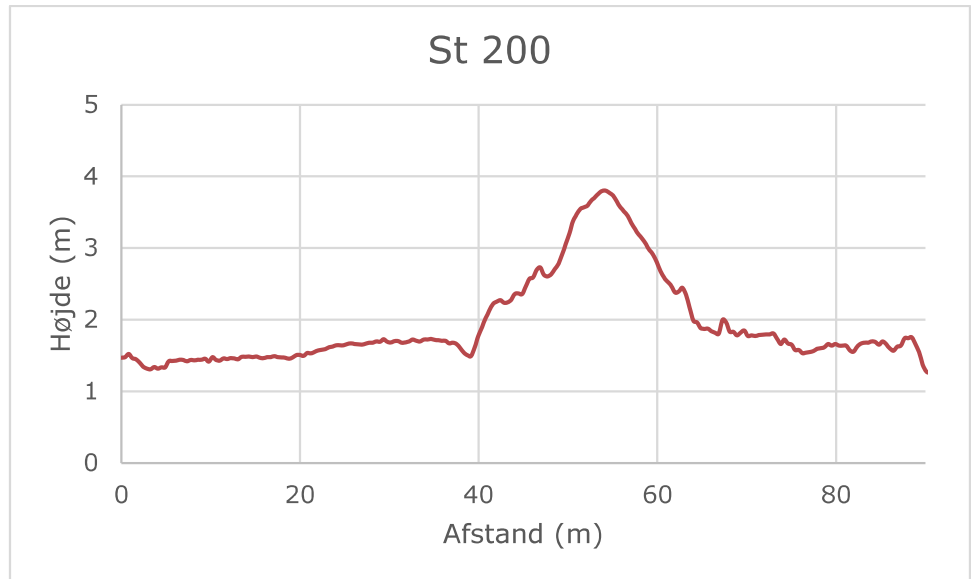


Figur 10 Position af tværsnittene

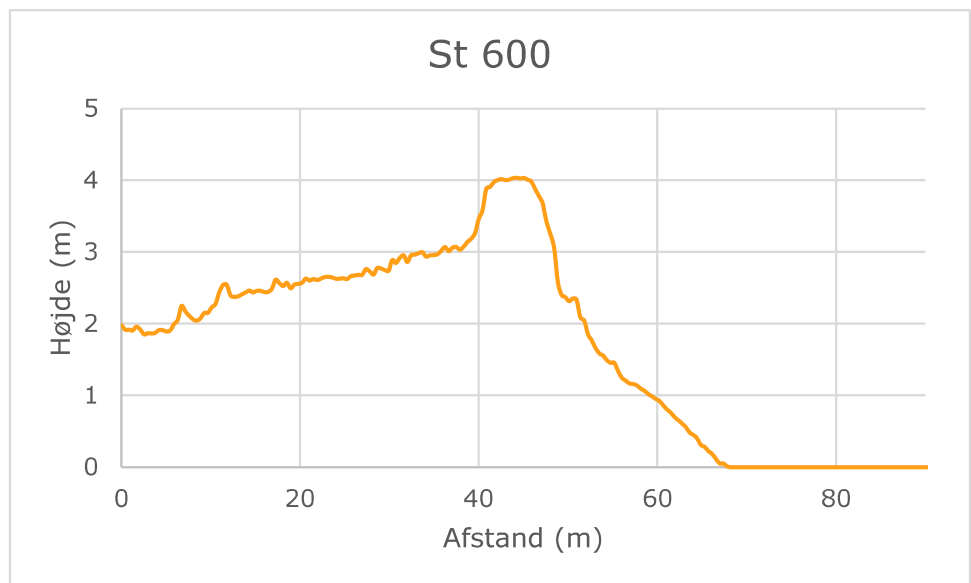
Tværsnittene er fordelt med fem profiler langs havdiget, som ligger vinkelret på kysten, foruden ét i den østlige og ét i den vestlige del. Disse tværsnit ses i følgende Figur 11 til Figur 17.



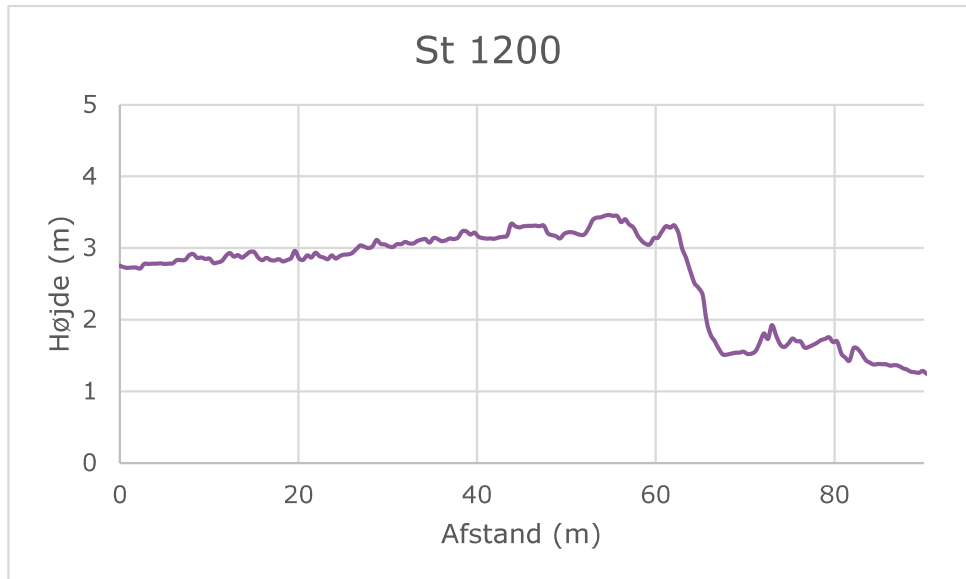
Figur 11 Digets østlige tværsnit



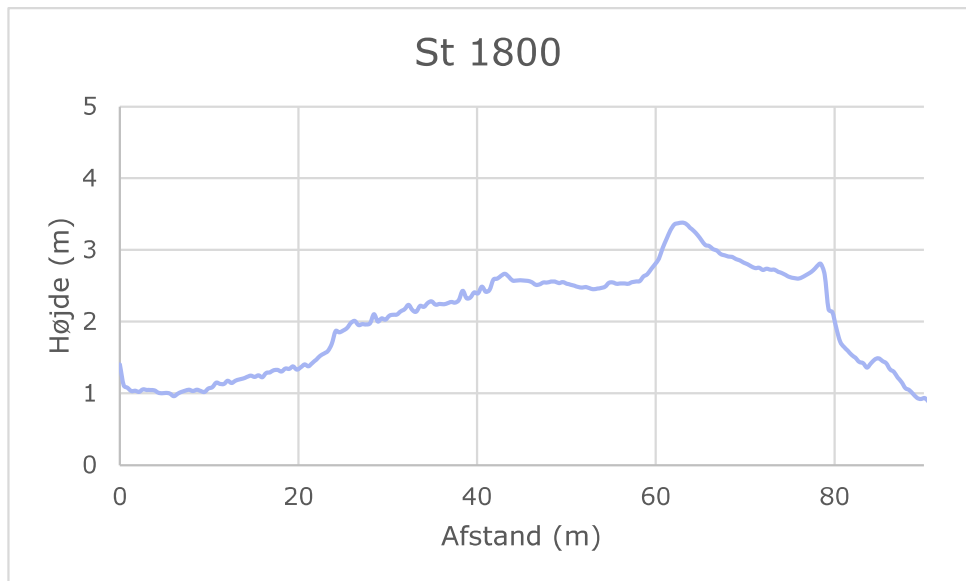
Figur 12 Tværsnit af diget St 200



Figur 13 Tværsnit af diget St 600



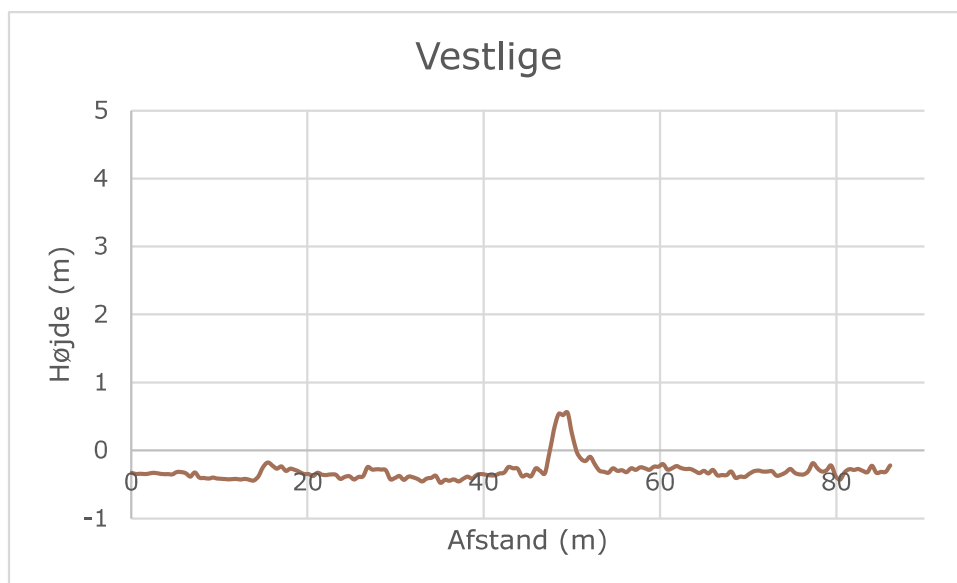
Figur 14 Tværsnit af diget St 1200



Figur 15 Tværsnit af diget St 1800



Figur 16 Tværsnit af diget St 2200



Figur 17 Vestlige diges vestlige tværsnit

Som det fremgår af Figur 11 til Figur 17 varierer højden af diget en del, hvilket bl.a. skyldes lokal erosion. Et eksempel på dette ses bl.a. ved st. 1740, hvor en lokal sti som følge af antropogen erosion ligger lavere end det omkringliggende terræn.



Figur 18 Diget ved st. 1800, set i retning mod sydøst med tydelig nedtrampet sti ved trappen

Foruden den lokale erosion, skyldes højdeforskellene også, at det Vestlige dige er opbygget lavere end det Nordre dige, da det ikke skal modstå bølgepåvirkning i samme grad.

Derudover er stedvist fundet huller i diget, gravet af dyr som f.eks. ræve eller mosegrise, som illustreret på Figur 19.



Figur 19 Gravet hul i diget ved st. 2130

Derudover ses flere steder, hvor den havværts del af Nordre dige har været tydeligt udsat for erosion. Eksempelvis ved st. 1360, hvor det er tydeligt, at den forreste del af diget er blevet eroderet og dermed er en mindre 'skrænt' formet. Dette vises på Figur 20.



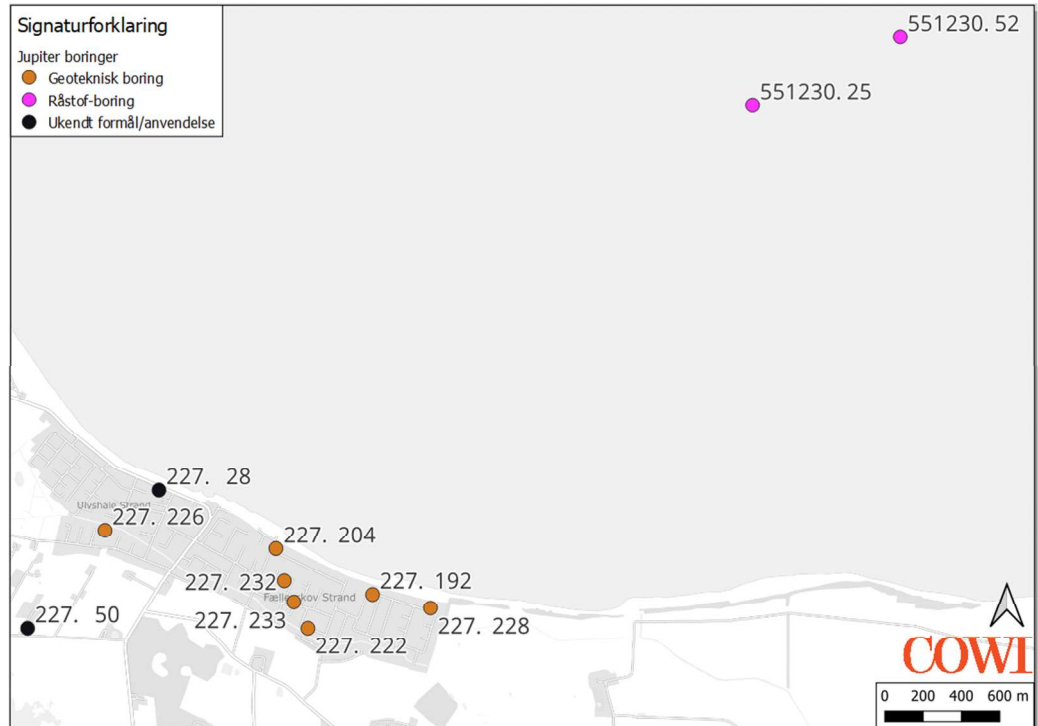
Figur 20 *Digets tilstand ved st. 1360 set i retning mod vest*

Figuren illustrerer derudover den høje vegetation, der findes på diget. De større planterødder, der følger med højere vegetation, er med til at øge digets ustabilitet.

