



Stormflodsbeskyttelse af Elvighøjvej 10

Myndighedsprojekt

Kenneth Strømdahl

Dato: 28. januar 2025

Rev.nr.	Dato	Beskrivelse	Udarbejdet af	Kontrolleret af	Godkendt af
0	28-01-2025	Myndighedsprojekt	SIWE	SABB	KLBU

Indhold

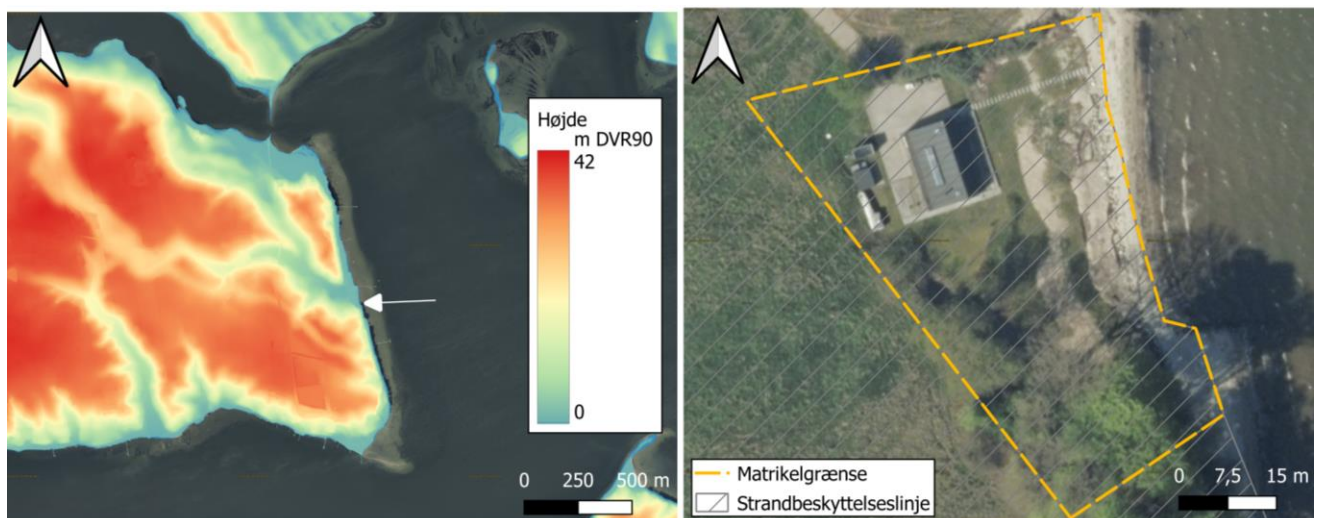
1.	Indledning.....	5
2.	Historik.....	5
2.1	Eksisterende kystbeskyttelse.....	5
2.2	Kystlinjens udvikling.....	7
3.	Design af højvandsbeskyttelse.....	8
3.1	Terrænhævning med lavt dige.....	8
3.2	Opbygning af dige.....	10
3.3	Forhøjning af eksisterende diger.....	10
3.4	Mobil højvandsbeskyttelse.....	10
4.	Kystteknisk grundlag.....	10
4.1	Morfologisk udvikling.....	10
4.2	Oversvømmelses- og erosionsfare.....	11
4.3	Eksisterende fysiske forhold.....	12
4.3.1	Bathymetri og frit stræk.....	12
4.3.2	Topografi.....	12
4.4	Behovet for kystbeskyttelse.....	13
5.	Dimensioneringsgrundlag.....	13
5.1	Stormflodsvandstand.....	14
5.2	Klimabetinget vandstandsændring.....	14
5.3	Bølgeforhold.....	15
6.	Myndighedsprojekt.....	15
6.1	Elvighøjvej 10.....	15
6.1.1	Dimensionering af topniveau.....	15
6.1.1.1	Bølgeopskyl.....	16
6.1.1.2	Bølgeoverskyl.....	16
6.1.1.3	Forhøjning af eksisterende diger.....	17
6.1.2	Dimensionering af bundniveau.....	18
6.1.3	Marehalm.....	18
6.1.4	Tilretning af stensætning.....	18
6.1.5	Mobil højvandsbeskyttelse ved indkørsel ved nordlige matrikelgrænse.....	19

6.1.6	Pumper.....	19
6.1.7	Overgang.....	19
6.1.8	Opsummering.....	19
6.1.9	Fri passage langs kysten.....	19
6.1.10	Nabostrækninger	19
6.1.11	Natur og miljøforhold	19
7.	Anlægsoverslag	20
8.	Referencer.....	22
9.	Bilag.....	23
9.1	Placering af tværnitsprofiler af eksisterende diger	23

1. Indledning

NIRAS har af grundejer Kenneth Strømdahl fået til opgave, at udarbejde et myndighedsprojekt for etablering af højvandsbeskyttelse af sommerhusgrunden Elvighøjvej 10, 6000 Kolding. Hensigten med projektet er at udarbejde et teknisk dokument, som kan ligge til grund for ansøgningen om etablering af højvandsbeskyttelse på adressen.

Grunden er placeret ved Elvighøj Strand ud mod Kolding Fjord. Figur 1.1 viser en oversigt over områdets topografi samt planmæssige forhold ved Elvighøjvej 10. Grunden er placeret inden for strandbeskyttelseslinjen og meget tæt på kystlinjen (ca. 30 m). Kyststrækningen er orienteret mod øst. Matrikelgrænsen afgrænser projektområdet.



Figur 1.1: Højdekort over nærområdet (venstre) samt matrikelgrænse og strandbeskyttelseslinje ved Elvighøjvej 10 (højre) (Dataforsyningen, 2024). Den hvide pil angiver matriklens placering. Baggrund: Flybillede forår 2024.

Matriklens placering ud mod Kolding Fjord medfører at sommerhuset er i øget risiko for oversvømmelse under stormsituationer og højvande, når det blæser kraftigt fra øst. I disse situationer vil havvand fra øst blive presset ind i fjorden hvor det staves op. Dette skete også under stormen i oktober 2023, hvor stormflod medførte at vandet stod helt oppe omkring sommerhusets facade. Vandet blev kun holdt ude vha. mobil højvandsbeskyttelse, som grundejer havde opstillet. Det er en lignende situation som huset i fremtiden ønskes beskyttet imod.

2. Historik

Dette afsnit beskriver først hvilke kystbeskyttelses anlæg der allerede er etableret på Elvighøjvej 10, og efterfølgende gør rede for kystlinjens udvikling over tid. Hermed skabes en forståelse for hvilke dynamiske forhold der har præget kyststrækningen og hvordan den har udviklet sig frem til i dag. Dette bidrager til et bedre grundlag for fremtidige beslutninger og beskyttelse af de bagvedliggende værdier.

2.1 Eksisterende kystbeskyttelse

På kyststrækningen ud for Elvighøjvej 10 findes der for nuværende to små hølfer og en mindre stensætning som følger kystskrænten. Anlæggene kan ses på Figur 2.1. Hølferne er ifølge Kystdirektoratets Kystatlas opført i hhv. 2001 og 1998. Skråningsbeskyttelsen er ligeledes opført i 2001.



Figur 2.1: Skråfoto af Elvighøjvej 10 fra maj 2023 (Dataforsyningen, 2023) samt markering af kystbeskyttelses anlæg.

