

27. JANUAR 2025

**RÅBYLILLE DIGE-, KYSTSIKRINGS-OG
AFVANDINGSLAG**

**TILSTANDSVURDERING, UDVIKLING AF PROJEKT
OG UDARBEJDELSE STRATEGIPLAN FOR
FREMTIDIG KYSTBESKYTTELSE**



RÅDGIVER:

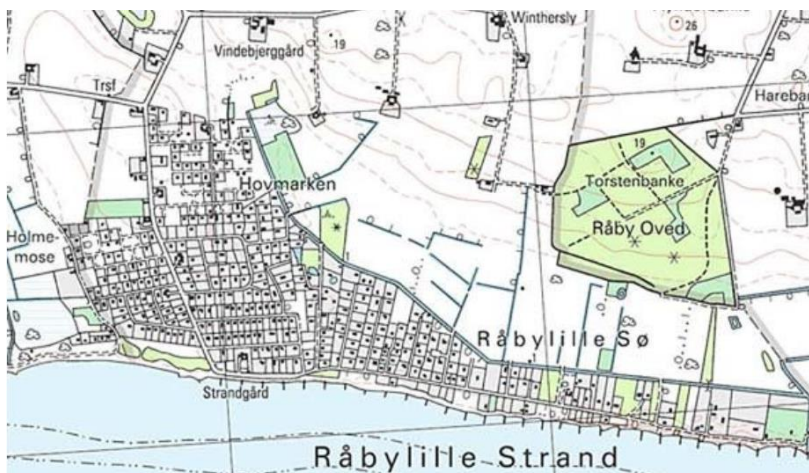
**OLE JUUL KYSTTEKNIK
OLE JUUL JENSEN**

& JENS KIRKEGAARD

12. JANUAR 2025
RÅBYLILLE DIGE-,KYSTSIKRINGS-OG AFVANDINGSLAG

TILSTANDSVURDERING OG UDARBEJDELSE AF STRATEGIPLAN FOR
KYSTBESKYTTELSE

VURDERING OG UDVIKLING AF PROJEKT TIL FREMTIDIG
KYSTBESKYTTELSE



Rådgiver:
Ole JUUL KYSTTEKNIK,
OLE JUUL JENSEN, Lillevangsvej 39, 3520 Farum
olejuuljensen2022@gmail.com
Mobil: 20962211

JENS KIRKEGAARD, KROKUSVEJ 8, 2970 HØRSHOLM
JKIRKEGAARD@MAIL.DK
MOBIL: 40568222

VERSION
06

DATO
27.01. 2025

BESKRIVELSE
TEKNISK NOTAT
UDARB: OJJ
QA: JJ, MR,

GODKENDT
OJJ

INDHOLD

1	Indledning	7
1.1	Området i dag	7
1.2	Lidt historie	9
2	Eksisterende situation	11
2.1	Oversigtsfoto af eksisterende situation	11
2.2	Beskrivelse af lagets kyststrækning og dens karakteristika	11
2.3	Pumpestationen og kanalen	15
2.4	Råby Sø og -Mose	17
2.5	Data vedr. geometri og koter	18
2.6	Søkort	20
2.7	Matrikelkort over området	20
3	Hydrografiske forhold, vind, bølger og vandstand	22
3.1	Vindforhold	22
3.2	Vandstandsforhold	22
3.3	Bølgeforhold	23
3.4	Kombination af stormflod og lokale bølger	24
3.5	Design Vandstand	27
3.6	Designbølger	27
4	Beskrivelse og design af fremtidige kystbeskyttelseskonstruktioner	29
4.1	Generelt	29
4.2	Diget i lagets vestlige ende, Havdiget	30
4.3	Typisk profil af eksisterende stenkastning	30
4.4	Diget under stormfloden d. 20-21 okt. 2023	31
4.5	Udvikling af koncept til Kystbeskyttelses-profil	38
4.6	Alternativ løsning	43
4.7	Kyststrækningen mellem Kæden og Pumpestationen	44
4.8	Høfderne i alt 36 stk.	48
4.9	Kysten lige øst for Pumpestationen	52
	54	
4.10	Østdiget ved Kobbegårdsvej	55
4.11	Kysten lige vest for lagets område	59
5	Kystudvikling	63
5.1	Indledning	63
5.2	Den vestlige del af kysten	63

5.3	Den midterste strækning ved Oddermose Strand	65
5.4	Projektområde Råbylille Strand	65
5.5	Klintholm Havn	69
5.6	Konklusion vedr. sedimenttransport	69
6	Baglandet, Råby Sø og Mose og risiko for oversvømmelse ved ekstrem regn	71
6.1	Indledning	71
6.2	Data for topografi, geologi/jordbundsforhold, nedbør og afvandingsforhold	71
6.3	SWECO studie af 2018	72
6.4	Geologi og jordbundforhold	76
6.5	Alternativ løsning til sikring af sommerhus området mod oversvømmelse fra regnvand	79
7	Strategiplan	87
7.1	Generelt vedr. planen	87
7.2	Overordnet risikovurdering og prioritering	87
7.3	Strategiplan	89
8	REFERENCER	91

1 Indledning

1.1 Området i dag

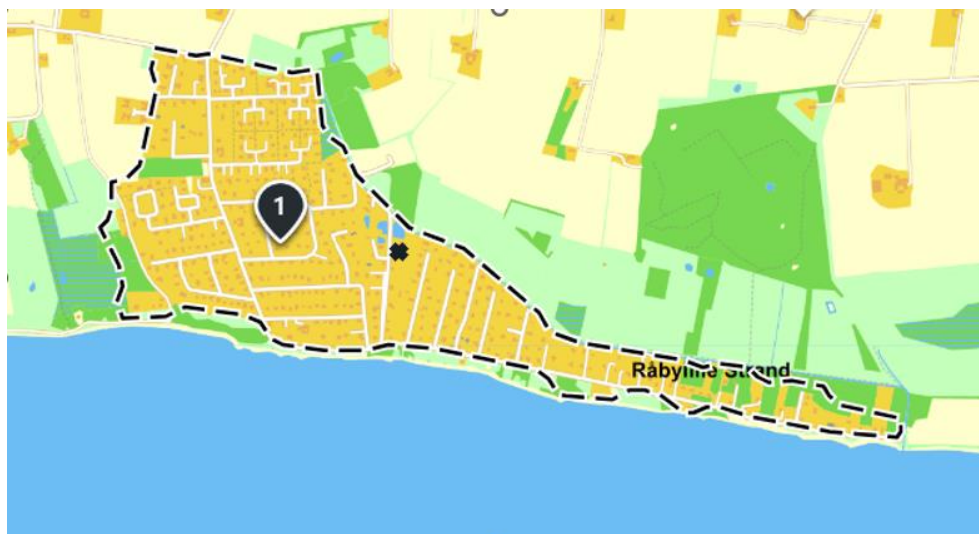
Råbylille Strand sommerhusområde på sydkysten af Møn strækker sig ca. 2 km langs kysten, Figur 1-1, og har kystbeskyttelse langs hele strækningen.

Ansvar for denne har ”Råbylille Dige-, Kystsikrings- og Afvandingslag”, som har indgået en aftale med Ole Juul Kystteknik som i samarbejde med civ. ing. Jens Kirkegaard er kystteknisk rådgiver for laget. Aftalen er kommet i stand efter at stormfloden fra øst d. 20-21 oktober 2023 forårsagede beskadigelse af kystkonstruktioner. Endvidere var den ekstreme nedbørssituation d. 04. januar 2024 årsag til at vandstanden nåede ca. -1,1 m i Råby Sø og Mose, og ejendommen Overlid 26 fik vand ind. Det tog ca. 10 dage at pumpe det opsamlede vand ud i havet. For et forbedret beredskab indgik Digelaget i juni 2024 en beredskabsaftale med en landmand, som ejer en traktorpumpe, som har ca. samme kapacitet som den stationære pumpestation.

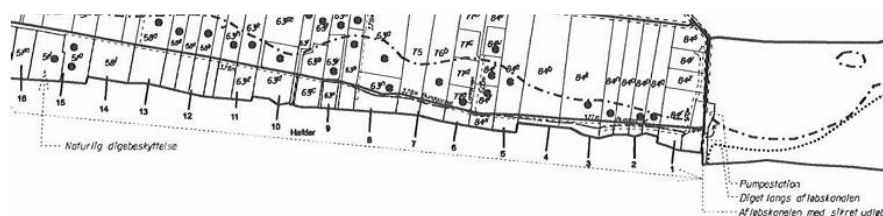
Bag hele kysten er der sommerhusbebyggelse; og i den østlige ende et udløb fra pumpestationen ved Råby Sø og Råby mose, som er et ca. 4 km langt og 0,65 km bredt, i alt ca. 2,64 km² eller 264 Hektar. I alt afvandes et område på ca. 8 km².



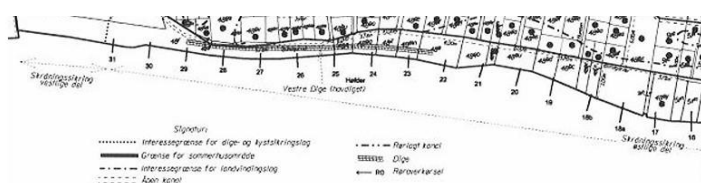
Figur 1-1 Råbylille Strand ved Hovmarken



Figur 1-2 Lagets område vist med gul markering. Overlid 26 der fik vand ind d. 04.01.24 er beliggende ved det blå kryds



Figur 1: Oversigtskort over østlige del af kyststrækningen, fra Pumpestation og med Høfde



Figur 2: Oversigtskort over vestlige del af kyststrækningen, fra Høfde 16 til Høfde 31, med



Figur 1-3 Oversigtskort over hele strækningen med Høfder nr. 1 til 31 markeret på foto fra Google Earth. Ovenover vises fra SWECOs 2018 undersøgelse definition af høfdenummerering

Følgende hjemmesider og rapporter giver en god oversigt over lagets område og diverse forhold:

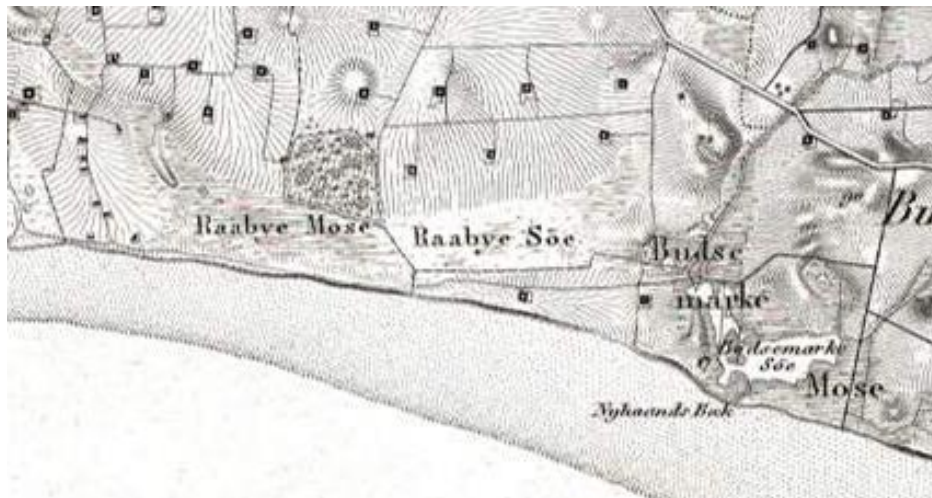
<http://www.rabylille-digelag.dk/V%C3%86RD-AT-VIDE>

<http://www.xn--rbylillestrand-lib.dk/index.html>

Stor tak til Jørgen Jensen og Martin Reinhold for dialog, samarbejde og for input til denne rapport.

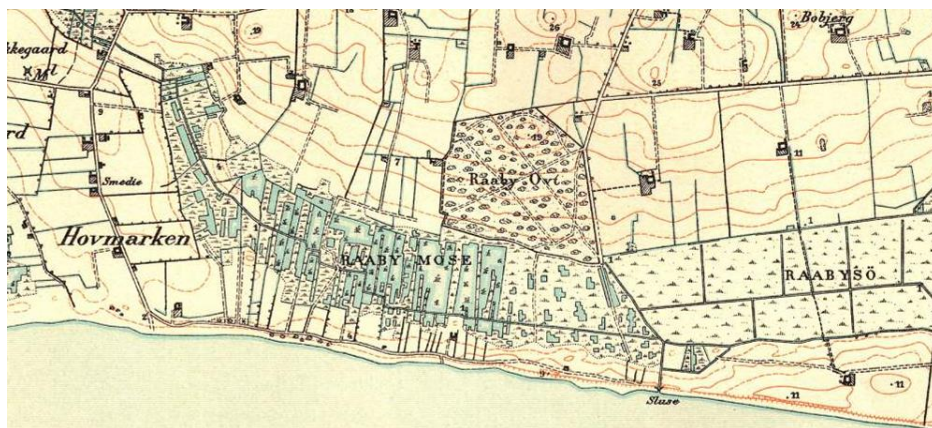
1.2 Lidt historie

Historiske kort fra Rigsarkivet og Geodatastyrelsen er indsamlet for at dokumentere de terrænsætninger som er sket i området. Herunder en række gamle kort, som der er vist udsnit af herunder.



Figur 1-4 kobberstik kort fra 1808.

Kortet viser at Råby Mose ikke har været en sø, i hvert fald i mere end 200 år. Terrænet i Mosen har altså ligget over kote 0 allerede dengang.



Figur 1-5 Udsnit af Målebordsblad fra 1888.

På målebordsbladet fra 1888 ses det, at der er etableret en sluse hvor pumpestationen i dag ligger, ligesom det ses, at tørvegravningen for alvor er igangsat i Råby Mose. At der har ligget en sluse tyder på at arealanvendelsen er intensiveret, men terrænet har stadig ligget over kote 0, da der kun er en sluse og altså intet behov "løft" ved pumpning af vandet ud i Østersøen. I nutiden måler vi

på de laveste arealer kote -1,5m DVR90. og det må forventes at størstedelen af disse sætninger er sket efter pumpen er installeret.



Figur 1-6 Optegnelser af vandudbredelsen fra Stormfloden 1872. Her ses det tydeligt at den store lavning i Råby Sø og -Mose er vandfyldt.

Stormfloden i 1872 hvor vandstanden ifølge Colding nåede ca. + 8,5 fod eller +2,55m forårsagede store oversvømmelser på Møn, og store erosion af sydkysten.

2 Eksisterende situation

2.1 Oversigtsfoto af eksisterende situation

Figur 2-1 viser et skråfoto fra 2023/24 med hele kystlinjen set mod henholdsvis øst og vest fra ca. over midten af strækningen. På det øverste foto ses tydeligt Råby Sø og -Mose beliggende bagved den relativt smalle strimmel land i kote ca. +5 m, der er bebygget med sommerhuse. Endvidere ses det hvorledes kysten hele vejen på lagets strækning er beskyttet af i alt 36 gamle høfder, i forskellig udformning og tilstand. Der er som en integreret del af projektet udarbejdet en samling af fotos der viser alle de 36 høfder og skræntfodbeskyttelsen mellem høfderne. Der henvises hertil for detaljer.



Figur 2-1 Skråfotos af hele lagets kyststrækning

2.2 Beskrivelse af lagets kyststrækning og dens karakteristika

Som vist ovenfor har hele lagets kyststrækning kystbeskyttelse i form af høfder og skræntfodbeskyttelse. Men, der er stor forskel på baglandets beskaffenhed på strækningen. Fra pumpestationen lige øst for høfde 1 og til ca. høfde, H22, en strækning på ca. 1.300 meter, er baglandet relativt højt med en kote på ca. +5 m, bagved hvilken det skråner ned igen til Råby Sø og -Mose, som for en stor del ligger under havets overflade. Området er derfor helt afhængigt af, at der løbende

pumpes vand ud ved pumpestationen, herom mere senere i afsnit 6. En typisk skræntfodsbeskyttelse på denne strækning mellem høfde, H17 og H18 er vist på Figur 2-2.



Figur 2-2 Skræntfodsbeskyttelsen mellem høfde 17 og 18, kaldet S 17-18. Man ser den temmelig ujævne stenkastning af store sten i varierende størrelse lagt op mod den naturlige skrænt.



Figur 2-3 Vejen Bundgarnet i kote ca. +5 m. Her ca. udfor Høfde, H3.



Figur 2-4 Havdiget i lagets vestlige strækning. Det har en kronekote på ca. +3,0 m. Det starter mellem Højde H22 og H23 og løber mod vest til vejen, Hjulsporet



Figur 2-5 Kystdiget i lagets vestlige ende-her set mod øst.

Diget er relativt bredt ca. 8 m bestående af lerjord på toppen og en sti med små sten. Diget er blevet forstærket og mere lerjord tilført efter stormfloden d. 20 og 21 oktober 2023. Koten på toppen er ca. +3,0 m og stenkastningen på forsiden når ca. op i denne højde.

På kysten lidt øst for pumpestationen er terrænet lavt, ca. kote +2,75m, og der skete stor skade under stormfloden 20-21 okt. 2023. Erosions-skår i kystskrænten blev repareret med og sikret med sten.



Figur 2-6 Kysten øst for pumpestationen inden stormfloden i okt. 2023. Kysterosionen har medført tilbagerykning, så høfderne ikke mere starter inde på stranden (foto fra Google Earth)



Millioner af skatteyderkroner er spenderet på disse høfter, men i dag står de flere meter ude i havet, hvor de ingen nytte gør. Formentlig var der tale om en fejlagtig faglig beslutning, da man gjorde dem til en absolut nødvendighed i 1950'erne. Uden høfderne ville kysten nedbrydes og hele Råbylille blive sat under vand, mente man, men sådan kom det ikke til at gå, selvom havet til stadighed æder af klitterne øst for pumpestationen.

Figur 2-7 Artikel: Millioner af kroner hældt i havet ud for Råbylille (Det Tabte Land Lolland Falster)



Figur 2-8 Kysten øst for pumpestationen hvor terrænet er relativt lavt og helt ned til +2,75 m på det laveste sted.

2.3 Pumpestationen og kanalen

Lagets kyststrækning ender mod øst ved pumpestationen, som får vand ledt til fra Råby Sø og Mose område ad en kanal.



Figur 2-9 Pumpestationen med kanalen til højre (foto fra Google Earth)



Figur 2-10 Kanalen set mod nord, november 2024 (OJJ)



Figur 2-11 Stien mod nord langs kanalen. Bemærk den kraftige bevoksning (grøde) i kanalen



Figur 2-12 Pumpestationens indløb fra kanalen

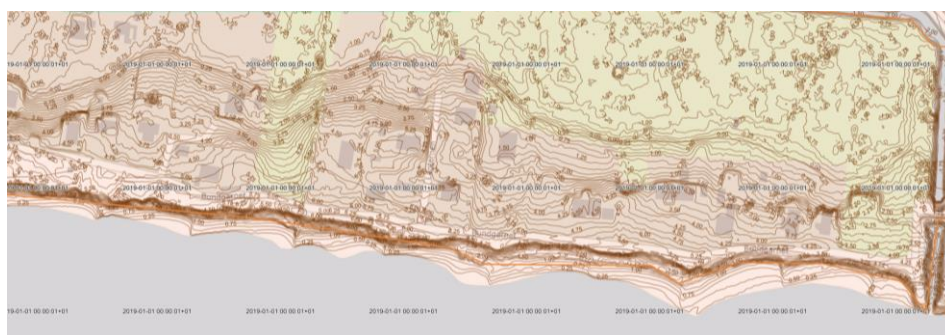
2.4 Råby Sø og -Mose



Figur 2-13 Udsigt over Råby Sø og Mose set fra stien langs kanalen

2.5 Data vedr. geometri og koter

Oversigtskort over terrænet med koter er vist i de følgende figurer.



Figur 2-14 Højdekort, de ca. 10 østligste hofder



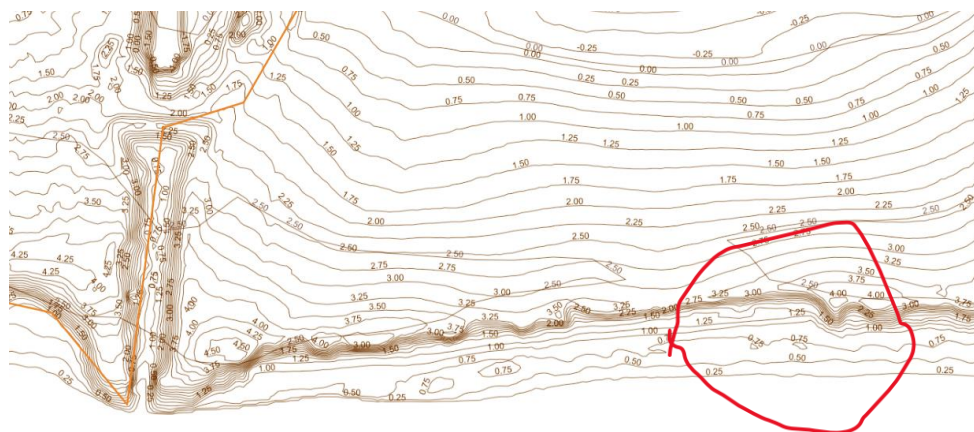
Figur 2-15 Højdekort. Den østlige/midterste delstrækning



Figur 2-16 Højdekort. Den vestlige/midterste delstrækning



Figur 2-17 Højdekort. Den vestlige delstrækning



Figur 2-18 Terrænet fra pumpestationen og kanalen. Med rød markering er vist hvor terrænet kun er i kote ca. +2,75 m; og bagved i Råby Sø og Mose ned til kote ca. -1,5 m. (Fra Danmarks Højdekort).

Lagets kasserer Jørgen Jensen meddeler:

”I april 2024 rettede vi stien på 48r op ved at pålægge 151 tons stabilgrus. I okt.-dec. 2023 blev digekronen på matr. 48r, fra trappe ved p-plads til og med Bundgarnet 52 opbygget med i alt 1.600 tons leret råjord, svarende til ca. 900 m³. Dige-kronen er mere eller mindre ført op i samme højde på nævnte strækning. De laveste liggende steder er ca. hævet med 0,5-0,75 m er vores vurdering.

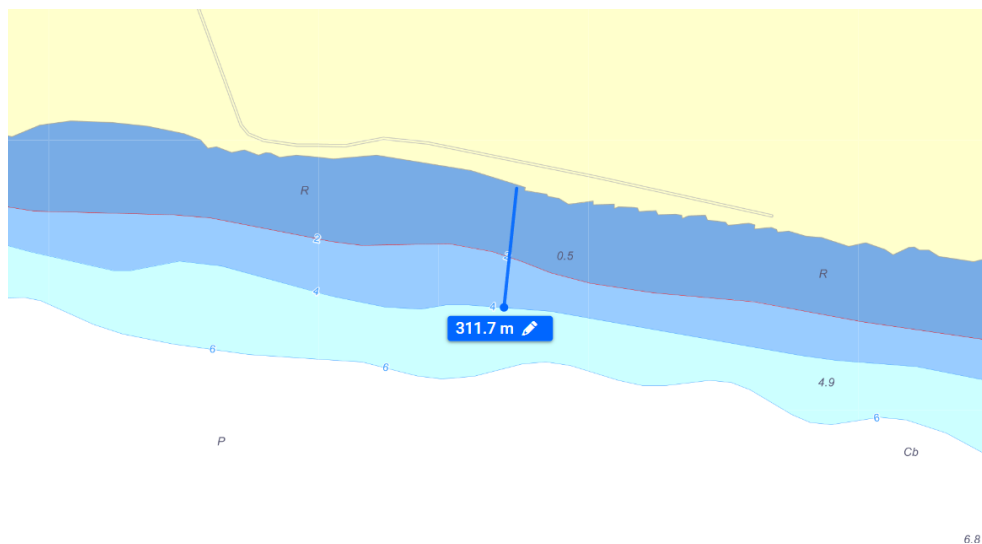
10.01.2024 målte LE34 (Landmålerfirma) en kote på stenene hvor de lå indtil selve jorden/stien hvor man kan gå. Derudover målte LE34 også en kote på jorden/stien, da det i den østlige ende lå lidt højere end stenene gjorde. Se vedhæftet opmålingsplan.”



Figur 2-19 Opmåling af dige. Her kote til top af stenkastning og terræn bagved på digekronen. Øverst vest og nederst øst del af diget.

2.6 Søkort

Søkortet for området er vist nedenfor. Det mørkeblå svarer til 0 til 2 m vanddybde, og lyseblå til 2 til 4 m. Det ses, at 4 m kurven ligger ca. 312 m fra land, dvs. en bundhældning på ca. 1:80.



Figur 2-20 Søkort over området. Vejen Bundgarnet ses langs stranden. Havbunden er relativt ensartet skrånende. Dybdekurverne er 2, 4, 6 m dybde.

2.7 Matrikelkort over området

Matrikelkort over området er vist nedenfor. Det ses at i den vestlige ende udfor Høfde H 25 til H31 går matrikelgrænserne ikke helt ud til kysten, mens det er tilfældet for alle matrikler øst herfor.



Figur 2-21 Matrikelkort den vestlige del af lagets kyststrækning



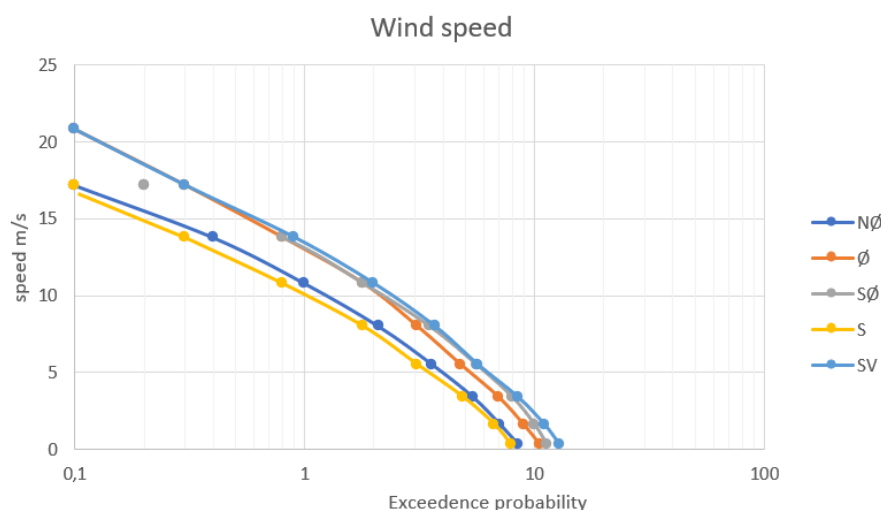
Figur 2-22 Matrikelkort den østlige del af lagets kyststrækning

3 Hydrografiske forhold, vind, bølger og vandstand

3.1 Vindforhold

Vindforholdene er sammen med det frie stræk (længden af havområdet i de forskellige retninger som vinden blæser over for bølgegenerering) af betydning for højden af bølger fra forskellige retninger. Relevante vinddata findes i DMIs Standardnormaler for vind i Danmark, år 1931-60. Data er vist herunder i Figur 3-1 for Møns Fyr.