Lokale lavninger, huller, skrænter, samt større planterødder er dermed alle med til at mindske digets sikkerhed og evne til at fungere som kystbeskyttelse.

2.4 Geotekniske forhold

Der er ikke foretaget nogle geotekniske Jupiter borer i selve diget, men de omkringliggende borer, som er illustreret på Figur 21 bruges til at få en idé om jordens opbygning i området. Der anvendes data fra boring 227.28, 227.204, 227.192 og 227.228.

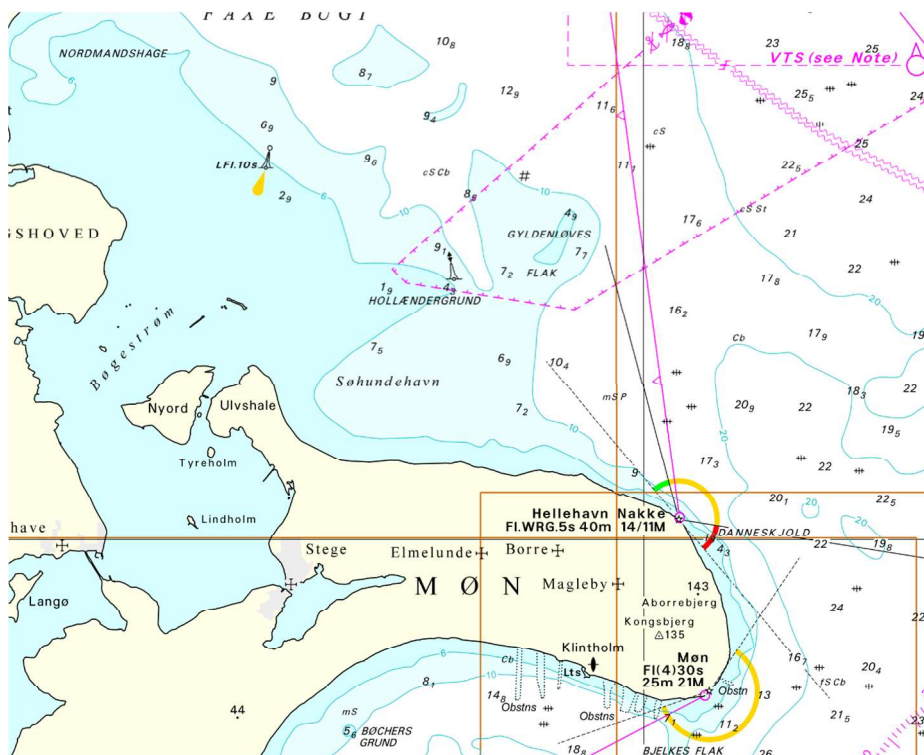


Figur 21 Lokation af de Jupiter boringer i området, der er nærmest diget samt de to havboringer, der er nærmest kysten

Der er en generel tendens i området til, at der findes sand indtil ca. 0,6 m.u.t. (meter under terræn). Dette er i boring 227.204, som er tættest på diget, blandet med rester af affald som f.eks. glasskår. Dette kan indikere, at selve diget også delvist er bygget op af affald blandet med forskellige jordarter. Herunder findes der ler, hvilket dog starter på forskellige dybder. Leret er flere steder kalkholdigt moræneler. Flere steder findes også vandførende sand under eller imellem lerlag.

2.5 Terræn og havbund

Der er foretaget to Jupiterboringer i bugten ud for Ulvshale boring 551230.52 (grab sample) og 551230.25 (vibercore). Lokationerne af disse boringer er illustreret på Figur 21. Ved sammenligning med Figur 22 ses det, at prøverne er taget på ca. 7 meters havdybde.



Figur 22 Søkort nord for Møn (© Geodatastyrelsen – 320-0003)

På begge lokationer består overfladen af havbunden af postglaciale saltvands-sand. I boring 551230.52 beskrives sandet som fint, gråbrugt og svagt kalkholdigt. Derudover indeholder det en smule gytje. I boring 55120.25 fandtes på 0,97 m.u.t. tørv og fra 1,19 m.u.t. og nedefter fandtes ler.

Fra kysten til 6m dybdekurven er ca. 1170m, svarende til en gennemsnitlig havbundshældning på 1:195 ved kysten.

2.6 Miljøforhold

Den vestlige del af Ulvshale (fra ca. st. 1300) hører under et Natura 2000 område, som illustreret i Figur 23.

Som markeret på Figur 23, ønskes en del af habitat-området reduceret, særligt nuværende boligområder, men EU har siden 2018 endnu ikke taget stilling til Danmarks ønske om reduktion. Derfor er området stadig Natura 2000 Habitat-område.



Figur 23 Natura 2000 samt reduktion af Ramsarområde ved Ulvshale med nyeste ortofoto fra forår 2022

Dele af kystbeskyttelsen ligger indenfor eller på grænsen til habitatområdet. Bølgebryder 1 ligger helt inde i Habitat-området, mens bølgebryder 2 er delvist dækket af det, som illustreret på Figur 24. Bølgebryder 2 blev i 2013 udvidet med 40 m inde i selve habitatnaturen.



Figur 24 Området mellem st. 1100 og 1500, med markering af Natura 2000 områdets grænse. Det ses at bølgebryder 1 og 2 (hhv. nr. 1 og 2 fra venstre) hører helt eller delvist under Natura 2000 området.

3 Indledende projekteringsgrundlag

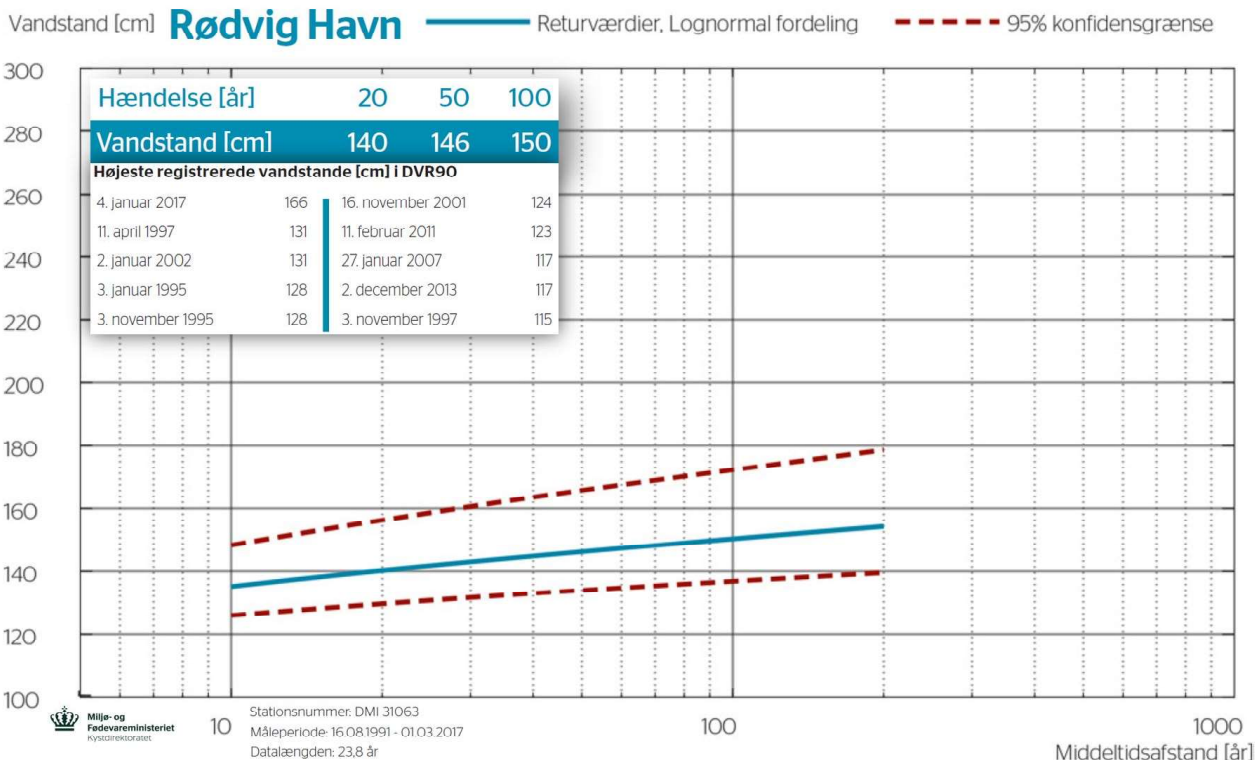
3.1 Vandstand

3.1.1 Stormhændelser

Stormfloden i 1872 nåede ved Nyord en vandstand svarende til omkring 3,17 m DVR90 i dag (Kystdirektoratet, 2011). Efter stormfloden i 1872 blev kystdiget ved Ulvshale anlagt til en minimumshøjde på 3,3 m DNN (Dansk Normal Nul => 3,3 m DNN -0,089 m på Møn) = 3,211 m DVR90. Under stormfloden 1. januar 1922 nåede vandstanden i Rødvig Havn ca. 149 cm DVR90.

Øvrige højvandshændelser i nyere tid inkluderer den stille stormflod den 4. januar 2017 med maksimalvandstand på 1,66 m DVR90 og stormfloden af 2. januar 2019, hvor vandstandene i Rødvig Havn blev målt til 1,33 m DVR90. Ved den nye højeste hændelse fra 20. oktober 2023 havde Rødvig Havn en målt maksimalvandstand på 1,69 m DVR90. De tre nye hændelser svarer statistisk til henholdsvis omkring en 1.000 års middeltidshændelse i 2017, omkring en 9 års hændelse i 2019 og omkring en 2.000 års hændelse i 2023 ifølge Kystdirektoratets højvandsstatistik fra 2017, se Figur 25. Det er altså to statistiske 1000-års hændelser, der er indtruffet med 6 års mellemrum i nyere tid i området.

Middeltidshændelser



Figur 25 Kystdirektoratets højvandsstatistik 2017 for Rødvig Havn uden historiske hændelser

I 2017 bad Realdania, COWI om en højvandsstatistik der medtager de mange gamle historiske storme, og på den baggrund er der udgivet en højvandsstatistik med historiske hændelser for Danmark, se Figur 26.

