Bygherre
Haderslev Kommune

Dokumenttype
Dispositionsforslag (opdateret)

Dato
Maj, 2025

Projektsted
Blokhusskoven, Kelstrup Strand og Hejsager Strand

Vores Kyst

Opdateret Dispositionsforslag

Bright ideas.
Sustainable change.

Vores Kyst
Opdateret Dispositionsforslag

Projektnavn	**Vores Kyst – Klima- og kystbeskyttelse af Blokhusskoven, Kelstrup Strand og Hejsager Strand**
Projektnr.	**1100060489**
Modtager	**Haderslev Kommune**
Dokumenttype	**Dispositionsforslag (opdateret)**
Version	**2.0**
Dato	**2025/08/22**
Udarbejdet af	**AVP, NCBL, ANSTO, REHE, PHK**
Kontrolleret af	**MSMG, AVP, AAC, HAJ, PHK**
Godkendt af	**PHK**
Beskrivelse	**Opdateret dispositionsforslag for det samlede projekt Vores Kyst**
Bygherre	**Haderslev Kommune**
Projektsted	**Blokhusskoven, Kelstrup Strand og Hejsager Strand**

Rambøll
Hannemanns Allé 53
DK-2300 København S

T+45 5161 1000
https://dk.ramboll.com

Rambøll Danmark A/S
CVR NR. 35128417

Medlem af FRI

Indhold

1.	Indledning	3
1.1	Baggrund for opdatering af dispositionsforslaget	4
1.2	Definition af sikringsniveau	5
1.3	Landskabelig bearbejdning	5
1.4	Matrikulære forhold	6
1.5	Mobil beskyttelse	6
1.6	Miljø- og naturforhold	7
2.	Resume	8
2.1	Designhændelse og sikringsniveauer	8
2.2	Blokhusskoven, Kelstrup Klint og Bramsensgårdvej	8
2.3	Kelstrup Strand	8
2.4	Hejsager Strand	9
2.5	Anlægsoverslag	9
3.	Projekteringsbasis	10
3.1	Levetid	10
3.2	Koordinatsystem og vertikalt referenceniveau	10
3.3	Terræn- og havbundsforhold	10
3.4	Designhændelse for kystbeskyttelse	11
3.5	Designvandstand	12
3.6	Vindforhold	14
3.7	Bølgeforhold	15
3.8	Hyppighed og varighed af højvandshændelser	17
3.9	Jordbunds- og grundvandsforhold	20
3.10	Eksisterende forhold	22
3.11	Eksisterende ledninger	26
4.	Sikringsniveau	27
5.	Kystbeskyttelseskonstruktioner	28
5.1	Blokhusskoven, Kelstrup Klint og Bramsensgårdvej	28
5.2	Kelstrup Strand	31
5.3	Hejsager Strandvej	40
5.4	Hejsager Strandby	42
5.5	Udførelse af kystbeskyttelse	43
5.6	Vedligeholdelse	48
6.	Skråningsstabilitet af skrænt	52
6.1	Undersøgelse af skræntens eksisterende stabilitet	53
6.2	Undersøgelse af skræntens stabilitet ved opfyldning	56
6.3	Beskrivelse af opfyldning af skrænt	58
6.4	Udførelse af opfyldningen	60
6.5	Vedligeholdelse af opfyldningen	61
6.6	Sikring mod brud i toppen af skrænten	61
7.	Tværdige	63
7.1	Udførelse af dige	64
7.2	Vedligeholdelse af dige	65

8.	Anlægskonstruktioner	66
8.1	Udløbsbygværker	66
8.2	Højvandsporte	67
8.3	Sedimentationsbassin	69
8.4	Spunsdæmning	69
8.5	Spunsvægge for stenkastninger	70
8.6	Udførelse af anlægskonstruktioner	71
8.7	Vedligeholdelse af anlægskonstruktioner	72
9.	Pumpestationer	74
9.1	Pumper	75
9.2	Skakt- og udløbsrør	76
9.3	Styring, regulering og overvågning (SRO)	76
9.4	Elforsyning for pumpestation og sluse	76
9.5	Vedligehold af pumpestation, pumper, forsyning og installationer	77
10.	Bagvandshåndtering	79
10.1	Kelstrupvej	81
10.2	Hejsager Bæk / Grønkær	84
10.3	Fredskovparken og Hejsager Strandby	85
10.4	Maj-grøften	87
10.5	Udførelse af afvandingssystem	88
10.6	Vedligeholdelse af afvandingssystem	88
11.	Badebroer og adgang til strand	89
12.	Procedure ved stormflod og hyppighed af højvandslukninger	92
12.1	Lukkekriterie	92
12.2	Procedure ved lukning af højvandslukke	92
12.3	Procedure ved udpumpning	93
13.	Antal lukninger af højvandsporte	95
13.1	Lukninger ved stormflod	95
13.2	Lukninger ved test og vedligehold	95
14.	Arbejdsplads, -områder og adgangsveje	96
14.1	Arbejdsplads og arbejdsområder	96
14.2	Adgangsforhold	99
15.	Anlægsoverslag	102
15.1	Begrundelse for øgede anlægsomkostninger	103
15.2	Usikkerhed forbundet med anlægsoverslag	105
15.3	Besparelsesmuligheder	107
16.	Udbud af projektet	108
16.1	Funktionsudbud	108
16.2	Elforsyning	108
17.	Referencer	109

Bilag

Bilag 1
Anlægsoverslag

Bilag 2
Illustration

1. Indledning

Vores Kyst er et klima- og kystbeskyttelsesprojekt for områderne Blokhusskoven, Kelstrup Strand og Hejsager Strand, som er beliggende ud til Sandvig i Haderslev Kommune.

Området som skal beskyttes, har en kyststrækning på ca. 3,3 km. På strækningen er der fire vandløb, som har udløb til havet, Kelstrup Bæk, Hejsager Bæk, Ulvekær Bæk samt et regnvandsudløb på Kelstrup Strand. Projektet skal dermed også løse udfordringerne med bagvand og nedbør i området.

Projektets overordnede formål er at sikre sommerhusområderne Blokhusskoven, Kelstrup Strand og Hejsager Strand mod oversvømmelse og erosion, som følge af klimabetingede havvandsstigninger og stormfloder samt bagvand fra bækkene. Samtidig skal projektet understøtte områdets rekreative værdi og medvirke til sikring af ejendomsværdier og infrastruktur.

Projektet består overordnet af tre slags kystbeskyttelse:

- Sandfodring med klitdiger og klitrækker
- Jorddiger
- Hård skråningsbeskyttelse (stenkastning).

Derudover er der yderligere et behov for anlæggelse af højvandsporte og udløbsbygværker ved bækkenes skæring af kystbeskyttelsen samt pumpestationer til håndtering af bagvand under højvande.

Placering af de enkelte tekniske anlæg ses af tegningsmaterialet vedlagt denne rapport, og af Figur 1-1 ses en overordnet grafisk præsentation af anlæggene og det samlede området. Bemærk at vandopmagasinering og jorddige i Grønkær mose ikke længere er indeholdt i projektet, hvilket uddybes senere i rapporten.

Projektet gennemføres som et kommunalt fællesprojekt iht. Kystbeskyttelsesloven kapitel 1a med Haderslev Kommunes afdeling for Drift og Anlæg som bygherre på projektet. Ejerskabet af det samlede kystbeskyttelsesanlæg overdrages efter udførelsen til et kommende Kystbeskyttelseslag, der skal varetage driften og vedligeholdet.

I denne rapport benævnes Vores Kyst projektet i udpræget grad blot ”projektet”.

Figur 1-1: Oversigtskort over projektområdet og kysttekniske anlæg. Bemærk opmagasinering af vand i Grønkær ikke er inkluderet i projektet.

1.1 Baggrund for opdatering af dispositionsforslaget

Haderslev kommune har i samarbejde med Rambøll (rådgiver) valgt at udarbejde et opdateret dispositionsforslag, da der ifm. de indledende arbejder og undersøgelser for udarbejdelse af detailprojekt, miljøvurdering og lokalplan har vist sig at være et behov for at tydeliggøre projektet. Det skyldes primært følgende forhold (listen er ikke udtømmende):

- Ift. dispositionsforslaget af september 2022, ref. [1], er der foretaget betydelige ændringer til sikringsniveauer og geometri af de kystbeskyttende anlæg som følge af stormen i oktober 2023. Disse ændringer er beskrevet i et kystteknisk notat, ref. [2]. Sammenhængen mellem løsninger i de to dokumenter er dog ikke entydige, og har efterladt en række ubesvarede tekniske spørgsmål.
- Der er gennemført et genbesøg og validering af tidligere undersøgelser, der ligger til grund for udformning af de kystbeskyttende anlæg. Derudover er stormflodshændelsen i oktober 2023 inkluderet i grundlaget, og det er politisk vedtaget at projektet skal baseres på denne hændelse, hvilket er en afvigelse fra tidligere grundlag.
- På baggrund af stormflodshændelsen oktober 2023 er der udarbejdet nye sikringsniveauer, der i nogen grad er sammenlignelige med tidligere niveau, dog med den afgørende forskel at de kystbeskyttende anlægs geometri i de nye niveauer er veldefineret med forside hældning på 1:10.
- Vandparkering i Grønkæret med tilhørende dige er fravalgt som løsning for bagvandshåndtering i området, og er erstattet af en større pumpestation ved udløbet af Hejsager Bæk.

- Stabilisering af eksisterende skråning/skrænt ved Blokhusskoven med opfyldning på skrænten er tilføjet projektet.
- Der er gennemført en mere detaljeret skitseprojektering og skitsering af både anlægskonstruktioner, højvandsporte, pumpestationer med videre, der giver et tydeligere indblik i hvorledes disse skal udføres.
- Ønske om undersøgelse af tidligere anlægsoverslags nøjagtighed.

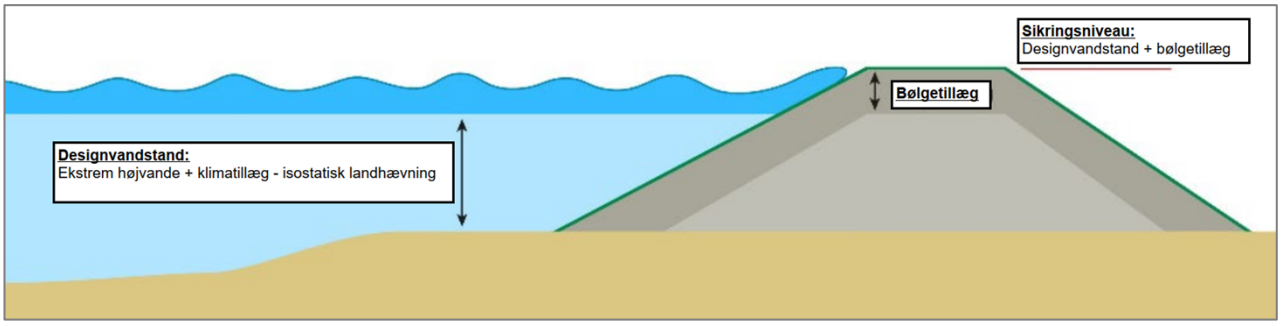
Det understreges, at hvis ovenstående forhold ikke var blevet afdækket og behandlet yderligere, så vil det have givet udfordringer og overraskelser senere i projektforløbet med forventeligt større økonomisk og tidsmæssige konsekvenser end ved at gennemføre opdateringen af dispositionsforslaget.

Formålet med denne rapport med tilhørende bilag og tegninger er at præsentere det opdaterede dispositionsforslag, som behandler de enkelte anlæg og konstruktioner i større detaljeringsgrad end tidligere. Det hjælper bygherre, rådgiver og ikke mindst borgerne til en bedre forståelse af projektets omfang og kompleksitet. Det er vurderet, at disse ikke til fulde har været kendt og forstået på baggrund af tidligere udarbejdet projektmateriale.

1.2 Definition af sikringsniveau

I projektet "Vores Kyst" vil betegnelsen "sikringsniveau" eller "sikringskote" blive brugt til at beskrive den fysiske højde (topkote) af de kystbeskyttende konstruktioner/anlæg. Sikringsniveauet består af bidrag fra designvandstanden og bølgetillægget, som skitseret på figur 1-2.

De enkelte bidrag er nærmere beskrevet i afsnit 3.5 og 3.7, og der henvises i øvrigt til afsnit 4 samt ref. [3], [4] og [5] for yderligere beskrivelse af sikringsniveauerne.



Figur 1-2: Definitionsskitse af sikringsniveau, som det er defineret i "Vores Kyst" projektet.

1.3 Landskabelig bearbejdning

Landskabelig bearbejdning af f.eks. klitdiger, stier, parkeringsforhold mv. er ikke indeholdt i det opdaterede dispositionsforslag, da dette primært har til formål at redegøre for løsningerne og de anlægstekniske forhold i projektet. I forbindelse med den videre bearbejdning af projektet og dets løsninger inddrages landskabsarkitekter, som bl.a. skal være med til at fremhæve arkitektoniske og rekreative værdier i projektet.

For illustrering af kystbeskyttelsen er der dog udarbejdet en illustration, som illustrerer hvordan klitdiget på Kelstrup Strand kan se ud efter afslutning af arbejderne, og klitvegetation har fået rodfæste. Denne er vedlagt i bilag 2.

1.4 Matrikulære forhold

For gennemførelse af projektet som planlagt kræver det, at dele af anlæggene og konstruktionerne anlægges på privat ejendom. Det endelig antal berørte ejendomme og det samlede areal er ikke opgjort, og kan først opgøres endeligt, når der forligger et afsluttet detailprojekt.

De private grundejere, som bliver berørt af projektet ved anlæggelse på deres ejendom, skal meddeles skriftligt om kommunens hensigt. Der forventes dog at disse grundejere fra projektets side inviteres til orientering og dialog om anvendelse af deres ejendom.

Grundlæggende vil der blive lagt op til frivillig aftale mellem kommunen og den enkelte berørte lodsejer, men hvis der ikke kan opnås en sådan aftale, skal der foretages ekspropriation af det nødvendige areal.

Normalt vil der i ekspropriationssager skulle betales erstatning for det tab den private grundejer lider, men det er normal praksis, at der oftest ikke skal betales erstatning i kystbeskyttelsessager, da fordelene opvejer ulemperne, og manglende adgang til stranden og udsigt ikke er erstatningspligtigt. Der kan dog forekomme særlige forhold vedrørende ulemper, som kan resultere i erstatninger.

Ved frivillige aftale mellem kommune og lodsejer om anvendelse af private arealer til anlæggene udarbejdes der en servitut (tinglyses), der bl.a. beskriver rettighederne til anvendelse af det berørte areal.

I den kommende fase af projektet skal regler og betingelser for både frivillig aftale og ekspropriation afklares nærmere ved landinspektør og advokat.

1.5 Mobil beskyttelse

Nærværende dispositionsforslag tager ikke højde for eventuel anvendelse af mobile løsninger til beskyttelse mod oversvømmelse i kombination med den permanente kystbeskyttelse. Haderslev Kommune har besluttet at anvendelse af mobile løsningerne skal undersøges nærmere ifm. detailprojekteringen.

Fordelen ved at kombinere mobile og permanente løsninger ift. oversvømmelse er, at evt. udsigtsgener kan begrænses under normale vandstandsforhold. Mobile løsninger, som kan anvendes i kombination med klitdiget, er vist i Figur 1-3. Det vurderes dog, at det ikke er alle disse løsninger, som er lige anvendelige under hensyntagen til mobilisering af beredskab, opstilling og omkostning, idet der potentielt er tale om strækninger på flere hundrede meter. Af de vist løsninger vurderes det umiddelbart at watertubes er den mest anvendelige mobile løsning.

Det skal dog understreges, at ved sænkning af topkoten for den permanente kystbeskyttelse (klitdige) og anvendelse af f.eks. watertubes for opnåelse af sikringsniveauet, så er risikoen for svigt af oversvømmelsesbeskyttelsen, og dermed oversvømmelse, større end hvis beskyttelsen alene bestod af en permanent løsning.

Figur 1-3: Mobile løsninger - øverst fra venstre: Watertube, Betonklodser, Flexibox, Sandsække og Mobile vægge.

1.6 Miljø- og naturforhold

Dispositionsforslaget beskriver i ingen tilfælde de miljø- og naturmæssige forhold på projektet. Disse er tidligere beskrevet i dispositionsforslaget udarbejdet af COWI, se ref. [1], og derudover så er der gennemført habitatvurdering omfattende Natura 2000-væsentligheds- og konsekvensvurdering samt bilag IV-artsvurdering af COWI i juni 2024. Vurderingen er afrapporteret i ref. [6].

Grundet projektets karakter, omfang og beliggenhed har Haderslev Kommune ansøgt om, at projektet skal undergå en miljøvurdering af lokalplanen og af det konkrete projekt. I den sammenhæng er der anmodet om, at der sker en samordning af miljøvurderingerne, og at der dermed udarbejdes en "fælles miljørapport". Ansøgningen har været i offentlig høring fra den 14. august 2024 til 4. september 2024.

Myndigheden (Haderslev Kommune) har derefter udarbejdet en afgrænsning af miljøvurdering og miljøkonsekvensvurdering, og udarbejdet et afgrænsningsnotat, se ref. [7].

I næste fase af projektet skal der derfor udarbejdes en fælles miljøvurdering, som både dækker det konkrete projekt samt lokalplan for projektet (SMV). SMV'en forventes udarbejdet på baggrund af det endeligt godkendte dispositionsforslag, og kan ikke startes op før dette foreligger, da det er af afgørende betydning at projektet er entydigt beskrevet.

Da projektet, siden der blev udarbejdet afgrænsningen i ref. [7], har undergået ændringer, bør der i samarbejde med myndighed afklares, om der skal udføres en ny afgrænsning, eller om allerede udarbejde afgrænsning er dækkende for det tilrettede projekt.

Derudover gennemfører myndigheden/Haderslev Kommunen feltbesigtigelse af registreret §3 natur i projektområdet for opdatering af grænserne for disse områder. Denne besigtigelse foretages forår/forsommer 2025, så projektet kan gennemføres på et opdateret grundlag.

2. Resume

I nærværende afsnit gives der et kortfattet resume af det opdaterede dispositionsforslag.

2.1 Designhændelse og sikringsniveauer

Det er politisk besluttet, at der som grundlag for udarbejdelse af sikringsniveauer for projektet, skal anvendes stormflodshændelsen som indtraf den 20. og 21. oktober 2023. På baggrund af denne (design-)hændelse er der bestemt følgende sikringsniveauer for den samlede projektstrækning:

- Blokhusskoven +3,35 m
- Kelstrup Strand +3,25 m
- Hejsager Strandvej +3,10 m
- Hejsager Strandby +2,95 m

Sikringsniveauer er gældende i år 2075 og er inkl. klimatillæg (SSP2-4,5).

Derudover er der bestemt et sikringsniveau for tværdiget ved Hejsager Strandby på +2,60 m.

2.2 Blokhusskoven, Kelstrup Klint og Bramsensgårdvej

Ved projektområdets vestlige afgræsning ligger Blokhusskoven, Kelstrup Klint og Bramsensgårdvej, som samlet betragtes som en delstrækning. På strækningen ligger sommerhusene generelt højt oppe bag en skrænt i kote +12 til +17 m. Der er 12 sommerhuse, som ligger i første række ud mod skrænten. Strækningen er der generelt udfordret af erosion, som medfører at skrænten nedbrydes, og 6 sommerhuse er i umiddelbar fare for at falde ned på stranden.

For at stoppe erosionen af skrænten er det anbefalet, at der etableres hård skråningsbeskyttelse ved anlæggelse af en stenkastning og sandfodring for den samlede delstrækningen på ca. 530 m.

Derudover planlægges der med opfyldning af skrænten på den strækning, hvor de 6 sommerhuse er i direkte fare. Denne strækning er ca. 180 m.

På denne delstrækning har Kelstrup Bæk udløb til havet. Det forventes at bækken fremadrettet kan have frit udløb, da de omkringliggende sommerhuse ikke er i fare for at blive oversvømmet. Derfor er der ikke indeholdt anlæggelse af højvandslukke eller pumpestation, som ellers var indeholdt i tidligere dispositionsforslag jf. ref. [1].

2.3 Kelstrup Strand

Ved Kelstrup Strand beskyttes området bagved kysten mod erosion og oversvømmelser ved dels at hæve den naturlige strand foran skrænten på den vestlige del af strækningen (frem til Kelstrupvej nr. 108), og dels ved at anlægge et klitdige på den østlige del af strækningen. For den samlede delstrækning på ca. 1.120 meter skal der sandfodres for at muliggøre hævning af strand og etablering af klitdige.

Det hævede strandprofil og klitdiget anlægges med topkote (sikringsniveau) i +3,25 m, dog med undtagelse af en strækning på ca. 250 m ud for Kelstrup Kystvej, hvor der eksisterer kystmur. Her forhøjes stranden til +2,50 m, da det er vurderet det sammen med den let fremskudte kystmur beskytter bagvedliggende skrænt mod erosion.

På strækningen er der også indeholdt bagvandshåndtering fra et privat udløb, som under højvandshændelser pumpes ud via pumpebrønd placeret ved udløbet.

Ved overgangen mellem Kelstrup Strand og Hejsager Strand har Hejsager Bæk sit udløb. For at forhindrer oversvømmelse af bagvedliggende lavtliggende sommerhusområde, etableres der gennem klitdiget et udløbsbygværk hvori der indbygges højvandsport og pumpestation. Disse håndterer hver især beskyttelse mod oversvømmelse fra havet og bækken.

2.4 Hejsager Strand

Ved Hejsager Strand, som omfatter Hejsager Strandvej og Hejsager Strandby, beskyttes området bagved kysten mod oversvømmelser ved at anlægge et klitdige på den samlede strækning på ca. 1580 meter. For etableringen af klitdiget skal der, som for de andre delstrækninger, sandfodres.

Ved Hejsager Strandvej har klitdiget en topkote (sikringsniveau) i +3,10 m, som reduceres til +2,95 m i den østlige ende ud for Hejsager Strandby.

Fra den østlige ende af klitdiget, udføres, på tværs af strandengen, bagom strand grillen og udover engen bag Hejsager Strandby, et nyt jorddige benævnt tværdiget. På størstedelen af strækningen, fra parkeringspladsen og ud til Maj-grøften, anlægges tværdiget i samme tracé som eksisterende dige, som inddrages i det tværdiget. Den samlede strækning af tværdiget får en topkote (sikringsniveau) i kote +2,60 m, og bliver samlet ca. 400 m langt. Eksisterende jorddige har en topkote på mellem +2,0 og +2,1 m.

Ved Ulvekær Bæk, som har udløb gennem tværdiget, anlægges der en spunsdæmning fra parkeringspladsen og ud til bækken. Spunsdæmningen skal give adgang for servicekøretøjer til højvandsport og pumpestation, som placeres mellem spunsdæmning og tværdiget syd for bækken. Som for Hejsager Bæk skal højvandsport sikre mod oversvømmelse af Hejsager Strandby og pumpestationen skal håndtere bagvandet fra Ulvekær Bæk under højvandshændelser.

I Hejsager Strandby og Fredskovparken udføres der ydermere drænledninger og pumpebrønde som skal aflaste de lavest liggende områder mod mindre oversvømmelser fra overfladevand. Vand pumpes via pumpebrøndene til Ulvekær Bæk, som forventes oprenset for bedre vandføring.

2.5 Anlægsoverslag

For det opdaterede dispositionsforslag er der udarbejdet et opdateret anlægsoversalg. Anlægsoverslaget beløber sig til ca. 102 mio. kr. for det samlede projekt, hvilket er en væsentlig forøgelse af tidligere anlægsoverslag på ca. 43 mio. kr., begge ekskl. omkostninger til rådgivning. I afsnit 15 er der givet en uddybning og begrundelse for den øgende omkostning, hvorfor der henvises dertil.

3. Projekteringsbasis

3.1 Levetid

Det samlede kystbeskyttelsesanlæg designes for en levetid på 50 år.

For de kystbeskyttende konstruktioner, klitdige, tværdige og stenkastning, betyder det reelt, at de designes for en 50 års fremskrivning af de klimabetingede havspejlsstigningerne. Det svarer til havspejlsniveauet i år 2075.

Anlægskonstruktionerne, herunder spunsvægge for spunset dæmning og udløbsbygværker for bækkene, højvandsporte, pumpestationer m.m., designes også for en levetid på 50 år.

For klitdige, tværdige og stenkastning overstiger den forventede levetid dog de 50 år såfremt der udføres almindeligt og regelmæssigt vedligehold i form af sandfodring, jordpåfyldning, græsslåning og genplacering af sten ved skader på skråningsbeskyttelsen. I fremtiden, efter år 2075, øges risikoen dog for oversvømmelser og erosion i takt med at vandspejlet stiger mere end forudsat i projektet. Det er dog med forholdsvist enkle tiltag muligt at forhøje sikringskonstruktionerne ved pålægning af mere sand, jord og sten. I princippet er det derfor muligt at forlænge levetiden ubegrænset. Der gøres dog opmærksom på, at det ikke er undersøgt hvornår de klimatiske forhold (vind og heraf bølger) og vandstanden evt. overstiger f.eks. stenkastningens stabilitet mod forøgede bølgehøjder. Det vurderes dog at være langt ude i fremtiden.

For afvandings- og forsyningsinstallationer er levetiden om nødvendigt uddybet i relevante afsnit i denne rapport.

3.2 Koordinatsystem og vertikalt referenceniveau

I projektet angives koordinater ift. koordinatsystemet UTM32 / ETRS89 (datum / projektion). Nøglekoordinater for klitdiger, diger, spunsdæmning m.m. er angivet i tegningsmaterialet.

I projektet er koter angivet ift. system DVR90.

Koordinater og koter er angivet i meter (m) uden angivelse af referencesystem.

3.3 Terræn- og havbundsforhold

Det geografiske og topografiske grundlag for nærværende dispositionsforslag er Danmarks Højdemodel (DHM), Baggrundskort og Matrikeldata fra Dataforsyningen, som hører under Klimadatastyrelsen. Det bathymetriske grundlag (vanddybde) stammer fra gennemført søopmåling af den samlede strækning. Søopmålingen er udført af LE34 som en del af forundersøgelserne til nærværende projekt. Hvor Søopmålingen ikke er dækkende, suppleres bathymetrien med data fra Danmarks Dybdemodel (DDM).

Samtidigt med udarbejdelsen af nærværende opdaterede dispositionsforslag gennemføres der både droneopmåling og vanddybdemålinger langs kysten for det samlede projektområde. Disse foreligger dog først endeligt ved afslutningen af dispositionsforsalget, og det er derfor ikke muligt at implementere dem i dette forslag. Opmålingerne implementeres ifm. udarbejdelsen af detailprojekteringen og i udbuddet for projektet, således der anvendes nyeste grundlag fremadrettet.

3.4 Designhændelse for kystbeskyttelse

Ved valg af designhændelse til fastlæggelse af sikringsniveauet, se definition af sikringsniveauet i afsnit 1.2, for de kysbeskyttende konstruktioner, er det generel praksis at vælge mellem:

1) En statistisk returperiode for at en hændelse indtræffer, f.eks. 50, 100 eller 1000-års returperiode.
2) En specifik ekstrem hændelse, f.eks. stormfloderne i 1872, 1904 og 2023.

Begge tilgange anvendes ifm. kystbeskyttelsesprojekter og valg af metode afhænger af lokal kontekst, den ønskede risikoprofil og det tilgængelige datagrundlag. Af tabel 3-1 findes eksempler fra andre projekter, hvor det er en given statistisk returperiode, der ligger til grund for sikringsniveauet, og af tabel 3-2 findes eksempler, hvor det er en specifik ekstrem hændelse, der danner grundlaget.

Tabel 3-1: Eksempler på projekter, hvor sikringsniveauet er baseret på returperioder.

Projekt	Anvendt returperiode	Status
Højvandssikring af Lemvig	500-års hændelse i år 2012 svarende til et sikringsniveau i +2,1 m DVR90.	Udført 2012
Stormflodssikring af Korsør bymidte	100-års hændelse i år 2070.	Under planlægning
Lynetteholmen, København	1000-års hændelse i år 2070 med mulighed for fremtidig udbygning til 1000-års hændelse frem mod år 2200.	Under udførelse
Aabenraa Havn	100-års hændelse i år 2121.	Under planlægning
Marina City, Kolding	100-års hændelse i år 2100.	Under udførelse
Rødvig Strand	50-års hændelse i år 2075.	Under planlægning
Højvandssikring af Gråstens Havnefront	100-års hændelse i år 2070.	Under planlægning

Tabel 3-2: Eksempler på projekter, hvor sikringsniveauet er baseret på ekstremhændelser.

Projekt	Anvendt returperiode	Status
Stormflodssikring af Jyllinge Nordmark	Sikringsniveauet (+2,40 m DVR90 inkl. klimatillæg) er bestemt med udgangspunkt i vandstanden under stormen Bodil i 2013, hvor der blev målt højeste vandstand i kote +2,06 m DVR90 i Roskilde Havn.	Udført 2021
Stormflodssikring af Roskilde Inderhavn	Sikringsniveauet (inkl. klimatillæg) er bestemt med udgangspunkt i vandstanden under stormen Bodil i 2013, hvor der blev målt højeste vandstand i kote +2,06 m DVR90 i Roskilde Havn.	Udført 2017
Kystsikring af Solrød Strand	Sikringsniveau i +2,8 m DVR90 svarende til stormflods-hændelsen i 1872. For enkelte delområder i kommunen, tæt ved kysten, er der dog valgt lavere sikringsniveau, som planlægges forhøjet senere.	Udført 2023/2024
Køge Kyst SH4	Sikringsniveau i +2,6 m DVR90 (inkl. bølgetillæg men ekskl. klimatillæg) svarende til stormflods-hændelsen i 1872.	Under udførelse

Forud for udarbejdelsen af dette dispositionsforslag er begge tilgange for valg af designhændelse blevet behandlet i ref. [3], [4] og [5], hvorfor der henvises hertil for yderligere oplysninger.

På baggrund af politiskindstilling fra forvaltningen er det af politikkerne i Haderslev Kommune på kommunalbestyrelsesmøde den 29. april 2025 valgt, at der for projektet skal anvendes en

designhændelse svarende til stormen den 20. og 21. oktober 2023 (Oktoberstormen 2023).

Det er i ref. [5] vurderet, at det for projektet kan anbefales at bestemme sikringsniveauet på baggrund af Oktoberstormen 2023, da dette var en ekstrem hændelse, der ikke er set siden år 1904.

3.5 Designvandstand

I dette afsnit præsenteres designvandstanden anvendt på projektet. Som tidligere beskrevet består denne af ekstrem vandstand, klimatillæg og isostatisk landhævning. I de følgende underafsnit præsenteres hvert af disse bidrag.

Designvandstanden for Sandvig Bugt er bestemt til:

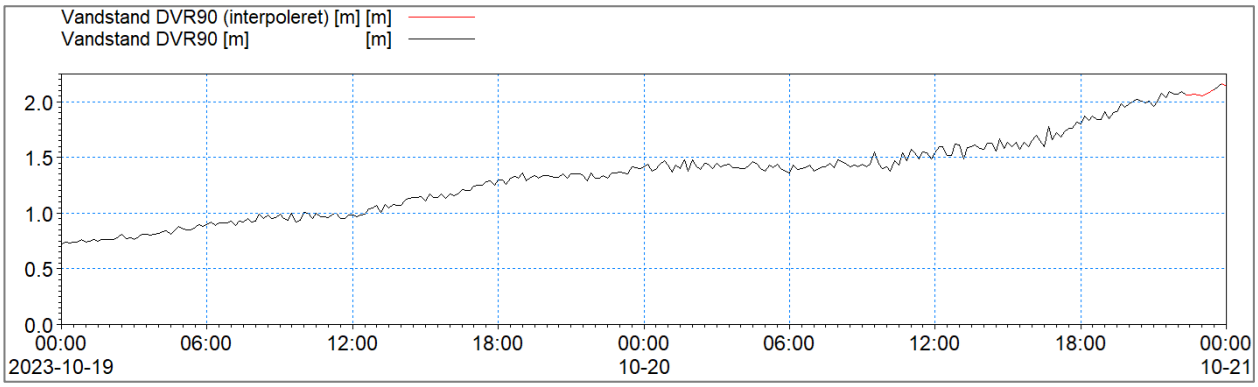
Designvandstand gældende for nutid (målt 20. oktober, 2023 i Aabenraa Havn):	**+2,16 m DVR90**
Designvandstand gældende for år 2075 inkl. klimatillæg (SSP2-4,5) og justeret for landhævning:	**+2,43 m DVR90**

3.5.1 Ekstrem vandstand

Fastlæggelse af ekstrem vandstand for Oktoberstormen 2023 er baseret på målte vandstande fra Aabenraa Havn, hvor der under stormflodshændelsen blev målt en vandstand på op til +2,16 m DVR90, se ref. [4] og [5]. Det kategoriseres som en ekstrem hændelse, idet den målte vandstand overstiger den statistiske vandstand, der har en returperiode på 100 år (+2,07 m DVR90), se ref.[3]. På figur 3-1 ses tidsserie af vandstanden under Oktoberstormen 2023.

Der er anvendt måledata fra Aabenraa Havn, da der ikke gennemføres vandstandsmålinger i Sandvig bugt. Det er vurderet iht. ref. [3], at forholdende i Aabenraa Havn er repræsentative for forholdene i Sandvig bugt.

For Oktoberstormen 2023 er der anvendt en ekstrem vandstand for Sandvig bugt på: **+2,16 m DVR90**



Figur 3-1: Tidsserie af vandstandsmålinger fra Aabenraa Havn fra stormen den 20. oktober 2023.

3.5.2 Klimatillæg

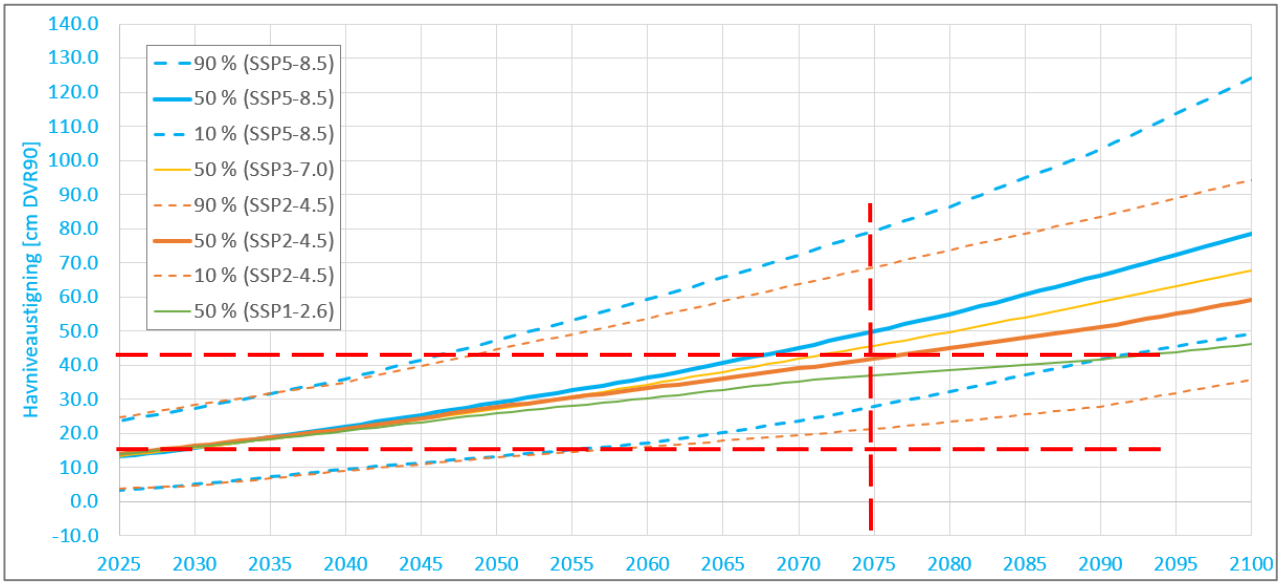
Det er i ref. [3] anbefalet, at der ved fastlæggelse af klimatillægget tages udgangspunkt i de nationale prognoser for klimabetingede havspejlsstigninger, der er udgivet på websitet www.klimaatlas.dk af Danmarks Meteorologiske Institut (DMI). Prognoserne er udarbejdet med udgangspunkt i den seneste hovedrapport fra IPCC samt DMI's egne data.

Regional fremskrivning for havniveaustigning for området (Lillebælt Syd) indeholdende Sandvig bugt og for udvalgte udledningsscenarier (SSP-scenarier) er vist på figur 3-2. Som det fremgår af figuren, så er der en betydelig usikkerhed i prognoserne, hvorfor det er anbefalet at holde øje med både den faktiske vandstandsstigning og prognoserne efter kystbeskyttelsen er anlagt.

På projekt er det i ref. [3] anbefalet at tage udgangspunkt i klimascenariet SSP2-4,5, hvilket er det mellemhøje udledningsscenarie. Anbefalingen er begrundet med, at der for projektet ikke er kritisk infrastruktur (såsom metro), der skal beskyttes, hvorfor der ikke er et højt krav til robusthed af beskyttelsen. Ligeledes er de kystbeskyttende konstruktioner (skråningssikring, klitdige mv.) alle adaptive løsninger, som uden større komplikationer og konsekvenser kan forhøjes og tilpasses i fremtiden, hvis prognoserne ændrer sig.

Baseret på anbefaling i ref. [3] om at kystbeskyttelsen designes for at tage hensyn til den forventede havniveaustigning i år 2075 (svarende til en levetid af konstruktionen på 50 år), skal der for klimascenarie SSP2-4,5 anvendes et **klimatillæg på 29 cm**.

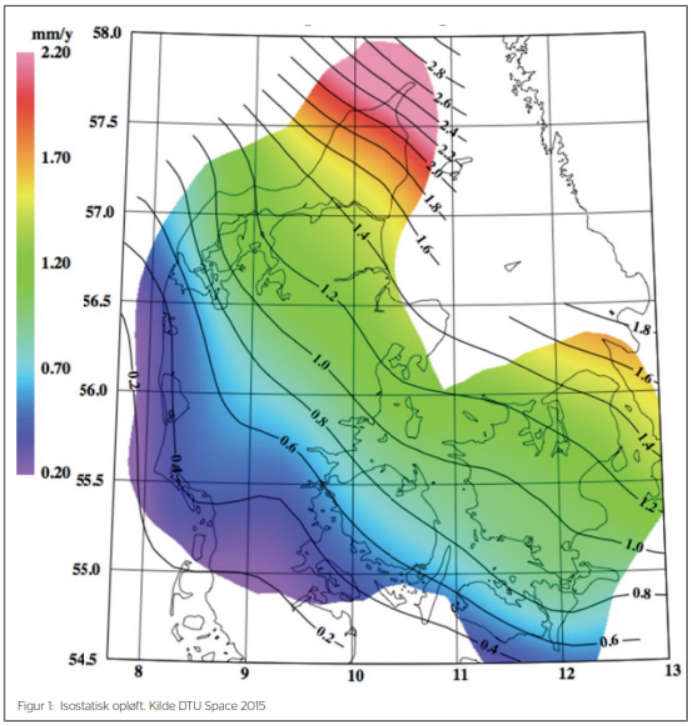
Idet ekstrem vandstanden i afsnit 3.5.1 er defineret ud fra 2024-niveau, er havstigninger fra referenceperioden (1995) og frem til år 2024 allerede inkluderet i vandstanden. Bidraget for ændringen af middelvandstanden grundet klimaændringer indeholder dermed alene stigningen fra år 2024 til 2075.



Figur 3-2: Forventet havniveau i cm med vertikalreference DVR90 for området SD1 (Lillebælt Syd) jf. DMI's Klimaatlas. Fremskrivninger er vist for en række udledningsscenarier. Havniveaustigningen er 0 cm for år 1995.

3.5.3 Isostatisk opløft

Estimaterne for hævningen af havniveauet korrigeres for isostatisk opløft (landhævning). For området ved Sandvig bugt er der en årlig landhævning på ca. 0,04 cm/år, svarende til at der vil ske en total landhævning på 2,0 cm i perioden frem til 2075.



Figur 3-3: Isostatisk opløft på tværs af landet i mm/år, kilde: DTU Space 2015.

3.6 Vindforhold

Der findes ingen vindmålinger direkte ved Sandvig Bugt. Til vurdering af vindforholdene er der derfor analyseret data fra tre nærliggende målestationer, som alle registrerer 10-minutters og 1-times middelvindhastigheder og -retninger målt 10 meter over terræn:

- Assens/Torø (st. nr. 06123), placeret i terrænkote +3,4 mDVR90 (dataperiode: 2001 – nu)
- Kegnæs Fyr (st. nr. 06119), placeret i terrænkote +17,0 mDVR90 (dataperiode: 2002 – nu)
- Sønderborg Lufthavn (st. nr. 06118), placeret i terrænkote +7,3 mDVR90 (dataperiode: 2004 – nu)

De 3 målelokaliteter er vist på Figur 3-4.

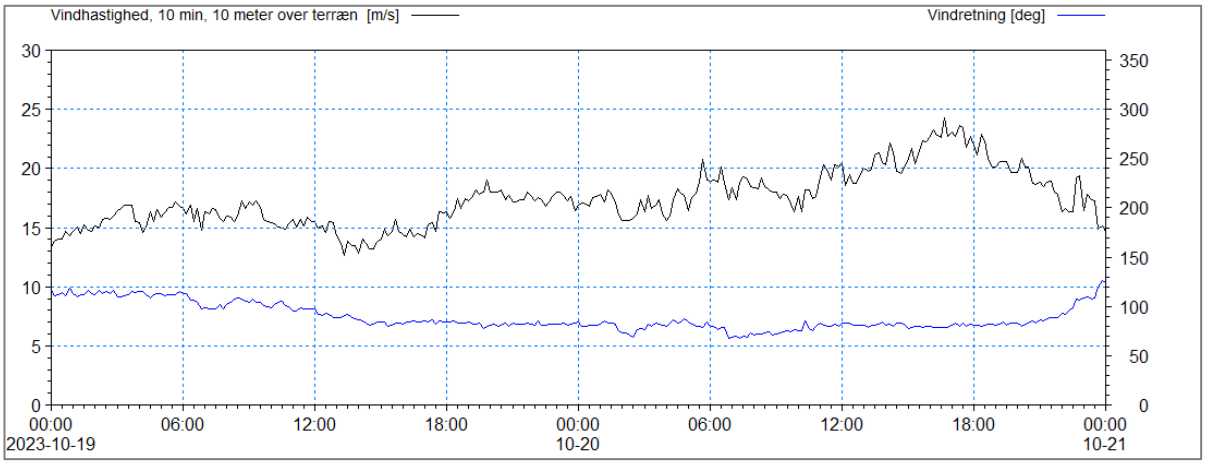
Figur 3-4: Placering af relevante vindmålere nær Vores Kyst-området.

