

Til  
**Roskilde Kommune**

Dokumenttype  
**Rapport**

Dato  
**Oktober 2019**

Bilag E

## STORMFLODSSIKRING AF JYLLINGE NORDMARK

# PROJEKTBEKRIVELSE



# STORMFLODSSIKRING AF JYLLINGE NORDMARK

## PROJEKTBEKRIVELSE

Revision **0**  
Dato **21-10-2019**  
Udarbejdet af **STWER**  
Kontrolleret af **PHK, MBMJ**  
Godkendt af **MBMJ**  
Beskrivelse **Projektbeskrivelse**

Dok. Id. Bilag E Projektbeskrivelse Jyllinge Nordmark - 1100022050-30-001  
ansøgning om tilladelse til kystbeskyttelse.docx

## INDHOLD

|           |                                                           |           |
|-----------|-----------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1.</b> | <b>INDLEDNING</b>                                         | <b>1</b>  |
| <b>2.</b> | <b>RESUME</b>                                             | <b>3</b>  |
| <b>3.</b> | <b>PROJEKTBASIS</b>                                       | <b>4</b>  |
| 3.1       | Levetid                                                   | 4         |
| 3.2       | Eksisterende kyst- og terrænforhold                       | 4         |
| 3.3       | Vandstande                                                | 4         |
| 3.3.1     | Havvandsstigning                                          | 5         |
| 3.3.2     | Hyppighed og varighed af højvandshændelser                | 6         |
| 3.4       | Vandmængde og oversvømmelsesscenarier i Værebros Å        | 6         |
| 3.4.1     | Vandmængde                                                | 7         |
| 3.4.2     | Korrelation mellem højvande i fjorden og vandføring i åen | 7         |
| 3.4.3     | Oversvømmelsesscenarier                                   | 8         |
| 3.5       | Jord og grundvand                                         | 9         |
| 3.5.1     | Jordbundsforhold                                          | 10        |
| 3.5.2     | Grundvand                                                 | 11        |
| 3.6       | Vand over, gennem og under diger.                         | 11        |
| 3.6.1     | Vand under fjorddiget                                     | 11        |
| 3.6.2     | Vand under fløjddiget                                     | 12        |
| 3.6.3     | Vand under østdiget                                       | 12        |
| 3.6.4     | Vand over fjorddiget                                      | 12        |
| 3.7       | Korrosionsforhold                                         | 12        |
| <b>4.</b> | <b>DIGER</b>                                              | <b>13</b> |
| 4.1       | Fjorddige                                                 | 13        |
| 4.1.1     | Udførelse af fjorddige                                    | 14        |
| 4.2       | Fløjddige                                                 | 15        |
| 4.2.1     | Udførelse af fløjddige                                    | 16        |
| 4.3       | Østdige                                                   | 16        |
| 4.3.1     | Udførelse af Østdige                                      | 17        |
| 4.4       | Forhøjning af terræn ved bebyggelse                       | 17        |
| <b>5.</b> | <b>AFVANDING</b>                                          | <b>19</b> |
| 5.1       | Afvanding bag fjorddige                                   | 19        |
| 5.1.1     | Langsgående afvanding                                     | 19        |
| 5.1.2     | Pumpebrønde ved fjorddiget                                | 20        |
| 5.1.3     | Forsyning og styring for pumpebrønde                      | 21        |
| 5.1.4     | Aflastningsbrønde                                         | 21        |
| 5.1.5     | Udførelse af afvandingssystem                             | 21        |
| 5.1.6     | Omlægning af eksisterende ledninger                       | 22        |
| 5.2       | Afvanding bag fløjddige                                   | 23        |
| 5.3       | Afvanding bag Østdige                                     | 23        |
| 5.3.1     | Håndtering af regnvand bag østdiget                       | 23        |
| 5.3.2     | Udførelse af regnvandssystem                              | 24        |
| <b>6.</b> | <b>ANLÆGSKONSTRUKTIONER</b>                               | <b>25</b> |
| 6.1       | Sluse                                                     | 25        |
| 6.1.1     | Betonkonstruktioner                                       | 26        |
| 6.1.2     | Sluseporte                                                | 26        |
| 6.1.3     | Åbne- og lukkemekanisme                                   | 26        |
| 6.1.4     | Styring af sluse                                          | 27        |
| 6.2       | Spunsdæmning                                              | 27        |
| 6.2.1     | Jordstabilisering                                         | 28        |
| 6.2.2     | Udløbsrør gennem sydlig dæmning                           | 29        |
| 6.2.3     | Aptering                                                  | 29        |
| 6.3       | Byggegrube for pumpestation                               | 29        |

|            |                                                                  |           |
|------------|------------------------------------------------------------------|-----------|
| 6.4        | Sedimentationsbassin                                             | 30        |
| 6.5        | Gangbro                                                          | 30        |
| 6.6        | Teknikbygning                                                    | 31        |
| 6.7        | Udførelse af anlægskonstruktioner                                | 32        |
| 6.7.1      | Jordstabilisering                                                | 32        |
| 6.7.2      | Spunsdæmning                                                     | 34        |
| 6.7.3      | Byggegrube for pumpestation                                      | 34        |
| 6.7.4      | Sedimentationsbassin                                             | 34        |
| 6.7.5      | Omlægning af åen                                                 | 35        |
| 6.7.7      | Adgangsforhold for sluse, spunsdæmning og pumpestation           | 36        |
| 6.8        | Vedligehold af anlægskonstruktioner                              | 36        |
| 6.8.1      | Sluse                                                            | 36        |
| 6.8.2      | Spunsdæmning og øvrige spunsvægge                                | 37        |
| 6.8.3      | Sedimentationsbassin                                             | 37        |
| 6.8.4      | Gangbro                                                          | 37        |
| 6.8.5      | Teknikbygning                                                    | 37        |
| <b>7.</b>  | <b>PUMPESTATION OG ELFORSYNING</b>                               | <b>38</b> |
| 7.1        | Pumpestation (konstruktion)                                      | 38        |
| 7.1.1      | Funktionskrav til pumpestationen                                 | 39        |
| 7.2        | Pumper                                                           | 39        |
| 7.2.1      | Generelle funktionskrav til pumper                               | 39        |
| 7.2.2      | Funktionskrav til pumpernes driftsområde                         | 40        |
| 7.2.3      | Specifikke krav til pumper                                       | 40        |
| 7.3        | Krav til skakt- og udløbsrør                                     | 41        |
| 7.3.1      | Generelle krav                                                   | 41        |
| 7.4        | Udførelse af pumpestation og installation af pumper              | 41        |
| 7.5        | Styring, regulering og overvågning (SRO)                         | 41        |
| 7.6        | Elforsyning for pumpestation og sluse                            | 42        |
| 7.7        | Vedligehold af pumpestation, pumper, forsyning og installationer | 43        |
| 7.7.1      | Pumpestation og pumper                                           | 43        |
| 7.7.2      | Forsyning og installationer                                      | 43        |
| <b>8.</b>  | <b>ANTAL SLUSELUKNINGER</b>                                      | <b>44</b> |
| 8.1        | Sluselukninger ved stormflod                                     | 44        |
| 8.2        | Sluselukninger ved test og vedligehold                           | 44        |
| <b>9.</b>  | <b>REFERENCER</b>                                                | <b>45</b> |
| <b>10.</b> | <b>TEGNINGSLISTE</b>                                             | <b>46</b> |

## 1. INDLEDNING

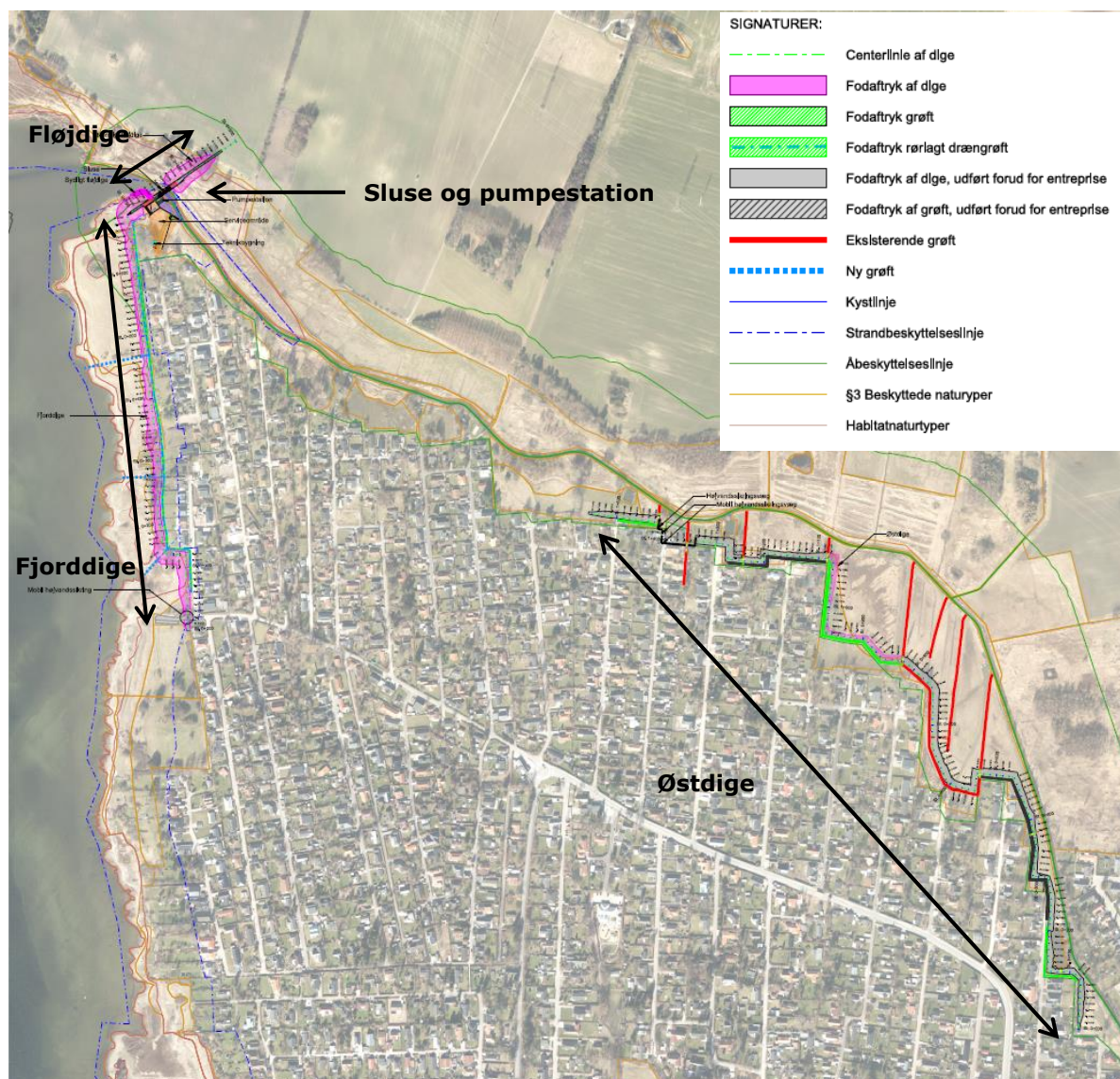
På baggrund af de senere års store stormflodsskader i boligområdet ved Jyllinge Nordmark har Roskilde Kommune og beboere i Jyllinge Nordmark igangsat et kystbeskyttelsesprojekt til sikring af området.

Projektet omfatter:

- to diger mod Roskilde Fjord (benævnt fjord- og fløjdige)
- en sluse og en spunsdæmning hvor fløjdigets forløb krydser Værebros Ås udmunding i Roskilde Fjord
- en pumpestation med tilhørende sedimentationsbassin placeret bag ved spunsdæmning for udpumpning af vand fra åen
- et østdige placeret opstrøms langs med Værebros Ås sydlige side
- afvandingssystem inkl. pumpestationer placeret bag fjorddiget til håndtering af vand over og under diget i en højvands-/stormflodssituation
- afvandingssystem placeret bag østdiget til håndtering af primært regnvand i normalsituationen og understrømmende vand i en højvands-/stormflodssituation

Rambøll har baseret på rapporten "Bilag til principiel ansøgning til kystdirektoratet", dateret 22-12-2016 (ref. /18/) samt projektforslag, dateret april 2017 (ref. /19/) samt erfaringer fra hovedprojektet udarbejdet denne projektbeskrivelse, som danner grundlag for ansøgning om tilladelse til kystbeskyttelse hos Roskilde Kommune.

På Figur 1-1 fremgår forløbet af de planlagte diger samt placering af sluse og pumpestation ved Værebros Å.



Figur 1-1 - Digetracé for fjorddige, fløjdige og østdige samt placering af sluse og pumpestation, se også tegning JYLN-H-TX-1100, rev. 1



## 2. RESUME

Stormflodssikringen af Jyllinge Nordmark opnås ved at etablere diger, en slusekonstruktion samt en pumpestation ved udløbet af Værebros Å i Roskilde Fjord, som skal sikre, at det tilstrømmende vand fra Værebros Å ikke oversvømmer bebyggelsen, når slusen er lukket.

Digerne benævnes fjorddiget, fløjddiget og østdiget og er beskrevet individuelt i afsnittene 4.1 til 4.4, slusekonstruktionen og pumpestationen er beskrevet i henholdsvis afsnit 6 og 0. Samlet omfatter projektet:

- Fjorddige mod Roskilde Fjord med top i kote +2,4. Diget etableres som et 700 meter langt fjorddige med en hældning mod Roskilde Fjord på 1:8, en hældning mod land på 1:4 og en kronebredde på 0,5 m.
- Fløjddige ved udmundingen af Værebros Å i Roskilde Fjord med top i kote +3,0. Diget etableres på hver side af Værebros Å og skal sammen med spunsdæmninger og sluse beskytte mod oversvømmelser ved åens udløb. Fløjddiget etableres med skråningsanlæg mod fjorden på 1:7 og mod land på 1:5. Diget har en udstrækning på ca. 50 meter syd for åen og ca. 100 meter nord for åen.
- Sluse hvor fløjddigets forløb krydser Værebros Ås udmunding i Roskilde Fjord. Slusen etableres som en dobbeltsluse med to slusekamre og sidehængslede sluseporte.
- Spunsdæmninger på hver side af slusen til fastgørelse af betonkammer for sluse. Spunsdæmningerne etableres i en bredde på 6,5 meter og udføres med grus på toppen, så de kan fungere som sti.
- Pumpestation med tilhørende sedimentationsbassin placeret bag ved spunsdæmning for udpumpning af vand fra åen. Pumpestationen projekteres til pumpning af op til 6000 l/s og bestykses med 4 pumper, hvoraf en er reservepumpe.
- Østdiget er et ca. 1500 m langt fjorddige, som etableres med topkote i +1,5 m og en kronebredde på 2 m. Mod åen udføres det med en hældning på 1:5 á 1:10 og mod boligområdet med hældning 1:2 á 1:4. Diget forløber fra Birkevej i øst til mellem Lærkevej og Fasanvænget mod vest.
- Afvandingssystem inkl. 3 stk. pumpebrønde placeret bag fjorddiget til håndtering af vand over og under diget i en højvands-/stormflodssituation. Systemet etableres til at kunne håndtere 2 l/s pr. m.
- Afvandingssystem placeret bag østdiget til håndtering af primært regnvand fra boligområdet i normalsituationen og vand, der strømmer under diget i en højvands-/stormflodssituation. Systemet etableres til at kunne håndtere en 5-års regnhændelse.

En afgørende faktor for projektet er de vanskelige jordbundsforhold med gytjeaflejringer, som har indvirkning på stabiliteten af fjorddiget, fløjddige, spunsdæmninger, sluse og østdiget. For at kunne udføre konstruktionerne er der i projektet medtaget jordstabilisering af gytjen.

Det er vurderet, at denne metode er robust og sikker, og kan sikre adgang i områderne under anlægsarbejdet og give tilstrækkelig bæreevne og stabilitet til konstruktionerne (diger, spunsdæmning, sluse og pumpestation) uden yderligere afstivning og tiltag. Østdiget kan udføres uden jordstabilisering, når der ikke skal kunne udlægges watertubes på toppen.

Pumpestationen til udpumpning af vand fra Værebros Å til fjorden etableres med et højt sikkerhedsniveau. Der installeres reservepumpe, så pumpekapaciteten er sikret under svigt af en af pumperne. Elforsyningen etableres med hovedforsyning fra el-nettet og med nødforsyning fra mobil dieselgenerator.

Der er mulighed for relativt enkelt at øge pumpekapaciteten på sigt ved enten at udnytte reservepumpen ved høje vandføringer eller udskifte grundlastpumpen til en større pumpe. Dette kræver dog udvidelse og udskiftning af elforsyning, hovedtavler og udløbsrør for grundlastpumpe.

Afvandingen bag fjorddiget af vand, der kommer over og gennem diget, foretages gennem drængrøfter og drænrør. For at pumpe vandet ud under diget etableres 3 pumpestationer, hver med en kapacitet på 450 l/s. I normalsituationer kan afvandingssystemet håndtere udpumpning af regnvand svarende til en 5-års hændelse.