17380 MØN FYR													STANDARD OBSERVATIONS 04-08-14-20-24 DMT										1931-1960									
FORCE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	ALL FORCES	MEAN FORCE																		
YEAR	N 54790												CALM 5.2										MEAN WIND VELOCITY 5.5 M/SEC.									
N	2.3	1.8	1.5	1.1	0.7	0.3	0.1	*	*	*	0.0	0.0	7.8	2.7																		
NE	1.4	1.7	1.8	1.5	1.1	0.6	0.3	0.1	*	0.0	0.0	0.0	8.5	3.3																		
E	1.6	2.0	2.2	1.7	1.3	1.0	0.5	0.2	0.1	*	0.0	0.0	10.6	3.5																		
SE	1.3	2.0	2.4	2.1	1.7	1.0	0.6	0.2	*	*	0.0	0.0	11.4	3.7																		
S	1.2	1.8	1.8	1.3	1.0	0.5	0.2	0.1	*	0.0	0.0	0.0	7.8	3.2																		
SW	1.8	2.6	2.8	2.0	1.7	1.1	0.6	0.2	0.1	*	*	0.0	12.8	3.5																		
W	2.4	3.0	3.2	2.7	2.5	1.8	0.8	0.3	0.1	*	*	0.0	17.0	3.7																		
NW	4.1	3.7	3.5	2.6	2.2	1.5	0.7	0.3	0.1	*	*	0.0	18.8	3.2																		
ALL	16.1	18.5	19.3	15.0	12.2	8.0	3.7	1.4	0.4	0.1	*	0.0																				



Figur 3-1 Vinddata og optegnet statistik

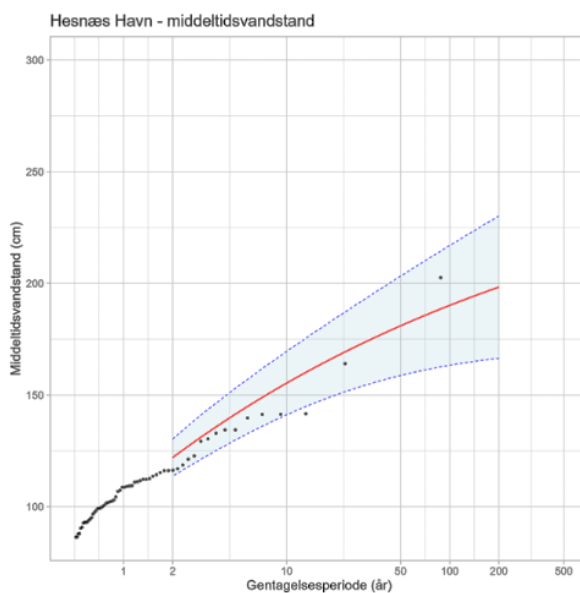
Det fremgår, at de svageste vinde optræder for retningerne S og NØ, mens de kraftigste vinde er fra SV, SØ og Ø.

3.2 Vandstandsforhold

Kystdirektoratet (KDI) har i 2024 udsendt nye vandstandsstatistikker for havne i Danmark. Den nærmeste lokalitet der er vist er Hesnæs Havn på Falster. Statistikken er vist i Figur 3-2. Det øverste punkt +2,03 m stammer fra stormfloden i 2023, og er her af KDI vurderet som en storm med et gentagelsesinterval på ca. 85 år. At den røde kurve flader ud skyldes at KDI ikke tager hensyn til data fra tidligere stormfloder, bl.a. 1872. Hvis denne medtages med et højvande på ca. +2,5 m og et gentagelsesinterval på 250 år vil statistikken ikke bøje af, men være mere retlinet og bøje opad hvis flere sjældne historiske stormfloder i Østersøen inkluderes.

65
Datablad

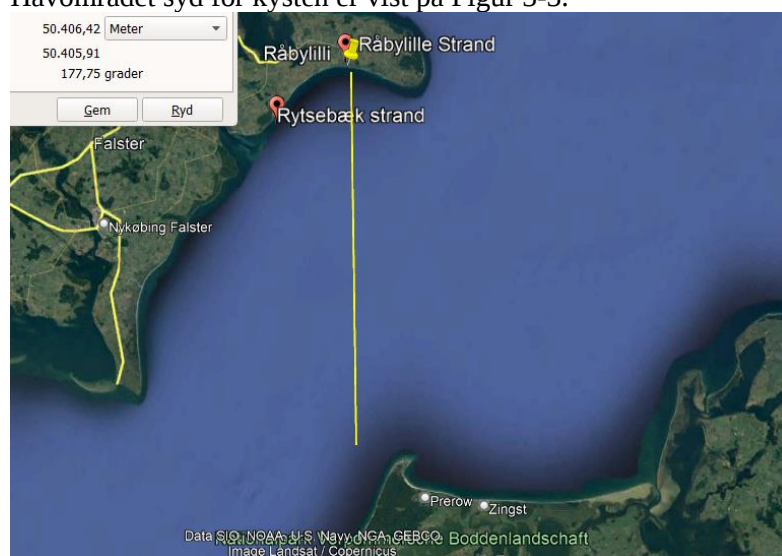
Hesnæs Havn



Figur 3-2 Vandstandsstatistik for Hesnæs Havn
KDI Højvandsstatistikker 2024.

3.3 Bølgeforhold

Havbunden udfor stranden skråner mod syd med en hældning estimeret til ca. 1:80. Havområdet syd for kysten er vist på Figur 3-3.



Figur 3-3 Havområdet syd for Råbylille Strand. Det frie stræk for bølger fra S til ØSØ er ca. 50 km, og større fra SSV.

Bølgerne på dybt vand udfor kysten på ca. 10 m vand kan med det frie stræk på ca. 50 km og en middelvindhastighed på 25 m/s over mindst 6 timer i ekstreme tilfælde opnå en betydelig størrelse på op til en signifikant bølgehøjde på ca. $H_s=4$ m med en peak-bølgeperiode omkring $T_p=8-9$ s og

en middelperiode på ca. $T_m = 6-7$ s. Men for vind og bølger fra disse retninger optræder der ikke stormflod med kraftigt højvande. De farlige stormfloder som 1872, 1904 og 2023 var ved vind fra ØNØ og Ø så bølgerne er ikke vinkelret på kysten, men stort set parallelle med kysten. Bølgerne helt inde ved land ved østlige retninger er drejede om i mere sydlig retning når de når ind mod kysten på grund af bølgerefraktion og det er brydende bølger. De er begrænsede ved den aktuelle vanddybde under storm og stormflod, dvs. den aktuelle dybde inklusive det aktuelle højvande. De lokale bølger kan opnå en størrelse på ca. $H_s = 0,55-0,60 \cdot D$, hvor D er dybden. Der benyttes ud fra erfaring og litteratur en faktor 0,60 i det følgende. Der er her taget hensyn til at bølgerne kommer meget skråt ind på kysten, og de undergår derfor også en reduktion på grund af bølgerefraktion. Hvor der i dag er T-høfder (normal højde med bølgebryder i enden), som i lagets vestlige ende vil bølgerne blive reduceret noget ved passage af høfdens kystparallelle del. Man kan derfor også reducere bølgerne der rammer ind på skræntfodssikringen længere mod øst ved at udbygge med T-høfder, herom mere senere.

3.4 Kombination af stormflod og lokale bølger

Bølgerne fra øst og sydøst på dybt vand udfor kysten på ca. 10 m vand kan i ekstreme tilfælde opnå en betydelig størrelse på op til signifikant bølgehøjde på ca. $H_s = 4$ m med en peak-bølgeperiode omkring, $T_p = 9$ s.

Helt oppe på strandplanet er stranden relativt stejl. Figur 3-4 viser at 1 m- kurven lige foran diget kun er ca. 10 til 15 m fra vandlinjen, eller med en hældning på ca. 1:12.



Figur 3-4 Højdekort/ koter af stranden i den vestlige ende af lagets strækning, hvor der er et jorddige med stenkastning bag stranden.

Det er vigtigt her at fremføre, at denne kyststrækning primært er udsat for kraftig påvirkning og risiko for akut erosion under kraftige storme fra østlig retning, da der her optræder samtidig mellem høj vandstand og store bølger. Den ekstreme stormflod 20-21.okt. 2023 kom fra ca. retning Ø; og vandstanden nåede en lidt mindre vandstand end i Hesnæs; estimeret til ca. +1,9 m over dagligt vand. Der er nogen usikkerhed omkring vandstanden, da Oddermosen rapporterede om et højvande på ca. + 2,0 m; formentlig inkl. nogen bølgestuvning. Denne storm gav den højeste vandstand der er målt siden 1904; og vurderes som en storm der i middel forekommer ca. en gang per 85 år. Det er derfor forståeligt, at der skete så stor skade på mange kyster på Møn og især sydkysten.



Figur 3-5 Foto fra stormfloden i oktober 2023, sommerhus Rytsebækvej vest for Råbylille Strand. ([Fascinerende billeder fra Møn - Vordingborg In .](#))

Derudover, har man detaljerede data fra stormfloden fra ØNØ i november 1872, hvor vandstanden ifølge Colding (publikation 1881) nåede ca. 8,5 fod ($\sim +2,55$ m) langs Møns sydkyst, se Figur 3-6. Denne storm vurderes til i middel at forekomme en gang per 250 år.

Der er i denne publikation i Ingeniøren af projektets rådgiver præsenteret en redegørelse for historiske stormfloder fra øst.

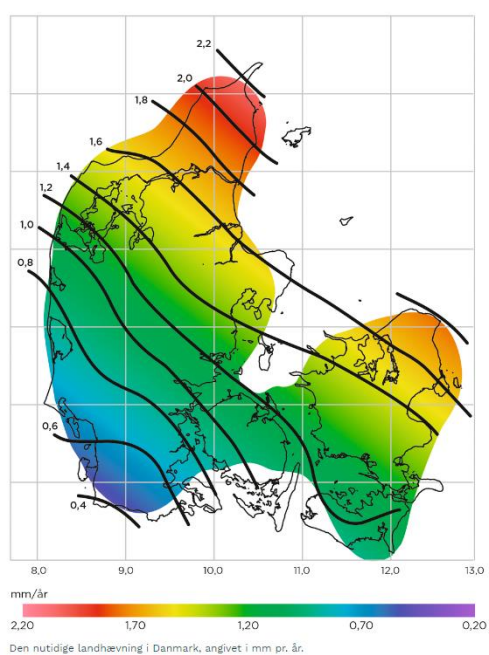
[2023-11-24 OJJ Historiske stormfloder INGENIOEREN.pdf \(xoz.dk\)](#)

Ud fra viden og erfaring med stormfloder i Indre danske Farvande vurderes en 100 års stormflod i dag til en vandstand på ca. +1,95 m.

Udover vandstandsstatikken i dag, er det vigtigt at tage vandstandsstigningen i havet i regning. Her regnes der med ca. +20 cm frem til år 2050 og +72 cm frem til år 2100. Derudover er der landhævningen siden istiden at tage i regning. Denne virker til gunst og beløber sig til ca. +1,3 mm/år, se Figur 3-7.



Figur 3-6 publikation af Colding, vedr. 1872 stormflod. Øjebliksbillede 13/11 1872 kl. 12. Vandstand Møn $\sim +8,5$ fod $\sim +2,55$ m.



Figur 3-7 Landhævning i Danmark (mm/år)

3.5 Design Vandstand

Det er vigtigt at fastlægge en designvandstand, VS, for lagets strategi for opgradering af kystbeskyttelsen ved Råbylille Strand. Man kan vælge sikkerhedsniveau på flere niveauer:

1. Projektet baseres på at skulle kunne modstå en tilsvarende stormflod som okt. 23 uden tillæg af vandstandsstigning: $VS = +1,9 \text{ m}$.
2. Projektet baseres på at skulle kunne modstå en tilsvarende stormflod som 21.okt. 23 med tillæg af vandstandsstigning og landhævning frem til 2050:
 $VS = 1,9 + 0,20 - (0,0013 \cdot 25) = 2,07 \sim +2,1 \text{ m}$.
3. Projektet baseres på at skulle kunne modstå en 100 års stormflod i år 2050 med tillæg af vandstandsstigning og landhævning: $VS = 1,95 + 0,20 - (0,0013 \cdot 25) = 2,12 \sim +2,1 \text{ m}$.
4. Projektet baseres på at skulle kunne modstå en stormflod svarende til 1872 uden tillæg af vandstandsstigning: $VS = +2,55 \text{ m}$.

Givet at vi har oplevet okt.2023 stormfloden med en estimeret vandstand på + 1,9 m, og at stormfloden i 1872 er en sikker observation anbefales det som et minimum, at man vælger (2) eller (3) og en designvandstand for kystbeskyttelsen på **+2,1 m**. Som redegjort for i afsnit 5.6 vedr. sedimenttransport er der stort set kun tale om risiko for akut kysterosion under en sådan ekstrem designstormflod, og ikke oversvømmelse af bagvedliggende områder, hvis der tages de nødvendige konstruktive forholdsregler, se senere i afsnit 7 vedr. Strategi. Men for en stormflod så kraftig som 1872 vil der kræves en ganske særlig og kraftig opgradering af konstruktionerne både på lagets område og på landbrugsarealet lige øst herfor.

For kystbeskyttelsen i form af skråntopsbeskyttelsen betyder dette, at hvis en stormflod som 1872 optræder, vil der ske et større bølgeoverskyl end designet for. Men stenkastningen bør projekteres til at være acceptabel stabil for de større bølger; hermed menes, at der kan accepteres beskadigelse af konstruktionerne, men indenfor, at de kan vedligeholdes/repareres. En 1872 stormflod kan således betragtes som en katastrofeshændelse som man ved opgradering af kystbeskyttelsen bør arbejde henimod at kunne modstå ved robustheden af de valgte konstruktionselementer, og især hvad gælder deres kronekote.

Design perioden for projekt opgradering af konstruktionerne som nærmere beskrevet i afsnit 7 vedr. strategi, vurderes således til ca. 40 år dvs. til ca. år 2065, hvor det kan komme på tale med en yderligere opdatering, f.eks. med en begrænset forøgelse af kronekoten på stenkastningen.

Vandstanden er en kombination af vindstuvning, det barometrisk tryks påvirkning af havet og bølgestuvning grundet de brydende bølger ind på kysten. Hertil kommer virkningen af bølgerne ind på konstruktionen og deres opskyl, som medfører at kystbeskyttelseskonstruktionerne skal have en kronekote væsentligt over den aktuelle stormflodsvandstand, et såkaldt "bølgetillæg".

3.6 Designbølger

Det er her forudsat, at man vælger en designvandstand på **+2,1 m**. Man må påregne, at en designstorm meteorologisk vil være tilsvarende 1872 eller okt. 23 med storm fra øst og samtidig stormflods højvande. Man kan nu udregne/estimere hvor store brydende bølger fra øst der kan nå frem og ramme kystbeskyttelsen. Her antages, at stranden der i dag er i kote ca. 0,0 m 12 m foran digefoden på diget i den vestlige del af lagets strækning vil være ca. 0,5 m lavere, dvs. -0,5 m da der vil ske en omlejring af kystprofilen til "vinterprofil" under stormfloden. Med vinterprofil menes, at en sandkyst typisk har forskelligt profil i kystzonen sommer og vinter på grund af de forskellige bølgeforhold.

Om vinteren vil sandet på kysten trække længere ud og der bliver dybere helt inde nær stranden. Når designstormen sker forplanter bølgerne fra Ø sig ind på den skrånende havbund med en indfaldsvinkel på 45 grader som på grund af refraction drejer bølgerne, så de snarere rammer med en retning tæt på SSØ, og en bestemmende dybde tages ca. en halv bølgelængde foran, eller 12 m. Den samlede dybde er således $D = -0,5 - 2,1 = -2,6$ m hvor bølgerne bryder foran konstruktionen. Bølgehøjden er: vurderet til: $H_s = 0,6 * D = 0,6 * 2,6 = 1,56 \sim \mathbf{1,6 \text{ m}}$.

Den signifikante bølgehøjde, H_s er defineret som middelværdien af den største tredjedel af bølgerne i et bølgetog. Den maksimale bølge vurderes til ca. $1,05 * D = \mathbf{2,75 \text{ m}}$.

Hvis en storm tilsvarende i 1872 skulle forekomme igen med en vandstand på ca. +2,55 m, vil man med de samme forudsætninger få en designbølgehøjde på: $H_s = 0,6 * (2,55 + 0,5) = 1,83$ m, og stenstørrelsen i skråningsbeskyttelsen bør teoretisk være ca. 50 % større end beregnet nedenfor og kronekoten bør også være, ca. +0,60 m højere for samme bølgeoverskyl, herom mere senere.

4 Beskrivelse og design af fremtidige kystbeskyttelseskonstruktioner

4.1 Generelt

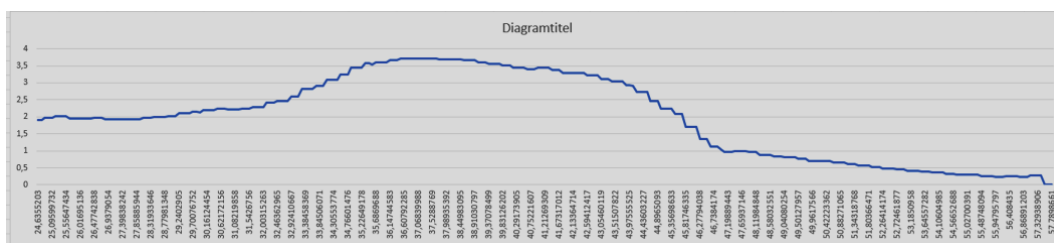
På baggrund af de indsamlede data og den foretagne kystinspektion, som er dokumenteret særskilt i et notat med de mange fotos der blev taget, er det nu muligt, at se på de forskellige elementer der kan indgå i den fremtidige strategi for lagets indsats og investeringer i kystbeskyttelse.

Her ses separat på disse, og senere i afsnit om strategiplan diskuteres deres indbyrdes afhængighed, og prioritering med det formål at lagets hurtigst muligt og for de mindste omkostninger kan opnå en samlet kystbeskyttelse med den størst mulige beskyttelse. Dvs. en beskyttelse med den lavest mulige sandsynlighed for skader og oversvømmelse når/hvis en ny meget kraftig stormflod sker igen. Det vides ikke hvornår skræntfodsbeskyttelseskonstruktionerne er anlagt. KRAK kort 1954 viser, at der ikke var skræntfodskonstruktioner. Året 1954 var også inden der i stor stil blev bygget sommerhuse i området. Der var en række ejendomme langs Bundgarnet. Google Earth Pro hvor man kan gå tilbage til 2005 viser i sammenligning med i dag, at der i 20 års perioden siden da løbende er sket en udbygning af skræntfodsbeskyttelsen med stenkastning.

- **Diget i lagets vestlige ende**, ca. 12 m bredt i en kote på ca. +3,0 til +4,40 m, fra sidevejene Hjulsporet til Kæden. På en lang strækning udfor Bundgarnet er koten relativ lav med +2,94 -3,23 m. Den samlede strækning er ca. 775 m. Diget har stenkastning på forsiden.
- **Kyststrækningen mellem Kæden og Pumpestationen**, i alt ca. 1.330 m. Her er baglandet bag stranden i et højere niveau med en kote på typisk +4 til 5 m.
- **Høfderne i alt 36 stk.** der er her tale om de ”gamle” høfder nr. 1 til 31 (herunder 18 A og 18 B anlagt i 1940'erne), som dokumenteret i fotosamlingen fra kystinspektionen, hvortil kommer 4 nyere pælehøfder i den allervestligste del af lagets område.
- **Øst for pumpestationen** uden for lagets område er kysten lav, med kote ca. +2,75 m på det laveste sted. Dette område er med i denne analyse, da et gennembrud her under en stormflod vil medføre oversvømmelse i Råby Sø og – Mose og dermed oversvømmelse af lagets sommerhusområde bagfra/nordfra.
- **Østdiget** ved Kobbegårdsvej. Dette dige beskytter mod oversvømmelse der ellers ville kunne trænge ind til Råby Sø og – Mose fra det lavtliggende område vest for Klintholm Havn.
- **Kysten lige vest for lagets område**, Havdiget her er relativt lavtliggende tilsvarende øst for pumpestationen. Men, situationen her mod vest er bedre, da der er stenkastning på havsiden af diget.

4.2 Diget i lagets vestlige ende, Havdiget

Et typisk profil for diget er vist i Figur 4-1. Havet er til højre og land til venstre. Det fremgår, at diget ud til stranden er relativt stejlt hvor der er stenkastning, og det når op i en kote lidt over +3,0 m i overensstemmelse med koterne vist i Figur 2-19.



Figur 4-1 Typisk profil i diget, lokalitet for profil, se Figur 4-2

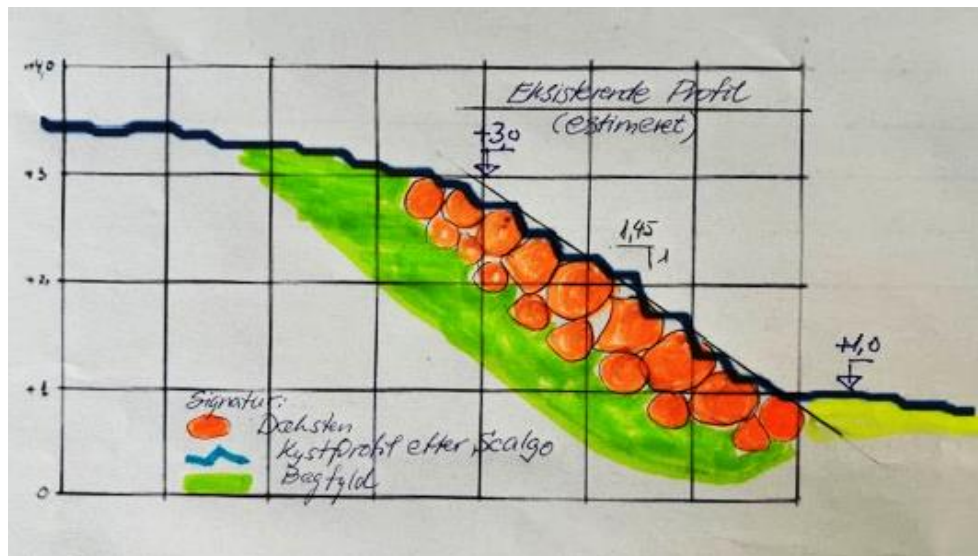


Figur 4-2 Lokalitet for profil i diget vist på Figur 4-1

4.3 Typisk profil af eksisterende stenkastning

Stenkastningen består her af relativt store grusgravssten, typisk 0,3 til 1,0 tons med en del sten der er større og helt op til 2 tons.

Det vides ikke hvor mange lag sten der er og om disse oprindeligt er udlagt direkte ovenpå jorden i diget. Der er ikke udlagt geotekstil og filterlag af mindre sten, som det bruges i dag for denne type konstruktion. Figur 4-3 viser en mulig fortolkning af hvorledes stenkastningen er sammensat; her med mindre sten under de større, og uden filterlag eller geotekstil. Lagets entreprenør Bo Rasmussen, Stege har bekræftet at der for det meste er et lag sten og at de er udlagt direkte på råjorden. Den blå lidt takkede kurve er udtaget af Figur 4-1. Det ses at stenkastningen er estimeret til hældning 1:1,45~1,5. Stranden er ca. i kote +1,0 m.



Figur 4-3 Rådgivers fortolkning af typisk eksisterende stenbeskyttelse på diget.
NB. Der er ofte kun et lag dæksten. Der er profiler hvor topkoten kun er ca. +3,0 m.

Design-vandstanden er +2,1 m og design-bølgehøjden er $H_s=1,6$ m.
Med disse designforhold vil der ske skade på stenkonstruktionen og stort bølgeoverskyl.

4.4 Diget under stormfloden d. 20-21 okt. 2023



Figur 4-4 Foto af digets vestlige ende (foto fra Google Earth). Foto fra inden stormfloden.

Under stormfloden blev der af beboerne taget fotos af diget.



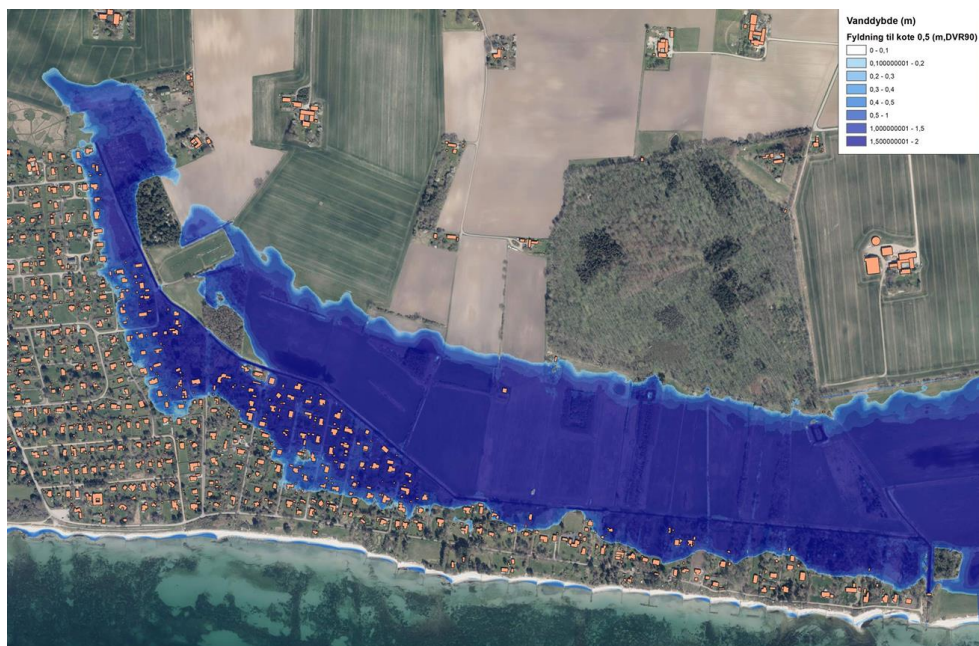
Figur 4-5 Foto af digekronen under stormflodens aftagen. Bemærk kraftig erosion i kronen og mange ral-sten der er flyttet ind over kroen ved kraftigt bølgeoverskyl.