Vindmålinger fra Kegnæs Fyr vurderes at være repræsentative for de vindforhold, der vil generere bølger op mod Sandvig Bugten, når vinden kommer fra retningerne ca. 45° - 135°, imens vindmålinger ved Assens vurderes at være repræsentative for vindforhold fra retninger 180°-225°. De resterende retninger vurderes at skabe fralandsbølger, som ikke vil være kritiske designet af kystbeskyttelsen.

I nærværende projekt anvendes stormfloden fra oktober 2023 som dimensionsgivende design hændelse. I Figur 3-5 præsenteres vindens forløb (middelvind og retning) under stormhændelsen i to-døgns perioden fra den 19. oktober til den 21. oktober 2023. Der er tale om 10-minutters middelvindhastigheder og -retning målt ved Kegnæs Fyr, som vurderes at være den mest repræsentative målestation for denne hændelse.

Vindhastigheden overstiger generelt 15 m/s i hele perioden (peaker ved 24,3 m/s) og vindretningen er vedvarende fra østlig retning og varierer mellem 70°- 120°.

Det bemærkes at vindhastigheder fra Kegnæs Fyr er nedskaleret med 13.6 % for vindretninger mellem 45° og 247,5°. Dette skyldes at vindmålingerne ved Kegnæs Fyr foretages i en højde af 27 meter over havoverfladen (10 m over terræn). For det angivne vinkelrum foretages korrektionen svarende til at målingen var foretaget 10 m over havoverfladen, hvilket vurderes at give et mere nøjagtigt estimat af vindforholdene.



Figur 3-5: Tidserie for 10-minutters middelvind, målt ved Kegnæs Fyr under oktober-stormen i 2023 her vist i to-døgns perioden fra 19-10-2023 til 21-10-2023. Bemærk at vindhastigheden er nedskaleret svarende til en korrektion af vindhøjden fra +27 til +10 meter.

Sammenholdes vindtidsserien med den målte vandstand fra Aabenraa Havn (Figur 3-1), fremgår det, at maksimal vandstand opstod ca. kl. 24.00 den 20. oktober 2023. Den maksimale vandstand indtraf derfor ca. 6 timer senere end den maksimale vindhastighed.

En uddybet beskrivelse af vindforholdene for området, herunder retningsopdelte ekstremværdier, fremgår af tidligere notat omkring bølgemodellering, ref. [4].

3.7 Bølgeforhold

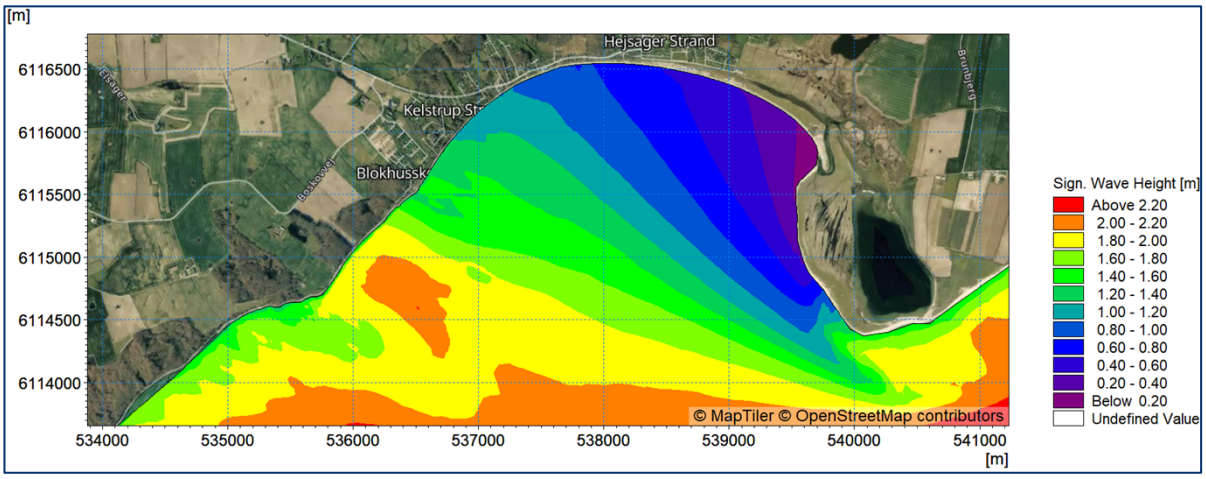
Bølgeforholdende under stormfloden i oktober 2023 er modelleret i modelleringsværktøjet MIKE 21 SW. Stormen er modelleret således, at der tages hensyn til variationen i vind- og vandstandsforhold over tid, i henhold til de forløb som er vist på Figur 3-1 og Figur 3-5. Ved modellering af bølgeforholdene er der desuden taget hensyn til de forventede vandspejlsstigninger frem mod år 2075.

Der foreligger ikke data til en kalibrering af modellen, hvorfor nogle antagelser og forudsætninger ift. modelindstillinger er baseret på Rambølls erfaringer fra lignende områder kombineret med anbefalinger fra MIKE SW-manualen.

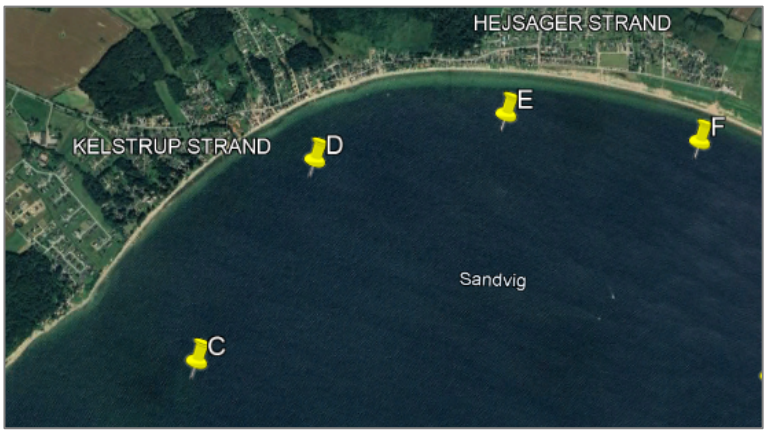
På Figur 3-6 ses de maksimalt modellerede bølgeforhold i Sandvig Bugt under oktober-stormen 2023, for hver enkelt beregningscelle under stormen inden for modelområdet. Det skal bemærkes, at disse maksimale værdier ikke nødvendigvis indtræffer på samme tidspunkt.

For at illustrere den tidslige variation i bølgeforholdene under stormhændelsen præsenteres bølgetidsserier for en række udtrækspunkter langs projektområdet. Placering af udtrækspunkterne C-F er vist på Figur 3-7 og de tilhørende bølgetidsserier fremgår af Figur 3-8. Af disse tidsserier fremgår det, at bølgehøjderne topper umiddelbart før kl. 18:00 og igen lige før midnat den 20. oktober, hvor vinden er drejet om i en mere sydlig retning, hvilket særligt giver højere bølger i den østlige del af bugten.

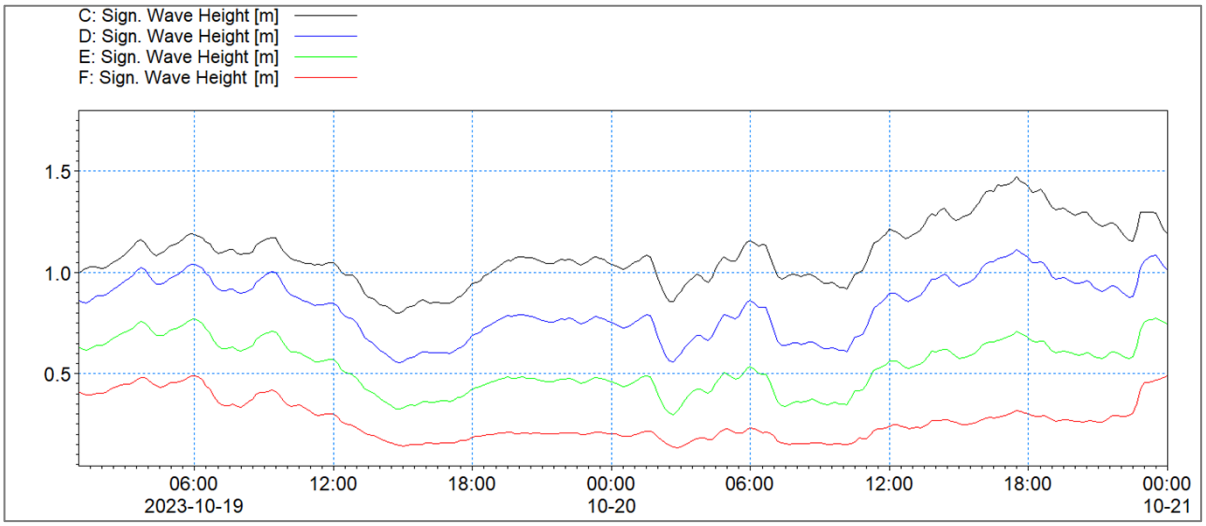
De maksimale bølgehøjder i hvert udtrækspunkt er desuden angivet i Tabel 3-3.



Figur 3-6: Maksimale modellerede bølgeforhold i Sandvig Bugt under oktober-stormen 2023 inkl. klimatillæg på 27 cm (inkl. landhævning) svarende til en fremskrivning af middelvandstanden frem mod år 2075.



Figur 3-7: Udtrækspunkter fra bølgemodelleringen.



Figur 3-8: Tidsserie af de modellerede bølgeforhold under en hændelse svarende til stormfloden fra oktober 2023 tillagt et klimatillæg på 27 cm (inkl. landhævning) svarende til en fremskrivning af middelvandstanden frem mod år 2075.

Tabel 3-3: Maksimalt forekomne bølgeforhold ved de fire udtrækspunkter C-F jf. Figur 3-7. Bemærk at bølgehøjder er rundet op til hele decimeter.

Pos.	Pkt. C	Pkt. D	Pkt. E	Pkt. F
Øst-koordinat [m UTM32]	536951,6	537383,0	538155,3	538948,8
Nord-koordinat [m UTM32]	6115216,0	6116073,5	6116281,2	6116174,7
Havbundskote [m DVR90]	-5,6	-11,2	-8,2	-10,5
Bølgehøjde, H_{m0} [m]	1,5	1,1	0,8	0,6
Bølgeperiode, T_p [s]	5,8			

3.8 Hyppighed og varighed af højvandshændelser

Til vurdering af hyppighed og varighed af højvandshændelser i Sandvig Bugt er der taget udgangspunkt i vandstandsmålinger fra Aabenraa Havn, som vurderes at være den mest repræsentative målestation for projektområdet. En nærmere beskrivelse af de relevante målestationer og deres repræsentativitet fremgår af ref. [3].

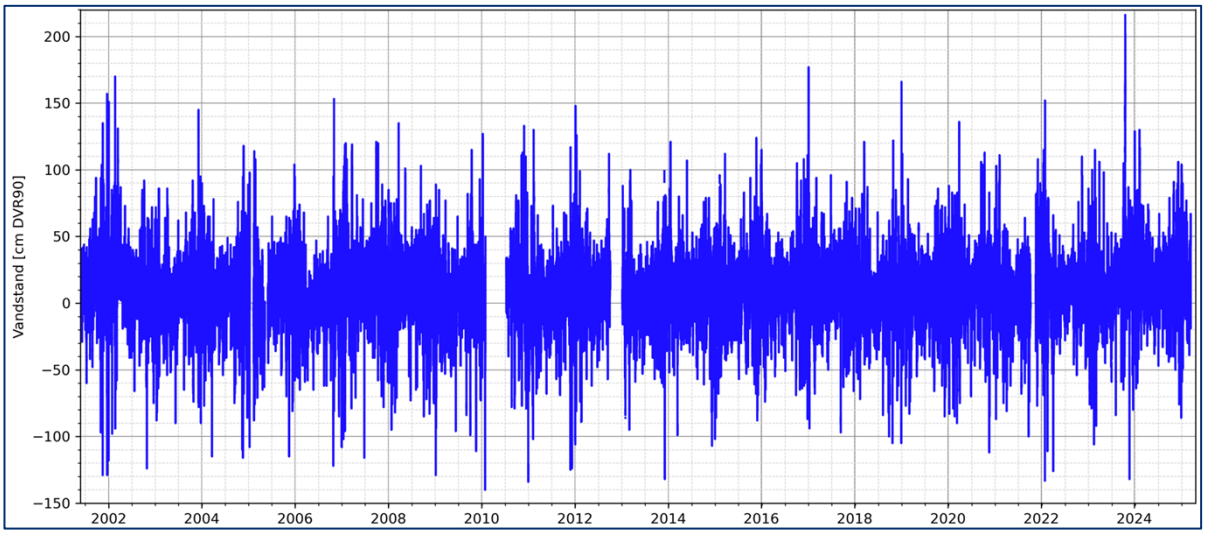
Til indledningsvis vurdering af hyppigheden af højvandssituationer i relation til lukning af højvandsporte, er der taget udgangspunkt i følgende to lukkekriterier for udløb ved Hejsager Bæk og Ulvekær Bæk:

Tabel 3-4: Anvendte lukkekriterier for udløb i Vores Kyst området.

Udløb	Lukkekriterie
Hejsager Bæk	+0,7 m
Ulvekær Bæk	+1,0 m

Baseret på observationsdata fra perioden maj 2001 – april 2025 (Aabenraa Havn, stationsnr. 26239) er der udledt overskridelsessandsynligheder for vandstanden. Vandstanden er i perioden logget hvert 10. minut og overskridelsessandsynligheden er beregnet på baggrund af denne

tidsserie med 10-minutters værdier. Tidsserien fra målestationen er afbilledet på Figur 3-9 og tilhørende karakteristika fra observationsperioden er angivet i Tabel 3-5.



Figur 3-9: Observerede vandstand i Aabenraa i perioden maj 2001 – april 2025. De angivne vandstand er 10-minutters værdier

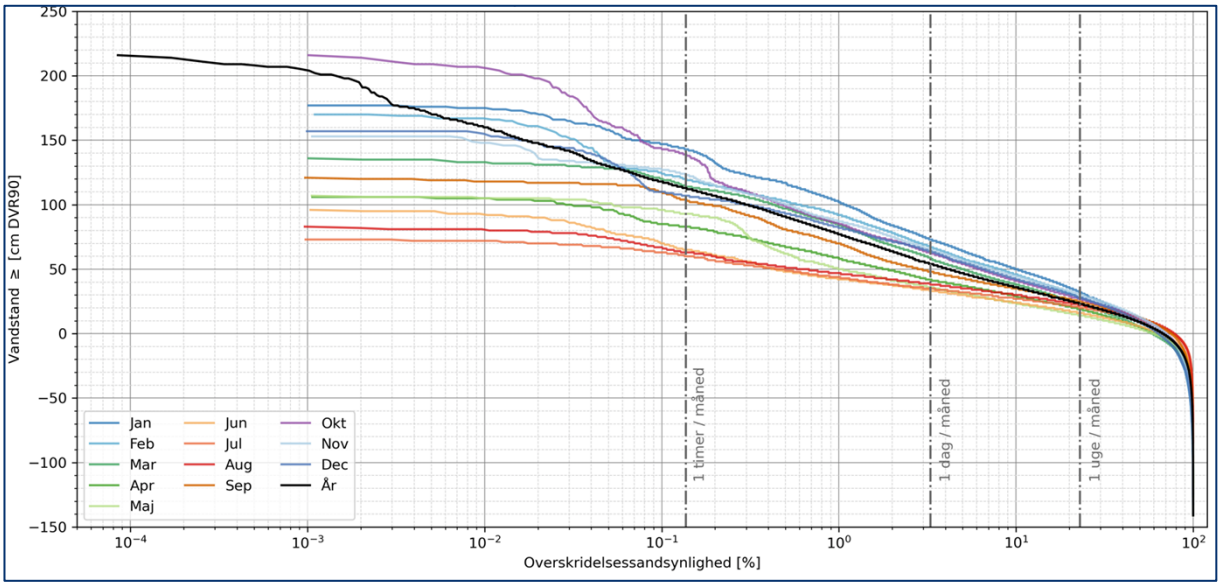
Tabel 3-5: Karakteristika for vandstandsmåler i Aabenraa Havn, anvendt til statistisk analyse af hyppigheder for højvande.

Vandstandsmåler	Aabenraa Havn, st. 26239
Tilgængelig måleperiode	25-05-2001 til 23-04-2025
Dataindsamlingsfrekvens	Hvert 10. minut
Samlet datalængde fratrukket målerudfald og outliers [år]	22,7
Mindste observeret vandstand [m DVR90]	-1,41
Højeste observeret vandstand [m DVR90]	+2,16

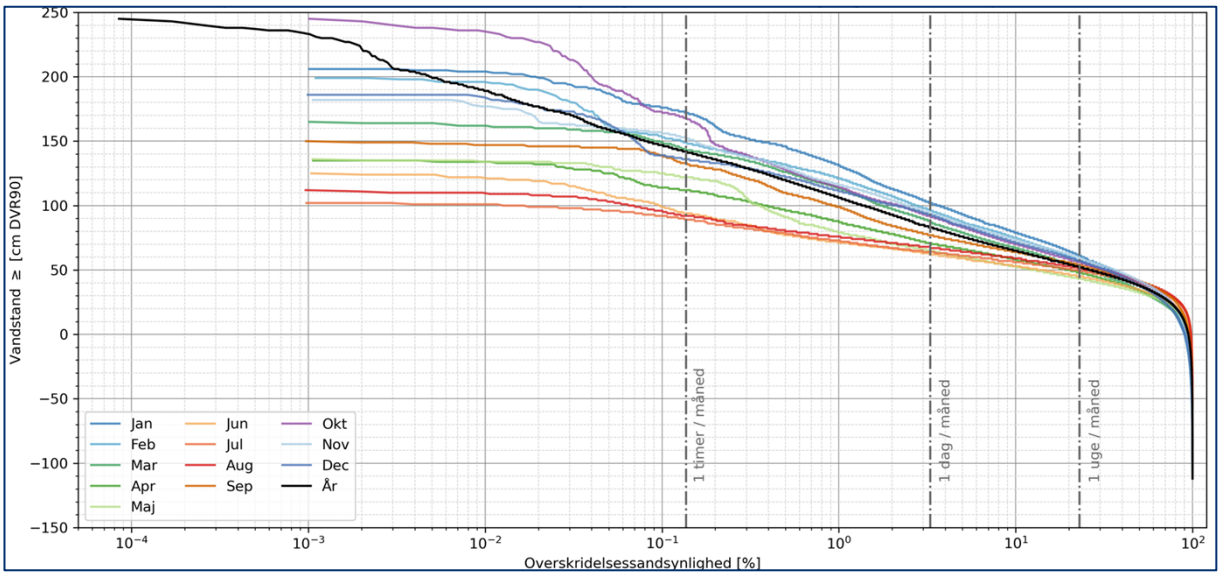
Overskridelsessandsynligheden for vandstanden er vist på Figur 3-10 og Figur 3-11 for henholdsvis nutidige forhold og fremtidige forhold for år 2075, hvor der er indregnet en generel vandstandsstigning på 29 cm i vandstandstidsserien. Der gøres opmærksom på, at de månedsopdelte overskridelsessandsynligheder er normaliseret i forhold til den pågældende måned, så fordelingen af vandstanden inden for en given måned fremgår direkte.

De angivne kurver for overskridelsessandsynligheden kan anvendes til at identificere, hvor ofte vandstanden overskrider en given tærskelværdi (procentdel af tid hvor vandstand ≥ tærskelværdi). Som hjælp til aflæsning af kurverne er en række referencehændelser indtegnet med lodret, stiplede streger til brug for aflæsning af månedskurverne:

- Overskridelsessandsynlighed for vandstand der overskrides 1 uge / måned
- Overskridelsessandsynlighed for vandstand der overskrides 1 dag / måned
- Overskridelsessandsynlighed for vandstand der overskrides 1 time / måned



Figur 3-10: Overskridelsessandsynlighed for højvande for perioden maj 2001 – marts 2025. Estimater er eksklusiv klimabetinget havspejlsstigning. Overskridelsessandsynlighed beregnes på baggrund af 10-minutters værdier.



Figur 3-11: Overskridelsessandsynlighed for højvande for perioden maj 2001 – marts 2025. Estimater er inklusiv klimabetinget havspejlsstigning på 29 cm. Overskridelsessandsynlighed beregnes på baggrund af 10-minutters værdier.

På baggrund af overskridelsessandsynlighederne er det muligt at se, hvor stor en andel af tiden vandstanden er over et givent niveau, og dette kan omregnes til et gennemsnitligt antal dage, hvor højvandskriterierne er overskrevet. Af Tabel 3-6 ses antallet af forventede dage på et gennemsnitligt år, hvor højvandskriterierne overskrides, imens Tabel 3-7 angiver det forventede antal dage på månedsbasis.

Det ses at en vandstand på +0,7 m eller derover, kan forventes at forekomme ca. 5 dage per år for nutidige forhold. Dette ses at ændres til ca. 25 dage om året i år 2075. Der findes også en

tydelig sæsonvariation hen over året, hvor kriterierne hyppigst overskrides i vintermånederne november til februar.

Tabel 3-6: Antal dage per år med overskridelse af højvandskriterier baseret på perioden maj 2001 – marts 2025.

Vandspejlskote [m DVR90]	Gennemsnitlig andel af tiden med overskridelse [%]	Gennemsnitlig antal dage per år med overskridelse [dage/år]
+0,7	1,4	5,2
+1,0	0,3	1,1
+0,7 (år 2075)	6,9	25,3
+1,0 (år 2075)	1,3	4,9

Tabel 3-7: Antal dage per måned med overskridelse af højvandskriterier baseret på perioden maj 2001 – marts 2025.

Vandspejlskote [m DVR90]	Gennemsnitlig antal dage per måned med overskridelse af tærskel højvandstand [dage/måned]											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec
+0,7	1.2	0.8	0.6	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.3	0.7	0.8	0.7
+1,0	0.3	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1
+0,7 (år 2075)	4.8	3.5	2.5	1.0	0.6	0.3	0.4	0.7	1.7	3.0	3.6	3.2
+1,0 (år 2075)	1.1	0.8	0.5	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.3	0.7	0.7	0.6

Foruden den statistisk forventede antal dage med overskridelse af de givne tærskelværdier, er varigheden af de enkelte højvandshændelser også bestemt, se Tabel 3-8. Varigheden er givet ved både den gennemsnitlige varighed samt en øvre grænse svarende til 90%-percentilen, dvs. den varighed, hvor kun 10 % af hændelserne har længere varighed.

Tabel 3-8: Hyppighed og varighed af højvandshændelser baseret på perioden maj 2001 – marts 2025. Ved beregning af varigheden, er hændelser over tærskelværdien med under 4 timers indbyrdes afstand eller mindre, lagt sammen under én hændelsen.

Vandspejlskote [m DVR90]	Gennemsnitlig antal hændelser per år [hændelser/år]	Gennemsnitlig varighed per hændelse [timer/hændelse]	Gennemsnitlig varighed per hændelse, Øvre 90%-percentil [timer/hændelse]
+0,7	13	11	23
+1,0	4	9	17
+0,7 (år 2075)	55	13	28
+1,0 (år 2075)	13	11	23

3.9 Jordbunds- og grundvandsforhold

På projektet er der indledningsvist foretaget en arkivsøgning indeholdende indsamling og gennemgang af tilgængelige eksisterende geotekniske og hydrogeologiske data for det samlede projektområde. I den forbindelse er der udvalgt 17 boringer, som anses for at være repræsentative for området. Resultatet af arkivsøgningen er afrapporteret i ref. [8], og der henvises hertil for yderligere oplysninger.

Derudover er der af Cowi udarbejdet geoteknisk undersøgelsesrapport vedr. Blokhusskoven og Kelstrup Klint, som er afrapporteret i ref. [9].

På baggrund af arkivsøgningen og Cowi's rapport er der udarbejdet projekt og udbud for gennemførelse af supplerende geotekniske boringer. Disse er i skrivende stund ved at blive udført

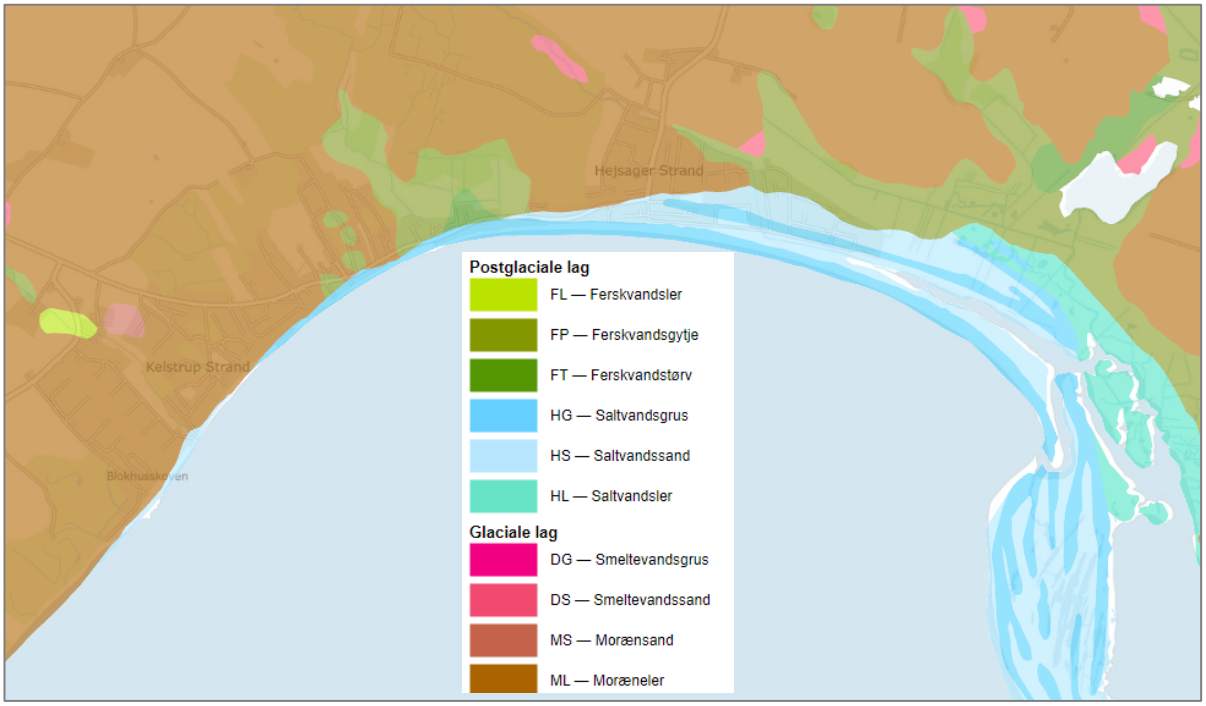
af Franck Miljø- og Geoteknik, og resultatet af de supplerende boringer forventes først afleveret efter færdiggørelsen af nærværende opdatering af dispositionsforslaget. Resultaterne vil således først kunne indgå i detailprojekteringen.

3.9.1 Geologi

Af jordartskortet præsenteret i Figur 3-1 fremgår det, at projektområdet er omfattet af forskellige intakte postglaciale og glaciale jordlag, herunder særligt ferskvandgytje/-tørv i de lavt liggende engområder og moræneler på de højereliggende områder. Da projektområdet ligger helt ud til kysten ses også større saltvandsaflejringer af ler og grus.

Det er særligt Grønkæret og området bag Hejsager Strandby der er domineret af ferskvandgytje/-tørv, mens Hejsager Strandvej og Strandby er domineret af saltvandsaflejringerne. Ved Kelstrup Strand og Blokhusskoven er det overvejende moræneler som dominerer, dog med indslag af saltvandsaflejringer langs kysten og mindre områder med bløde ferskvandsaflejringer.

Ferskvandsgytje/-tørv er kendetegnet ved at have et højt indhold af organisk materiale og et meget stort vandindhold, hvilket resulterer i, at de er meget bløde, stærkt sætningsgivende og uegnet til direkte fundering af anlæg og konstruktioner. Saltvandsaflejringerne og særligt moræneleret er derimod kendetegnet ved at være kompetente aflejringer ift. fundering. For saltvandsaflejringerne kan det dog variere meget, men vurderes generelt kompetent til fundering af klitdiger, diger mv.



Figur 3-1: Jordartskort 1:25.000 over projektområdet, ref. [10].

3.9.2 Grundvand

Langs kysten ses det af tidligere geotekniske undersøgelser, se ref. [8] og [9], at grundvandsspejlet generelt ligger mellem kote +0,0 og +1,0 m, hvilket er typisk for kystnær placering. Det forventes, primært for de permeable aflejringer så som sand og grus, at grundvandsspejlet følger vandstanden i bugten med nogen forsinkelse og udjævning. Havandsspejlets påvirkning af grundvandsspejlet aftager med stigende afstande til kysten.

Derudover er der for højere liggende områder, særligt Blokhusskoven, registreret et sekundært grundvandsspejl, som ligger fire til fem meter højere end det primære vandspejl, se ref. [9] og [11].

Der henvises til afrapporteringen i ref. [8], [9] og [11] for en mere udførlig beskrivelse af grundvandsforholdene.

3.9.3 Forurening

På projektet er der for nuværende ikke foretaget undersøgelse af om der forekommer forurening af jorden indenfor projektområdet.

Der er foretaget en søgning vedr. kortlægning af forurening (V1 og V2) inden for området, og af denne kan det konkluderes, at der for de områder, som forventes direkte påvirket af kystbeskyttelsen ikke forekommer kortlagt forurening.

I den næste fase af projektet bør det afklares om og eventuelt i hvilket omfang der skal udtages jordprøver til miljøanalyse for afdækning af evt. forurening. Det vurderes dog kun at være relevant i det tilfælde, hvor jord skal bortgraves og deponeres udenfor pågældende matrikel/projektet. For nuværende forventes størstedelen af opgravet jord, herunder vækstlag, at kunne genindbygges i de pågældende konstruktioner, men mindre mængder jord må forventes bortskaffet/deponeret.

Det skal bemærkes, at de bløde aflejringer som tørv og gytje ofte indeholder naturlige kulbrinter, som overstiger grænseværdierne for forurening. I disse tilfælde skal der aftales nærmere med miljømyndigheden om hvordan disse skal håndteres.

Derudover må jorden i et vist omfang forventes at indeholde byggeaffald i form af brokker, mursten mv. Håndtering af sådan forurening forventes først endeligt afdækket ifm. udførelsen, og håndteres efter gældende deponeringsregler.

3.10 Eksisterende forhold

Det samlede projektområde og de enkelte delstrækninger er beskrevet i indledningen og resumeet, afsnit 1 hhv. 2. Derfor er der i nærværende afsnit kun fremhævet øvrige og særlige eksisterende forhold.

3.10.1 Adgangsforhold

Adgang til projektområdet kan enten ske via Kelstrupvej eller Hejsager Strandvej, som begge er offentlige, asfalterede veje. Fra disse veje skal adgangen til arbejdspladser og -områderne langs kysten og på engen bag Hejsager Strandby delvist ske over private matrikler og via privat fællesvej i de tilfælde, hvor der ikke er direkte adgang til arbejdsområderne fra offentlig vej. Adgang til arbejdsplads og -områder er nærmere beskrevet i afsnit 14.

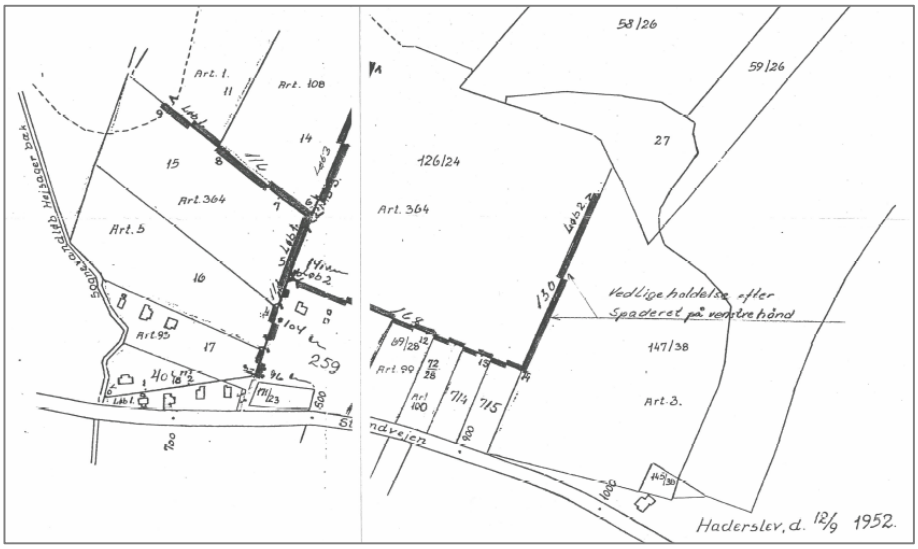
3.10.2 Kelstrup Strand – Højvandsmure

På en større strækning på Kelstrup Strand mellem Kelstrup Skovvej og Hejsager Bæk er der højvandsmure (eller mure til erosionssikring) i varierende højde – mellem 0,5 og 2,5 m. Tilstanden af disse er meget varierende, hvor nogle er totalt kollapsede mens andre er nye og genopbygget efter Oktoberstormen 2023. Forskellige mure og deres tilstand ses af nedenstående figurer.

Figur 3-12: Eksisterende højvandmure på Kelstrup Strand.

3.10.3 Grønkæret – Grøfter, højvandslukke og pumpe

I Grønkæret er der tilbage i 1950'erne udført grøfter for afvanding af området nord for sommerhusene, samt er der lagt en ø400 rørledning i stien bag Hejsager Strandvej nr. 262 – 268. Rørledningen leder vandet fra grøfterne til Hejsager Bæk lige nord for strandvejen. Den oprindelige projekttegning fremgår af Figur 3-13. Tilstanden af grøfterne er vurderet som værende dårlig, da de generelt, fra hvad der kan inspiceres "tørskoet", ikke er vedligeholdt ved oprensning. De vurderes dog stadig at have en mindre ledningsevne af overfladevand i Grønkæret. Tilstanden af rørledningen kendes ikke, men må forventes at være dårlig efter ca. 70 år i jorden, hvor lokale sætninger kan have forekommet. Røret vurderes dog stadig at have en vis ledningsevne.



Figur 3-13: Eksisterende grøfter i Grønkæret samt ø400 rørledning til Hejsager Bæk.

Ved vejunderføringen af Hejsager Bæk under Hejsager Strandvej findes der i dag et højvandslukke og en skatrørspumpe, der ejes og drives af "Hejsager Bæk pumpe- og sluselag". Højvandslukke og pumpe fremgår af Figur 3-14.

Det er oplyst af pumpe- og sluselaget, at pumpen har en kapacitet på 8 m³/min (133 l/s), men at der ofte er situationer, hvor den ikke kan følge med afstrømningen i bækken. I disse situationer øges kapaciteten ved at leje en traktorpumpe, der har en kapacitet 35 – 40 m³/min, således den samlede kapacitet øge til mellem 40 – 45 m³/min (667 - 750 l/s). I helt ekstreme situationer har det været nødvendigt at leje to traktorpumper, så den samlede pumpekapacitet kommer op på 70 – 80 m³/min (1167 - 1333 l/s).

Pumpe- og sluselaget har desuden oplyst, at højvandslukket lukker ved et vandspejl i ca. 70 cm over dagligvand, hvilket er vurderet svarende til ca. kote +0,70 m.

Figur 3-14: Eksisterende højvandslukke og skaktrørspumpe ved vejunderføringen af Hejsager Bæk.

3.10.4 Hejsager Strandby – Højvandslukke og dige

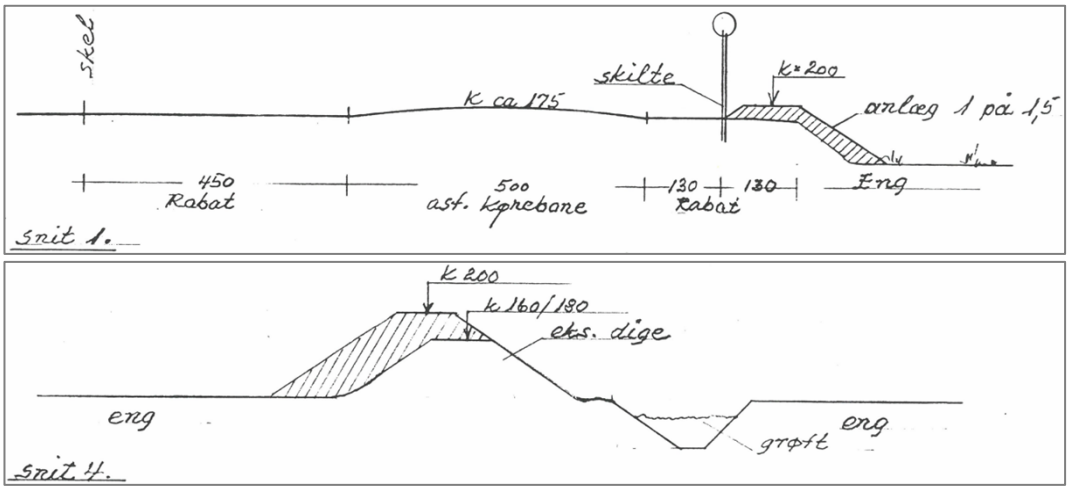
Ved vejunderføringen af Ulvekær Bæk under Hejsager Strandby findes der i dag et højvandslukke, der sidder på nedstrøms siden af underføringen. Højvandslukket fremgår af Figur 3-15.

Det er oplyst, at højvandlukket under normale forhold vurderes at begrænse afstrømningen fra bækken, da det har en mindre diameter end underføringsrøret, og derfor resultere i en reduktion af ledningsevnen. Det er med til at forværre oversvømmelse fra bækken af lavtliggende områder i Hejsager Strandby.

Figur 3-15: Eksisterende højvandslukke ved vejunderføringen af Ulvekær Bæk.

I den østlige del af Hejsager Strandby findes eksisterende dige, som løber fra underføringen af Ulvekær Bæk, langs vejen ned til strandgrillen, bag om denne og udover ferskvandsegen. Placeringen fremgår af Figur 3-16. Opbygningen af diget er generelt som vist på Figur 3-17, men af tilgængelige oplysning kan det ikke konkluderes, hvad diget er opbygget af. Det forventes dog at være et leret materiale, som kan indgå i udvidelsen af diget, hvor der er behov for dette.

Figur 3-16: Eksisterende dige ved Hejsager Strandby (markeret med rød streg).



Figur 3-17: Opbygning af eksisterende dige ved Hejsager Strandby ved hhv. vejen (øverst) og engen (nederst). Koter er DNN, mål er i cm.

3.10.5 Badebroer og adgangstrapper

På den samlede strækning er det vurderet, at der er mellem 8 og 12 badebroer. Det præcise antal er ikke opgjort, og det synes ikke muligt at opgøre ud fra luftfoto, da antallet varierer fra udbyder til udbyder af luftfotos. I næste fase vil det præcise antal blive opgjort ved besigtigelse i højsæsonen for badende, hvor samtlige broer må forventes opstillet.

Langs stranden er der i den vestlige ende adgang via trapper ned over skrænten. Størstedelen af disse går fra private grunde direkte til strand, mens et mindre antal vedr. adgang fra offentlige og private fælles stier. Antallet fra private grunde er ikke opgjort, og vil blive undersøgt nærmere i næste fase. Ved Blokhusskoven, i den vestlige ende, og mellem Kelstrup Klint og Bramsensgårdvej er der to adgangstrapper ned over skrænten. Den ved Blokhusskoven er permanent afspærret, da tilstanden af denne er meget dårlig, og med risiko for ulykker (fald) ved anvendelse. Den anden er stadig åben, men tilstanden vurderes at være dårlig bl.a. som følge af at trappen er skredet ud.

3.11 Eksisterende ledninger

Der er foretaget indhentning af eksisterende ledningsoplysninger i Ledningsejerregistret (LER). Alle indhentede ledningsoplysninger er vist i tegningsmaterialet, og vil blive anvendt i den endelige projektering til planlægning af placering af nye ledninger.

Indenfor projektområdet forventes der at være flere private ledninger, som ikke er registreret. Særligt bør der langs kysten foretages en ledningsbesigtigelse for at afdække antallet. Det er dog sandsynligt at langt fra alle disse private ledninger bliver kortlagt inden udførelsen, og der skal derfor under udførelsen forventes håndtering af disse ukendte ledninger.

4. Sikringsniveau

Som beskrevet under afsnit 3.4 så er der for projektet valgt, at de kystbeskyttende anlæg skal designes for en hændelse svarende til Oktoberstormen 2023. Udledning af designvandstand og designbølger (bølgetillæg) under en sådan hændelse er præsenteret i afsnit 3.5 og 3.7 og afrapporteret i detaljer i ref. [3], [4] og [5]. På baggrund af disse er sikringsniveauerne bestemt.

I dette afsnit gives der derfor alene en opsummering af sikringsniveauerne for den samlede projektstrækning. Der gøres opmærksom på at sikringsniveauerne er bestemt for et klitdige med en forsidehældning på 1:10, og hvor der kun tillades et minimalt overskyl. Disse antagelser er vurderet repræsentative for langt hovedparten af strækningen, dog med undtagelse af strækningen ved Blokhusskoven, Kelstrup Klint og Bramsensgårdvej, hvor der etableres stenkastning for erosionsbeskyttelse af skrænten. På denne strækning, som beskrevet i afsnit 5.1, er det endelige sikringsniveau lidt højere end præsenteret i nærværende afsnit. Det er dog vurderet uden betydning, da udsigten fra bagvedliggende sommerhuse ikke generes af det lidt højere niveau.

De udledte sikringsniveauer for Oktoberstormen 2023 er præsenteret i Tabel 4-1. Til dispositionsforslaget er der vedlagt tegning nr. VK-D-TH-0105 (Oversigtsplan – Sikringsniveauer), der viser sikringsniveauerne for de enkelte strækninger for Oktoberstormen 2023.

Tabel 4-1: Sikringsniveauer baseret på Oktoberstormen 2023 gældende i år 2075 inkl. klimatillæg (SSP2-4,5).

