

Til
Viborg Kommune

Dokumenttype
Rapport

Dato
Juli 2018

FORUNDERSØGELSE KYSTOVERSVØMMELSE VED VIRKSUNDSLUSEN OG SUNDSTRUP



FORUNDERSØGELSE KYSTOVERSVØMMELSE VED VIRKSUNDSLUSEN OG SUNDSTRUP

Revision -
Dato **12/7/2018**
Udarbejdet af **MSKV, TOM, MDB, LH**
Kontrolleret af **MBMJ**
Godkendt af **LH**
Beskrivelse **Forundersøgelse Kystoversvømmelse Virksundslusen
og Sundstrup**

Ref. 1100029782
Dokument ID 1100029782-1579581836-8
Version 4.0

INDHOLD

1.	INDLEDNING OG RESUME	1
2.	OMRÅDEBESKRIVELSE	4
2.1	Plangrundlag og byfornyelse	4
2.2	Ejerforhold	4
2.3	Naturforhold	5
2.4	Jordforurening	6
2.5	Spildevands- og regnvandsbetingede udledninger	7
3.	HAVOVERSVØMMELSER I LIMFJORDEN	10
3.1	Nuværende forhold	10
3.2	Forventede fremtidige forhold 2050	10
3.3	Vurdering af behov for opdaterede oversvømmelseskort	10
4.	OMFANG OG KONSEKVENSER AF KORTLAGTE OVERSVØMMELSER	11
4.1	Oversvømmelsesudbredelse	11
4.2	Sundstrup	12
4.3	Virksunddæmning og -sluse	13
4.3.1	Risiko ved sluse og dæmning	14
4.3.1.1	Indtrængende vand i installation	14
4.3.1.2	Stabilitetsvigt	16
4.3.1.3	Erosionsskader	17
4.3.1.4	Opsummering af risiko	18
4.3.2	Sikring af installationer på Hjarbæk Fjord siden	19
4.4	Fiskerihavnen og de omkringliggende rekreative arealer	20
5.	INDSATSMULIGHEDER	21
5.1	Kystbeskyttelse	21
5.1.1	Regional højvandssikring	21
5.1.2	Lokal højvandssikring	22
5.1.2.1	Type 1: Klitdannelse	22
5.1.2.2	Type 2: Diger	22
5.1.2.3	Type 3: Højvandsmur	23
5.1.2.4	Type 4: Mobil sikring	23
6.	FORSLAG TIL LOKALE INDSATSMULIGHEDER	24
6.1	Designkoter for 100 års stormflodshændelse i 2050	24
6.2	Indsatsmuligheder for Sundstrup	25
6.2.1	Linjeføringer	26
6.2.1.1	Linjeføring - Alternativ 1	26
6.2.1.2	Linjeføring - Alternativ 2	27
6.2.2	Løsningsforslag 1	27
6.2.3	Løsningsforslag 2	28
6.2.4	Løsningsforslag 3	30
6.3	Indsatsmuligheder for Virksunddæmningen og -slusen	30
6.3.1	Tætning af kælder under brovagten	30
6.3.2	Pumpesump i klapkælder	31

6.3.3	Sikring af slusens kanter mod overløb	31
6.3.4	Afstivning af sluseport	32
6.3.5	Afstivning af broklap mod tværlast	32
6.3.6	Sikring mod svigt i styring af afvandingsslusen	33
6.3.7	Sikring af installationer i manøvrerum	34
6.3.8	Stabilisering af dæmning	34
6.3.8.1	Svigt i dæmningen	34
6.3.8.2	Erosion i skråning	34
6.4	Indsatsmuligheder for Fiskerihavnen og de omkringliggende rekreative arealer	35
7.	KONSEKVENSVURDERING	36
7.1	Særlige fokusområder	36
7.1.1	Natura 2000-områder	36
7.1.2	§3-områder	36
7.1.3	Jordforurening	36
7.1.4	Kloaksystem	37
7.2	Positive og negative påvirkninger på omgivelserne	37
7.3	Valg af løsninger til videre behandling	38
8.	ANLÆGSOVERSLAG	39
9.	UDGIFTSFORDELING	41
9.1	Bidragsfordeling på baggrund af enhedstype	42
9.2	Bidragsfordeling på baggrund af beliggenhed	42
9.3	Bidragsfordeling på baggrund af beliggenhed og kvadratmeter grundplan	43
9.4	Forudsætninger og diskussion af bidragsfordelinger	43
10.	KONKLUSION	45
11.	REFERENCER	47

BILAG

Bilag 1

Besigtigelse af området

Bilag 2

Modellering af stormflodsvandstande

Bilag 3

Inspektionsrapport Virksunddæmning og -sluse

1. INDLEDNING OG RESUME

Landsbyen Sundstrup ligger smukt langs Limfjorden, som sammen med den omkringliggende natur danner rammen om landsbyens identitet. Mellem Virksund og Sundstrup ligger Virksunddæmningen, der adskiller Lovns Bredning og Hjarbæk Fjord.

Med jævne mellemrum stiger vandstanden så meget i Limfjorden, at det giver anledning til oversvømmelse af de lavere liggende arealer. Lokalteter omkring Fiskerihavnen i Sundstrup har flere gange oplevet mindre oversvømmelser. Enkelte tiltag er allerede udført, men fremtidige klimændringer forventes at medføre oversvømmelser, der giver anledning til større gener, hvor flere bygninger, veje og Virksundslusen og -dæmningen er udsatte.

Formålet med nærværende rapport er at belyse problemstillinger vedr. kystoversvømmelser i ovennævnte område og danne beslutningsgrundlag for den videre indsats for området.

Områdebeskrivelse

Der er indledningsvist i rapporten udarbejdet en områdebeskrivelse. Der er ingen kommunale planer, der konflikter med en evt. klimatilpasningsindsats. De fleste bygninger i området er privatejede. En stor del af området langs vandet er udpeget som Natura 2000 område med beskyttede naturtyper, dvs. et område, hvor der ikke må gennemføres projekter, der kan skade de arter og naturtyper, som området er udpeget for at beskytte.

Området mellem Sundstrup og Lovns Bredning er kortlagt som muligt forurenede område (V1), hvilket kan betyde særlige vilkår for et anlægsprojekt i området.

Der er endvidere en række regn- og spildevandsudløb, hvor der er behov for sikring mod tilbagestuvende havvand på terræn eller til bygninger.

Højvandstande

Nuværende højvandstande og forventede fremtidige højvandstande er estimeret. De fremtidige klimaforandringer forventes at medføre stigende vandspejl. Særligt området omkring Thyborøn Kanal har betydning for udviklingen og betyder stigende højvandstande i den vestlige del af Limfjorden.

På baggrund af lokale vandstandsmålinger ved Virksunddæmningen og en hydraulisk model for Limfjorden er fremtidige højvandstande ved Sundstrup estimeret:

- 10 års hændelse 2,25 m
- 20 års hændelse 2,35 m
- 50 års hændelse 2,45 m
- 100 års hændelse 2,53 m

De estimerede højvandstandskoter er højere end vandstandskoterne, der er anvendt i forbindelse med Viborg Kommunes klimatilpasningsplan.

Omfang og konsekvenser

Konsekvensen ved de fremtidige højvandstande er, at der vil ske oversvømmelse af store dele af Sundstrup. Der er ikke den store forskel i oversvømmelsesudbredelsen mellem fremtidige 10 års, 20 års, 50 års og 100 års hændelser pga. det stejle terræn fra kysten og op til bebyggelserne, som ligger på et mere fladt plateau.

På baggrund af antal bygninger i de udsatte områder er der foretaget en skadesopgørelse for området. Skadesomkostningerne er opgjort til mellem 8,5 og 11 mio. kr. ekskl. moms afhængig af stormflodshændelse (10 til 100 års hændelse).

Virksunddæmningen og -slusen er inspiceret, og konsekvenser ved oversvømmelser er vurderet. Sikringskoten ligger i ca. kote 1,75 m. De betydeligste konsekvenser vurderes at være følgende:

1. Indtrængende vand i anlæg med skade på installationer
2. Stabilitetssvigt i dæmning og anlæg
3. Erosionsskader forårsaget af strøm og bølger

Den største risiko vurderes at være knyttet til porten i skibsslusen, hvor et overløb evt. kan give svigt i slusen og medføre massive vandstrømninger ind i Hjarbæk Fjord. Det har ikke været muligt at fremskaffe forudsætninger for dæmningen, hvorfor de angivne risici skal tages med forbehold.

På Hjarbæk Fjord siden ligger særligt en transformatorbygning, hvor der vurderes at kunne ske vandskader ved oversvømmelser af slusen.

Fiskerihavnen ligger relativt lavt og er i dag påvirket af oversvømmelser, som de få aktiviteter har tilpasset sig til. Anlægskonstruktionerne kræver inden for 20-30 år betydelige reparationer eller udskiftning. Eksisterende havnebygning er nedslidt. Der er på de rekreative arealer ved havnen inden for de seneste år etableret toiletfaciliteter, hvor bygning er hævet i terræn. Der planlægges yderligere faciliteter til rekreative formål i området.

Indsatsmuligheder

Mulige indsatsmuligheder for området vurderes at være følgende:

- Klitter
- Diger
- Højvandsmur
- Mobil sikring af permanent karakter (fx højvandsporte)
- Mobil sikring af midlertidig karakter (sandsække, water tubes mv.)

Indsatsmulighederne skal designes for en 100 års hændelse i 2050. Designkoten for denne hændelse er fastsat til ca. kote 3 afhængig af, hvilket kystsikringstiltag der vælges.

Som følge af denne sikringskote er løsningen med klitter ikke bearbejdet videre, da løsningen ikke vurderes at være realistisk for området, da den kræver for meget plads. Ligeledes vurderes mobil sikring af midlertidig karakter ikke egnet til den givne kote samt for den lange strækning. En kombination af mobil og permanent sikring er medtaget i den videre bearbejdning.

Der er arbejdet videre med 3 grundlæggende løsninger for Sundstrup By, nordlig del:

- Dige
- Højvandsmur
- Lavere højvandsmur med mobil sikring

For den sydlige del af Sundstrup By er der taget udgangspunkt i:

- Højvandsmur med mobil portløsning og terræn regulering
- Hævning af Sundvej fra svinget og ud til Skivevej

Langs kysten findes nogle ældre fiskerhuse samt et nyere forsamlingshus, hvor det kan overvejes, om bygninger nedrives eller flyttes, eller der etableres lokale højvandssikringer rundt om husene.

De rekreative arealer ved Fiskerihavnen kan ligeledes sikres med lokale løsninger af enkeltstående bygninger i området. Alternativt etableres højvandsmur, som en integreret del af indsatsen for den sydlige del af Sundstrup By.

For Virksunddæmningen og -slusen har den indledende screening kortlagt forskellige mulige og måske nødvendige tiltag:

- Tætning af kælder under brovagten
- Sikring af slusens kanter mod overløb
- Afstivning af sluseport
- Afstivning af broklap mod tværlast
- Sikring mod svigt i styring af afvandingsslusen
- Stabilisering af dæmning

Konsekvenser

Konsekvenserne af de foreslåede tiltag vurderes at give en række negative og positive påvirkninger af omgivelserne.

Ved etablering af højvandssikring påvirkes de beskyttede naturtyper i Natura 2000-området langs med fjorden. Denne beskyttelse kan kun fraviges i særlige tilfælde, hvilket kræver tilbunds-gående undersøgelser af kystbeskyttelsesprojektets påvirkninger af området. Et dige kommer til at ligge midt i området, mens en højvandsmur kan placeres i udkanten af Natura 2000-området og evt. delvist på privat grund og har et mindre fodaftryk end en dige-løsning.

Et dige eller en højvandsmur giver forringet udsyn til fjorden. Højden af højvandsmuren kan reduceres, hvis muren etableres i kombination med en mobil løsning. Den lidt lavere mur vil dog klare de fleste højvandssituationer, så det kun i ganske få tilfælde set over de næste mange år er behov for at supplere med den mobile løsning. Løsningen er dog ikke helt så sikker som en højvandsmur i fuld højde.

De lokale mobile sikringer af enkeltbygninger har en minimal påvirkning af omgivelserne.

På positivsiden yder kystsikringstiltagene middel til stor sikkerhed, afhængig af løsning, mod oversvømmelser. Dige- og højvandsmurløsninger kan også etableres med mulighed for rekreativ anvendelse, fx siddemulighed.

Anlægsomkostninger

Der er udarbejdet meget overordnede anlægsoverslag for 3 mulige indsatsmuligheder til sikring af området ved Sundstrup. Anlægsomkostningerne er estimeret til ca. 4-14 mio. kr. ekskl. moms afhængig af valgte indsatser. Med sikring og/eller flytning af enkeltbygninger vil prisen stige.

Indsatsmuligheder for Virksunddæmning og -sluse er ikke prissat, da det ligger uden for formålet med denne rapport.

Udgiftsfordeling

Der er afslutningsvist angivet forslag til forskellige modeller for fordeling af anlægs- og driftsudgifter.

Udgifterne kan fx fordeles med udgangspunkt i et af følgende principper:

- Bidragsfordeling på baggrund af enhedstype (bygning eller husstand)
- Bidragsfordeling på baggrund af beliggenhed (hvem får størst nytte af sikringen)
- Bidragsfordeling på baggrund af beliggenhed og kvadratmeter (nytte af sikring samt antal kvadratmeter bygning)

Processen for fastlæggelse af ovenstående er lang og bør foregå i tæt dialog med interessenter og berørte grundejere for at skabe fælles grundlag og opbakning til det valgte kystsikringstiltag.

2. OMRÅDEBESKRIVELSE

Ved anlæg af kystbeskyttelse er det udover at forholde sig til den tekniske konstruktion, også nødvendigt at screene området inden for emner som plangrundlag, ejerforhold, naturforhold, jordbund etc., da disse kan have afgørende indflydelse på valg af teknisk konstruktion. Der er derfor gennemført en besigtigelse af området (se bilag 1), og forhold, der kan få indflydelse på, eller som man skal være opmærksom på, i forbindelse med en eventuel gennemførelse af kystbeskyttelsesindsatser i og omkring Sundstrup og ved Virksunddæmningen, er beskrevet i de følgende afsnit. Området omkring Virksund og Sundstrup er vist på Figur 1.



Figur 1 Virksund og Sundstrup på hver side af Limfjorden, med Virksund Dæmningen i midten. Kilde: SCALGO LIVE

2.1 Plangrundlag og byfornyelse

Området er omfattet af Kommuneplan 2017-2029 og ligger inden for SUND.C2.01 – Sundstrup blandet bolig og erhverv. Gældende lokalplan for området er nr. 103 (Bevarende lokalplan Sundstrup). Viborg Kommunes planafdeling har oplyst, at der ikke planlægges ny kommune- og lokalplanlægning for området, som konflikter med en evt. klimatilpasningsindsats.

Området indgår i forbindelse med områdefornyelser i Fjordklyngen. Grundejerforeningen ønsker i den forbindelse at forny området omkring fiskerihavnen vest for Sundstrup, hvor blandt andet den gamle fiskebygning planlægges flyttet. Derudover ønskes det grønne område øst for havnen (vest for Sundvej) omdannet til et madpakkeområde for de mange besøgende ved dæmningen.

En evt. områdefornyelsesindsats skal inddrage evt. klimatilpasningsindsats i området.

2.2 Ejerforhold

Størstedelen af matriklerne i Sundstrup er privatejede, mens de fleste af vejene (Skivevej, Sundvej og dele af Strandvejen) ejes eller driftes af Viborg Kommune. Den langsgående matrikel mellem Limfjorden og Sundstrup, hvor de gamle fiskerhuse ligger, er, ifølge ejendomsregistret, OIS, ejet af flere lodsejere, med kommunen som administrator. Figur 2 viser placeringen af

bebyggelse og matrikelinddelingen i Sundstrup, og Figur 3 viser en oversigt over private og kommunale grundejere.



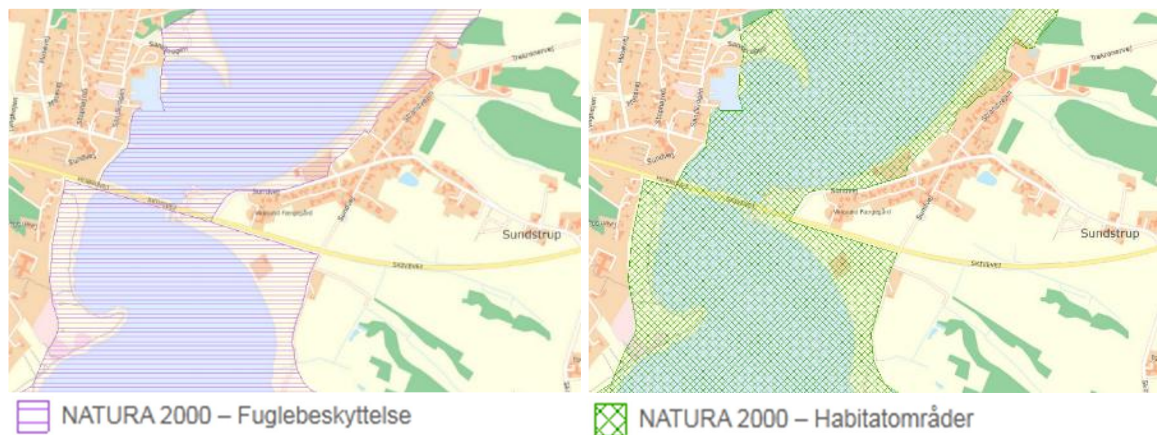
Figur 2 Matrikelkort.



Figur 3 Oversigt over ejerforhold. Kilde: Viborg Kommune.

2.3 Naturforhold

Dele af Sundstrup, områder langs med fjorden samt Lovns Bredning er udpeget som Natura 2000-område med beskyttede naturtyper. Derudover er området ved Virksunddæmning udpeget som natur og vildtreservat for trækfugle. Afgrænsningen af de forskellige udpegninger fremgår af Figur 4 herunder.



Figur 4 Områdeklassificeret som NATURA 2000 – Fuglebeskyttelsesområde og Habitatområde.

Natura 2000 områderne er udpeget for at beskytte en række truede, sårbare eller karakteristiske dyr, fugle, planter eller naturtyper. Der må ikke gennemføres planer, projekter eller lignende, der kan skade de arter og naturtyper, som områderne er udpeget for at beskytte.

Ydermere viser Figur 5 områder omkring Sundstrup, der er kortlagt som enten strandeng, surt overdrev, kildevæld, eller strandvold med flerårige planter. Disse områder er beskyttet efter naturbeskyttelsesloven.



Figur 5 Områder ved Sundstrup, der er kortlagt som beskyttet efter naturbeskyttelsesloven §3 (som enten surt overdrev, strandeng, kildevæld eller strandvold med flerårige planter), er vist med blå skravering.

2.4 Jordforurening

I området mellem Sundstrup og Lovns Bredning er der kortlagt jordforurening på Vidensniveau 1 (V1), hvilket kan have indflydelse på eventuel gennemførelse af kystbeskyttelses anlæg. En kortlægning som V1 jordforurening betyder, at der er begrundet mistanke om, at jorden kan være forurenet. Udstrækningen af V1 kortlægningen fremgår af Figur 6.

