

# Kystbeskyttelse Højvandsbeskyttelse

---

Halsskov - Område 1  
Myndighedsprojekt

---

Slagelse Kommune

---

**REV. 23. APRIL 2024**

# Indhold

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| <b>0</b> | <b>Resumé</b>  | <b>0</b>  |
| <b>1</b> | <b>Indledning</b>  | <b>1</b>  |
| <b>2</b> | <b>Område beskrivelse</b>  | <b>3</b>  |
| 2.1      | Beskrivelse af kystområdet   | 3         |
| 2.1.1    | Område 1A: Halsskov Havn   | 3         |
| 2.1.2    | Område 1B  | 5         |
| 2.1.3    | Område 1C  | 5         |
| 2.2      | Højdeforhold   | 6         |
| 2.3      | Kystmorfologi  | 7         |
| 2.4      | Geotekniske forhold  | 9         |
| <b>3</b> | <b>Håndtering af bølgeoverskyl og bagvand</b>                                  | <b>11</b> |
| 3.1      | Bølgeoverskyl  | 11        |
| 3.2      | Bagvand  | 12        |
| 3.2.1    | Terrænnært grundvand   | 13        |
| 3.2.2    | Hverdagsregn   | 15        |
| 3.2.3    | Ekstremregn  | 16        |
| 3.2.4    | Højvandsbeskyttelsens påvirkning af risiko for oversvømmelse under ekstremregn | 19        |
| 3.2.5    | Ekstremregns­mængder   | 20        |
| 3.2.5.1  | Forudsætninger for beregninger   | 21        |
| 3.2.5.2  | Afværgeforanstaltninger ekstremregn  | 22        |
| 3.3      | Dimensionering af pumpestation ved Granskoven nr. 22.                          | 24        |
| <b>4</b> | <b>Beskyttelsesniveau</b>  | <b>26</b> |
| 4.1      | Vandstandsforhold  | 26        |
| 4.2      | Bølgehøjder og bølgetillæg   | 26        |
| 4.2.1    | Metode   | 27        |
| 4.2.2    | Resultater   | 27        |
| 4.2.2.1  | Områder 1A   | 27        |
| 4.2.2.2  | Område 1B  | 28        |
| 4.2.2.3  | Område 1C  | 28        |

|           |  |           |
|-----------|--|-----------|
| 4.3       | Digets levetid   | 28        |
| <b>5</b>  | <b>Projektet</b>   | <b>29</b> |
| 5.1       | Område 1A: Inde i Halsskov Havn                          | 29        |
| 5.1.1     | Projektændringer i Område 1A                             | 30        |
| 5.1.2     | Fra vendepladsen på vejen til St. 0                      | 31        |
| 5.1.3     | Fra St. 0 til foran det nordligste og yderste hus St. 15 | 31        |
| 5.1.4     | Fra det yderste hus St. 15 til Oplæggervej St. 65        | 31        |
| 5.1.5     | Fra Oplæggervej St. 65 til midt på bebyggelsen St. 145   | 32        |
| 5.1.6     | Fra midt på bebyggelsen St. 145 til område B St. 265     | 33        |
| 5.1.7     | Beredskab for Område 1A                                  | 35        |
| 5.2       | Område 1B: Tilbagetrukket lerjord dige                   | 35        |
| 5.2.1     | Projektændringer i Område 1B                             | 36        |
| 5.2.2     | Beskyttelse af Område 1B                                 | 36        |
| 5.2.3     | Beredskab for Område 1B                                  | 38        |
| 5.3       | Område 1C: Pynnten ved Pilevænget                        | 38        |
| 5.3.1     | Projektændringer i Område 1C                             | 39        |
| 5.3.2     | Beskyttelse af Område 1C                                 | 39        |
| 5.3.3     | Kompensationsfodring Område 1C                           | 41        |
| 5.3.4     | Beredskab for Område 1C                                  | 41        |
| 5.4       | Drift og vedligeholdelse af Område 1                     | 41        |
| <b>6</b>  | <b>Projektets indvirkning på miljøet</b>                 | <b>43</b> |
| <b>7</b>  | <b>Økonomi og budgetoverslag</b>                         | <b>44</b> |
| 7.1       | Budgetoverslag for udgifter til kystbeskyttelsen         | 44        |
| 7.2       | Budgetoverslag for udgifter til vedligeholdelse          | 46        |
| <b>8</b>  | <b>Bidragsfordeling og finansiering</b>                  | <b>47</b> |
| 8.1       | Ejendomme der beskyttes                                  | 47        |
| 8.2       | Bidragsfordeling   | 47        |
| 8.2.1     | Bidragsfordeling af anlægsudgift                         | 47        |
| 8.2.2     | Bidragsfordeling af driftsudgift                         | 48        |
| <b>9</b>  | <b>Projektets fremdrift</b>                              | <b>49</b> |
| 9.1       | Generelt   | 49        |
| 9.2       | Udbudsform   | 49        |
| 9.3       | Hovedtidsplan  | 49        |
| <b>10</b> | <b>Referencer</b>  | <b>50</b> |



Projekt ID: 10404910  
Dokument ID:  
XTAXEUDDNY4W-75177900-787  
Ændret: REV. 23. april 2024  
Revision 5.51

Udarbejdet af MLV/TEB/KBO  
Kontrolleret af SSC/ANSL/MML  
Godkendt af LOPE

### **Tegningsliste**

Tegning nr. F1\_K24\_100-1: Område 1 – Oversigtplan 1:1.000

Tegning nr. F1\_K24\_101-1: Delområde 1A – plan 1:500

Tegning nr. F1\_K24\_102-1: Delområde 1B – plan 1:500

Tegning nr. F1\_K24\_103: Delområde 1C – plan 1:500

Tegning nr. F1\_K24\_111-1: Snittegning Delområde 1A – 1:100

Tegning nr. F1\_K24\_112-1: Snittegning Delområde 1B – 1:100

Tegning nr. F1\_K24\_113: Snittegning Delområde 1C – 1:50

### **Bilagliste:**

Bilag A: Højdekort over Område 1 i A3-format

Bilag B: Liste med fordeling af parter på private ejere og ledningsejere

### **Ordliste:**

**Krone:** Det vandrette øverste fladestykke af et dige, en stenkastning/skråningsbeskyttelse eller sandopfyldning

**Kronekote:** Højden på konstruktionens kronen over vandspejl (DVR90)

**Signifikant bølgehøjde:** Middelværdien af bølgehøjden i en tredjedel af de højeste bølger i et bølgetog.

**DVR90:** Dansk Vertikal Referenceniveau er et højdesystem opdateret i 1990. Alle koter i dokumentet refererer til DVR90.

**Kystbeskyttelse:** Tekniske tiltag i kystzonen til imødegåelse af erosion eller oversvømmelse. F. eks:

- Hårde konstruktioner til fastholdelse af bagstrand og/eller materialer i kystprofilet (skråningsbeskyttelse, høfder, bølgebrydere);
- Bløde tiltag ved sand- eller ralfodring som offermateriale ved kronisk- og/eller akut erosion eller som compensation for materiale tilbageholdt af hårde konstruktioner;
- Diger i forskellige materialer (jord, betonmur, spuns) som højvandsbeskyttelse;
- Sandfodring for reduktion af bølgeopløb på diger.

**Kompensationsfodring:** Tilførsel af materiale (sand, grus, ral) til substituering af det materiale som konstruktionerne tilbageholder.

**Vindstuvning:** Opstuvning af vand mod kysten skabt af vindens påvirkning.

**Bølgestuvning:** Opstuvning af vand mod kysten skabt af bølgerne når de løber mod land.

**Bølgeopskyl:** Den højde hvortil bølgerne kan nå, når de skyller op af enten strand eller konstruktioner.

**Opskylshøjde:** Den højde hvortil bølgeopskyllet kan nå

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

**Middeltidshændelse:** Den kombinerede hændelse af bølgehøjde og vandstand, som statistisk set kun forekommer én gang per x-antal år. F.eks. forekommer en 100-års hændelse statistisk set kun én gang per 100 år. Der er mange kombinationer af bølger og vandstand, som optræder med en middeltidshændelse på 100 år. Diget projekteres så det kan modstå alle kombinerede hændelser.

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

**Beskyttelses-/Sikringsniveau:** Den hændelse projektet skal beskytte imod.

## 0 Resumé

Områderne ved Korsør By og Halskov Bydel er i oversvømmelsesdirektivet klassificeret som risikoområder. Syv oversvømmelsestruede områder er identificeret, herunder Område 1, Halsskov Bydel, som behandles i denne projektbeskrivelse.

NIRAS har i samarbejde med Slagelse Kommune og digegruppen for Område 1 udarbejdet et myndighedsprojekt til beskyttelse af området. Projektet beskytter mod en stormflodshændelse, som forventes at indtræffe en gang hver 100 år fremskrevet til år 2050. Der har været afholdt Kap. 1A møde i henhold til kystbeskyttelsesloven d. 28. juni 2018.

Projektet har været i høring, fra 8. juni til 27. juli 2018 og herefter tilrettet på baggrund af de indkomne høringssvar. Efterfølgende har myndigheds kommentarer og -krav givet anledning til præciseringer. Der er udarbejdet en afgrænsning for en kommende miljøkonsekvensvurdering for anlægget.

Beskyttelsen af Område 1 er inddelt i tre delområder: 1A, 1B og 1C.

Det nordlige Område 1A, som ligger beskyttet for bølger inde i Halskov Havn, omfatter jorddige og betonmur med topkoter i +2,55 m. Bag betonmuren og diget etableres drænledninger der via brønde og gennem to rør-gennemføringer i betonmuren sikrer uændret afstrømningsforhold i tilfælde af skybrudshændelser op til en 100 årshændelse i 2050.

I det midterste Område 1B indeholder projektet en forstærkning af det eksisterende delvist tilbagetrukket jorddige til en topkote, der varierer mellem +2,55 m til 3,0 m DVR90 på den mest søværts beliggende del og +2,25 m på den mest tilbagetrukne del af diget.

Beskyttelsen af det sydlige Område 1C omfatter et eksisterende jorddige ved forhøjelse og en forlængelse, samt forstærkning og forhøjelse til kote + 2,5 m af eksisterende skråningsbeskyttelse med en indbygget betonmur. Foran skråningsbeskyttelsen anlægges en 80 m lang bølgebryder med topkote i +1,4 m. Bølgebryderen placeres søværts foran skråningsbeskyttelsen, og der kompensationsfodres med sand og ral.

Projektet beskytter et 49 ha stort område med i alt 282 ejendomme, kommunale arealer og en række installationer ejet af ledningsejere.

Denne udgave af projektet er opdateret efter beboerne i Granskoven ønsker højvandsbeskyttelse udført til den projekterede kote, og Slagelse Kommune har krævet at konstruktionerne giver minimalt fodaftryk i §3-natur.



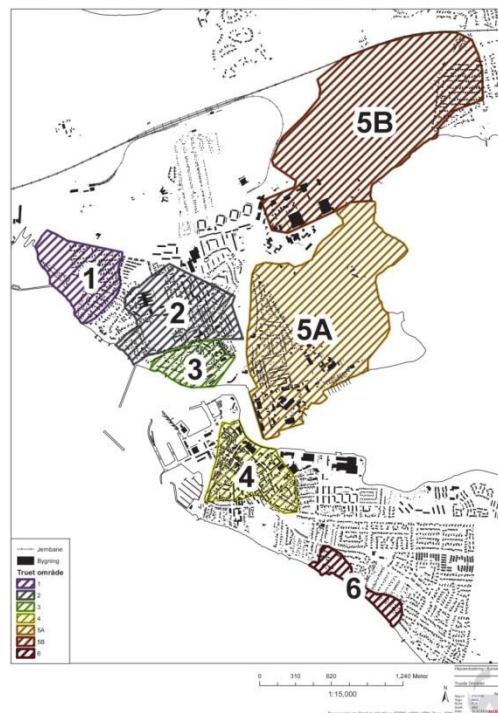
## 1 Indledning

I november 2006 blev store dele af Korsør centrum og en række ejendomme langs kysten langs Halssskov bydel oversvømmet i forbindelse med en særlig ekstrem stormflod, som fik vandet til at stige til +1,61 m i Storebælt samtidig med at der blæste relative store bølger fra nordvest ind mod kysterne. Dette var optakten til, at Slagelse Kommune indledte en samlet planlægning af kommunens kyster, hvilket resulterede i udarbejdelsen af Kystplan 2009 [1].

I 2011 blev Korsør by udpeget som et af i alt 10 områder, der blev vurderet til at være særligt udsatte for stormflod. Det skete i forbindelse med implementeringen af EU's oversvømmelsesdirektiv i Danmark. Denne udpegning blev i 2012 fulgt op af en samlet beskyttelsesstrategi [2], som inddeler Korsør og Halssskov bydele i seks uafhængige oversvømmelsesområder, som vist på Figur 1-1.

Kommunen valgte at starte med højvandsbeskyttelsen af Halssskov bydel, som er inddelt i de tre områder 1, 2 og 3. For hver af de tre områder er der etableret en foreløbig digegruppe.

Figur 1-1: Inddeling af højvandsbeskyttelsen af Korsør og Halssskov bydele i oversvømmelsesområder. Kilde: [2]



NIRAS har i samarbejde med Slagelse Kommune og digegrupperne udarbejdet projekter til beskyttelse af områderne 1, 2 og 3.

NIRAS har rettet projekterne i henhold til Kystdirektoratets bemærkninger og tilbagemeldinger både fra kommunen og digegrupperne. Beskyttelsesniveauet har gennem hele tilretningen af projektet været fastlagt til en 100-års stormflod i år 2050.



I forbindelse med opdateringen af projektet er der udført en digitalisering af de eksisterende kort- og højdeforhold baseret på droneoverflyvning og foretaget detaljeret besigtigelse af områderne. Den digitaliserede højdemodel udgør grundlaget for optegning af løsningen. Endelig indeholder denne projekteringsfase også en opdatering af de geotekniske forhold samt de dimensionsgivende vandstande og bølgeforhold baseret på hydraulisk modellering og pejling af områderne ud for digeområde 1 og 2.

Denne rapport behandler udelukkende projektet i Område 1 og indeholder en projektbeskrivelse af højvandsbeskyttelsen samt et anlægsbudget og bidragsfordeling af budgettet mellem private ejere, ledningsejere og kommunen.

Tilsvarende selvstændige rapporter er udarbejdet for område 2 og 3.

## 2 Område beskrivelse

I dette kapitel beskrives området og der redegøres for højdeforholdene samt for de kystmorfologiske, geotekniske og afstrømningsmæssige forhold.

### 2.1 Beskrivelse af kystområdet

Området er inddelt i tre delområder (Figur 2-1):

- 1A: Kysten beliggende inde i Halsskov Havn, der er delvist beskyttet af havnemolerne mod bølger.
- 1B: Sandstranden mellem den søndre havnemole og hen til pynten ved Pilevænget, i dag beskyttet af et tilbagetrukket jorddige
- 1C: Beskyttelsen af Pynten ved Pilevænget.

Delområderne beskrives i hvert sit underafsnit i det følgende.

Figur 2-1: Delområde 1A, 1B og 1C.



#### 2.1.1 Område 1A: Halsskov Havn

Kysten inde i Halsskov Havn var oprindeligt før anlæg af færgehavnen sandstrande, som modtog sand fra en nordgående sedimenttransport. Anlæg af færgehavnen i 1952 blokerede for sandtilførslen og stranden blev langsomt omformet til en smal ralkyst beskyttet af stenkastninger og højvandsmure i den vestlige ende, se billederne 1, 2, 3 og 4, Figur 2-2 og bredere ralstrandvolde i den vestlige ende, se billede 5, 6, 7 og 8. Alle billeder og beskrivelser er i dag knap 4 år gamle.

Figur 2-2: Billeder fra Område 1A taget 25.05.2019.



1. Stenkastning med skadet væg nordligste del.



2. Nærbillede af skadet mur.



3. Væg i skel ste mod vest, smal ralstrand.



4. Væg set mod øst, med ralstrand. Mod Oplæggervej.



5. Overgang fra sti til strand set mod vest.



6. Sti langs skel på indersiden, bredere ralstrand.





7. Bred ralstrand set mod øst i dige tracé.



8. Set mod vest i dige tracé på overgangen til område 2

### 2.1.2 Område 1B

Stranden på denne del af Område 1 (Figur 2-3) er opbygget af sand, som er tilført fra nedbrydningen af klinten syd for pynten, som adskiller Område 1 og 2, og opkoblet mod Halsskov Havns vestlige mole. Der er udført tre høfder til at holde på sandet.

Figur 2-3: Billeder fra Område 1B, taget 25.05.2019.



1. Set mod øst hen over Område 1B.



2. Set mod øst over Område 1B med dige tv.



3. Ad tilbagetrukket dige m. beplantning mod øst



4. Mod vest ved strand, overgang til Område 1C.

### 2.1.3 Område 1C

Kysten i Område 1C (Figur 2-4) er beskyttet af en ralstand, som er kastet op i ralbænke mod foden af det eksisterende jorddige med topkote ca. +2,0 m DVR90. Ralstanden tilføjes spredte store sten rundt om pynten (billede 1 og 2 samt en skråningsbeskyttelse (med topkote mellem +2,0 i vest og +3,0 m DVR90 i øst), der hælder ca. 1:2 á 1:3 ud mod Storebælt og er opbygget i sten med størrelser, der varierer meget i størrelse mellem 0,3 -0,7 m.

Figur 2-4: Billeder fra Område 1C, taget 25.05.2019.



