

MAJ 2023
FANØ KOMMUNE

IDÉOPLÆG MED ANLÆGSOVERSLAG - SØNDERHO DIGE

TEKNISK RAPPORT



COWI

MAJ 2023
FANØ KOMMUNE

IDÉOPLÆG MED ANLÆGSOVERSLAG - SØNDERHO DIGE

TEKNISK RAPPORT

PROJEKTNR.

A218106

DOKUMENTNR.

1

VERSION

2

UDGIVELSESDATO

1. maj 2023

BESKRIVELSE

Idéoplæg med overslag

UDARBEJDET

PFKL, MEAS

KONTROLLERET

JIJ

GODKENDT

PFKL

INDHOLD

1	Indledning	7
2	Eksisterende forhold	8
2.1	Erosion	8
2.2	Tidevand	11
2.3	Havoversvømmelse	12
2.4	Nedbør	14
2.5	Bølgeforhold	14
2.6	Kombinerede hændelser	18
2.7	Materialer	21
2.8	Miljø	21
2.9	Nuværende kystbeskyttelse	22
3	Sikringsniveau	26
3.1	Højvandsstatistik og kendte højvande	26
3.2	Havspejlsstigning	28
3.3	Landhævning	29
3.4	Sikringsniveau	29
3.5	Bølger	30
3.6	Sikringskoter	38
4	Forslag til Kystbeskyttelse	40
4.1	Områdeinddeling	40
4.2	Overordnet løsning	42
4.3	Midt - Løsning 1 Landværts	46
4.4	Midt - Løsning 2 Havværts	48
4.5	Midt - Løsning 3 Landværts med sand	51
4.6	Midt - Løsning 4 Havværts med sand	53
5	Bagvandshåndtering	55
5.1	Vandudfordring	55

5.2	Løsningsforslag	56
6	Miljø- og myndighedsforhold	57
6.1	Vadehav og UNESCO-udpegning	58
6.2	EU-Direktiver (og international miljø- og naturbeskyttelse)	58
6.3	Dansk miljø- og naturbeskyttelse	59
6.4	Miljøvurdering	63
7	Organisering og finansiering	64
7.1	Anlægsoverslag	64
7.2	Finansieringsmuligheder og borger-tilbagebetaling	65
7.3	Tidsplan	66
8	Anbefalet løsning	67
9	References	69
	Bilag 1 – Bølgeberegningens resultater	70

1 Indledning

Fanø Kommune har igangsat et fælleskommunalt kystbeskyttelsesprojekt (Kap 1a i Kystbeskyttelsesloven) for at sikre borgerne i Sønderho by og hele det sydlige Fanø, se Figur 30, mod de den stigende vandstand og forventede mange stormfloder de næste 50 år.

Mange steder bygger man først beskyttelse mod oversvømmelser efter den store stormflod, hvor digerne er gået i stykker og mange huse i baglandet er blevet oversvømmet. Det synes derved som rettidig omhu at få bygget digerne inden – og ikke efter stormflodens hærgen.

Ved det første borgermøde den 23. november 2022, fik interesserede borgere mulighed for at være med i Digegruppen, hvor de har haft til opgave at hjælpe med ideer og tilføre projektet lokal forankring med deres erfaringer og de fremtidige ønsker for Sønderho-området – repræsenterende de øvrige borgere i hele Fanø syd-området, så de er talerøret for over 300 husstande. Udover borgerrepræsentanterne består Digegruppen af projektlederen og den tekniske chef for Fanø Kommune og COWI's projektleder.

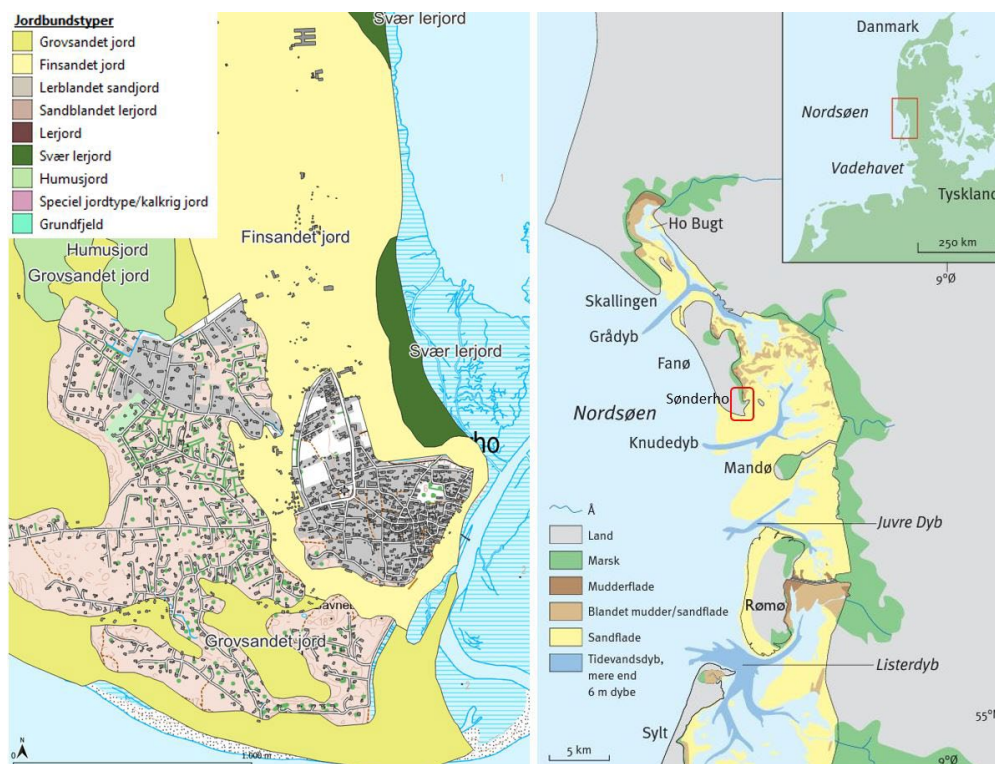
I dette idéoplæg gennemgås de nuværende forhold og derved forudsætningerne og rammerne for det fremtidige projektforsløb. Derefter beregnes det beskyttelsesniveau som den samlede kystbeskyttelse skal have – både i forhold til erosions- og oversvømmelsesbeskyttelse.

Når sikringsniveauet og sikringskoten er fastlagt, beskrives de mange forskellige løsningsforslag, der er i spil lige nu - 4 overordnede og 14 i alt. Disse præsenteres med illustrationer og beskrivelser. Når man etablerer nye diger, skal man også håndtere regnvand og vandløb, der kommer bagfra (bagvandshåndtering). Det er en del af den samlede klimatilpasning, så dens overordnede præmisser beskrives uden at gennemregne alle løsningsforslag – det kommer i den næste proces.

De miljømæssige udfordringer og lovgivningsgrundlag beskrives i næste afsnit, derefter de økonomiske anlægsoverslag med muligheder for medfinansiering og et udspil til hver bidragsberettigedes årlige tilbagebetaling de næste 20 år. Endelig er der en anbefaling af løsning – som ikke er entydig!

2 Eksisterende forhold

Sønderho og sydlige Fanø er geomorfologisk en barriere-ø med et klitlandskab, der sandsynligvis er dannet siden sidste istid som de andre Vadehavs-øer. Barriere-øerne vokser mod havet mod vest med fremrykkende kystlinjer og nydannede klitrækker, der udvikles vest for eksisterende klitter, se Figur 1.



Figur 1 Jordbundstyper i Sønderho (tv) og Vadehavets sedimenttyper med Sønderho i rød ramme (th) samt placering af det danske Vadehav (indsat med ramme) viser alle at det Sydlige Fanø er dannet af sand med klæglers-områder i den østligste del. Kilde: GEUS og Geoviden nr. 1 (2009).

Det flade terrænrelief og til dels tidevandet har bidraget til dannelsen af Fanø som en del af Vadehavet med dets helt specielle dynamiske natur og karakteristiske landskabselementer som barriereøer (Fanø, Mandø, Rømø osv.), barrierehalvøer (Skallingen) og laguner (Grådyb tidevandsområde, Knudedyb tidevandsområde osv.).

Sønderho by er beliggende på sand i hele byens udstrækning, og er formentlig gammel krumodde, der dannes af bølgepåvirkning, men som nu ligger meget beskyttet mod bølger med det hurtigt voksende Keldsand mod øst og den aktive krumodde mod syd, Hønen.

2.1 Erosion

Den sydlige del af Sønderho by er kendetegnet af eksisterende erosionsbeskyttelse på de lavere dele, fra ca. 1 m DVR90 til ca. 3,0 m DVR90, af dige-strækningen fra Sønderho's østligste punkt, Narhuk, til den sydvestligste del af Sønderho by, se Figur 2.

Det gamle stenglacis fra Børsen og mod sydvest er generelt højere med synligt vertikal udstrækning fra ca. 1,0 m DVR90 til ca. 3,75 m DVR90.



Figur 2 *Sten-glacis sandsynligvis fra 1847 fra Børsen og mod sydvestlige del (tv) samt nyere asfalt-coating ovenpå sten/betonsten-glacis set mod nordøst (th).*

Der er, ved inspektion, ikke identificeret egentlige erosions-skår i hverken sten-erosionsbeskyttelse eller langs digetracéet rundt om Sønderho's østlige spids, Narhuk.

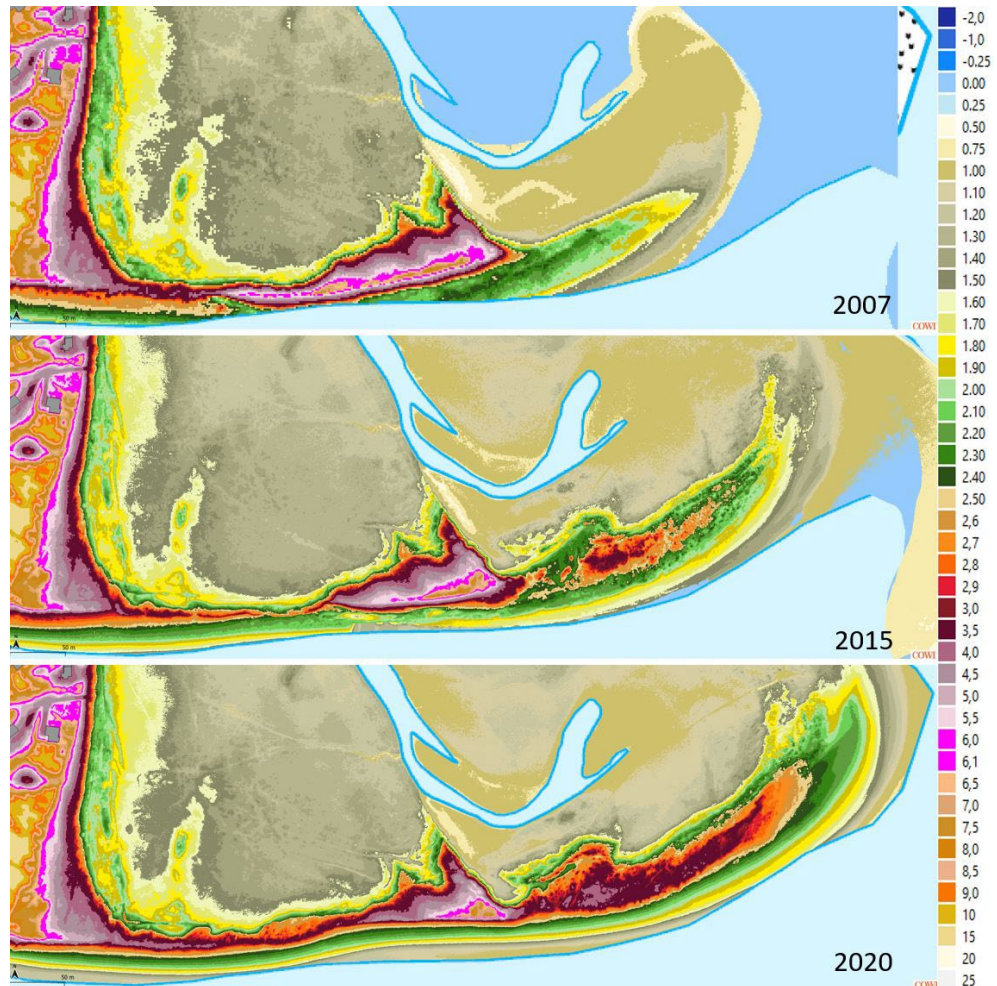
Hvis man sammenholder de nuværende "gamle" erosions-anlæg med Hørens geomorfologiske krumodde-udvikling, så virker glacis-byggeriet i 1847 som en god løsning på daværende bølge-erosionsproblem, der stadig erkendes lejlighedsvis dels som bølge-refraktion rundt om Hønen, fra vestlige vindretninger og som direkte pålandsbølger fra sydøstlige retninger, se afsnittet om Bølger.

I 1899, 1954 og op til nutid har Hørens udvikling medført tiltagende naturlig bølgebekyttelse mod bølge-påvirkning fra SØ-lige retninger, se Figur 3.



Figur 3 *Fanøs sydspids, Hønen, er vokset mere mod øst som en naturlig udvikling af krumodden, se udviklingen fra 1899, 1954 til 2022. Den har en tiltagende naturlig bølgedæmpende effekt på Sønderho's SV-NØ orienterede kystlinje for nuværende digetracé.*

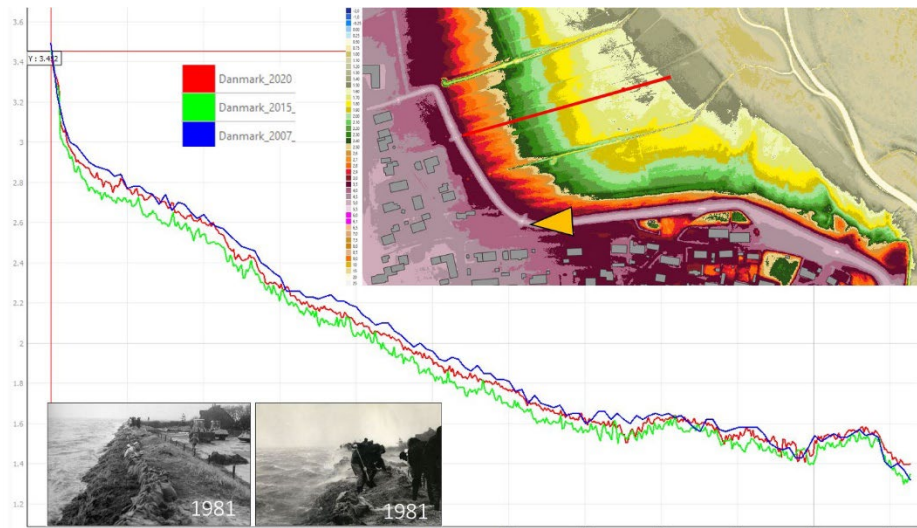
Nyere LiDAR-højdemålinger fra henholdsvis 2007, 2015 og 2020 viser relativ stor erosion i den inderste, såkaldte proximale (tættest på land), del af krummodden over tid, mens den ydre, såkaldte distale (længst fra land), del af krummodden, vokser i både højde og udbredelse med op til 30 cm i højde pr år – hvilket er helt naturligt for krumodde-vækst, se Figur 4.



Figur 4 *Krumodden Hønens fysiske udvikling på højdekort fra 2007, 2015 og 2020. Den ældste mest landværts del bliver tyndere og lavere over tid, mens den nyere, mere havværts del bliver højere og tykkere. Bemærk at "Høne-øen" (midt på odden) i over 6 m DVR90 nu næsten er væk. Alle højdedata er fra SDFE's LiDAR DTM/DHM i m DVR90.*

På den nordlige del af Sønderho-diget, fra Narhuk og nordpå, er der ikke synlig erosion langs dige-tracéet, men fra tidligere stormhændelser, er der lokale observationer af, at området kan være bølgepåvirket i vindretninger fra Esbjerg by til Sneum Sluse (358°-50°) med frit stræk hen over Knudedyb tidevandsområde på 10-12 Km.

LiDAR-højdedata viser overordnet erosion af strandengene i forbindelse særlige storm-episoder, men også at strandengene efter stormene vokser op igen og gendannes som strandenge, se Figur 5.



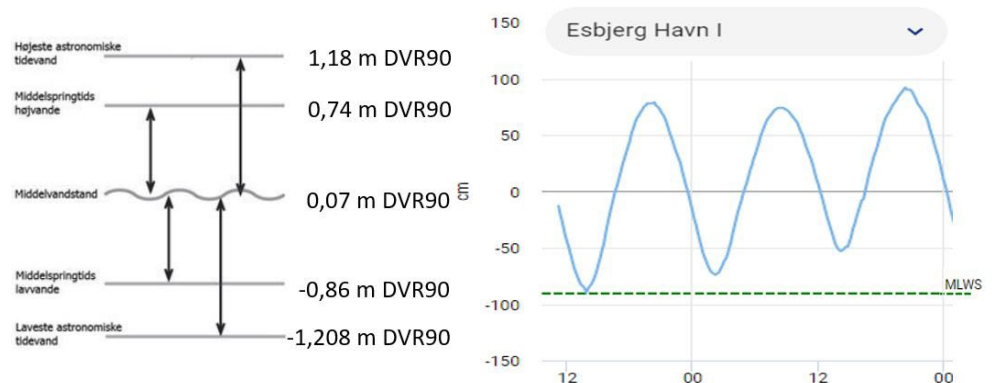
Figur 5 Højdemålinger af strandengen nord for det nordlige Sønderho-dige viser erosion fra ca. 1,5-3,2 m DVR90 fra 2008 til 2015 og derefter aflejring på strandengen mellem 2015 og 2020. Fotos fra 1981-stormen med gul markering af omtrentlig kamera-placering. Fotokilde: mitfanoe.dk

Det er sandsynligvis storme som Allan- og Bodilstormen, begge i 2013, der har medført den målbare erosion af hele den supratidale (over tidevandshøjde) strandengsflade, se forskellen i højde på ca. 10 cm fra år 2007 (blå) til år 2015 (grøn), se Figur 5.

Der er dog også målbar aflejring i perioden 2015 (grøn) til 2020 (rød) på hele strandengsfladen og mindre vækst på den intertidale (mellem tidevands-høj og lavvande) del af vadehavsfladen, se Figur 5.

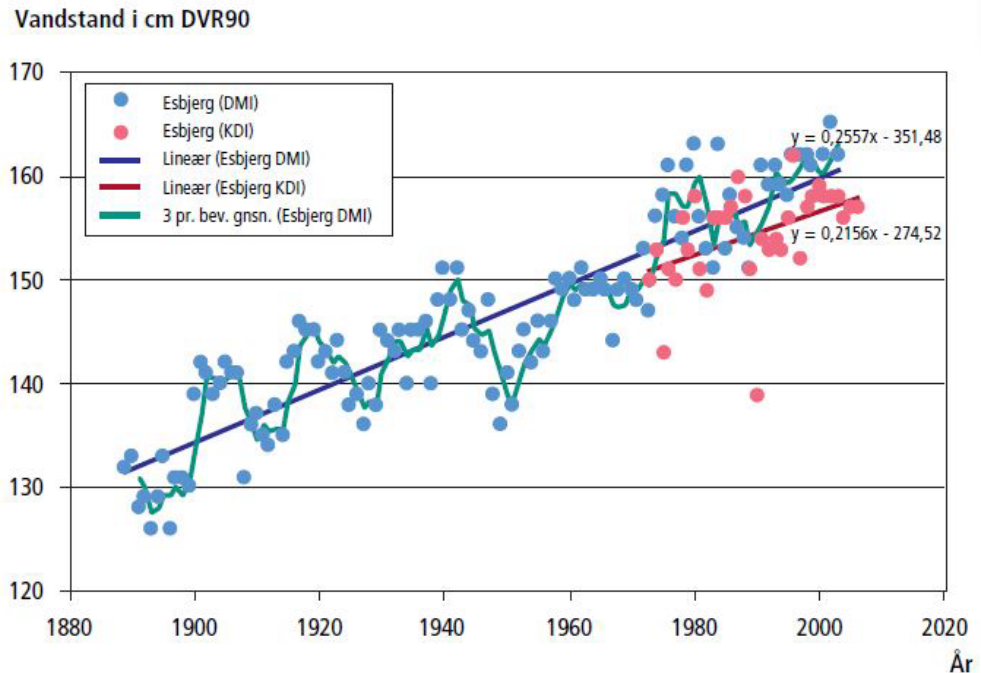
2.2 Tidevand

Tidevandet forekommer to gange om dagen i den nordlige del af Vadehavet, og opdeles normalt i astronomisk tidevand, der er styret af måne, sol og andre himmellegemers bevægelse og tiltrækningskraft (gennemsnitlig 12 timer 25 min), og i lokale forhold som vindstuvninger mv, se Figur 6.



Figur 6 Tidevand i Esbjerg med angivelse af de forskellige tidevandsbetegnelser og deres værdier i 2023 i m DVR90 samt målte vandstandsdata for Esbjerg Havn I. Kilde: DMI og KDI

Tidevandet i Knudedyb er ebbedomineret og over tid ændres tidevandsstørrelsen. I Esbjerg stiger middelhøjvandet mere end middelvandstanden. I perioden 1889-2006 er middelhøjvande steget med 2,2 mm/år, mens middellavvande er faldet med -0,3 mm/år. Det betyder at den gennemsnitlige tidevandsstørrelse, den dobbelte tidevandsamplitude, er steget 2,6 mm/år i perioden 1889-2007, se Figur 7.



Figur 7 Tidevandsstørrelsen ved Esbjerg 1889-2005. Kilde: (Klagenberg et al., 2008)

Tidevandet tilfører vand fra Nordsøen ind i Knudedyb og Grådyb i hvert højvande (flod)(MHV) og lader det finde tilbage til Nordsøen i hvert lavvande (ebbe) (MLV). Forskellen på vandvolumenet i MHV og MLV betegnes tidevandsprismet. Da dybene og alle løb, prieler mv. er blevet dybere og større af den stigende mængde vand frem og tilbage, er tidevandsprismet steget med omkring 11,5 mio. m³ vand i perioden 1970-2003. Overordnet tilføres der nu mindst 190 mio. m³ vand i hver tidevands-højvande via Knudedyb – som strømmer tilbage ved hvert lavvande.