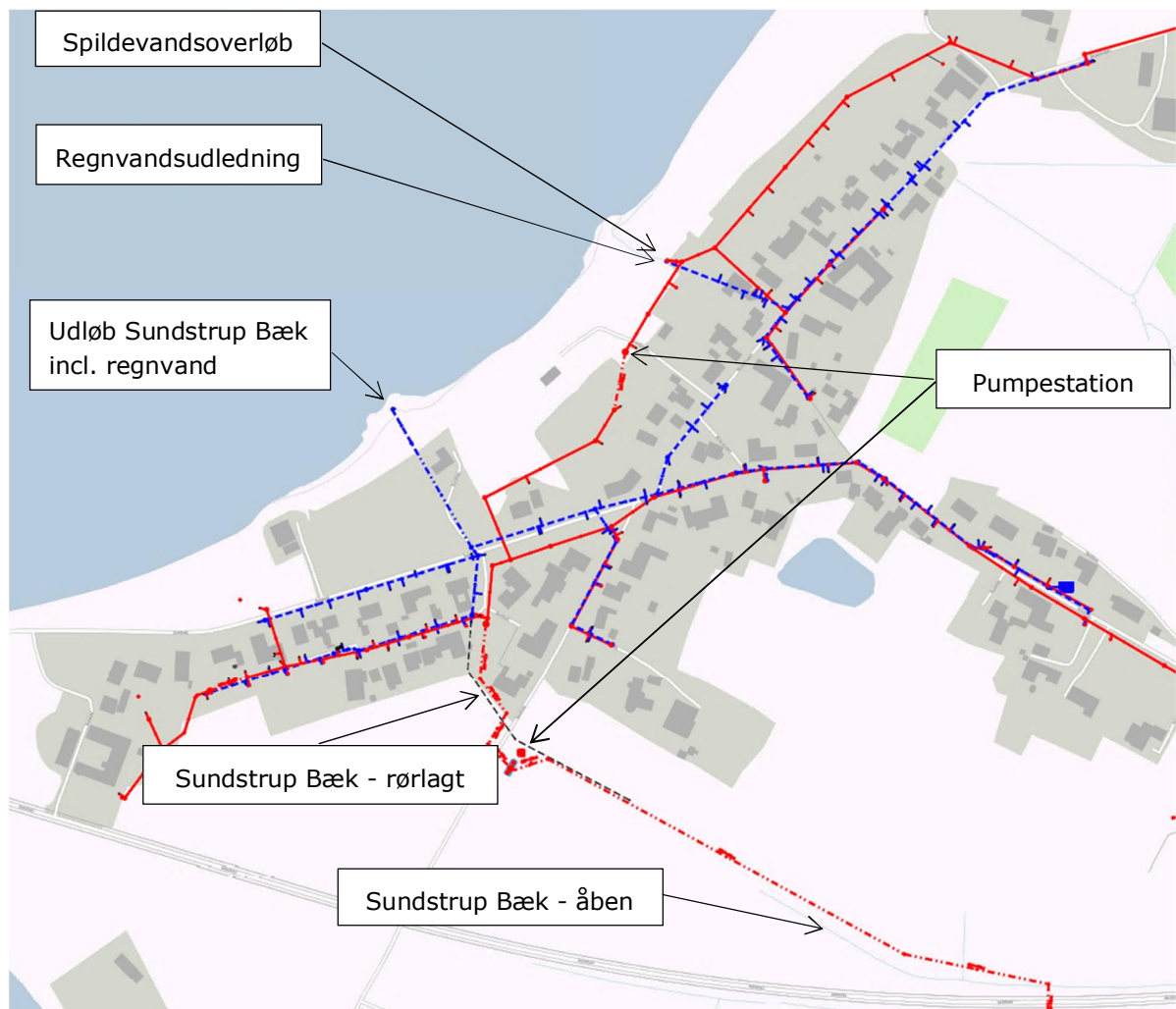


Figur 6 Kortlagt V1 jordforurening.

Etablering af eventuelle anlæg på kortlagte V1 jordforureninger iht. jordforureningsloven betyder, at der kan stilles særlige vilkår for det planlagte anlægsprojekt. I en række tilfælde vil projektet kræve tilladelse iht. jordforureningslovens §8. Dette gælder, hvis der er overfladevand eller beskyttet natur i nærheden.

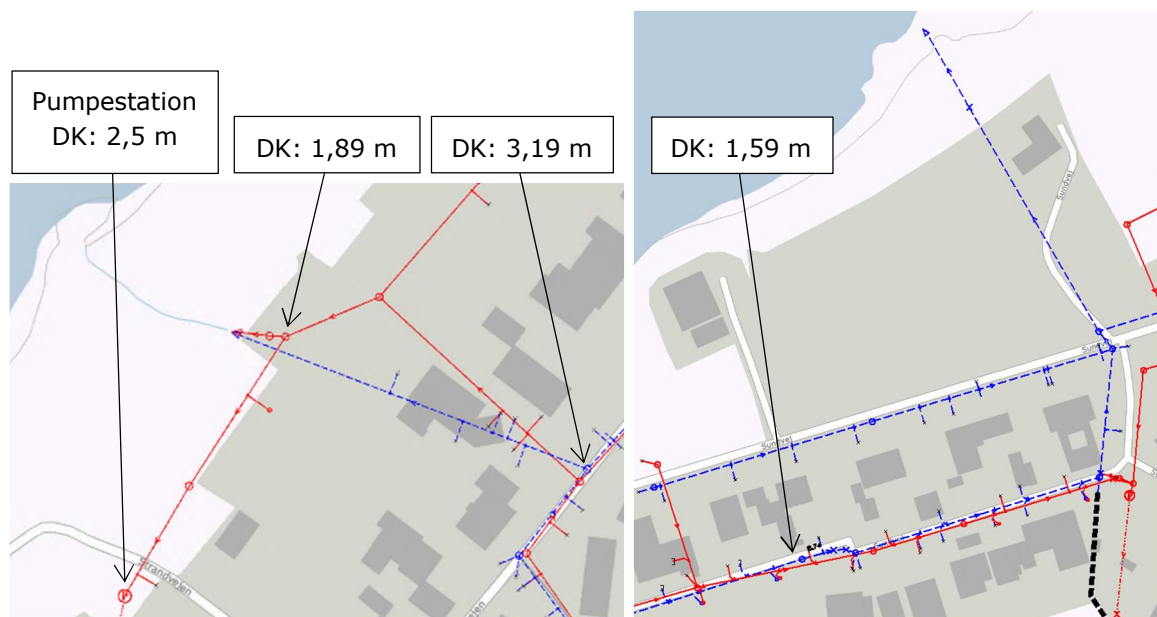
2.5 Spildevands- og regnvandsbetingede udledninger

Når der skal sikres mod stormflod, er det nødvendigt at have kortlagt udløb fra kloaksystemet og dækselkoterne for de laveste placerede brønde, som er koblet på udløbsledninger, i forhold til at sikre mod tilbagestuvning af havvand, og herved mod opstuvning af havvand på terræn. Sundstrup er separatkloakeret, og Figur 7 viser regn- og spildevandssystemet for Sundstrup.



Figur 7 Regnvands- og spildevandssystemet i Sundstrup. Regnvandsledninger er vist med blå, og spildevandsledninger er vist med rød (stiplet strek er pumpeledning, der pumper mod sydvest). Endvidere fremgår Sundstrup Bæk, som er rørlagt frem til udløb i Lovns Bredning.

Fra Sundstrup er der to udløbsledninger fra regnvandssystemet og en overløbsledning fra spildevandssystemet. Det nordlige regnvandsudløb og spildevandsoverløbet har udløb til et lille åbent vandløb, som fortsætter ud i Lovns Bredning. Det sydlige regnvandssystem har 3 udløb til det rørlagte vandløb Sundstrup Bæk. Endvidere har pumpestationen på Sundvej 28 mulighed for nødoverløb til bækken.



Figur 8 Tv. ses det nordlige regnvandsudløb og spildevandsoverløb, og th. ses det sydlige regnvandsudløb. Regnvandssystemet er vist med blå, og spildevandssystem er vist med rød.

Spildevandsoverløb og pumpestation

Den laveste dækselkote (DK) på spildevandssystemet er kote +1,89 m. Derudover ligger der en pumpestation med DK i kote +2,5 m. Nødoverløb ved stop af pumpen kan ske ved tilbagestuvning til det viste spildevandsoverløb.

Ved pumpestationen ved Strandvejen står et elskab med sokkelkote ca. 10 cm højere end dækselkoten på pumpebrønden, dvs. i kote 2,6 (se foto 06 i bilag 1).

Nordligt regnvandsudløb

For regnvandssystemet i den nordlige ende af landsbyen ligger laveste kendte dækselkote i kote +3,19 m, men der er flere tilslutningspunkter på udløbsledningen, hvor dækselkoten ikke kendes. Terrænkoten omkring tilslutningen, der ligger nærmest Lovns Bredning/fjorden, er omkring kote +2,2-2,3 m.

Sydligt regnvandsudløb/Sundstrup Bæk

De sydlige regnvandsudløb udleder som før nævnt til den rørlagte del af Sundstrup Bæk. Det rørlagte vandløb er stadig udpeget i vandområdeplanerne, men forventes at blive taget ud. Den laveste placerede brønd i regnvandssystemet ligger ved Sundvej 26-20 med dækselkote i kote +1,59 m.

3. HAVOVERSVØMMELSER I LIMFJORDEN

En redegørelse for havoversvømmelser i Limfjorden, med særligt fokus på Sundstrup og Virksunddæmningen, er i det følgende beskrevet på baggrund af tilgængelige informationer og data om vandstand, vind og bølger, samt centrale estimater for de forventede klimaforandringer.

3.1 Nuværende forhold

Højvande opstår langs Viborg Kommunes kyststrækning, når et lavtryk passerer ind over Danmark resulterende i, at vest- og nordvestenvinden presser vandet ind i Limfjorden. Højvande kan forekomme i længere perioder i Lovns Bredning og Hjarbæk Fjord, hvorfor højvande har stor indflydelse på områdets udvikling og slusepraksis.

3.2 Forventede fremtidige forhold 2050

De fremtidige klimaforandringer vil ikke kun forårsage havspejlstigninger, men der forventes også hyppigere og kraftige storme grundet ændrede vejrforhold. Havvandsstigningerne vil bl.a. afhænge af de fremtidige tiltag for at reducere udledningen af drivhusgasser. Havspejlstigningen frem til 2050 vurderes ifølge DMI til +0,30 m (DMI, 2017).

Frekvensen i stormfloder vurderes ikke at stige globalt, men det forventes, at Danmark vil opleve hyppigere og kraftigere storme. De største bidrag til stigningen forventes at være den generelle stigning i middel havvandsstandsspejlet samt de ændrede kystmorfologiske processer som følge af ændrede vejrforhold. Ændringer i de kystmorfologiske processer relaterer sig til ændret vanddybder og strømforhold, hvilket medfører ændret sedimenttransport og aflejring. Limfjordens morfologi er under konstant forandring. Særligt området omkring Thyborøn Kanal bevirker, at vandvolumen forøges over tid, grundet udvidelse og fordybning af kanalen. Det formodes at have særlig stor indflydelse i den vestlige Limfjord (Kystdirektoratet, 2012a). Det må derfor forventes, at risikoen for problematisk højvande stiger over tid, hvilket bevirker større risiko for oversvømmelse og deraf følgende skader.

3.3 Vurdering af behov for opdaterede oversvømmelseskort

Den tilgængelige højvandsstatik fra Kystdirektoratet dækker ikke området omkring Sundstrup, hvorfor tidligere analyser og oversvømmelseskort udført i forbindelse med Viborg Kommunes klimatilpasningsplan har beroet på målinger og statistik for Skive Havn 2012 (Kystdirektoratet, 2012b), som pga. nærheden er blevet vurderet repræsentativ for området.

Der er imidlertid behov for opdatering af oversvømmelseskort, da nye højvandsstatistikker (Kystdirektoratet, 2017d) og hydrauliske modelresultater viser en stigning i forhold til hidtidige estimerede centrale højvandsvandstande jf. Bilag 2.

I forbindelse med nærværende projekt er lokale målinger fra Virksunddæmningen og -slusen samt en hydrodynamisk model over Limfjorden benyttet til at opkvalificere højvandsestimaterne for netop Lovns Bredning og Sundstrup, se Bilag 2.

Den hydrauliske model, dækkende hele Limfjorden, giver mulighed for bedre at estimere vandstandsudviklingen i Sundstrup. De indledende analyser har vist, at der er en bedre korrelation imellem Sundstrup og Løgstør målestation end Sundstrup og Skive målestation, som der tidligere er taget udgangspunkt i.

Tabel 1 viser den opjusterede højvandsstatistik for Sundstrup i 2017, Jf. Bilag 2.

Middeltidsvandstande i Sundstrup, 2017 (DVR90)			
10 års hændelse	20 års hændelse	50 års hændelse	100 års hændelse
170 cm	182 cm	192 cm	198 cm

Tabel 1 Højvandsstatistik for Sundstrup i 2017 (DVR90).

Tabel 2 viser den opjusterede højvandsstatistik og dermed de forventede middel højvandstandskoter ved Sundstrup i 2050.

Forventede middel højvandstandskoter i Sundstrup, 2050 (DVR90)			
10 års hændelse	20 års hændelse	50 års hændelse	100 års hændelse
225 cm	235 cm	245 cm	253 cm

Tabel 2 Højvandsstatistik for Sundstrup i 2050 (DVR90).

Estimering af højvande er forbundet med store usikkerheder. Det centrale for undersøgelse af problemstillingerne vedrørende kystoversvømmelse er derfor ikke alene højvandsestimaterne, men også en analyse af sårbarheden overfor oversvømmelse, altså en kortlægning af konsekvenserne.

Estimaterne for fremtidige højvande anbefales løbende revurderet i forhold til det til enhver tid eksisterende datagrundlag. Det er vigtigt at være opmærksom på, at vi lever under et foranderligt klima, og at to storme sjældent er ens, da der er mange parametre, som gør sig gældende.

Med baggrund i højvandsestimaterne kan en sikringskote, som bl.a. omfatter tillæg for vind og bølger, og valg af kystsikringstiltag designes. Uanset valg af sikringstiltag og kote for eventuelle designforslag af fremtidige kystsikringsaktiviteter, bør en helhedsorienteret tilgang lægges til grund for arbejdet. I den forbindelse vil en risikoanalyse ofte være nyttig, da den vil kunne understøtte en beslutningsproces, og dermed sikre en bæredygtig klimatilpasningsindsats.

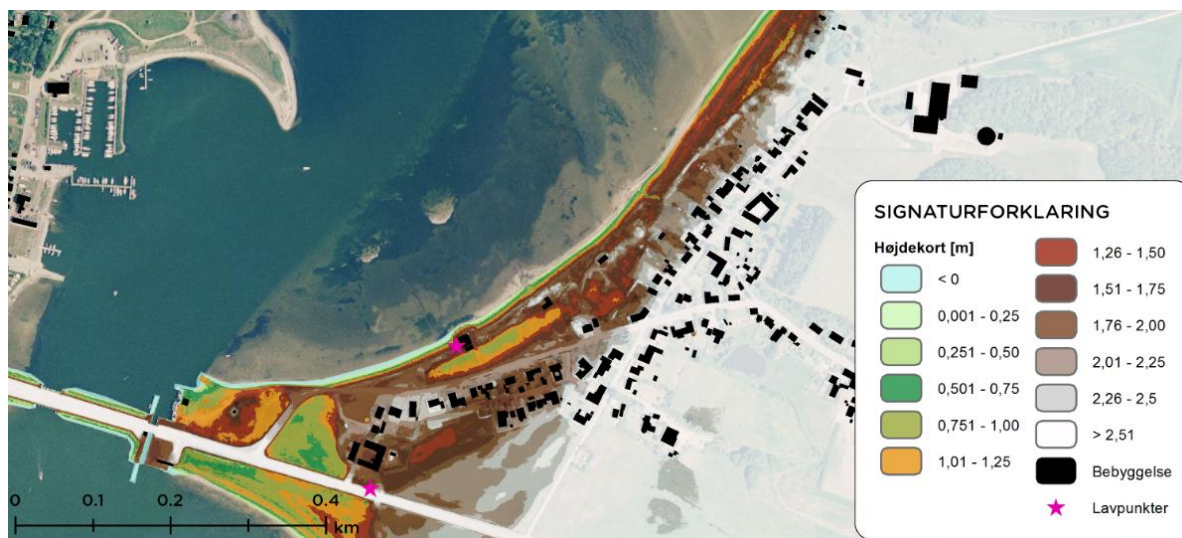
4. OMFANG OG KONSEKVENSER AF KORTLAGTE OVERSVØMMELSER

4.1 Oversvømmelsesudbredelse

Terrænets udformning har stor betydning for udbredelsen af vandet under højvande. Områdets sårbarhed er derfor indledningsvist vurderet ud fra en terrænmodel for området.

Af Figur 9 ses, at enkelte bygninger allerede ligger udsatte ved vandstandskoter over +1,50 m, hvorimod en større andel først er oversvømmet ved vandstande over kote +2,0 m. Arealer nærmest fiskerihavnen er mest udsat, efterfulgt af bebyggelsen på den vestlige del af Sundvej inden krydset med Strandvejen, jf. Figur 9.

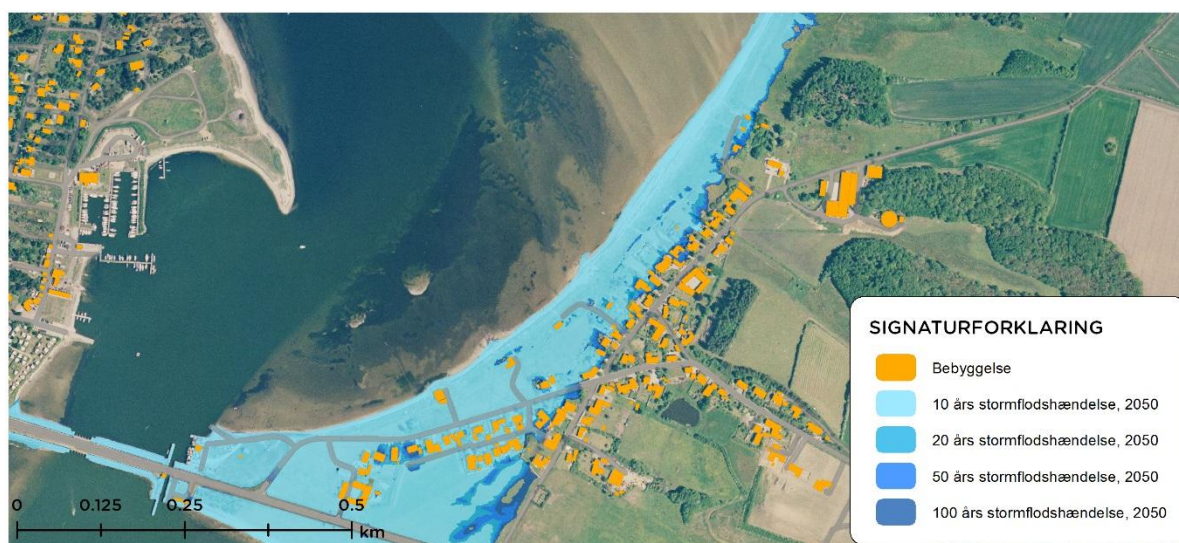
Det bemærkes, at der er enkelte steder i terrænet, hvor åbninger leder til større oversvømmelsestruede arealer, som eksempelvis kreaturpassagen under Skivevej og den vestlige fiskerhytte ved vandet, jf. Figur 9.



Figur 9 Terrænmodel med identifikation af bebyggelse og udsatte lavpunkter. Datakilde: SDFE

Der er som ønsket af Viborg Kommune udarbejdet oversvømmelsesudbredelse for følgende hændelser i år 2050: 10-års, 20 års, 50 års og 100 års stormflodshændelse, jf. Tabel 2.

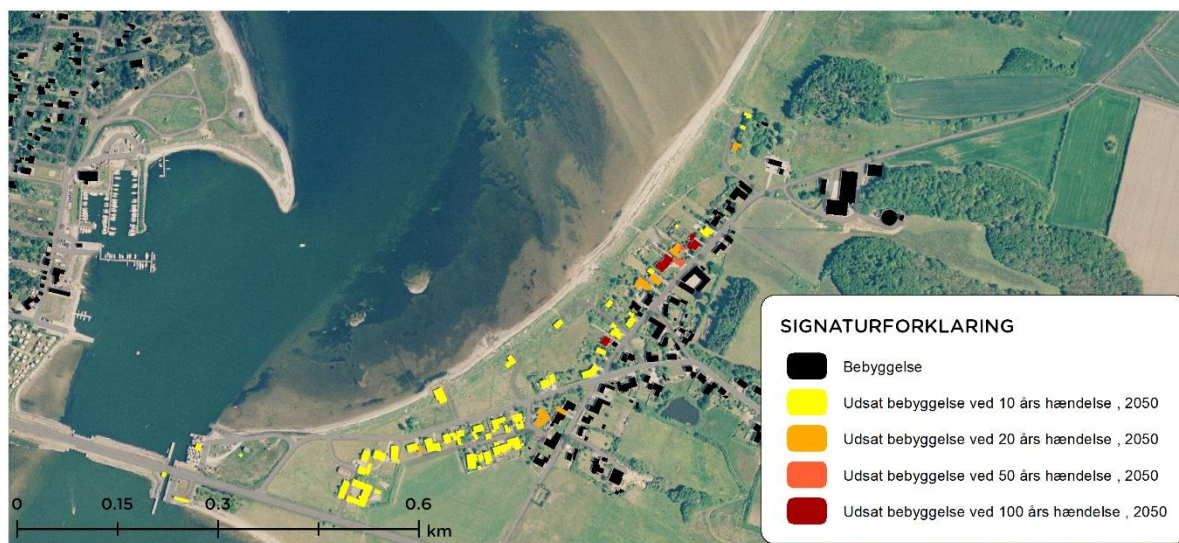
Resultatet ses af Figur 10, hvor det fremgår, at der ikke er de store forskelle i oversvømmelsesudbredelse mellem de udvalgte hændelser i 2050, hvilket primært skyldes det stejle terræn.



Figur 10 Oversvømmelsesudbredelse for udvalgte hændelser i 2050.