Strækning	Designvandstand [DVR90]	Bølgetillæg [m]	Sikringsniveau *) [DVR90]
Blokhusskoven	+2,43	0,88	**+3,35**
Kelstrup Strand	+2,43	0,79	**+3,25**
Hejsager Strandvej	+2,43	0,66	**+3,10**
Hejsager Strandby	+2,43	0,51	**+2,95**

*) *Sikringsniveauet er rundet op til nærmeste halve decimeter.*

5. Kystbeskyttelseskonstruktioner

De kystbeskyttende konstruktioner består af:

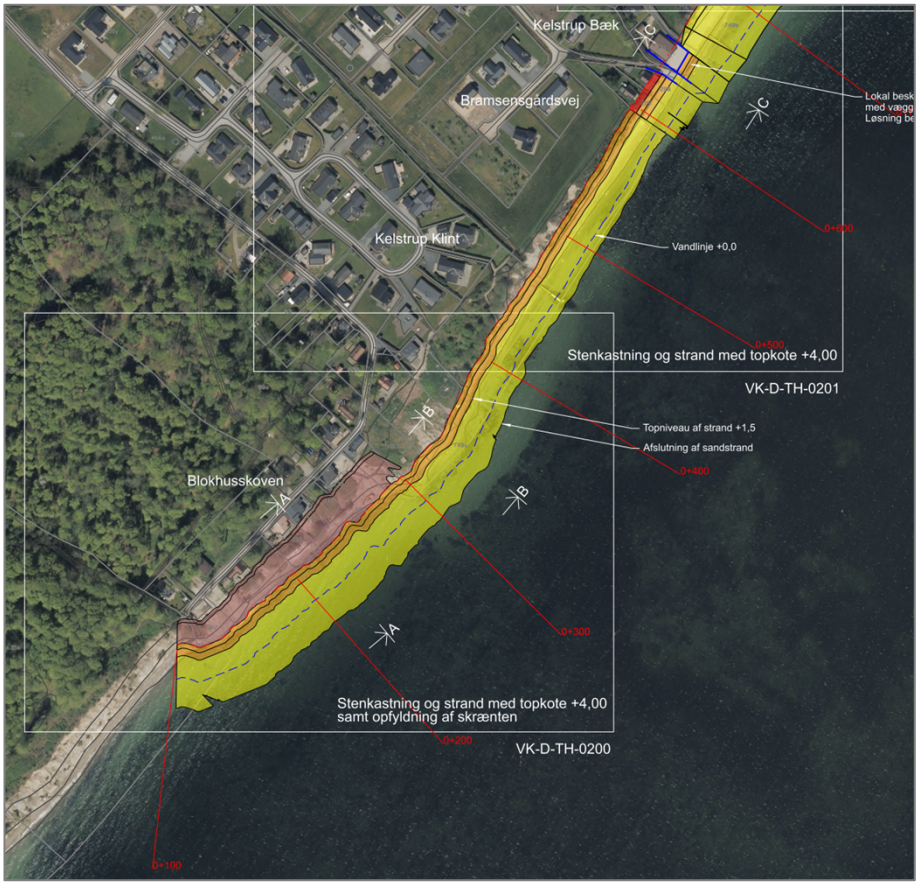
- Skråningsbeskyttelse (stenkastning)
- Sandstrand med klitrække (forhøjet strand)
- Sandstrand med klitdige (klitdige)

I det ovenstående skelnes der mellem to typer løsninger for klitdiget: *"sandstrand med klitdige"* anvendes på delstrækninger, hvor klitdiget også fungerer som højvandsbeskyttelse, mens *"sandstrand med klitrække (forhøjet strand)"* benyttes på strækninger, hvor klitprofilen udelukkende har en erosionsdæmpende funktion, og ikke beskytter mod højvande.

I de følgende afsnit er de kystbeskyttende konstruktioner beskrevet per delstrækning.

5.1 Blokhusskoven, Kelstrup Klint og Bramsensgårdvej

Denne del udgør den sydvestlige del af Vores Kyst-området og strækker sig samlet set over ca. 530 m, se Figur 5-1. Sommerhusene ligger her i en høj kote, og er derfor ikke udsat for oversvømmelse fra havsiden. Derimod er skrænten udsat for akut erosion under stormhændelser – særligt i situationer med samtidig høj vandstand og kraftige pålandsbølger, som det blev observeret under Oktoberstormen i 2023. Ved Blokhusskoven er skrænten desuden geoteknisk ustabil, og der er registreret lejlighedsvise skred af toppen på den samlede strækning.



Figur 5-1: Opfyldning og skråningsbeskyttelse ved Blokhusskoven, Kelstrup Klint og Bramsensgårdvej, fra St. 0+000 til St. 0+530. Udklip fra tegning VK-D-TH-0110.

For at modvirke akut erosion og sikre skrænten, foreslås etablering af en stenkastning (skråningsbeskyttelse), suppleret med bagvedliggende opfyldning ved Blokhusskoven, til stabilisering af skrænten. Foran skråningsbeskyttelsen anlægges en forhøjet forstrand som sikre passage på langs af kysten. Forstranden reducerer desuden bølgepåvirkningen på skråningsbeskyttelsen, og medvirker dermed til øget robusthed og sikre en mere langsigtet beskyttelse. Samtidig fungerer forstranden som aktiv sandkilde til den østlige del af kyststrækningen gennem naturlig langsgående transport.

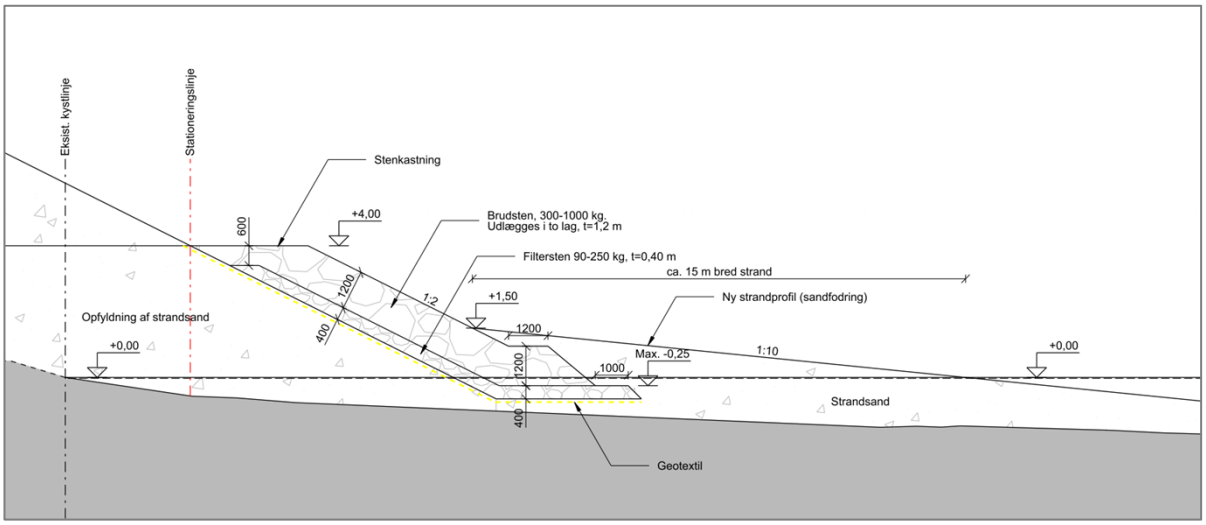
Princippet for kystbeskyttelsesløsningen fremgår af Figur 5-2, og omfatter en stenkastning anlagt op ad skrænten i kombination med en forhøjet forstrand. Stenkastning er dimensioneret til at kunne modstå bølgepåvirkningen fra den valgte designhændelse – defineret som Oktoberstormen 2023 fremskrevet til år 2075 – uden væsentlig skadesudvikling. Topkoten er fastlagt til kote +4,0 m, hvilket tilsikrer at bølgeoverskyllet holdes passende lavt for ikke at beskadige den ny udlagte opfyldning på skrænten under en stormhændelse. Stenkastning afsluttes ved bunden, af en fod for at beskytte mod underminering. Foden består af dæksten udlagt i to lag i samme størrelse som på skråningen, og udlægges på et lag af mindre filtersten.

Foran skråningsbeskyttelsen etableres et strandprofil med minimumskote +1,50 m. Strandprofilet udformes med en hældning på 1:10. Under vandspejlet vil profilet gradvist indstille sig i et naturligt ligevægtsprofil med fladere anlæg. For at understøtte denne udvikling bør der udlægges en supplerende buffer-mængde af sand, så den gradvise indstilling til ligevægtsprofilet ikke medfører en uønsket tilbagerykning af det nyudlagte strandprofil. Denne supplerende mængde sand kan indtænkes i initialfodringen eller indgå som en løbende del af vedligeholdelsesfodringen baseret på opmålinger af kysten og strandens udvikling. En uddybet forklaring af ligevægtsprofilet for sandfodringen er givet i forbindelse med beskrivelse af klitdiget, se afsnit 5.2.3.

Strandfodringen foran skråningsbeskyttelsen vil som nævnt, medvirke til at reducere bølgepåvirkningen på konstruktionen. Under stormhændelser vil der ske en erosion af strandprofilet tæt ved konstruktionen, hvorved sandet føres ud og aflejres længere ude i kystprofilet i form af en kystnær "forhøjning" eller revle. Sandet går dog ikke tabt, da den langsgående sedimenttransport i området er begrænset. Det aflejrede materiale kan derfor enten naturligt føres tilbage til stranden i rolige perioder eller manuelt genplaceres ved hjælp af gravemaskiner.

Den maksimale erosionsdybde tæt ved stenkastningen er afgørende for fastlæggelsen af den initiale strandhøjde foran skråningsbeskyttelsen. På baggrund af erfaringer fra andre projekter vurderes en lokal erosion i størrelsesordenen 1–1,5 meter at kunne forekomme under designhændelser for kyster med tilsvarende bølgepåvirkning. Erosionsdybden vil blive undersøgt nærmere i en senere detailprojekteringsfase.

I det indledende design, som præsenteres i nærværende dispositionsforslag, er det antaget, at stranden udlægges til kote +1,50 m, og at erosion under stormhændelse kan reducere denne til ca. kote +0,00 m. Dette er ligeledes lagt til grund ved dimensioneringen af dækstensstørrelsen i skråningsbeskyttelsen, og tåens bundkote er valgt således, at den ikke undermineres ved sådanne hændelser.



Figur 5-2: Princip for kystbeskyttelsesløsning ved Blokhusskoven, Kelstrup Klint og Bramsensgårdvej. Løsningen består af en skråningsbeskyttelse (stenkastning), som modvirker akuterosion af skrænten kombineret med etablering af forhøjet og bredere forstrand. Udklip fra tegning VK-D-TH-8800.

Princippet vist på Figur 5-2 forventes anvendt på hele strækningen, om end opfyldning med friktionsmaterialer på selve skrænten alene udføres lokalt ved Blokhusskoven, hvor der er behov for at forbedre den geotekniske stabilitet. Opfyldning af skrænten er nærmere beskrevet i afsnit 6.

I den østlige ende af strækningen, ved Bramsensgårdvej 80 og 82, reduceres skræntens topkote til cirka +3,00 m DVR90. Her vil skråningsbeskyttelsen skulle tilpasses lokalt. Ved Bramsensgårdvej 82, se Figur 5-3, forventes udlægning af friktionsmaterialer under den eksisterende terrasse, som efterfølgende inddækkes med dæksten efter samme princip som øvrige strækninger. En nærmere tilstandsvurdering vil afgøre, om terrassen bør fjernes i forbindelse med anlægsarbejdet. Løsningen er vist på tegning VK-D-Th-0201.

I dette område placeres skråningsbeskyttelsen desuden længere tilbagetrukket på stranden, hvilket reducerer den direkte bølgepåvirkning. Det åbner mulighed for optimering af top- og bundkote for stenkastningen med henblik på at minimere stenmængden. Dette forhold undersøges nærmere i den kommende detailprojektering.

Ved Kelstrup Skovvej 44 etableres også en lokalt tilpasset sikringsløsning, som ses af tegning VK-D-Th-0201. Eksisterende grund er i dag omgivet af en højvandsmur, bestående af både beton og træ, som fremstår som et udspring fra kysten sammenlignet med nabostrækningerne. Muren er af varierende stand og højde. Det forventes at denne erstattes af en ny spunsvæg, der omkranser ejendommen, hvor der opad af denne udlægges en stenkastning og forhøjet strand. Den endelige udformning og tilpasning til den omkringliggende kystbeskyttelse vil blive afklaret nærmere i detailprojekteringsfasen.

Langs skrænten, særligt ved Blokhusskoven, findes en del udlagte dæksten. Ved etablering af den nye kystbeskyttelse bør det tilstræbes at optimere løsningen gennem mest mulig genanvendelse af eksisterende materialer fra tidligere skråningssikring, høfder og depoter mv.

Figur 5-3: Forstrand ved Bramsensgårdvej 82. Der vil lokalt være behov for tilpasning af skråningsbeskyttelsen. Der forventes udlægning af friktionsfyld under eksist. terrasse, som profileres med en forsideskråning på 1:2. der muliggør udlægning af skråningsbeskyttelse.

5.2 Kelstrup Strand

Denne del af Vores Kyst-området strækker sig samlet set over ca. 1.120 m, se Figur 5-4. Kystbeskyttelsen langs denne delstrækning udføres dels som klitdige og som klitrække, eftersom det kun er langs den østlige del af strækningen (langs Kelstrupvej og hen mod Hejsager Bæk), at der er behov for højvandssikring. På den resterende del af strækningen vil den udlagte sandstrand med klitrække sikre mod akut erosion af skrænten.

Figur 5-4: Kystbeskyttelse langs Kelstrup Strand, St. 0+530 til St. 1+670. Udklip fra tegning VK-D-TH-0110 og -0111.

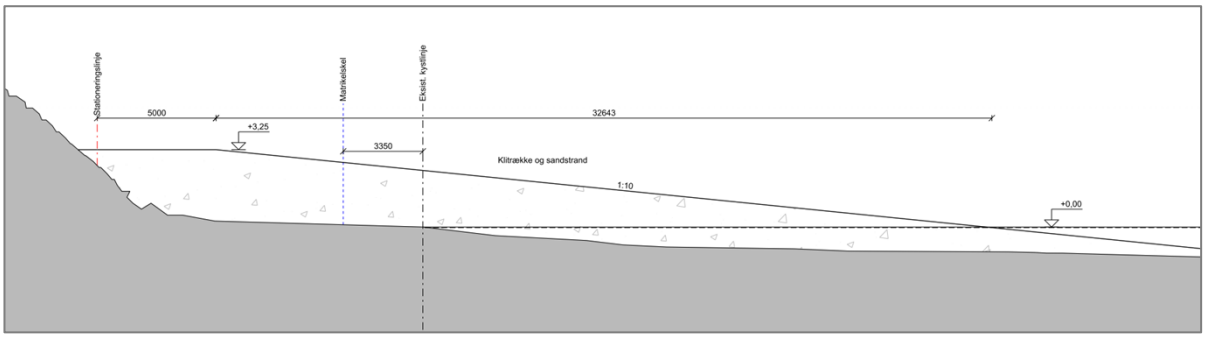
I de følgende underafsnit er de kystbeskyttende konstruktioner beskrevet per delstrækning.

5.2.1 Kelstrup Skovvej – Skrænt uden højvandsmur

Denne delstrækning strækker sig samlet ca. 420 m fra St. 0+530 til St. 0+950. Bebyggelsen er beliggende højt i terrænet, generelt over kote +10, og tilbagetrukket fra skrænten. Der er derfor ikke risiko for oversvømmelse under stormflod og formålet med kystbeskyttelsen er således primært at beskytte skrænten mod akut erosion, og samtidig indgå som en naturlig del af det samlede kystbeskyttelseskoncept.

Langs strækningen etableres en forhøjet sandstrand med tilhørende klitrække. Den nye strand og klit føres helt op til skrænts fod for at minimere behovet for tilførsel af sand. Klitrækkens sikringsniveau er fastlagt til kote +3,25 m, svarende til det vejledende niveau for Oktoberstormen 2023, fremskrevet til år 2075, jf. ref. [5].

Principtværsnittet for Klitrækken, som udlægges ved denne delstrækning, er vist på Figur 5-5.



Figur 5-5: Kelstrup Skovvej - Principtværsnit for klitrække. Udklip fra tegning VK-D-TH-8801, snit D-D.

Klitrækkens kronebredde er indledningsvist fastsat til 5 meter – en reduktion i forhold til klitdigets 10 meter. Dette er begrundet i, at klitrækken ikke skal fungere som højvandsbeskyttelse, og dermed ikke behøver at opretholde en minimumsbredde under designhændelsen, men alene skal sikre skrænten mod erosion.

Klitrækkens havværts skråning anlægges hældning 1:10, hvilket er i overensstemmelse med de observerede strandprofiler på strækningen, og antages derfor som værende tæt på det naturligt stabile profil for området. Desuden vurderes denne hældning at være behagelig at færdes på for de fleste strandgæster. Under vandspejlet vil profilet gradvist indstille sig i et naturligt ligevægtsprofil med fladere anlæg. For at understøtte denne udvikling bør der udlægges en buffer-mængde af sand, så den gradvise indstilling til ligevægtsprofilet ikke medfører en uønsket tilbagerykning af det nyudlagte strandprofil og klitrække. Denne supplerende mængde sand kan indtænkes i initialfodringen eller alternativt indgå som en del af det løbende vedligehold baseret på opmålinger af kysten og strandens udvikling. En uddybet forklaring af ligevægtsprofilet for sandfodringen er givet i forbindelse med beskrivelse af klitdiget, se afsnit 5.2.3.

Det bemærkes, at den valgte kronebredde på 5 meter endnu ikke er teoretisk verificeret. En nærmere analyse af klitrækkens præcise geometri vil derfor skulle gennemføres i forbindelse med den kommende detailprojektering.

Langs store dele af strækningen findes en lav betonmur ved skræntfoden, som enkelte steder også inddæmmer skure og trappenedgange, se Figur 5-6. Betonmuren varierer i både højde og udformning, men vurderes generelt at være i en så ringe tilstand, at den ikke hensigtsmæssigt kan indgå som del i det fremtidige kystbeskyttelsesanlæg. Det anbefales derfor, at muren fjernes helt forud for udlægning af sand til klitrækken. Det forventes ikke, at der kan opnås tilladelse til genanvendelse af nedknust beton i anlægsarbejdet, hvorfor dette vil skulle deponeres på godkendt modtageanlæg.

Det bemærkes desuden, at er der på den østlige del af strækningen, er udlagt en relativ stor mængde dæksten ved skræntfoden, se Figur 5-7. Disse sten kan eventuelt opgraves og genbruges ved opbygning af skråningsbeskyttelsen langs Blokhusskoven. Alternativt kan disse

sten også blive liggende og tildækkes med sand ved etablering af den nye klitrække, og dermed udgøre en mere erosionsfast bagkant.

Figur 5-6: Kelstrup Skovvej, besigtigelse d. 27-11-2024. Foto taget omtrentligt ud fra Kelstrup Skovvej nr. 23. På denne delstrækning findes en betonmur langs skræntfoden.

Figur 5-7: Kelstrup Skovvej, besigtigelse d. 27-11-2024. Foto taget omtrentligt ud fra Viktoriaparken nr. 8. På denne delstrækning findes relativ stor mængde dæksten udlagt ved skræntens fod.

Klitrækkens krone beplantes afslutningsvist med relevant, forspiret vegetation såsom marehalm, sandhjælme og strandkvik. Disse arter er særligt velegnede til klitområder, da de effektivt kan opfange og fastholde sandet, samtidig med at de vokser opad og således undgår at blive

begravet. Vegetationen bidrager dermed både til at reducere sandfygning og til at øge klitrækkens overordnede stabilitet.

5.2.2 Kelstrup Kystvej – Skrænt med højvandsmur

Denne delstrækning omfatter ca. 250 m fra St. 0+950 til St. 1+200. Bebyggelsen er også her beliggende højt i terrænet, generelt over kote +5 m. Der er derfor ikke risiko for oversvømmelse under stormflod og formålet med kystbeskyttelsen er således primært at beskytte skrænten mod akut erosion og samtidig indgå som en naturlig del af det samlede kystbeskyttelseskoncept for Vores Kyst.

Strandplanet er ved denne delstrækning karakteriseret ved en relativ høj betonmur, som over et længere stræk, er nyligt renoveret, se Figur 5-8. Den præcise topkote af muren er ikke opmålt, men vil blive fastlagt ved senere droneoverflyvning. Indledningsvist er topkoten vurderet til ca. +2,5 m. På toppen af muren ses et afrettet plateau med grusbelægning, se Figur 5-9.

Figur 5-8: Kelstrup Kystvej, besigtigelse d. 27-11-2024. Foto taget omtrentligt ud fra Kelstrup Kystvej nr. 20. På strækningen ses en relativt høj, nyligt renoveret mur.

Figur 5-9: Kelstrup Strand, besigtigelse d. 27-11-2024. Foto taget omtrentligt ud fra Kelstrup Kystvej nr. 20. Afrettet plateau ved langs overside af mur.

Murens indflydelse på strandplanet er tydelig, idet strandens bredde over længere strækninger er reduceret til blot få meter som følge af øget erosion foran muren.

På baggrund af murens generelle tilstand samt den relativt høje topkote vurderes det, at den mest optimale og omkostningseffektive løsning er, at bevare muren og etablere en klitrække foran denne. Klitrækken og den tilhørende strand udlægges efter samme princip som på den foregående strækning, dog med en reduceret topkote på +2,50 m.

Det skal bemærkes, at denne kote ligger under det indledningsvist fastlagte sikringsniveau på +3,25 m, jf. ref. [5]. Med denne løsning må der således accepteres en vis risiko for erosion af skrænten bag muren. Det vurderes dog, at risikoen er begrænset. Skulle der opstå tegn på erosion, kan den bagvedliggende skråning om nødvendigt beklædes med sten for at forhindre yderligere nedbrydning, men dette kan løbende vurderes som en del af den regelmæssige monitorering.

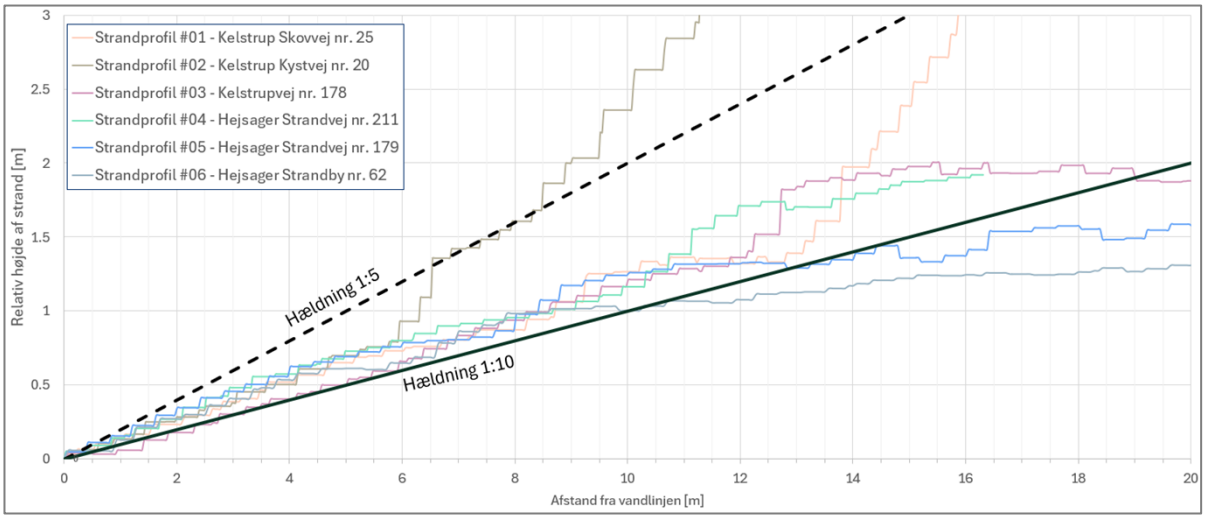
5.2.3 Kelstrup Strand – Klitdige

Denne delstrækning omfatter ca. 470 m fra St. 1+200 til St. 1+670. Hovedparten af bebyggelsen i dette område er placeret lavt i terrænet, generelt under kote +2,0 m. Kystbeskyttelsens primære formål på denne strækning er derfor at fungere som højvandssikring.

Kystbeskyttelsen anlægges her som et klitdige bestående af rent sand, og bygger videre på det kystbeskyttelsesprincip, der blev udarbejdet af COWI i det tidligere dispositionsforslag. Kronebredden på 10 meter fastholdes, men topkoten justeres til +3,25 m, som afspejler det indledningsvist fastlagte sikringsniveau for strækningen, jf. ref. [5].

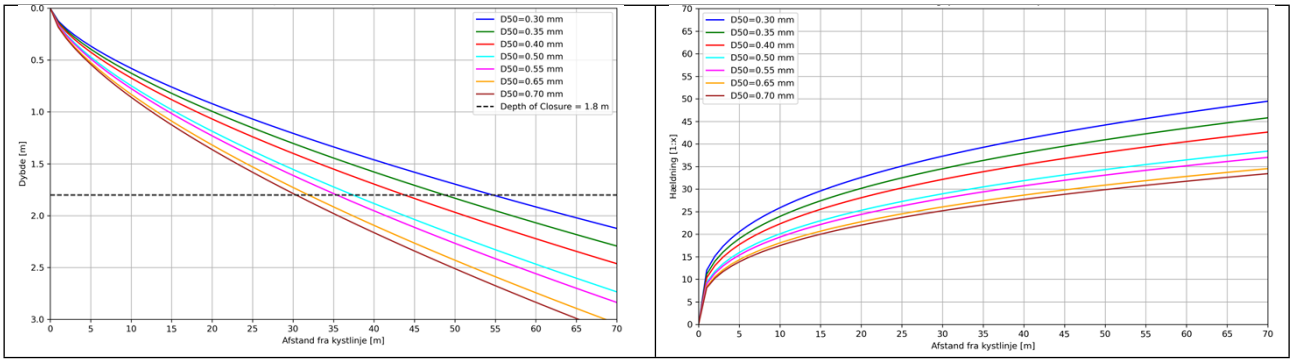
Den landværts skråning udføres med en hældning 1:3, mens den havvendte skråning er udformet med en hældning 1:10. Denne hældning for strandprofilet vurderes at være i overensstemmelse

med de observerede strandprofiler på strækningen, og antages derfor som værende tæt på det naturligt stabile profil på strækningen. Dette fremgår af Figur 5-10, hvor en række opmålte strandprofiler, fordelt ud over projektområdet, er vist. Det ses at de eksisterende strandprofiler i højere grad nærmer sig hældning 1:10 fremfor 1:5 som forslået i tidligere projektfase, se ref. [2]. Desuden vurderes et strandprofil med hældning 1:10 at være mere behagelig at færdes på for de fleste strandgæster.



Figur 5-10: Eksisterende strandprofiler på langs af kysten. Ud fra hvert profil er den omtrentligt, nærmeste adresse angivet for lokalisering af profilet. Der gøres opmærksom på, at der er tale om normaliserede profiler for nemmere at kunne sammenligne profiler indbyrdes, dvs. koten ikke afspejler den reelle kote, men derimod en relativ højde for det pågældende profil. Kilde for højdedata er Danmarks Højdemodel (DHM) med overflyvningsdato d. 2023-04-05.

Under vandspejlet vil profilet gradvist indstille sig i et naturligt ligevægtsprofil med fladere anlæg. Dette langsigtede ligevægtsprofil kan tilnærmes teoretisk ved et såkaldt *Dean*-profil. Ligevægtsprofilets udseende afhænger i høj grad af kornstørrelsesfordelingen for området. En række teoretiske ligevægtsprofiler er vist på Figur 5-11 for en række forskellige kornstørrelser. Det fremgår heraf, at grovere sediment medfører et stejlere ligevægtsprofil, mens finere materiale resulterer i et mere fladt profil.



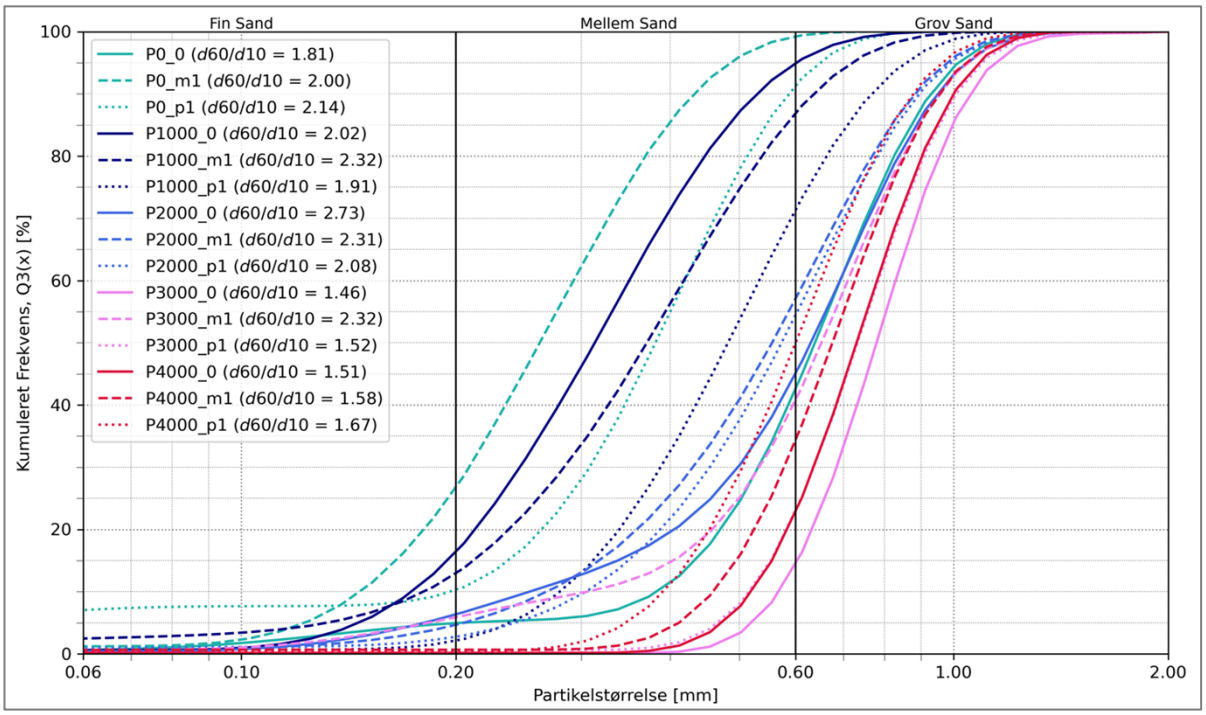
Figur 5-11: Langsigtede middelprofiler for kystprofilet under daglig vande (Dean-profiler). På billedet til venstre ses variationen i dybden som funktion af afstanden fra kystlinjen, imens billedet til højre illustrer havbundshældningen udtrykt som 1:x, hvor x er anlægget.

Det er afgørende, at det tilførte materiale ved sandfodring, har en kornstørrelsesfordeling, der svarer bedst muligt til det naturligt forekommende materiale i området. Hvis det fodrede sand er

væsentligt finere end det oprindelige, vil det hurtigere blive transporteret bort af bølger, hvilket reducerer fodringens effektivitet og levetid. For finere sediment kræves derfor også en større sandmængde for at opnå det langsigtede ligevægtsprofil. Omvendt kan for groft materiale ændre profilets dynamik og føre til uhensigtsmæssige morfologiske tilpasninger. Generelt foretrækkes det, at fodringsmaterialet har mindst samme kornstørrelse eller er en smule grovere end det naturlige materiale.

Der i tidligere i projektforløbet udtaget sedimentprøver fra stranden ved en række forskellige lokaliteter i området. Kornkurver og deres respektive udtagningspunkter fremgår af Figur 5-12 og Figur 5-13.

Prøverne viser, at materialet i området generelt er relativt grovkornet, og at strandplanet overvejende består af mellem- til grovkornet sand, med tendens til stigende kornstørrelse mod øst. Til brug for estimering af det langsigtede ligevægtsprofil og tilhørende volumener, er det i nærværende dispositionsforslag antaget, at fodringsmaterialet har en mediankornstørrelse på d_{50} = 0,5 mm, hvilket er en smule finere end det målte gennemsnit i området.



Figur 5-12: Kornstørrelsesfordeling for sand udtaget i strandplanet ved forskellige lokaliteter i projektområdet. Det ses, at stranden generelt er kendetegnet ved relativt grovkornet sandmateriale. De respektive placeringer fremgår af Figur 5-13. Sedimentprøver udtaget af LE34 august til september 2023. Bemærk at sedimentprøver fra lokation KP:-1000 og KP:+4900 ikke er medtaget i analysen, da disse punkter er beliggende uden for projektstrækningen.

Figur 5-13: Placering af sedimentprøver til kornstørrelsesfordeling udtaget af LE34 august til september 2023.

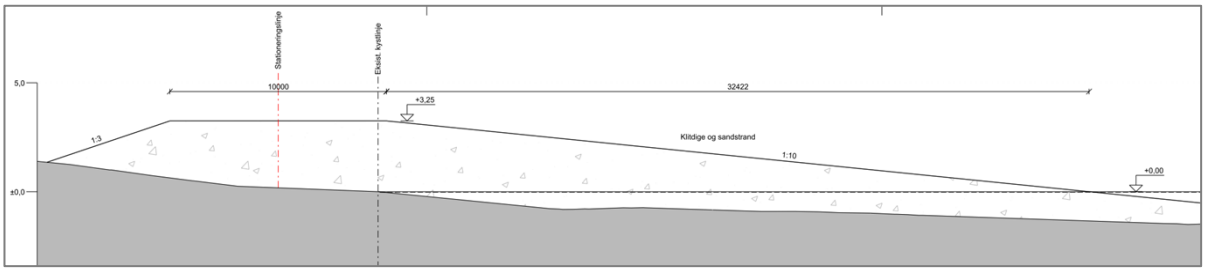
For at understøtte den naturlige udvikling af kystprofilet hen mod ligevægtsprofilet, skal der udlægges en supplerende buffermængde af sand. Formålet er at sikre, at den gradvise tilpasning til ligevægtsprofilet over tid ikke fører til uønsket tilbagerykning af det nyetablerede strandprofil. Buffermængden udgør således en nødvendig del af den samlede sandvolumen og indgår ofte som en del af initialfodringen ved anlæggets opførsel.

Alternativt kan denne supplerende mængde tilføres som en del af det løbende vedligehold som kan justeres baseret på løbende opmåling af kysten og strandens udvikling. I det aktuelle tilfælde findes der allerede en mindre buffer i profilet, idet strandprofilets havværts skråning planlægges med en hældning på 1:10, hvilket generelt er en anelse fladere end de nuværende strandprofiler, som flere steder findes at være omtrentligt 1:8. Derudover kan der muligvis være en buffermængde indregnet i klitdigets antagende kronebredde på 10 m, som vil blive vurderet nærmere i den senere detailprojekteringsfase.

En særskilt sandmængde til udjævning af ligevægtsprofilet er derfor ikke medtaget i nærværende Dispositionsforslag. Denne mængde vil dog blive analyseret nærmere i næste fase af projektet, hvor det også vil blive vurderet om den skal indgå som en del af initialfodringen eller indarbejdes i det løbende vedligehold af klitdiget.

Som afsluttende del af anlægsarbejdet beplantes klitdigets krone med relevant, forspiret vegetation såsom marehalm, sandhjælme og strandkvik. Disse arter er særligt velegnede til kystnære klitmiljøer, da de effektivt opfanger og fastholder sandet samtidig med at de vokser opad og således undgår at blive begravet. Vegetationen bidrager dermed til at reducere sandfygning og til at øge klittens langsigtede stabilitet.

Principtvlrsnit for klitdiget fremgår af Figur 5-14.



Figur 5-14: Kelstrup Strand - Principtværsnit for klitdige. Udklip fra tegning VK-D-TH-8802, snit F-F.

For at reducere den nødvendige mængde af sand, er der tilstræbt en placering af klitdiget så langt landværts som muligt. Linjeføringen er desuden forsøgt udformet med et ensartet og jævnt forløb langs kysten for at undgå udspring og indhak i diget. På størstedelen af strækningen anlægges klitdiget inden for kommunens egne matrikler. Der er dog enkelte ejendomme, hvor matrikelskel strækker sig helt ned til vandlinjen. Det drejer sig om Kelstrupvej nr. 120, 128, 130, 136 og 176.

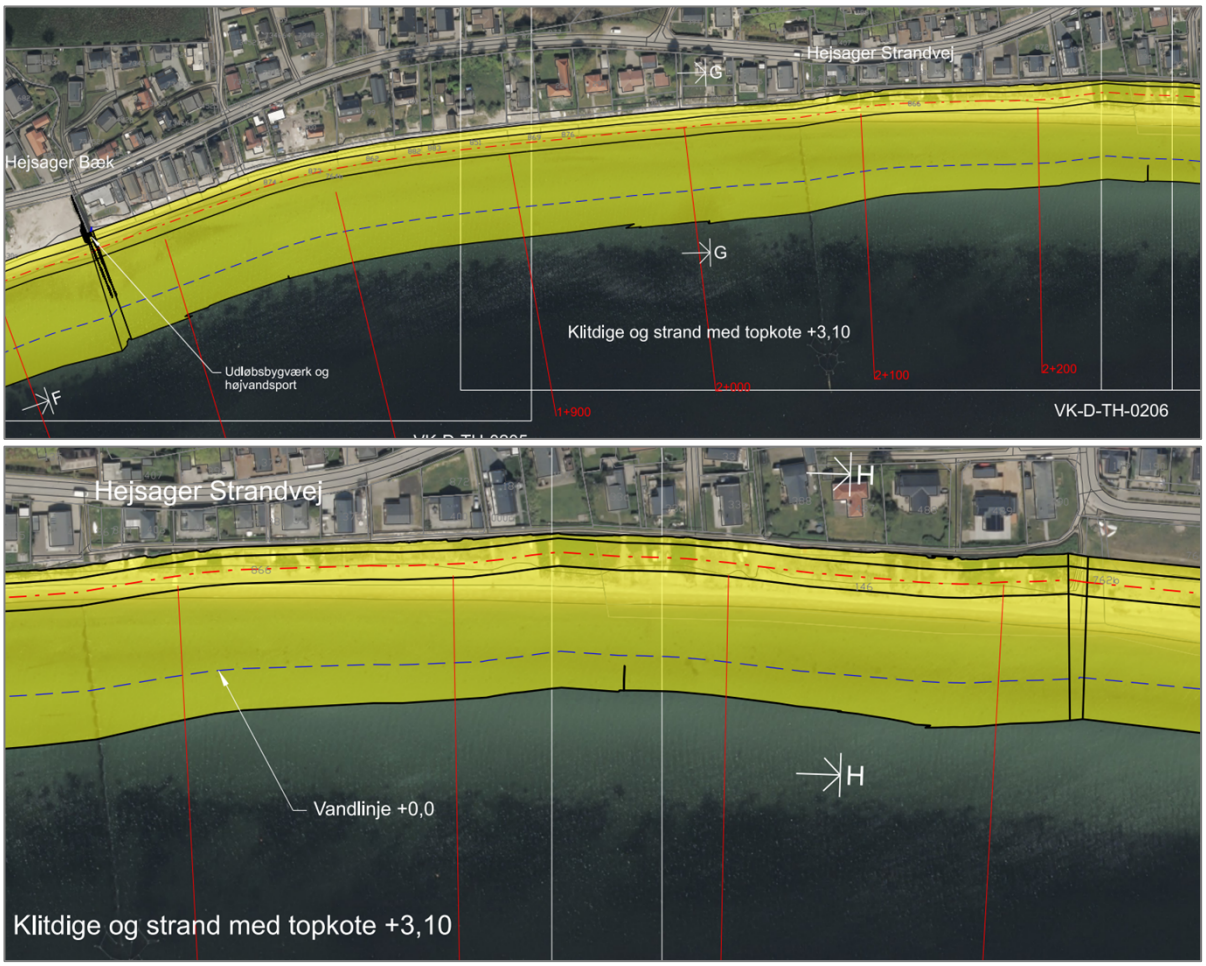
Det er vigtigt at bemærke, at den valgte kronebredde på 10 meter er videreført fra det tidligere dispositionsforslag. Bredden af klitdigets krone skal rumme flere delbidrag og omfatter følgende:

- **En minimumsbredde** for at sikre tilstrækkelig vandtæthed og geoteknisk stabilitet under ekstrem højvandstand, så gennembrud af klitdiget undgås.
- **En sikkerhedsbredde** til at rumme deformation og omlejring af klitprofilet under en designmæssig stormhændelse – her defineret som Oktoberstormen 2023 fremskrevet til forholdene i år 2075.
- **En ekstra bufferbredde**, som håndterer den gradvise omlejring af profilet, som sker under mere normalt forekomne vejrforhold mellem vedligeholdelsesintervaller.

Klitdigets samlede kronebredde udgøres således af summen af disse delbidrag. Det skal bemærkes, at der endnu ikke er foretaget en teoretisk eftervisning af, hvorvidt 10 meter er tilstrækkeligt til at rumme alle ovennævnte bidrag, eller om der kan optimeres på geometrien. En nærmere vurdering af kronebreddens robusthed og klitprofilens samlede geometri vil derfor skulle indgå i den kommende detailprojekteringsfase.

5.3 Hejsager Strandvej

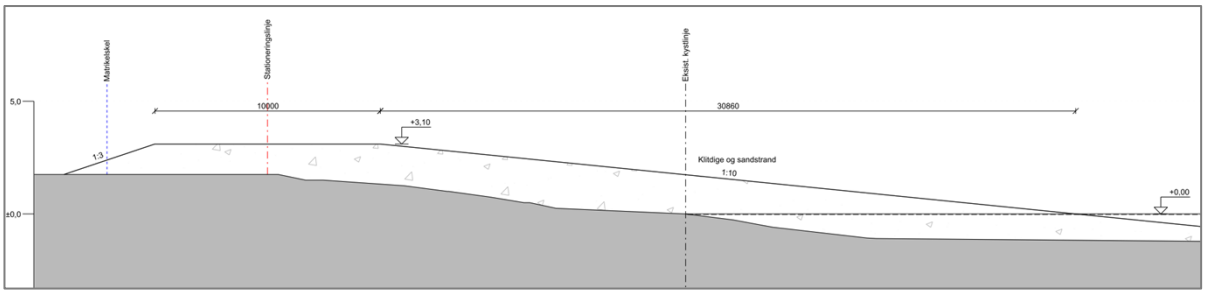
Denne del af kystbeskyttelsen strækker sig samlet set over ca. 750 m, fra St. 1+670 til St. 2+420, se Figur 5-15. Hovedparten af bebyggelsen i dette område er placeret lavt i terrænet, og kystbeskyttelsens primære formål på denne strækning er derfor at fungere som højvandssikring.



Figur 5-15: Kystbeskyttelse (klitdige) langs Hejsager Strand, St. 1+670 til St. 2+420. Udklip fra tegning VK-D-TH-0111 og -0112.

Kystbeskyttelsen udføres på denne strækning som et klitdige efter samme princip som langs Kelstrup Strand (se afsnit 5.2.3), dvs. kronebredde på 10 meter, men topkoten justeres til +3,10 m, som afspejler det indledningsvist fastlagte sikringsniveau for strækningen, jf. ref. [5]. Den landværts skråning udføres med en hældning 1:3, mens den havvendte skråning er udformet med en hældning 1:10. Principtværsnittet for klitdiget ved denne delstrækning er vist på Figur 5-16.