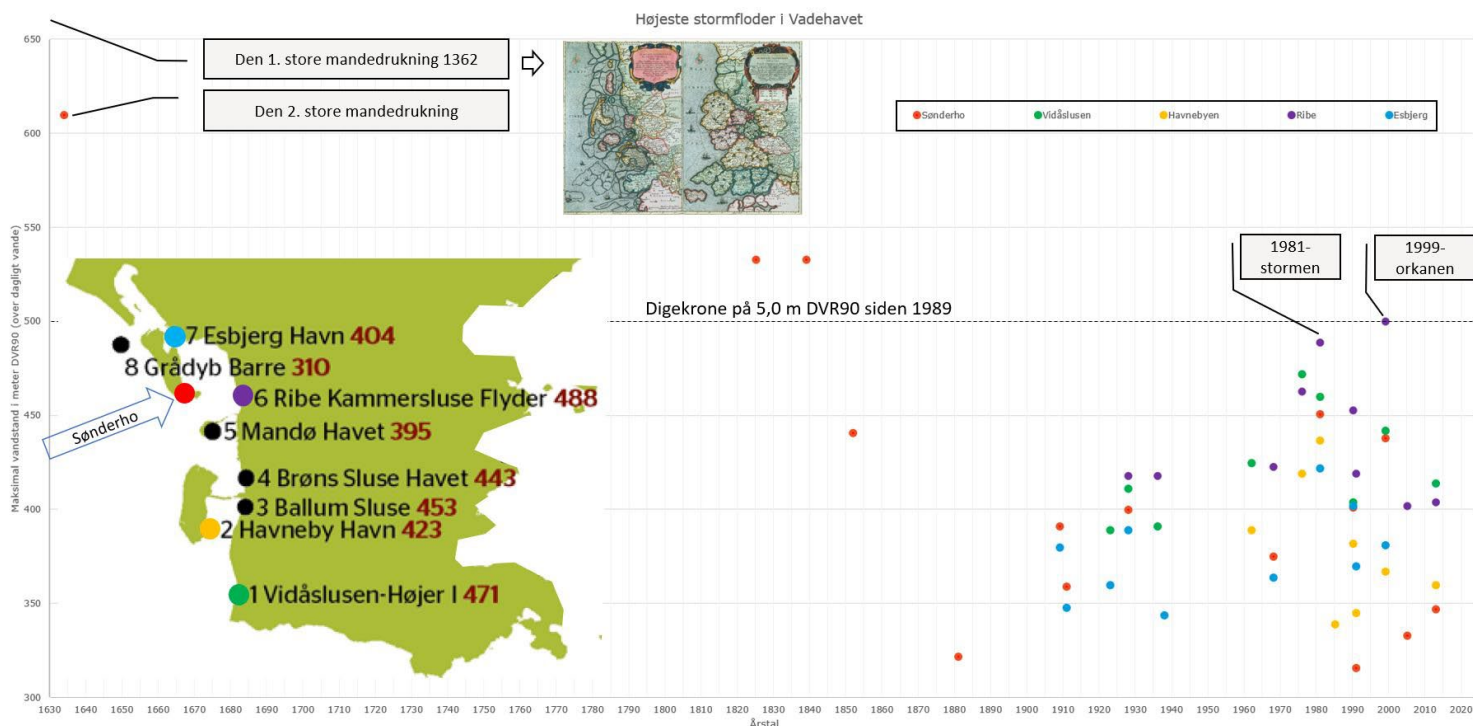
Det er påvist at den øgede mængde vand i hver tidevandsperiode har ændret terrænet i Vadehavet de sidste mange årtier – og vil fortsat gøre det i fremtiden, når tidevandsprismet stiger. Læs mere her (Klagenberg et al., 2008)

2.3 Havoversvømmelse

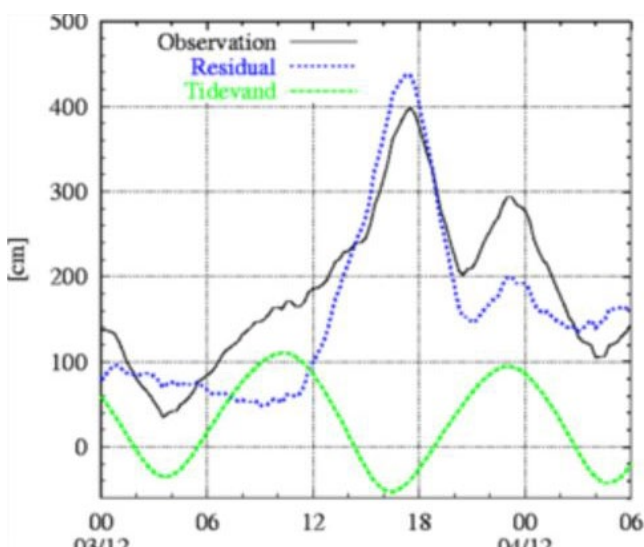
Sønderho er blevet ramt af stormflod mange gange gennem tiderne og digerne er ofte blevet forhøjet efter disse hændelser.

De højeste målte højvandshændelser i Kystdirektoratets højvandsstatistik kombineret med kendte historiske hændelser, giver et godt billede af størrelserne af stormfloder i den danske del af Vadehavs-området, se Figur 8.

Den nyeste dige-forhøjelse fra 1989 skete som følge af de skader som særligt 1981-stormen forvoldte på det daværende dige. Nuværende digekrone er på 5,0 m DVR90 og i 1999-orkanen ved Ribe-kammersluse blev der målt 5,0 m DVR90 og derved risiko for digebrud – dog var vandstanden ved Sønderho ved samme hændelse kun omkring 4,38 m DVR90 og diget holdt, se Figur 8.



Figur 8 Højvandshændelser i den danske del af Vadehavsområdet for udvalgte målestationer, der er angivet med farvekode for at vise at samme hændelse giver forskellig lokalt højvande. De røde numre er Kystdirektoratets statistiske 100 års middeltidshændelsen for de enkelte stationer. Kilde: (KDI, 2019) ()



Under stormflodshændelser kan tidevandet bidrage til at påvirke højden på den maksimale vandstand – enten ved at give et ekstra højt bidrag eller ved at mindske maksimalhøjden som i 1999, se Figur 9.

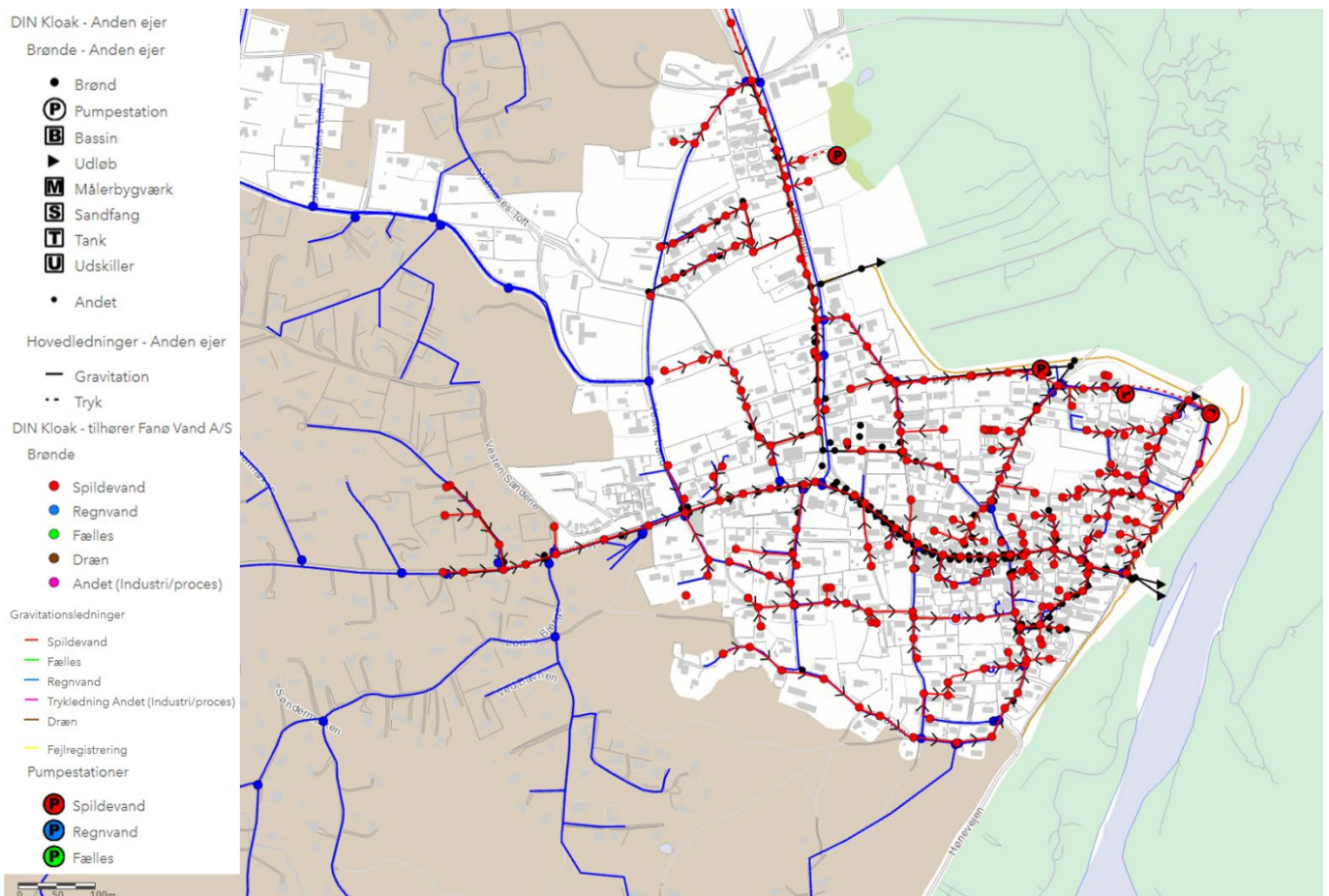
Figur 9 Maksimalvandstanden i Esbjerg i 1999 blev "hjulpes" af lavvande. Hvis maksimalvandstanden var sket blot 6 timer før eller efter, så kunne maksimalvandstanden have været 5,4 – 5,5 m DVR90 – og derved højeste målte vandstand siden Esbjergs-målerens start i 1874. Kilde: DMI.

I den danske højvandsstatistik er tidevandet indeholdt – andre steder udregnes "residualet", der er vandstanden uden tidevand, hvorefter tidevandet efterfølgende medtages. Med tiltagende tidevandshøjde, se forrige afsnit, bør der tillægges konservativt bidrag til fremtidens tidevandsprisme i tidevandsområdet.

2.4 Nedbør

Hele Sønderho-området er kloakeret, så alt spildevand sendes til Esbjerg, mens mest muligt regnvand på terræn håndteres lokalt med udløbsledninger gennem Sønderho-diget med højvandsklapper, se Figur 10.

Desuden giver den sandede undergrund optimale drænforhold for nedbørhåndtering ned gennem jorden. Der har derfor endnu ikke været behov for pumper i forbindelse med kraftig nedbør og længerevarende regn.

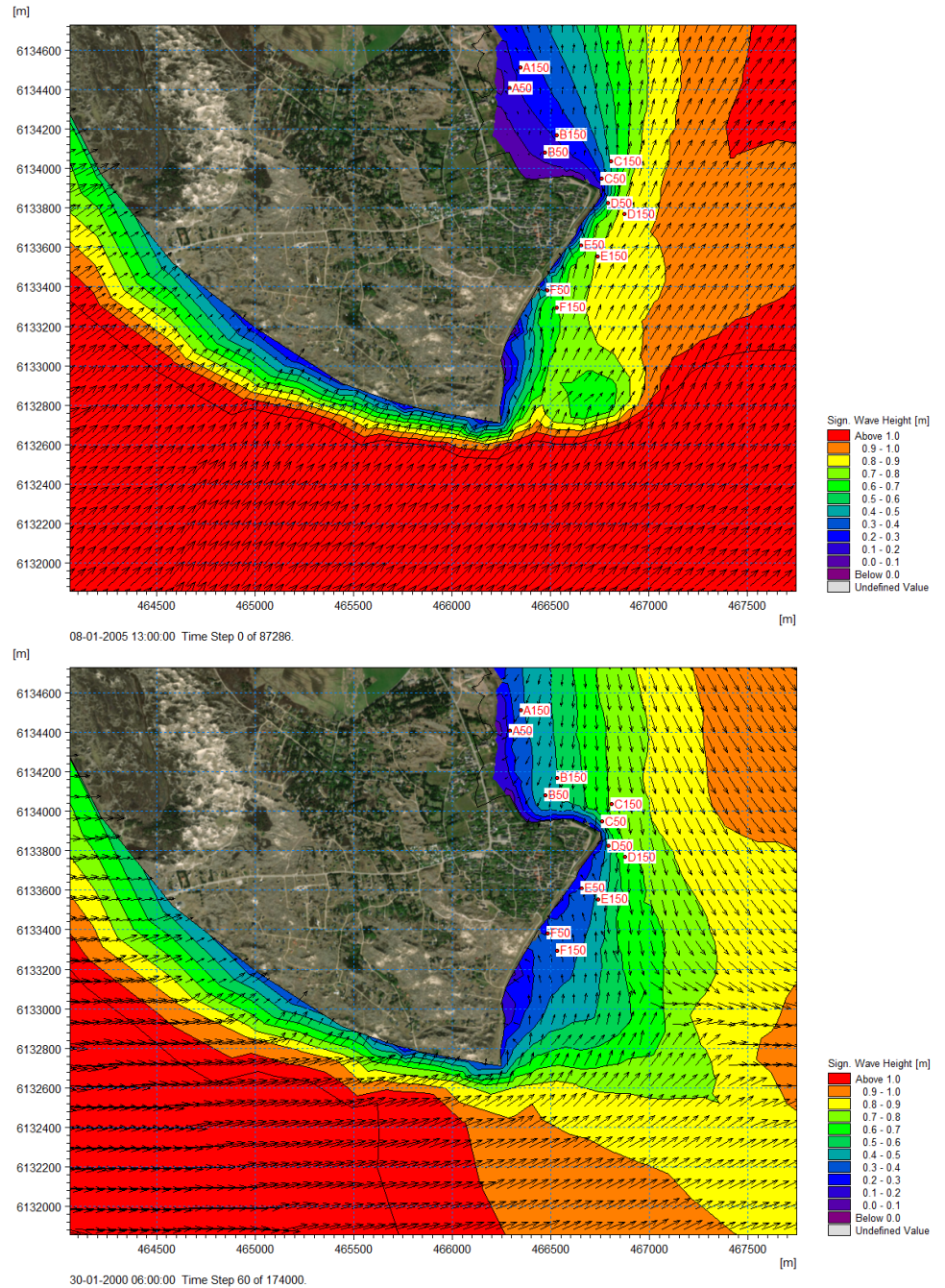


Figur 10 Regnvandsledninger (blå) og spildevandsledninger (røde) samt udløb for regnvand (sorte trekantede) og pumpestationer for spildevand (rød cirkel med P) Kilde: Fanoevand.dk

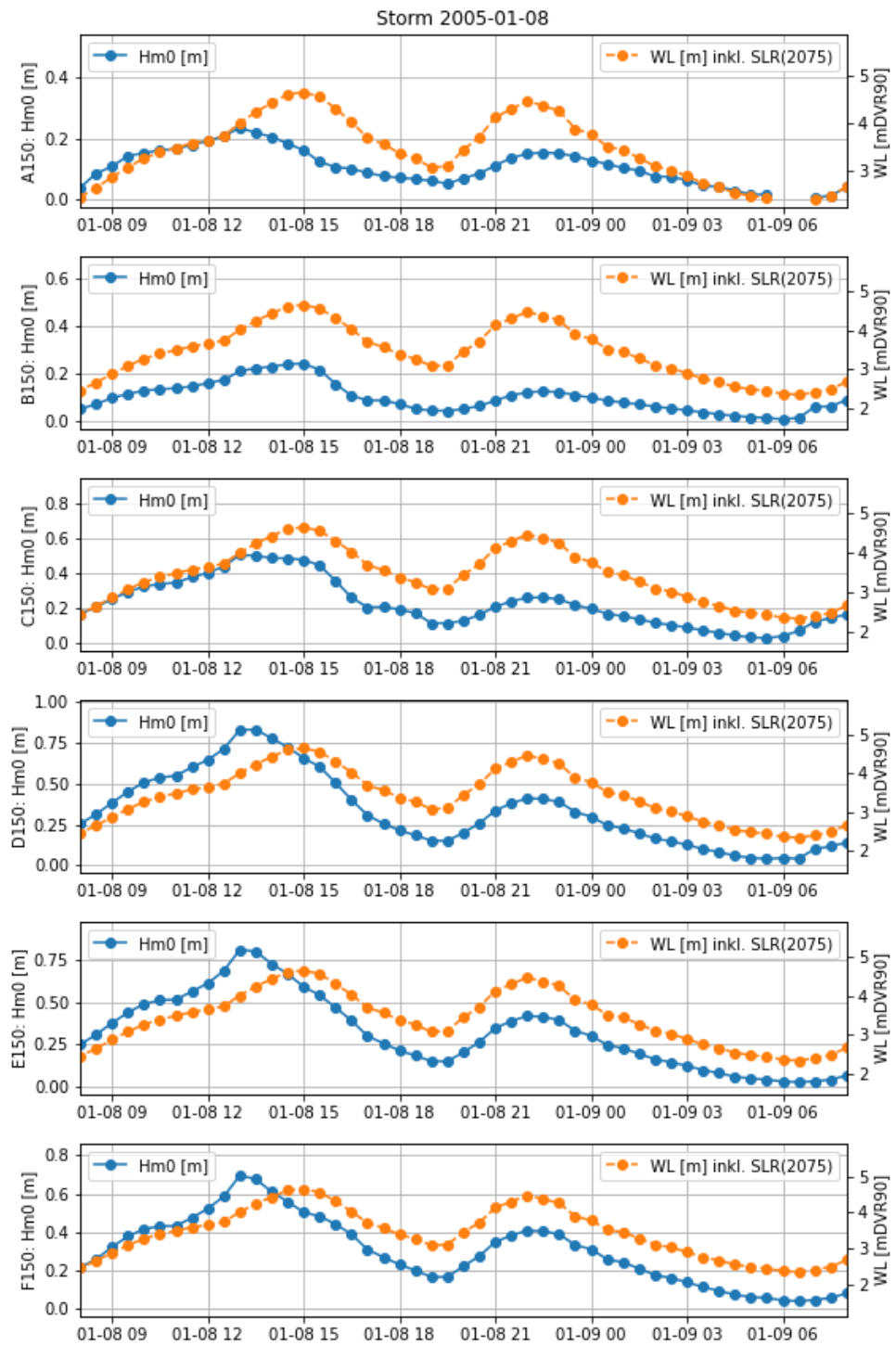
2.5 Bølgeforslag

For at vurdere bølgeforslagene langs Sønderho-diget er der foretaget numerisk bølgemodellering af forholdene i perioden 1990 – 2017. Bølgemodelleringen er foretaget med den spektrale bølgemodellerings-værktøj MIKE 21 SW.

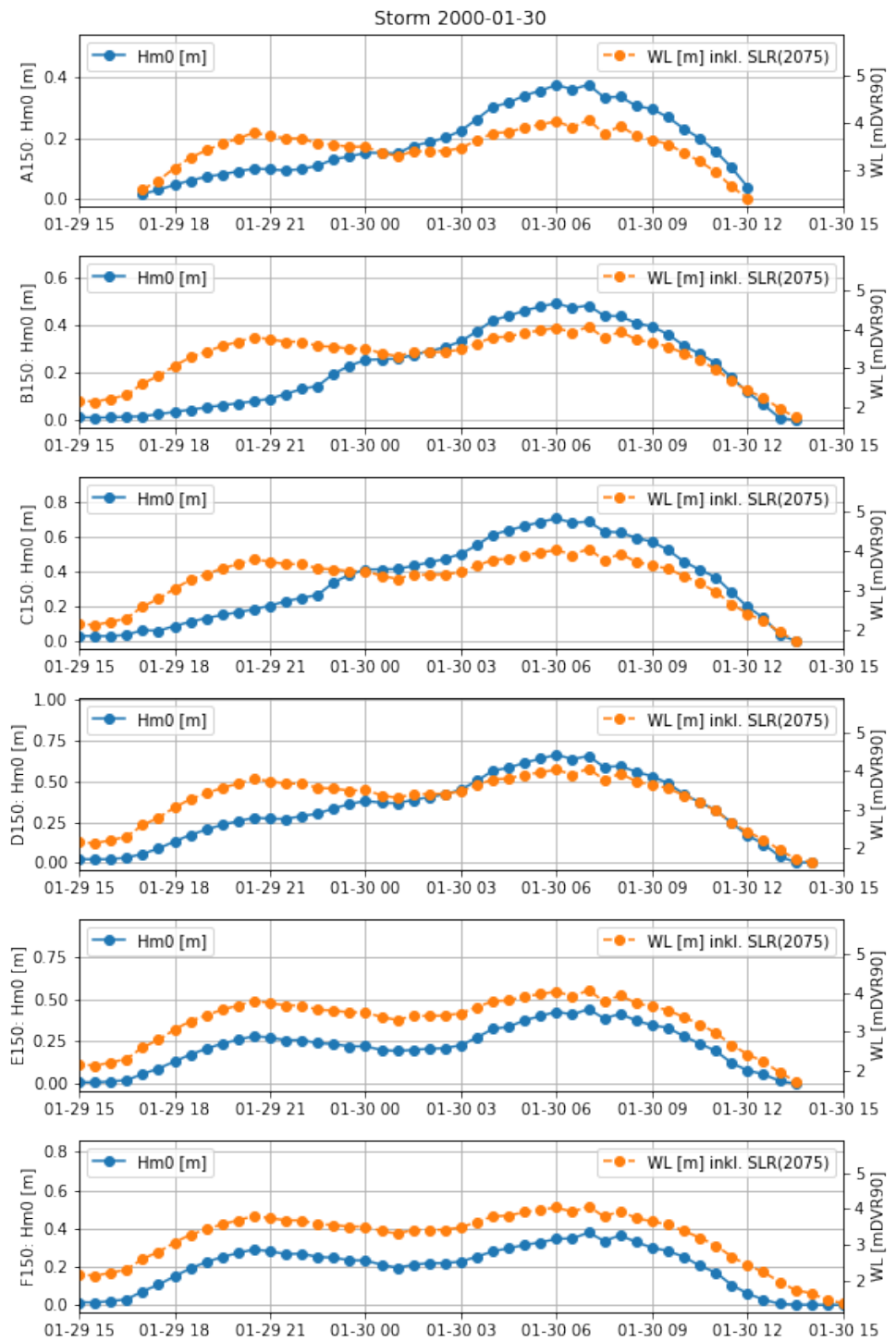
Modellen beregner hvordan bølger under stormflod kan nå frem til diget ved Sønderho fra både nordlige og fra sydlige retninger, se Figur 11, Figur 12 og Figur 13.



Figur 11 Øverst: Bølgeførhold fra syd i forbindelse med stormflod d. 08-01-2005
Nederst: Bølgeførhold fra nord i forbindelse med stormflod d. 30-01-2000. Angivne måle-punkter A50-F150 er udtrækningspunkter hhv. 50 og 150 m foran et nyt Sønderho dige.



Figur 12 Bølge- og vandstandstandsforhold langs Sønderho diget under stormflod med bølger fra syd d. 08-01-2005. De enkelte plots viser bølgeforholdene i punkt A150-F150 jf. Figur 11 øverst. Hvor pkt. A150 er længst mod nord og F150 er længst mod syd. Vandstand fra Ribe Kammersluse (forøget med 0,65 m global vandstandsstigning (år 2075)). Bølger fra MIKE 21 SW-model



Figur 13 Bølge- og vandstandsforhold langs Sønderho diget under stormflod med bølger fra nord d. 30-01-2002. De enkelte plots viser bølgeforholdene i punkt A150-F150 jf. Figur 11 nederst. Hvor pkt. A150 er længst mod nord og F150 er længst mod syd. Vandstand fra Ribe Kammersluse (forøget med 0,65 m global vandstandsstigning (år 2075)). Bølger fra MIKE 21 SW-model

Hvorvidt diget påvirkes af bølger fra nord eller syd afhænger af det pågældende lavtryks passage og stormens styrke og varighed. Et lavtryk som passerer nord om Vadehavet kan således give anledning til at vandet i første omgang staves

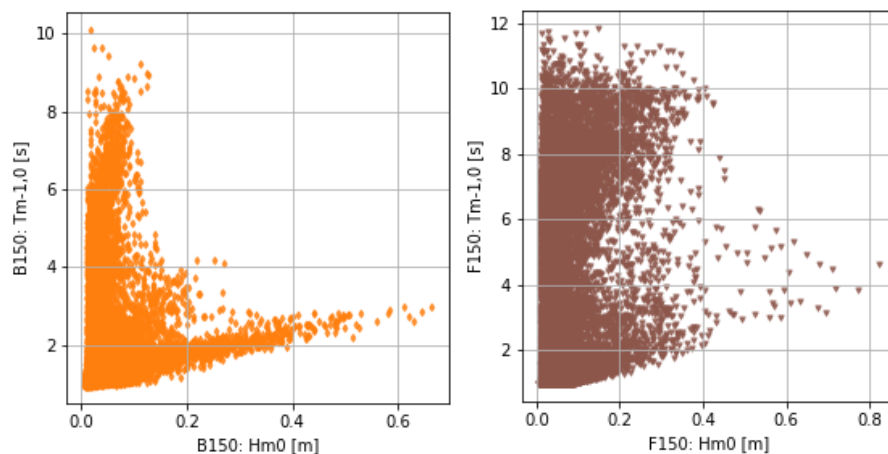
op i Grådybs- og Knudedybs tidevandsområde af vinde fra vest og nordvest og at vinden slår over i nord, mens vandstanden stadig er høj. Omvendt kan et lavtryk, som passerer mere sydligt medføre, at bølgerne kommer fra en mere vestlige eller sydvestlig retning og drejer (refrakterer) omkring Fanøs sydspids, Hønen, og rammer diget fra syd.

Der er stor forskel på de bølger, som kommer fra sydlige og nordlige retninger ved Sønderho i den forstand, at bølgerne fra nord er genereret lokalt i Knudedyb tidevandsområde over et frit stræk fra Esbjerg-området til Sønderho (10-12 km), mens bølger fra syd er dannet i Nordsøen over flere hundrede kilometer.

Forskellen på bølger fra nord og syd kan bl.a. ses ved at sammenligne på bølgernes bølgeperiode. På Figur 14 ses sammenhængen mellem bølgeperiode og bølgehøjde i et punkt syd og nord for Sønderho.

Jo større bølgehøjde, des mere bølgeenergi til at ødelægge diget og jo længere bølgeperiode, jo mere vand bringer den med sig og derved (som en rambuk) jo mere vand rammer ind i eller hen over et dige.