Byer	Hændelser	2014	2050	2100	2120
Køge	10	133	153	197	220
	20	147	167	211	234
	50	174	194	238	260
	100	209	229	273	295
	250	270	290	334	357
	500	321	341	385	407
	1000	376	396	440	463
	2000	418	438	482	505

Figur 26 COWI Højvandsstatistik for Køge inklusiv historiske hændelser og tillagt IPCC's bud på fremtidens havspejlsstigninger ved forskellige middeltids-hændelser, (COWI, 2017)

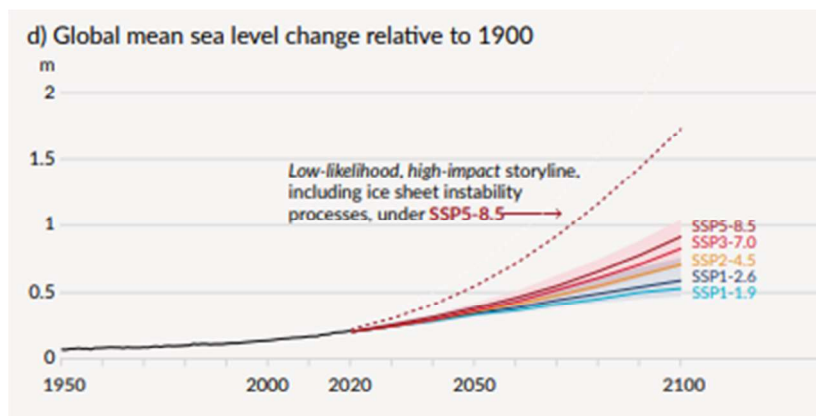
Ved at medtage de gamle historiske hændelser falder middeltidshændelserne for de seneste års høje vandstande i Kystdirektoratets højvandsstatistik fra en statistisk 1000+års middeltidshændelse til COWIs højvandsstatistik til omkring 2 x 30 års hændelser, se Figur 26.

Det er ikke til at forudsige, hvornår den næste ekstreme stormflod indtræffer, men der er risiko for, at de vil indtræffe hyppigere i fremtiden, da klimaforandringerne ikke alene medfører havvandstigning, men også forventet stigning i ekstreme vejrhændelser.

3.1.2 Havspejlsstigning

Ifølge FN's Klimapanel, IPCC, vil klimaforandringer medføre havspejlsstigninger og dermed permanent øget vandstands niveau i verdenshavene og derved også ved nordlige del af Møn i Østersøen. Derudover vil de samme stormfloder, der tidligere er blevet oplevet som sjældne og voldsomme, forekomme oftere og oftere – næsten årligt grunden den højere middelvandstand i fremtiden.

IPCCs nyeste fremskrivninger for forventede fremtidige havspejlsstigninger er fra marts 2023, se Figur 27. Det ses på grafernes spredningsvifter, at usikkerheden for fremskrivningen stiger med tiden.

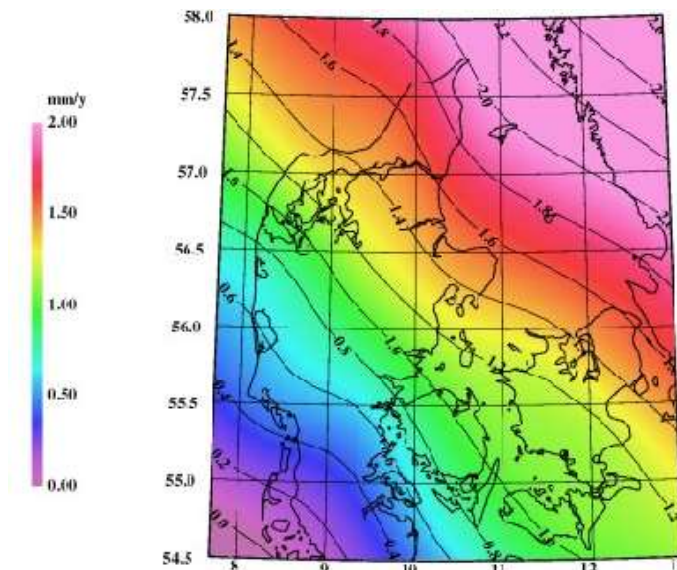


Figur 27 IPCCs seneste fremskrivning for global havspejlsstigning for forskellige emissionsscenerier for drivhusgasudledning. Nulpunktet er den globale havvandsstand i år 1900. Grafernes buffer illustrerer usikkerheden for hvert scenarie (IPCC, AR6 Synthesis Report - Climate Change , 2023).

Herfra medtages den mest konservative fremskrivning, SSP5-8.5, "Business-as-usual"-scenariet, med 'very high emissions'. Dette er scenariet, som DMI anbefaler til sikringsniveau-beregning efter år 2050. Havniveauet ved scenariet SSP5-8.5 i AR6 er beregnet fra IPCC til +29.2 cm i 2050 og +79.4 cm i 2100 for middelscenariet.

3.1.3 Landhævning

Eftersom landet hæver sig, og har gjort det siden seneste istid, modvirkes det stigende vandspejl en smule, se Figur 28.



Figur 28 Landhævningen i Danmark målt i mm/år

På Figur 28 ses landhævningen i Danmark målt i mm/år. Ved aflæsning fås, at nordlige Møn oplever en årlig landhævning på ca. 1,2 mm/år.

I modsætning til havspejlsstigningen, der øges år for år, så forventes landhævningen at være ens de næste mange årtier. Dermed bliver landhævningen mindre betydningsfuld fremover i forhold til havspejlsstigningen.

3.1.4 Dimensionsgivende vandstand

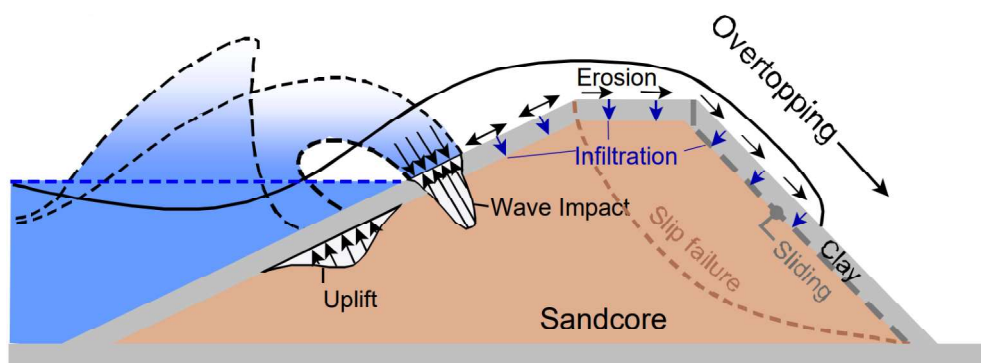
Den klimabetingede havspejlsstigning er beregnet fra IPCC's seneste rapport AR6 til 29,2 cm i 2050 og 79,4 cm i 2100 for middelværdien af SSP5-8.5 scenariet.

Det er valgt at bruge højvandsstatistik for Rødvig Havn, da denne station ligger relativt nær Ulvshale og må formodes at opleve vandstande i samme niveau da begge områder ligger eksponeret mod vinde fra øst. Sikringsniveauerne er således beregnet ud fra Kystdirektoratets beregnede middeltidshændelser for Rødvig Havn fra 2017 (Kystdirektoratet, 2019). Sikringsniveauerne er klimafremskrevet til 2050, 2075, 2100 og 2125 svarende til levetider på ca. 25, 50, 75 og 100 år ved anlægsstop 2025. Havspejlsændringerne er beregnet fra IPCC's klimafremskrivninger og modregnet for den oplevede landhævning siden 2017, hvor stormflodsstatistikken er fra. De i tabellen anførte sikringsniveauer tager ikke højde for bølgebidrag.

Tabel 1 Sikringsniveauer for forskellige årstal og middeltidshændelser (MT) målt i cm DVR90 (Kystdirektoratet, 2019), (COWI, 2017), (IPCC, AR6 Synthesis Report - Climate Change, 2023).

År	MT20 KDI 2019	MT50 KDI 2019	MT100 KDI 2019	MT100	1872 storm- flod
				COWI 2017	
2017	140	146	150	209	317
2050	165	171	175	234	342
2075	185	191	195	254	362
2100	209	215	219	278	386
2125	239	245	249	308	416

Bølger er dog ikke ubetydelige, eftersom de kan føre til digebrud pga. erosion på digets forside under bølgeslag, eller erosion på bagsiden som følge af bølgeoversky, se Figur 29.



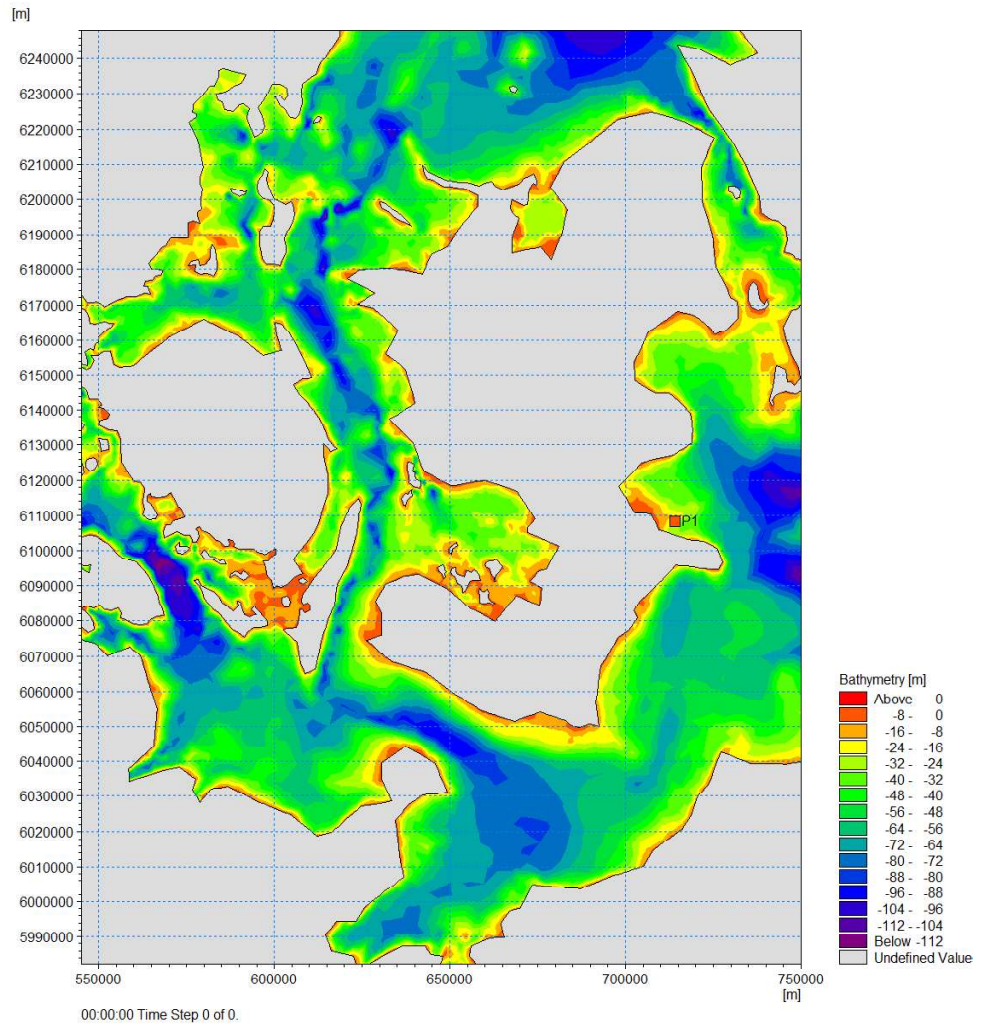
Figur 29 Illustration af overskyl og erosion af et dige

Bølgeoverskyl kan føre til at digekronen og bagsiden eroderer og lerlaget løsnes. Bølgeoverskyl i sig selv er normalt ikke af en størrelse, som kan give anledning til store oversvømmelser, men overskyllet kan føre til høje strømhastigheder på digets krone, og ned af dets bagside, som vist i Figur 29.