Foruden ovenstående elementer, er der etableret to diger omkring sommerhuset. På baggrund af flybilleder er digerne opført i år 2014. Det nordlige dige er tæt beplantet og kan ses i højre side af Figur 2.1. Det sydlige dige er beklædt med græs og kan ses på Figur 2.2. På begge nabostrækninger er der etableret skråningsbeskyttelse, og både i nordlige og sydlige retning findes der flere høfder.



Figur 2.2: Billede af det sydlige dige set fra sydøst mod nordvest. Efterår 2024.

2.2 Kystlinjens udvikling

For at forstå kystens udvikling og dynamik, er tilbagerykning af vegetationslinjen over tid analyseret. Vegetationslinjen beskriver den ydre søværts grænse for hvor planter kan vokse. Planter, herunder kystnær vegetation som fx marehalm, kan ikke vokse i områder som hyppigt er udsat for bølgeoverskyl eller -påvirkning. Derfor er vegetationslinjen langs en kyststrækning altid placeret uden for bølgepåvirkning, men kan migrerer længere land- eller søværts over en periode, afhængigt af bølgeklimaet og dets udvikling.

Vegetationslinjens placering er modsat kystlinjen ikke sæsonbetinget, og er derfor en god indikator for omfanget af erosion der skyldes storm og bølgepåvirkning. Stormbølger i kombination med højvande eroderer vegetationen væk under sig, og efterlader vegetationslinjen længere inde i land, end inden stormen.

På Figur 2.3 er vegetationslinjens udvikling over tid illustreret. Fra 1999 til 2024 er vegetationslinjen rykket op til 8,5 m landværts over den 25-årige periode. Dog kan det ses, at den største tilbagerykning er sket fra 2023 til 2024, hvor vegetationslinjen har rykket sig op mod 6 m landværts på det bredeste sted. Før 2023 var tilbagerykningensraten hermed meget mindre, og det tyder på, at stormen i oktober 2023 medførte stor erosion af vegetationslinjen.

Flere lignede storme i fremtiden vil resultere i, at Elvighøjvej 10 er mere sårbar over for oversvømmelser, hvis der ikke etableres kystbeskyttelse. I kombination med øget havniveau som følge af klimaforandringer, vil matriklen i større omfang være i oversvømmelsesfare.



Figur 2.3: Tilbagerykning af vegetationslinjen 1999-2024. Baggrund: Flybillede forår 2024.

3. Design af højvandsbeskyttelse

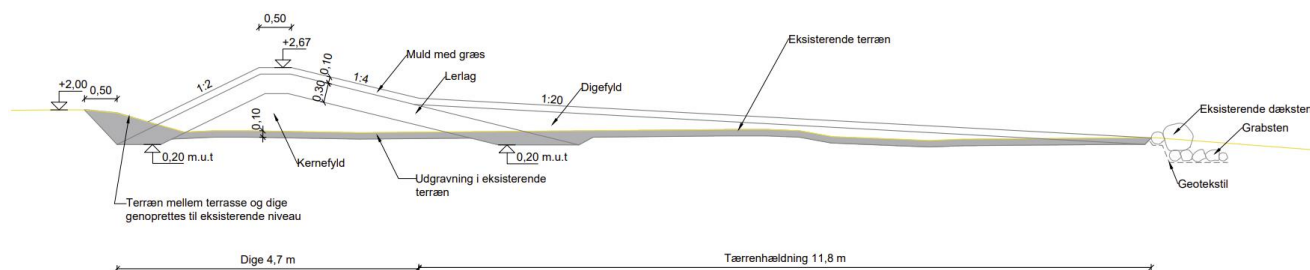
Følgende afsnit gennemgår og beskriver elementerne i højvandsbeskyttelsen af Elvighøjvej 10. For at bevare kystens naturlige udtryk, er det valgt at fokusere på at beskytte matriklens hovedhus ved at hæve terrænet foran huset, og hæve de allerede eksisterende diger. På denne måde ændres ikke ved de nuværende kystnære processer og stranden bevares.

3.1 Terrænhævning med lavt dige

For at beskytte Elvighøjvej 10 mod oversvømmelse, opføres højvandsbeskyttelse i form af en jævn terrænhældning fra husets terrasse og ned mod kystlinjen. Terrænhældningen skal have en meget lav hældning svarende til 1:20, således at stormbølger langsomt vil tabe deres energi når de løber hen over matriklens søværts hældning. Jo stejlere et anlæg er, jo mere energi fikseres direkte på anlægget. Energien reflekteres og fører til erosion foran anlægget. Ved fladere hældninger spredes energien over et større område, hvilket gør anlægget mere stabilt og holdbart, samt reducerer erosionen foran anlægget.

Terrænhævning sikrer kystlinjens nuværende kystdynamik og naturlige udtryk, og samtidig bevares havudsigten fra terrassen.

Ved toppen af terrænhældningen etableres et lavt dige, der vil øge beskyttelsen under højvande og reducere bølgeoverskyllet. Diget skal have en lav forhældning svarende til 1:4. Digets baghældning vil være stejlere og have en hældning svarende til 1:2. Der etableres nogle trin hen over det nye dige fra terrassen, således at det er nemmere at passere samt beskytte diget mod slid. Terrænhældningen med det nye dige er skitseret som tværsnitsprofil på Figur 3.1.



TVÆRSNIT A - A, 1:50
Højvandsbeskyttelse, dige

Figur 3.1: Skitsetegning af terrænhældning med dige i et tværnit mellem husets terrasse og kystlinjen. Terrassen er placeret i kote +2,00 DVR90. Koter er i m angivet i kotesystem DVR90. Ubenevnte mål er i m (se vedlagte tegning Elv_A5_K24_0001 for flere detaljer).

Diget placeres i en afstand af 0,5 m fra terrassen. Det er vigtigt, at diget afsluttes ind mod de to allerede eksisterende diger på hver side af huset, så der ikke skabes åbninger mellem digerne og terrænhældningen, hvor vandet kan trænge ind. Desuden vil det også give et æstetisk pænere udtryk. Hertil forhøjes de eksisterende diger på hver side, således at der ikke kommer bølgeoverskyl. For foden af terrænhældningen ved kystskrænten

tilrettes den eksisterende stensætning på en geotekstil med grabsten. Umiddelbart bag stensætningen plantes marehalm.

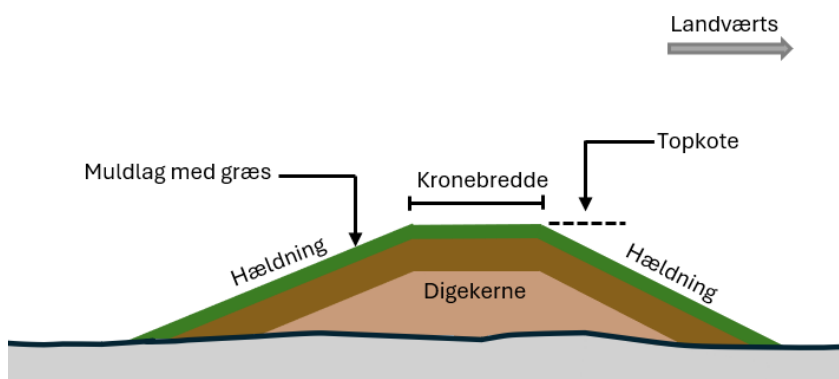
Mellem de to eksisterende diger, vil det nye dige have en længde på ca. 19,5 m, hvorefter det fanger de eksisterende i hver side. Terrænhældningen skal føres ind foran de eksisterende diger, og flader derefter ud hen over matriklen i havværts retning. På Figur 3.2 er udbredelsen af terrænhældningen og diget skitseret som plantegning.