4.2 Sundstrup

Sundstrup består primært af fritliggende enfamiliehuse og spredte landejendomme. Der er i alt knap 40 husstande i området. De udsatte værdier begrænser sig derved primært til private grundejere og enkelte erhverv. Pumpestationer relaterende sig til regnvandsbetinget udledning er ligeledes udsatte under ekstremt højvande jf. Figur 7. Figur 11 indikerer, hvilke bygninger der er udsatte under de forskellige udvalgte hændelser, idet de bebyggelser, som allerede er udsatte for oversvømmelser under hyppigere hændelser, også er indeholdt i de mere sjældne hændelser. Det ses, at den største andel bygninger allerede rammes under en fremskrevet 10 års hændelse, hvilket også understøttes af analysen for oversvømmelsesudbredelsen (Figur 10).



Figur 11 Potentielt udsatte bygninger under udvalgte stormflodshændelser i 2050.

Tabel 3 opsummerer antallet af udsatte bygninger under de udvalgte hændelser. Skaderne er ligeledes estimeret på baggrund af antal kvadratmeter bygning, der er truet af oversvømmelse. Miljøministeriet har udgivet beregningsværktøjet PLASK version 2.1, som estimerer en enhedspris for skader ved oversvømmelse af stueetagen i privat bebyggelse til 1.153 kr./m² i 2017. Denne enhedspris er brugt til beregning af skadesomkostningerne for bygninger.

Det kan diskuteres, om de estimerede nationale skadespriser er repræsentative, men de opdateres løbende, efterhånden som flere registreringer og frigivelse af datasæt finder sted. Det bemærkes dog, at de potentielle omkostninger ved skader og tab ved oversvømmelse ikke er stigende med stigende vanddybde, men udelukkende repræsenterer en gennemsnitspris. Endvidere er eventuelle afledte udgifter i forbindelse med oversvømmelser, fx som følge af saltvandsindtrængning eller løst flydende objekter, som kan forvolde yderligere skade på materielle værdier, ikke medtaget.

Det potentielle bygningsskadespotentiale for de analyserede stormflodshændelser er derfor under ovenstående forudsætning estimeret til mellem 8,5-11,0 millioner kroner jf. Tabel 3.

2050	Antal udsatte bygninger	Antal estimerede bebygget kvadratmeter (m ²)	Estimerede skadesomkostninger for udsatte bygninger (mio. kr)
10 års hændelse	71	7.521	8,5
20 års hændelse	79	8.755	10,0
50 års hændelse	82	8.951	10,5
100 års hændelse	87	9.714	11,0

Tabel 3 Skadesopgørelser for udsatte bygninger i udvalgte hændelser.

4.3 Virksunddæmning og -sluse

Værdien af Virksunddæmningen med tilhørende anlæg adskiller sig fra Sundstrup og de øvrige tekniske anlæg i området. Det skyldes særligt dens funktion som trafikforbindelse og stormflodsikring af Hjarbæk Fjord samt anlæggets økonomiske værdi forbundet med etablering og evt. udskiftning.

Dæmningen forbinder Sundstrup og Virksund og adskiller derved Lovns Bredning og Hjarbæk Fjord. Anlægget blev etableret i 1966 og drives i dag af Trafik og Veje i Viborg Kommune. Anlægget blev etableret for at erstatte færgedriften i mellem Sundstrup og Virksund samt beskytte Hjarbæk Fjords tilhørende ådales store engdrag mod oversvømmelse.

I dag udgør dæmningen en del af rute 579, der forbinder Skive og Hobro.

Anlægget består i hoveddele af:

1. Afvandingsslusen
2. Skibsslusen
3. Bro med klap funktion

Afvandingsslusen er automatiseret, men der er krav om bemanning ved anvendelse af skibsslusen og klapbroen. Anlægget er døgnbemandet i sommerperioden og ubemandet i vinterperioden, hvor skibsslusen og broklappen holdes lukket.

4.3.1 Risiko ved sluse og dæmning

Slusen er i hovedtræk konstrueret til at kunne håndtere varierende vandspejl og være påvirket af oversvømmelse. Grænsen for acceptabelt niveau er ikke defineret, men i anlæggets driftsinstruks er defineret følgende alarmgivende tilstande i relation til vandstand:

- Vandstand i Lovns Bredning på kote +1,6 m. Bjælke ved Nordlig sektorport på Skibsfartsslusen monteres for at hindre overløb ved sektorporten.
- Vandstand i Lovns Bredning på kote +1,75 m. Dørplader i afvandingsslusen manøvrerum demonteres af hensyn til risiko for, at disse forsvinder.

Rambøll har gennemført inspektion af anlægget pr. 2017-11-08 i fællesskab med værkfører og brovagten. Der er udarbejdet inspektionsrapport, jf. bilag 3, pga. anlæggets specielle karakter. Der foreligger ikke yderligere grundlag end driftsinstruks. Supplerende oplysninger har været efterspurgt, men har ikke været tilgængelig, hvorfor inspektionen blev gennemført.

Anlægget vurderes overordnet til at være designet og udført til at være robust ift. stormflodshændelser. Ved ekstremhændelser foreligger der dog risiko for flere skadescenarier. De betydeligste er følgende:

1. Indtrængende vand i anlæg med skade på installationer.
2. Stabilitetssvigt i dæmning og anlæg
3. Erosionsskader forårsaget af strøm og bølger.

Det anbefales, at der gennemføres et særeftersyn og skadeskortlægning af aktuelle anlæg for kortlægning af usikre forhold. Grundlaget bør være projektgrundlaget i form af tegninger og forudsætninger.

4.3.1.1 Indtrængende vand i installation

Ved indtrængende vand i elektriske og mekaniske installationer kan der være både midlertidigt og permanent svigt (alle koter er skønnet):

- Der kan trænge vand ind i kældere under brovagten igennem vindue i bygning (kote +1,9 m) eller igennem åbninger i broklappens vederlag (kote +2,5 m).
- Kædetræk til hævnning af slusen er ubeskyttet for vand og ledninger ligger på terræn (kote +1,8).
- Teleledning til styring af afvandingsslusen ligger på terræn (kote +1,8).

- Elektriske installationer i afvandingsslusen er delvis ført ved gulv niveau (+1,8) og el-skabe i kote ca. +2,5.

Et svigt kan medføre, at afvandingsslusens funktion med styring af vandstand og -kvalitet i Hjarbæk Fjord træder ud af kraft. Det vil formentlig ske i en situation, hvor afvandingsslusen er lukket, da denne lukker automatisk allerede ved vandstand i kote +0,4 m i Hjarbæk Fjord og sydgående strømningsretning. Et svigt vil medføre, at en genåbning ikke er mulig før udbedring.



Figur 12 Afvandingsslusen med manøvrerum og installation med adgang til Lovns Bredning.

Den elektroniske styring af afvandingsslusen er etableret efter anlæggets etablering, og er derfor mindre beskyttet. Et svigt i styringen kan medføre, at anlægget reagerer anderledes end forventet, og manuel betjening er nødvendigt. Adgang til afvandingsslusen vil være påkrævet for gennemførelse af nødlukningsprocedure ved manuel betjening af hydraulikken. Den manuelle betjening jf. Figur 13, kan være svær at betjene, måske umulig ved højvande, og den testes ikke regelmæssig ifølge brovagten.



Figur 13 Hydraulik til betjening af sluseporte. Manuel betjening markeret med pil.

Et svigt i installationer i skibsslusen og broklappen vil medføre, at åbne/lukke funktionen er ude af drift. I og med stormflodhændelser forventes at indtræde i vinterperioder, vil det have minimal betydning for skibstrafikken. Broklappen vil formentlig blive efterladt i en lukket position, hvorfor vejtrafikken ikke vil blive påvirket af et svigt.

Udover de mulige driftsstop vil der også være reparationsomkostninger, særligt til det elektriske anlæg.

4.3.1.2 Stabilitetsvigt

Stigende vandstand og en medførende forøget strømning i gennem skibsslusen vil medføre en betydelig fysisk belastning af dæmning, sluseport og i en ekstremhændelse broklappen.

Som udgangspunkt vurderes dæmningen robust ift. en stormflodshændelse, og et muligt svigt vurderes at have en lille sandsynlighed. Risikoen er udvikling af geoteknisk stabilitetsbrud i dæmningen eller opblødning af jord pga. gennemstrømning igennem jorddæmningen. Dette forhold afdækkes kun ved en detaljeret geoteknisk analyse baseret på tilstrækkeligt grundlag. Risikoen ved et svigt er betydelig, da anlæggets funktion træder ud af kraft i forventeligt en længere tidsperiode, og reparationer vurderes at være betydelige.

Porten i skibsslusen vil have overløb ved stormflod over kote +1,7 m, jf. Figur 14. Ved små overløbsstrømninger vil stålkonstruktion og de tilhørende mekaniske anlæg kunne optage merbelastningen. Anlægget vurderes at være originalt og har således modstået historiske stormflodshændelser.



Figur 14 Nordlig skibssluseport med kædetræk og broklap i baggrunden.

En overløbshændelse vurderes til at være en ekstremhændelse, hvor der kan opstå uforudsete konsekvenser. F.eks. kan et svigt i kædetrækket til sluseporten medføre, at porten sænker sig. Hvis dette sker som en pludselig hændelse, kan der opstå et skadeligt trykstød på den modstående sluseport. I værste fald kan der opstå fuld gennemstrømning igennem slusen med risiko for oversvømmelse af Hjarbæk Fjord. Derudover vil der være betydelige reparationsomkostninger forbundet hermed.

Hvis vandstanden stiger til undersiden af broklappen (kote +2,5), vil der optræde en ekstrem tværbelastning på klapbroen. Denne belastning er med overvejende sandsynlighed ikke inkluderet i designet af klapbroens og dens brolejer. Broen er konstrueret, så den forventes at forblive intakt, da den er støttet sideværts i vederlagene, men i tilfælde af skævhed i det bevægelige broleje kan broens bevægelige funktion ophøre som en følge heraf. Reparation forventes at være besværlig.

4.3.1.3 Erosionsskader

Dæmningen er som udgangspunkt særdeles godt beskyttet mod erosion pga. bølger. Der er etableret både stenkastning og skråningsbeskyttelse med fliser, jf. Figur 15. Der er ikke tegn på erosion i anlægget, og bølgeklimaet skønnes at være roligt foran dæmningen.



Figur 15 Virksunddæmningen ved skibsslusen med skråningsbeskyttelse.

Dog bemærkes det, at skråningsbeskyttelsen kun er ført til ca. kote +2,0. Den overliggende jorddæmning er alene beskyttet med græs begroning, hvilket kun er stabilt ved meget begrænset bølgepåvirkning sammenlignet med den øvrige skråningsbeskyttelse. Således er der risiko for erosion i den ubeskyttede og græsbeklædte del af skråningen. Skadesudviklingen vurderes dog at være begrænset, langsom og overvejende give anledning til mindre reparationer pga. den forventede begrænsede bølgepåvirkning. Ved sluseporten til skibsslusen vil der være en ekstrem strømning pga. overløb af porten. Denne strømning forventes at medføre lokale skader på den græsbeklædte skråning omkring broklappen.

4.3.1.4 Opsummering af risiko

Ovennævnte identificerede risikoscenarier ved Virksundsslusen er oplistet i Tabel 4. Der er kvalitativt vurderet sandsynlighed og konsekvens for at kunne vurdere risikoen for en 100 års hændelse i år 2050 og behovet for de senere foreslåede tiltag.

Den største risiko vurderes at være knyttet til porten i skibsslusen, hvor et overløb muligvis kan give svigt i slusen, så den åbner, hvilket vil betyde massive vandstrømninger ind i Hjarbæk Fjord.

Svigt i elinstallationer vil formentlig optræde i lukket tilstand, dvs. slusen fungerer i princippet fortsat i en højvandssituation.

Scenarie	Sandsynlighed	Konsekvens
Svigt i elinstallationer pga. vand i kælder under brovagt	Høj	Mellem
Svigt i elinstallationer til kædetrækket ved porten i skibsslusen	Høj	Lille
Svigt i styring af afvandingsslusen pga. ubeskyttet telekabel	Mellem	Lille
Svigt i elinstallationer i manøvrerum til afvandingsslusen	Mellem	Lille
Svigt i dæmning pga. differensvandtryk eller strømmende vand i dæmning	Lille	Høj
Svigt i port til skibssluse pga. overløb	Mellem	Mellem
Svigt i broklap pga. tværlast ved overløb	Lille	Mellem
Erosion i skråningsbeskyttelse på dæmning	Høj	Lille

Tabel 4 Risikovurdering af scenarier til Virksunddæmningen med skala: lille, mellem, høj.

4.3.2 Sikring af installationer på Hjarbæk Fjord siden

Som udgangspunkt skal Virksunddæmningen og -sluse sikre alle anlæg på den sydlige side af anlægget, men grundet den lave sikringskote (ca. +1,75) vil der strømme betydelige mængder vand igennem slusen med risiko for skader på følgende installationer, begge markeret på Figur 16:

- LI. Torup Naturgaslager, Pumpebygning Virksund
- Transformator bygning på Hjarbæk Fjord siden



Figur 16 Oversigt over havnen. LI. Torup Naturgaslager, Pumpebygning (gul); Transformatorbygning (rød).

Det vurderes, at ovennævnte anlæg, særligt transformatorbygning, vil kunne få vandskade pga. indtrængende vand i installationer, da terrænet befinder sig i kote ca. +1,8 m, og vandet vil strømme kraftigt over sluseporten og ud over terrænet.

4.4 Fiskerihavnen og de omkringliggende rekreative arealer

I umiddelbar tilknytning til skibslusen ligger en lille fiskerihavn i Lovns Bredning. Denne bruges til landing af muslingefangst med til dato ca. 3 fiskefartøjer og i mindre udstrækning til joller. Havnen oplever ofte oversvømmelse, da terrænet er meget lavt, jf. Figur 17.



Figur 17 Havn ved slusen ved en vandstand på +0,7 m.

Havnen består af originale havnekonstruktioner, der ved begrænset bølgepåvirkninger ikke udvikler betydelige skader ved stormflod. Elektriske installationer til belysning, kajforsyning, bygninger og evt. belægnings kan have nedbrud/skader pga. indtrængende og mætning med saltvand. Havnens anlægskonstruktioner vil formentlig inden for en 20-30-årig periode kræve betydelige reparationer eller udskiftning.

Havnens drift vil være påvirket under oversvømmelser. De nuværende aktiviteter er begrænset, har tilpasset sig disse forhold og fungerer under de nuværende forhold. Alternativt kan anvendes andre havne ved højvande.

Havnens bygningsmasse er enten nedslidt (bør fjernes) eller anlæg af mindre værdi. Der er inden for de seneste år etableret toiletfaciliteter, herunder ét handicap toilet, der er hævet i terræn, jf. Figur 18. Endvidere er der planer jf. afsnit 2.1 om etablering af faciliteter i området i forbindelse med byfornyelse.



Figur 18 Toiletfaciliteter ved havn. Hævet handicap toilet og formentlig mobilt toiletskur.

Toiletbygningen er relativ ny, og der planlægges etablering af yderligere faciliteter til rekreative formål, f.eks. sauna og madpakkehus.

5. INDSATSMULIGHEDER

Kystzonen er unik, og alle former for højvandssikring vil i større eller mindre grad påvirke de naturlige processer. Der sigtes derfor hen i mod, at en eventuel kystbeskyttelsesindsats, i videst muligt omfang, både skal være teknisk optimeret og fremstå som en helhedsorienteret løsning, hvor lokale interesser og lovgivning er inkluderet.

Der tages udgangspunkt i de identificerede forhold omkring højvandstande, bølger, vind, vanddybder mv. for at sikre effektiv kystbeskyttelse med minimale gener. Indsatserne må derfor ikke forøge risikoen for oversvømmelse væsentlig uden for indsatsområderne. En kystbeskyttelsesindsats kan eventuelt være en kombination af flere metoder og tiltag.

5.1 Kystbeskyttelse

Ved ønske om beskyttelse mod oversvømmelse bør man overveje, hvilke regionale og lokale indsatser der er mulige, samt hvilke der er samfundsmæssigt interessante. På nuværende tidspunkt arbejder flere interessenter rundt omkring Limfjorden med identificering af mulige kystbeskyttelsesindsatser samt fastlæggelse af kystbeskyttelsesniveau.

5.1.1 Regional højvandssikring

Forskellige initiativer og undersøgelser er allerede igangsat i Limfjordsområdet, hvor særligt indsatser, som har til formål at nedsætte risikoen for oversvømmelse i den vestlige Limfjord, kan have indflydelse på vandstandsudviklingen i Lovns Bredning og dermed i Sundstrup og ved Virksunddæmningen og -slusen.

Tværsnittet af Thyborøn Kanal har afgørende indflydelse på vandgennemstrømningen og dermed ekstremvandstande under storm. Særligt nu pågår undersøgelser for sikringsmuligheder samt vurdering af socioøkonomiske og miljømæssige forhold i forbindelse med EU-projektet Coast to Coast Climate Challenge, Delprojekt C9 Thyborøn Kanal og Vestlige Limfjord, som Rambøll også er en del af. Resultater fra projektet forventes gjort offentligt tilgængelige på et senere tidspunkt.

5.1.2 Lokal højvandssikring

Kendetegnet for lokal kystbeskyttelse er den umiddelbare beskyttelse af direkte bagvedliggende arealer. Der findes mange forskellige løsningsprincipper, og de mest relevante er præsenteret i det følgende.

5.1.2.1 Type 1: Klitdannelse

Klitter kan beskytte bagvedliggende områder mod oversvømmelse og dannes naturligt som resultat af sandfygning. Tilgængeligheden af sand, beplantning samt de lokale vindretninger og vindstyrker er afgørende for klitters størrelse og udbredelse (Kystdirektoratet, 2017a).

Klitter har oftest en mere varieret overflade og er under konstant forandring. Det er dermed vigtigt at designe klitlandskaberne således, at den nødvendige bredde og højde er til rådighed. Klitdannelse i kombination med en mindre mere permanent terrænregulering kan derfor være medvirkende til at opnå større sikkerhed. Ved valg af en højvandssikring med mere naturligt forekommende materialer og vegetation bør et regelmæssigt eftersyn og analyse af klitbredden og styrken derfor foretages.

Klitter kan relativt simpelt forstrækkes eller opdimensioneres, hvis designforudsætningerne ændres, eller et øget sikkerhedsniveau ønskes.



Figur 19 Eksempel på klitdannelse. Fotokilde: Kystdirektoratet 2017a

5.1.2.2 Type 2: Diger

Diger har til formål at beskytte bagvedliggende arealer mod oversvømmelse og er et større indgreb i naturen, grundet den rummelige udbredelse. De er oftest udformet med en sandkerne med svagt hældende skråninger, overlagt med klæg og beplantet med græs. Der kan dog opstå situationer, hvor en stærkere kerne er nødvendig, hvorfor en lerkerne med eller uden fod kan implementeres. Det endelige design er dog betinget af den ønskede designstyrke og lokale forhold.

Diger bør placeres tilbagetrukket, således at et forland nedsætter bølgepåvirkningen og derved mindsker erosion og slitage på diget. Hvor et forland er begrænset, bør skræntfodssikring etableres. Diger kræver vedligehold og eftersyn for at sikre, at den designede digestyrke altid er til stede (Kystdirektoratet, 2017b). Bagvand skal ligeledes håndteres, og designet bør minimere gennemstrømning.

Diger kan relativt simpelt forstrækkes eller opdimensioneres, hvis designforudsætningerne ændres, eller et øget sikkerhedsniveau ønskes.



Figur 20 Eksempel på et dige. Fotokilde: Kystdirektoratet, 2017b

5.1.2.3 Type 3: Højvandsmur

Højvandsmure har til formål at beskytte bagvedliggende arealer mod oversvømmelse og er oftest implementeret, hvor pladsen er minimal. Højvandsmure opføres typisk af en betongvæg eller spunsvæg og kan enten opføres som en ren teknisk konstruktion eller i kombination med udvikling af nye byrum eller opholdssteder med rekreative og kulturelle aktiviteter.



Figur 21 Eksempel på højvandsmur. Fotokredit: Lemvig Kommune og Hasløv & Kjærsgaard. Fotokilde: klimatilpasning.dk

5.1.2.4 Type 4: Mobil sikring

Mobile sikringstiltag kan være enten af permanent eller midlertidig karakter. De kræver ingen eller kun få faste installationer. Fælles er, at de under "normale" omstændigheder ikke hindrer almindelig færdsel eller brug af arealer. Sikringen sættes op ved varsling af høje vandstande, som kan medføre oversvømmelse, og nedtages umiddelbart igen efter varslingsophøret eller hændelsen er ovre. Mobile indsatser kræver varsling og aktivt beredskab (Kystdirektoratet, 2017).

Ligeledes er der behov for adgangsvej til og langs sikringsstrækningen for etablering af den mobile indsats.

Eksempler på mobile midlertidige højvandsbeskyttelsessystemer er sandsække, højvandsplanke-vægge, skot, klapper etc. (se Figur 22), mens mere mobile permanente løsninger kan være højvandsporte og lukke etc. (se Figur 23).