Såfremt der forekommer stormflod samtidig med en kraftig regnhændelse, hvilket kun forventes meget sjældent, anbefales et beredskab, der kan håndtere udpumpning af regnvand over diget.

Afvandingen bag østdiget etableres for at kunne aflede regnvand fra boligområdet gennem eksisterende og nye grøfter. Mængderne af vand gennem diget er beskedne og kræver ikke et afvandingssystem. Under normale situationer uden stormflod kan regnvandet løbe ved gravitation.

Under en stormflod med høj vandstand i Værebros Å skal regnvandet pumpes ud. Pumper mv. indgår ikke i stormflodsprojektet, men etableres af andre i forbindelse med projekt for regnvandshåndtering i boligområdet.

## 3. PROJEKTBASIS

### 3.1 Levetid

Anlægs konstruktionerne, herunder spunsdæmning, sluse, spunsvægge, byggegrube for pumpestation m.m., designs generelt for en levetid på 50 år. Pumpestationen designs derimod for en levetid på 100 år.

Digerne dimensioneres således, at den forventede levetid overstiger de ovenfor angivne levetider under antagelse af, at der udføres almindeligt vedligehold i form af græsslåning og jordpåfyldning efter behov.

Viser det sig på sigt, at designvandspejlet under stormflodshændelse øges, kan digernes sikringskote forhøjes. Ved forholdsvist lette tiltag kan digernes levetid dermed forlænges i det ubestemte.

### 3.2 Eksisterende kyst- og terrænforhold

Det geografiske grundlag er DHM – Danmarks Højdemodel og Matrikeldata fra Styrelsen for Dataforsyning og Effektivisering (ref. /3/).

### 3.3 Vandstande

Der er udarbejdet en analyse af højvandshændelser, der har betydning for hyppighed og varighed af lukning af slusen ved udløbet af Værebros Å. Analysen er afleveret i ref. /2/ og tager udgangspunkt i vandstandstidsserien fra Frederikssund, der dækker perioden 1993-2002.

På baggrund af de 10 års målinger, der er analyseret, fås, at en vandstand på 1,07 m DVR90 i gennemsnit har været overskredet én gang om året. Ét-års vandstanden regnes derfor med at være 1,07 m DVR90.



I kystdirektoratets Højvandsstatistikker 2012 (ref. /5/) fås fra højvandsstatistikken en ét-års hændelse på 1,01 m (i forhold til middelvandstand), som er udregnet på baggrund af 17,8 års data. Der er således nogenlunde sammenhæng mellem den anvendte tidsserie fra Frederikssund og Kystdirektoratets højvandsstatistik for Roskilde Havn med hensyn til ét-årsvandstanden.

De øvrige statistiske middeltidsvandstande fra Roskilde Havn (ref. /5/) fremgår af Tabel 3-1.

**Tabel 3-1: Statistiske middeltidsvandstande fra Roskilde Havn**

| Returperiode | Vandstand (m) | Spredning (m) |
|--------------|---------------|---------------|
| 100 år       | 1,53          | 0,12          |
| 50 år        | 1,46          | 0,10          |
| 20 år        | 1,37          | 0,08          |

I forbindelse med Bodil-stormen dec. 2013, som er anvendt som designhændelse i det foreløbige skitseprojekt, blev der målt en vandstand i Roskilde Havn på 2,06 m DVR90. Af ovenstående fremgår det, at en sådan hændelse kun meget sjældent vil optræde med den nuværende middelvandstand (langt over 1000 års returperiode ved ekstrapolering af højvandsstatistikken).

### 3.3.1 Havvandsstigning

I forbindelse med fastsættelsen af fjorddigets topkote i skitseprojektet udarbejdet af Orbicon (ref. /1/) er det antaget, at havvandsstigningen i perioden fra år 2000-2050 vil være på 30 cm, hvor der her ikke er korrigeret for landhævning i samme periode.

Den valgte havvandsstigning på 30 cm bygger på anbefalinger fra DMI, der har vurderet havvandsstigningerne i danske farvande, og som bl.a. er refereret i ref. /6/. I henhold til rapporten af IPCC (ref. /15/) er havvandsstigningen i perioden ca. 30 cm, men der skal gøres opmærksom på, at tallet er forbundet med usikkerheder.

I nærværende projektbeskrivelse er 30 cm havvandsstigning ligeledes forudsat.

### 3.3.2 Hyppighed og varighed af højvandshændelser

I Orbicons skitseprojekt (ref. /1/) er der i første omgang anvendt en vandspejlskote på 0,7 m som kriterie for, hvornår slusen i Værebros Å skal lukkes.

I ref. /2/ er hyppigheden af højvande over kote 0,7 m bestemt for nuværende middelvandspejl og for situationen i år 2050 med et middelvandspejl i kote 0,3 m. Desuden er det samme bestemt for højvande over kote 0,9 m. Den gennemsnitlige varighed af højvandshændelserne (svarende til perioden med lukket sluse) er derudover blevet bestemt. Resultatet fremgår af Tabel 3-2.

**Tabel 3-2: Hyppighed og varighed af højvandshændelser**

| Vandspejlskote<br>[m DVR90] | Gennemsnitligt antal højvandshændelser per år<br>[hændelser/år] | Gennemsnitligt hele antal dage med højvandshændelser<br>[dage/år] | Gennemsnitlig varighed per hændelse<br>[timer/hændelse] |
|-----------------------------|-----------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| 0,7 m                       | 9                                                               | 6                                                                 | 17                                                      |
| 0,8 m                       | 5                                                               | 3                                                                 | 12                                                      |
| 0,9 m                       | 4                                                               | 1                                                                 | 10                                                      |
| 1,0 m                       | 2                                                               | 1                                                                 | 12                                                      |
| 1,1 m                       | 1                                                               | 1                                                                 | 12                                                      |
| 0,7 m (år 2050)             | 35                                                              | 36                                                                | 24                                                      |
| 0,8 m (år 2050)             | 23                                                              | 19                                                                | 20                                                      |
| 0,9 m (år 2050)             | 13                                                              | 10                                                                | 19                                                      |
| 1,0 m (år 2050)             | 9                                                               | 6                                                                 | 17                                                      |
| 1,1 m (år 2050)             | 5                                                               | 3                                                                 | 12                                                      |

Af Tabel 3-2 fremgår det, at man kan reducere antallet af dage, hvor slusen er lukket betydeligt ved at hæve kriteriet for vandspejlskoten 20 cm. Desuden viser analysen, at der i år 2050 vil være en betydelig del af året, hvor slusen er lukket, hvis denne skal lukkes, når vandspejlet er over kote 0,7 m.

Lukkekravet for slusen er bestemt til kote +1,0 m.

I forhold til de højvandshændelser, der indgår i den analyserede dataperiode 1993-2002, er højvandet i forbindelse med stormen Bodil dec. 2013 både ekstremt i forhold til vandspejlshøjde og periodelængde.

I forbindelse med Bodil var vandstanden over kote 0,7 m i en periode på 47 timer og over kote 0,9 m i en periode af 38 timer. Dette anses derfor for at være maksimum varigheder for en enkelt hændelse med den nuværende middelvandstand.

### 3.4 Vandmængde og oversvømmelsesscenarier i Værebros Å

Som grundlag for projekteringen af højvandssikringen er der udført en række modelsimuleringer af strømning og vandstand i Værebros Å, til identifikation af oversvømmelser ved forskellige scenarier for lukning af den planlagte sluse ved udløbet af åen i Roskilde Fjord.

Modelsimuleringerne baserer sig på højvandssikringsprojektet med placeringer af diger og sluse, som svarer til nærværende situation beskrevet i denne rapport. Som udgangspunkt for modelleringen anvendes den eksisterende vandløbsmodel for Værebros Å, der er udarbejdet af Orbicon i de tidligere faser af projektet.

Scenarierne er udført dels for forskellige lukkeniveauer for slusen og dels for forskellige vandføringer i åen, idet det er forudsat, at der er pumpekapacitet til at pumpe vandføringen ud i fjorden ved lukket sluse.

### 3.4.1 Vandmængde

En ekstremværdianalyse af vandføringen i Værebros Å ved udløbet til Roskilde Fjord, baseret på 35 års vandføringsdata opsamlet ved Veksø Bro et stykke opstrøms Jyllinge Nordmark, er gennemført. Døgnmiddelvandføringen og standardafvigelse fremgår af Tabel 3-3.

**Tabel 3-3: Resultater af ekstremværdianalyse for vandføring**

| Returperiode | Døgnmiddelvandføring, udløb<br>[l/s] | Standardafvigelse<br>[l/s] |
|--------------|--------------------------------------|----------------------------|
| 2 år         | 2534                                 | 139                        |
| 10 år        | 4389                                 | 273                        |
| 20 år        | 5099                                 | 333                        |
| 50 år        | 6016                                 | 415                        |
| 100 år       | 6704                                 | 476                        |

Bygherren har ud fra resultatet af ekstremværdianalysen valgt, at projektet skal tage udgangspunkt i en 50 års-hændelse, hvilket med en klimafremskrivning på +43% (iht. til forudsætning i ref. /12/) giver en 50 års døgnmiddelvandføring ved udløbet på ca. 8600 l/s i år 2050. Det er dermed den dimensionsgivende vandmængde for dimensioneringen af den fremtidige pumpestation.

### 3.4.2 Korrelation mellem højvande i fjorden og vandføring i åen

I ref. /11/ er der vurderet på sandsynligheden for, at der forekommer en højvandshændelse i fjorden samtidig med en ekstrem vandføring i åen. Konklusionen er, at der er en meget lille sandsynlighed for sammenfald af ekstremhændelser af hhv. høj vandføring i åen og høj vandstand i Roskilde Fjord.

For en nærmere kvantificering af risikoen for både høj vandføring i åen og høj vandstand i Roskilde Fjord er der endvidere i ref. /14/ foretaget en analyse af sandsynligheden for, at der forekommer en højvandshændelse i fjorden ( $>+0,9$  m) samtidig med en given vandføring i åen.

Det er dels undersøgt, om der er en korrelation (sammenhæng) mellem en højvandshændelse og hhv. moderate og høje vandføringer, og dels er returperioden for de sammenfaldende hændelser bestemt.

Der ses her i det følgende udelukkende på sandsynligheden for sammenfald mellem en højvands-hændelse og en vandføring i åen på over 3600 l/s, hvilket svarer til 2 pumper (1.200 l/s og 2.400 l/s) i drift samtidigt. Der er både set på den nuværende situation direkte på baggrund af de målte data og på klimafremskrevne data til år 2050.

Det er i analysen fundet, at der ikke er en korrelation mellem en højvandshændelse og en høj vandføring (over 3600 l/s). De estimerede returperioder kan ses i Tabel 3-4.

**Tabel 3-4: Returperiode for sammenfald af hændelser.**

| Situation                                                   | Returperiode ved nuværende forhold | Returperiode ved klimafremskrevne data (år 2050) |
|-------------------------------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------------------|
| Højvandshændelse ( $>+0,9$ m) og vandføring i å $>3600$ l/s | 675 år                             | 169 år                                           |

Returperioden af et sammenfald af en højvandshændelse ( $>+0,9$  m) og stor vandføring i åen (over 3.600 l/s) er ved nuværende forhold 675 år, mens den for de klimafremskrevne data, der repræsenterer forholdene i år 2050, er 169 år.

Det anbefales konservativt at benytte 169 år som returperiode for sammenfald mellem en stor vandføring i åen og en højvandshændelse i fjorden.

Da der inden for anlæggets levetid på 50 år er lav sandsynlighed for korrelation (sammenfald) mellem højvande i fjorden og stor vandføring i åen (>3.600 l/s), har Bygherren valgt, at pumpestationen inkl. pumper skal dimensioneres for en vandføring på 6000 l/s uden klimatillæg.

Dette valg begrundes med, at der i år 2050 vil være lav sandsynlighed for at skulle pumpe den klimafremskrevne 50-års vandføring på 8.600 l/s.

Pumpestationen bliver udstyret med en reservepumpe på 2.400 l/s, således er kapaciteten  $1.200 + 2 \times 2.400 = 6.000$  l/s plus en reservepumpe på 2.400 l/s. Maks. Kapacitet er dermed  $6.000 + 2.400 = 8.400$  l/s.

Den valgte dimensionerende vandføring i åen svarer til en 50-årshændelse uden klimatillæg.

Det forventes, at det indenfor ca. 50 år bliver nødvendigt med en udskiftning af pumperne. Ved denne kommende udskiftning kan pumperne opgraderes til en større ydelse, hvis det anses at være nødvendigt på grund af klimafremskrivninger eller erfaringer samlet ved drift af det samlede kystbeskyttelses anlæg.

#### 3.4.3 Oversvømmelsesscenarioer

For at vurdere oversvømmelsesomfanget ved givne niveauer for lukning af slusen, hvor pumpestationen så efterfølgende fastholder dette niveau, er der udført en række modelleringer, som er beskrevet og afrapporteret i ref. /11/. I modelleringerne er højde og placering af østdiget, som angivet i ref. /1/, bibeholdt.

På baggrund af de gennemførte modelleringer anbefales det, at slusen lukkes ved kote +1,0, hvor antallet af lukninger af slusen jf. Tabel 8-1 i afsnit 8 statistisk vil være begrænset til færre end 3 gange per år med de nuværende forhold og færre end 10 lukninger per år i år 2050.

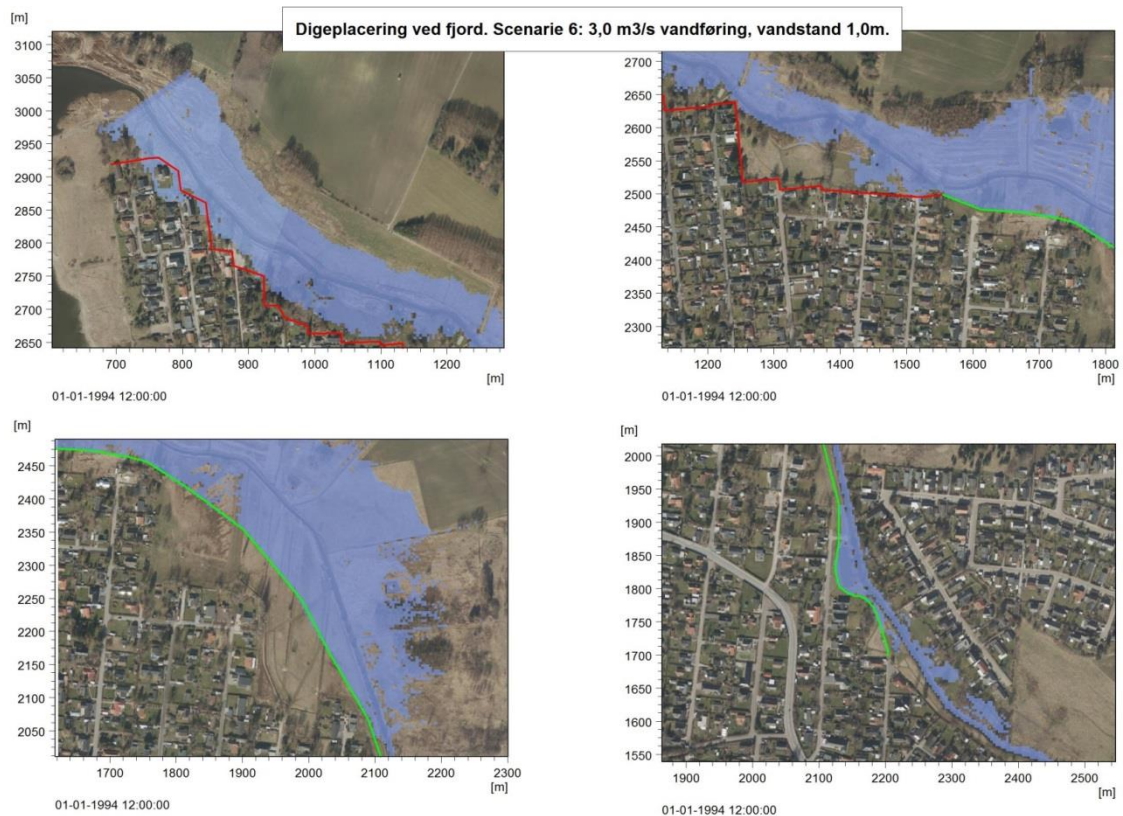
En lukning ved kote +1,0 vil betyde, at der er enkelte nedstrøms matrikler, hvor vandet kommer tæt på bebyggelse, og medmindre man gør noget for at imødegå det, vil en enkelt bygning endda blive omringet af vand.

Selve bygningen bliver dog ikke oversvømmet, da denne ligger højere end kote +1,0, hvorfor det anbefales, at denne matrikel sikres særskilt som en del af projektet.

Ved høje vandføringer viser scenarierne endvidere, at grundene i Egedal Kommune, der ligger op til Værebros Å vil blive påvirket af vand. Ingen bygninger ser dog ud til at blive oversvømmet i nogen af scenarierne.

Da østdiget kun i meget begrænset omfang har en effekt på vandstanden i den opstrøms del af området, vurderes det, at samme situation vil opstå med eksisterende forhold ved samtidigt indtræffende høj vandstand i fjorden og høj vandføring.