Der henvises generelt til afsnit 5.2.3, hvor en uddybende beskrivelse af klitdigets opbygning er givet.



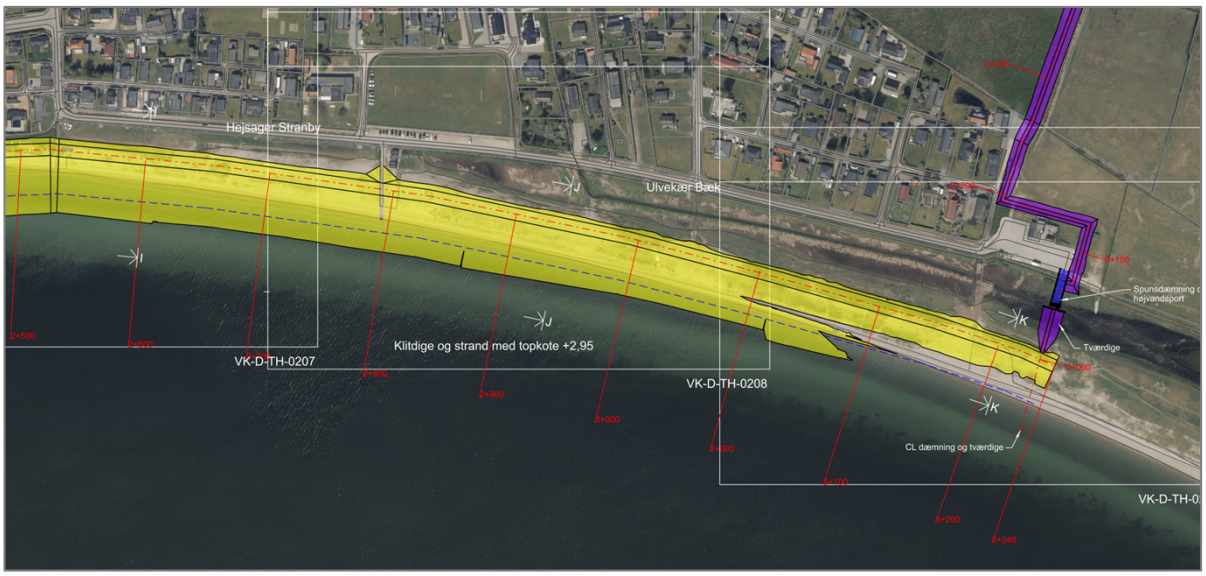
Figur 5-16: Hejsager Strandvej - Principtværsnit for klitdige. Udklip fra tegning VK-D-TH-8802, snit H-H.

Klitdigets linjeføring er forsøgt placeret så langt landværts som muligt, for at reducere den nødvendige mængde af tilført sand. Linjeføringen er i dispositionsforslaget placeret således, at klitdigets bagkant løber langs med søværts siden af den offentlige sti, se eksempel på stien på Figur 5-17, der strækker sig langs Hejsager Strand. Det understreges, at der ifm. dispositionsforslaget ikke er taget endelig beslutning om klitdigets placering, der afventer politisk beslutning om inddragelse af stien i projektet.

Figur 5-17: Offentlig sti langs Hejsager Strand. Klitdiget er i dispositionsforslaget placeret på søværts siden af stien. Foto fra besigtigelse d. 27-11-2024. Foto taget omtrentligt ud fra Hejsager Strandvej nr. 173C.

5.4 Hejsager Strandby

Denne del af kystbeskyttelsen strækker sig samlet set over ca. 830 m, fra St. 2+420 til St. 3+250, se Figur 5-15. Bebyggelsen i dette område er placeret lavt i terrænet, og kystbeskyttelsens primære formål på denne strækning er derfor at fungere som højvandssikring.

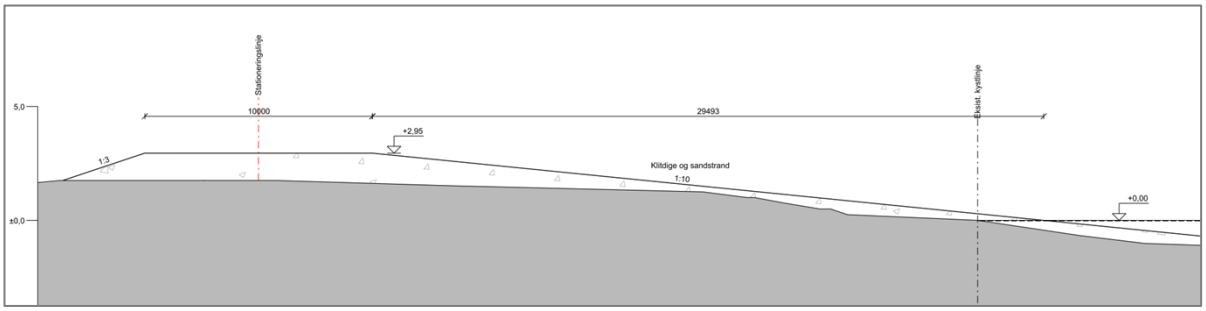


Figur 5-18: Kystbeskyttelse (klitdige) langs Hejsager Strandby, St. 2+420 til St. 3+240. Udklip fra tegning VK-D-TH-0112.

Kystbeskyttelsen udføres på denne strækning som et klitdige efter samme princip som langs Kelstrup Strand og Hejsager Strand dvs. med kronebredde på 10 meter, men topkoten justeres til

+2,95 m, jf. ref. [5]. Den landværts skråning udføres med en hældning 1:3, mens den havvendte skråning er udformet med en hældning 1:10. Principtværsnittet for klitdiget ved denne delstrækning er vist på Figur 5-19.

Der henvises generelt til afsnit 5.2.3, hvor en uddybende beskrivelse af klitdigets opbygning er givet.



Figur 5-19: Hejsager Strandby - Principtværsnit for klitdige. Udklip fra tegning VK-D-TH-8803, snit J-J.

5.5 Udførelse af kystbeskyttelse

5.5.1 Stenkastning

Skråningsbeskyttelsen forventes at kunne udføres fra stranden ved hjælp af udlægning af sten fra en gravemaskine monteret med hydraulisk grab eller skovl og med passende rækkevidde.

Der skal etableres et midlertidigt oplagsområde til opmagasinering af stenmaterialer, som forventes tilkørt via en adgangsvej langs stranden. Eksisterende stenmateriale, der indvindes lokalt på kyststrækningen, bør så vidt muligt genanvendes. Hvis disse genbrugssten anvendes i dæklaget, skal materialet først sorteres omhyggeligt for at sikre, at krav til stengradering og stenform overholdes. Sortering kan foretages på pladsen, f.eks. ved brug af en løftevægt monteret på gravemaskinens skovl.

Nyt stenmateriale kan, hvis muligt, indhentes fra nærliggende depoter eller grusgrave. Hvis det ikke er muligt lokalt at skaffe egnede dæksten i korrekt størrelse og kvalitet, bør brudsten indkøbes fra stenbrud i Norge eller Sverige. Disse leveres med skib til nærmeste egnede havn (formentlig Aabenraa Havn), hvorfra materialet transporteres videre med lastbil og tilkøres til slut mod arbejdsområdet via dumpere langs stranden.

Da der ikke umiddelbart findes en oplagt lossehavn meget tæt på projektområdet, kan det alternativt overvejes om det er muligt at foretage skibslevering direkte til stranden. Dette kan ske ved at laste stenene over på fladbundet pram, som trækkes ind til lavt vand, hvor stenene kan losses ind på stranden med gravemaskine fra prammen.

Desuden er der muligt, da projektet omfatter levering af store mængder sand, at etablere en midlertidig dæmning ud fra kysten, hvor skibe kan anløbe en midlertidig spuns placeret for enden af dæmningen. Herfra kan materialet losses direkte over i dumpere. Det skal dog bemærkes, at omkostningerne til etablering af en midlertidig dæmning eller anstilling af pram, hurtigt kan overstige udgifterne til lastbiltransport fra eksempelvis Aabenraaa Havn.

Den mest økonomiske løsning kan forsøges afklaret ved markedsdialog med relevante entreprenører inden opgaven udbydes.

Inden udlægning af sten skal den eksisterende skrænt afrømmes for bevoksning og øvrige fremmedelementer. Herefter profileres skråningen til den ønskede hældning 1:2, og der udgraves til tåen i eksisterende strand. Eksempler på profilering af skråning og udgravning til tå, ses på Figur 5-20 og Figur 5-21.

Figur 5-20: Eksempel på opbygning af skråningsbeskyttelse ved kysten. Udgravning til tå og profilering af skråning foregår med gravemaskine fra stranden. Udlægning af dæksten foregår i dette tilfælde fra toppen af skråningen.

Figur 5-21: Eksempel på profilering af skråning med gravemaskine fra stranden. Foto udlånt fra Zøllner A/S.

Efter profilering af skråningen udlægges geotekstil, som derefter tildækkes med filtersten i den angivne tykkelse. Derefter udlægges dæksten i to lag. Dæksten placeres individuelt med gravemaskine for at opnå optimal *interlocking* og stabilitet i dæklaget. Eksempel på udlægning af

dæksten fremgår af Figur 5-22. Ved varsling om storm under anlægsfasen skal åbne og ufærdige dele af skråningsbeskyttelsen, hvor filterlag eller geotekstil er eksponeret, beskyttes mod skader ved midlertidig tildækning med sten.

Figur 5-22: Eksempel på udlægning af dæksten i skråningsbeskyttelse. Foto udlånt fra CG Jensen A/S.

Efter indbygning af dæksten, tilbagefyldes eventuelt opgravet materiale fra stranden oven på skråningsbeskyttelsens såfremt det er egnet til formålet.

Entreprenøren følger løbende indbygningen af de enkelte lag ved hjælp af GPS-indmåling, så det sikres, at lagtykkelser, koter mv. er i overensstemmelse med designprofilet.

Det anbefales, at der først etableres en kort prøvesektion af skråningsbeskyttelsen. Prøvesektionen skal anvendes til at afklare udlægningsprincipper og kvalitetsforventninger med entreprenøren og godkendes af bygherre inden videre udførelse af den resterende strækning.

5.5.2 Strand og klitter

Strandfodring forventes udført med sandsugerfartøj, der gennem en flydeledning pumper materialet frem til kysten, se Figur 5-23. Her kobles ledningen til et system af faste rør, der løbende kan justeres og forlænges, så udledning af materialet kan ske på den ønskede lokation. Herfra fordeles og profileres materialet med entreprenørmateriel, typisk gravemaskiner eller dozer.

Ved kystfodringer på eksponerede strækninger med høj bølgeenergi, kan det tilførte sand i visse tilfælde efterlades i bunker og herefter fordeles naturligt gennem bølgepåvirkning. I Sandvig Bugt, og de indre danske farvande, er bølgeaktiviteten imidlertid betydeligt mere begrænset. Det vil derfor være nødvendigt at udføre en aktiv profilering af både strand og klitdige i overensstemmelse med det specificerede design, for at sikre korrekt form og funktion af klitdiget.

Som afsluttende del af anlægsarbejdet beplantes klitdigets krone med relevant, forspiret vegetation såsom marehalm, sandhjælme og strandkvik. Disse arter er særligt velegnede til kystnære klitmiljøer, da de effektivt opfanger og fastholder sandet.

Der kan både før og efter udførslen af klitdiget være risiko for sandflugtsgener. Eftersom der i nærværende projekt skal fodres med relativt groft sand (d_{50} > 0.5 mm), vurderes sandfygning dog at være begrænset.

Efterhånden som klitdiget dækkes af vegetation, vil dette medvirke til at dæmpe eventuelle gener af sandflugt yderligere. Komprimering af det indbyggede sand ved kørsel med tungt maskinel under udførelsen øger desuden sandets stabilitet, og kan være med til at reducere risikoen for sandflugt. Skulle der opstå lokale gener kan der også overvejes opsætning af sandfangshegn på udvalgte strækninger. Alternative fastholdelsesmetoder af sandet under etableringsfasen f.eks. gennem udlægning af jutenet, kokosmåtter eller lign tildækning kan undersøges nærmere, men vurderes ikke at være almindelig praksis i danske strandfodringsprojekter.

Figur 5-23: Strandfodring ved Harboøre Tange. Sandsugerfartøj pumper sandet frem til stranden gennem et rør, hvorefter entreprenørmaskiner står klar til at fordele og jævne den tilførte sand ud. Foto: Kystdirektoratet.

5.5.3 Indvinding af sand

5.5.3.1 Krav til fodringsmaterialet

Fodringsmaterialet skal af kystdynamiske og miljømæssige årsager have en gradering, som er så tæt på graderingen af det nuværende sediment på stranden, som muligt.

For strandsandet er gennemsnittet af middelkornstørrelsen for de indsamlede prøver d50 = 0,53 mm, med en tendens til øget kornstørrelse mod øst, se Figur 5-12. Uensformighedstallet (U=d60/d10) varierer mellem 1,5 og 2,7. Stranden består altså af relativt velsorteret (U=d60/d10 1,5 < U < 3,0) mellemkornet til groft sand.

Middelkornstørrelsen, d50 for fodringsmaterialet bør altså opfylde følgende krav baseret på nuværende strandsand:

- 0,50 mm < d50 < 0,80 mm

Det anbefales, at sandet skal være sorteret til velsorteret, hvilket udtrykkes ved uensformighedstallet U:

- 1,5 < U < 3,0, hvor U = d60/d10.

Dette svarer til sorteringen af det naturligt forekommende sand på stranden i Vores Kyst-området.

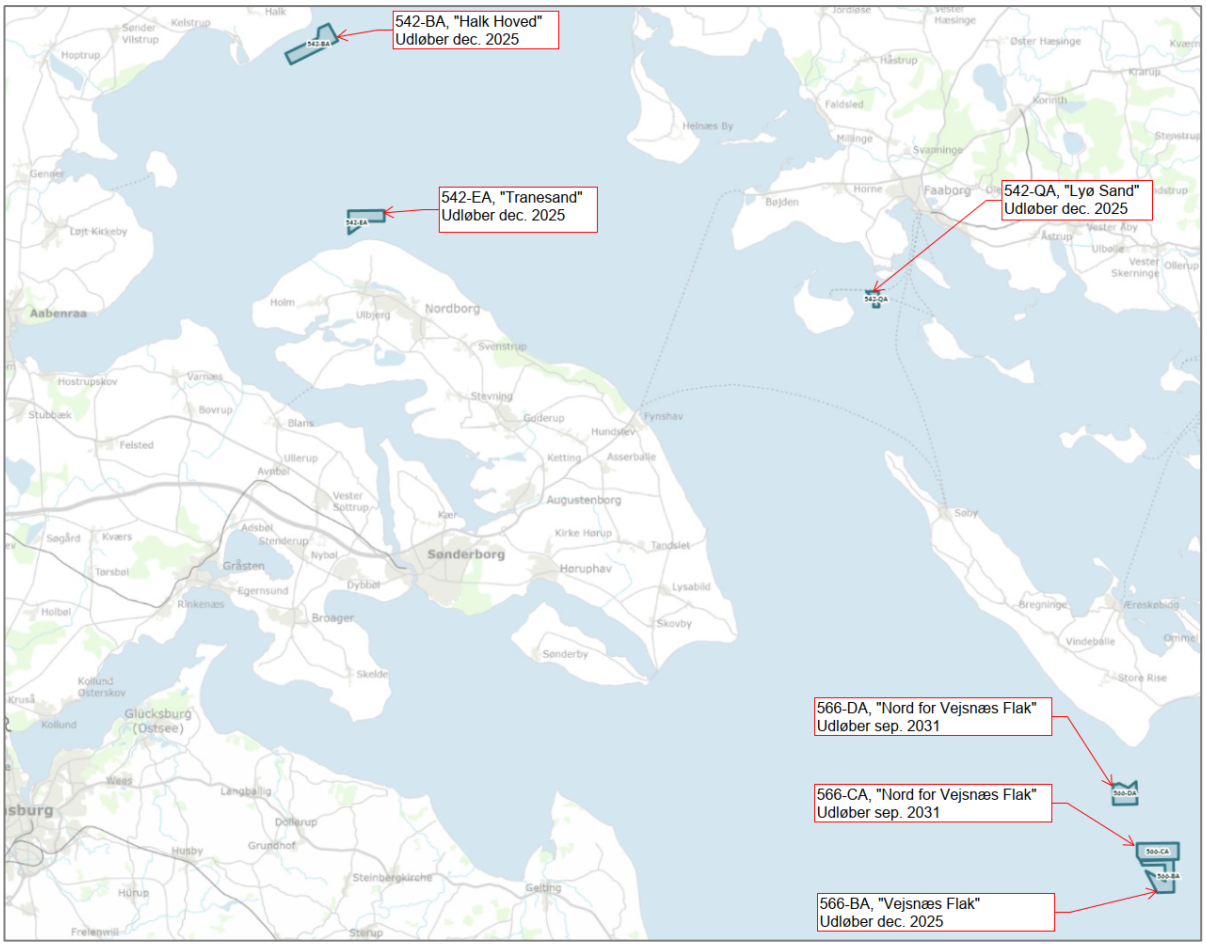
Indholdet af silt og finere fraktioner skal være minimalt, for at sikrer god dræning af stranden, en attraktiv overflade samt for at minimere tab af sediment til dybt vand:

- Indholdet af korn med d < 0,06 mm skal være mindre end ca. 2%.

Sandet skal være af marin oprindelse, således at sandet passer ind i det eksisterende miljø. Fodringsmaterialet skal desuden være uden indhold af organisk materiale.

5.5.3.2 Potentielle indvindingsområder

I umiddelbar nærhed af projektområdet findes flere udpegede fællesområder til råstofindvinding, som potentielt kan anvendes til sandfodring. Et overblik over disse områder fremgår af Figur 5-24.



Figur 5-24: Oversigt over fællesområder for råstofindvinding nær projektlokalitet.

De nærmeste fællesområder er "Halk Hoved" og "Tranesand". Begge har dog udløbsdato i december 2025, og det vurderes derfor mindre sandsynligt, at de vil være tilgængelige på tidspunktet for udførelsen. Hertil kommer, at restmængderne i de eksisterende tilladelser er relativt begrænsede, og det vurderes at de ikke kan dække det samlede behov. For projektet er der estimeret et samlet behov på ca. 225.000 m³ sand.

Det mest oplagte alternativ er fællesområde 566-DA "Nord for Vejsnæs Flak", beliggende ud for Ærø. Her løber tilladelsen frem til september 2031, og området har en årlig restmængde på 1,5 mio. m³, hvilket dækker det aktuelle behov. Sedimentet i dette område er klassificeret som kvalitetssand (0–4 mm). Der vil dog være behov for yderligere vurdering af sandkvaliteten – herunder en mere detaljeret kornkurveanalyse – for endeligt at fastslå, om materialet opfylder kravene til sandfodringsmaterialet. Til nærværende anlægsoverslag er der indregnet en enhedspris for sandfodring baseret på en sejlafstand svarende til dette indvindingsområde.

5.6 Vedligeholdelse

5.6.1 Stenkastning

Skråningsbeskyttelsen er dimensioneret for et lavt skadesniveau, og der forventes derfor i udgangspunktet ikke vedligehold af selve skråningsbeskyttelsen inden for den forventede levetid.

Det anbefales dog, at skråningsbeskyttelsen inspiceres årligt de første 2-3 år efter opførelsen, for at undersøge anlæggets tilstand og klarlægge, om der mod forventning er sket en skadesudvikling. På baggrund af disse indledende inspektionsrunder kan monitoreringsfrekvensen justeres. Generelt anbefales det, at skråningsbeskyttelsen inspiceres efter kraftige stormhændelser, f.eks. hændelser med en gentagelsesperiode på 10 år eller derover.

Ved de løbende inspektioner bør der lægges særlig vægt på underminering af tåen, da dette kan medføre destabilisering af hele dækstenslaget. Skråningen er udført med en kort tå, som dog tillader en vis udfladning som følge af erosion. Hvis der imidlertid observeres betydelig underminering, kan det blive nødvendigt at udlægge supplerende sten ved skråningens fod.

En underminering af tåen forudsætter dog, at der samtidig er sket en borterodering af det foranliggende strandplan. Det bemærkes i den forbindelse, at afstanden fra tåen og op til initialhøjden på strandplanet er forholdsvis stor (1.75 m) og da den kroniske erosion i området forventes at være begrænset, vurderes risikoen for fuldstændig borterodering af strandplanet at være lav.

Det anbefales dog fortsat, at strandens udvikling foran stenkastningen følges løbende. Ved en eventuel total borterodering (ned til kote 0) bør der tilføres supplerende sand for at reetablere strandprofilet og beskytte skråningens fod.

En visuel inspektion af skråningsbeskyttelsen forventes at kunne gennemføres på én arbejdsdag af en kvalificeret fagperson og omkostningerne hertil anslås til ca. 15.000 DKK. Det vil ofte være nødvendigt at supplere inspektionen med en droneoverflyvning. Indmålingen fra drone kan herefter sammenholdes med tidligere måledata for give et mere kvantificerbart overblik over skadesudviklingen. Droneopmålingen kan med fordel kombineres med en generel opmåling af hele projektstrækningen. Udgiften hertil anslås til ca. 25.000 DKK. Hvis der desuden ønskes opmåling af havbunden fra båd, må der forventes en meromkostning.

5.6.2 Strand og klitter

Klitdiget og skråningsbeskyttelse skal kunne modstå en designhændelse svarende til Oktoberstormen 2023 fremskrevet til år 2075. På baggrund af dette kriterie fastlægges der en minimumsgeometri for klitdiget og skråningsbeskyttelsen, herunder forstranden, som yder den nødvendige beskyttelse mod denne designhændelse.

Den overordnede målsætning er derfor, at dette minimumsprofil for kystbeskyttelse løbende vedligeholdes og udbygges i takt med fremtidige havspejlsstigninger for at opretholde det ønskede beskyttelsesniveau.

Vedligeholdelse af strand og klitdige skal generelt kompensere for følgende fire erosionsbidrag:

- Kronisk erosion
- Akut erosion
- Erosion grundet havspejlsstigninger
- Erosion som følge af randeffekter

De fire bidrag som der skal vedligeholdes imod, er uddybet nedenfor:

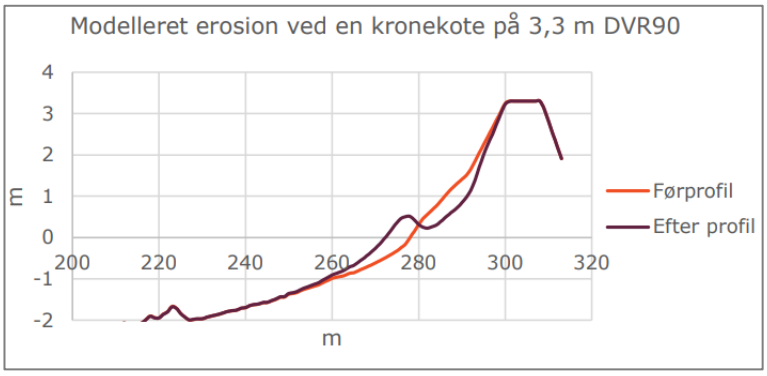
<u>Kronisk erosion:</u>
Den overordnede kystlinje i projektområdet vurderes overordnet at være meget stabil med meget begrænset kronisk erosion, hvilket også ses ved sammenligning med historiske luftfotos, som beskrevet i tidligere analyser af kystmorfologien for området, se ref. [1]. Der forekommer dog lokal erosion syd for Blokhusskoven, som fungerer som et naturligt erosionsområde og sandkilde for de øvrige strækninger.

Tidligere analyse af sedimenttransportkapaciteten i Sandvig Bugt angivet i ref. [12] viser da også, at der er begrænset transport i Sandvig Bugt og, at der er begrænset forskel i erosionsraterne på tværs af kysten. Analysen af sedimentransporten viser, at sedimentet drives ind i Sandvig Bugt fra begge sider. Forudsat at sedimentet er til rådighed ved Halk Hoved i øst og syd for Blokhusskoven i vest, må det dermed forventes, at den kroniske erosion på strækningen er meget begrænset.

Sandfodringsmængder mod kronisk erosion forventes derfor at være meget begrænset. Der er derfor i nærværende dispositionsforslag ikke medtaget sandtab relateret til løbende kronisk erosion. En eventuel kompensation kan vurderes gennem løbende monitorering af kystens udvikling efter anlæggets opførsel.

<u>Akut erosion:</u>
Akut erosion forekommer under stormhændelser, hvor strand og klit omlejres, og sedimentet midlertidigt føres havværts. En del af dette materiale vender naturligt tilbage stranden under rolige perioder. Et eksempel på denne omlejring er klitdigets forsideprofil er vist på Figur 5-25.

En væsentlig del af initialfodringen skal kompensere for den forventede deformation og omlejring under designhændelsen, samt de mindre tilpasninger som sker mellem vedligeholdelsesintervallerne.



Figur 5-25: Akut erosion af klitdige ved vandstand på +2,75 og kronekote +3.3 i henhold til tidligere undersøgelser, se Ref. [2]. Sandet ses at aflejres på forstranden som en hævet forklit.

Da kronisk erosion vurderes at være begrænset, forventes det, at en stor del af det omlejrede sand kan genanvendes til genetablering af klitprofilet efter stormhændelser. Dette er bl.a. blevet gjort i Solrød Strand, hvor klitdiget, efter Oktoberstormen 2023, blev genopbygget med sand, der blev bjærget fra forstranden.

Det må dog forventes, at en vis andel af materialet går tabt, og genopbygning af klitdiget må derfor ske med supplerende mængder af nyt sand. Desuden vil det være nødvendigt at genplante vegetationen (sandhjælme og marehalm) som et led i at genopbygge klitterne efter stormhændelser.

Sandmængder som flyttes under designhændelsen, herunder også hvor stor andel som forventes at kunne genbjærges, vil blive undersøgt nærmere i den efterfølgende detailprojekteringsfase.

<u>Erosion grundet havspejlsstigninger:</u>
Fremtidige havspejlsstigninger medfører et gradvist behov for tilførsel af sand for at opretholde kystens ligevægtsprofil. På grund af usikkerheder i de forventede havspejlsstigninger, og det forhold, at betydelige effekter først forventes at indtræde senere i anlæggets levetid, anbefales det, at denne buffermængde af sand ikke udlægges som en del af initialfodringen. I stedet bør kompensationen integreres som del af den løbende vedligeholdelse.

Efter stormhændelser, hvor der alligevel sker genopretning af strand og klit, kan der derfor tilføres supplerende mængder svarende til den akkumulerede havspejlsstigning. Denne tilgang sikrer, at beskyttelsen tilpasses over tid uden at initialfodringen overestimeres.

For havspejlsstigninger på 29 cm forventes dette at give en samlet sandmængde på ca. 8-10 m^3/m beregnet som forskellen mellem det teoretiske ligevægtsprofil for år 2075 og nutidige forhold. Denne mængde skal tilføres jævnt fordelt til kyststrækningen over den forventede levetid på 50 år. Den præcise mængde vil blive vurderet nærmere i detailprojekteringen

<u>Erosion grundet randeffekter:</u>
Daglige påvirkninger af kysten vil medføre, at fodringsmaterialet spredes langs kysten, dvs. at fodringsmaterialet også tilføres de ikke-fodrede nabostrækninger. Grundet denne udjævning af den tilførte sand langs projektstrækningen, vil dette opleves som et tab af sand til de omgivende strækninger. På den måde vil sandet i fordringsområdet forsvinde hurtigere end den bagvedliggende erosion tilsiger. Det er dette fænomen som benævnes randeffekter.

Randeffekter er mest udtalt på små fordringsstrækninger, og kan i disse tilfælde udgøre langt det største tab af sand. Randeffekten aftager dog jo længere fodringsstrækningen bliver. Grundet den relativt lange, samlede strækning, hvorpå der sandfodres (over 3 km), kombineret med et relativt mildt bølgeklima i Sandvig Bugt, forventes der derfor et relativt lille tab af sand grundet randeffekter. I henhold til ref. [13] kan der for en strækning på 1.000 m, placeret i et sammenligneligt mildt bølgeklima, forventes et tab på ca. 10 % af den samlede sandfodringsmængde. Grundet den væsentlig længere strækning i nærværende projekt forventes derfor et tab, som er væsentligt under 10 % af den samlede fodringsmængde. Eventuelt kompensation for tab grundet randeffekter bør indgå som en del af det løbende vedligehold og mængder bør baseres på løbende opmåling af kystens udvikling.

Generelt:
Vedligeholdelsesfodringer og profilreguleringer planlægges i udgangspunktet med et interval på 5 år, hvilket er et typisk anvendt vedligeholdelsesinterval for strandforingsprojekter i Danmark.
Da der kan forekomme væsentlige sæsonmæssige og årlige variationer i kystens udvikling, bør vedligeholdelsesindsatsen justeres løbende på baggrund af systematisk opmåling og monitorering af kyststrækningen. Herved sikres det, at målsætninger vedrørende kronekote, minimumsbredde og sikkerhedsniveau opretholdes gennem hele anlæggets levetid.

6. Skråningsstabilitet af skrænt

I dette afsnit præsenteres problematikken vedr. skråningsstabiliteten af skrænten ved Blokhusskoven, Kelstrup Klint og Bramsensgårdvej samt løsningerne. Skræntens samlede udbredelse, og som indeholdt i projektet, er vist på Figur 6-1.

Figur 6-1: Udbredelse (lyserød linje) af skrænten ved Blokhusskoven, Kelstrup Klint og Bramsensgårdvej.

Fotografier af eksisterende skrænt, taget i november 2024, er vist på Figur 6-2.

Figur 6-2: Eksempler på skrænten ved Blokhusskoven og Bramsensgårdvej – Fotos november 2024.

Stabiliteten af skrænten ved Blokhusskoven og Kelstrup Klint er tidligere blevet undersøgt ved beregninger, og disse viser, at der er stor sandsynlighed for at skrænten på delstrækninger ikke er stabil og med risiko for både dybtliggende brud og brud i toppen af skrænten. Der henvises til både ref. [13] og [15] for uddybning af tidligere undersøgelser.

Det er oplyst af beboerne i området, at der især efter kraftige regnskyl og våde perioder ses stabilitetsbrud i toppen af skrænten. Seneste brud ved skræntens top er sket i den vestlige ende af delstrækningen ud for ved Bramsensgårdvej, umiddelbar øst for skellet mellem Kelstrup Klint og Bramsensgårdvej. Derfor inkluderes skrænten ud for Bramsensgårdvej i betragtningen af den samlede strækning fra Blokhusskoven nr. 111 til Kelstrup Bæk.

På baggrund af de tidligere undersøgelser af skræntens stabilitet er det blevet bestemt at udføre supplerende detaljerede stabilitetsberegninger af skrænten ved Blokhusskoven og Kelstrup Klint. Bramsensgårdvej er ikke omfattet af disse detaljerede beregninger, men grundet skræntens natur og geometri anses den for dækket af undersøgelsen. Der gøres opmærksom på, at skrænten ved Bramsensgårdvej ikke er dækket af geotekniske undersøgelser, hvorfor det ikke er muligt at lave egentlige beregninger af stabiliteten på denne strækning.

Strækningen gældende for Blokhusskoven og Kelstrup Klint er analyseret i otte yderligere snit (snit A – H) for at øge forståelsen af skråningens stabilitet langs hele dens længde. Snittene, sammen med tidligere undersøgte snit i ref. [15], er vist på Figur 6-3. Disse yderligere stabilitetsberegninger af de otte snit er præsenteret og dokumenteret i ref. [16]. Tværsnittenes stabilitet er beregnet for henholdsvis:

- Eksisterende forhold - henviser til stabiliteten af skrænten beregnet for nuværende skråningsanlæg.
- Skråningssikret forhold - henviser til stabiliteten af skrænten beregnet som eksisterende forhold med en skråningssikring / opfyldning af skrænten.

Figur 6-3: Oversigtskort af Blokhusskoven og Kelstrup Klint med angivelse af placering af beregningssnit, som er beskrevet i ref. [16]. Bramsensgårdvej er ikke dækket af kortet, men er placeret øst for boring B4.

6.1 Undersøgelse af skræntens eksisterende stabilitet

Undersøgelse af skræntens eksisterende stabilitet er afrapporteret i ref. [16], og er kort gengivet i de følgende afsnit. For undersøgelsen er der udledt parametre fra den geotekniske undersøgelsesrapport, ref. [9], udarbejdet af COWI i maj 2023. Denne baserer sig på de udførte boringer B1 – B7, og placeringen af disse kan ses på Figur 6-3. Det er vurderet, at det geotekniske grundlag er tilstrækkeligt til vurdering af skråningsstabiliteten for Blokhusskoven og Kelstrup Klint, men som nævnt tidligere dækker det ikke Bramsensgårdvej.

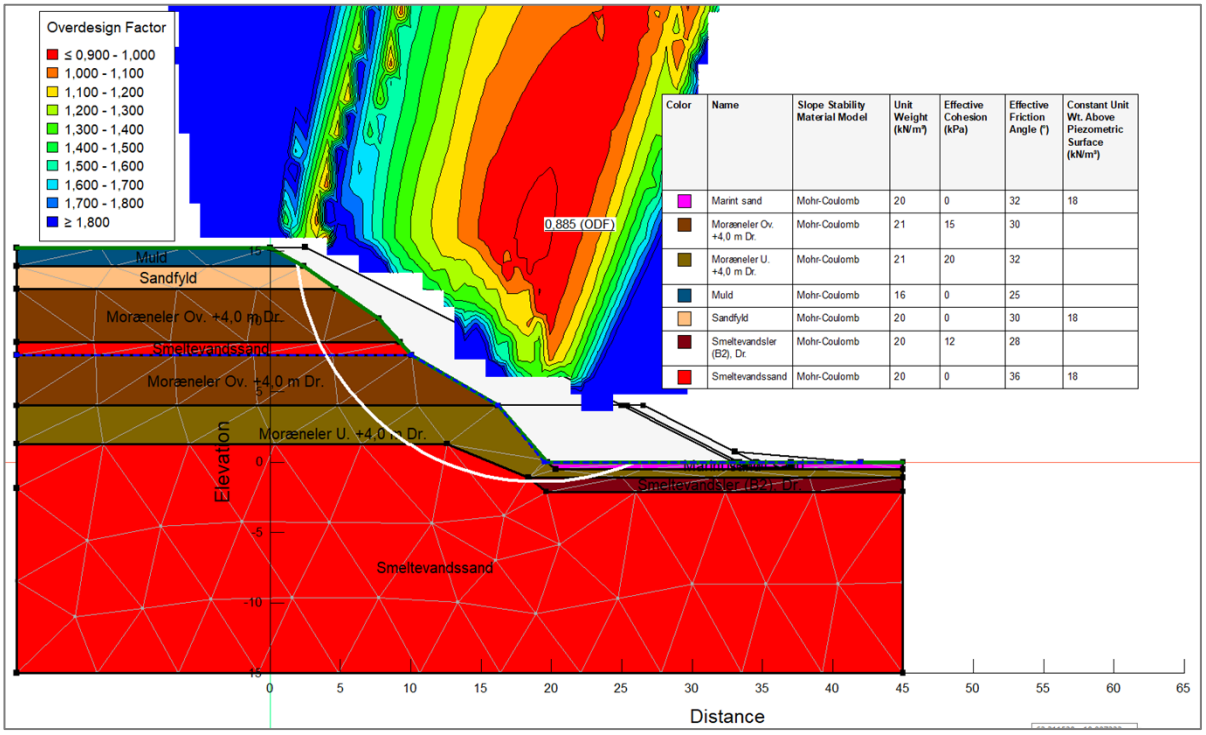
Ved beregning af den eksisterende skråningsstabilitet er det fundet, at skrænten kan være ustabil med risiko for dybtliggende brud.

Tværsnittene i beregningerne er baseret på den Danske Højdemodel udtrukket fra Scalgo.com. Lagfølgen for tværsnittene er bestemt på baggrund af boringerne B1 - B7 samt de af Geosyd udførte boringer B1 og B2, som er vist med mørkeblåt på Figur 6-3. For beskrivelse af anvendte boringer i de enkelte tværsnit henvises til ref. [16].

Koten for det sekundære grundvandsspejl (GVS) er baseret på den mest konservative pejling i de boringer, som er vurderet relevante for det pågældende snit. Målingerne fra pejlingerne kan findes i henholdsvis ref. [9] og ref. [11]. Beregningsmodellerne er udført med karakteristiske værdier og i middel konsekvensklasse (CC2) med undersøgelse af både det drænede og udrænede tilfælde.

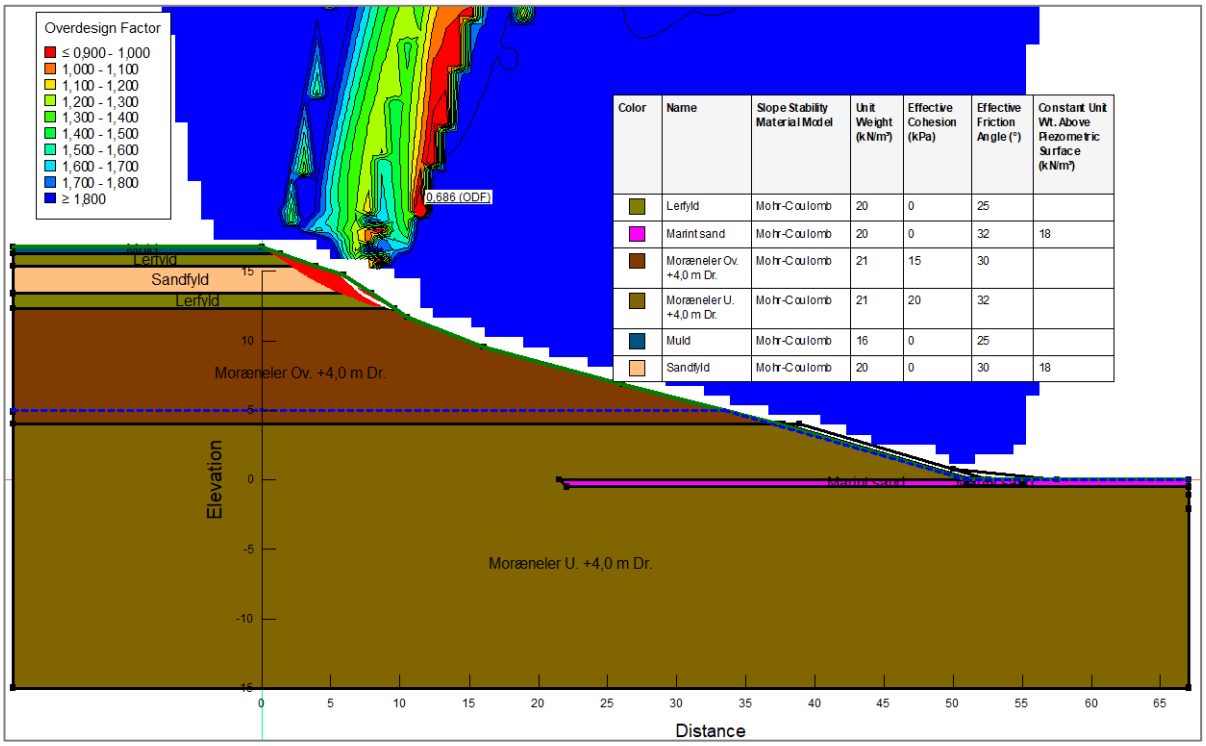
Eksempler på beregninger af skrænten stabilitet for hhv. snit B og snit D er vist i henholdsvis Figur 6-4 og Figur 6-5.

Af brudfiguren for snit B (Figur 6-4) ses et dybtliggende brud i skrænten og sikkerhedsfaktoren ligger på under 1,0, i det viste tilfælde på 0,89, hvilket betyder at skrænten ikke er stabil. Foruden det dybtliggende brud i den drænede tilstand, kan der også forekommer brud i toppen af skrænten i den udrænede tilstand.



Figur 6-4: Snit B med vandspejl i øvre glacialt sandlag i kote +7,6 m med stabilitetsresultater regnet som CC2 i drænet tilstand. Brudlinje vist med hvid, og sikkerhedsfaktor på 0,89.

Af brudfiguren for snit D ses et overfladebrud i toppen af skråningen (Figur 6-5), da skrænten her er stabil overfor de dybtliggende brud. Sikkerhedsfaktor ligger på under 1,0, i det viste tilfælde på 0,71, hvilket betyder at skrænten ikke er stabil i det rødt markerede område på Figur 6-5.



Figur 6-5: Snit D med vandspejl i kote +4,95 m med stabilitetsresultater regnet som CC2 i drænet tilstand. Brudlinje vist med hvid, og sikkerhedsfaktor på 0,69.

Begge snit er placeret i områder, hvor sommerhuse ligger forholdsvis tæt på skrænten. Det skal bemærkes at skrænten i snit B står med en hældning på ca. 1:1,3 mens den i snit D står med ca. 1:3 – altså en markant forskel i stejlhed.

6.1.1 Resultater af skrænten eksisterende stabilitet

Samtlige resultater af stabilitetsberegningerne for den eksisterende skrænt, som dokumenteret i ref. [16], fremgår af Tabel 6-1.

Tabel 6-1: Resultater af stabilitetsberegninger af eksisterende skrænt i CC2. Stabilitetsfaktorer under 1,0 betyder at skrænten ikke står med tilstrækkelig sikkerhed.

Snit [-]	Designprofil [-]	GVS [m DVR90]	Tilstand [-]	Brudform [-]	Stabilitetsfaktor [-]
A	B1 + B5	+7,6	Drænet	Overflade	1,02
		+8,5	Drænet	Dybdeliggende	0,99
		Terræn	Udrænet	Overflade	0,46
B	B1/B2 + B5/B6	+7,6	Drænet	Dybdeliggende	0,89
		Terræn	Udrænet	Overflade	0,60
C	B2 + B6	+5,7	Drænet	Dybdeliggende	0,98
		Terræn	Udrænet	Overflade	0,11
D	B2/B3 + B6/B7	+5,0	Drænet	Overflade	0,69
		Terræn	Udrænet	Overflade	0,44
E	B3 + B7	+5,0	Drænet	Overflade	1,23
		Terræn	Udrænet	Overflade	0,40
F	B3/B2 (Geosyd) +	+5,0	Drænet	Overflade	1,00

Snit [-]	Designprofil [-]	GVS [m DVR90]	Tilstand [-]	Brudform [-]	Stabilitetsfaktor [-]
	B7	Terræn	Udrænet	Overflade	0,31
G	B2 (Geosyd) + B1 (Geosyd)	+5,5	Drænet	Dybdeliggende	1,41
		Terræn	Udrænet	Dybdeliggende	1,59
H	B4 + B1 (Geosyd)	+5,5	Drænet	Dybdeliggende	1,16
		Terræn	Udrænet	Overflade	0,78

Det er vigtigt at pointere, at de overfladebrud, som sker i det udrænede tilfælde, og som fremgår meget ustabile, da stabilitetsfaktoren er langt under 1, er meget små brud. Disse brud er mindre betydende overfladebrud i muldlaget.