Figur 3.2: Plantegning af terrænhældning og dige (se vedlagte tegning Elv_A5_K24_0002 for flere detaljer). Baggrund: Flybillede forår 2023.

3.2 Opbygning af dige

Det anbefales at diget foran terrassen opbygges med en digekerne bestående af sand med et overlæggende lag af ler. Hertil dækkes kernen af et muldlag, hvorpå der plantes græs. Hermed opnås et modstandsdygtigt og stabilt dige. Princippet for opbygning af et dige fremgår på Figur 3.3.



Figur 3.3: Principtegning af opbygningen af et dige.

Det er vigtigt at der etableres en overgang hen over diget i form af fx en stenlægning, som beskytter diget, der hvor der vil være passage. På denne måde øges digets holdbarhed og beskyttes mod gentagende slid. Diget fundamenteres ca. 0.2 m ned i jorden, se Figur 3.1.

3.3 Forhøjning af eksisterende diger

Som nævnt i ovenstående forhøjes de to diger på hver side af det lille dige, for således at sikre huset mod oversvømmelse fra bølgeoverskyl. Ligeledes føres terrænhældningen hen foran de eksisterende diger, som på denne måde vil blive udsat for mindre bølgepåvirkning og overskyl. Foruden den beskyttende effekt, vil forhøjningen og terræændring medføre et mere æstetisk udtryk, der giver et indtryk af en helhedsløsning.

3.4 Mobil højvandsbeskyttelse

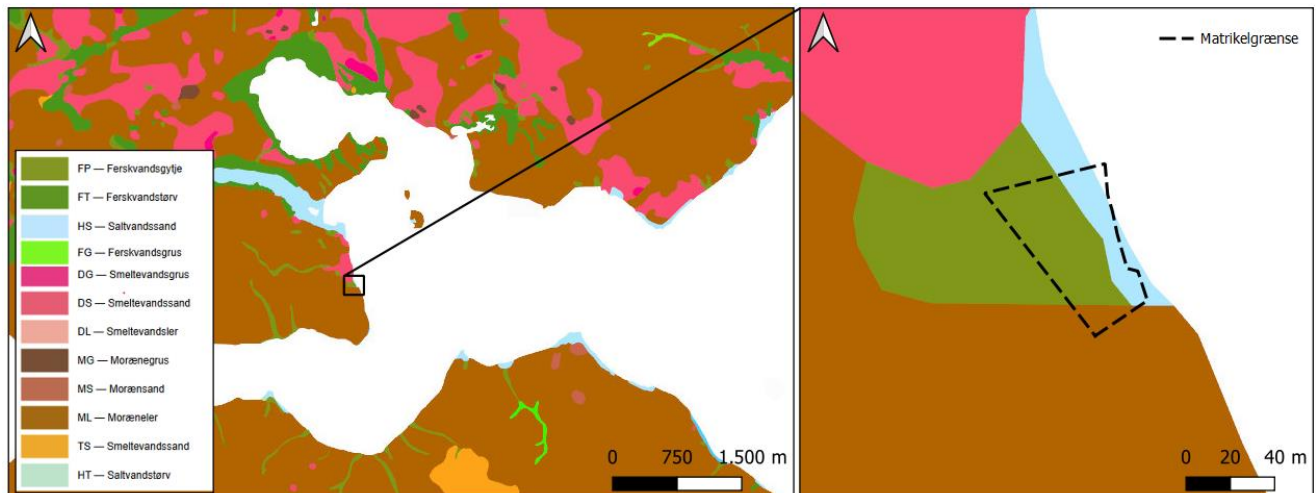
Indkørslen på matriklens nordlige side, er også nødsaget til at kunne lukkes af i stormsituationer. Det er vurderet, at dette gøres bedst ved brug af en mobil højvandsløsning. Hermed er indkørslen tilgængelig under normal vande, men kan lukkes af ved varsel om storm. Linjeføring for den mobile højvandsløsning kan ses på Figur 3.2.

4. Kystteknisk grundlag

Nedenfor beskrives det tekniske grundlag for nødvendigheden af højvandsbeskyttelse. Herunder redegøres for erosions- og oversvømmelsesfaren samt de fysiske eksisterende forhold, som har betydning for kystens udvikling over tid. Hertil opsummeres behovet for kystbeskyttelse på Elvighøjvej 10.

4.1 Morfologisk udvikling

Området ved Elvighøjvej 10 er bestående af morænelandskab, og Kolding Fjord er dannet som en tunneldal under flere isfremstød gennem tiden. Hertil har de samme isfremstød i området resulteret i dannelse af randmoræner der har bidraget til et kuperet landskab. Det betyder, at jorden i Koldingområdet er domineret af moræneler og smeltevandssand. Ved Elvighøjvej 10 er jordbunden dog hovedsageligt bestående af ferskvandsgytje og saltvandsand. Områdets jordartstyper er illustreret på Figur 4.1.



Figur 4.1: Jordartskort over området ved Elvighøjvej 10. Matrikelgrænsen for Elvighøjvej 10 er indtegnet.

4.2 Oversvømmelses- og erosionsfare

Når det stormer fra øst, skubbes havvand ind gennem Kolding Fjord, hvor det bliver stuvet op mod kystlinjen og udgør en oversvømmelsesfare til de bygninger der er placeret tæt på kystlinjen. Under stormen i Oktober 2023 var Elvighøjvej 10 udsat for oversvømmelse og vandet blev kun holdt ude af huset ved hjælp af mobil højvandssikring. Ifølge grundejeren stod vandet helt oppe ved husets terrasse, hvortil bølgeoverskyl forekom hen over de mobile installationer.

På Figur 4.2 er oversvømmelse under forhøjet vandstand svarende til Oktoberstormen 2023 illustreret. Det er på baggrund af figuren tydeligt at se, at sommerhuset er i fare for oversvømmelse i en lignede situation, hvis der ikke etableres højvandsbeskyttelse. Ifølge Kystatlas er kyststrækningen ved Elvighøjvej 10 udsat for lille kronisk og lille akut erosion (Kystdirektoratet, 2024).



Figur 4.2: Oversvømmelse ved forhøjet vandstand svarende til Oktoberstormen 2023 (+1,88 m DVR90) ved Kolding Havn (SCALGO, 2024; Kystdirektoratet, 2024).