Ved det foreslåede projekt kan nedstrøms vandstand ikke overstige lukkeniveauet, hvorfor også bebyggelsen i Egedal Kommune sikres mod de ekstreme vandstande.



**Figur 3-1: Illustration af oversvømmede områder ved vandføring 3000 l/s og vandstand 1,0 m fra en tidligere modellering med østdigets tidligere placering. Den endelige placering af østdiget er vist på tegning JYLN-H-TX-1100, rev. 1**

I princippet kunne man vælge en lidt højere lukkekote ud fra beregningerne, idet der ikke ses at være væsentligt større arealer, der bliver oversvømmet ved kote 1,1, men der vil være flere områder, hvor vandstanden kommer til at ligge tæt på det maksimalt mulige, hvorfor dette ikke anbefales.

### 3.5 Jord og grundvand

I forbindelse med skitseprojektet udarbejdet af Orbicon er der udført en geoteknisk undersøgelse. Denne undersøgelse er, for at have tilstrækkeligt grundlag for en detailprojektering, blevet suppleret med en mere omfattende geoteknisk og hydrogeologisk undersøgelse.

De indledende undersøgelser (se ref. /7/) bestod af 10 geotekniske borerer ført til 6-12 m under terræn, hvoraf den ene af borererne er placeret i traceet for det fremtidige fjorddige, og de resterende er placeret langs Værebros Å, mens de supplerende undersøgelser (se ref./8/) bestod af 6 borerer ført 8-20 m under terræn samt 12 stk. CPT-sonderinger ført 4-16 m under terræn.

For at vurdere de grundvandsmæssige og hydrogeologiske forhold er der i alle borerer udført grundvandspejlinger, og som en del af den supplerende undersøgelse er der i udvalgte borerer udført slugtest, ligesom sigteanalyser er gennemført på udvalgte jordprøver.

For særligt at kunne vurdere forholdene omkring den fremtidige sluse og pumpestation er der yderligere udført pumpeforsøg i Boring 12, som er placeret tættest på disse fremtidige konstruktioner.

Der er kun udtaget jordprøver til miljøanalyser i boring B12, da der i det øvrige projektområde ikke skal graves jord af, men udelukkende lægges jord på. I B12 er der truffet tørv fra terræn til 0,7 meter. Herunder træffes gytje til 6,4 meters dybde og herefter vekslende lag af grus og silt.

Ved borearbejdet er der ikke konstateret tegn på forurening i form af lugt eller misfarvninger, men analyseresultaterne for indhold af kulbrinter, PAH'er og tungmetaller i de udvalgte jordprøver viser, at der i prøverne af tørvelaget er et højt indhold af kulbrinter svarende til klasse 4 jord.

Laboratoriet vurderer, at der er tale om kulbrinter, som ikke umiddelbart kan sammenlignes med et kendt olie- og tjæreprodukt. Der er blevet konkluderet, at der er i meget stor udstrækning tale om naturlige kulbrinter, og dermed ikke om en egentlig forurening, se ref. /20/.

I notatet (ref. /20/) vurderes det, at der på baggrund af de gennemførte undersøgelser og risikovurderingen anbefales, at mest muligt af den opgravede jord, herunder også den cementstabiliserede jord fra lerrender, drængrøfter og bygværker genindbygges som kernemateriale i det nye dige og på den måde nyttiggjort inden for projektet uden yderligere undersøgelser.

På Figur 3-2 fremgår placeringen af undersøgelsespunkterne.



**Figur 3-2: Placering af geotekniske borer og CPT-sonderinger. Røde og sorte markeringer er fra undersøgelser af rapporter i hhv. ref. /7/ og ref. /8/.**

### 3.5.1 Jordbundsforhold

I overensstemmelse med områdets dannelseshistorie er der i borerne i overordnede træk truffet gytje underlejret af sand og grus. Gytjeflejringerne tykkelse er størst i borerne placeret nærmest udløbet til Roskilde Fjord og aftager jo længere væk fra Værebros Å, borerne er placeret.



Der henvises til den geotekniske rapport (ref. /8/) for en mere udførlig beskrivelse af jordbundsforholdene.

### 3.5.2 Grundvand

Grundvandets niveau er ifm. den indledende og den supplerende geotekniske undersøgelse indmålt tæt på niveau med terræn. Det forventes at følge vandstanden i fjorden, med nogen forsinkelse og udjævning.

Der henvises til den geotekniske rapport (ref. /8/) for en mere udførlig beskrivelse af grundvandsforholdene, herunder også jordens permeabilitet, som er afgørende for afvandingen bag digerne.

## 3.6 Vand over, gennem og under diger.

Vandmængden, som kommer over fjorddiget ved bølgeoverskyl samt vandmængden, som kommer gennem og under digerne, er bestemt og afrapporteret i hhv. ref. /2/ og /10/.

Vandmængden under fjorddiget, fløjddiget og østdiget er, jf. ref. /10/ maksimalt hhv. 0,1 m<sup>3</sup>/t/m, 0,02 m<sup>3</sup>/t/m og 0,12 m<sup>3</sup>/t/m, hvilket svarer til 0,028 l/s/m, 0,01 l/s/m og 0,033 l/s/m.

For at kunne håndtere vandmængderne, der kommer under digerne i en højvandssituation, og for at undgå grundbrud samt at vand trænger op på indersiden af diget, skal grøfterne eller dræne på indersiden af digerne have kontakt til det vandførende sandlag og ikke være afskåret af ler- eller gytjelag.

Hvis dræne placeres i ler eller gytje med lav ledningsevne, er der generelt behov for aflastningsboringer, der skaber kontakt mellem dræn og sandlag.

### 3.6.1 Vand under fjorddiget

For fjorddiget forventes der, på baggrund af de supplerende geotekniske undersøgelser, at være god kontakt mellem det planlagte dræn og sandlaget på strækningen fra boring B14 til boring B18. Der vil ikke være behov for aflastningsboringer på denne del af fjorddiget.

For den sydlige del af fjorddiget findes der lokalt ved boring B1 og mellem boring B20 og CPT21 gytje til ca. 2 á 3 m.u.t. Strækningen med gytje B1 forventes at være ca. 50 m, mens strækningen mellem B20 og CPT21 forventes at være op mod 200 m lang.

Det understreges, at angivne strækninger med gytje under fjorddiget ikke kan bestemmes entydigt ud fra de eksisterende geotekniske oplysninger, hvorfor der kan forekomme afvigelser fra det estimerede.

Der vil for delstrækningerne med gytje være behov for, at grøften/drænet kommer så langt ned, at det får kontakt til sandlaget, der ligger under gytjen. Hvis dette ikke er muligt, eller hvis der bliver fundet større mægtighed af gytje i forbindelse med anlægsarbejdet, vil der være behov for udførelse af aflastningsboringer per maksimalt 22 m på disse delstrækninger.

I den nordlige del af fjorddiget nær boring B13 ligger der gytje ned til 3 m.u.t. Her vil der også være behov for at skabe kontakt til det underliggende sandlag med aflastningsboringer. Den forventede strækning med gytje under fjorddiget er ca. 50 m. Evt. aflastningsboringer skal udføres per maksimalt 16 m for denne strækning.

Evt. aflastningsboringer skal have en dybde på 5 m.u.t for at få en god kontakt til sandlaget.



Det vurderes, at der nær boring B13 er behov for omkring 3 stk. aflastningsboringer over 50 m. Tilsvarende skal der etableres 3 aflastningsboringer ved boring B1 og 8 aflastningsboringer ved boring B20 til CPT21, hvis der ikke kan skabes kontakt mellem dræn og sandlaget.

#### 3.6.2 Vand under fløjdiget

For fløjdiget vurderes det, jf. ref. /2/ og /10/, at der vil være en meget lille mængde vand hhv. over og under diget. Derfor vurderes det, at der ikke vil være behov for hverken afvandingsgrøft eller aflastningsboringer.

#### 3.6.3 Vand under østdiget

For østdiget forventes der, på baggrund af de eksisterende geotekniske undersøgelser, at være gytje i en tykkelse på 1,5 å 3,5 m.u.t i hele østdigets udstrækning.

Pga. den meget lille mængde vand under diget vurderes det, at der ikke vil være behov for aflastningsboringer.

#### 3.6.4 Vand over fjorddiget

Bølgeoverskyllet over fjorddiget er afhængig af digets geometri samt vandstanden og bølgeforholdene i Roskilde Fjord, som er behandlet i ref. /2//2/. Det maksimale bølgeoverskyl er bestemt til ca. 25 m<sup>3</sup>/t/m (7,0 l/s/m) ved en vandstand i fjorden i kote +2,36 svarende til Bodil-stormen plus 30 cm klimatillæg.

Med et bølgeoverskyl på 7 l/s/m ved en vandstand på +2,36 m er den i ref. /1/ foreslåede og i afsnit 5.1 beskrevne afvandingsløsning ikke tilstrækkelig. Derfor er det i samarbejde med Roskilde Kommune og Digelaget besluttet at dimensionere afvandingsystemet (grøfter og evt. aflastningsbrønde) bag fjorddiget for et bølgeoverskyl på ca. 2 l/s/m.

Dette svarer til, at grøftesystemet dimensioneres til at kunne håndtere vand over og under diget svarende til en vandstand i år 2050 på ca. +2,30 m.

### 3.7 Korrosionsforhold

Eftersom der ifm. slusen og pumpestationen skal etableres permanente stålsplunskonstruktioner, er korrosionsforholdene for disse vurderet. Undersøgelsen er afleveret i ref. /9/.

For sædvanlige jordarter bestemmes korrosionstillægget for splunsvægge typisk iht. EN 1993-5:2007, Eurocode, Piling, men for den aktuelle jordbund med et meget stort gytjelag er denne metode vurderet at være for grov/upræcis, og derfor er vurderingen af korrosionstillægget baseret på den mere detaljerede metode beskrevet i DIN 50 929.

Resultatet af undersøgelsen er, at der i gytjelaget forventes at være en betragtelig korrosion, og at der i overgangen mellem gytjen og den planlagte opfyldning ovenpå dette må forventes en særdeles stor korrosion af splunsen, såfremt denne ikke korrosionsbeskyttes.

Der henvises til det tekniske notat (ref. /9/) for en mere udførlig beskrivelse af korrosionsforholdene for splunsen, som også indeholder en beskrivelse af alternativer til at indregne de forventede korrosionsrater i splunsvægsdesignet.

## 4. DIGER

Stormflodssikringen mod Roskilde Fjord udgøres primært af et dige, der benævnes fjorddiget (nord-sydgående) og fløjddiget (vest-østgående).

Fløjddiget etableres på tværs af udmundingen af Værebros Å og sikrer sammen med spunsdæmning og sluse mod oversvømmelse fra forhøjet vandstand i fjorden.

Cirka 1000 m opstrøms Værebros Å's udmunding etableres der ligeledes et dige, kaldet østdiget. Østdiget skal sikre mod oversvømmelse af bebyggelser fra åen under en stormflod.

Fjorddiget, fløjddiget og østdiget er nærmere beskrevet i de følgende afsnit 4.1 til 4.3.

### 4.1 Fjorddige

Diget mod fjorden etableres som et ca. 700 meter langt fjorddige. Fjorddiget har en topkote i +2,4 m. Placeringen af fjorddiget fremgår af Figur 1-1 samt af tegning JYLN-H-TX-1110.

Diget etableres med en svag hældning mod Roskilde Fjord (1:8), så bølger kan løbe af på diget, og ikke forårsager væsentlige overskyl af diget, en stejlere hældning mod land (1:4) og med kro-n bredde på ca. 0,5 meter.

Generelt opbygges diget af en kerne af sand og en ydre lermembran. Lermembranen etableres for at tætte mod vandgennemtrængning ved højvande. Overfladen af diget dækkes med et muld-/vækstlag som grobund for græs. Græsset skal sikre, at diget ikke eroderer under påvirkning af vand både ved højvande og fra regn.

De øvre jordlag under det planlagte digetracé består stedvist af bløde tørv- og gytjelag. De bløde jordlag har stor indvirkning på styrken og stabiliteten af diget, som bliver mere og mere kritisk, jo dybere laget er.

For fjorddiget varierer dybden af de bløde lag, men forekommer i en tykkelse på op til ca. 3 m i den nordlige ende. For de områder, hvor lagtykkelsen er størst, er det nødvendigt at foretage jordforbedring for at sikre tilstrækkelig sikkerhed mod kollaps ved en stormflod.

Derfor foretages der jordstabilisering af det bløde jordlag til intakte bæredygtige jordlag. Af tegningsmaterialet fremgår det, hvilke strækninger der forventes udført med jordstabilisering. Jordstabilisering er nærmere beskrevet i afsnit 6.2.

Endvidere udføres der i områderne med blødt tørv og gytje en lerrende ved foden af digets forside (mod fjorden). Renden bygges sammen med membranen, og skal sikre mod vandindtrængning ved højvande i digets sandkerne mellem de bløde lag og membranen.

Tætheden er vigtig for at sikre mod kollaps af digets bagside under højvande.

Placeringen af områder med bløde jordlag fremgår af Figur 4-1. Områdernes udbredelse er estimeret ud fra tilgængelig information omkring jordbundsforholdene (geotekniske borer). Udbredelserne kan dog ikke bestemmes entydigt, hvorfor der er en vis usikkerhed forbundet med estimatet.

Det anbefales derfor, at der foretages prøvegravning for fjorddiget for fastlæggelse af de bløde jordlags udbredelse.

#### 4.1.1 Udførelse af fjorddige

Som nævnt forekommer der områder med bløde jordlag i det planlagte tracé for fjorddiget. Derfor udføres diget forskelligt afhængig af jordbundsforholdene.

Generelt forventes det, at diget kan anlægges uden inddragelse af yderligere arealer end arealet for det færdige dige og tilhørende grøfteareal på bagsiden af diget.

Det vil sige, at diget benyttes som kørevej for anlæggelsen af dette, men det vil være nødvendigt at tilgå det fra eksisterende veje og stier, samt vil der være behov for oplægning af muldjord i mile på forsiden af diget.

Ved anlæggelsen af diget kan det vise sig nødvendigt at arbejde på flere strækninger samtidigt som følge af de stedvise blødbundsområder.

##### Gode jordbundsforhold

Ved anlæg af fjorddiget på gode jordbundsforhold (sandaflejringer) fjernes det øverste jordlag (muldrag) 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. Når diget er anlagt, udlægges det øverste vækstlag, som grundlag for vegetation. Som vækstlag anvendes den afrømmede muld. Det skal dog sikres, at muldet er egnet. Viser det sig, at det ikke er genanvendeligt, skal det køres bort til jordhåndtering.

Udførelsestiden for fjorddiget ved gode jordbundsforhold forventes at være 3-5 måneder afhængig af den udførende entreprenørs prioriteter ift. udførelsen af de resterende delstrækninger af fjorddiget.

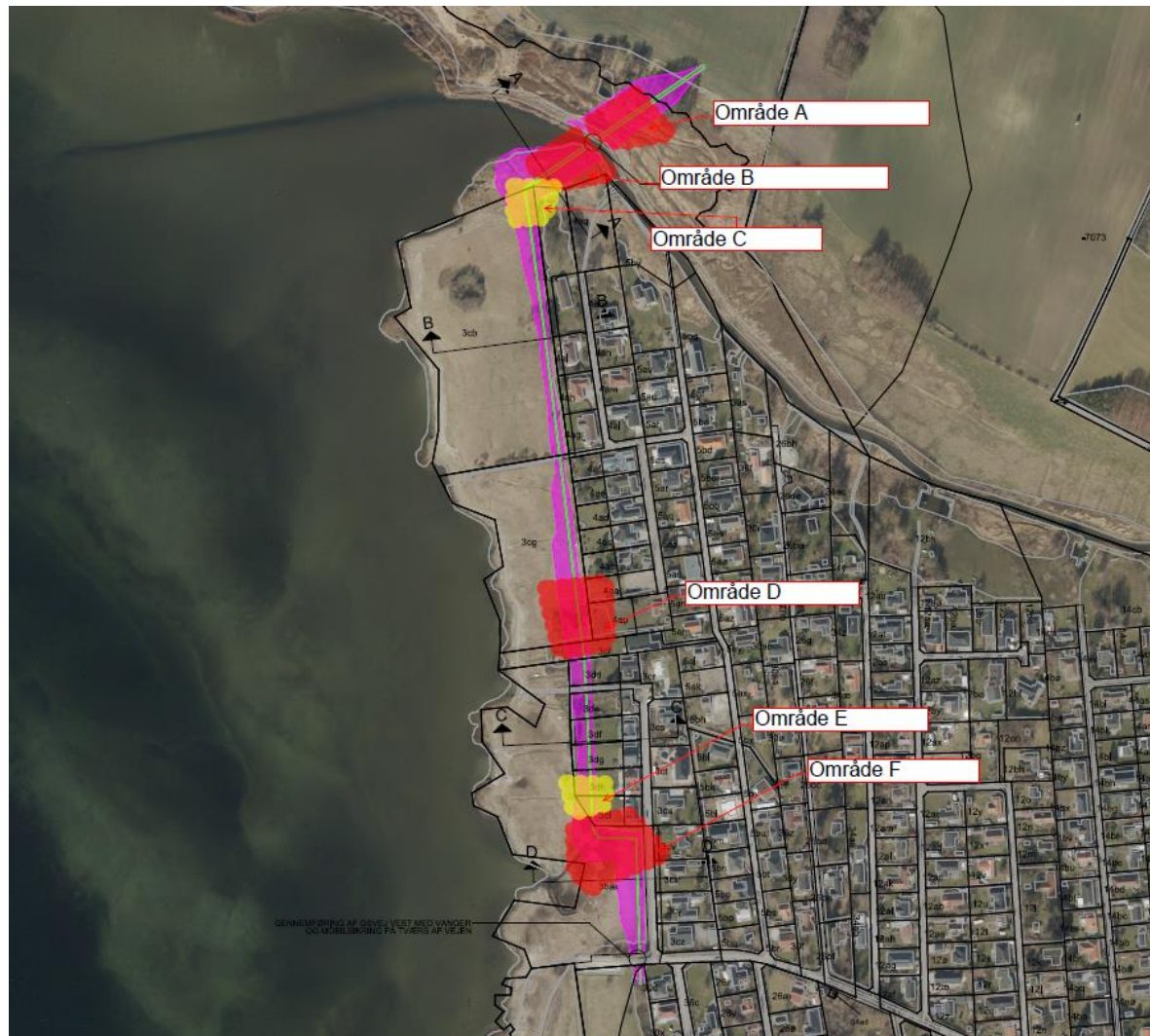
##### Dårlige jordbundsforhold

Indledningsvist skal der for de områder, hvor forholdene kræver det, udføres jordstabilisering af det intakte bløde jordlag til fuld dybde. Som forberedelse af området til jordstabilisering fjernes det øverste jordlag (muldrag) og rødde samt harvning af jorden.