6.1.2 Konklusion af skræntens eksisterende stabilitet

Det fremgår af resultaterne for snit A til H, at strækningen kan inddeles i to delstrækninger, der hver især repræsentere risici for hhv. dybtliggende brud eller brud i toppen af skrænten.

For delstrækningen snit A til C kan det konkluderes, at der er en stor sandsynlighed for, at der kan ske dybdeliggende brud, og at skrænten teoretisk set ikke er stabil. For at gøre skrænten stabil anbefales det, at der laves en opfyldning helt op til skræntens top, som beskrevet i afsnit 6.3.

For delstrækningen snit D til H kan det konkluderes, at skrænten grundlæggende er stabil overfor de dybtliggende brud. Beregningsmodellerne viser, at der kan ske overfladebrud i toppen af skrænten, og især i muld- og fyldlaget. Dette stemmer overens med beskrivelsen om, at der ved kraftige regnskyl er observeret stabilitetsbrud i toppen.

Beregningsmodellerne viser, at grundvandsspejlets placering i skråningen har stor betydning for stabiliteten. Dette er der taget højde for ved at lave sensitivitets analyser for f.eks. i snit B, hvor det sekundære vandspejl er øget fra indmålingskote i +7,6 m til +8,5 m. Grunden til at der udføres sensitivitetsanalyserne er, at det anses for at være plausibelt, at det sekundære vandspejl kan variere med op til en meter. Det skyldes, at store dele af skrænten består af moræneler, som kan være næsten impermeabelt (meget tæt) i kortvarige situationer med intens nedbør.

6.2 Undersøgelse af skræntens stabilitet ved opfyldning

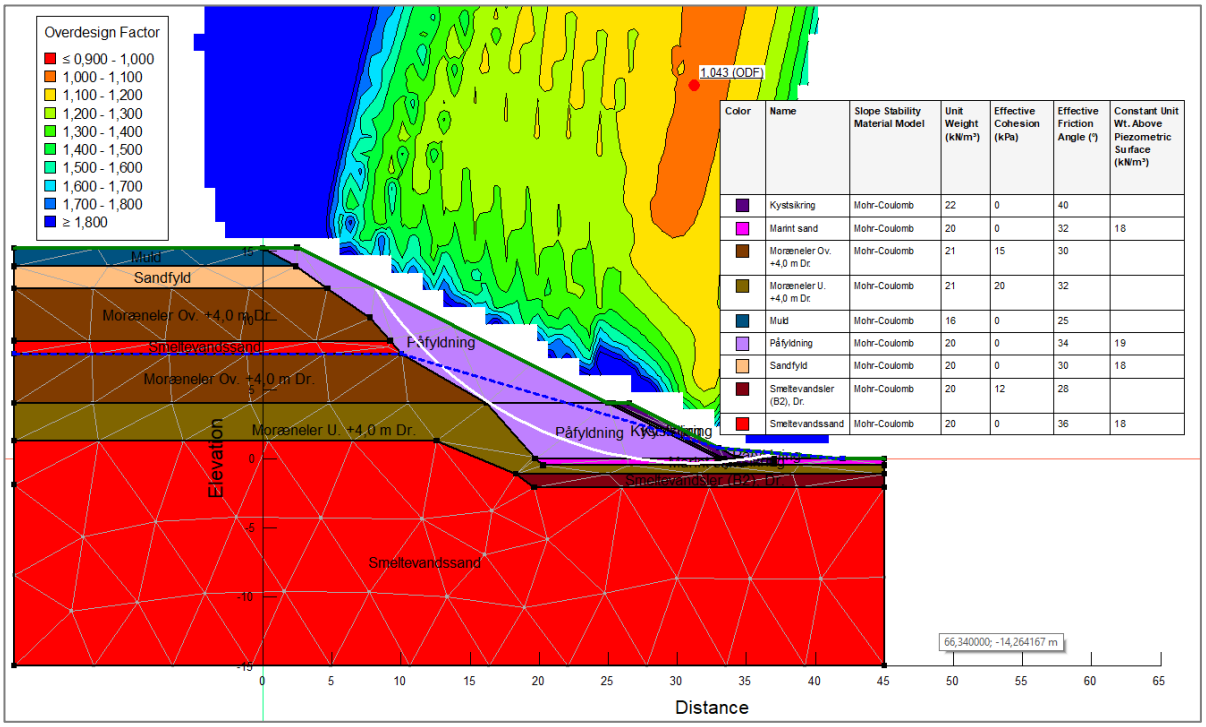
I det følgende afsnit præsenteres en løsning for opnåelse af tilstrækkelig sikkerhed mod dybtliggende brud i skrænten ud for Blokhusskoven (mellem snit A og C). Eftervisningen er afrapporteret i ref. [16], hvorfor der henvises hertil for yderligere oplysninger.

Det er valgt, på baggrund af tidligere vurderinger præsenteret i ref. [13], at opfyldning af skrænten er den rette og mest økonomiske løsning i forhold til sikring af skrænten mod dybtliggende stabilitetsbrud.

Eftervisningen af opfyldningens effekt mod brud er udført med en bredde på 2,5 m ved toppen af skrænten og med en hældning på a=2 (1:2) ned til foden af skrænten/strandniveau. Geometrien af opfyldningen af skrænten for snit B ses af Figur 6-6. Opfyldningen modelleres som et friktionsmateriale bestående af sand og grus.

Det er i en af beregningstjekkene antaget, at det sekundære grundvandsspejl (GVS) i opfyldningen forløber som illustreret på Figur 6-6, hvor vandspejlet løber midt i

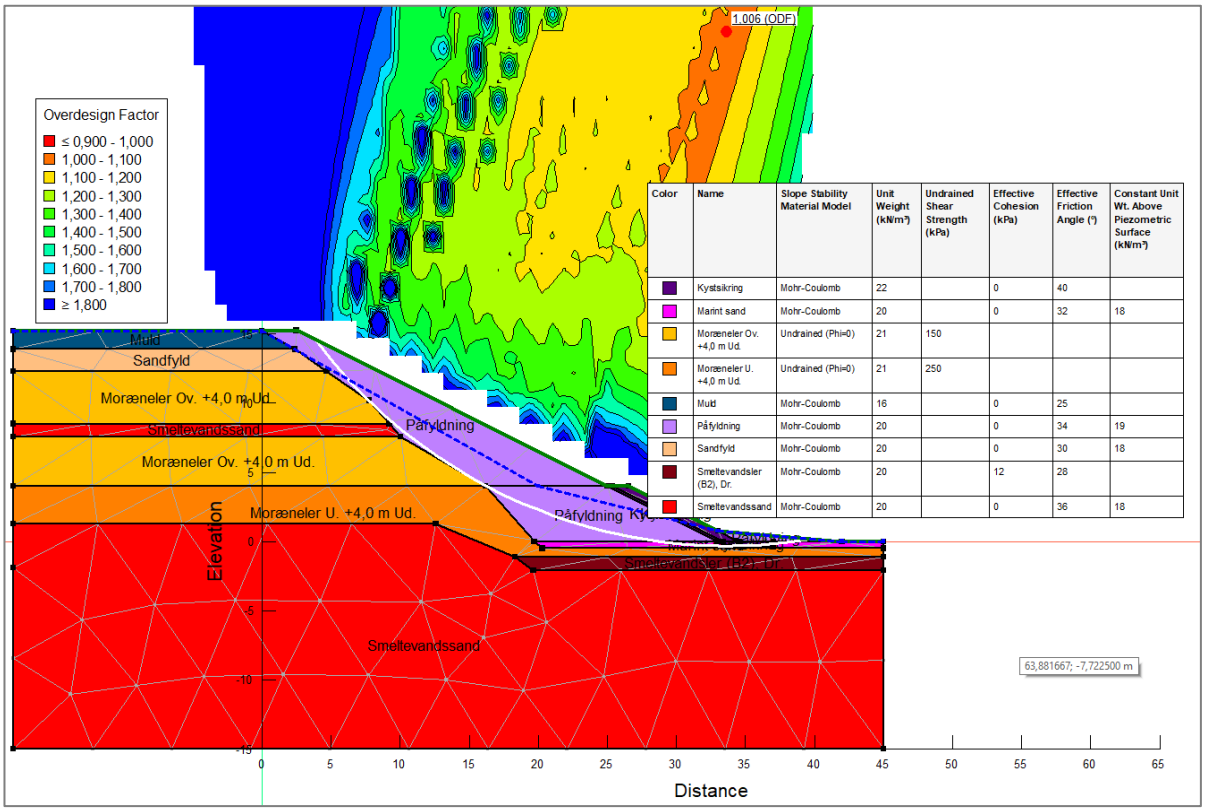
opfyldningsmaterialet. Umiddelbart vurderes det, at vandspejlet vil følge overside af intakt skrænt, men det kan ikke udelukkes, at det forløber anderledes. Antagelsen om GVS midt opfyldningslaget er en konservativ betragtning.



Figur 6-6: Snit B med vandspejl i øvre glacialt sandlag i kote +7,6 m med stabilitetsresultater regnet som CC2 i drænet tilstand. Brudlinje vist med hvid, og sikkerhedsfaktor på 1,04 (stabil).

Derudover er opfyldning af skrænten også eftervist med vandspejl i terræn og i den udrænede situation, se Figur 6-7.

I både drænet og udrænet tilstand beregnet i CC2, hvilket vil sige, at beregningerne indeholder sikkerheder, er det fundet, at skrænten og opfyldningen samlet set er stabil overfor dybtliggende brud. Det bemærkes dog, at skulle der ske et brud, så forventes det udelukkende at ske i opfyldningen, se hvide brudlinjer på Figur 6-6 og Figur 6-7. Det betyder, at der er en ekstra sikkerhed mod, at sommerhusene bag opfyldningen styrter ned.



Figur 6-7: Snit B med vandspejl i terræn med stabilitetsresultater regnet som CC2 i udrænet tilstand. Brudlinje vist med hvid, og sikkerhedsfaktor på 1,01 (stabil).

6.3 Beskrivelse af opfyldning af skrænt

I nærværende afsnit præsenteres designet for opfyldningen af skrænten ud for Blokhusskoven, som strækker sig fra sydvest for nr. 111 til ud for nr. 97. Opfyldningen fremgår af tegningsmaterialet, hvorfra der er vist udsnit af tegningerne i Figur 6-8 og Figur 6-9. Blot for præcisering, så anbefales der ingen opfyldning af skrænten på den resterende del af Blokhusskoven, Kelstrup Klint og Bramsensgårdvej.

Som eftervist og beskrevet i afsnit 6.2 anlægges opfyldning af skråningssikring med en bredde på 2,5 m ved skråningstop og med en hældning på 1:2. Den nederste del af opfyldningen, op til kote +4,0 m, beskyttes mod erosion af kystsikring (stenkastning, se afsnit 5.1). Der gøres opmærksom på, at den samlede strækning (Blokhusskoven, Kelstrup Klint og Bramsensgårdvej) beskyttes mod erosion ved anlæggelse af stenkastning. Stenkastningens opbygning ses af Figur 6-9, og denne opbygges med en hældning svarende til opfyldningen (1:2). Tværsnit af øvrige strækninger fremgår af tegningsmaterialet.

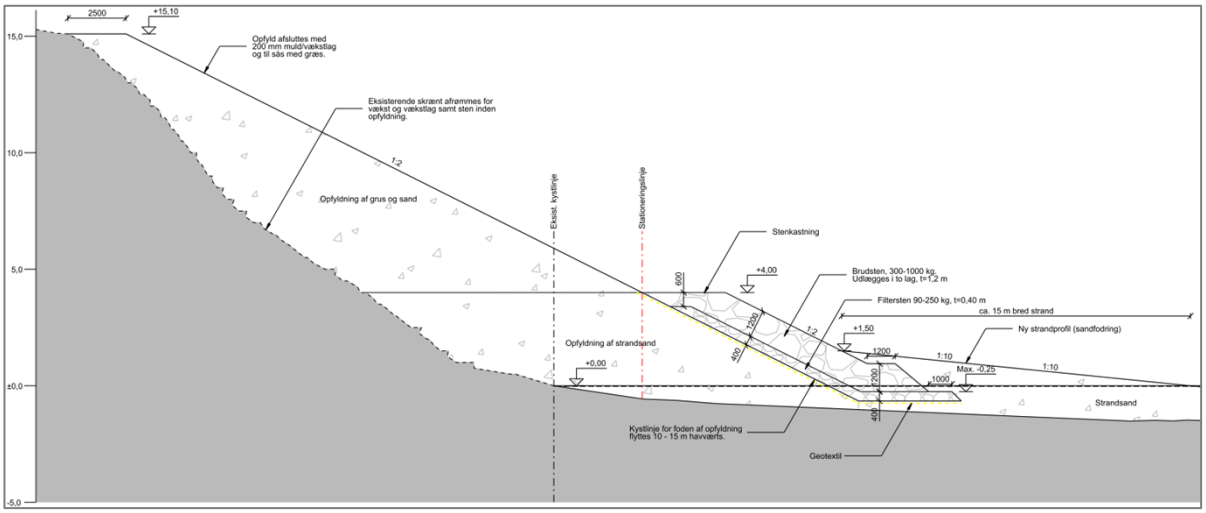
Generelt opbygges opfyldningen med friktionsmaterialer, der består af sand og grus. Bag stenkastningen udføres opfyldningen med sand indvundet fra søen tilsvarende sand anvendt til strand og klitter. Over stenkastningen, fra ca. kote +4,0 m opbygges skråningen af sand og grus fra grusgrav, da materialer fra søen ikke er egnet som fyld til skråninger grundet dårligere kvalitet. At der kan anvendes materialer fra søen bag stenkastningen skyldes, at disse beskyttes af stenkastningen.

Der er anvendt friktionsmaterialer, da permeabilitet er meget større end for kohæsions materialer, og som dermed i langt højere grad tillader gennemstrømning af grundvand og overfladevand fra eksisterende skrænt ud og ned i opfyldet. Det er vurderet for risikabelt at

opbygge dæmningen i kohæsionsmateriale (ler), da permeabiliteten er lav, hvilket kan resultere i, at der sker en ophobning af det sekundære vandspejl bag opfyldningen, som kan medføre skråningsbrud af opfyldningsmaterialet. Hvis der anvendes ler som opfyldning, så skal der udføres et effektivt drænsystem, der kan være med til at reducere risikoen for brud. Det vurderes dog omkostningstungt at udføre, og vil kræve regelmæssigt vedligehold for at sikre at drænet er effektivt.

Opfyldningen resulterer i, at nuværende kystlinje ved Blokhusskoven rykkes søværts. Fremrykningen er på mellem 10 og 15 m.

Figur 6-8: Udsnit af tegning VK-D-TH-0200, der viser opfyldning af skrænten ved Blokhusskoven med rødbrun skravering. Orange og gul skravering markerer hhv. stenkastning (kystsikring) og ny strand.



Figur 6-9: Udsnit af tegning VK-D-TH-8800, der viser tværsnit af skrænt, opfyldning og stenkastning ved Blokhusskoven (snit A – C).

6.4 Udførelse af opfyldningen

Udførelsen af opfyldning af skrænten beskrives i det følgende. I udarbejdelsen af løsningen har der været fokus på at vælge en løsning og geometri, der er bygbar, idet opfyldningen er op til 16 m over havets overflade / eksisterende strandniveau. Det er derfor ikke muligt at udføre opfyldningen i én etape, da der ikke findes materiel, som kan indbygge fyldet fra hverken stranden eller toppen af skrænten. Endvidere er den samlede mængde af fyld, som skal indbygges, meget stor, og det stiller krav om anvendelse af store entreprenørmaskiner.

Udførelsen for opfyldningen af skrænten inkl. øvrige arbejder relateret til strækningen forventes i grove træk at kunne udføres som følgende:

1) Indpumpning af sand på stranden og fordeling af dette foran skrænten, så det kan fungere som arbejdsområde for opbygning af fyld og stenkastning.
2) Fjernelse og sortering af sten i eksisterende kystbeskyttelse samt henlæggelse i depot på stranden for senere genindbygning.
3) Beplantning på skråningens nederste 4-6 m ryddes og bortskaffes.
4) Rømning af vækst-/muldlag på skråningens nederste 4-6 m samt henlæggelse i depot på stranden for senere genindbygning.
5) Forberedelse af skrænten for indbygning af fyld ved fortanding af skråningen.
6) Indbygning af marint sand (det samme som anvendt til stranden) op til overside af stenkastning.
7) Udgravning for stenkastningens fod og udlægning af geotextil og filterlag (eksist. sten genanvendes og suppleres med nye).
8) Udlægning af dæksten i stenkastningen (eksist. sten genanvendes og suppleres med nye).
9) Indbygning af nyt strandprofil foran stenkastningen.

Anden del af udførelsen af opfyldningen forventes udført efter kystsikringen er udført og fra kote ca. +4,0 m, og udføres som følgende:

10) Rydning og bortskaffelse af beplantning.
11) Rømning af vækst-/muldlag og henlæggelse i depot for genindbygning.
12) Forberedelse af skrænten for indbygning af fyld ved fortanding af skråningen.

13) Indbygning og komprimering af fyldmateriale.
14) Udlægning af genanvendt vækst-/muldlag – indbygges fra over stenkastning.
15) Såning af græs.

Det er ikke entydigt afklaret, hvordan entreprenøren vil udføre anden del af opfyldningen. Det forventes dog, at entreprenøren gradvist kan opbygge en rampe i fyldmaterialerne fra øst mod vest til toppen af skrænten, og når den er bygget op til toppen mod vest, så gradvist trække sig tilbage. Ved denne metode nyttiggøres det fladere plateau på skrænten umiddelbart øst for opfyldning som adgang for opfyldningsarbejderne.

Det er valgt, at toppen af opfyldningen er 2,5 m bred. Bredden er bestemt ud fra udførelsesmæssige hensyn, så det sikres, at entreprenørmaskiner har bredde nok i toppen til at udføre arbejdet.

6.5 Vedligeholdelse af opfyldningen

Generelt forventes der kun begrænset vedligehold af skrænten, idet denne er begrænset til fjernelse af træer og buske samt slåning af græsset nogle gange om året. Dette anbefales for at undgå mindre lokale brud som følge af:

- Væltede træer, som blotlægger fyldet under disse, som dermed udsættes for vejr og vind, der kan resultere i mindre skred af skråningen.
- Skyggeeffekt fra buske, der kan reducere væksten af græsset både under og rundt om disse og dermed lede til mindre skred.

For en stabil overflade af opfyldning er det vigtigt, at der etableres et sundt græsdække, da rødderne holder på muld og fyld. Derved minimeres risikoen for, at der sker overfladebrud i opfyldningen af skrænten ved kraftige regnskyl.

6.6 Sikring mod brud i toppen af skrænten

Som afdækket ved beregninger er der på den samlede strækning risiko for brud i toppen af skrænten, hvilket stemmer overens med beretninger fra borgere i området og som observeret ved besigtigelse.

Ved Blokhusskoven, på strækningen beskrevet i afsnit 6.3, løses udfordringen med topbrud ved opfyldning af skrænten helt til toppen af denne. På den øvrige del af strækningen, resten af Blokhusskoven, Kelstrup Klint og Bramsensgårdvej, er der ikke udarbejdet et endeligt løsningsforslag endnu. For den del af strækningen, hvor sommerhusene ligger tilbagetrukket ift. skrænten top, se Figur 6-10, anbefales det, at der accepteres en risiko for, at der i fremtiden kan ske yderligere brud i toppen. Det betyder, at det skal forventes, at toppen af skrænten kan trække sig yderligere tilbage, i størrelsesordenen 5-10 m. For Bramsensgårdvej er det vurderet at være mindre betydende, men for Kelstrup Klint resulterer det dog i en betydelig påvirkning af haverne. Særligt have og terrasse ved Blokhusskoven nr. 91 er udsat.

Der har med borgerne på den berørte strækning været dialog, om et tilbagetrukket dræn kan afhjælpe stabilitetsproblemet med toppen af skråningen. Et sådant dræn vurderes at skulle placeres som vist på Figur 6-10, hvor der allerede er et eksisterende dræn. Så det er muligvis blot et spørgsmål om at restaurere og rense dette dræn. Drænets effekt er ikke undersøgt til bunds, men vil blive undersøgt nærmere i detailprojekteringen. Det er vurderet, at det vil have en effekt, men om det kan afhjælpe problemet fuldstændigt, er usikkert.

Figur 6-10: Oversigtsfoto med markering af strækning hvor der kan forekomme brud i toppen af skrænten, samt forventet placering af eksisterende dræn.

7. Tværdige

Ved Hejsager Strandby beskyttes området mod oversvømmelse fra strand- og ferskvandseng samt Noret mod øst ved at udføre et traditionelt dige. I dette projekt ofte refereret til som tværdiget, da det går på tværs af kystlinjen.

Tværdiget anlægges delvist i samme tracé som eksisterende dige, der er beskrevet nærmere i afsnit 3.10.4. Strækningen hvor tværdige og eksisterende dige er sammenfaldende fremgår af Figur 7-1. Henover strandengen på havsiden af Hejsager Strandby etableres tværdiget på tværs af Ulvekær Bæk. På den sydlige side af bækken udføres diget traditionelt, men nord for bækken foreslås diget erstattet af en spunsdæmning, der er beskrevet nærmere i afsnit 8.4. Den primære årsag til etablering af spunsdæmning fremfor dige er, at der skal være adgang til højvandsport og pumpestation for drift og vedligehold, herunder kørsel med lastbil. Her er det vurderet at en spunset dæmning konstruktivt er mere stabil end et dige. Og da det samtidigt kræver en forholdsvis bred kørevej, er dæmningen også valgt for at begrænse fodaftrykket af konstruktionen, og dermed påvirkningen af den beskyttede §3 natur på strandengen.

Figur 7-1: Markering af strækning hvor tværdige og eksisterende dige er sammenfaldende.

Den del af det eksisterende dige, som ikke inddrages i det nye tværdige, ændres der ikke på. Der vurderes ikke at være nogen funktionel eller økonomisk gevinst ved at fjerne det, og det bibeholdes derfor som eksisterende anlæg.

Tværdiget bliver ca. 400 m langt, og udføres med en topkote i +2,6 m. Det er 17 cm højere end designvandspejlet (+2,43 m). Den ekstra højde er tilvalgt for at tage hensyn til evt. sætninger af diget samt evt. mindre bølgepåvirkning, som kan opstå ved østlige storme henover strandeng og

Noret når disse arealer oversvømmes. Hvis der forekommer disse mindre bølger, så ønskes diget ikke overskyllet, da der så vil skulle tages højde for dette overskyl i håndteringen af bagvand.

Grundet digets tilbagetrukne placering fra kysten vurderes bølgepåvirkningen at være begrænset, hvorfor frihøjden af diget ift. designvandspejlet også forventes at være begrænset. Dette vil blive endeligt bekræftet i den senere detailprojekteringsfase hvor topkoten af diget endeligt fastlægges.

På nuværende tidspunkt planlægges diget etableret med en for- og bagside hældning på 1:3, hvilket vurderes at være passende i forhold til den forventede begrænsede bølgepåvirkning i området. Det skal dog understreges, at der ikke er foretaget et egentligt design af diget endnu, da relevant geoteknik ikke er tilgængeligt. Diget er derfor primært designet ud fra en forventning, og med baggrund i, at der i dag er et dige, som står med stejlere hældning (1:1,5). Kronebredden af tværdiget er for nuværende vist med 3 m. Bredden vil i det endelig design blive justeret ift. den påkrævede stabilitet af diget.

Generelt opbygges diget af en kerne af sand og en ydre lermembran. Kernen kan dog også udgøres af ler eller leret råjord. Lermembranen etableres for at tætne mod vandgennemtrængning ved højvande, og gør også diget mere stabilt. Overfladen af diget dækkes med et muld-/vækstlag som sås til med græs. Græsset gør diget modstandsdygtigt og modvirker, at diget eroderer under påvirkning af fra både højvande og regn. Jordmaterialerne fra det eksisterende dige forventes genanvendt i tværdiget ved at muldet først afrømmes og lægges i depot langs diget for senere genindbygning. Derefter reguleres eksisterende digematerialer så de er nederst i det nye dige.

De øvre jordlag under det planlagte digetracé består forventeligt og hovedsageligt af bløde tørve- og gytjelag. De bløde jordlag har stor indvirkning på styrken og stabiliteten af diget, som bliver mere kritisk, jo dybere blødbundslaget er. Ud fra de eksisterende geotekniske oplysninger forventes lagtykkelsen maksimalt at være mellem 1 og 2 m med stor variation langs strækningen. Det kan vises sig nødvendigt i de områder, hvor lagtykkelsen er størst, at foretage jordforbedring for at sikre tilstrækkelig sikkerhed mod kollaps ved en stormflodshændelse. Det henstår dog til detailprojekteringen endeligt at afdække hvorvidt dette er nødvendigt.

Derudover skal der i områderne med blødt tørv og gytje undersøges, om det er nødvendigt at udføre en lerrende ved foden af digets forside, som bygges sammen med membranen. Formålet er at sikre mod vandindtrængning ved højvande i digets sandkerne mellem de bløde lag og lermembranen. Tætheden er vigtig for at sikre mod kollaps af digets bagside under højvande.

7.1 Udførelse af dige

Som nævnt forventes der større områder med bløde jordlag i det planlagte tracé for tværdiget. Detailprojektering vil vise, om det derfor er nødvendigt at udføre diget forskelligt afhængig af jordbundsforholdene.

På bagsiden af diget skal der generelt forventes etableret en ca. 4 m bred midlertidig kørevej, hvor der også sker oplægning af eksisterende jordmaterialer, som skal genindbygges i diget, f.eks. muld.

Diget udføres med gravemaskine og dumper samt mindre komprimeringsmateriel.

<u>Gode jordbundsforhold</u>

Ved anlæg af diget på gode jordbundsforhold (sandaflejringer) fjernes det øverste jordlag (muldlag) for at sikre gode funderingsforhold for diget og for at minimere sætninger.

Når muldet er afrømmet, opbygges digets sandkerne, der lagvist komprimeres, og efterfølgende udlægges lermembranen, som indbygges efter krav, der sikrer bedst mulig tæthed. Når diget er anlagt, genudlægges det afrømmede muld, såfremt det er egnet, og der suppleres med tilført muld i nødvendigt omfang. Arbejdet afsluttes med tilsåning af en særlig græsblanding, som er egnet til diger (en såkaldt digeblanding).

Hvis det afrømmede muld ikke er genanvendeligt til indbygning i det nye dige, så skal det undersøges om det må udlægges tyndt på arealerne bag diget, eller om det skal bortskaffes til en godkendt jordmodtager.

Dårlige jordbundsforhold
Hvis detailprojekteringen viser, at diget ikke kan bygges direkte på de bløde jordlag, så foreslås disse bløde lag enten bortgravet (udskiftet) eller stabiliseret. Stabiliseringen kan foretages på forskellige måder eksempelvis ved at opblande den øverste zone med cement (cementstabilisering). Alternative stabiliseringsmetoder vil blive vurderet nærmere i den videre projektering. Det kan dog vise sig, at traditionel jordudskiftning er den mest enkle og økonomisk fordelagtige løsning.

7.2 Vedligeholdelse af dige

Diget sås til med græs for at sikre det mod erosion. Græsset skal slås nogle gange (typisk 2-4 gange) i løbet af vækstsæsonen (april til september) for at forhindre større planter og træer i at gro, og for at få et tæt og dybt rodnet af græs, der armerer overfladen, og gør den mere modstandsdygtig overfor erosion. Det er vigtigt, at der ikke forekommer større planter og træer på diget, da deres rødder vil penetrere lermembranen, hvilket kan medføre indsivning af vand i diget, og dermed potentielt føre til kollaps af diget under en stormflod. Bevoksning på diget bør derfor løbende fjernes, da det generelt svækker diget.

Det anbefales derfor, at der mindst én gang årligt udføres et digesyn, hvor diget gennemgås med fokus på følgende emner:

- Generel tæthed af græstæppet
- Bevoksning af ukrudt, buske og småtræer
- Huller og dybe revner
- Spor efter koncentreret færdsel fra mennesker som kan medføre dybe stier eller nedslidning af græstæppet.

Desuden kan det vise sig nødvendigt, nogle år efter færdiggørelsen af digerne, at foretage efterregulering af digerne i form af afgravning og tilførsel af supplerende jord. Det skyldes, at det ikke er muligt præcist at bestemme, hvor meget digerne vil sætte sig på de bløde jordlag.

8. Anlægskonstruktioner

Ved udløbene af Hejsager Bæk og Ulvekær Bæk skal der på tværs af de oversvømmelses-beskyttende konstruktioner etableres et udløbsbygværk og en højvandsport. Portene lukker, når vandstanden stiger til en fastlagt kote (lukkekriterie), og åbner igen, når vandstanden i Sandvig Bugt falder under dette lukkekriterie. Der henvises til afsnit 12 for lukkekriteriets højde.

Udløbsbygværkerne planlægges udført som to parallelle spunsvægge, hvori højvandsportene indbygges mellem disse to vægge.

I forbindelse med udløbsbygværket og højvandsporten etableres der en pumpestation, der under højvande og stormflod pumper bagvandet fra bækken ud på ydersiden af beskyttelsen. Pumpestationen planlægges udført ved en simpel løsning, hvor pumperne hænges direkte på spunsvæggene, der udgør udløbsbygværket. Pumpestation inkl. pumper er beskrevet nærmere i afsnit 9. I tilknytning til pumpestationen skal der etableres et sedimentationsbassin, som dels skal sikre at større materialer sedimentere, og dels at der er tilstrækkelig vanddybde under pumperne.

For udløbsbygværket ved Ulvekær Bæk udføres der forventeligt en spunset dæmning, der skal sikre adgang til port og pumpestation.

Sikringsniveauet fra de tilstødende beskyttende konstruktioner fortsættes på tværs af udløbsbygværk og port.

Samlet set udgøres anlægskonstruktionerne i relation til udløbsbygværket følgende konstruktioner, som beskrives nærmere i det følgende:

- Spunsvægge og én spunsdæmning
- Højvandsport
- Pumpestation
- Sedimentationsbassin

Konstruktionerne er overordnet beskrevet/vist i tegningsmaterialet, og der henvises til oversigtstegning VK-D-TH-0230 og -0231.

Desuden forventes der udført spunsvægge for afgrænsning af stenkastninger ved Kelstrup Bæk ved hhv. Kelstrup Skovvej nr. 44 og Bramsensgårdvej 82.

Generelt udføres anlægskonstruktionerne for en levetid på 50 år, som angivet i afsnit 3.1.

8.1 Udløbsbygværker

Udløbsbygværkerne ved Hejsager Bæk og Ulvekær Bæk anbefales udført som to parallelle spunsvægge, der gennemskærer højvandssikringen, som udgøres hhv. af klitdige og dige – se afsnit 5 og 7. For Ulvekær Bæk udgøres den nordlige væg dog af en spunsdæmning, der sikrer adgang til bygværket, port og pumper – se afsnit 8.4.

De to bække er begge målsatte vandområder (vandløb), hvor aktiviteter og anlæg ikke må forringe tilstanden eller hindre målopfyldelsen. Det betyder bl.a., at udløbsbygværkerne skal udføres som åbne konstruktioner, og de derfor ikke må udføres som lukkede rør. Det betyder også, at en evt. tværgående afstivning mellem de to vægge kan blive opfattet som en forringelse og dermed være i strid med vandområdets målsætning. Derfor planlægges spunsvæggen udført med en forankring i jorden bag disse eller alternativt med en intern, gensidig forankring, der

placeres under bækkens bund f.eks. med overside i kote -0,50 m. Den endelig forankring af væggen afklares ifm. detailprojekteringen.

Særligt for Hejsager Bæk føres de to spunsvægge ud til vandlinjen. Dette er for at sikre, at udløbet gennem klitdiget bevarer sit forløb omtrentligt vinkelret på kysten, og så det ikke, som i dag, afhængig af vandstand og bølger, ændrer retning til mere eller mindre på langs af kysten. Det vurderes dog, at det efter visse vejrsituationer kan være umuligt at forhindre at udløbet sander til, med deraf følgende forhøjelse af vandstanden i bækken. Her påtænkes det dog, at pumperne kortvarigt kan anvendes til at "skylde" udløbet rent for sand igen, så bækken naturligt kan afstrømme til havet. Alternativt kan udløbet oprenses manuelt med maskiner efter stormhændelser, hvor tilsanding kan være særlig stor.

Ved udløbsbygværket i Hejsager Bæk skal der desuden tages hensyn til større bølge påvirkning, særligt ved stormflod, i grænsefladen mellem klitdige og spunsvæg. Overgangen mellem klitdige og spunsvægge er et svagt punkt, og det skal sikres, at bølgerne ikke gennembryder klitdiget langs spunsvæggene. Det er for nuværende ikke undersøgt nærmere, men kan f.eks. løses ved en tværvæg inden i klitdiget eller udførelse af en lerkerne, som er mindre erosionspåvirkelig end sand.

8.2 Højvandsporte

Ved Hejsager og Ulvekær Bæk skal der etableres højvandsporte, der ved forhøjet vandstand skal lukke af for tilstrømning af havvand opstrøms udløbet af bækken, og dermed forhindre oversvømmelse af områderne bag kystbeskyttelsen.

Sikringsniveauet af portene (topkote af port) sættes til hhv.:

- Hejsager Bæk: +3,25 m svarende til sikringskoten for Kelstrup Strand
- Ulvekær Bæk: +2,60 m svarende til sikringskoten for tværdiget

Højvandsporten udgøres af et enkelt kammer med en sidehængt port i sort stål (ubehandlet), hvilket giver et rustikt udtryk. Porten kan alternativt udføres i rustfrit stål eller galvaniseret stål.

Åbningen i porten er planlagt at være 1,5 m bred, hvilket ift. bækkenes generelle bredde og afstrømningsbehov vurderes tilstrækkeligt. Der kan dog af andre hensyn blive behov for at opjustere bredden senere.

8.2.1 Betonkonstruktion

Porten forventes monteret i et betontrug bestående af en bundplade og sidevægge. Alternativt kan det udføres i stål, hvilket vil blive undersøgt nærmere i dialog med leverandør af højvandsporte. Betontruget "ophænges" på de to spunsvægge for udløbsbygværket, da de vurderes at kunne yde tilstrækkeligt kapacitet ift. fundering. Alternativt skal der udføres pælefundering af truget, men grundet den begrænsede størrelse vurderes det ikke nødvendigt, men det vil blive undersøgt nærmere.

På bunden af betontruget etableres en betonanslagsbjælke, som porten slår ind mod, når denne er lukket. Overside af anslagsbjælke er i kote -0,5 m og overside bundplade i kote -1,1 m, ca. 0,5 m under porten. Yderst i betontruget (mod havet) udføres endnu en bjælke med overside i kote -0,5 m. Rummet under porten, mellem anslagsbjælke og den anden bjælke, bevirker at aflejrede sedimenter/slam samt mindre genstande på trugets bundplade ikke hindrer portene i at lukke.

På forsiden af betontruget og under bundpladen etableres der et skot af stål, som skal sikre mod vandgennemstrømning under slusen i brugsfasen.

Hvor porten slår an mod sidevægge og anslagsbjælke monteres der profiler af gummi, der øger tætheden rundt om porten.

I betontrugets for- og bagside udføres der recesser, så der kan monteres et skot, og kammeret kan lukkes af for eftersyn og vedligehold af portene. Recesserne er ikke vist på tegningerne.

8.2.2 Åbne- og lukkemekanisme og lejer

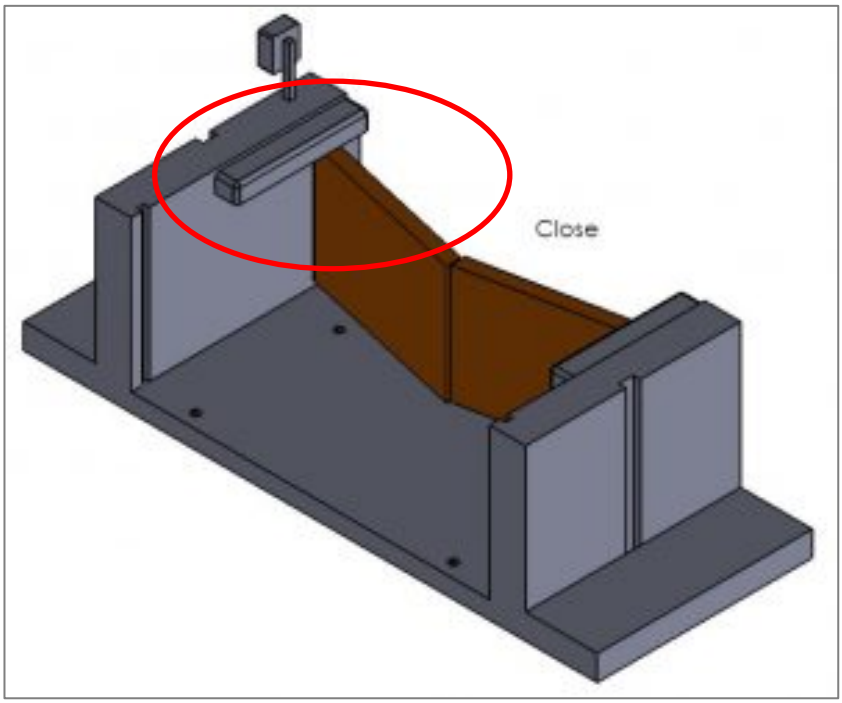
Porten åbnes og lukkes vha. hydraulisk stempel. Dette er fastmonteret i toppen af betonvæggen parallelt med denne. Det hydrauliske stempel fremgår ikke af tegningerne, men placeringen fremgår af skitsen i Figur 8-1, som dog er for en dobbelt, sidehængte porte.

Det hydrauliske stempel driver en tandstang, der er forbundet med et tandhjul, som er monteret på portakslen. Ved aktivering af stemplet føres tandstangen hhv. frem og tilbage, hvilket får tandhjulet til at rotere og dermed hhv. åbner og lukker porten. Det hydrauliske stempel samt tandstang afdækkes for vind og vejr samt for uvedkommende. Stemplet skal placeret således at der ved vedligehold er nem adgang til dette.

Hydraulikpumpe for stemplet planlægges placeret i et skab i umiddelbar nærhed af porten, så føringsvejen er begrænset. Elforsyningen til hydraulikpumpe sker fra endnu et skab, hvor også forsyning af pumpestation sker fra. Elforsyning og hydraulikpumpe kan formentligt indbygges i det samme skab, men undersøges senere.

Det hydrauliske stempel og andet eksponereret udstyr udføres i højeste miljøklasse.

I tillæg til det hydrauliske stempel forberedes der for manuel lukning med taljetræk, hydraulikhåndpumpe eller lignende til anvendelse i tilfælde af driftsvigt af hydrauliske stempler.



Figur 8-1: Skitse af dobbelt, sidehængt højvandsport med betonkonstruktion samt markering af placering af hydrauliske stempler, ref. WINTEC Big Steel Solutions.

Bundlejet for den sidehængte port kan udgøres af et kugleformet selvsmørende DEVAL bronzeleje, der i stor udstrækning anvendes i havnebygning herunder porte. Toplejet udføres som hængsel mellem porten og sidevæggen i betontruget. Leje og hængsel udføres så porten er aftagelige i forbindelse med større renovering af denne. Alle bevægelige dele udføres i rustfrie materialer.

8.2.3 Styring af højvandsport

Højvandsporten styres af en niveaumåler (vandstandsmåler), som er monteret i et rør på havsiden af anlægget. Når vandstandsmåleren registrerer en vandstand svarende til lukkekriteriet (se afsnit 9), sendes et signal til styringen, der aktiverer det hydrauliske stempel, og porten lukkes.

Faserne i operationen af porten styres i henhold til et hastighedsdiagram. Induktive følere på konstruktionen signalerer til anlæggets PLC om hastighedsændringer, som iværksætter ændringer fra start, acceleration, konstant hastighed, krybning og stop af bevægelsen. Ændringerne genereres af proportionalventiler på hydraulikcylinderne.

Som anført, skal operationen også kunne gennemføres ved manuel drift, hvilket bliver specificeret nærmere i næste fase.

Induktive kontakter monteret på sluseportene registrerer, når slusen er lukket, og stemplerne deaktiveres. Ligeledes sidder der induktive kontakter på betonvæggen, der registrer, når slusen er helt åben efter endt stormflod.

8.3 Sedimentationsbassin

Umiddelbart foran og opstrøms fra pumpestationen skal der etableres et sedimentationsbassin (sandfang). Bassinet udgøres reelt set af en uddybning af bækken ned til ca. -1,0 m mellem spunsvæggene for udløbsbygværket. Det forventes at uddybning kun skal uføres ca. 15 m opstrøms fra porten, så en relativt begrænset uddybning af bækken.

Formålet med sedimentationsbassinet er at partikler større end 0,063 mm (sandfraktioner) bundfældes inden indløb til pumpestationen. En bundfældning af sandpartikler kræver, at vandhastigheden før indløb i pumpestationen er mindre end 0,3 m/s. Der er ikke og forventes ikke gennemført modellering af vandhastighederne i sedimentationsbassinet, da der generelt ikke forventes at være problemer med sand.

Som beskrevet i afsnit 3.10.3, så anvendes lignende pumpeløsning i dag i udløbet for Hejsager Bæk, hvor der ikke er udført et decideret sedimentationsbassin. Her er der ikke afrapporteret problemer med sand i pumpen, og det forventes derfor heller ikke at være et problem fremadrettet.

Udover at fungere som bassin for pumperne, så skal bassinet også medvirke til, at der ikke transporteres større mængder sedimenter til højvandsporten, som kan forhindre lukning af denne.

8.4 Spunsdæmning

For udløbsbygværket ved Ulvekær Bæk samt højvandsport og pumpestation foreslås der etableret en spunsdæmning nord for bækken, der skal sikre adgang til port og pumpestation, bl.a. for lastbiler ifm. vedligehold af port og pumper, hvor disse skal tages op. Spunsdæmningen afsluttes mod eksisterende dige ved strandgrillens p-pladsen, hvor der skal udføres en adgangsrampe op til dæmningen. Der henvises til tegning VK-D-TH-0231 for yderligere forklaring.

Spunsdæmningen består af to spunsvægge, der internt er forankret og afstivet med en stålkonstruktion. Mod port og pumpestation sættes der en spunset tværvæg, som både konstruktionen for porten og pumperne skal etableres opad, og som samtidigt fungerer som den nordlige del af udløbsbygværket.

Spunsdæmningen fyldes op indvendigt med rent, komprimeret friktionsmateriale, som bygges ind oven på intakte aflejringer. Disse forventes dog i en vis dybde at bestå af tørv/gytje, og det skal afklares, når geotekniske oplysninger foreligger, i hvilken grad disse evt. skal udskiftes ift. at sikre styrke og stabilitet af dæmningen samt begrænsning af sætninger i de indfyldte materialer. Dæmningen afsluttes med grusbelægning.