Nord for Sønderho er middel bølgeperioden for de største bølgeperioder på $T_{m-1,0} = 2-3s$, og lange dønninger fra Nordsøen er meget små. Syd for Sønderho er der til gengæld betydeligt hyppigere og større dønninger med middel bølgeperiode på $T_{m-1,0} = 8-12s$.



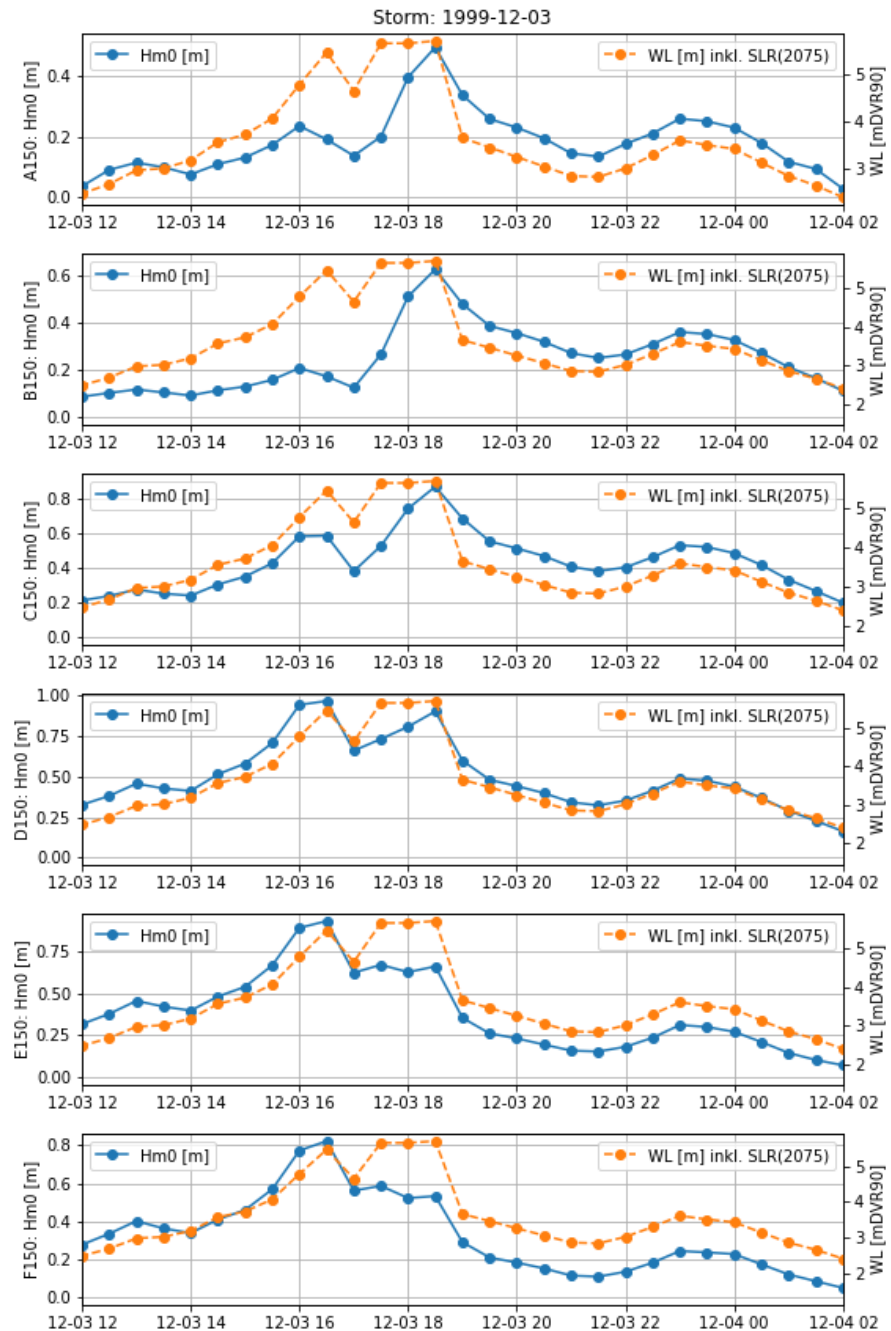
Figur 14 Sammenhæng mellem signifikant bølgehøjde (H_{m0}) og spektral middel bølge periode ($T_{m-1,0}$) ved punkt B150 (nord for Sønderho) og punkt F150 (syd for Sønderho). Data hver ½ time i perioden 1990-2017 fra MIKE 21 SW.

2.6 Kombinerede hændelser

Kombinerede hændelser beskriver samtidig af høj vandstand og pålandsbølger som sammen udgør den største fare for skader på diget og digebrud.

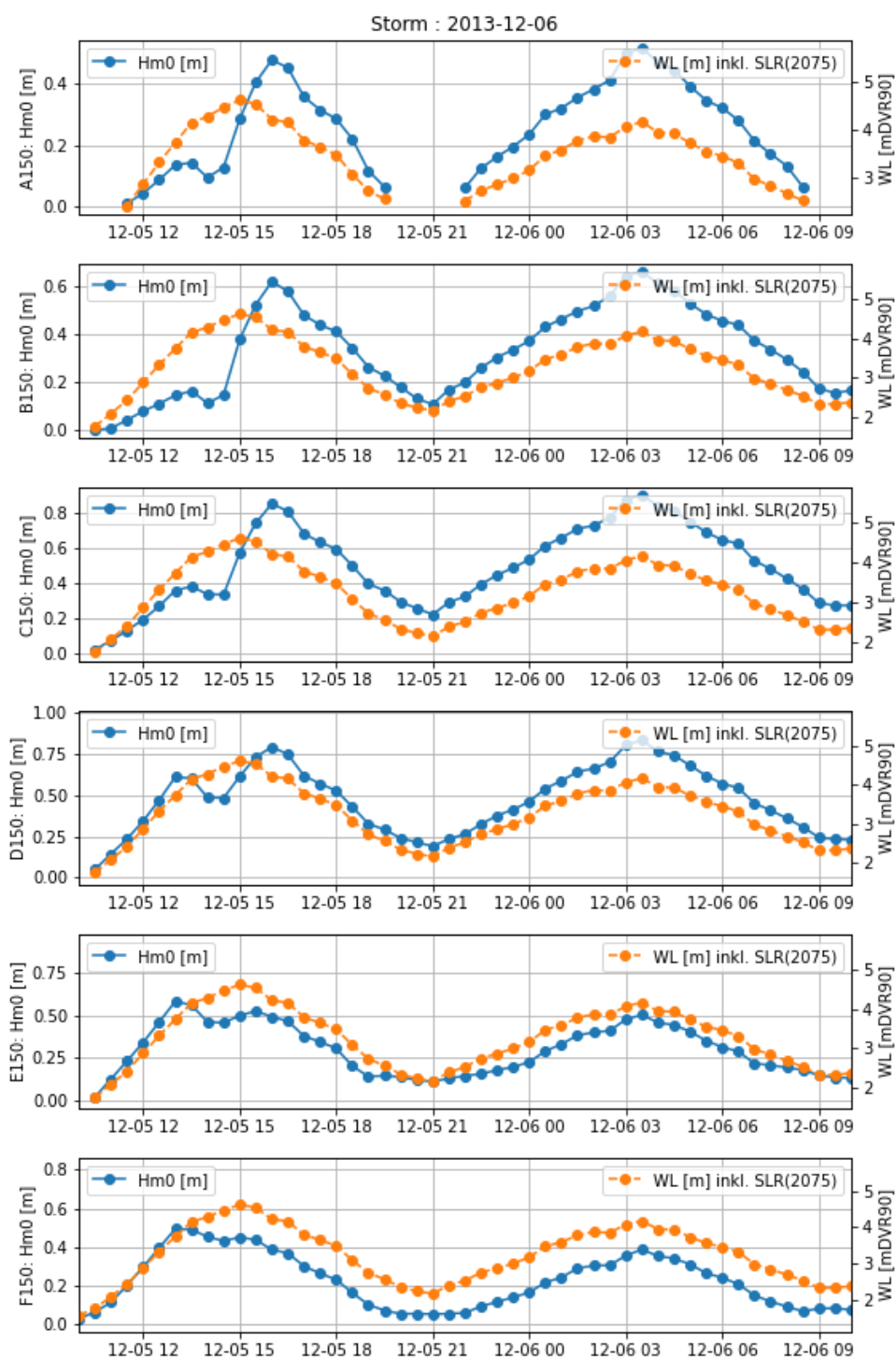
Storme som 1981-stormen, 1999-orkanen og Bodil-stormen i 2013 er ekstra voldsomme, fordi de på visse lokaliteter til visse tider har samtidighed af høj vandstand og pålandsbølger.

For at vise muligheden for kombinerede hændelser er bølgehøjden (H_{m0}) i meter vist samtidig med vandstanden (WL) i meter tilføjet havniveaustigningen i år 2075 for både 1999-orkanen og Bodil-stormen i 2013 for hvert målepunkt på Figur 11, se Figur 15 og Figur 16.



Figur 15 *Kombinerede hændelse for bølger (blå) og vandstand (orange) under hele 1999-orkanen for 6 målepunkter langs Sønderho-diget fra nord til syd. Bemærk at der i nord og midt ved A150, B150, C150 og D150 er samtidighed*

i vandstandsmaksimum ca. kl. 18:30, mens syd-diget E150 og F150 samt dig med de andre steder er vandstand, men uden bølger i 2/3-dele af stormen.



Figur 16 *Kombinerede hændelse for bølger (blå) og vandstand (orange) under hele Bodil-stormen i 2013 for 6 målepunkter langs Sønderho-diget fra nord til syd. Bemærk at der her overordnet er samtidighed af bølger og vandstand i alle målepunkterne langs diget fra nord til syd – og ligesom for 1999-or-kanen at de største bølger er ved Narhuk og aftagende mod nord og syd.*

2.7 Materialer

For at diget er mest muligt funktionsdygtigt, må der ikke være ler i sandkernen og der må ikke være meget sand i klæggers-overfladen. Traditionelle Vadehavs-diger har ofte udfordringer med at der ikke har været stor fokus på denne materiale-adskillelse. Derfor sker der lejlighedsvis tryk-skader forårsaget af trykforskelle mellem indre og ydre dele af diget under vandpåvirkningen.

Når der efterspørges råstoffer til digebyggeriet, er det derfor essentielt, at de to materialetyper kan leveres og indbygges adskilt.

Der er overordnet to tilgængelige råstof-indvindingsområder til de primære byggematerialer i digebyggeri, overliggende klægler og inderkerne i sand.

Sønderho Havn Støtteforening (herefter SHS) har i samarbejde med Fanø Kommune oprenset Slagters Lo og Dybet og Fanø Kommune har derfor materialer til rådighed relativt tæt på anlægsområdet. Umiddelbart kan der være udfordringer med transporten af materialerne fra nuværende depot-område til digebygger-området, da kun specielle maskiner kan komme frem til depotet. Kvalitet og mængde af disse råstoffer bliver analyseret geoteknisk i de næste måneder.

Esbjerg Havn skal til at uddybe sejlrenden i Grådyb for at meget store NATO-skibe kan anløbe havnen. Derfor forventes det, at store mængder klægler og sand bliver mulige at hente til Sønderho-diget og Nordby-diget. Umiddelbart er deponi inden anlægsarbejdet og transporten til Fanø blandt de største udfordringer p.t.

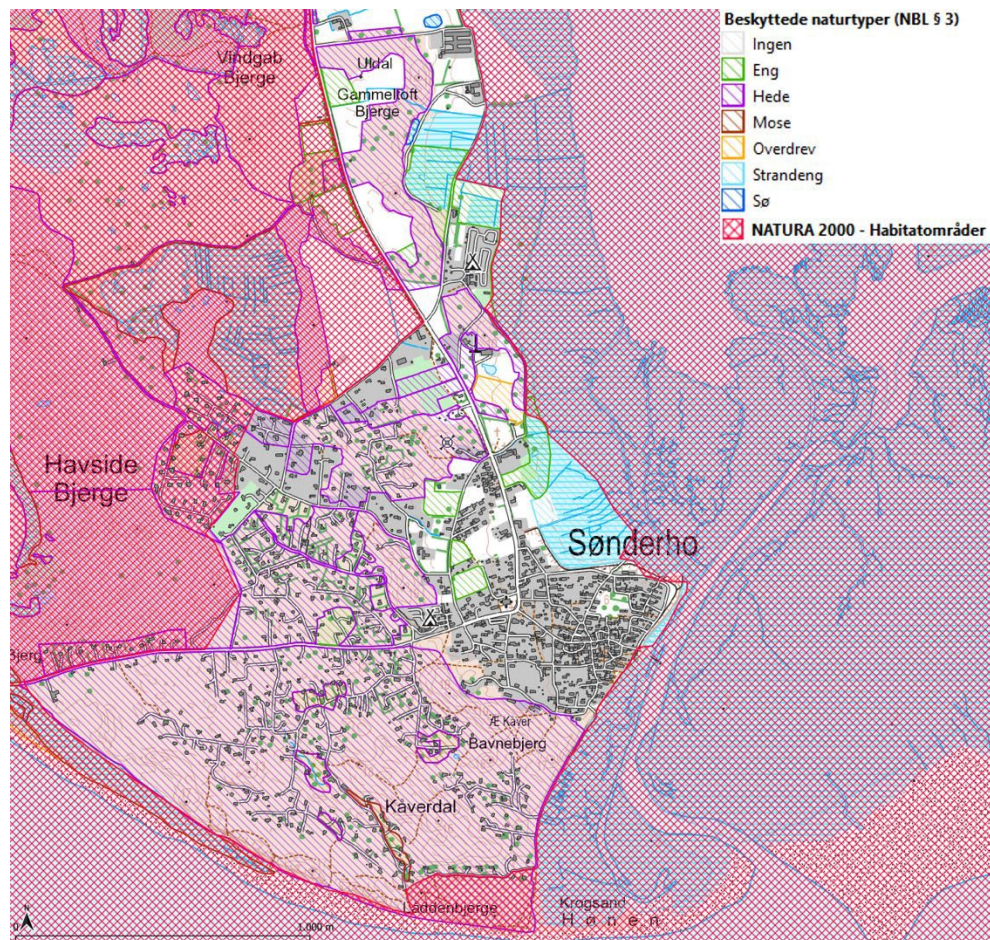
Der arbejdes videre med begge muligheder, hvor det vægtes hvilke kvaliteter, der er til rådighed i passende mængder samtidig med at transport og materialedeponi tages med i overvejelserne.

2.8 Miljø

Vadehavet er UNESCO-udpeget for sin flotte natur og sammen med den internationale Natura 2000 Habitatudpegning, er store del af Sønderho-området underlagt naturbeskyttelse, se Figur 17.

Som udgangspunkt kan Natura 2000 Habitatudpegnings-områder ikke benyttes til kystbeskyttelse, hvis der er mulighed for at placere anlægget udenfor dette beskyttelsesområde (0-alternativet). Derfor bør det undgås at planlægge kystbeskyttelse i Natura 2000- Habitatområder.

Inden for §3-naturbeskyttede områder kan der i særlige tilfælde meddeles dispensation til anlæg af kystbeskyttelse. Der skal blandt andet ikke være acceptable alternativer til det pågældende projekt, og en almindelig økonomisk interesse er ikke i sig selv tilstrækkeligt til at begrunde en dispensation. Der vil i forbindelse med en evt. dispensation til kystbeskyttelse normalt blive stillet vilkår om udlægning af erstatningsnatur på egnede arealer, som ikke allerede er omfattet af §3-beskyttelsen.



Figur 17 Sønderho-området med Natura 2000 Habitat (røde tern) og §3-beskyttede naturtyper (skravering i forskellige farver efter udpegningsstypen)

Ved betegnelsen "Erstatningsnatur" præciseres: Klagenævnet har udtalt, at størrelsen på erstatningsnatur skal foretages ud fra en konkret vurdering af forholdene, og at der som følge heraf ikke kan fastlægges en fast praksis for størrelsen på arealer, som udlægges til erstatningsnatur (bl.a. NMK-510-00797). Størrelsen af erstatningsnaturen fastsættes således efter konkret vurdering af myndigheden på området, dvs. Esbjerg Kommune.

Kan der findes velegnede erstatningsarealer, som inden for en kortere årrække vil have et indhold svarende til den nedlagte natur, er det Esbjerg Kommunes vurdering, at der kan være tale om udlæg på 2 gange det nedlagte areal. Har arealerne ikke begyndende karakter af strandeng, og vurderes det at tage lang tid, før de opnår et naturindhold svarende til den nedlagte natur, er det Esbjerg Kommunes vurdering, at der vil skulle stilles vilkår om væsentlig større udlæg af erstatningsnatur.

Se i øvrigt afsnittet: Miljø- og myndighedsforhold.

2.9 Nuværende kystbeskyttelse

Den nuværende kystbeskyttelse, der omfatter både erosions- og oversvømmelsesbeskyttelse, rundt om Sønderho består af erosionsbeskyttelse ved sten-glacis

og asfalt-coatning af sten/betonstens-glacis langs den sydlige del af Sønderho-diget, se Figur 2. Der er også lokale små høfder på sydsiden. På nordsiden er der ikke identificeret erosions-beskyttelse.

Diget er oversvømmelsesbeskyttelsen, der ad flere omgange er forhøjet og udbygget som traditionelt klæglers-dige med græsdække rundt om Sønderho By, se Figur 18.

Det nuværende Sønderho-dige har en kronekote på 4,99 m DVR90 for det meste af diget og 4,89 m DVR90 for den sydligste del fra Hønen til Børsen og har gennemsnitligt havværts anlæg 1:4 og landværts anlæg 1:2.

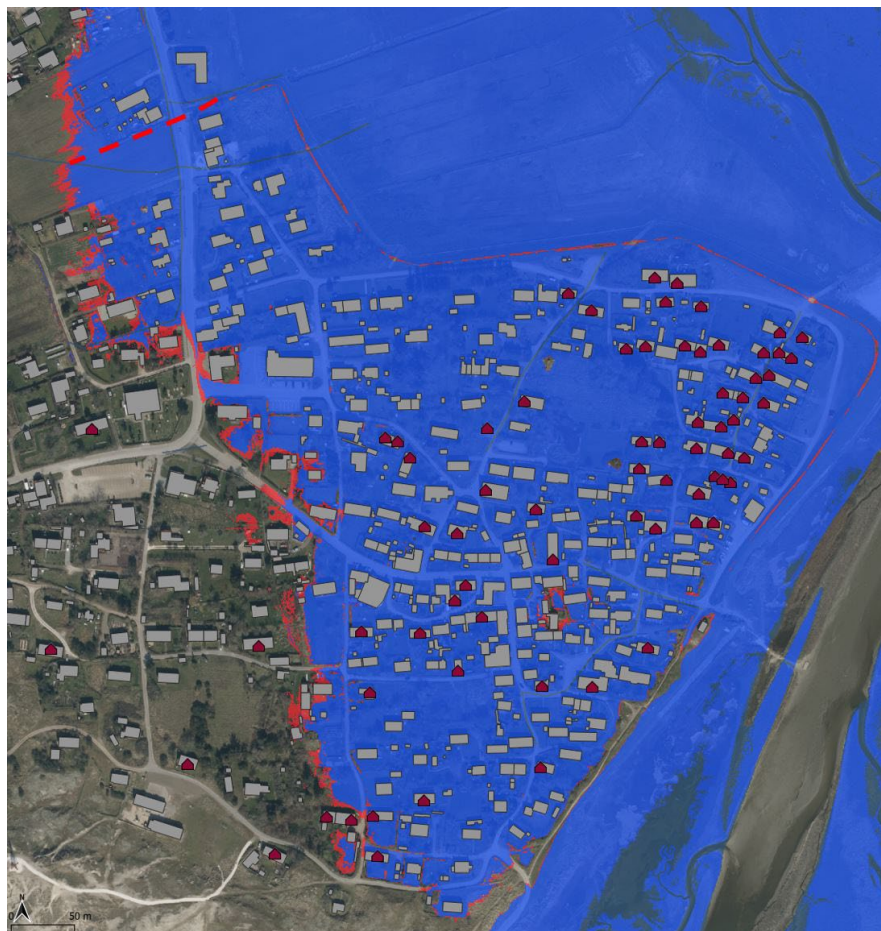
Kystdirektoratet har defineret nuværende sikkerhedsniveau på diget i Sønderho på 4,99 m DVR90 til en statistisk 100 års Middeltidshændelse (MT) i den seneste Digeoversigt fra 2011 (Kystdirektoratet, 2011). Der er ikke opgivet designvandstand, så sikkerhedsniveauet forventes at udgøre summen af højvandsstatistikken på 100 års MT og bølgepåvirkning for 12 år siden, men uden havspejlsstigning og landhævning.

Digets udstrækning går fra nord ved Landevejen 51, rundt om Sønderho by og rammer naturlige høje klitter ved Hønevejens overkørsel hen over diget i syd, se Figur 18.

Inspektion af eksisterende dige viste ingen umiddelbare tegn på hverken erosion eller voldsom gennemgravning af gnavere som mosegrise. Det forventes derfor at eksisterende kystbeskyttelse kan håndtere stormfloder og bølger op til nuværende sikringsniveau.

Dog er den nordlige del af Sønderho-diget uden højvandsbeskyttelse på strækningen vestover fra den nordligste del af diget, lige nord for Landevejen 51, henover Landevejen og lige syd for Landevejen 80, til midt mellem Landevejen og Vester Land 33, se Figur 18.

Der mangler derved dige, højvandsmur eller mobile Watertubes/sandsække-mur på ca. 140 m i en højde over nuværende terræn på op til 1 m for at Sønderho-diget virker mod vandstande på 4,99 m DVR90, se den stiplede linje, hvor der skal placeres en højvandsbeskyttelse på Figur 18.



Figur 18 Nuværende Sønderho digets udstrækning (røde terræn-linje) til digekrone 5,0 m DVR90. Den blå farve viser terrænhøjder under og op til 5,0 m DVR90 fra LiDAR-højdekort 2020. Bemærk at vandet kan komme ind i Sønderho by fra nord, da højvandsbeskyttelsen her mangler, hvor den røde stiplede linje er indtegnet. Bemærk de fredede huse i Sønderho med rød hus-markering

Ved planlægning af det opdaterede digeforløb, er terrænkort det vigtigste arbejdsværktøj, da vandstanden forventes vandret, så længe der ikke er bølger og vind. Dertil tilføjes yderligere højde på kystbeskyttelsen, hvor der kan forekomme bølger under stormfloden.

Det næste kapitel gennemgår beregningen for, hvor højt det kommende dige skal anlægges, så alle bag diget får ensartet sikkerhed for at diget holder de næste mange år uden at skulle forhøjes og udbygges.

Sønderho har undgået havoversvømmelse i mange årtier fordi man tidligt har bygget og forhøjet digerne rundt om Sønderho. De mange fredede huse i Sønderho, som ses på Figur 18, har derfor ikke oplevet at være oversvømmet. Husene kan ikke tåle oversvømmelse, da de fleste huse er uden sokkel eller anden højvandssikrende beskyttelsestiltag.

Da Sønderhos fredede huse og hele byområdet har stor kulturarv, turist-værdi og er elsket som netop den tætte by bag diget, er der stor fokus på at diget er højt nok – særligt til de store fremtidige storme.

Denne skadesprofil følger Kystdirektoratets Kystplanlægger for Sønderho-området (Strategistrækning J1.07.04), der anbefaler "Reduktion" af risikoniveauet for oversvømmelseskade med tidsperspektiv om både 20 år, 50 år og om 100 år.

Derfor vil sikringsniveau og sikringshøjde være så robust at digerne forventes at kunne modstå statistiske storm-hændelser (design-hændelsen) i hele levetiden.

Normalt arbejdes med, at sandsynligheden for at sikringsniveauet forventes overskredet teoretisk mindst én gang i levetiden er omkring 26-27%. Ved at benytte en mere robust højvandsstatistik, falder denne forventede sandsynlighed til omkring 6-7%, der er meget tæt på, at der ikke tåles sandsynlighed for havoversvømmelse i levetiden.

3 Sikringsniveau

Højvandsbeskyttelse kræver beregning af sikringsniveauet, så alle oversvømmelsestruede borgere har ensartet sikkerhed for at vandet ikke kommer ind hos dem.

Sikringsniveauet er summen af nuværende høj vandstand (højvandsstatistik), havniveauet op til den sidste dag som levetiden er sat til (havspejlsstigning) samt den lille rabat som landhævningen siden sidste istid giver (landhævning).

Det er med andre ord den tidsmæssige parallelforskudte sandsynlige stormflodshøjde i levetiden for konstruktionen – dog er der en statistisk sandsynlighed for at enkelte stormfloder kan være højere indenfor denne periode.

