

Til
Solrød Kommune

Dokumenttype
Rapport

Dato
Januar 2021

KYSTBESKYTTELSE AF OMRÅDE A TEKNISK PROJEKTBEKRIVELSE



KYSTBESKYTTELSE AF OMRÅDE A TEKNISK PROJEKTBEKRIVELSE

Projektnavn **Kystbeskyttelse Solrød Kommune**
Projektnr. **1100034238-003**
Modtager **Solrød Kommune**
Dokumenttype **Rapport**
Version **5**
Dato **25-01-2021**
Udarbejdet af **JAN**
Kontrolleret af **KRSP**
Godkendt af **JAN**
Beskrivelse **Kystbeskyttelse for område A
Teknisk Projektbeskrivelse**

Rambøll
Hannemanns Allé 53
DK-2300 København S

T +45 5161 1000
F +45 5161 1001
<https://dk.ramboll.com>

INDHOLD

1.	Indledning	3
2.	Eksisterende forhold	5
2.1	Generelt	5
2.2	Terrænforhold og potentielle oversvømmelser	6
2.3	Vandløb	8
2.3.1	Karlstrup Mosebæk	8
2.3.2	Solrød Bæk	9
3.	Projekteringsbasis	11
3.1	Levetid	11
3.2	Koordinatsystem og vertikalt referenceniveau	11
3.3	Eksisterende terrænforhold	11
3.4	Designvandstand	11
3.5	Geotekniske forhold	11
4.	Højvandssikringskonstruktioner	13
4.1	Beskyttelseslinje	13
4.2	Forhøjelse af klitter	15
4.2.1	Eksisterende geometri	15
4.2.2	Beskrivelse af sikringselementer/konstruktioner	15
4.2.3	Overgange/overkørsler	16
4.2.4	Udførelse	17
4.3	Dige langs Karlstrup Mosebæk	18
4.3.1	Eksisterende geometri	18
4.3.2	Beskrivelse af kystsikringselementer/konstruktioner	19
4.3.3	Afvanding	20
4.3.4	Udførelse	21
4.4	Sluse i Solrød Bæk	21
4.4.1	Eksisterende geometri	22
4.4.2	Konstruktion	23
4.4.3	Funktion af foreslået sluse	24
4.4.4	Afvanding	24
4.4.5	Udførelse	25
4.5	Tværdige	25
4.5.1	Eksisterende geometri	26
4.5.2	Beskrivelse af kystsikringselementer ved terrænregulering	26
4.5.3	Beskrivelse af kystsikringselementer/konstruktioner ved højvandsmur	27
4.5.4	Afvanding	34
4.5.5	Udførelse	35
4.6	Fotoregistrering og vibrationsmålinger	36
5.	Lukning af Sluse	37

5.1	Lukninger ved stormflod	37
5.2	Lukninger ved test og vedligehold	37
6.	Procedurer ved stormflod	38
6.1	Generelt	38
6.2	Procedure for lukning af sluse	38
6.2.1	Styring	38
6.2.2	Mobilisering, test og overvågning	38
6.2.3	Procedure for udpumpning	38
6.3	Procedure for opsætning af aluplanker ved beredskabet	39
7.	Referencer	40
8.	Tegningsliste	41

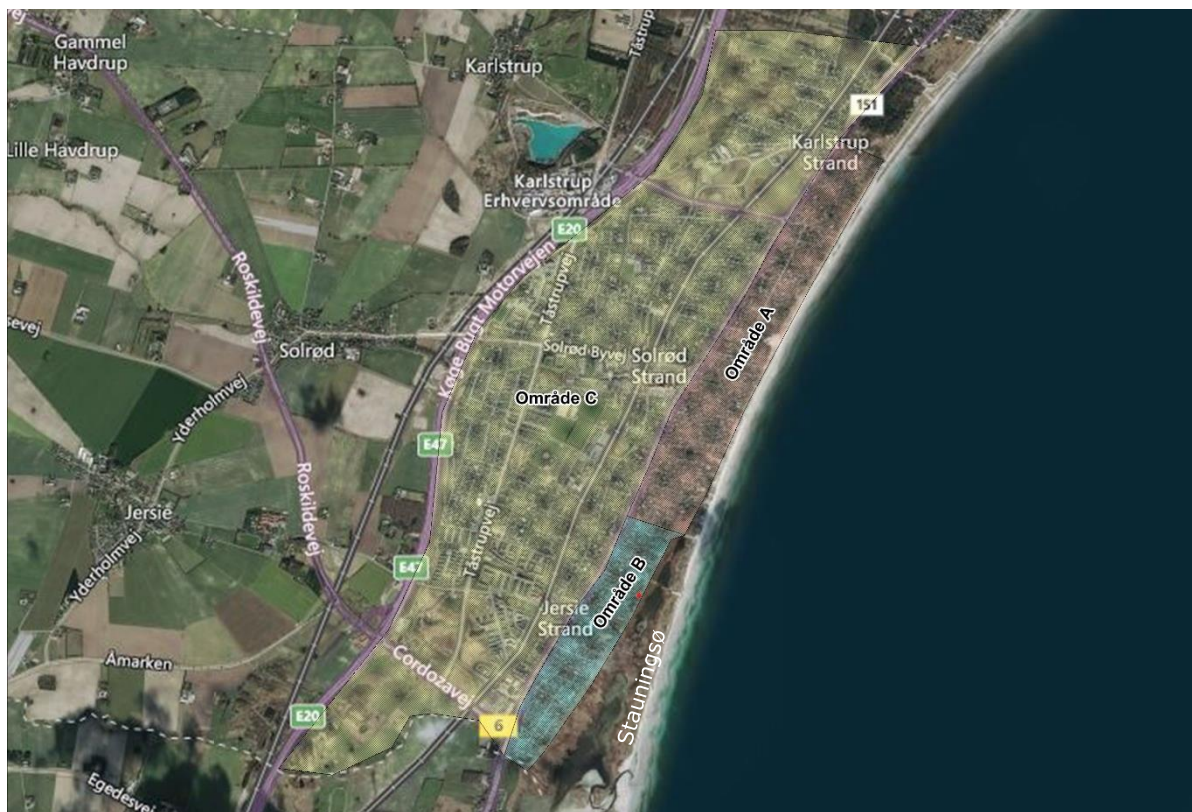
1. INDLEDNING

Den sjællandske østkyst (ud mod Køge Bugt) er karakteriseret ved lavtliggende boligområder, der potentielt er oversvømmelsestruede i forhold til stormflod fra havet. Køge Bugt kommunerne er på baggrund af den risikovurdering, der er udarbejdet på national skala af Kystdirektoratet som led i implementeringen af EU's oversvømmelsesdirektiv, blevet udpeget som risikoområde for oversvømmelse (Risikoområde Køge Bugt – København, ref. [1]).

Med udgangspunkt i ovennævnte oversvømmelsestrussel har Solrød Kommune taget initiativ til udarbejdelsen af en samlet plan for højvandssikring af Solrød Kommune, der er delt op i tre delområder:

- Område A, der dækker strandområdet nord for lagunen
- Område B, der dækker strandområdet bag lagunen, der er afgrænset mod Køge Bugt af Staunings Ø
- Område C, der dækker området vest for Strandvejen

Beliggenheden af de tre delområder er vist i Figur 1-1. Nærværende projektforslag dækker løsninger til kystbeskyttelse og højvandssikring af område A, der udgør området øst for Strandvejen og nord for laguneområdet, som er afgrænset fra Køge Bugt af Stauningsø og Ølseagle Rev. Laguneområdet er et beskyttet såkaldt Natura2000-område og den foreslåede højvandssikring af område A holdes nord for det beskyttede område. Sikringsniveauet i område A er fastlagt til kote 2,0 m DVR90, jf. ref. [3].



Figur 1-1: Oversigtskort med markering af område A, B og C

Område A afgrænses mod Køge Bugt af strand og klitter, og det er valgt at højvandssikringen af område A primært skal basere sig på en forstærkning af klitterne langs stranden. Løsninger, der adresserer dette, er præsenteret i nærværende rapport i et niveau, der sigter mod anvendelse som grundlag for myndighedsbehandling af projektet, samt som grundlag for borgerprocessen.

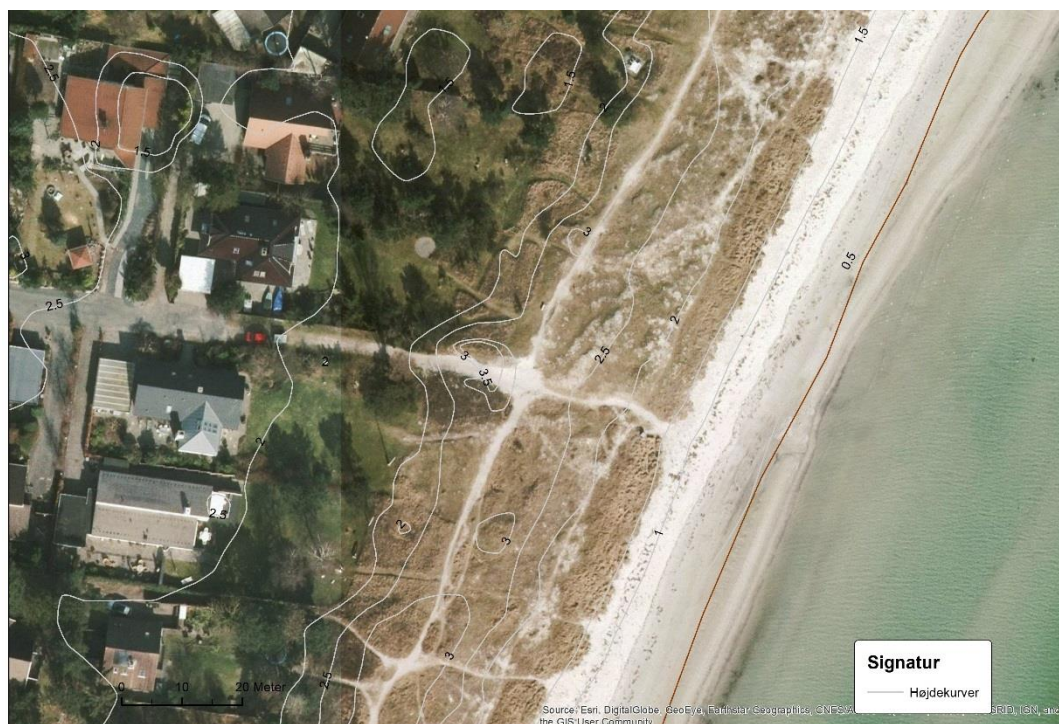
2. EKSISTERENDE FORHOLD

2.1 Generelt

Område A strækker sig fra Karlstrup Mosebæk i nord til laguneområdet i syd og afgrænses ud for Ventegodtsvej i syd. Højvandssikringens mere præcise afgrænsning og forløb er vist i afsnit 4.1. Strandområdet er primært domineret af sandklitter med bevoksning samt hybenbuske langs de private matrikler og enkelte træer og buske, se Figur 2-1.



Figur 2-1: Generelt billede af område 2's sammensætning med bevoksede klitter i forgrunden og hybenbuske samt træer og buske langs de private matrikler.



Figur 2-2: Satellitfoto fra område A, hvor stier på langs og tværs af klitterne tydeligt ses.

Ud for hver af områdets veje er der tydelige stisystemer på tværs af klitterne skabt af personers færden, og ligeledes forekommer der stier på langs af klitterne. Enkelte steder langs strækningen er der etableret større og mere officielle stier med belægning af træplanker og gummimåtter for den bredere offentligheds nemme tilgang til strandområderne. Dette ses eksempelvis ved Østre Strandvej og Duevej. Ved Østre Strandvej er klitrækken desuden afbrudt af en beachvolley bane, se Figur 2-3 og Figur 2-4.



Figur 2-3: Adgangssti fra parkeringsareal til badebro, stien er beklædt med træplanke og gummimåtte belægning.

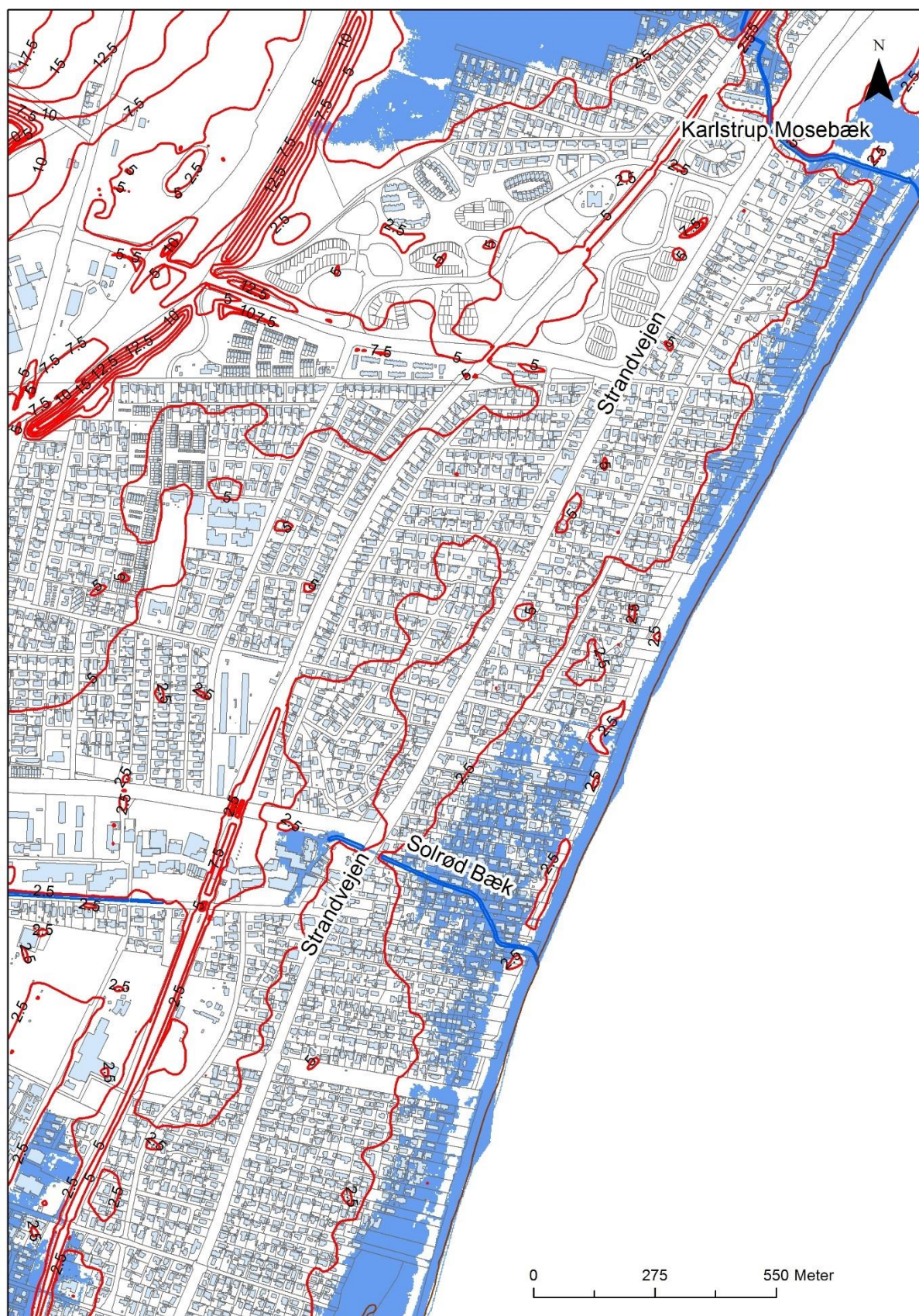


Figur 2-4: Beachvolley bane i klitrækkerne ved ishuset Strandløven.