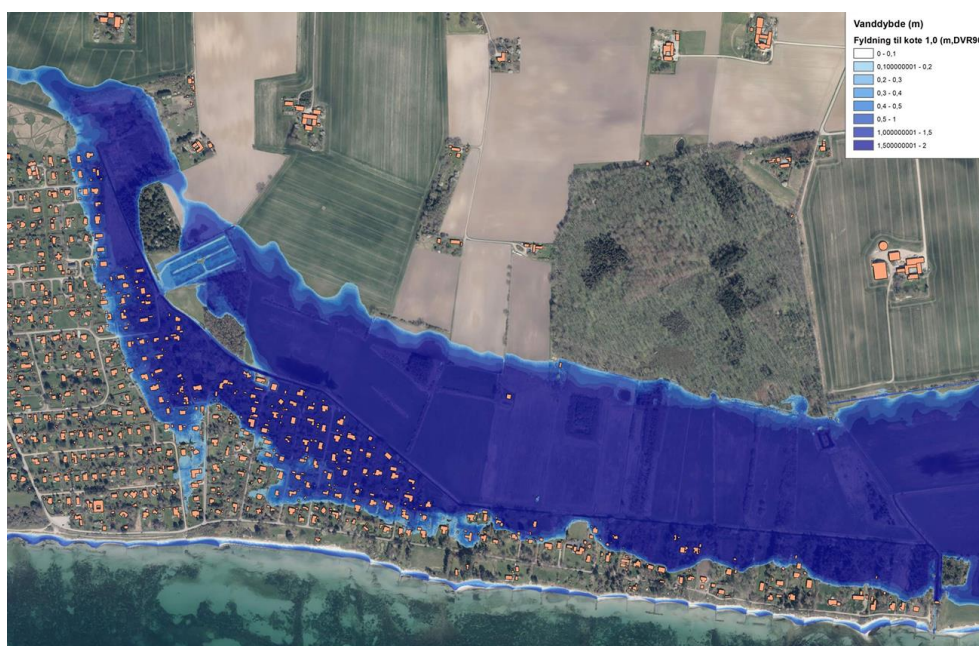
Figur 4-6 Forsiden af diget med beskadigelse

4.4.1 Risiko for dige-gennembrud

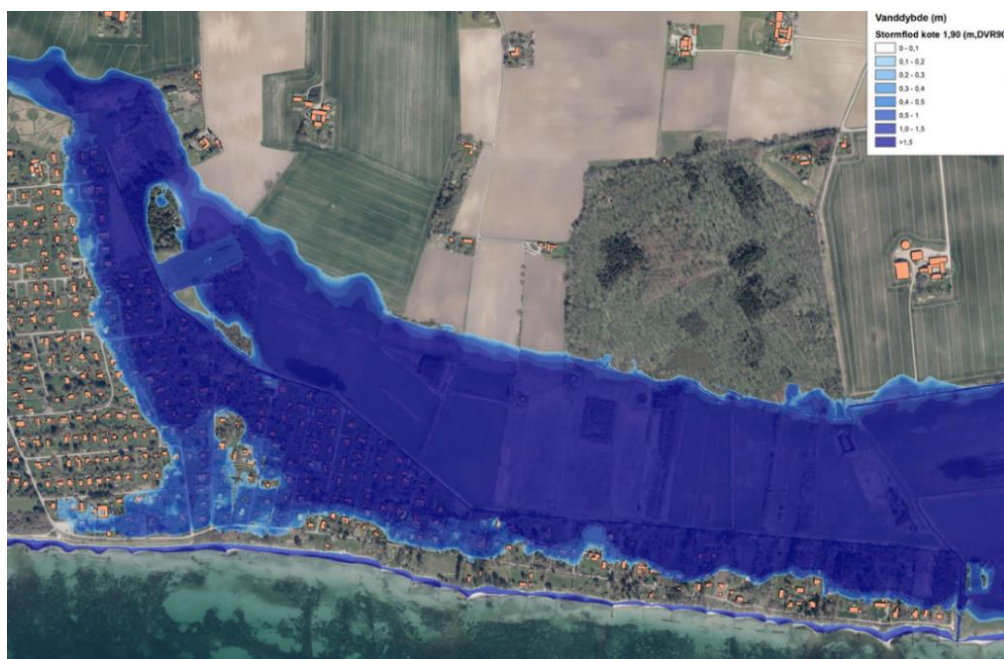
Det fremgår, at diget var udsat for stort bølgeoverskyl, og med en kronekote på ca. +3,0 m og vandstand ca. +1,9 m var der store vandmængder i overskyllet; som forårsagede oversvømmelse lokalt på et enkelt sommerhus bag diget. Var diget brudt, ved at bølgeoverskyllet havde skabt et erosionsskår, ville dette kunne have åbnet sig mere og meget store vandmængder kunne være strømmet gennem diget og opfyldt Råby Mose og -Sø. Mange af sommerhusene ligger meget lavt og under kote 0,0, dvs. under normal vandstand i havet. Det lavest beliggende hus er som nævnt tidligere ca. i kote -1,25 m.



Figur 4-7 Oversvømmelsesområde ved en vandstand på +0,5 m bag diget. Over 50 sommerhuse ville være oversvømmede



Figur 4-8 Oversvømmelsesområde ved en vandstand på +1,0 m bag diget. Over 100 sommerhuse ville være oversvømmede



Figur 4-9 Oversvømmelsesområde ved en vandstand på +1,9 m bag diget. Over 150 sommerhuse ville være oversvømmede

Rådgivers konklusionen er, at der er en endog meget stor risiko for at diget vil bryde og med en stor oversvømmelse til følge hvis designstormfloden med en vandstand på +2,1 m sker. Det fremgår, at selv hvis havvandet kun når at fylde delvist op til kote + 0,5 m er der måske 50 sommerhuse der vil stå under vand. Der er derfor tale om så mange sommerhuse der vil blive oversvømmet og ødelagt, og dette er en meget alvorlig situation, som vil blive nærmere analyseret og mulige konstruktive løsninger foreslået.

4.4.2 Vurdering af Bølgeoverskyl

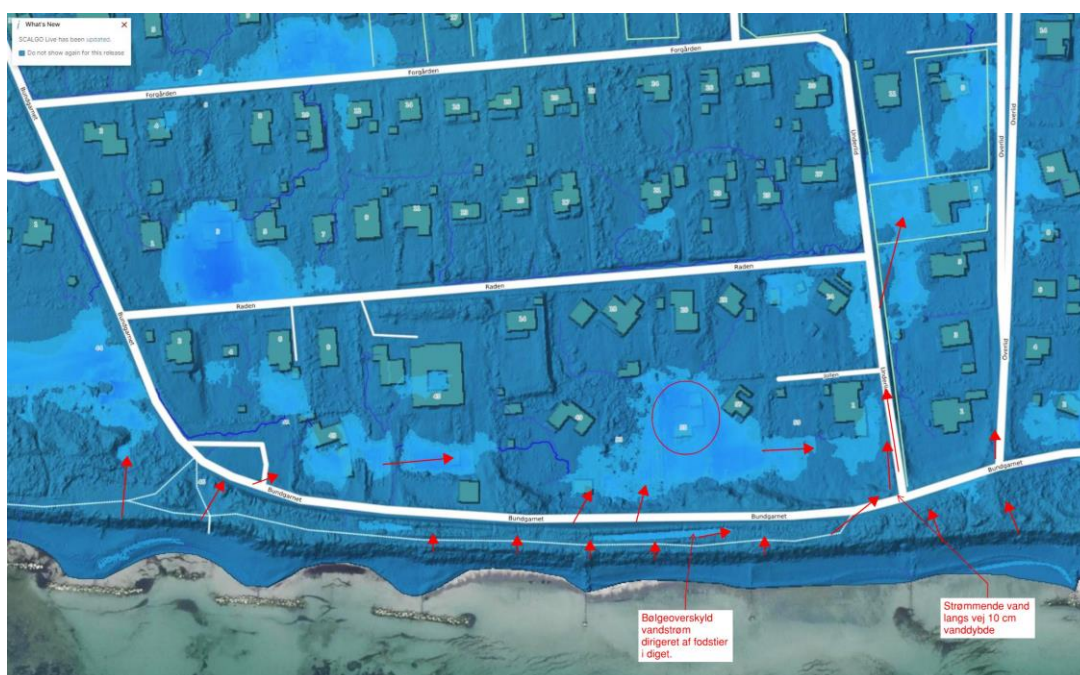
Det er relevant at foretage en vurdering af størrelsen af bølgeoverskyllet på diget under stormfloden d. 21. okt. 2023, samt hvad overskyllet vil være for designstormen med en vandstand på $H_s = 2,1$ m og maksimale brydende bølger på skræntfodsbeskyttelsen. Figur 4-11 viser resultater af bølge-overskyls-målinger i naturen og i modellforsøg udført i slutningen af 1970'erne. Resultaterne blev præsenteret i en publikation (se Ref, 1). Bemærk, at overskyllet vokser meget kraftigt med bølgehøjden, da der er tale om, at logaritmen til vandmængden er proportional med bølgehøjden. Det vil også fremgå tydeligt af beregningerne i det følgende.

Med en vandstand på estimeret +1,9 m og en situation med stranden som vist på Figur 4-1 i en afstand på 10 m foran stenkastningen i kote +0,4 fås en dybde på 1,5 m, og en bølgehøjde på ca. $0,6 \cdot 1,5 = 0,9$ m. Fribordet, Δh (den vertikale afstand fra roligt vandspejl til kronen i kote +3,0 m er således 1,1 m. Herved fås $H_s / \Delta h = 0,9 / 1,1 = 0,82$. Ud fra data i Figur 4-11 fås et bølgeoverskyl på ca. $2 \cdot 10^{-2} = 0,02$ m³/m/s eller 20 liter/m/s. Dette lyder ikke af meget, men der er tale om en middelvandføring i overskyllet, og enkeltoverskyl er meget større. Vindretningen var stik øst under stormfloden, og bølgerne kom ind mod land under en vinkel på ca. 45 grader på 4-5 m vand og drejede yderligere på grund af refraction, så de ramte diget var næsten vinkelret på

dette. Bølger der kommer under en vinkel giver anledning til en mindre reduktion i overskyllet, så ovennævnte beregning vurderes at være konservativ.

Hvis man alene ser på vandmængden på den ca. 225 m strækning hvor der ikke er T-høfder foran svarer dette til en samlet vandføring på $0,02 \cdot 225 = 4,5 \text{ m}^3/\text{s}$, og antager man at stormen med denne højeste vandstand varede ca. 3 timer fås en total-overskyls-vandmængde på ca.: $3 \cdot 225 \cdot 3600 \cdot 0,02 = \sim 48.000 \text{ m}^3$ Hvis man forestiller sig, at vandmængden fordelte sig ligeligt i hele Rå Mose og -Søs 2,6 km^2 område betød det en vandstandsstigning på: $0,048/2,6 = 0,02 \text{ m}$ ($\sim 2 \text{ cm}$). Det vides, at der skete meget stort bølgeoverskyl og at et enkelt hus bag diget fik så megen vand, at huset blev oversvømmet. Martin Reinhold rapporterer at han aftenen d. 21 okt. i mørke gik på vejen bag diget og at der var en ankeldyb stærk strøm af vand ned ad vejen. Jørgen Jensen var også ved diget den aften, og rapporterer at der var ankeldybt bølgeoverskyl ved Strandgården ca. midt på diget.

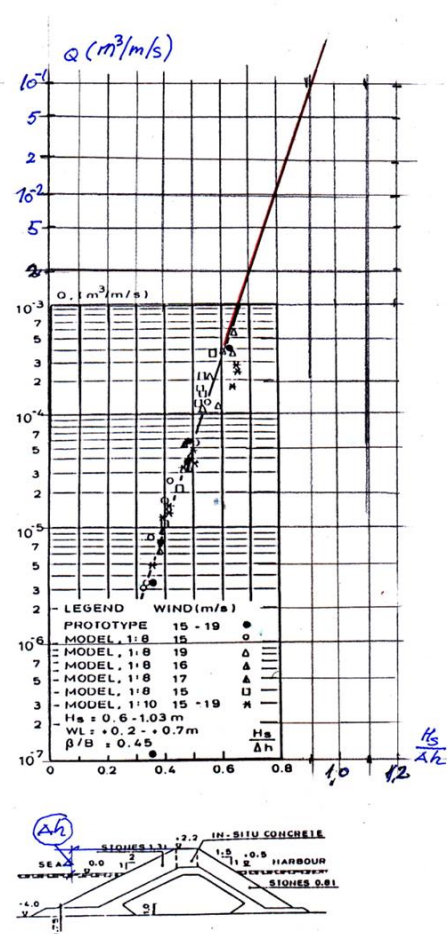
Figur 4-10 viser Martins Reinholds optegnelse af hvorledes han oplevede at overskylsvandet løb bag diget. Han rapporterer; ”Jeg så strømmende vand i krydset bundgarnet/Underild af 10 cm vanddybde. Vil tro strømmen var op mod 1 m/s. Det var Bundgarnet 55 som blev oversvømmet, markeret med rød cirkel. Det stemmer med højdemodel og strømningsveje. Jeg har markeret med røde pile hvordan jeg observerede det strømmende vand fra bølgeoverskyllet”.



Figur 4-10 Martins vurdering af overskylsvandets "veje"

Ud fra Mannings Formel til beregning af vandløb og åbne kanaler, og med et Manningtal, $M=40$, kan man udregne vandføringen. Hvis vi antager, at vanddybden i strømmingen var 0,2 m fås en strømningshastighed på ca. 1,4 m/s og en samlet vandføring på vejen på: $Q=0,2 \cdot 5,5 \cdot 1,4 = 1,55 \text{ m}^3/\text{s}$ eller en tredjedel af den samlede estimerede vandføring i overskyllet over diget. Hvis vanddybden var 0,1 m fås tilsvarende en hastighed på 0,9 m/s, og en samlet vandføring på $Q=0,1 \cdot 5,5 \cdot 0,9 = 0,5 \text{ m}^3/\text{s}$. Vandet fra overløbet har sikkert også løbet andre

steder så størrelsesordenen ser ud til at være korrekt, men måske det beregnede overskyl er lidt på den sikre side.



3 Results, Profile A (Hundested)

Figur 4-11 bølgeoverskylsresultater fra både model-og naturmålinger fra DHI, (1976) (Ref. 1)

Der er en række forskere der har beskæftiget sig med bølgeoverskyl og hvad man kan benytte som kriterium for acceptabelt overskyl. I manualen EUROTOP står der om emnet.

For rubble mound breakwaters (e.g., in harbour breakwaters) and a significant wave height H_{m0} greater than 5m on the outside, a heavy rubble mound revetment on the inside is required for overtopping of 10-30 L/s per metre. For overtopping of 5-20 L/s per metre there is a high risk of damage to the crest.

Situation on the slope	q (L/s per metre)
Quarry stone in waves $H_{m0} > 5\text{m}$, and some damage	1
Quarry stone in waves $H_{m0} > 5\text{m}$, and some damage(*)	5 - 10
Good grass cover H_{m0} between 1m and 3m	5
Poor grass cover H_{m0} between 0.5m and 3m	0.1
Poor grass cover $H_{m0} < 1\text{m}$	5 - 10
Poor grass cover $H_{m0} < 0.3\text{ m}$	Unlimited
(*)and inner slope designed for overtopping	

For regular grass, an average overtopping of 5 L/s per metre of dike is considered permissible. For very good grass cover, without special elements or [street furniture](#) such as stairs, sign poles, or fences, 10 L/s per metre is allowed. Overtopping tests with a wave overtopping simulator have shown that for an undamaged grass cover, without special elements, 50L/s per metre often causes no damage. The problem is not so much the strength of the grass cover, but the presence of other elements such as gates, stairs and fences. It should be considered that, for example, 5 L/s per metre can occur due to high waves and a high freeboard, or low waves with a low freeboard. In the first case, there are not many overtopping waves, but when one overtops, it creates a high flow velocity on the inner slope. In the second case, there are many overtopping waves, but they create relatively low flow velocities. As a result, the requirements for overtopping over river dikes are different from those for sea dikes.^[26]

A good sea dike with a continuous grass cover can easily handle 10 L/s per metre without problems, assuming good drainage is provided at the foot of the inner slope. Without adequate drainage, the amount of water that could potentially enter properties at the foot of the inner slope would be unacceptable, which is why such dikes are designed for a lower overtopping amount. Since it has

Her ses, at et overskyl på 10-20 l/m/s vurderes at medføre en risiko for skade på en stenkastningsmole. Der har været foretaget forskning i Holland om emnet, og man kan her se hvorledes forskellige intensiteter af bølgeoverskyl ser ud på et græsklædt diges bagside.

See: Eurotop Videos: <http://www.overtopping-manual.com/eurotop/videos-of-wave-overtopping/>

Nuværende dige med kronekote +3,0 m for designsituation:

Hvis man på tilsvarende måde estimerer bølgeoverskyllet for designsituation med vandstand +2,1 m og alle andre data de samme fås:

Bølgehøjde, $H_s = 0,6 * (2,1 - 0,4) = 1,02\text{ m}$.

Fribord: $\Delta h = 3,0 - 2,1 = 0,9\text{ m}$.

Relativt fribord: $H_s / \Delta h = 1,02 / 0,9 = 1,13$.

Bølgeoverskyl ud fra figur: $\sim 10^0 = 1\text{ m}^3/\text{m/s}$.

Dette ca. 50 gange større end for okt. 23 stormfloden angivet ovenfor, så der vil ske meget stor oversvømmelse og det vurderes, at diget vil bryde sammen.

Forstærket dige med kornekote +4,0 m for designsituation:

Hvis kronekoten forøges til +4,0 m som foreslået fås tilsvarende. Der er her tale om et konservativt estimat, da den fladere stenkastning mellem kote +3 og 4m vil reducere bølgeoverskyllet:

Bølgehøjde, $H_s = 0,6 * (2,1 - 0,4) = 1,02\text{ m}$.

Fribord: $\Delta h = 4,0 - 2,1 = 1,9\text{ m}$.

Relativt fribord: $H_s / \Delta h = 1,02 / 1,9 = 0,54$.

Bølgeoverskyl ud fra figur: $10^{-4}\text{ m}^3/\text{m/s}$, eller 0,1 l/m/s.

Vandmængden, Q bliver derfor:

$Q = 3 * 250 * 3600 * 0,0001 = 270\text{ m}^3$

En 1872 stormflod med en digekote på +4,0 m:

Skulle en stormflod tilsvarende 1872 med en vandstand på +2,55 m ske igen fås:

Bølgehøjde, $H_s = 0,6 * (2,55 - 0,4) = 1,29$ m.

Fribord: $\Delta h = 4,0 - 2,55 = 1,45$ m.

Relativt fribord: $H_s / \Delta h = 1,29 / 1,45 = 0,89$.

Bølgeoverskyl ud fra figur: $6 * 10^{-2} \text{ m}^3/\text{m/s}$, eller 60 l/m/s.

Vandmængden, Q bliver derfor: $Q = 3 * 250 * 3600 * 0,06 = 162.000 \text{ m}^3$

Denne mængde på 60 l/s/m er tre gange højere end estimeret for 21. okt. 2023, se ovenfor, og overskrider kriteriet på 10-20 l/s/m. Men det reelle overskyl er formentlig mindre på grund af konstruktionens flade stenkastning over kote +3 m. Men det vurderes, at for en sådan ekstrem stormflod er der stor risiko for at diget bryder og der sker oversvømmelse i søen og Mosen. For at undgå dette kan man enten hæve diget yderligere, eller sikre dets krone og bagside med stenkastning, idet selve overskylsmængden på tre gange estimeret for 21. okt. 2023 kun vil medføre en stigning på ca. 6 cm af vandstanden i Søen og Mosen, hvis alt vandet løber ud i Mosen og Søen. Det er en mindre mængde end for et ekstremt regnskyl på 100 mm, som falder på de ca. 8,5 km² hvorfra det løber ned i Søen og Mosen på ca. 2,5 km². 100 mm på 8,5 * 10⁶ m² giver i alt 850.000 m³ vand eller 5,25 gange mere vand end overskyllet, og en stigning i vandstanden på ca. 30 cm.

4.5 Udvikling af koncept til Kystbeskyttelses-profil

Det er vigtigt, at kravet til den fremtidige kystbeskyttelse ikke bliver alt for høj, da det vil kræve en stor forhøjelse af diget. En normal stenkastnings-konstruktion har typisk en hældning på 1: 1,5 eller 1:2. I det følgende regnes med at den eksisterende hældning på 1;1,5 bibeholdes. Der kan for det ca. 12 m brede dige accepteres en del bølgeoverskyl i designsituationen, men ikke så kraftigt, at der sker stor erosion i digekronen. Der findes ikke præcise retningslinjer for hvor højt diget så skal være, men baseret på rådgivers mange års erfaring fra mange projekter vurderes det, at kronekoten, KK, bør være ca.: $KK = VS + 1,35 * H_s$, hvor VS er designvandstanden. Herved fås $KK = 2,1 + 1,35 * 1,6 = 4,25$ m. Det anbefales i stedet at man laver et "brækket" profil, hvorved faktoren på bølgehøjden reduceres til ca. 1,15 hvorved man får: $KK = 2,1 + 1,15 * 1,6 = 3,95 \sim 4,0$ m.

Figur 4-12 viser et eksempel på en sådan konstruktion, nemlig kystbeskyttelse på nordkysten af Sprogø efter analyse af rådgiver for dette projekt (DHI, 1989). Den blev udført i starten af 1990'erne; og undersøgt med modelforsøg ved DHI. Kronekoten er senere i 2018 hævet til +6,5 m og bagsiden er ændret fra græs til stenkastning forbindelse med klimasikringstiltag.

ovenfor knækket. Et typisk profil er vist i Figur 4-13. Det er tanken, at alle eksisterende sten tages af diget og sorteres i fraktioner og lægges i midlertidigt depot inden genbrug.

1. Tåen af konstruktionen nedgraves til kote +0,25 m og har et lag af ral eller sprængstensfyld som bundsikring ovenpå en geotekstil.
2. Herpå udføres en stenkastning med hældning 1:1,75 og til en kote ca. svarende til den eksisterende stenkastning på +3,0 m.
Hvis denne udføres med to lag sten kan en stabilitetsfaktor på $K_D = 2,5$ benyttes, og $K_D = 1,75$ i tilfælde af, at der er tale om et enkelt lag af meget tætpakkede dæksten. Dette svarer til en forventet beskadigelse på ca. 5% (5% nedfaldne sten). Et lag sten reducerer sikkerheden mod beskadigelse i forhold til to lag, men to lag sten vil meget kraftigt forøge volumen af sten og dermed anlægsomkostningerne.
Herved fås ved beregning med Hudsons Formel henholdsvis en middel sten vægt på 0,94 t eller 940 kg. I praksis vælges en ikke standard EU-gradering, hvor standard-graderingen: 0,3-1,0 t med middelvægt ca. 0,6 t, er multipliceret med ca. 1,5, dvs. ca. 0,5-1,5 t med middelvægt på ca. 0,9 tons. Denne stenstørrelse bruges på den stejle del under kote +3,0 m.
Herover, hvor hældningen er 1:3,5 fås tilsvarende med de samme forudsætninger, at stenvægten ca. kan reduceres med forholdet 1,5/3,5 eller til ca. 0,38 ~0,35 tons. Dette vil medføre at de mindre eksisterende sten kan genbruges.
3. Som fodsikring af stenkastningen sættes en række af større sten ca. 1,5-2,0 tons.
4. Under stenkastningen er et lag af mindre sten 100-200 kg, også her forventes det, at de eksisterende sten kan genbruges.
5. Filterlaget er her vist som ral/sprængstensfyld, ca. 7-20/25 cm, velgraderet.
6. Oppe på terræn er der på profil Figur 4-13 vist en betonmur, der består af betonblokke ca. 0,8*0,8*1,6 m. Denne mur vil udgøre en god og solid afslutning på stenkastningen og overgangen til diget, som her er vist med en forøget kronekote på +3,7 m. Dette vil kræve at diget hæves ved tilførsel af god lerjord, der egner sig til dige-konstruktion.
7. Filterlavet er vist ovenpå en geotekstil, Denne er af den ikke vævede type og med en vægt på ca. 400 gram/m².
8. Som alternativ til betonmuren kan der sættes en række af "topsten" som sættes tæt sammen. Disse vil under en stormflod være mere permeable end en tæt betonmur, men prisen er væsentligt mindre end for betonblokkene. Det er også muligt at udfylde med beton mellem topstenene.



Figur 4-14 Eksempel på anlæg af "brækket" profil med afslutning med store sten op mod terræn. Der mangler her en endelig afretning af jorden op mod stenene.



Figur 4-15 eksempel på tilsvarende profil, hvor øverste stenkastning ikke er udlagt endnu (filterlag synlig)



Figur 4-16 Eksempel samme type profil her med lag af mindre sten under dæksten og ovenpå filtersten

Mængder og prisoverslag er vist i Figur 4-17. Enhedspriser for sten i DKK/tons er totalprisen inklusive entreprenørens indkøbspris og transport, midlertidig lægning i depot og indbygning af stenene. Disse priser er baseret på rådgivers erfaring fra nylige projekter i Faxe Ladeplads og på Sjællands Nordkyst mm.

Mængdeopgørelse		Råbylille dige				OJJ 26.09.24	
Længde af dige			430	(m)			
Omregningsfaktor m ³ til tons~	stenmaterialer		1,8				
Omregningfator m ³ til tons~	Lerfyld		1,8				
Materiale		Middelvægt (t)	Areal (m ²)	Volumen (m ³)	Vægt (tons)	Enhedspris (DKK/t)	Totalpris (DKK)
Filtersten			3,1	1333	2399	450	1079730
Dæksten	0,5-1,5	0,9	3,3	1419	2554	550	1404810
Dæksten	0,25-0,55 t	0,35	1,6	688	1238	525	650160
Dæksten indre	0,1-0,2 t	0,15	1,75	753	1355	500	677250
Topsten special	1-1,5 t	1,25	0,7	310	557	600	334368
Jordfyld bag stenkastn,	0,2*6 m		1,2	516	929	210	195048
Jordfyld på diget	12*0,5 m		6,0	2580	4644	210	975240
geotextil			9,5	4085		65	265525
Totalpris					13677		5582131,0
Estimeret genbrug eksist. Sten	60 %				3423	-375	-1283486
Totalpris materialer							4.298.646
Uforudsete udgifter	10 %						429.865
Entreprenør mob-demob & div.	20 %						859.729
Total ex. MOMS							5.588.239
MOMS							1.397.060
TOTAL Inkl. MOMS for længde		430 m					6.985.299

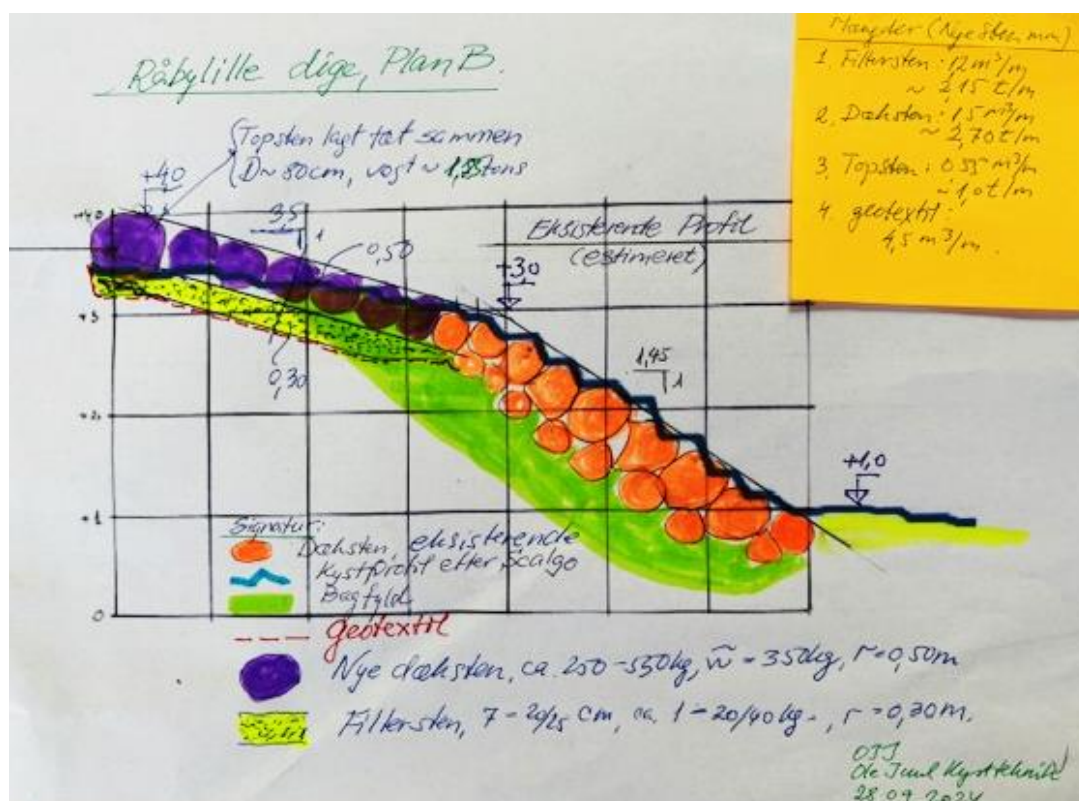
Figur 4-17 Prisoverslag for løsning vist i Figur 4-13.