1. Ralstrand op ad foden på jorddige.



2. Ralstrand rundt om pynt med stenbeskyttelse



3. Skråningsbeskyttelse af pynt, Pilevænget 31.



4. Skråningsbeskyttelse fortsætter langs klinten.

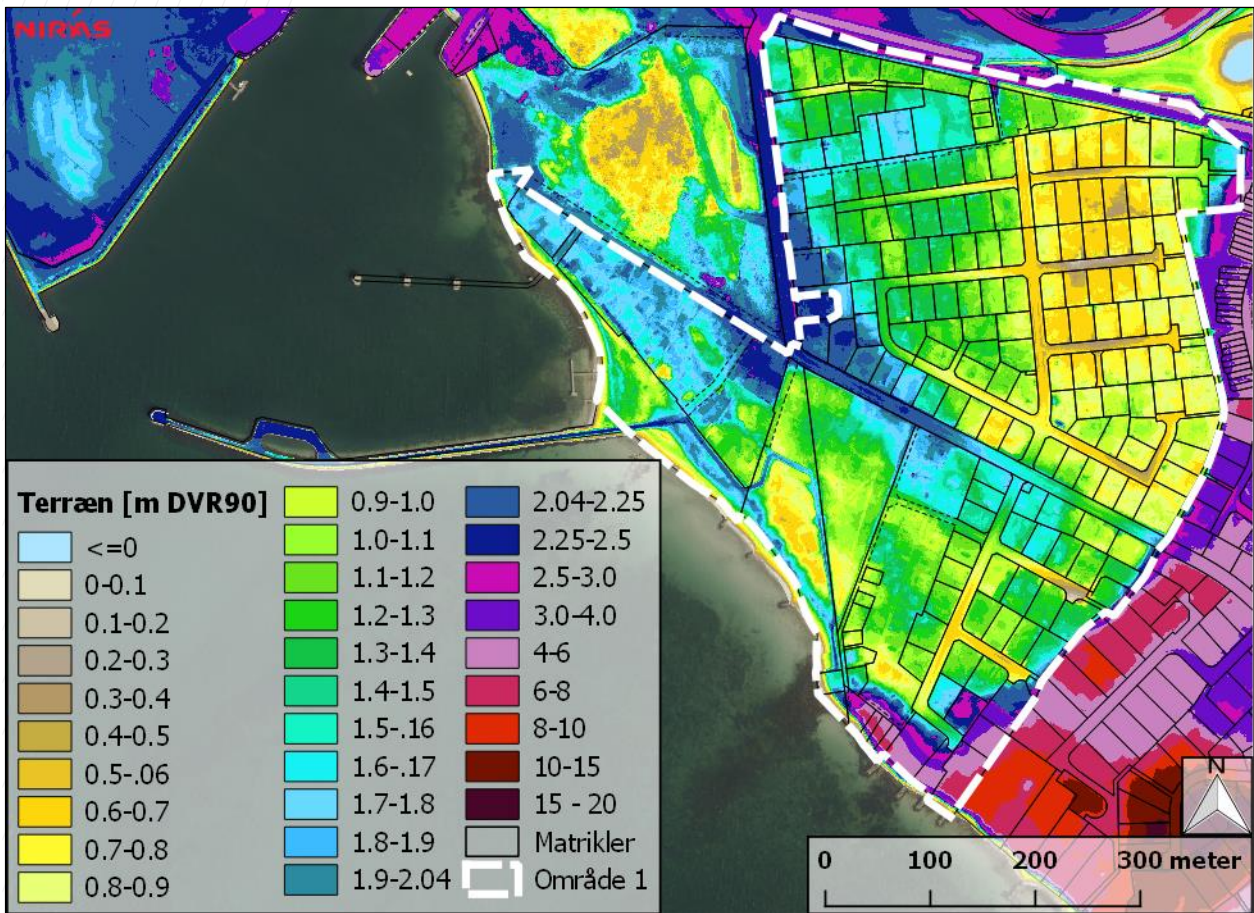
## 2.2 Højdeforhold

Afgrænsningen af Område 1, som i alt dækker et areal på 49 ha, er vist på højdekort med matrikler på Figur 2-5. Det fremgår, at ca. en fjerdedel af området hovedsageligt beliggende i den vestlige og nordvestlige del ligger lavt mellem +0,5 m og +1,3. Området er generelt beskyttet langs kysten af de eksisterende diger og skråningsbeskyttelser kote +1,8 m DVR90.

Umiddelbart nord for den vestlige del af projektområdet i Halskov Havn er der et område beliggende under +2,06 m DVR90. Terrænet i dette område vil blive hævet i et separat projekt.

Figur 2-5: Højdekort over Område 1, DHM 2014. Baggrundskort: Ortofoto 2018, Geodatastyrelsens WMS-tjeneste. Se Bilag A for større format.



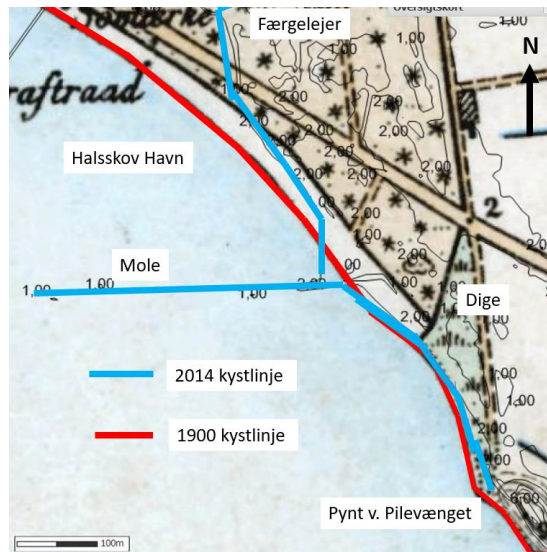


### 2.3 Kystmorfologi

Kystlinien mellem Pilevænget og Halsskov Havns sydlige mole har stort set ikke ændret forløb de sidste 130 år (jf. Figur 2-6), bortset fra lokal erosion lige nord for pynten ved Pilevænget.

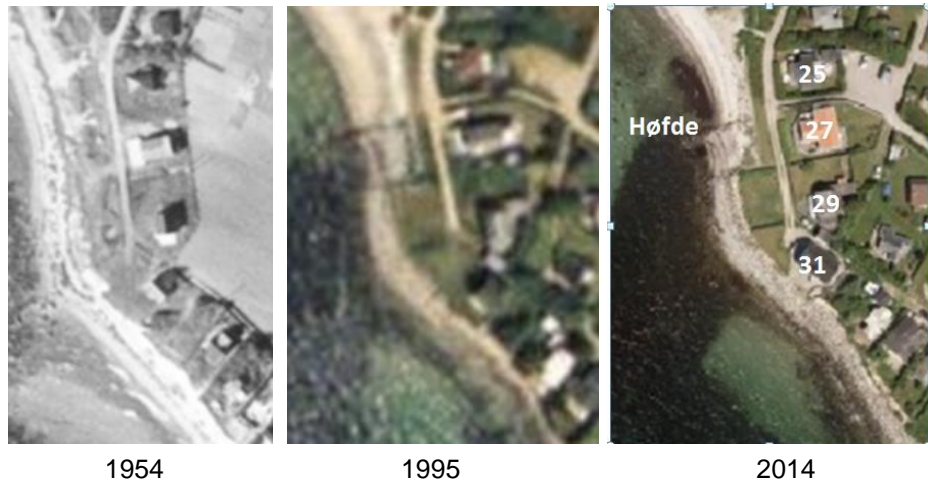
Inde i havnen har kysten ændret sig radikalt som følge af uddybninger, stop af sandtilførsel langs kysten fra sydøst og ændrede bølgeforhold, som har skabt en erosionskyst opbygget af ral og sten, se billeder på Figur 2-2.

Figur 2-6: Kystlinje sammenligning fra 1900 til 2014. Der synes at være spor af det nuværende dige helt tilbage til år 1900.



I 1954, før klinten syd for pynten ved Pilevænget blev skræntbeskyttet, var der sandstrande op til revet og ralstrand lige ud for og lidt nord for pynten og derefter sandstrande videre mod nord op til molen (Figur 2-7). I 1995 er sandstrandene syd for pynten reduceret og der er sket en læside erosion nord for pynten, som nu er beskyttet ud for Pilevænget 29 og 31 med stenkastninger og en høfde og parallelværk ved flisebelægning ud for Pilevænget nr. 27.

Figur 2-7: Udvikling af Pynten ved Pilevænget med vejnumre. Målestok ca. 2,200 og nord pil langs billederne højkant.



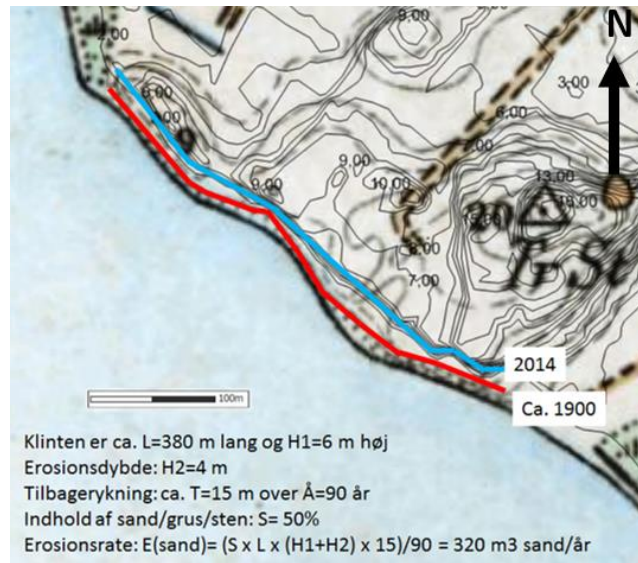
Læsideerosion er yderligere tiltaget nord for høfden frem til 2014 grundet den reducerede tilførsel af sediment fra klinten, som er yderligere beskyttet med stenkastninger.

Den gennemsnitlige årlige tilførsel af sand til Område 1 inden beskyttelsen af klinten er vurderet på grundlag af sammenligninger af kort fra 1890 med kort fra 2014. Frem til 1970-80-erne, dvs. i ca. 90 år, har klinten ligget ubeskyttet. Det fremgår, at klinten i denne periode er rykket ca. 15 m tilbage (Figur 2-8).



Erosionsdybden ude i Storebælt foran klinten vurderes at være i gennemsnit ca. 4 m, klintehøjden ca. 6 m og længden af klinten ca. 380 m. Det giver en samlet årlig nedbrydning på 640 m<sup>3</sup> af klinten. Det vurderes at halvdelen af klintmaterialet er så fint, at det forsvinder ud på større dybder, mens den resterende del af materialet (320 m<sup>3</sup>) transporteres ligeligt mod henholdsvis Område 1 og Område 2. Det vil sige at Område 1 i perioden årligt tilføres 160 m<sup>3</sup> materiale (Figur 2-8).

Figur 2-8: Udvikling af Klinten de sidste 90 år. Der i alt eroderet ca. 640 m<sup>3</sup>/år materiale, hvoraf 50 % anses for at være sand, grus og ler som bliver i den aktive kystzone, mens silt- og lerfraktionen forsvinder væk fra kysten med strømmen.



## 2.4 Geotekniske forhold

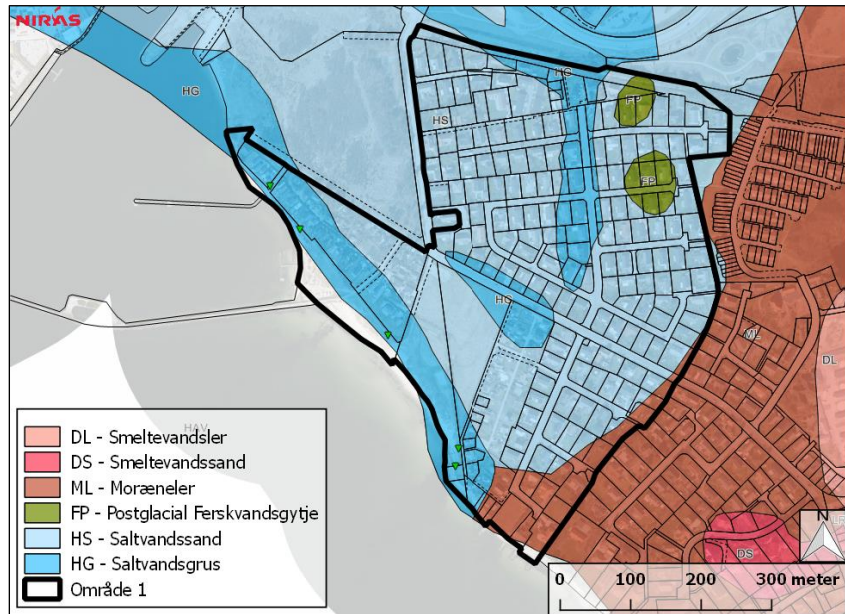
De geotekniske forhold er undersøgt gennem 4 borer og en graveprøve (se rapport [3]) samt inspektion af GEUS jordbundskort, se Figur 2-9.

Boring 1 og 2 i Område 1A viser sand og grus i de første 2 m i overensstemmelse med jordartskortet med bæredygtigt lag henholdsvis i kote +1,3 m DVR90 og -0,3 m DVR90.

Boring 3 og 4 i Område 1B på det eksisterende dige viser ca. 1,8 m lerfyld ovenpå 1 m sandet materialet i Boring 4 på fed ler.

For betonmuren har NIRAS efterfølgende vurderet, at der ikke forekommer nævneværdige sætninger selv ved fundering over OSBL, grundet den minimale forøgelse af fladetrykket på funderingsfladen.

Figur 2-9: Øverst: Jordartskort for Område 1, GEUS. Nederst: Placering af geotekniske boringer. [3].



Graveprøven i Område 1C ved indersiden af diget viser 0,5 m blandet fyld af ler, silt, sand med muldrester ovenpå 0,5 m sandet fyld og 0,6 m tørv, sand og grus. Moræneler findes i 1,8 m under overfladen, dvs. i kote -0,30 m DVR90.

### 3 Håndtering af bølgeoverskyl og bagvand

I forbindelse med etablering af højvandsbeskyttelse skal behovet for håndtering af bølgeoverskyl og bagvand vurderes. En stormflod kan være sammenfaldende med høje bølger. Når bølgerne rammer højvandsbeskyttelsen, kan der være risiko for at bølger skyller over højvandsbeskyttelsen. Ligeledes kan en højvandsbeskyttelse f.eks. krydse nuværende vandløb og strømningsveje på terræn for overfladevand.

Der er foretaget en analyse af behov for håndtering af bølgeoverskyl og bagvand samt forslag til afværgeforanstaltninger der sikrer, at risikoen for oversvømmelse på landsiden af højvandsbeskyttelsen ikke øges.

#### 3.1 Bølgeoverskyl

Topkoten eller kronekoten for et højvandsbeskyttelsesanlæg dimensioneres i forhold til et defineret tilladeligt bølgeoverskyl (Figur 3-1). Jo mindre bølgeoverskyl der tillades, jo højere bliver højvandsbeskyttelsen. Det estimerede bølgeoverskyl afhænger blandt andet af sammenfaldet mellem vindretning for størst mulige bølger og vindretninger der forårsager stormfloder, højvandsbeskyttelsens placering, højvandsbeskyttelsens type og hvorvidt der er foretaget eller foretages andre bølgereducerende tiltag.

Er en højvandsbeskyttelse trukket væk fra kystlinjen, vil bølgerne generelt være mindre, da forlandet har en bølgedæmpende effekt.

For nærværende projekt gælder, at højvandsbeskyttelsens kronekote oprindelig er dimensioneret til et bølgeoverskyl på 2 l/s pr. løbende meter. Siden beregning af kronekoten for højvandsbeskyttelsen, er højvandsbeskyttelsen tilbagerykket på en del af strækningen, hvorfor der må forventes et lavere bølgeoverskyl her, idet kronekoten bevares.



Figur 3-1: Eksempel på bølgeoverskyl over en højvandsmur under en hændelse med højvande.

Det dimensionsgivende bølgeoverskyl skal antages som en "worst-case" beregning eller i hvert fald en konservativ beregning. Der er gennemført en analyse af sandsynlige vindretninger, der resulterer i stormfloder i projektområdet. For disse vindretninger er beregnet bølgehøjde for den dimensionsgivende hændelse for en række kyststrækninger, med de længste frie vandstræk mellem projektområdet og andre landflader. Jo længere vandstræk, jo større bølger kan opbygges. Bølgeoverskylltet er beregnet ud fra den vindretning, der giver de største bølger. Dette er begrundelse for, at beregningen kan antages som en "worst-case" beregning.

Under en stormflod vil det ikke være muligt at gravitere bølgeoverskyl fra landsiden af diget og ud til havet. Der vil derfor være behov for at pumpe bølgeoverskyllet væk. Den planlagte højvandsbeskyttelse i Område 1 er ca. 270 meter lang. Ved et bølgeoverskyl på 2 l/s pr. løbende meter, er der omtrent 540 l/s bølgeoverskyl, der skal pumpes væk, hvis der skal dimensioneres efter "worst-case" bølgeoverskyllet for den dimensionsgivende hændelse. Dette vil resultere i meget dyre pumpestationer, der vil være pladskrævende og som sandsynligvis ikke vil benytte den fulde pumpekapacitet indenfor pumpernes levetid. Det er estimeret, at en pumpe med en maksimal ydelse på 240 l/s, vil koste i omegnen af godt 3 mio. kroner at anlægge.

Desuden skal bølgeoverskyllet ledes til pumpestationen. Dette vil kræve, at der etableres en grøft på landsiden af højvandsbeskyttelsen. Hvis grøften skal kunne håndtere 540 l/s, vil denne grøft være forholdsvis bred. Den vil generelt skulle anlægges indenfor eller helt op ad sommerhusenes haver. Det er begrænset hvor dyb grøften kan være, både af hensyn til grundvandsstanden og af hensyn til at sikre at arealet i haverne kan anvendes til andre formål. Der vil skulle afsættes omtrent 2,5 meter til en grøft, alt efter valg af grøfteprofil.

Der er behov for at træffe en beslutning om ønsket beskyttelsesniveau for bølgeoverskyl og bagvand. Dette behandles yderligere efter bagvandsanalysen i det følgende afsnit.

### 3.2 Bagvand

Bagvand dækker over følgende typer af vand:

- Terrænnært grundvand
- Hverdagsregn
- Ekstremregn
- Vandløb
- Kilder
- Dræn

Det **terrænnære grundvand** er det øverste frie vandspejl i jordmatricen. Hvis det terrænnære grundvand er højtstående, kan det udgøre en risiko for vand på terræn, indtrængen i kældre med mere.

**Hverdagsregn** eller serviceregn er den nedbørsmængde, som jf. Slagelse Kommunes Funktionspraksis, skal kunne håndteres i nye afvandingssystemer eller i afvandingssystemer, der fornyes. I 2023 svarer det til, at et nyt afløbssystem skal kunne håndtere en klimafremskrevet nedbørshændelse med en statistisk gentagelsesperiode på 5 år. Det er Slagelse Kommunes nuværende serviceniveau for etablering af afløbssystemer. For områder med nedsivning af regnvand antages som udgangspunkt, at denne nedbørsmængde nedsiver.

**Ekstremregn** eller klimaregn er den nedbørsmængde, som overstiger Funktionspraksis. Ekstremregn forekommer kun under ekstreme nedbørshændelser, som forekommer sjældent. Ekstremregn er den nedbørsmængde, der strømmer på terræn, når der ikke er mere kapacitet til afledning af regnvand i kloakker, LAR-anlæg eller ved nedsivning.



En **kilde** er et sted, hvor vandet naturligt løber fra grundvandet og ud af jordoverfladen.

Der er ikke kendskab til **vandløb** eller **kilder** indenfor projektområdet. Der er ikke kendskab til **dræn**, der krydser den planlagte højvandsbeskyttelse. Derfor behandles disse typer af bagvand ikke yderligere.