2.2 Terrænforhold og potentielle oversvømmelser

Overordnet topografi er vist i Figur 2-5. En analyse af terrænhøjderne viser, at der er store områder indenfor område A, hvor terrænet ligger under kote 2,0 m DVR90 og dermed potentielt kan blive oversvømmet ved en vandstand i denne højde. Dette kan ske dels ved at højvande i Køge Bugt kan forplante sig gennem lavtliggende områder af klitterne, og dels via Solrød Bæk og Karlstrup Mosebæk, hvorfra vandet kan strømme ind i lavtliggende boligområder. Et oversvømmelseskort repræsenterende en vandstand i kote 2,0 m DVR90 er vist i Figur 2-5, ref. [4]. På oversvømmelseskortet ses, at store områder øst for Strandvejen kan blive oversvømmet i forbindelse med højvande. Særligt området omkring Solrød Bæk er udsat.

Områderne der oversvømmes vest for strandvejen håndteres som led i delprojektet for område C.



Figur 2-5: Oversvømmelsesudbredelse ved vandstand i kote 2,0 m DVR90 (blå områder) og højdekurver per 2,5 m (røde kurver), ref. [4]. Område A udgør området øst for Strandvejen.

2.3 Vandløb

To vandløb går gennem område A. Karlstrup Mosebæk udgør områdets nordlige afgrænsning, mens Solrød Bæk løber midt gennem område A. For hvert af de to vandløb er de gældende regulativer angivet på Solrød Kommunes hjemmeside, ref. [2]. Begge vandløb har indflydelse på udformningen af højvandsikringen af område A. Det er derfor nødvendigt at forholde sig til vandløbenes karakteristika og regulering.

Ændringer af vandløbet skal jf. vandløbsregulativet godkendes af vandløbsmyndigheden jf. vandløbslovens § 47. Det er af Solrød Kommune oplyst at vandløbene ikke må rørlægges som led i kystbeskyttelsestiltaget.

2.3.1 Karlstrup Mosebæk

Karlstrup Mosebæks startpunkt (station 0) er beliggende umiddelbart nord for Engstrupstien mellem matrikel nr. 7z og 17f af Karlstrup og har derfra sit løb mod Køge Bugt, hvori den udmunder ca. 1300 m nedstrøms.

Karlstrup Mosebæk løber som den nordlige afgrænsning af det samlede kystbeskyttelsesprojekt i Solrød Kommune fra Strandvejen i vest, langs Trylleskovens sydlige afgrænsning og mod bugten i øst. Bækken fungerer i sit forløb, som en naturlig barriere imellem det grønne område Trylleskoven og beboelsesområdet beliggende syd for denne.

Hvor Karlstrup Mosebæk passerer Karlstrup Strandvej (cirka i stationering 1420) sker dette som en rørlægning i 2 x Ø140 rør, se Figur 2-6. Følgende karakteristika er angivet i regulativet:

Fra st. 1420 til 1446:

- Bundkote faldende fra -0,4 m til -0,53 m (DNN) (-0,48 m til -0,61m DVR90)
- Fald faldende fra 1,9-0,6 ‰
- Rørdimension (cm) 2 x 140 cm

Fra vejunderføringen har Mosebækken et forløb med en forholdsvis stor bundbredde, inden den munder ud i Køge Bugt gennem et udløbsvæk gennem stranden. Mellem vejunderføringen og udløbsbygværket er bundbredden angivet til 330 cm og skråningen med et anlæg på 2 (Dvs. en hældning, hvor den vertikale stigning er 1 m per 2 m i længden) . For strækningen gennem udløbsbygværket, som går tværs over stranden i bækkens østlige ende, er Karlstrup Mosebæk afgrænset af spuns langs åbrinkerne, se Figur 2-7. På strækningen gælder følgende karakteristika:

Fra st. 1762 til 1797:

- Bundkote -0,59 m (DNN) (-0,67 m DVR90)
- Fald 0,0 ‰
- Bundbredde 330 cm ved start bygværk, 285 cm på resterende del af strækningen



Figur 2-6: Rørunderføring under Karlstrup Strandvej set fra opstrøms side (vest).



Figur 2-7: Spunstrug ved udløb af Karlstrup Mosebæk igennem strandarealet. Spunsen er afsluttet med træhammer.

2.3.2 Solrød Bæk

Solrød Bæks startpunkt (station 0) er et Ø95 cm rørdløb beliggende i skel mellem matrikel nr. 18h og 8a af Havdrup. Herfra løber bækken til endepunktet i stationering 7117, der defineres som udløbet i Køge Bugt.

På lange stræk af Solrød Bæk løber vandløbet igennem beboelsesområder. Ved Solrød Strandvej krydses vandløbet af en vejbro, ved denne vejbro har bækken følgende karakteristika:

Fra st. 6613 til 6661:

- Bundkote faldende fra 0,03 m til -0,14 m (DNN) (-0,05 m til -0,22 m DVR90)
- Fald 0,6 ‰
- Bundbredde 300 cm

Ved udløb igennem strandarealet løber vandløbet i et spunstrug samt krydses af en gangbro, se Figur 2-9. Ved udløbet gennem strandarealet har vandløbet følgende karakteristika:

Fra st. 6956 til 7117:

- Bundkote -0,25 m (DNN) (-0,33 m DVR 90)
- Fald 0,0 ‰
- Bundbredde 250 cm



Figur 2-8: Bro og gennemløb under Solrød Strandvej set fra nedstrøms side (øst).



Figur 2-9: Solrød Bæk forløber i spunstrug på tværs af strandarealet til udløb i Køge Bugt.

3. PROJEKTERINGSBASIS

3.1 Levetid

Anlægs konstruktionerne, herunder sluse, spuns vægge, betonmur, mm. designes generelt for en levetid på 50 år.

3.2 Koordinatsystem og vertikalt referenceniveau

I projektet angives koordinater ift. koordinatsystemet UTM32/ETRS89.

I projektet er koter angivet ift. system DVR90.

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

3.3 Eksisterende terrænforhold

Det geografiske grundlag for nærværende projektforslag og den fremadrettede projektering er DHM – Danmarks Højdemodel og Matrikeldata fra Styrelsen for Dataforsyning og Effektivisering (ref. [7]).

3.4 Designvandstand

Højvandsbeskyttelsen af område A designes til at kunne modstå en vandstand i kote +2,0 m. Denne sikringskote er fastlagt i en tidligere projektfase og er besluttet af byrådet i Solrød Kommune.

For den del af kystsikringen der vender direkte mod Køge Bugt skal designvandstanden tillægges et bølgetillæg, for at tage højde for det bølgeopskyl der kan være i en stormflodssituation. Et bølgetillæg på 0,4 m er blevet bestemt i ref. [8], så den samlede topkote af sikringskonstruktionerne mod Køgebugt bliver kote +2,4 m.

For klitterne medtages kun en del af tillægget i etableringsfasen, så klitterne etableres med et sikringsniveau i kote +2,2 m. Dette skal forhøjes løbende som en del af vedligeholdelsen til man når kote 2,4 m. På denne måde kan den evt. naturlige udvikling/forhøjning af klitterne udnyttes.

Højvandssikringen skal udføres på en sådan måde, at det er muligt på et senere tidspunkt at hæve sikringsniveauet til sikring mod en vandstand i kote +2,5. De faste konstruktioner dimensioneres derfor med en robusthed der gør, at de kan klare den ekstra belastning, der vil være ved det højere sikringsniveau.

3.5 Geotekniske forhold

Indledningsvist er der udført et geoteknisk skrivebordsstudie på baggrund af tilgængelig eksisterende viden om jordbundsforholdene i området.

Kyststrækningen ved Solrød Strand strækker sig fra et ferskvandsområde ved Trylleskoven mod nord til et beskyttet barriersystem mod syd. Området er placeret på et lavtliggende strandareal, som tidligere har været havdækket idet stenalderhavets kystlinje nåede op til kote +2,5. Der blev i denne periode afsat marine sand- og grus-aflejringer i form af datidens strandvold. Herunder findes tørv og gytjehorisonter fra datidens strandenge. Efter havet igen trak sig tilbage er de marine aflejringer blevet dækket af marint sand og flyvesand.

Indledningsvist er der udført et geoteknisk skrivebordsstudie på baggrund af tilgængelig eksisterende viden fra GEUS' database og Rambølls egen database om jordbundsforholdene i området.

Et studie af de nærliggende boringer giver information omkring jordartsfordelingen under den første meter. Ved Strandvejen ses generelt blødbundsaflejringer i form af tørv og gytje i toppen af profilet mens der træffes glacialt moræneler længere nede. I den nordlige del af området er kalken truffet 20 m.u.t. Længere mod stranden findes stigende mængder af marint sand ovenpå moræneleret.

Der er efterfølgende udført en geoteknisk feltundersøgelse, ref. [9], med geotekniske boringer ved de enkelte højvandssikringskonstruktioner der er en del af kystsikringsprojektet. Der er udført to boringer til 12 m.u.t. ved Karlstrup Mosebæk og Solrød Bæk, samt en enkelt boring ved tværdigets placering, som er beskrevet herunder. Geotekniske designparametre er givet i ref. [9].

Karlstrup Mosebæk

To boringer er udført på den nordlige bred af bækken. Terrænkoten ved de to udførte boringer beliggende i hhv. ca. kote +2,1 m á +1,9 m. De geologiske aflejringer er meget vekslende mellem de to boringer.

I den ene boring er der fra terræn truffet sandfyld og muldfyld ned til 1,1 m u.t. svarende til kote +0,8 m. Herunder er der truffet marint sand ned til 2,2 m u.t. svarende til kote -0,3 m, som er underlejret af moræneler ned til 3,2 m u.t. svarende til kote -1,3 m. Herunder er der hovedsageligt truffet groft smeltevandssilt ned til 6,8 m u.t. svarende til kote -4,9 m. Silten er underlejret af moræneler ned til 10,2 m u.t. svarende til kote -8,3 m, hvorefter der hovedsageligt træffes groft silt igen til endt boring i 12 m u.t. svarende til kote -10,2 m.

I den anden boring er der fra terræn truffet muld- og lerfyld ned til 0,3 m u.t. svarende til kote +1,8 m. Herunder er der truffet marint sand ned til 2,8 m u.t. svarende til kote -0,7 m, som er underlejret af moræneler/smeltevandsler ned til 3,6 m u.t. svarende til kote -1,5 m. Herunder er der truffet smeltevandssand ned til 8,8 m u.t. svarende til kote -6,7 m. Sandet er underlejret af moræneler ned til endt boring i 12 m u.t. svarende til kote -9,8 m.

Solrød Bæk

To boringer er udført med én boring på hver side af bækken. I henhold til de indmålte boringer er terrænkoten beliggende i ca. kote +1,7 m á +1,6 m.

Fra terræn er der truffet marint sand, post- og senglacialt, ned til 7,8 m á 8,9 m u.t. svarende til kote -6,2 m á -7,2 m. Herunder er der truffet moræneler ned til 9,2 m á 10,3 m u.t. svarende til kote -7,6 m á -8,6 m, som er underlejret af glacialt smeltevandssand ned til endt boring i kote -10,3 á -10,4 m.

Tværdige

Der er udført en enkelt boring på strandengen, hvor tværdiget skal etableres. I henhold til den indmålte boring er terrænkoten beliggende i ca. kote +0,7 m.

Fra terræn er der truffet sandfyld ned til 0,4 m u.t. svarende til kote +0,3 m. Herunder er der truffet marint sand ned til 2,8 m u.t. svarende til kote -2,1 m, som er underlejret af flydejordsler ned til 3,1 m u.t. svarende til kote -2,4 m. Herunder er der hovedsageligt truffet moræneler ned til 9,1 m u.t. svarende til kote -8,4 m. Moræneleret er underlejret af glacialt smeltevandssand ned til endt boring 12 m u.t. svarende til kote -11,3 m.