Figur 22 Eksempler på mobil midlertidig højvandssikring. Fotokilde: Kystdirektoratet 2017c (tv); Bue-mont 2017 (th)



Figur 23 Eksempler på mobil permanent højvandssikring. Fotokilde: Flood Control Asia 2017 (tv); Klima-tilpasning 2017b (th)

6. FORSLAG TIL LOKALE INDSATSMULIGHEDER

Indsatsmulighederne forsøger at mindske risikoen samtidig med, at risikoen ikke må forøges væsentligt uden for indsatsområdet. Samlet set er der fokus på, at løsningerne skal skabe værdi samtidigt med, at risikoen nedsættes betydeligt. En indsats understøttes kun, såfremt der vurderes at være et begrundet behov.

Ved højvande bemærkes det ligeledes, at afvanding fra oplandet er begrænset, da højvandssikringen fungerer som en barriere. Der vil uanset valg af højvandssikring, derfor skulle foretages indsatser mod tilbagestuvning og oversvømmelse fra kloak og udledning.

6.1 Designkoter for 100 års stormflodshændelse i 2050

Afhængig af sikringstype og indsats varierer designkoten for kystbeskyttelsesanlæg. En mere detaljeret 'cost-benefit analyse' vil yderligere kunne opkvalificere, om værdien af den bagvedliggende anlægs- og bygningsmasse fordrer et højere sikringsniveau end en 100 års hændelse fremskrevet til 2050. En 100 års hændelse vil kunne optræde inden for sikringsanlæggets levetid, og skader kontra anlægsudgifter skal derfor sammenholdes for vurdering af, om der skal indbygges et sikkerhedstillæg for at mindske sandsynligheden for oversvømmelse. Trods store

usikkerheder forbundet med de centrale estimater af gentagelsesperioder for stormflodshændelser, er det vigtigt, at der er en fælles bred interesse og opbakning om det/de ønskede kystsikringstiltag og sikringsniveau.

Indeværende afsnit vurderer indsatsen i forhold til en statistisk 100 års stormflodshændelse i 2050, som jf. afsnit 3 er fastlagt til kote + 2,53 m DVR90.

For et kystbeskyttelses anlæg langs Sundstrup forventes et bølgeklima med risiko for bølgeoverskyl af kystbeskyttelsen. Overskyl skal begrænses både af hensyn til kystsikringens holdbarhed og af hensyn til reduktion af oversvømmelse af bagvedliggende arealer.

Til foreløbig vurdering af tillægshøjde på anlægget er der antaget en grænseværdi på et gennemsnitlig overskyl på 5 liter pr. sekund pr. meter. Overskrides denne værdi, kan der f.eks. ske erosion af et græsdige og derved nedbrud af anlægget. Endvidere vil der kunne skylle vand ind over anlægget med risiko for oversvømmelse.

Der vil være mere overskyl på et skrående dige ift. en lodret væg. Under de aktuelle forudsætninger af anlæggets placering og udformning vurderes, at anlæggene skal have følgende tillægshøjde ift. vandstands niveau ved en stormflodshændelse:

- Græsdige: ca. 0,6 m
- Højvandsmur, mobile sikringstiltag: ca. 0,4 m

Designkoten bliver derved:

- Græsdige: 3,1 m
- Højvandsmur, mobile sikringstiltag: 2,9 m

Designkoten skal fastlægges endelig ved en senere projektering af det specifikke anlæg, da den afhænger af anlæggets detaljerede udformning og det valgte sikkerhedsniveau.

6.2 Indsatsmuligheder for Sundstrup

Indsatsmuligheder er beskrevet i form af forskellige løsningsforslag og alternativer for højvands-sikring. Der tages udgangspunkt i en vifte af indsatser, hvor kombinationsmulighederne er mange. Sikringstiltag er i videst muligt omfang placeret for at minimere antal berørte matrikler samt begrænse arealanvendelse og funktion af området mindst muligt.

Etablering af klitter i den ønskede designkote besværliggøres af naturforhold og den manglende nødvendige plads, som etablering af større klitlandskaber kræver for at opnå den tilsigtede styrke. Mobile løsninger alene over en så lang strækning samt til den ønskede designkote er ikke velegnede, og er derfor ikke et alternativ. Mobil sikring kan dog benyttes sammen med mere permanente tiltag eller til et lavere sikringsniveau.

Der arbejdes derfor videre med 3 løsningsforslag for Sundstrup, som kombinerer diger, højvandsmure og mobile sikringstiltag. For hvert løsningsforslag er to mulige linjeføringer skitseret. De to alternative linjeføringer afviger fra hinanden grundet forholdene omkring Sundvej og tilkørselsforholdet til Skivevej samt adgang til Fiskerihavnen.

Ønskes sikring af det rekreative område ved Fiskerihavnen, skal en eventuel løsning sammen tænkes med indsatserne for Sundstrup, se senere afsnit 6.4 for nærmere beskrivelse og diskussion.

For Sundstrup bemærkes det yderligere, at bygningerne placeret yderst, nærmest vandet, er dyre at sikre, da de pga. placeringen tæt på kysten er svære at inkludere i de større fælles

løsninger, da det vil kræve en udvidelse til søterritoriet, som fordyrer anlægsarbejderne, ligesom det også besværliggør myndighedsprocessen. Det bør derfor overvejes, om fiskerhusene (i alt 3 stk.) og forsamlingshuset bør lokalt højvandssikres jf. principper beskrevet i afsnit 5.1.2.4, flyttes eller nedrives, se Figur 24.

Forsamlingshuset er fx et relativt nyt byggeri (se evt. foto i bilag 1) etableret med en let træfacade på et støbt fundament på en mindre kunstig forhøjning i terrænet. I henhold til højdekort er terrænkoten omkring bygningen ca. +2,0 til +2,2 m, hvilket ikke giver tilstrækkelig beskyttelse mod større stormfloder i fremtiden. Byggerierne kan fx sikres ved at etablere en læskærm som en træbeklædt betonmur, evt. sammenbygget med omkringliggende valgte løsning, som beskrevet i de efterfølgende afsnit. Ved højvande sikres byggeriet ved lukning af åbninger og hævnning af mur med mobilsikring som aluminiumsplanker.



Figur 24 Udsatte fiskerhuse og fælles forsamlingshus.

6.2.1 Linjeføringer

En kystbeskyttelsesindsats kan være en kombination af flere indsatser samt have forskellige linjeføringer afhængig af bl.a. ejerforhold, naturforhold og økonomi. To overordnede linjeføringer er foreslået, hvor de væsentligste forskelle er beskrevet i de følgende afsnit.

6.2.1.1 Linjeføring - Alternativ 1

Alternativ 1 beskytter ud over landsbyen Sundstrup, Sundvej i sin nuværende form med højvandssikring vest om vejarealerne. Dette er en mere klassisk kystbeskyttelsesindsats, men indeholder mobile indsatser omkring tilkørslen til Fiskerihavnen, som kræver beredskab.

Alternativ 1 medtager ikke en større permanent sikring af de rekreative arealer omkring Fiskerihavnen. Lokal sikring af havnearealets rekreative værdier vil kunne kombineres med fællesløsning for Sundstrup, hvilket beskrives senere.

6.2.1.2 Linjeføring - Alternativ 2

Alternativ 2 arbejder med omlægning af Sundvej i en højere kote, så vejen kommer til at agere barriere, og dermed højvandssikrer baglandet. Denne løsning kombinerer klassiske beskyttelsesindsatser med et infrastrukturprojekt. Løsningen kræver ingen mobile beredskabsindsatser og sikrer flere adgangsveje til og fra Sundstrup under storm. Løsningen åbner op for flere bidragsydere og muligheden for at kombinere allerede planlagte eller tiltænkte kommunale infrastrukturinvesteringer med klimasikring.

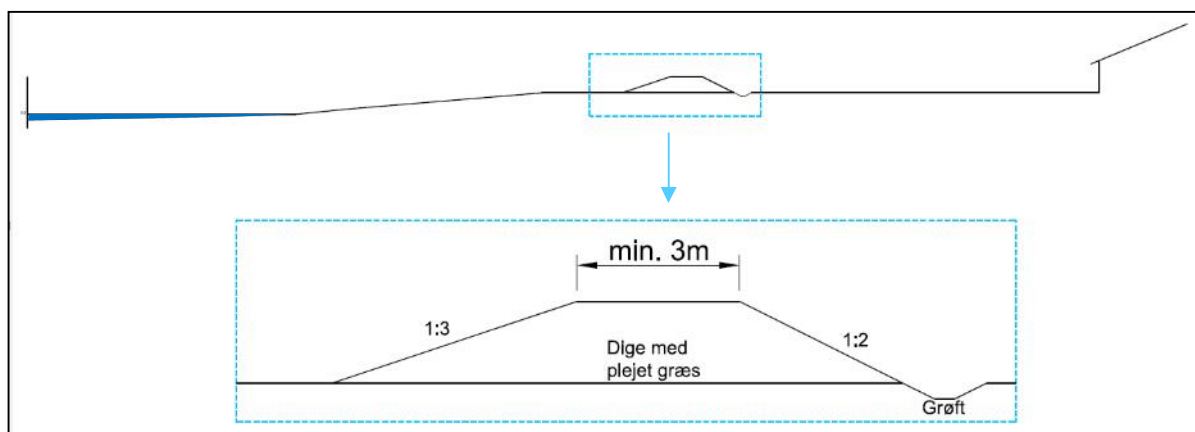
Alternativ 2 medtager ikke permanent sikring af Fiskerihavnen. Lokal sikring af havnearealets rekreative værdier vil kunne kombineres med fællesløsning for Sundstrup, hvilket beskrives senere.

Nedenstående afsnit introducerer de forskellige løsningsforslag samt linjeføringer til anviste design kote.

	Sundstrup + Sundvejs tilslutningsforhold, sydlig del	Sundstrup By, nordlig del
Løsningsforslag 1: Dige		X
Løsningsforslag 2: Højvandsmur		X
Løsningsforslag 3: Lavere højvandsmur suppleret med mobil sikring		X
Alternativ linjeføring 1: Højvandsmur med mobil portløsning, og terræn regulering	X	
Alternativ linjeføring 2: Hævet vej	X	

6.2.2 Løsningsforslag 1

En indsatmulighed kunne være at etablere et dige hele vejen langs strækningen mellem bebyggelsen i Sundstrup landsby og Limfjorden. Et dige kan etableres med et design tværsnit, som skitseret på Figur 25.



Figur 25 Principskitse af dige.

Diget placeres primært i den langsgående fælles matrikel mellem Limfjorden og Sundstrup, samt vil dække dele af de kystnære arealer af de privates førsterække bebyggelser, se eventuelt Figur 2. Diget placeres således på landværtside af fællesmatriklens eksisterende bebyggelse, hvis ikke de flyttes eller nedrives, da et dige optager størstedelen af den fælles langsgående matrikel. Det vil sige, at eksisterende fiskebygninger og forsamlingshus ikke er omfattet af denne sikring, og behøver, hvis ønsket bevaret, særskilte sikringstiltag, se tidligere beskrivelse.

Diget kombineres med højvandssikring af Sundvej, på strækningen ud mod Skivevej, med enten højvandsmur og mobil højvandssikring af nedkørslen til Fiskerihavnen ved alternativ 1 (Figur 26), eller med hævnings af Sundvej ved alternativ 2 (Figur 27).



Figur 26 Sundstrup: Løsningsforslag 1, alternativ linjeføring nr. 1.

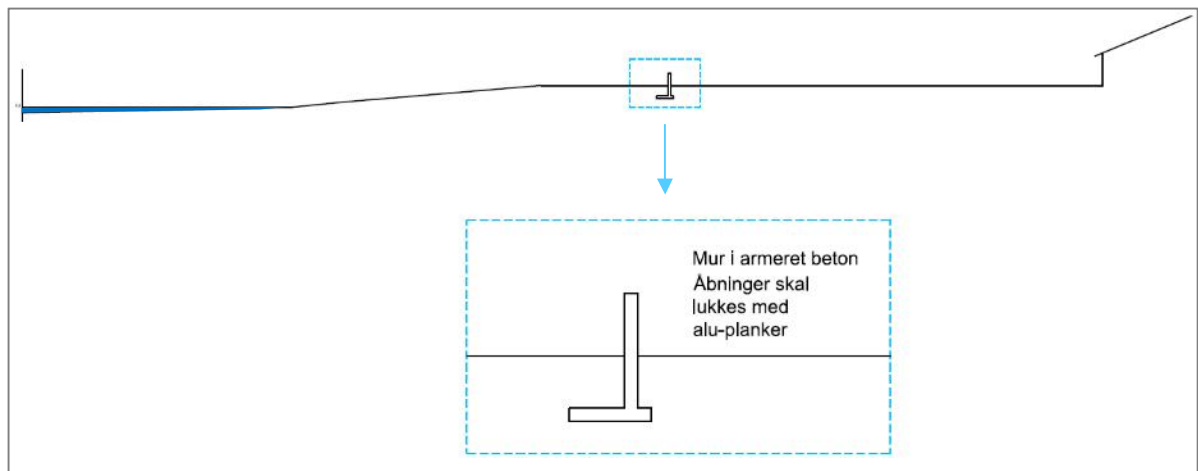


Figur 27 Sundstrup: Løsningsforslag 1, alternativ linjeføring nr. 2.

6.2.3 Løsningsforslag 2

En anden indsatmulighed er at etablere en højvandsmur på strækningen mellem Sundstrup og Limfjorden. Højvandsmuren fylder mindre end forslaget med et dige og kan derfor etableres helt frem til svinget mod Skivevej. Endvidere kan højvandsmuren placeres i udkanten af Natura 2000-området helt op i skel til ejendommene langs kysten. Højvandsmuren kan udformes i fuld højde, eller reduceret højde med mulighed for hurtig montering af forhøjning.

En højvandsmur kan etableres med et design tværsnit som skitseret på Figur 28.



Figur 28 Principskitse af højvandsmur i armeret beton

Højvandsmuren tænkes placeret tæt på skellet til de private matrikler, således minimal påvirkning af Natura 2000-området forekommer. De kystnære bebyggelser som fiskerhusene og forsamlingshuset er derved ikke sikret af denne løsning. Ønskes de bevaret i deres nuværende form, er særskilte sikringstiltag nødvendige, se tidligere beskrivelse.

Højvandsmuren kombineres fra svinget og op til Skivevej med enten etablering af dige og mobil højvandssikring af nedkørslen til Fiskerihavnen ved en svag modificering af alternativ 1 (Figur 29) eller med hævnig af den sidste del af Sundvej ved alternativ 2 (Figur 30).



Figur 29 Sundstrup: Løsningsforslag 2, svagt modificeret alternativ linjeføring nr. 1.



Figur 30 Løsningsforslag 2, svagt modificeret alternativ linjeføring nr. 2.

6.2.4 Løsningsforslag 3

Det tredje løsningsforslag kombinerer en lavere højvandsmur som beskrevet i afsnit 6.2.3, med en mobil højvandssikring på toppen. Denne løsning vil skæmme lidt mindre i landskabet, men vil kræve varsel om stormflod og beredskab.

Den identificerede korrelation imellem middel højvande i Sundstrup og i Løgstør, gør det muligt for borgerne i Sundstrup og beredskabet at følge med i prognoserne for vandstandsudviklingen under varsling af højvande.

6.3 Indsatsmuligheder for Virksunddæmningen og –slusen

Virksunddæmningen bør undersøges i en større detaljeringsgrad for at fastlægge indsatsmulighederne. Den indledende screening foretaget i forbindelse med nærværende analyse har kortlagt forskellige mulige og måske nødvendige tiltag:

1. Tætning af kældere under brovagten
2. Sikring af slusen kanter mod overløb
3. Afstivning af sluseport
4. Afstivning af broklap mod tværlast
5. Sikring mod svigt i styring af afvandingslusen
6. Stabilisering af dæmning

Ovenstående indsatsmuligheder er beskrevet i det følgende:

6.3.1 Tætning af kældere under brovagten

Lukning og vandtætning af vindue i kældere under brovagt, jf. Figur 31, vil være nødvendig, da bundkarm skønnes placeret i ca. kote +1,90 m, og indtrængning af vand kan medføre svigt i el-installationer. Lukning kan være permanent eller midlertidig med aluminiumsplanker, jf. Figur 32.



Figur 31 Vindue under brovagten.



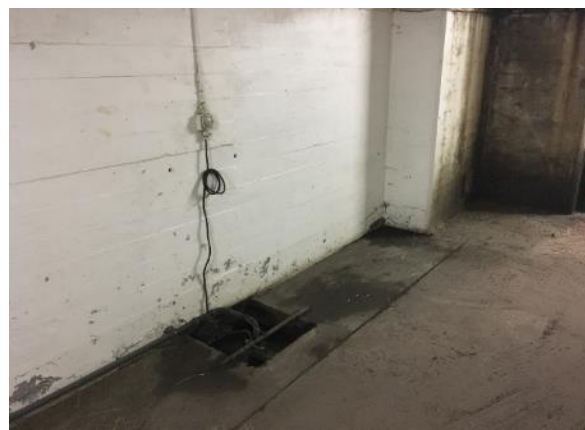
Figur 32 Eksempel på sikringstiltag.

6.3.2 Pumpesump i klapkælder

Der er åbninger omkring vederlag (skønnet kote +2,5 m) til broklappen med mulighed for indtrængning af vand i klapkælderen. Fra klapkælderen er der dørudgang til kælder under brovagten, herunder elinstallationer. Det er ikke umiddelbart muligt at tætnede åbninger, og i stedet anbefales vandet bortpumpet. Dette princip anvendes allerede pga. indtrængende regnvand. Ved en højvandshændelse kan mængden af vand være betydelig større, og pumpekapaciteten skal tilpasses hertil.



Figur 33 Åbning ved endevederlag til broklap.



Figur 34 Eksisterende pumpeump i klapkælder.

6.3.3 Sikring af slusens kanter mod overløb

Ved overløb af sluseport vil skibesluse blive fyldt med vand med risiko for overløb til arealer (kote +1,8) på sydsiden af Virksunddæmningen. Det vurderes, at overløb forværrer ved gældende slusepraksis, hvor begge sluseporte holdes lukket ved en stormflodshændelse. Løsningen kan være midlertidig med en mobil væg eller en permanent løsning som et værk i beton eller stål, evt. med glas.



Figur 35 Værn for sikring mod overløb.



Figur 36 Eksempel på sikringstiltag.

6.3.4 Afstivning af sluseport

Ved overløb af sluseport (kote +1,7) kan der ske uforudsete svigthændelser, da det skønnes, at porten og teknik ikke er designet og udført for en ekstremhændelse med kraftigt overløb. F.eks. vil et brud i kæden eller løfteanordningen formentlig medføre, at porten sænkes pludseligt, og en kraftig trykbølge vil kunne beskadige den modstående port og herved evt. danne en fuld åbning til Hjarbæk Fjord. Sikkerheden bør undersøges ved en ingeniørmæssige analyse af anlægget, og der skal evt. udføres en afstivning af port og en låsning af kædesystem til løft af port.



Figur 37 Sluseport på nordsiden af Virksunddæmningen.

6.3.5 Afstivning af broklap mod tværlast

I tilfælde af overløb af sluseport kan der opstå risiko for, at den kraftige strøm træffer undersiden af broklappen. Det bør igennem en ingeniørmæssige analyse undersøges, om en tværbelastning forårsaget af overløb kan give anledning til skader, f.eks. skævheder i leje på endevederlag, hvor der skal være bevægelighed til løft af broklap. Der haves ikke tegningsgrundlag, men det skønnes, at undersiden af broklappen er i kote +2,7 á +2,8 m.



Figur 38 Tverrlast af underside af broklap ved strømmende vand – se pil.

- 6.3.6 Sikring mod svigt i styring af afvandingsslusen
Afvandingsslusen er renoveret og automatiseret. Styringen sker fra brovagten via kommunikation igennem et telekabel, der er ført relativt ubeskyttet, jf. Figur 39. Kablet bør sikres mod beskadigelse. Alternativt etableres en backup løsning ved et ekstra kabel eller en trådløs forbindelse.



Figur 39 Ubeskyttet telekabel i kote ca. +1,8, jf. markering.

6.3.7 Sikring af installationer i manøvrerum

Manøvrerummet til afvandingsluse er åben for indtrængning af vand. Det er ikke muligt at tætne rummet pga. åbninger i gulvet (kote ca. +1,8 á 1,9 m) til hydraulikcylindre til styring af sluseporte. Løsningen vil være at sikre installationer i rummet mod skader pga. højvande. Således skal hydrauliksystem undersøges og evt. ombygges, og elskabe skal hæves. Alternativt skal man acceptere, at hydraulik powerpack og elinstallationer vil skulle repareres efter oversvømmelse. Men det kræver en sikkerhed for, at følgevirkninger er acceptable: styring af sluseporte ved manuel betjening eller accept af forhøjet vandstand i Hjarbæk Fjord pga. manglende åbning.