I forbindelse med etablering af kystbeskyttelsesprojektet er det nødvendigt at forholde sig til, hvorledes afstrømningsmønstre bag højvandsbeskyttelsen (bagvand) kan ændres som følge af de nye anlæg. Der må ikke som følge af kystbeskyttelse opstå nye udfordringer med afvanding og/eller ske forværring i eksisterende udfordrede områder, jf. Vandløbslovens §6.

På den baggrund er der udført en screening af de eksisterende afvandingsforhold. Desuden er der gennemført en analyse af, hvor det vil være nødvendigt at etablere afværgeforanstaltninger for at bibeholde de eksisterende afstrømningsmuligheder. Resultatet heraf beskrives i det følgende og foranstaltningerne er inkluderet i beskrivelsen af løsningerne i kapitel 5.

Screeningen er gennemført i SCALGO i juni 2023. Viden om eksisterende afvandingsforhold er fundet i Slagelse Kommunes Spildevandsplan. Data vedrørende terrænnært grundvand er hentet via KAMP.

På grundlag af analyserne er det vurderet, hvor der skal etableres gennemføringer af højvandsbeskyttelsen til håndtering af ekstremregn. I den forbindelse er også vurderet, om ekstremregn kan gravitere ud eller om der er behov for etablering af en pumpe. Løsningerne er indbygget i beskrivelserne af løsningsforslagene i Kapitel 5.

### 3.2.1 Terrænnært grundvand

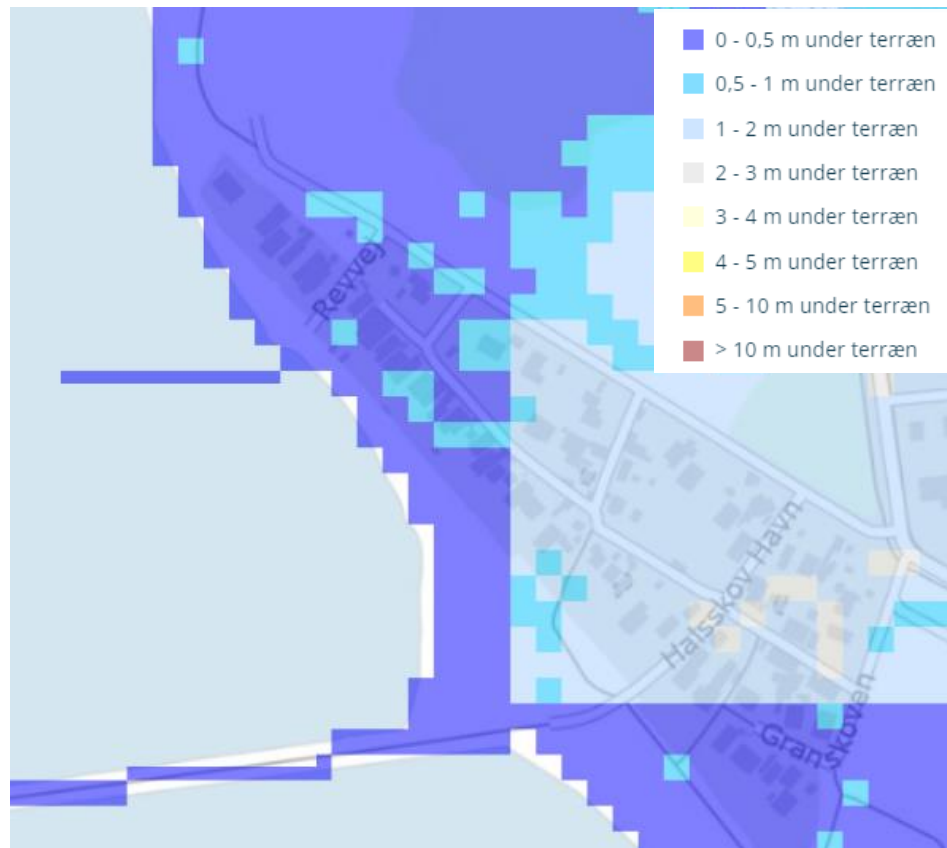
Der er ikke gennemført pejlinger af terrænnært grundvand i området. Grundvandsspejlet må forventes at være i kontakt med vandspejlet i Storebælt. Det betyder også, at grundvandsspejlet må forventes at stige, i takt med middelvandstanden stiger i Storebælt, grundet menneskeskabte klimaforandringer.

Det kan betyde, at mulighederne for nedsivning af regnvand kompliceres i fremtiden. Dette kan medføre behov for en fælles regnvandsafledning og evt. en udledning til Storebælt gennem den kommende højvandsbeskyttelse. Dette kan anlægges sidenhen, når behovet opstår.

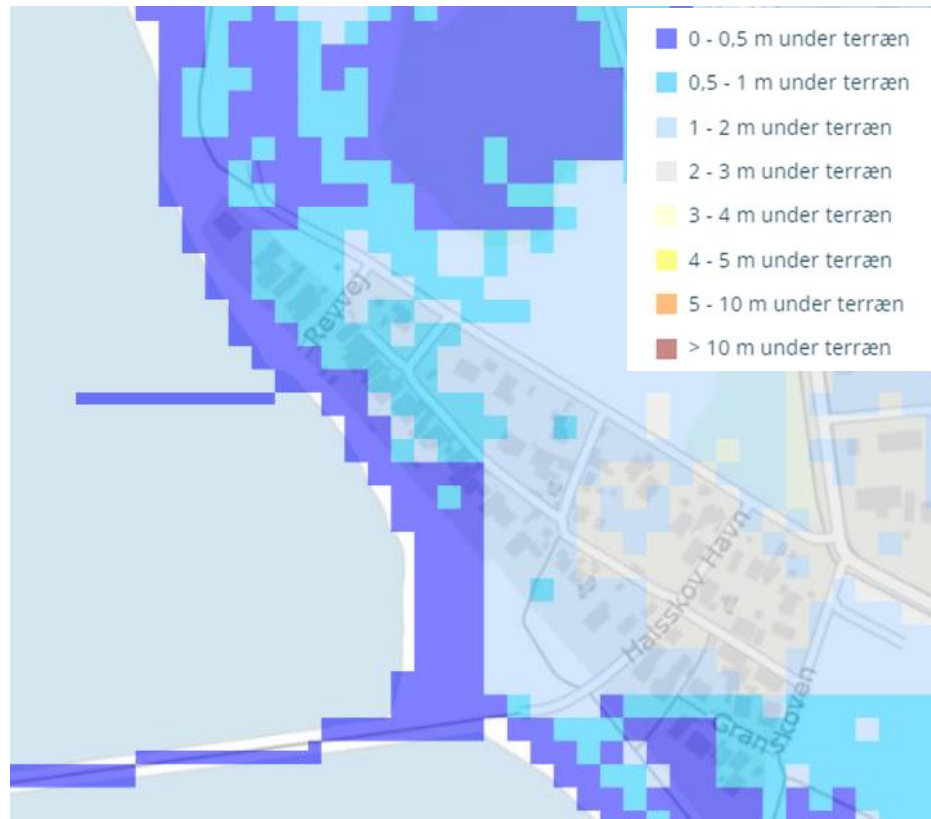
Slagelse Kommune har gennem dialog med grundejerne fået at vide at de ikke oplever problemer med afledning af hverdagsregn.



Af KAMP fremgår HIP-data for det nuværende forventede grundvandsspejl. Resultaterne fremgår af Figur 3-2 og Figur 3-3. HIP står for Hydrologisk Informations- og Prognosesystem, og er udarbejdet af GEUS for SDFE. HIP-data viser den mest sandsynlige vinter- og sommergrundvandsstand, beregnet for perioden 1990-2019. Modelberegningen er udført i 100 m opløsning og nedskaleret til 10 m via 'machine learning'.



Figur 3-2: Terrænnært grundvandsspejl jf. KAMP. Af figuren ses den minimale dybde af det terrænnære grundvandsspejl for vintersituationen for referenceperioden 1990-2019. Data er på screeningsniveau og stammer fra HIP.



Figur 3-3: Terrænnært grundvand jf. KAMP. Af figuren ses maksimumdybden af det terrænnære grundvandsspejl for sommersituationen for referenceperioden 1990-2019. Data er på screeningsniveau og stammer fra HIP.

For det bebyggede areal på bagsiden af den planlagte højvandsbeskyttelse, er den terrænnære grundvandsstand generelt høj. I den nordvestlige del af området er minimumsdybden af det nuværende terrænnære grundvandsspejl om vinteren 0-0,5 meter under terræn, hvorimod det i den nordøstlige del af projektområdet er 1-2 meter under terræn. I sommerperioden er den maksimale dybde af det nuværende terrænnære grundvandsspejl jf. KAMP generelt 0,5-3 meter under terræn for de bebyggede arealer på bagsiden af den planlagte højvandsbeskyttelse.

### 3.2.2 Hverdagsregn

Figur 3-4 viser data fra Slagelse Kommunes Spildevandsplan 2019-2022 i forhold til kloakeringstype. Der er ikke vedtaget en nyere spildevandsplan, på det tidspunkt da analysen for bagvand blev gennemført i juni 2023.





Figur 3-4: Oplande fra Slagelse Kommunes Spildevandsplan 2019-2022 jf. Slagelse Kommunes offentlige tilgængelige online kort.

Indenfor projektområdet er der ukloakeret. Det betyder, at spildevand håndteres lokalt og at regnvand må forventes at nedsive. Området nord for Revvej planlægges separatkloakeret.

Drænkort og LER indikerer ingen forbindelse mellem området nord for Revvej og området syd for Revvej. Det vurderes sandsynligt, at eventuelle dræn fra grønne områder nord for Revvej afvandes sammen med vejvand i retning mod motorvejen (nord/nordvest). Dvs. at det ikke forventes, at der afledes vand til kysten fra området nord fra Revvej via gennemskærende dræn eller regnvandsledninger.

### 3.2.3 Ekstremregn

I dette afsnit beskrives de nuværende forhold under ekstremregn.

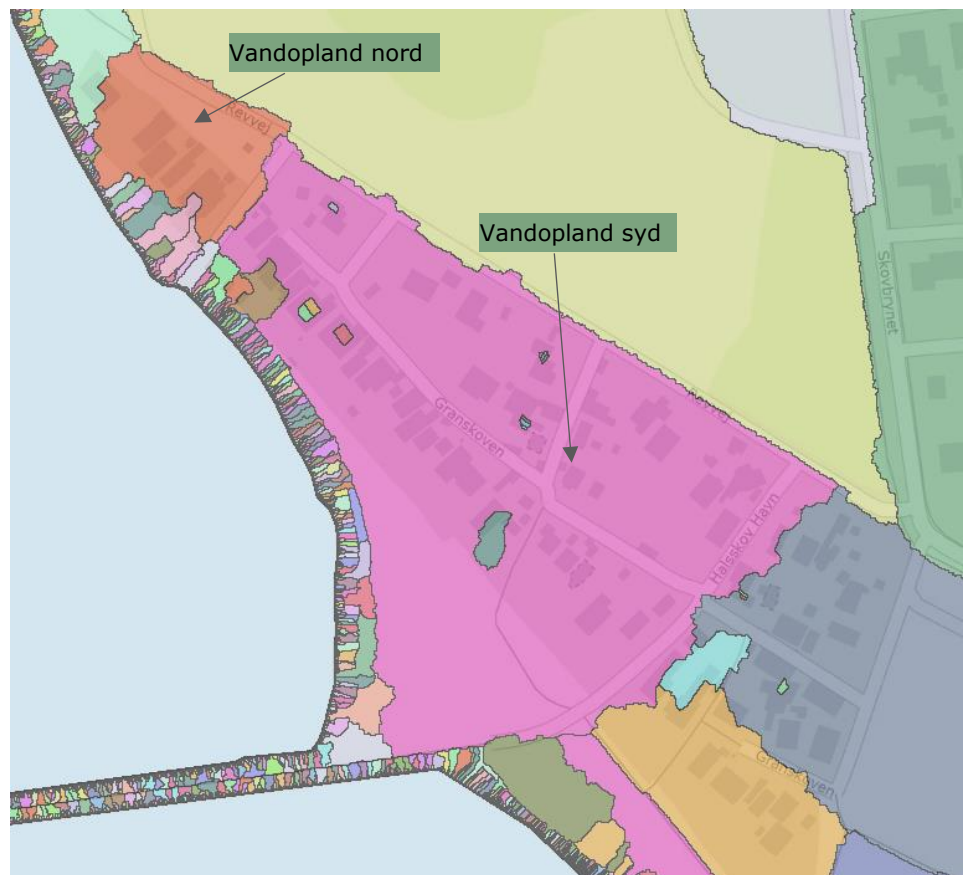
I afsnittet refereres til begreberne vandopland, strømningsveje og risikospots for oversvømmelse. Disse begreber er forklaret i det følgende.

**Vandopland:** Nedbør der falder indenfor et vandopland, vil under større nedbørshændelser løbe af på overfladen til det samme punkt.

**Strømningsveje:** Strømningsveje angiver i hvilken retning nedbør på terræn vil strømme. Strømningsveje på terræn inkluderer f.eks. naturlige slugter, sænkede vejstrækninger med mere.

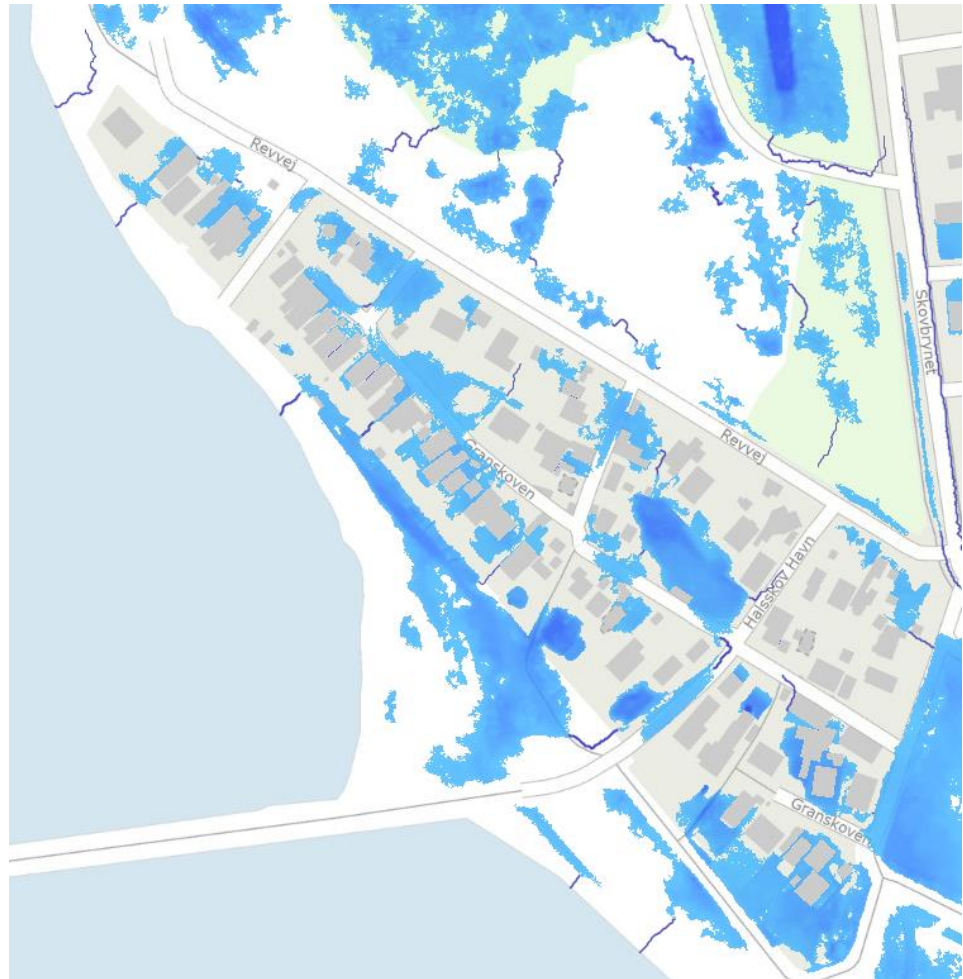
**Risikospots for oversvømmelse:** Lavninger og lavest liggende områder hvor nedbør midlertidigt opmagasineres på terræn under større nedbørshændelser, indtil det enten nedsiver, fordamper eller ledes bort.

Nedenstående Figur 3-5 viser vandoplandene i projektområdet.



Figur 3-5: Vandoplande i projektområdet.

Af efterfølgende Figur 3-6 fremgår strømningsveje på terræn og risikospots for oversvømmelse i projektområdet.



Figur 3-6: Risikospots for oversvømmelse og større strømningsveje på terræn ved 60 mm nedbør, der ikke nedsiver, fordamper eller bortledes.

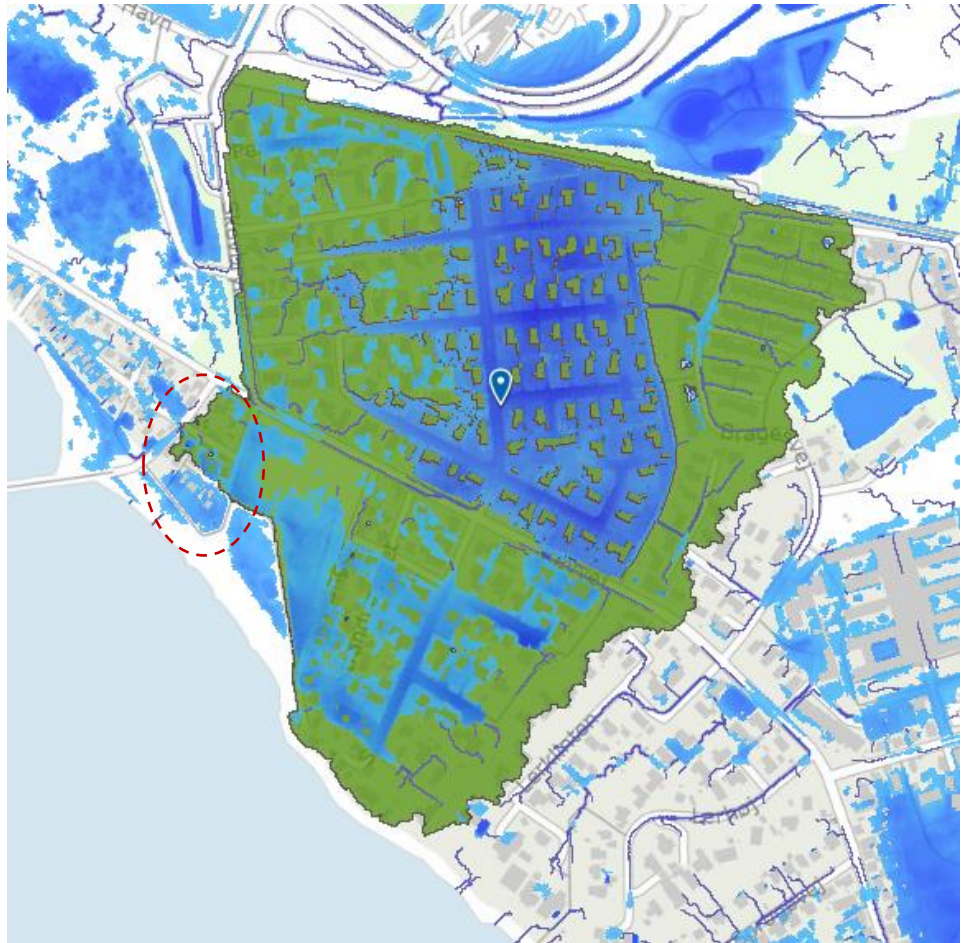
Indenfor projektområdet er der to større vandoplande med udløbspunkt til Storebælt, der krydser placeringen af den planlagte højvandsbeskyttelse.