3.1 Højvandsstatistik og kendte højvande

Da Sønderho ikke selv har egen højvandsstatistik, tages der udgangspunkt i en nærliggende højvandsstatistik, som er robust og har målingerne med fra de store stormfloder i 1981, 1999 samt i Bodil 2013, se stormene på Figur 8. Da Mandø, Ribe og Esbjerg er omkring lige langt fra Sønderho (11-12 Km) og i samme Knudedyb Tidevandsområde, skal en af disse stationer benyttes for Højvandsstatistikken 2017, der er den seneste offentliggjorte statistik.

Esbjerg har målt i 143 år, Ribe har målt i 97,6 år og Mandø i 16,2 år, så Esbjerg og Ribe har alle tre store stormfloder med, mens Mandø kun har Bodil-stormen med som højeste storm. Bodil-stormen måles "kun" 20 cm lavere på Mandø end i Ribes højvandsstatistik. Den kommer dog kun på en 9. plads i Ribe Højvandsstatistik over høje vandstande.

Da Kystdirektoratet i 2011 definerede nuværende Sønderho-dige til en 100 års Middeltidshændelse, kan de umuligt have benyttet Mandø-statistikken. Dels er digehøjden på 4,99 m DVR90 omkring en 300.000 års middeltidshændelse i Mandø-statistikken og dels skriver Kystdirektoratet i deres bemærkninger for Højvandsstatistikken året efter: "Ny statistik. Meget kort tidsserie. Hændelser bør sammenlignes med andre stationer i Vadehavet. Statistikken vurderes som mindre god" (Kystdirektoratet, 2012).

Det er derfor vurderet at Mandø ikke er en valid højvandsstatistik, da den ikke har alle de store storme med, og den af (Kystdirektoratet, 2012) vurderes ikke at kunne stå alene i statistikken, da tidsserien er for kort til at være brugbar.

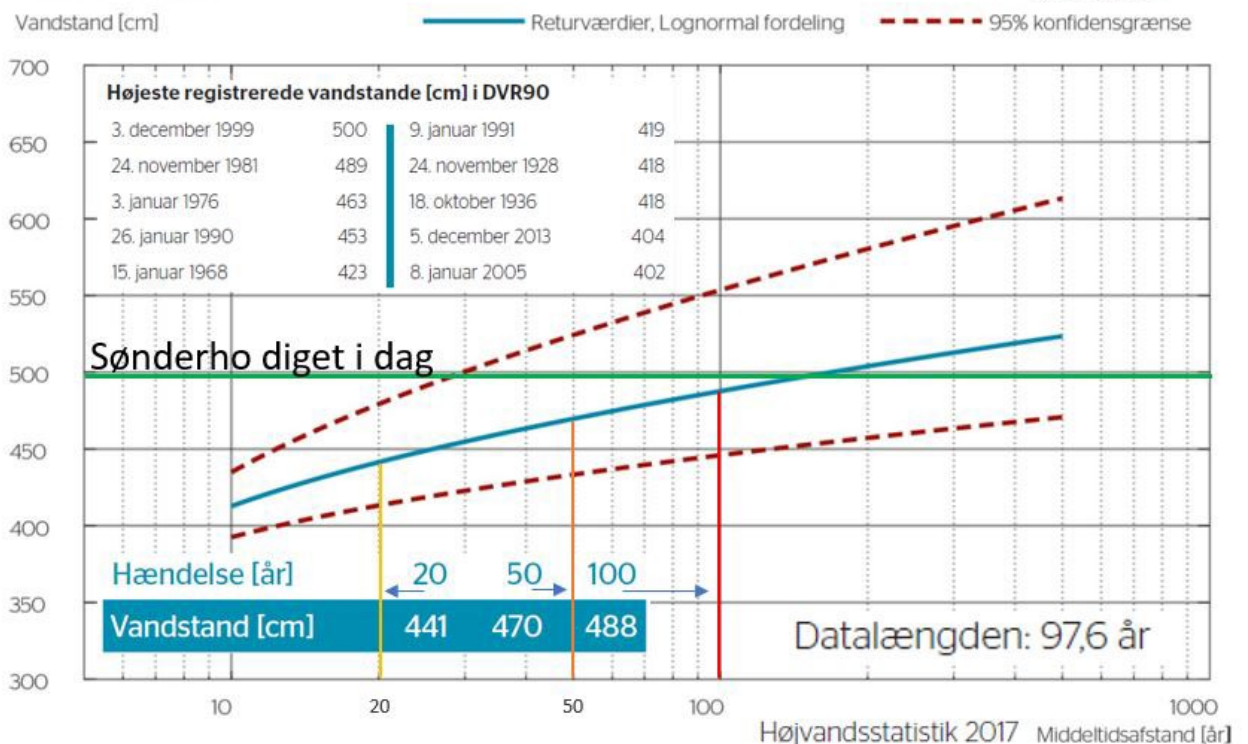
Esbjerg måleren målte kun 1999-orkanen til 3,81 m DVR90 (4. højeste), mens Ribe måleren målte 5,00 m DVR90 (højeste) – og øjenvidneskildringer i Sønderho beskrev vandstanden til maksimalt ca. 4,8 m DVR90. 1981-stormen er den højeste målte stormflod i Esbjerg (højeste), og 2. højeste i Ribe, men øjenvidneskildringer i Sønderho beskriver maksimalvandstand på 4,51 m DVR90 og derved 30 cm højere end i Esbjerg. Derfor vurderes Esbjerg at være for domineret af sin placering mod Grådyb- og mindre mod Knudedyb tidevandsområde.

På baggrund af ovenstående højvandsstatistik-analyse benyttes højvandsstatistikken for Ribe Kammersluse. Den er mere eksponeret for vandstuvning og bølger fordi den ligger åbent mod vestfra kommende storme med bølger og har den højeste statistiske 100 års middeltidshændelse (herefter MT) af alle målestationer i det danske Vadehav, se Figur 8.

De højeste vandstande i danske Vadehav er målt ved Ribe Kammersluse i 1981 og 1999 og er omkring 20-50 cm højere end i Sønderho, se Figur 8, svarende til vindstuvningen. Højvandsstatistik fra Ribe Kammersluse giver derfor en robust 100 års middeltidshændelse, se Figur 19.

Ribe Kammersluse Flyder

Middeltidshændelser



Figur 19 Højvandsstatistik 2017 for Ribe Kammersluse øst for Sønderho baseret på målte data siden 1919. Middeltidshændelserne (MT) er farvet ved 20 års MT (gul), 50 års MT (orange) og 100 års MT (rød). Nuværende digehøjde i Sønderho er indlagt (grøn linje) og er ca. 150 års middeltidshændelse i 2017 uden bølger. Kilde: (KDI, 2019)

De gamle historiske optegnelser af stormfloder ved Sønderho, beskriver hændelser i 1825 og 1839 på 5,33 m DVR90 og i 1852 på 4,41 m DVR90. De er derved så "nye" at de angivne niveauer må anses for pålidelige. De er ikke med i højvandsstatistikken fordi den kun medtager målte data, selvom de er højere end nuværende sikringsniveau. Ribe vandstandsmåleren startede i år 1919.

Normalt benyttes 20 års MT af Naturskaderådet (forhenværende Stormrådet) til at afgrænse erstatningsberettigede efter havoversvømmelser. Vandstanden skal derved nu være over 4,41 m DVR90 for at der kan udbetales erstatningsbeløb for oversvømmede i Sønderho. Det afhænger dog af Kystdirektoratets udpegning af stormflodsområdet.

Til erosionsbeskyttelse og havneanlæg benyttes normalt 50 års MT. Oversiden af erosionsbeskyttelse som stenglacis bør derfor mindst være i 4,70 m DVR90.

Til højvandsbeskyttelse benyttes normalt 100 års MT – eller sandsynligheden for oversvømmelse er 1% af tiden (1/100=1%). Diger og stormflodsporte skal derfor mindst være 4,88 m DVR90.

3.2 Havspejlsstigning

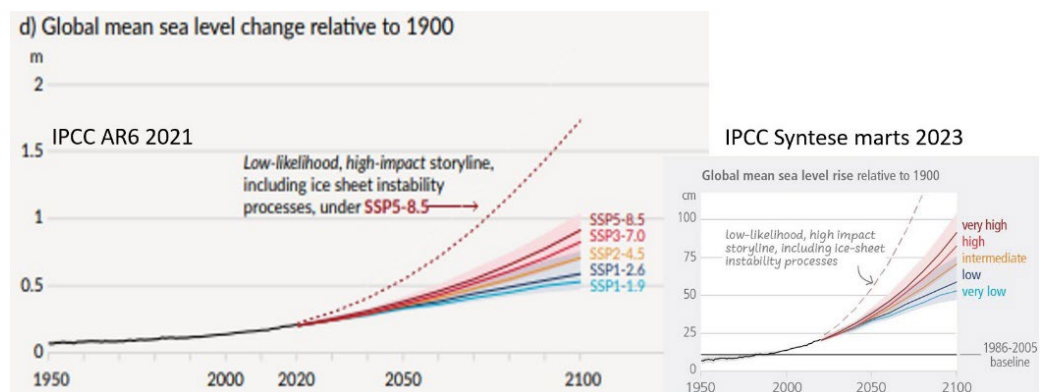
I fremtiden vil den forventede havspejlsstigning medføre højere permanent vandstands niveau i havet. Det vil bevirke at de stormfloder, vi har oplevet som sjældne og voldsomme, vil komme meget oftere - næsten hvert år og der vil komme storme, som er meget kraftigere og med højere maksimalvandstand.

Fremtidens forventede havspejlsstigning estimeres af FN's Klimapanel, IPCC. Der kommer med års mellemrum nye informationer om den fremtidige forventede havspejlsstigning, og den seneste er fra marts 2023, se Figur 20.

Herfra medtages den mest konservative fremskrivning, SSP5-8.5, "Business-as-usual"-scenariet / "Very High" som DMI anbefaler til sikringsniveau-beregning efter år 2050 (DMI, 2018). Der er en voksende usikkerhed på forudsigelsen med tiden, se spredningsviften på Figur 20.

Ved en "levetid" for kystbeskyttelsen på 50 år, skal havniveauet om 50 år medtages. Når der benyttes ler og sand som vigtigste anlægsmaterialer, er levetiden på materialerne betydeligt længere, så levetiden betyder at senest om 50 år skal kystbeskyttelsen rundt om Sønderho genovervejes og sandsynligvis hæves til de anbefalede sikringsniveauer som er gældende i år 2075 (2025+50 år).

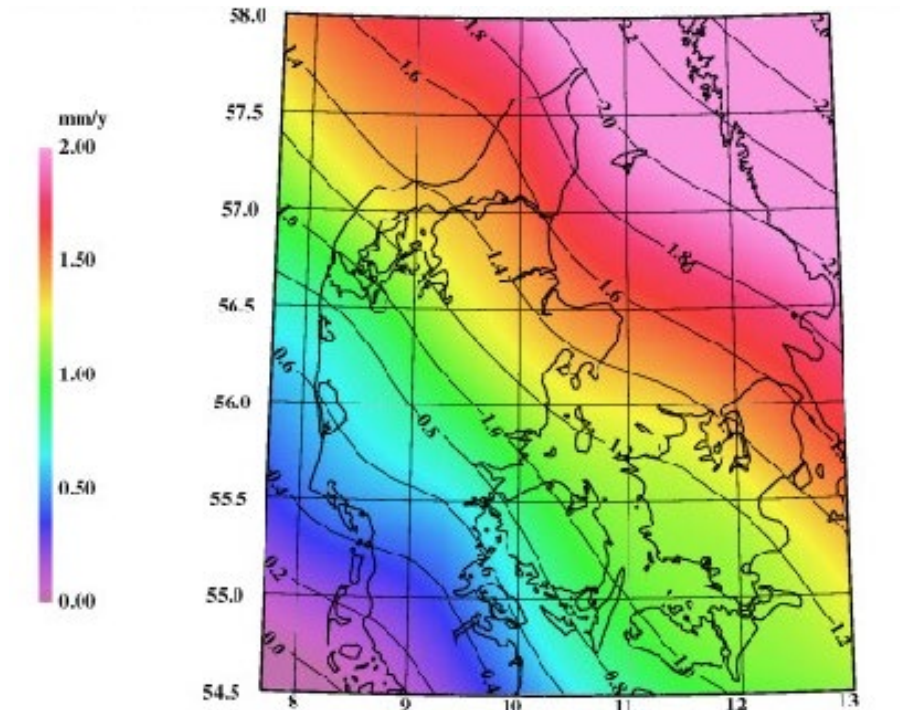
Den forventede havspejlsstigning i år 2075 er her aflæst til +65 cm på begge grafer, se Figur 20.



Figur 20 IPCC's nyeste forudsigelse (AR6) af global havspejlsstigning med 0,0-niveau i år 1900 for forskellige scenarier bestemt af menneskehedens adfærd og udledninger. (IPCC, 2022) og (IPCC, 2023). Bemærk samme havspejlsstigning med samme x-akse.

3.3 Landhævning

Landhævningen siden sidste istid giver en lille "rabat" i havspejlsstigningen, da landet hæver sig (meget lidt), se Figur 21.



Figur 21 Landhævning i Danmark målt i mm pr år - aflæst har sydlige Fanø en hævnings på ca. 0,3 mm/år svarende til 1,56 cm fra i 2023 til år 2075. (DTU_Space, 2016)

I forhold til havspejlsstigningen, der vokser og vokser i stigningstakten, så forventes landhævningen at være ens de næste mange årtier – derved bliver landhævningen mindre betydningsfuld i fremtiden i forhold til havspejlsstigningen.

3.4 Sikringsniveau

Til bestemmelse af sikringsniveauet for Sønderho-området beskyttelse mod havoversvømmelse benyttes nutidens højvandsstatistik ved en statistiske 100 års middeltidshændelse.

Dertil tilføres fremtidens forventede havspejlsstigning om 50 år i år 2075 fratrukket landhævningen i området til samme årstal, se Tabel 1.

Der kan således komme stormfloder som ikke har samtidighed med hverken tidevandsmaksimum eller bølgehøjde-maksimum. Disse stormhændelser forventes mindre end stormfloder med samtidighed af enten tidevand eller bølger.

Tabel 1 Alle oversvømmelsestruede huse i Sønderho skal, som udgangspunkt, beskyttes mod stormflod og havoversvømmelse til sikringsniveauet.

For at øge robustheden, bør digets sikringskote hæves til 6,0 m DVR90 for dels at medtage tidevandets mulige ekstra-bidrag ved stormvandstands-maksimum samtidig med middelhøjvands-maksimum.

Denne digehøjde-hævning benyttes også til at håndtere samtidighed af højeste vandstande og pålandsbølger, som næste afsnit gennemgår.

Der kan således komme stormfloder som ikke har samtidighed med hverken tidevandsmaksimum eller bølgehøjde-maksimum. Disse stormhændelser forventes mindre end stormfloder med samtidighed af enten tidevand eller bølger.

Tabel 1 Sikringsniveau beregnet til 5,50 m DVR90

SIKRINGSNIVEAU	Ribe Kammersluse [m DVR90]
Kystdirektoratets højvandsstatistik i 2017: 100 års MT (KDI, 2019)	4,88
Havspejlsstigning i år 2075 SSP5-8.5 50%-median i m DVR90 (IPCC, 2022)	+0,65
Landhævning i år 2075 fra år 1990 med gennemsnitligt (-)0,3 mm/år (DTU_Space, 2016)	-0,026
Sikringsniveau KDI: 100 års MT i 2075 (afrundet)	5,50

Der kan således komme stormfloder som ikke har samtidighed med hverken tidevandsmaksimum eller bølgehøjde-maksimum. Disse stormhændelser forventes mindre end stormfloder med samtidighed af enten tidevand eller bølger.

Sandsynligheden for at der kommer samtidighed af stormflodens vandstands-maksimum og tidevands-maksimum **og** bølgehøjde-maksimum, er beregnet til under 1% og dermed mindre sandsynligt end dimensioneringskriteriet, så dette scenarie forventes ikke realistisk i levetiden til 2075.

Ved et sikringsniveau på 6,0 m DVR90 er der mere end 300 husstande som klimasikres mod havoversvømmelse, erosion, nedbør og grundvand.

3.5 Bølger

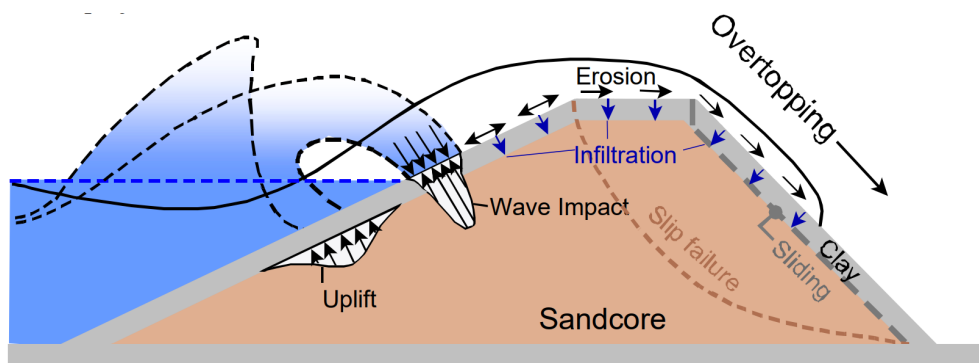
Som grundlagt for at undersøge bølgepåvirkningen af diget er der foretaget bølgeomodellering med en såkaldt spektral bølgemodel (MIKE 21 SW) af bølgeforholdene i perioden 1990–2017 i Knudedyb Tidevandsområde. Bølgeomodelleringen er udført med varierende vandstand fra målestationen ved Ribe Kammersluse. Målingerne fra Ribe Kammersluse er anvendt, da der ikke foreligger en lang måletidsserie fra Fanø.

I den forbindelse skal nævnes, at kammerslusen er beliggende i den østlige del af tidevandsområdet hvor vandet stuves mere op end ved Sønderho (mod vest). Vandstanden kan derfor antageligt stå op til en meter højere ved Kammerslusen end ved Sønderho diget under samme stormflod.

Da bølgenes højde foran diget i høj grad er styret af vandstanden, må det derfor antages at bølgemodelleringen er konservativ (dvs. på den sikre side).

3.5.1 Bølgebidrag

Bølgerne er vigtige at medtage, fordi de kan føre til digebrud pga. erosion på digets forside under bølgeslag, eller som følge af erosion på bagsiden pga. bølgeoverskyl. Bølgeoverskyl kan føre til at digekronen og bagsiden eroderer og klæglaget løsnes. Bølgeoverskyl i sig selv er normalt ikke af en størrelse, som kan give anledning til store oversvømmelser, men overskylltet kan føre til høje strømhastigheder på kronen af diget og ned af digets bagside, se Figur 22.



Figur 22 Brudmåder for havdiger med bølgepåvirkning.

Digets højde skal være større end den højeste vandstand under stormflod, bestående af stormflodskote og bølgebidrag for at undgå kritisk erosion på digets bagside. For at vurdere bølgebidragets størrelse er der foretaget beregninger af bølgeoverskylltet for dige-højder fra +5,75 mDVR90 til +6,5 mDVR90.

Beregningerne er foretaget med udgangspunkt i et dige med følgende karakteristika:

- > Forsideskråning: 1:5
- > Bagsideskråning: 1:3
- > Kronebredde: 2,0 m
- > Kronekote: 5,75 m DVR90, 6,0 m DVR90, 6,25 m DVR90, 6,5 m DVR90
- > Friktion på forside og krone: Græs

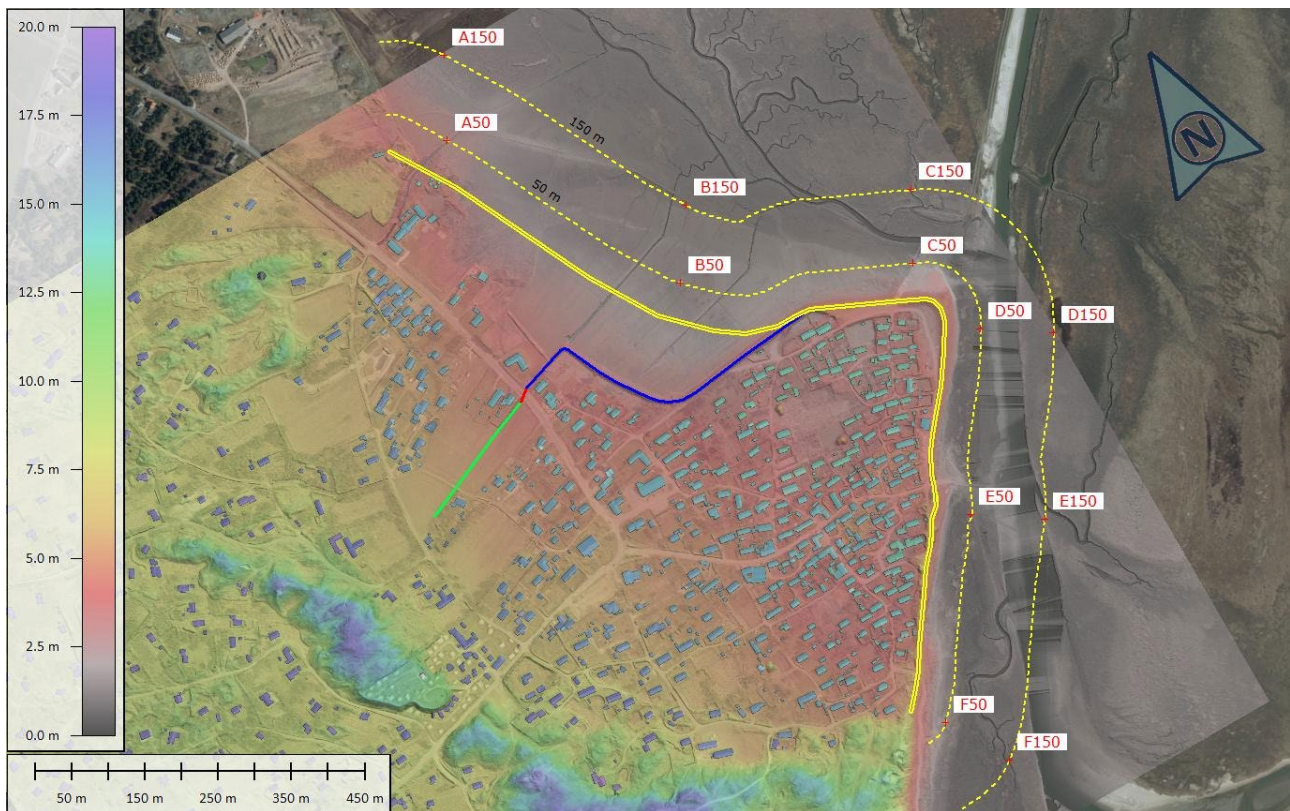
Bølgeoverskylltet er regnet ud fra EurOtop 2018 hvor formlerne for "design and assessment approach" er anvendt, så der bruges én standardafvigelse for at tage højde på usikkerhederne af formlerne.

Beregningerne er udført i hvert tidsskridt (å 0,5 time) i løbet af perioden 1990-2017 og baseret på bølge- og vandstandsforhold i beregningspunkterne fra nord

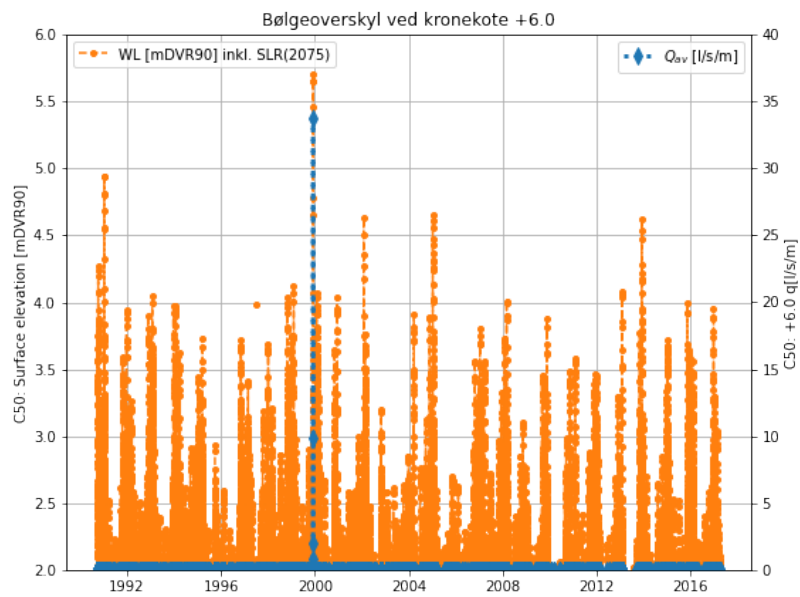
til syd: A50, B50, C50, D50, E50 og F50 (50 meter fra diget). Punkternes placering fremgår af Figur 11 og Figur 23.