Figur 40 Kabelskab i manøvrerum.



Figur 41 Hydraulisk powerpack i manøvrerum.

6.3.8 Stabilisering af dæmning

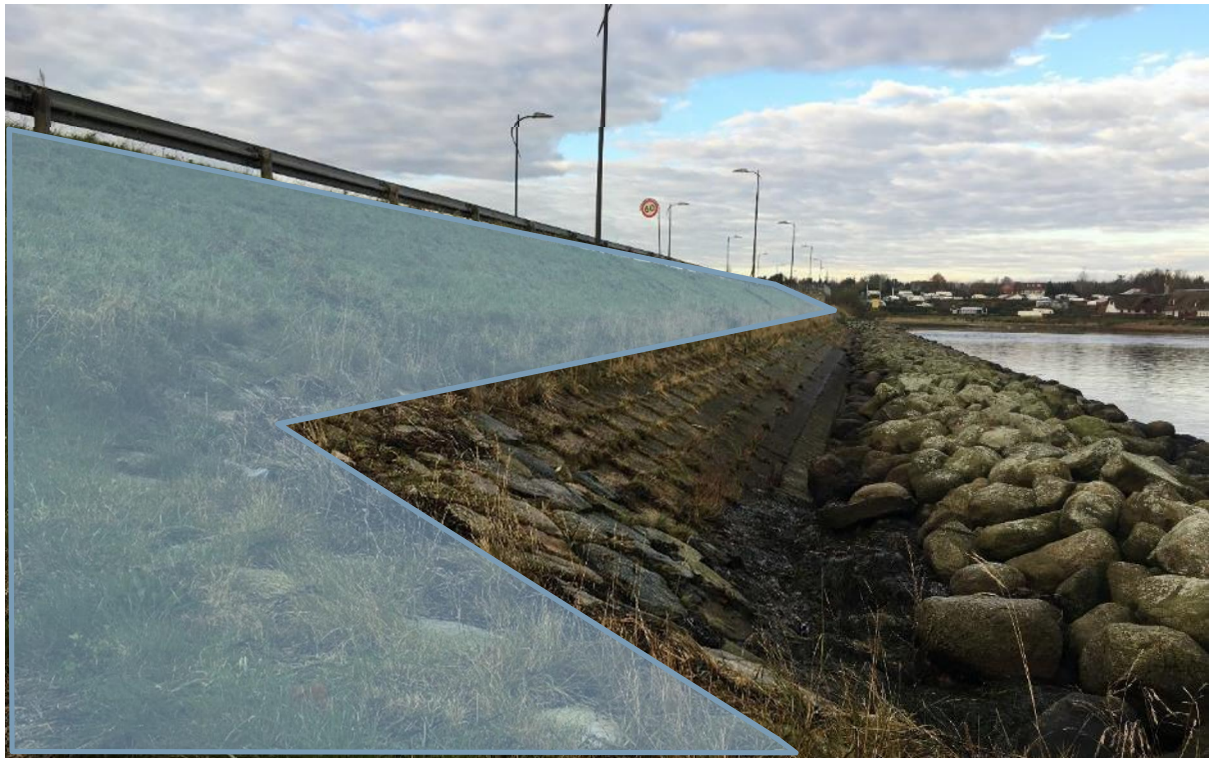
6.3.8.1 Svigt i dæmningen

Ved forhøjet vandstand i Lovns Bredning og en effektiv lukning ved Virksunddæmningen vil der opstå et differensvandspejl med risiko for geoteknisk svigt af dæmningen. Denne risiko kan analyseres ved en ingeniørmæssige geoteknisk analyse baseret på tilstrækkeligt geoteknisk grundlag. Hvis der konstateres for lav bæreevne, kan der f.eks. udlægges en stabiliserende banket umiddelbart syd for dæmningen og en skråningsbeskyttelse på den sydlige overflade af dæmningen til sikring.

Der foreligger ikke grundlag, der anviser maksimalt differensvandspejl, hvorfor risiko for dæmningssvigt ikke kan udelukkes. Jordbundsforholdene ved dæmningen viser dog ikke tegn på blødbund, hvorfor sandsynligheden for et svigt vurderes meget lav med den begrænsede tilvækst i vandstand.

6.3.8.2 Erosion i skråning

Den nordlige side af dæmningen kan eroderes pga. bølgepåvirkning. Dæmningen er pt. sikret betydeligt til kote ca. +2,0 m. Ved en forhøjet vandstand i kombination med bølger kan der ske erosion herover. En indsatsmulighed er at etablere skråningsbeskyttelse over eksisterende fliser, f.eks. græsarmring, fliser som eksisterende eller stenlag.



Figur 42 Forslag til indsatsmuligheder.

6.4 Indsatsmuligheder for Fiskerihavnen og de omkringliggende rekreative arealer

Ved en fremtidig ombygning af kaj anlæggene i fiskerihavnen kan kajkoten hæves med henblik på sikring af baglandet. Omkostningen forbundet hermed er betydelig og kan ikke modsvares af en forventet besparelse ved beskyttelse af havnens nuværende anlæg. Havnens fremtidige formål og eventuel indtægt skal tages med i betragtning ved en vurdering af fordelene ved en ombygning af kaj anlægget.

Ved en fremtidig områdefornyelse af det grønne område ved fiskerihavnen skal der tages hensyn til risiko for stormflod og klimatilpasning. Her kan det vælges enten at etablere sikringstiltag omkring en evt. ny bygning eller sikre det grønne areal, skitseret som tredje alternative linjeføring i Figur 43. Denne løsning skal selvfølgelig indtænkes i forhold til implementering af løsningsforslag i Sundstrup. Grundet begrænset tilgængelig plads og arealanvendelsen vil en eventuel sikring skulle ske i form af permanent eller mobil højvandssikring. Et dige vil ikke være egnet, da det ville optage store dele af arealet og hindre et væld af aktiviteter og mulighederne for området. Alternativt kan nye bygninger i området etableres, så de kan tåle at blive oversvømmet eller omringet af vand. Eksempelvis kan det overvejes at hæve indgang og grundplan i en evt. ny bygning, så der ikke sker oversvømmelse ved stormflod, eller installere mobil sikring jf. afsnit 5.1.2.4. Udendørs faciliteter kan ligeledes sikres ved at have fastforankrede bord-bænke elementer i beton i stedet for træ.

Handikaptoiletet på havnen er i dag hævet over terræn, og vurderes at være beliggende i kote +2,0 m. Bygningen er dog en utæt trækonstruktion, hvorfor en sikring skal gennemføres ved en vandtæt mur omkring bygningen eller større lokal fælles sikring som beskrevet ovenfor eller helt ny konstruktion.



Figur 43 Lokal fællessikring af det rekreative område ved Fiskerihavnen, hvis ikke mobil punktsikring vælges. Alternativ linjeføring nr. 3.

7. KONSEKVENSVURDERING

Valg af kystbeskyttelsesindsats er afhængig af flere parametre samt en helhedsorienteret tilgang til problemstillingerne.

7.1 Særlige fokusområder

På baggrund af de indledende undersøgelser blev der lokaliseret flere særlige fokusområder, som skal afklares og indarbejdes i den endelige højvandssikringsløsning.

7.1.1 Natura 2000-områder

Som følge af, at dele af området ved Sundstrup og området langs med Limfjorden er udpeget som Natura 2000-område, skal der ifølge Habitatbekendtgørelsen (Bekendtgørelse nr. 926 af 27 juni 2016) gennemføres en væsentlighedsvurdering af projektets mulige virkninger på Natura 2000-området og dets bevaringsmålsætninger for at afgøre, om projektet kan påvirke Natura 2000-området væsentligt. Vurderes det at være tilfældet, skal der yderligere laves en konsekvensvurdering. Hvis konsekvensvurderingen viser, at det ikke kan afvises, at planen eller projektet skader et Natura 2000-område, kan planen eller projektet ikke vedtages eller tillades. Alternativer til projektet skal undersøges. Myndigheden (Miljø- og fødevareministeriet) kan i ganske særlige tilfælde fravige beskyttelsen (artikel 6 stk. 4). Fravigelse kan ske, hvis myndigheden vurderer, at projektet må gennemføres af bydende nødvendige hensyn til væsentlige samfundsinteresser, herunder af social eller økonomisk art, og fordi der ikke findes nogen alternativ løsning. Europa-kommissionen skal underrettes.

7.1.2 §3-områder

Som følge af, at dele af området ved Sundstrup og området langs med Limfjorden er udpeget som §3-områder, skal der indhentes dispensation hos kommunen, hvor disse områder påvirkes. Dispensation kan evt. gives, hvis der findes områder, hvor der kan etableres passende erstatningsnatur.

7.1.3 Jordforurening

Det anbefales, at den lokale miljømyndighed afklarar, om der stilles krav om en §8-ansøgning i forbindelse med et anlægsprojekt. Der skal påregnes en behandlingstid på 2-4 måneder, inden der foreligger en endelig §8-tilladelse.

7.1.4 Kloaksystem

Design vandstanden for en 100 års stormflodshændelse i 2050 er i afsnit 6.1 vurderet til at være + 2,53 m. Ved det sydlige og nordlige udløb er laveste dækselkote i det tilhørende regnvandssystem hhv. kote +1,59 m og +1,89 m. Det betyder, at der skal sikres mod havstigninger til en kote, som ligger højere end terrænkoten for de aktuelle regnvandstilslutninger og højere end de laveste dækselkoter for regnvands- og spildevandssystemet. Det er derfor nødvendigt at sikre de pågældende udløb mod tilbageløb og opstuvning af havvand.

En løsningsmulighed kan være at etablere en kontraklap ved udløbet, så vandet kun kan løbe ud, men ikke ind.

Elskabet ved pumpestationen på Strandvejen kan kortslutte ved vandstande højere end ca. kote 2,6, som er sokkelkote. Koten ligger dermed kun lige lidt højere end koten for en 100 års hændelse i 2050, og der bør derfor være fokus på evt. lokal sikring her.

7.2 Positive og negative påvirkninger på omgivelserne

Valg af indsatsmulighed har en række positive og negative påvirkninger på omgivelserne. I nedenstående Tabel 5 er nogle af de indledningsvist identificerede påvirkninger listet for sikring af en 100 års hændelse i 2050. Listen er kun et uddrag og ikke udtømmende.

	Negative påvirkninger	Positive påvirkninger
Sundstrup: Løsningsforslag 1 - Dige	• Indgreb i Natura 2000 område • Indgreb i §3-områder • Stort terræningdgreb • Alt bevoksning bliver ryddet på de områder, der skal terrænhæves • Forringet udsyn til fjorden • Er ikke en naturlig del af det nuværende landskab	• Yder høj beskyttelse med stor sikkerhed
Sundstrup: Løsningsforslag 2 - Højvandsmur	• Mindre indgreb i Natura 2000 område • Indsatsmulighed delvist på privat grund • Forringet mulighed for direkte adgang og udsyn til fjorden • Er ikke en del af det naturlige landskab	• Yder høj beskyttelse med meget høj sikkerhed • Mindre fodaftryk end etablering af dige. • Mulighed for rekreativ anvendelse til fx siddemulighed
Sundstrup: Løsningsforslag 3 - Lav højvandsmur med mobil sikring	• Mindre indgreb i Natura 2000 område • Indsatsmulighed delvist på privat grund • Forringet mulighed for direkte adgang • Er ikke en del af det naturlige landskab	• Yder høj beskyttelse med middel til stor sikkerhed • Mindre fodaftryk end etablering af dige. • Mulighed for rekreativ anvendelse til fx siddemulighed

	Negative påvirkninger	Positive påvirkninger
	Adgangsvej til mobilt beredskab langs højvandsmuren	
Fiskerihavnens rekreative arealer: Lokal fælles sikring	Minimal til ingen påvirkning af Natura 2000	Yder middel beskyttelse med middel sikkerhed
Fiskerihavnens bygninger på de rekreative arealer: Lokal mobil sikring		- Yder middel beskyttelse med lav sikkerhed - Ingen påvirkning af omgivelserne
Forsamlingshuset: Lokal mobil sikring		- Yder middel beskyttelse med lav sikkerhed - Minimal påvirkning af omgivelserne
Virksunddæmningen og slusen: Ydre sikringstiltag	Potentiel indflydelse på Natura 2000	Yder høj beskyttelse med stor sikkerhed

Tabel 5 Sammenligning af de negative og positive påvirkninger på omgivelserne fra de forskellige løsningsforslag til sikring mod en 100 års hændelse i 2050.

7.3 Valg af løsninger til videre behandling

Permanente højvandssikringskonstruktioner kan blokere udsyn og hindre direkte adgang til kysten, men giver samtidig en større sikkerhed i forhold til mobile højvandssikringer. Der er ligeledes relativ stor geografisk og rumlige forskelle imellem indsatserne. Da der er værdifulde naturtyper og EU-direktivs udpegninger i området, foreslås det at undersøge bredden og variationerne inden for mulige indsatser.

8. ANLÆGSOVERSLAG

I det følgende er angivet anlægsoverslag for eksempler på udvalgte indsatsmuligheder for højvands sikring af Sundstrup uden større fællessikring af arealerne omkring Fiskerihavnen. Der er tale om grove estimater, da der på nuværende tidspunkt ikke foreligger skitseprojekter for de skitserede indsatsmuligheder. Estimaterne indeholder kun den rå anlægssum, dvs. ekspropriation af jord, projektering mv. er ikke indeholdt. Indsatsmuligheder for Virksunddæmningen og -slusen er ikke prissat, da dette ikke er en del af indeværende opgave.

	Estimerede omkostninger ekskl. moms (Kr.)			
	Sundstrup + tilslutningsforhold Sundvej, sydlig del	Sundstrup By, nordlig del	Rekreativt område ved Fiskerihavn incl. toiletbygning	Forsamlingshus
Løsningsforslag 1: Dige (figur 26-27)		2.700.000		
Løsningsforslag 2: Højvandsmur (figur 29-30)		6.500.000		
Løsningsforslag 3: Lavere højvandsmur suppleret med mobil sikring (som figur 29-30)		10.710.000		
Alternativ 1: Højvandsmur med mobil portløsning og terræn regulering	2.010.000/ 860.000*			
Alternativ 2: Hævet vej	1.100.000			
Alternativ 3: Højvandsmur med mobil portløsning			1.750.000	
Lokal permanent mobil sikring			300.000	690.000

Tabel 6 Opgørelse over løsningsforslag og estimerede anlægsoverslag.

*Estimat for højvandsmur langs kysten jf. Figur 26.

Tabel 6 viser de enkelte løsningsforslag og estimerede anlægsoverslag. På baggrund af disse overslag er eksempler på anlægssomkostninger for de udvalgte og præsenterede løsningsforslag skitseret i Tabel 7, Tabel 8 og Tabel 9.

Ved kombination af løsningsforslag med sikring af Fiskerihavnens rekreative arealer skal der kun medtages den del af højvandsmuren langs kysten, som indgår i sikring af Sundstrup Syd jf. Figur 26 (estimeret til 860.000 kr.).

Løsningsforslag 1	Estimerede omkostninger ekskl. moms (Kr.)
Sundstrup Løsningsforslag 1: Dige, Alternativ linjeføring 1 Princip jf. Figur 26	4.710.000
Sundstrup Løsningsforslag 1: Dige, Alternativ linjeføring 2 Princip jf. Figur 27	3.800.000
Sundstrup inkl. sikring af Fiskerihavnens rekreative arealer Løsningsforslag 1: Dige, Alternativ linjeføring 3 Kombination af Figur 26 og Figur 43	5.310.000

Tabel 7 Overslag over anlægsomkostninger for digeløsning med og uden sikring af Fiskerihavnens rekreative arealer.

Løsningsforslag 2	Estimerede omkostninger ekskl. moms (Kr.)
Sundstrup Løsningsforslag 2: Højvandsmur, Alternativ linjeføring 1 Princip jf. Figur 29	8.510.000
Sundstrup Løsningsforslag 2: Højvandsmur, Alternativ linjeføring 2 Princip jf. Figur 30	7.600.000
Sundstrup inkl. sikring af Fiskerihavnens rekreative arealer Løsningsforslag 2: Højvandsmur, Alternativ linjeføring 3 Kombination af Figur 26 og Figur 43	9.110.000

Tabel 8 Overslag over anlægsomkostninger for højvandsmurløsning med og uden sikring af Fiskerihavnens rekreative arealer.

Løsningsforslag 3	Estimerede omkostninger ekskl. moms (Kr.)
Sundstrup Løsningsforslag 3: Lavere højvandsmur med tillægsmobil-løsning, Alternativ linjeføring 1 Placering jf princip i Figur 29	12.720.000
Sundstrup Løsningsforslag 3: Lavere højvandsmur med tillægsmobil-løsning, Alternativ linjeføring 2 Placering jf princip i Figur 30	11.810.000
Sundstrup inkl. sikring af Fiskerihavnens rekreative arealer Løsningsforslag 3: Lavere højvandsmur med tillægsmobil-løsning, Alternativ linjeføring 3 Kombination af Figur 26 og Figur 43	13.320.000

Tabel 9 Overslag over anlægsomkostninger for lavere højvandsmurløsning med mobil sikring med og uden sikring af Fiskerihavnens rekreative arealer.

Vælges der et mindre sikringsniveau end en 100 års hændelse i 2050, vil midlertidige mobile løsninger også kunne komme på tale. Der forventes at kunne sikres til ca. en 10-20 års hændelse i 2050. Til sammenligning koster en mobil løsning vha. fx water-tubes omkring 1,5 mio. kr. Dertil

kommer anlæg af adgangsvej og beredskab samt oplagslokalitet. Som tidligere nævnt vurderes mobile løsninger ikke umiddelbart velegnede til så lange strækninger.

Forsamlingshuset og fiskerhusene kan enten lokal sikres eller flyttes/neddrives som beskrevet i afsnit 6.2, Figur 24. Anlægsoverslag på udvalgte aktiviteter er estimeret og præsenteret i de følgende tabeller, se Tabel 10 og Tabel 11.

Forsamlingshus	Estimerede omkostninger ekskl. moms (Kr.)
Mobil sikring (permanent karakter)	700.000

Tabel 10 Overslag over anlægsomkostninger for mobilt sikringstiltag ved forsamlingshus.

Fiskerhusene	Estimerede omkostninger ekskl. moms (Kr.)
Nedrivning	190.000
Nyopførelse af erstatningsbyggeri	4.990.000

Tabel 11 Overslag over anlægsomkostninger for nedrivning og nyopførelse af de 3 fiskerhuse.

9. UDGIFTSFORDELING

Udgifter til anlæg og drift af kystbeskyttelsesforanstaltninger skal i henhold til Kystbeskyttelsesloven afholdes af dem, der får nytte af kystbeskyttelsen. På baggrund af dette princip fordeles udgifterne derfor gennem en udgiftsfordeling.

En bidragsfordelingsmodel baserer sig på princippet om, at de, der drager direkte nytte eller får anden fordel, bidrager, og gerne at de enkelte interessenter bidrager i forhold til værdien af deres sandsynlige økonomiske fordele. Bidragsmodellerne fordeler investeringsomkostningen på baggrund af, hvor store de forventede sparede skadesomkostninger vil være i det pågældende område.

Gældende praksis varierer, og der er derfor på nuværende tidspunkt ikke en ensartet metode eller vejledning for, hvordan udgifter for kystbeskyttelsesindsatser fordeles. Der skal derfor tidligt i forløbet være fokus på at opstille en økonomisk beregningsmodel og identificere de nødvendige data og forudsætninger, der vil kunne anvendes til beregning af de forventede værditab ved ikke at igangsætte noget tiltag og dermed den økonomiske værdi af kystsikringstiltaget.

Udfordringerne ligger i at designe bidragsfordelingsmodellen på en måde, så bidragsparterne ikke bliver pålagt mere end deres forventede fordele ved kystbeskyttelsen. I modsat fald vil kystbeskyttelsen ikke kunne forventes at få opbakning fra de berørte grundejere og andre berørte. Der gøres ligeledes opmærksom på, at de involverede parter ikke altid finder det retfærdigt eller bakker op om kystbeskyttelsen alene ud fra en økonomisk betragtning.

Uanset valg af bidragsmodel er det vigtigt at få opgjort omkostningerne ved kystbeskyttelsestiltaget som grundlag for såvel en samlet økonomisk vurdering som til bestemmelse af finansieringsbehovet, som bidragsfordelingsmodellen skal sikre. Forventede anlægsomkostninger vil, som i dette studie og senere detailstudier, typisk estimeres ved brug af enhedspriser. Driftsomkostningerne afhænger af anlæggets natur og vil ofte kunne estimeres som en procentdel af anlægsomkostningerne.

Rambøll anbefaler, at bidragsfordelingen tager afsæt i en risikobetragtning, og er en økonomisk funderet fordeling af kystbeskyttelsesudgifterne. Gevinsterne bør overstige omkostningerne ved indsatserne.