Øst for projektområdet er et vandopland på 29 ha. Der er stor risiko for oversvømmelse under ekstremregn indenfor vandoplandet. Dette skyldes en række større lavninger i vandoplandet, hvor ekstremregn vil samle sig og ikke ledes videre på terræn til Storebælt.

Det bemærkes dog, at hvis der gennemføres en byudvikling ved det på Figur 3-7 markerede område, der inkluderer en sænkning af terrænet, kan dette betyde at ekstremregn fra området på de 29 ha, ledes til projektområdet. Der bør derfor være en særlig opmærksomhed på fremtidige terrænkoter ved byudvikling indenfor det markerede område.

Omvendt er der også potentiale for at overveje mulighederne for et skybrudstracé via Odinsvej, Søbrinken, Pilevænget og Granskoven via projektområdet til Storebælt.

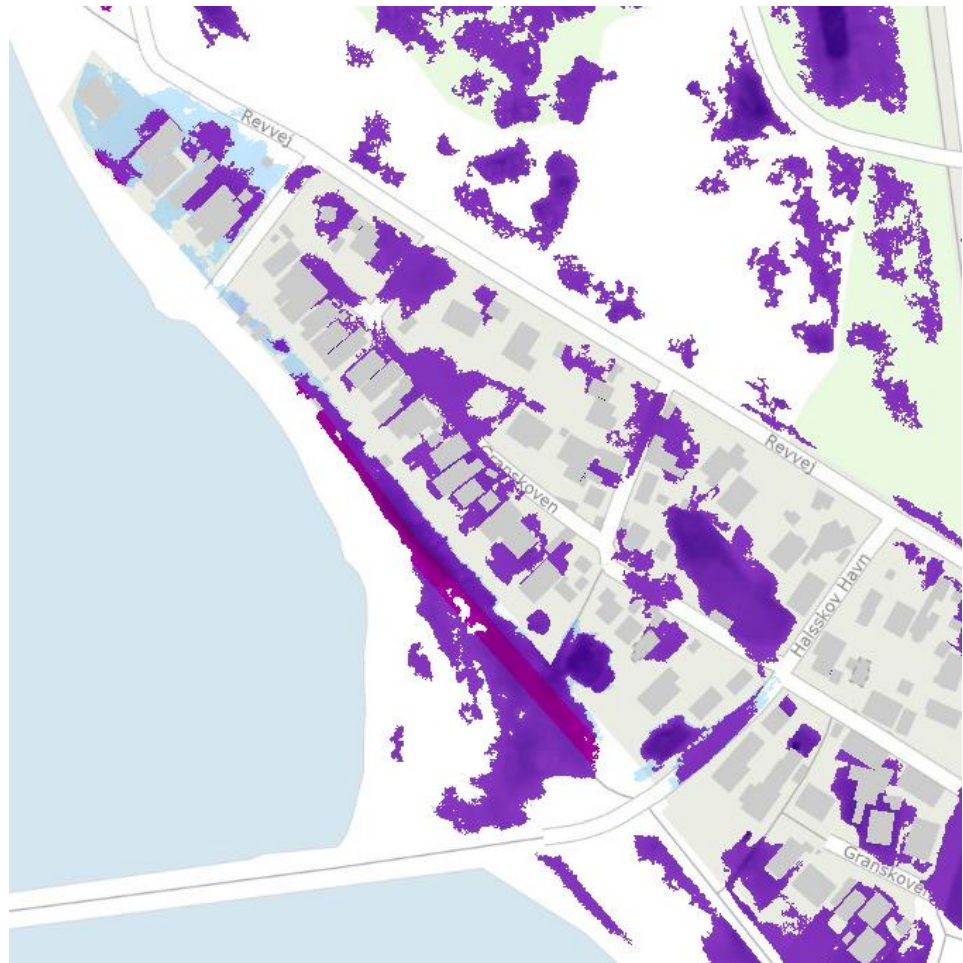




Figur 3-7: Vandopland på 29 ha øst for projektområdet. Ved terrænreguleringer i det markerede område (rød stiplede) er der risiko for dette vandopland fremadrettet afvander ekstremregn til projektområdet.

### 3.2.4 Højvandsbeskyttelsens påvirkning af risiko for oversvømmelse under ekstremregn

Ved anvendelse af SCALGO Live er udbredelsen af oversvømmelser på terræn for en nedbørshændelse med en regndybde på 40 mm, der ikke nedsiver, fordamper eller bortledes analyseret. Dette er foretaget for både den nuværende situation og for situationen hvor højvandsbeskyttelsen er etableret. Resultatet ses af efterfølgende Figur 3-8. Som det fremgår af figuren, vil højvandsbeskyttelsen resultere i en øget oversvømmelsesudbredelse under ekstremregn. Der er derfor behov for at foretage afværgeforanstaltninger, for at sikre at risikoen for oversvømmelse under ekstremregn ikke forøges.



Figur 3-8: Oversvømmelsesudbredelse ved 40 mm nedbør, der ikke nedsiver, fordamper eller bortledes. Lilla viser den nuværende udbredelse. Lyseblå viser den supplerende oversvømmelsesudbredelse efter anlæggelse af en højvandsbeskyttelse mellem sommerhusene og vandet.

For de nuværende forhold vil der strømme overfladevand mod Storebælt fra opland nord, hvis der falder 40 mm nedbør der ikke bortledes, nedsiver eller fordamper. Der vil stuve omtrent 17 m<sup>3</sup> ekstremregn i oplandet nord for den planlagte højvandsbeskyttelse jf. SCALGO Live.

For de nuværende forhold vil der ikke strømme overfladevand mod Storebælt fra opland syd, hvis der falder 40 mm nedbør der ikke bortledes, nedsiver eller fordamper. Den store lavning vil dog blive gennemskåret af den planlagte højvandsbeskyttelse og reduceres. Derfor er stuvningskapaciteten for ekstremregn mindre efter anlæggelse af højvandsbeskyttelsen.

### 3.2.5 Ekstremregnsmængder

I det følgende er beregnet, hvor meget overfladevand der skal kunne bortledes fra landsiden af højvandsbeskyttelsen, hvis det skal sikres, at en kortvarig klimafremskrevet ekstremregnhændelse med en gentagelsesperiode på 100 år, kan håndteres.

### 3.2.5.1 Forudsætninger for beregninger

Det er gængs praksis at antage at en 5-års hændelse kan nedsive i områder med god nedsivningskapacitet. I det følgende vurderes, om dette er en rimelig antagelse for projektområdet.

Hvor meget nedbør der kan nedsive i området, afhænger blandt andet af jordens nedsivningsevne, grundvandsstanden samt jordens porøsitet.

For kortere intensive nedbørshændelser har jordens nedsivningspotentiale betydning. Der er ikke foretaget nedsivningsanalyser på stedet og derfor er jordens nedsivningsevne ikke kendt. Af jordartskort (se Figur 2-9) ses, at der er saltvandsand og saltvandsgrus i størstedelen af området, samt moræneler i den sydøstligste del af området.

Det er antaget, at den hydrauliske nedsivningsevne i smeltevandssand og smeltevandsgrus er  $5 \cdot 10^{-5}$  m/s. Området med moræneler udgør en meget lille del af projektområdet og derfor er der set bort fra dette i de efterfølgende betragtninger.

Den forventede nedsivningsrate i smeltevandssand og smeltevandsgrus er beregnet ud fra ovenstående hydrauliske nedsivningsevne og viser, at der kan nedsives 50  $\mu\text{m/s}$ . Dette er mere end max intensiteten for en 5-års hændelse på 5 minutter med klimafaktor 1,3 (30,3  $\mu\text{m/s}$  eller 303 l/s/ha). Derfor forventes det, at en kort intensiv klimafremskrevet 5-års hændelse kan nedsive i projektområdet.

For længere nedbørstunge hændelser betyder det noget, hvor meget vand jordmatrixen kan indeholde. Jord består af en masse små hulrum. Jordens porøsitet beskriver hvor stor en andel af jorden, der er hulrum. I disse hulrum kan der både være luft og vand. Under det terrænnære grundvandsspejl vil disse hulrum som udgangspunkt være vandfyldte.

I forbindelse med efterfølgende beregninger er det for den nordvestligste del af projektområdet antaget, at det terrænnære grundvandsspejl under en dimensionsgivende ekstremregnhændelse er 0,5 meter under terræn. Det er antaget, at jordens porøsitet er 0,35.

Grundet den forventede gode nedsivningsevne er det antaget, at hulrummene er luftfyldte over det terrænnære grundvandsspejl. Ud fra ovenstående er det beregnet, at jorden kan optage 175 mm nedbør, hvorefter nedbør begynder at løbe af på terræn. Dette er væsentlig højere end nedbørsmængden for en 5-års hændelse. Derfor vurderes det at være rimeligt at antage, at en 5-års hændelse kan nedsive i området. Da der er længere ned til det terrænnære grundvandsspejl i den østligste del af projektområdet, vurderes denne forudsætning at være repræsentativ for hele projektområdet.

Ekstremregn defineres som en 100-års hændelse i 2110. Det er denne hændelse der planlægges efter i Slagelse Kommune for anlæg, der har en forventet levetid udover år 2050 (Klimatilpasningsplan, tillæg nr. 3 til Kommuneplan 2013, side 8).

En 100-års hændelse i 2110 fås ved at fremskrive nedbøren med en klimafaktor på 1,4. 10 minutters max intensiteten for denne hændelse er 48,9  $\mu\text{m/s}$ , svarende til 489 l/s/ha.

For at beregne hvor meget ekstremregn en bagvandsløsning skal kunne bortlede, fratrækkes den nedbørsmængde der forventes at nedsive. Denne nedbørsmængde



svarer til 10 minutters max intensiteten for en 5-års hændelse med klimafaktor 1,3 (240 l/s/ha). Bagvandsløsningen for ekstremregn skal dermed kunne håndtere 249 l/s/ha, hvis en klimafremskrevet 100-års hændelse skal kunne bortledes fuldstændigt.

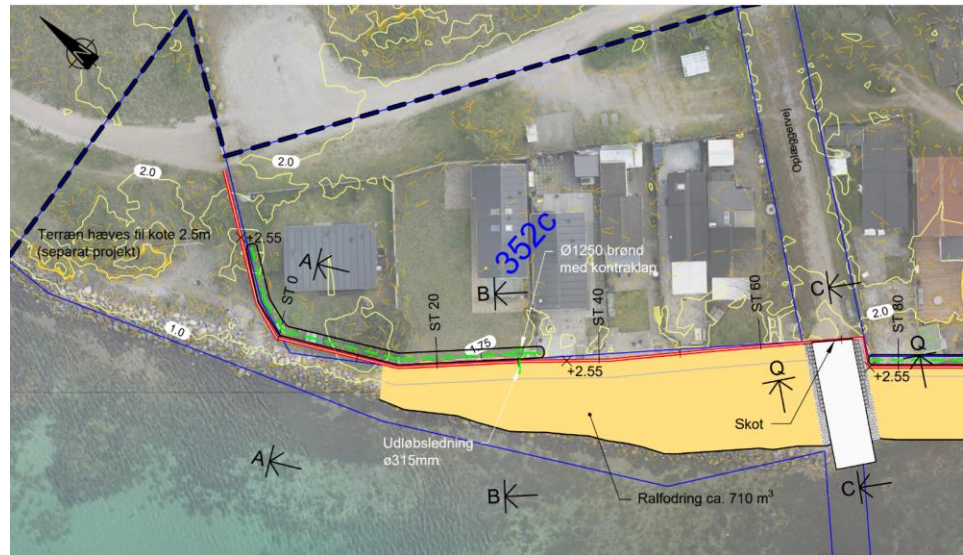
Som det fremgår af tidligere, vil der under ekstremregn allerede stå vand på terrænen i projektområdet. Det betyder, at det ikke vil være hele 100-års hændelsen, der reelt vil strømme væk. Imidlertid kan der for længerevarende ekstremregnhændelser forekomme situationer, hvor lavningerne vil stå fyldte og der kan forekomme nedbørshændelser med kraftig intensitet.

### 3.2.5.2 Afværgeforanstaltninger ekstremregn

Ved ekstremregn er projektområdet naturligt opdelt i to vandoplande med forskellige udløbspunkter til Storebælt. Vandoplandene er benævnt vandopland nord og vandopland syd. I det følgende er en beskrivelse af den bagvandshåndtering for ekstremregn, der skal foretages i forbindelse med anlæggelse af højvandsbeskyttelsen.

#### 3.2.5.2.1 Vandopland nord

Der skal etableres en gennemføring af den fremtidige højvandsbeskyttelse i det nuværende lavpunkt (udløbspunktet for oplandet), hvilket er placeret omkring skellet mellem Revvej nr. 65 og 66. Der skal etableres en grøft på bagsiden af diget fra udløbspunktet og mod vest som angivet nedenfor. Der bør suppleres med et udløb via pumpe. Der skal etableres tilbageløbsklap på gravitationsudløbet.



Figur 3-9: Planlagt afværgeforanstaltning for ekstremregn vandopland nord.

Afstrømningsopland nord har et areal på ca. 0,27 ha, der skal afvande til Storebælt under ekstremregn. Forhindres denne afstrømning, vil der ved ekstremregn kunne ske opstuvning bag højvandsbeskyttelsen. Der skal derfor etableres en gennemføring, der tillader fortsat afstrømning til Storebælt. Samtidigt skal det sikres, at der ikke skabes nye lavninger bag højvandsbeskyttelsen, hvor overfladevand vil samles og stå. Såfremt løsningen også skal håndtere bølgeoverskyl, skal der etableres en pumpe.





Alt dette vil opmagasineres indenfor vandoplandet. Derfor skal anlægges en pumpe til håndtering af bølgeoverskyl og de længerevarende nedbørshændelser.

Pumpen skal dermed dimensioneres efter ekstremregnhændelse af længere varighed.

Ved 2 l/s bølgeoverskyl pr. løbende meter højvandsbeskyttelse vil et bølgeoverskyl på omtrent 340 l/s blive genereret indenfor opland syd.

Der er meget lille sandsynlighed for sammenfald mellem bølgeoverskyl og ekstremregn.

Det bemærkes, at området i dag ved ekstremregn har udfordringer med afvanding. En række bebyggelser er truet af oversvømmelse af ekstremregn. Ved opførelsen af en kystbeskyttelse med ovennævnte afværgeforanstaltning vil disse bebyggelser fortsat være udsatte (status quo).

### **3.3 Dimensionering af pumpestation ved Granskoven nr. 22.**

Pumpestationen ved Granskoven nr. 22 skal udføres med 3 pumper og 1 tørvejs-/drænpumpe. 2 pumper kan være i drift samtidigt – den 3. vil være reserve ved evt. udfald af en af pumperne.

Ved start af første pumpe, vil ydelsen være ca. 50 l/s. Når vandstands niveauet bag diget gør, at en anden pumpe starter og der vil være 2 pumper i drift samtidigt vil ydelsen være ca. 80 l/s.

Tørvejspumpen vil have en ydelse på ca. 10 l/s. Energi- og driftsmæssigt vil det være en fordel med den "lille" tørvejspumpe, da den bruger mindre energi og er bedre tilpasset det mindre flow i tørvej.

Pumperne placeres i en præfabrikeret sump (ca.  $\varnothing 3000$  mm diameter). Støj fra pumper forventes at være minimal. Der vil være kraftigst støj når de store pumper kører, hvilket vil være under stormflod med kraftige bølger. Pumperne vil være dykkede i vand og placeret under dækslet. Det forventes at drænpumpen maksimalt vil starte 10 gange i timen, som oftest under 10 gange pr. time.

El-udrustning/styretavle placeres i et skab ved siden af sumpen, og bliver ca.  $H*B*D \sim 1,2m*1,6m*0,5m$ . Pumpestationen kan placeres ved overkørslen af diget, på et forhøjet område bag diget og med adgangsvej ved siden af stationen.

I forbindelse med den endelige detailprojektering fastlægges den præcise placering og udformning af trykledning fra pumpestationen og der kan derfor forekomme mindre justeringer. Udløbet placeres højt i strandarealet, hvor der etableres et lille bygværk og der erosionssikres med sten i et ca.  $3 \times 5$  m areal. Det er valgt at placere udløbet relativt højt i strandprofilet, for at undgå påvirkning generelt fra bølger og sediment. Udløbet lukkes med en klap for at undgå sedimentation og hærværk. Hvis de store pumper kører, vil der være stormflod, og dermed løber vandet ud i havet. Til daglig vil eventuelt drænvand risle ud gennem erosionssikringen. Erosionssikringens materiale skal detaillimensioneres men består af sten/grus.

Prisoverslaget for pumpestationen omfatter pumpebrønd inkl. 3 større pumper, 1

mindre pumpe til drænvand, rørføringer, EI/SRO og gravearbejde inkl. vendeplads som ca. beløber sig til i alt kr. 1.200.000,-.