4.6 Alternativ løsning

Profilen i Figur 4-13 er en totalrenovering af skræntfodskonstruktionen, og vil kræve at den eksisterende konstruktion totalt nedbrydes og genopbygges med de eksisterende samt nye tilførte materialer. Dette er den ideelle løsning, men det er dyrt, og der vil således gå lang tid, afhængigt af lagets budget, inden man har renoveret hele diget.

En alternativ løsning kunne være, at bygge videre på Figur 4-3 den eksisterende løsning ved at udbygge denne over kote +3,0 m til kote +4,0 m med løsningen i Figur 4-13. Man kunne samtidig tage de mindre sten ud af den eksisterende stenkastning og tilføre nogle større sten. De mindre sten kunne så bruges på den øverste fladere skråning med hældning 1:3,5. Det burde være muligt, hvis man senere vil udføre stenkastningen op til kote +3,0 m at tage det nederste dæklag af og trimme skråningen med geotekstil og filterlag inden dækstenen lægges på igen. Det kan formentlig udføres med, at kun en mindre del af dækstenen over kote +3,0 skrider ned.

Der er udført omkostnings overslag over disse to løsningsforslag.
Med hensyn til prioritering af disse arbejder se afsnit 7, Strategiplan.



Figur 4-18 Plan B for digebeskyttelse. Her arbejdes der kun over kote +3 med en ny fladere stenkastning. Dog er der regnet med nogen tilføjelse af sten til forstærkning af den eksisterende stenkastning

Og her prisoverslag for løsningen.

Mængdeopgørelse		Råbylille dige	Plan B			OJJ 28.09.24
Note: omfatter ny, 1:3,5 stenkastning fra kote +3-+4 m, plus reparation af eks. stenkastning.						
Længde af dige			430	(m)		
Omregningsfaktor m ³ til tons~	stenmaterialer		1,8			
Omregningfator m ³ til tons~	Lerfyld		1,8			
Materiale		Middelvægt	Areal	Volumen	Vægt	Enhedspris
		(t)	(m ²)	(m ³)	(tons)	(DKK/t)
Filtersten			1,2	516	929	450
Dæksten	0,5-1,5	0,9	0	0	0	550
Dæksten	0,25-0,55 t	0,35	1,5	645	1161	525
Dæksten indre	0,1-0,2 t	0,15	0	0	0	500
Topsten special	1-1,5 t	1,25	0,72	310	557	600
Jordfyld bag stenkastn,	0,2*6 m		0,0	0	0	210
Jordfyld på diget, (ler komprimeres)	12*0,5 m		6,0	2580	4644	210
geotextil			4,5	1935		65
Totalpris					7291	
Estimeret reparation af eks. stenkastning	20 %				344	525
Totalpris materialer						
Uforudsete udgifter	5 %					
Entreprenør mob-demob & div.	15 %					
Total ex. MOMS						
MOMS						
TOTAL Inkl. MOMS for længde		430 m				

Figur 4-19 Prisoverslag for løsningen vist i Figur 4-18

4.7 Kyststrækningen mellem Kæden og Pumpestationen

Denne strækning med det høje bagland er ikke så udsat for havets gennembrud under en stormflod på grund af det høje bagland. På længere sigt kan man også renovere denne strækning ved total nedbrydning af de eksisterende konstruktioner og så genopbygge denne med en kronekote op til kote ca. +4,0 m. Herved vil selv en meget kraftig stormflod ikke medføre alvorlig skade og erosion i kystskrænten.



Figur 4-20 Foto fra stormfloden 21. okt. 2023 set mod øst (foto fra digelaget)



Figur 4-21 Foto fra stormfloden 21. okt. 2023 set mod vest (foto fra digelaget)



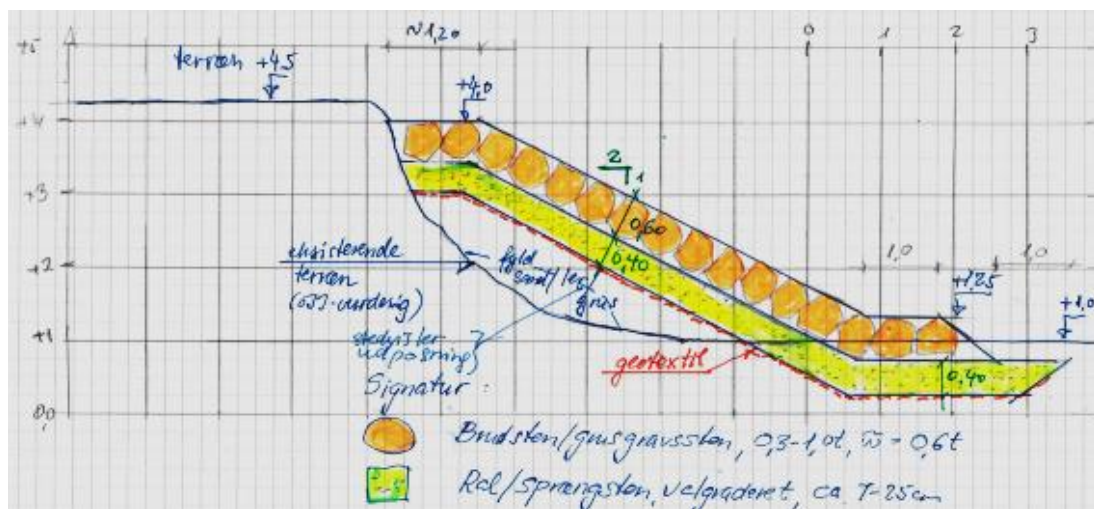
Figur 4-22 Foto fra udløbet i havet ved pumpestationen (foto fra digelaget)

4.7.1 Koncept og prisoverslag for konstruktion

I Figur 4-23 er vist et eksempel på en tilsvarende konstruktion og i Figur 4-24 profilet. Det fremgår, at konstruktionen bygges op ad den eksisterende kystskrænt. Eksisterende sten genbruges. Det er antaget at de eksisterende sten udgør 60 % af behovet til denne konstruktion. Prisoverslag for 100 m af denne type konstruktion er vist i Figur 4-25.



Figur 4-23 Eksempel på tilsvarende kystbeskyttelseskonstruktion med stenkastning op til kote +4,0 m, se profil i Figur 4-24. Bemærk den velanlagte stentrappe



Figur 4-24 Profil for skræntfodsbeskyttelse

Og prisoverslag for 100 m af konstruktionen.

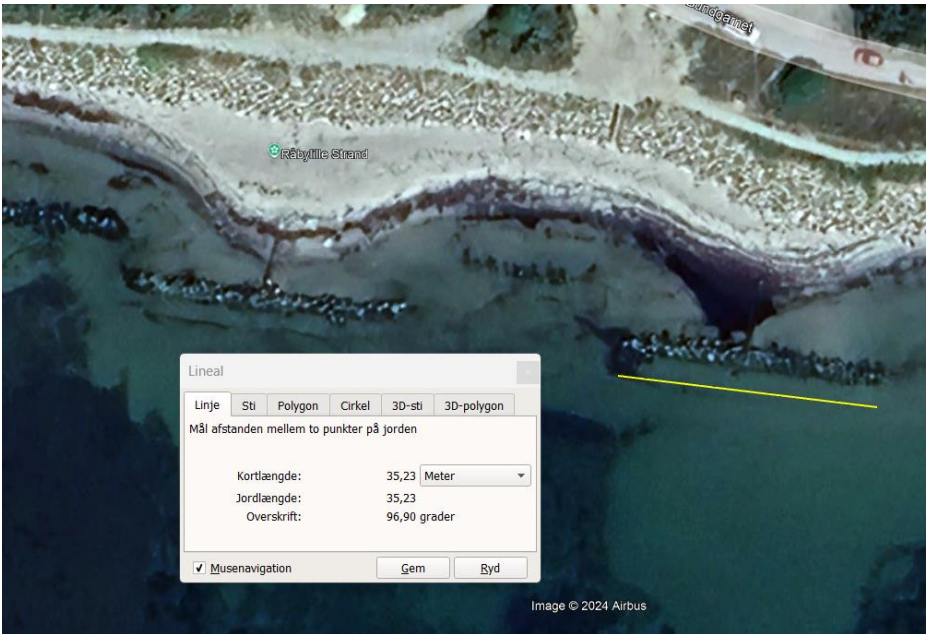
Mængdeopgørelse		Råbylille skræntfod højt bagland					
		(100 m sektion)			OJJ 18.10.24		
Længde af konstruktion. Pris for 100m			100	(m)			
Omregningsfaktor m³ stenmaterialer			1,8				
Omregningfator m3 til Lerfyld			1,8				
Materiale		Middelvægt	Areal	Volumen	Vægt	Enhedspris	Totalpris
		(t)	(m²)	(m³)	(tons)	(DKK/t)	(DKK)
Filtersten	7-25 cm sten		3,6	360	648	400	259200
Dæksten	0,3 -1,0 t	0,6	5,2	520	936	525	491400
Jordfyld OJJ estimat	kun under konstruktion		2,0	200	360	165	59400
geotextil			10,0	1000		65	65000
Totalpris					1944		875.000
Estimeret genbrug eks		60 %			562	-375	-210600
Totalpris materialer							664.400
Uforudsete udgifter		10 %					66.440
Entreprenør mob-dem		10 %					66.440
Total ex. MOMS							797.280
MOMS							199.320
TOTAL Inkl. MOMS		100 m					996.600

Figur 4-25 Mængder og prisoverslag. Note: Pris for 100 m konstruktion

Renovering af denne strækning er ikke høj prioritet, da der ikke er en stor sandsynlighed for at en stormflod kan beskadige den højt beliggende kystskrænt til et niveau hvor der vil ske gennembrud.

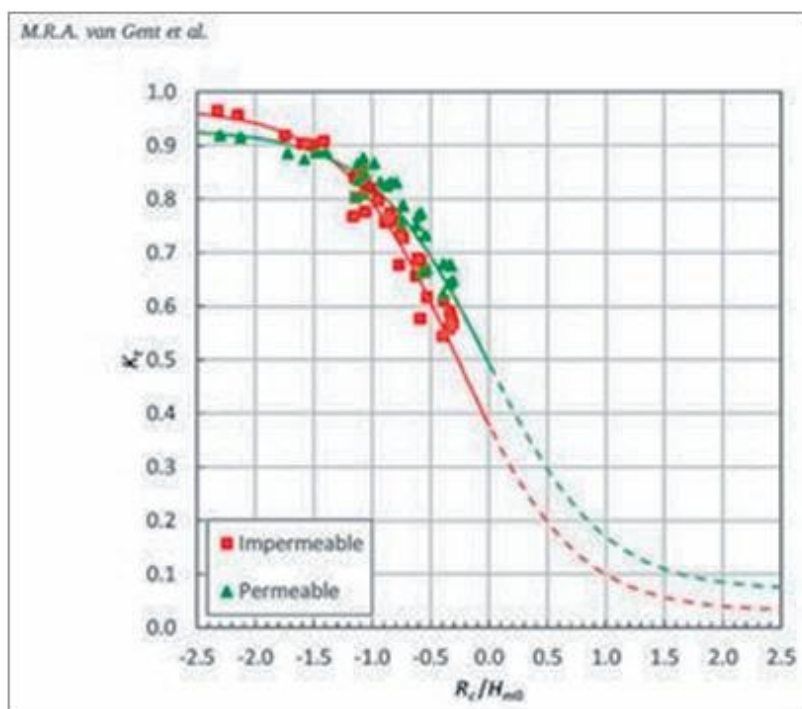
4.8 Høfderne i alt 36 stk.

De 36 høfder, som er anlagt midt i 1940erne er vist på Figur 1-3. Høfderne 28, 29 og 30 er såkaldte T-høfder, hvor der i høfde-enden er anlagt en bølgebryder på langs af kysten, så høfden og bølgebryderen udgør et stort T. Disse bølgebrydere er ca. 35 m lange, se Figur 4-26 , som viser høfde nr. 29 og 30, som er ca. 35 m lange. Afstanden mellem høfderne er ca. 28 m.



Figur 4-26 Høfde 29 og 30 (Høfde 29 til højre da nummerering går fra øst mod vest).

Det ses, at høfderne, der har en krone/top-kote på ca. +0,5 m medfører en dannelse af en såkaldt tombolo/salient bag ved bølgebryderne. Denne lidt højere strand medfører sammen med selve bølgebryderne at bølgerne under stormflod bliver noget reduceret inden de rammer skræntfodsbeskyttelsen.



Figuren er fra et hollandsk forsøg med undersøiske moler.

Figur 4-27 Modelforsøgsresultater for transmission af bølger der forplanter sig henover en undersøisk bølgebryder. Grønne data for "permeabel" er gældende.



Fra Hyllingebjerg før og under stormen Bodil, 1. dec. og 6. dec. 2013, kl. 13. Foto: Jens Kirkegaard

Figur 4-28 Bølgebryder ved Hyllingebjerg/Liseleje på Sjællands Nordkyst; til venstre under en normal storm og til højre under stormen, Bodil d. 6. dec. 2013.

Figur 4-27 viser hvorledes bølgehøjden reduceres ved passage henover en undersøisk bølgebryder. Dette skal forstås således, at en normal bølgebryder med kronen/toppen over vandspejlet bliver undersøisk under stort højvande. Parameteren K , er transmissionskoefficienten, dvs. forholdet mellem bølgehøjden henholdsvis bagved og foran bølgebryderen.

Lad os se på situationen under stormfloden 21. okt. 2023, hvor vandstanden er estimeret til +1,9 m.

Vi antager at T-høfderne med bølgebryderne på tværs af kysten har en kronekote på + 0,5 m, og den nominelle vanddybde er 0,5 m, og bølgehøjden ved konstruktionen er lig med $0,6 \cdot D$, hvor D er den aktuelle vanddybde under stormfloden. Derfor fås en vanddybde på $D=0,5+1,9=2,4$ m, og en bølgehøjde på, $H_s=0,6 \cdot 2,4 = \sim 1,4$ m. Bølgehøjden, H_s er lig med H_{mo} benyttet i figuren. Parametere R_C er kronens dybde under vandspejlet og lig med $1,9-0,5=1,4$ m. Derved fås $R_C/H_{mo}=-1,0$ fra den grønne kurve for permeable konstruktioner. Ud fra figuren aflæses, at $K_t=0,8$; og man kan nu udregne bølgehøjden bagved bølgebryderen til $H_s=0,8 \cdot 1,4 = 1,12$ m. Dette er en reduktion på 20%, men hvis vandstanden i stedet er lidt højere som designvandstanden på +2,1 m fås, $H_s=0,6 \cdot (2,1+0,5) = 1,55$ m; og $R_C/H_{mo}=-1,6/1,55=-1,03$ og $K_t=\sim 0,82$, og næsten den samme transmissionskoefficient som før, men bølgehøjden bag bølgebryderen bliver højere, da de indkommende bølger er højere, $H_s=0,82 \cdot 1,55=1,27$ m.

Disse udregninger viser derfor, at man kan opnå en vis reduktion af bølgerne der rammer skræntfodsbeskyttelsen ved, at de skal passere over T-høfdernes bølgebrydere, men at virkningen ikke er særlig stor for de eksisterende bølgebrydere.

Men, man kan opnå en række fordele ved at feltet af T-høfder foran diget på lagets østlige strækning udbygges hen til den eksisterende T-høfde udfor Overlid/Stræktorvet. Der er i dag tale om tre højder, nr. 25, 26 og 27 som ikke er T-høfder. Man kan ved at lave dem til T-høfder få reduceret bølgehøjden bag høfderne, og samtidigt vil der ske en naturlig opsamling af sand i området, som giver en bredere strand, som det er tilfældet lige vest herfor hvor der i dag er tre fulde T-høfder: Disse virker selv om de har en den relativt lave kronekote vurderet til omkring +0,5 m, men kan en gang i fremtiden renoveres med en højere kronekote, som foreslået for nr. 25 til 27.

Ud fra Figur 4-27 ses, at hvis man laver en bølgebryder med kronekote lig med vandstanden fås, at $K_t=0,5$ dvs. en reduktion til det halve, men det vil kræve meget høje bølgebrydere med kronekote på, +1,9 m alene for en stormflod som 21. okt. 2024 og +2,1 m for designvandstanden. Så høje bølgebrydere er ikke praktiske, da man ikke kan se henover dem; og de bliver meget dyre, da de for deres anlæg kræver meget stenmateriale.

En mere moderat kronekote på +1,2 m vil medføre at en stormflod som 21. okt. 2023 giver følgende:

$H_s=H_{mo}=1,4$ m og en faktor $R_C=-(1,9-1,2)=-0,7$ m. Herudfra fås $R_C/H_{mo}=-0,7/1,4=-0,50$. Herved fås $K_t=0,67$ og den transmitterede bølgehøjde: $H_s=0,67 \cdot 1,4=0,95$ m. Hvis man i stedet vælger en kronekote på +1,0 m fås $K_t=0,75$, og bølgehøjden $H_s=1,05$ m. Der vælges herefter en kronekote på +1,0 m også under hensyntagen til, at der vil være mellemrum mellem bølgebryderne, hvor bølgerne ikke bliver reduceret ved passage af T-høfderne. Længden af bølgebryderne bør være tilsvarende dem lige vest herfor, hvilket svarer til ca. 35 m, og da afstanden mellem høfderne er ca. 63 m bliver der ca. $63-35=28$ m frit mellem hovederne på bølgebryderne.

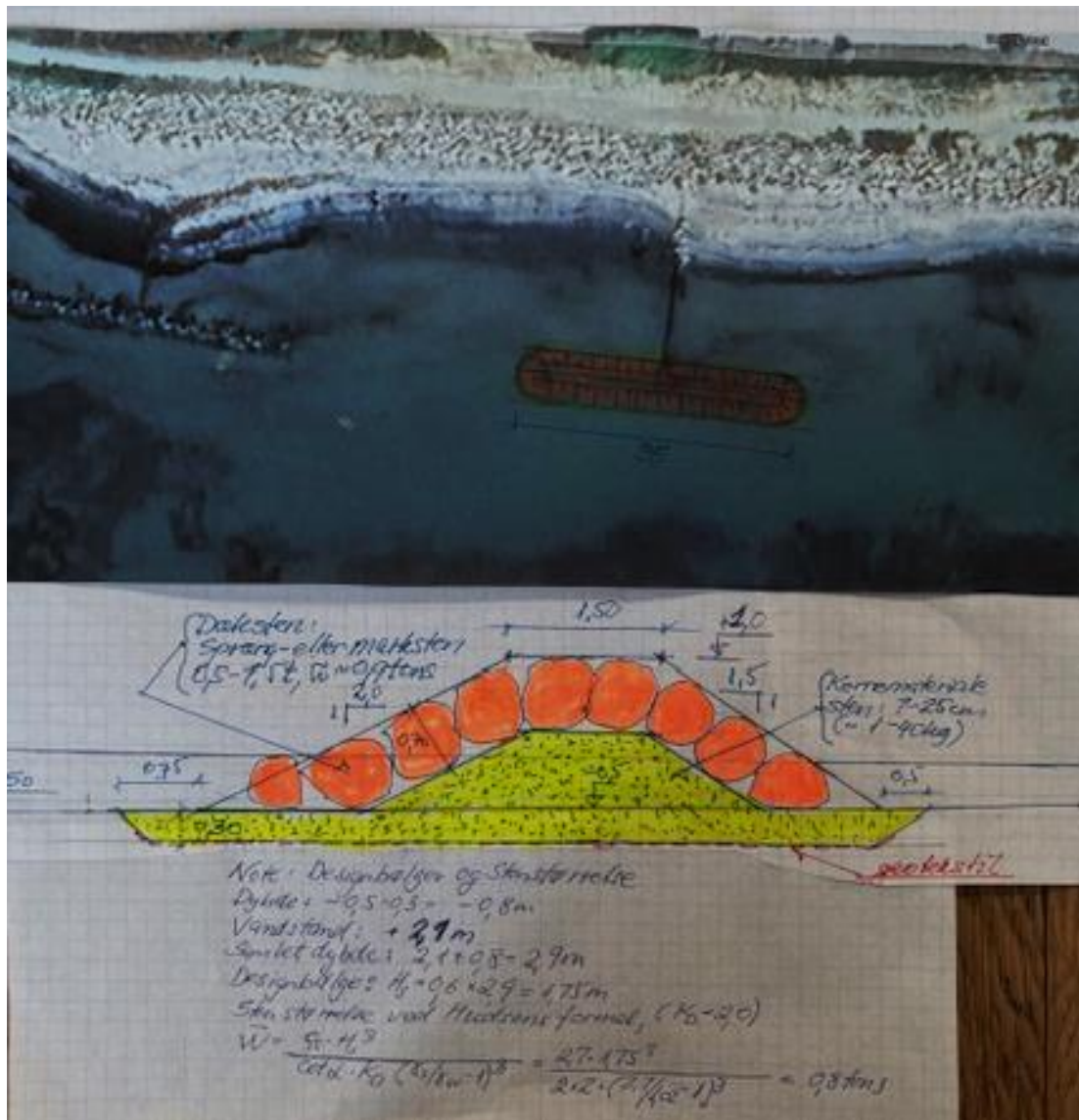
Dette tiltag vil kun være 3de prioritet i strategien for lagets udbygning af konstruktionerne, da en forstærkning af området lige øst for pumpestationen og Havdiget er 1st. og 2d. prioritet.

Denne vurdering viser endvidere, at man kan reducere overskyllet og risikoen for oversvømmelse ved at udbygge de tre sidste høfder foran diget til T-høfder som foreslået i senere afsnit; da dette vil reducere bølgehøjden der rammer diget, og dermed reducere risikoen for skade og reducere bølgeoverskyllet.

Derfor er der nedenfor vist et koncept for en bølgebryder og anlægsoverslag.

4.8.1 Koncept for bølgebryder på T-høfde

Konceptet for bølgebryderne for enden af T-høfderne er vist i Figur 4-29.



Figur 4-29 Plan og profil for en T-høfde med bølgebryder med kronekote +1,0 m

Mængder og pris for en bølgebryder er vist Figur 4-30.

Mængdeopgørelse		Råbylille høfder. Bølgebryder på T-høfde			OJJ 26.09.24		
Længde af bølgebryder 35 m		10%	38,5	(m)			
Omregningsfaktor stenmaterialer			1,8				
Omregningsfaktor Lerfyld			1,8				
Materiale		Middelvægt (t)	Areal (m ²)	Volumen (m ³)	Vægt (tons)	Enhedspris (DKK/t)	Totalpris (DKK)
kernesten	7-25 cm sten		2,2	85	152	400	60984
bundsikring	7-25 cm sten		2,2	85	152	400	60984
Dæksten	0,5-1,5 tons	0,9	4,2	162	291	525	152807
geotextil			8,0	308		65	20020
Totalpris					596		294.795
Estimeret genl.	30 %						88438
Totalpris materialer							383.233
Uforudsete ud.	10 %						38.323
Entreprenør m.	15 %						57.485
Total ex. MOMS							479.041
MOMS							119.760
TOTAL Inkl. I	38,5 m						598.801

Figur 4-30 Mængder og prisestimat for én bølgebryder

Ud fra Figur 4-29 ses, at dette design er meget kraftigere og bredere end de eksisterende bølgebrydere mod vest.

4.9 Kysten lige øst for Pumpestationen

Kysten lige øst for pumpestationen ligger lavt med kun en kote +2,75 m på det laveste sted.

Under stormfloden d. 20-21 oktober 2024, hvor vandstanden er vurderet til +1,9 m, var havet lige ved at bryde igennem her.

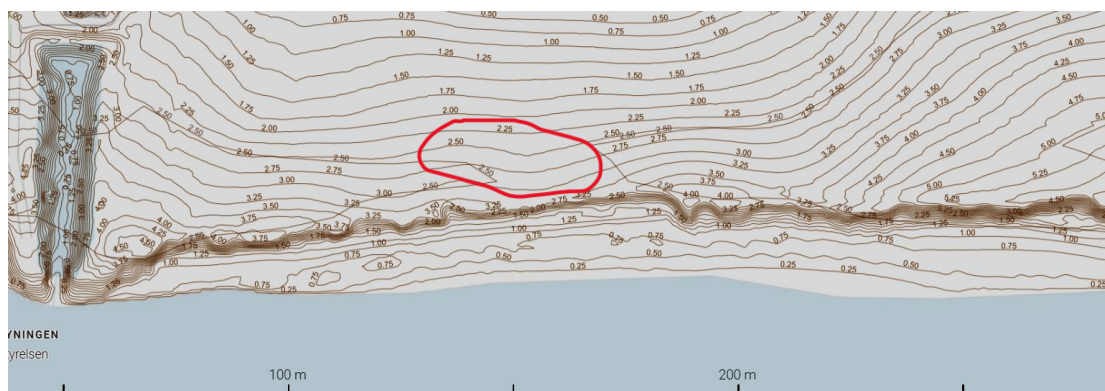
Og for den valgte designvandstand på +2,1m og designbølger på $H_s=1,6$ m må man regne med at det vil ske. Hvis det sker, og der åbnes et stort erosionskår i terrænet, vil havvandet kunne løbe direkte ind i Råby Sø og Mose, og med en vandstand på omkring +2 m vil en meget stor del af sommerhusområdet stå under vand tilsvarende hvad der skete under sidste stormflod lidt længere vestpå ved Oddermosen. Der er derfor tale om, at der er stor og efter denne rådgivers mening tale om en uacceptabel sandsynlighed og risiko for at dette kan ske. Men strækningen med den lave kote er af begrænset længde og man kan derfor udbedre situationen med konstruktive indgreb.