Jordstabiliseringen udføres som søjle-stabilisering, der er nærmere beskrevet i afsnit 6.2. Efterfølgende udlægges en sandpude ovenpå en geotekstil for at forbelaste den stabiliserede gytje, således at styrken og sætningerne udvikles hurtigst muligt.

Efter udførelsen af jordstabiliseringen anlægges diget som beskrevet ovenfor, inkl. udførelse af lerrenden, der effektivt skal sikre et tæt dige.

Udførelsestiden for fjorddiget i områderne med dårlige jordbundsforhold forventes at være 5-8 måneder.



**Figur 4-1: Inddeling af fjord- og fløjddige i områder hvor der forekommer større aflejringer af bløde jordlag.**

#### 4.2 Fløjddige

I forlængelse af fjorddiget mod nord etableres et dige, som sammen med spunsdæmning og sluse (se afsnit 6) udgør stormflodssikringen mod Roskilde Fjord på tværs af Værebros Å's udmunding. På den nordlige side af Værebros Å bygges diget sammen med eksisterende terræn (bakke).

Digerne på begge sider af sluse og spunsdæmning kaldes tilsammen fløjddiget. Udstrækningen er ca. 50 meter syd for åen og ca. 100 meter nord for åen. Placeringen af fjorddiget fremgår af Figur 1-1 samt af tegning JYLN-H-TX-1110.

Digerne etableres med et skråningsanlæg på 1:7 mod fjorden og 1:5 mod land. Fløjddiget får en kronebredde på 3 m og en sikringskote (topkote) i +3,0 m jf. ref. /1/.

Opbygning af diget er generelt som for fjorddiget: sandkerne med lermembran og vækstlag. Dog planlægges diget i området omkring slusen beskyttet af sten i stedet for vækstlaget, hvilket skyldes, at bølgepåvirkningen er mere udpræget på denne strækning.

Ydermere etableres der på det sydlige dige en sti op til toppen af fløjddiget.

Som for visse strækninger af fjorddiget anlægges størstedelen forventeligt på et meget blødt gytjelag med en tykkelse på op til 4-6 m i grænsefladen til spunsdæmningen. Som for fjorddiget er

det derfor nødvendigt at foretage jordstabilisering af den intakte gytje for at give diget tilstrækkeligt gode funderingsforhold.

Placeringen af områderne nord og syd for slusen med bløde jordlag fremgår af Figur 4-1. I modsætning til fjorddiget kan udbredelsen af det bløde jordlag estimeres med tilstrækkelig sikkerhed, hvorfor det ikke vurderes nødvendigt at udføre prøvegravning.

#### 4.2.1 Udførelse af fløjddige

Generelt anlægges fløjddiget efter samme principper som anlæg af fjorddiget (se afsnit 4.1.1). Afvigelser fra dette er angivet i nedenstående.

Adgang til arbejdsområdet sker fra området for anlæg af spunsdæmning og sluse m.m., se afsnit 6.

##### Gode jordbundsforhold

Gode jordbundsforhold forekommer kun for det nordlige fløjddige. Udførelse som fjorddiget.

Fløjddiget forventes at kunne udføres på 3 måneder efter afsluttet jordstabilisering og spunsning i området.

##### Dårlige jordbundsforhold

Udførelse generelt som for fjorddiget.

For fløjddiget placeret på bløde jordlag skal der helt generelt udføres jordstabilisering af de intakte bløde jordlag til fuld dybde. Jordstabiliseringen udføres som søjle-stabilisering, der er nærmere beskrevet i afsnit 6.2.

Udførelsestiden for fløjddiget i områderne med dårlige jordbundsforhold forventes at være 5-8 måneder.

### 4.3 Østdige

Østdiget er et ca. 1500 m langt jorddige, som etableres med topkote i +1,5 m og en kronebredde på 2 m. Mod åen udføres det med en hældning på 1:5 á 1:10 og mod boligområdet med hældning 1:2 á 1:4. Diget forløber fra Birkevej i øst til mellem Lærkevej og Fasanvænget mod vest.

Terrænet i området ved østdiget ligger i kote +0,5 m til +1,0 m, med hovedparten, ca. 85 %, af strækningen i kote +1,0 m, så diget har en begrænset højde på ca. 0,5 til 1,0 m. Diget har således en maksimal bredde på ca. 10 meter, de steder hvor det er højst.

Placeringen af østdiget fremgår af Figur 1-1 samt af tegning JYLN-H-TX-1112, og tværsnit af østdiget fremgår af tegning JYLN-H-TH-5202.

Diget opbygges på hele strækningen af lerfyld som kernemateriale. I modsætning til fjorddiget og fløjddiget er der ikke bygget sand ind i kernen, da mængden af sand ville være meget begrænset.

Lerkernen / diget afsluttes med et muld-/vækstlag som grobund for græs, og for dette anvendes der delvist jord fra opgravning af grøfter.

Generelt anlægges diget med overhøjde som varierer med digets højde. Dette for at tage hensyn til forventede sætninger af diget, som skyldes bløde jordlag på op til 3,5 m i dybden.

På trods af østdigets udførelse på bløde jordlag i dybder på op til 3,5 m har beregninger vist, at det ikke er nødvendigt at udføre jordstabilisering, hvilket skyldes digets beskedne højde, og det faktum, at der ikke udlægges watertubes.

I 2018 og 2019 har grundejerne udført et midlertidigt beredskabstracé, jf. ref. /21/og /22/og /23/. Tracéet er placeret på baggrund af det foreliggende tegningsmateriale.

Beredskabstracéet er blevet udført sådant, at der kan udlægges watertubes og derfor kan beredskabstracéet enkelte steder afvige fra østdigets linjeføring, som er vist og beskrevet i denne projektbeskrivelse.

#### 4.3.1 Udførelse af Østdige

Udførelsen af østdiget følger i hovedtræk udførelsen af fjorddiget ved "dårlige jordbundsforhold", dog uden at der udføres jordstabilisering. Adgang for udførelse af diget foretages fra eksisterende veje og via markerne.

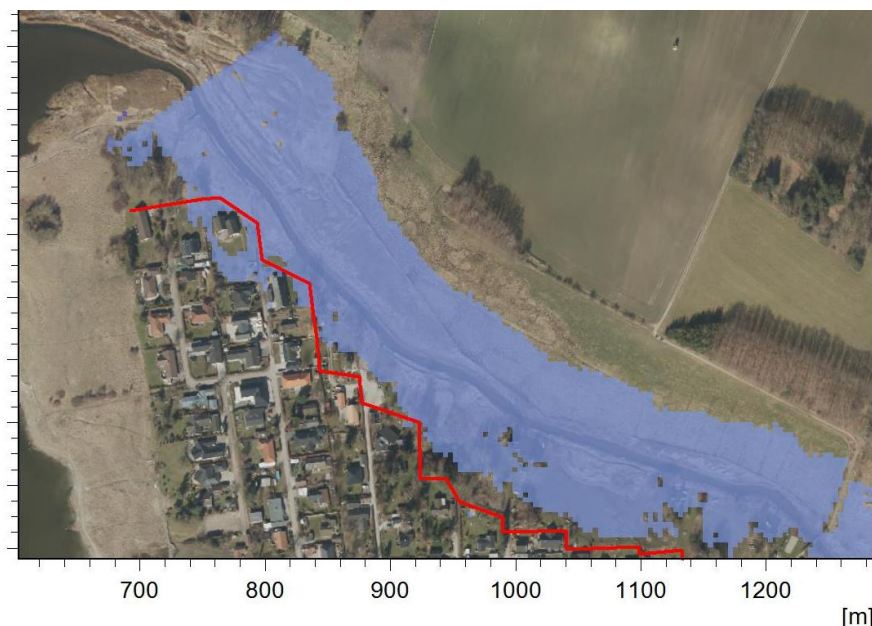
Ved anlæg af diget undlades det at fjerne det øvre muldlag. Det skyldes, at rodnettet i muldet giver det øverste lag en smule styrke, der kan være med til at forbedre forholdene for kørsel med tungt materiel.

Det er dog bestemt ikke sikkert, at rodnettet er tilstrækkeligt, hvorfor det kan vise sig nødvendigt at udlægge en sandpude, evt. forstærket med et geonet, eller køreplader.

Udførelsen forventes at kunne udføres på 3 – 6 måneder.

#### 4.4 Forhøjning af terræn ved bebyggelse

Som nævnt i afsnit 3.4.3 viser modelkørsler, at en lukning af slusen ved kote +1,0 m ikke vil sikre mod oversvømmelser af havearealer opstrøms slusen, og på Svanevænget 43 vil huset blive omringet af vand. Dette fremgår af Figur 4-2, som viser omfanget af oversvømmelserne ved vandstand i kote +1,0 m.

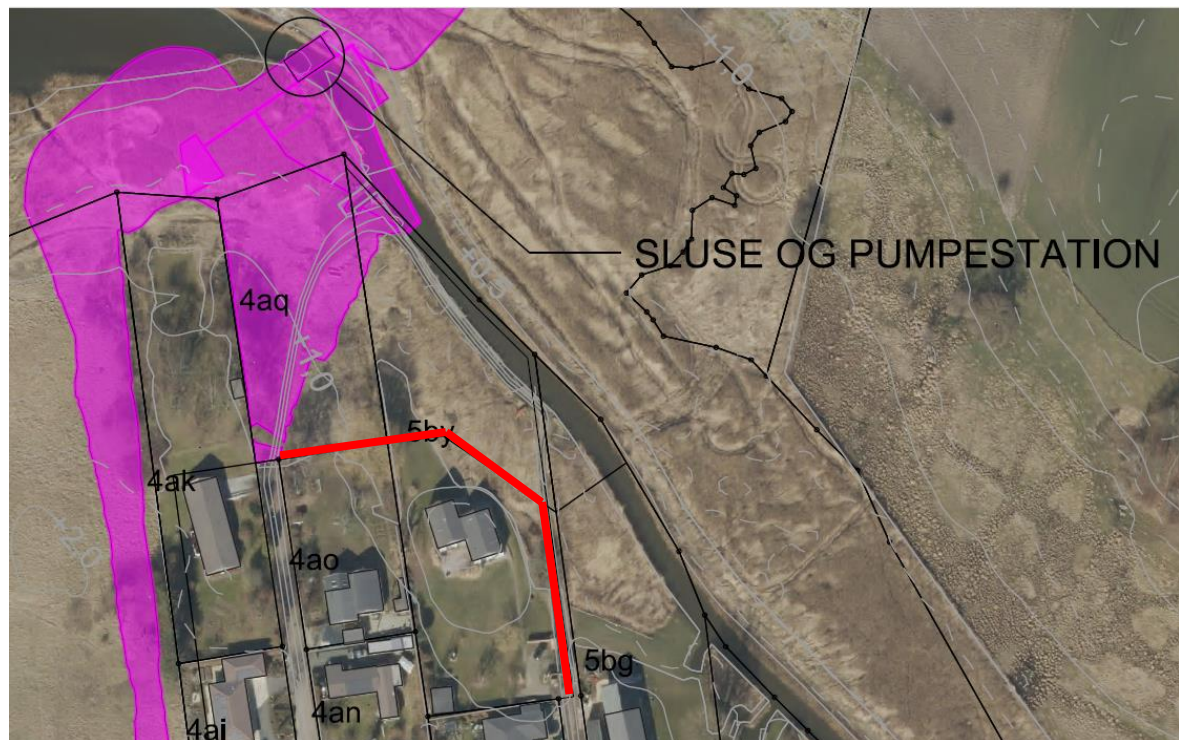


**Figur 4-2: Oversvømmelse af haver ved vandstand +1,0 i Værebros Å.**

For at undgå oversvømmelse af Svanevænget 43, foreslås der etableret en lokal forhøjning af terrænet eller et lavt dige som vist på Figur 4-3, således at den ellers forventelige oversvømmelse omkring bebyggelsen undgås.



Udførelsen af forhøjningen forventes udført med enten cementstabiliseret gytje fra udgravninger ved slusen eller lerfyld til kote +1,25 m. Diget afsluttes med et vækstlag.



**Figur 4-3: Forslag til tracé (rød streg) for lokal sikring af Svanevænget 43 ved vandstand +1,0 i åen.**

Som følge af den forøgede belastning fra anlæggelsen af forhøjningen/diget, selvom den er beskeden, forventes der store sætninger pga. af et dybt, op til 8 m jf. boring B2, og blødt gytjelag.

De totale sætninger, 0,5 til 1,8 m, vil først være aftaget flere år efter udførelsen.

Derfor udføres diget med en overhøjde til kote +1,5 m. Det vil efterfølgende være nødvendigt at fylde yderligere materialer på diget, ind til sætninger er overstået, og diget har en topkote på +1,25. Efter sætningerne er overstået, rettes diget af, og der udlægges vækstlag og sås græs.

Diget kan ikke udføres med overhøjde svarende til den totale sætning, da diget så vil kollapse som følge af brud i den underliggende gytje.

## 5. AFVANDING

### 5.1 Afvanding bag fjorddige

I højvandssituationer vil vand fra bølgeoverskyl samt vand, som kommer under digerne, skulle håndteres.

Som nævnt i afsnit 3.6 er det konstateret, at det i ref. /1/ beskrevne afvandingssystem for fjorddiget ikke er tilstrækkeligt til at håndtere de store bølgeoverskyl (7,0 l/s/m), som kan forventes ved en Bodilhændelse med klimatillæg på vandstanden.

I nærværende rapport er der jf. aftale med Roskilde Kommune og Digelaget valgt at dimensionere afvandingssystemet bag fjorddiget for en samlet vandmængde på 2,0 l/s/m. Vandmængden svarer til et bølgeoverskyl for et vandspejl i ca. kote +2,3 m.

Vandmængderne under diget er så små, at de ikke vurderes ift. afvandingssystemets kapacitet.

Det er ligeledes aftalt, at under en stormflodshændelse skal afvandingssystemet bag fjorddiget kun kunne håndtere vandmængder fra bølgeoverskyl og vand, der strømmer under diget – totalt 2,0 l/s/m – og ikke regnvand.

Der gøres i den sammenhæng opmærksom på, at et bølgeoverskyl på 2,0 l/s/m kun vil forekomme sjældent og under ekstreme stormflodshændelser. Eventuelt regnvand under en stormflodshændelse samtidigt med maksimalt bølgeoverskyl vil derfor opstuve bag ved fjorddiget.

Det anbefales derfor, at der i beredskabsplanen indarbejdes, at dykpumper skal kunne mobiliseres under en stormflodshændelse, hvis der forekommer større mængder regnvand.

Alternativt kan der lægges sandsække ud på digets krone for at begrænse bølgeoverskyllet, og dermed have bedre kapacitet i afvandingssystemet til regnvand.

#### 5.1.1 Langsgående afvanding

Til håndtering af vandet over og under diget ved stormflod etableres der et drænsystem langs digets fod på bagsiden. Drænsystemet udføres som en rørlagt grøft. Strækningen med rørlagt grøft fremgår af tegning JYLN-H-TF-6050 og 6051.

Drænsystemet udføres med et topslidset drænrør lagt i grøft fyldt med filtergrus. Anvendelse af drænrøret sikrer hurtig vandtransport.