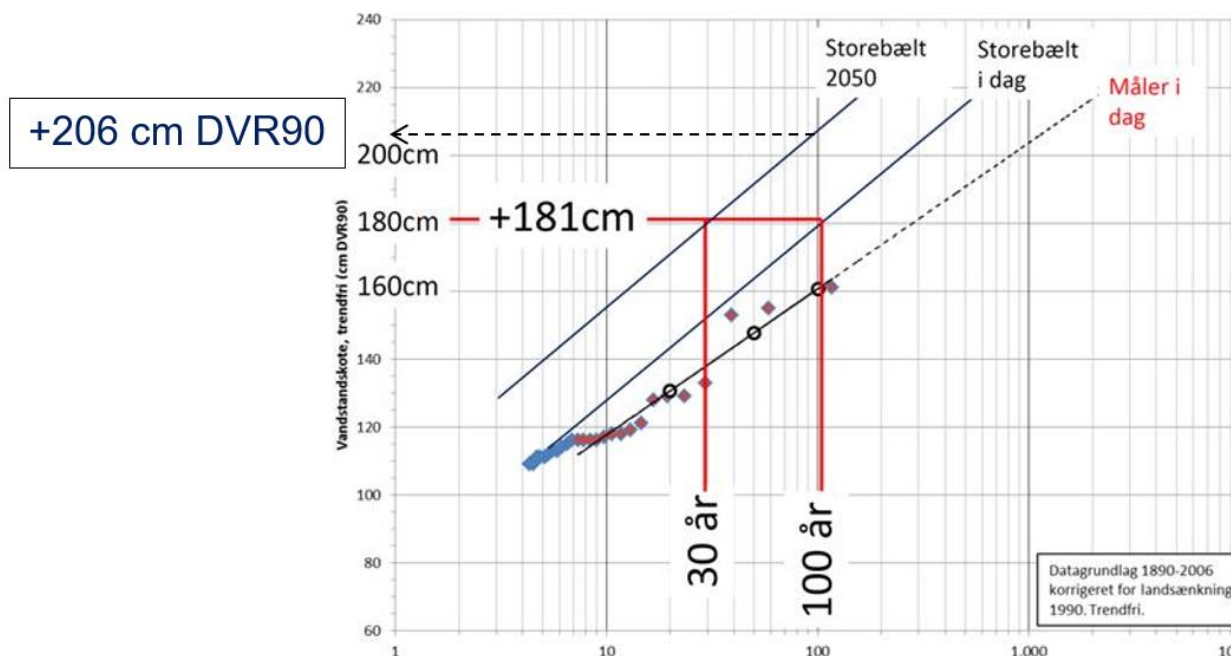
## 4 Beskyttelsesniveau

Digegruppen har sammen med kommunen valgt at dimensionere digeprojektet mod en 100 års middeltidshændelse i år 2050 med tillæg for klimæændringer.

### 4.1 Vandstandsforhold

Som grundlag for at vurdere 100-års situationen i dag har NIRAS valgt en forsigtig fremskrivning af den eksisterende højvandsstatistik fra Korsør Havn, hvor der er lagt vægt på de seneste ekstreme højvandssituationer, se Figur 4-1.

Figur 4-1: Design 100-års højvande ved Korsør og Halsskov. Hertil lægges 25 cm klimatilpasning, hvorved fås et designhøjvande på +2,06 m DVR90.



En 100-års middeltids vandstandshændelse svarer således til en vandstand på +1,61 m DVR90 i havnen i dag.

For at tage højde for lokal vindstuvning og bølgeopstuvning langs kysten tillægges 20 cm, så en 100-års vandstandskote på kysten ud for de tre områder når op på +1,81 m DVR90.

Hertil lægges 25 cm svarende til den forventede generelle havspejlsstigning frem til 2050 forårsaget af klimaforandringerne, se [4].

Herefter fås følgende 100-års vandstand i 2050: **+2,06 m DVR90**, Figur 4-1.

### 4.2 Bølgehøjder og bølgetillæg

I dette afsnit redegøres for bølgehøjder, der anvendt til dimensioneringen af skråningsbeskyttelser og højvandsmur samt til fastlæggelse af det kote-tillæg, som topkronekoten på digerne skal øges med for at sikre mod overskyl fra bølgerne.

#### 4.2.1 Metode

Foruden vandstanden indgår bølgerne i dimensioneringen af højvandsbeskyttelsen.

Beskyttelseskoten på +2,06 m, som sikrer mod direkte indstrømmende havvand hen over konstruktionerne, skal øges med et bølgetillæg, som skal sikre, at bølgeoverskyllet hen over konstruktionen holdes under et givet niveau. Der er valgt at bruge et overløbskriterie på 2 l/s/m dige. Med dette kriterie kan personer opholde sig bag diget uden at blive skyllet væk, og der kan arbejdes med at bortlede overskyllet vand, reparere eventuelle skader og/eller evakuere værdier og mennesker bagved.

Bølgetillægget er en variabel størrelse, som afhænger af flere faktorer først og fremmest: bølgehøjde og bølgeperiode samt hældning af digets forside mod søen.

I forslagsfasen blev det af grundejerne krævet, at kronekoten for højvandsbeskyttelsen blev maksimalt +2,25 m DVR90 i Område 1A inde i havnen, mellem +2,25 m DVR90 og +2,50 m DVR90 i Område 1B og maksimalt +2,50 m i Område 1C. Disse kronekoter er i denne projektfase kontrolleret med hydrauliske modelberegninger [4], og grundejernernes krav til maksimale kronekoter er senere frafaldet. De hydrauliske beregninger viser, at der - i en speciel situation med fuldt udviklede bølger for ubegrænset fritstræk - i Område 1A kan forekomme overskyl større end 1.300 l/s/m for en 100-års hændelse. Dette betyder at det lokale beredskab skal udføre foranstaltninger til at øge kronekoten til + 2,55 m (30 cm forhøjelse af diget).

Med modellen er det undersøgt hvilken bølgehøjde, der statistisk set forekommer samtidigt med den dimensionsgivende 100-års vandstand.

Derudover er samtidigheden af ekstrem vandstand og ekstrem bølgepåvirkning vurderet. Det er undersøgt, om en ekstrem vind-/bølgepåvirkning og kun moderat forhøjet vandstand vil kræve en højere kronekote. Bølgeopskyllet når muligvis højere op ved ekstrem vind og moderat forhøjet vandstand end under den dimensionsgivende situation med ekstrem vandstand og kun en lille bølgehøjde.

Ved denne samtidigheds-analyse vurderes også mulige tilfælde af bølgepåvirkning på højvandsbeskyttelsen med henblik på at kontrollere stabiliteten af konstruktionerne.

#### 4.2.2 Resultater

Resultatet af analysen er gengivet nedenfor.

##### 4.2.2.1 Områder 1A

For Område 1A resulterer analysen i, at der anvendes følgende dimensioneringsstørrelser:

Topkronekote på højvandsmur bør være minimum i +2,55 m.

Signifikant bølgehøjde  $H_s=1,3\text{m}$  og en peak bølgeperiode på 6,5 sek. med samtidig vandstand på +0,8m skal anvendes til design af skråningsbeskyttelse og højvandsmur.

Dæksten på eventuel skråningsbeskyttelse skal være:  $D_{n50} = 0,64\text{ m}$  eller 700 kg.

Topkote på jorddiget øst for højvandsmuren bør være +2,55 m til +2,60 m inklusive mulige initialsætninger på 0,1m.

#### 4.2.2.2 *Område 1B*

For Område 1B resulterer analysen og NIRAS-vurdering uden en beredskabsindsats i, at der anvendes følgende dimensioneringsstørrelser til lerdiget, der senere er revideret grundet ændret digetracé, se afsnit 4.2:

Topkronekote: +2,55 m fra St. 250 (områdegrænse) til St. 295

Topkronekote: stiger fra +2,55m i St. 295 til 3,0 m i St. 310

Topkronekote: +3,0 m fra St. 310 til St. 370

Topkronekote: falder fra + 3,0 m i St.370 til +2,25 m i St. 400

Topkronekote: +2,25 fra St. 400 til St. 580

Topkronekote: stiger fra +2,25m i St. 580 til +2,5 m ved overgang til område C

#### 4.2.2.3 *Område 1C*

For Område 1C resulterer analysen i, at der anvendes følgende dimensioneringsstørrelser:

Topkote på bølgebryder skal være +1,4 m med hældning 1:2 på begge sider.

Afstanden mellem bølgebryder og skråningsbeskyttelse skal være mindst 7 m målt i kote +1,4 m.

Topkronekote på skråningsbeskyttelse med hældning 1:2 bør være +2,5 m.

Bølgebryder: Bølgehøjde  $H_s=1,5$  m og en bølge periode på 6.9 s og samtidig vandstand +1,89 m.

Skråningsbeskyttelse: Bølgehøjde  $H_s=0,5$  m og bølge periode på 7.1 s og samtidig vandstand på +2,06 m.

De tilhørende stenstørrelser [4] for en densitet på 2650 kg/m<sup>3</sup>:

Dæksten på bølgebryder:  $D_{n50} = 0,61$  m svarende til  $W_{50} = 615$  kg

Dæksten på skråningsbeskyttelse:  $D_{n50} = 0,25$  m eller 43 kg.

Skråningsbeskyttelsen udføres dog med samme middel stenstørrelser ( $D_{n50} = 0,5$  m) som forefindes i dag. Dette fordi der er usikkerhed om beregningsmetode af stenstørrelser ved den kombinerede konstruktion.

### 4.3 **Digets levetid**

Digets levetid sættes til 50 år, hvilket betyder, at den dimensionsgivende kombination af højvande og bølger vil indtræffe med sandsynlighed på ca. 30 % i løbet af levetiden.

## 5 Projektet

I dette kapitel beskrives projektet for hver af Områderne 1A, 1B og 1C i hver sit underafsnit.

### 5.1 Område 1A: Inde i Halskov Havn

Område 1A starter ved vendepladsen mod nord inde i land og fortsætter til St 0 ved det yderste hus og videre langs stranden mod Område 1B i St. 280, se Figur 5-1.

Beskyttelsen i Område 1A omfatter efter ændringer følgende konstruktionsdele:

- Højvandsmur i beton, placeret 0,4 m udenfor matrikelskel øst for det yderste husvest. Højvandmuren er ca. 18 m lang og har en kronekote på +2,55m, og fortsætter i
- Højvandsmur i beton, placeret i matrikelskel vest for 'Oplæggervej'. Højvandmuren er ca. 68 m lang og har en kronekote på +2,55m, og fortsætter i
- Et mobilt højvandsskot mellem 'Oplæggervej' og beredskabsvejen/rampen som er etableret i 2022. Højvandsskottet etableres ved varsling om høj vandstand, og forsætter i
- Højvandsmur i beton, placeret 1,2 m uden for matrikelskel sydøst for 'Oplæggervej'. Højvandmuren er ca. 100 m lang og har en kronekote på +2,55m, og fortsætter i
- Et ca. 90 m langt jorddige fra afslutning af muren mod sydøst til molen i Halskov Havn. Diget har en kronekote på + 2,55 m til 2,50 m.
- Ralfodring (ca. 6 m<sup>3</sup>/m) foran betonmuren fra stenskråningen ved det yderste hus frem til jorddiget over en strækning på 150 m. Kronekoten på ralfodringen er 0,5 m under overside af betonmur med en bredde på 2 m nordvest for Oplæggervej og 1 m øst herfor.
- To overgange til køretøjer i den sydøstlige ende: en til området med både og en med adgang til molen, grundet ønske fra digegruppen.
- En ø1250 brønd (St. 30) med rist, rørgennemføringer (ø315 mm) og kontraventil med afretning af terræn, dræn, så skybrudsvand løber til brønd.
- En ø1250 brønd (St. 165) med en ca. 7 m rørgennemføring (ø450 mm) og kontraventil samt ca. 135 m tilhørende drænledning med ø=450 mm.
- Et 1,5 m bredt "bælte" af mindre sten (d50 = 0,1 m) med en række større sten ovenpå (d50 = 0,5 m) langs siderne på beredskabsvejen for at forhindre at ralfodring skyldes ind på vejen.

Projektændringer siden Høringen er beskrevet i det følgende afsnit, mens beskyttelsen af de enkelte delstrækninger beskrives nærmere i afsnittene 5.1.2 - 5.1.6.



Figur 5-1: Plantegning af Område 1A, se Tegning F1\_K24\_101-1.



### 5.1.1 Projektændringer i Område 1A

Der er foretaget følgende projektændringer:

- Jorddiget fra vendepladsen til St. 0 er erstattet af en betonmur med samme kronekote og bredde som resten af muren. Muren er placeret ca. 40 cm fra skel.
- Murens forløb ved Oplæggervej er justeret, så den fortsætter tværs over Oplæggervej til skel, hvorefter den drejer 90 grader søværts og løber langs skel.
- Muren er suppleret med en 5 m bred mobilløsning udfor Oplæggervej.
- Resten af muren er rykket ca. 1 m ind mod skel.
- Der er etableret en 3 m bred overkørsel til biler og en 3 m bred bump/overkørsel på molen. Overgangen udføres med af 20 cm stabilt gruslag ovenpå jorddiget.
- Den tidligere viste dræn og rørgennemføringer er erstattet af to rørgennemføringer til bortledning af vand til stranden under skybrud.
- Foranlediget af analysen af bagvand i afsnit 3.2 er på den nordlige delstrækning inkluderet en nedløbsbrønd ved St.30 med udløbsledning Ø315 mm til udløb på stranden i ralopfyldningen. På den sydlige strækning fra St.125 til ca. St.240 er inkluderet dræn Ø450 mm. Drænene samles i en brønd med højvandslukke ved ca. St.165. Fra brønden udledes vandet gennem diget via et 450 mm rør direkte til stranden.
- Ved Oplæggervej udgår den foreslåede trappeovergang. I stedet etablerer kommunen i 2022 en rampe til stranden for redningskøretøjer.
- Ved Oplæggervej udgøres højvandsbeskyttelse af en mobilløsning i form af skots der monteres mellem betonvæg – midt søjle – betonvæg.
- Betonmuren forlænges frem til St. 170.
- Diget på strækning frem til St. 260 trækkes bagud til matrikelskel.
- Overkørsel ved Granskoven er optimeret således at ramper til strand henholdsvis mole udgår fra samme platform i kote + 2,6 m.

- Etablering af en digeovergang i forlængelse af 'Ridestien'.
- Som ønsket af beboerne udlægges ral foran betonmuren op til kote + 2,05 m i 1-2 m bredde på kronen.

### 5.1.2 Fra vendepladsen på vejen til St. 0

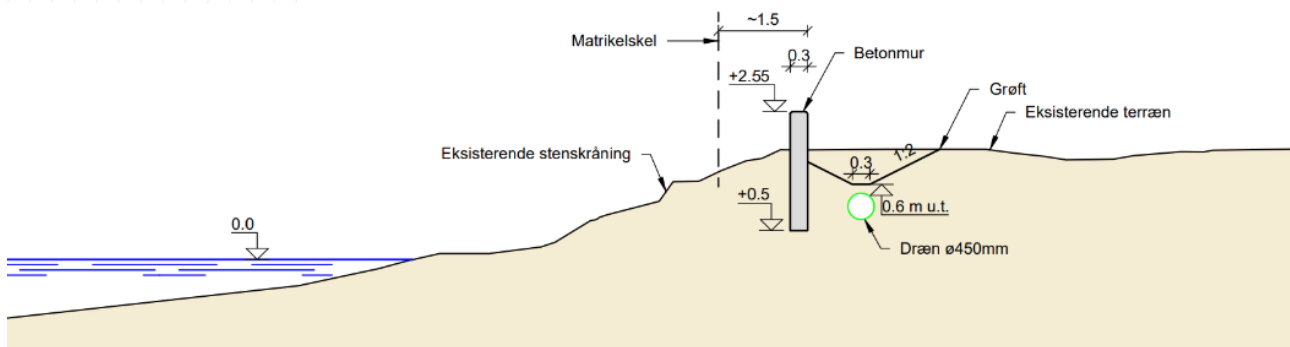
Fra vendepladsen og til det yderste hus ved St. 0 udføres diget som en betonmur, der placeres 0,4 m ude fra skel, med topkote i +2,55m.

### 5.1.3 Fra St. 0 til foran det nordligste og yderste hus St. 15

Betonmuren fortsættes med uændret topkote på +2,55m, jf. Figur 5-2 og Figur 5-3 bag den eksisterende skråningsbeskyttelse og inden for matrikel skel (se billede 1 på Figur 2-2). Skråningsbeskyttelsen bibeholdes som den fremtræder i dag. For at opfylde kravet om at overskyl skal begrænses til 2 liter pr. sekund under storm pr. m skal betonvæggens kronekote være mindst +2,55m, se Afsnit 4.2.2.1.

Herved sikres området til samme 100-års situation i 2050 som resten af Område 1.

Figur 5-2: Snit A-A gennem højvandsmur i Område 1A. Se Tegning F1\_K24\_111-1.



SNIT A-A, 1:100  
ST. 3  
Højvandsmur.

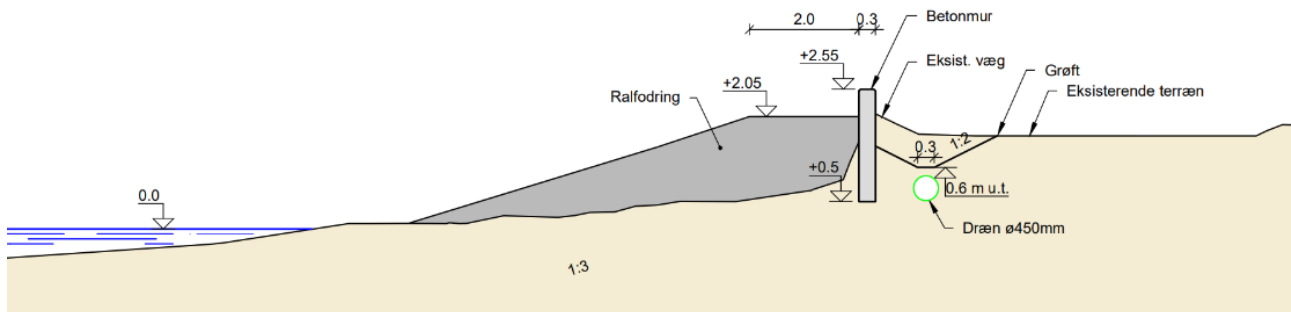
### 5.1.4 Fra det yderste hus St. 15 til Oplæggervej St. 65

De eksisterende mure bevares og umiddelbart foran fortsætter den nye højvandsmuren fra forrige strækning med topkote + 2,55 m DVR90, se billede 3 og 4 på Figur 2-2 og Figur 5-3.

Inden de nye mure etableres repareres de yderste 5 á 6 m af muren, der er undermineret, se billede 2 på Figur 2-2.

Foran højvandsmuren udlægges ral, hvilket er beregnet til 6 á 7 m<sup>3</sup>/m, se Figur 5-3, rallen placeres dels efter ønske fra grundejerne, dels for at begrænse bølgeoverskyllet for at opfylde kravet om at overskyl skal begrænses til 2 liter pr. sekund pr m. under stormflod. For at opfylde kravet om overskyl skal ralpuden vedligeholdes til kote +2,0 m, hvilket forventeligt skal gøre hvert 5. år samt efter storm-højvandshændelser. Betonvæggen er projekteret til en kronekote på +2,55 m, se Afsnit 4.2.2.1.

Figur 5-3: Snit B-B gennem højvandsmur i Område 1A. Se Tegning F1\_K24\_111-1.