4. HØJVANDSSIKRINGSKONSTRUKTIONER

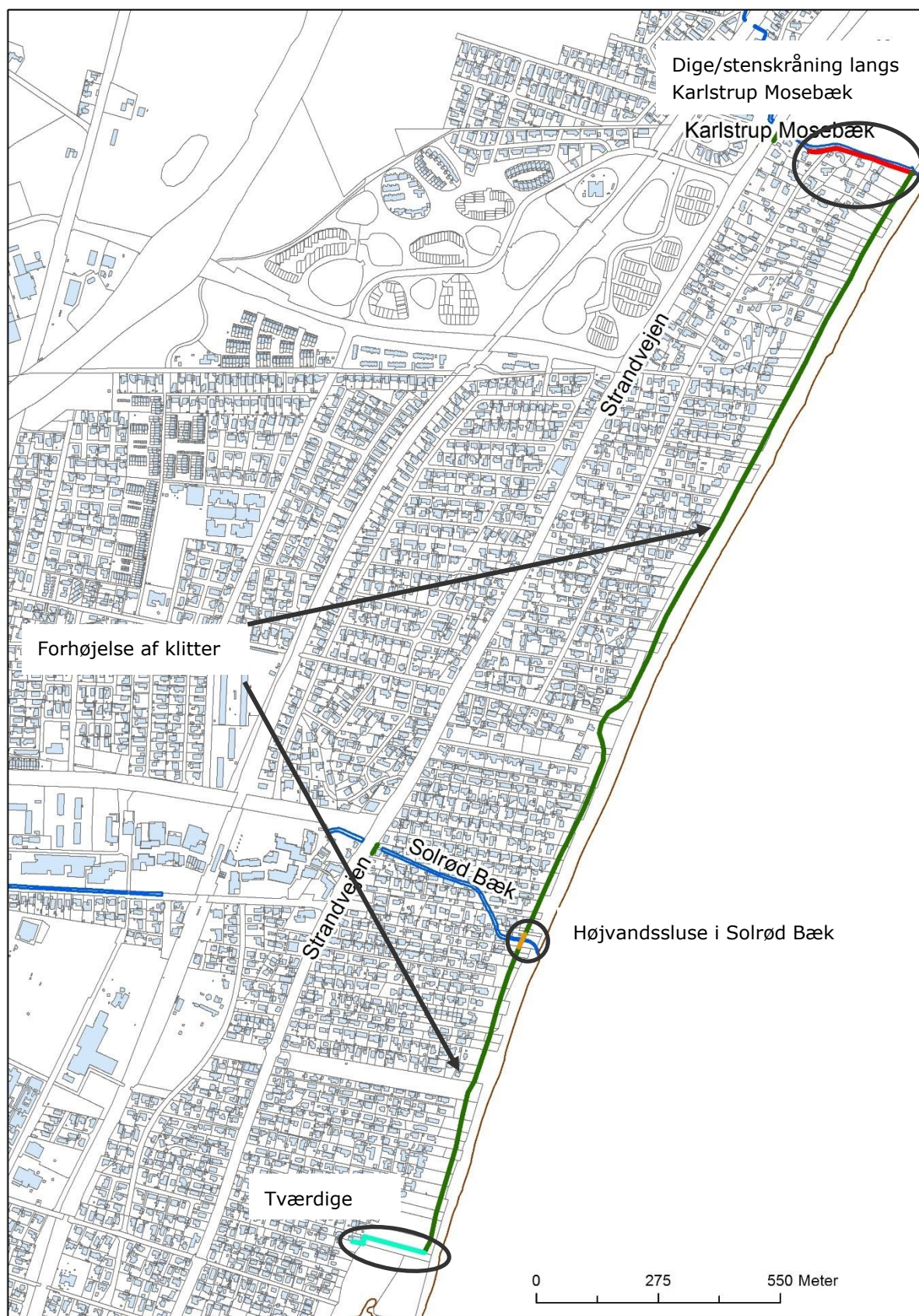
4.1 Beskyttelseslinje

Højvandsbeskyttelsen af område A består af tiltag langs stranden/klitterne samt tiltag fra klitterne ind mod land ved områdets afgrænsning mod nord og syd. Der sikres mod en vandstand i kote 2,0 m, men mod kysten forhøjes sikringen for at tage højde for bølgepåvirkningen.

Den primære højvandssikring består af klitterne, der forhøjes, så de på hele strækningen har et ensartet sikringsniveau. Yderligere skal der lukkes af bag klitterne og ved udløb af Solrød Bæk så højvandssikringen samlet set kommer til at bestå af følgende elementer:

- Forhøjelse af klitter
- Dige langs Karlstrup Mosebæk
- Højvandssluse i Solrød Bæk ved stranden
- Tværdige udført som et landskabeligt dige (terrænregulering) gennem strandeng og haver, samt delstrækninger med hhv. demonterbar og fast højvandsmur i den vestlige afslutning mod land

En oversigt over højvandssikringselementerne er vist i Figur 4-1.



Figur 4-1 Oversigtskort over elementer der indgår i højvandssikringen af område A.

4.2 Forhøjelse af klitter

Klitterne forhøjes på strækningen fra Karlstrup Mosebæk i nord til området ud for Fuglesangsvej i syd. Forhøjelsen af klitterne er stedvis, hvor der er behov, og vil primært være i områder hvor der er stier, erosionsskår pga. trafik til stranden mv. Et oversigtskort over kystbeskyttelsen er vist på Figur 4-1.

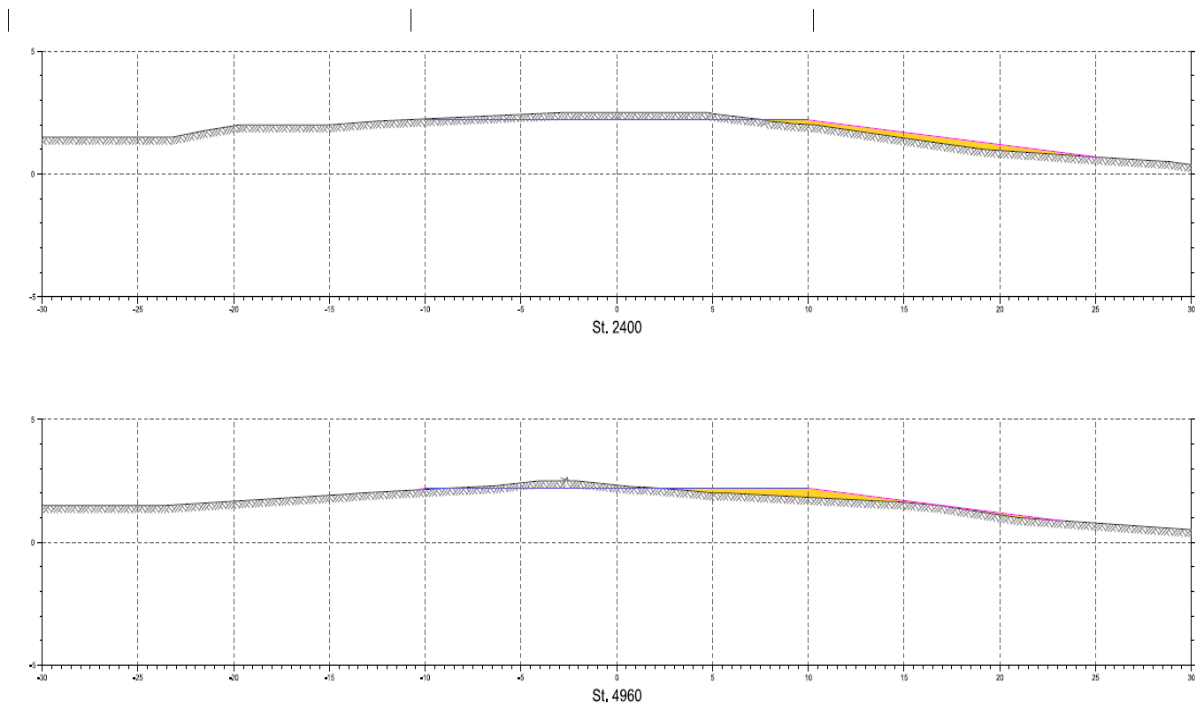
4.2.1 Eksisterende geometri

Klitterne udgør en barriere mellem de lavereliggende områder i baglandet og Køge Bugt. Klitterne har generelt set en stor højde med en topkote, der mange steder ligger over kote +2,2. Der er dog også strækninger, hvor topkoten ligger lavere, og der dermed er et behov for en styrkelse af klitterne. Et særligt sted er udmundingen af Solrød bæk, hvor klitterne brydes af bækkens udløb. Dette område kræver en særlig løsning, som er beskrevet i afsnit 4.4, mens der i øvrige lavtliggende områder af klitten, foreslås en forhøjning af selve klitten.

4.2.2 Beskrivelse af sikringselementer/konstruktioner

De eksisterende klitter forstærkes og forhøjes ved sandfodring, så der opnås et sikringsniveau i kote 2,2 m over en bredde på 20 m (sikringszonen), på hele strækningen mellem Karlstrup Mosebæk i nord og strandområdet ud for Fuglesangsvej i syd. Denne højde er inkl. et tillæg for bølgeopskyl, som beskrevet i afsnit 3.4. Bredden af sikringszonen på 20 m er valideret i ref. [8].

Strækningen, hvor klitterne forstærkes har en længde på 2700 m og tilsluttes et nyetableret dige med stenskråning langs Karlstrup Mosebæk i nord, samt til et nyetableret tværdige (udført som hhv. terrænregulering samt en højvandsmur med en fast og en demonterbar del) i syd. De eksisterende klitter forstærkes ud fra en defineret linjeføring af højvandsbeskyttelsen, hvor det 10 m på hver side af centerlinjen sikres, at der mindst er en klithøjde i kote 2,2 m. Derudover sikres, at der på den søværts side af dette område er en hældning på maks. 1:10 og på landværts side er en hældning på maks. 1:6. Dette er for at sikre stabilitet og begrænse bølgeopløb på klitterne.



Figur 4-2: Tværsnit i klitter, St. 2400 og 4960. Sandfodring er angivet med gule områder. Det er vist på de to snit, at der opfyldes med sand både for at topkoten i 2,2 m er tilstede over en bredde på 20 m og for at hældningen af siderne af klitten ikke er for stor.

Det 20 m brede område på toppen af klitten, sikringszonen, udgør den primære højvandsbeskyttelse. Området fremgår af tegn. SOL-P-TH-1210 til SOL-P-TH-1230. Hele dette område beplantes med hjælme (*Ammophila arenaria*), der skal begrænse erosionen af klitterne, både det der skyldes vinderosion og til dels også den erosion der skyldes færdsel på klitterne. Eksisterende beplantning bibeholdes, men i områder uden bevoksning samt i områder, hvor der fodres med sand, nybeplantes med hjælme.

Områder, der skal sandfodres for at opnå det rette sikringsniveau, fremgår af tegn. SOL-P-TH-1210 til SOL-P-TH-1230. Tværsnit af den forstærkede klit er vist på tegn. SOL-P-TH-8852 og på Figur 4-2. Stationeringen af klitterne er angivet som meter fra et startpunkt i områdets sydlige afgrænsning. Det samlede nødvendige sandfodringsvolumen er bestemt til 6000 m³.

Sandet, der udgør de eksisterende klitter vurderes på baggrund af de geotekniske undersøgelser, ref. [9], at være fint- til mellemsand med en middeldornstørrelse, d_{50} , der ligger i intervallet $d_{50} = 0,1-0,3$ mm.

Krav til sandmaterialer bør fastsættes ud fra det eksisterende materiale så der opnås tilfredsstillende egenskaber (herunder stabilitet), men omvendt ikke for snævert således, at det bliver vanskeligt at fremskaffe materialerne, der hermed bliver unødigt dyre. Det kan således være nødvendigt at acceptere lidt finere og/eller grovere sandmateriale end det eksisterende.

4.2.3 Overgange og stier

I forbindelse med forstærkningen af klitterne er det planlagt at de eksisterende trampestier i sikringszonen på toppen af klitten, skal begrænses, så færdsel i denne zone så vidt muligt holdes indenfor få områder af klitten. Der udlægges en trampesti på langs af klitterne der som udgangspunkt foreslås at blive markeret af en række pæle, langs med sikringszonen, der sættes med cirka 50 m afstand, så de samtidigt markere de steder, hvor man kan gå på tværs af klitterne. Trampestien tilpasses naturen og terrænformerne, og vil i størst muligt omfang tage udgangspunkt i det eksisterende stisystem med hensyntagen til de landskabelige og rekreative værdier. Trampestien vil blive undersøgt nærmere som led i detailprojekteringen af en arbejdsgruppe bestående af medlemmerne af det kommende klitlag og repræsentanter fra henholdsvis Solrød Strands Grundejerforening og Karlstrup Strands Grundejerforening foruden Solrød Kommune.

Der vil desuden være et behov for, at man kan komme igennem sikringszonen, så man kan komme fra baglandet ned til stranden. Passager/overgange vil derfor blive markeret gennem sikringszonen i tillæg til trampestien på langs af klitterne. Som udgangspunkt etableres tværgående stier ud for eksisterende villaveje i området, der går på tværs af kysten. Overgangene foreslås etableret ved at holde 1 m bred sti fri for bevoksning, hvor der udlægges en forstærkning af klitten, der foreslås udført ved at udlægge gummimåtter, der dækkes af et tyndt lag sand for at bevare udseendet af klitterne. Disse forstærkede stier vil kræve løbende vedligeholdelse. Der er i alt 39 villaveje, der ender ved foden af klitterne. Det undersøges nærmere i detailprojekteringsfasen, hvor mange af disse steder der vil være et behov for en sådan forstærkning af klitten, idet det evt. kun er de mest befærdede steder, hvor der etableres en tværgående sti/overgang af klitten. Dette kan være ud for badebroer eller andre områder, hvor der stadig efter sandfodring og beplantning vurderes at være en stor risiko for erosionskår i klitterne. De tværgående stier vil sideløbende med den langsgående trampesti blive undersøgt nærmere i detailprojekteringsfasen af den nedsatte arbejdsgruppe.