Et eksempel på resultatet for et dige med kronekote +6,0 mDVR90 ved punkt C50 fremgår af Figur 24. Figuren viser at et dige med en kronekote på +6,0 m DVR90 kun vil opleve betydeligt bølgeoverskyl i forbindelse med 1999-orkanen (3-12-1999).

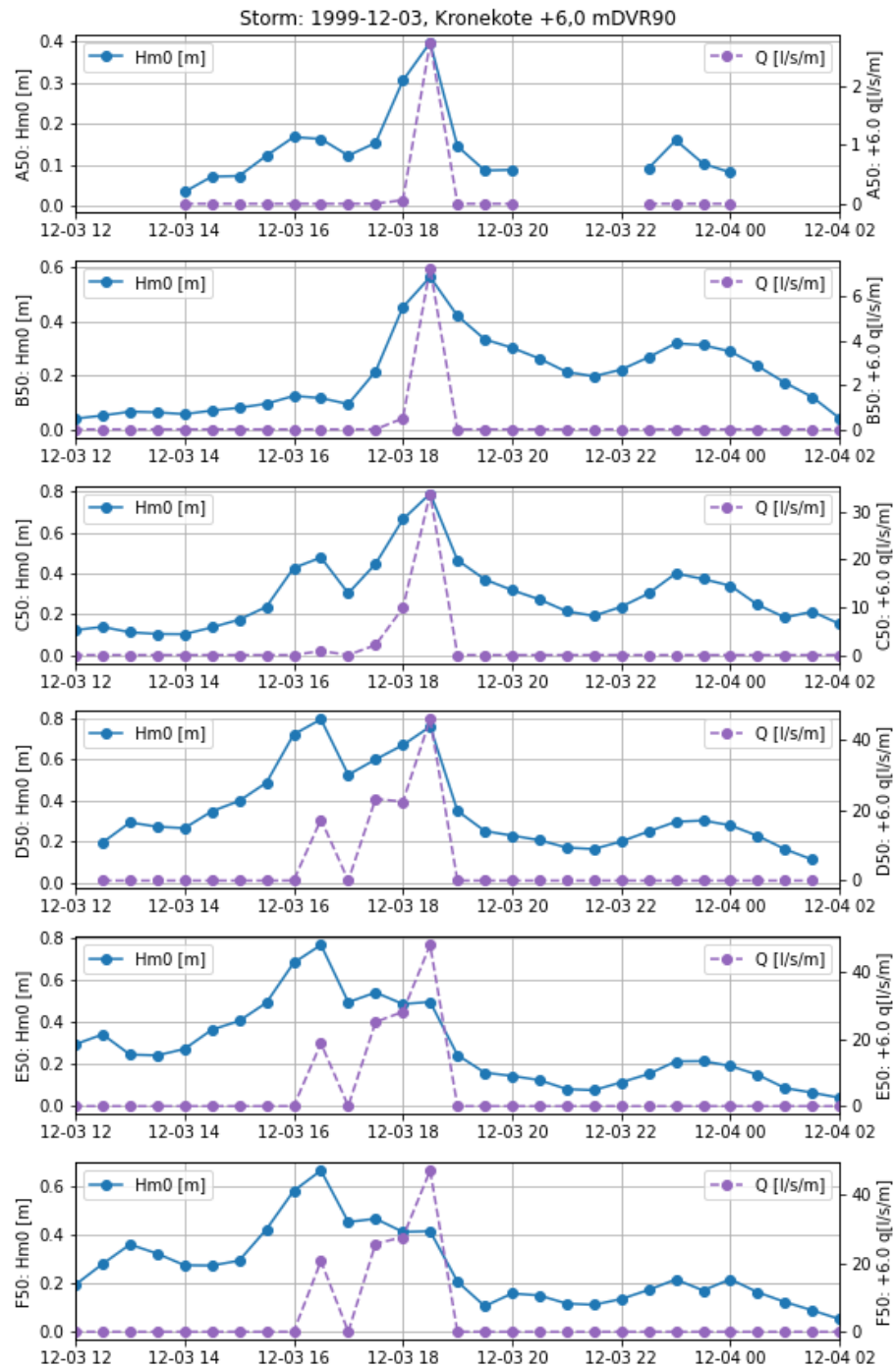
Hvis en lignende storm indtræffer i år 2075, hvor havspejlsstigninger på op til 0,65 m kan være en realitet, så vil vandstanden være +5,5 m, hvortil er lagt 20 cm robusthed til kote 5,7 m DVR90. Dermed vil et dige på +6,0 m DVR90 kun have 30 cm overhøjde på det tidspunkt hvor bølge- og vandstandforholdene kulminerer. Den lave overhøjde (30 cm) giver anledning til 30 l/s/m bølgeoverskyl ved punkt C50 – lige nord for Narhuk - hvilket er forholdsvist meget.



Figur 23 *Position af udtrækningspunkter (A50 til F150) i forhold til det eksisterende dige (blåt) og et fremskudt dige (gult). Punkterne er hhv. 50 og 150m foran det fremskudte dige. Det har været nødvendigt at beregne bølger i forhold til de forskellige bud på løsninger rundt om Sønderho, for at kunne beregne konsekvensen af de forskellige forslag med bølgeoverskyl, front erosion mv. Derfor er vist forskellige løsninger. Se i øvrigt afsnittet: "Forslag til kystbeskyttelse"*



Figur 24 Eksempel på beregnet overskyl af et dige med kronete +6,0 m DVR90 ved punkt C50. Figuren viser vandstanden ved Ribe Kammersluse tillagt 0,65 m havspejlsstigning, samt middelbølgeoverskyllet, q_{av} , i l/s/m.



Figur 25 Tidsserie af bølgeoverskyl og bølgehøjde under december-stormen 1999 tillagt 0,65 m havspejlsstigning og for en kronekote på +6,0 m DVR90.

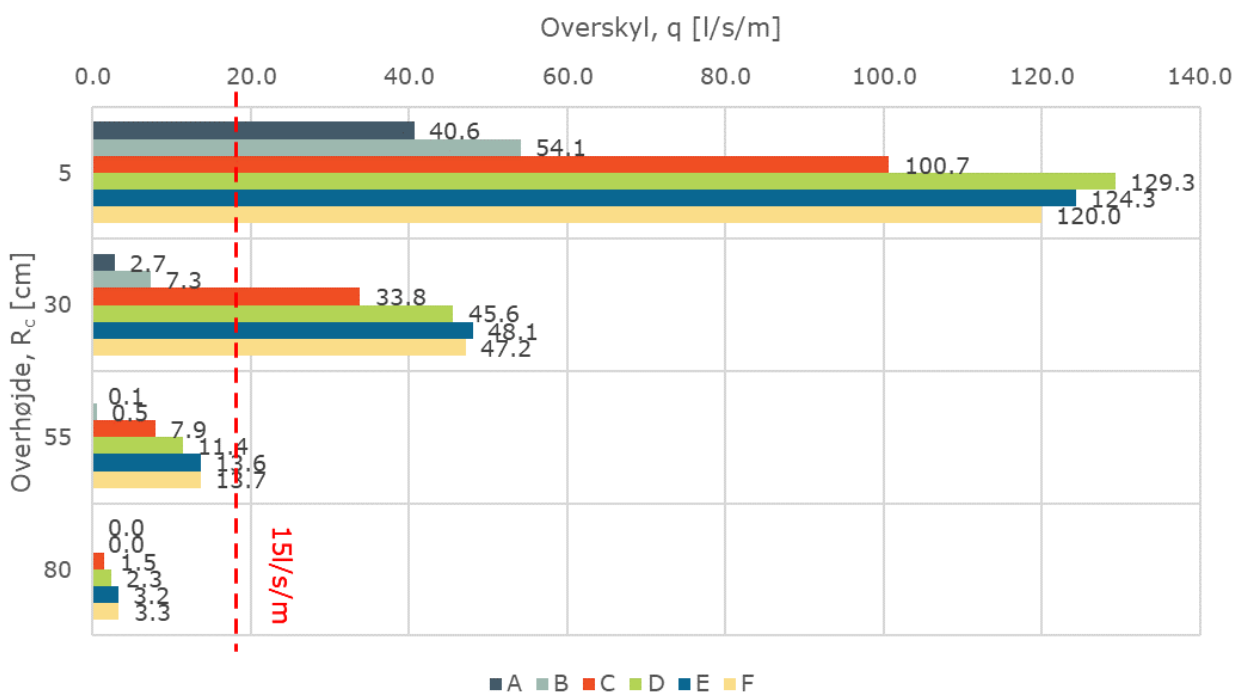
Beregningerne af overskyllet på det tidspunkt hvor bølge- og vandstandsforholdene kulminerer (kl. 18:30 d. 3-9-1999) fremgår af Tabel 2 og Figur 26. Beregningerne viser, at bølgerne har en karakter, så overskyllet vil være størst på strækningerne C50-F50 (Narhuk nord til syd for Sønderho) og mindst på strækningerne A50-B50.

Tidsforløbet, hvor der er overskyl fremgår af Figur 25, og viser, at der kun vil ske overskyl i ½ - 2 timer. Men beregningerne viser også at bølgeoverskyllets

størrelsesorden er så betydeligt på strækning C50-F50, at det vil kunne medføre erosion, med risiko for digebrud på de centrale dele af eksisterende Sønderhø-dige fra Narhuk Nord til Hønevejen.

Tabel 2 Bølge- og vandstandsforhold ved Sønderhø diget i forbindelse med 1999-orkanen i år 2075 samt be-regnet bølgeoversky ved punkt A50-F50. Bølgeoverskyl under 15 l/s/m er gjort **fede**.

Parameter		Enhed	A50	B50	C50	D50	E50	F50	
Vandstand inkl. SLR (år 2075)		mDVR90	5,70	5,70	5,70	5,70	5,70	5,70	
Signifikant bølgehøjde, H_{m0}		m	0,40	0,56	0,79	0,76	0,49	0,41	
Middel bølgeretning, MWD		°	24	1	355	23	163	160	
Peak bølgeretning, PWD		°	22	8	3	12	177	163	
Spektral middel bølgeperiode, $T_{m-1,0}$		s	3,0	2,6	3,1	4,2	6,1	7,0	
Peak bølgeperiode, T_p		s	3,3	2,8	3,1	6,7	11,6	11,6	
Overhøjde, R_c	5cm	Bølgeoverskyl q_{dav}	l/s/m	40,6	54,1	100,7	129,3	124,3	120,0
	30cm		l/s/m	2,7	7,3	33,8	45,6	48,1	47,2
	55cm		l/s/m	0,1	0,5	7,9	11,4	13,6	13,7
	80cm		l/s/m	0,0	0,0	1,5	2,3	3,2	3,3



Figur 26 Beregnet bølgeoversky ved punkt A50-F50 for varierende overhøjde af diget under 1999-orkanen og med vandstand som ved Kammerslusen tillagt havspejlsstigninger på 0,65m (år 2075). Den røde stiplede linje viser grænser for acceptabelt bølgeoverskyl (15 l/s/m).

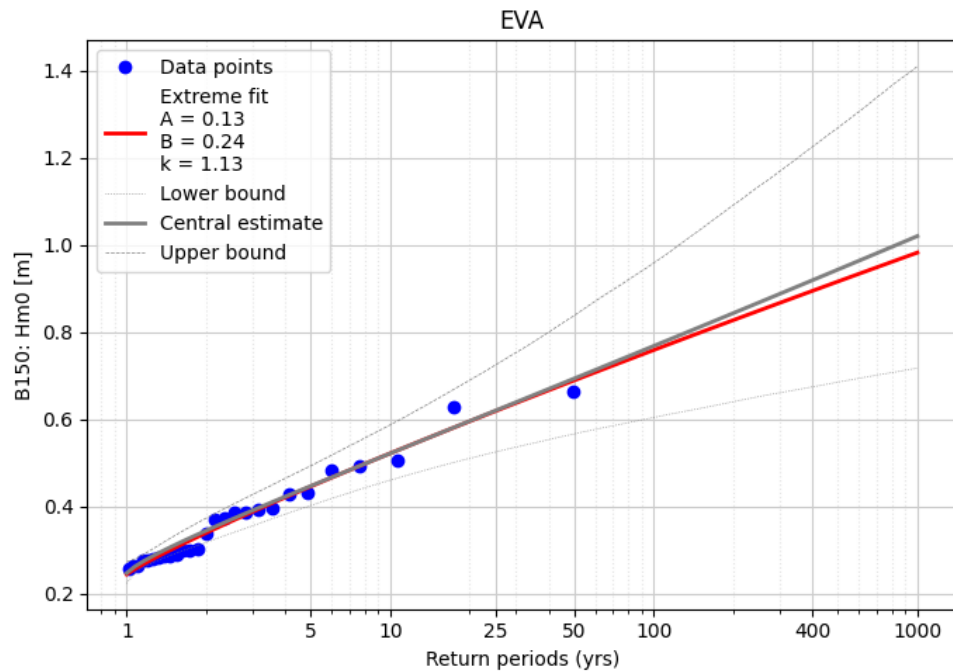
Som grundlag for idekataloget anvendes en grænse for tilladeligt overskyl på 15 l/s/m, se Figur 26. En sådan grænse medfører, at det vil være nødvendigt at have overhøjde grundet bølgebidrag på ca. **0,5-0,55m** på strækning C50-F50 og et bølgebidrag på ca. **0,25-0,30m** på strækningen ved A50-B50.

I forbindelse med næste fase af projektet (dispositionsforslag og myndighedsprojekt) bør der foretages en mere detaljeret beregning af hvilke strømhastigheder, bølgeoverskyllet giver anledning til, samt om/og hvor hyppigt strømhastighederne overstiger den kritiske grænse for erosion i digegræsset.

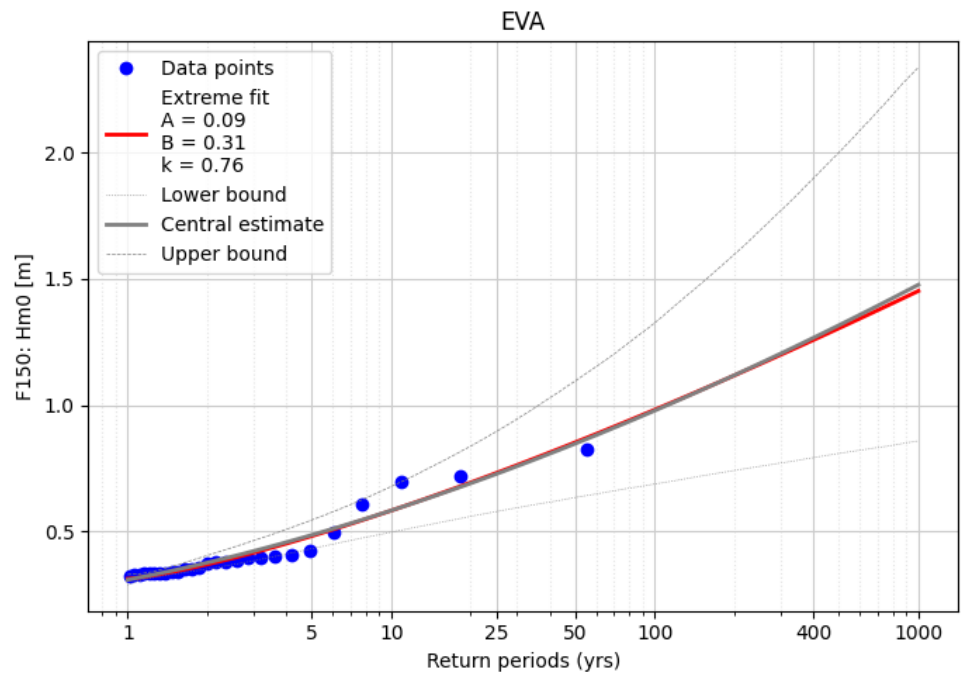
Der er foretaget en del forskning på dette felt i bl.a. Holland i de seneste 10 år, som viser at græs er meget modstandsdygtigt imod kortvarig belastning end man tidligere har antaget. En detaljeret beregning vil derfor med al sandsynlighed kunne vise, at bølgebidraget kan reduceres.

3.5.2 Designbølgeforhold

For bestemmelse af designbølgeforholdene er der foretaget en ekstremværdianalyse af bølgerne nord og syd for Sønderho, som vist i Figur 27 og Figur 28



Figur 27 Ekstremværdianalyse af bølgehøjder i punkt B150. Analysen er baseret på 27 års data, som er fittet til en Weibull 3-parameter fordeling.



Figur 28 Ekstremværdianalyse af bølgehøjder i punkt F150. Analysen er baseret på 27 års data, som er fittet til en Weibull 3-parameter fordeling.

Som det fremgår af Figur 27 og Figur 28 vil designbølgerne i Figur 25 kunne optræde med bølgeperioder, der er meget forskellige langs den nordlige og sydlige den af diget, se Figur 23.

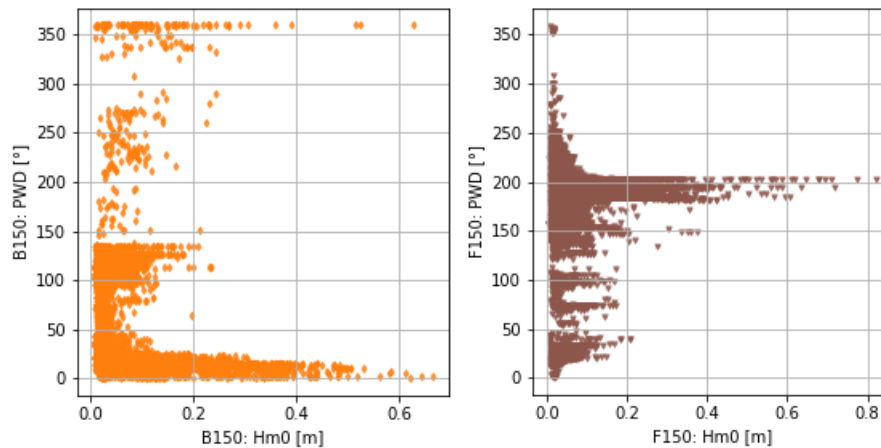
Tabel 3 Designbølgehøjder (H_{m0}) langs diget mod syd og nord baseret på MIKE SW bølgemodellering i perioden 1990-2017. Tabellen viser både det centrale statistiske estimat (Weibull 3-parameter) og en øvre 90%-konfidensgrænse.

Hm0 [m]	Returperiode													
	5 år		10 år		25 år		50 år		100 år		400 år		1000 år	
	Central	Øvre 90%	Central	Øvre 90%	Central	Øvre 90%	Central	Øvre 90%	Central	Øvre 90%	Central	Øvre 90%	Central	Øvre 90%
Syd (F150)	0.5	0.5	0.6	0.7	0.7	0.9	0.8	1.1	1.0	1.3	1.3	1.9	1.5	2.3
Nord (B150)	0.4	0.5	0.5	0.6	0.6	0.7	0.7	0.8	0.8	1.0	0.9	1.2	1.0	1.4

Der er stor forskel på bølgerne, alt efter hvor de kommer fra. Figur 29 viser, at de bølger, der kommer fra nordlige retninger og påvirker en nordlige del af diget, er lavere end bølger fra syd. Bølgerne for nord har desuden meget korte bølge-perioder og har populært sagt, ikke meget kraft og vand i hver bølge.

Bølger fra sydlige retninger langs den sydlige del af diget er både højere end bølger fra nord og ikke mindst er deres bølgeperiode betydeligt længere.

- > **Mod nord** vil designbølgerne komme fra nord (se Figur 29) og have bølgeperioder på $T_{m-1,0}=3-4s$.
- > **Mod syd** vil designbølgerne kunne have perioder på $T_{m-1,0}=3-12s$ og komme fra sydlige retninger (se Figur 29).



Figur 29 Sammenhæng mellem (peak) bølgeregning og signifikant bølgehøjde i punkt B150 og F150

Se den beregnede sammenhæng mellem bølgehøjder og bølgeperioder for hele Sønderho-strækningen i **Bilag 1**.

3.6 Sikringskoter

Bølgemodelleringen har vist at de højeste bølger forekommer på Sønderho's østlige spids, Narhuk og på hele den sydlige del af det eksisterende Sønderho Dige.

Dette stemmer godt overens med at eksisterende kystbeskyttelses anlæg mod erosion netop findes i det område hvor modellen viser, at der kommer store bølger under stormflod. Uheldigvis er denne viden blevet høstet i den ene storm efter den anden og ikke med moderne modelleringsværktøjer.

Bølge- og overskyls-beregningerne viser at de kommende diger nord for Narhuk skal være ca. 0,25-30 m højere end sikringsniveauet for at modvirke bølgerne. Med et sikringsniveau på 5,5 m vil det således være nødvendigt at udføre diget med en minimums-kronekote på +5.75 m DVR90 – og gerne +6,0 m DVR90.

Ved Sønderho's østligste punkt, Narhuk og langs hele den sydlige del, skal digehøjden være 0,5-0,55 m højere end sikringsniveauet for at kunne modstå bølgerne. Med et sikringsniveau på 5,5 m DVR90 vil det således være nødvendigt at udføre diget med en kronekote + 6,0 m DVR90 på denne strækning.

Bølgeberegningerne viser tillige at bølgerne langs den sydlige del af diget kan blive større end $H_{m0} = 1$ m i forbindelse med stormflod.

Dette kan medføre erosion på forsiden af et græsdige, og det vil derfor være nødvendigt at bibeholde og evt. forstærke erosionsbeskyttelses-armeringen af diget på denne strækning.

Der kan f.eks. etableres en decideret kystteknisk korrekt opbygget skråningsbeskyttelse. Dermed vil friktionen imod bølgeopskyl og bølgeoverskyl blive forøget og bølgebidraget reduceret. Dette undersøges i næste fase af projektet.

Den fremtidige højvandsbeskyttelse bør derfor mindst have en digekronekote på minimum 6,0 m DVR90 for at hele det sydlige Fanø kan blive oversvømmelsesfrigjort for stormflod med samtidighed af middelhøjvande.

Samtidig kan det blive nødvendigt at opgradere eksisterende erosionsbeskyttelse på Sønderho digets sydside fra Narhuk og sydpå – enten nu eller på et senere tidspunkt inden havniveauet er steget til med +65 cm.

4 Forslag til Kystbeskyttelse

Den fremtidige kystbeskyttelse i Fanø Syd-området skal kunne oversvømmelsesfrigøre alle husstandes beboelseshuse. Udhuse, lader mv., kan derfor accepteres oversvømmet under en stormflod med maksimalvandstand på 6,0 m DVR90.

Der er mange interesser som samtidig skal forsøges håndteret i placeringen af højvandsbeskyttelsen. Særligt Natura 2000 Habitat-området er forsøgt undgået, hvor det har været muligt, da der ligger mange års arbejde med at få tilladelse til at anlægge kystbeskyttelses-konstruktioner indenfor disse arealer.

De forskellige forslag til kystbeskyttelsen er skabt med baggrund i Digegruppens ønsker og præferencer til både hverdagens funktion og til optimal beskyttelse under de største fremtidige stormfloder.

Digegruppen er en frivillig borgerrepræsentation sammen med Fanø Kommune og COWI, der er dannet efter det første borgermøde i Sønderho den 23. november 2022. Borgerrepræsentanterne varetager derfor alles interesser i hele det sydlige Fanø.

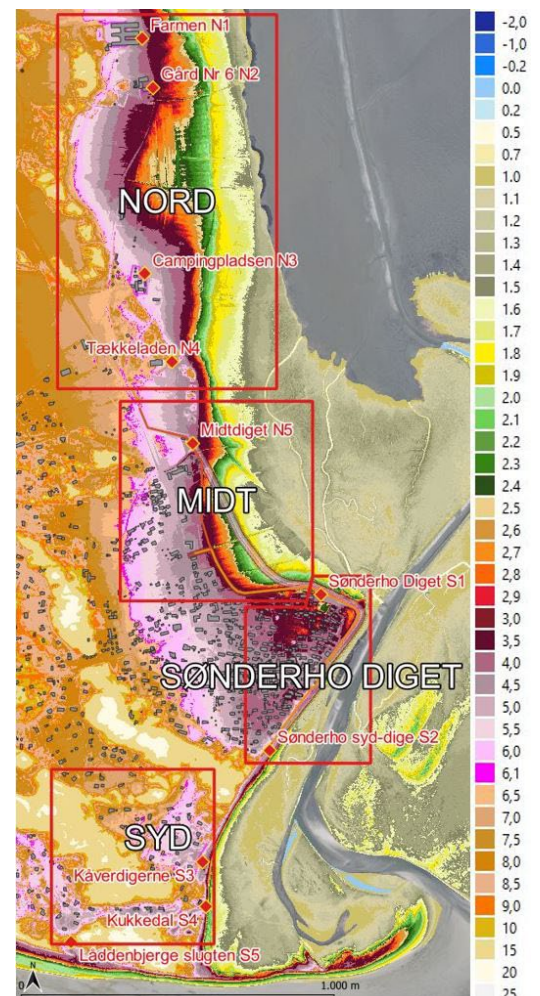
4.1 Områdeinddeling

Fanø syd-området er overordnet inddelt i 4 del-områder som umiddelbart er meget forskellige, både i beskyttelsesbehov, boligmasse, beboerstørrelse og funktion, se Figur 30.