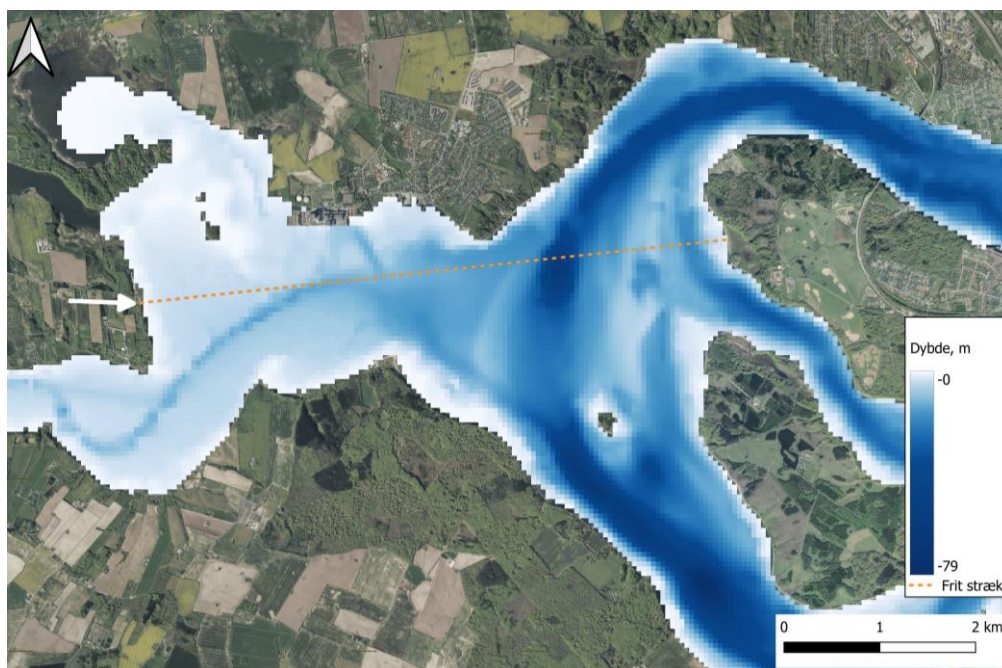
4.3 Eksisterende fysiske forhold

4.3.1 Bathymetri og frit stræk

Bathymetrien og det frie stræk har en afgørende betydning for, hvor store bølger der kan opstå på lavt vand under stormhændelser. Jo længere det frie stræk er, jo længere skal bølgerne rejse fra det dybe vand ind mod kysten. Jo længere det frie stræk er, jo mere energi kan opbygges i bølgerne og jo større bliver bølgerne på lavt vand.

Når bølger bevæger sig fra dybt til lavere vand, vil havbunden gradvist have en større og større påvirkning på bølgerne. Dette skyldes, at bølgerne bygger sig op på dybere vand, og bevæger sig ind mod land, hvor havbunden gradvist bevirker en opbremsning af bølgebevægelsen. Opbremsningen medfører at energien frigives ved kysten, hvilket definerer hvor hurtigt og højt bølgerne rejser sig og bryder.

Figur 4.3 illustrerer bathymetrien i Kolding Fjord ud for Elvighøjvej 10. Den stiplede linje indikerer det frie stræk, vinkelret på kysten, ud for grunden. Det frie stræk er ca. 6,5 km, og gennemsnitsdybden langs det frie stræk er 12 m. Den relativt lave dybde samt korte frie stræk, betyder at bølgerne der vil nærme sig kysten ved Elvighøjvej 10, ligeledes er relativt små sammenlignet med mere fritstående kyster.



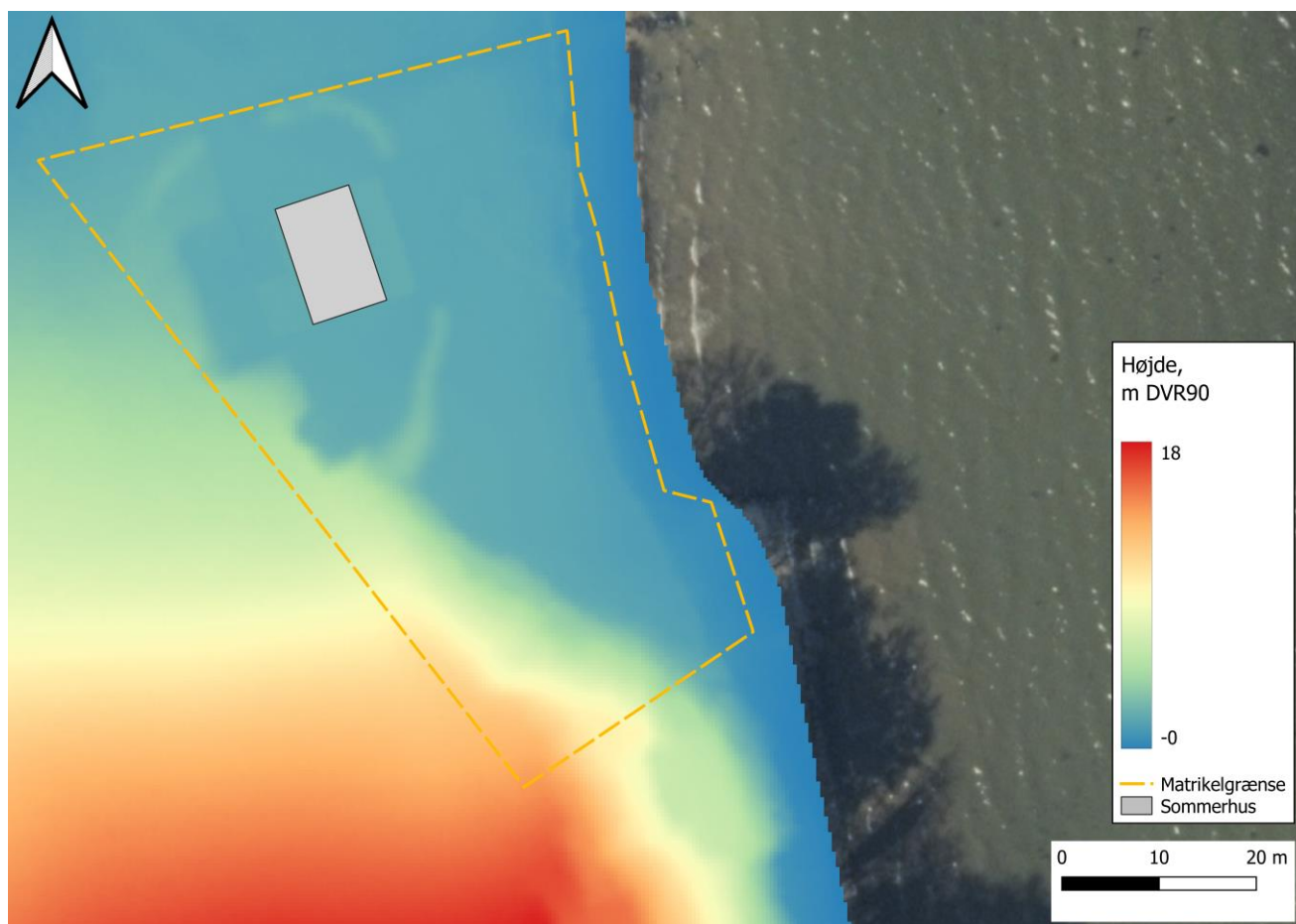
Figur 4.3: Bathymetri og markering af det frie stræk i Kolding Fjord ved Elvighøjvej 10 (SCALGO, 2024). Den hvide pil indikerer placeringen af Elvighøjvej 10.

4.3.2 Topografi

Når stormbølger bevæger sig ind mod land, vil kombinationen med forhøjet vandstand, betyde at bølgerne når længere landværts før de bryder. Dette afhænger også af topografien, og ved lavtliggende områder vil bølgerne nå længere indlands, end i områder med stejlere topografi. Herudover er topografien også afgørende for, hvordan vandet vil bane sig vej, under forhøjet vandstand.

Topografien ved Elvighøjvej 10 kan ses på Figur 4.4. Foran sommerhuset er matriklens grund ikke hævet meget over havniveau, hvorimod topografien øges bag sommerhuset, og kommer helt op i kote +18 m DVR90. Det betyder, at under forhøjet vandstand vil vandet kunne trænge ind over den lavtliggende matrikel, og bølgerne

vil bryde helt oppe foran huset. Desuden vil den høje skrænt bag ved huset betyde at vandet ikke har andre steder at løbe hen og i stedet opstaves på grunden.