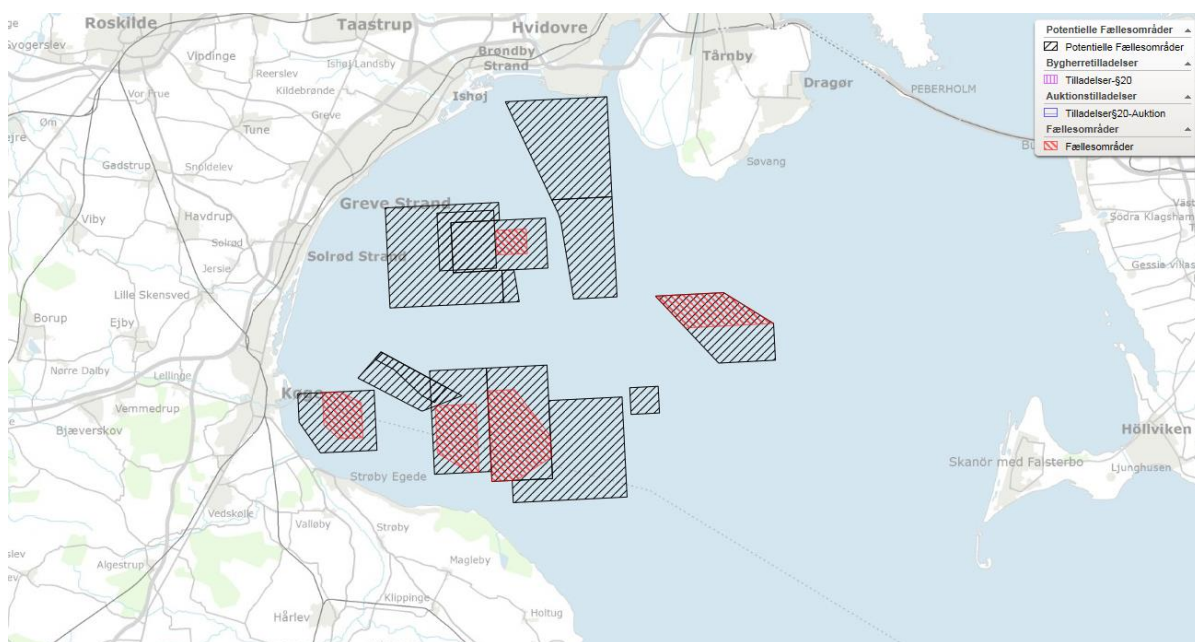
Der er en eksisterende hovedadgang til stranden i forlængelse af Østre Strandvej. Adgangssten til stranden er i den eksisterende situation igennem klitterne forstærket af en kombination af gummimåtter og planker. Da den eksisterende adgangssti har tilstrækkelig højde på det meste af strækningen gennem klitterne (kote 2,2 m), foreslås det, at den eksisterende adgangssti bibeholdes og der kun justeres i højden de få steder det er nødvendigt. Nødvendigt opfyldningsområde fremgår af tegn. SOL-P-TH-1210 til SOL-P-TH-1230.

Stien for enden af Egevej er en anden hyppigt anvendt adgang til Stranden da denne adgangssti ligger centralt i forhold til S-tog, parkeringsplads ved Solrød Byvej, mv. For at forhindre et stort slid på klitten på dette sted, vil det i detailprojekteringsfasen blive undersøgt nærmere om der her skal etableres en mere fast adgangssti gennem sikringszonen i klitten evt. i form af et trædæk eller lignende der går ind over klitten efter aftale med Egevejs vejlaug.

4.2.4 Udførelse

En mulig metode til udførelse af sandfodringen er beskrevet nedenfor.

Egnede indvindingsområder og -positioner bestemmes på baggrund af geoteknisk analyse af havbundsmaterialerne på de forskellige egnede råstofområder i nærheden af Solrød Strand. En oversigt over de nærmeste råstofområder på havet er vist i Figur 4-3. Sandet kan indvindes ved enten stiksugning eller slæbesugning. Grab og gravemaskine anvendes kun undtagelsesvis.



Figur 4-3 Råstofområder på havet i nærheden, ref. [11]

De indvundne råstoffer (sand) opbevares i skibets lastrum og sejles til en egnet position foran klitområdet. På grund af de aktuelle vanddybder ved Solrød Strand, kan fartøjer ikke sejle helt frem til indbygningsområdet. Det foreslås derfor at skibet lægger til på dybere vand ud for kysten.

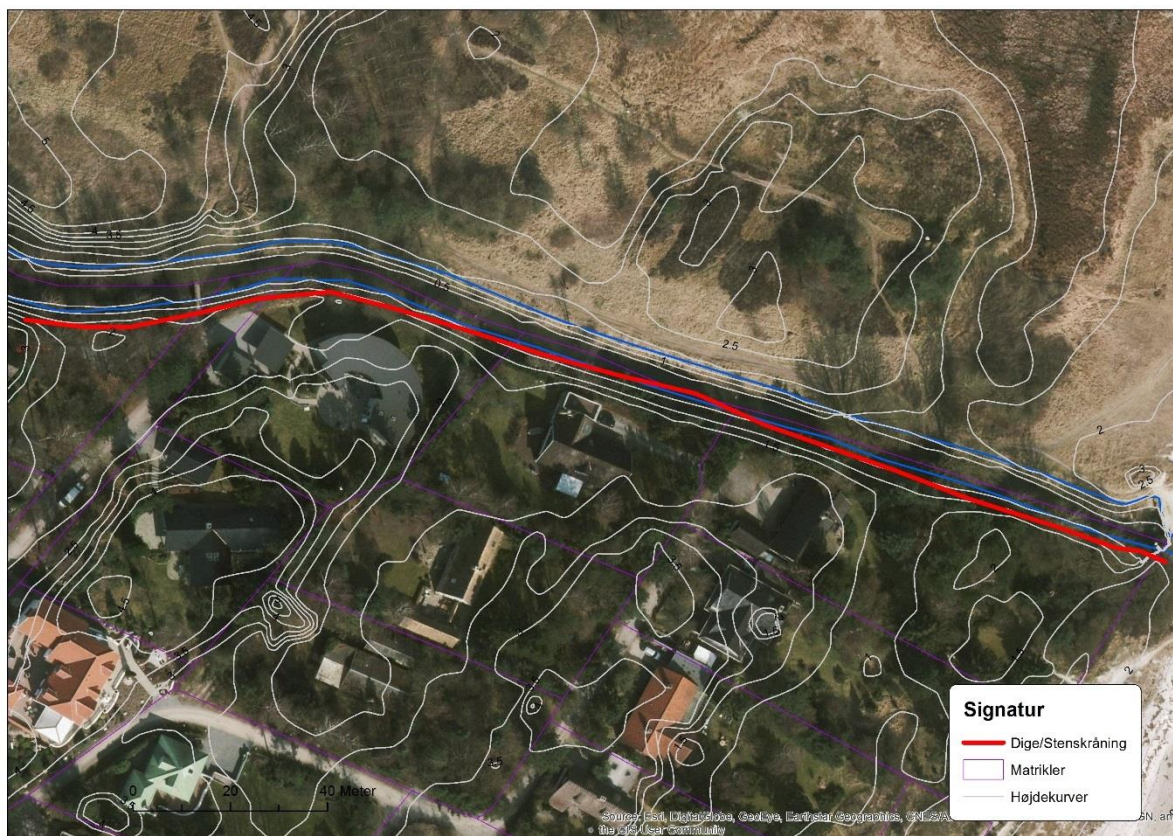
Fra denne lokalitet udlægges et rørledningssystem på havbunden fra sandpumpefartøjet frem til strand- og klitområdet. Skibet har typisk en rækkevidde på 2.000 – 2.400 m ved losning via sandpumpe og rørledning. Hvis der er behov for yderligere længde, kan en eventuel boosterstation indsættes.

Rørledningssystemet placeres mest hensigtsmæssigt på kyststrækningen, idet den samlede strækning og sandmængde opdeles i en række delstrækninger, så der pumpes ind på forskellige steder langs kysten. Efter afdræning fordeles sandmaterialerne rundt på de enkelte delstrækninger ved hjælp af land-materiel (f.eks. gummihjuls læsser og gravemaskiner) indtil den ønskede geometri er tilvejebragt.

Efterfølgende beplantes klitten med hjælme (*Ammophila arenaria*) efter leverandørens anvisninger.

4.3 Dige langs Karlstrup Mosebæk

Langs med Karlstrup Mosebæk etableres et dige med stenbeskyttelse på forsiden mod bækken. En oversigt over beliggenhed af diget ses i Figur 4-4.



Figur 4-4: Karlstrup Mosebæk med dige langs sydlig bred

4.3.1 Eksisterende geometri

Kystsikringen dækker de nederste 250 m af Karlstrup Mosebæk, da terrænet stiger mod vest og overstiger kote 2,0 opstrøms for dette punkt. Terrænet på matriklerne, der ligger umiddelbart ned til bækken varierer, som det ses på Figur 4-4, men ligger under kote +2,0 i store dele af området. Fra brinken og ned til middelvandspejlet i åen er terrænhældning ca. 1:3, nogle steder op til 1:2. Selve vandløbstværsnittet er specificeret i regulativet (se afsnit 2.3.1) til at have en bundbredde på 3,3 m og hældninger af siderne på 1:2. Klitterne afgrænser området mod øst.

4.3.2 Beskrivelse af kystsikringselementer/konstruktioner

Diget løber cirka 250m langs den sydlige bred af vandløbet med en sikringskote på +2,0. Ca. 20 m landværts for bækkens udløb i Køge Bugt, tilsluttes diget mod den forhøjede klit. Digets sikringskote forhøjes mod afslutningen til kote +2,4, for at tage højde for bølgeopløb, og ved afslutningen sikres det, at digets hældning nærmer sig hældningen af klitten, så der fås en blød overgang mellem dige og klit.

Diget og stenskråningen afsluttes med topkote i +2,1 m på hovedparten af strækningen og +2,5 m ved afslutningen mod klitten; det vil sige 10 cm højere end sikringskoten på hhv. +2.0 og +2.4. De 10 cm ekstra benyttes til udlægning af et vækstlag med græsbegroning på toppen og bagsiden af diget.

Linjeføringen for højvandssikringen er vist på Figur 4-4.

Digetværsnit

I henhold til det gældende vandløbsregulativ, ref. [5], skal vandløbstværsnittet have en bundbredde på 330cm og anlæg 1:2. For at begrænse udbredelsen af højvandssikringen i haverne er det anvist af Solrød Kommune, at vandløbstværsnittet ved anlæggelse af dige og stenskråning må etableres med en reduceret bundbredde på 230cm og stejlere anlæg på 1:1,5.

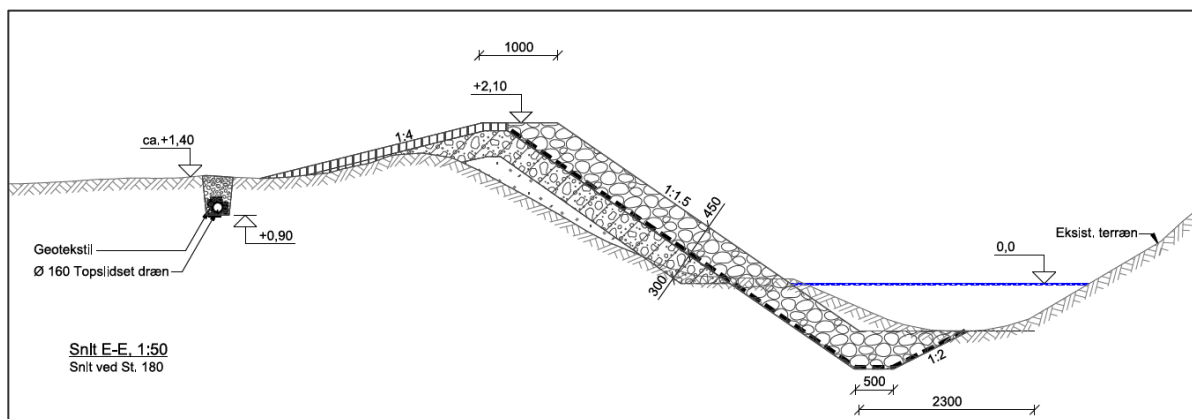
Solrød Kommune har allerede fået udført beregninger der viser, at en bundbredde på 230 cm er tilstrækkelig til at sikre afstrømningen i vandløbet, hvorfor der tages udgangspunkt i denne løsning. Indsnævringen af vandløbet på denne strækning, vurderes ikke at give anledning til forøget erosion på modsat brink.

Størrelsen af dæksten i stenkastningen er bestemt på baggrund af strømforholdene i bækken og evt. bølgepåvirkning i den ydre del mod kysten. Stenstørrelser med en masse i intervallet 10-60 kg (Middeldiameter = 230mm) vurderes på denne baggrund at være stabil over for erosion. Det anbefales at benytte sprængte sten for at sikre tilstrækkelig "interlocking" på den stejle skråning. For at begrænse størrelsen af stenkastningen, er det foreslået at udlægge dækstenene ovenpå en geotekstil. Alternativt kan geotekstilen erstattes af et filterlag af mindre sten (fx singels) med en lagtykkelse på ca. 200mm. Stenskråningen udføres med en fod under vandløbsbunden og trækkes op til kote +2,1.

Selve diget opbygges af moræneler op til kote +2,0. Da de geotekniske forhold er præget af permeable jordlag, indlægges under stenkastningen ligeledes en membran af moræneler, som sikrer, at der ikke strømmer vand gennem diget, når vandspejlet står højt i Mosebækken. For at reducere mængden af vand, der kan strømme under diget i en højvandssituation, trækkes lermembranen ned til kote 0. Membranen har en tykkelse på 300mm.