Det bemærkes, at der ikke planlægges anvendelse af åbne (traditionelle) grøfter. På grund af grøfternes placering umiddelbart bag diget vil digerne kollapse/bryde under en stormflodshændelse, hvis der udføres åbne grøfter.

I de bløde jordbundsforhold vil en åben grøft reducere digernes styrke og stabilitet betragteligt, og det vil derfor være påkrævet at foretage yderligere jordstabilisering end angivet i afsnit 4.1.

I de gode jordbundsforhold (sand) vil en åben grøft formentlig over tid blive skyllet bort som følge af vandet, der strømmer under diget og direkte ind i grøften, hvilket igen vil kunne give kollaps af diget. Derfor er det nødvendigt/anbefalet at udføre grøfterne fyldt med filtergrus.

Hvor diget placeres i eksisterende haver udføres grøfte- og drænsystemet med græsarmeringssten på oversiden, således at grundejerne undgår filtergrus som afslutning på grøften i deres haver.

Tværsnit af grøfterne fremgår af tegning JYLN-H-TF-6100.

I grøfte- og drænsystemet bortledes vandet primært ved forskelle i potentiale til fire dybdepunkter, hvorfra det under en stormflodshændelse pumpes direkte ud i fjorden.

I den nordlige ende af fjorddiget ledes det dog til Værebros Å i en gravitationsledning med udløb i sedimentationsbassinet. Herfra pumpes det ud i fjorden sammen med vandet i åen. Pumpebrønde for udpumpningen er nærmere beskrevet i efterfølgende afsnit.

Under normalsituationen (altså ikke ved stormflod) er ovenstående afvandingsgrøfter designet til at kunne håndtere en 5-års regnhændelse fra afstrømning af regnvand fra bagvedliggende haver. Området som indgår i regnhændelsen er vist på Figur 5-1.



**Figur 5-1: Område (rødt) som indgår i beregning af afstrømning af regnvand fra en 5-års hændelse.**

#### 5.1.2 Pumpebrønde ved fjorddiget

Der placeres i alt 3 stk. pumpebrønde langs med fjorddiget. Den ene placeres ved eksisterende Råmosegrøft.

De to øvrige placeres på strandengen udfor Lærkevænget og Marskvænget. For pumpebrøndene skal der etableres rørgennemføring af diget, udløbsbrønd og udløbsgrøft. Udløbsgrøften udføres som en åben grøft.

Placering af pumpebrønde fremgår af tegning JYLN-H-TF-6050 og 6051 og detaljer af disse på tegning JYLN-H-TF-6101 og 6102.

#### Konstruktion

Pumpebrønd udføres som præfabrikeret Ø3,0 m brønd i beton med fornøden opdriftssikring.

I umiddelbar nærhed af pumpebrønden etableres tre præfabrikerede ventilbrønde med fornøden opdriftssikring samt en præfabrikeret udløbsbrønd på ydersiden af diget. Alle brønde udføres i beton.

Brøndene udstyres med lette alu-dæksler for adgang og løft af pumper.

#### Installationer

Pumpebrønd udstyres med to stk. centrifugalpumper hver med ydelse 225 l/s. Der installeres ikke reservekapacitet.

Pumperne er dykkede pumper på koblingsfod med guiderør for ophejsning. Pumpernes trykrør udføres som PE-rør.

Sikring mod tilbageløb udgøres af kontra- og afspærringsventiler på trykrørene samt udløbsledning, som tillader afvanding til fjorden ved gravitation og hindrer tilbageløb ved højvande i fjorden.

#### 5.1.3 Forsyning og styring for pumpebrønde

El-forsyning af pumpebrønde udføres med direkte måling tilsluttet el-nettet ved nærmeste kabelskab ved vej eller alternativt fra teknikbygning ved slusen.

Kravet til strømforsyning vil være ca. 80A per pumpebrønd.

Styring og el-tavle for hver pumpebrønd placeres på dækslet af pumpestationen i et ABB flexline skab e.l.

Der etableres afregningsmåler, motorstyringer, kontrolsystem og GSM alarmsystem til overførsel af fejlsignaler fra pumpen.

Det er forudsat, at der installeres en simpel styring af pumper i forhold til niveau i brøndene.

Pumpestation forsynes med simpelt anlæg, der afsender sms-alarmer ved fejl eller højt niveau m.fl.

Alternativt kan der udføres egentlig datakommunikation mellem pumpestation og hovedstation (HS) for fjernstyring og fjernovervågning via fibernet eller trådløs dataoverførsel.

#### 5.1.4 Aflastningsbrønde

Under dele af fjorddiget, se afsnit 4.1, forhindrer en tyk gytjeformation understrømmende vand i at trænge op i grøften.

For at skabe hydraulisk forbindelse til grøftesystemet, for at undgå grundbrud af jorden, etableres der langs de dele af grøftesystemet, som er placeret i gytjeaflejringer, en række aflastningsboringer.

I afsnit 3.6 er der henvist til, at grøfterne i stedet kan udføres, så der skabes kontakt til sandlagene, der ligger under gytjen. Dette vurderes dog ikke muligt, da underside af gytje er mellem 2-3 m under terræn. Derfor udføres der, som angivet i afsnit 3.6, aflastningsboringer på tre delstrækninger. Placeringen af disse fremgår aftegning JYLN-H-TF-6050 og 6051.

#### 5.1.5 Udførelse af afvandingssystem

I forhold til grøfterne bemærkes det, at der generelt skal foretages terrænreguleringer, så afløbsforholdene bliver jævne. De rørlagte grøfter skal udføres med en hældning på minimum 1-2 ‰ mod pumpebrøndene.

Drænrørene for de rørlagte grøfter placeres med bundløb i en dybde på 1,0-1,5 m under terræn. Omkring rørene udlægges der filtergrus, som "pakkes" ind i geotekstil. Ovenpå geotekstilen lægges der igen filtergrus, som i haverne forventes afsluttet med græsarmeringssten eller anden form for permeabel afslutning.

Filtergruset vil lede vandet til drænet. Da drænet placeres omkring grundvandsspejlet, udføres det som et topslidset rør for at minimere lokal grundvandssænkning. Hvis der udlægges muld

ovenpå det vandførende filtergrus, vil nedsivningen reduceres væsentligt, hvilket kan resultere i oversvømmelse af haver.

Drænrørene føres ind i pumpebrøndene.

Aflastningsboringerne udføres, så de afvander direkte til grøften eller terræn umiddelbart op af grøften.

Pumpebrøndene udføres i en fri udgravning og forventes at kunne udføres uden grundvands-sænkning men blot med simpel tørholdelse.

Mod fjorden kan den opgravede jord anvendes til at lave et midlertidigt dige, som sikrer mod mindre oversvømmelser. De præfabrikerede pumpebrønde løftes med kran ned i udgravningen og tilsluttes til- og udløbsledninger.

I udløbsbrønden/-bygværket udføres der en udsparring for isætning af midlertidig plade, så kontraktapper kan efterses og vedligeholdes uden opstuvning af fjordvand.

#### 5.1.6 Omlægning af eksisterende ledninger

##### Råmosegrøften

Fjorddiget vil endvidere blive etableret på tværs af Råmosegrøftens udløb. Det er planlagt, at Råmosegrøften tilsluttes den nye pumpebrønd, således at der kan undlades en ekstra gennemføring af diget.

Den eksisterende grøft udenfor den rørlagte del af Råmosegrøften udvides, så den kan håndtere den øgede vandmængde.

##### Vandledning mellem Strandvænget og Marskvænget

Mellem Strandvænget og Marskvænget ligger der en vandledning på strandengen. Placeringen fremgår af Figur 5-2. Fjorddiget kommer til at ligge ovenpå denne. Det er dog bekræftet af Nordmarken Vand at denne ledning ingen funktion har, og denne efterlades under diget, og fjernes kun i nødvendigt omfang.





Figur 5-2: Placering af vandledning på strandengen.

## 5.2 Afvanding bag fløjddige

Vandmængden fra bølgeoverskyl over fløjddiget samt vandmængden under dette vil være stærkt begrænset, hvorfor der ikke planlægges udførelse af afvandingssystem bag fløjddiget.

For det sydlige fløjddige vil regnvand hhv. vand under diget naturligt blive ledt til afvandingsgrøften ved fjorddiget, og dermed ud i åen, eller blive ledt direkte ud i åen ved afstrømning på terræn.

For det nordlige fløjddige sørger eksisterende terrænforhold for, at regnvand også afstrømmer på terræn direkte til åen.

## 5.3 Afvanding bag Østdige

Ved Østdiget forventes der ingen vand hhv. over og gennem diget, da den dimensionerende vandstand ved stormflod maksimalt er i kote +1,2 m, som følge af sluselukningen, og de øvre jordlag og diget er impermeable.

### 5.3.1 Håndtering af regnvand bag østdiget

For håndtering af regnvand bag østdiget etableres der et grøftesystem. Systemet består af en langsgående baggrøft, som på hele strækningen er forbundet, således at tilstrømmende vand kan fordele sig i hele dens længde.

Baggrøften ligger helt op mod boligområdet. Baggrøften opsamler regnvand, som under nuværende forhold afstrømmer mod åen på terræn eller i de øvre jordlag. Baggrøften er forbundet med åen af i alt 8 udløbsgrøfter.

Eksisterende grøfter på engene indgår i det nye grøftesystem, både som baggrøft og udløbsgrøfter. Grøftesystemet bag østdiget fremgår af tegning JYLN-H-TH-5020 - 5023.



Grøftesystemet udføres primært som åbne (traditionelle) grøfter. Enkelte strækninger udføres dog med rørlagte grøfter, hvilket skyldes deres placering umiddelbart bag diget, og dermed risiko for kollaps af diget ved højvandstand i åen. Tværsnit af grøfterne fremgår af tegning JYLN-H-TF-6110.

Eftersom østdiget etableres på tværs af udløbsgrøfterne, foretages der rørlægning af disse ved gennemføring af diget. Ved rørgennemføringerne etableres der kontrasklapper, som lukker ved højvande i åen.

Under normale forhold bortledes regnvand i grøfte- og drænsystemet alene ved forskelle i potentiale til udløbsgrøfterne, hvorfra det løber ud i åen. Ved høj vandstand i åen er der ingen udledning af regnvand bag østdiget pga. de lukkede kontrasklapper.

I denne situation skal regnvandet pumpes ud i åen. Pumpebrønde, pumper, trykledninger m.m. er ikke indeholdt i projektet, da det skal håndteres af andre.

Grøftesystemet er udformet således, at det på sigt kan indgå i planerne for regnvandshåndteringen af boligområdet mellem Birkevej og Lærkevej.

#### 5.3.2 Udførelse af regnvandssystem

De åbne grøfter udføres som vist på tegning JYLN-H-TH-5020 – 5023. De rørlagte grøfter udføres generelt som for fjorddiget.

Samtlige grøfter udføres med en bundkote i 0,0 m.

Opgravet materiale for grøfterne planlægges nyttiggjort ved oplægning på diget.

Eksisterende grøfter oprensnes, så de får tilstrækkelig kapacitet.

## 6. ANLÆGSKONSTRUKTIONER

Ved Værebros Ås udløb i Roskilde Fjord skal der etableres vandstandskontrollerende sluser, der lukker, når vandstanden stiger til over en fastlagt kote, der er bestemt til +1,0 m.

Sluserne åbner igen, når vandstanden i fjorden falder til under kote +0,50 m. Slusen indbygges imellem to cellefangdæmninger bestående af gensidigt forankrede spunsvægge, der afsluttes mod hhv. det sydlige og nordlige fløjdige.

I nærværende beskrivelse benævnes spunscellefangdæmningen blot spunsdæmning.

I forbindelse med sluserne etableres en pumpestation, der ved en stormflodssituation skal pumpe bagvandet fra åen ud i Roskilde Fjord.

Pumpestationen inkl. pumper er beskrevet i afsnit 7.

For pumpestationen skal der etableres en byggegrube, hvori pumpestationen kan installeres.

Sikringsniveauet fra fløjdiget i kote +3,0 m fortsættes ud over spunsdæmningen nord og syd for slusen, som etableres i det nuværende åløb.

Konstruktionerne kan inddeles i følgende elementer/dele:

- Sluse
- Spunsdæmning, inkl. byggegrube for sluse
- Byggegrube for pumpestation
- Sedimentationsbassin
- Gangbro
- Teknikbygning

Konstruktionerne er overordnet beskrevet/vist på tegningerne indeholdt i tegningsserien 4000. Oversigtstegning for konstruktionerne er vist på tegning JYLN-H-TX-1120.

Etablering af spunsdæmning, sluse og pumpestation sker efter en midlertidig omlægning af Værebros Å syd om spunsdæmningens fremtidige placering.

Alle arbejder for anlægskonstruktionerne m.m. samt nordlige fløjdige udføres med adgangsforhold fra syd via eksisterende veje.

Der gøres opmærksom på, at der er tale om transport af tungt materiel og materialer for udførelsen.

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

Anlægskonstruktionerne herunder spunsdæmningen, byggegrube for pumpestation, øvrige spunsvægge m.m., samt sluserne, sedimentationsbassin, teknikbygning, omlægning af å m.m. er beskrevet i følgende afsnit.

### 6.1 Sluse

Slusen udføres som en dobbeltsluse bestående af to slusekamre placeret ved siden af hinanden. I hvert slusekammer er der to sidehængslede sluseporte.

Sluseportene åbnes og lukkes med hydrauliske stempler, men forberedes for manuel lukning med taljetræk, hydraulikhåndpumpe eller lignende til anvendelse i tilfælde af driftsvigt af hydrauliske stempler. Løsningen udarbejdes ifm. hovedprojektet.

Konstruktionerne og sluseporte fremgår af tegningsserie 4000, specielt tegning JYLN-H-TH-4100 og -4110, hvortil der henvises.

#### 6.1.1 Betonkonstruktioner

Sluseportene monteres i et betontrug bestående af en bundplade, endevægge og en midtervæg. Midtervæggen adskiller de to slusekamre. Bundpladen pælefunderes for at sikre slusen mod sætninger.

Under betontrugets bundplade etableres der spunsvægge på både for- og bagside, som skal sikre mod vandgennemstrømning under slusen i brugsfasen, og fungere i fuld højde som byggegrubeindfatninger og tørholdelse i byggefasen.

På bunden af betontruget etableres en betonanslagsbjælke, som sluseportene slår ind mod, når disse er lukket. Bundpladen udføres i øvrigt med en overside i kote -1,6 m, ca. 0,5 m under sluseportene, således at aflejrede sedimenters/slam samt mindre genstande på trugets bundplade ikke hindrer portene i at lukke.

#### 6.1.2 Sluseporte

Sluseportene udføres i sort stål for at sikre et udtryk svarende til spunsdæmningerne. Der tages hensyn til korrosionen af stålet.

Lejerne og hængsler udføres, så portene er aftagelige i forbindelse med større renoveringer af sluseportene. Alle bevægelige dele udføres i rustfrie materialer.

Hvor portene slår an mod hinanden og anslagsbjælken, monteres der profiler af hårdt PE-materiale som sikre tilstrækkeligt tætte samlinger.

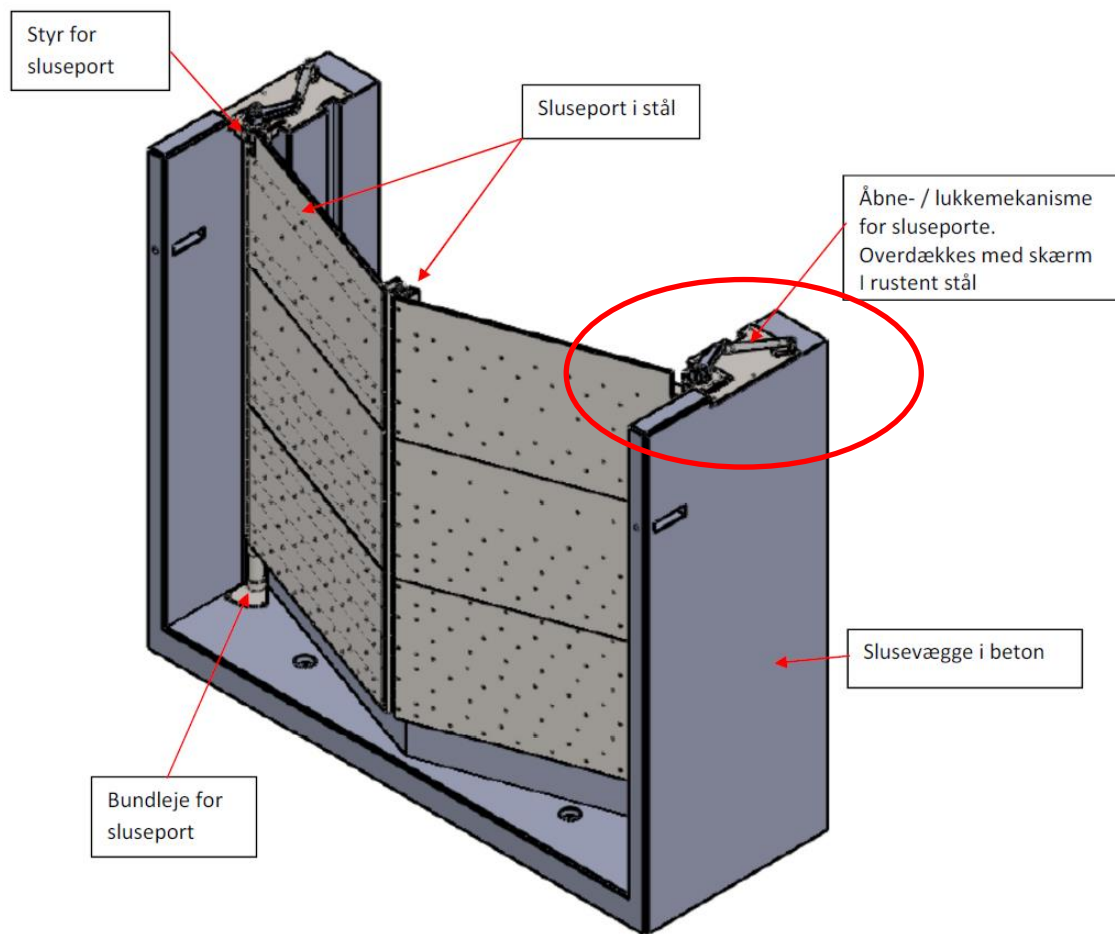
#### 6.1.3 Åbne- og lukkemekanisme

Sluseportene åbnes og lukkes vha. hydrauliske stempler. Disse er fastmonteret i toppen af betonvæggene. Hydraulisk stempler fremgår ikke af tegningerne for projektet, men placeringen fremgår af skitsen i Figur 6-1.