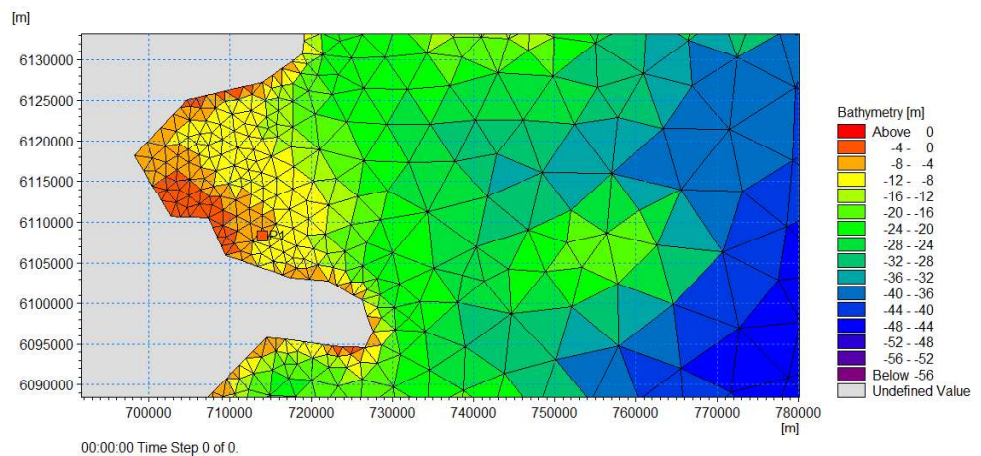
3.2 Bølger

Fra COWIs Østersø-model er udtrukket en bølge tidsserie fra et punkt ud for Møns nordkyst. Bølgetidsserien strækker sig fra 1995 til 2018. Modellen leverer en grov vurdering af bølgeforholdene i Østersøen. Østersøen er blevet inddelt i et grid, som ikke kan levere bølgerne præcist ved kysten da gridet ikke er tilstrækkeligt fint til dette.

Det fremgår f.eks. via Figur 30 og Figur 31, hvor Møn, Lolland og Falster går i ét med Sjælland. Bølgeforholdene som udtrækkes af denne Østersø-model kan derfor kun benyttes som et indledende studie i bølgeforholdene ud for Møn. En mere detaljeret bølgemodel er nødvendig når en senere projektering af kystbeskyttelsen ved Ulvshale-fællesskov skal færdiggøres.

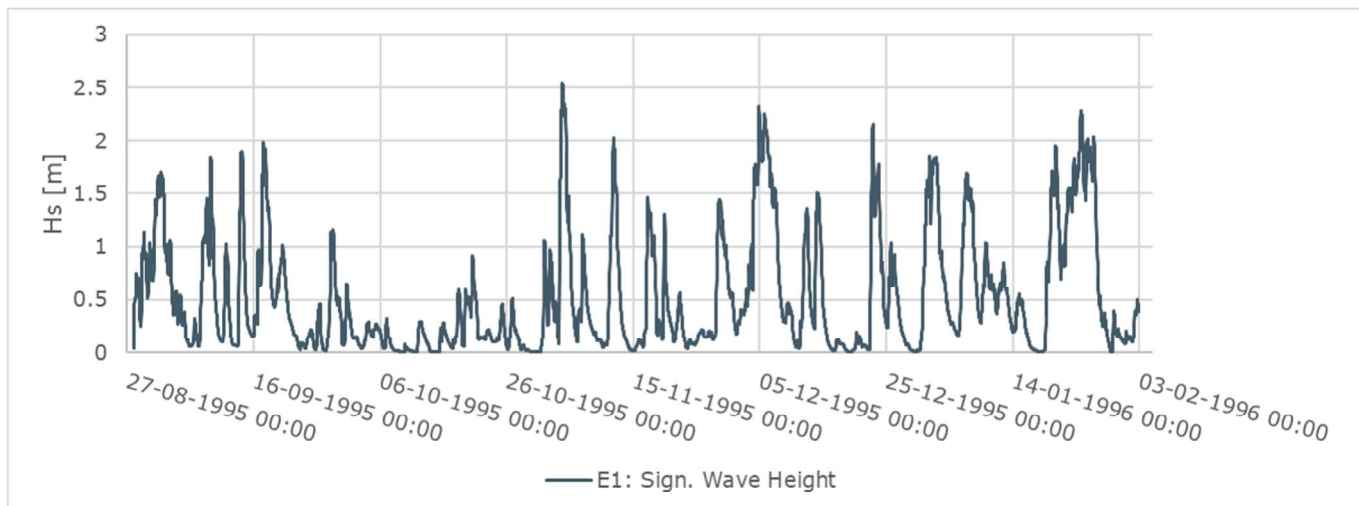


Figur 30 Batymetri i Østdanmark

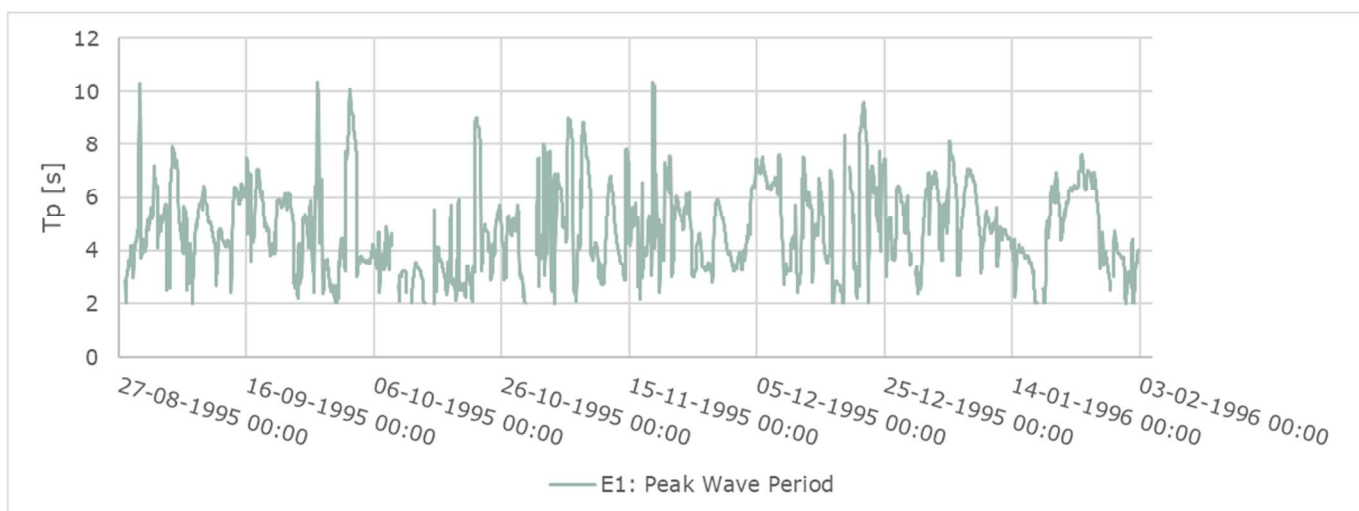


Figur 31 Batymetri i området ud for Ulvshale

På Figur 32 og Figur 33 er vist et udsnit af en tidsserie for den signifikante bølgehøjde (H_s), og bølge peak perioden (T_p). Den signifikante bølgehøjde er defineret som den højeste 1/3 af bølgerne over en måleperiode. Større bølgehøjder medfører højere bølgeenergi og det er denne energi som er med til at erodere kysten og potentielt kan ødelægge diget.



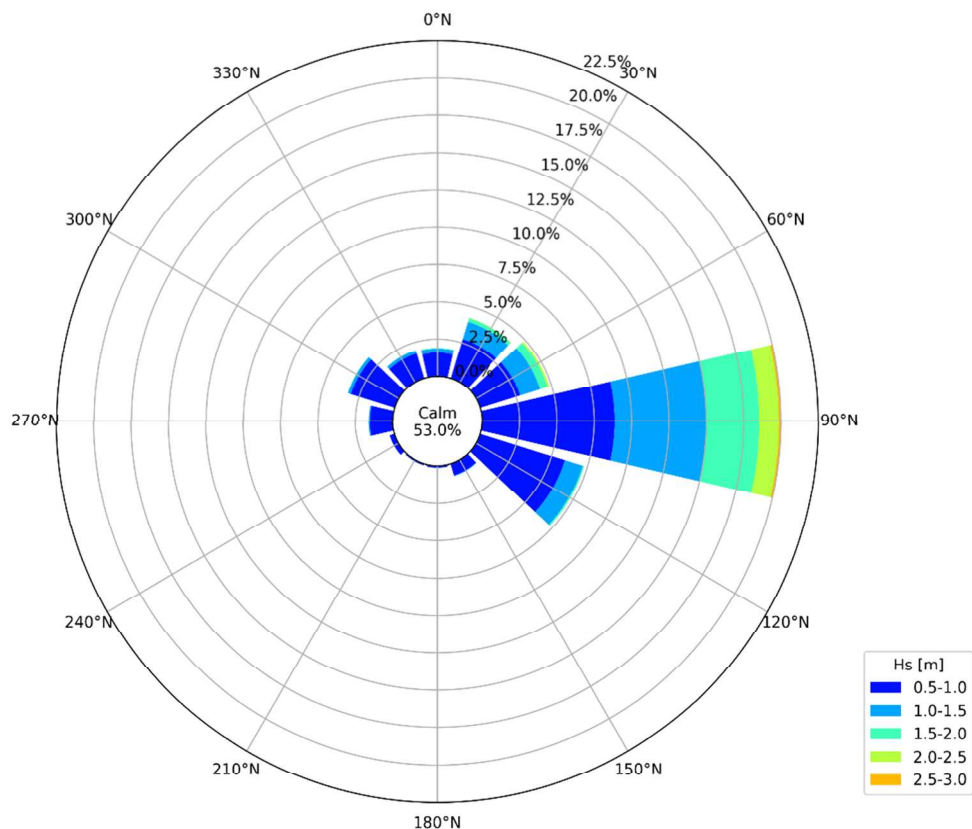
Figur 32 Udsnit af tidsserie for den signifikante bølgehøjde (H_s).



Figur 33 Udsnit af tidsserie for bølge peak perioden (T_p).

3.2.1 Bølgerose

Fra den udtrukne tidsserie er det muligt at lave en bølgerose som viser størrelsen og retningen for bølgerne ud for Ulvshale-fællesskov. Som det fremgår af Figur 34, så er der ca. halvdelen af tiden rolige bølgeforld ($H_s < 0,5\text{m}$). De største bølger kommer fra nordøst til østlig retning, og der optræder oftest bølger fra østlig retning – de er den primære årsag til langtransport langs Møns nordkyst med materiale transporteret fra Møns Klint forbi Ulvshale til aflejring ved Nyord. På bølgerosen fremgår det også, at der kommer bølger fra landsiden, dette er de mindre bølger som kan opstå fra kysten og ud til udtrækspunktet i tilfælde af fralandsvind.