Figur 4.4: Højdemodel over Elvighøjvej 10 samt matrikelgrænse.

4.4 Behovet for kystbeskyttelse

Sommerhuset på adressen Elvighøjvej 10 er placeret ca. 30 m fra vandkantslinjen og i kote +2 m DVR90. Matriklen er meget lavtliggende og huset er i stor fare for oversvømmelse under stormhændelser, hvilken kun vil øges i fremtiden i takt med stigende havniveau. Ifølge Kystplanlægger.dk er ejendommen i fare for oversvømmelse både i dag og i fremtiden. Ligeledes er der en risiko for ødelæggelser af ejendommen. Der er derfor et behov for højvandsbeskyttelse for at holde vandet ude i stormsituationer i fremtiden.

5. Dimensioneringsgrundlag

Dimensionering af kystbeskyttelse defineres på baggrund af et sikringsniveau, der 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.

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 løbet af anlæggets levetid, som følge af havspejlsstigningen.

5.1 Stormflodsvandstand

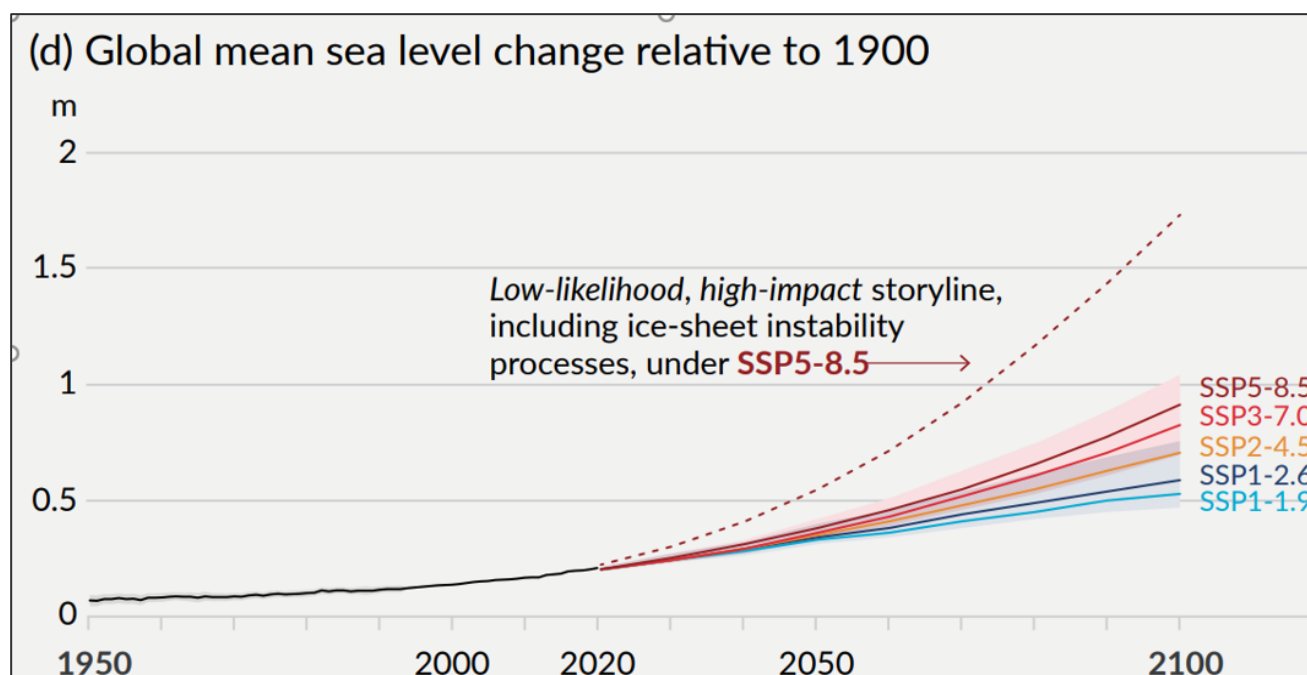
Kombinationen af forhøjet vandstand og høje bølger under stormen i oktober 2023, medførte erosion og oversvømmelse flere steder i Syddanmark. Specielt i Sydøstjylland var mange grundejere udsat for oversvømmelse af huse og sommerhuse, da vandet her blev stuvet op som følge af kraftig vind fra øst.

Under stormen blev der målt en forhøjet vandstand på +1,88 m DVR90 ved Kolding Havn (Kystdirektoratet, 2024). Ifølge Kystdirektoratets højvandsstatistikker svarer dette ca. til en middeltidshændelse der indtræffer med en returperiode på 100 år. En middeltidsvandstand med en returperiode på 100 år svarer til en forhøjet vandstand på 1,85 m (Kystdirektoratet, 2024).

Det er hensigten at beskytte Elvighøjvej 10 mod højvande under en lignede stormhændelse, og derfor skal højvandsbeskyttelsen dimensioneres efter at kunne modstå en 100-års stormhændelse de næste 50 år.

5.2 Klimabetinget vandstandsændring

Gennem de seneste 100 år er middelvandstanden i farvandene omkring Danmark steget ca. 2 mm/år i gennemsnit. Grundet effekten af klimaforandringerne forventes denne tendens at tiltage i fremtiden. FN's klimapanel (IPCC) har beregnet den forventede havspejlsstigning ved forskellige fremtidige klimascenarier, SSP-scenarier.



Figur 5.1: 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 (IPCC, 2021). 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 i takt med, at 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 havspejlstigning 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 klimascenarie SSP5-8.5 anvendes til dimensionering.

Under klimascenariet SSP5-8.5 har den forventede havspejlsstigning fra 2024 til 2075 en medianværdi på 0,37 m. Ligeledes forventes en havspejlsstigning fra 2024 til 2100 på 0,72 m, under det samme klimascenarie. Værdierne kan aflæses i Tabel 5.1.

Tabel 5.1: Havspejlsstigninger ud for Danmarks kyster under IPCC's klimascenarie SSP5-8.5 frem til hhv. 2075 og 2100.

	2024-2075	2024-2100
Havspejlsstigning	0,37 m	0,72 m

5.3 Bølgeforhold

For at kunne vurdere bølgeoverskylltet ved en given topkote, er der nødvendigt at kende bølgeforholdene under den stormsituation der ønskes at beskytte mod. Bølgeforholdene på lavt vand er modelleret med Sverdrup-Munk & Bretschneiders model (SMB-hindcast model) for beregning af bølgehøjden (H_s) på lavt vand. Beregningen tager udgangspunkt maksimal middelvandstand og middel vindhastighed under storm peak, samt det frie stræk og dets batymetriske forhold. På denne måde transformeres bølgeforhold fra dybt vand ind på lavt vand.

Vinddata er hentet fra DMI's vejrarkiv (DMI, 2024), og dybdeforhold er fundet gennem Dataforsyningens batymetriske kortlægning (Dataforsyningen, 2024). Bølgeforholdene på lavt vand fremgår af Tabel 5.2.

Tabel 5.2: Bølgeforhold på lavt vand ved Elvighøjvej 10.

	Signifikant bølgehøjde, H_s	Bølgeperiode, T_s
Bølgeforhold på lavt vand ved stormhændelse svarende til Oktoberstormen 2023	0,7 m	2,8 s

6. Myndighedsprojekt

6.1 Elvighøjvej 10

Elvighøjvej 10, ønskes beskyttet mod oversvømmelse fra havet under en 100-års stormhændelse de næste 50 år. I dette afsnit er dimensionerne for højvandsbeskyttelsen beskrevet.