Ovenpå moræneler udlægges et vækstlag på 100mm, som tilsås med græs. Skråningshældningen mod huse og haver udføres med anlæg 1:4. Pga. den begrænsede plads mellem nordsiden af hus og bækken på matrikel 38fk, laves skråningen mod hus og have her med en hældning 1:3.

Et tværsnit er vist i Figur 4-5. Tværsnit er desuden vist på tegn. SOL-P-TH-4051.



Figur 4-5: Skitse af princip for dige og stenkastning ved Karlstrup Mosebæk.



Figur 4-6: Eksempel på stenkastningsskråning fra Valbyparken. Der skal gøres opmærksom på, at størrelsen af de sten der er foreslået til Karlstrup Mosebæk, er væsentligt mindre end de viste sten.

4.3.3 Afvanding

Ved etablering af højvandssikringen undgås det, at huse og haver oversvømmes i højvandssituationer. Men højvandssikringen hindrer samtidig den naturlige afstrømning af regnvand til vandløbet, hvilket øger risikoen for, at regnvand vil samle sig ved digets fod, og oversvømmelse af haver og huse herved kan ske under kraftige regnskyl. For at undgå dette, foreslås det at etablere et dræningsanlæg på bagsiden af diget til opsamling og afledning af regnvand. Dimensioneringen af dette dræningsanlæg bør undersøges nærmere i en eventuel senere projekteringsfase.

På bagsiden af diget etableres en stenfyldt grøft. I bunden af grøften lægges et topslidset dræn som pakkes ind i en geotekstil for at undgå sedimenttransport ind i drænledningerne. Ved to placeringer langs diget samles drænledningerne i Ø600pp brønd, hvorfra der føres en ledning igennem diget til en Ø1250bt brønd (placeret på vandsiden af diget) med kontraklap og udløb i åen. Dette sørger for at dagligdagsregn, som opsamles i grøften, kan løbe via gravitation til vandløbet. Hvis det bliver nødvendigt, kan drænledningerne spules fra Ø600pp brøndene.

I tilfælde af højvandstand i vandløbet vil kontraklappen sørge for, at der ikke stuver vand tilbage i systemet og ind på bagsiden af diget. Under højvandssituationer anbefales det, at der manuelt nedsænkes en mindre dykpumpe i Ø600pp brøndene med en tømme­slange over i Ø1250bt brønden. Herved kan eventuelt regnvand pumpes ud, da kontraklappen hindrer vandet i at løbe via gravitation hvis der er højvande i vandløbet.

Drængrøften med ledninger er skitseret på tværsnittet i Figur 4-5, se også tegninger SOL-P-TH-4051. Placering af brønde og fald på ledninger er vist på plantegningen SOL-P-TH-4001.

4.3.4 Udførelse

Det forudses at grave- og stenkastningsarbejder lettest udføres fra Mosebækkens sydlige bred ved hjælp af en gravemaskine. Arbejderne vil have en betydelig indvirkning på de private matrikler, hvorfor der skal udlægges køreplader og tages alle nødvendige forholdsregler, så haverne skånes mest muligt. Der må forventes en vis afrømning af buskads på strækningen langs vandløbet.

Hvor stort et areal, der påvirkes på de enkelte matrikler, vil i høj grad afhænge af tidsplan, økonomi og tilgængelighed. En mulighed kan være, at materialer leveres fra nordsiden af Mosebækken samt at store dele af arbejderne udføres herfra med en stor gravemaskine. Herved vil der måske kun blive behov for supplement med mindre gravemaskine og motorbøre på sydsiden. Dette kan undersøges nærmere i den senere detailprojekteringsfase, men det forventes ikke muligt helt at undgå udførsel af arbejder fra den sydlige bred.

De øverste ler- og muldlag (ca. 30cm) afrømmes på hele strækningen, og lermembran og stenkastning udlægges herefter. Til slut udlægges vækstlag, og der sås græs.

4.4 Sluse i Solrød Bæk

For at kunne afspærre Solrød Bæk i forbindelse med stormflod etableres en højvandssluse, der kan lukkes ved et stormflodsvarsel. En oversigt over slusens beliggenhed er vist på Figur 4-7. Da slusen ligger direkte ud mod Køge Bugt, etableres slusen med en højde svarende til en vandstand

i kote 2,0 plus et tillæg for bølgeopløb, så den samlede topkote af slusen er 2,4m. Se også afsnit 3.4.



Figur 4-7: Højvandssikringskonstruktioner ved Solrød Bæk

4.4.1 Eksisterende geometri

Slusen etableres midt i klitterne, hvor disse er højest. Fra bækken skråner terrænet op mod klitternes toppunkt, der på begge sider af bækken ligger over kote 3,0 på dette sted. Solrød bæk løber gennem klitterne og stranden i et spunstrug, der har en bredde på 3,1 m. Bundkoten af

bækken er ifølge regulativet -0,33 m. Disse dimensioner bibeholdes gennem slusen, så denne har en åbning på 3,1 m i bredden og en bundkote i -0,33 m.

4.4.2 Konstruktion

Det foreslås at etablere en sluse med sidehængte porte i stil med højvandslukket ved Sillebroen i Frederikssund, se Figur 4-8. For at forhindre, at vandet kan strømme udenom sluseporten føres sidevæggene omkring sluseåbningen et stykke ind i klitterne på hver side af bækken.



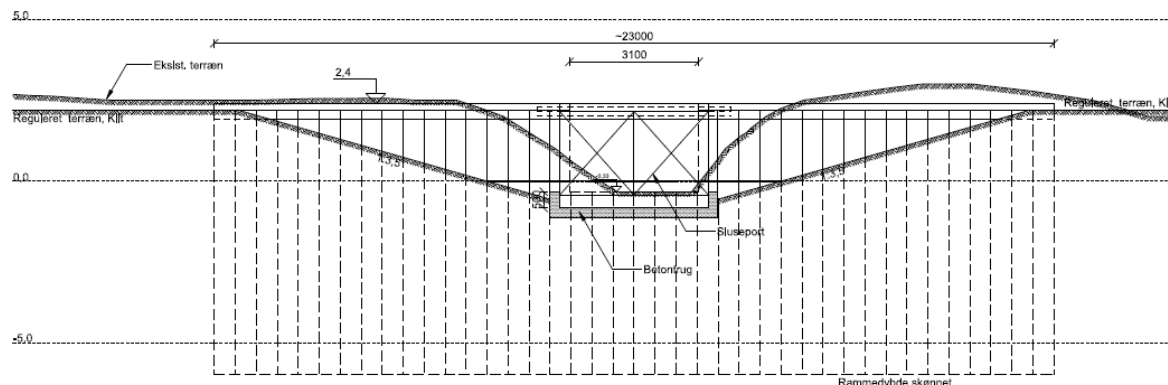
Figur 4-8: Eksempel på sluse set forfra (opstrøms) med åbne porte. Billede fra Ref. [14]

Konstruktionen udføres med vanger i spuns – en spunsvæg på hver side af åbningen, der træbeklædes. Under sluseåbningen installeres også spuns, der forhindrer gennemstrømning under portene når de er lukkede. Selve rammen omkring sluseåbningen, heriblandt øvre anslagsbjælke og nedre anslagsbjælke på vandløbets bund, udføres som armeret beton. Portene foreslås udført i hårdttræ velegnet til marint miljø, eksempelvis Azobétræ. Fortøjningspæle foreslås også udført i Azobé, alternativt som præfabrikerede betonpæle med træbeklædning. Da selv det mest modstandsdygtige træ generelt estimeres en levetid på op til 30 år i marint miljø, vil det være nødvendigt med løbende vedligehold af porte og evt. udskiftning af træpæle og træbeklædning i slusens 50 års levetid.

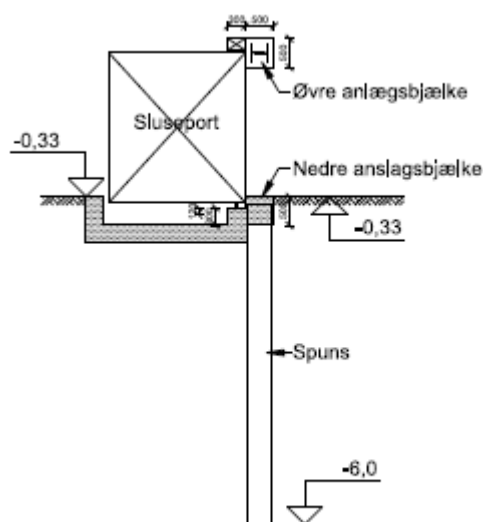
Slusen med sidehængte porte er i høj grad afhængig af, at vandløbets bund ikke sander til og der anbefales derfor udført et betontrug/”sedimentbassin” af 0,5 m dybde under portenes åbningsareal. Truget har også den fordel at området vil blive nemmere at renholde. Bundkoten i sedimentbassinet under portenes åbningsareal bliver således -0,83 m mod -0,33 m i resten af slusen og bækken.

Spunsvæggene føres ind i klitterne på hver side, og vil have en længde på ca. 10 m på hver side af sluseåbningen.

På Figur 4-9 Figur 4-10 samt på tegn. SOL-P-TH-6423 ses plan samt snit for slusen.



Figur 4-9: Opstalt af sluse



Figur 4-10: Snit gennem sluse

4.4.3 Funktion af foreslået sluse

I en normalsituation står slusen åben med portene parallelt med bækken og fortøjet til pæle, der er sat i bækkenes vandkant. Ved stormflodsvarsel kan slusen aktiveres. Den aktiveres manuelt ved at fjerne fortøjningen til pælene, hvorved dørene frit kan lukke i. Da sluseportene er placeret således at de lukker mod topbjælken i samme retning som stormfloden, vil vandet selv hjælpe med at skubbe portene i. Portene kan evt. låses i lukket position. Efter en storm, hvor vandet vender tilbage mod havet, vil portene blive skubbet til side og dermed tillade gennemstrømning.

4.4.4 Afvanding

Højvandsslusen ændrer ikke ved de generelle afvandingsforhold i området. I forbindelse med stormflod, hvor sluseportene er lukkede, spærres dog for den naturlige afstrømning i vandløbet. Der er i disse situationer derfor behov for at vandføringen i vandløbet pumpes ud forbi slusen.

Det er besluttet af kommunen, at der ikke etableres en fast pumpestation i forbindelse med slusen, til at pumpe afstrømningen i vandløb videre mod Køge Bugt i stormflodssituationer. Der

skal derfor være et beredskab med adgang til tilstrækkelig pumpekapacitet, der kan sættes ind i forbindelse med et stormflodsvarsel, hvor slusen lukkes. Som del af detailprojekteringen skal det undersøges, hvor stor en pumpekapacitet, der er nødvendig for at udpumpe vandet fra åen. Procedurer i forbindelse med udpumpning af vand ved lukket sluse er beskrevet i afsnit 6.2.3.

4.4.5 Udførelse

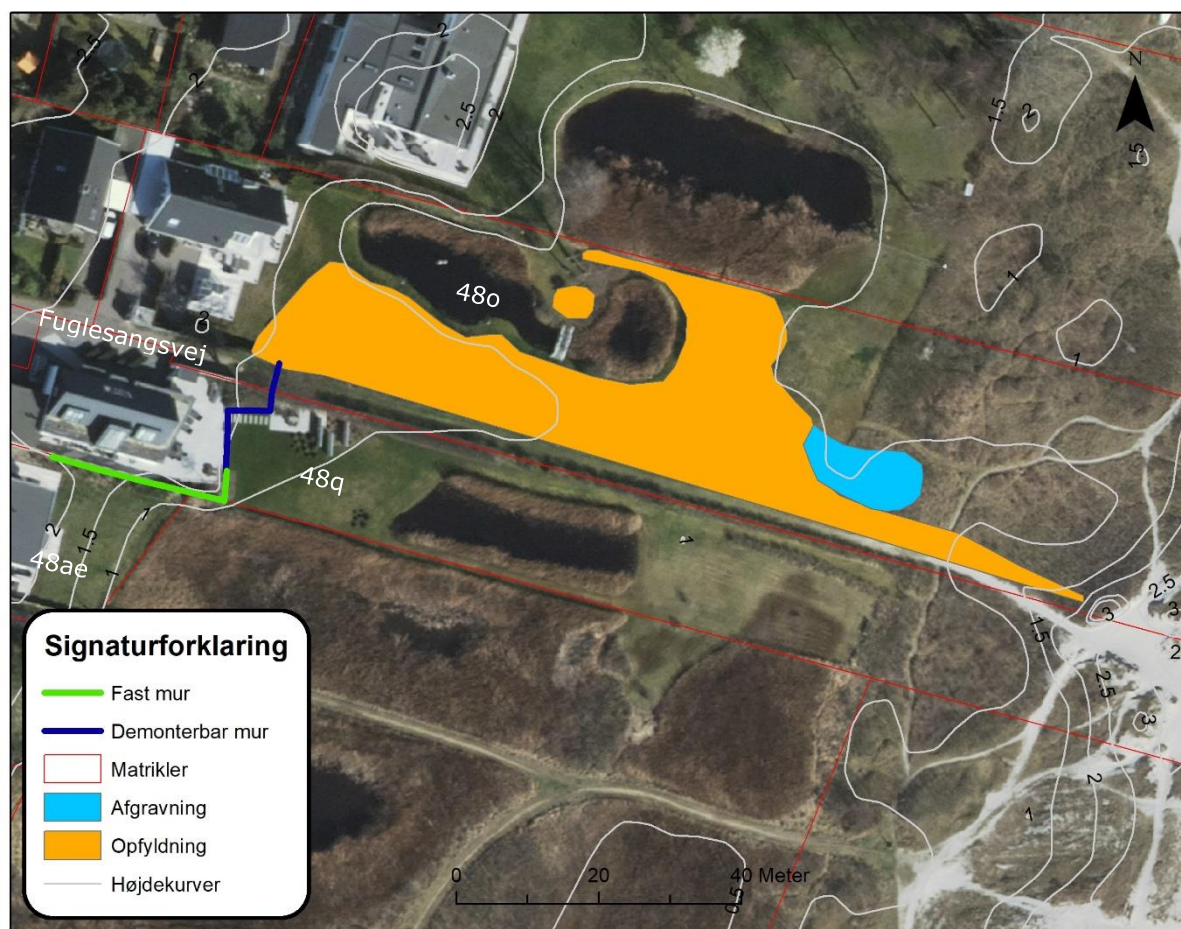
Under udførelse er der behov for at området tørholdes. Den endelige løsning skal godkendes af vandmyndigheden, men det forestilles muligt, at tørholdelsen kan udføres ved at overpumpe vandet fra bækken opstrøms projektområdet til nedstrøms den etablerede sluse eller direkte til Køge Bugt. Ledningerne forestilles ført over klitten.