Figur 4-31 Foto af strækningen lige øst for pumpestationen med beskadigelse fra stormfloden

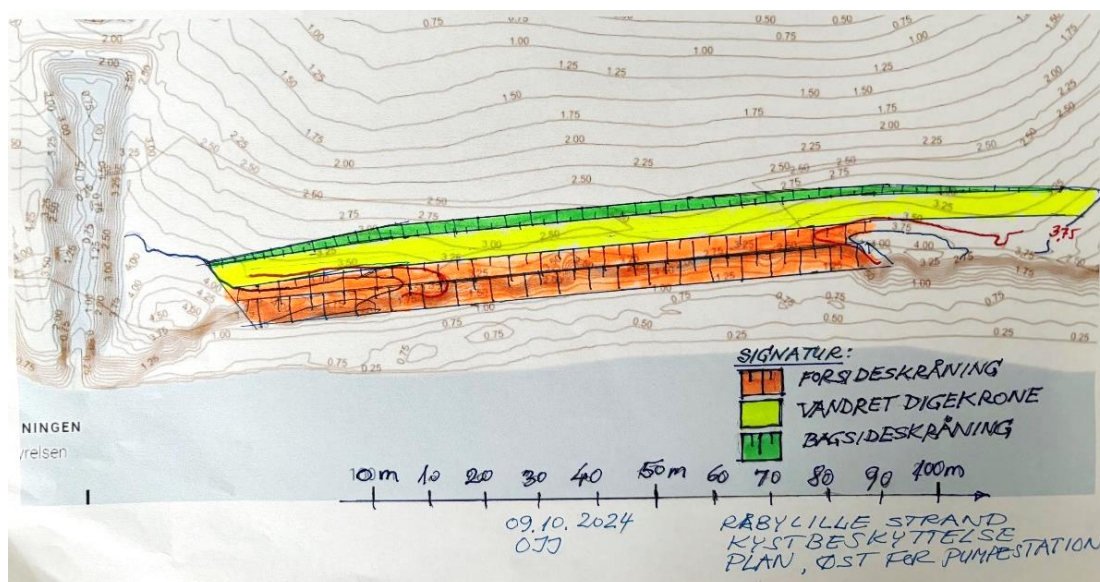


Figur 4-32 Foto af strækningen lige øst for pumpestationen under stormfloden med bølgeopskyl og beskadigelse af kystskrænten

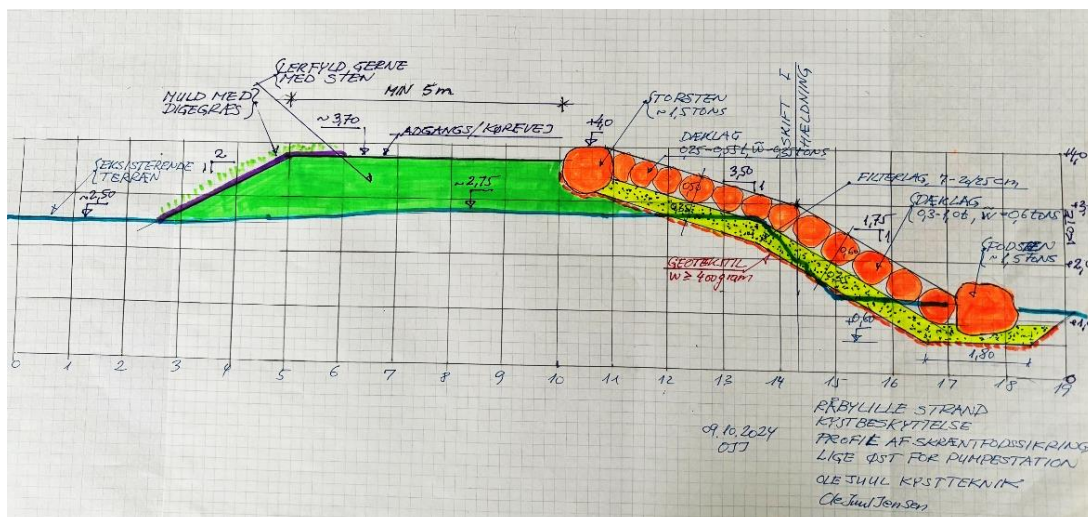


Figur 4-33 Topografien (højdekort over området) lige øst for pumpestationen. Laveste område ca. 120 m fra Pumpestationen markeret med rødt

Hvis man alene hæver terrænet så det overalt er over kote +3,0 m og derefter sikrer op med en stenkastning op til kote +3,0 m langs kystskrænten, så situationen svarer til Vestdiget i dag, vil der ske stort bølgeoverskyl ind over land under en designstormflod. Men, da der er relativt bredt kan man anlægge et sekundært jorddige op til kote +3,7 m tilbagetrasket fra kystskrænten. Der vil således være plads til den eksisterende sti ovenpå dette jorddige. Figur 4-34 og Figur 4-35 viser en plan og profil af denne løsning, som der også er udregnet mængder og dermed prisoverslag for. Som redegjort, er det denne rådgivers vurdering, at sikring af kysten her mod gennembrud under stormflod overordnet bør være 1st. prioritet for laget for at kunne reducere risikoen for gennembrud til Råby Sø og-Mose og derved oversvømmelse og ødelæggelse af sommerhuse i lagets område. Anlæg af denne løsning vil kræve, at entreprenøren kan få adgang til området. Det må analyseres hvorledes dette bedst kan ske, formentlig langs stranden eller over land fra østsiden. Hvis adgang sker langs stranden kan man lave en midlertidig rampe i østenden af stenkastningen og op til terrænet til transport af materiel og materialer. Denne lukkes så ved arbejds afslutning.



Figur 4-34 Plan for foreslået kystbeskyttelse lige øst for pumpestationen



Figur 4-35 Profil af kystbeskyttelse lige øst for pumpestationen

Profil for beskyttelsen ses på Figur 4-35. Herunder ses mængdeudtag for konstruktionen. Denne er i fase 1 ca. 110 m lang som vist på plantegningen. Det kan senere komme på tale at denne forlænges i begge ender med i alt ca. 70 % i alt ekstra 75 m, så beskyttelsen starter helt henne ved østsiden af kanalens udløb (+35 m), og østpå med ca. 40 m ekstra. Hvis der regnes forholdsmæssigt vil dette koste ca. 75 % af 1,8 mill. DKK (der er ingen eksisterende sten til genbrug) eller i alt ca. 1,4 mill. DKK.

Mængdeopgørelse		Råbylille skræntfodsbeskyttelse øst for pumpestation (110 m sektion)						OJJ 19.10.24
Længde af konstruktion. Pris for 100m			110	(m)				
Omregningsfaktor m ³ til tons~	stenmaterialer		1,8					
Omregningsfaktor m ³ til tons~	Lerfyld		1,8					
Materiale		Middelvægt (t)	Areal (m ²)	Volumen (m ³)	Vægt (tons)	Enhedspris (DKK/t)	Totalpris (DKK)	
Filtersten	7-25 cm sten		3	330	594	400	237600	
Dæksten	0,3 - 1,0 t	0,6	2,7	297	535	500	267300	
Dæksten	0,25-0,55	0,35	1,75	193	347	525	181913	
Dæksten, Top og Bundsten		1,5	1,7	187	337	600	201960	
Jordfyld OJJ estimat	kun under konstruktion		1,5	165	297	165	49005	
Jordfyld OJJ estimat	Jorddige på land		7,0	770	1386	165	228690	
geotextil			9,0	990		65	64350	
Totalpris					3495		1.230.818	
Estimeret genbrug eksist. Sten	15 %				132	-375	-49562	
Totalpris materialer							1.181.256	
Uforudsete udgifter	10 %						118.126	
Entreprenør mob-demob & div.	10 %						118.126	
Total ex. MOMS							1.417.507	
MOMS							354.377	
TOTAL Inkl. MOMS for længde	110 m						1.771.883	

Figur 4-36 Mængder og prisestimat for konstruktion med længde af stenkastning 110m

4.10 Østdiget ved Kobbeltgårdsvej

Dette dige er ifølge laget vedtægter 220 m langt og er beliggende 1,5 km ØNØ for pumpestationen på vestsiden af Kobbeltgårdsvej.

Diget er ifølge lagets vedtægter i kote +3,0 m. På Danmarks Højdekort fremtræder det på

det laveste sted med en kote på ca. +2,75-+3,0 m, Figur 4-37, men på Stormflodskort (dingeo.dk) er koten kun +2,25 m. Det er vigtigt at få denne kote afklaret ved nogle kontrolmålinger ved en landmåler. Som det fremgik af vandstandsdata tidligere i denne rapport var vandstanden under stormfloden i 1872 ca. +8,5 fod, +2,55 m, så selv om sandsynligheden for en ny tilsvarende stormflod, som vurderes til ca. en 250 års storm kun er ca. 0,25 % per år eller 2,5 % i de næste 10 år (dog senere stigende kraftigt med stigende vandstand i havet) er det vigtigt at få afklaret Østdigets koteforhold.



Figur 4-37 Koter ved Østdiget på Kobbegårdsvej (Danmarks Højdemodel). NB Nord er til højre.



Figur 4-38 Den lavtliggende strækning af Kobbegårdsvej. Bemærk det lave jorprddige med buskads til højre for vejen

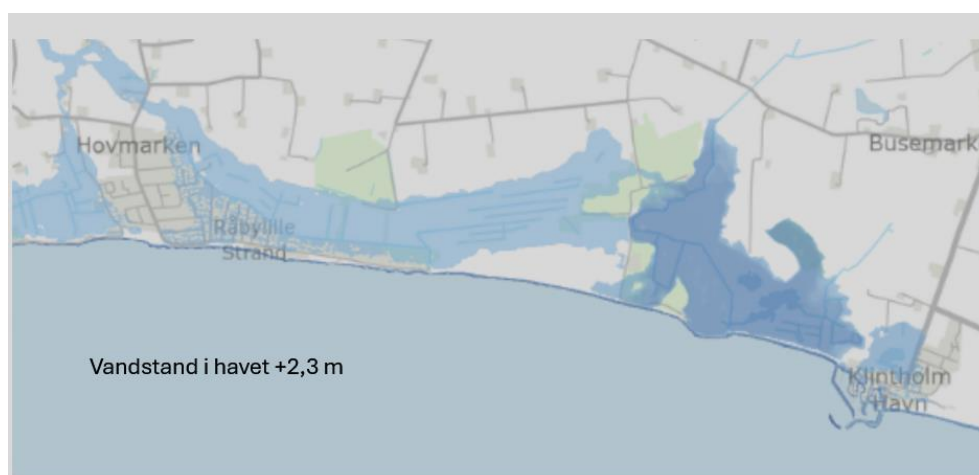
Programmet Stormflodskort (dingeo.dk) på internettet er åbent for simulering af oversvømmelser. I dette program er koten til diget ved Kobbegårdsvej ca. +2,25 m. På Figur 4-39 vises en simulering med en vandstand tilsvarende 21. okt. 2023, og det ses at hele området øst for Østdiget oversvømmes ved, at vandet kan strømme ind over land på den lave kyststrækning lige vest for Klintholm Havn.



Figur 4-39 Oversvømmelseskort for en vandstand i havet på +1,9 m

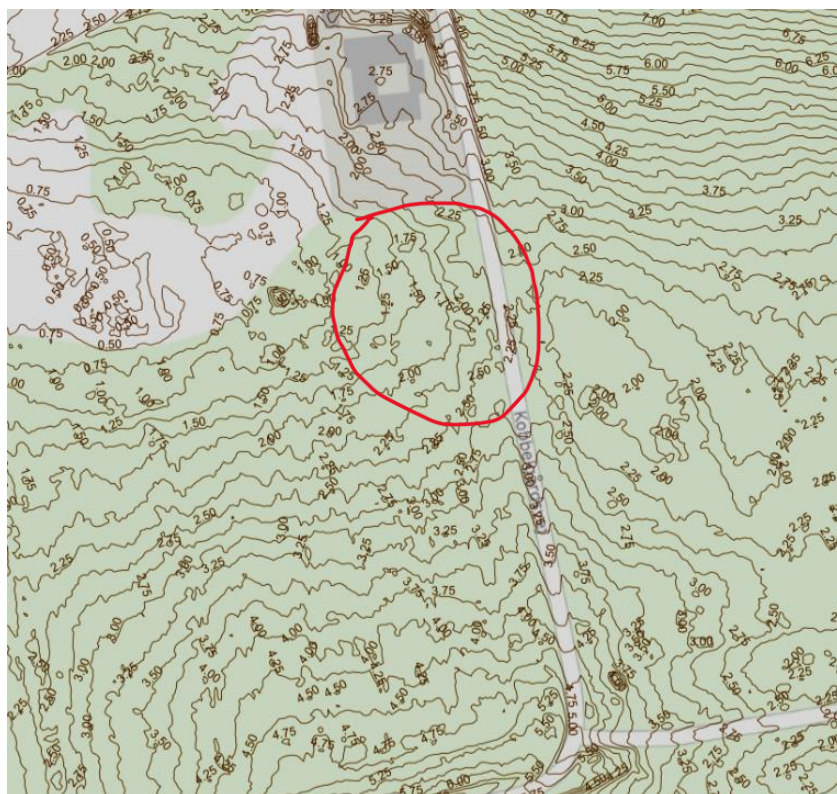
Figur 4-40 viser tilsvarende situationen for en vandstand på +2,3 m. Bemærk at vandet nu kan passere Østdiget (med en kote +2,25 m ifølge dingeo.dk.) og hele Rå By Sø og -Mose samt en meget stor del af sommerhusområdet er oversvømmet.

For at beskytte mod en 1872 type stormflod bør Østdiget minimum være i kote ca. +2,75 m. Diget er stort set kun påvirket af højvandet, da bølgerne vil være små i det begrænsede lavvandede område.



Figur 4-40 Oversvømmelseskort for en vandstand på +2,3 m.

Figur 4-41 viser, at der er et mindre område lidt længere nordpå på Kobbegårdsvej hvor koten kun er +2,25 m.



Figur 4-41 Mindre lavtliggende område på Kobbegårdsvej med kote +2,25 m og med en længde på ca. 60 m med en kote under +2,75 m.



Figur 4-42 det lavtliggende område på Kobbegårdsvej set mod nord

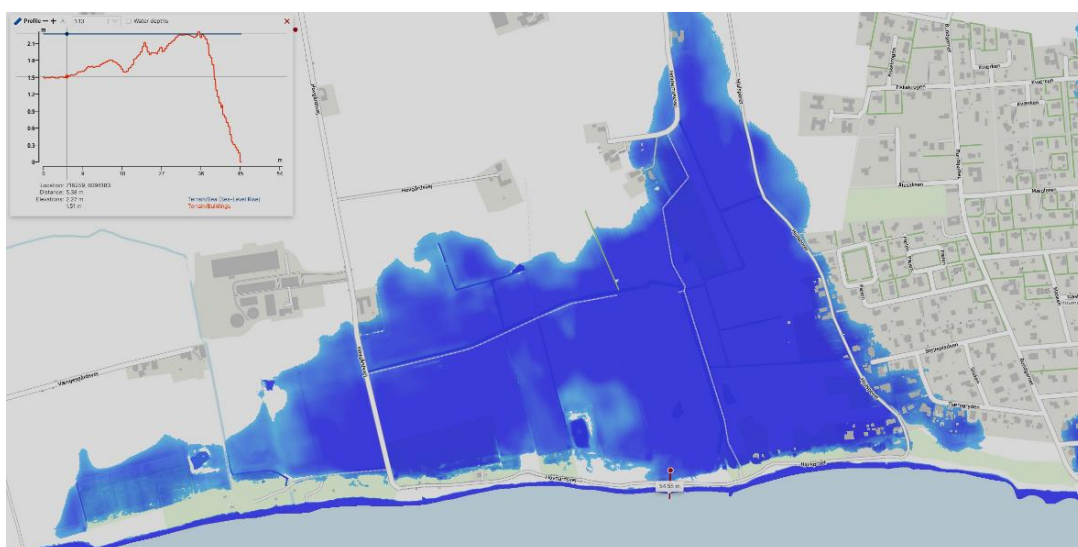
Da Østdiget er mindst i kote +2,25 eller måske lidt højere bør det være en begrænset indsats at sikre diget som en mindre forhøjelse af jorddiget til kote +2,75 m, hvis det ikke allerede er i den kote, som det fremgår af Figur 4-37. Der er endvidere som vist et område lidt længere nordpå på

Kobbeldgårdvej hvor koten kun er ca. +2,25 m ifølge Danmarks Højdemodel. Det må også sikres, at terrænet forhøjes med ca. 0,5 m over en strækning på ca. 60 m.

4.11 Kysten lige vest for lagets område

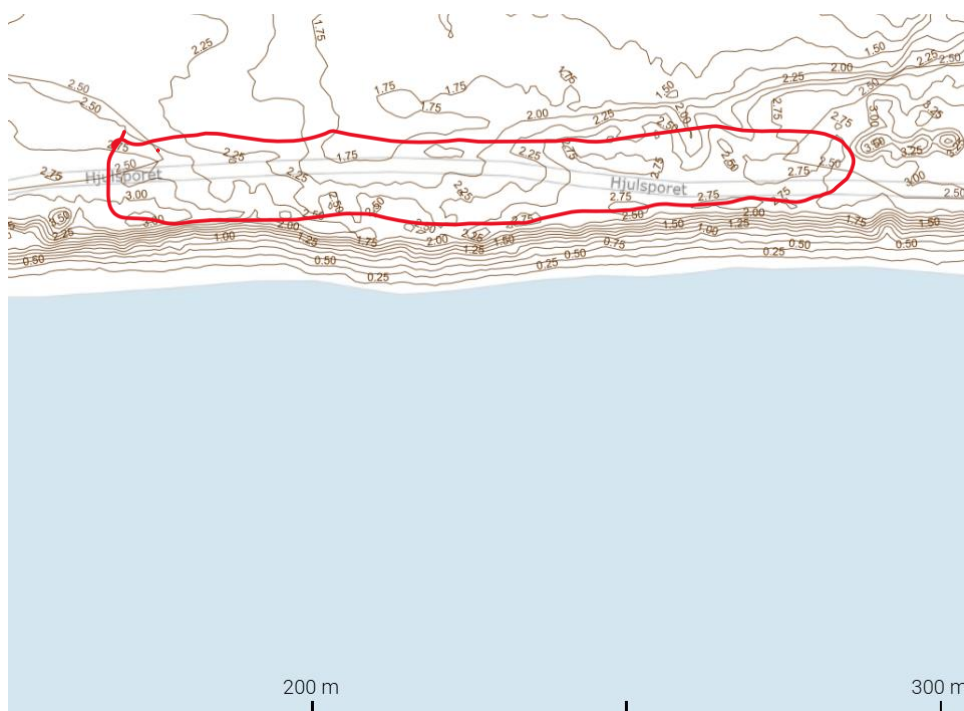
Kysten lige vest for lagets område består også af en relativt smal højere strimmel land bagved hvilken landet er relativt lavt, Figur 4-44. Der er i Figur 4-43 sammen med en vandstand på + 2,2 m over land vist et profil, hvor landet lige bag ved kysten når op i kote +2,2m, og området bagved i kote +1,5 m.

Det ses at hvis landet bliver oversvømmet til det niveau vil en række af de vestligste sommerhuse blive oversvømmet. Dette betyder, at for en design vandstand på +2,1 m må man regne med, at havet bryder igennem her. Det anbefales derfor, at der bliver foretaget en nærmere bestemmelse af kote forholdene, som kan danne grundlag for en nærmere analyse af nødvendigheden for en forstærkelse af kysten. Dette kan formentlig anlægges tilsvarende det udarbejdede projekt for kystbeskyttelse lige øst for pumpestationen. Men, det kan konkluderes, at der må gives større prioritet til forstærkning øst for pumpestationen, da et gennembrud her, vil medføre at et meget større antal sommerhuse bliver oversvømmet.



Figur 4-43 Området vest for lagets strækning med en vandstand på +2,2 m over området

På Figur 4-44 vises fra Danmarks Højdemodel, at der er ca. 120 m hvor koten ud mod havet er mindre end +2,75 m. Man kan formentlig hertil forstærkning bruge samme profil mm. som vist for området lige øst for pumpestationen, og indtil nærmere analyse antages budgettet til at være det samme, der er dog mange eksisterende sten som kan genbruges.



Figur 4-44 Område med lavest kystlinje, ca. + 2,5 m. lokalitet ca. 140 vest for tilkørselsvej til Råbylille. Længde med kote mindre end +2,75 m er ca.120 m

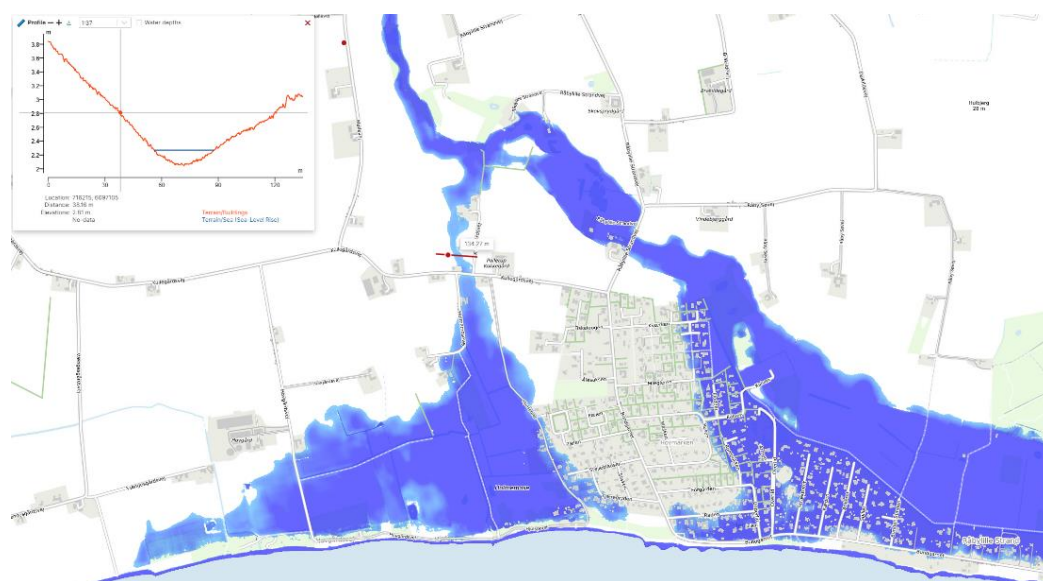
Den relativt lave kyststrækning vises på Figur 4-45 Strækningen ud mod havet med lagets pæle/træ-høfder i baggrunden og stenkastningen foran adgangsvejen.



Figur 4-45 Strækningen ud mod havet med lagets pæle/træ-høfder i baggrunden og stenkastningen foran adgangsvejen

På Figur 4-46 vises en simulering med en vandstand på +2,2 m over land. Det fremgår at der på Kullegårdsvej er direkte forbindelse for at vandet kan strømme mellem områderne vest og øst for

sommerhusområdet. Det ses ved det udtagne profil, at der er tale om et u-formet profil med det laveste punkt i kote +2,0 m. Det foreslås, at der her anlægges en jorddæmning ca. 85 m lang og med topkote i ca. +2,8 m. Denne dæmning er således op til 0,8 m høj på midten. Dette vil sikre, at der ikke er forbindelse for at vandet kan strømme fra øst til vest eller i modsat retning ved en ekstrem oversvømmelse over land. En jorddæmning kan udføres ved at ca. 0,2 m muld rømmes af hvor diget skal anlægges. Dette kan laves af lerfyld med hældning 1:3 på siderne, og en kronebredde på 1,5 m. Mulden udlægges ovenpå lerdiget i en tykkelse på 10 cm og der etableres et græsdække af digegræs. På det laveste sted vil der skulle bruges ca. 4.5-5 m³ og hvis vi her antager at totalmængden svarer til 50 m dige bliver totalmængden ca. 250 m³. Selve diget bør kunne anlægges alt inkl. og MOMS for 500 DKK/ m³ eller i alt 125.000 DKK. Hvorvidt arealet til diget kan frigøres til formålet må vurderes af laget.



Figur 4-46 Forbindelse for oversvømmelse vest og øst for lagets område ved en vandstand på land på +2,2 m ved lavt punkt på Kullegårdsvej



Figur 4-47 Lavningen på Kullegårdsvej set mod vest

-

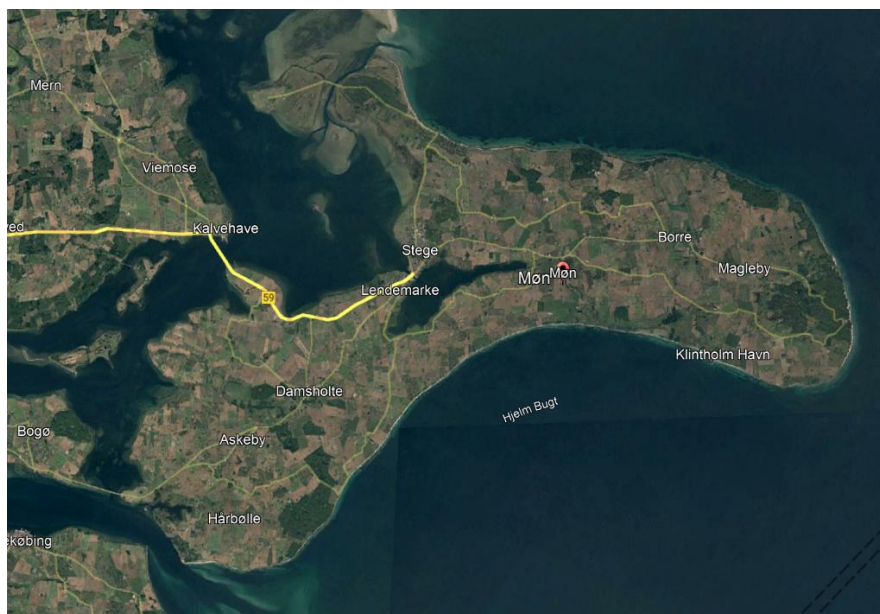
5 Kystudvikling

5.1 Indledning

For at kunne vurdere og udarbejde en strategiplan for lagets fremtidige prioriterede indsats og investering i vedligehold og forstærkning af hele systemet af kystbeskyttelseskonstruktioner er det nødvendigt at etablere et overblik over kystens udvikling og stabilitetsforhold med hensyn til kystmorfologi og udviklingstendenser. Denne analyse er foretaget og præsenteret i dette afsnit.