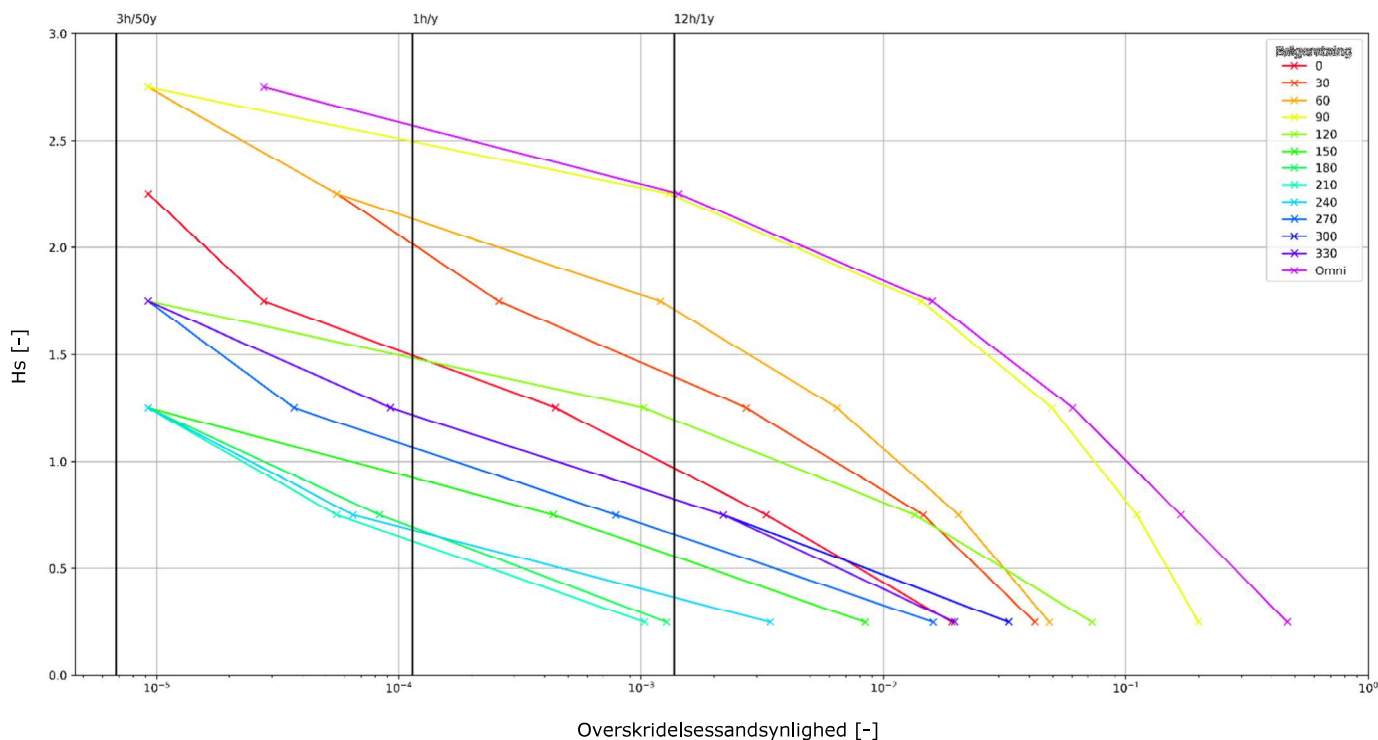


Figur 34 Bølgerose for Ulvshale

3.2.2 Dybvandsbølger

Bølgetidsserien kan benyttes til at lave en overskridelsesanalyse, hvor der undersøges, hvilke sandsynligheder der er for en given signifikant bølgehøjde. Dette sammenholdes med sandsynligheden for en given hændelse. På Figur 35, sammenlignes bølgenes overskridessandsynlighed med sandsynligheden for en stormhændelse, der forekommer 3 timer over en 50-årig periode, samt en 1 times hændelse over en 1-årig periode. Til sidst sammenlignes også med en 12 timers periode over et år, denne hændelse benyttes bl.a. til at vurdere den generelle bølgeeksponering af stranden ift. til kvaliteten af denne.

På baggrund af Figur 35, er der estimeret bølgehøjder for de 3 hændelser, og bølgehøjderne fremgår af Tabel 2.



Figur 35 Overskridelsessandsynlighed for Hs for forskellige bølgeretninger. "Omni" er alle retninger.

Tabel 2 Bølgehøjder for forskellige overskridelsessandsynligheder.

Bølgeretning [°N]	Signifikant bølgehøjde, Hs [m]		
	3 timer/50 år	1 time/år	12 timer/år
Omni	2,9	2,6	2,3
0	2,2	1,6	1,0
30	2,7	2,0	1,4
60	2,7	2,2	1,7
90	2,8	2,5	2,2

For at kunne vurdere bølgenes længde, er det nødvendigt at kende forholdet mellem bølgehøjde og bølgeperiode. På Figur 36, fremgår bølgehøjderne og perioderne fra tidserien. På figuren er lavet en estimeret relation mellem bølgehøjde og bølgeperiode:

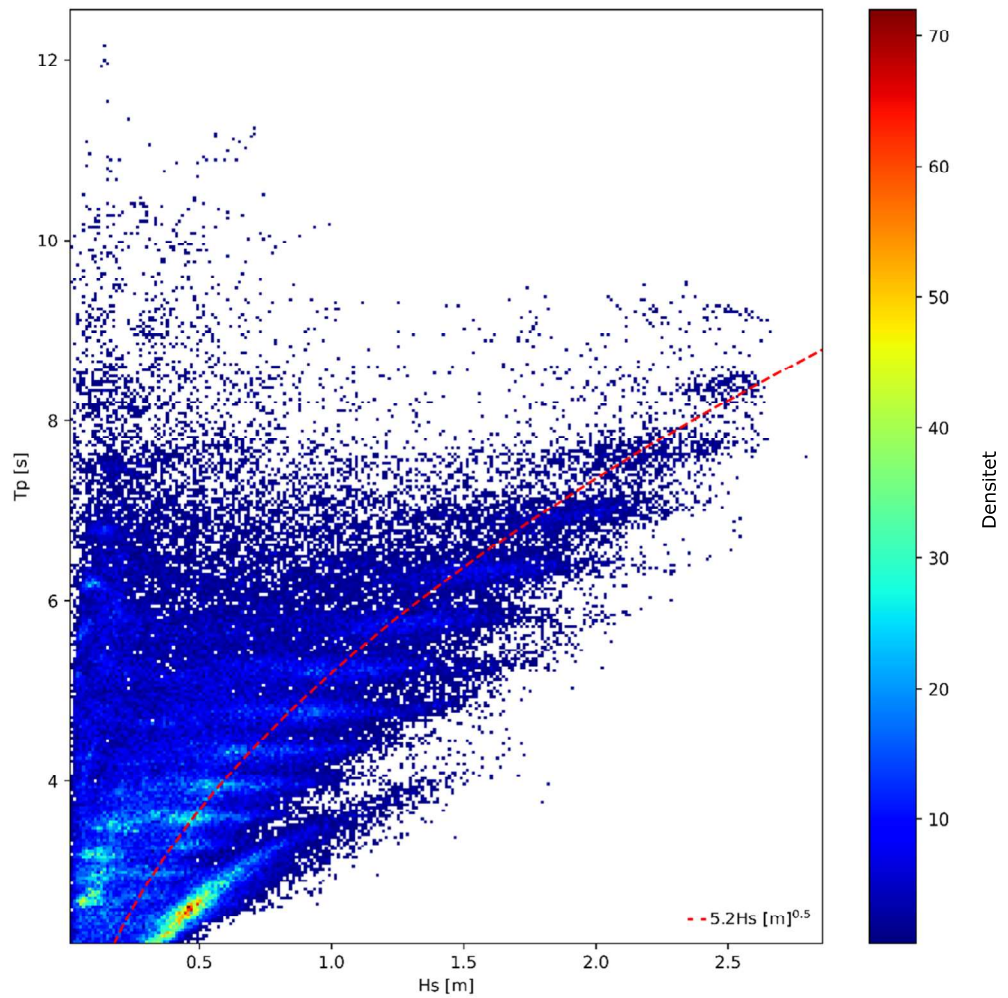
$$T_p = 5.2H_s^{0.5}$$

hvor:

T_p er bølgens peak periode

H_s er bølgens signifikante bølgehøjde

På baggrund af relationen mellem bølgehøjde og periode fås de i Tabel 3 angivne peak bølgeperioder.



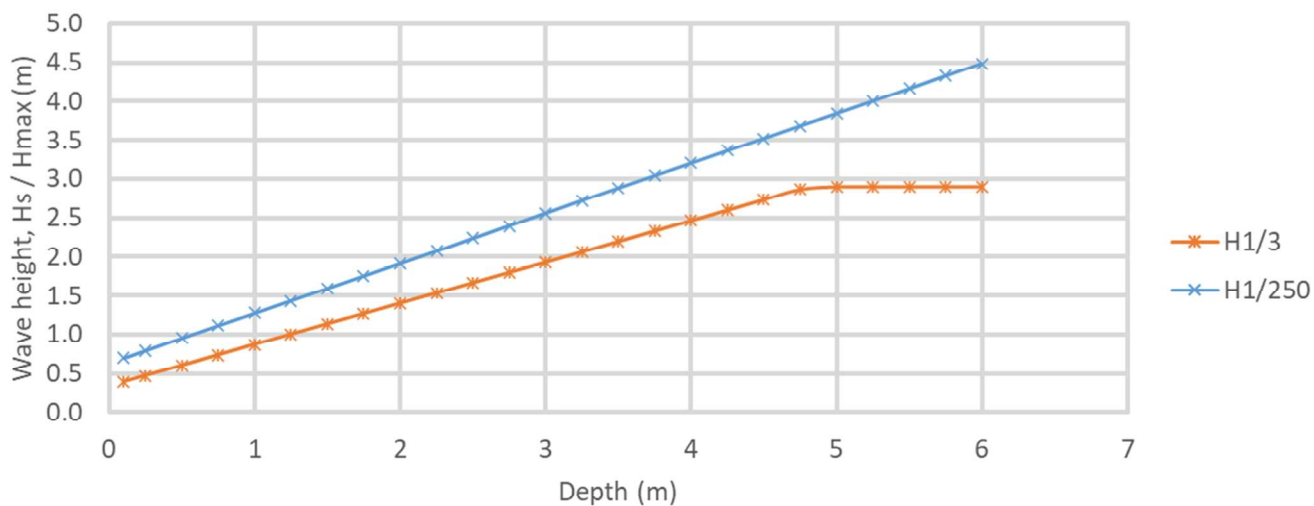
Figur 36 Scatter figur for H_s og T_p . Angivet på figuren er en relation mellem T_p og H_s .

Tabel 3 Tilhørende bølgeperioder for bølgerne i Tabel 2.

Bølgeretning [°N]	Peak bølgeperiode T_p [s]		
	3 timer/50 år	1 time/år	12 timer/år
Omni	8,9	8,4	7,9
0	7,7	6,6	5,2
30	8,5	7,4	6,2
60	8,5	7,7	6,8
90	8,7	8,2	7,7

3.2.3 Bølgetransformation fra dybt til lav vand

Når bølgerne bevæger sig fra dybere vanddybder til lav vanddybde, vil bølgerne begynde at bryde og reduceres i bølgehøjde. Figur 37 viser, hvordan bølgerne nedbrydes, når de nærmer sig kysten.



Figur 37 Bølgetransformation fra dybt til lavt vand for 50 års bølgen for alle retninger. H1/3 er den signifikante bølgehøjde og H1/250 betragtes som den maksimale bølgehøjde.

Når bølgerne bevæger sig mod kysten, er de med til at øge vandstanden lokalt ved kysten, såkaldt bølgestuvning. Bølgestuvningen svarer til ca. 20% af den signifikante dybvandsbølgehøjde. Dette vil for 50 årshændelsen betyde en bølgestuvning på ca. 0,6m.

3.2.4 Bølger til indledende projektering

På baggrund af Figur 37 er det muligt at vurdere de bølger som kystbeskyttelsen skal projekteres for. Når vanddybden skal vurderes til Figur 37, er det nødvendigt at medtage vandstandsforholdene, da den højere vandstand vil kunne lede til højere bølgehøjder.

Ved brug af vandstandene fra Tabel 1 er det muligt at bestemme den signifikante og maksimale bølgehøjde. De forskellige vandstandsniveauer giver de i Tabel 4 og Tabel 5 viste bølgehøjder for henholdsvis et havbundsniveau på -1m og -2m.

For bølge-parametrene til projektering af bølgebryderne medtages der ikke bølgestuvning, da stuvningen antages at forekomme mellem diget og bølgebryderne.

Tabel 4 Den signifikante bølgehøjde og maksimale bølgehøjde relateret til levetiden og middeltidshændelsesperioden. Bølgehøjderne er udregnet for et havbundsniveau på -1m, og ved brug af Figur 37.

MT - vandstand	20 års MT		50 års MT		100 års MT	
År	H _s	H _{max}	H _s	H _{max}	H _s	H _{max}
2017	1.6	2.2	1.6	2.2	1.7	2.2
2050	1.7	2.3	1.8	2.4	1.8	2.4
2075	1.9	2.5	1.9	2.5	1.9	2.5
2100	2.0	2.6	2.0	2.7	2.0	2.7
2125	2.1	2.8	2.2	2.8	2.2	2.9

Tabel 5 Den signifikante bølgehøjde og maksimale bølgehøjde relateret til levetiden og middeltidshændelsesperioden. Bølgehøjderne er udregnet for et havbunds niveau på -2m, og ved brug af Figur 37.