6.1.1 Dimensionering af topniveau

På baggrund af Kystdirektoratets højvandsstatistik (afsnit 5.1) og IPCCs fremskrivninger af havniveauændringer (afsnit 5.2) fås en dimensionsgivende vandstand ved en 100-års stormhændelse og en levetid på 50 år svarende til +2.22 m DVR90 ved Kolding Havn. Værdierne kan aflæses i Tabel 6.1.

Tabel 6.1: Dimensionsgivende vandstand for højvandsbeskyttelse ved Elvighøjvej 10.

Forhøjet vandstand ved 100-års middeltidshændelse	Havspejlsstigning fra år 2024 til 2075 (50 års levetid) (median)	Dimensionsgivende vandstand, 100-års hændelse i 2075
+1,85 m DVR90	0,37 m	+2,22 m DVR90

6.1.1.1 Bølgeopskyl

På baggrund af ovenstående dimensionsgivende vandstand er opskyllet (run-up) langs terrænhældningen beregnet. På denne måde er det vurderet, hvor langt op bølgerne vil skylle under en 100-års stormhændelse. Opskyllet er beregnet med udgangspunkt i EurOtops designformel for beregning af gennemsnitligt bølgeopskyl på lave hældninger (EurOtop, 2018):

$$\frac{R_{u2\%}}{H_{m0}} = 1.75 * \gamma_b * \gamma_f * \gamma_\beta * \xi_{m-1,0}$$

$R_{u2\%}$ angiver højden for bølgeopskyllet (run-up) som overskrides af 2% af de indkommende bølger (H_{m0}). Indflydelsesfaktorerne γ_b , γ_f og γ_β angiver hhv. ruhedsfaktor, overspændingsfaktor og indfaldsvinklens faktor. $\xi_{m-1,0}$ er brydningsparameteret.

Med en forhældning på 1:20 og en topkote svarende til den dimensionsgivende vandstand på +2,22 m DVR90, er design bølgeopskyllet beregnet på baggrund af modellerede stormbølger svarende til Oktoberstormen 2023 ($H_s = 0,7$ m, $T = 2,8$ s). Bølgeopskyllet er på baggrund af ovenstående bestemt til at være 0,25 m, hvilket lagt til den dimensionsgivende vandstand giver et opskyl til kote +2,47 m DVR90.

Tabel 6.2: Opskyl langs terrænhældning med topkote svarende til den dimensionsgivende vandstand.

	Dimensionsgivende vandstand	Opskyl ($R_{u2\%}$)	Opskyl til kote
Terrænhævning foran sommerhus	+2,22 m DVR90	0,25 m	+2,47 m DVR90

6.1.1.2 Bølgeoverskyl

Under storm kan bølger bidrage til at øge den lokale vandstand og forårsage overskyl. Derfor skal topkoten af kystnære konstruktioner, hvor bølger forventes at have en påvirkning, være højere end den forventede ekstremvandstand. Det lokale bølgetillæg beregnes pba. den forventede bølgehøjde ved konstruktionens fod og en vurdering af tilladeligt bølgeoverskyl.

Bølgeoverskyllet over diget for toppen af terrænhævningen er beregnet med udgangspunkt i EurOtop manualen (EurOtop, 2018) med en topkote svarende til opskyl-koten. Ved opskylskoten 2,47 m DVR90 og en forhældning svarende til 1:4 er overskyllet 15,5 l/s/m. Dette er mere end hvad der kan tillades, da sommerhuset er placeret umiddelbart bag diget. Derfor er der sat et kriterie på 2 l/s/m, for at huset ikke er i fare for oversvømmelse fra overskyllet. For at ramme et overskyl der lever op til kriteriet, skal kronekoten på diget være i kote +2,67 m DVR90 og have en forhældning på 1:4. Overskyllet er med denne topkote bestemt til at være 1,99 l/s/m under en 100-års stormhændelse de næste 50 år.

Tabel 6.3: Bølgeoverskyl af dige foran terrænhældning

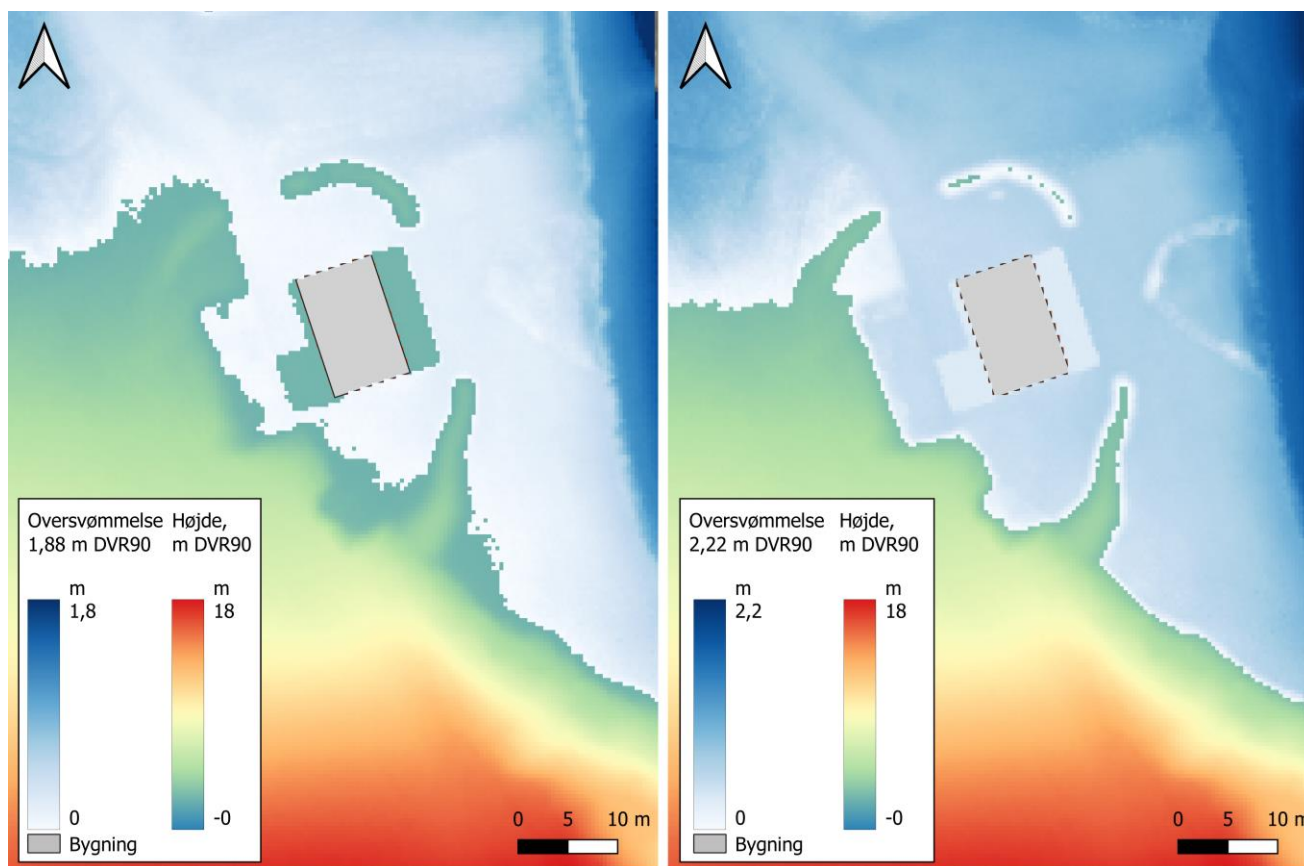
	Kronekote	Bølgeoverskyl
Nyt dige	+2,67 DVR90	1,99 l/s/m

Husets terrasse er for nuværende i kote +2,00 m DVR90 og derfor vil diget kun være 67 cm højere end terrassen.