Oversiden af spunsdæmningen forventes afsluttet i samme niveau som tværdiget (+2,60 m), men det bør dog afklares om dæmningen ønskes forberedt for et højere vandspejlsniveau, i tilfælde af at klimaændringerne resulterer i et højere niveau end der er lagt til grund for designet.

Bredden af spunsdæmningen er sat til 7 m fra center-center af spunsvæggene, således at både port og pumpestation forventes at kunne holdes inden for denne bredde. Den endelige bredde fastlægges under detailprojekteringen.

Da spunsdæmningen skal anvendes til adgang for drift og vedligeholdelse, skal den designes for lasbiltrafik.

8.4.1 Udløbsrør gennem dæmning

Pumpestationen er placeret på spunstværvæggen, og udløbsrørene fra pumpestationen skal derfor passere enten igennem eller hen over dæmningen. Hvis de føres igennem dæmningen, skal de på ydersiden af dæmningen føres op og afsluttes med en udløbskote over designvandspejlet for at sikre, at vand under en stormflod ikke løber tilbage i rørene.

I begge situationer kan udløbsrørene inddækkes, så disse ikke er synlige, og adgang over dem sikres. Det kan enten løses med et trædæk/-inddækning eller med stålriste (elefantriste).

Inddækningen af rørene fremgår ikke af tegningsmaterialet for nærværende dispositionsforslag, men er medtaget i anlægsoverlaget. Inddækningen vil i detailprojektering blive indarbejdet i samarbejde med landskabsarkitekter.

8.4.2 Aptering

Samtlige spunsvægge planlægges afsluttet med en stålhammer. Hammer afsluttes 100 mm over grusbelægningen. Derudover anbefales det at etablere rækværk på spunsdæmningen, så fald fra disse forhindres. Rækværket planlægges udført i stål (galvaniseret). For et mere landskabeligt og eksklusivt udtryk kan både hammer og rækværk udføres i hårdt træ, f.eks. azobé.

Apteringen fremgår ikke af tegningsmaterialet for nærværende dispositionsforslag, men er medtaget i anlægsoverlaget. Apteringen vil fremgå af det landskabelige forslag, som udarbejdes senere på baggrund af dispositionsforslaget.

8.5 Spunsvægge for stenkastninger

Ved Kelstrup Skovvej nr. 44 og Bramsensgårdvej 82, på begge sidder af udløb fra Kelstrup Bæk, foreslås det at etablere spunsvægge for afgrænsning af stenkastningerne. Den primære årsag til dette er, at de lokale forhold med bæk og adgang til stranden på begge sidder af nr. 44 begrænser mulighederne for at afslutte disse på anden vis. Det er med forslaget forsøget at

bevare adgangsforholdene til stranden som de er, at undgå påvirkning af bækkens udløb samt at give bedst mulig beskyttelse af nr. 44.

Det er muligt, at der i stedet kan anvendes betonstøttevægge, hvis det ønskes, men det er vurderet at spunsvæggene er en mere robust løsning overfor erosion.

Sikringsløsningen er ikke endeligt fastlagt og vil blive bearbejdet yderligere i detailprojektingen.

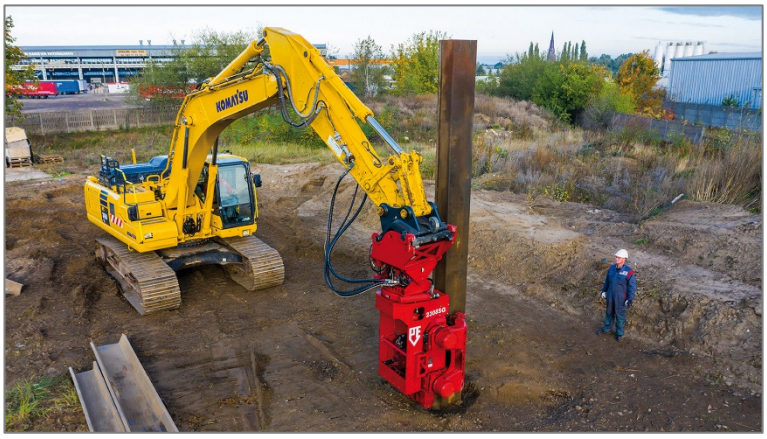
8.6 Udførelse af anlægskonstruktioner

I det følgende afsnit er udførelse af udløbsbygværk, højvandsport, sedimentationsbassin og spunsdæmning samt spunsvægge beskrevet.

8.6.1 Udløbsbygværk, spunsvægge og spunsdæmning

Spunsvægge for udløbsbygværk, afgrænsning af stenkastninger og spunsdæmning forventes installeret ved nedvibrering. Installering ved brug af vibrator er en mere skånsom installationsmetode ift. støj og vibrationer i undergrunden, end hvis spunsprofilerne nedrammes med rambuk. Dette er til fordel for både borgere, nærliggende sommerhuse og miljøet.

Nedvibrering foretages oftest med gravemaskine og ophængt vibrator som vist på Figur 8-2.



Figur 8-2: Gravemaskine med vibrator til installering af spuns og stålpæle.

De geotekniske forhold er ikke endeligt afdækket, idet resultaterne af de geotekniske undersøgelser stadigt afventes i skrivende stund. Det er dog vurderet ud fra eksisterende geotekniske boringer at nedvibrering er muligt, dvs. at jordbundsforholdene ikke er særligt hårde.

Spunsprofilerne skal forventes installeret så spidsen når ned i de dybere faste jordlag (sand, grus og moræneler), så spunsvæggene får et godt modhold. For enkelte områder, f.eks. ved Hejsager Bæk, forventes disse først truffet relativt dybt (> 10 m).

Hvorvidt det er nødvendigt at foretage forankring af spunsvæggene, eller om de kan udføres som frie vægge, er ikke undersøgt endnu. Det forventes dog at være nødvendigt af hensyn til at kontrollere udbøjning af spunsjernene på de strækninger, hvor højden er størst og jordbundsforholdene blødest.

Det kan vise sig nødvendigt at udskifte jorden inde i spunsdæmningen, hvis der forekommer større udbredelse af bløde jordlag. Dette af hensyn til både sætninger og stabilitet af dæmningen. En sådan udskiftning foretages med gravemaskine, og kan udføres vådt om nødvendigt, da

grundvandsspejlet ikke sænkes. Den udgravede jord skal forventeligt bortskaffes, efter den har drænet af, da den ikke vil kunne nyttiggøres.

I de områder, hvor de øverste jordlag er bløde, forventes det muligt at udføre arbejderne med tung entreprenør materiel f.eks. ved udlægning af grus med køreplader ovenpå. Gruset adskilles fra eksisterende materialer af en geotekstil, så det efter udførelsen er muligt at separerer disse, og dermed undgås intakte jordlag at blive "forurenet" af grus, og grusset kan genanvendes.

8.6.2 Sedimentationsbassin

Udgravning af sedimentationsbassin udføres med gravemaskine, og udføres vådt. Det opgravede materiale bortskaffes til godkendt jordmodtager efter det er drænet af.

8.6.3 Højvandsport

Som beskrevet i afsnit 8.2 forventes betonkonstruktionen for højvandsporten at skulle monteres ved ophængning på spunsvæggene. Det gøres ved at påsvejse armeringsbøjler på spunsen, hvorefter mellemrummet mellem spuns og betonkonstruktion udstøbes.

For at kunne udføre dette arbejde kvalitetsmæssigt korrekt er det forventet, at det skal udføres tørt. Det vil sige, at bækken kortvarigt skal omlægges, så området hvor betonkonstruktionen skal monteres ikke påvirkes af vand, og der kan udgraves for konstruktionen og støbes. Da bækken i store dele af året ikke har nogen særlig afstrømning, planlægges omlægningen udført ved at pumpe vandet ud i bugten. For at forhindre havvand i at komme ind, laves der en midlertidig dæmning i udløbsbygværket. Dette kan eksempelvis gøres ved anvendelse af sandsække.

Omlægningen / udpumpningen af bækken forventes at være kortvarigt, i størrelsesorden 2-5 dage. Det kræver at arbejdet planlægges, og at arbejdet ikke igangsættes før alle materialer og materiel er til rådighed. Dagen efter at udstøbningen er udført, vil dæmning igen kunne fjernes, og pumperne slukkes, så bækken igen kan strømme naturligt ud i havet.

Ved installering af pumper mv. forventes samme metode for omlægning af bækken anvendt.

8.7 Vedligeholdelse af anlægskonstruktioner

I det følgende afsnit er vedligeholdelse af udløbsbygværk, højvandsport, sedimentationsbassin og spunsdæmning samt spunsvægge beskrevet.

8.7.1 Udløbsbygværk, spunsvægge og spunsdæmning

For spunsvæggene forventes der intet vedligehold inden for anlæggets levetid, da der designes med et korrosionstillæg svarende til den forventede korrosion i levetiden. Det forekommer dog, at forholdene for de projektspecifikke lokaliteter afviger fra de forventede korrosionsrater. Derfor kan det vise sig nødvendigt inden for spunsvæggenes levetid at foretage korrosionsbeskyttelse af disse.

Korrosionsbeskyttelsen kan for de dele, som er under vand og/eller jord, beskyttes med katodisk beskyttelse, mens de synlige dele over vandspejlet eller jorden kan beskyttes ved en overfladebeskyttelse eller betonforstøbning af spunsvæggene. Katodisk beskyttelse, overfladebeskyttelse og forstøbning kan også anvendes til at levetidsforlænge spunsvæggene ud over de 50 år.

8.7.2 Højvandsporte

Følgende tests og eftersyn/vedligehold udføres for højvandsportene:

1) 1-3 testlukninger pr. år af portene for at sikre at de fungerer.
2) Èt årligt eftersyn af porte og hydraulik samt stempler, som kan kombineres med den ene testlukning.
3) Testlukning ved varsling af stormflod.
4) Vedligehold og eftersyn hvert 5. år.

I forbindelse med test og vedligehold skal der, i de tilfælde hvor porten lukkes eller kammeret skottes af, forventes udpumpning fra pumpestationen. Udløbene fra bækkene vil derfor i begrænsede perioder være lukket. Det vil i langt de fleste tilfælde begrænse sig tilén til to dages varighed. Selv i de tilfælde hvor porten skal demonteres for større vedligehold, fjernes skotterne når porten er taget op, og de sættes så igen, når porten skal i igen.

Udover test og vedligehold af portene, så skal betontruget oprenses årligt for slam, sand og genstande, der vil kunne forhindre lukning af porten. Det skal som minimum foretages inden stormsæsonen, og der bør løbende tages kontroller inden en varslet stormflod. Oprensningen foretages som for sedimentationsbassinet, se afsnit 8.7.3.

8.7.3 Sedimentationsbassin

I kraft af sedimentationsbassinets funktion, er det påkrævet, at dette oprenses for at sikre, at sand og større partikler bundfælder, før det kommer ind i pumpestationen og pumperne samt ind i portkammeret.

Oprensningen skal foretages når bundkoten i bassinet foran pumpestationen er reduceret til -0,5 m. Der er ikke foretaget analyse af, hvor ofte oprensningen skal foretages, men det vurderes at skulle foretages årligt. Særligt ved Hejsager Bæk må der forventes oprensning, også for portkammeret, med mindre intervaller end for Ulvekær Bæk, da tilsanding fra havet kan være et problem. Omfanget af de regelmæssige oprensninger er ikke undersøgt, men for at begrænse evt. tilsanding er både højvandsport og pumpestation placeret så langt som muligt bag kystbeskyttelsen, hvorved bølgernes påvirkning begrænses ift., hvis det ligger fremskudt i klitdiget.

Oprensningen forventes hovedsageligt at kunne foretages med slamsuger, men i tilfælde af større genstande og meget grove materialer (sten) er det nødvendig at anvende lastbilkran med grab.

9. Pumpestationer

Ved hhv. Hejsager bæk og Ulvekær bæk skal der etableres en pumpestation opstrøms for højvandsporten, så når denne er lukket, kan der pumpes vand fra hhv. Hejsager bæk og Ulvekær bæk til Sandvig-bugten. Det er foreløbigt forudsat at pumpestationen for Hejsager bæk skal kunne yde op til 1200 l/s, og for Ulvekær bæk, op til 900 l/s. Dette verificeres i senere fase.

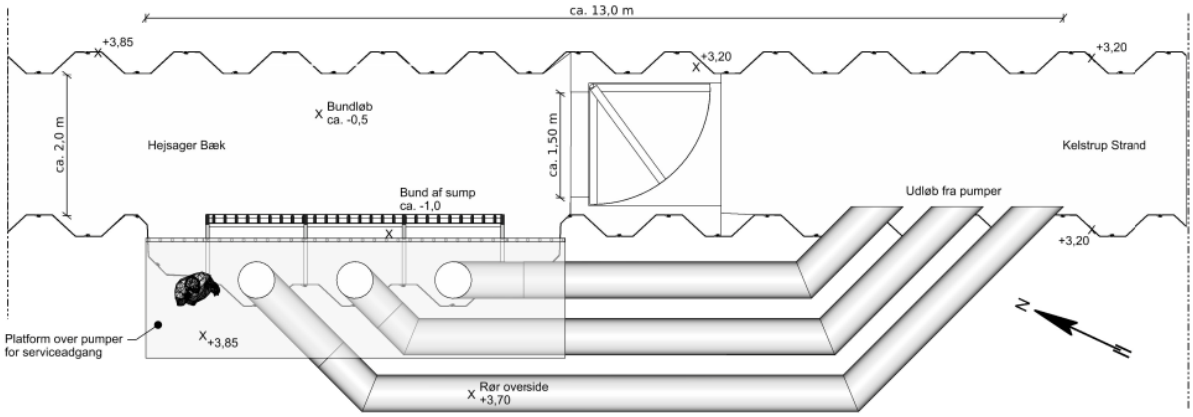
Der er tidligere i projektet blevet udarbejdet et skitsedesign for en anbefalet løsning, hvor der er taget udgangspunkt i Hejsager bæk. I dialog med bygherre og det lokale pumpelag er denne løsning dog fundet for dyr. Der er derfor søgt løsninger for opnåelse af besparelser, som bygherre har besluttet implementeres i projektet.

Følgende beskrivelse tager derfor udgangspunkt i løsninger, som ikke fuldt ud følger gængse designregler for denne type pumpestationer. Løsningen for pumpestationen inkl. pumper, udløbsrør og den hydrauliske funktion af pumpestationskonstruktionen skal derfor endeligt verificeres hos pumpeleverandør ifm. detailprojekteringen.

Pumpestationerne skal udformes, så de kan rumme en pumpebestykning som angivet i afsnit 9.2, med samlet pumpeydelse på hhv. 1200 l/s og 900 l/s.

Pumpestationernes udformning skal sikre følgende:

- Problemfri udpumningsfunktion med gode arbejdsbetingelser for de installerede pumper.
- Gode og sikre arbejdsforhold ved inspektions- og vedligeholdelsesopgaver.
- At vandhastigheden frem til pumperne er tilstrækkeligt lav til at undgå sedimenttransport.
- At friholde pumperne for grene og andet flydegods.



Figur 9-1: Skitsedesign af pumpestation ved Hejsager bæk.

I Figur 9-1 herover vises illustration af pumpestationsløsning ved Hejsager bæk, der henvises også til tegningsmaterialet.

Pumper og konstruktion hænges op på spunsen, som indgår i det samlede udløbsbygværk. I den viste løsning gøres brug af spunsens naturlige forløb, som typisk har bugte per 1,4 m, og der forudsættes en konstruktionsløsning i stål. Alternativt kan konstruktionen udføres i PE eller beton.

Der skal etableres skillevægge mellem pumperne, som sikrer et lineært flow frem til pumperne. Skillevæggene kan med fordel benyttes til installation af rist for at holde ristegods ude af pumperne.

Pumpernes sump ligger med overside i kote -1,0 m for at sikre at pumperne er tilstrækkeligt neddykkede under vandspejl. Der udføres en opkant mellem sump og bæk for at sikre at sedimenter fra bækkens bundløb holdes fri af sumpen. Risten skal gå helt ned til opkanten. Over skaktrørene skal der være en gangbro for adgang til pumperne ifm. drift og vedligehold.

For Ulvekær bæk er lagt op til samme løsningsprincip. Forskellen i vandmængderne giver ikke anledning til at benytte en anden pumpetype eller konstruktion.

Det skal bemærkes, at ristene manuelt skal friholdes for græs, grene og andet flydende gods under drift af pumperne og forud for en stormflodshændelse. Dette foretages ved anvendelse af rive fra platformen.

9.1 Pumper

Ved Hejsager bæk bestykkes pumpestationen med 3 stk. ens pumper, hver med en ydelse på 400 l/s. Ved Ulvekær bæk bestykkes pumpestationen med 3 stk. ens pumper, hver med ydelse på 300 l/s.

Pumpebestykningen er valgt ud fra et krav om høj driftssikkerhed for pumpestationerne.

9.1.1 Krav til pumper

Pumperne skal være aksiale skaktrørspumper (propellerpumper) med skakt- og udløbsrør, enten som dykkede pumper eller med tørt opstillet motor over pumpestationens gangbro, egnet til pumpning af grovristet bagvand fra bækken til bugten.

De angivne pumpeydelser skal kunne opnås ved vandspejl i kote +0,70 m og bundkote i udløbsrør på +3,25 m ved Hejsager Bæk og vandspejl i kote +1,00 m og bundkote i udløbsrør på +2,60 m ved Ulvekær Bæk.

Pumperne forsynes med udstyr for hindring af vortex og kavitation.

Pumpeydelser vil blive reguleret vha. frekvensomformer.

Skaktrør skal have vandret udløb med bundløb af udløbsrør i kote hhv. +3,25 m/+2,60 m eller højere, hvorved der sikres mod tilbageløb i rør og pumper uden brug af kontraklap. Hver pumpe skal have eget udløbsrør.

9.1.2 Funktionskrav til pumpernes driftsområde

For Hejsager Bæk skal pumperne kunne arbejde under følgende forhold:

- Startkote +0,70
- Stopkote +0,50
- Bundkote i udløbsrør +3,25 (frit udløb)
- Pumperne skal til stadighed kunne udpumpe selv ved vandspejl op til kote +1,50

For Ulvekær Bæk skal pumperne kunne arbejde under følgende forhold:

- Startkote +1,00
- Stopkote +0,80
- Bundkote i udløbsrør +2,6 (frit udløb)
- Pumperne skal til stadighed kunne udpumpe selv ved vandspejl op til kote +1,50

9.1.3 Specifikke krav til pumper

Forsyningsspænding
3 x 400 V, 50 Hz
Pumper forsynes med frekvensomformere

Korrosionsbeskyttelse
Pumperne skal forsynes med zinkanoder.

Overvågningsfunktioner i dykkede pumper
Pumperne udstyres med overvågningsfunktion for:

- Temperatur i statorvindinger (for afgivelse af alarm og for udkobling)
- Temperatur i hovedlejer (for afgivelse af alarm og for udkobling)
- Lækage i oliekammer (vand i olie).
- Lækage i statorhus (vand)
- Lækage i klemkasse /vand)
- Vibrationssensor 4-20 mA

Overvågningsfunktioner i tørt opstillet motor
Pumperne udstyres med overvågningsfunktion for:

- Temperatur i statorvindinger (for afgivelse af alarm og for udkobling)

9.2 Skakt- og udløbsrør

Skakt og udløbsrørene skal være Ø500-600 mm afhængig af specifikt pumpevalg.
Pumpernes udløbsrør skal tilsluttes skaktrørenes udløbsrør med flangesamling. Herfra føres udløbsrør forbi højvandsporten og ind over spunsen som har topkote i hhv. +3,25 for Hejsager Bæk og +2,60 for Ulvekær Bæk.

Skaktrør og udløbsrør kan med fordel udføres i PE100 som har høj modstandsdygtighed overfor UV-stråling og maritimt miljø.

9.3 Styring, regulering og overvågning (SRO)

Styretavle indeholder PLC, som forsynes med brugerinterface (f.eks. SCADA) til PLC'en. Tavlen forsynes med operatørpanel i tavlefront (touchskærm).

Pumpestation kan forsynes med simpelt anlæg, der afsender sms-alarmer ved fejl eller højt niveau m.fl. eller med egentlig datakommunikation mellem pumpestation og hovedstation (HS) for fjernstyring og fjernovervågning. Der kan installeres fjernbetjent web-cam og projektørbelysning foran riste, således at anlægget kan overvåges fra HS. Der skal i næste fase afklares hvad der ønskes.

Udpumpning styres af niveaumåler placeret i pumpestationens pumpesump og niveaumåler placeret umiddelbart opstrøms pumpestationens indløbsrist. Registreret overskridelse af defineret differens i vandspejlshøjde mellem de to niveaumålere (f.eks. pga. tilstoppet indløbsrist) medfører stop af udpumpning og afsendelse af alarm.

9.4 Elforsyning for pumpestation og sluse

Elforsyningen af pumper i pumpestation, højvandsport og øvrige installationer foretages som følgende:

- Hovedforsyning: El-nettet
- Anbefalet Nødforsyning: 2 dieselgenerator

Den primære forsyning sker fra det offentlige el-net med et spændingsniveau på 400V AC og en elektrisk strøm på 110 A for Hejsager Bæk og 70 A for Ulvekær Bæk. Mængden af strøm er bestemt ud fra kravet om at 3 pumper skal kunne være i drift samtidigt, både for hoved- og nødforsyning samt et mindre strømbidrag til højvandsport og øvrige installationer. For 3 pumper i drift samtidigt er den maksimale pumpeeffekt ca. 60 kW ved Hejsager Bæk og 40 KW for Ulvekær Bæk.

Den offentlige net-forsyning kan ved ansøgning til N1 umiddelbart tages fra nærliggende kabelskab. Alternativt kan der ansøges om at få et nyt særskilt kabelskab ved pumpestationerne.

Pumpeinstallationen forsynes og styres via motorkabler og styrekabler, med kabling fra pumpemotorer til hhv. frekvensomformere (kraft) og til styretavle. Kabling forsynes med serviceafbryder/klemkasser i nærheden af pumper. Herved opnås, at pumper kan løftes fri af skaktrør for inspektion uden forudgående elektrisk adskillelse. Frekvensomformere, krafttavle og styretavle installeres i teknikskab.

Det anbefales at benytte dieselgeneratorer for nødforsyningen, og i så fald bør disse være mobile, og ved varsling af stormflod skal de transporteres til lokaliteten, hvor de placeres i forlængelse af teknikskabe og tilsluttes forsyningsinstallationerne. Ved evt. strømsvigt i det offentlige el-net starter generatorer automatisk op. Det anbefales at have en generator per pumpestation.

Dieselgeneratorer bør indkøbes eller alternativt lejes ind til hver enkelt stormflodshændelse. Hvis de lejes bør man have en aftale om at blive prioriteret og om kort leverancetid. I begge tilfælde er det vigtigt, at nødgeneratorer er installeret og afprøvet forud for hver hændelse, og at de i øvrigt er serviceret og fuldlasttestet jf. leverandørens anvisninger. Generatorer bør være med indbygget dieseltank til minimum 8 timers fuld drift. Under en længerevarende stormflodshændelse vil der skulle påfyldes diesel løbende.

Nærværende dispositionsforslag og anlægsoverslag inkluderer ikke indkøb mv. af generatorer, og det skal i næste fase af projektet afklares, om der ønskes ekstra driftssikkerhed ved anvendelse af generatorer. Hvis det ikke er tilfældet, undlades krav for anvendelse af generatorer i udbuddet.

9.5 Vedligehold af pumpestation, pumper, forsyning og installationer

9.5.1 Pumpestation og pumper

Vedligehold af pumper

Pumperne skal vedligeholdes og efterses jf. leverandørens anvisninger.

Det anbefales at lave serviceaftale med pumpeleverandør.

Test/motionering af pumper

Det anbefales, at hver pumpe motioneres hvert kvartal (4 gange årligt) i 10 minutter ved 50 Hz (med rampe op/ned).

Fjernelse af sand og sedimenter i pumpesump

Det anbefales, at pumpestationens pumpesumpe årligt eller hyppigere inspiceres for tilstedeværelse af sand og sedimenter. Indsats justeres i overensstemmelse med indhøstede erfaringer.

9.5.2 Forsyning og installationer

Elanlægget skal kontrolleres og vedligeholdes jf. nedenfor.

Ved motionering af pumper og højvandsport kontrolleres funktioner og generel tilstand vurderes.

Der skal udarbejdes vedligeholdelsesprogram, der overordnet omfatter følgende:

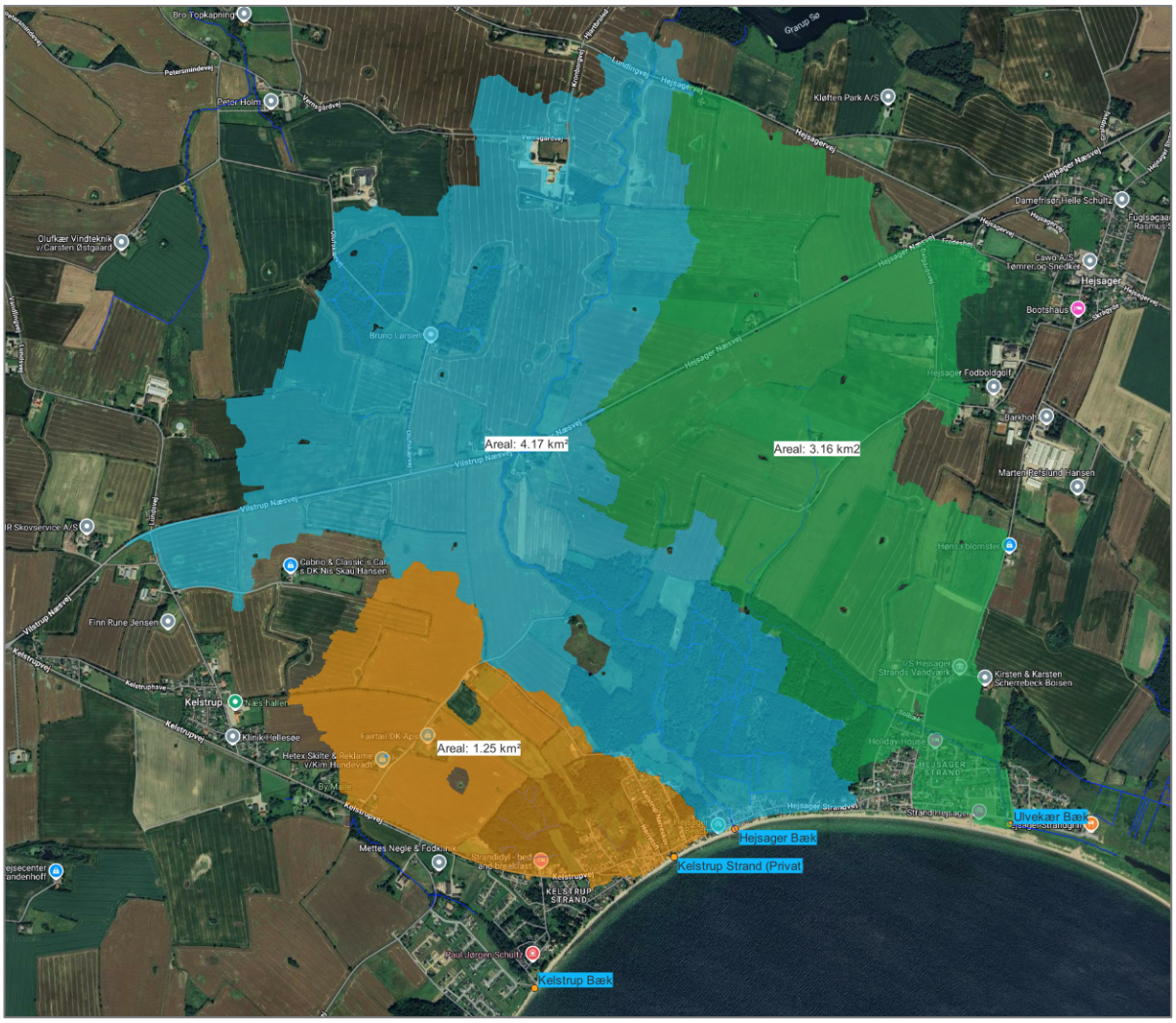
- Løbende eftersyn jf. vedligeholdelsesprogram 1 gang/år
- Kontrol af alarmer og styrefunktioner
- kontrol og kalibrering af niveautransmittersignaler

Fabrikanternes anvisninger omkring vedligehold skal altid følges.

10. Bagvandshåndtering

I projektområdet er der tre vandløb med udløb til havet – Kelstrup Bæk, Hejsager Bæk og Ulvekær Bæk. Herudover er der et privat udløb ved Kelstrup Strand, der modtager vand fra et mindre unavngivet vandløb i det bagvedliggende grønne område samt mindre mængder overfladevand fra bl.a. Kelstrup Nørreskov. Placeringen af de 4 udløb kan ses af Figur 10-1.

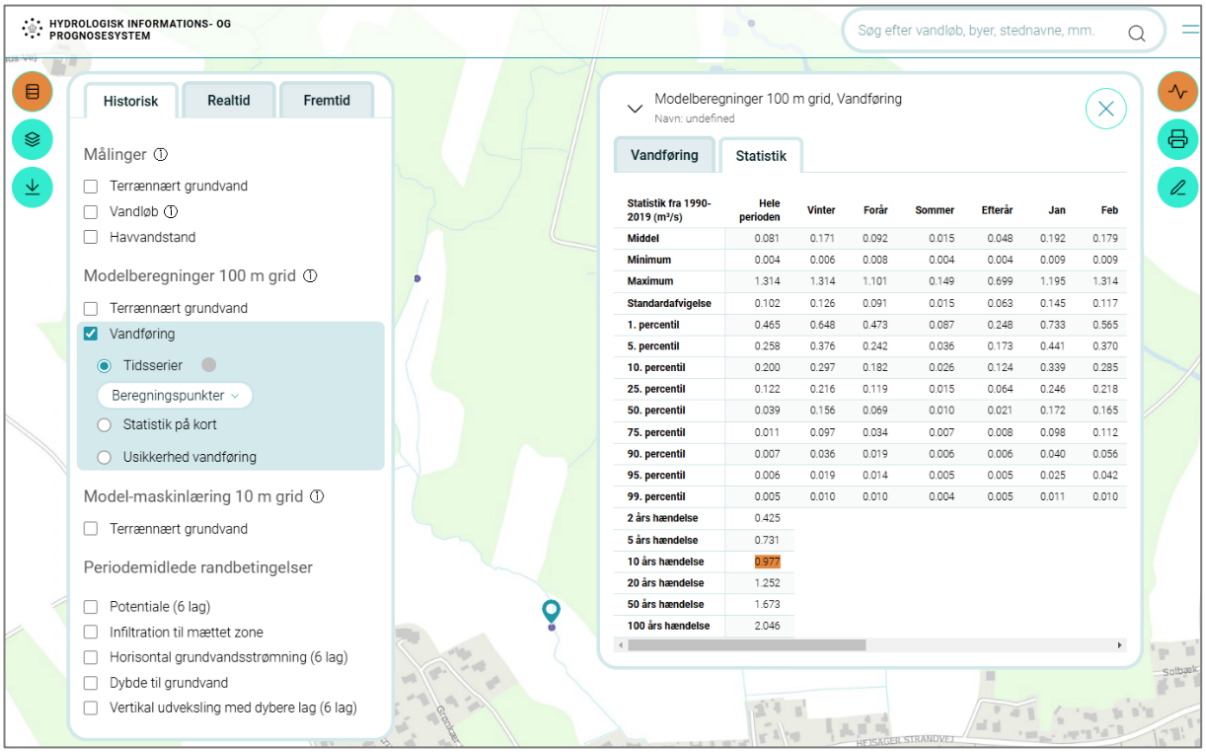
Området omkring Kelstrup Bæk er kuperet og vandløbet er placeret dybt i forhold til de omkringliggende huse. Der er derfor ikke problemer med bagvand i dette opland, hvorfor dette område ikke er medtaget i analysen vedrørende bagvand. Af samme årsag er vandløbsoplandet til dette område heller ikke vist i Figur 10-1.



Figur 10-1: Placering af udløb og oplandsareal for vandløbsoplande i projektområdet.

De vandløbsoplande, der er vist i Figur 10-1, anvendes til at estimere vandføringer for de tre vandløb, der indgår i analysen af bagvand. I dispositionsforslaget er det valgt at anvende en 10 års hændelse som dimensioneringsgivende vandføring til håndtering af bagvand. Der er bør i et senere stadie i projektet foretages yderligere kvalificering af oplande samt den anvendte vandføring og designhændelsen.

Til bestemmelse af vandføringer er der søgt information om afstrømningen i Hydrologisk Informations- og Prognosesystem (HIP) [1], hvor der kan findes data for Hejsager Bæk (se Figur 10-2).



Figur 10-2: Vandføringsdata for Hejsager Bæk fra HIP.

Nedenfor er de data, der anvendes til fastsættelse af vandføringen for oplandet til Hejsager Bæk, givet:

- 10 års-hændelse ifølge HIP for Hejsager Bæk: 977 l/s
- Areal for opland til Hejsager bæk: 4,17 km2
- Sikkerhedstillæg: 1,2
- Anvendt vandføring: 285 l/s/km^2

Der er i HIP ikke data for Ulvekær Bæk og vandløbet til det private udløb ved Kelstrup Strand. Det antages derfor, at disse vandløb er sammenlignelige med Hejsager Bæk, hvilket for nuværende vurderes at være let konservativt. Der anvendes derfor samme afstrømning her, men med en justering i forhold til oplandsstørrelse. Tabel 10-1 viser de vandføringer, der beregnes for de tre vandløb og dermed er bestemmende for pumpekapaciteter for pumper til håndtering af bagvand.

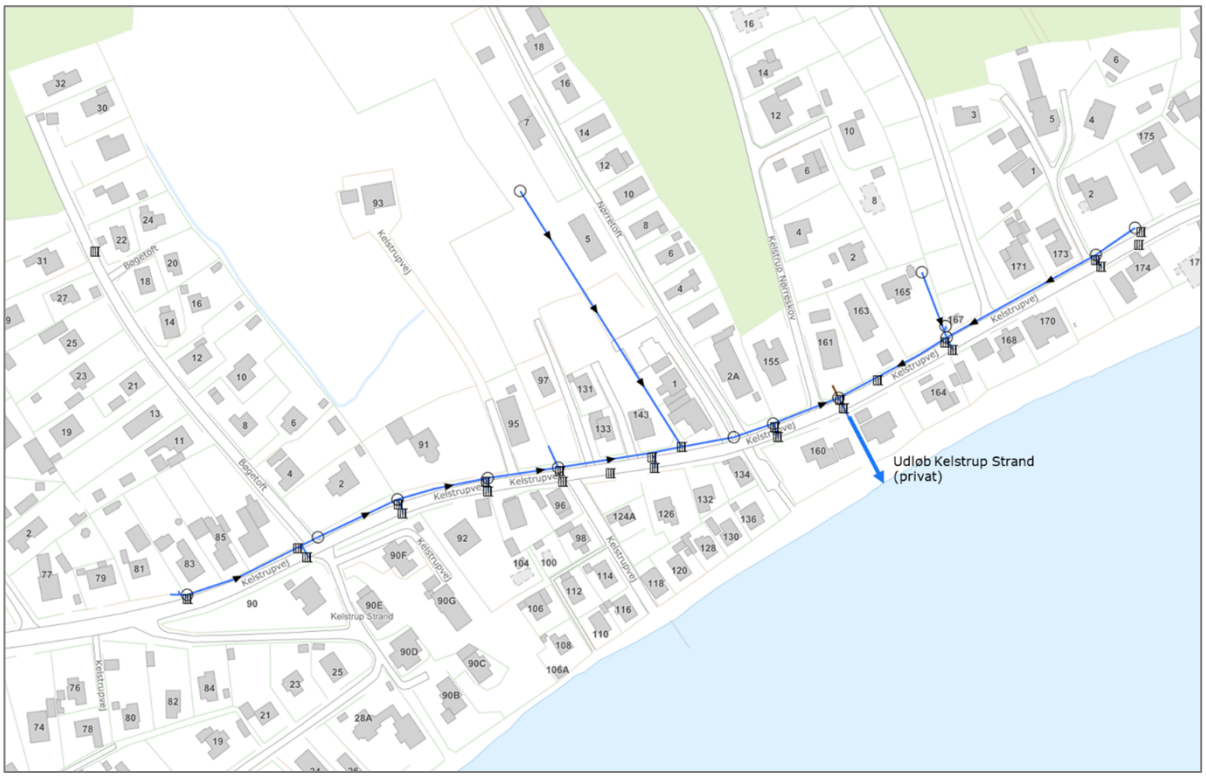
Tabel 10-1: Oplande og afstrømning for de tre udløb i projektområdet.

	Vandløbsopland (Scalgo)	Anvendt afstrømning – 10 års hændelse	Nødvendig pumpekapacitet
Hejsager Bæk	4,17 km^2	285 l/s/km^2	1190 l/s
Ulvekær Bæk	3,16 km^2	285 l/s/km^2	900 l/s
Kelstrup Strand, privat udløb	1,25 km^2	285 l/s/km^2	360 l/s

[1] Ref.: https://hip.dataforsyningen.dk/

10.1 Kelstrupvej

Der er et privat udløb til kysten mellem Kelstrupvej 160 og 162. Placeringen af dette udløb kan ses af Figur 10-3. Her er Haderslevs Kommunes vejvandsledning desuden vist. Denne ledning modtager udover vand fra Kelstrupvej også vand fra tilløb fra mindre vandløb i oplandet. I forbindelse med projektet skal der installeres et højvandslukke ved dette udløb, hvorfor det ligeledes er nødvendigt med etablering af en pumpebrønd for at undgå problemer med opstuvning af bagvand fra vandløb i stormflodsituationen.



Figur 10-3: Kortudsnit, der viser placeringen af det private udløb ved Kelstrup Strand samt Kommunens ledning i Kelstrupvej.

Oplandet til udløbet ved Kelstrup Strand er som angivet i Tabel 10-1 ved en 10 års hændelse antaget at svare til en vandføring på 360 l/s baseret på data fra HIP.

Vandvejene i oplandet er angivet i Figur 10-4, hvor vandløbsmidte for de mindre vandløb, strømningsveje fra Scalgo og Haderslevs Kommunes vejvandsledning er angivet.

Figur 10-4: Kortudsnit, der viser vandvejene for oplandet til udløbet ved Kelstrup Strand. Vandløbsmidte, strømningsveje fra Scalgo og Kommunes vejvandsledning er vist figuren.

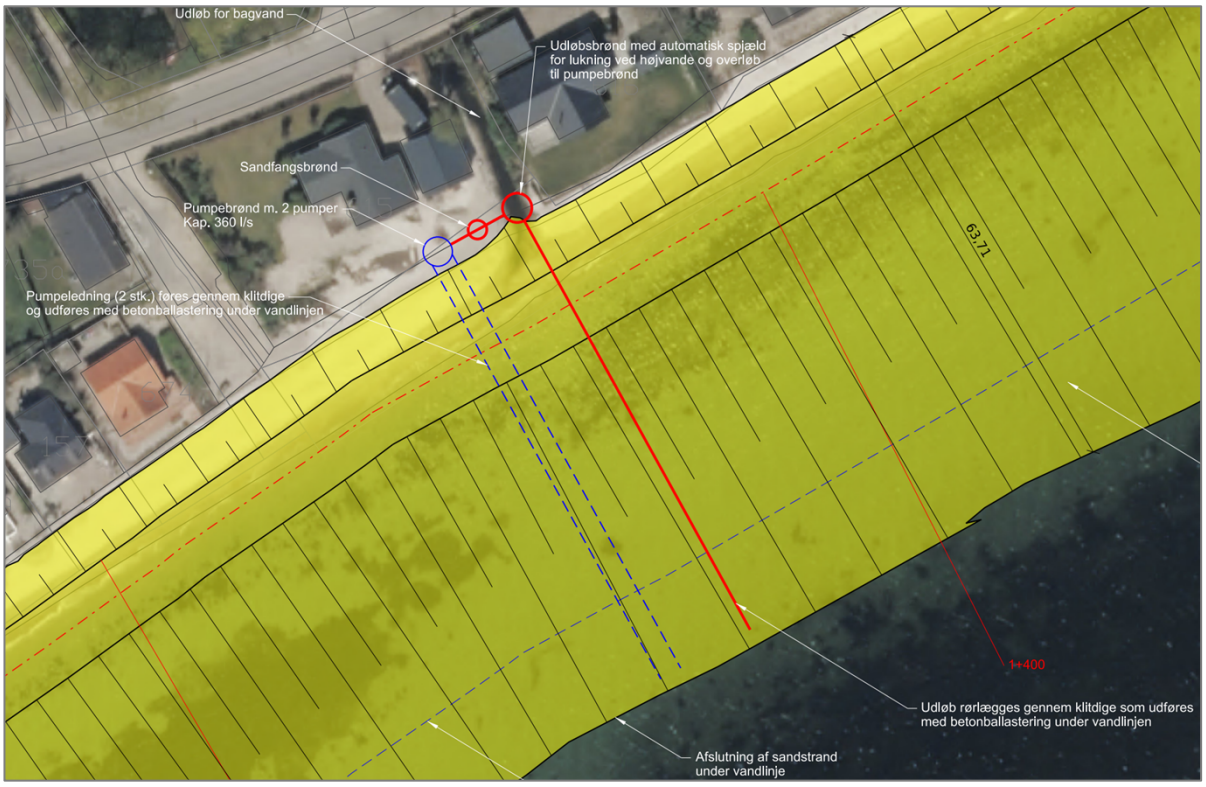
I området tættest på kysten er der et lokalt lavpunkt i terrænet. Vandet har derfor svært ved at komme væk fra dette område. Dette tiltænkes løst ved etablering af en kuppelrist og en tilhørende mindre pumpebrønd, hvorved overfladevandet kan afledes til vejvandsledningen i Kelstrupvej. Pumpebrønden placeres ud for Kelstrupvej nr. 122. Nødvendigheden af rist og brønd undersøges nærmere i næste fase, da det stadigt er uklart præcist i hvilke situationer, der står vand på overfladen i området. Hvis det kun er i stormflodssituationer, så burde løsningen med klitdige, højvandslukke og pumpebrønd ved det private udløb kunne afhjælpe problemet.

Figur 10-5: Kortudsnit, der viser området tæt ved kysten ved Kelstrupvej, hvor der er et lokalt lavpunkt.

I forbindelse med klitdiget, der etableres som kystsikring, skal der etableres et højvandslukke ved udløbet ud for Kelstrupvej 160. Derfor skal der etableres en afvandingsløsning for håndtering af bagvand under stormflod. Den foreslåede løsning er skitseret i Figur 10-6.