Område NORD strækker sig fra Gammeltoft vej nr. 8, Farmen, i nord forbi Gammeltoft vej nr.6 og Landevejen 85, Campingpladsen, til Tækkeladen nord for kirkegården.

Område MIDT starter på havværts side af Landevejen overfor Landevejen nr. 124, på sydlige side af indkørslen til Tækkeladen og bugter sig syd på havværts kirkegården, Landevejen 69, feriekolonien. Herfra går diget enten over til den nordligste spids af det eksisterende Sønderho Dige eller havværts dette til dige-lokaliteten lige nord for søen nord for Digevej 68.

Område SØNDERHO DIGET omfatter det eksisterende dige fra havværts Digevej 68 og rundt om Sønderho by til havværts Kåvervej 35 syd for Hønevejens overkørsel hen over diget.

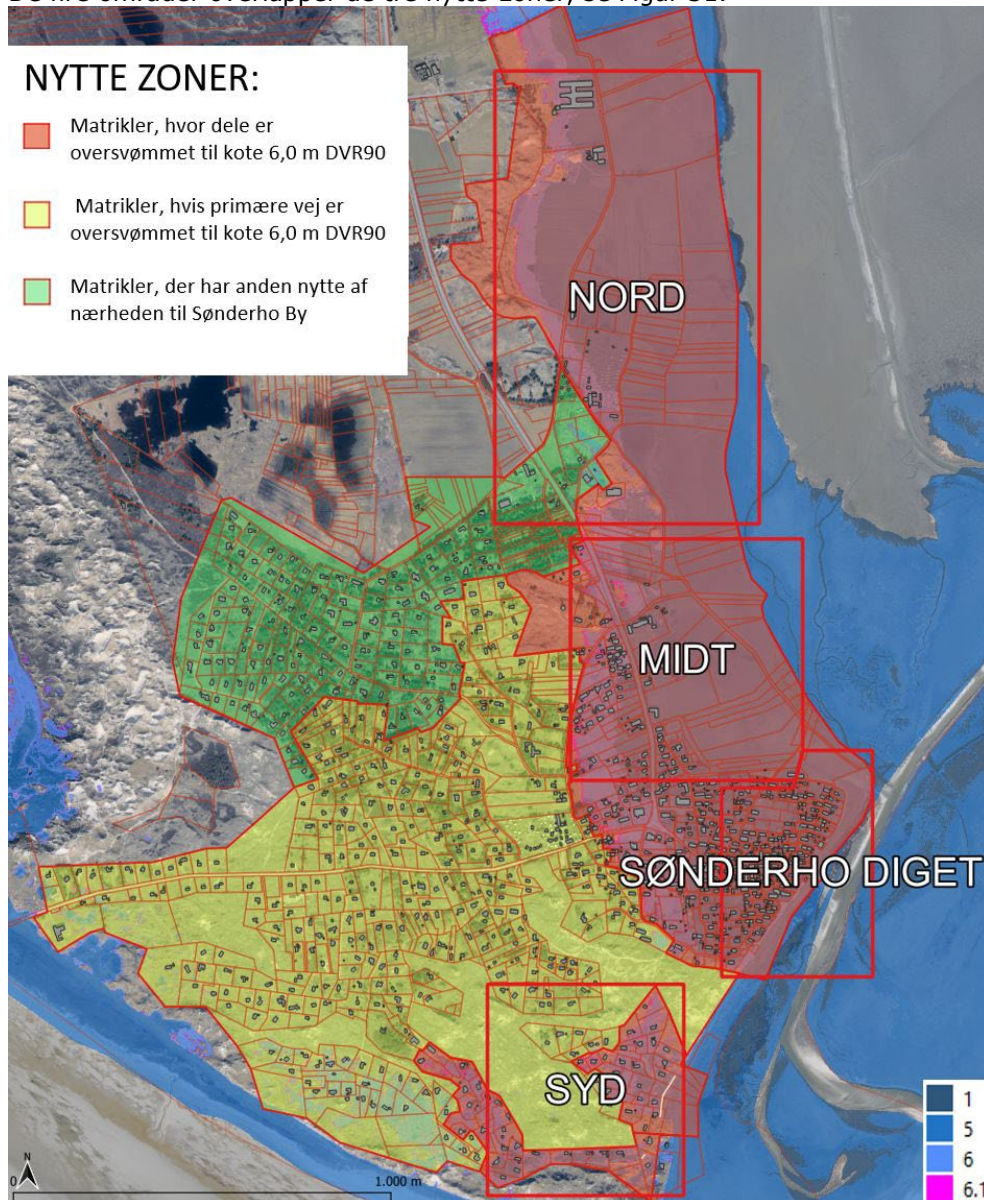


Figur 30 Områdeinddeling af Fanø Syd's oversvømmelsestruede område med bagvedliggende højdekort.

Område SYD omfatter Kåverdalen, Kåverknoldene, den sydlige del af Hønevejen og Kukkedal samt slugten i Låddenbjerge syd for Lodne Bjerger.

De 4 områder er meget forskellige fra 45- enkelte husstande i NORD over en række boliger i MIDT, der også beskytter SØNDERHO DIGET mod vandindtrængen fra nord til selve Sønderho bys eksisterende dige som skal forstærkes, forlænges og forhøjes i SØNDERHO DIGET til få skovfulde sandtilførsel i område SYD som beskytter mange (ferie-)boliger.

De fire områder overlapper de tre nytte-zoner, se Figur 31.



Figur 31 *Nytte-udpegede matrikler efter oversvømmelsestruet til 6,0 M DVR90 (rød), vejen til matriklen oversvømmet til kote 6,0 m DVR90 (gul) og matrikler som har anden nytte af nærheden til Sønderho by (grøn). Højdekort og matrikelgrænser samt områdeinddeling*

Den administrative nytte-inddeling er hidtil blevet benyttet til indkaldelse til borgermøde om stormflodsbeskyttelse af Sønderho-området mv. Den kan indgå i en administrativ inddeling af betalingsmodel, som byrådet definerer.

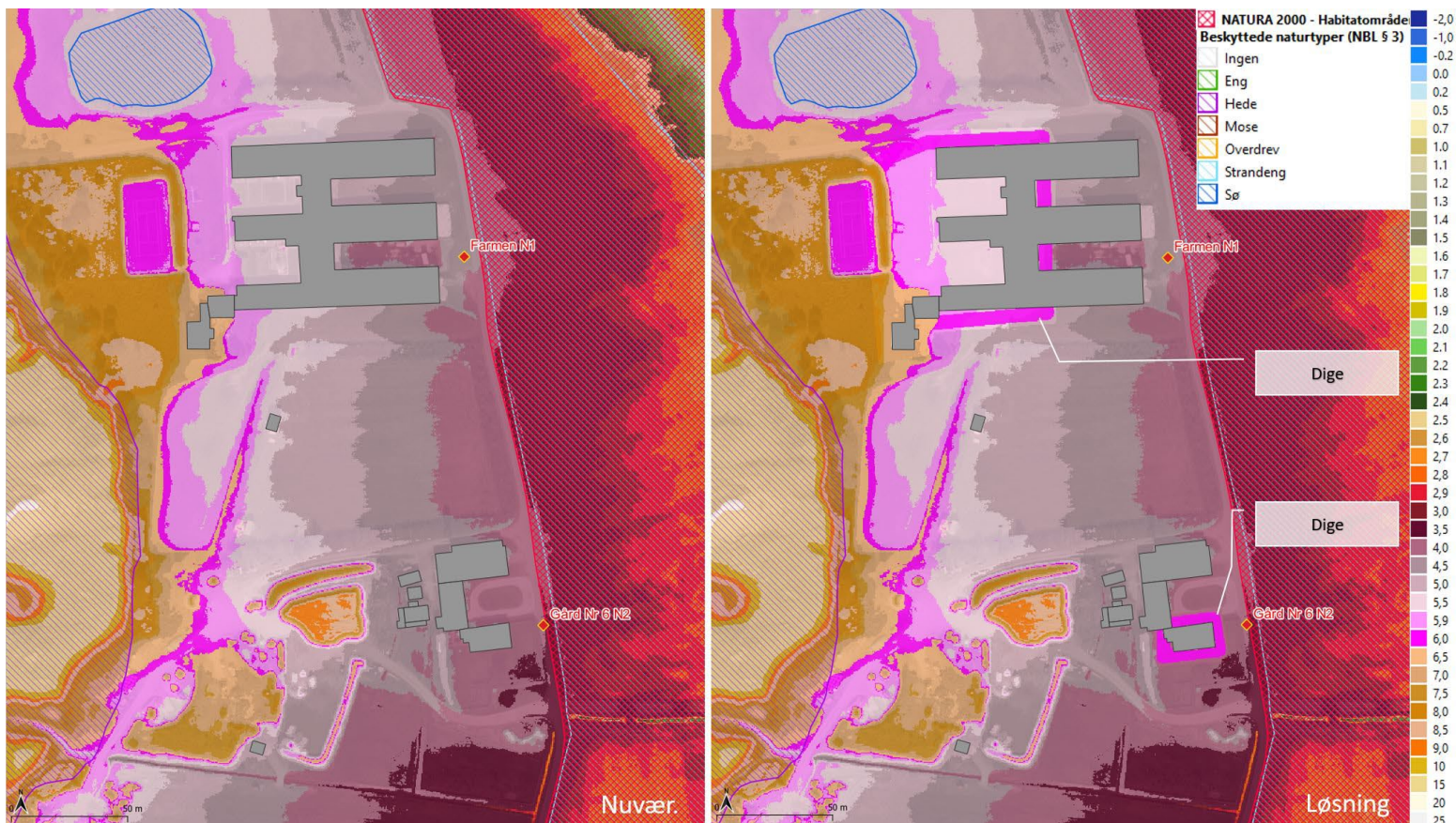
4.2 Overordnet løsning

Den overordnede løsning for det meste af Fanø syd omfatter områderne NORD, SØNDERHO DIGET og SYD, hvor der kun er fundet én nuværende løsning på håndtering af oversvømmelsestruslen til kote 6,0 m DVR90. Disse løsninger er valgt ud fra alle de hensyn som normalt identificeres og Digegruppen har derfor ikke haft ændringsforslag til de foreslåede løsninger.

For område MIDT er der fundet 4 løsninger, som gennemgås i de næste afsnit.

4.2.1 Område NORD

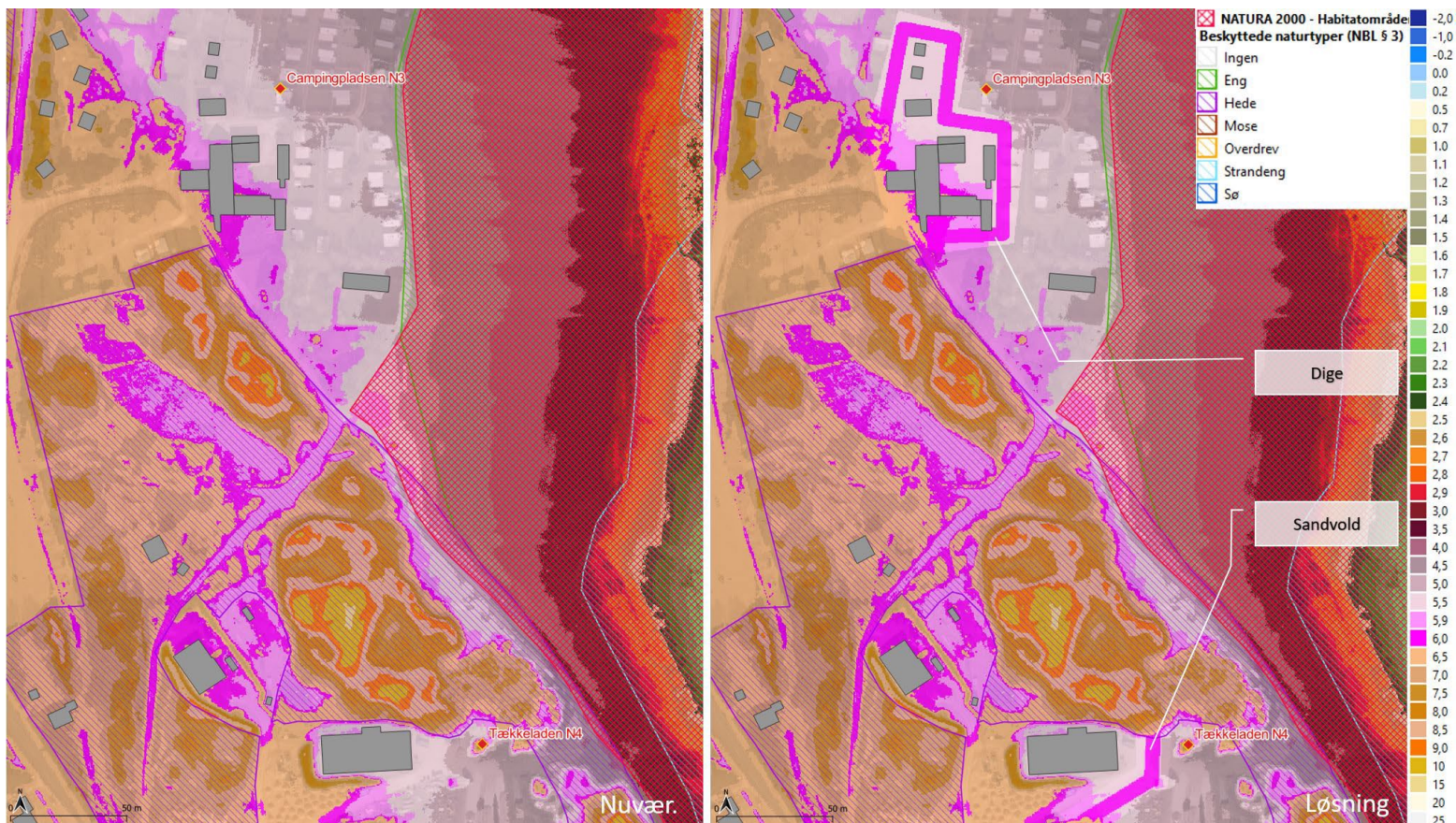
Område NORD er kendetegnet ved få private ejendomme som skal beskyttes og derfor er optimeret højvandsbeskyttelse essentiel med diger eller facadebeskyttelse tæt på vitale bygninger, se Figur 32.



Figur 32 Område NORD 1: Højdekort med Habitat- og §3-afgrænsning. Nuværende forhold (tv.) og løsning (th.) med husnære diger om vitale bygnings-dele fra højtliggende bagland mod nord og rundt om bygning mod syd

Løsninger med lokale vejhævninger etc. har ikke været mulige, da N2000-Habitatnatur-afgrænsningen er for tæt på/hen over Gammeltoft vej og da denne løsning er 5 gange dyrere end bygnings-beskyttelse.

På den sydlige del af område NORD, er kun de vitale dele af campingpladsen omfattet af ca. 0,5 m højt dige fra og til højtliggende bagland, se Figur 33.



Figur 33 Område NORD 2: Højdekort med Habitat- og §3-afgrænsning. Nuværende forhold (tv.) og løsning (th.) med husnært dige om vitale bygnings-dele ved campingpladsen fra højtliggende bagland mod nord og sandvold havværts bygning mod syd

Havværts tækkeladen N4 mangler der kun en sandvold på 0,5 m, der er flad nok til passage med terrængående maskiner, se Figur 33.

4.2.2 Område SØNDERHO DIGET

Det nuværende Sønderho Dige er forhøjet i 1989 og har klaret en del store storme som 1999-orkanen og Bodil-stormen uden digebrud.

Derfor forventes det at diget er opbygget korrekt med sandkerne og klæggers-overflade. For at være sikker på de geotekniske forhold, udføres geotekniske undersøgelsesboringen inden det fastlægges om nuværende dige blot skal forhøjes og forstærkes, eller det er nødsaget at genopbygge hele diget i korrekt kystteknisk opbygning. Det forventes at eksisterende Sønderho dige kan fastholdes og forhøjes – hvis det viser sig at det skal opbygges fra grunden, er situationen naturligvis en anden.

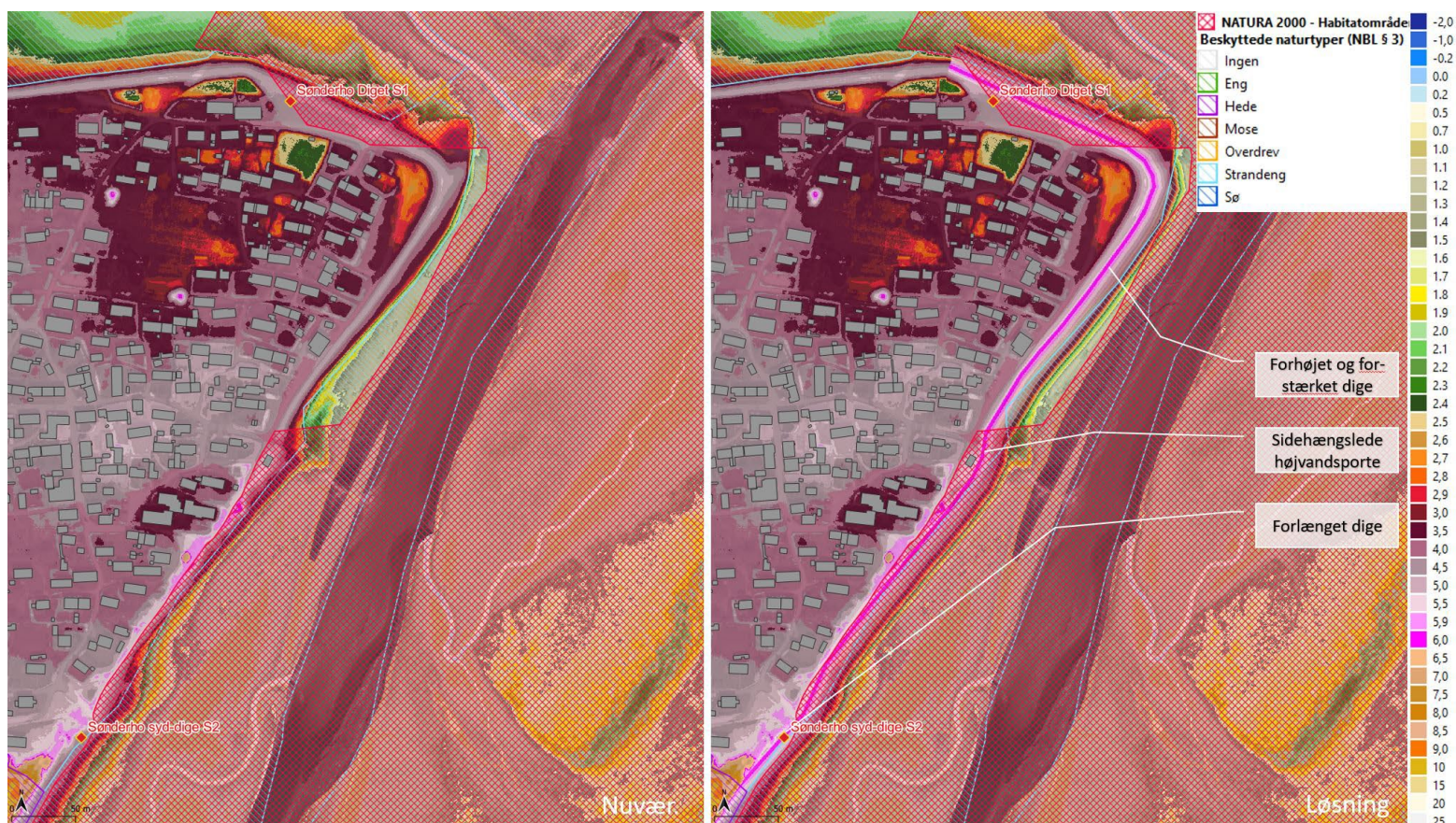
Bekymringen kan være at netop dette dige ikke har samme fremtidige robusthed som de andre nybyggede diger, hvis det nuværende dige her ikke er

stærkt nok, hvis det geotekniske fundament er under standard – og derved kan sandsynligheden for digebrud her forventes større end ved de andre diger.

Den nuværende Natura2000-Habitatafgrænsning var også gældende under sidste digeforhøjelse og der er ansøgt reduktion af Habitatområdet, hvor nuværende diger er beliggende. Derfor er håbet, at endnu en forhøjelse og forstærkning af Sønderho diget bliver mulig uden fravigelses-sagshåndtering i EU.

Det projekterede dige er opbygget med anlæg 1:3 på landværts side, 2 m kro-nrebredde i kote 6,0 m DVR90 og anlæg 1:5 på havværts side – og startende ved nuværende landværts diges terræn-knæk.

Lokale steder har det været nødvendigt at have anlæg 1:2,5 på landværts side for at der stadig er plads til Digevej uden at Natura2000-Habitatnatur afgrænsningen på havværts side bliver overskredet, se Figur 34.



Figur 34 Område SØNDERHO DIGE: Højdekort med Habitat- og §3-afgrænsning. Nuværende forhold (tv.) og løsning (th.) med forhøjet og forstærket dige rundt langs nuværende tracé samt forlængelse mod syd samt sidehængslede højvandsporte i adgangsvejen ved Børsen. Nuværende N2000-Habitat afgrænsning er allerede hen over nuværende dige.

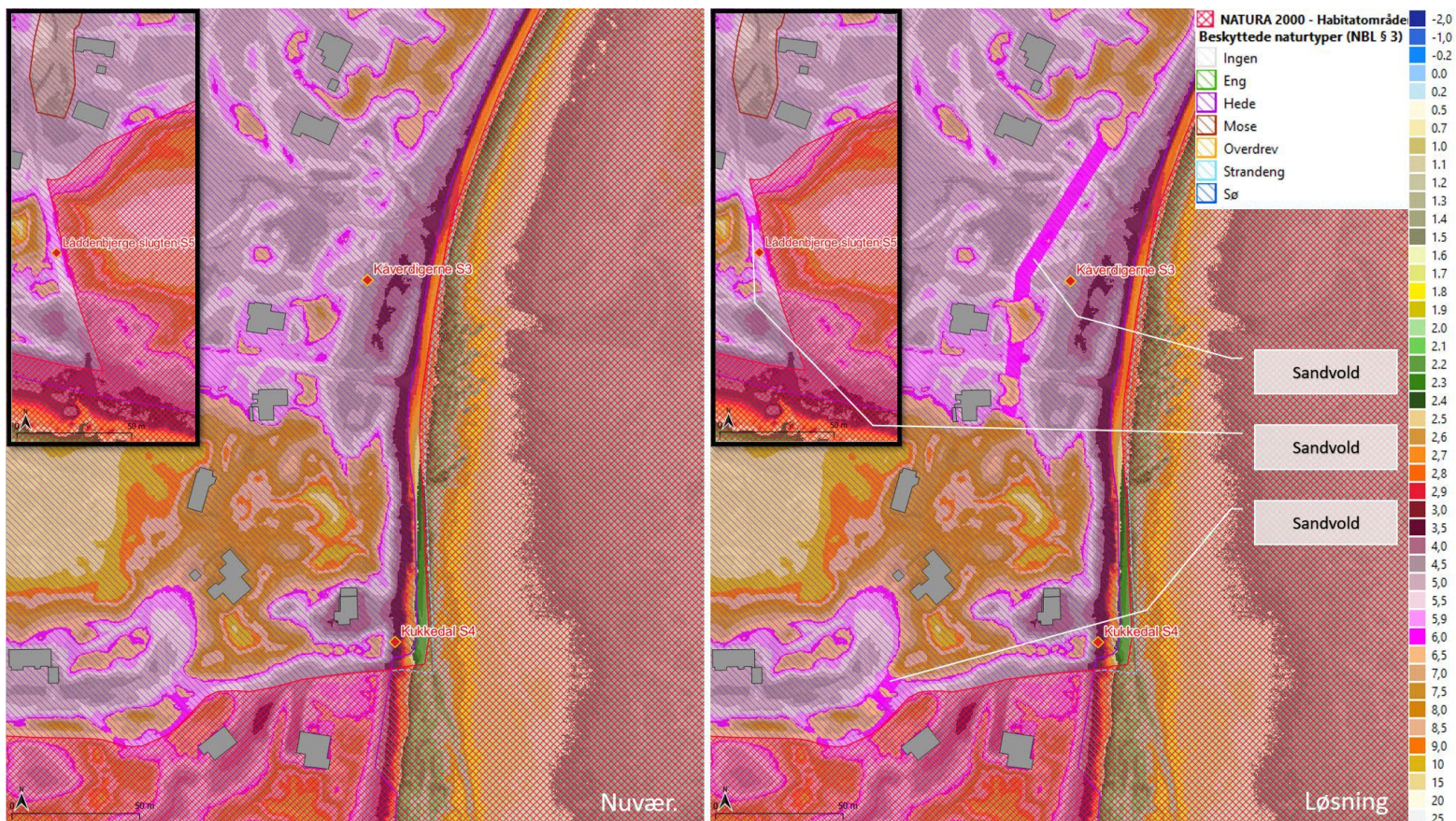
Den nordlige afgrænsning af det projekterede dige afsluttes brat på Figur 34, fordi det fortsætter ind i område MIDT som først beskrives i afsnit 5.3-5.6. Selve diget bliver ensartet robust på hele dige-strækningen.