De hydrauliske stempler samt tandstang afdækkes for vind og vejr samt for uvedkommende.

Hydraulikpumpe for stemplerne planlægges placeret i et skab på spunsvæggen umiddelbart ved siden af pumpestationen, således at føringsvejen er begrænset. Elforsyningen af hydraulikpumpe sker fra bygningstavlen i teknikbygningen. Kabler føres i trækrør fra teknikbygning til hydraulikskab.

De hydrauliske stempler og andet eksponeret udstyr udføres i højeste miljøklasse.



**Figur 6-1: Skitse for placering af hydrauliske stempler.**

I betontrugets for- og bagside udføres der recesser, så der kan monteres et skot, så hvert enkelt slusekammer kan lukkes af for sig for eftersyn og vedligehold af sluseportene. Recesserne er ikke vist på tegningerne.

At slusen er udført som en dobbeltsluse, har nogle klare fordele for åen og brugerne af åen, da et slusekammer altid kan holdes åbent ved eftersyn og vedligeholdelse af portene. Det sikrer både afstrømning fra åen uden udpumpning, besejlingsforhold og fri vandring for fisk.

#### 6.1.4 Styring af sluse

Operation af slusen styres af en niveaumåler (vandstandsmåler), som er monteret i et rør på fjordsiden af sluseanlægget. Når vandstandsmåleren registrerer en vandstand i kote +1,0 m, sendes et signal til styringen, der aktiverer de hydraulisk stempler, og sluserne lukkes.

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

Sensorer monteret på hydrauliksystemet registrerer når slusen er hhv. lukket og åben.

## 6.2 Spunsdæmning

På begge sider af slusen etableres der spunsdæmninger, som består af to spunsvægge, der internt er forankret og afstivet med en stålkonstruktion.

Mod slusen sættes der en spunset tværvæg, som betonendevæggene støbes op imod. Spunsvæggene fungerer som afstivning for betontruget.

Spunsdæmningen afsluttes mod hhv. det sydlige og nordlige fløjdiget.

Spunsdæmningen fyldes op indvendigt med rent, komprimeret friktionsmateriale, som bygges ind oven på den stabiliserede gytje. Oversiden af spunsdæmningerne etableres i samme niveau som fløjdiget (+3,0m), og udføres med grusbelægning, således at de kan fungere som sti.

Bredden af spunsdæmningen er 6,5 m fra center-center af spunsvæggene. Bredden er bestemt ud fra krav til dennes styrke og stabilitet, samt sikring af adgangsforhold for service af pumpestation og sluse.

På spunsdæmningerne tillades der kun trafik af gående art samt Digelagets servicekøretøjer, der maksimalt må veje op til 3500 kg (total vægt).

#### 6.2.1 Jordstabilisering

Jordbundsforholdene ved spunsdæmningen, og for såvel også sluse og pumpestation, er domineret af et meget blødt lag af gytje med en tykkelse på op til 8 m.

Gytjelagets styrke- og stivhedsegenskaber er meget ringe, og det har vist sig, at det ikke er muligt at udføre en stabil spunsdæmning uden enten at indføre afstivende elementer (f.eks. i form af skråpæle) og/eller jordforbedring.

Gytjelaget er af en så ringe styrkemæssig karakter, at det må forventes, at udførelse med tungt materiel ikke er en mulighed, hvilket anlæggelse af de planlagte konstruktioner kræver. Derfor er det nødvendigt, at gytjen enten forbedres, eller at der anvendes andre konstruktive foranstaltninger.

Forskellige temporære metoder for at sikre adgang i området er undersøgt, herunder:

- udlægning af en sanddæmning,
- udlægning af en letfylds-dæmning,
- udlægning af geoceller (madrasser af geonet fyldt med sand),
- jordstabilisering af de øvre jordlag (2-3 m)
- jordudskiftning, og
- etablering af betonpæle, hvorpå der udlægges geonet og sandfyld for køreveje.

Ingen af disse løsninger vurderes dog at give tilstrækkelig sikkerhed for, at udførelsen kan lade sig gøre.

F.eks. vil der ved udlægning af en sanddæmning være stor risiko for, at dæmningen bryder/kollapser under indbygningen, og risikoen vil blot være endnu større, hvis tungt materiel til ramning af spunsvæggen køres ud på sanddæmningen.

I tillæg vil det som følge af de dybe bløde jordlag tage adskillige år at anlægge og tilfylde fløjdiger til at have en blivende topkote på +3,0 m, hvilket vil forlænge perioden for omlægning af åen betydeligt. Udførselstakten vil resultere i en lang tidslinje, før områdets beboere kan regne sig for sikre og have en stormflodssikring med det projekterede beskyttelsesniveau.

Endvidere giver ingen af ovenstående temporære løsninger nogen væsentlige bidrag til konstruktionernes styrke og stabilitet i den permanente fase, ej heller væsentlige formindskelser af sætningerne, hvorfor konstruktionerne vil skulle afstives med skråpæle og funderes på betonpæle.

Derfor er der i projektet valgt en robust og sikker metode til 1) at sikre sig adgang i området under udførelsen, og 2) at sikre konstruktionerne med tilstrækkelig bæreevne og mod store flytninger og sætninger.

Dette gøres ved at foretage jordstabilisering af den meget bløde gytje. Jordstabiliseringen foretages som en søjle-stabilisering.

En sådan søjle-stabilisering udføres af en gravemaskine med et specialfremstillet søjle-blandingsværktøj (mixer) monteret på gravearmen. Mixereren tillader indblæsning af cement og omrøring af jordvolumen.

Processen er forklaret i detaljer i afsnit 6.7.1. Søjle-stabilisering udføres ved, at maskinen forstærker jorden foran sig og herved skaber sin egen køredæmning. Jorden er stabiliseret tilstrækkeligt til tungt maskinel efter få døgn, og efter en måned er næsten alle sætninger afviklet.

Indblandingsrecepten, og hermed mængden af bindemiddel, bestemmes af forudgående laboratorieforsøg.

Laboratorieforsøgene udføres på prøver taget fra byggegrunden og giver et indledningsvist billede af, hvilke styrketilvækst man kan forvente i den stabiliserede jord.

Idet laboratorieforsøg foregår under ideelle betingelser, udføres der fuldskala testområder i feltet.

Styrkeprøvning af feltprøverne vil give et retvisende billede på den rette mængde indblanding og de forventelige styrke- og deformationsparametre af den stabiliserede jord.

#### 6.2.2 Udløbsrør gennem sydlig dæmning

Pumpestationen er placeret umiddelbart på landsiden af den sydlige spunsdæmning, og udløbsrørene fra pumpestationen passerer derfor igennem dæmningen.

Der henvises til tegning JYLN-H-TS-9201 for yderligere forklaring.

På fjordsiden af dæmningen føres udløbsrørene op gennem spunsdæmningen og afsluttes med en udløbskote over designvandspejlet for at sikre, at vand under en stormflod ikke løber tilbage i rørene.

Over rørene i spunsdæmningen etableres der et ristedæk, idet der ikke kan fyldes op omkring rørene, af hensyn til potentielle differensflytninger mellem spunsdæmning og pumpestation.

For at sikre, at rørene ikke påvirkes af dæmningens evt. horisontale flytninger, lægges rørene blot af på indfyldt materiale, og der etableres ristedækket for at sikre adgang henover rørene.

#### 6.2.3 Aptering

Samtlige spunsvægge afsluttes med en stålhammer. Hammer afsluttes 100 mm over fremtidigt terræn (belægninger).

Over pumpestationen udføres også et ristedæk, dels for at pumpestationen ikke er synlig fra spunsdæmning, og dels for at etablere en jævn flade for service af pumpestation. Der udføres dæksler i dækket, således adgang til pumper og risteværk sikres.

### 6.3 Byggegrube for pumpestation

Byggegruben til pumpestationen udføres med spunsvægge som for spunsdæmningerne. Byggegruben afstives midlertidigt internt, således at der kan foretages udgravning af byggegruben.



For placering af pumpestationen skal der støbes en betonbundplade i byggegruben. Bundpladen opdriftssikres med jordankre både for den midlertidige og permanente fase.

Opdriftsankre dimensioneres således, at disse og betonpladen kan anvendes til opdriftssikring af pumpestationen.

Efter etablering af betonpladen og placering og tilslutning af pumpestation m.m. skæres der et hul i forsiden af spunsen for etablering af indløb til pumpestation.

For etablering af pumpestationens bundplade foretages der grundvandssænkning.

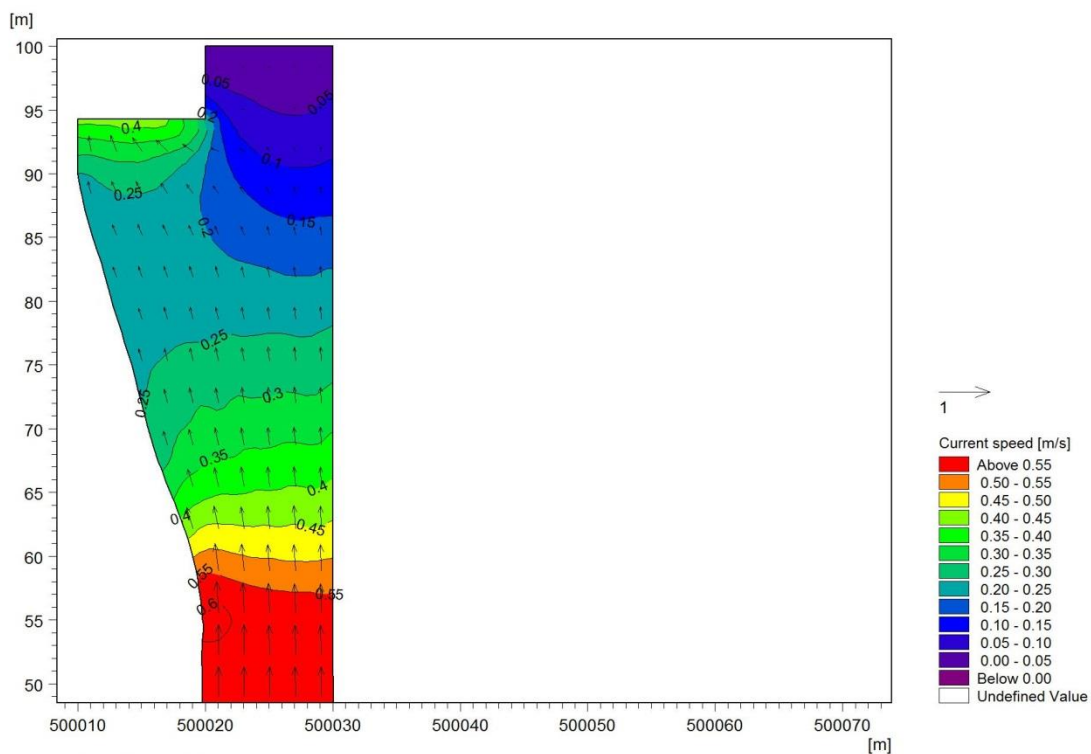
#### 6.4 Sedimentationsbassin

Umiddelbart foran pumpestationens indløb (opstrøms) etableres et sedimentationsbassin (sandfang), således 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 foretaget en modellering af vandhastighederne i sedimentationsbassinet for en stormflodssituation med maksimal afstrømning fra åen – lukket sluse og pumpning af 6000 l/s.

Som det fremgår af Figur 6-2 reduceres strømningshastighederne fra ca. 0,6 m/s i åløbet til under 0,3 m/s i bassinet. De hydrauliske beregninger er givet i ref. /17/.



Figur 6-2: Strømningshastigheder i sedimentationsbassinet ved lukket sluse og afstrømning på 6000 l/s.

#### 6.5 Gangbro

Der udføres en ca. 11,3 m lang og 3 m bred gangbro hen over slusen, som understøttes på slusekonstruktionens endevægge.

Broen er simpelt understøttet på hvert af de fire lejer. Lejerne fastholder mod vandrette laster samt vindlasten.

Broens langsgående bærende elementer udføres i stål, som en svejst V-gitterkonstruktion af lukkede firkant-profiler. Brodækket udføres af langs- og tværgående lukkede firkant-profiler. Alt stål overfladebehandles.

Selve brodækket består af tværgående træplanker i azobé eller eg, der fastgøres til de langsgående underflanger.

Broens rækværk samt siderne af det bærende brodæk beklædes med groft tilrettede trælameller.

Der henvises i øvrigt til tegning JYLN-H-TH-4200.

Underside af broen ligger over sikringskoten af slusen, som er +3,0 m.

Broen er dimensioneret iht. DS/EN lastforskrifter, svarende til en personlast på 5 kN/m<sup>2</sup>, samt et køretøj med en samlet vægt på 3500 kg.

Broen konstrueres på værksted, og transporteres til brostedet som særtransport, hvorfra konstruktionen løftes på plads.

Tilslutning af stierne i begge ender af broen udføres med et rampeanlæg opbygget svarende til gangbroen.

## 6.6 Teknikbygning

Teknikbygningen placeres på indersiden af diget, syd for Værebros Å. Placeringen fremgår af tegning JYLN-H-TX-1120.

Bygningen planlægges udført som en let trækonstruktion, der beklædes med træ, så den passer ind i omgivelserne og sluseanlægget. Det endelige udseende er præsenteret i arkitektforslaget, ref. /4/.

På grund af forventede bløde jordlag funderes teknikbygningen på en betonplade funderet på nedrammede jernbetonpæle.

Teknikbygningen indeholder kun installationer for forsyning af pumpestation og sluser. Den offentlige transformer for 400 V elforsyning af anlæggene opstilles umiddelbart ved siden af teknikbygningen.

Jf. afsnit 7.6 etableres der nødforsyning af anlæggene med en mobil dieselgenerator. Denne placeres i forlængelse af teknikbygningen mod nord.

Pladsen for opstilling af dieselgeneratoren opbygges af græsarmeringssten funderet på et lag af stabilt grus. Stabilt grus adskilles fra intakt jord med en geotekstil.

## 6.7 Udførelse af anlægskonstruktioner

I det følgende afsnit er udførelse af spunsdæmning, sluse, byggegrube for pumpestation, sedimentationsbassin samt jordstabilisering beskrevet.

### 6.7.1 Jordstabilisering

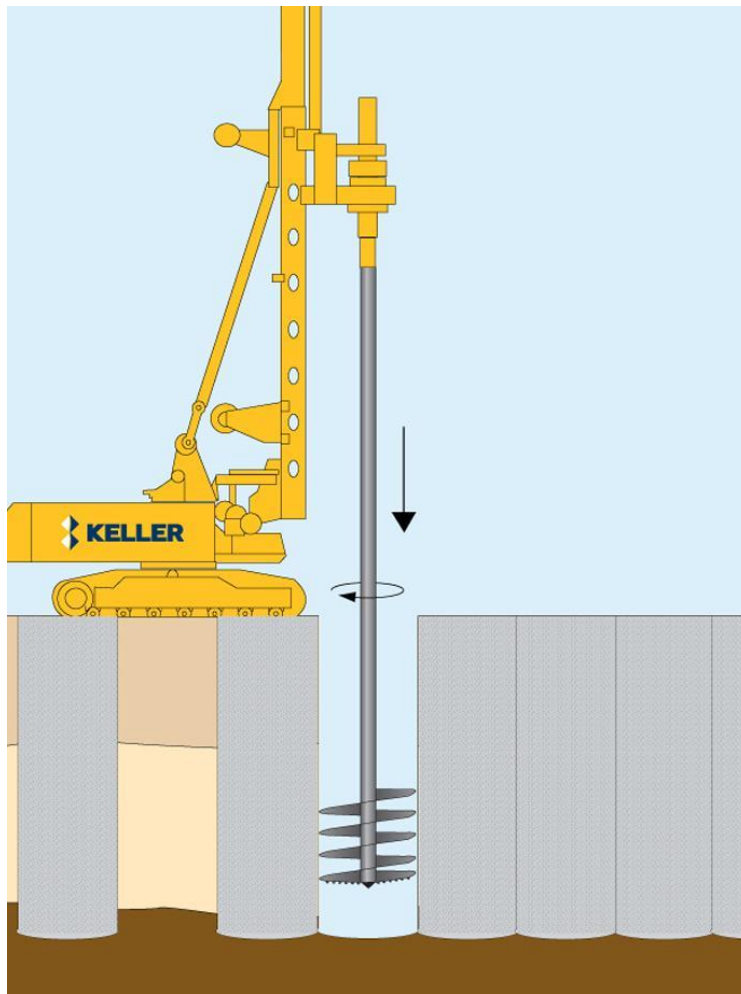
Jordstabiliseringen ved Jyllinge Nordmark udføres som søjle-stabilisering. Ved en søjle-stabilisering indblandes cement i hele jordvolumen vha. et blandingsværktøj (mixer) der indblæser cementen ved et højt tryk, og omrører jorden til den er homogen.