Det tiltænkes at etablere en kombineret spjæld- og udløbsbrønd, hvor et styret spjæld fungerer som højvandslukke i stormflodssituationen. Herudover etableres en pumpebrønd med to pumper med en samlet pumpekapacitet på 360 l/s svarende til afstrømning ved en 10 års hændelse. Mellem udløbsbrønd og pumpebrønd anlægges en sandfangsbrønd, så det sikres at større partikler forhindres adgang til pumperne.

I normalsituationen ledes vandet fra udløbet til havet ved gravitation gennem et udløbsrør, som føres gennem klitdiget. Udløbsrøret forventes afsluttet under vandlinjen ved ballastering af ledningen med betonklodser. Samme metode for pumperørene forventes anvendt.



Figur 10-6: Kortudsnit, der skitserer spjæld- og pumpeløsningen for håndtering af bagvand ved udløbet ved Kelstrup Strand.

Der er af borgerne i området mellem Kelstrup Nørreskov og Grønkær Høj Vej gjort opmærksom på, at de ofte oversvømmes af overfladevand i det lavet liggende område mellem husene. Området er dog afvandet med ledning, som ligger midt i området, se formodet placering på Figur 10-7. Ved seneste TV-inspektion udført for Provas af deres ledninger i vejen, fremgår det at ledningen er stoppet pga. indtrængende rødder.

Idet der allerede findes en løsning for afvanding af området mellem Kelstrup Nørreskov og Grønkær Høj Vej indeholdes yderligere tiltag til afvanding ikke i projektet. Det er vurderet, at det er de enkelte borgers pligt at vedligeholde eksisterende ledninger, så de fungerer. I dette tilfælde synes rodskæring i ledningen at kunne afhjælpe problematikken.

Figur 10-7: Kortudsnit, der viser formodet placering af afvandingsledning fra området mellem Kelstrup Nørreskov og Grønkær Høj Vej, samt udsnit af tegning fra TV-inspektion udført foråret 2025, hvor det er oplyst at ledning er blokeret af rødder.

10.2 Hejsager Bæk / Grønkær

Oplandet til Hejsager Bæk, som vist i Figur 10-1, består af et større opland. Den eksisterende pumpe placeret i bækken umiddelbart nord for underføringen af Kelstrupvej har erfaringsmæssigt vist sig ikke at være tilstrækkelig. Dette har hidtil været løst vha. mobile pumper placeret på traktorer.

I forbindelse med projektet ønskes det at etablere en mere robust og fremtidssikret løsning. Derfor forslås det at etablere en større pumpestation og højvandslukke i forbindelse med diget ud til stranden. Den samlede pumpeydelse for denne pumpestation skal være ca. 1200 l/s for at sikre afvanding af Hejsager Bæk under en stormflod med 10-års afstrømning i bækken. Placeringen af denne pumpestation er vist på Figur 10-8.

For at sikre at Grønkær, som er det grønne område bag sommerhusområdet ved Hejsager Bæk, afvandes til bækken, og ikke forårsager oversvømmelse af det lavt liggende sommerhusområde, skal der dels etableres en ny grøft på bagsiden af matriklerne samt foretages en oprensning af eksisterende grøft. Grøfterne er ligeledes vist på Figur 10-8.

Det er desuden vigtigt at sikre, at kapaciteten af Hejsager Bæk er tilstrækkelig. Der bør derfor foretages en oprensning af bækken i forbindelse med etablering af grøften.

Figur 10-8: Kortudsnit, der viser løsningen for håndtering af bagvand fra Hejsager Bæk.

10.3 Fredskovparken og Hejsager Strandby

I den østlige del af projektområdet ved Fredskovparken og Hejsager Strandby afledes bagvand primært via vandløbet Ulvekær Bæk. Oplandet hertil er 3,16 km^2, hvilket betyder, at der i forbindelse med tværdiget ved Hejsager Strandby skal etableres en pumpestation med en samlet kapacitet på 900 l/s i forbindelse med højvandslukke (jævnfør Figur 10-1).

I lavtliggende områder af Fredskovparken og Hejsager Strandby opstår der både ifm. forhøjet vandstand i havet og ved kraftigt eller længere varende regnvejr lokale oversvømmelser fra regnvand/bagvand. For Fredskovparken er det særligt husene og området nord for boldbanen, der bliver oversvømmet, mens det for Hejsager Strandby er områderne ud mod engen bag området.

Derfor er der udarbejdet løsninger for håndtering af overfladevandet i disse delområder af Fredskovparken og Hejsager Strandby. Løsningerne er vist i Figur 10-9. Løsningerne tager udgangspunkt i de primære vandveje i områderne, som også er vist på figuren, og afledning til Ulvekær Bæk.

For Fredskovparken er vandvejen fra vest mod øst (Ulvekær Bæk), og denne løber i den nordlige del af boldbanen. For at sikre at vandet ved boldbanen hurtigere ledes til Ulvekær Bæk forslås der lagt en drænledning, som de private grundejere også kan tilslutte sig (via brønde).

Under normale vandspejlsforhold i havet, så bør det være muligt, at vandet kan gravitere til Ulvekær Bæk, da terrænet ved boldbanen ligger mellem kote +1,3 og +1,6 m, mens bækken vurderes at være i ca. kote +0,6 m på denne strækning. Under stormflod, hvor højvandslukket ved tværdiget lukker i kote +1,00 m (forventet tilsvarende vandstand i bækken), er det dog ikke

muligt for vandet at gravitere til bækken. Derfor forslås det, at der anlægges en pumpebrønd med en kapacitet på 230 l/s til at løfte vandet op i bækken i disse situationer. Alternativt accepteres det, at der ikke kan foretages afvanding af området under stormflod. Det bemærkes at bækkens brinker er i ca. kote +1,4 m, så der vil ikke ske oversvømmelse ved opstuvning af vand i bækken til kote +1,00 m.

I Hejsager Strandby går vandvejene derimod fra syd mod nord, altså fra vejen ved kysten til engen bag sommerhusområdet. Dog med undtagelse af det mindre område vest for den vestligste vej, hvor vandet afledes direkte til Ulvekær Bæk. Det betyder, at området generelt afvandes til Maj-grøften, men da der er lavninger og afstrømningsforholdene generelt er dårlige (begrænsede faldforhold og mindre jordvolde), opstår der oversvømmelse fra overfladevand i den nordlige del af området.

For opsamling af vandet forslås der lagt en drænledning, som de private grundejere også kan tilslutte sig (via brønde) – samme koncept som i Fredskovparken. Vandet i drænledningerne ledes til en pumpebrønd (kapacitet på 200 l/s), som placeres i lavningen på/ved vejen, se Figur 10-9. Fra pumpebrønden pumpes vandet over i Ulvekær Bæk, da terrænforholdene gør, at vandet ikke ved gravitation kan ledes til bækken. Fra lavningen, som er i ca. kote +0,5 m, stiger terrænet ved stibroen til Fredskovparken op til ca. kote +1,6 m, og bækken forventes at være i ca. kote. +1,1 m. Det er således ikke muligt ved gravitation af lede vandet til bækken. Det betyder, at pumpen skal sørge for at vandet pumpes væk i alle situationer, og dermed være i drift 24/7.

Løsningerne er udarbejdet ud fra en anbefaling om at bevare de primære vandveje til afvanding af områderne, da det vurderes at være den mest effektive og fremtidssikrede løsning. Alternativet vil være at "gå mod" vandvejene, og det vil alt andet lige kræve større pumpekapacitet.

Der er desuden også vurderet på, om Hejsager Strandby i stedet for anvendelse af pumpeløsning, kan afvande til Maj-grøften, der løber ude på egen ca. 100 m fra de nordligste sommerhusgrunde. Det er dog vurderet, at det ikke er en effektiv løsning, da terrænet udover engen generelt er fladt og i niveau med sommerhusområdet. Det vil derfor kræve en række grøfter på tværs af engen, som i øvrigt er §3 beskyttet natur, og det vil ikke være muligt at håndtere overfladevand under stormflod. Disse situationer vil derfor kunne give mindre oversvømmelser af området.

Da løsningerne for både Fredskovparken og Hejsager Strandby afvander til vandløbet Ulvekær Bæk, vil det forventeligt forudsætte en oprensning af bækken for at sikre tilstrækkelig hydraulisk kapacitet. En oprensning af denne vil også hjælpe med at forhindre at bagvand opstrøms i bækken under stormflodshælder skaber oversvømmelse, da vandet dermed hurtigere ledes til pumperne ved tværdiget. Den samlede strækning af bækken er ikke gennemgået, men ved inspektion af strækningen omkring stibroen kunne det konstateres at bækkens hydrauliske kapacitet kunne forbedres væsentligt.

Det skal dog undersøges nærmere hvilke myndighedskrav der stilles til en oprensning af bækken, da Ulvkær Bæk er et beskyttet vandløb. Der kan dermed være restriktioner ift. oprensning, og det vil sandsynligvis kræve en dispensation fra vandløbsloven.

Figur 10-9: Kortudsnit, der viser skitsering af løsningen til håndtering af bagvand i området ved Fredskovparken og Hejsager Strandby. Strømningsveje fra Scalgo er desuden angivet i figuren.

10.4 Maj-grøften

Maj-grøften, der afvander engen og markerne bag Hejsager Strandby til Beierholm Bæk, er rørlagt under det eksisterende tværdige. Placering af den rørlagte strækning ses af Figur 10-10. På ydersiden af røret er der monteret et højvandslukke (formentlig en kontraklap), som forhindrer vand i strømme op i grøften bag diget under forhøjet vandstand og oversvømme Hejsager Strandby bagfra.

Ifm. anlæggelsen af det nye tværdige, som både skal være højere og bredere, forventes det at både rør og højvandslukke udskiftes til nyt.

Figur 10-10: Kortudsnit, der viser placering af rørlægning af Maj-grøften under eksisterende dige. Strømningsveje fra Scalgo er desuden angivet i figuren.

10.5 Udførelse af afvandingssystem

Etablering af grøften i Grønkær, drænledninger i Fredskovparken og Hejsager Strandby samt oprensning af de to vandløb Hejsager Bæk og Ulvekær Bæk forventes at kunne udføres med enten en rendegraver eller minigraver. Alternativt kan der anvendes en "edderkop" gravemaskine, der kan "vandre" op gennem bækkene, hvis adgangsforholdene ikke tillader anvendelse af kørende materiel.

Udførelsen af pumpebrønde, drænledninger og udløbsbrønde skal belyses yderligere som en del af detailprojekteringen.

10.6 Vedligeholdelse af afvandingssystem

Der er som en del af løsningsforslagene for håndtering af bagvand forslået oprensning af vandløbene Hejsager Bæk og Ulvekær Bæk. Det må formodes, at der også vil skulle foretages løbende vedligehold i form af yderlige oprensning af bækkene på sigt for at opretholde den hydrauliske kapacitet af vandløbene. Tidsintervallet mellem oprensningerne er meget svære at vurdere, hvorfor dette må moniteres løbende.

Derudover skal diverse pumper i pumpebrønde, spjæld mv. regelmæssigt serviceres og vedligeholdes efter leverandørens anvisninger. Der skal også forventes rensning af sandfangsbrønde og mere sjældent muligvis spuling af drænledningerne. Det er uklart i skrivende stund, om ledninger, brønde, pumper mv. for håndtering af bagvandet i de i nærværende afsnit beskrevne områder skal driftes og vedligeholdes af det kommende kystbeskyttelseslag, eller om der skal etableres lokale afvandings-/pumpelag for de enkelte områder.

Det understreges dog, at der uagtet hvilke lag der oprettes for drift af anlæggene skal gennemføres rettidige vedligehold for at sikre effektiv afvanding. Blot fordi det er "gemt" i jorden, så forsvinder pligten til vedligehold ikke.

11. Badebroer og adgang til strand

Som beskrevet i afsnit 3.10.5 er der på projektstrækningen flere eksisterende badebroer – estimeret til mellem 8 og 12 styk. Det endelige antal badebroer, som skal indeholdes i projektet, er ikke opgjort, men det er planlagt at eksisterende broer reetableres i projektet. Derfor er der for nærværende opdatering af dispositionsforslaget medtaget i alt 12 styk badebroer, svarende til den øvre grænse af estimatet.

For adgang over klitdige og klitrækker skal der udlægges terrænmåtter på udvalgte placeringer, hvor der som minimum skal være en overgang ud for de offentlige adgangsveje og -stier. Eksempel på terrænmåtte ses af Figur 11-1. Terrænmåtterne skal anlægges for at undgå unødig beskadigelse af klitter og vegetation samt reduktion af sikringskoten, som følge af koncentreret trafik fra mennesker. Der er i projektet ikke planlagt at terrænmåtter udlægges ud for privat adgang til stranden på tværs af klitter, og det forventes derfor, at det er de enkelte grundejere, som selv skal anlægge disse efter retningslinjer fra det kommende kystbeskyttelseslag. Som for badebroerne er det endelige antal ikke opgjort endnu, hvorfor der medtages samme antal som i tidligere forslag – i alt 22 overgange/terrænmåtter.

Figur 11-1: Eksempel på terrænmåtte (NOCH grass mat, grøn)

Fra Blokhusskoven til Kelstrupvej nr. 106 er der flere adgange til stranden via adgangstrapper ned over skrænten. Størstedelen af disse går fra private grunde direkte til stranden. Evt. tilpasning af disse private trapper er ikke indeholdt i projektet, og det pålægges grundejerne selv at håndtere under gældende tilladelser. Derudover er der to eksisterende adgangstrapper ved hhv. den vestlige ende af Blokhusskoven og ved Kelstrup Klint, som forbinder offentlige veje/stier med stranden. Placering af disse fremgår af Figur 11-2. Det er forstået, at disse er etableret af de lokale grundejerforeninger, og det er oplyst af grundejerne ved Blokhusskoven, at den vestlige trappe er bygget på privat matrikel, og at grundejer ikke ønsker denne trappe. Derfor skal denne trappe forventes reetableret på anden privat matrikel, såfremt der kan opnås accept fra den pågældende grundejer. Det bemærkes at eksisterende trappe på Blokhusskoven er i meget dårlig stand og er lukket for adgang.

I projektet er der indeholdt etablering af overgange henover stenkastningen for trapperne på Blokhusskoven og Kelstrup Klint. Hvorledes disse skal udføres er ikke afdækket endnu. Det kan være som trækonstruktioner funderet på betonfundamenter, men det kan også være i beton med indbyggede trappetrin eller ved placering af dækstenene i stenkastningen som trappe. Sidstnævnte vurderes dog at give de dårligste adgangsforhold, da stenenes størrelse vil variere og dermed også trinenes højde og dybde. En betontrappe vurderes at være det mest robuste design, men det endelig valg afklares ifm. detailprojekteringen.

Det understreges at trætrapperne fra top af skrænt og ned til stenkastningen ikke er indeholdt i projektet, og skal reetableres af de lokale grundejerforeninger. Udover de to beskrevne overgange planlægges der ikke med yderligere overgange langs stenkastningen.

Figur 11-2: Eksisterende adgangstrapper ved Blokhusskoven og Kelstrup Klint. Den vestlige er i meget dårlig stand og lukket for færdsel, ref. skråfoto.dataforsyningen.dk.

Adgang til stranden fra Bramsensgårdvej og Kelstrup Skovvej, hhv. vest og øst for Kelstrup Bæk, planlægges bevaret med mindre justeringer, se Figur 11-3. Det vil sige, at der ikke forventes etableret trapper, terrænmåtter eller lignende. Det må dog forventes, at niveauet hæves en smule som følge af opfyldning på stranden. For beskrivelse af den planlagte, lokale løsning henvises der til afsnit 5.1, hvor denne er beskrevet i flere detaljer.

Figur 11-3: Eksisterende adgangsstier ved Bramsensgårdvej og Kelstrup Skovvej bevares, ref. skråfoto.dataforsyningen.dk.

Ved saunahuset på Hejsager Strandby skal der, bl.a. efter ønske fra redningstjenesten, etableres en overkørsel af klitdiget, så der kan sættes mindre både i vandet fra stranden. Det er aftalt at søsætningen af både skal være simpelt og tilsvarende eksisterende forhold, altså ikke et strukturelt slæbested. Ved anlæggelsen af klitdiget forhøjes stranden markant på det pågældende sted – fra ca. strandkote +1,4 m til sikringskoten i +2,95 m. Der skal derfor laves en justering af klitdigets bagside, der skal sikre at overkørsel er mulig. Iht. danske vejregler er maksimal hældning af veje 1:20 (50 ‰), men det vurderes at overkørslen kan etableres stejlere, f.eks. 1:10, da den kun er beregnet til personbiler og terrænkørende køretøjer med bådtrailer udenfor vejareal. Det skal dog afklares senere.

Eksisterende adgangsvej frem til stranden består i dag af grus, som muligvis er armeret på den yderste del, se Figur 11-4. For den nye overkørsel foreslås adgangsvejen armeret med f.eks. græsarmeringssten i beton for at sikre et fast underlag grundet den stejlere op- og nedkørsel på klitdiget. Armeringsstenene afsluttes dog i ca. kote +0,5 m, da disse ikke er stabile overfor bølgepåvirkning. Den sidste del at isætningen og ophalingen vil derfor foregå i strandsandet, hvorfor det må forventes at ikke alle køretøjer er i stand til at sætte både i. Skitse af eksisterende overkørsel ses af Figur 11-5.

Figur 11-4: Eksisterende grusbelægning ved saunahuset.

Figur 11-5: Skitse af overkørsel ved saunahuset på Hejsager Strandby. Bagsiden af overkørslen skal være meget fladere end bagsiden af klitdiget for at sikre adgang på tværs, ref. skråfoto.dataforsyningen.dk.

12. Procedure ved stormflod og hyppighed af højvandslukninger

Nærværende afsnit beskriver anbefalet procedure for lukning af højvandsporte og pumpestationens udpumpning under stormflod.

Proceduren er foreløbig, og vil blive opdateret ifm. detailprojektet.

De nedenfor beskrevne procedurer for lukning af porten samt opstart af udpumpning af bagvand starter ved varsling af stormflod i de indre danske farvande. Kystbeskyttelseslagets driftsansvarlige skal derfor være opmærksomme på varslinger, således at procedurerne bliver overholdt.

12.1 Lukkekriterie

I projektet planlægges der med to højvandsporte ved hhv. Hejsager Bæk og Ulvekær Bæk.

Baseret på en indledende, grov analyse, er de højvandsniveauer, der skaber oversvømmelse af sommerhusområderne i hhv. Grønkær og Hejsager Strandby, via opstrømning af havvand gennem bækkene, blevet bestemt. Med udgangspunkt i de niveauer, hvor oversvømmelsesrisikoen vurderes at opstå, er der fastsat foreløbige lukkekriterier for højvandsportene:

- Lukkekriterie for Hejsager Bæk: +0,70 m
- Lukkekriterie for Ulvekær Bæk: +1,00 m

Disse lukkekriterier vil blive nærmere vurderet og eventuelt justeret i forbindelse med detailprojekteringen.

12.2 Procedure ved lukning af højvandslukke

12.2.1 Styring

Operation af porten styres automatisk af en niveaumåler (vandstandsmåler), som er monteret i et rør på havsiden af højvandsporten. Ved en registreret vandstand svarende til lukkekriteriet afgiver styringen signal om, at porten skal lukke.

Såfremt niveaumåler på havsiden af porten svigter (således at der ikke registreres niveau for lukning af porte), vil niveaumåler placeret opstrøms pumpestationens indløbsrist registrere højt vandniveau som overstiger lukkekriteriet. Indtræffer denne hændelse afsendes en alarm. I denne situation sættes styringen i ”lokal styring”, og porten lukkes via kommando som omgår den automatiske styring på porten.

12.2.2 Nødlukning

Hvis forsyningen eller hydraulikanlæg/stempler fejler, vil det som angivet i afsnit 8.2 være muligt at lukke portene manuelt.

12.2.3 Mobilisering, test og overvågning

Det beskrevne anlæg sikrer, at portene vil blive lukket ved en højvandshændelse, hvor vandstanden overstiger lukkekriteriet. Der stilles endvidere følgende krav for at sikre, at portene lukker korrekt.

Før stormflodshændelsen – forberedelse ved varsling af højvande:

1) Kontrol af at porten er fri for genstande, der kan forhindre lukning

2) Test af lukning af port
3) Klargøring for manuel lukning af port

Under stormflodshændelsen:
4) Overvågning af at porten forbliver lukket korrekt

Efter stormflodshændelsen:
5) Kontrol af, at portåbningen er fri for genstande, der kan forhindre åbning af porten

Ud over ovenstående skal funktion af porte inkl. hydraulikanlæg/stempler testes halvårligt og vedligeholdes jf. fabrikantens anvisninger.

12.3 Procedure ved udpumpning

12.3.1 Styring

Pumperne styres automatisk på baggrund af registrerede signaler fra niveaumåleren (vandstandsmåler) i pumpestationens pumpesump. Der gives signal til start af pumpe, når der måles et vandspejl som overstiger lukkekriteriet. Stiger vandspejlet fortsat i pumpesumpen, gives der besked om, at én yderligere pumpe skal starte. Såfremt vandspejlet fortsat stiger, gives signal om, at sidste pumpe skal starte (i alt udpumpning med tre pumper). Når vandspejlet i Hejsager Bæk falder til kote +0,7 m stopper den første pumpe. Ved vandstand i kote +0,6 m stopper den næste pumpe, mens den sidste pumpe fortsætter drift indtil vandstand i kote +0,5 m. For Ulvekær Bæk er samme procedure gældende dog med vandspejlskoterne +1,00 m, +0,90 m og +0,80 m.

Såfremt niveaumåleren i pumpesumpen svigter (således at der ikke registreres niveau for udpumpning), vil niveaumåler, placeret opstrøms pumpestationens indløb, registrere højt vandniveau når vandspejlet overstiger lukkekriteriet + 0,05 m. Indtræffer denne hændelse, afsendes alarm. I denne situation sættes styringen i "lokal styring", og udpumpningsfunktion styres med kommandoer som omgår den automatiske styring.

For beskyttelse af pumper mod tørløb og for overvågning af ristefunktion afgives alarm, såfremt niveaumålerne registrerer et differensvandspejl på mere end 0,2 m målt mellem vandspejlet i pumpesumpen og vandspejlet opstrøms indløbsristen.

Som supplement til niveaumåling i pumpesumpen, og opstrøms indløbsristen, installeres en niveauvippe for registrering af højt vandspejl i pumpesumpen. Niveauvippen aktiveres, såfremt vandspejlet, f.eks. pga. fejl i styringen, når op til en kote som overstiger lukkekriterie +0,10 m. Herved afgives alarm, og udpumpningsfunktion iværksættes.

12.3.2 Ristning

Udpumpningsfunktionen sikres med grovristning af vandet i pumpestationens indløb. Grovristen skal holdes rengjort for opsamlet ristegods ved manuel renholdelse. Derfor skal der i forbindelse med en stormflodshændelse være etableret et uddannet beredskab, som overvåger udpumpningsfunktion og riste. Der kan installeres fjernbetjent web-cam og belysning, som kobles op på hovedstation, hvorved fjernovervågning muliggøres.

12.3.3 Mobilisering, test og overvågning

Det beskrevne anlæg sikrer, at pumpestationerne under en stormflodshændelse (vandstand > lukkekriterier) vil kunne pumpe vand fra bækkene med en fornuftigt funktionssikkerhed. For at sikre udpumpningsfunktionen anbefales følgende:

Før/forberedelse for stormflodshændelsen:

1) Mobilisering og anstilling af nødgenerator inkl. dieseltank
2) Kortvarig test af alle 3 pumper fx ved 20 Hz
3) Inspektion/rensning af grovrist

Under stormflodshændelsen:

4) Overvågning af grovrist mht. tilstopning – løbende rensning krævet
5) Overvågning af alarmer for pumpestop, forhøjet vandstand m.m. – overføres via PLC

Efter stormflodshændelsen:

6) Pumperne stopper automatisk ved åbning af slusen. Er dette ikke tilfældet, skal pumperne afbrydes manuelt.

Ud over ovenstående skal pumperne testes 4 gange årligt og vedligeholdes jf. fabrikantens anvisninger.

13. Antal lukninger af højvandsporte

Nærværende afsnit opsummerer antal forventede lukninger af højvandsportene ifm. stormflodshændelser og test og vedligehold af disse.

13.1 Lukninger ved stormflod

Antallet af lukninger, som følge af stormflod, ved et lukkekriterie på hhv. +0,70 m (Hejsager Bæk) og +1,0 m (Ulvekær Bæk), er præsenteret i Tabel 13-1. Antallet af lukninger er baseret på analysen præsenteret i afsnit 3.8.

I forbindelse med lukning af portene ved stormflod vil der forekomme udpumpning af bagvandet fra bækkene under hele stormflodshændelsen.

Tabel 13-1: Antal lukninger af højvandsporte ved stormflod for Hejsager Bæk og Ulvekær Bæk.

Vandspejlskote for lukning	Gennemsnitligt antal lukninger per år [lukninger/år]	Gennemsnitlig varighed per lukning [timer/lukning]
Hejsager Bæk +0,7 m (nuværende forhold)	13	11
Hejsager Bæk +0,7 m (år 2075)	55	13
Ulvekær Bæk +1,0 m (nuværende forhold)	4	9
Ulvekær Bæk +1,0 m (år 2075)	13	11

13.2 Lukninger ved test og vedligehold

Antallet af lukninger ifm. test og vedligehold af portene forventes at være som præsenteret i Tabel 13-2.

I forbindelse med test og vedligehold forventes det, at det det kun er ved vedligehold, at der skal foretages udpumpning fra pumpestationen for at holde vandstanden i bækken nede på et acceptabelt niveau. Ved testlukninger foretages der ingen udpumpning af bagvand.

Tabel 13-2: Antal lukninger af højvandsporte ved test og vedligehold af disse.

Procedure	Gennemsnitligt antal lukninger per år [lukninger/år]	Gennemsnitlig varighed per lukning [timer/lukning]
Testlukninger pr. højvandsport	1 – 3	1
Eftersyn af porte og hydrauliske stempler pr. højvandsport	1	24 – 48
Testlukning ved varsling af stormflod, Hejsager Bæk	13 (nutid) / 55 (år 2075) jf. Tabel 13-1	1
Testlukning ved varsling af stormflod, Ulvekær Bæk	4 (nutid) / 13 (år 2075) jf. Tabel 13-1	1
Vedligehold pr. højvandsport (hvert 5. år)	0,2 (1 hvert 5. år)	48 - 120

14. Arbejdsplads, -områder og adgangsveje

Projektet strækker sig over en meget lang strækning på ca. 3,3 km og omfatter udover anlæg på kysten også mindre arbejder i baglandet ift. håndtering af bagvand. Det stiller særlige krav til arbejdsplads, arbejdsområder og adgangsforhold for den udførende og dennes materiel. I dette afsnit præsenteres en løsning som anskueliggør, at der kan findes områder og adgange som sikrer gennemførelsen af projektet. Det skal dog ikke ses som det endelige oplæg.

Overordnet gælder der for både arbejdsplads og -område samt adgangsveje, at disse, hvis ikke indeholdt i det endelige projekt, reetableres til samme stand som før arbejdet.

14.1 Arbejdsplads og arbejdsområder

For at den udførende kan have en effektiv gennemførelse af projektet forventes det nødvendigt at stille flere arbejdspladser til rådighed langs strækningen. Der forventes dog etableret en arbejdsplads (hovedarbejdsplads), som kunne etableres på boldbanen ved Hejsager Strandby eller alternativt på græsarealet (sommerparkeringsområdet) bag strandgrillen, se Figur 14-1 for placering af disse. Det vurderes dog her, at græsarealet ved strandgrillen ikke er det optimale valg, da det ligger indenfor gældende Natura 2000-område. På nuværende tidspunkt antages det derfor at arbejdspladsen etableres på boldbanen.

Figur 14-1: Forslag til placering af arbejdsplads på boldbane ved Hejsager Strandby eller alternativt på græsarealet bag strandgrillen. Gul skravering er Natura 2000-område.

Derudover forventes det, at der skal etableres to satellit-arbejdspladser. Der er ikke mange frie områder langs kysten, hvor disse kan etableres. Der er dog fundet to mulige placeringer. Denne ene kunne være ved parkeringspladserne på Grønkær Høj Vej og den anden på græsarealet ved Bramsensgårdvej. Ved Bramsensgårdvej kunne den ubebyggede matrikel alternativt anvendes som satellit-arbejdsplads. Placeringer fremgår af Figur 14-2.

Figur 14-2: Forslag til placering af satellit arbejdspladser på hhv. P-plads ved Grønkær Høj Vej (t.v.) og græsareal ved Bramsensgårdvej (t.h.).

For udførelse af arbejderne kræves der, udover de arealer som inddrages permanent i projektet, at der langs med de nye anlæg og konstruktioner etableres arbejdsområder samt arealer til oplag af materialer, som skal anvendes i projektet. Disse områder er ikke afdækket i detaljer, men der skal generelt forventes et større areal inddraget midlertidigt til udførelsen end for de permanent inddragede arealer. I det følgende gives der to eksempler på omfanget af arbejdsområderne.

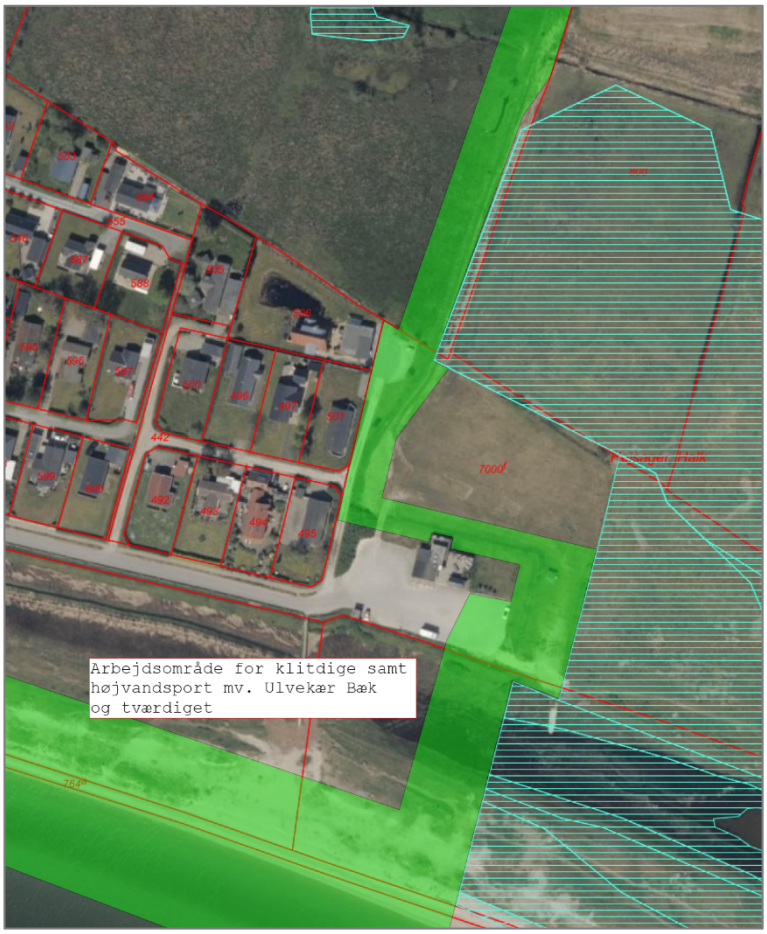
Jf. tegningsmaterialet, så etableres klitdiget overvejende langs de naturlige grænser langs kysten, som ofte er defineret af haver, terrasser, bygninger mv., og ikke af de faktiske matrikelgrænser. For klitdiget ved Hejsager Strand og Kelstrup Strand vil arbejdsområdet derfor strække sig ind til denne naturlige grænse, hvor klitdiget starter, og strække sig ud i bugten til afgrænsningen af det nye strandprofil. Dette er illustreret på Figur 14-3.

Ved udløbet af Hejsager Bæk skal der udover klitdige også udføres udløbsbygværk inkl. højvandsport og pumpestation. Derfor forventes en stor del af matrikel 630c inddraget som arbejdsområde for udførelse af disse anlæg samt oplagring af f.eks. spunsjern, højvandsport, mv. Indeholdelse af dette arbejdsområde er også illustreret på Figur 14-3.

Figur 14-3: Eksempel på arbejdsområde ved udløb af Hejsager Bæk for klitdige, udløbsbygværk, højvandsport og pumpestation.

Ved Hejsager Strandby kan klitdige anlægges langt fra private haver og sommerhusmatrikler, og det forventede arbejdsområde ligger derfor fremskudt på strandengen. For anlæggelsen af tværdige, spunsdæmning, udløbsbygværk mv. er det nødvendigt midlertidigt at inddrage offentlige vejarealer såsom p-plads ved strandgrillen og vejen til Hejsager Strandby nr. 237. Omfanget og perioden skal undersøges nærmere, og vil i alle tilfælde søges minimeret med mindst mulig gene af borgerne i området.

For netop den østligste del af projektet afgrænses projektet af habitatnatur, som er beskyttet mod enhver påvirkning både permanent og midlertidigt. Derfor er det et krav at projekt og arbejder holdes ud af dette område, hvilket der er taget højde for. Det sætter dog vise begrænsninger i projektet ved udformning, placering og udførsel af tværdiget, se Figur 14-4.



Figur 14-4: Eksempel på arbejdsområde ved Hejsager Strandby for klitdige, udløbsbygværk, højvandsport og pumpestation samt tværdige. Den turkise skravering viser udbredelse af habitatnatur, som hverken permanent eller midlertidigt må påvirkes af projektet.

14.2 Adgangsforhold

Ved Blokhusskoven og den vestlige del af Kelstrup Strand forventes adgang til arbejdsplads og -områder at ske primært via Bramsensgårdvej, se Figur 14-5. For enden af Bramsensgårdvej udføres en midlertidig vej hen over det grønne græsareal og ned ad skrænten til stranden, på den ca. 8 m bredde græsstribe mellem nr. 76 og 80. Denne vej skal anvendes til transporter af opfyldningsjord, sten og spunsjern for udførelse af arbejderne.

Det må dog forventes at der også vil ske adgang til arbejdsområderne via Blokhusskoven og Kelstrup Skovvej. Den udførende entreprenør vil dog under udførelsen blive begrænset i sin brug af disse veje, og der vil ikke blive tilladt tunge transporter mv.

Figur 14-5: Adgangsveje til Blokhusskoven og Kelstrup Strand (vest). Primær adgangsvej via Bramsensgårdvej, og sekundære arbejdsvej via Blokhusskoven og Kelstrup Skovvej.

På den østlige del af Kelstrup Strand sikres adgang fra Kelstrupvej til kysten via de to private fællesveje, som markeret på Figur 14-6. Begge disse er vurderet egnet som adgangsvej til stranden for entreprenørens materiel (gravemaskiner mv.). Der forventes kun begrænsede transporter af materialer på disse veje, og anvendelse af disse til dette formål, kan begrænses eller helt undgås ved indarbejdelse af krav i udbuddet.

Udover disse to adgangsveje, så er der også adgang til Kelstrup Strand (øst) og Hejsager Strand (vest) ved Hejsager Bæk via arbejdsområdet som vist på Figur 14-3.

Figur 14-6: Adgangsveje til Kelstrup Strand (øst).

Adgang til stranden og tværdige mv. i Hejsager Strand sker fra Hejsager Strandby ved hhv. saunahuset og parkeringspladsen ved strandgrillen. På disse veje skal der forventes tunge transporter af jord til dige og spunsdæmning samt spunsjern. Adgangsvejene er markeret på Figur 14-7.

Figur 14-7: Adgangsveje til Hejsager Strand (øst).

For adgang til gennemførelse af arbejder for bagvandshåndtering i Grønkær, Fredskovparken og Hejsager Strandby forventes eksisterende veje anvendt.

15. Anlægsoverslag

På baggrund af det opdaterede dispositionsforslag er der udarbejdet et anlægsoverslag for alle anlæg, konstruktioner og installationer for projektet "Vores Kyst".

De samlede anlægsomkostninger for projektet er estimeret til **102 mio. kr. ekskl. moms**. Prisniveauet for overslaget er 2. kvartal 2025, og der skal således foretages nødvendig indeksering af overslaget ift. forventet opstart af projektet i marken.

I Tabel 15-1 er anlægsoverslagets hovedposter/delstrækninger præsenteret, og der henvises i øvrigt til bilag 1 for udspecificering af anlægsoverslaget i underposter med mængder og enhedspriser. Overslaget er baseret på erfaringspriser og tilbudspriser fra andre lignede projekter, bl.a. er der brugt erfaringer fra stormflodsikring af Jyllinge Nordmark, som ligner nærværende projekt på mange områder. Der er også brugt priser fra andre projekter vedr. bl.a. stenarbejder. Disse tilbudspriser er indekseret inden anvendelse i overslaget.

Omkostningerne for de enkelte hovedposter/delstrækninger er beregnet ved at summere de tilknyttede omkostninger for delarbejderne, som dermed repræsenterer arbejdet uden hensyn til omkostninger til **arbejdsplads, mobilisering og vejrlig** (nedetid under udførelse). Disse øvrige omkostninger er der taget højde for ved at tillægge en procentsats på **10 %**. Denne sats passer erfaringsmæssigt med den samlede omkostning til etablering, rømning og drift af arbejdspladsen, herunder lønninger til funktionærer (projektledere, formænd mv.).

Derudover er der tillagt et **korrektionstillæg for projektfasen** på **20 %**, der tager højde for det lave detaljeringsniveau, som er forbundet med dispositionsforslaget. Dvs. at det udarbejdede dispositionsforslag forventes at indeholde større usikkerheder grundet manglende viden om de endelige løsninger og udledning af detailmængder. Det er netop denne usikkerhed som korrektionstillægget tager højde for. Det understreges, at procentsatsen for tillægget er bestemt ud fra en vurdering af detailniveauet af dispositionsforslaget. Normalt anvendes der en procentsats på 25 – 35 % for nærværende fase, men det er vurderet, at niveauet er højere end normalt bl.a. fordi der er udført 3D-modellering til eftervisning af sand-, sten- og jordmængder til hhv. kystbeskyttelsen og opfyldning af skrænten ved Blokhusskoven.

For at tage højde for **uforudsete omkostninger** ifm. med udførelsen er der til delsummen for entreprenørudgifter tillagt yderligere **15 %**. Satsen til uforudsete udgifter er lavere end hvad der normalt anbefales anvendt på anlægsprojekter, men reduktionen vurderes at være fagligt begrundet. Reduktionen er begrundet i, at en stor del af anlægsomkostningerne ved nærværende projekt knytter sig til indhentning og udlægning af sand samt levering og indbygning af sten, som begge vurderes at være velafgrænsede arbejder (mængder). Derimod er der en vis risiko for uforudsete omkostninger i relation til anlægskonstruktioner og ledningsarbejder, da disse arbejder udføres i jord, som erfaringsmæssigt kan give endog store uforudsete udgifter. Da disse arbejder kun udgør en mindre andel af den samlede anlægssum, vurderes det forsvarligt at sænke den samlede procentsats til uforudsete omkostninger.

Totalt beløber tillægssatser sig til ca. **50 %** af de beregnede anlægsomkostninger.

Der gøres opmærksom på, at der i anlægsoverslaget **ikke** er medtaget omkostninger til rådgivning (design, udbud, tilsyn, byggeledelse og projektopfølgning) samt forundersøgelser, og at disse omkostninger derfor skal lægges til overslaget for et totalt anlægsoverslag / samlet projektomkostning. Det vurderes at omkostninger til rådgivning, forundersøgelser og evt. udgifter

til landinspektør ifm. ekspropriation beløber sig til 10 – 12 % af entreprenørudgifterne inkl. uforudsete udgifter.

Derudover er der ikke indeholdt eventuelle udgifter til erstatninger ifm. ekspropriation og oprettelse af erstatningsnatur, i det tilfælde projektet fra myndigheds side bliver pålagt at erstatte beskyttet natur, som påvirkes af projektet.

Tabel 15-1: Anlægsoverslag for Vores Kyst.

Anlægsoverslag - Oversigt		
Hovedpost	**Arbejder / Delstrækninger**	**Pris** [DKK ekskl. moms]
1.	Arbejdsplads (*ikke indeholdt i post A.*)	200.000
2.	Blokhusskoven, Kelstrup Klint og Bramsensgårdvej - Stenkastning (550 m)	17.315.000
3.	Kelstrup Skovvej – Klitrække (420 m)	4.660.000
4.	Kelstrup Kystvej – Klitrække (240 m)	2.425.000
5.	Kelstrup Strand – Klitdige (470 m)	10.720.000
6.	Hejsager Bæk – Udløbsbygværk mv.	5.935.000
7.	Hejsager Strandvej – Klitdige (770 m)	11.950.000
8.	Hejsager Strandby – Klitdige (820 m)	5.125.000
9.	Ulvekær Bæk – Spunsdæmning og udløbsbygværk mv.	5.190.000
10.	Hejsager Strandby – Tværdige (380 m)	1.500.000
11.	Grønkær – Bagvandshåndtering	70.000
12.	Hejsager Strandby og Fredskovparken - Bagvandshåndtering	3.100.000
Delsum for entreprenørarbejder		**68.190.000**
A.	Arbejdsplads, mobilisering og vejrlig (10 %)	6.820.000
B.	Korrektionstillæg for fasen (20 %)	13.640.000
Delsum entreprenørudgifter		**88.650.000**
C.	Uforudsete udgifter (15 %)	13.295.000
Delsum entreprenørudgifter inkl. uforudsete udgifter		**101.945.000**

15.1 Begrundelse for øgede anlægsomkostninger

I den tidligere projektfase er anlægsomkostningerne opgjort til ca. 43 mio. kr. ekskl. omkostninger til rådgivning af Haderslev Kommune. Overslaget er baseret på overslag udarbejdet af både COWI, se ref. [2], men justeret ift. enhedspris på indhentning og indbygning af sand

Det opdaterede overslag på 102 mio. kr. præsenteret ovenstående er derfor direkte sammenlignelig med overslaget på 43 mio. kr. ekskl. rådgivning. Forøgelsen af overslaget er markant og ca. 135 % større – altså over en fordobling af tidligere overslag.

Begrundelsen for den markante forøgelse af overslaget gennemgås i det følgende på et overordnet niveau. En mere detaljeret gennemgang og sammenligning vurderes at ville kræve en

større udredning, da forøgelsen også ligger i mange mindre delarbejder, som ikke tidligere har været inkluderet. Derfor forholder begrundelsen sig alene til de større poster, men det vurderes at forøgelsen generelt skyldes, at mængder og enhedspriser har været betydeligt undervurderet/underestimeret i tidligere dispositionsforslag.

15.1.1 Sand til klitter og strand

En stor del af det forøgede anlægsoverslag skyldes, at der skal anvendes ca. dobbelt så store mængder sand til sandfodring og klitter end forudsat tidligere. Der er ved 3D-modellering fundet, at der samlet skal bruges ca. 216.000 m^3 sand mod tidligere ca. 108.000 m^3.