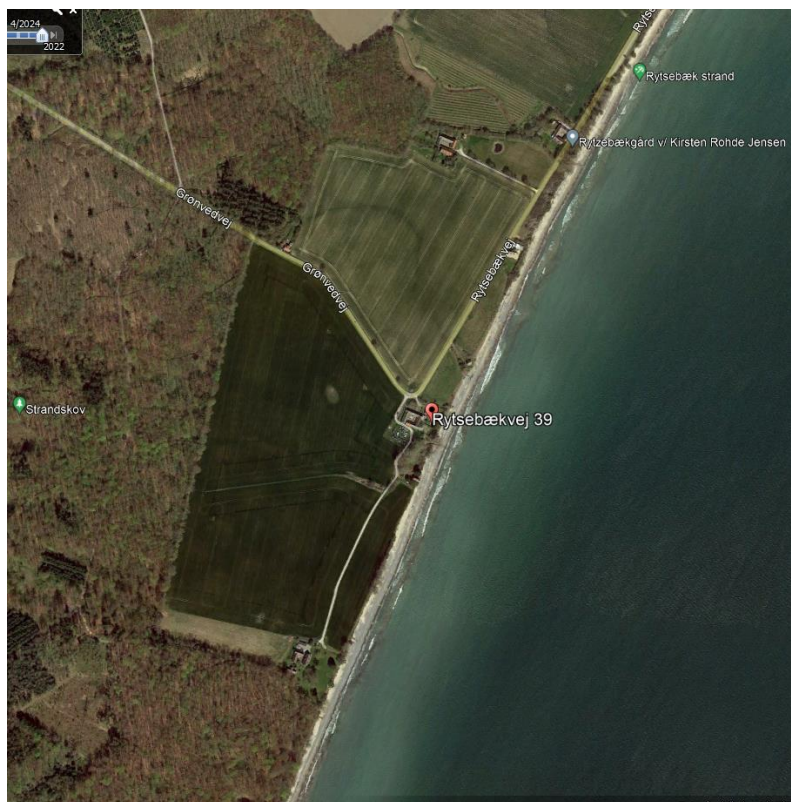
5.2 Den vestlige del af kysten

Møns sydkyst, Figur 5-1 strækker sig fra Fanefjord/Grønsund mellem Møn og FASTER til rundingen af kysten syd for Møns Klint. Kystens orientering varierer på strækningen og det betyder, at der er forskel på hvor udsat den er for erosion og oversvømmelse af lavtliggende områder. I den vestlige del ved projektområdet, hvor Rytsegårdsvej-området kan tages som karakteristisk, er kystnormalen ca. mod SØ og kysten er meget stabil over lang tid, så der vurderes at være tæt på samme sedimenttransport i begge retninger langs kysten. Altså nul resulterende sedimenttransport (henholdsvis samme sedimenttransport i henholdsvis SV-lig og NØ-lig retning.)



Figur 5-1 Møn med sydkysten (Google Earth Pro)

Stranden ved Rytsebækvej er lang og næsten lineær, som vist på Figur 5-2



Figur 5-2 Detalje af kysten ved Rytsebækvej. Bemærk den langelige kyst med sandstrand

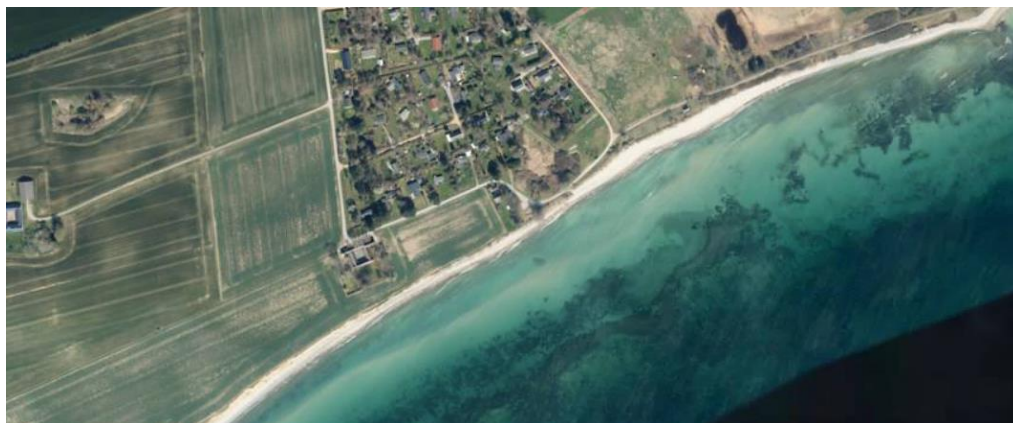
At kysten er meget stabil kan ses luftfotos fra KRAK Kort fra 1954 og 2020, som vist på Figur 5-3. Det fremgår, at stranden er ca. lige bred på de to fotos der er taget med 66 års mellemrum.



Figur 5-3 Kysten ved Rytsebækvej 39/41 i henholdsvis 1954 og 2020. (KRAK Kort).

5.3 Den midterste strækning ved Oddermose Strand

Den midterste strækning ved Oddermose Strand ca. 5 km vest for Råbylille Strand er også tæt på at være stabil over tid, dog ifølge KRAK KORT med en minimal smallere strand i 2020 end i 1954.



Figur 5-4 Oddermose Strand 2020

5.4 Projektområde Råbylille Strand

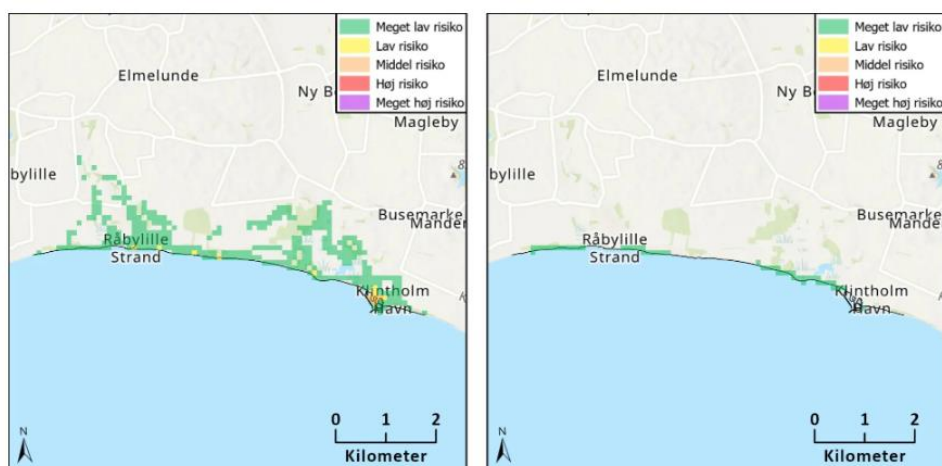
Figur 5-1 viser området i 1980.



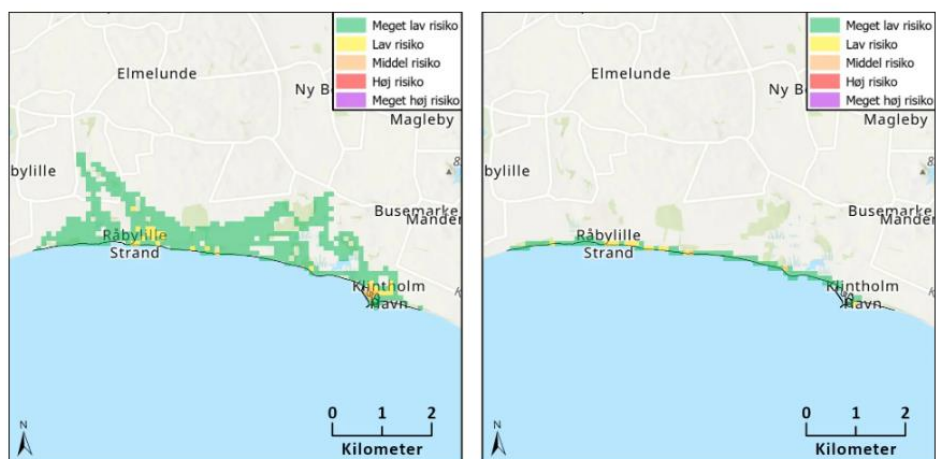
Figur 5-5 Luftfoto, 1980

Kystdirektoratet (KDI) har en hjemmeside med et program ”Kystplanlægger” som viser en overordnet analyse af stabiliteten af Danmarks kyster med hensyn til oversvømmelse og erosion. Figur 5-6 viser forudsigelserne for 20, 50 og 100 års horisont. KDIs analyse viser, at selv på 100 års sigt vurderes der en lav risiko for kysterosion som kronisk erosion. Denne rådgivers mere detaljerede analyse nedenfor viser dog, at der er tale om en mindre kronisk erosion omkring Råbylille

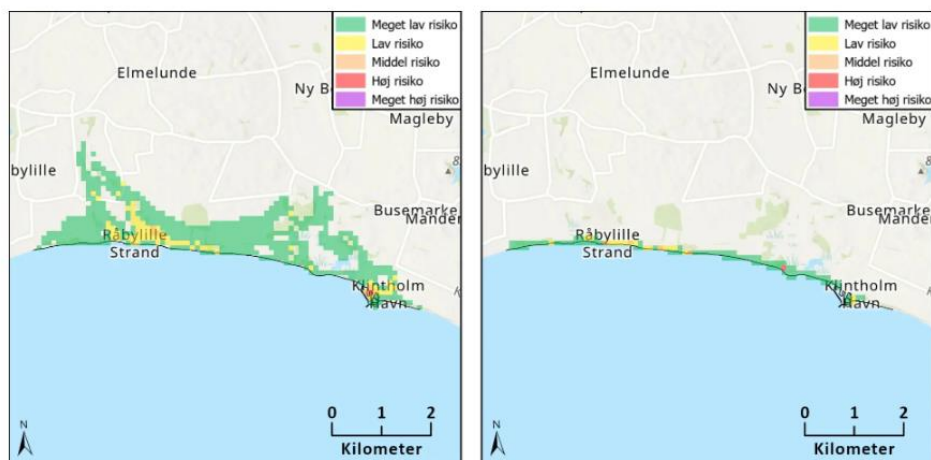
Strand. Men med hensyn til akut erosion under ekstreme stormfloder er situationen en væsentlig anden, som ”naturen” viste under stormfloden d. 21-22 oktober 2023.



Risikokort, tidsperspektiv 20 år, oversvømmelse til venstre, erosion til højre



Risikokort, tidsperspektiv 50 år, oversvømmelse til venstre, erosion til højre



Risikokort, tidsperspektiv 100 år, oversvømmelse til venstre, erosion til højre

Figur 5-6 KDI Kystplanlægger 20. 50 og 100 års tidsperspektiv

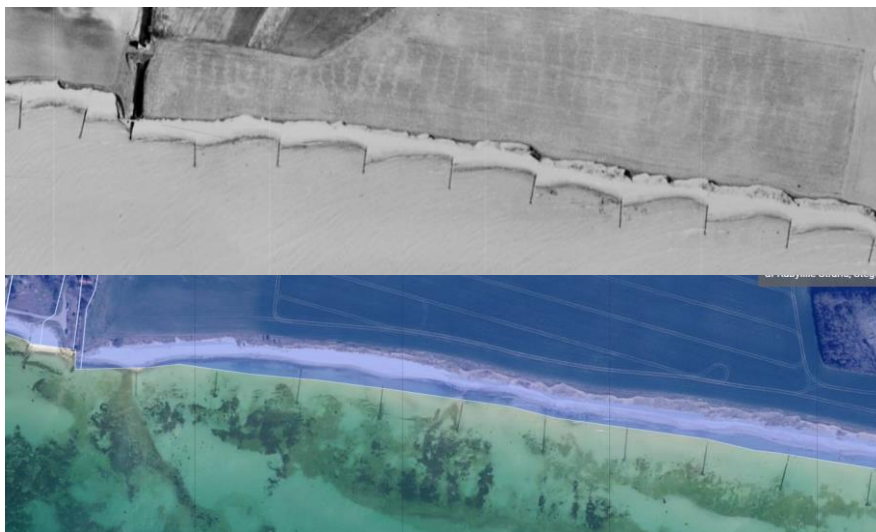


Figur 5-7 Råbylille Strand 1954 og 2020 (KRAKS Kort)

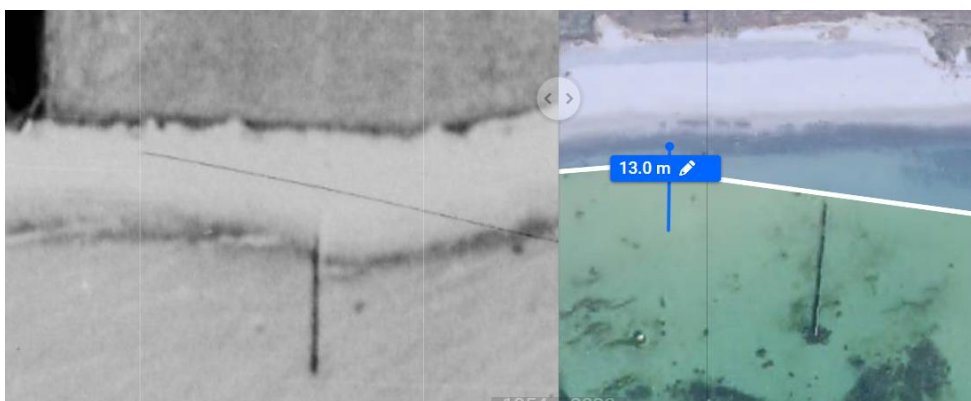


Figur 5-8 Sammenligning mellem kysten 1954 og 2020 i den vestlige ende af lagets strækning

En analyse af projektområdet Råbylille Strand mellem KRAKs Kort for 1954 og 2020 viser, at der på mange dele af kysten er tale om at kystlinjen næsten er samme sted som i 1954. I den vestlige del vest for hvor vejen Bundgarnet svinger hen langs kysten er der sket en tilbagerykning, og her er der i dag udbygget med det høje kystdige, Havdiget og med en række høfder. Men, hvis vi ser på kysten lige øst for pumpestationen er der tale om en generel tilbagerykning siden 1954, og Figur 5-10 og Figur 5-10 viser dette forhold. Det fremgår, at betonhøfderne i 1954 var landfaste, mens deres nordlige ende i dag er beliggende ud for kystlinjen. Det kan ses, at der på 66 år er tale om en kysttilbagerykning på ca. 13m eller $13/66 = 0,2$ m/år. Det er samtidigt klart, at der er tale om sedimentation opstrøms på østsiden af høfderne og læsideerosion på vestsiden af høfderne. Den resulterende sedimenttransport er derfor vestgående på denne kyststrækning.



Figur 5-9 Kysten lige øst for Pumpestationen 1954 og 2020 (KRAKS Kort)



Figur 5-10 Detailfotos 1954 og 2020 ved 1st og 2den hofde lige øst for pumpestationen



Figur 5-11 Kysten lige vest for Råbylille Strand ved Hovgårdsvej hvor der er en tilbagerykning på ca. 15 m på 66 år (0,25 m/år).

Hvis vi ser på kysten lige vest for lagets strækning ved Hovgårdsvej er der tale om en relativ tilbagerykning på ca. 0,25 m/år.

5.5 Klintholm Havn

Klintholm Havn er beliggende ca. 4 km øst for Råbylille Strand, se Figur 5-12 med fotos fra 1954 og 2020.

Det fremgår, at havnen er blevet udvidet i perioden; men kysten på begge sider af havnen har stort set ikke udviklet sig i denne lange periode. Aflejringen øst for havnen viser dog, at der også her er tale om en vestgående resulterende sedimenttransport. Men da aflejringen ikke udvikler sig yderligere må der være en ligevægt imellem hvor meget sediment der tilføres fra øst og hvor meget der naturligt under storme passerer havnen i vestlig retning.



Figur 5-12 Klintholm Havn år 2020 og 1954

5.6 Konklusion vedr. sedimenttransport

Ovennævnte analyse vedr. sedimenttransporten og kyststabilitet på Møns sydkyst og i Råbylille Strand viser et interessant billede. Hvis vi ser på kysten som et hele sker der en vis erosion i den østlige del, og den resulterende sedimenttransport er mod vest. Jo længere vi kommer vestpå på kysten og kysten drejer fra ca. at være ca. vest mod øst og til at være sydvest til nordøst reduceres den langsgående sedimenttransport mod til helt at blive nul når vi når til Rytsebækvej. Her er kysten meget stabil over tid, og der sker ikke en tilbagerykning selv om der sker en langsom

stigning af vandstanden i havet. Dette må skyldes det sediment der tilføres fra øst. På den eksisterende kyststrækning ved Råbylille er der således tale om en begrænset tab af sediment, og man må på længere sigt regne med at dette vil forstærkes, når vandstandsstigningen per år bliver større end i dag. Høfdefeltet langs hele kysten modvirker til dels dette, og det vil formentlig på et tidspunkt i engang i fremtiden være en god ide, at man udbygger og forhøjer høfderne. Man har set, at der i den vestlige ende omkring H28 til H 32, hvor man har udbygget et par af de normale høfder til at være T-høfder er der sket en yderligere opsamling af sediment til en såkaldt tombolo-dannelse. Hvis man således forstærker høfderne så de fanger mere sediment, må man dog påregne, at der vil ske en vis forøget kysterosionen vest for Råbylille Strand ved Hjulsporet og Hulgårdsvej, hvor der allerede i dag er en kysttilbagerykning på ca. 0,25 m/år. Dette skyldes udbygningen af lagets høfder ved Råbylille Strand. På meget længere sigt, estimeret til 30 til 40 år må man forvente at kyststrækningen og sandstranden, som stort set alle Danmarks mange tusinde km kyster, vil blive smallere på grund af den forventede/estimerede kraftige stigning i vandstanden i havet (Sea Level Rise, SLR). Hvad man vil gøre til den tid på denne kyststrækning er uvist. Man kan forestille sig et samlet projekt med udbygning yderligere af alle høfderne til T-høfder med kystparallelle bølgebrydere for enden og sandfodring kan komme på tale en gang i fremtiden, hvis man vil fastholde stranden med en bredde tilsvarende i dag.

6 Baglandet, Råby Sø og Mose og risiko for oversvømmelse ved ekstrem regn

6.1 Indledning

Bag hele kysten er der sommerhusbebyggelse; og i den østlige ende et udløb fra pumpestationen ved Råby Sø og Råby Mose, som er ca. 4 km langt og 0,65 km bredt, i alt ca. 2,64 km² eller 264 Hektar. I alt afvandes et område på ca. 8 km². Hele området ligger i dag relativt lavt med en terrænkote på ca. -1,5 m, dvs. ca. 1,5 m under normalvandstanden i havet. Som redegjort for nedenfor er der tale om at der i de sidste ca. 140 år er sket en meget stor sætning af hele området med ca. 1,5 m, da det ca. lå i kote 0,0 dengang, se Figur 1-5. Det rapporteres, at pumpestationen normalt kører med vekslende stop-start, idet vandstanden bliver for lav og under ca. -1,5 m på grund af den begrænsede vandføringsevne af kanalen, som ikke kan følge med.

6.2 Data for topografi, geologi/jordbundsforhold, nedbør og afvandingsforhold

Den 04. januar 2024 forekom en ekstrem nedbørssituation med ca. 70 mm regn på 24 timer. Det var sammen med at jorden allerede var vandmættet, årsagen til at vandstanden nåede ca. -1,1 m i Råby Sø og Mose, og ejendommen Overlid 26, der er beliggende i kote ca. -1,25 m fik vand ind, se Figur 6-1.



Figur 6-1 Overlid 26 ved krydset i kote -1,25 m

Fotos fra oversvømmelsen er vist i Figur 6-2.



Figur 6-2 Foto fra oversvømmelsen d. 4/1 2024

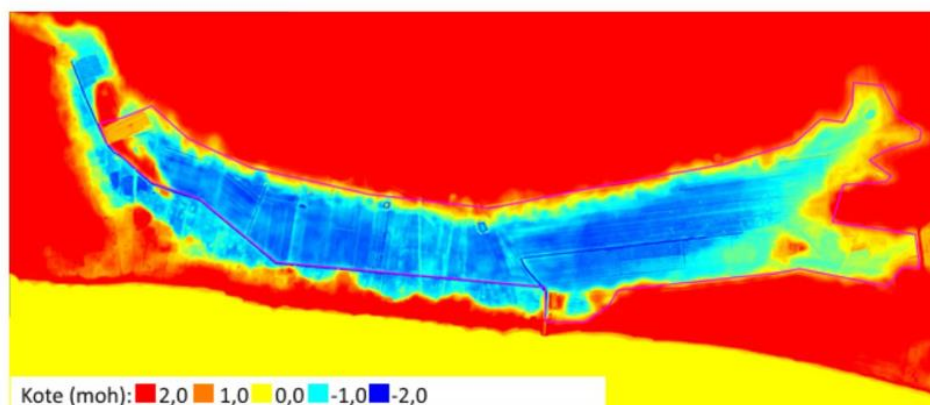
Det tog ca. 10 dage at pumpe det opsamlede vand ud i havet. For et forbedret beredskab indgik digelaget i juni 2024 en beredskabsaftale med en landmand, som ejer en traktorpumpe, som har ca. samme kapacitet som den stationære pumpestation.

Råby Sø og Mose afvandes i dag gennem kanalen og pumpestationen i lagets østlige ende. Det er oplyst at pumpestationens kapacitet normalt er tilstrækkelig til at pumpe regnvandet ud under og efter normale kraftige regnskyl. Derudover er det oplyst, som nævnt ovenfor, at der er en aftale om mobilisering af en privat flytbar pumpe, som kan forøge den maksimale totale vandføring i pumperne, og at man herved er mere sikker på at kunne afvande området hurtigere, hvis det bliver nødvendigt. Det er vigtigt at kunne holde vandstanden i søen og mosen så lav, at der ikke sker oversvømmelse af de lavest liggende sommerhuse i lagets område.

6.3 SWECO studie af 2018

Der har været udført en række studier og analyser af forholdene i Råby Sø og-Mose; herunder af SWECO for Vordingborg Kommune i 2018; en undersøgelse, "Teknisk-Biologisk Forundersøgelse". Studiet ledte frem til et forslag der kan reducere CO₂ udledningen fra området ved permanent at hæve vandstanden i området.

Områdets topografi (kote-forhold) fremgår af Figur 6-3. Det ses, at Søen og Mosen i dag er beliggende mellem kote -1 m og -2 m, dvs. ca. -1,5 m.



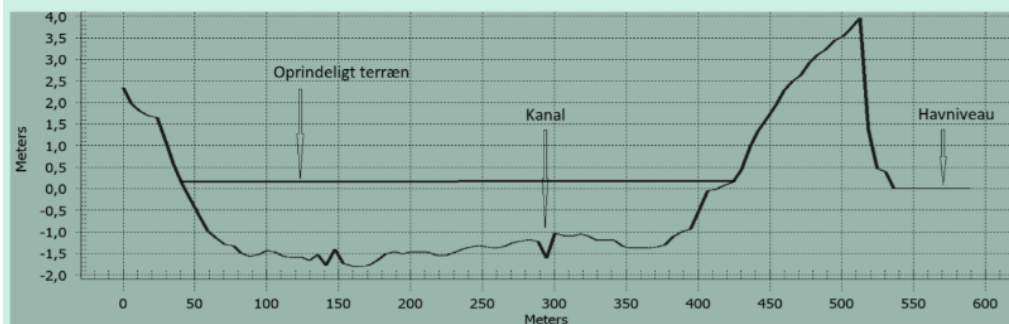
Figur 6. Højdemodel for projektområdet. Der er fokuseret på intervallet +2 til -2, og højder over dette er røde. Kortet viser, at det meste af området ligger mellem 1,5 til 2 meter under havoverfladen.

Figur 6-3 Højdemodel fra SWECOs rapport

På Figur 1-5 ses, at i 1888 blev området afvandet gennem en sluse (med en enkelt højvandslukke); da området dengang ca. lå i kote 0,0 m, og der derfor ikke dengang var behov for en pumpestation, som i dag for afvanding. Der er sket en stor sætning af området i de forløbne ca. 140 år. SWECOs rapport giver følgende forklaring, Figur 6-4.

Området ved Råby Sø, terrænsætninger

Området ved Råby Sø kan på kort fra starten af 1900-tallet ses at have afløb til Østersøen gennem en sluse, uden pumpestation. Altså har området dengang ligget over havniveau. Den nuværende pumpestation er bygget omkring 1950. Før det har der formentlig ligget en mindre pumpe med lavere kapacitet.



Figur 1. Nuværende og tidligere terrænniveauer.

Siden etablering af pumpedriften er jordbunden i området sunket fra en kote over havniveau til det nuværende niveau der gennemsnitsligt ligger omkring kote -1,5 m. Stedvis lavere. Området er altså sunket tæt på 2 m. Se figur 1.

Sættes startpunktet for pumpedriften til år 1900 svarer det til en årlig sætning på 1,6 cm.

Området undergår fortsat sætninger som følge af stort indhold af organisk materiale i jordbunden og afvanding og det må derfor forventes at området bliver mere og mere fugtigt som tiden går med større udbredelse af midlertidige vandhuller. Nedenstående luftfoto er fra foråret 2018.

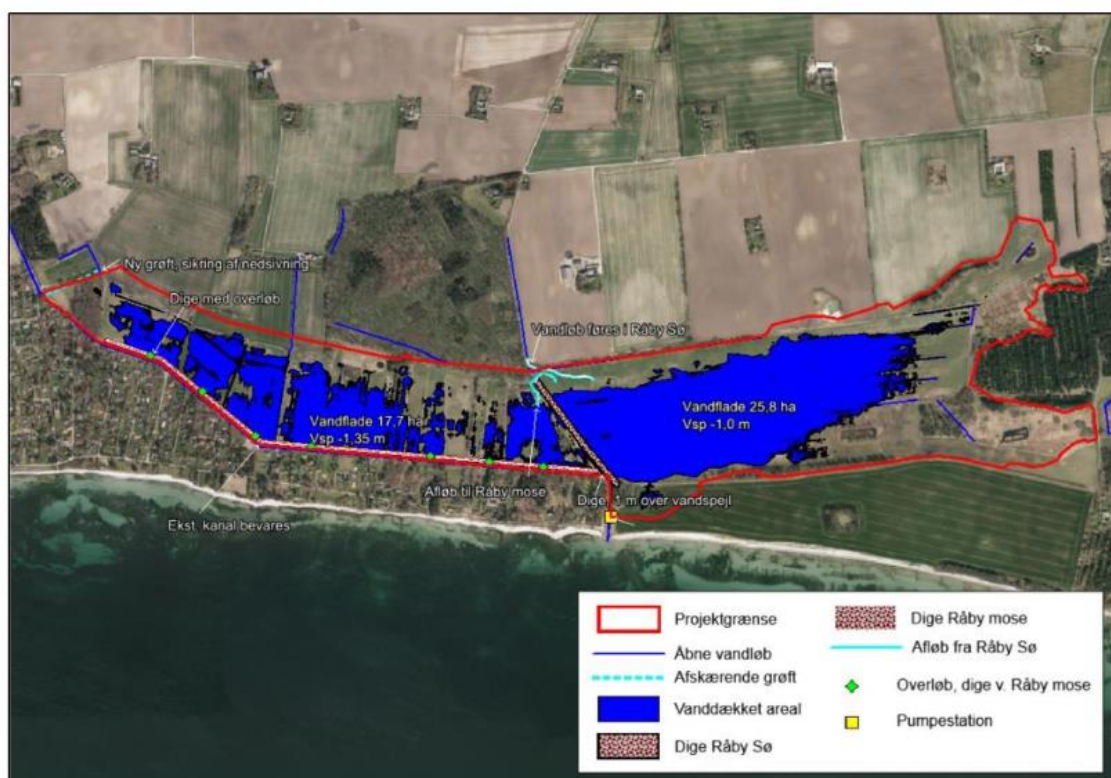
Figur 6-4 Fra SWECOs 2018 rapport vedr. terrænsætninger

SWECO foreslår, at området opdeles i to, hvor den østlige del bliver en permanent sø med et vandspejl i kote -1,0 m, mens det i den vestlige del foreslås med et vandspejl til -1,35 m. Der etableres et kontrolleret udløb fra øst til vest, og vandet fra begge områder vil stadig blive udledt til havet ved pumpning af pumpestationen. Med et vandspejl i kote -1,35 m i den vestlige del vil der endvidere

blive brug for et lavt jorddige langs kanalen lige nord for sommerhusområdet for at beskytte sommerhusområdet efter kraftigt skybrud, som d. 4 jan. 2024.