**SNIT B-B, 1:100**ST. 30  
Ralfodring

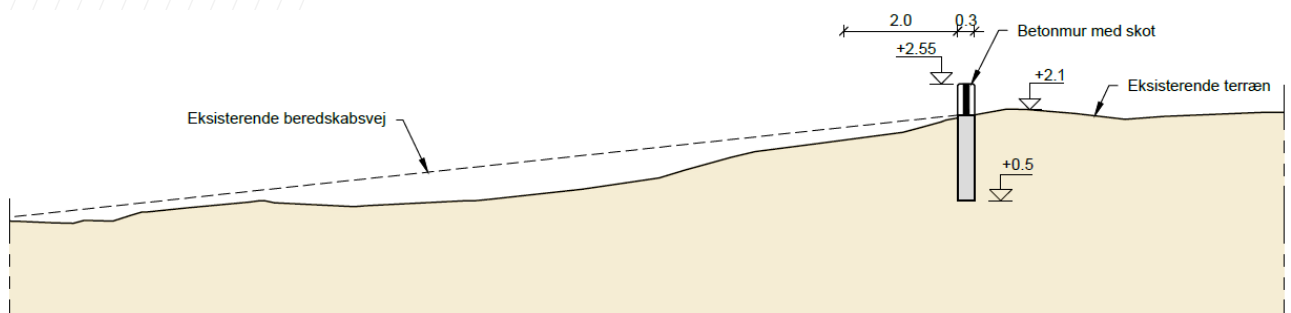
I henhold til afsnit 3 omfatter beskyttelsen etablering af en  $\varnothing 1250$  brønd og rør ( $\varnothing 315$  mm med 10 ‰ fald) ud gennem betonmuren ca. ved St. 30 til bortledning af vand under skybrud. Rørgennemføringen forventes at ligge i kote +1,5 m. Brønd/Ledning udstyres med rist og et højvandslukke, som lukker for indstrømmende vand. Der foretages en mindre terrænregulering og dræn for at sikre at vand under skybrud ledes til brønden.

**5.1.5 Fra Oplæggervej St. 65 til midt på bebyggelsen St. 145**

Muren forløber med topkote + 2,55 m. Tværs over Oplæggervej etableres en 5 m bred mobiløsning med skots.

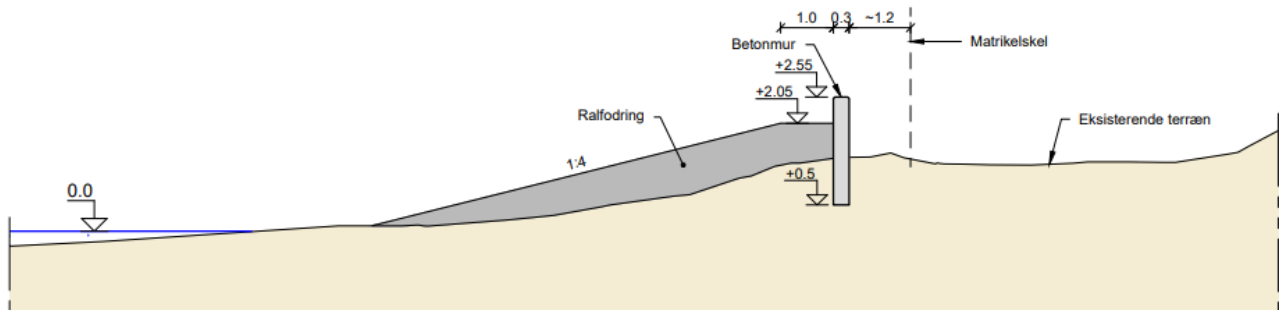
Der er som i dag ingen adgang rundt om det nordligste og yderste hus. Adgangen fra Vandsportscenteret frem til stranden foregår via Revvej, Oplæggervej og det mobile skot ud for enden af Oplæggervej, jf. Tegning F1\_K24\_101 samt Tegning F1\_K24\_111).

Figur 5-4: Snit C-C gennem trappe ved Oplæggervej Område 1A. Se Tegning F1\_K24\_111-1.

**SNIT C-C, 1:100**ST. 70  
Skot 5m ved Oplæggervej.  
Ralfodring

Efter at have passeret Oplæggervej drejer muren 90 grader og følger herefter matrikelskel i en afstand af ca. 1,2 m hen til starten på jorddiget i St 165, se billede 5 på Figur 2-2, Figur 5-1 og Figur 5-5.

Figur 5-5: Snit D-D gennem højvandsmur i Område 1A. Se Tegning F1\_K24\_111-1.



SNIT D-D, 1:100

ST. 110

Højvandsmur

Passage langs stranden kan foregå på den søværts side af betonmur og jorddige frem til St. 240, hvor der er etableret overgang med forbindelse til ridestien landværts jorddiget, se Figur 5-6, Tegning F1\_K24\_101 samt Tegning F1\_K24\_111. Foran muren justeres/udjævnes de nuværende ralbænke og der suppleres med ral til det projekterede profil.

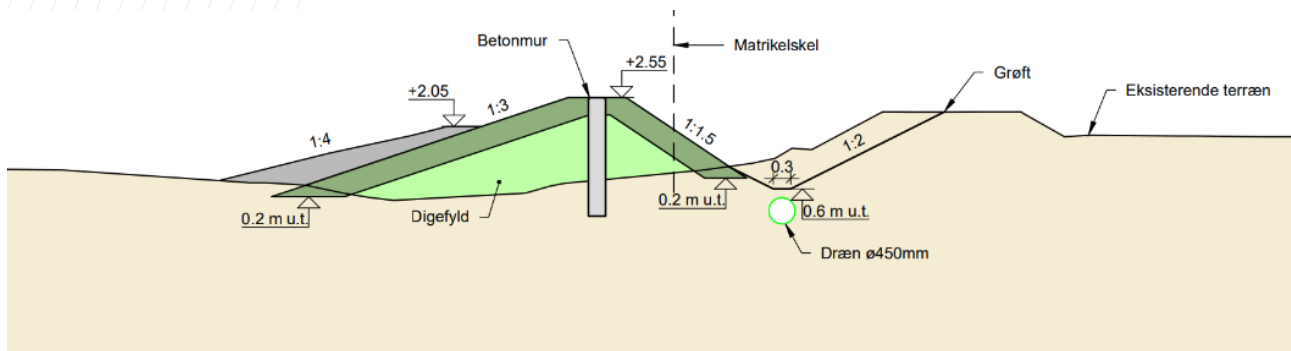
Langs siderne af beredskabsvejen/rampen i forlængelse af Oplæggervej etableres der et 1,5 m bredt bælte af mindre sten ( $d_{50} = 0,1$  m) for at forhindre at ral skylles ind over vejen/rampen. Ovenpå de mindre sten lægges der nogle større sten ( $d_{50} = 0,5$  m). De større sten kan udlægges sådan, at den synlige øverste flade er plan, hvilket medfører, at man kan træde på dem og dermed passere stenbæltet. Derudover placeres de større sten kun i den øverste del af profilet, så passagen langs vandkanten bibeholdes.

For at opfylde kravet om at overskyl skal begrænses til 2 liter per sekund under storm pr. m skal betonvæggens kronkote være mindst +2,55 m, se Afsnit 4.2.2.1.

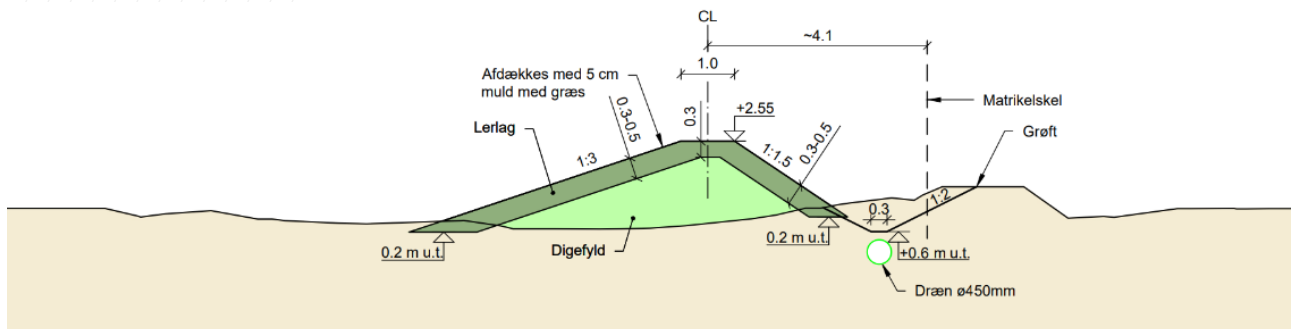
### 5.1.6 Fra midt på bebyggelsen St. 145 til område B St. 265

Fra st. 165 anlægges et 93 m langt jorddige med kronkote + 2,55 m (Figur 5-6) forsynet med en digeovergang, som indikeret på Figur 5-7. Adgangen til stranden ad den eksisterende sti på indersiden af diget sker ved en 1,5 m bred overgang ved st. 220, se Figur 5-7, den sydvestlige ende, ved overgangen til Område 1B, etableres dels en 3 m bred overgang med anlæg 1:10 af 20 cm stabilt grus lagt oven på diget til let færdsel direkte til området med mindre både og en overgang (anlæg 1:10) til fodfærdsel til molen, se detailplaner på Tegning F1\_K24\_101.

Figur 5-6: Snit E-E og F-F gennem jorddige i Område 1A. Se Tegning F1\_K24\_111 1.



**SNIT E-E, 1:100**  
ST. 170



**SNIT F-F, 1:100**  
ST. 205  
Dige

Jorddiget (St. 165 – St. 260) udføres i lerjord til kroneskote +2,55 m med en forsidehældning 1:3, en bagsidehældning 1:1,5 og en kroneskote på 1 m. På snit E-E, snit F-F og snit G-G er indikeret en mulighed for i kernen af diget at benytte fyld (vist med lysegrøn farve). Dige-overfladen afdækkes med et 5 cm tykt muldlag, som tilsås med en særlig modstandsdygtig græstype, undtaget hvor der udføres overkørsel.

På indersiden af diget fra St. 125 til ca. St. 240 anlægges et dræn, som beskrevet i afsnit 3 bestående af 135 m ø450 mm. Drænet er forbundet til en ø1250 brønd (St 165) udstyret med et højvandslukke, hvorfra skybrudsvand ledes gennem diget til ralstranden gennem et ø450 mm rør, se Figur 5-6. Vest for brønden har drænet en topkote ved start på +1,0 m og et fald mod brønden på 8,6 ‰. Øst for brønden har drænet en topkote ved start på +1,0 m og et fald mod brønden på 3,8 ‰. Det kan i detailprojektet findes at topkoterne skal ændres en smule, så de tilpasses det faktiske terræn.

Fra brønden anlægges en rørgennemføring gennem højvandsmuren. Rørets diameter er 450 mm og fald er 8 ‰. Rørets bundkote ved gennemføringen af muren er +0,95 m.



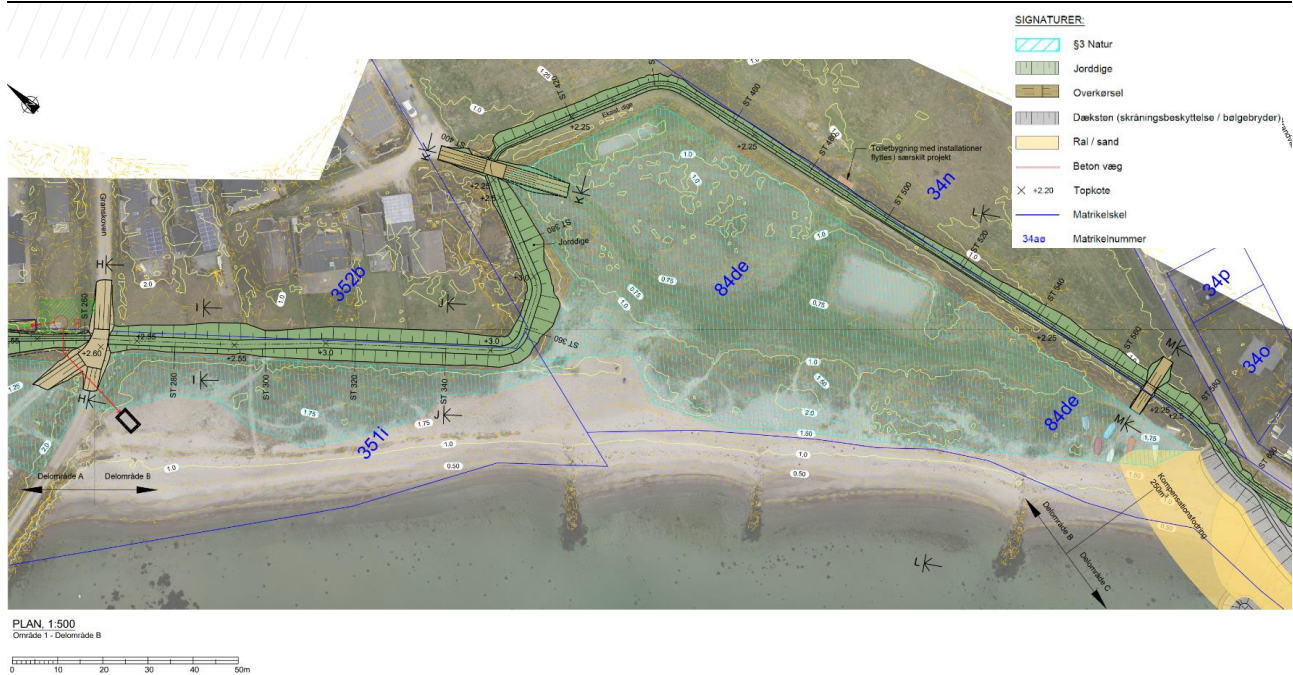
### 5.1.7 Beredskab for Område 1A

I Område 1A skal beredskabet håndtere det mobile skot for enden af Oplæggervej. Det mobile skot etableres ved varsling om stormflod og fjernes når varslingen ophører. Når det mobile skot ikke er etableret, vil adgangsvejen til stranden være åben for beredskabet.

## 5.2 Område 1B: Tilbagetrukket lerjord dige

Området starter på molen ved Halsskov ved St. 265 og fortsætter langs det eksisterende dige som en förstærkning og forhøjelse af diget til St. 590 på grænsen til Område 1C, se Figur 5-7. Diget er trukket tilbage for at undgå fodaftryk i natur §3-område.

Figur 5-7: Plantegning Område 1B. Se Tegning F1\_K24\_102-1.



Område 1B omfatter følgende konstruktionsdele:

- Et jorddige placeret umiddelbart foran det eksisterende dige fra øst molen i Halsskov Havn (St. 265), over strandeng frem til Pilevænget (St. 590). Diget er ca. 335 m langt med varierende kronekote: fra St. 250 til St 295: + 2,55 m; fra St 295 til St. 310: overgangsstykke hvor digekronekoten stiger til +3,0 m; St. 310 til 370: konstant kronekote +3,0 m; St 370 til St 400 overgangsstykke hvor digekrone falder til +2,25 m; St. 400 (ved overgang) til St. 580 konstant kronekote +2,25 m, stigende til + 2,5 m ved overgang til område C.
- Diget forsynes med en overgang (St 400) som kan bære lastvogne, der bruges til at vedligeholde området søværts diget.
- En digeovergang (St 570) ved Pilevænget.

### 5.2.1 Projektændringer i Område 1B

Modelberegningerne af kombineret højvande og bølger [4] og vurderinger resulterer i, at kronekoten fra Halsskov mole (områdegrænse) til St. 380 forhøjes med 0,75 m fra 2,25 m til +3,00 m for at kunne opretholde samme sikkerhed mod oversvømmelse som for resten af anlægget.

Diget er efter den nødvendige forhøjelse flyttet bagud fra kystlinien ved fastholdelse af forskråningens placering, hvilket medfører lidt ændrede forudsætninger for modelberegningerne, der bliver mere konservative.

Toiletbygning med installationer flyttes under særskilt projekt.

Overgangen i 3,2 m bredde hen over diget i St. 400 er rettet så den kan bære større køretøjer, mens overgangen i St. 590 er udført som en 2,5 m bred grusovergang med anlæg 1:5 på begge sider.

Diget er trukket tilbage fra kystlinien således at fodaftryk i §3-natur minimeres. Dette medfører at diget på en delstrækning anlægges på privat ejendom.

Kronekoten er ændret som beskrevet ovenfor under afsnit 4.2.

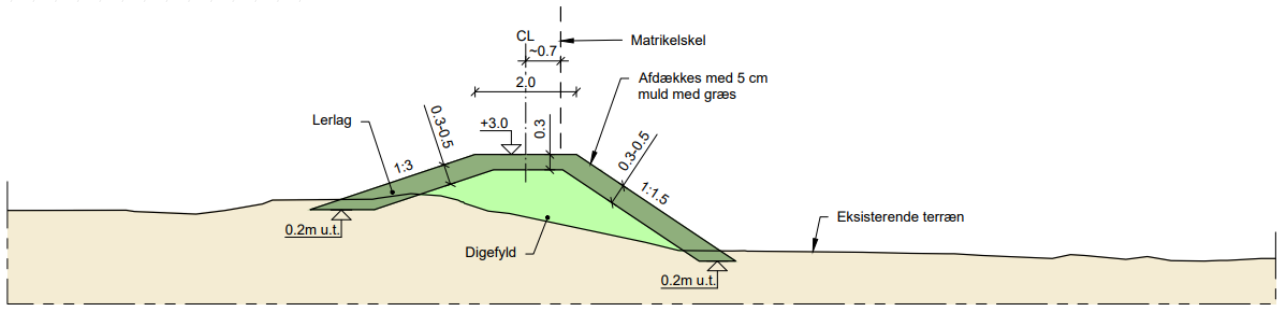
### 5.2.2 Beskyttelse af Område 1B

Projektet omfatter en forstærkning af det eksisterende dige, så det opfylder det valgte sikkerhedsniveau. Der er i dette område ikke behov for håndtering af vand bag diget og det vurderes, at der er minimalt overskyl grundet tilbagetrækning og høj kronekote.

Principielt anlægges diget på landsiden tæt op ad det nuværende dige som muligt. I myndighedsprojektet er diget flyttet landværts grundet myndighedens ønske om ikke at betræde §3-natur.

Jorddiget (St. 265 – St. 590) udføres i lerjord til varierende kronekote (+3,0 m; +2,25 m; 2,5 m). Forsidehældning 1:3, en bagsidehældning 1:1,5 og en kronebredde på 2 m (St. 255 -St.400). Fra St. 400 anlægges diget på bagsiden af det eksisterende dige, med kronebredde 1 m på resten af strækningen. På snit I-I, snit J-J, snit K-K, snit L-L og snit M-M er indikeret en mulighed for i kernen af diget at benytte fyld (vist med lysegrøn farve). Dige-overfladen afdækkes med et 5 cm tykt muldlag, som tilsås med en særlig modstandsdygtig græstype, undtaget hvor der er overkørsler.