Bølgeanalysen påpegede muligheden for lokal erosion grundet bølger på hele strækningen omfattet i område SØNDERHO DIGE. Der arbejdes videre med denne erosions-problematik, men umiddelbart bør behovet først opstå om nogle årtier, hvor havspejlsstigningen er steget tilstrækkeligt – så der forventes at være tid nok til at finde de gode, robuste og farbare løsninger inden.

Den nuværende løsning i adgangsvejen ved Børsen med beredskabsmæssig opbygning af mobil svineryg-plankemur anbefales erstattet af sidehængslede staldøre på beton-siderne - som i Nordby, så alle borgere kan lukke dem ved varsel om stormflod. Derved minimeres behovet for beredskab og for risikoen for funktions-svigt under stormfloden.

4.2.3 Område SYD

Område SYD er kendetegnet af klitlandskab med huse beliggende lavt og relativt smalle lave adgangsveje i sand som umiddelbart kan håndteres ved at hæve vej-højden med flade sandvolde som er designet til færdsel, se Figur 35.



Figur 35 Område SYD: Højdekort med Habitat- og §3-afgrænsning. Nuværende forhold (tv.) og løsning (th.) med det vestligt beliggende Låddenbjerge slugt indrammet i sort ramme. For alle tre del-områder er løsningen sandvolde på de steder som mangler sand for at opretholde oversvømmelsesfrigørelsen. Sandmanglen kan være menneskeskabt ved gentagen transport hen over området.

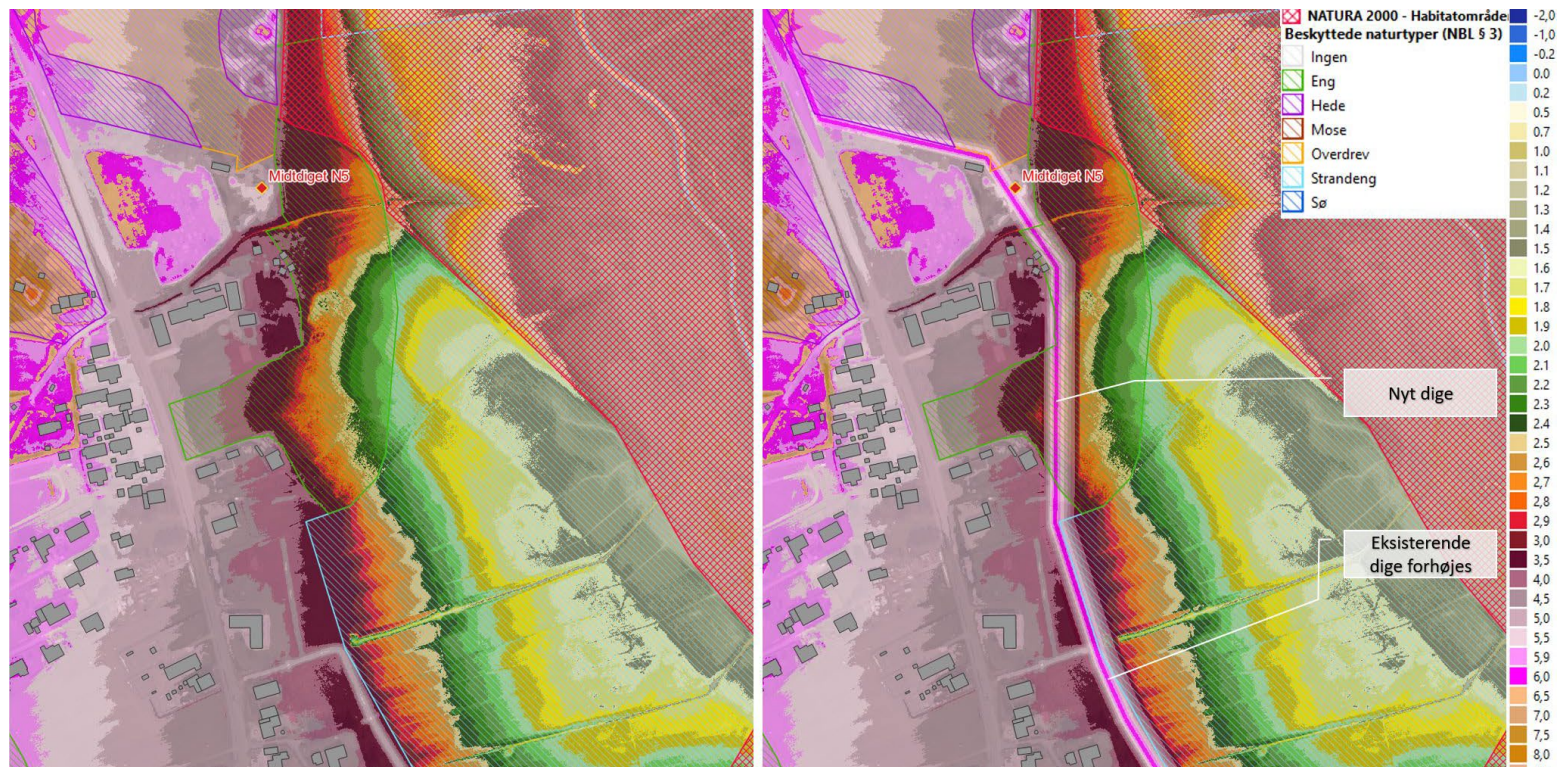
Særligt slugten i Låddenbjerge, se indrammet område på Figur 35 og den vel-placerede sandvold ved Kukkedal oversvømmelsesfrigør baglandet ved få m³ sand. Dog er boligejerne i Kukkedal 2 og -4 derved ikke med – fordi deres huse står på pæle og derved allerede er oversvømmelsesfrigjorte. I hele Fanø syd er det kun Hønevejen 5, lige nord for Kukkedal, som ikke oversvømmelsesfrigøres.

4.3 Midt - Løsning 1 Landværts

I område MIDT er løsning 1 at benytte nuværende diges tracée i forstærket og forhøjet form fra SØNDERHO DIGE området i sydøst til det nuværende nordligste digepunkt ved Landevejen 51.

Herfra fortsætter diget nordpå udenfor strandengs-udpegningen og så langt fra nuværende bygninger at alle bliver oversvømmelsesfrigjorte uden at der skal fjernes bygninger, se Figur 36.

Efter diget er drejet havværts om shelterpladsen ved Sønderho Feriekoloni og kirkegården, fortsætter den gennem skoven og afsluttes langs Landevejen, hvor terrænoverfladen i forvejen er 6,0 m DVR90. Derved er Landevejen åben for trafik i alle stormfloder op til sikringshøjden, så ambulancer, beredskab og politi kan komme ind i Sønderho og holdes evakueringsruten åben ud af byen, se Figur 36.



Figur 36 Område MIDT L1: Højdekort med Habitat- og §3-afgrænsning. Nuværende forhold (tv.) og løsning (th.) med landværts nyt dige fra nuværende dige og nordpå. Det nuværende dige forhøjes og forstærkes rundt langs nuværende tracé med lille fremrykning i buen, hvor Digevej flugter nuværende digefod. Det nye diges tracé oversvømmelsesfrigør alle huse uden at påvirke §3-strandengsnatur. Mod syd-øst fortsætter diget over i det projekterede SØNDERHO DIGE uden svaghedszoner.

Løsning 1 har som primære mål haft til formål at oversvømmelsesfrigøre alle huse og sekundært at vise muligheder for at minimere miljøpåvirkningen ved både fysisk udbredelse og ved materiale-forbrug, da højere terræn kræver færre anlægsmængder. Det påvirker naturligvis også anlægsprisen.

Bølgeteknisk har analyserne vist, at de viste dige-tracéer har samme robusthed – også fordi det naturlige terræn stiger til omkring 3,5 m DVR90 lige foran den havværts digefod. Diget kommer i gennemsnit til at være 1,8 m højere end nuværende terræn og maksimalt 3,3 m over nuværende terræn langs hele dige-tracéet.

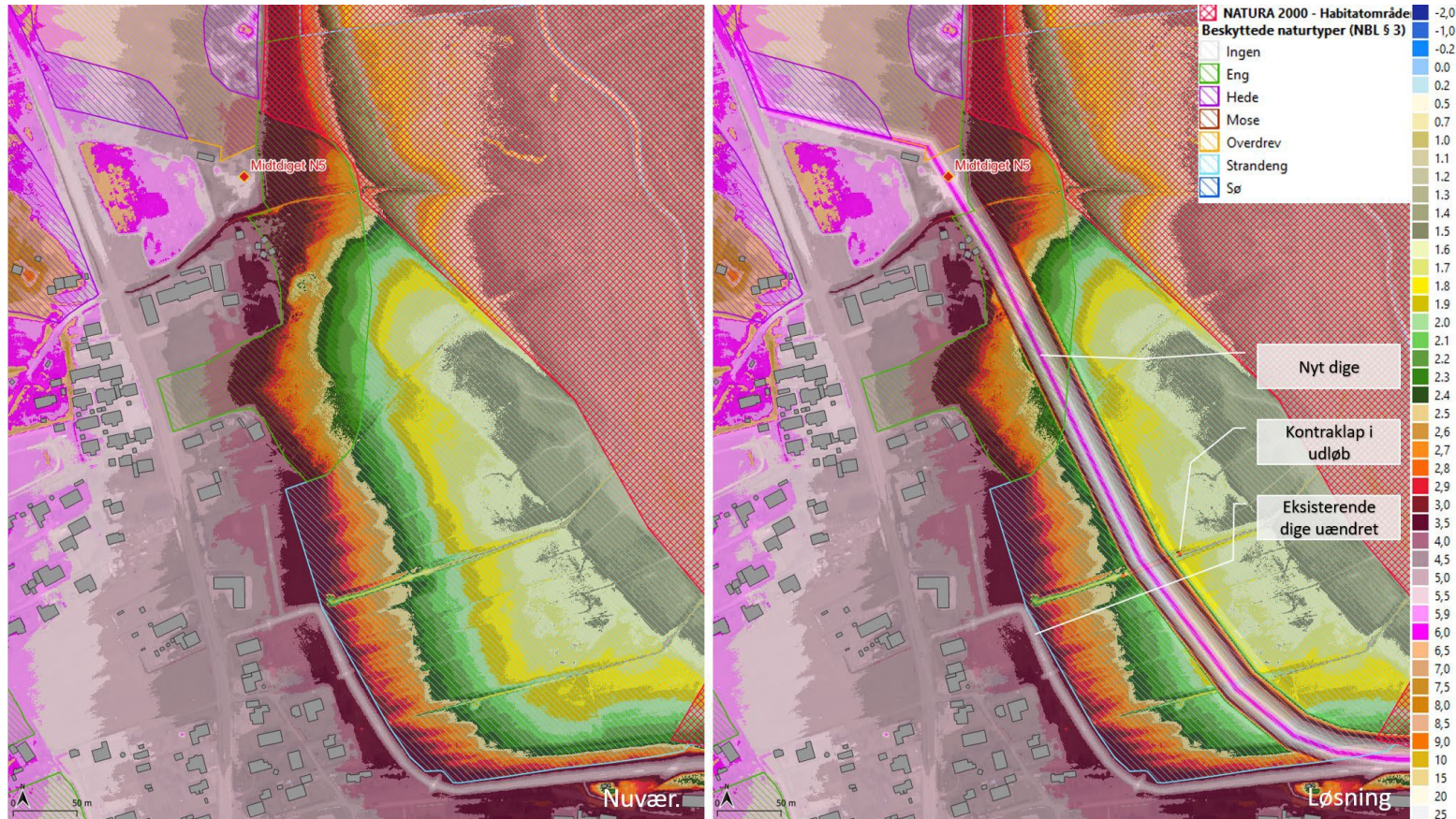
Det projekterede dige er opbygget med anlæg 1:3 på landværts side, 2 m kro-nebredden i kote 6,0 m DVR90 og anlæg 1:5 på havværts side – og startende ved nuværende landværts diges terræn-knæk på tracéet ved nuværende dige. Tracéet mod nord er forsøgt så lige som muligt for at styrke diget.

Der er projekteret udløb med kontraklap og pumper, hvor nuværende dige afsluttes og nye dige begynder – ved nuværende udløb, se Figur 10 og Figur 36. Det forventes at nuværende Sønderho Norddige kan benyttes til forhøjelsen – hvis det viser sig at det skal opbygges fra grunden, er situationen naturligvis en anden.

I anlægsfasen benyttes dige-tracéet som transportvej for maskiner og materialer, så diget bliver godt komprimeret ved at der gentagne gange kørs ovenpå det næsten færdige dige – den såkaldte "lynlåås-metode". Derved har anlægsarbejdet minimale gener i Sønderho mod byen og naturområdet mod havet.

4.4 Midt - Løsning 2 Havværts

Løsning 2 i område MIDT ligner Løsning 1 i den nordlige del, men ved shelterhusene og sydpå, er tracéet mere lige mod SSØ for at ramme eksisterende dige længere ude havværts, se Figur 37.



Figur 37 Område MIDT L2 ver. 1: Højdekort med Habitat- og §3-afgrænsning. Nuværende forhold (tv.) og løsning (th.) med havværts nyt dige fra afgrænsningen til område SØNDERHO DIGE og nordpå til Shelterhusene ved Feriekolonien, hvorefter diget følger tracéet for L1 havværts kirkegården og langs Landevejen. Det nuværende nordlige Sønderho-dige forbliver uændret for at optimere vandparkeringsmuligheden for bagvand i kombinerede hændelser af stormflod og længerevarende nedbør. Der isættes kontraklap i udløb under diget ved nuværende udløbs-rende ved nuværende diges nordlige afslutning.

Det projekterede dige er opbygget med anlæg 1:3 på landværts side, 2 m kro-nrebredde i kote 6,0 m DVR90 og anlæg 1:5 på havværts side. Diget kommer gennemsnitligt til at være 2,8 m højere end nuværende terræn og maksimalt 4,5 m over nuværende terræn langs hele dige-tracéet. Den mest havværts del af dige-tracéet rammer nuværende terræn omkring kote 1,5 m DVR90 på havværts side og bliver derved vandpåvirket relativt ofte. Det kan udfordre græs-tæppets robusthed og derved digets forventede vedligeholdelsesomkostninger.

Det bevirker også, at der skal bruges betydeligt flere mængder klægler og sand end ved L1, alene fordi digehøjden over terræn bliver op til 4,5 m og med en digefod, der er digets bredde ovenpå nuværende terræn, på op til 37 m langs tra-céet.

Det mere retlinede digetracé gennem strandengs-§3 udpegningen bevirker, at der vil blive stillet krav om erstatningsnatur af 37.200 m² strandengsnatur, der

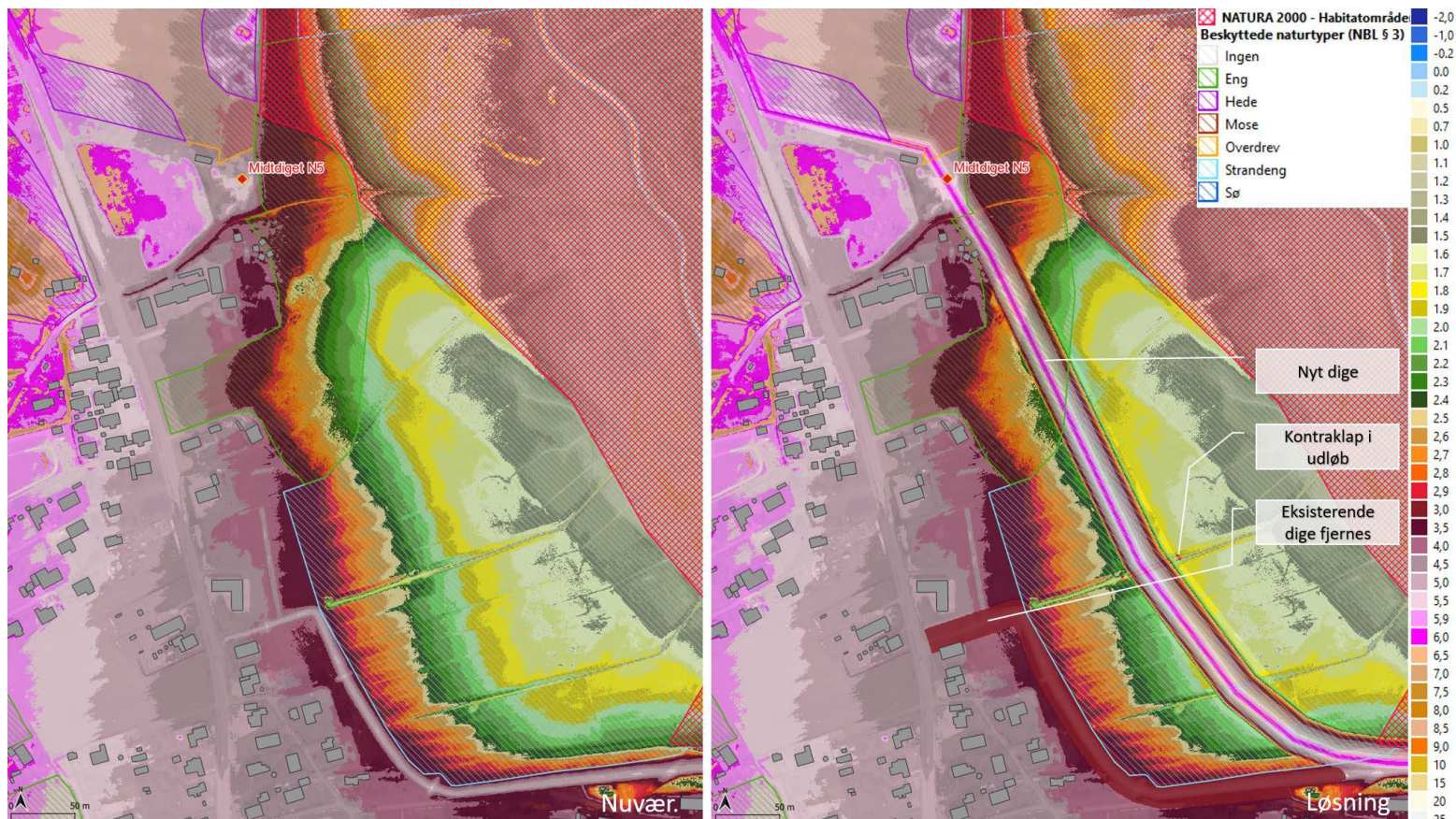
normalt skal erstattes 1:2, hvorved der skal udpeges i alt 74.400 m² ny strandengsnatur indenfor Kommunegrænsen af samme naturkvalitet eller bedre.

Det forventes at der kan parkeres relativt store mængder bagvand i området mellem det nuværende Sønderho Nord-dige og det nye havværts dige – omkring 50.000 m³ vand. Dette behov opstår særligt under kombinerede hændelser af stormflod og længerevarende nedbør som derved ikke kan afstrømme naturligt gravitationelt ud i havet.

Når ydre vandstand igen er under udløbshøjden på udløbsrøret gennem diget i kote 1,35 m DVR90, så tømmes det vand, der stod parkeret bag diget under højvandet. Der isættes en kontraventil i udløbsrøret, som automatisk lukker ved højere vandstande end udløbsrørets bundhøjde og åbner igen, når ydre vandstand gør det muligt.

En variation af Løsning 2 ver. 1, er Løsning 2 ver. 2 med fjernelse af det nuværende dige. Materialet kan enten kan indbygges i det mere havværts dige eller alternativt skal det bortskaffes, se Figur 38.

Det har umiddelbart samme fordele og ulemper som ved løsning 2, ver. 1, dog kan der nu kun parkeres ca. 21.200 m³ overfladevand i samtidige hændelser inden Sønderho By rammes af oversvømmelse fra nedbør hen over det forhenværende dige.



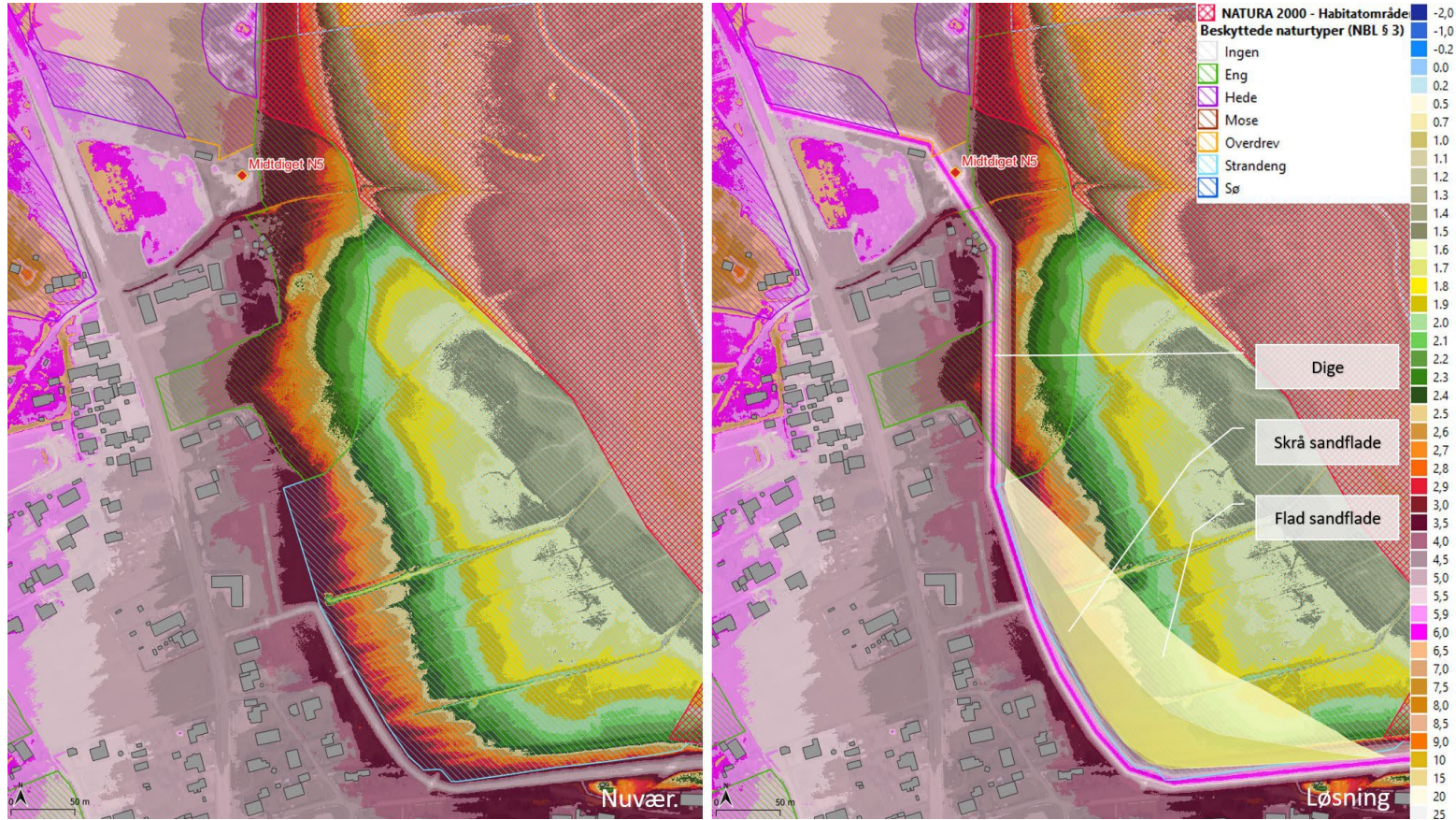
Figur 38 Område MIDT L2 ver. 2: Højdekort med Habitat- og §3-afgrænsning. Nuværende forhold (tv.) og løsning (th.) med havværts nyt dige og fjernelse af det nuværende Sønderho dige fra nord til tilslutningen af det nye dige til Sønderho diget.