I nærværende afsnit gives eksempler på bidragsfordelinger, hvor der er taget udgangspunkt i omkostninger relaterende sig til løsningsforslag 3, alternativ linjeføring nr. 2. Opgørelser over identificerede bygningers værdi samt relevans og det endelige antal husstande, skal selvfølgelig undersøges nærmere ved et endeligt projekt. Uanset hvilken metode, der endeligt vælges til bidragsfordeling, vil datatilgængelighed, -opløsning og -kvalitet udløse et større manuelt arbejde for at kunne fastlægge den endelige fordeling mellem parterne.

9.1 Bidragsfordeling på baggrund af enhedstype

Bidragspligtige fordeler omkostningerne på baggrund af, hvem der opnår beskyttelse og fordeler derved en part til alle.

Et eksempel er vist i Tabel 12 og Tabel 13, hvor hver henholdsvis bygningsejer og husstand betaler 1 part, og der betales 1 part per 1.000 m² vej. Der opgjort 87 bygninger hhv. 39 husstande for området. Vejarealet er valgt opgjort for hele Sundvej fra tilkørsel til Skivevej og krydset med Strandvejen. I alt en strækning på ca. 550 m.

Sikringsniveau: 100 års stormflodshændelse 2050					
Anlægsoverslag: 11.810.000 kr.					
	Opgørelse	Antal parter	Beløb per partstype (Kr.)	Bidrag per Enhed (Kr.)	Samlet bidrag fra gruppen (Kr.)
Bygninger, 100 års hændelse 2050	87	1	130.786	130.786	11.378.405
Veje, 100 års hændelse 2050	3.300 m ²	1	130.786	130.786	431.595

Tabel 12 Eksempel på bidragsfordeling på baggrund af enhedstype, bygninger.

Sikringsniveau: 100 års stormflodshændelse 2050					
Anlægsoverslag: 11.810.000 kr.					
	Opgørelse	Antal parter	Beløb per partstype (Kr.)	Bidrag per Enhed (Kr.)	Samlet bidrag fra gruppen (Kr.)
Husstande, 100 års hændelse 2050	39	1	279.196	279.196	10.888.652
Veje, 100 års hændelse 2050	3.300 m ²	1	279.196	279.196	921.348

Tabel 13 Eksempel på bidragsfordeling på baggrund af enhedstypen, hustande.

9.2 Bidragsfordeling på baggrund af beliggenhed

Bidragspligtige fordeler omkostninger på baggrund af beliggenhed. Området inddeles i bidragszoner, afhængig af gentagelsesperioden for udvalgte stormflodshændelser. Således forsøges der på mere rimelig vis at differentiere imellem, hvem der får mest nytte af højvandssikringen. Tillid til højvandstatistikken og højdekoter er afgørende.

Et eksempel er demonstreret i Tabel 14, hvor de, der opnår størst nytte, betaler mere end dem, som er mindre udsat. Veje indgår forsat med én part per 1.000 m² vejareal, hvor hele Sundvej fra Skivevej til krydset med Strandvejen medtages. I alt ca. 550 m.

Denne metode kan ligeledes udvides yderligere til eksempelvis også at indeholde forsyning, differentiering mellem privat og erhverv, ledige grunde etc.

Sikringsniveau: 100 års stormflodshændelse 2050 Anlægsoverslag: 11.810.000 kr.					
	Opgørelse	Antal parter	Beløb per partstype (Kr.)	Bidrag per Enhed (kr.)	Samlet bidrag fra gruppen (Kr.)
Husstande, 10 års hændelse 2050	33	2,5	124.578	311.445	10.277.690
Husstande, 20 års hændelse 2050	36	2	124.578	249.156	747.468
Husstande, 50 års hændelse 2050	36	1,5	124.578	186.867	0
Husstande, 100 års hændelse 2050	39	1	124.578	124.578	373.734
Veje, 100 års hændelse 2050	3.300 m ²	1	124.578	124.578	411.108

Tabel 14 Eksempel på bidragsfordeling på baggrund af beliggenhed

9.3 Bidragsfordeling på baggrund af beliggenhed og kvadratmeter grundplan

Bidragspligtige fordeler omkostninger på baggrund af beliggenhed og kvadratmeter grundplan, hvilket i højere grad afspejler den økonomiske risiko. Tillid til højvandsstatikken, højdekoter samt BBR-registrerede kvadratmeter er derfor afgørende.

Et eksempel er demonstreret i Tabel 15, hvor den enkeltes sårbarhed er inkluderet. Analysen kan ligeledes udvides yderligere til eksempelvis også at indeholde forsyning, differentiering mellem privat og erhverv, ledige grunde etc.

Sikringsniveau: 100 års stormflodshændelse 2050 Anlægsoverslag: 11.810.000 kr.				
	Opgørelse	% andel	Bidrag per m ² (kr.)	Samlet bidrag fra gruppen (Kr.)
BBR-registrerede kvadratmeter, 10 års hændelse 2050	3.406 m ²	92.12	3.194	10.880.028
BBR-registrerede kvadratmeter, 20 års hændelse 2050	3.887 m ²	6.51	1.598	768.689
BBR-registrerede kvadratmeter, 50 års hændelse 2050	3.887 m ²	0.00	841	0
BBR-registrerede kvadratmeter, 100 års hændelse 2050	4.304 m ²	1.13	321	133.883
Veje, 100 års hændelse 2050	3.300 m ²	0.23	8	27.427

Tabel 15 Eksempel på bidragsfordeling på baggrund af beliggenhed og kvadratmeter grundplan

Hvis større beløb, uafhængig af fordelingsnøgle, finansieres af 3. part fx kommunen, fratrækkes det de samlede omkostninger, således at de resterende omkostninger betales af de, der opnår beskyttelse eller på anden måde drager nytte.

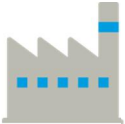
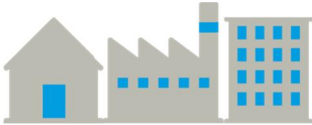
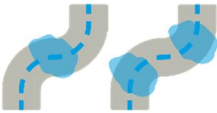
9.4 Forudsætninger og diskussion af bidragsfordelinger

Som det fremgår af foregående afsnit, kan metoder for udvikling af bidragsfordelinger have forskellig karakter. Det er derfor vigtigt, at kommunen i samarbejde med interessenter og berørte borgere finder en fælles tilgang, så et forudsætningsgrundlag kan udarbejdes, og der er opbakning til implementering af projektet. Udover økonomien for etablering af anlægget skal også driften finansieres.

Som udgangspunkt er det lodsejere, der bidrager til anlæg af kystbeskyttelse. I nogle tilfælde kan kommunen gå ind og bidrage. Kommunen kan derfor være med til at skrue på, hvilke parametre samt kriterier der skal udløse bidrag. Kommunen er ikke kun ejer af offentlige bygninger og vejarealer, men varetager også driften af institutioner og services, hvilket er medvirkende til en udvidet debat om tilgængelighed samt opretholdelse af serviceniveau under og efter oversvømmelse.

Listen over parametre og kriterier, der kan udløse bidragspligt, er lang. På nuværende tidspunkt kan det diskuteres om alle bidragspligtige parter er identificeret og medtaget.

Forudsætningerne for indeværende arbejde er følgende:

	Oversvømmes hele eller dele af matriklen, udløses ikke noget bidrag, med mindre bebyggelsen er berørt
	Oversvømmes hele eller dele af en beboelsesbygning, udløser det et boligbidrag.
	Erhvervsbygninger indgår ikke med en særskilt pris, men dette kan overvejes i den videre proces. Umiddelbart vurderes der at være få i området.
	Bygninger med kombineret erhverv og beboelse er på nuværende tidspunkt ikke identificeret. Umiddelbart vurderes der at være få i området.
	Ved oversvømmelse af "tilhørende" bebyggelse af ukendt karakter udløses en oversvømmelsespart på baggrund af tilgængelig BBR-oplysning for "hovedbygning".
	Bygninger uden BBR-oplysninger er på nuværende tidspunkt ikke håndteret tilstrækkeligt i opgørelser, hvor BBR-oplysninger indgår.
	Mulige værdier, som forbliver i risikozonen og dermed ikke er omfattet af sikring, bør udtages i den endelige fordeling. Det kan fx være huse som ligger uden for højvandssikringen og som dermed ikke opnår beskyttelse. På nuværende tidspunkt er de indeholdt i analysen.
	Det er ikke kun oversvømmet vejareal, som indgår i bidragsfordelingen, da det vurderes, at hele vejen ikke er tilgængelig ved oversvømmelse. Den totale vejstrækning fra, hvor Sundvej møder Skivevej og Strandvejen, er derfor medtaget.
	Den eksakte vejbredde foreligger ikke, og en ensartet estimeret vejbredde på 6 m er derfor antaget.

10. KONKLUSION

Landsbyen Sundstrup ligger relativt højt i terrænet, og de fleste bygninger ligger med en kote omkring 2 dermed relativt sikkert i forhold til nuværende højvandshændelser. De rekreative arealer ved Fiskerihavne ligger væsentligt lavere (ca. kote 1-1,5) og oplever allerede i dag hyppige oversvømmelser.

Fremtidigt forventes højvandstanden at stige med godt 50 cm til ca. 2,5 m DVR for en 100 års hændelse i 2050. De estimerede højvandskoter er højere end koter anvendt i forbindelse med Viborg Kommunes klimatilpasningsplan. Ved den fastlagte kote for en 100 års hændelse i 2050 vil der opstå problemer med oversvømmelse af store dele af Sundstrup. Der er dog ikke den store forskel i oversvømmelsesudbredelsen for forskellige oversvømmelseshændelser pga. det stejle terræn fra kysten og op til bebyggelserne, som ligger på et mere fladt plateau.

Designkoten for en 100 år hændelse i 2050 er fastsat til ca. kote 3 afhængigt af, hvilket kystsikringstiltag der vælges. Tiltag som fx diger skal have en lidt højere designkote end højvandsmure for at undgå bølgeoverskyl.

Det skal bemærkes, at evt. tiltag i regional regi fx ved Thyborøn Kanal vil kunne ændre ovenstående koter.

Såfremt Landsbyen Sundstrup skal sikres mod højere stormflodshændelser, kan dette etableres med fx et dige eller en højvandsmur langs kysten. Tiltagene vil få en højde på ca. 1 m over eksisterende terræn over en meget lang strækning. Der er derfor mange forhold, som skal overvejes ved valg af løsning. Tiltagene vurderes at have flere negative påvirkninger af omgivelserne.

Der er bl.a. beskyttede naturtyper i form af Natura 2000-område på en stor del af området mellem kysten og bebyggelserne. Denne beskyttelse kan kun fraviges i særlige tilfælde, hvilket kræver tilbundsgående undersøgelser af kystbeskyttelsesprojektets påvirkninger af området. En højvandsmur kan placeres i udkanten af Natura 2000-området og har et mindre fodaftryk end en dige-løsning.

Et dige eller en højvandsmur giver forringet udsyn til fjorden. Højden af højvandsmuren kan reduceres, hvis muren etableres i kombination med en mobil løsning. Denne løsning er ca. 50% dyrere end en løsning med højvandsmur, men giver større udsyn til fjorden fra ejendomme langs kysten. Løsningen er dog ikke helt så sikker som en højvandsmur i fuld højde.

En mobil løsning med ingen eller få faste installationer vurderes ikke at være en mulighed til den givne designkote for en 100 års hændelse i 2050. Der skal derfor accepteres et lavere sikringsniveau, hvis en mobil løsning skal implementeres. På kortere sigt kan løsningen være en mulighed, men den lange strækning, der skal sikres, er en udfordring såvel teknisk som økonomisk. Det kræver derfor nærmere undersøgelser for vurdering af mulighederne.

Langs kysten findes nogle ældre fiskerhuse samt et nyere forsamlingshus, hvor det afhængigt af løsning skal overvejes, om disse skal sikres enkeltvis eller flyttes til anden placering.

De rekreative arealer ved Fiskerihavnen kan ligeledes sikres med lokale løsninger af enkeltstående bygninger i området. Alternativt etableres sikringstiltag, der beskytter hele området, men også er væsentlig dyrere.

Anlægsomkostninger til etablering af sikringstiltag for Sundstrup er estimeret til ca. 4-14 mio. kr. ekskl. moms afhængig af valgte sikringstiltag. Med flytning af enkeltbygninger kan prisen stige.

Virksunddæmningen og -slusen er inspiceret, og på baggrund heraf er de væsentligste risici og sikringstiltag skitseret. Det har ikke været muligt at fremskaffe viden om dimensioneringsgrundlaget for dæmningen, hvorfor en vurdering af stigende højvandstand kun kan foretages ud fra et overordnet skøn. Den største risiko vurderes at være knyttet til porten i skibssluse, hvor et overløb evt. kan give svigt i slusen og medføre massive vandstrømninger ind i Hjarbæk Fjord.

Der er en længere proces forbundet med valg af løsning, diskussion af fordele og ulemper samt ikke mindst fastlæggelse af, hvordan anlægs- og driftsudgifter skal fordeles. Til sidstnævnte er der i rapporten givet forslag til forskellige fordelingsmodeller.

Næste skridt i processen er dialog med borgerne i området, og Viborg Kommune har her planlagt et orienteringsmøde i forlængelse af afslutning af nærværende rapport.

Endvidere anbefales det at igangsætte nærmere undersøgelser af Natura 2000-området og de beskyttede naturtyper for vurdering af, om det er muligt at etablere et projekt i området eller hvilke betingelser, der vil være gældende for et evt. sikringstiltag. Såfremt der sker ændringer regionalt, fx ved Thyborøn Kanal, kan der blive behov for en revurdering af højvands- og designkoter.

11. REFERENCER

Bluemont (2017): Mobile Flood Barrier (tubes) by NoFloods

<http://www.bluemont.com.au/flood-prevention/mobile-flood-barrier-tubes-by-nofloods/>

DMI (2017): Fremtidens vandstand omkring Danmark

<https://www.dmi.dk/klima/fremtidens-klima/danmark/vandstand/>

Flood Control Asia (2017): Flood Defense for Government Facilities

<http://floodcontrol.asia/flood-solutions/government-facilities/>

Klimatilpasning.dk (2017) Kort om projektet

<http://www.klimatilpasning.dk/cases-overview/klimatilpasset-nytaenkning-paa-lemvig-havn.aspx>

Kystdirektoratet (2012a): Thyborøn Kanal og Vestlige Limfjord

Kystdirektoratet (2012b): Højvandsstatikker 2012

Kystdirektoratet (2017a): Hvad er Klitter

<http://kysterne.kyst.dk/hvad-er-klitter.html>

Kystdirektoratet (2017b): Hvad er et dige

<http://kysterne.kyst.dk/hvad-er-diger.html>

Kystdirektoratet (2017c): Hvad er mobil højvandsbeskyttelse

<http://kysterne.kyst.dk/hvad-er-mobil-hoejvandsbeskyttelse.html>

Kystdirektoratet (2017d): Højvandsstatikker 2017

Lemvig Kommune og Haslev & Kærsgaard (2017): Højvandsmur/spunsvæg

<http://www.klimatilpasning.dk/teknologi/stigende-havspejl/hoejvandsmurspunsvaeg.aspx>

BILAG 1

BESIGTIGELSE AF OMRÅDET

NOTAT

Projekt **Forundersøgelse - Kystoversvømmelse ved Virksundslusen og Sundstrup**
Kunde **Viborg Kommune**
Notat nr. **-**
Dato **20/12/2017**
Rev. **15/06/2018**
Til **Viborg Kommune**
Fra **Thomas Madsen, Rambøll**

1. **Besigtigelse af anlæg i området 25.9.2017 og 6.11.17**

Dato 20/12/2017

I det følgende er vist placering af tekniske anlæg og fotos af disse fra besigtigelse af området den 25.9 og 6.11.17.

Rambøll
Olof Palmes Allé 22
DK-8200 Aarhus N

T +45 5161 1000
F +45 5161 1001
www.ramboll.dk

Ref. 1100029782
Dokument ID 1100029782-
1579581836-12
Version 2.0

1.1 Placering af tekniske anlæg



1.2 Liste over tekniske anlæg

Ref.	Beskrivelse	Billede
01	Sluse	
02	Gennemsej- lingsssluse, Klapbro, hydraulik	

03	Dæmnings-anlæg, Skrånings-beskyttelse, vej, belysning	
04	Havn, kajanlæg, eltavler, belysning, bygning, rampe	



		
05	Toiletbygning, elinstallationer, belysning på P-pladsen	

06	Eltransformator	
07	Nordligt udløb	

08	Sydligt ud- løb/ Sundstrup Bæk	
09	Pumpesta- tion til kloak	

10 Forsamlings-
hus
(Nordligste
fiskerhus)



		
11	Midterste fiskerhus	

		
12	Sydlige fiskerhus	





13	Kreaturpas- sage under vej	
----	----------------------------------	---

14	Eltransformator på sydside af dæmning	
15	Naturgaslager og pumpeindtag til gaslager	



BILAG 2

MODELLERING AF STORMFLODSVANDSTANDE

MODELLERING AF STORM- FLODSVANDSTAND VED SUNDSTRUP

Projekt
Kunde
Dato
Fra

**Forundersøgelse kystoversvømmelse ved Virksundslusen og Sundstrup by
Viborg Kommune
08/03/2018
Rambøll, Jørgen Quvang Harck Nørgaard**

1. Indledning

Dato 08/03/2018

Nærværende notat er udarbejdet som dokumentation for estimeringen af den fremtidige 100-års stormflodsvandstand i år 2050. Notatet er et tillæg til igangværende undersøgelser vedr. stormflodsvandstand samt stormflodssikring ved Sundstrup i Limfjorden.

Foreliggende vandstandsmålinger fra Sundstrup (Virksunddæmningen) er behæftet med usikkerheder, idet der har været en maksimal kote for vandstandsmåleren på 2 m samt manglende data fra historiske storme. Heriblandt mangler der vandstandsmålinger ved Virksunddæmningen under stormen fra 2005, som medførte den hidtil højeste målte vandstand i størstedelen af Limfjorden i nyere tid – jf. Kystdirektoratets højvandstatistik 2017.

Udover manglende historiske vandstandsmålinger mangler der viden omkring den geografiske specifikke indflydelse fra klimaændringer på den fremtidige stormflodsvandstand ved Sundstrup samt indflydelsen fra den naturlige morfologiske udvikling af Thyborøn Kanal – hvilket i tidligere studier, udført af (DHI, 2011), har vist sig at resultere i forøgede stormflodsvandstande på flere lokaliteter i Limfjorden.

Rambøll
Prinsensgade 11
DK-9000 Aalborg

T +45 5161 1000
F +45 5161 1001
www.ramboll.dk

Ref. 1100029782
Dokument ID 1100029782-
1579581836-31
Version 1.0

1.1 Fremgangsmåde til bestemmelse af designvandstand i Sundstrup

Fremgangsmåden for nærværende studie er som følger:

- Der er foretaget et datastudie af foreliggende vandstandsmålinger fra Virksunddæmningen ift. at finde repræsentative målinger fra historiske stormscenarier, som kan danne grundlag for kalibrering/validering af Rambølls Limfjordsmodel.

Rambøll Danmark A/S
CVR NR. 35128417

Medlem af FRI

- Via modellering er der estimeret en stormflodsvandstand ved Sundstrup under 2005-stormen (der omtrent medførte en 100-års højvandshændelse på flere lokaliteter i Limfjorden).
- Der er gennemført modellering af den fremtidige stormflodsvandstand ved Sundstrup for 2005-stormen, som er fremskrevet til år 2050 ved at tage højde for klimaændringer samt den naturlige morfologiske udvikling af Thyborøn Kanal.
- Der er estimeret en fremtidig vandstandsstatistik for Sundstrup – baseret på vandstandsstatistik fra Løgstør samt modelresultater fra Limfjordsmodellen.

2. Målinger af højvandstande fra Virksunddæmningen

Viborg Kommune har leveret vandstandsmålinger fra Virksunddæmningen, der ligger tæt ved Sundstrup, i perioden 2005 – 2013. Se udspecificerede perioder i nedenstående:

- **År 2005, 2007, 2008:** Vandstandsmålinger fra april – oktober i digitalt format med målinger kl. 10:00, 12:00, 18:00.
- **År 2009:** Vandstandsmålinger fra april– december i digitalt format med målinger for hver time.
- **År 2010, 2011, 2012:** Vandstandsmålinger fra januar – december i digitalt format med målinger for hver time.
- **År 2013:** Vandstandsmålinger fra januar - medio oktober i digitalt format med målinger for hver time.

Det er vurderet, at der er for få data til at lave en statistisk analyse af vandstandene ved Sundstrup med tilstrækkelig pålidelighed. Hypotesen er dog, at dataene fra Sundstrup kan anvendes i en korrelation med målinger fra en anden placering i Limfjorden, hvormed data-populationen for Sundstrup kan udvides.