Figur 5-8: Snit J-J ST 350. Se Tegning F1\_K24\_112-1.

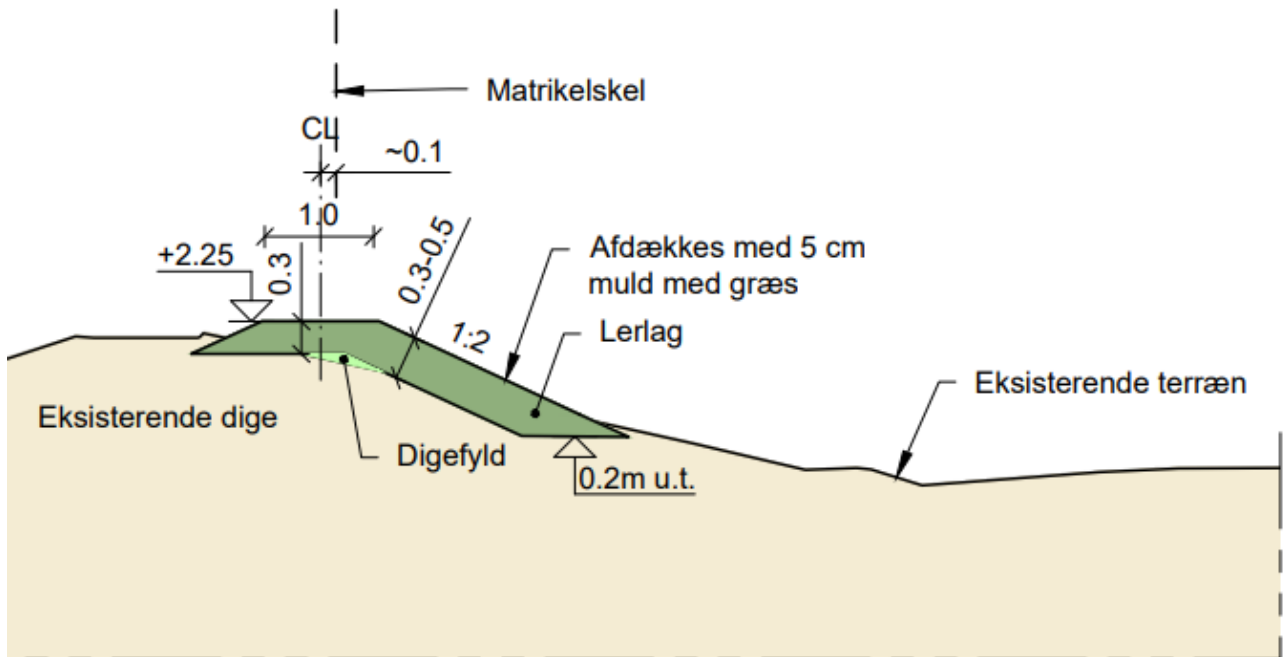


SNIT J-J, 1:100  
ST. 340  
Delområde B

Figur 5-9: Snit L-L gennem forstærket jorddige i Område 1B. Se Tegning F1\_K24\_112 1.



SNIT L-L, 1:100  
ST. 520  
Delområde B





Der etableres en 3,2 m bred overgang til bilkørsel til stranden ved ca. St. 400. Overopbygges i 20 cm stabilt grus ovenpå diget med anlæg 1:10. se tegning F1\_K24\_102. I overgangen til Område 1C etableres en 2,5 m bred overgang af 10 cm stabilt grus med anlæg 1:5, se detaljer på tegning F1\_K24\_102.

### 5.2.3 Beredskab for Område 1B

Der vurderes ikke at være behov for et lokalt beredskab for Område 1B ud for Granskoven hvis kronekoten udføres til den modellerede og efterfølgende vurderede højde. Hvilket er tilfældet, specielt da diget er trukket tilbage og digekronen ændret.

På resten af strækningen af Område 1B er der ikke behov for ekstra beredskab, da der ikke i den dimensionsgivende situation vil forekomme bølgeoverskyl.

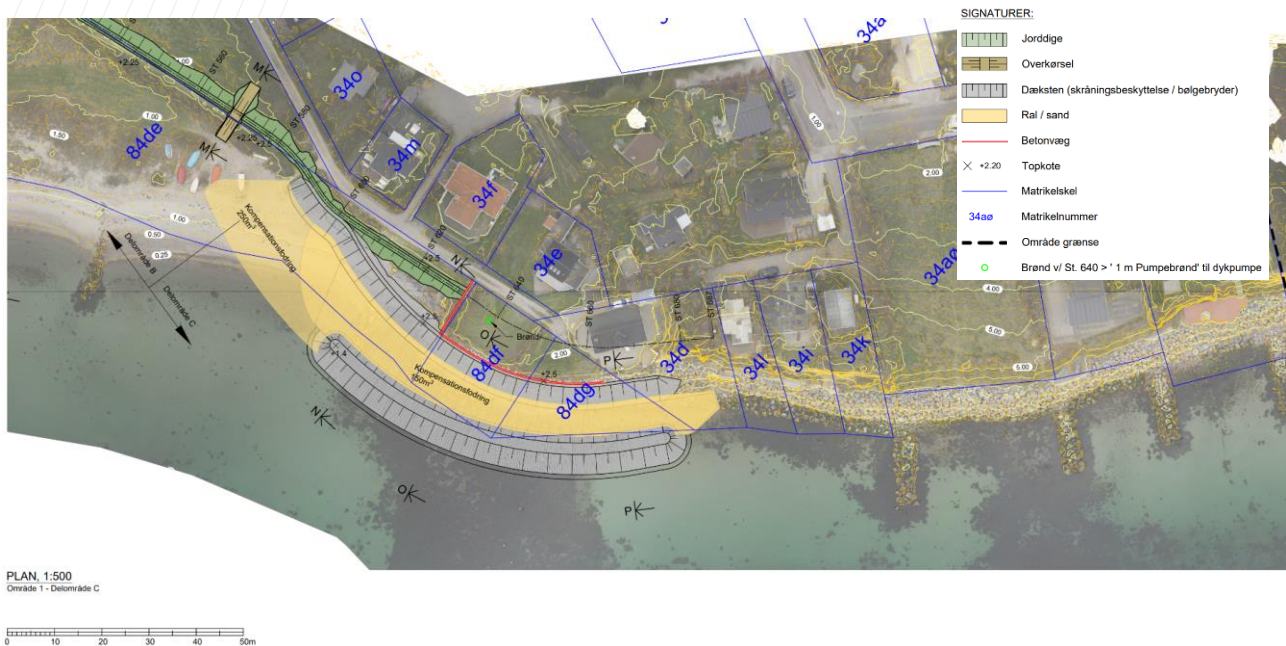
## 5.3 Område 1C: Pynten ved Pilevænget

Beskyttelsen af Område 1C omfatter et ca. 40 m langt jorddige og en 60 m lang betonmur, som begge beskyttes søværts af en ca. 90 m lang skråningsbeskyttelse og en fritliggende bølgebryder med en længde på ca. 80 m, se Figur 5-10.

Jorddiget (St. 590 – St. 632) udføres udelukkende i lerjord til kronekote +2,5 m med en forsidehældning 1:3, en bagsidehældning 1:1,5 og en kronebredde på 1 m. Dige-overfladen afdækkes med et 5 cm tykt muldlag, som tilsås med en særlig modstandsdygtig græstype

Kystbeskyttelsen går hele vejen rundt om pynten i en blød kurve og rammer diget, som det beskytter på den sidste halvdel af vejen. Beskyttelsen på hele vejen hen forbi matrikel 34f og 34m er nødvendigt, da der kan forekomme store bølger og høje strømhastigheder, som kan erodere stranden på denne strækning.

Figur 5-10: Plantegning af Område 1C. Se Tegning F1\_K24\_103.



I områdeovergangen mellem 1B og 1C etableres en overgang/adgangssti hen over diget fra Pilevænget til stranden.

### 5.3.1 Projektændringer i Område 1C

Planløsningen er justeret ganske lidt som følge af den nye opmåling, besigtigelse og et nærmere studie af de eksisterende forhold og murens placering, samt den udførte analyse:

Muren er rykket lidt landværts i forhold til tidligere for ved fastholdelse af bølgebryderens placering at skabe mere plads mellem skråningsbeskyttelsen og bølgebryderen. De hydrauliske modelberegninger viste herefter at overløbskriteriet på de 2 l/s/m dige kan overholdes med det justerende design.

Det tidligere kanaldræn med rist til at bortlede overskylsvand er ikke længere nødvendigt. I stedet for er der inkluderet en 1 m brønd på det laveste punkt bag ved diget, hvori der kan placeres en mobilpumpe, som kan bortpumpe evt. overskyllende vand.

Spunsen er blevet erstattet af en betonmur, som vurderes som en mere robust bagvæg til støtte for skråningsbeskyttelsen og en sikrere måde at undgå under-skæring.

Der kan ifølge [5] forekomme bølge- og strømerosion af området mellem bølgebryderen og skråningsbeskyttelse og for enderne af konstruktionen. Til imødegåelse heraf er bunden mellem de to konstruktioner forstærket med et lag af 40 cm sten lagt ovenpå et lag af 25 cm filtersten. Dette område afsluttes med en 20 cm tykt lag af blandet sand og ral, jf. snit vist på tegning F1\_K24\_113.

Kompensationsfodringen er flyttet fra den sydlige ende (luvside) hen til den nordlige ende (læside) af konstruktionen, hvor den retteligt kompenserer for det af konstruktionen tilbageholdte erosionsmateriale til den netto nordgående sedimenttransport.

Digetracé ændret på den vestligste del grundet ændring af tracé på strækning 1B.

Ved overgang fra Område 1B til Område 1C bevares den tidligere foreslåede rampeovergang over diget.

### 5.3.2 Beskyttelse af Område 1C

Projektet for beskyttelsen omfatter følgende konstruktionsdele:

- En ca. 80 m lang gennemgående bølgebryder langs størstedelen af hele skråningsbeskyttelsen på lavt vand med topkote +1,4 m samt hældning 1:3 søværts og 1:2 landværts opbygget med to lag sten men nominel diameter på 0,6 m.
- En bred passage mellem bølgebryder og skråningsbeskyttelse i kote +0,7 m. Passagen er opbygget med et lag af sten med en nominel diameter på 0,4 m sten i bunden ovenpå filter sten og afsluttet med 20 cm sand-rallag i toppen.
- En 95 m lang forstærkning, forhøjelse og forlængelse af den eksisterende skråningsbeskyttelse med ét lag ekstra dæksten med nominel diameter på 0,4 m til en kronkote på +2,5 m.
- En indbygning af en ca. 50 m lang og 2 m høj betonmur med topkote i +2,5 m langs bagsiden af den eksisterende skråningsbeskyttelse ud for Pilevænget nr. 29 og 31 til at forhindre, at vandet trænger gennem og under stenkastningen

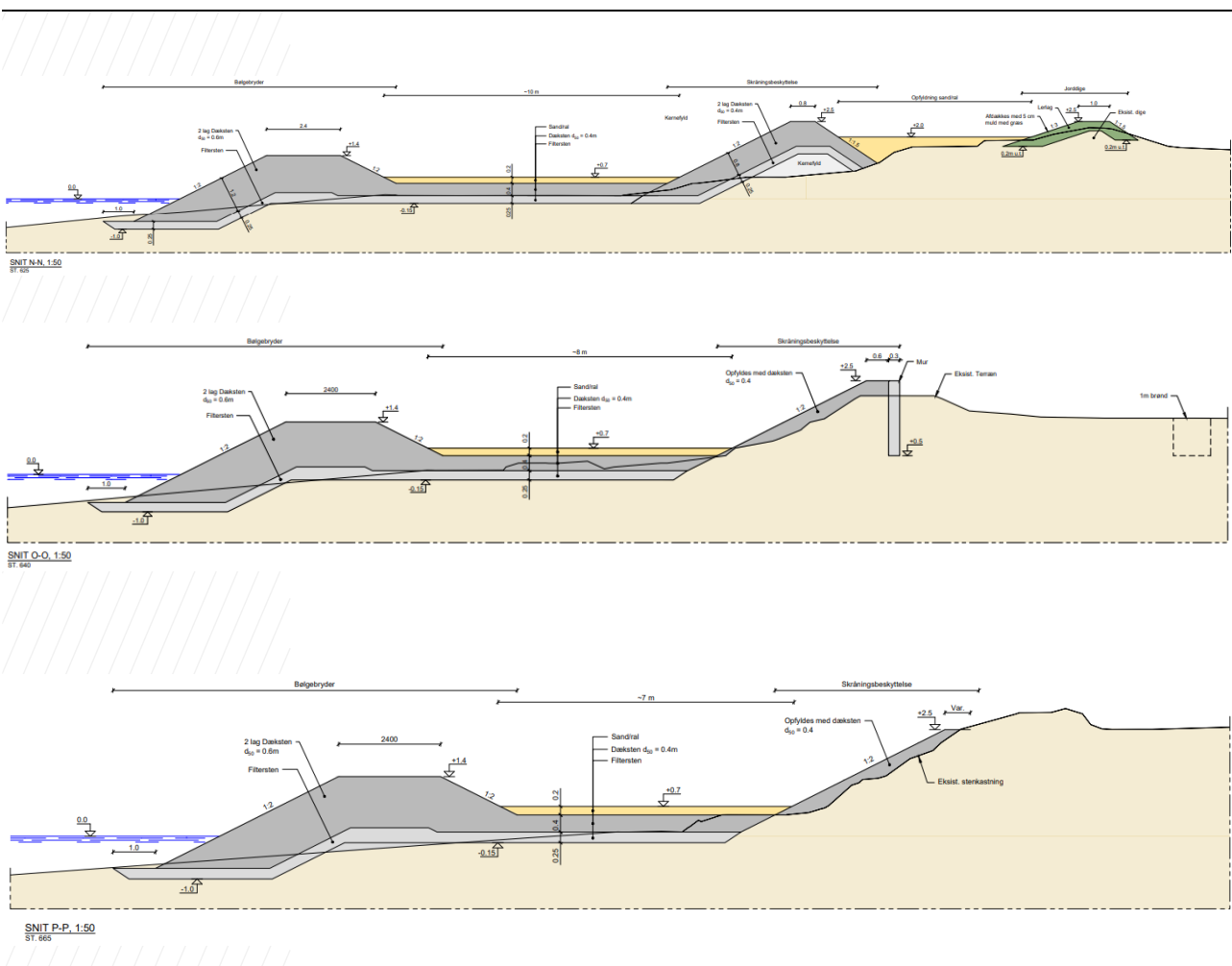
og videre ind i området. Muren kan evt. dækkes med en jordskråning på bagsiden. De geotekniske undersøgelser viste, at undergrunden består af sand/ler fyld, men det kan ikke udelukkes at den vil indeholde en del sten, som vil vanskeliggøre gravning til muren. I de tilfælde hvor det er nødvendigt at grave fyldes op med lerjord, som hindrer gennemstrømningen.

- En forhøjelse af det eksisterende jorddige på den vestlige ca. 50 m lange strækning til kronenote på +2,5 m.
- En pumpebrønd, hvorfra en mobil pumpe kan benyttes til at bortpumpe eventuelt overskyldt vand, som kan forekomme ved ekstremt højvande og bølger.
- Opfyldning med ral mellem skråningsbeskyttelse og jorddige på den vestlige del til kote +2,0 m fra St. 610 til St. 640.

Projektet kræver, at digelaget har et lokalt beredskab (se Kapitel 5.3.4) som kan aktiveres i sjældne tilfælde i forbindelse med varslede højvandssituationer over +1,5 m og samtidige store bølger til sikring og bortledning af evt. overskyl fra bølgerne.

Tværsnit gennem beskyttelse er vist i Figur 5-11.

Figur 5-11: Snit N-N, O-O og P-P gennem højvandsbeskyttelsen af pynten i Område 1C. Se Tegning F1\_K24\_113.



### 5.3.3 Kompensationsfodring Område 1C

Kompensationsfodring er et myndighedskrav (Kystdirektoratets tidligere administrationspraksis) ved erosionsbeskyttelse.

Projektet omfatter en beskyttelse af 95 m stenkastning fra kote -0,5 til terræn i kote + 1,7m, dvs. en højde på 2,2 m, samt en 80 m lang bølgebryder fra kote - 1 m til kote + 1,4 m.

Konstruktionerne forhindrer således den gennemsnitlig årlige kysttilbagerykning på 0,15 m/år, hvorfor det indregnes at kompensationsfodre for det teoretisk fastholdte materiale fra 'den aktive dybde' til 'terrænkoten'.

Den årlige fodringsmængde anslås til:  $(1,7+3,5) \times 95 \times 0,15 = 75 \text{ m}^3$

For en 5-årig periode fodres med ca. 400 m<sup>3</sup>, hvoraf der allerede er indbygget ca. 150 m<sup>3</sup> mellem stenkastning og bølgebryder. Den resterende fodringsmængde 250 m<sup>3</sup> udlægges ved den nordlige ende af bølgebryderen og på overgangen til den eksisterende strand og skråningsbeskyttelsen.

Det anbefales efter 5 år at supplere med 200 til 400 m<sup>3</sup> af en blanding af 50 % ral og 50 % sand efter behov, og herefter hvert 5. år vedligeholde med samme mængde.

### 5.3.4 Beredskab for Område 1C

Digelaget står for et selvetableret beredskab, som kan aktiveres i sjældne tilfælde i forbindelse med meget store højvandshændelser og samtidige store bølger, til bortledning af vand ved evt. overskyl fra bølgerne.

Evt. overskyl på 2 l/s/m langs den ca. 50 m lange sydvestlige strækning med mur vil udgøre ca. 100 l pr. sekund ind i området bag muren. Her vil det fordele sig over det ca. 350 m<sup>2</sup> store område bag muren. Storm-højtvands maksimum varer normalt mellem 1 time og op til 6 timer. I løbet af denne periode vil der løbe henholdsvis 360 m<sup>3</sup> og 2.160 m<sup>3</sup> ind bag ved stenkastningen/diget/muren.

Det vil tage mindre ca. 5 minutter at fylde arealet op til 8 cm over terræn bag ved muren. Det betyder, at beredskabet skal være varslet inden stormen kommer og parat til at opsamle med en kapacitet på 0,1 m<sup>3</sup> pr. sekund (100 l/s) fra pumpebrønden, når stormen er på sit højeste.

Det anbefales, der udarbejdes en metode og procedure til varsling.

## 5.4 Drift og vedligeholdelse af Område 1

Jorddiger med græs slås 3 gange om året: slut på foråret, midt på sommeren og i sensommeren.