Kanalsystemet i området er vist i SWECOs rapport og her på Figur 6-5. SWECOs rapportes anbefalinger er vist i Figur 6-6.

NB. Etableres kun et af delområderne alene gælder følgende forhold.
Hvis Råby sø etableres uden Råby Mose skal afløb fra Råby Sø føres til eksisterende grøft der afvander til vestkanalen langs grusvejen over til skoven.
Hvis Råby Mose etableres uden Råby Sø skal der etableres et lavt ca. 0,5 m højt dige samt en afskærende grøft vest for diget. Diget kan anlægges med jord fra udgravning af grøften. Begge muligheder er vist på bilag 4.1 og 4.2.



Figur 6-5 SWECOs plan for området

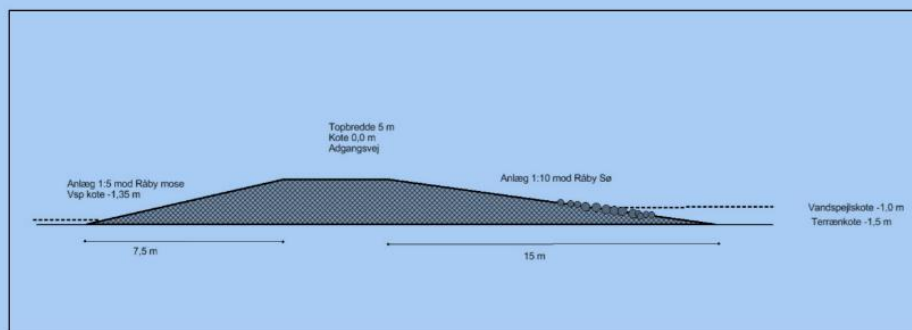
SWECO skriver endvidere:

10.1.1

Etablering af dige

For at hæve vandstanden i området til kote -1,0 er det nødvendigt at etablere et 350 m langt dige fra nord til syd tværs over Råby Sø-området. Diget etableres ovenpå den eksisterende markvej der forløber syd-nord gennem området, da jordbunden her er mest stabil pga. den eksisterende vejkasse. På toppen af diget etableres en erstatningsvej.

Diget kan etableres enten med tilkøbt materiale i form af sand med tætning med lermembran på østsiden. Den side af diget der vender mod øst, ind mod den kommende sø skal etableres med fladt anlæg på 1:5 grundet de mere fugtige forhold. Modsatte side kan anlægges med anlæg 1:3. Toppen af diget etableres med en kronebredde på 4, evt. 5 m, så der kan etableres en kørevej/trampesti på toppen. Digets top kommer til at ligge i kote 0,0 m, svarende til 1 m over det fremtidige vandspejl i Råby Sø. Vandspejlslinjen i kote -1,0 m skal erosionssikres mod bølgepåvirkning ved udlægning af sten fra 30 cm under vandspejlsniveau til 50 cm over. Skitse over digets opbygning og udformning fremgår af figur 50.



Figur 50. Tværsnit af dige med adgangsvej og vandspejl.

Alternativt kan diget etableres med den lokale tørvejord. Dette vil være økonomisk fordelagtigt, da der ikke skal tilkøres jordmaterialer udefra. Anvendelse af tørvejord vil medføre uddybning af en mindre del af Råby Sø, hvilket kan være en fordel for en evt. kommende fiskebestand, der ellers med den lave vanddybde risikerer at dø ved langvarig frost i vinterperioden.

Ved anvendelse af tørvejord til etablering af diget, skal diget anlægges med anlæg 1:15 mod øst. Mod vest og Råby mose skal diget etableres med anlæg 1:5. Diget skal ved etablering anlægges med 0,5 m ekstra tophøjde for at kompensere for den reduktion der vil være i tørvejorden ved udtørring, sammensynkning, afbrænding m.v. Den færdige højde på diget skønnes at være omkring kote 0 m efter den indledende sætning af undergrund og det anvendte materiale.

Det fladere anlæg vil reducere behovet for stensikring, da bølgepåvirkning vil være fordelt på et større område. Der skal dog stensikres i vandlinjen med sten i størrelse Ø64-128 mm. Stensikring udlægges i et tyndt, men dækkende lag fra 0,2 m under til 0,2 m over vandlinjen i kote -1,0 m.

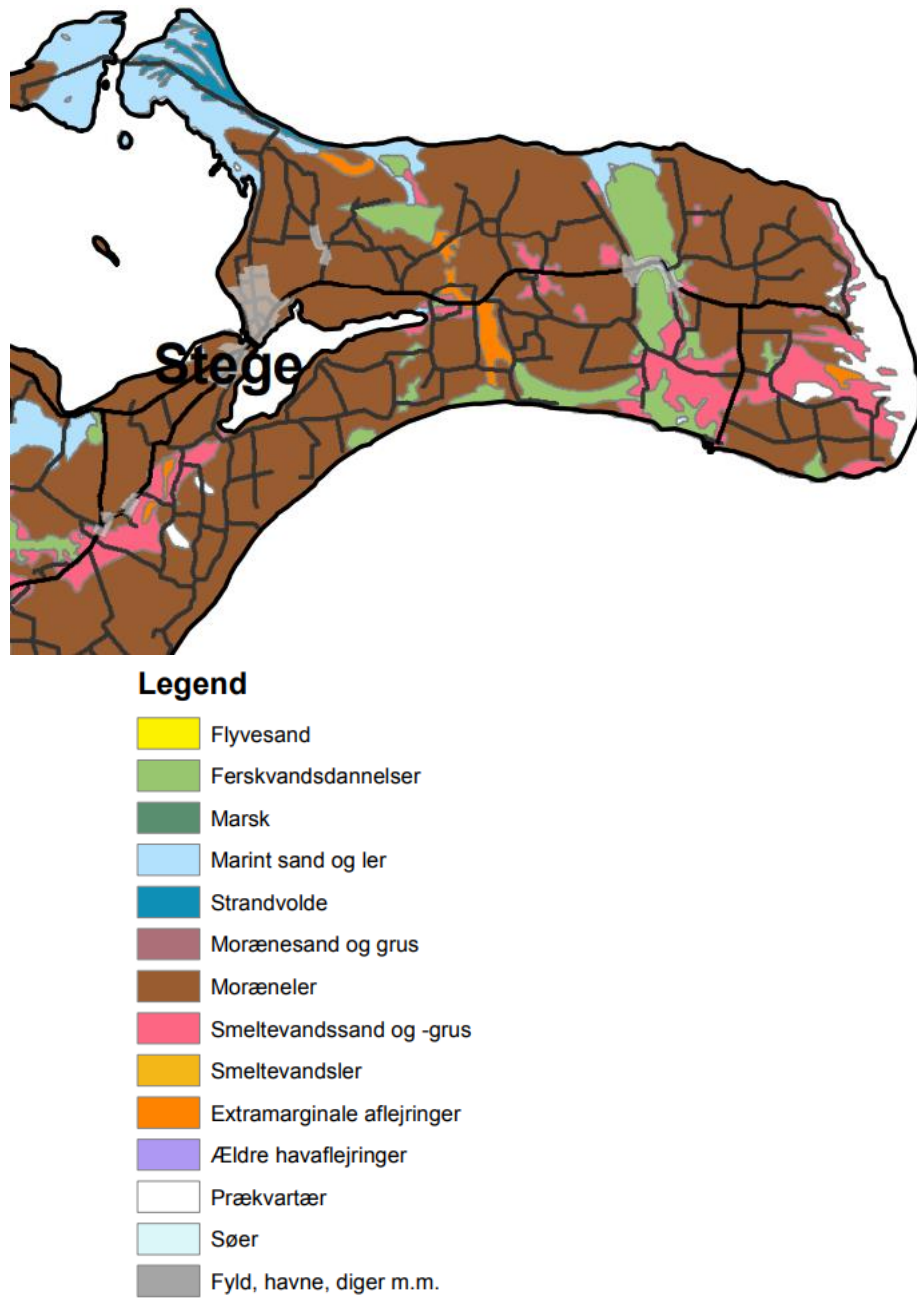
For at dokumentere sætninger i diget skal der etableres 4 monitoringsstationer. Den ene type er tiltænkt måling af sætninger i toppen af diget og etableres i form af en flise på 30x30 cm der udlægges i toppen af diget. For at måle evt. sætninger i bunden af diget nedlægges en 30x30 cm jernplade på eksisterende terræn inden opbygningen af diget. Pladen skal være monteret med en 2,2 m lang jernstang, så denne stikker op over top af diget. Herved kan evt. sætninger i det eksisterende terræn følges.

Det rapporteres, at projektet har mødt en del modstand, og at man p.t. ikke er gået videre med dette. Denne rådgiver har et par kommentarer til projektet. Dels, at det ikke er klart hvorledes det sikres, at de med grøn signatur viste udløb fra sommerhusområdet vil være aktive når det behøves. Med en planlagt vandstand i Råby Mose på -1,35 m er det tæt på den vandstand på ca.-1,1 m som er estimeret d. 4 januar 2024. Der skrives, at diget kan udføres med tørvejord med en overhøjde for at tage sætninger i regning. Dette vurderes ikke som en god ide, se kommentarer i næste afsnit 6.4. Hvis man anlægger et sådant jorddige bør det anlægges af jordarter, som ikke sætter sig særlig meget dvs. lerjord eller sand, og med et lag muld på ydersiden for at sikre en god bevoksning med digegræs. Selv med en lerkerne der går ned under terræn vil der opstå sætninger, som må kompenseres med en overhøjde fra starten eller vedligehold efter sætningerne er sket. Hvis der er tale om sandfyld, skal der udføres en lerkerne eller på anden måde sikres at det er impermeabelt. Med en meget flad hældning og digegræs vurderes der ikke at være behov for den viste stenkastning på digets vestside; da dybden og dermed bølgehøjden, der rammer diget vil være meget begrænset.

6.4 Geologi og jordbundforhold

Arne Bisgaard, civ. ing. og meget erfaren geotekniker er blevet konsulteret og skriver:

Der findes meget få offentligt tilgængelige oplysninger om jordbundsforholdene i området. Et ekstrakt af GEUS-jordbundsforhold 1:200.000 er vist nedenfor (målestok ikke korrekt gengivet herunder). Kortet viser jordarterne i området i 1 m dybde. Som forventet er området præget af ferskvandsdannelser.



Der findes en enkelt boring i GEUS borearkiv (Jupiter). Resultatet af denne boring er vist herunder.



Borested : Ankerret, Råbylille, Møn

Kommune : Vordingborg
Region : Sjælland

Boringsdato : 24/8 2004

Boringsdybde : 8 meter

Terrænkote : 2,8 meter u. DNN

Brøndborer : MOE A/S

MOB-nr :

BB-journr : 20044179

BB-bomr : 11

Prøver

- modtaget :

- beskrevet : 24/8 2006 af : T

- antal gemt : 0

Formål : Geoteknisk boring

Anvendelse :

Boremethode :

Kortblad : 1511 INØ

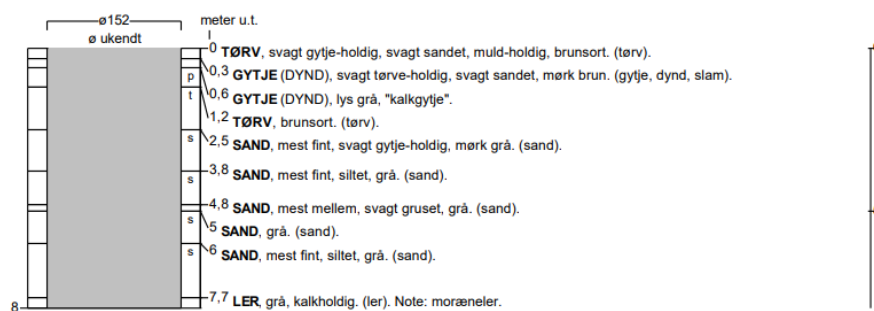
UTM-zone : 32

UTM-koord. : 717555, 6096400

Datum : EUREF89

Koordinatkilde : Geoteknisk firma

Koordinatmetode : KMS digitale kort



Denne boring viser således tørv og gytje til kote -5,3 m DNN. Lægges dette profil til grund, og antages et typisk dekadehældning $Q = 0,50$ for gytje og tørv, vil den skitserede vej give anledning til en konso-lideringssætning på ca. 0,3 a 0,5 m, afhængig af dybden til grundvandsspejlet i "normalsituationen". Sætningen af de underliggende sandlag vil være ubetydelig. Imidlertid skal der hertil lægges den fort-satte sætning på grund af at bakterier fortærer jordbundens tørv og andet organisk materiale (som hid-til har udgjort ca. 2,0 m i nogle områder).

Der bør udføres geotekniske boringer i vejens tracé, for eksempel med 50 - 100 m afstand. Boringerne skal mindst føres til bæredygtige glaciale eller senglaciale lag. Grundvandsspejlets beliggenhed bør også registreres. Der skal optages prøver til geologisk bestemmelse, samt udføres laboratorieforsøg til bestemmelse af vandindhold på tørv og gytje.

Det vil nok være nødvendigt at udlægge et geotekstil (min. 5 m bredde) for at kunne køre på afgrav-ningsområdet i forbindelse med indbygning af lerfyld.

6.5 Alternativ løsning til sikring af sommerhus området mod oversvømmelse fra regnvand

Denne rådgivers opgave for laget er at udarbejde en strategi for lagets fremtidige investeringer i kystbeskyttelse som matcher de løbende og forventede klimaændringer; herunder at vandstanden i havet stiger og nedbørsmængden i Danmark stiger også. Men, det er en delopgave at vurdere hvorledes man kan undgå oversvømmelse fra ekstreme regnskyl tilsvarende det skete d. 4. januar 2024, hvor der regnes med 60 til 70 mm på 24 timer. Uden at have lavet en vurdering vurderes et dimensionsgivende regnskyl til ca. 50% kraftigere, og dermed til en intensitet på 100 mm/24 timer. Det er således vigtigt, at Råby Sø og- Moses forhold også tages i regning hvor forholdene påvirker områdets risiko for oversvømmelse og skade og mulig oversvømmelse forvoldt af henholdsvis stormflod og ekstreme regnskyl.

Hvis SWECOs projekt ikke gennemføres kunne laget selv anlægge et mindre projekt, men effektivt projekt, som kan sikre at en oversvømmelse i Søen og Mosen ikke forplanter sig op i sommerhusområdet. Efter overvejelse og diskussion anbefales det at der ses nærmere på følgende løsningsforslag:

En stor udfordring for afvandingskanalerne og pumpestationen, er blandt andre at terrænet på lavbundsjordene har sat sig meget siden pumpningen blev intensiveret i 50'erne. Der er nærmest ingen gradient i afvandingskanalerne længere og ligeledes alt for lille højdeforskel fra nedpumpningsniveau til de laveste kritiske terrænkoter i sommerhusområdet, som ligger over 1 km fra pumpestationen (Dvs. der er stort set ingen hydraulisk gradient på vandspejlet og derfor ingen kraft til at drive vandet). Lavbundsjordene bliver altså mere og mere vandlidende, hvis ikke terrænet snart stopper med at sætte sig.

6.5.1.1 Forøgelse af kanalens bredde og dybde

Pumpekapaciteten kan forøges så meget at pumpen/pumperne bedre kan følge med under de ekstreme regnskyl, men kanalen har ikke en kapacitet (bredde, dybde og hydraulisk ruhed), så man kan forøge vandføringen.

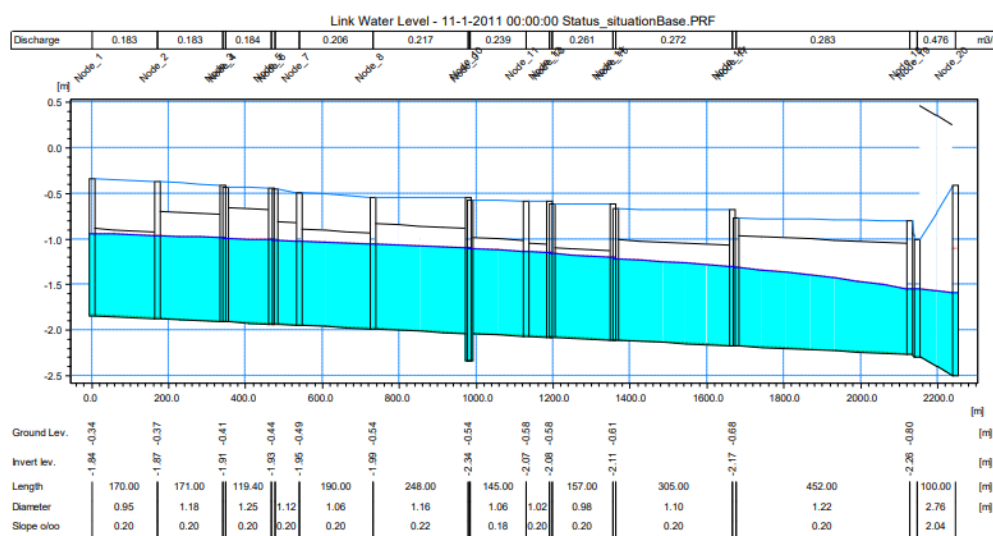
COWI udførte i 2011 en beregning for laget af afstrømningskapaciteten i kanalen der fører hen til pumpestationen. Denne viste, at der er en nogenlunde balance mellem pumpernes kapacitet og kanalens vandføringsevne. Men, den viste også, at ved en vandføring på 476 l/s (0,48 m³/s) var vandstanden ved pumpestationen nede på -1,7 m og gradienten på vandspejlet er udregnet til ca. $2,7 \cdot 10^{-4}$. Se Figur 6-7 og Figur 6-8.



Figur 1: Oversigtskort over model i MIKE URBAN.

Kanalernes geometri er baseret på de dimensioner der er angivet i "Vedtægt for Råbylille Dige-, Kystsikrings- og Afvandingslag (2010)". Længde kanalerne er koten bestemt ud fra COWIs højdemodel.

Figur 6-7 Oversigtskort over COWIs model

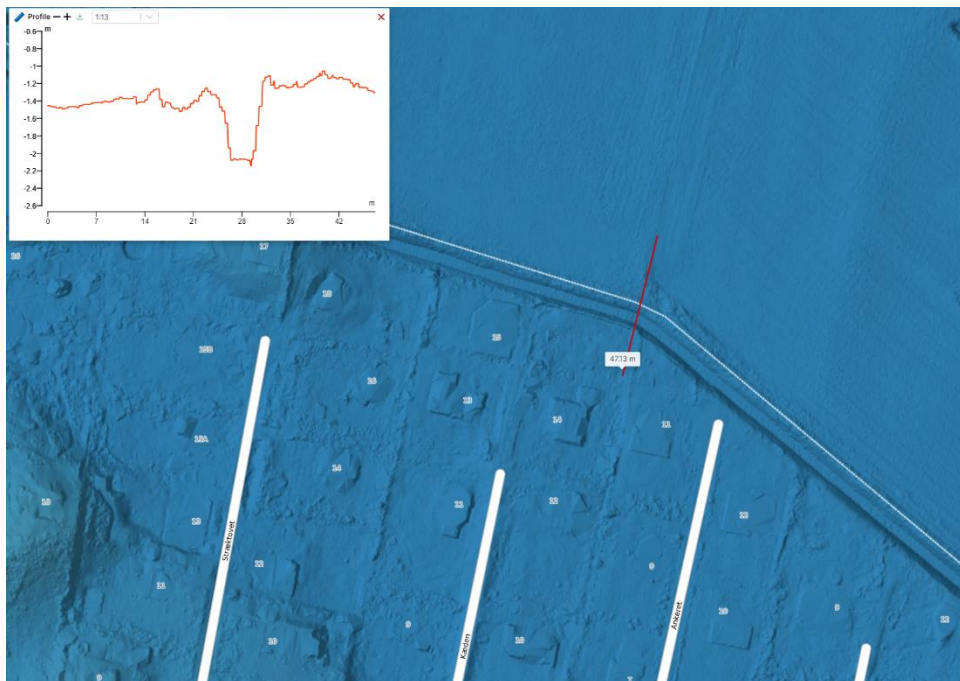


Figur 2: Vandløbsprofil for status situationen.

Figur 6-8 Beregning af vandstand (sænkingskurve) for en vandføring på 476 l/s ($0,48 \text{ m}^3/\text{s}$). Hældning af vandspejl, ca. $0,6 \text{ m}$ på 2200 m , dvs. $2,7 \cdot 10^{-4}$ i middel.

Da en pumpe kapacitet er en funktion af løftehøjden og COWI vurderede pumpernes maksimale kapacitet til ca. 800 l/s vil man kunne opnå en bedre kapacitet ved at forøge kanalens samlede vandførings-kapacitet. Dette kan ske ved at man forøger tværsnittet ved større bredde og/eller dybde, og ved nedsættelse af den hydrauliske ruhed. Dette kan ske ved bedre grødeskæring af kanalsiderne som medfører forøget vandføringskapacitet. Vegetationen på kanalens sider og bund er kraftigt i sommerhalvårets vækstsæson. Der kan derfor kun vinde noget ved at forøge pumpernes kapacitet, hvis kanalens vandføringskapacitet også forøges. Men situationen efter 4. jan. 2023 viste også, at det tog ca. 10 dage at pumpe de store vandmængder fra det ekstreme regnskyl ud i havet. Så man kan ikke bare ved at forøge pumpernes kapacitet forhindre oversvømmelse i

sommerhusområdet. Endvidere kan det ikke udelukkes at der engang i fremtiden vil opstå et regnskyl som er kraftigere end de ca. 70 mm. Der var for nylig et ekstremt regnskyl i Esbjerg på ca. 140 mm på 24 timer. På Møn er 100 mm/ 24 timer formentlig at betragte som en designhændelse. Kanelens tværsnit er vist på Figur 6-9.



Figur 6-9 Kanalen lige nord for sommerhusområdet og et typisk profil af kanalen.

Kanelen er ca. 3,0 m bred i bunden i kote -2,1 m og 6,4 m i toppen i kote -1,25m, dvs. en dybde på maksimalt 0,85m. Hældningen på siderne er ca. 1:2. Tværsnitsarealet er 2,95 m². En overslagsmæssig beregning af vandføringen kan laves med Manningformlen:

$$V = M \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2}$$

Her V er middelhastigheden; M er Manningtallet, R er modstandsradius og I er gradienten (hældningen af vandspejlet).

Manningtallet for et naturligt vandløb er ca. 40 m^{1/3}/s, og mindre for en meget ru kanal med grøde på siderne.

Modstandsradius er mindre end dybden, d, og for denne type tværsnit ca. 0,8 d, dvs. ca. 0,8*0,85 = 0,68 m

Gradienten er 2,7*10⁻⁴ ifølge Figur 6-8.

Herved fås: $V = 40 \cdot 0,68^{0,67} \cdot (2,7 \cdot 10^{-4})^{0,5} = 0,51$ m/s, og med et tværsnits areal på 2,95 m² fås en vandføring på, $Q = 1,5$ m³/s. Dette er ca. 3 gange højere end hvad DHI angiver. Hvis man i stedet antager at kanalen er meget ru, og M=20 og gradienten kun 10⁻⁴, og det aktuelle tværsnit fås en strømhastighed:

$V = 20 \cdot 0,68^{0,67} \cdot (10^{-4})^{0,5} = 20 \cdot 0,77 \cdot 0,01 = 0,154$ m/s og en vandføring på $Q = 0,154 \cdot 2,95 = 0,45$ m³/s, som passer med DHIs angivne vandføring.

Hvis man uddyber kanalen med + 0,32 m til en modstandsradius på 1,0 m og gør den 1 m bredere fås tilsvarende et tværsnitsareal på 6 m² og en strømhastighed på:

$V = 20 \cdot 1^{0,67} \cdot 0,01 = 0,20$ m/s, og dermed en vandføring på 0,2*6=1,2 m³/s.

Dette vil være en meget stor forbedring af kanalens kapacitet, og med en længde på 2,2 km skal der ca. udgraves $2200 \times 3 = 6.600 \text{ m}^3$ jord.

Endvidere kunne man se på de mange rørgennemføringer, som hver giver en enkeltmodstand; som kunne reduceres ved at ændre til større eller flere rør, eller ved udskiftning med en bro over kanalen.

Hvis man antager en pris på 150 DKK/m³ inkl. MOMS fås en pris på 990.000 DKK ~ **1 mill DKK**.

6.5.2 Anlæggelse af jorddige mellem Råby Sø og-Mose

En anden metode til at forhindre oversvømmelse i sommerhusområdet er anlæggelse af jorddiger. Man kan ud fra SWECOs rapport se to forslag til jorddiger. Her fokuseres på et jorddige på nordsiden langs kanalen. Det vil være nødvendigt at sikre, at der kan ske kontrolleret gennemløb af diget ved en række rørledninger med en klap, så der kan lukkes og vandet nordfra forsinkes i at løbe ud i kanalen.

I stedet for denne løsning kunne man adskille Råby Sø og Mose med et jorddige i nord-syd retning med linjeføring som vist på Figur 6-10 og Figur 6-11. Formålet med dette er alene under ekstreme regnskyl at kunne forsinke vandet fra det østlige område i Råby Mose. Der skal derfor installeres en rør-gennemføring i jorddiget, som kan lukkes under regnskyl, og først lukkes op nogle dage senere, hvor overskudsvandet fra det vestlige område er pumpet ud. Herved reduceres risikoen for at vandstanden i Råby Sø bliver så høj, at der igen sker oversvømmelse af sommerhusområdet. Et profil af diget er vist i Figur 6-12. Det kan udføres med en impermeabel kerne af ler, og siderne kan eventuelt udføres af den lokale jord, som vil kunne sætte sig mere end lerkernen. Rørgennemføringen skal som nævnt have en ventil som kan åbnes og lukkes enten automatisk ved præ-programmerede vandstande på de to sider af dæmningen, eller manuelt. Men dette vil kræve at der løbende er opsyn med vandstandene i Søen og Mosen, så der kan gribes ind når det er nødvendigt.