MT - vandstand	20 års MT		50 års MT		100 års MT	
	H _s	H _{max}	H _s	H _{max}	H _s	H _{max}
År						
2017	2.1	2.8	2.2	2.9	2.2	2.9
2050	2.3	3.0	2.3	3.0	2.3	3.0
2075	2.4	3.1	2.4	3.1	2.4	3.2
2100	2.5	3.3	2.5	3.3	2.6	3.3
2125	2.7	3.5	2.7	3.5	2.7	3.5

3.3 Sikringshøjder

Uden bølgepåvirkning er sikringsniveauet 1872 + havniveauet i år 2075 svarende til 3,62 m DVR90 for de indre diger.

De bølgepåvirkede del af Ulvshale har sikringshøjden 1872 + havniveauet år 2075 svarende til 3,62 m DVR90 tillagt bølgetillægget på 1,2 m = 4,80 m DVR90

3.4 Nedbør

Den varmere atmosfære i et fremtidigt klima kan indeholde mere vanddamp og derved forventeligt mere nedbør. I fremtiden forventes særligt vinterne nedbøren at øges med omkring 40% og vil kun falde meget sjældent som sne.

Om sommeren i fremtiden forventes nedbøren at falde primært som skybrud efterfulgt af tørkeperioder. Allerede nu oplever vi at der kommer samme mængde nedbør om sommeren – dog kun ved 2-3 skybrud om måneden og ellers tørkeperioder. Denne tendens forventes at fortsætte og eskalere i fremtiden.

3.5 Samtidighed af stormflod og længerevarende nedbør

Nedbør om sommeren i form af skybrud har ikke sammenfald med stormflod.

Derfor fokuseres kun på vinterne nedbør som har stort forventet sammenfald med stormflod eller høj ydre vandstand. De senere år har flere områder af Danmark oplevet episoder med ualmindelig høj vinterne nedbør – f.eks. 176 mm i februar

2021 i Haderslev samtidig med at der var længerevarende østenvind og derved lokal høj vandstuvning i området.

I fremtiden forventes det at vinternedbøren tiltager med omkring 40%, og når havniveauet samtidig stiger og stormfloderne forventes at blive hyppigere og kraftigere – så forventes sandsynligheden for samtidighed af vinternedbør og høj vandstand eller stormflod at stige!

4 Forundersøgelse af kystbeskyttelsen

Kystbeskyttelse er en paraplybetegnelse for både erosion, der er drevet af pålandsbølgers ødelæggende kræfter, og havoversvømmelse, der drives af vandstandshævningen under en stormflod.

Dertil skal tillægges "klimapåvirkningen" der dels er forventet stigning i både bølgehøjde og maksimalvandstand grundet havspejlsstigningen samt de andre afledte klimapåvirkninger som øget nedbør, højerestående grundvand og samtidigheds-fænomenerne.

4.1 Overordnede løsningsforslag

Den overordnede løsning er at frigøre Ulvshale boligområde fra "alle slags vand" – derved menes at Ulvshale boligområde lokalt populært skal opfattes som et stort badekar. Området får høj ensartet "badekars-kant" i form af diger, der skal håndtere de fremtidige stormfloder med høj vandstand kombineret med havspejlsstigning.

Til håndtering af de indfaldende bølger anlægges bølgedæmpende bølgebrydere med bagvedliggende højtliggende strand, der hvor de mangler i dag og der anlægges samme terrænhøjder mellem bølgebrydere og havdiger langs hele strækningen.

"Badekarret" skal forsynes med udløbspunkter til gravitationelt udløb samt pumper mod øst og vest for at sikre afstrømning både i hverdagen og at nedbørsvand kan fjernes effektivt fra området i tilfælde af både skybrud og længerevarende vinternedbør samtidig med høj ydre vandstand – samtidig skal der anlægges lavninger og mindre grøfter, der hurtigt får nedbørsvandet ned i den nuværende store øst-vest-gående grøft i stedet for ind i boliger.

4.2 Erosionsbeskyttelse

4.2.1 Bølgebrydere

For at bestemme den stenstørrelse som er nødvendig for at modstå de dimensionsgivende bølger benyttes Hudsons formel, til at udregne den nødvendige middelstenvægt:

$$W_{50} = \frac{\rho_r H_s^3}{K_D \Delta^3 \cot \alpha}$$

hvor:

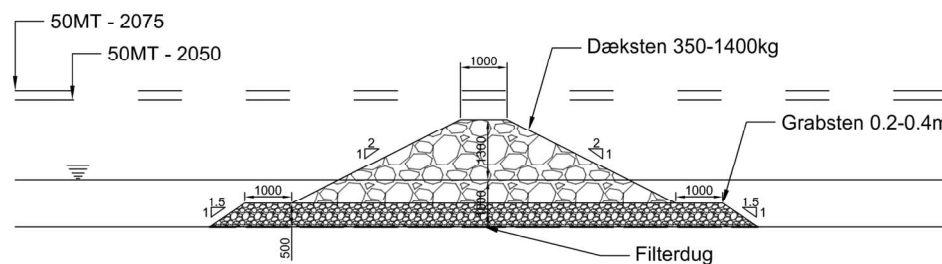
W_{50}	er middelstenvægten
ρ_r	er densiteten af sten (antages 2650kg/m ³)
H_s	er den signifikante bølgehøjde
K_D	er stabilitetskoefficient (antages til 2, svarende til begyndende skade)

Δ er den relative densitet mellem sten og vand (vands densitet antages til 1025kg/m³)
 $cot\alpha$ er hældningen på skrånningen (sættes til 1:2)

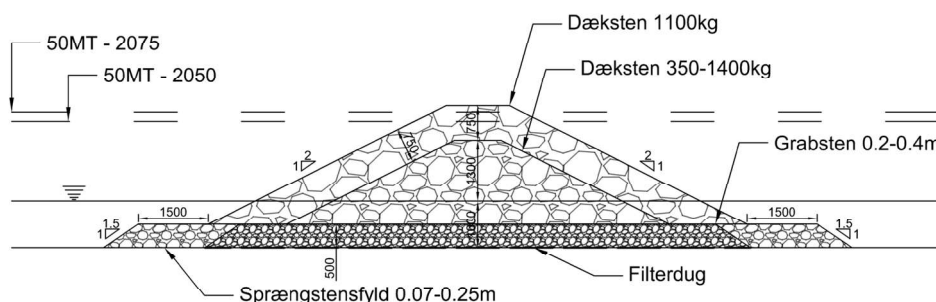
På baggrund af 50 års middeltidshændelsen om ca. 50 år (se Tabel 4 og Tabel 5), er det med Hudsons formel muligt at udregne at på 1m vanddybde skal der bruges dæksten med en middelvægt på ca. 1,1t, imens der for 2m vanddybde skal benyttes en middelvægt på ca. 2,35t.

De eksisterende bølgebrydere, vil under en 50 års middeltidshændelse om ca. 25 år og 50 år stå under vand, som vist på Figur 38. Det anbefales derfor at forstærke bølgebryderne, både for at sikre at krone koten (toppen af bølgebryderen) er højere end en 50 års middeltidshændelse i fremtiden, samt at der kan placeres større sten til at gøre bølgebryderen mere robust.

Figur 39 viser en forstærkning af de eksisterende bølgebrydere, hvor sten med en middelvægt på 1,1t benyttes. For at det nye lag dæksten kan placeres, skal tåen i bunden udbygges, så dækstenene kan placeres herpå, samt at der er tilstrækkelig beskyttelse mod lokal erosion ved bølgebryderen.



Figur 38 Tværsnit af eksisterende bølgebrydere, baseret på Figur 6. 50 års middeltidshændelsen i 2050 og 2075 er angivet på skitsen.



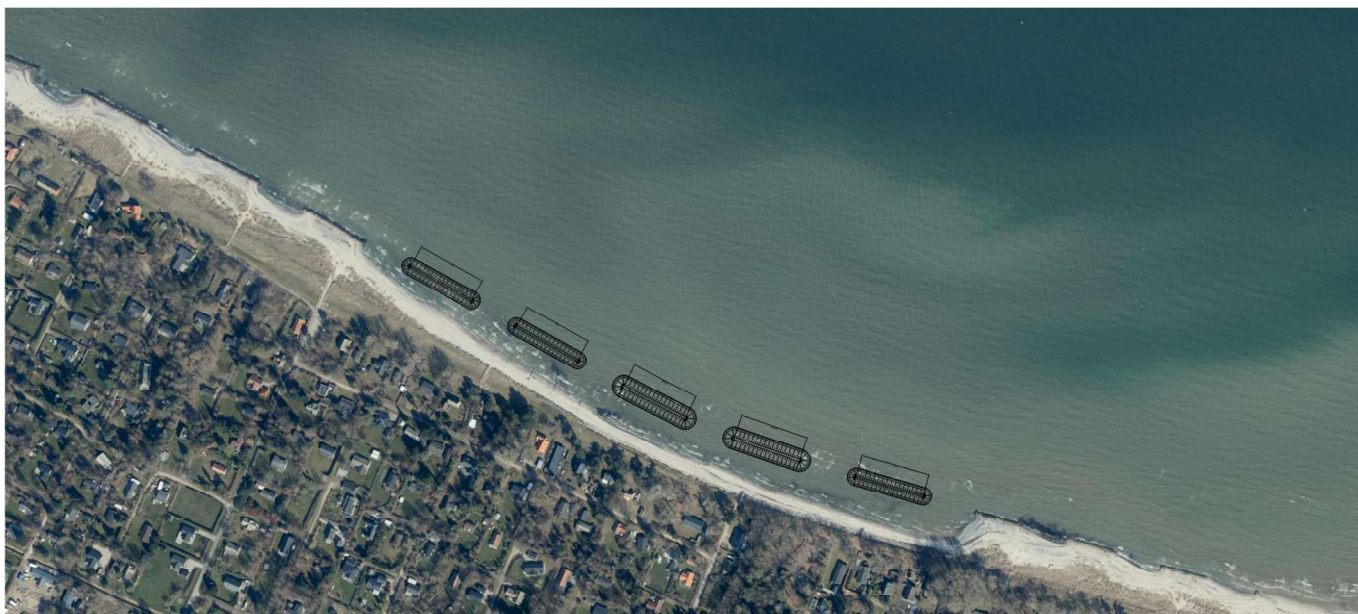
Figur 39 Oplæg til forstærkning af eksisterende bølgebrydere. 50 års middeltidshændelsen i 2050 og 2075 er angivet på skitsen.

Oplægget til placering af de nye bølgebrydere er baseret på ingeniørmæssig erfaring, samt en vurdering af de omkringliggende bølgebrydere og deres effekt. Et oplæg til placering af de nye bølgebrydere er vist på Figur 40.

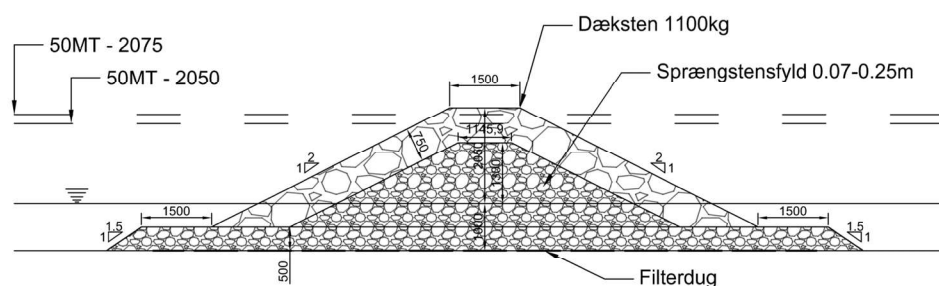
Figur 40 viser to versioner af en bølgebryder, en på 1m vanddybde og en på 2m vanddybde. Da havbunds niveauet er ukendt for de nye bølgebrydere på nuværende tidspunkt, er det antaget at 3 vil være placeret på 1m vanddybde, og 2 vil være placeret på 2m vanddybde.

Det anbefales at inden den næste fase af projekteringen udføres at der laves en havbundsopmåling, for at fastslå vanddybden på strækningen.