Den generelle arbejdsprocedure er kort beskrevet nedenfor:

1. Øverste muldrag fjernes.
2. Terrænet udlignes, så det er jævnt og evt. rødder og sten, der kan forhindre omrøring, fjernes.
3. Området måles op, og stabiliseringsarealet udstykkes i zoner af 3-5 m bredde.
4. Den første række stabiliseres, typisk 4 m foran maskinen.
5. Umiddelbart efter forarbejdning af jorden udlægges et ikke-vævet geotekstil og herover 1 m sandfyld. Dette sikrer komprimering og hærdning af den stabiliserede jord henover natten.
6. Næste dag kan der køres på den stabiliserede jord, hvorved næste række jord kan stabiliseres.
7. Punkt 4. til 6. gentages, indtil hele det udstykkede område er blevet stabiliseret

Maskinen skaber på denne måde selv sin egen sikre køreplatform. En illustration af, hvordan maskinen arbejder sig frem henover sin egen jordstabilisering, kan ses på Figur 6-3.

Søjle-stabilisering kan med moderne udstyr udføres i dybder på langt over 10 m.



Figur 6-3: Illustration af metode for søjle-stabilisering.



Figur 6-4: Foto af materiel for søjle-stabilisering.

Den stabiliserede jord er sikkert for tungt materiel efter få døgn, og anvendes der forbelastning i form af udlægning af 1 m sand, vil hærdetiden af jorden være afsluttet efter ca. en 1 måned.

Jordstabiliseringen dræner jorden effektivt, konsolidering fremskyndes, og op mod 90 % af den forventede totalsætning vil således være sket inden for den første måned.

Forbelastes jorden efterfølgende til mere end dens permanente situation, kan alle fremtidige sætninger effektivt elimineres.

Der skal løbende tages prøver af den stabiliserede volumen dels som kvalitetskontrol, og dels til at optimere arbejdsgangen og cement og øvrige bindestoffers sammensætning og mængde.

Dagsproduktionen for en enhed er ca. 1000 m<sup>3</sup>.

#### 6.7.2 Spunsdæmning

Efter jordstabiliseringen, og de primære sætninger af denne er overstået, skal spunsprofilerne for spunsdæmning, byggegrube for pumpestation og spunsvæg langs med sedimentationsbassinet installeres.

Installationen foretages forventeligt ved ramning. Spunsprofilerne skal rammes med spidsen ned i de dybere liggende faste jordlag (sand, grus og kalk), således at spunsvæggene får et godt modhold.

Bundplade for slusen udføres efter de samme principper, som angivet i afsnit 6.7.3. Det forventes dog, at det ikke er nødvendigt at udføre opdriftsankre for denne.

#### 6.7.3 Byggegrube for pumpestation

Ramning af spunsen for byggegruben foretages samtidigt med spuns for spunsdæmningen.

Udgravning af byggegruben foretages med gravemaskine. Den udgravede stabiliserede jord fra byggegruben for pumpestationen vil kunne genindbygges i digerene, såfremt dens styrkeparametre er tilstrækkelige.

Forud for udgravningen installeres jordankrene (opdriftsankre) fra eksisterende terræn. Ved udgravningen skal der tages hensyn til disse, så de ikke beskadiges.

Efter udgravningen afrettes jordplanum, der udstøbes renselag, placeres armeringsnet for betonpladen (bundplade), og bundpladen udstøbes.

Ankrehovederne indstøbes direkte i bundpladen.

#### 6.7.4 Sedimentationsbassin

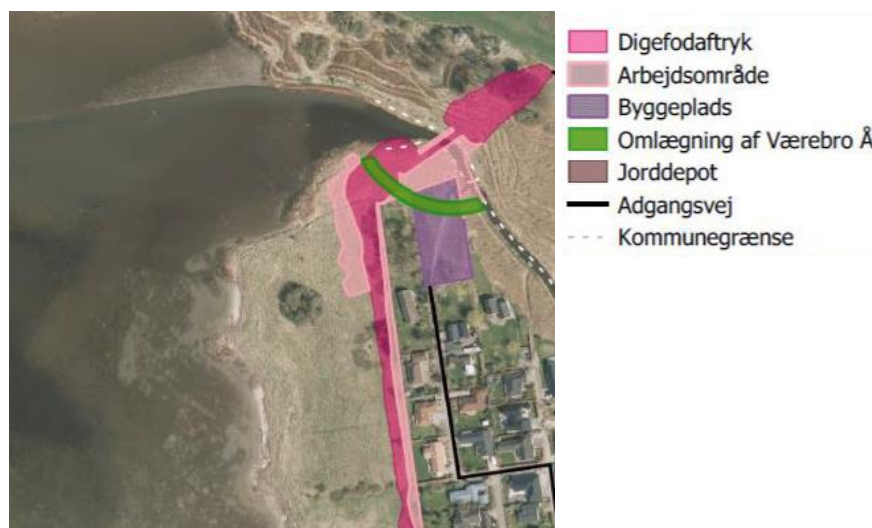
Det er vurderet, at udgravning af sedimentationsbassinet kan udføres med kran eller kranlastbil med grab fra området bag spunsvæggen langs bassinet, da jorden, som skal udgraves, består af bløde jordtyper.

Ved at anvende kran med grab placeret bag spunsen kan kørsel med tungt materiel i ikke-stabiliseret jord undgås. For de dele af sedimentationsbassinet, som jordstabiliseres, foretages udgravningen med gravemaskine, som er bedre egnet til opgravning af hård jord.

Spunsvæggen langs med sedimentationsbassinet udføres ved ramning som for spunsdæmning og pumpestationens byggegrube.

#### 6.7.5 Omlægning af åen

Ved anlæggelse af spunsdæmning og sluse er det nødvendigt at opfylde Værebros Å, der hvor konstruktionerne krydser åen. Derfor omlægges åen syd om spunsdæmningen se Figur 6-5.



**Figur 6-5 Omlægning af Værebros Å**

Opgravet jord fra omlægningen planlægges oplagt i depot langs åen, så det kan genindbygges. Viser det sig, at jorden ikke er egnet til genindbygning, skal den bortkøres, og nyt fyldmateriale skal tilkøres og indbygges.



#### 6.7.7 Adgangsforhold for sluse, spunsdæmning og pumpestation

Adgang til arbejdsområdet for sluse, spunsdæmning og pumpestation sker primært via eksisterende veje – Svanevænget og Marskvænget.

Det forventes, at den udførende kan køre helt ned til eksisterende bådrampe ved brug af køreplader eller lignende.

Fra båderampen og frem til konstruktionerne forventes det, at der skal foretages jordstabilisering, idet jordbundsforholdene er meget bløde. Det er vurderet, at anvendelse af køremadrasser, f.eks. i form af geo-celler, ikke kan yde tilstrækkelig stabilitet for kørsel med tungt materiel.



**Figur 6-6: Adgangsvej via Svanevænget og Marskvænget (tv) og jordstabiliseret adgangsvej på området markeret med rød (th).**

### 6.8 Vedligehold af anlægskonstruktioner

#### 6.8.1 Sluse

Følgende tests og eftersyn/vedligehold udføres for slusen:

- 1) 1-3 testlukninger pr. år af sluserne for at sikre at de fungerer.
- 2) Ét årligt eftersyn af sluseporte 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 hvert slusekammer testes og vedligeholdes separat, så der ikke er behov udpumpning fra pumpestationen, da det andet slusekammer holdes åbent. Herved sikres det også, at der er fripassage i det andet slusekammer.

Udover test og vedligehold af sluserne skal betonruget oprensnes årligt for slam og genstande, der vil kunne forhindre lukning af slusen.



#### 6.8.2 Spunsdæmning og øvrige spunsvægge

For spunsvæggene forventes der intet vedligehold inden for deres levetid, da de designes med et korrosionstillæg svarende til den forventede korrosion indenfor levetiden.

Det forekommer dog ofte, at forholdene for de projektspecifikke lokaliteter afviger negativt fra normerne, hvorfor det kan vise sig nødvendigt inden for spunsvæggens 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 at lade udføre en betonforstøbning af spunsvæggene.

Katodisk beskyttelse og forstøbning kan også anvendes til at levetidsforlænge spunsvæggene ud over de 50 år.

#### 6.8.3 Sedimentationsbassin

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

Oprensningen skal foretages når bundkoten i bassinet foran pumpestationen er reduceret til -2,0 m. Der er ikke foretaget analyse af, hvor ofte oprensningen skal foretages, men det vurderes at skulle foretages med intervaller på 1-2 år. Oprensningen kan foretages med lastbilkran med grab fra kanten af bassinet.

#### 6.8.4 Gangbro

Der forventes ingen væsentlig vedligehold af gangbroen, idet ståldele vil være korrosionsbeskyttet med en overfladebehandling. Der kan dog forekomme algevækst på brodæk og andre træelementer afhængig af brugen, hvorfor det kan være nødvendigt at fjerne dette med jævne mellemrum.

#### 6.8.5 Teknikbygning

Der forventes ingen væsentlig vedligehold af teknikbygning, udover rengøring samt udførelse af træbeskyttelse af udvendigt træ i et interval på op til 5 år.

## 7. PUMPESTATION OG ELFORSYNING

### 7.1 Pumpestation (konstruktion)

Ved fløjddige og sluse etableres en pumpestation, der ved lukket sluse kan pumpe vand fra Værebros Å ud i Roskilde Fjord.

I "Tilrettet skitseprojekt, ref. /16/" er pumpestationens størrelse beskrevet til, at den på sigt skal kunne indeholde større pumper med en samlet ydelse på 9000 l/s.

Dette krav er ifm. udarbejdelsen af projektforslaget frafaldet, således at pumpestationen kun skal designes til en samlet ydelse på 6000 l/s.

Det skyldes, at der i ref. /14/ er analyseret, at sandsynligheden for sammenfald (korrelation) mellem stormflod og maksimal vandføring i åen er minimal, hvorfor det er vurderet, at der reelt ikke er noget behov for en pumpekapacitet på 8600 l/s. Dette er også omtalt i afsnit 3.4.2.

Viser det sig på sigt, at der potentielt er et behov for at kunne pumpe en vandføring på 8600 l/s, kan pumpekapaciteten øges ved at ændre i styringen, således at der pumpes med alle fire pumper samtidigt.

Dette vil umiddelbart give en kapacitet på 8400 l/s. Ønskes der yderligere kapacitet, kan grundlastpumpen (1200 l/s) udskiftes med en større pumpe og/eller pumperne kan køres i overfrekvent drift, hvorved ydelsen øges med op til 10 %.

Ændring af pumpeydelse fra de 6000 l/s vil dog kræve bl.a. følgende tiltag:

- Udvidelse af elforsyningen
- Udskiftning af hovedtavler
- Udskiftning af udløbsrør for grundlastpumpe ved installation af større pumpe

Det er i forbindelse med "Tilrettet skitseprojekt" aftalt, at pumpestationen inkl. pumper og udløbsrør m.m. udbydes som funktionsudbud til pumpeleverandører.

Hovedkonceptet i et funktionsudbud er, at projektspecifikationer og grænseflader beskrives i udbudsmaterialet, og at den valgte leverandør/producent designer og projekterer den samlede udpumpningsfunktion som en komplet enhed bestående af bygværk, pumper og tilhørende udstyr.

Entreprisen for pumpestation, pumper, rør m.m. er dermed ikke en del af den større anlægsentreprise.

Der henvises i øvrigt til ref. /13/ for en mere udførlig redegørelse for proceduren om udbud af pumpestation og pumper i et funktionsudbud.

Det tidligere valg om, at pumpestationen skal udføres i PE-materiale (polyethylen) er frafaldet, da det er vurderet, at der opnås bedst mulig konkurrencesituation, og at leverandørerne af pumpestation og pumper kan levere de bedste løsninger, hvis funktionsudbuddet tillader materialefrihed.

I nærværende projektforslag er der vist et muligt koncept for pumpestation og pumper m.m., som opfylder kravene til driftssikkerhed, pumpeydelse og geometri m.m.

Pumpestationen i nærværende projektforslag antages udført som en præfabrikeret konstruktion af PE-materiale. Dens overordnede geometriske udformning fremgår af tegningerne JYLN-P-TS-9200 og 9201.

#### 7.1.1 Funktionskrav til pumpestationen

Generelle krav:

- Pumpestationen skal udformes, så den kan rumme en pumpebestykning som angivet i afsnit 7.2 med samlet pumpeydelse på 6000 l/s.
- Pumpestationen skal udformes for opnåelse af problemfri udpumpningsfunktion med gode arbejdsbetingelser for de installerede pumper
- Pumpestationen skal udformes for opnåelse af gode og sikre arbejdsforhold ved inspektions- og vedligeholdelsesopgaver
- Levetid mindst 100 år – Ved anvendelse af PE-materiale også for eksponering for sollys og saltholdigt vand i Værebros Å

Specifikke krav til konstruktionen:

- Konstruktionen skal funderes på funderingsplade (beton) med vandret overside i kote -2,7 m. Funderingspladens flademål er 8,3 x 12,2 m
- Overside topplade skal være mellem kote +3,0 m og kote +3,7 m
- Tilløbets bundkote må ikke være lavere end kote -1,0m
- Topplade skal forsynes med planforsænket dæksel for adgang til pumpeump
- Tilløb til pumpestationen skal forsynes med statisk rist 70° og risteafstand 60 mm. Riste skal kunne inspiceres og renses (manuelt) fra toppladen
- Konstruktionen skal kunne optage følgende laster:
  - 5 kN/m<sup>2</sup> nyttelast på top-pladen
  - Udvendigt jordtryk til kote 0,0m
  - Differensvandtryk på vægge 1,5 m (fra begge sider)
  - Maks. vandspejl i Værebros Å i kote +2,0m
  - Forekommende laster og reaktioner fra pumper
- Konstruktionen skal være opdriftssikker ved tømning af pumpeump ned til pumpeaktrørs underside (indløb skal ikke kunne afspærres)
- Opdriftssikring må ikke omfatte demonterbare dele som pumper, skaktrør og riste mv.
- Opdriftssikringen må tage hensyn til funderingspladens vægt, idet konstruktionen må fastgøres til denne
- Konstruktionen skal i øvrigt være uafhængig af andre tilstødende konstruktioner og uden forbindelsesmidler til disse
- Evt. tilfyldning omkring pumpestationen ift. opdriftssikring skal medtages

## 7.2 Pumper

Pumpestationen bestykkes med følgende pumper:

- 1 stk. grundlastpumpe med en ydelse på 1200 l/s
- 3 stk. identiske spidslastpumper hver med en ydelse på ikke under 2400 l/s (én pumpe er reserve)

Den beskrevne pumpebestykning er valgt på baggrund af udført risikoanalyse for pumpestationen, ref. /14/. Valget er truffet ud fra et krav om høj driftssikkerhed for pumpestationen.

#### 7.2.1 Generelle funktionskrav til pumper

Pumper skal være aksialpumper (propellerpumper) med skakt- og udløbsrør, enten som dykkede pumper eller med tørt opstillet motor over pumpestationens topplade, egnet til pumpning af grovristet bagvand fra åsystemet til fjorden.

Angivne pumpeydelser skal kunne opnås ved vandspejl +1,0 m i Værebros Å og bundkote i udløbsrør +2,5 m.

Pumperne skal være med udstyr til hindring af vortex og kavitation.

Pumper skal være designet for vertikal montage i cirkulære skaktrør.

Pumper skal være med størst mulig virkningsgrad.

Pumpeydeler vil blive reguleret vha. frekvensomformer.

Skaktrør skal have vandret udløb med bundløb af udløbsrør i kote +2,5 m eller højere, hvorved der sikres mod tilbageløb i rør og pumper. Hver pumpe skal have eget udløbsrør. Udløbsrør må ikke forsynes med kontraklap.