6.1.1.3 Forhøjning af eksisterende diger

For at sikre at sommerhuset på Elvighøjvej 10 ikke bliver oversvømmet under en 100-årshændelse i 2025, er det nødvendigt at forhøje de to eksisterende diger på hver side af sommerhuset. For at reducere topkoten, som digerne skal hæves til, og ligeledes bølgeoverskyllet under storm, hæves terrænet også hen foran de eksisterende diger.

På Figur 6.1 er det illustreret hvordan digerne i takt med øget havniveau, i højere grad vil blive oversvømmet, og hermed ikke vil kunne modstå en 100-års stormhændelse i år 2025. Specielt det nordlige dige vil blive helt eller delvist oversvømmet. Det samme gælder for den nordlige spids, af det sydlige dige.



Figur 6.1: Oversvømmelse ved forhøjet vandstand svarende til hhv. +1,88 m DVR90 (Oktoberstormen 2023) samt +2,2 m DVR90 (dimensionsgivende vandstand) (SCALGO, 2024).

Bølgeoverskyllet ved de to diger er beregnet med udgangspunkt i EurOtop manualen (EurOtop, 2018). I overensstemmelse med afsnit 6.1.1.2 må bølgeoverskyllet ikke overstige 2 l/s/m. På Tabel 6.4 kan det ses hvor meget bølgeoverskyl der vil forekomme over de eksisterende diger i 2025 under en 100-årshændelse hvis de ikke forhøjes. Analysen er foretaget over yderspidserne af de to eksisterende diger (se evt. bilag 9.1 for profilernes placering).

Tabel 6.4: Oversigt over overskyl ved eksisterende diger og terræn ved 100-års stormhændelse i 2024 og 2025

	Nuværende topkote	Overskyl ved 100-års stormhændelse i 2024	Overskyl ved 100-års stormhændelse i 2025
Nordligt dige	+2,25 m DVR90	4 l/s/m	80 l/s/m
Sydligt dige	+2,31 m DVR90	13 l/s/m	85 l/s/m

Terrænhældningen føres som tidligere beskrevet hen foran de eksisterende diger med en tilsvarende hældning på 1:20. Dette betyder, at topkoten af de eksisterende diger kan reduceres ca. 10 cm.

Topkoten der tillader et maksimalt bølgeoverskyl på 2 l/s/m over de to eksisterende diger fremgår af Tabel 6.5. For nuværende har digerne en forhældning svarende til 1:3, og ved at justere hældningen til 1:4 kan topkoten yderligere reduceres.

Tabel 6.5: Oversigt over sammenhæng mellem kotehøjde og bølgeoverskyl ved forhøjning af eksisterende diger.

	Forhældning	Kotehøjde	Ændring fra nuværende	Overskyl ved 100-års stormhændelse i 2075
Nordligt dige	1:4	+2,67 m DVR90	0,4 m	1,99 l/s/m
Sydligt dige	1:4	+2,67 m DVR90	0,4 m	1,99 l/s/m

Ved at hæve de eksisterende diger med en hældning på 1:4 skal digerne kun hæves 0,4 m. Begge eksisterende diger har dog en varierende kotehøjde, som for det sydlige dige spænder fra ca. 2,2 m til 3,1 m og for det nordlige dige fra ca. 2 m til 2,32 m. Derfor vil ændringen fra den nuværende kote varierer langs digerne, da værdierne i Tabel 6.3 kun er gældende i to specifikke tværsnit hen over dige, som analysen tager afsæt i (se bilag 9.1). De yderste 9,5 m af det sydlige dige skal forhøjes. Den eksisterende hældning af det sydlige dige er 1:3 og med den nye hældning 1:4 er det vigtigt at overgangen mellem hældningerne bliver afsluttet pænt.

Det vurderes nødvendigt at forhøje hele strækningen af det nordlige dige inden år 2075, dog inden for den nærmeste fremtid anses det dog som tilstrækkeligt at foretage en delvis forhøjelse af diget, jf. udformningen i Figur 3.2. Den del af det nordlige dige, der løber parallelt med kystlinjen, vil blive forhøjet til kote +2,67 m DVR90. Derimod vurderes det ikke nødvendigt på nuværende tidspunkt at forhøje den del af diget, der ligger vinkelret på kysten. Dette skyldes, at denne del af diget ikke vurderes at være direkte eksponeret for bølgepåvirkning, samt at digets nuværende topkote allerede overstiger den beskrevne 100-års højvandsstand.

På et senere tidspunkt, når resten af det nordlige dige skal forhøjes, vil det være nødvendigt at søge om samtykke til at bygge på nabogrunden, matrikel 16t. Dette skyldes, at den nordvendte del af diget vil få en hældning på 1:3, hvilket medfører, at digets fodaftryk vil strække sig ind på nabomatriklen.

6.1.2 Dimensionering af bundniveau

Terrænet vil hælde ned mod stranden, og fange det eksisterende terrænniveau. Terrænhældningens bundkote vil variere mellem kote ca. +1,1 til +1,3 m DVR90, da terrænkoten varierer en smule langs matrikelgrænsen.

6.1.3 Marehalm

Marehalm beplantes ved terrænhældningens fod. Dette hjælper til at holde på sediment i fremtidige stormsituationer.

6.1.4 Tilretning af stensætning

Stensætningen langs matriklens kyststrækning er blevet omarrangeret af stormbølgerne under stormen i oktober 2023. Stenene tilbagesættes som før stormen, ved at der laves en lille udgravning langs med kystskrænten, hvor der placeres nogle grabsten på en geotekstil. Dette skaber fundamentet for stensætningen som vil være

bestående af en smal stenrække med en diameter på ca. 0,40 cm. Stensætningen følger kystskrænten langs matriklen. Stensætningen har til formål at stabilisere kystskrænten.

6.1.5 Mobil højvandsbeskyttelse ved indkørsel ved nordlige matrikelgrænse.

Ved forhøjet vandstand vil vandet på trods af en terrænhævning og digerne, kunne finde vej til sommerhuset ved åbningen ved indkørslen i den nordlige ende af matrikelgrænsen. Her er anbefales en mobil højvandsløsning ved varsling om forhøjet vandstand. Dette kan optimalt bestå af fast montering af fastgørelsesstolper i begge sider af indkørslen, hvorimellem aluminium dæmningsbjælker kan fastsættes inden varsling om storm. På denne måde holdes vandet ude.

6.1.6 Pumper

Med en kotehøjde på +2,67 m DVR90 tillades et overskyl på 1,99 l/s/m. Det betyder, at under en 100-års stormhændelse de næste 50 år, kan der forventes et overskyl svarende til 94 l/s. Der kan derfor med fordel placeres to pumper til at tage overskylltet. Det er dog kun i værste tilfælde, at overskylltet vil være så stort, og der kan derfor godt vælges nogle pumper af mindre størrelse.

Pumperne placeres hhv. nord og syd for huset, og kan ses på plantegningen Figur 3.2. Der laves en lille fordybning med en mindre brønd, hvorfra pumperne kan pumpe det overskyllende vand op.