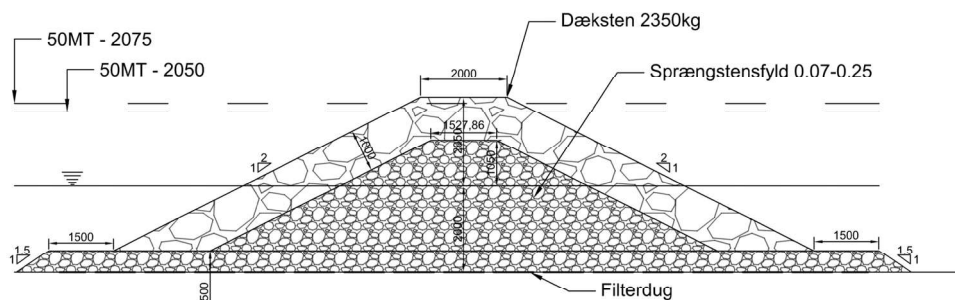
Tværsnittet for de 2 versioner af bølgebryderne er vist på Figur 41 og Figur 42.



Figur 40 *Ideoplæg til placering af nye bølgebrydere. De 2 mest vestlig placerede bølgebrydere samt den østligste er placeret på 1m vanddybde. De resterende 2 er placeret på 2m vanddybde.*



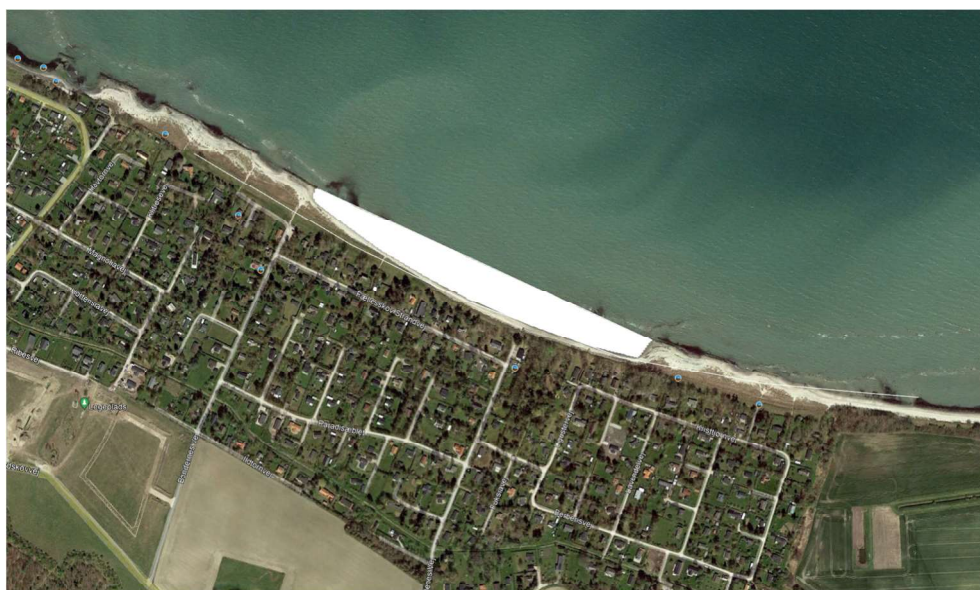
Figur 41 *Skitse af ny bølgebryder på 1m vanddybde. 50 års middeltidshændelsen i 2050 og 2075 er angivet på skitsen.*



Figur 42 Skitse af bølgebryder på 2m vanddybde. 50 års middeltidshændelsen i 2050 og 2075 er angivet på skitsen.

4.2.2 Sandfodring

For at få den fulde beskyttelse af diget, vil der skulle sandfodres mellem diget og bølgebryderne, så der kan dannes et forland, som det ses ved de andre bølgebrydere. På Figur 43 er angivet et område med areal på omkring 31.000 m² som bør sandfodres. Det antages for nu at der skal bruges sand med en 1m gennemsnitlig lagtykkelse til sandfodringen, svarende til 31.000 m³.



Figur 43 Sandfodringsareal. (Sattelitfoto: Google Earth)

Det vurderes ikke at opførelsen af bølgebryderne vil medføre en negativ påvirkning på sandtransporten i området, og at der ikke vil være negative konsekvenser for områderne vest for strækningen med nye bølgebrydere.

Det forventes derfor ikke at der behøves løbende vedligeholdelsesfodringer på strækningen, da det ikke har været tilfældet for nuværende strandfodringsområder. Dette er baseret på at de omkringliggende strækninger med bølgebrydere er stabile. Det kan dog ikke udelukkes at kommune/myndigheder vil stille krav om vedligeholdelsesfodringer for at tildele en tilladelse. På dette stadie vurderes det dog ikke at vedligeholdelsesfodringer behøves medtaget i projektet.

4.3 Oversvømmelsesbeskyttelse

4.3.1 Opdatering af eksisterende diger

De eksisterende nordvendte kystdiger er dimensioneret til at beskytte mod en stormflod af samme størrelsesorden som man oplevede det under 1872 stormen. Inspektion af digets tilstand i sommeren 2023 viser mange steder på strækningen, at diget er udsat for både antropogen erosion, erosionskår fra bølgepåvirkning og der er identificeret gravehuller i diget fra ræve og gnavere. Det fremgår af profiLOPTEGNINGERNE at sikringsniveauet varierer meget over strækningen og det er derfor vigtigt at diget bliver vedligeholdt og at der samtidig etableres et ensartet sikringsniveau med ensartet robusthed langs strækningen.

Det eksisterende østlige dige er også meget uensartet i både kronekote – fra 1,7 til 3,1 m DVR90 og i strukturel tilstand med flere større træer direkte på diget og derved rodnet i diget – det bør også genopbygges kystteknisk korrekt med ensartet sikringsniveau og med lokalt bølgebidrag tæt på kysten.

4.3.2 Nye diger

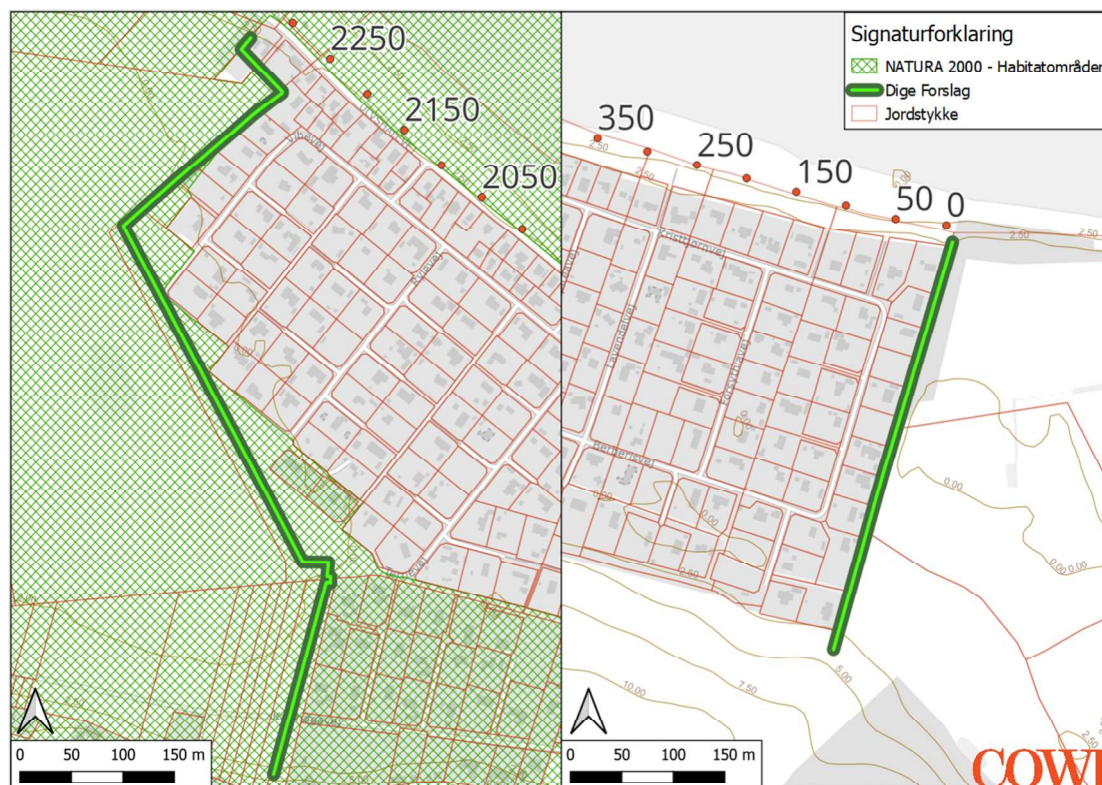
Som det ser ud i dag, vurderes området særdeles oversvømmelsestruet fra højvandsændelser, eftersom der ikke er etableret tilstrækkelig robust ensartet højvandssikring ved det Søndre dige, Nordøstre dige og ved det vestlige dige – alle i vestlige del af projektområdet.

Her kan der med fordel anlægges et nyt vestlige dige, der er kystteknisk optimeret og overordnet følger sommerhusområdets afgrænsning indenfor det reducerede habitatnatur område, se Figur 23. Fordelen ved det tilbagetrukne vestlige dige er, at det kun i meget begrænset omfang vil risikere at være bølgepåvirket, og det er derfor ikke nødvendigt at dimensionere diget til at inkludere bølgeopløb. Herved bliver diget ikke så højt og derved ikke så bredt.

Som udgangspunkt anbefales det, at sikringsniveauet er ensartet over hele beskyttelsens længde. Dvs. at sikringsniveauet for det Nordre dige bør videreføres, både ind i land langs Østlige dige, og langs det foreslåede Vestlige dige – dog uden bølgebidrag.

Et løsningsforslag til forhøjelse og yderligere anlæggelse af landdigerne i den østlige og vestlige del af området er illustreret i Figur 44.

Der arbejdes med andre løsninger og dette forslag er ikke længere aktuelt.



Figur 44 Forslag til anlæggelse af Vestlige dige (til venstre) inklusive markering af nuværende udbredelse af Natura 2000 område. Østlige dige (til højre) bibeholder nuværende placering og anlægges kystteknisk korrekt.

Terrænniveauet langs det foreslåede Vestlige dige er særdeles lavt, helt ned til ca. kote -0,7 m. Det betyder at landdiget, næsten uanset hvilket sikringsniveau, der vælges, bliver meget dominerende i landskabet og at det forventes at give udsigtsgener for sommerhusejerne. De samme sommerhusejere drager umiddelbart størst nytte af diget, da deres huse er beliggende så lavt som -0,4 m DVR90, og bliver derved først og kraftigst oversvømmet fra sydvestlige oversvømmelser.

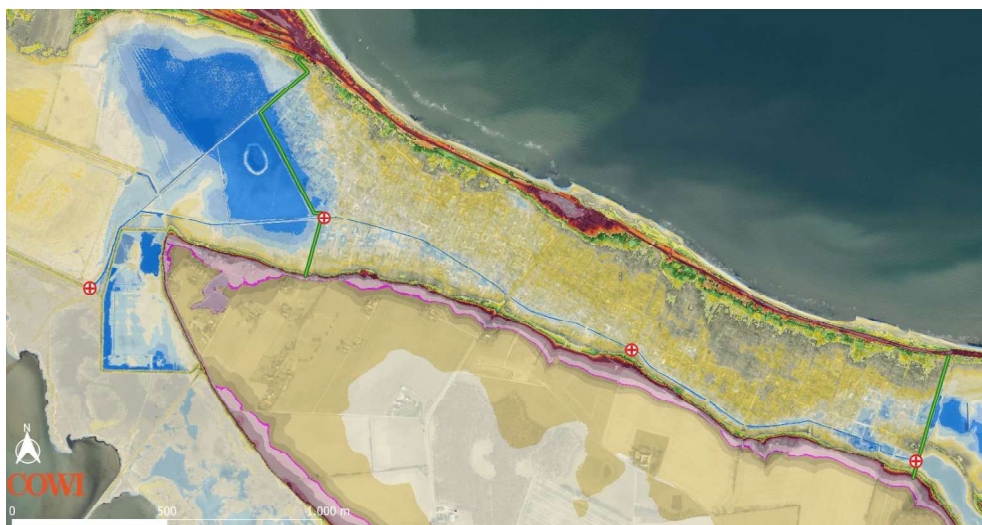
4.3.3 Pumper

Det nye vestlige dige og det opdaterede østlige dige samt det veludbyggede nordre dige, er "badekarrets" kanter etableret. Derved kommer der ikke vand udefra, men der kommer stadig vand fra nedbør som skal håndteres ved at skulle pumpes ud af projektområdet. Da projektområdet indenfor badekars-kanten er omkring 0,92 Km², så skal der tilstrækkelig pumpekraft til at kunne frigøre området fra nedbørs-vand relativt hurtigt.