Det forestilles at spunsvæggen etableres med hydrohammer hængt fra kran. Kranen forventes placeret langs bækkens breder.

4.5 Tværdige

I områdets sydlige afgrænsning etableres et tværdige for at forhindre, at der kan løbe vand fra strand- og laguneområdet mod syd og direkte ind til område A. Tværdiget strækker sig fra klitterne i øst gående ind mod land til højdekurven 2,0 nås i baglandet. Beliggenheden af tværdiget er vist på Figur 4-11. Tværdiget lægges umiddelbart nord for et større Natura2000 område, der strækker sig mod syd, bestående af strandengs- og laguneområderne der går helt ned til Køge Kommune.

Tværdiget etableres på størstedelen af strækningen som en terrænregulering (eller landskabeligt dige), hvor højvandsbeskyttelsen bygges ind i en større hævnning af terrænet på matriklen på Fuglesangsvej 23 (matrikel 48o). Fra Fuglesangsvej 23 føres tværdiget gennem matrikel 48q som en højvandsmur til en slutposition i kote 2,0 mellem matrikel 47ae og 48q (Se Figur 4-11 og tegn. SOL-P-TH-1310). Dette for at beskytte alle huse indenfor område A, der ligger under kote 2,0. Højvandsmuren har en delstrækning på tværs af matrikel 48q, hvor muren er fuldt demonterbar, så den i normale situationer kun har et synligt fundament, mens delstrækningen mellem matrikel 47ae og 48q udføres som en fast højvandsmur langs matrikelskellet.



Figur 4-11: Oversigtskort med tværdige

4.5.1 Eksisterende geometri

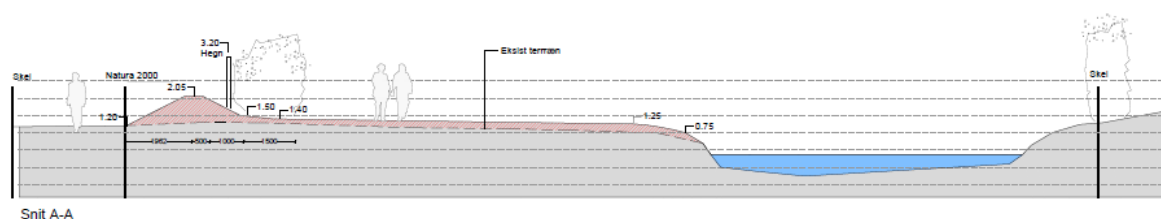
Ved tværdigets østlige ende er topkoten af klitterne 2,5 – 3,0 m. Langs tværdigets linjeføring falder terrænkoten herfra til ca. 0,9 m, hvorefter terrænet igen stiger mod det bebyggede område. I den vestlige ende går tværdiget på tværs af matrikel 48q (Se Figur 4-11), hvor terrænkoten er 1,5 m. Terrænkoten stiger derfra mod vest til kote 2,0 m.

Matrikel 48o har varierende terrænkoter fra ca. kote 0,7 m på de lavest liggende arealer til ca. kote 1,75 m ved fod af eksisterende terrasse langs hus. Der er desuden på matriklen beliggende en sø, med et vandspejl der vurderes at variere mellem kote 0,0 m i tørre perioder til ca. kote 0,9 m der er kapacitetsgrænsen af søen, før der strømmer vand fra søen mod øst til lavere liggende arealer. På nabogrunden nord for matriklen ligger endnu en sø. Imellem de to søer går en smallere bræmme i et terræn ned til cirka kote 0,8 m.

4.5.2 Beskrivelse af kystsikringselementer ved terrænregulering

På strækningen fra klitterne til bebyggelsen, udføres tværdiget som en terrænregulering, hvor terrænet på matrikel 48o forhøjes. Diget har et toppunkt i kote 2,0 m (2.05 inkl. muldlag) i en linje langs den eksisterende sti i forlængelse af Fuglesangsvej. På nordsiden af diget – på havesiden – afsluttes diget i kote 1,30-1,50. Herfra falder havens terræn let i retning mod søen og mod de lavere liggende arealer mod øst, således at havens større flader fremstår og kan anvendes som "flade". En situationsplan for terrænreguleringen er vist på tegn. SOL-P-TH-5002.

Den sydlige afgrænsning af terrænreguleringen udføres som ovenfor beskrevet som et mere regulært dige med en hældning på 1:2 mod sti og ligeledes 1:2 mod havesiden, hvor terrænet på havesiden dog er hævet væsentligt i forhold til stien. Kronebredden af diget er 0,5 m. Diget udføres med en lerkerne, hvorpå der udlægges 10 cm muld på siderne og 5 cm på toppen, hvor afstrømningen af vandet ikke er så stor. Diget tilsås med græs, der overholder Kystdirektoratets anbefalinger til digegræs. Den relativt stejle hældning på 1:2 på digets sydside, vurderes at være tilstrækkelig for stabiliteten af diget, da risikoen for bølgepåvirkning af tværdiget er lille. Sammenhæng mellem højvande i lagunen og vindpåvirkning, og dermed bølgepåvirkning af tværdiget, er undersøgt i ref. [12]. Et tværsnit af den foreslåede terrænregulering er vist på Figur 4-12 som et eksempel fra den nordlige del af matriklen. Øvrige tværsnit er vist på tegn. SOL-P-TH-5051. Planter må ikke plantes tættere end 1 m fra toppunktet af diget.



Figur 4-12: Tværsnit gennem terrænregulering. Røde områder viser opfyldning.

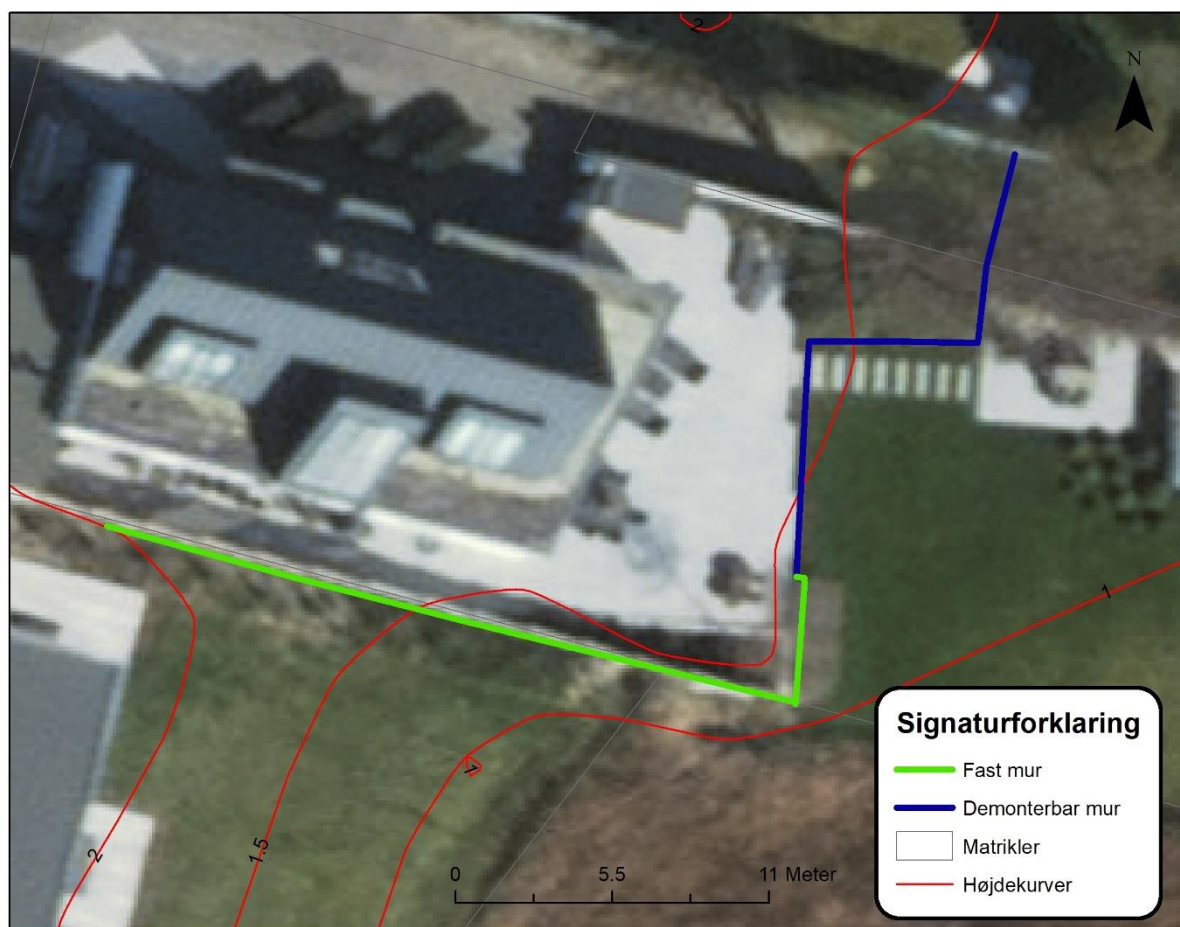
Den øvrige del af terrænreguleringen har generelt terrænkoter mellem kote 1,7 m og 1,0 m højest mod vest og lavest mod øst. Terrænreguleringen vil primært være en opfyldning af arealer i haven. Til terrænreguleringen tilføres projektet større mængder jord udefra bestående af en lerholdig sandjord. På græsarealer bliver suppleret med 5-10 cm muldjord (leveret udefra).. I fremtidige plantebede udlægges 20 cm muld som supplement til den eksisterende muld. Arealet tilsås med græs og beplantes med ny randbeplantning.

Søen midt på grunden bevares som den er i den eksisterende situation. Øst for søen, på grænsen til klitterne, er der et eksisterende lavtliggende område. Det lavtliggende område vil i teorien kunne modtage vand fra søen, hvis vandspejlet stiger til over kote 0,9 m. Med terrænreguleringen hæves det eksisterende lavningsområde og der etableres et lavtliggende område længere mod øst. For at styre et evt. overløb fra søen forbindes søen derfor med det lavtliggende område via en lavning i terrænet fra kote 0,90 ved søen til det laveste punkt i lavområdet (ca. kote 0,70). Nord for søen, i grænsen mod nabosøen, fyldes op så den mindste terrænkote mod nordligt skel er 1,0 m.

En mere udførlig beskrivelse af den foreslåede genetablering af have er beskrevet i ref. [13].

4.5.3 Beskrivelse af kystsikringselementer/konstruktioner ved højvandsmur

Højvandsmurene er delt op i en strækning med en demonterbar højvandsmur, der sættes op i forbindelse med stormflodsvarsel, og en fast højvandsmur. Strækningerne ses på Figur 4-13.



Figur 4-13: Oversigt med linjeføring af fast- og demonterbar mur

Strækning med demonterbar mur

Ud for Fuglesangsvej 20 (matrikel 48q) forslås at der etableres en demonterbar højvandsmur. Den demonterbare mur afgrænses mod syd af eksisterende mur langs bedkant (som vist på Figur 4-18) og mod nordlige side af stien der løber i forlængelse af Fuglesangsvej. I nordlig ende føres afslutning af muren derfor ind i dige/terrænregulering, der er beskrevet nærmere i ref. [13]. Den demonterbare højvandsmur består af etableringen af et fundament, som kan bære en mur bestående af stolper og planker, som sættes op i forbindelse med stormflodsvarsel. Fordelen ved denne løsning er, at kun fundamentet vil være synligt i den permanente situation og dette vil flygte med den eksisterende terrasse. En oversigt over linjeføring er vist på Figur 4-13.

Løsningen kan etableres ved anvendelse af et system med alustolper og aluplanker i stil med det der er etableret på flere strækninger i Roskilde Inderfjord. Her krydser den faste højvandsmur flere åbne pladser med en demonterbar mur, som således kun sættes op ved stormflodsvarsel. Den synlige del af fundamentet er vist på nedenstående Figur 4-15. Ved overgang til en fast mur, skal der være en fald på den faste mur til montering af plankerne. Dette er vist på Figur 4-16.

Fundamentet til den demonterbare mur etableres i en linje der følger den eksisterende mur langs sydlig ende af eksisterende terrassen og forsætter mod nord parallelt med terrassens nederste trin indtil kant af eksisterende bed ind mod matrikelgrænse til Fuglesangsvej 23 (matrikel 48o). Herefter følger fundamentet plantebeds-kanten indtil bedets østlige afgrænsning. Ved den østlige afgrænsning krydser fundamentets linjeføring matrikelgrænsen mod Fuglesangsvej 23 og krydser tværs over stien mellem nr. 20 og 23. Fundamentet har overside i samme niveau som yderste

trin efter terrassen og vil således indpasses efter den eksisterende trappe og terræn. Som udgangspunkt etableres stolper per 2,0 m, men afstanden varieres, så der kommer stolper ud fra spring i trappeniveau/terræn, som markeret på Figur 4-14. Overgang mellem fast og demonterbar mur udføres som vist på Figur 4-16 med en fals i den faste mur, og første stolpe sættes således 2 m efter denne overgang.