6.1.7 Overgang

Det er vigtigt at beskytte diget foran huset mod slid. Derfor skal der etableres en overgang hen over diget. For nuværende er der etableret en havesti med sten fra terrassen og ned til kysten. Disse sten kan genanvendes til at etablere overgangen, samt en lille trappe på den husvendte side af diget.

6.1.8 Opsummering

Sommerhuset på Elvighøjvej 10 er i fare for oversvømmelse i stormsituationer med kraftig vind fra øst. For at beskytte ejendommen mod ødelæggelser forbundet med oversvømmelse, etableres en terrænhældning fra husets terrasse og ned mod kystskrænten. På denne måde brydes bølgerne når de løber op ad skråningen og reducerer husets oversvømmelsesfare. Terrænhældningen skal starte i kote +2,22 m DVR90 og bag denne topkote afsluttes terrænhældningen med et lille dige, der beskytter det bagvedliggende mod overskyld fra stormbølger. Diget skal have en forhældning på 1:4 og en baghældning på 1:2. Digets topkote skal være +2,67 m DVR90, hvilket er ca. 1 m over nuværende terræn. For at opnå optimal beskyttelse af sommerhuset, forhøjes de to eksisterende diger, delvist i nord og syd for sommerhuset tilsvarende til kote +2,67 m DVR90. Ved kystens skrænt placeres en mindre stensætning.

For at tage overskylltet etableres to brøndpumper på hver side af huset, og ved grundens indkørsel opføres mobil kystbeskyttelse, for at sikre at vandet ikke trænger ind herfra.

6.1.9 Fri passage langs kysten

Der er i dag fri passage langs kysten ved almindeligt vande. Det vil der fortsat være efter projektets afslutning.

6.1.10 Nabostrækninger

Højvandsbeskyttelsen vil ikke påvirke morfologi eller kystdynamikker på nabostrækninger.

6.1.11 Natur og miljøforhold

Projektet er af begrænset og lokalt omfang. Eventuel støj i forbindelse med anlægsarbejdet vil være under de fastlagte grænseværdier er af kortvarig og forbigående karakter og holdes indenfor kommunens fastlagte tidsrum (Kolding Kommune, 2020). Der vil ikke være støv- eller lugtgener forbundet med projektet. Projektet er placeret i sommerhusområde. Der er ikke beskyttet natur indenfor projektområdet, men 25 m derfra ligger et §3

beskyttet overdrev. Der er 50 m til nærmeste fredede område, men projektet vil ikke have en indvirkning herpå. Der er 2 km til nærmeste Natura 2000 område. Der er ikke fundet beskyttede arter i projektområdet. Der er registreret flere fund af marsvin og almindelig delfin i kystvandet ud fra sommerhuset (Naturbasen; Arter; Miljøportal). Disse arter kan være følsomme over for støjende aktiviteter, men projektet vil ikke generere støj i driftsfasen og kun minimal støj i anlægsfasen, som følge af kørsel og brug af gravemaskiner. Denne støj forventes ikke at nå områder, hvor disse arter opholder sig. I anlægsfasen er det hovedsageligt et mindre råstofforbrug til etablering af terrænhældning og dige der kan nævnes af miljøforhold. Råstofforbruget kan se i afsnit 7 – anlægsoverslag. Der er ikke behov for selvstændig vandforsyning eller behov for håndtering af regnvand i forbindelse med projektet.

I driftsfasen er der ikke behov for ressourcer eller vand. Der er ikke udledninger forbundet med projektet.

Derimod forebygger diget og terrænhældningen oversvømmelser og erosion ved stormflodshændelser og har derved en positiv indvirkning på dette miljøforhold.

7. Anlægsoverslag

På baggrund af opmålinger baseret på tegningerne af anlæggene, er der udarbejdet et anlægsoverslag for etablering. Anlægsoverslaget fremgår af Tabel 7.2. Heraf kan aflæses enhedspriser og samlet beløb for terrænhældning og forhøjning af eksisterende dige. Den mobile højvandsbeskyttelse og pumper er ikke medtaget i overslaget, da priserne kan variere meget, afhængigt af den endelige metode der vælges.

Tabel 7.1: Anlægsoverslag for etablering.

Udgift	Enhedspris	Enhed	Volumen	Pris
Udgravning inkl. Mellemdæponi	120	kr/m ³	80	10.000
Rydning af anden bevoksning	50	kr/m ²	80	4.000
Jord (Råjord)	200	kr/m ³	100	20.000
Digekeerne (sand)	300	kr/m ³	40	12.000
Dæklag (ler)	450	kr/m ³	70	32.000
Muld	600	kr/m ³	70	42.000
Såning og pleje af græs	20	kr/m ²	580	12.000
Trappe (flade søsten)	10.000	kr/stk	1	10.000
Geotekstil	50	kr/m ²	60	3.000
Grabsten	680	kr/m ³	10	7.000
Sum				152.000
Anstilling	10	%		16.000
Sum inkl. anstilling				168.000
Usikkerhed	10	%		17.000
Entreprenørbudget				185.000
Forundersøgelser	8	%		15.000
Projektudbud/Byggetilladelse	10	%		19.000
Budget				219.000
Uforudsete	20	%		44.000

Samlet anlægsbudget				263.000
---------------------	--	--	--	---------

På baggrund af ovenstående enhedspriser samt dimensioner af højvandsbeskyttelsen, fås et samlet overslag svarende til 152.000 DKK ekskl. Moms. Til dette beløb tillægges forundersøgelse (8%), byggetilbud (10%), usikkerhed (10%) og uforudsete udgifter (20%). Hermed fås et samlet beløb ved afrunding på i alt ca. 263.000 DKK ekskl. Moms.

8. Referencer

Arter. (u.d.). *www.arter.dk*. Hentet fra <https://arter.dk/landing-page>

Dataforsyningen. (2023). *Skråfoto*.

Dataforsyningen. (2024). Hentet fra <https://dataforsyningen.dk/>

DMI. (2024). *Vejrarkiv*. Hentet fra DMI: <https://www.dmi.dk/vejrarkiv>

EurOtop. (2018). *Manual on wave overtopping of sea defences and related structures - An overtopping manual largely based on European research, but for worldwide application*. The EurOtop team.

IPCC. (2021). *Summary for Policymakers. Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, UK and New York: Cambridge University Press.

Kolding Kommune. (29. januar 2020). *Forskrift for miljøforhold ved midlertidige bygge-, anlægs- og medrivningsaktiviteter*. Hentet fra

<https://kolding.dk/p/Borger/Bolig%20byggeri%20og%20flytning/Forskrift-for-milj-forhold-ved-midlertidige-bygge---anl-gs--og-nedrivningsaktiviteter1.26-MB.pdf>

Kystdirektoratet. (2024). Hentet fra Kystatlas: <https://kyst.dk/klimatilpasning/vaerktoejer/kystatlas>

Kystdirektoratet. (2024). *Højvandsstatistikker*. Lemvig.

Miljøportal, D. (u.d.). *www.naturdata.miljoportal.dk*. Hentet fra <https://naturdata.miljoportal.dk/speciesSearch>

Naturbasen. (u.d.). *www.naturbasen.dk*. Hentet fra <https://www.naturbasen.dk/>

SCALGO. (2024). Hentet fra SCALGO Live.

9. Bilag

9.1 Placering af tværnsitsprofiler af eksisterende diger



Figur 9.1: Tværnsitsprofiler til analyse af forhøjning af eksisterende diger.