Jorddiget og grusovergange gennemgås i sensommeren for evt. huller efter dyr og fugle. Evt. huller fyldes op. Digeoverflader der fremstår udækket af græs besås med græs. Det inkludere også digeoverflader, der er blevet blottet på grund af erosion af ral.

Evt. lavninger i digekronen og grusovergange gennemgås ligeledes i sensommeren og opmåles ved nivellering. Jorddiger forhøjes til projekteret niveau og tilsvarende

for grusovergange hvis kronekoten er lavere end kronekoten på det tilstødende jorddige og huller og lunger fyldes op.

Betonmure gennemgås om foråret for evt. frostskeer under vinteren. Evt. revner fuges op med egnet materiale.

Drænsystemer, rørgennemføringer og kontraventiler kontrolleres og renses én gang årligt sidst på året.

Stenskråninger gennemgås i sensommeren og efter evt. stormflod. Evt. skader på stenskråningerne reparerer ved omlægning og evt, supplering af sten.

Tilførsel af materiale – kystfodringer -, udføres i henhold til tilladelsen til anlægget udstedet af kystmyndigheden.

Kompensationsfodring Område 1C, jf. 4.3-3 samt ralfodringen i Område 1A skal forventeligt reetableres hvert 5. år.

Alle anlæg gennemgås derudover efter storm-højvandshændelser og evt. tydelige skader udbedres. Der etableres et beredskab inden for Område 1C, således som det er beskrevet i afsnit 5.3.4.

## 6 Projektets indvirkning på miljøet

Der er udarbejdet en afgrænsning af miljøpåvirkning og der udføres i den forbindelse en miljøkonsekvensrapport i forår/sommer 2024.

## 7 Økonomi og budgetoverslag

Nedenstående budgetoverslag er baseret på basis af entreprenørers tilbudte enhedspriser på de i projektet indgående mængder. Budgettet omfatter alle udgifter til projektering, udbud, kontrahering med entreprenør og tilsyn med projektets gennemførelse. Prisniveau er primo 2019.

I Område 1A og 1B udføres projektet på kommunalt og privat ejede arealer (matr.nr. 351i og 84de). I Område 1A udføres projektet på privat og kommunalt ejede arealer ekspropriation kan derfor komme på tale. I Område 1C, vil en del af kystbeskyttelse ligge på privat ejede arealer (matr.nr. 84dg, 84df og 34d). Der indregnes i budgettet kr. 200.000, - til evt. ekspropriation og/eller udarbejdelsen af en deklaration, som vil give digelaget ret til at placere, drive og vedligeholde kystbeskyttelsen på de pågældende matrikler.

### 7.1 Budgetoverslag for udgifter til kystbeskyttelsen

Budgetoverslaget er baseret på enhedspriser (afrundet) fra tilsvarende projekter primo 2019, se Tabel 7.1.

Tabel 7.1: Enhedspriser primo 2019 anvendt til udregning af budget.

| Materialer                           | Pris ekskl. moms kr. | Enhed    |
|--------------------------------------|----------------------|----------|
| Overkørsel/overgang - grus           | 20.000               | Kr./stk. |
| Skot, 5 m bredt med midt søjle       | 150.000              | Kr./stk. |
| Moræneler og dige fyld               | 400                  | Kr./m3   |
| Muld                                 | 350                  | Kr./m3   |
| Græssåning                           | 50                   | Kr./m2   |
| Kompensation ved sand- og ralfodring | 600                  | Kr./m3   |
| Dæk- og filtersten                   | 600                  | Kr./m3   |
| Kernefyld                            | 200                  | Kr./m3   |
| Betonmur                             | 10.000               | Kr./m3   |
| Afgravning til betonmur              | 250                  | Kr./m3   |
| Dræn ø450mm                          | 1.100                | Kr./lbm  |
| Brønd med højvandsslukke på dræning  | 100.000              | Kr./stk. |
| Rør gennemføring i diget             | 15.000               | Kr./stk. |
| Brønd til dykpumpe                   | 70.000               | Kr./stk. |
| Udgravning af grøft                  | 200                  | Kr./lbm. |
| Afgravning og rydning af bevoksning  | 200                  | Kr./m3   |
| Højvandsskot                         | 150.000              | Kr./stk. |



|   |           |          |
|---|-----------|----------|
| Pumpestation                            | 1.200.000 | Kr./stk. |
| Nedrivning af toiletbygning, område. 1B | 150.000   | Kr./stk. |

Det resulterende anlægsoverslag og projektbudget til højvandsbeskyttelsen i digeområde 1 fremgår af Tabel 7.2.

Projektbudgettet indeholder alle udgifter til detailprojektering, udbud og tilsyn med anlægsarbejdernes udførelse, samt en post til usikkerhed på mængderne samt andre uforudsete udgifter samt budgettillæg på 15%.

Tabel 7.2: Anlægsoverslag og projektbudget for det samlede beskyttelsesanlæg i digeområde 1.

| Digeområde 1   | Mængde               | Pris i kr.       |
|--|----------------------|------------------|
| Overkørsel – grus  | 5 stk.               | 100.000          |
| Moræneler og dige fyld                                       | 1.471 m <sup>3</sup> | 589.000          |
| Muld   | 139 m <sup>3</sup>   | 49.000           |
| Græssåning   | 2.773 m <sup>2</sup> | 139.000          |
| Kompensations- og ralfodring                                 | 1110 m <sup>3</sup>  | 666.000          |
| Dæk- og filtersten   | 1.690 m <sup>3</sup> | 1.014.000        |
| Kernefyld  | 18 m <sup>3</sup>    | 4.000            |
| Betonmur -revideret  | 144 m <sup>3</sup>   | 1.438.000        |
| Afgravning til betonmur, bølgebryder og skråningsbeskyttelse | 656 m <sup>3</sup>   | 165.000          |
| Dræn ø450mm (område 1A sydlige)                              | 172 lbm.             | 190.000          |
| Brønd med højvandsslukke på drænledning                      | 2 stk.               | 200.000          |
| Rørføring gennem dige  | 2 stk.               | 30.000           |
| Brønd til dykpumpe   | 1 stk.               | 70.000           |
| Afgravning og rydning af bevoksning                          | 525 m <sup>3</sup>   | 106.000          |
| Udgravning til grøft   | 172 lbm.             | 35.000           |
| Højvandsskot   | 1 stk.               | 150.000          |
| Pumpestation   | 1 stk.               | 1.200.000        |
| Nedrivning af toiletbygning, område. 1B                      | 1 stk.               | 150.000          |
| <b>Materialer total</b>                                      | <b>DELSUM</b>        | <b>6.300.000</b> |
| Anstilling og drift af arbejdsplads                          | 10 %                 | 630.000          |

|  |               |                   |
|--|---------------|-------------------|
|  | <b>DELSUM</b> | 6.930.000         |
| Uforudsete udgifter                        | 15 %          | 1.040.000         |
| Entreprenørbudget                          | <b>DELSUM</b> | 7.970.000         |
| Projektudbud/Byggetilladelse/Rådgiver      | 10 %          | 800.000           |
| Anlægsoverslag                             | <b>DELSUM</b> | 8.770.000         |
| Deklaration/Ekspropriation                 |               | 200.000           |
| Budgettillæg (usikkerhed)                  | 15 %          | 1.350.000         |
| <b>Projektbudget overslag, ekskl. moms</b> |               | <b>10.320.000</b> |
| Moms                                       | 25 %          | 2.580.000         |
| <b>TOTAL inkl. moms</b>                    |               | <b>12.900.000</b> |

Det samlede projektbudget anslås at beløbe sig til ca. 12.900.000 kr. inkl. moms, men ekskl. vedligeholdelsesudgifter.

Priser i anlægsoverslaget er afrundede værdier til hele tusinder. Projektbudget, moms og det totale anlægsoverslag er afrundet til hele titusinder.

Mængderne er udtrukket fra 3D-model.

## 7.2 Budgetoverslag for udgifter til vedligeholdelse

Årlige driftsomkostninger er vurderet til ca. 2 % af anlægsoverslaget, hvilket svarer til ca. 260.000 kr./år. Vedligehold omfatter skønsmæssigt følgende hovedpunkter:

- Årlig overvågning af ral- og kompensationsfodring med henblik på at kontrollere om stranden yder den krævede beskyttelse. Forventet udgift er ca. 30.000 kr.
- Vedligeholdelsesfodring hvert 5. år med ca. 500 m<sup>3</sup>. Forventet udgift pr. år er ca. 60.000 kr.
- Udjævning af evt. flyttet ral. Forventet udgift ca. 30.000 kr.
- Årlig kontrol af dræn og brønde og nødvendig vedligeholdelse. Pumpers levetid betyder forventet udskiftning en gang i projektets levetid. Forventet udgift ca. 70.000 kr.
- Evt. supplerings med sten 0 til 30.000 kr.
- Derudover: Græsslåning af diget, gnaverbekæmpelse, evt. årlig supplerings med grus til overkørsel, evt. reparation af græsoverflade på diget, vedligehold af udløbsbygværk samt i sjældne tilfælde vedligeholdelse af sten, der måtte have flyttet sig under en ekstrem storm. Forventet udgift per år er ca. 40.000 kr.

## 8 Bidragsfordeling og finansiering

Dette afsnit redegør for hvilke ejendomme, der beskyttes af projektet i område 1 og angiver bidragsfordeling af udgifterne.

Grundejernes og ledningsejernes del af finansieringen af kystbeskyttelsen sker ved ejernes egenfinansiering.

Slagelse Kommune afholder udgifter, der er omfattet af sagens forberedelse.

Kommunen kan efter ansøgning stille garanti for lån til anlægsudgifterne ved etablering af beskyttelsen. Typisk vil det ske ved optagelse af byggekredit, der efter beskyttelsens færdiggørelse konverteres til et lån uden afdragsfrihed, til fast rente og med en løbetid på maksimalt 25 år.

Evt. udgifter til ekspropriation finansieres med grundejernes og ledningsejernes egenfinansiering og kommunen betaler 18,5 %.

### 8.1 Ejendomme der beskyttes

Matriklerne, som ved projektet beskyttes mod en 100-års middeltidshændelse frem til år 2050 er vist på Figur 8-1 .

Ovenstående hændelse svarer til en vandstand på +2,06 m. Da der skal være en gradient imellem vandstand og terræn på et par cm, er der vedtaget en bagatelgrænse på 2 cm vandstand. Dermed er det kun matrikler og bygninger under +2,04 m, der defineres som værende oversvømmelsestruet og dermed omfattet af bidragsfordelingen.

### 8.2 Bidragsfordeling

Alle matrikler deltager solidarisk i betalingen og får tildelt 1 part.

Alle sommerhusadresserne i matrikel 34bb (Strandvænget), 352b og 252c (Granskoven) tildeles hver en part.

Slagelse Kommune bidragsfordeles med 18,5 pct. af udgiften.

Forsyningsselskaberne bidragsfordeles ud fra antal installationer, hvor 120 installationer modsvarer en part, hvilket for nærværende bidragsfordeling svarer til beskyttelse af én almindelig bolig.

Der deltager efter ovenstående i alt 291 grundejere og forsyningsselskaber i fordelingen af resten af udgiften når kommunens bidrag er fratrukket den totale udgift for anlægget.

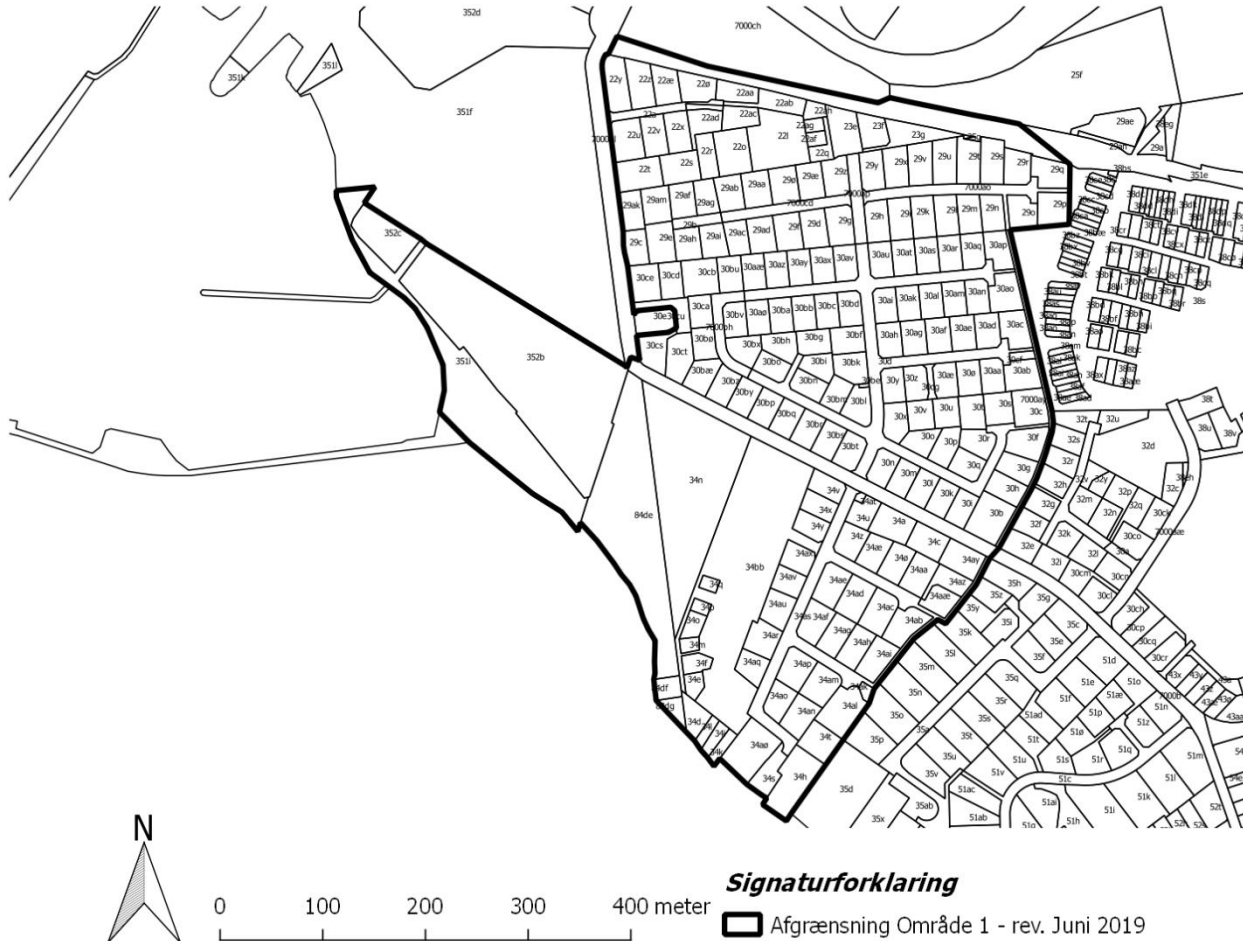
En samlet liste over parterne fordelt på private ejere og forsyningsselskaberne er vist i Vedtægt for Digelaget Halsskov Nord, Bilag 2.

#### 8.2.1 Bidragsfordeling af anlægsudgift

Alle anførte beløb er inklusive moms.

Når kommunens bidrag på ca. 2.386.500 kr. er fratrukket anlægsbudgettet, skal de resterende projektudgifter på ca. 10.513.500 kr. inkl. moms fordeles mellem 291 parter.

Figur 8-1: Den fuldt optrukne linje viser grænsen for de matrikler, som er omfattet af Område 1.



1 part svarer således til 36.129 kr.

Forsyningselskaberne bidrager sammenlagt med 8 parter svarende til en udgift på i alt 289.031 kr.

### 8.2.2 Bidragsfordeling af driftsudgift

Slagelse Kommune og ledningsejere bidrager til de årlige drifts- og vedligeholdelsesomkostninger, som for anlægsudgiften. Dette svarer årlige drifts- og vedligeholdelsesomkostningerne per part til ca. 588 kr.

Alle benævnte beløb i dette afsnit er inkl. moms.

## 9 Projektets fremdrift

### 9.1 Generelt

Efter kystmyndighedens afgørelse om gennemførelse af projektet og miljømyndighedens afgørelse om nødvendigheden af miljøkonsekvensvurdering kan projektet udføres efter høring af de høringsberettigede parter medmindre der indgives klager, som har opsættende virkning.

Der skal oprettes et kystlag som er bygherre for projektets gennemførelse.

Digelaget forestår:

- Indgår aftale med rådgiver
- Udarbejdelse og detail- og udbudsprojekt
- Gennemføre licitation
- Indgår entrepriseaftale med entreprenør
- Fører tilsyn med arbejdernes udførelse
- Afholdelse af afleveringsforretning samt 1 og 5 års-eftersyn
- Drift af anlægget

### 9.2 Udbudsform

Projektet er et mindre projekt og kan ikke entreprise opdeles.

Det vil derimod være økonomisk fordelagtigt, hvis projektet kan gennemføres som et delprojekt sammen med de to øvrige kystbeskyttelsesprojekter for henholdsvis område 2 og område 3.

Indhentning af tilbud anbefales udført ved indbudt licitation mellem 3 til 4 valgte entreprenører med erfaring fra lignende arbejder.

### 9.3 Hovedtidsplan

Nedenfor anslås varigheden af de forskellige aktiviteter for projektets gennemførelse efter valg af rådgiver.

Rådgiveraftale (Uge 0)

- Udarbejdelse af detail- og udbudsprojekt 3-4 uger (til uge 4)
- Udbudsperiode 3 uger (til uge 7)
- Entreprenør kontakt 1 uge (til uge 8)
- Entreprenørens mobilisering og opstartsmøde 2 uger (til uge 10)
- Entreprisens udførelse 14-16 uger (til uge 26)
- Afleveringsforretning 1 uge (til uge 27)

Gennemførelsen af projektet for Område 1 fra indgåelse af rådgiveraftale vurderes til en samlet varighed på 24-28 uger. Udførelsesperioden skal være i overensstemmelse med den i miljøtilladelsen fastsatte periode.

## 10 Referencer

- [1] M. S. Rosbæk, »Kystplan 2009,« Slagelse kommune, 2009.
- [2] NIRAS, »Strategi og scenarier for højvandsbeskyttelse af Korsør og Halsskov bydele,« Slagelse Kommune, 2012.
- [3] NIRAS, »Højvandssikring af Halsskov område 1 og 2. Geoteknisk rapport.,« Slagelse Kommune, 2019.
- [4] NIRAS, »Kystbeskyttelse, højvandssikring. Digeområde 1, 2 og 3. Halsskov bydel. Bestemmelse af dimensionsgivende bølger og højvande,« Slagelse Kommune, 2019.
- [5] NIRAS, »Analyse af bagvand ved Digeprojekt.,« Slagelse Kommune, 2019.