Figur 4-14: Foto fra Fuglesangsvej 20 taget mod nord, med indikation af linjeføring for fast højvandsmur samt placering af stolpefundamenter, så disse følger trappetrin og variationer i terræn (Foto/oplæg: Grundejer/NIRAS).



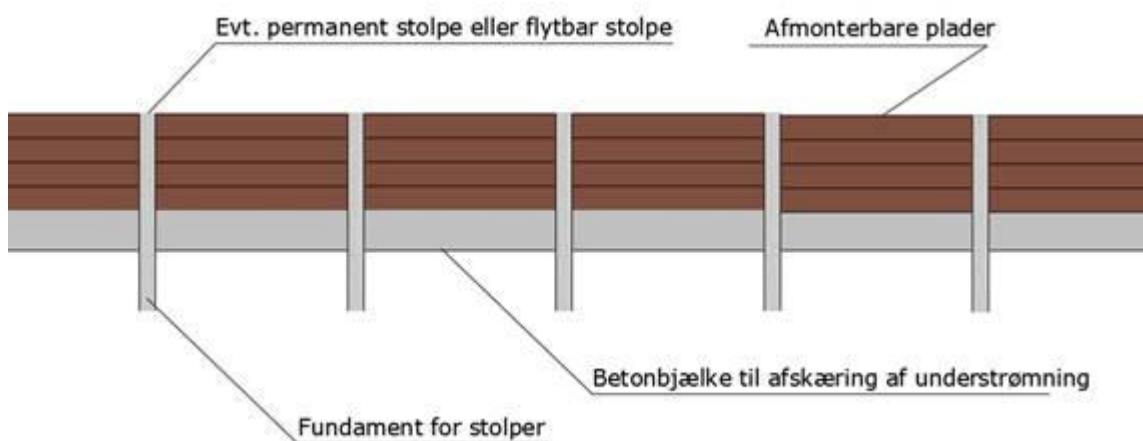
Figur 4-15: Eksempel på synlig del af fundament til demonterbar højvandsmur fra Roskilde Inderfjord



Figur 4-16: Eksempel på overgang mellem fast højvandsmur og demonterbar mur fra Roskilde Inderfjord

Fundamentet, til den demonterbare højvandsmur, kan etableres ved installering af en række brøndfundamenter som understøtter de demonterbare stolper. De demonterbare stolper opsættes i beslag, der monteres i brøndfundamenterne.

For at skabe et plant grundlag for aluplankerne, og til afskæring af understrømning under terræn, etableres en betonbjælke/stribefundament mellem brøndfundamenterne. Denne ligger i niveau med terræn/terrasse og skal sikre en tæt slutning mod de demonterbare aluplanker (afmonterbare plader på nedenstående skitse), se Figur 4-17 samt tegn. SOL-P-TH-9010 for princip. Betonbjælken udføres med så lille bredde som muligt i forhold til funktionen som afslutning for aluplankerne. Det forventes at betonbjælken skal ned i frostfri dybde, 120 cm under terræn.



Figur 4-17: Princip for en demonterbar højvandsmur

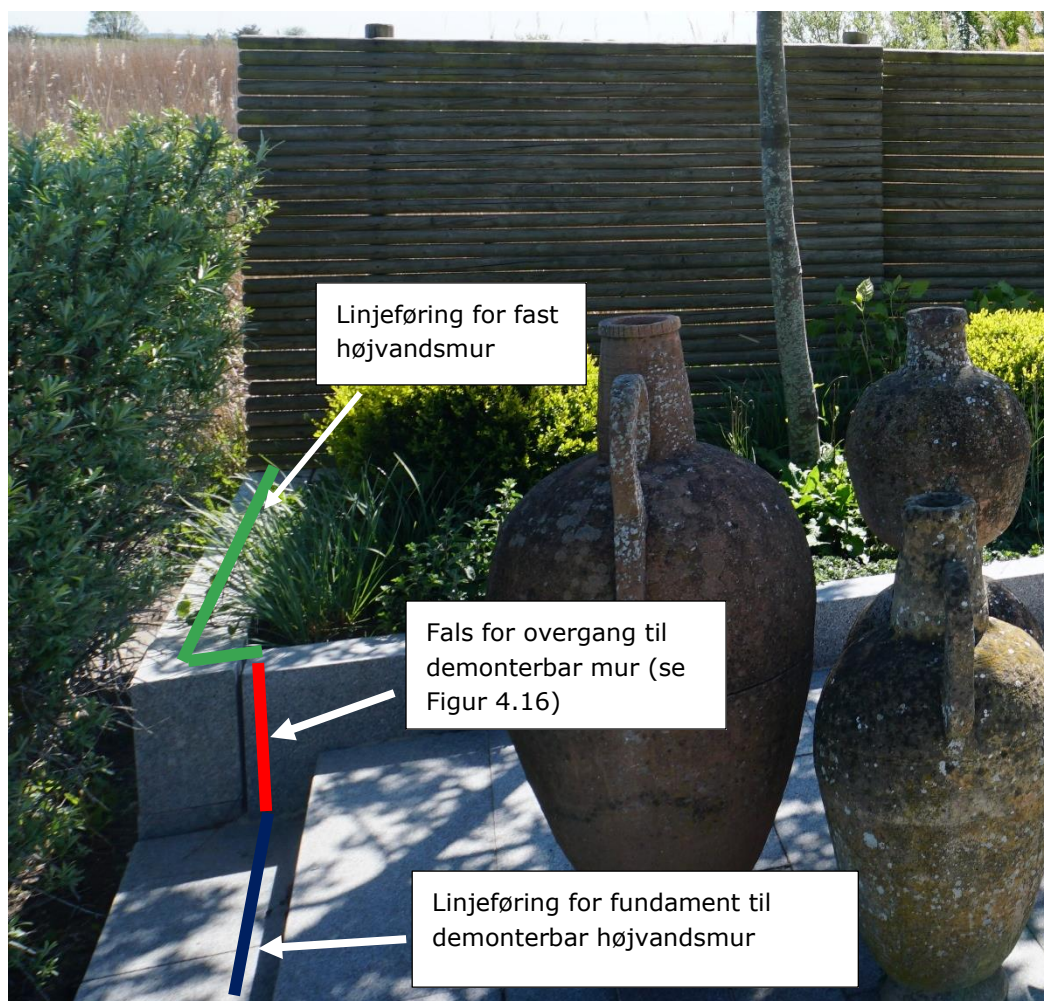
I den permanente fase vil kun betonfundamentet ved terrassens afgrænsning, samt metalbeslag i fundamentet til montering af stolper være synligt. Det forventes at have samme udseende som vist på Figur 4-15 og Figur 4-16.

Det skal bemærkes, at der skal være et beredskab forbundet med den skitserede løsning, da hele muren skal opsættes i forbindelse med et stormflodsvarsel. Aluplanker til opsætning i den demonterbare mur opbevares i udgangspunktet af Solrød Kommunes beredskab, og transporteres til Fuglesangvej 20, ved stormflodsvarsel.

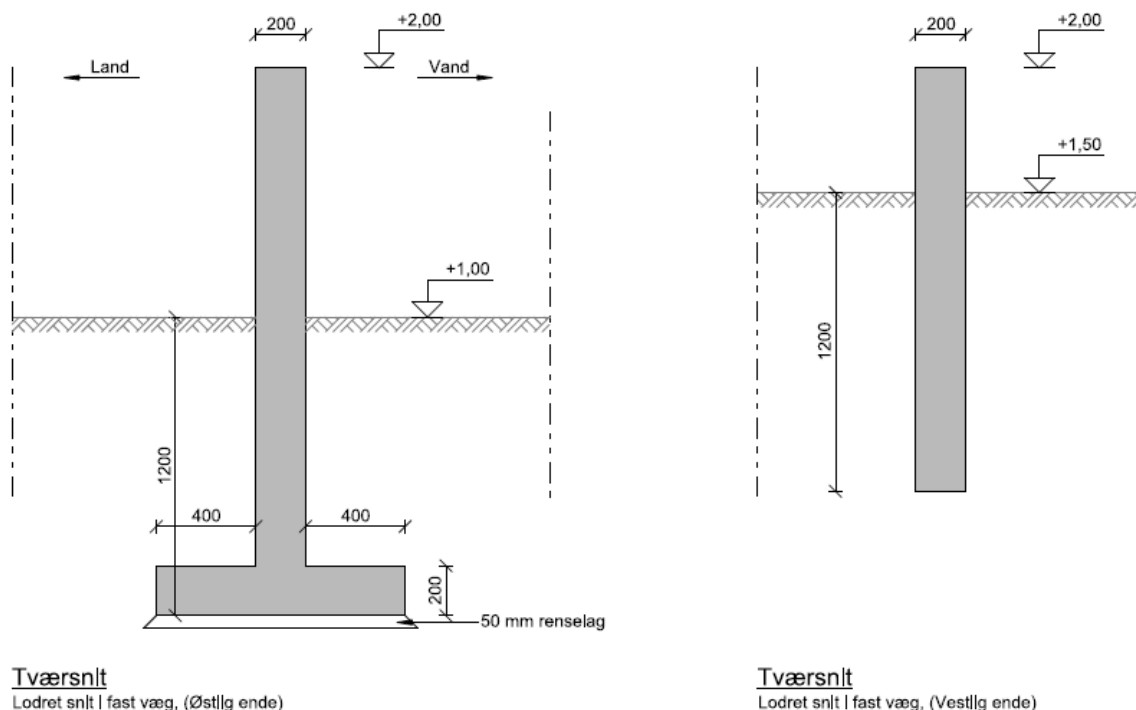
. Beslag til opsætning af stolperne må påberegnes at skulle rengøres løbende, så det sikres at stolperne kan opsættes uhindret.

Strækning med fast højvandsmur

Langs skel mellem Fuglesangsvej 20 og Ventegodtsvej 17 etableres en fast mur i beton (se Figur 4-13). Linjeføringen er vist på Figur 4-13. Den faste mur etableres umiddelbart op ad det eksisterende plankeværk mellem de to matrikler, på sydlig side af denne. I østlig ende føres den faste mur ind langs terrasse på Fuglesangsvej 20, hvor den føres langs den eksisterende mur slutter til den demonterbare mur ved overgang til trappe, ved at have en fals i murens afslutning til montering af planker. Linjeføring er vist på Figur 4-18. Et lille knæk er nødvendigt i afslutningen af den faste mur, for at skabe overgang til den demonterbare mur i en linje der følger nederste trin af terrasse. Princippet for overgangen mellem fast og demonterbar mur er vist på billedet på Figur 4-16. Den faste mur vil i østlig ende have en højde på ca. 1 m over terræn, mens højden falder mod vest og er ca. 0,5 m halvvejs på strækningen mellem tilslutning til den demonterbare mur og afslutning af den faste mur.



Figur 4-18: Foto fra Fuglesangsvej 20 (taget mod syd) med indikation af linjeføring ved overgangen mellem fast og demonterbar højvandsmur.



Figur 4-19: Princip for højvandsmur. Vist for den lave (østlig ende) og høje (vestlige ende) del af strækningen hvor terræn er hhv. ca. kote 1,0 m og 1,5 m.

Højvandsmuren udføres som in-situstøbt betonstøttemur. Funderingsdybden er som udgangspunkt ned til frostfri dybde på 1,2 m under terræn jf. nationalt annekst til DS/EN 1997. Den del af muren, hvor terrænkoter ligger over 1,5 m, etableres som en lodret mur uden fod pga. den lille højde over terræn. På strækningen, hvor terrænet ligger lavest (terrænkoter mellem 1,0 – 1,5 m), etableres muren med fod for at sikre stabiliteten. Størrelsen af fod kan optimeres i en senere projekteringsfase for at opnå det mindst mulige fodaftryk af udgravningen til fundament i anlægsfasen. Princip for højvandsmuren er vist på Figur 4-7 og på tegn. SOL-P-TH-9010.

Højvandsmuren installeres ved udgravning ned til funderingsdybden ved anvendelse af gravekasse for etablering af udgravningen. Dette for at få så lille udgravningsbredde som muligt. Alternativt kan der udgraves med anlæg 1:1, som vurderes at være nødvendigt for etablering af en åben udgravning i sand (baseret på nærmeste geotekniske boring rapporter i [9]), for at forhindre at udgravningen falder sammen. Anlægsmetode vælges så mindst mulig påvirkning af haver og gener i anlægsfasen fås. Graves der under grundvandsspejlet kan det være nødvendigt med grundvandssænkning for tørholdelse. Højvandsmuren udføres, som ovenfor nævnt, som insitu-betonmur for en kontinuert konstruktion uden samlinger, der visuelt bedst muligt indpasses i haverne.

Højvandsmuren etableres tæt op ad sydsiden af det eksisterende plankeværk, således at plankeværket kan bibeholdes/genetableres i den nuværende placering. Langs den eksisterende mur på Fuglesangsvej 20 afsluttes højvandsmuren med 5 cm lys granit for at indpasse afslutning af mur i eksisterende bedafgrænsning. Dette kan evt. udskæres i eksisterende granit.

Et eksempel på højvandsmur fra Roskilde er vist på Figur 4-20.



Figur 4-20: Højvandsmur i beton, eksempel fra Roskilde

Reetablering af haver

Efter afsluttet anlægsarbejde reetableres de berørte haver og terrasse til samme kvalitet som de eksisterende have- og fliseanlæg.

4.5.4 Afvanding

Regnvand, der falder i haver og rekreative områder i oplandet, vil primært sive ned, grundet den sandede jord i området, og efterfølgende samle sig i de små søer og lavninger der findes bag klitterne. Herfra vil der være grundvandsstrømning mod havet. De foreslåede løsninger med terrænregulering og højvandsmur vil ikke ændre på disse overordnede forhold. Lokalt ved terrænreguleringen vil der ske en ændring af på beliggenheden af lavpunkter i terrænet i forhold til eksisterende situation, og dermed vil nedbøren samle sig på andre steder end i den eksisterende situation på det område der udgør terrænreguleringen. Men overordnet set, vil reguleringen ikke betyde et ændret afstrømningsmønster ved normale regnhændelser.