Det er ikke entydigt afdækket, hvorfor der er så stor en forskel på de to mængder, men den mængde, der er antaget tidligere, er baseret på et design af klitdiger og klitrækker mv. som ift. forsidehældningen varierer mellem 1:5 og 1:10. Det er vurderet, at anvendelse af en forside hældning på 1:5 af klitdiget ikke er i overensstemmelse med aftalte designforudsætninger, hvorfor der i nærværende dispositionsforslag er fastholdt en generel forside hældning på 1:10 på hele strækningen. Denne hældning svarer til det beregnede sikringsniveau, hvilket en hældning på 1:5 ikke gør. Det er også tidligere vist i ref. [2]. En strandhældning på 1:10 vurderes i højere grad at være i overensstemmelse med de eksisterende strandprofiler. Derudover vurderes en fladere hældning at give bedre rekreative forhold for strandgæster og understøtte projektets overordnede landskabelige visioner, som tidligere er præsenteret for borgerne. Om mængden af sand alene af denne grund fordobles er ikke afdækket, men det vurderes at være en af hovedårsagerne.

Enhedsprisen for indvinding og indbygning af sand er i nærværende overslag fastholdt på 135 kr./m^3 svarende til enhedsprisen anvendt i overslaget udarbejdet af Haderslev Kommune. Der har i forbindelse med opdateringen af overslaget været dialog med Rhode Nielsen (indvindingsentreprenør), der bekræfter at enhedsprisen fortsat er retvisende for indvinding af sand fra fællesområder syd for Ærø.

I det opdaterede overslag ovenfor er det samlede beløb til indvinding og indbygning af sand inkl. anstilling af pumpeslanger ca. 46,5 mio. kr. inkl. tillægssatser. I ref. [2] er denne opgjort til 24,2 mio. kr.

15.1.2 Skråningssikring af skrænten ved Blokhusskoven

I nærværende dispositionsforslag er der indeholdt skråningssikring af den stejle skrænt ved Blokhusskoven. Denne sikring ved opfyldning på skrænten har ikke tidligere været indeholdt, og derfor har den stor betydning for forøgelsen. I alt er den beregnet til at koste ca. 7 mio. kr. inkl. tillægssatser.

15.1.3 Stenkastning for Blokhusskoven, Kelstrup Klint og Bramsensgårdvej

Udover etablering af stenkastning for Blokhusskoven og Kelstrup Klint er der i nærværende også indeholdt stenkastning for Bramsensgårdvej og ud for Kelstrup Skovvej nr. 44. Disse to strækninger var tidligere ikke omfattet af erosionsbeskyttelse med stenkastning, hvorfor det giver en forøgelse af omkostningerne, da anlægsomkostningerne til stenkastning er højere end til beskyttelse med sand.

Det er desuden vurderet ved en overordnet gennemgang af beregningerne for overslaget i ref. [2], at der er forudsat væsentligt mindre stenmængder, end der er behov for til en stabil stenkastning. Særligt lagtykkelse og udbredelse af dækstenslaget synes underprojekteret. Det har også en afgørende betydning for den øgende omkostning, da det er dyrt at anlægge disse dæksten.

I alt beløber omkostningerne til stenkastning sig til ca. 11.5 mio. kr. inkl. tillægssatser mod tidligere ca. 4,3 mio. kr.

15.1.4 Anlægskonstruktioner

En anden større forøgelse af anlægsomkostningerne kommer fra etablering af nødvendige støttevægge til bl.a. afslutning af stenkastninger ved Kelstrup Skovvej nr. 44 og i høj grad til udløbsbygværker ved hhv. Hejsager og Ulvkær Bæk. I det tidligere overslag i ref. [2] er udløbsbygværket prissat til ca. 85.000 kr. pr. styk. Dette vurderes at være en ekstrem underestimering af de faktiske omkostninger, som i nærværende er estimeret til hhv. ca. 5 og 3 mio. kr. for Hejsager og Ulvekær Bæk

Dertil kommer at forskellen på højvandsporte er ca. 1,2 mio. kr. mod tidligere ca. 350.000 kr., imens det for pumpestationer nu er ca. 3 mio. kr. mod tidligere ca. 1,3 mio. kr.

Alle priser i dette afsnit er inkl. tillægssatser.

15.1.5 Bagvandshåndtering i Fredskovparken og Hejsager Strandby

Bagvandshåndtering af Fredskovparken og Hejsager Strandby har ikke tidligere været inkluderet i anlægsoverslagene, men er indeholdt i nærværende dispositionsforslag. Dette resulterer selvfølgelig i en fordyrelse som inkl. tillægssatser beløber sig til ca. 4,5 mio. kr.

15.1.6 Bagvandshåndtering i Grønkær

For bagvandshåndteringen i Grønkær er det dog sådan, at nærværende dispositionsforslag kun omfatter mindre grøftearbejder (ca. 100.000 kr. inkl. tillægssatser). Det er en væsentlig reduktion af omkostningen i forhold til tidligere overslag præsenteret i ref. [2]. Tidligere blev der anbefalet udførelse af et jorddige i Grønkæret for vandparkering af bagvand under en stormflodshændelse. Denne løsning er estimeret til at koste ca. 1,2 mio. kr. inkl. tillægssatser. Altså er der for Grønkæret en besparelse på ca. 1,1 mio. kr.

Det skal dog bemærkes, at det igen vurderes, at de faktiske omkostninger til udførelse af jorddiget er stærkt underestimeret, hvilket der er vurderet på i ref. [17]. Det er dog uden betydning for denne sammenligning af anlægsomkostninger, men er blot et udtryk for en helt generel underestimering af anlægsomkostningerne til gennemførelse af projektet.

15.2 Usikkerhed forbundet med anlægsoverslag

I forbindelse med udarbejdelsen af dispositionsforslaget og anlægsoverslaget er der identificeret en række risici, som kan have indflydelse på de endelige entreprenørudgifter. De mest signifikante risici er beskrevet nedenfor:

- Det er uklart om der ved ophør af nuværende indvindingstilladelser pr. 1. december 2025 gives en ny tilladelse til fælles indvindingsområde ved Halk Hoved, som ligger i umiddelbar nærhed af projektområdet. Er det ikke tilfældet, kan det have økonomiske konsekvenser, hvis sandet skal hentes længere væk, grundet stigende transportomkostninger. Det er der dog i høj grad taget højde for ved at anvende enhedspriser for indvinding af sand syd for Ærø.

- Anskaffelse af marint sand i den rette kvalitet til etablering af kystbeskyttelsen er behæftet med nogen usikkerhed. For indvindingsområdet ved Halk Hoved har det ikke har været muligt at finde kornkurver på sandet. Det er dog oplyst, at sedimentet består af grus i størrelsesordenen 0–20 mm. Dette materiale kan potentielt være egnet, da projektet tilstræber brug af grovkornet sand, svarende til det naturligt forekommende materiale på

stranden. Hvis materialet imidlertid viser sig at være for groft – dvs. domineret af grusfraktioner – vil det ikke være egnet, da det vil afvige betydeligt fra det eksisterende og fra det ønskede strandudtryk.

Derudover er der på nuværende tidspunkt usikkerhed forbundet med anvendelsen af sand fra områder syd for Ærø. Tilgængelige kornkurver indikerer, at materialet generelt er finere end det eksisterende strandmateriale. Selvom sandet vil kunne bruges, kan resultere i større erosion end ønsket, da de finere materialer lettere eroderes / tabes til dybere vand end mere grovkornet sand. Den totale mængde af sand vil derfor øges.

- Udbredelsen af bløde jordlag for både tværdige, spunsdæmning, udløbsbygværker og øvrige anlægskonstruktioner er ikke kendt i detaljer. Er udbredelsen væsentligt anderledes end forventet, kan det have større økonomiske konsekvenser til "forstærkning" af løsningerne.

- Mængden af evt. forurenet jord til bortskaffelse er ikke kendt, og hensyn til dette er kun medtaget i begrænset omfang, da det forventes at mængden af forurenet jord er begrænset. Viser det modsatte sig, så kan det fordyre projektet.

- Mængden af eksisterende sten til genanvendelse i stenkastningen er ikke opgjort, og er ganske vanskeligt at opgøre. Hvis mængden derfor er mindre end vurderet, så har det negativ betydning for overslaget. Hvis den derimod er større, så har det en positiv effekt. På baggrund af luftfotos og begrænset besigtigelse (pga. manglende adgangsforhold) på stedet, er det vurderet, at der for Blokhusskoven og Kelstrup Klint findes ca. 30% og 20 % af de samlede mængder til hhv. filtersten og dæksten.

- Enhedspris på jord til opfyldning af skrænten er usikker, da der ikke er kendskab til lignende projekter og priser. Derfor er enhedsprisen estimeret på baggrund af kendskab til mere normale jordarbejder, men det kan vise sig, at kompleksiteten af opfyldningen er væsentligt større end forventet grundet vanskelig og svær fremkommelig placering, og med en højere pris til følge.

- Der er af borgerne ved Blokhusskoven oplyst, at der på strækningen er udført opfyldning med jord, som de betegner som "kompostjord". Opfyldningen er gjort for at sikre skrænten mod erosion. Hvis der reelt er tale om kompostjord, der er yderst uegnet som materiale i alle former for anlægskonstruktioner, så kan det have større økonomiske konsekvenser for etablering af både opfyldning af skrænten men også for stenkastningen, da det umiddelbart vil skulle fjernes inden arbejderne gennemføres. Der er ingen registreringer af hvor jorden er indbygget, og der er derfor heller ikke taget nogen hensyn til dette i udarbejdelsen af overslaget.

- Mængde af gammel betonmur på strækningerne, som skal fjernes, er ikke opgjort ligesom funderingsforholdene er ukendte, og der er derfor kun lavet et kvalificeret gæt på omfanget. Det vurderes at konsekvensen er af mindre betydning for det samlede overslag, da de strækninger, hvor betonmuren vurderes at skulle fjernes, er af begrænset omfang.

- Der er ikke kendskab til priser på lignende størrelse højvandsporte, hvorfor den samlede pris er behæftet med nogen usikkerhed. Det vurderes dog, at risikoen for at portene er signifikant dyrere end antaget, er minimal. Prisen søges afdækket nærmere i næste fase.

- Der er ikke kendskab til priser på lignende størrelse udløbsledninger, hvorfor pris er behæftet med nogen usikkerhed. Det vurderes dog, at risikoen for, at de faktiske omkostninger afviger markant fra det forudsatte, er begrænset. Prisen søges afdækket nærmere i næste fase.

- Der er ikke indhentet priser på udplantning af klitvegetation, da det ikke har været muligt at finde en anlægsgartner med erfaring fra projekter i tilsvarende skala. Den anslåede pris er derfor behæftet med usikkerhed, men det er på nuværende tidspunkt ikke muligt at vurdere usikkerhedens størrelse nærmere.

Samtlige ovenstående usikkerheder er forsøgt dækket med det anvendte korrektionstillæg for fasen, som også dækker over øvrige almindeligt forekommende usikkerheder.

15.3 Besparelsesmuligheder

I forlængelse af det opdaterede dispositionsforslag og anlægsoverslag er det besluttet at identificere og undersøge potentielle besparelser nærmere. Det skyldes, at det opdaterede anlægsoverslag viser en væsentlig forøgelse af omkostningerne på ca. 135 % ift. tidligere udarbejdet overslag.

Undersøgelse af og redegørelse for besparelsespotentialler er igangsat og afrapporteres i særskilt notat. Når notatet foreligger, vil det indgå i den videre planlægning af projektets endelige omfang.

16. Udbud af projektet

Projektet anbefales udbudt som en samlet **anlægsentreprise** indeholdende samtlige anlæg og konstruktioner.

Anlægsentreprisen planlægges udbudt som **hovedentreprise i begrænset licitation** ved forudgående prækvalifikation af de bydende.

Udbuddet udarbejdes på baggrund af det kommende detailprojekt.

16.1 Funktionsudbud

Både højvandsporte og pumpestationer inkl. pumper anbefales udbudt under hovedentreprisen (anlægsentreprisen) baseret på funktionskrav udarbejdet ifm. detailprojekteringen. Det vil sige, at der ikke udarbejdes et detailprojekt for disse til udbuddet, og at det er entreprenøren eller dennes underleverandør som færdigprojektere løsningerne.

Den bydende skal med sit tilbud specificere foreslåede løsninger med angivelse af pris. Den bydendes løsning skal opfylde opstillede funktionskrav. Det betyder, at udseendet, materialevalg, åbne- og lukkemekanisme, pumpetype, pumpestørrelse, m.m. for højvandsportene og pumpestationerne foreslået af den bydende skal leve op til udbudskravene og accepteres af bygherren.

Der vil derfor i udbuddet blive stillet en række generelle funktionskrav, så det sikres, at højvandsport og pumpestation lever op til funktionen både under normalsituationen og ved stormflod.

16.2 Elforsyning

Elforsyning fra det offentlige elnet til bl.a. pumpestationerne leveres af net-ejeren og forventes udført af dennes entreprenører. Der gøres opmærksom på at omkostninger i den henseende potentielt tilfalder projektet, selvom det er normal praksis at net-ejer afholder denne udgift frem til matrikelgrænsen. Net-ejer kan dog nægte at afholde udgiften til etableringen, da forbruget ift. forsyningens størrelse er begrænset, og net-ejeren derfor ikke har nogen forretning på etablering af forsyningen. I udgangspunktet bør det dog udfordres.

17. Referencer

[1] Vores Kyst, Dispositionsforslag; COWI; Version 2, 07-09-2022.
[2] Vores Kyst, Notat om design af kystbeskyttelse; COWI; Version 1, 30-04-2024
[3] Teknisk Notat – Kysthydraulisk grundlag og sammenligning af sikringsniveauer; Notatnummer 1100060489-4-012-001; Version 1.0; Rambøll; 2025/02/15
[4] Teknisk Notat – Bølgemodellering; Notatnummer 1100060489-4-012-003; Version 1.0; Rambøll; 2025/03/21
[5] Notat – Beslutningsgrundlag vedr. sikringsniveau for Vores Kyst; Notatnummer 1100060489-4-02-002; Version 2.0; Rambøll; 2025/03/27
[6] Vores Kyst, Kystbeskyttelse ved Hejsager og Kelstrup strand – Habitatvurdering (Natura 2000-væsentligheds- og konsekvensvurdering, samt bilag IV-artsvurdering); COWI, Version 1, 30-06-2024
[7] Afgrænsningsnotat - Vores Kyst, Miljøvurdering (mv) og Miljøkonsekvensvurdering (VVM); Journal nr. 24/13210 og 23/15789; Haderslev Kommune; September 2024
[8] Teknisk Notat – Eksist. geotekniske undersøgelser; Notatnummer 1100060489-4-011-002; Version 1.0; Rambøll; 2025/02/28
[9] Vores Kyst, Geoteknisk Undersøgelsesrapport; COWI; Maj 2023
[10] De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland, GEUS (2023) »Kort over Danmark (geus.dk)«
[11] Undersøgelse – Vandspejlspejling Blokhusskoven; Notatnummer 1100060489-4-011-012; Version 1.0; Rambøll; 2025/03/27
[12] Vores Kyst, Bølgemodellering og sedimenttransport; COWI; Version 1, 30-04-2023.
[13] N. Drønen, P. Sørensen, R. Deigaard, S. Kristensen og O. Ries:" A model-based study of sand nourishment decay", Coastal Dynamics 2017.
[14] Teknisk Notat – Sikring af skrænt ved Blokhusskoven; Notatnummer 1100060489-4-011-009; Version 2.0; Rambøll; 2025/03/03
[15] Vores Kyst, Geoteknisk stabilitetsvurdering; Cowi; Juli 2023
[16] Teknisk Notat – Eftervisning af skrænten ved Blokhusskoven; Notatnummer 1100060489-4-011-011; Version 1.0; Rambøll; 2025/05/19
[17] Notat – Redegørelse for alternativ til jorddige i Grønkær; Notatnummer 1100060489-4-02-001; Version 1.0; Rambøll; 2025/03/31

Bilag 1

Anlægsoverslag

ANLÆGSOVERSLAG - OVERSIGT

ARBEJDER / DELSTRÆKNINGER		I ALT - DKK EX. MOMS	
1.	ARBEJDSPLADS	kr.	200.000
2.	BLOKHUSSKOVEN, KELSTRUP KLINT OG BRAMSENSGÅRDVEJ - STENKASTNING (550 m)	kr.	17.316.508
3.	KELSTRUP SKOVVEJ - KLITRÆKKE (420 m)	kr.	4.659.278
4.	KELSTRUP KYSTVEJ - KLITRÆKKE (240 m)	kr.	2.427.278
5.	KELSTRUP STRAND - KLITDIGE (470 m)	kr.	10.717.528
6.	HEJSAGER BÆK - UDLØBSBYGVÆRK MV.	kr.	5.933.875
7.	HEJSAGER STRANDVEJ - KLITDIGE (770 m)	kr.	11.948.667
8.	HEJSAGER STRANDBY - KLITDIGE (820 m)	kr.	5.123.767
9.	ULVEKÆR BÆK - SPUNSDÆMNING OG UDLØBSBYGVÆRK MV.	kr.	5.189.250
10.	HEJSAGER STRANDBY - TVÆRDIGE (380 m)	kr.	1.505.236
11.	GRØNKÆR - BAGVANDSHÅNDTERING	kr.	72.500
12.	HEJSAGER STRANDBY OG FREDSKOVPARKEN - BAGVANDSHÅNDTERING	kr.	3.097.550
DELSUM ENTREPRENØRARBEJDER		kr.	68.191.436
A.	Arbejdsplads, mobilisering og vejrlig (10%)	kr.	6.819.144
B.	Korrektionstillæg for fasen (20%)	kr.	13.638.287
DELSUM ENTREPRENØRUDGIFTER		kr.	88.648.866
C.	Uforudsete udgifter (15 %)	kr.	13.297.330
DELSUM ENTREPRENØRUDGIFTER INKL. UFORUDSETE UDGIFTER		kr.	101.946.196

Post	Under-post	Betegnelse	Enhed	Antal Enheder	Enheds-pris (DKK)	Underpost i alt (DKK)	Post i alt (DKK ex. moms.)
1.		ARBEJDSPLADS					
1.1.		ARBEJDSPLADS					0
1.2.		AFSÆTNING OG OPMÅLING					100.000
	1	Afsætning	sum	1	20.000	20.000	
	2	Droneopmåling af områder før etablering af strand, stenkastning og opfyldning	sum	1	20.000	20.000	
	3	Opmåling af havbund med multibeam før etablering af strand mv.	sum	1	60.000	60.000	
1.3.		REGISTRING EFTER UDFØRELSE					100.000
	1	As-built indmåling af brønde, ledninger, konstruktioner mv. inkl. udførelse af as-built dokumentation i form af tegninger og lignende	sum	1	20.000	20.000	
	2	Droneopmåling af områder efter etablering af strand, stenkastning og opfyldning	sum	1	20.000	20.000	
	3	Opmåling af havbund med multibeam efter etablering af strand mv.	sum	1	60.000	60.000	
		Hovedpost i alt (DKK ex. moms)					200.000
2.		BLOKHUSSKOVEN, KELSTRUP KLINT OG BRAMSENSGÅRDVEJ - STENKASTNING (550 m)					
2.1.		RYDNING, NEDRIVNING OG OPBRYDNING					200.000
	1	Rydning og bortskaffelse af buske og træer på den samlede delstrækning	sum	1	200.000	200.000	
2.2.		JORDARBEJDER					5.011.512
	1	Afrømning af øvre vækstlag på skrænten v. Blokhusskoven, t= 200 mm	m^2	2880	10	28.800	
	2	Udlægning af vækstlag i miler på stranden for genindbygning v. Blokhusskoven	m^3	576	12	6.912	
	3	Opgravning af muld/kompost på den nedre del af skrænten v. Blokhusskoven	m^3	0	35	0	
	4	Genindbygning af muld/kompost på skrænten v. Kelstrup Klint	m^3	0	65	0	
	5	Klargøring af skrænten v. Blokhusskoven ved fortanding	m^2	2880	50	144.000	
	6	Indpumpning og indbygning af sand til opfyldning bag stenkastning for opfyldning af skrænten (+4.00m)	m^3	9000	135	1.215.000	
	7	Levering og indbygning af opfyldningsmateriale (grus) på skrænten v. Blokhusskoven	m^3	10064	300	3.019.200	
	8	Indbygning af vækstlag fra mile, t= 200 mm, inkl. transport v. Blokhusskoven	m^2	4680	60	280.800	
	9	Levering og såning af græsblanding på skråning v. Blokhusskoven	m^2	4680	10	46.800	
	10	Afretning af skråning v. Kelstrup Klint og Bramsensgårdvej for opbygning af stenkastning	m^2	1350	200	270.000	
2.3.		SANDFODRING OG SKRÅNINGSBESKYTTELSE					9.965.308
	1	Anstilling af pumpeslager mv. for indpumning af sand på strand	sum	1	533.333	533.333	
	2	Indpumpning og indbygning af sand til ny strand (+1.50m)	m^3	13500	135	1.822.500	
	4	Levering og indbygning af geotextil under filterlag	m^2	5700	100	570.000	
	5	Levering og indbygning af filtersten i stenkastning	m^3	1960	700	1.372.000	
	6	Levering og indbygning af dæksten i stenkastning	m^3	5600	850	4.760.000	
	7	Sortering og genindbygning af filtersten i stenkastning	m^3	840	400	336.000	
	8	Sortering og genindbygning af dæksten i stenkastning	m^3	1400	400	560.000	
	9	Indpumpning og indbygning af sand til opfyldning under stenkastning v. Kelstrup Skovvej 44	m^3	85	135	11.475	
2.4.		DIVERSE					2.139.688
	1	Etablering af væg (spuns) for afslutning af stenkastning v. Kelstrup Bæk samt for Kelstrup Skovvej 44	m^2	931	1.750	1.629.688	
	2	Bortskaffelse af gammel betonmur	sum	1	50.000	50.000	
	3	Reetablering af rørnedføringer fra grøft og dræn	stk	2	25.000	50.000	
	4	Udførelse af overgang af stenkastning	stk	2	75.000	150.000	
	5	Fjernelse og reetablering af badebroer	stk	2	100.000	200.000	
	6	Reetablering af terrasse for Bramsensgårdvej nr. 82 (ca. 40 m2)	sum	1	60.000	60.000	
		Hovedpost i alt (DKK ex. moms)					17.316.508

Post	Under-post	Betegnelse	Enhed	Antal Enheder	Enheds-pris (DKK)	Underpost i alt (DKK)	Post i alt (DKK ex. moms.)
3.		KELSTRUP SKOVVEJ - KLITRÆKKE (420 m)					
3.1.		RYDNING, NEDRIVNING OG OPBRYDNING					50.000
	1	Rydning og bortskaffelse af buske og træer på den samlede delstrækning	sum	1	50.000	50.000	
3.2.		SANDFODRING OG SKRÅNINGSBESKYTTELSE					4.109.278
	1	Anstilling af pumpeslager mv. for indpumning af sand på strand	sum	1	177.778	177.778	
	2	Indpumpning og indbygning af sand til klitrække (+3,25m)	m^3	26400	135	3.564.000	
	3	Etablering af klitvegetation over kote +2,0	m^2	7350	50	367.500	
3.3.		DIVERSE					500.000
	1	Bortskaffelse af gammel betonmur	sum	1	100.000	100.000	
	2	Reetablering af rørnedføringer	stk	0	25.000	0	
	3	Udførelse af overgang (terrænmåtter)	stk	0	10.000	0	
	4	Fjernelse og reetablering af badebroer	stk	4	100.000	400.000	
		Hovedpost i alt (DKK ex. moms)					4.659.278
4.		KELSTRUP KYSTVEJ - KLITRÆKKE (240 m)					
4.1.		RYDNING, NEDRIVNING OG OPBRYDNING					0
	1	Rydning og bortskaffelse af buske og træer på den samlede delstrækning	sum	0	150.000	0	
4.2.		SANDFODRING OG SKRÅNINGSBESKYTTELSE					2.147.278
	1	Anstilling af pumpeslager mv. for indpumning af sand på strand	sum	1	177.778	177.778	
	2	Indpumpning og indbygning af sand til klitrække (+2,50m)	m^3	13700	135	1.849.500	
	3	Etablering af klitvegetation over kote +2,0	m^2	2400	50	120.000	
4.3.		DIVERSE					280.000
	1	Bortskaffelse af gammel betonmur	m^3	0	-	0	
	2	Udløbsrør	stk	1	150.000	150.000	
	3	Udførelse af overgang (terrænmåtter)	stk	3	10.000	30.000	
	4	Fjernelse og reetablering af badebroer	stk	1	100.000	100.000	
		Hovedpost i alt (DKK ex. moms)					2.427.278
5.		KELSTRUP STRAND - KLITDIGE (470 m)					
5.1.		RYDNING, NEDRIVNING OG OPBRYDNING					0
	1	Rydning og bortskaffelse af buske og træer på den samlede delstrækning	sum	0	150.000	0	
5.2.		SANDFODRING OG SKRÅNINGSBESKYTTELSE					8.812.528
	1	Anstilling af pumpeslager mv. for indpumning af sand på strand	sum	1	177.778	177.778	
	2	Indpumpning og indbygning af sand til klitdige (+3,25m)	m^3	59000	135	7.965.000	
	3	Etablering af klitvegetation over kote +2,0	m^2	13395	50	669.750	
5.3.		DIVERSE					340.000
	1	Bortskaffelse af gammel betonmur	m^3	0	-	0	
	2	Udførelse af udløbsrør	stk	0	-	0	
	3	Udførelse af overgang (terrænmåtter)	stk	4	10.000	40.000	
	4	Fjernelse og reetablering af badebroer	stk	3	100.000	300.000	

Post	Under-post	Betegnelse	Enhed	Antal Enheder	Enheds-pris (DKK)	Underpost i alt (DKK)	Post i alt (DKK ex. moms.)
5.4.		PUMPEBRØND MV. - PRIVAT UDLØB					1.565.000
	1	Udløbs-/spjældbrønd - Levering, gravning, sætning og omkringfyldning for brønd Ø3000x4200 mm, inkl. 1600x1300 mm dæksel, at sætte og tilslutte, dybde = 2,0 m til 3,0 m	stk	1	125.000	125.000	
	2	Rensebrønd - Levering, gravning, sætning og omkringfyldning for brønd Ø2000x4200 mm, inkl. 1400x1000 mm dæksel, at sætte og tilslutte, dybde = 2,0 m til 3,0 m	stk.	1	75.000	75.000	
	3	Pumpebrønd - Levering, gravning, sætning og omkringfyldning for brønd Ø3000x4200 mm, inkl. 1600x1300 mm dæksel, at sætte og tilslutte, dybde = 2,0 m til 3,0 m	stk.	1	140.000	140.000	
	4	Propellerpumpe på 180 l/s ved en pumpehøjde på 3,2 m, inkl. koblingsfod, guidefæste, guiderør samt DN400 trykrør ført gennem diget ud i havet	stk.	2	225.000	450.000	
	5	Udløbsrør inkl. balastering udenfor kystlinje	stk	1	200.000	200.000	
	6	Pumpeledning (udløbsledning)	lbm	140	2.000	280.000	
	7	Pumpeledning, balastering udenfor kystlinje	stk.	2	50.000	100.000	
	8	Spjæld	stk	1	45.000	45.000	
	9	El-tavle i skab til pumpebrønde, inkl. montage	stk.	1	150.000	150.000	
		Hovedpost i alt (DKK ex. moms)					10.717.528
6.		HEJSAGER BÆK - UDLØBSBYGVÆRK MV.					
6.1.		JORDARBEJDER					10.000
	1	Opgravning af materialer for etablering af sedimentationsbassin, port og pumpestation samt indbygning i klitdige	m^3	50	200	10.000	
6.2.		SPUNSVÆGGE					3.247.875
	1	Anstilling af materiel for etablering af spuns	sum	1	50.000	50.000	
	2	Levering og installering af spuns, L=18m	m²	1.501	1.750	2.625.875	
	3	Levering og montering af dobbelte UNP-stræk	lbm	53	4.000	212.000	
	4	Levering og montering af stangankre til forankring. Samlet længde pr. stk. ca. 10 m	stk	18	10.000	180.000	
	5	Levering og installering af "dødemænd" (spuns) til forankring	stk	18	10.000	180.000	
	6	Levering og montering af spunshammer	lbm	0	1.000	0	
6.3.		HØJVANDSPORT					775.000
	1	Betonkonstruktion	stk.	1	200.000	200.000	
	2	Port (sort stål) inkl. bund- og topleje	stk.	1	250.000	250.000	
	3	Åbne- og lukkemekanisme	sum	1	100.000	100.000	
	4	Levering og indbygning af tætninger mellem port og beton	sum	1	20.000	20.000	
	5	Styring	sum	1	100.000	100.000	
	6	Levering og montage af el-skab, inkl. kabler og føring	sum	1	75.000	75.000	
	7	Dokumentation af entreprenørens detailprojekt og test	sum	1	25.000	25.000	
	8	D&V manual til højvandsport og øvrige dele	sum	1	5.000	5.000	
6.4.		PUMPESTATION					1.866.000
	1	Skaktrørspumpe 400 l/s, 3,2m løft	stk.	3	225.000	675.000	
	2	Rørsystem i PE, trykdæksel, bæringer mm.	stk.	3	60.000	180.000	
	3	Skillevægge og opkant i stål for pumper	sum	1	75.000	75.000	
	4	Rist, FVZ 8x60 /80mm	sum	1	25.000	25.000	
	5	Platform inkl. rækværk for service af rist og pumper	sum	1	120.000	120.000	
	6	Elforsyning for pumper, tilslutningsafgift	amp	110	1.100	121.000	
	7	Stikledning	m	180	1.500	270.000	
	8	EL & SRO	sum	1	400.000	400.000	
6.5.		VIBRATIONSMÅLINGER OG FOTOREGISTRERING					35.000
	1	Opsætning, drift, overvågning, dokumentation og nedtagning af vibrationsmålere	stk	2	15.000	30.000	
	2	Fotoregistring inkl. dokumentation	sum	1	5.000	5.000	
		Hovedpost i alt (DKK ex. moms)					5.933.875

Post	Under-post	Betegnelse	Enhed	Antal Enheder	Enheds-pris (DKK)	Underpost i alt (DKK)	Post i alt (DKK ex. moms.)
7.		HEJSAGER STRANDVEJ - KLITDIGE (770 m)					
7.1.		RYDNING, NEDRIVNING OG OPBRYDNING					75.000
	1	Rydning og bortskaffelse af strandvegetation på den samlede delstrækning	sum	1	75.000	75.000	
7.2.		SANDFODRING OG SKRÅNINGSBESKYTTELSE					11.583.667
	1	Anstilling af pumpeslager mv. for indpumning af sand på strand	sum	1	266.667	266.667	
	2	Indpumpning og indbygning af sand til klitdige (+3,10m)	m^3	76700	135	10.354.500	
	3	Etablering af klitvegetation over kote +2,0	m^2	19250	50	962.500	
7.3.		DIVERSE					290.000
	1	Bortskaffelse af gammel betonmur	m^3	0	-	0	
	2	Udførelse af udløbsrør	stk	0	-	0	
	3	Udførelse af overgang (terrænmåtter)	stk	9	10.000	90.000	
	4	Fjernelse og reetablering af badebroer	stk	2	100.000	200.000	
		Hovedpost i alt (DKK ex. moms)					11.948.667
8.		HEJSAGER STRANDBY - KLITDIGE (820 m)					
8.1.		RYDNING, NEDRIVNING OG OPBRYDNING					100.000
	1	Rydning og bortskaffelse af strandvegetation på den samlede delstrækning	sum	1	100.000	100.000	
8.2.		SANDFODRING OG SKRÅNINGSBESKYTTELSE					4.847.667
	1	Anstilling af pumpeslager mv. for indpumning af sand på strand	sum	1	266.667	266.667	
	2	Indpumpning og indbygning af sand til klitdige (+3,10m)	m^3	27100	135	3.658.500	
	3	Etablering af klitvegetation over kote +2,0	m^2	18450	50	922.500	
8.3.		DIVERSE					60.000
	1	Bortskaffelse af gammel betonmur	m^3	0	-	0	
	2	Udførelse af udløbsrør	stk	0	-	0	
	3	Udførelse af overgang (terrænmåtter)	stk	6	10.000	60.000	
	4	Fjernelse og reetablering af badebroer	stk	0	100.000	0	
8.4.		BÅDLANDING					116.100
	1	Levering og udlægning af græsarmeringssten ved bådlanding, inkl. opfyldning med brolægningsgrus	m^2	180	645	116.100	
		Hovedpost i alt (DKK ex. moms)					5.123.767
9.		ULVEKÆR BÆK - SPUNSDÆMNING OG UDLØBSBYGVÆRK MV.					
9.1.		RYDNING, NEDRIVNING OG OPBRYDNING					10.000
	1	Rydning og bortskaffelse af buske og træer på den samlede delstrækning	sum	1	10.000	10.000	
9.2.		JORDARBEJDER					305.000
	1	Afrømning af øvre vækstlag i blødt område og rørskov, t= 200 mm	m^2	310	30	9.300	
	2	Bortskaffelse af vækstlag fra blødt område og rørskov	m^3	62	350	21.700	
	3	Opgravning af materialer for etablering af sedimentationsbassin, port og pumpestation samt dårligt jord i spunsdæmning inkl. bortskaffelse	m^3	248	350	86.800	
	4	Levering, opfyldning og komprimering af friktionsmaterialer i spunsdæmning	m^3	544	300	163.200	
	5	Levering, udlægning og komprimering af grusmaterialer (SG II) på spunsdæmning, t = 200 mm	m^2	160	150	24.000	
9.3.		SPUNSVÆGGE					2.174.750
	1	Anstilling af materiel for etablering af spuns	sum	1	50.000	50.000	
	2	Levering og installering af spuns, L=10m	m^2	881	1.750	1.541.750	
	3	Levering og montering af dobbelte UNP-stræk	lbm	84	4.000	336.000	
	4	Levering og montering af stangankre til forankring. Samlet længde pr. stk. ca. 10 m	stk	6	10.000	60.000	
	5	Levering og installering af "dødemænd" (spuns) til forankring	stk	6	10.000	60.000	
	4	Levering og montering af stangankre til gensidig forankring af spunsdæmning. Samlet længde pr. stk. ca. 6 m	stk	10	6.000	60.000	
	5	Levering og montering af spunshammer	lbm	67	1.000	67.000	
9.4.		HØJVANDSPORT					775.000
	1	Betonkonstruktion	stk.	1	200.000	200.000	
	2	Port (sort stål) inkl. bund- og topleje	stk.	1	250.000	250.000	
	3	Åbne- og lukkemekanisme	sum	1	100.000	100.000	

Post	Under-post	Betegnelse	Enhed	Antal Enheder	Enheds-pris (DKK)	Underpost i alt (DKK)	Post i alt (DKK ex. moms.)
	4	Levering og indbygning af tætninger mellem port og beton	sum	1	20.000	20.000	
	5	Styring	sum	1	100.000	100.000	
	6	Levering og montage af el-skab, inkl. kabler og føring	sum	1	75.000	75.000	
	7	Dokumentation af entreprenørens detailprojekt og test	sum	1	25.000	25.000	
	8	D&V manual til højvandsport og øvrige dele	sum	1	5.000	5.000	
9.5.		PUMPESTATION					1.924.500
	1	Skaktrørspumpe 400 l/s, 3,2m løft	stk.	3	225.000	675.000	
	2	Rørsystem i PE, trykdæksel, bæringer mm.	stk.	3	60.000	180.000	
	3	Skillevægge og opkant i stål for pumper	sum	1	75.000	75.000	
	4	Rist, FVZ 8x60 /80mm	sum	1	25.000	25.000	
	5	Platform inkl. rækværk for service af rist og pumper	sum	1	120.000	120.000	
	6	Elforsyning for pumper, tilslutningsafgift	amp	70	1.100	77.000	
	7	Stikledning	m	180	1.500	270.000	
	8	EL & SRO	sum	1	400.000	400.000	
	9	Levering og montering af bæringer og understøtninger for elefantriste over rør i spunsdæmning	kg	2000	25	50.000	
	10	Levering og montering af elefantriste inkl. beslag over rør i spunsdæmning	m^2	21	2.500	52.500	
9.6.		VIBRATIONSMÅLINGER OG FOTOREGISTRERING					0
	1	Opsætning, drift, overvågning, dokumentation og nedtagning af vibrationsmålere	stk	0	15.000	0	
	2	Fotoregistring inkl. dokumentation	sum	0	5.000	0	
		Hovedpost i alt (DKK ex. moms)					5.189.250
10.		HEJSAGER STRANDBY - TVÆRDIGE (380 m)					
10.1.		RYDNING, NEDRIVNING OG OPBRYDNING					0
	1	Rydning og bortskaffelse af buske og træer på den samlede delstrækning	sum	0	-	0	
10.2.		JORDARBEJDER					205.680
	1	Afrømninng af øvre vækstlag på eksist. dige, t= 100 mm	m^2	2040	5	10.200,00	
	2	Afrømninng af øvre vækstlag i digetracé (genanvendeligt), t= 100 mm	m^2	2860	5	14.300,00	
	3	Udlægning af vækstlag i miler langs digetracé for genindbygning	m^3	490	12	5.880	
	4	Afrømninng af øvre vækstlag i bløde områder og rørskov i digetracé, t= 200 mm	m^2	1753	30	52.590	
	5	Bortskaffelse af vækstlag fra blødt område og rørskov	m^3	351	350	122.710	
10.3.		ETABLERING AF DIGE					1.199.556
	1	Genanvendelse og afretning af eksist. kernemateriale	m^3	1160	75	87.000	
	2	Levering og indbygning af supplerende kernemateriale	m^3	1153	270	311.256	
	3	Levering og indbygning af lermembran, t= 600 mm	m^2	2812	200	562.400	
	4	Indbygning af vækstlag fra mile, t= 100 mm, inkl. transport	m^2	4900	30	147.000	
	5	Levering og indbygning af muld, t= 100 mm, inkl. transport	m^2	572	65	37.180	
	6	Levering og såning af frøblanding på dige	m^2	5472	10	54.720	

Post	Under-post	Betegnelse	Enhed	Antal Enheder	Enheds-pris (DKK)	Underpost i alt (DKK)	Post i alt (DKK ex. moms.)
10.4.		REETABLERING AF OMGIVENDE OMRÅDER					50.000
	1	Udlægning og afretning af vækstlag/muld fra mile samt levering og såning af frøblanding på strandeng og ferskvandseng	sum	1	50.000	50.000	
10.5.		Diverse					50.000
	1	Rørgennemfrøing og kontraklap for Maj-grøften	sum	1	50.000	50.000	
		Hovedpost i alt (DKK ex. moms)					1.505.236
11.		GRØNKÆR - BAGVANDSHÅNDTERING					
11.1.		JORDARBEJDER					62.500
	1	Oprensning af grøft med oplægning af materialer langs grøft inkl. køreplader	m^3	125	100	12.500	
	2	Etabelering af grøft med oplægning af materialer langs grøft inkl. køreplader	m^3	250	100	25.000	
	3	Oprensning af bækken inkl. bortkørsel af oprensede materialer	lbm	100	250	25.000	
11.2.		DIVERSE					10.000
	1	Afpropning af eksisterende Ø400 ledning	stk	1	10.000	10.000	
		Hovedpost i alt (DKK ex. moms)					72.500
12.		HEJSAGER STRANDBY OG FREDSKOVPARKEN - BAGVANDSHÅNDTERING					
12.1.		JORDARBEJDER					346.800
	1	Oprensning af bækken inkl. bortkørsel af oprensede materialer	lbm	210	500	105.000	
	2	Opgravning af materiale for ledningsgrav inkl. tilbagefyldning og bortskaffelse af overskudsjord	m^3	465	100	46.500	
	3	Levering og indbygning af filter-/drængrus (perlesten fra sø), 4-8 mm	m^3	325,5	600	195.300	
12.2.		LEDNINGSARBEJDER					777.750
	1	Levering, gravning, sætning og omkringfyldning samt tilslutning for brønd Ø425 mm, Rense- og inspektionsbrønd med sandfang og dæksel, dybde = 1,0 m til 2,0 m	stk.	8	9.000	72.000	
	2	Levering, gravning, sætning og omkringfyldning for brønd Ø3000x4200 mm, Pumpebrønd, inkl. 1600x1300 mm dæksel, at sætte og tilslutte, dybde = 1,0 m til 2,0 m	stk.	2	150.000	300.000	
	3	Levering, gravning, sætning og omkringfyldning for brønd Ø2000x2550 mm, GLS udløbsbrønd inkl. 1400x1000mm dæksel, at sætte og tilslutte, dybde = 1,0 m til 2,0 m	stk.	2	75.000	150.000	
	4	Levering, lægning inkl. afstivning, udjævningslag, støttelag og omkringfyldning for Ø450/393 mm PP, topslidset drænledning, dybde = 1,0 m til 2,0 m	m	465	550	255.750	
12.3.		PUMPER					1.953.000
	1	Propellerpumpe på 115 l/s ved en pumpehøjde på 2 m, inkl. koblingsfod, guidefæste, guiderør samt DN400 trykrør ført til udløbsbrønd samt montage. Propellerpumpe alternativ centrifugalpumpe.	stk.	2	120.000	240.000	
	2	El-tavle i skab til pumpebrønde, inkl. montage	stk.	1	150.000	150.000	
	3	Levering af den komplette installation, inkl. kabler, for tilslutning af præ-fabrikerede pumpebrønde frem til målerskab	stk	1	20.000	20.000	
	4	Elforsyning for pumper, tilslutningsafgift	amp	16	1.100	17.600	
	5	Stikledning	m	200	1.500	300.000	
	6	EL & SRO	sum	1	250.000	250.000	
	7	Propellerpumpe på 100 l/s ved en pumpehøjde på 2 m, inkl. koblingsfod, guidefæste, guiderør samt DN400 trykrør ført til udløbsbrønd samt montage. Propellerpumpe alternativ centrifugalpumpe.	stk.	2	120.000	240.000	
	8	El-tavle i skab til pumpebrønde, inkl. montage	stk.	1	150.000	150.000	
	9	Levering af den komplette installation, inkl. kabler, for tilslutning af præ-fabrikerede pumpebrønde frem til målerskab	stk	1	20.000	20.000	
	10	Elforsyning for pumper, tilslutningsafgift	amp	14	1.100	15.400	
	11	Stikledning	m	200	1.500	300.000	
	12	EL & SRO	sum	1	250.000	250.000	
12.4.		TV-INSPEKTION					20.000
	1	Tv-inspektion, alle ledninger	sum	1	20.000	20.000	
		Hovedpost i alt (DKK ex. moms)					3.097.550

Bilag 2
Illustration

Illustration af klitdige
v. Kelstrupvej nr. 160

Udarbejdet af LYTT architecture as