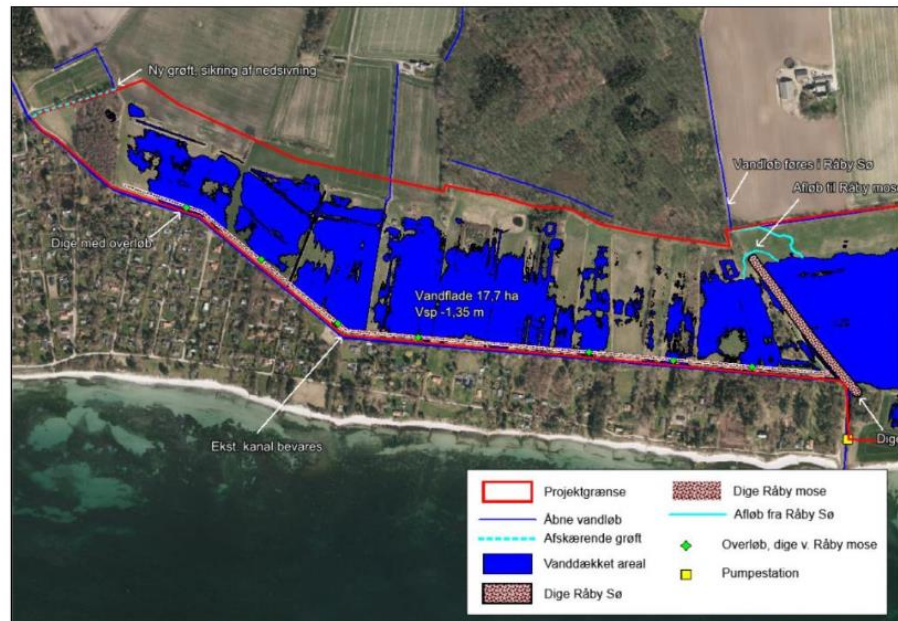
Denne løsning kan enten stå alene eller gennemføres sammen med ovennævnte forslag om at gøre tilløbskanalen bredere og dybere. Det er usikkert hvad bæreevnen er af den naturlige jord i området, og dermed om jorddiget vil være stabilt, og om hvor meget sætning der vil ske. Et første estimat er angivet ovenfor i afsnit 6.4. Der må derfor regnes med, at der skal foretages en geoteknisk undersøgelse af forholdene.

Profil af diget er vist i Figur 6-12. Med de viste jordfyldmængder og en længde på 360 m er der tale om ca. 5.000 m^3 (~8.500 t) lerfyld og 4.000 m^3 (~7.000 t) lokal fyld; som måske kan fås fra uddybning af kanalen, hvis det er muligt at transportere dette til anlægsstedet.

Enhedspriserne er usikre, og det samme gælder estimatet for rør og ventil mm.

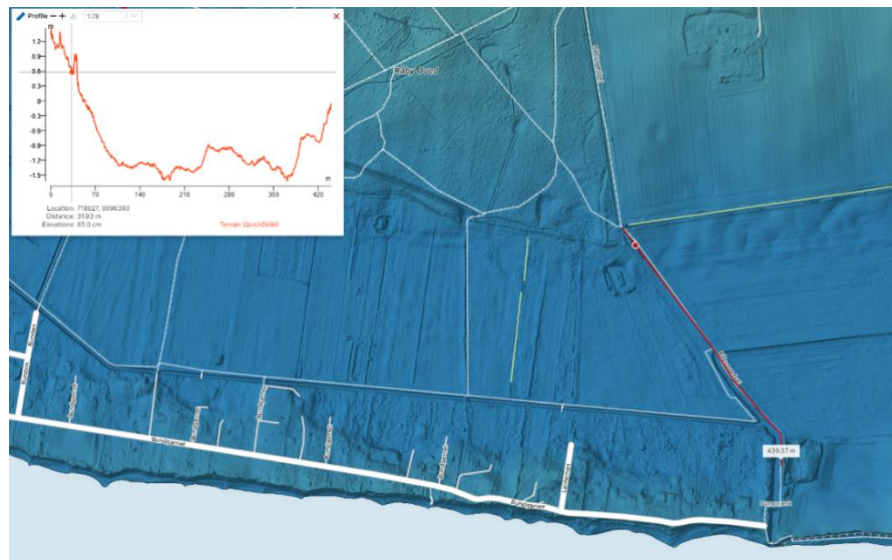
Budgettet (inkl. MOMS) estimeres som følger:

8,500 t lerfyld inkl. indbygning a' 200 DKK =	1.700.000 DKK
7.000 t lokal fyld inkl. indbygning a' 100 DKK=	700.000 DKK
Rør og ventil:	300.000 DKK
<u>Diverse:</u>	<u>200.000 DKK</u>
Total:	2.900.000 DKK

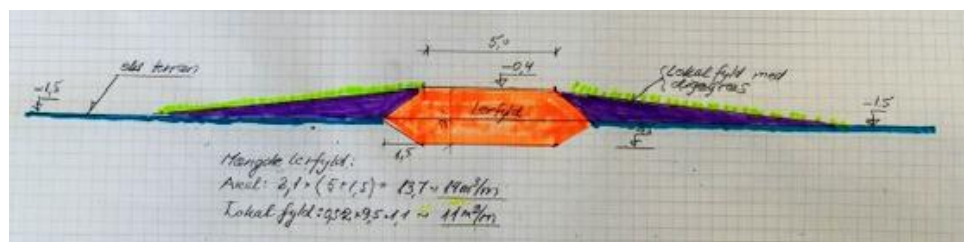


Figur 53. Vestlige del med Råby mose. 10-20 cm vanddybde, lavt dige mod ekst. kanal og overløb hertil.

Figur 6-10 SWECOs rapport vedr. den vestlige del af Råby Mose.



Figur 6-11 Linjeføring for jorddige mellem Råby Sø og Mose, ca. 360 m og topkote -0,4 m

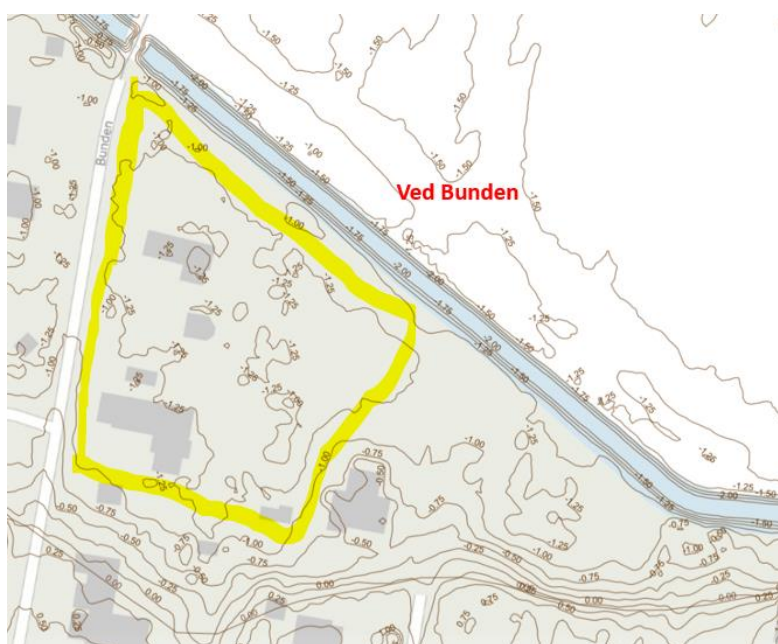


Figur 6-12 Profil i jorddige

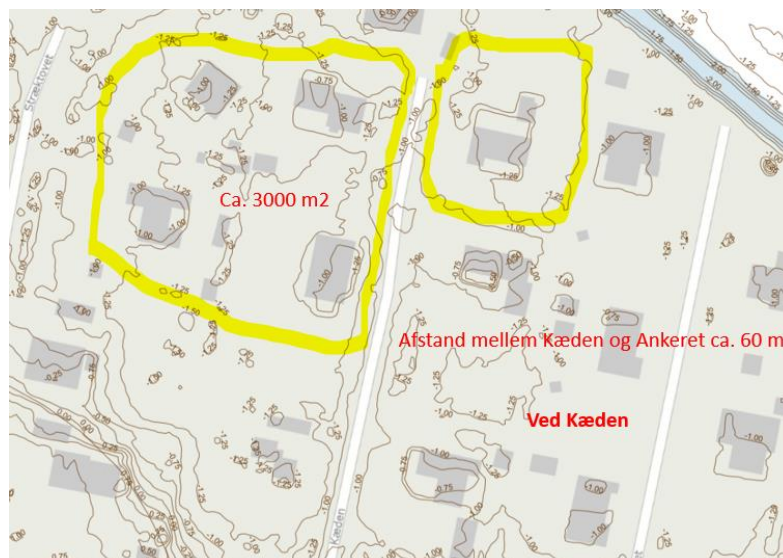
6.5.3 Mulig lokal løsning med jorddiger omkring enkeltmatrikler

Som nævnt ovenfor er det en mulighed, at der rundt omkring lavtliggende enkeltmatrikler eller samlet omkring et par nabomatrikler kan etableres lave jorddiger. For anlæg af disse rundt om særligt udsatte, lavtliggende matrikler er skitse-mæssigt vist i Figur 6-13, Figur 6-14 og Figur 6-15. Der er tale om meget lave jorddiger, f.eks. med topkote i ca. -0,8 m, som således vil være ca. 0,3 m over vandstanden estimeret til -1,1 m den 4. jan. 2014, og som derfor også vil kunne klare et væsentligt kraftige regnskyl i fremtiden. De berørte ejendomme ligger under kote ca. -1,0 m ifølge Danmarks Højdemodel, og terrænet i middel i ca. -1,25 m hvorfor digerne ca. vil have en topkote på 0,5 m over terræn. Mange steder vil digerne med topkote -0,8 m blive lavere, og nogle få steder højere end 0,5 m. Hvis man antager, at diget har en bredde af kronen på 1,0 m og anlæg 1:2 på siderne er der tale om en samlet bredde på ca. 3 m, og et volumen på 1 m³ lerfyld per meter dige. Men, da jorden formentlig er meget permeabel bør vandgennemslivning reduceres f.eks. ved at jorddiget af lerjord graves ned i terrænet, tilsvarende som vist for nord-syd diget på Figur 6-12. Herved vil mængden af lerfyld ca. fordobles til 2m³ per meter.

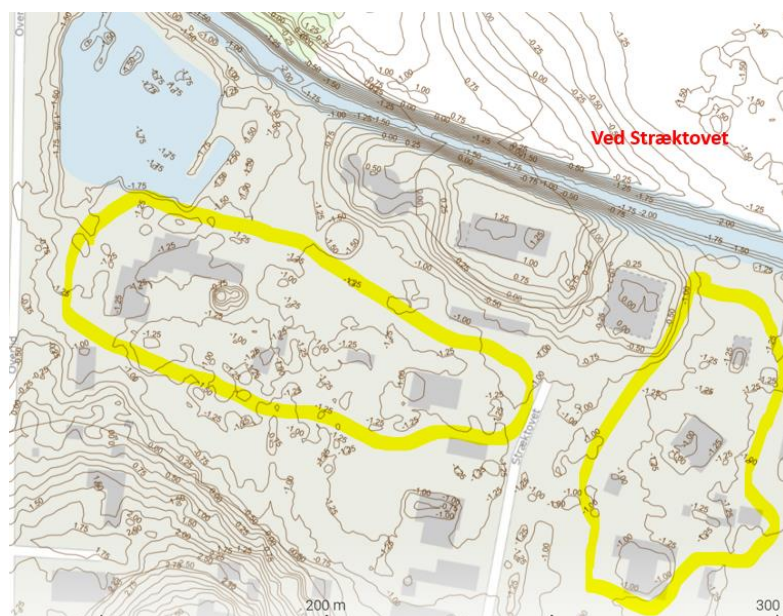
For at sikre at regnvandet inde i de inddæmmede områder kan drænes ud, bør der anlægges et eller flere rør med kontraventil ud gennem diget til afvanding af normale regnskyl. Men under meget kraftige regnskyl vil dette naturlige afløb ikke virke, da vandstanden i Råby Sø og –Mose vil være høj. Denne løsning vil derfor kræve, at der anlægges en fordybning som pumpe-sum og sikres at terræn hælder ned mod denne. Denne pumpe-sum kan være ca. 1 m under terræn og 2*2 m i bunden med hældende sider 1:2. Den kan befæstes med fliser eller tilsvarende. Samtidig skal der per anlæg anskaffes en flytbar kloakpumpe, som gennem en fleksibel pumpe-slange kan pumpe regnvandet ud af det inddæmmede område under og efter kraftigt regnskyl tilsvarende 4 jan. 2024 eller kraftigere i fremtiden. Kapaciteten af pumpen skal vurderes ud fra arealet af det inddæmmede område.



Figur 6-13 Skitse af mulige lokale jorddiger ved Bunden



Figur 6-14 Skitse af mulige lokale jorddiger ved Kæden



Figur 6-15 Skitse af mulige lokale jorddiger ved Stræktovet

Hvis længden af diget rundt om en ejendom eller flere ejendomme er ca. 100 m/matrikel kan anlægsprisen vurderes/estimeres. Med en pris på lerfyld på 200 DKK /m³ og et forbrug på 2m³ per meter vil selve jorddiget koste 40.000 DKK. Dertil kommer yderligere terrænregulering til sikring af at vandet løber til røret og pumpesump. Med anlæg af pumpesump formentlig ekstra 30.000 DKK. Rørgennemføring med kontraventil estimeres til ca. 10.000 DKK og anskaffelse af kloakpumpe til ca. 15.000 DKK. I alt fås derfor: ~100.000 DKK plus MOMS 25% til i alt ca. **125.000 DKK/matrikel**.

På nogle matrikler er det formentlig muligt at lave jorddiget helt tæt på huset, så diget bliver kort og vandmængder der skal ledes bort og pumpes efter meget kraftige regnskyl meget reduceret, og dermed bliver omkostningen per matrikel meget reduceret.

Til sidst kan det nævnes, at på grund af sænkningen af vandspejlet er der sket det, at hele området har sat sig ca. 1,5 til i dag en kote -1,5 m. Dette skyldes primært, at tørve/mose-jorden rådner når den får ilt. Det er et fænomen, som kendes mange andre steder i landet. Det betyder også, at området der for 150 år siden kunne afvandes naturligt, i dag har besvær hermed, selv med pumpestationen.

Pumpestationen må formentlig indenfor en årrække opgraderes til at kunne klare en større spidsbelastning og med en lavere kote ved indløbet til pumpen på opstrøms-siden. Det ligger udenfor denne analyse at gå nærmere ind herpå. Det må forventes at prisen derfor vil blive stor.

På sigt kan det endvidere blive nødvendigt, at udløbsbygværket på havsiden af pumpestationen vil kræve vedligehold formentlig ved udskiftning af porten ved udløbet i havet.

7 Strategiplan

7.1 Generelt vedr. planen

I denne rapport er der gennemgået de dimensionsgivende vandstande og bølgeforhold for alle relevante konstruktioner af betydning for dige- og kystsikringslagets sikkerhed mod skade og oversvømmelse fra primært havet ved stormflod, men også fra Råby Sø og -Mose ved ekstreme regnskyl. Strategiplanen skal herefter sortere i disse forslag og muligheder med henblik på, at der opstilles en strategiplan, som hurtigst muligt i tid reducerer risikoen og sandsynligheden for skade og oversvømmelse i sommerhusområdet. Planen skal prioritere de mulige tiltag, så den forøgede sikkerhed opnås så hurtigt som muligt og på den mest økonomiske måde; og også indenfor både et årligt og samlet langsigtet budget for indsatsen. Der er i strategi benyttet de for de enkelte delprojekter udtagne mængder og prisoverlag i 2024/25 prisniveau. Dette er baseret på rådgiverens erfaring fra tidlige projekter på Møn og Sjælland i 2023/24 og ved brug af de mest erfarne og specialiserede vand- og kystbeskyttelses entreprenører på det danske marked.

7.2 Overordnet risikovurdering og prioritering

I 2017 lavede Grontmij (nu SWECO) en vurdering af lagets konstruktioner og denne medførte en plan for opgradering og forstærkning af høfderne. Men, denne vurdering omfattede ikke risikoen for at en stormflod ville kunne oversvømme sommerhusområdet, selv om det burde være kendt, eller nemt kunne have været fundet ud af, at stormfloden i 1872 havde oversvømmet hele Råby Sø og -Mose.

Denne nye vurdering har omfattet alle aspekter af betydning. Det fremgår af de tidligere kapitler, at som situationen er i dag og efter erfaringen med stormfloden d. 20-21. okt. 2023 er der tale om to områder, som udgør en særlig risiko for at havet under en stormflod bryder igennem og oversvømmer det meste af sommerhusområdet. Der er her tale om to områder af allerhøjeste prioritet, Prioritet 1. og 2. mens de andre tiltag/indsatsområder er givet prioritet 3, 4 og 5. Der er i alt tale om 8 specifikke områder hvor en indgriben og anlægsarbejder kan komme på tale, som prioriteret i. Figur 7-1.

Råbylille Digelag Kystbeskyttelse				
Prioriterede anlægsarbejder i Strategiplan				
Emne	delemne	prioritet	budget total 2025 DKK (inkl. MOMS)	Kommentar
1. Land øst for pumpestation	jorddige	1	0,3	Høj prioritet til reduktion af gennembrud under stormflod
	stenkastning	1	1,5	Høj prioritet til reduktion af gennembrud under stormflod
	ekstra stenkastning V og Ø	3	1,4	
2. Dige vest (Havdiget)	Forhøj dige med lerfyld	2	1,0	Høj prioritet til reduktion af gennembrud under stormflod
	stenkast over +3,0 m	2	3,0	Høj prioritet til reduktion af gennembrud under stormflod
	stenkast under +3 m	3	3,0	
3. Land vest for lagets område	jorddige	3	0,3	
	stenkastning	3	1,5	
	Lille jorddæmning inde i land	2	0,125	Høj prioritet til reduktion af gennembrud under stormflod
4. Østdiger ved Kobbegårdsvej	Forhøj og forstærk dige	3	0,8	Forhindrer stor oversvømmelse i tilfælde af 1872 type stormflod
	Område nord for dige hæver terræn/lavt dige	3	0,4	Forhindrer stor oversvømmelse i tilfælde af 1872 type stormflod
5. Høfder				
3 nye T-høfder (bølgebrydere) udfor Havdiget	opbyg/anlæg bølgebrydere	4	1,8	Hæver stranden og forstærker Havdige
6. Regnvandsdiger Råby Sø og Mose	Dige mellem Råby Sø og Råby Mose	4	2,9	Forsinker vandtilførsel til pumpestation fra 40% af areal
Tiltag mod oversvømmelse fra regn	Uddybning af tilløbskanal	3	1,0	
7. Skråningbeskyttelse øst	Vedligehold/ genopbyg			Anlæg lav prioritet og kan udsættes
	1,5 km af 1,0 mill DKK per 100 m sektion	4	15	
8. Høfder øst	Renovering ca. 15 høfder			Anlæg lav prioritet og kan udsættes
	ca. 0,6 mill DKK per høfde	5	9,0	

Figur 7-1 oversigt over den samlede strategiplan med prioriteter og budget.

Der er i Figur 7-2 vist en oversigt over den samlede strategiplan med prioriteter, mulig tidsplan om prisestimer.

1. Området lige øst for Pumpestationen, som er lavtliggende og kystbeskyttelsen er stort set ikke tilstede, selv om der efter stormfloden blev fyldt nogle sten i de dybeste erosionsskår i kystskrænten. Denne konstruktion er opdelt i prioritet 1. og 3., hvor 1 omfatter en forøgelse af koten ved opbygning af et jorddige og en stenbeskyttelse foran på ca. 110 m skræntfodsbeskyttelse og prioritet 3. en senere forlængelse af beskyttelsen med i alt ca. 75 m.

2. Dige Vest, Havdiget er opdelt i to delprojekter, som er en forhøjelse af selve diget til kote +3,7 m og opbygning af en ny stenkastning mellem kote +3 til 4 m. (prioritet 2.) Disse tiltag er meget vigtige for at reducere risikoen for digegennembrud under en kraftig stormflod; mens prioritet 3. er en endelig renovering af digets stenkastning under kote +3,0 m.

3. Land vest for lagets område. Her er kysten relativt lav, og der er en risiko for at havet kan bryde igennem under en stormflod. Hvis dette sker vil en række huse i lagets vestligste del stå under vand. Samtidig er der nord herfor et lavt område, som under en stormflod kan medføre at vand kan strømme nord om lagets område enten fra øst mod vest eller i den anden retning, afhængig af om der sker oversvømmelse vest eller øst for lagets område. Dette kan sikres med et lille jorddige, og det er givet 2. prioritet, mens sikring af selve kysten har 3. prioritet.

4. Østdiger ved Kobbegårdsvej. Her er der tale om to steder, hvor der ved en stormflod med et højvande på mere end +2,25 m vil ske at diget overskylles og det vil medføre at en meget stor del af lagets sommerhus vil blive oversvømmet. Vandet kan strømme ind over land lige vest for Klintholm Havn hvor kysten er lav. Under stormfloden i okt. 2023 var disse østdiger høje nok til at vandet blev stoppet fra at løbe videre mod øst. I 1872 hvor vandstanden var højere blev hele Råby Sø og Mose oversvømmet. Selv om sandsynligheden er relativt begrænset er konsekvenserne meget store hvis Østdiget overskylles, og disse tiltag med dige forhøjelse er derfor givet prioritet 3.

5. Opgradering af tre høfder til T-høfder med bølgebrydere.

Der er en række høfder foran det vestlige dige, og de tre vestligste er blevet udbygget til T-høfder med

en kystparallel bølgebryder. De tre østligste er i dag normale høfder der stikker ud vinkelret på land. Der er tale om udbygning af høfderne nr. 25, 26 og 27 med kystparallelle bølgebrydere til T-høfder. Man kan med fordel opgradere disse høfder til T-høfder, da man herved vil få reduceret bølgerne der rammer det bagvedliggende vest-dige, og få mere sand på stranden; hvilket også nedsætter størrelsen af bølgerne der kan ramme diget. Dette delprojekt er givet prioritet 4.

6. Tiltag mod oversvømmelse fra regnskyl.

I januar 2024 var der et meget kraftigt regnskyl som medførte forøget vandstand i Råby Sø, og der var et enkelt sommerhus som fik vand ind.

To delprojekter er blevet identificeret som kan afhjælpe dette. Der er givet 3. prioritet til at udgrave tilløbskanalen så den bliver lidt dybere og bredere, hvilket vil medføre, at pumpestationen bedre kan pumpe vandet ud, da koten til vandspejlet på pumpernes sugeside vil blive højere. Det er også muligt, at anlægge et jorddige i nord syd retning til adskillelse af Råby Sø og Mose i to selvstændige områder forbundet med et rør med ventil. Herved vil det blive muligt, at forsinke at vandet fra Råby Mose fra øst når frem til pumpestationen. Dette tiltag er givet prioritet 4. Endvidere er der ovenfor vist skitseforslag til at man kan sikre udvalgte matrikler med jorddiger rundt om de enkelte matrikler (se Afsnit 6.)

7. Renovering af skræntfodsbeskyttelsen på ca. 1,5 km lang kyststrækning, øst. Der er tale om anlægsarbejder der er givet prioritet 4. og som anbefales udført når prioritet 1., 2. og 3. er gennemført.

8. Udbygning af høfder til T-høfder udfor kyststrækning, øst. Disse anlægsarbejder, Prioritet 5., anbefales udført på meget lang sigt. De vil sikre en bredere strand og at bølgerne under en stormflod rammer skræntfodsbeskyttelsen med mindre kraft.

7.3 Strategiplan

Strategiplanen herunder viser år for år fra 2025 til 2045 den anbefalede prioritet af de forskellige tiltag. Der opereres med en årlig investering på i middel ~2 mill. DKK. Hvis det ikke er muligt at starte i 2025 kan denne forskydes tidsmæssigt

Her er ikke medregnet diverse andre omkostninger til rådgivning, projektering, myndighedsbehandling og forundersøgelser, samt tilsyn med anlægsarbejder. Disse omkostninger kan formentlig løbe op i 4-7 % (~3mill. DKK) af anlægsomkostningerne. Det er også muligt, at en del af anlægsarbejderne kan udføres af mindre lokale entreprenører, som kan være billigere da deres mobilisering- og andre omkostninger mm, vil være mindre end for de større entreprenører der arbejder i hele landet.

Afhængig af lagets mulige budget kan tidsplanen forlænges eller afkortes i tid. Den samlede 21 års plan beløber sig til ca. 43 mill. DKK. Heraf er de ca. 29 mill. prioritet 4. og 5 og omfatter anlægsarbejder der godt kan udskydes til senere. Der er så investeringer på i alt ca. 14 mill. DKK, som vurderes som vigtige at få prioriteret, finansieret og gennemført. Planen viser dette gennemført i 8-års perioden 2025 til 2033.

8 REFERENCER

1. Jensen, O.J. and Juhl, J. 1987: Wave Overtopping on Breakwaters and Sea Dikes. 2nd International Conference on Coastal & Port Engineering in Developing Countries, Beijing, China, September 1987
2. Stormen over Nord-og Mellem-Europa af 12te-14te Npvenber 1872 og over den derved fremkaldte Vandflod i Østersøen,
Af Prof. Dr. A Colding, 1881.
Vidensk. Selsk. SKr 6. Række naturvidenskabelig og matematisk Af.d I.4.
3. Raabylille digelag hjemmeside:
<http://www.raabylille-digelag.dk/V%C3%86RD-AT-VIDE>

<http://www.xn--rbylillestrand-lib.dk/index.html>
4. Vedr. bølgeoverskyl på diger, er der visualiseringer/video på denne hjemmeside: Eurotop Videos: <http://www.overtopping-manual.com/eurotop/videos-of-wave-overtopping/>
5. Dansk Meteorologisk Institut (DMI).
Standardnormaler for vind i Danmark, år 1931-60.
6. Kystdirektoratet højvandstatistikker, 2024.
<https://kyst.dk/klimatilpasning/vaerktoejer/hoejvandsstatistikker>
7. Hjemmeside: (Fascinerende billeder fra Møn - Vordingborg In .)
<https://vordingborg.in/fascinerende-billeder-fra-moen/80278/>
8. Kronik i Ingeniøren af Ole Juul Jensen vedr. historiske stormfloder fra øst: 2023-11-24 OJJ Historiske stormfloder INGENIOEREN.pdf (xoz.dk)
<https://www.xoz.dk/ingenioeren/2023-11-24-ojj-historiske-stormfloder-ingenioeren.pdf>
9. Lidt baggrundsviden i Artikel i Videnskab.dk vedr. Stormfloder og byen Brøndehøje på Øst-møn.
[En hel dansk by blev skyldet væk i stormflod i 1625. Måske er havnen nu fundet \(videnskab.dk\).](https://www.videnskab.dk/planter-og-dyr/en-hel-dansk-by-blev-skyldet-væk-i-stormflod-i-1625-måske-er-havnen-nu-fundet-videnskab.dk)
10. SWECO rapport over undersøgelse for Vordingborg Kommune ”Teknisk-Biologisk Forundersøgelse”. 2018.
11. Råbylille Dige-, Kystsikring-og Afvandingslag. Udarbejdelse af Plan og Strategi for Kystbeskyttelse, Høfder og Skræntfodsbeskyttelse, Samling af Fotos taget 5. August 2014. Udarbejdet af Ole Juul Kystteknik.