Skybrudspassage gennem dige

I forbindelse med længerevarende kraftig regn og skybrud, kan der teoretisk ske en opfyldning af reservoirkapaciteten i de søer og lavninger der modtager nedbøren. Dette betyder, at der kan strømme vand fra de enkelte lavninger og videre følgende den overordnede terrængradient. I en sådan situation, vil diget, der udgør afgrænsningen af terrænreguleringen mod syd, forhindre en strømning fra nord mod syd. Dette kan dermed betyde en stigning af vandspejlet nord for diget i forhold til en tilsvarende regnhændelse med det nuværende terræn. Detaljerede beregninger af

afstrømningsforholdene under ekstremregn i den eksisterende situation og med projektforslaget implementeret er vist i ref. [12]. For at modvirke en akkumulation af nedbør på nordsiden af diget, foreslås det, at der etableres en skybrudspassage gennem diget, udført som et dobbelt Ø40 cm rør gennem diget. På sydsiden af hvert rør monteres en klap eller en afspæringsventil betjent fra toppen af diget, der kan lukkes i forbindelse med stormflodsvarsel. Beliggenheden af rørgennemføringen er vist på tegn. SOL-P-TH-5002.

Afledning af regnvand ved demonterbar højvandsmur sat op under stormflodsvarsel

Under højvandsvarsel, vil den demonterbare højvandsmur blive sat op, og udgør en barriere for overfladeafstrømning fra vest mod øst. Stien i forlængelse af Fuglesangsvej, har en naturlig hældning fra vest mod øst. Foran den lukkede højvandsmur, opstår derfor et lavpunkt i terrænet. I de udførte beregninger af afstrømning i skybrudssituationer vist i ref. [12], er et fundet, at der kan ske en opstuvning af overfladevand foran højvandsmuren. For at modvirke dette, foreslås det, at der etableres et dræn foran fundamentet til den demonterbare højvandsmur, på strækningen der løber på tværs af stien i forlængelse af Fuglesangsvej. Placering er vist på tegn. SOL-P-TH-1310. Drænet foreslås etableret som en betonrende på den vestlige side af fundamentet, evt. med en rist, der leder til en rensebrønd beliggende på stien. Fra brønden foreslås det at føre en ledning til søen beliggende på matrikel 48o. Der monteres en afspæringsventil umiddelbart nedenfor rensebrønden, så der i normale situationer spærres af for strømning mod søen. Der åbnes for afspæringsventilen i forbindelse med opsætning af den demonterbare højvandsmur. Der forberedes for, at dræn omkring eksisterende terrasse på Fuglesangsvej 20 evt. kan tilsluttes rensebrønd. Behov for at etablere en olieudskiller i brønden, vil blive undersøgt nærmere i forbindelse med detailprojekteringen.

4.5.5 Udførelse

Demonterbar højvandsmur

Fundamentet for stolperne til den demonterbare højvandsmur etableres som borede brøndfundamenter. Alternativt kan fundamentet for stolperne etableres som rammede pæle. For at etablere betonbjælken udgraves en rende med gravekasse, alternativt med anlæg 1:1 (skråninger), ned til ca. 120 cm dybde som betonbjælken etableres i. Fundament og betonbjælke udføres med så lille bredde på terræn som muligt i forhold til at kunne fungere som grundlag for opsætning af de demonterbare stolper og planker. Da terrænet ligger under kote 1,5 ud for den sydlige del af terrassen, skal det påregnes, at det er nødvendigt med grundvandssænkning i anlægsfasen for at sikre tør etablering af dette.

Fast højvandsmur

Der udgraves en rende med anlæg med mindst muligt bredde af udgravning, for at minimere påvirkning af eksisterende arealer. Muren funderes direkte på underliggende materialer i frostfri dybde ca. 1,2 m under terræn i den udgravede rende. Muren etableres som en in-situ støbt betonmur. Der udlægges køreplader, hvor der arbejdes i haverne og tages alle nødvendige forholdsregler, så haverne skånes mest muligt.

Terrænregulering

Som udgangspunkt for terrænreguleringen afkrømmes de øverste 5 cm. Derefter tilføres fyldjord/sand, som udjævnes og planeres jævnt før den foreslåede terrænplan. Den afkrømmede muld suppleres med ny muldjord tilført udefra og udlægges som grundlag for græs og beplantning. Haven genplanteres i henhold til den foreslåede plan.

4.6 Fotoregistrering og vibrationsmålinger

Ved slusen i Solrød Bæk skal der nedbringes spunsvæg i nærheden af eksisterende bygninger. Det anbefales derfor, at der inden arbejdets start udføres fotoregistrering af nærliggende bebyggelse, og at der evt. under nedbringning af spunsen udføres vibrationsmålinger på de nærmeste bygninger.

5. LUKNING AF SLUSE

Nærværende afsnit opsummerer antal forventede lukninger af slusen ifm. stormflodshændelser og test og vedligehold af sluseportene.

5.1 Lukninger ved stormflod

Slusen skal lukkes ved varsel af stormflod. For at sikre at slusen bliver lukket rettidigt, men uden at der skal udpumpes unødigt store vandmængder fra vandløbet, skal der opstilles et lukkekriterie baseret på vandstanden foran slusen.

Ved vandstande over ca. kote 1,5 m er der områder der ligger i forbindelse med åerne der begynder at blive oversvømmet. Slusen skal dermed lukkes før vandstanden når kote 1,5 m i Køge Bugt. For at der er en buffer i vandløbet for tilstrømmende bagvand fra oplandet, foreslås, at der anvendes et lukkekriterie i kote 1,0 m.

Antallet af lukninger, som følge af stormflod, ved et lukkekriterie i kote +1,0 m, er præsenteret i Tabel 5-1, under antagelse af, at der lukkes hver gang vandstanden er over kote 1,0 m. Det vil dog ikke være i alle disse tilfælde, at der er et stormflodsvarsel, så dette antal må regnes for et absolut maksimum for antallet af sluselukninger.

I forbindelse med lukning af sluser ved stormflod bør der foretages en udpumpning af åvandet under hele stormflodshændelsen, for at forhindre at området bag slusen oversvømmes af vand fra vandløbets opland. Det bør undersøges nærmere, hvor stor magasineringskapacitet der er i vandløbene og hvor stor pumpekapacitet der er nødvendig.

Tabel 5-1: Antal lukninger af sluser ved stormflod for et lukkekriterie i kote +1,0 m DVR90.

Vandspejlskote for lukning	Gennemsnitligt antal hændelser per år [hændelser/år]	Gennemsnitlig varighed per hændelse [timer/hændelse]
+1,0 m (nuværende forhold)	1	4
+1,0 m (år 2070)	6	6

5.2 Lukninger ved test og vedligehold

Antallet af lukninger ifm. test og vedligehold af sluserne forventes at være som præsenteret i Tabel 5-2.

Da alle mekaniske dele af sluserne er over vandspejlet kan vedligehold foretages uden, at der skal lukkes for port eller vandgennemstrømning. Funktionaliteten af sluserne bør dog testes regelmæssigt, hvilket betyder, at sluserne skal lukkes 1-6 gange årligt.

Tabel 5-2: Antal sluselukninger ved test og vedligehold af sluserne.

Procedure	Gennemsnitligt antal lukninger per år [lukninger/år]	Gennemsnitlig varighed per lukning [timer/lukning]
Testlukninger	1 - 3	1
Testlukning ved varsling af stormflod	1 - 6	0,25

6. PROCEDURER VED STORMFLOD

6.1 Generelt

Lukning af højvandssluse og øvrige beredskabsmæssige tiltag foreslås at blive varetaget af kommunens beredskab, da dette vil sikre den største sikkerhed for korrekt implementering i forbindelse med stormflodssituationer.

6.2 Procedure for lukning af sluse

6.2.1 Styring

Operation af slusen styres manuelt.

Der skal opsættes en niveaumåler (vandstandsmåler), som er monteret i et rør på havsiden af slusen. Der sigtes efter, at portene lukkes ved en registreret vandstand på +1,0 m, så det vil være nødvendigt, at der er en ansvarlig for sluser, der følger med i vandstanden i forbindelse med et stormflodsvarsel.

Ved registrering af en vandstand i eller over kote 1,0 m lukkes slusen manuelt.

Ansaret for drift og vedligehold af anlæggene pålægges generelt klitlaget. Ansaret for lukning af slusen ved stormflod overgår dog til beredskabet, når anlægget står færdigt.

6.2.2 Mobilisering, test og overvågning

Den beskrevne procedure sikrer, at portene vil blive lukket ved en potentiel stormflodshændelse (vandstand > +1,0 m). Der stilles endvidere følgende krav for at sikre, at portene lukker korrekt.

Før/forberedelse for stormflodshændelsen:

- 1) Kontrol af at slusen er fri for genstande, der kan forhindre lukning
- 2) Klargøring og test af manuel lukning af slusen

Under stormflodshændelsen:

- 3) Overvågning af at slusen forbliver lukket korrekt

Efter stormflodshændelsen:

- 4) Kontrol af, at portåbningen er fri for genstande, der kan forhindre åbning af slusen

Ud over ovenstående skal funktion af sluseporte testes halvårligt og vedligeholdes jf. fabrikantens anvisninger.

6.2.3 Procedure for udpumpning

Der skal være en mulighed for udpumpning af vandet i vandløbet under lukning af slusen, men det har ikke været en del af nærværende projektforslag, at dimensionere pumpekapacitet eller projektere pumpe løsninger. I forbindelse med detailprojektering af sluser bør dette dog inkluderes. Solrød Kommune har lagt sig fast på at der etableres en beredskabsløsning, hvor beredskabet stiller med en tilstrækkelig pumpekapacitet til udpumpning af vandføringen. I forbindelse med lukning af slusen skal det derfor sikres, at der er det nødvendige beredskab til rådighed til udpumpning af vandføringen i vandløbet, for at forhindre oversvømmelse fra bagvandet.

En nærmere procedure for rekvirering af pumpekapacitet ved stormflodsvarsel bør opstilles som del af beredskabsplan.

6.3 Procedure for opsætning af aluplanker ved beredskabet

Ved tværdiget i den sydlige afgrænsning af område A er det nødvendigt at opsætte aluplanker i åbningen af den spunsvæg der udgør tværdiget. En forudsætning for sikringen med en sådan beredskabsløsning er, at der laves en udførlig plan for opbevaring af aluplanker, samt procedure for spærring af den åbne passage.

7. REFERENCER

- [1] "Revurdering og ajourføring af risikoområder for oversvømmelse fra hav og vandløb. Oversvømmelsesdirektivet, anden planperiode". Miljø- og Fødevareministeriet, Kystdirektoratet, September 2018
- [2] Solrød Kommunes hjemmeside vedr. vandløb og søer, <http://www.solrod.dk/borger/vand-og-natur/vandloeb-og-soeer>
- [3] "Stormflodssikring Solrød Kommune. Skitseprojekt", Solrød Kommune, 23. Januar 2018
- [4] Oversvømmelseskort (ARCGIS) fra Solrød Forsyning
- [5] "Regulativ for Karlstrup Mosebæk m. tilløb", Solrød Kommune, 27. april 1998, og oplysninger fra Solrød Kommune
- [6] "Regulativ for Solrød Bæk", Solrød Kommune, 27. april 1998, og oplysninger fra Solrød Kommune
- [7] <https://sdfe.dk/hent-data/danmarks-hoejdemodel/>
- [8] "Kystbeskyttelse af Solrød Strand. Modellering af erosion og overskyl af klitter i område 2", Rambøll, 10-01-2019
- [9] "Kystbeskyttelse Solrød Kommune. Geoteknisk Undersøgelse". Rambøll, December 2019
- [10] "Notat. Kystbeskyttelse Solrød Strand, Stenkastning ved Karlstrup Mosebæk", Rambøll, 19-03-2020.
- [11] <http://miljoegis.mim.dk/cbkort?profile=miljoegis-raastofferhavet>
- [12] "Kystbeskyttelse Solrød Strand. Analyse af hydrauliske forhold ifm. Etablering af tværdige", Rambøll, 20-08-2020
- [13] Kystbeskyttelse Solrød Strand. Beskrivelse af projektbestanddele, Fuglesangsvej 23", Rambøll, 15-09-2020
- [14] "Køge Kommune og Solrød Kommune. Beskrivelse af tekniske løsninger af klitdige til stormflodssikring ved Ølsemagle Revle og Stauning Ø – Anlæg og drift". NIRAS, Marts 2017

8. TEGNINGSLISTE

Tegning nr.	Version	Titel	Skala
SOL-P-TH-1210	2	Plan - Område A, del 1	1:500
SOL-P-TH-1220	2	Plan - Område A, del 2	1:500
SOL-P-TH-1230	2	Plan - Område A, del 3	1:500
SOL-P-TH-1310	5	Plan - Område A, del 4	1:500
SOL-P-TH-4001	1	Plan - Stenkastning ved Karlstrup Mosebæk	1:500
SOL-P-TH-4051	2	Snit - Stenkastning ved Karlstrup Mosebæk	1:50
SOL-P-TH-5001	0	Tværdige - Terrænregulering, Eksisterende forhold	1:200
SOL-P-TH-5002	1	Tværdige - Terrænregulering, Fremtidige forhold	1:200
SOL-P-TH-5003	0	Tværdige - Terrænregulering, Oversigt over gravearbejder	1:200
SOL-P-TH-5051	0	Tværdige - Terrænregulering, Snit	1:100
SOL-P-TH-6423	1	Sluse ved Solrød Bæk. Stranden - Plan og Opstalt	1:200 / 1:100
SOL-P-TH-8852	2	Snit - Område A	1:250
SOL-P-TH-9010	1	Detaljer - Højvandsmur ved afslutning af tværdige	1:10