Leverandøren gøres ansvarlig for en optimal, korrekt pumpedrift og skal, med grundlag i de aktuelle geometriske og hydrauliske forhold, foretage beregninger og design af:

- Pumper med tilhørende skaktrør og udløbsrør
- antikavitationsudstyr
- antivortexudstyr
- bæringer
- kabelgennemføringer i skaktrør

#### 7.2.2 Funktionskrav til pumpernes driftsområde

Pumperne skal kunne arbejde under følgende forhold:

- Startkote +1,0 m
- Stopkote 0,0 m eller lavere
- Bundkote i udløbsrør 2,5 DVR (frit udløb)
- Vandspejl i sump kan stige til kote +2,0 m (ved udfald af andre anlæg). Pumperne skal kunne udpumpe ved dette vandspejl.

Leverandøren skal beregne pumpeløft og angive driftspunkter på kurve for det nominelle og de ekstreme driftspunkter, jf. ovenfor. Det nominelle driftspunkt er det, der defineres af ydelse af den tilbudte pumpe (f.eks. 1200 l/s) ved vandspejl i sump (start) kote +1,0 m, bundkote +2,5 m i udløbsrør og frit udløb.

Det skal bemærkes, at volumen i Værebros Å frem til pumpestationen indgår i pumpernes styringsgrundlag.

#### 7.2.3 Specifikke krav til pumper

##### Forsyningsspænding

3 x 400 V, 50 Hz

Pumper udlægges for frekvensstyring.

##### 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 oliekommer (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)

Moniteringsrelæer for overvågningsfunktionerne medgår i leverancen. Relæer skal kunne integreres med SCADA Ifix.

#### Virkningsgrad

Pumper skal have en karakteristik, hvor den krævede ydelse optræder nær den højeste virkningsgrad.

### **7.3 Krav til skakt- og udløbsrør**

#### **7.3.1 Generelle krav**

Udformning af skaktrør skal overordnet være i overensstemmelse med de vedlagte tegninger eller skitser, idet pumpestationens udpumpningsprincip er fastlagt.

Pumpernes udløbsrør skal tilsluttes skaktrørens udløbsrør (med flangesamling) med overside i kote 2,5 DVR eller lavere. Herfra føres udløbsrør gennem digekrone (under adgangsvej) frem til yderside af spunsvæg (mod fjorden), hvor udløbsrør føres op til indvendig bundkote 2,5 DVR.

### **7.4 Udførelse af pumpestation og installation af pumper**

Pumpestationen udføres som præfabrikeret og transporteres derfor i én eller flere dele til arbejdsområdet, hvor den med kran løftes ned i byggegruben for dens endelige placering.

Funderingspladen for pumpestationen etableres i anlægsentreprisen, og udføres som en betonplade, der er direkte funderet på den cementstabiliserede jord. Der opstilles krav til tolerancer på betonpladens overflade.

Der stilles følgende krav til udførelsen:

- Leverandør skal levere detaljeret procedurebeskrivelse for etablering og installation af pumpestationen
- Leverancen omfatter transport, montageløft og placering af konstruktionen på funderingspladen
- Leverancen omfatter transport, montageløft og placering af pumpernes udløbsrør i endelig position
- Leverancen omfatter transport, montageløft og installation af pumper i skaktrør og elektrisk tilslutning af pumpernes kraft- og styrekabler i klemkasser (koblingsboks)
- Leverancen omfatter afprøvning og idriftsættelse af pumpeinstallationerne
- Installation og montage skal ske i følgende tempi:
  - Installation af pumpestation
  - Installation af udløbsrør gennem digekrone og spunsvæg
  - Installation af pumper og elektrisk tilslutning
  - Funktionsafprøvning og idriftsættelse

Følgende arbejder relateret til pumpestationen udføres/etableres i anlægsentreprisen:

- kørevej (evt. midlertidig) frem til pumpestationens placering
- fundering for pumpestationen
- tracé for udløbsledninger inkl. etablering af huller i spunsvægge for gennemføring af rør
- etablering af sedimentationsbassin

### **7.5 Styling, 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 via fibernet eller trådløs dataoverførsel. Systemet kan udbygges med teamviewer for adgang til fjernovervågning fra anden pc end HS. Der kan installeres fjernbetjent web-cam og projektørbelysning foran riste, således at anlægget kan overvåges fra HS eller teamviewer.

Den ønskede kommunikationsmulighed er ikke blevet afklaret ifm. Projektforslaget.

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.

## **7.6 Elforsyning for pumpestation og sluse**

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

- Hovedforsyning: El-nettet
- Nødforsyning: 1 dieselgenerator

Forsyningsstrategi er valgt ud fra et krav om, at elforsyningen for pumpestationen og slusen skal have en høj forsyningssikkerhed. Sikkerheden for valgte strategi er dokumenteret i risikoanalysen, ref. /15/.

I risikoanalysen er der undersøgt en række forsyningsscenarier, hvoraf en enkelt opnår den samme eller højere forsyningssikkerhed som for den valgte, men der er ud fra et fornuftighedsprincip valgt, at hovedforsyningen og nødforsyningen ikke skal være af samme type, som f.eks. ved anvendelse af 2 stk. dieselgeneratorer som hhv. hoved- og nødforsyning.

Den primære forsyning sker fra det offentlige el-net med et spændingsniveau på 400V AC og en elektrisk strøm på 800 A.

Mængden af strøm er bestemt ud fra kravet om at 3 pumper (1 grundlastpumpe + 2 spidslastpumper) skal kunne være i drift samtidigt, både for hoved- og nødforsyning samt et mindre strømbidrag til sluse og bygningsinstallationer. For 3 pumper i drift samtidigt er den maksimale pumpeeffekt ca. 500 kW.

For korrekt forsyning af pumperne i den præsenterede løsning må afstand fra teknikbygningen (placering af transformer) til pumperne maksimalt være 75 m.

Pumpeinstallationen forsynes og styres via motorkabler og styrekabler, med kabling fra pumpe-motorer 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 teknikbygningen.

Dieselgeneratoren for nødforsyningen planlægges at være mobil, og ved varsling af stormflod skal den transporteres til lokaliteten, hvor den placeres i forlængelse af teknikbygningen og tilsluttes forsyningsinstallationerne. Ved evt. strømsvigt i det offentlige el-net starter generatoren automatisk op.

Dieselgeneratoren skal enten indkøbes af digelaget eller lejes ind til hver enkelt stormflodshændelse.

I begge tilfælde er det vigtigt, at nødgeneratoren er installeret og afprøvet forud for hver hændelse, og at den i øvrigt er serviceret og fuldlasttestet jf. leverandørens anvisninger. Generator



bør være med indbygget dieseltank til minimum 8 timers fuld drift. Under en længerevarende stormflodshændelse vil der skulle påfyldes diesel løbende.

## **7.7 Vedligehold af pumpestation, pumper, forsyning og installationer**

### **7.7.1 Pumpestation og pumper**

#### Vedligehold af pumper

Pumperne skal vedligeholdes og efterses jf. leverandørens anvisninger.

Det anbefales at serviceaftale medtages i udbudsprojektet.

#### Test/motionering af pumper

Det anbefales, at hver pumpe (4 stk.) motioneres hvert kvartal (4 gange årligt) i 10 minutter ved 50 Hz (med rampe op/ned). Motioneringen af pumperne skal foretages enkeltvist, således kun én pumpe motioneres ad gangen. Motioneringen foretages med åben sluseport, og vil derfor kun have minimal betydning for åen.

Anbefalinger fra den valgte pumpeleverandør skal naturligvis følges, hvorfor der kan forekomme afvigelser fra ovenstående motioneringsprogram.

#### Fjernelse af sand og sedimenter i pumpeump

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

### **7.7.2 Forsyning og installationer**

Elanlægget skal kontrolleres og vedligeholdes jf. nedenfor.

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

Der skal udarbejdes vedligeholdelsesprogram, der overordnet omfatter følgende:

- Løbende eftersyn jf. vedligeholdelsesprogram 1 gang/år
- Visuel inspektion
- Kontrol af kommunikation
- Kontrol af batterinødforsyning (UPS)
- Anlægget gøres spændingsløst
- Termografering årligt (kan være forsikringskrav)
- Rengøring af anlægget ind- og udvendigt
- Mekaniske samlinger efterspændes
- Ventilationsåbning og filtre renses
- Motionering af afbrydere og ledningsadskillere
- Kontrol af alarmer og styrefunktioner
- kontrol og kalibrering af niveautransmittersignaler

Fabrikanternes anvisninger omkring vedligehold skal altid følges.

## 8. ANTAL SLUSELUKNINGER

### 8.1 Sluselukninger ved stormflod

Antallet af sluselukninger, som følge af stormflod, ved et lukkekriterie i kote +1,0 m, er præsenteret i Tabel 8-1. Antal lukninger er uddraget af Tabel 3-2.

I forbindelse med lukning af sluser ved stormflod vil der forekomme udpumpning af åvandet under hele stormflodshændelsen.

**Tabel 8-1: Antal sluselukninger ved stormflod for et lukkekriterie i kote +1,0 m DVR90.**

| Vandspejlskote for lukning    | Gennemsnitligt antal lukninger per år [lukninger/år] | Gennemsnitlig varighed per lukning [timer/lukning] |
|-------------------------------|------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| +1,0 m<br>(nuværende forhold) | 2                                                    | 12                                                 |
| +1,0 m<br>(år 2050)           | 9                                                    | 17                                                 |

### 8.2 Sluselukninger ved test og vedligehold

Antallet af sluselukninger ifm. test og vedligehold af sluserne forventes at være som præsenteret i Tabel 8-2.

I forbindelse med test og vedligehold forventes det, at hvert slusekammer testes eller vedligeholdes separat, hvorfor der ikke forekommer udpumpning fra pumpestationen, da det andet slusekammer holdes åbent.

**Tabel 8-2: 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                                                  |
| Eftersyn af sluseporte og hydrauliske stempler | 1                                                    | 24 – 48                                            |
| Testlukning ved varsling af stormflod          | 2 – 9<br>jf. Tabel 8-1                               | 1                                                  |
| Vedligehold (hvert 5. år)                      | 0,2<br>(1 hvert 5. år)                               | 48 – 120                                           |

## 9. REFERENCER

- /1/ "Konsekvensvurdering af grundejernes sikringsforslag", revisionsnr. 5.2, udarbejdet af Orbicon, dateret 2015-11-10.
- /2/ "Vandstand og bølgeforhold", dok. nr. 1100022050-040501-002, udarbejdet af Rambøll, dateret 2016-12-06.
- /3/ Styrelsen for Dataforsyning og Effektivisering, <http://download.kortforsyningen.dk/>
- /4/ "Kystsikring, Jyllinge Nordmark" udarbejdet af Cornelius & Vöge, dateret 2018-03-01
- /5/ "Højvandsstatistikker 2012", Kystdirektoratet, rev. 15-07-2013
- /6/ Guidelines for klimatilpasning i kystområder, Kystdirektoratet, november 2012
- /7/ "Stormflodssikring af Jyllinge Nordmark, Geotekniske undersøgelsesboringer, Data-rapport", sag nr. 14.5288.01, udarbejdet af Jysk Geoteknik A/S, dateret 2014-11-27
- /8/ "Jyllinge Nordmark, Geoteknisk undersøgelse", dok. nr. 1100022050-040402-001, revision 1, udarbejdet af Rambøll, dateret 2016-07-15
- /9/ "Korrosion af spuns", dok. nr. 1100022050-0407-001, revision 1, udarbejdet af Rambøll, dateret 2016-07-15
- /10/ "Vandmængder over og under digerne", dok. nr. 1100022050-040506-001, revision 1, udarbejdet af Rambøll, dateret 2016-08-19
- /11/ "Vandføringsanalyser og hydraulisk modellering", dok. nr. 100022050-040501-006, revision 1, udarbejdet af Rambøll, dateret 2016-07-05
- /12/ "Lokale løsninger til sikring mod oversvømmelse", revision 2, udarbejdet af Orbicon, dateret 2014-12-16
- /13/ "Etablering af pumpestation som en præfabrikeret løsning", dok. nr. 1100022050-040101-001, revision 1, udarbejdet af Rambøll, dateret 2016-07-01
- /14/ "Risikoanalyse", dok. nr. 1100022050-0411-001, version 1, udarbejdet af Rambøll, dateret 2017-03-09
- /15/ 2013: Sea Level Change. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.
- /16/ "Tilrettet skitseprojekt", dok. nr. 1100022050-0401-001, version 3, udarbejdet af Rambøll, dateret 2016-11-08
- /17/ "Sedimentationsbassin – hydrauliske beregninger", dok. nr. 1100022050-040507-001, revision B (foreløbig), udarbejdet af Rambøll, dateret 2017-03-02
- /18/ Bilag til principiel ansøgning til kystdirektoratet", dateret 22-12-2016, udarbejdet af Rambøll
- /19/ Projektforslag "Stormflodssikring af Jyllinge Nordmark", dateret 28-04-2017, udarbejdet af Rambøll.
- /20/ Notat Forklassificering af Jord, dateret 2018-09-13, udarbejdet af Rambøll
- /21/ Dispensation fra åbeskyttelseslinjen til etablering af beredskabstrace i Jyllinge Nordmark (2656429), dateret 29-09-2017
- /22/ Dispensation fra naturbeskyttelseslovens § 3 § 16 (2691968), dateret 05-03-2018
- /23/ Dispensation til etablering af beredskabstracé på matr.nr. 44b Jyllinge By, Jyllinge (3196632), dateret 26-06-2019

## 10. TEGNINGSLISTE

| Tegning nr.      | Titel                                                  |
|------------------|--------------------------------------------------------|
| JYLN-H-TF-6000_1 | Fjorddige eksisterende ledninger 1/3                   |
| JYLN-H-TF-6001_1 | Fjorddige eksisterende ledninger 2/3                   |
| JYLN-H-TF-6002_1 | Fjorddige eksisterende ledninger 3/3                   |
| JYLN-H-TF-6003_1 | Østdige eksisterende ledninger 1/4                     |
| JYLN-H-TF-6004_1 | Østdige eksisterende ledninger 2/4                     |
| JYLN-H-TF-6005_1 | Østdige eksisterende ledninger 3/4                     |
| JYLN-H-TF-6006_1 | Østdige eksisterende ledninger 4/4                     |
| JYLN-H-TF-6050_3 | Fjorddige ledning og afvandingsplan 1/2                |
| JYLN-H-TF-6051_5 | Ledning og afvanding fjorddige 2/2                     |
| JYLN-H-TF-6100_2 | Tværsnit - Fjorddige Ledninger og grøfter              |
| JYLN-H-TF-6101_4 | Plan og Fjorddige - Pumpebrønde                        |
| JYLN-H-TF-6102_1 | Plan - Ådige, Ledninger og grøfter                     |
| JYLN-H-TF-6110_0 | Tværsnit -Østdige - ledninger og grøfter               |
| JYLN-H-TH-4100_1 | Plan og snit sluse                                     |
| JYLN-H-TH-4110_1 | Plan, opstalt og tværsnit, Sluseporte                  |
| JYLN-H-TH-4200_2 | Plan og opstalt, Gangbro/Rampe                         |
| JYLN-H-TH-4210_0 | Plan og tværsnit, Gangbro                              |
| JYLN-H-TH-5005_2 | Jordstabilisering 1/2                                  |
| JYLN-H-TH-5006_2 | Jordstabilisering 2/2                                  |
| JYLN-H-TH-5010_1 | Oversigtsplan, Jordhåndtering fjorddige 1/2            |
| JYLN-H-TH-5011_1 | Oversigtsplan jordhåndtering fjorddige 2/2             |
| JYLN-H-TH-5020_0 | Ledninger og Afvanding - Østdige 1/4                   |
| JYLN-H-TH-5021_0 | Ledninger og Afvanding - Østdige 2/4                   |
| JYLN-H-TH-5022_0 | Ledninger og Afvanding - Østdige 3/4                   |
| JYLN-H-TH-5023_0 | Ledninger og Afvanding - Østdige 4/4                   |
| JYLN-H-TH-5200_1 | Snit, Fjorddige                                        |
| JYLN-H-TH-5201_2 | Snit, Fløjddige                                        |
| JYLN-H-TH-5202_0 | Snit, Østdige, St. 820 - 1090                          |
| JYLN-H-TH-5300_1 | Diger, Plan og opstalt, Gennemføring v. Osvej Vest     |
| JYLN-H-TS-9200_0 | Pumpestation, Plan, Geometriske forhold                |
| JYLN-H-TS-9201_0 | Pumpestation, Tværsnit, Geometriske forhold            |
| JYLN-H-TX-1100_1 | Oversigtsplan - Fremtidige forhold                     |
| JYLN-H-TX-1110_1 | Oversigtsplan - Fremtidige forhold - Fjorddige         |
| JYLN-H-TX-1112_1 | Oversigtsplan - Fremtidige forhold - Østdige           |
| JYLN-H-TX-1120_4 | Oversigtsplan-Fremtidige forhold-Sluse og spunsdæmning |
| JYLN-H-TX-1130_1 | Oversigtsplan - Terrænregulering 1/2                   |
| JYLN-H-TX-1131_1 | Oversigtsplan - Terrænregulering 2/2                   |