Ved placering af pumper i hver ende af nuværende grøft samt i midten af grøften med udløb gennem havdiget, er tilløbstiden fra nedbøren falder på terræn til den er løbet til en af pumperne minimeret.

Det er ikke endeligt vedtaget, hvor store pumper der skal estimeres for, da det både er et klimarelateret og et økonomisk spørgsmål, men placeringen af

pumperne defineres af nuværende overflade-terræn, da den underliggende morænejord minimerer naturlige nedsivning af nedbør, se Figur 45.



Figur 45 Anbefalet placering af de tre pumper (røde kryds) indenfor projektområdet - samt opdatering af nuværende pumpe i Søndre dike.

4.4 Samlet klimatilpasning

Den samlede klimatilpasning af projektområdet er overordnet opdelt i faser for at kunne overskue de enkelte del-leverancer lettere.

Den samlede klimatilpasning er først fuldt funktionsdygtig, når de kritiske faser er etableret.

Fase 1 er etablering af de nye bølgebrydere mellem de eksisterende, der giver et samlet højt sikringsniveau mod kysterrosion. Bag disse nye bølgebrydere sandfodres stranden op til samme høje niveau (+1,5 m DVR90) som de nuværende strande for at minimere bølgenes energi inden de rammer digelinjen med havdiget. Havdiget opbygges som traditionelt sanddige med morænelers-overlag og muldblandet græsblanding til den landværts beliggende havoversvømmelsesbeskyttelse mod havet.

Ved GF den 11. november 2024 er det besluttet at få tilladelse til etablering af bølgebrydere/stenrev langs Ulvshalevej

I den nordvestlige del af havdiget er Natura 2000-udpegningen en umiddelbar hindring for at kunne fortsætte bølgebryder-linjen. Derfor er eksisterende skråningsbeskyttelse og bagvedliggende højtliggende naturlige ler-plateau vigtigste erosionsbeskyttelse mod bølger og erosion.

Fase 2 er etablering af Vestlige dike og opdatering af Østlige dike med tilhørende pumper og udløbsbygværker, der samlet oversvømmelsesfrigør Ulvshale boligområder fra både for havoversvømmelse og fra oversvømmelsesmulighed i forbindelse med både længerevarende vinternedbør og sommer-relateret skybrud.

Fase 3 er opdatering af eksisterende pumpe i Søndre dige samt de tiltag som opretholder nuværende beskyttelse mod havoversvømmelse og som samtidig optimere levedmulighederne for flora og fauna i dette helt specielle naturområde.

5 Anlægsoverslag

5.1 Bølgebrydere

På baggrund af skitserne i afsnit 4.2, er der udregnet et anlægsoverslag for etableringen af bølgebrydere og sandfodring. Af Tabel 6 fremgår mængderne af materiale der skal benyttes til bølgebryderne. Tabel 7 viser de mængder af materiale der skal indkøbes foruden de sten som digelaget allerede har erhvervet sig. Tabel 8 angiver enhedspriserne for de enkelte materialer. Der er for dæksten tages højde for at der for de eksisterende bølgebrydere skal graves sand væk for at kunne placere stenene, samt at der på 2m vanddybde skal benyttes større sten end ved 1m vanddybde. Tabel 9 angiver prisen for de materialer som skal indkøbes til bølgebryderen.

Tabel 6 *Materiemængde til bølgebrydere.*

	Eksisterende	Ny - vanddybde 1m	Ny - vanddybde 2m
Antal	8	3	2
Dæksten [m ³]	4592	1743	2156
Sprængstensfyld/Ral [m ³]	1232	3423	3766
Geotekstil [m ²]	0	3087	2688

Tabel 7 *Materiale mængde til bølgebrydere fratrukket stenmængde på lager.*

Fratrukket lagersten	Eksisterende	Ny - vanddybde 1m	Ny - vanddybde 2m
Dæksten [m ³]	4239	1743	2097
Sprængstensfyld/Ral [m ³]	1232	3423	3766
Geotekstil [m ²]	0	3087	2688

Tabel 8 *Enhedspriser på materialer, baseret på tidligere COWI projekter.*

Priser	Eksisterende	Ny - vanddybde 1m	Ny - vanddybde 2m
Dæksten [kr./m ³]	650	600	700
Sprængstensfyld/Ral [kr./m ³]	500	500	500
Geotekstil [kr./m ²]	-	50	50

Tabel 9 Pris for materialer til bølgebrydere.

Priser	Eksisterende	Ny - vanddybde 1m	Ny - vanddybde 2m
Dæksten [kr.]	2755388	1045800	1468024
Sprængstensfyld/Ral [kr.]	616000	1711500	1883000
Geotekstil [kr.]	-	154350	134400

Summen af prisen for materialer i Tabel 9, samt de 70.000 kr. som fremgår af tilbudsdokumentet for de erhvervede sten, vil den samlede pris for bølgebryderne være ca.:

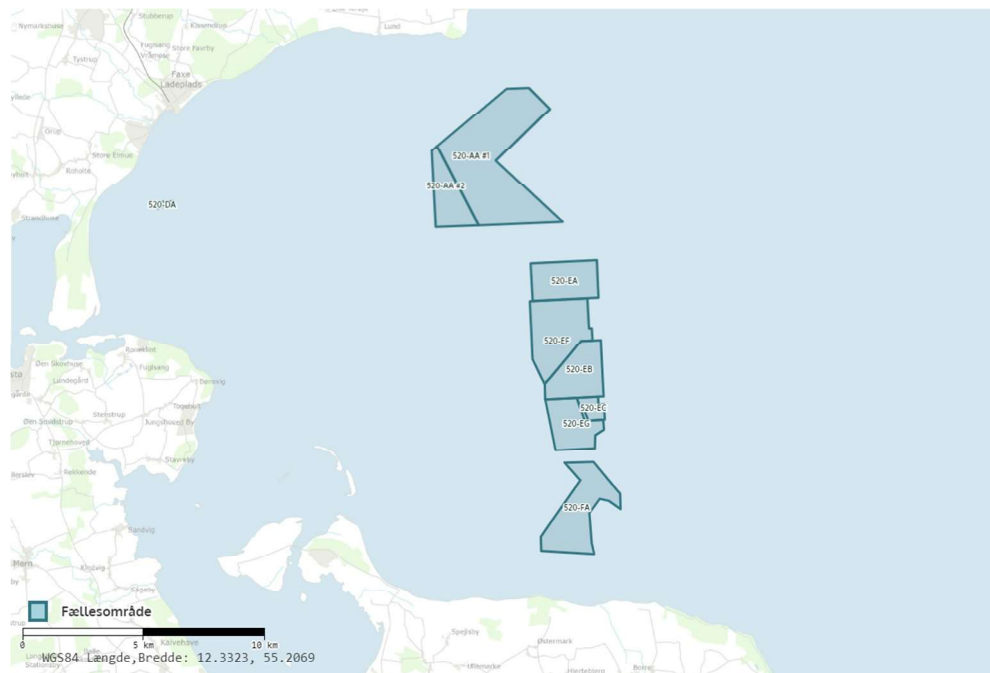
9.840.000 kr. ekskl. moms.

Prisen for sandfodring kan opdeles i to dele: Mobilisering af skib og mandskab, samt enhedsprisen for sand.

Der antages en mobiliseringspris på 500.000 kr., samt en enhedspris på 100 kr./m³ sand.

Der findes fælles indvindingsområder omkring 10 km fra stranden, se Figur 46, og det antages et af disse områder vil være egnet til sandfodringen.

Med en sandfodringsmængde på ca. 31.000 m³, vil prisen være ca. 3.600.000 kr. ekskl. moms.



Figur 46 Fællesområder til råstofindvinding. Kort: Miljøstyrelsen.

Priserne på materialer og indbygning af disse er medtaget i priserne ovenfor, dog er der ikke medregnet anstilling fra entreprenøren og andre udgifter ikke direkte relateret materialerne. Det anbefales derfor at tillægge prisen minimum 30% for at sikre disse udgifter er medtaget, samt at evt. uforudsigelige udgifter er med taget.

Den samlede pris vil derfor for forstrækning af eksisterende bølgebrydere, opførelse af nye bølgebrydere og sandfodring være ca.:

17.500.000 kr. ekskl. moms.

5.1.1 Overvejelser i forbindelse med prissætningen af bølgebryderne

Prisen på bølgebryderne er baseret på begrænset data, bl.a. er det ikke klart hvad den præcise vanddybde er i området hvor bølgebryderne skal anlægges.

Inden de næste faser for bølgebryderne igangsættes, anbefales det derfor at få foretaget en opmåling af kyststrækningen. En opmåling vil give information om havbunden som kan benyttes til at få et mere præcist billede af hvilke bølger der kan forekomme ved bølgebryderne, dette sammen med vanddybden ved bølgebryderne vil kunne være med til at optimere størrelsen af sten og mængderne. Dette vil have en indvirkning på hvilken prissætning der kan laves. En opmåling samt mere detaljeret projektering af bølgebryderne vil også kunne være med til at fjerne nogle af de usikkerheder der er på dette stadie. Dette vil medvirke til at risikoen for overraskelser under udførelsen minimeres.

5.2 Diger

Anlægsoverslaget er udarbejdet med den viden der er på projektet p.t. og alle anlægsudgifter er derfor tillagt forbehold i form af en procentsats indeholdende 10% anstilling og arbejdspladsdrift, 15% uforudsete udgifter, 10% rådgivere og 25% usikkerhed. Den gennemsnitlige samlede tillagte usikkerhed svarer derved i størrelsesorden til omkring 55-60% af forventede nettoydelse. Hvis der indhentes moræneler til billigere priser etc. bør denne enhedspris indarbejdes.

De fire diger er endog meget forskellige i anlægsoverslag, da de er på et meget uens funktionsniveau.

Nordre Dige er fuldt funktionsdygtigt med sikringskote på 3,62 m DVR90 og som skal tilføres 1,2 cm bølgebidrag for at være fuld funktionsparat til fremtidige stormfloder. Anlægsoverslaget for det opdaterede Nordre Dige på alle 3,27 Km er 9,73 Mio. kr. ekskl. moms.

Det nuværende østlige dige skal genopbygges fra bunden, da hele træer med rode skal fjernes fra diget og det skal opbygges kystteknisk korrekt med ensartet dige-sikringskote og bølgetillæg mod havet. Anlægsoverslaget for det opdaterede østlige dige på alle 0,41 Km er 9,73 Mio. kr. ekskl. moms.

Det fremtidige Vestlige Dige skal opbygges fra bunden på en relativt lavtliggende terrænoverflade relativt tæt på boliger nær Habitat-naturområde. Anlægsoverslaget for det nyanlagte Vestlige Dige på alle 0,9 Km er 12,97 Mio. kr. ekskl. moms.

Det Søndre Dige skal opdateres i kommunikation med Miljøministeriet om ønsker til den nuværende - og den fremtidige naturtilstand i Habitatnaturen. Hvis det skal opdateres til 3,62 m DVR90 i hele sin længde på 1,23 Km, så vurderes anlægsomkostningerne at være på 5,05 Mio. Kr. ekskl. moms.

Det samlede anlægsoverslag (med omkring 50-60% usikkerhed) for alle 4 diger er på 29,23 Mio. Kr. ekskl. moms. når alle materialer er tilkøbte og anlagt af dansk entreprenør baseret på lignende anlægsprojekter.