2.1 Datastudie af højvandstande ved Virksunddæmningen

Det er vurderet, at der vil være forholdsvis god korrelation imellem vandstandene ved Løgstør og Sundstrup svarende til, at høj vandstand i Løgstør også vil give anledning til høj vandstand i Sundstrup. Vurderingen er baseret på de to lokaliteters placeringer i Limfjorden på kyster med forholdsvis lange frie stræk mod vest, som medfører, at vandstanden ved kysterne er domineret af lokal vindstuvning.

I tabel 1, som er en gengivelse fra Kystdirektoratets højvandstandsstatistik 2017 (KDI, 2018), er der angivet de 20 højeste målte vandstande ved Løgstør. I tabellen er der markeret tre hændelser, hvor der forekommer samtidige målinger fra både Løgstør og Sundstrup. Som tidligere nævnt svarer højvandstanden ved Løgstør under stormen d. 8. januar 2005 ca. til en 100-år hændelse jf. (KDI, 2018).

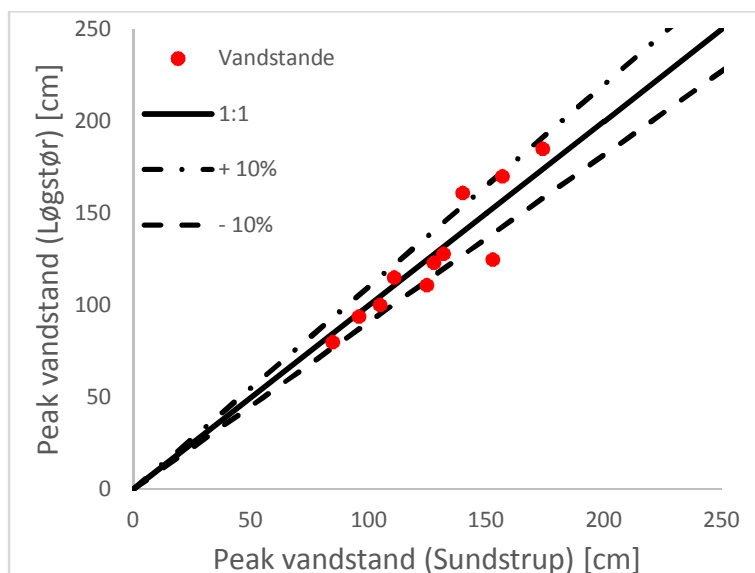
Udover de markerede samtidige målinger i tabel 1 haves en tidsserie med vandstandsmålinger fra Løgstør Havn, som bl.a. dækker den samme periode som vandstandstidsserien fra Virksunddæmningen. Heri er der fundet yderligere 8 samtidige højvandstande med målte vandstande i Løgstør fra 80 – 128 cm, dvs. lavere end de 20 højeste vandstande jf. tabel 1,

men stadig vandstande, som forekommer under situationer med forholdsvis kraftig vind fra vest og dermed vindstuvning i både Sundstrup og Løgstør.

Korrelationen imellem de i alt 11 samtidigt forekommende vandstande i Løgstør og Sundstrup er vist i figur 1. Som det fremgår af figuren, er der en fin korrelation imellem vandstandene på de to lokaliteter, som stort set ligger inden for en +/- 10 %-variation omkring 1:1 linjen (dvs. fuld lineær proportionalitet). Hermed er det vurderet, at tendensen i vandstandsstatistikken for Løgstør med forholdsvis god pålidelighed også kan anvendes for Sundstrup. Herudover kan målte vandstande i Løgstør anvendes til kalibrering/validering af Rambølls hydrauliske computermodel ift. at opnå valide estimater for stormflodsvandstande ved Sundstrup.

8. januar 2005	205 cm
25. november 1981	191 cm
11. januar 2015	179 cm
28. februar 1990	178 cm
27. november 2011	177 cm
12. januar 2017	176 cm
13. januar 2007	173 cm
10. december 2011	170 cm
3. januar 1984	168 cm
6. december 2015	168 cm
22. januar 1993	163 cm
3. februar 2016	162 cm
4. januar 2012	161 cm
13. januar 1993	157 cm
17. januar 1954	156 cm
6. december 2013	154 cm
21. januar 1976	149 cm
6. november 1996	149 cm
10. januar 2005	146 cm
3. november 1965	143 cm

Tabel 1: 20 højeste registrerede vandstande i Løgstør (KDI, 2018).



Figur 1: Korrelation imellem samtidige målte højvandstande ved Løgstør og Sundstrup.

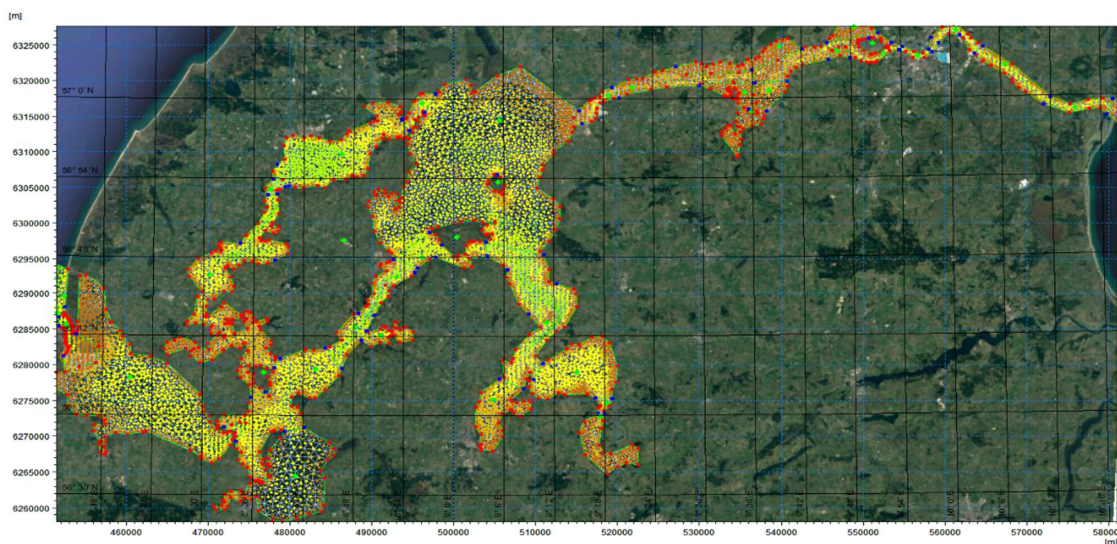
Der ønskes som tidligere nævnt en 100-års vandstand for Sundstrup, men da denne ikke fremgår af de tilgængelige data, er den estimeret på anden vis. Hertil er anvendt Rambølls såkaldte Limfjordsmodel, som beskrives i det følgende.

3. Beskrivelse af hydraulisk computermodel for Limfjorden

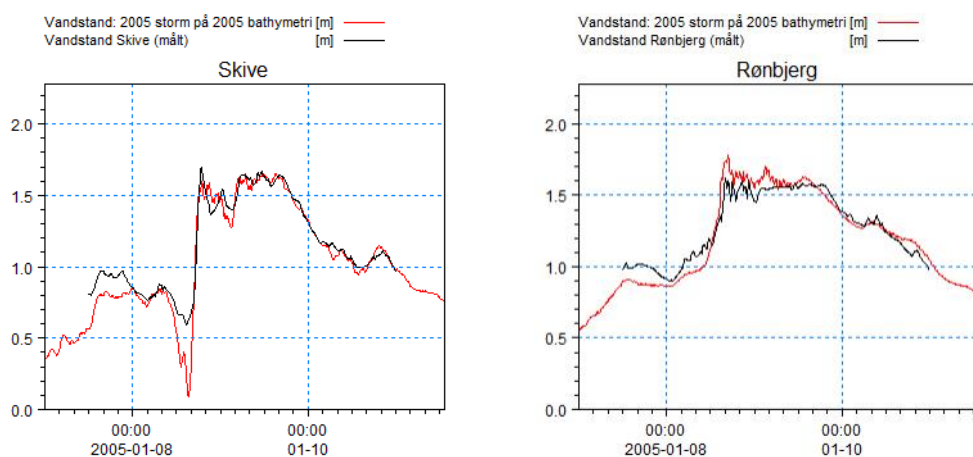
Rambøll er i besiddelse af numerisk model ("Limfjordsmodel") til simulering af vandstande i Limfjorden. Denne model anvendes til såkaldt hindcast af vandstande ved Sundstrup for f.eks. stormen i 2005.

Rambølls hydrauliske model af Limfjorden er en 3D-"Reynolds Averaged Navier-Stokes"-model, som er opbygget i DHI-softwaren MIKE3 FM. Modellen består af 23.776 beregningselementer af varierende størrelse og i 10 vertikale lag, som er optimeret ift. hastighedsgradienterne for strømningerne i fjorden. Modellen er forceret med vind samt vandstande i Thyborøn og Hals. Der er foretaget validering ift. vandstand og salinitet på forskellige lokaliteter i Limfjorden for år 2005.

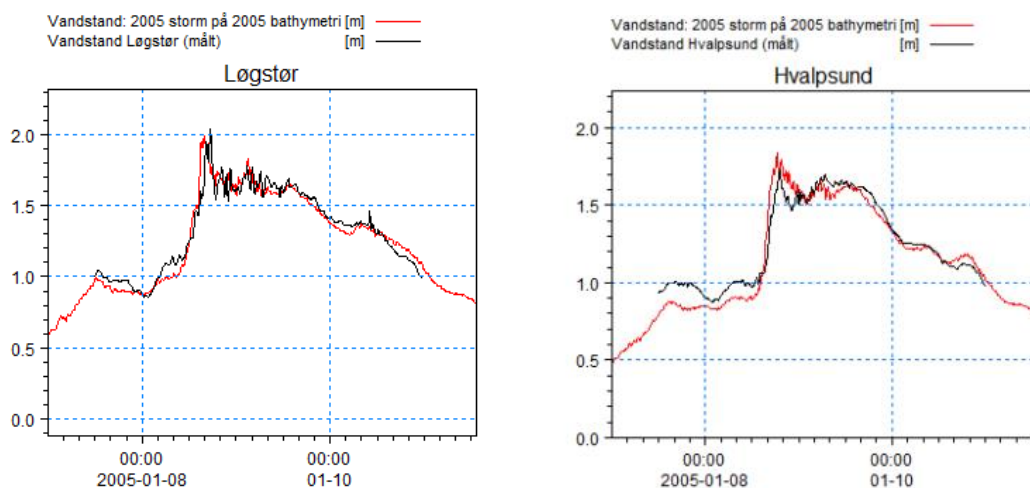
Figur 2 viser beregningsnettet i Rambølls hydrauliske beregningsmodel for Limfjorden. Figur 3, figur 4 og figur 6 viser sammenligninger imellem målte og simulerede vandstande for stormen i januar 2005, på de 11 lokaliteter, som er illustreret i Figur 5. Som det fremgår af figurene, specielt figur 6, forekommer der en god overensstemmelse. Peak-vandstandene beregnes i modellen med en nøjagtighed indenfor $\pm 10\%$ fra det målte.



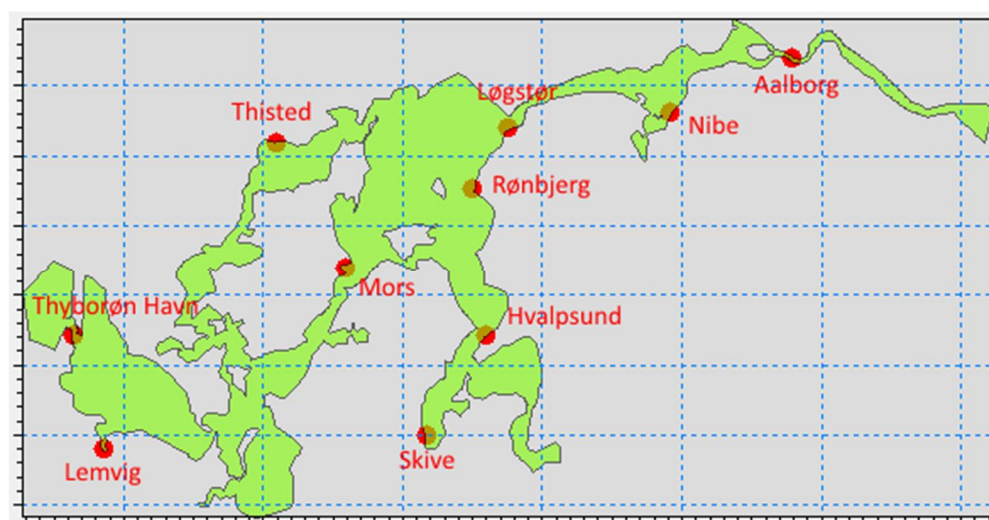
Figur 2: Illustration af Rambølls hydrauliske model for Limfjorden.



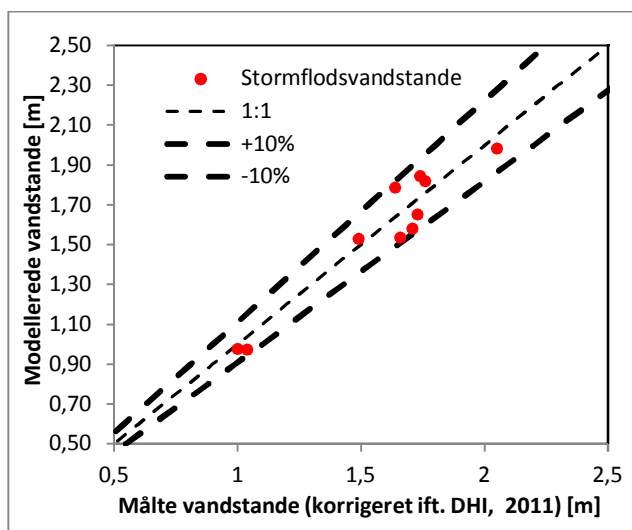
Figur 3: Simuleret og målt vandstandsvariation i Skive og Rønbjerg for stormen i januar 2005.



Figur 4: Simuleret og målt vandstandsvariation i Løgstør og Hvalpsund for stormen i januar 2005.



Figur 5: Illustration af lokaliteter til sammenligning af målte og modellerede vandstande under stormfloden i 2005.

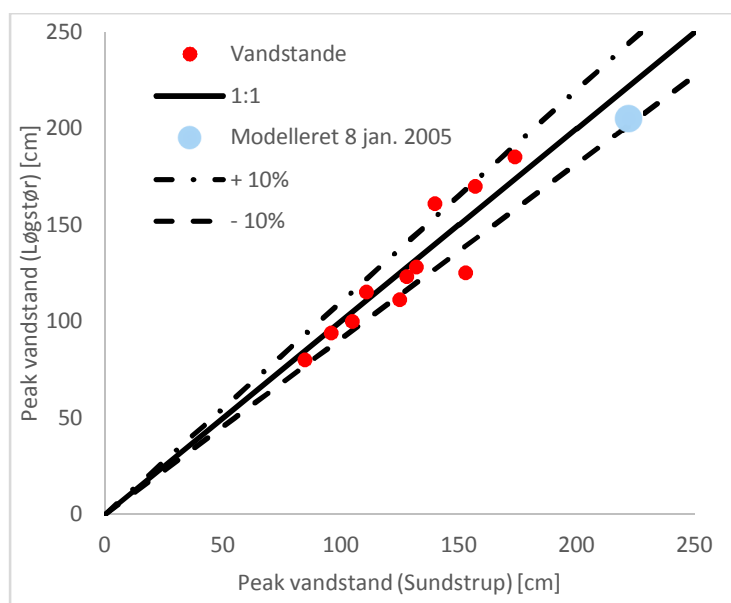


Figur 6: Sammenligning mellem målte vandstande og simulerede vandstande fra Rambølls hydrauliske model for stormen i januar 2005.

3.1 Validering af Limfjordsmodel til estimering af 100-år vandstand ved Sundstrup

Limfjordsmodellen er ikke kalibreret/valideret ift. bestemmelse af stormflodsvandstande ved Sundstrup. Da der ikke forekommer målinger fra Sundstrup fra stormen d. 8. januar 2005 er det i stedet undersøgt, hvorvidt korrelationen imellem den målte 100-års vandstand ved Løgstør og den modellerede vandstand ved Sundstrup (under samme storm) følger den samme tendens som vist i figur 1.

Figur 7 viser en gengivelse af korrelationen af de 11 samtidige målte højvandstande fra figur 1. Herudover er der i figuren inkluderet korrelationen imellem den målte vandstand fra Løgstør og den modellerede vandstand fra Sundstrup under stormen 8. januar 2005.



Figur 7: Korrelation imellem samtidige målte højvandstande i Løgstør og Sundstrup inklusive den modellerede højvandstand ved Sundstrup under stormen d. 8. januar, 2005.

Som det fremgår af

figur 7 er den målte 100-års vandstand for Løgstør og den simulerede vandstand for Sundstrup under samme storm inden for +/- 10 % spredning, og dermed ligger 100-års stormflodshændelsen med samme fuldt lineære proportionalitet, som de resterende 11 samtidige målinger. Det er derfor konkluderet, at den hydrauliske vandstandsmodel for Limfjorden er i stand til at levere estimater for vandstande ved Sundstrup med samme tendens som korrelationen imellem de foreliggende vandstandsmålinger for Løgstør og Sundstrup. Desuden kan det, på baggrund af den lineære korrelation imellem Sundstrup og Løgstør, konkluderes, at 100-års vandstanden ved Sundstrup med stor sandsynlighed vil opstå under samme storm som i Løgstør.

Den modellerede stormflodsvandstand ved Sundstrup under stormen i 2005 (ca. svarende til en 100-års returperiode) er givet i tabel 2. 100-års vandstanden i år 2050 vil dog være højere grundet klimaændringer og den morfologiske udvikling af Thyborøn Kanal. Dette beskrives nærmere i det følgende.

Stormflodsvandstand i Sundstrup (100 års returperiode i 2005)	222 cm
--	--------

Tabel 2: Modelleret vandstand i Sundstrup under stormen d. 8. januar 2005.

4. Modellering af 100-års vandstanden i år 2050 i Sundstrup

Overordnet set påvirkes den fremtidige 100-års vandstand i Sundstrup, og i Limfjorden generelt, af to bidrag:

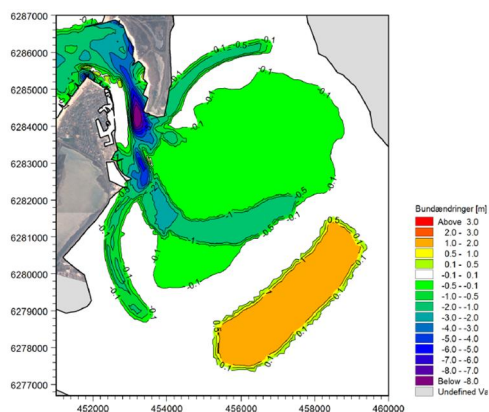
- Den naturlige morfologiske udvidelse af Thyborøn Kanal.
- Klimaændringer.

Konsekvenserne ved de to bidrag gennemgås i det følgende.

4.1 Indflydelse fra den morfologiske udvikling af Thyborøn Kanal på stormflodsvandstanden i Sundstrup

I en DHI-rapport fra 2011 (DHI, 2011) er den morfologiske udvikling af Thyborøn Kanal undersøgt og det er i denne forbindelse konstateret, at kanaludvidelsen vil have en indflydelse på stormflodsvandstandene i Limfjorden. Mindstetværsnittet af Thyborøn Kanal (som er det kritiske snit ift. den hydrauliske modstand i Thyborøn Kanal under stormflod) er i (DHI, 2011) vurderet til at være udvidet med ca. 23 % i 2060 sammenlignet med 2005.

Det er i nærværende studie antaget, at det mindste tværsnit i Thyborøn Kanal i år 2050 svarer til det mindste tværsnit for år 2060 (som estimeret i DHI-rapporten), da tværsnitsudvidelsen med tiden vil aftage. Den morfologiske udvikling i Rambølls Limfjordsmodel for 2050 er således baseret på resultaterne i (DHI, 2011), og der er taget udgangspunkt i dybdeudviklingen i figur 8.



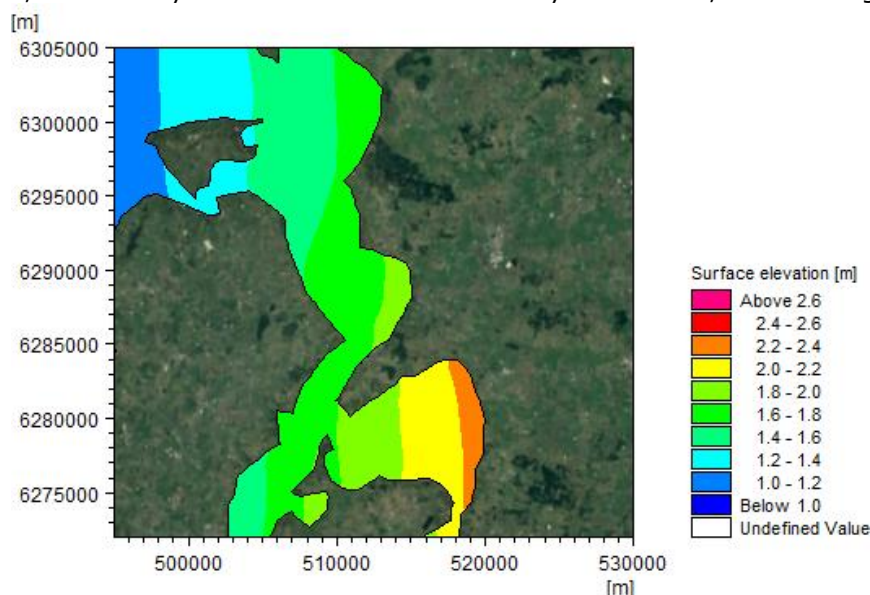
Figur 8: Udvikling i vanddybder i 2050 (antaget) sammenlignet med 2005 (DHI, 2011).

Den modellerede stormflodsvandstand i Sundstrup under 2005-stormen under indflydelse fra den naturlige morfologiske udvidelse af Thyborøn Kanal (uden indflydelse fra klimaændringer) er givet i tabel 3.

Stormflodsvandstand i Sundstrup (100 års returperiode under indflydelse fra kanaludvidelse)	228 cm
--	--------

Tabel 3: Modelleret vandstand under stormen d. 8. januar 2005 i Sundstrup under indflydelse fra udvidelsen af Thyborøn Kanal.

Et plot af vandstanden i Lovns Bredning samt ved Sundstrup under stormflodspeaket d. 8. januar 2005, under indflydelse fra udvidet tværsnit i Thyborøn Kanal, kan ses i Figur 9.



Figur 9: 2D-plot af vandstanden ved Sundstrup under stormpeaket d. 8. januar 2005.

4.2 Simulering af kombineret indflydelse fra kanaludvidelse samt klimaændringer på stormflodsvandstanden i Sundstrup

Kystdirektoratet har i deres rapport fra 2012 (KDI, 2011) vedr. fremtidige stormflodsvandstande i Limfjorden vurderet, at havspejlsstigningen i den vestlige Limfjord frem til 2060 vil være ca. +24 cm i forhold til vandstanden i 2010. Desuden er det i rapporten nævnt, at der frem til år 2100 vil forekomme en stigning i den maksimale vindhastighed/stormstyrke på mellem 1-10 % samt mulige ændrede meteorologiske strømningsmønstre.

I KDI-rapporten (KDI, 2012) er det dog valgt udelukkende at inkludere klimaændringerne i forhold til en generel havspejlsstigning, dvs. uden potentielle tillæg for flere og kraftigere storme. Grunden til dette er, at vindbidragene frem til 2060 er vurderet til at være små, samt at der ikke for alle farvande er entydige resultater, der peger i en bestemt retning i påvirkningen af ekstremvandstandene.

Samme forudsætning/antagelse ift. klimaændringer som i (KDI, 2012) er anvendt i nærværende vurdering. Dvs. at der udelukkende medtages en generel vandstandsstigning på 0,24 m (under antagelse af at denne vil forekomme i 2050). Dette er dog kombineret med en følsomhedssimulering med et ekstra vindbidrag under stormen.

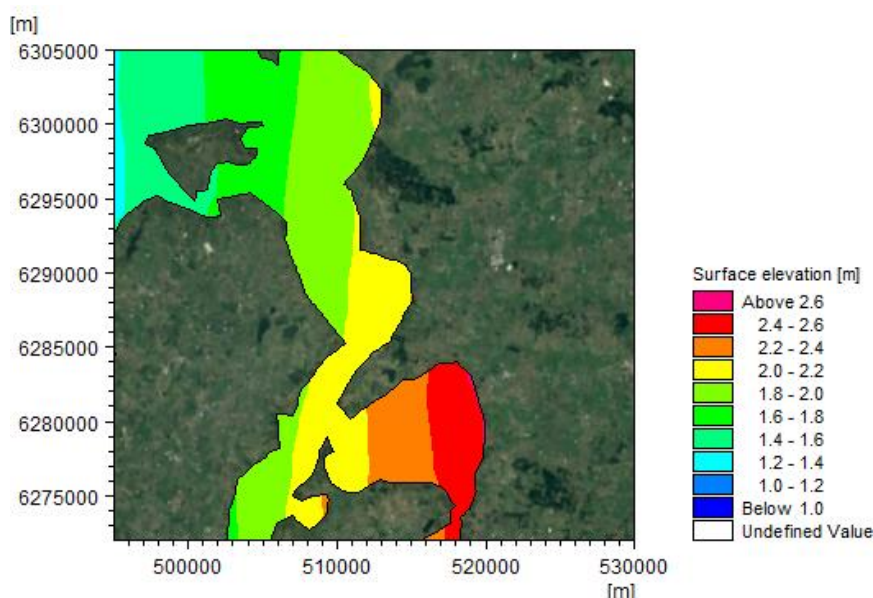
Den modellerede stormflodsvandstand i Sundstrup under 2005-stormen med indflydelse fra klimaændringer (0,24 m generel vandstandsstigning), samt under indflydelse fra den naturlige morfologiske udvidelse af Thyborøn Kanal, er givet i tabel 4. Vandstandsstigningen har

en direkte indflydelse på stormflodsvandstanden samt en indirekte indflydelse på gennemstrømningstværsnittet i Thyborøn Kanal.

Stormflodsvandstand i Sundstrup (100 års returperiode under indflydelse fra klimaændringer samt kanaludvidelse)	253 cm
--	--------

Tabel 4: Modelleret vandstand i Sundstrup under stormen d. 8. januar 2005 samt under indflydelse fra klimaændringer og kanaludvidelse, dvs. svarende til en 100-års vandstand ved Sundstrup i år 2050.

Et plot af vandstanden i Lovns Bredning samt ved Sundstrup under stormflodspeaket d. 8. januar 2050, dvs. under indflydelse fra udvidet tværsnit i Thyborøn Kanal samt en generel vandstandsstigning på 0.24 m, kan ses i Figur 10.



Figur 10: 2D-plot af vandstanden ved Sundstrup under en 100-års storm i 2050.

4.3 Følsomhed af stormflodsvandstand i Sundstrup overfor ændringer i vindhastighed

Ift. at vurdere på følsomheden for den fremtidige stormflodsvandstand i Sundstrup overfor ændringer i vindintensiteten, er der foretaget en simulering, hvor vindhastigheden under 2005 stormen er øget med +5 %, hvilket medfører vandstanden i tabel 5.

Stormflodsvandstand i Sundstrup (100 års returperiode under indflydelse fra klimaændringer samt +5 % vindintensitet)	262 cm
---	--------

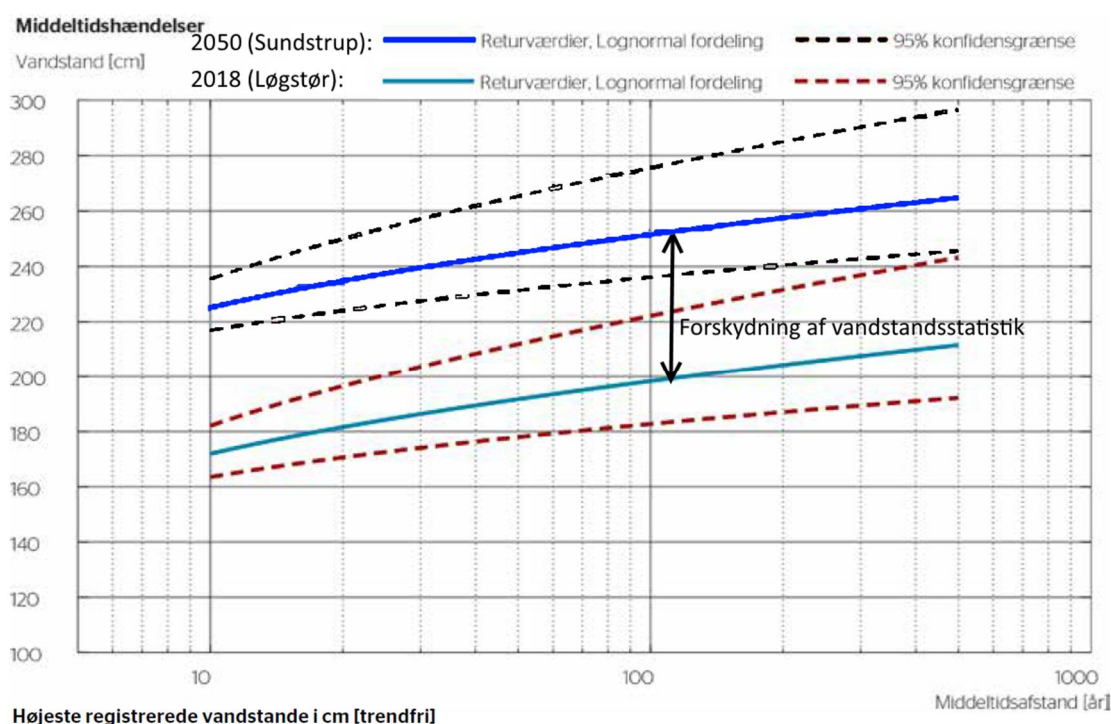
Tabel 5: Modelleret vandstand i Sundstrup under stormen d. 8. januar 2005 under indflydelse fra klimaændringer og kanaludvidelse (dvs. svarende til stormflodsvandstanden i 2050) +5 % vindhastighed.

Ved sammenligning af vandstandene i tabel 4 og tabel 5 kan det konkluderes, at den fremtidige 100-års vandstand ved Sundstrup er forholdsvis følsom overfor ændringer i de fremtidige vindmønstre og stormintensiteter. 5 % forøgelse af vindhastigheden under 2005 stormen medfører 9 cm stigning i 100-års stormflodsvandstanden.

5. Estimeret vandstandsstatistik for Sundstrup i 2050

Som tidligere nævnt foreligger der ikke et tilstrækkeligt datagrundlag ift. at udarbejde en decideret vandstandsstatistik for Sundstrup. Det er dog i afsnit 2.1 konkluderet, at tendensen i vandstandsstatistikken for Løgstør med forholdsvis god pålidelighed også kan anvendes for Sundstrup. Derfor er der til estimering af vandstandsstatistikken for Sundstrup i år 2050 taget udgangspunkt i vandstandsstatistikken for Løgstør og dermed foretaget en parallelforskydning af den statistiske Lognormal-fordeling til derved at være gældende for Sundstrup. Det skal dog nævnes, at fremgangsmåden medfører et estimat og ikke en eksakt fordeling, da der ikke tages højde for den ikke-lineære indflydelse fra klimaændringer samt kanaludvidelse under storme med andre returperioder end den evaluerede 100-års storm. Herudover forudsættes det, at hyppigheden af storme forbliver uændret i fremtiden.

I Figur 11 ses vandstatistikken for Løgstør fra Kystdirektoratets højvandstandsstatistik fra 2017 med en parallelforskydte Lognormal-fordeling samt forskudte 95% konfidensgrænser ift. at være repræsentative for Sundstrup. Stormflodsvandstanden med en returperiode på 100 år i Løgstør i 2018 er parallelforskydte fra ca. 198 cm til 253 cm svarende til 100-års vandstanden i Sundstrup i år 2050.



Figur 11: Estimeret vandstandsstatistik for Sundstrup i år 2050.

Estimerede vandstande med 20, 50, og 100 års returperioder i Sundstrup i år 2050 er givet i tabel 6. 100-års vandstanden er baseret på simuleringen i afsnit 4.2 og 20 og 50 års vandstandene samt 95 % konfidensgrænserne er aflæst i figur 11. Som tidligere nævnt er stormflodsvandstanden i Sundstrup behæftet med nogen usikkerhed og er desuden forholdsvis følsom overfor ændringer i vindhastigheden under storm. Herudover forudsætter vandstandsstatistikken i figur 11, at hyppigheden af storme forbliver uændret frem til 2050, hvilket er usikkert. Derfor anbefales det, at der evt. anvendes en ekstra sikkerhed på vandstanden, som ligger imellem middelestimatet og 95 % konfidensgrænsen.

Returperiode i år 2050 [år]	20	50	100
Vandstand [cm]	235	245	253
Vandstand (+ 95 % konfidensgrænse) [cm]	250	265	275

Tabel 6: Returperioder for vandstande ved Sundstrup i 2050.

6. Referencer

(DHI, 2011): *"Stormflodsundersøgelse i Limfjorden. Modelgrundlag, kalibrering og følsomhedsanalyse."* Udarbejdet af DHI for Kystdirektoratet. Marts 2011.

(KDI, 2012): *"Thyborøn Kanal og Vestlige Limfjord"*, Kystdirektoratet, 2012.

(KDI, 2018): *"Højvandstatistikker, 2017"*, Kystdirektoratet, 2018.

BILAG 3

INSPEKTIONSRAPPORT VIRKSUNDDÆMNING OG -SLUSE

NOTAT

Projekt **Forundersøgelse - Kystoversvømmelse ved Virksundsslusen og Sundstrup**
 Kunde **Viborg Kommune**
 Notat nr. **-**
 Dato **07/12/2017**
 Til **Anders Haugstrup, Viborg Kommune**
 Fra **Thomas Madsen, Rambøll**

1. Gennemgang af Virksunddæmning og -sluse den 8.11.2017

Dato 07/12/2017

1.1 Indhold

Nærværende er fotobilag fra inspektion pr. 2017-11-08. Der er givet relevante kommentarer ift. forståelse af billedet med relation til stormflodshændelser.

Der er hvis relevant medtaget udvalgte billeder fra tidligere inspektion pr. 2017-09-25.

Inspektionen indeholdt:

- Skibssluse og klapbro
- Dæmning
- Afvandingssluse

Rambøll
 Prinsensgade 11
 DK-9000 Aalborg

T +45 5161 1000
 F +45 5161 1001
 www.ramboll.dk

Ref. 1100029782
 Dokument ID 1100029782-1579581836-20
 Version 1.0

2. Skibssluse og klapbro



Foto 1: Klapbro og brovaghushuset set fra syd. Terræn i ca. kote +1,8.



Foto 2: Sluseport, kædetræk til hævnings- og broklap set fra nord. Topkote på porten er ca. +1,8. Elektrisk-drevet kædetræk er ubeskyttet. Kraftigt strømmende vand over sluseporten vil belastte porten, og strømmen kan ramme broklap.



Foto 3: Kædetræk til hævnning og sluseport. Ved broklappens vederlag kan der trænge vand ind i klapkælderen.



Foto 4: Elektriske installationer til kædetrækket til sluseporten, hvor vand vil medføre skader og kortslutning.



Foto 5: Brovagtbygning i 2 etager (vagtrum og herunder kælder). Fra kælderen er der adgang til klapkælder. I skuret findes et vindue til kælderen.



Foto 6: Installationer i vagtrum til styring og monitorering.



Foto 7: Kælder med vindue i terræn (ca. kote +1,8 á 1,9) og adgang til sydsiden af brovagtbygningen. Gulvniveau i kælderen skønnes til ca. kote +1,0.



Foto 8. Kælder med elektriske installationer til styring og forsyning af skibssluse, afvandingssluse og klapbro.



Foto 9: Kælder med hydraulik til styring af klapbro.

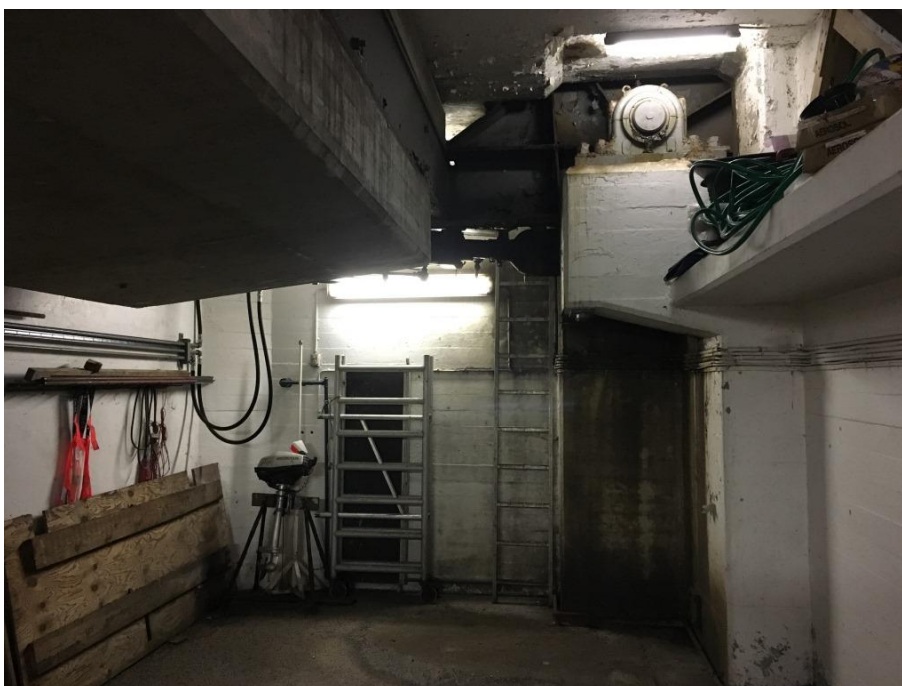


Foto 10: Klapkælder med hydraulik til styring af broklap.

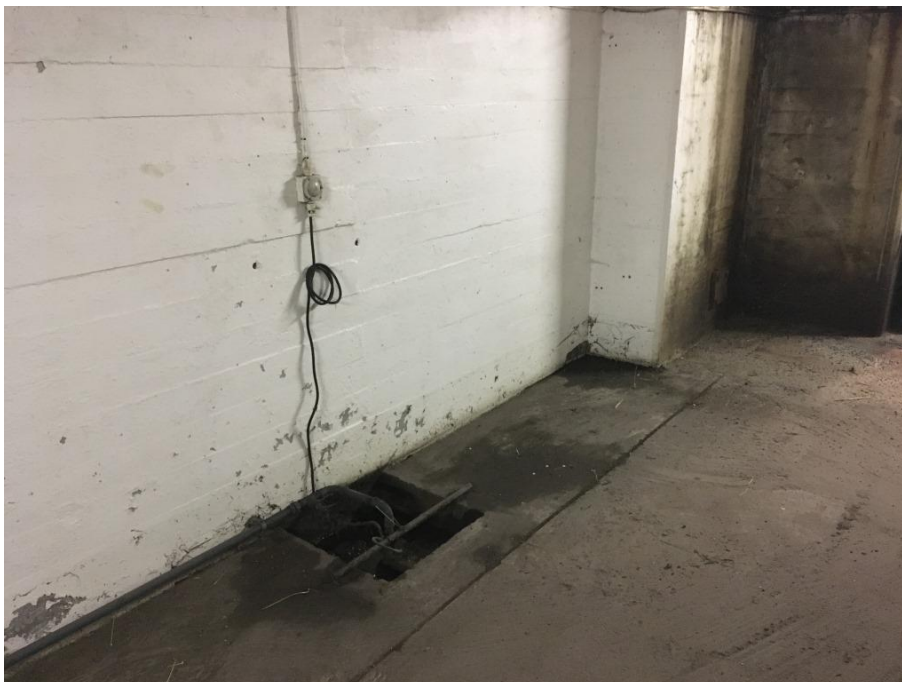


Foto 11: Pumpesump i klapkælder. Anvendes typisk til regnvand. Gulvkote skønnes til kote +0,0.



Foto 12: Vederlag og leje til broklappen. Regnvand trænger ned via åbninger omkring lejet. Åbninger skønnes placeret i ca. kote +2,5. Dør giver adgang til kælder under brovagt.

3. Dæmning



Foto 13: Skråningsbeskyttelse af dæmning på nordsiden. Stenkastning foran skråning vil beskytte mod bølgepåvirkning.



Foto 14; Skråning er beskyttet med fliser. Overkant vurderes til kote +2,0. Højvande og bølger herover vil give anledning til erosion i skråning. Fortov umiddelbart bag autoværn.

4. Afvandingssluse



Foto 15: Afvandingsslusen på nord-siden. Gitter med løftesystem til sikring mod flydende genstande.



Foto 16: Styringskabel til forbindelse af brovagtens styrepult til afvandingsslusen. Kablet er eftermonteret.



Foto 17: Installationer til styring af slusen. Dørkstålplader er forstøjet for sikring ved højvande. Gulvkoten er ca. +1,8.



Foto 18: Elektrisk anlæg. Undersiden skønnes til kote +2,6. Føring af kabler i bund og top.



Foto 19: Hydraulik powerpack til lukning af sluseporte. Manuel pumpe til nødlukning placeret ved væggen nederst. Brovagten har ikke testet nødlukningen.



Foto 20: Sluseport i afvandingsslusen.