Det fjernede nuværende nordlige Sønderho dige, ved version 2, giver udsigt til omkring 10 boligejere, der nu kan se op til 110 m længere i horisontal retning inden øjet rammer det nye dige.

De geotekniske undersøgelser af nuværende Sønderho dige vil give svar på, om materialerne fra det fjernede dige kan genindbygges i det nye dige og derved hjælpe med anlægsmængder eller om materialerne skal bortskaffes.

4.5 Midt - Løsning 3 Landværts med sand

Løsning 3 er identisk med løsning 1 med den tilføjelse at der tilføres sand på den havværts side af det nye dige på strandeng-udpegningen, se Figur 39.



Figur 39 Område MIDT L3: Højdekort med Habitat- og §3-afgrænsning. Nuværende forhold (tv.) og løsning (th.) Samme digetracé som L1, men med tilføjet sandflade på havværts side af diget i to hældninger. Tættest på diget lægges en skrå sandflade, der har til formål at dæmpe bølgepåvirkning fra nordlige retninger og agere "offerklit" samt en flad sandflade på max 3-5 cm over terræn som genfodres hvert 2-4 år med det formål at hjælpe strandengen med at vokse i takt med havspejlsstigningen.

Hvis naturen udvikler sig uden indblanding, forventes det at havniveauet stiger hurtigere end særligt naturtypen Strandeng kan nå at følge med til. Det forventes at medføre at omkring 44,7% af alt danske strandeng er permanent oversvømmet i år 2120. Danmark rummer henholdsvis 14,5% af det samlede Europæiske strandengsareal i den atlantiske zone (Vadehavet og vestkysten til Torup Strand) og 78,5% af det samlede Europæiske strandengsareal i Nordjylland og indre Danske Farvande – så derfor betyder det noget, hvis vi forsøger at gøre noget!

Det forventes at Fanø Kommune har et permanent tab af strandengsnatur på 1118 ha svarende til 11.180.000 m² i år 2120 alene på grund af at havspejlsstigningen sker hurtigere end strandengen kan følge med til. Det er 5. pladsen blandt danske kommuner, læs mere her: (COWI & SDU, 2022).

Formålet med Løsning 3, er at hjælpe strandengs-naturen aktivt ved at tilføre lige så meget sand til strandengen som den skal bruge, for at kunne følge med op, når havspejlsstigningen accelererer.

Projektet i L3 er derved dynamisk naturpleje, hvor der over tid forekommer at være den samme naturlige strandeng som vi har i dag – den har bare fået byggematerialerne til at følge udviklingen i verdenshavene frem for udviklingen i uberørt danske strandengs-natur.

Der arbejdes med to "strategier": en **flad sandflade**, der følger havspejlsstigningen med en meget skånsom flad sandflade-aflejring, der genfyldes hvert 2-4 år med f.eks. én cm mere end havspejlet er steget i området i samme tidsperiode. Sandet udlægges i slutningen af stormflodssæsonen, så fodringen efterligner naturens eget sediment-pålejring i slutningen af storme, hvor vandstanden stadig er høj, men strømhastigheden er så lav at sandet aflejres på hele strandengen, se flademålingerne på Figur 5. Derved bør strandengsnaturen kunne følge med op i de næste 50-100 år.

En **skrå sandflade** kan lægges op af havværts side af det nye dige og stoppe omkring en meter under digekronen, altså op til kote 5 m DVR90. Den kan udlægges som skrå sejlformet flade, der følger rundingen i digetracéet og ramme ca. op til 40 m fra diget til yderste afgrænsning, hvor det eksisterende terræn i gennemsnit er omkring 2,5 m DVR90. Alternativt kan sandfladen lægges mere havværts på den ikke-vegetationsdækkede del af supratidal-fladen.

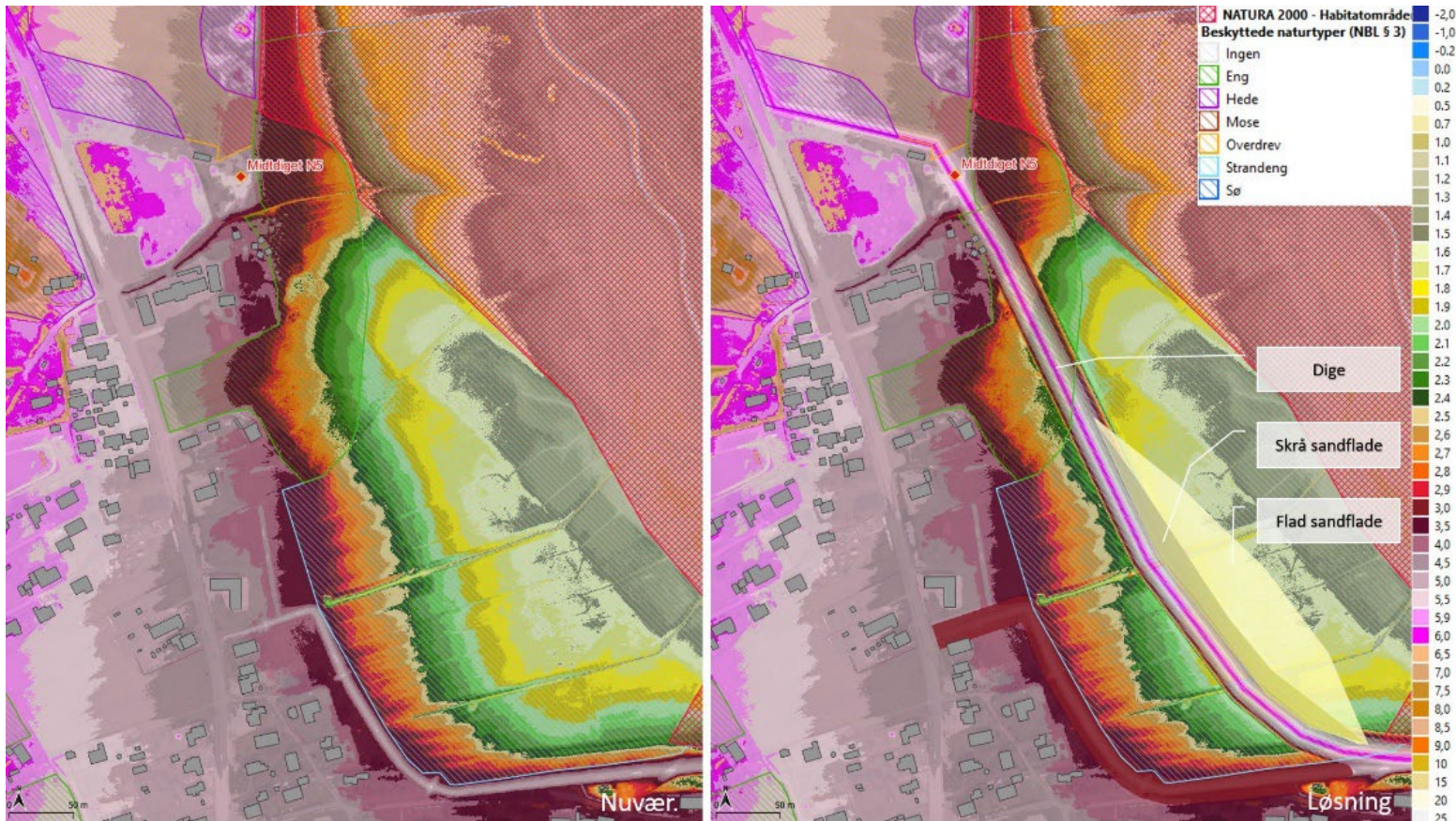
Formålet med den skrå sandflade er kystteknisk at gøre diget mere robust overfor bølger i fremtiden fra nordlige retninger. Den skrå sandflade bør udlægges så skånsomt at græsarter kan etablere sig varigt ovenpå sandet – det skal pilotprojektet bl.a. afdække!

Sandet vil til dels forsvinde i de storme, der har vandstandsmaksimum over 2,5 m DVR90 og der er ønskescenariet, at sandet derved indgår i "den naturlige" hævelse af strandengen – på naturens præmisser. Den skrå sandflade kan udlægges og hæves over nogle årtier, så dele af strandengsnaturen kan følge med op – den dynamiske naturpleje er derved meget mere langsigtet end digets etablering og er "designet" til at tage lang tid inden virkningen kan identificeres.

For at få denne dynamiske naturpleje-idé undersøgt, bør der igangsættes et pilotprojekt, som inddrager universiteter, stats-virksomheder som Miljøministeriet og Kystdirektoratet samt Vadehavs-kommunernes miljø-medarbejdere mv.

4.6 Midt - Løsning 4 Havværts med sand

Løsning 4 har samme digeforløb som L2 og med sand havværts som beskrevet i L3, men i mindre mængder, da højdeforskellen mellem digekrone og terræn er betydeligt større, se Figur 40.



Figur 40 Område MIDT L4: Højdekort med Habitat- og §3-afgrænsning. Nuværende forhold (tv.) og løsning (th.) Samme digetracé som L2, ver. 2, men med tilføjet sandflade på havværts side af diget i to hældninger. Tættest på diget lægges en skrå sandflade, der har til formål at dæmpe bølgebåvirkning fra nordlige retninger og agere "offerklit" samt en flad sandflade på max 3-5 cm over terræn som genfodres hvert 2-4 år med det formål at hjælpe strandengen med at vokse i takt med havspejlsstigningen.

Den skrå sandflade er her maksimalt 17 m bred fra dige til terræn og har derved ikke samme bølgedæmpende effekt eller sand-motor-effekt som i L3, men bliver til gengæld langt oftere vandpåvirket og derved skal genfodres oftere.

Den flade sandflade udstrækker sig maksimalt ca. 60 m fra havværts digefod og ender i terrænhøjde 1,3 m DVR90 som er meget tæt på den intertidale zone, der derved er meget dynamisk. Derfor forventes der også mere "genfodring" af den flade sandflade.

Det er endnu uvist, hvordan der "fodres" og "genfodres" med så små mængder sand i så fint et "tæppe" af få cm. Ideerne er gået i retning af traditionel sandfodring, sand-depot i øvre intertidale flade som naturen selv tager videre til supratidale strandeng under mindre storme til fysisk sandspredning med møgspreder eller snekanon etc.

Det er op til deltagerne i pilotprojektet at finde den optimale løsning på diverse udfordringer, herunder sandtilførsel.

Samlet for alle de i alt 14 forskellige del-løsninger med særligt fokus på de 2 digetracéer i område MIDT er, at sikringskoten er ensartet 6,0 m DVR90 i alle scenarier og at alle løsninger har samme robuste modstand overfor bølger og høj vandstand.

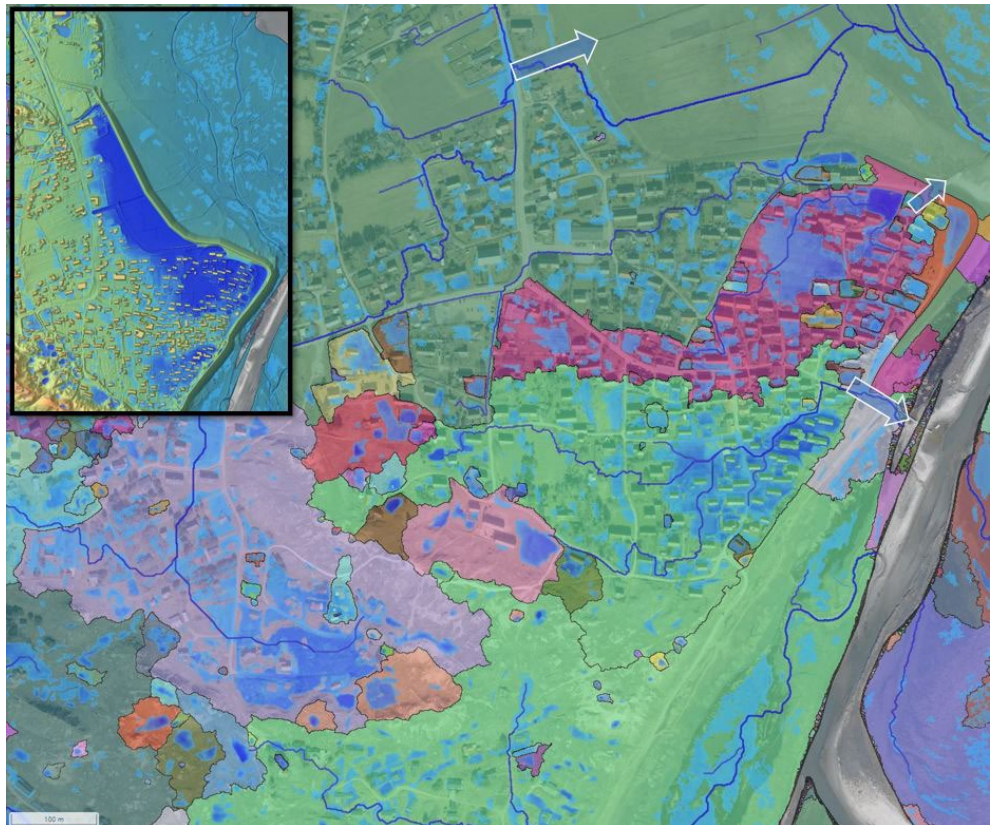
De 14 forskellige del-løsningsforslag er:

- > NORD: N1 "Farmen": 200 m bolignært dige
- > NORD: N2 Gammeltoft vej 6: 70 m bolignært dige eller facadeplader
- > NORD: N3 Campingpladsen: 200 m bolignært dige
- > NORD: N4 Tækkeladen: 56 m flad sandvold
- > MIDT: N5 L1 Landværts digeløsning: 966 m klæglerdige inkl. Sønderho norddiget
- > MIDT: N5 L2 ver 1 Havværts digeløsning: 845 m klæglerdige med urørt Sønderho norddige
- > MIDT: N5 L2 ver 2 Havværts digeløsning: 845 m klæglerdige med 404 m fjernet Sønderho norddige
- > MIDT: N5 L3 Landværts digeløsning: 966 m klæglerdige inkl. Sønderho norddiget og havværts skrå og flade sandflader
- > MIDT: N5 L4 Havværts digeløsning: 845 m klæglerdige med 404 m fjernet Sønderho norddige og havværts skrå og flade sandflader
- > SØNDERHO DIGET: S1 Sønderho digeforhøjelse: 684 m Klæglerdige
- > SØNDERHO DIGET: S2 Sønderho syd-dige: 81 m Klæglerdige forlængelse
- > SYD: S3 Kåverdigerne: 117 m flad sandvold
- > SYD: S4 Kukkedal: 12 m flad sandvold
- > SYD: S5 Låddenbjerge slugten: 6 m flad sandvold

5 Bagvandshåndtering

Sønderho by er beliggende på sand og har indtil nu kunne klare sig med gravitationsbaserede udløb med kontraventiler for at håndtere nuværende nedbør på terræn.

Nuværende regnvandshåndtering og udløb er vist på Figur 10 og overordnet er der tre større nuværende oplandsområder i Sønderho med hvert sit udløb, se Figur 41. Ved ændrede nedbørsmængder og strømnings-oplande ændres oplandsområder og strømningsveje. Indrammet er vist eksempel på ændret strømningsveje med L2 Ver 2.-løsningen under kombineret hændelse og vandparkering.



Figur 41 Nuværende oplandsområder ved Sønderho by med gravitationsbaseret udløb, bemærk blå pile, samt generel nedsivning gennem jordlagene. Indrammet illustration viser Ver. 2 nedbørsparkering, hvis Sønderho Nord-diget fjernes i en kraftig nedbørs-situation.

5.1 Vandudfordring

Fremtiden forventes at blive mere våd med omkring 40% mere vinternedbør (IPCC, 2022), primært som længerevarende regn og med mindre sandsynlighed for nedbør i form af sne.

Til gængæld forventes samtidige hændelser af længerevarende nedbør og høj ydre vandstand og stormfloder at være meget mere almindelige end nu.

Sommermånederne forventes overordnet at indeholde samme mængde nedbør som nu, dog falder den i enkelte kraftige skybrud og ellers tørt sommerklima.

Sønderhos placering på sand med havet omkring, kan have den udfordring at sommermånederne bliver meget tørre og der kommer generel vandmangel samtidig med at vintermånederne bliver meget mere regnfulde og med stormfloder og højvandssituationer flere gange om året, som derved lukker for de nuværende gravitationsbaserede udløb fordi kontraklapper aktiveres, så havvandet ikke stuver tilbage gennem udløbsrørene.

5.2 Løsningsforslag

Lige meget hvilken løsning der vælges i de videre forløb i område MIDT og SØNDERHO DIGE, så bliver bagvandshåndteringen vigtig at få håndteret allerede nu.

Der er overordnet tre nye bagvandsgreb som kan hjælpe på nedbørsproblematikken.

- > Minimere oplandsområdet. Ved at føre al nedbørsvand fra baglandet udenom Sønderho by og føre det til områder som er dimensioneret til at klare fremtidens nedbør, så skal Sønderho by kun håndtere sit eget nedbørsvand.
- > Grave lavninger og grøfter til styring af overfladevand, så der er styr på transportretninger og mængder af al overfladevand. De skal stadig føres til nuværende udløbspunkter, så der ikke bliver stort behov for omlægning af oplandsarealer.
- > Installere pumper ved nuværende udløbspunkter, som muliggør nedbørshåndtering, når der er samtidig med høj ydre vandstand og længerevarende nedbør. Da stormfloder og høje vandstande varsles i god tid, kan pumperne hjælpe med at tømme alle magasiner for nedbørsvand inden der indtræder høj ydre vandstand. Pumperne skal kunne operere med egne drivmidler og generatorer, hvis der er f.eks. strømnedbrud under orkan mv.

Ved at angribe bagvandshåndteringen ved at inkludere alle slags vand, minimeres risikoen for at der opstår oversvømmelse af den ene eller den anden slags vand. Det kan stadig opstå, men planlægningen kan minimere sådanne situationer.

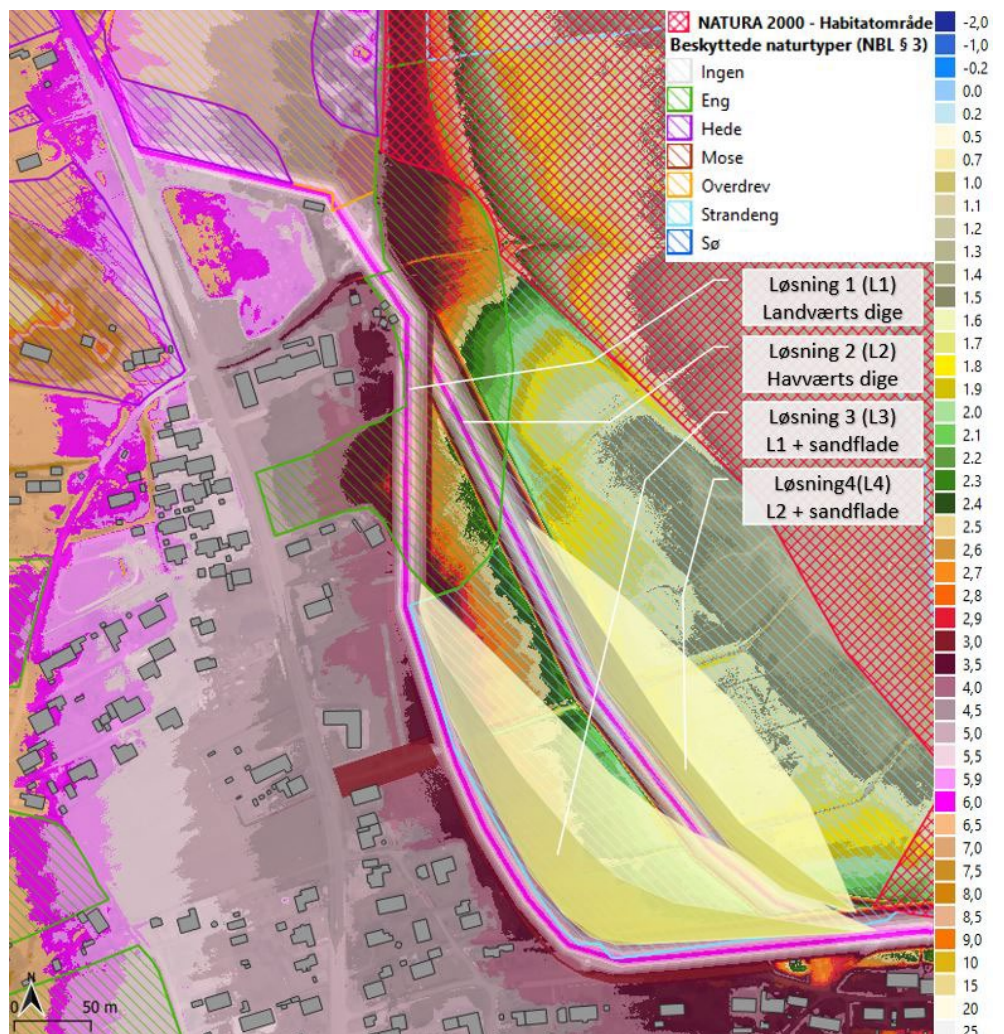
I en fjern fremtid, er havniveauet steget så meget at grundvandet og havvandet har samme kote og står blankt i de laveste dele af Sønderho. Da ydre vandstand skal stå højere end 2,7 m DVR90, er forventningen at det først indtræffer efter år 2200!

I de næste projektfaser, vil der komme mere fokus på den alle-vands-inkluderende bagvandshåndtering som en del af den fulde klimasikring af Sønderho området.

6 Miljø- og myndighedsforhold

Projektet omfatter en udbygning og forhøjelse af det eksisterende dige, så Sønderho sikres mod oversvømmelse ved en forhøjet vandstand på + 6,0 m DVR90, hvilket er sikringsniveauet fastsat af Fanø Kommune.

Det samlede digeprojekt omfatter en strækning på 3.641 m med forskellige kystbeskyttelsesstiltag, som er opdelt i fire delområder (NORD, MIDT, SØNDERHO DIGET, SYD). Projektet gennemgås overordnet ift. miljø- og myndighedslovgivning og miljøforhold med særlig fokus på delområdet Midt samt miljøpåvirkninger af de fire tekniske løsningsforslag for diget (L1 – L4), se Figur 42.



Figur 42 Højdekort med Habitat- og §3-afgrænsning. De 4 løsninger i område MIDT: Landværts (L1) og havværts (L2) diger uden og med sandflade (L3, L4)

- Løsning L1: Landværts dige
- Løsning L2: Havværts dige
- Løsning L3: Landværts dige med sandflade
- Løsning L4: Havværts dige med sandflade

Råstoffer

De råstoffer, som skal bruges til at realisere digeudvidelsen i form af sand og klæg, kan muligvis fås lokalt ved nyttiggørelse af sand fra uddybningsprojektet for Slagters Lo og Dybet; klæg kan muligvis også fås fra uddybningen eller fra NATO-uddybningen. Denne del får et separat miljøgodkendelsesforløb og indgår ikke i dette idéoplæg.

6.1 Vadehav og UNESCO-udpegning

Strandengene en af de væsentlige årsager til at Vadehavet er udpeget som UNESCO Verdensarv. Det er derfor vigtigt, at digeløsningen påvirker strandengene mindst muligt.

6.2 EU-Direktiver (og international miljø- og naturbeskyttelse)

6.2.1 Habitatdirektiv og Fuglebeskyttelsesdirektiv

Danmark har forpligtet sig til at implementere en række EU-Direktiver så som Habitatdirektivet og Fuglebeskyttelsesdirektivet, der forpligter medlemsstaterne til at beskytte en række naturtyper, arter og fuglearter, som er sjældne, truede eller karakteristiske.

Et vigtigt redskab i beskyttelsen er udpegningen af særlige beskyttelsesområder. Disse habitat- og fuglebeskyttelsesområderne betegnes **Natura 2000-områder** og indgår i det europæiske Natura 2000-netværk. Habitatdirektivet pålægger også medlemsstaterne at sikre beskyttelsen af de arter, som er anført på direktivets bilag IV (såkaldte **bilag IV-arter**) i disse arters naturlige udbredelsesområde.

De nærliggende Natura 2000 områder ift. projektet er Habitatområdet H78 "Vadehavet med Ribe Å, Tved Å og Varde Å vest for Varde", Fuglebeskyttelsesområde F23 og Ramsarområde nr. 27.

6.2.2 Ramsar-konventionen (international)

Ramsar-konventionen har til formål at beskytte vådområder og forpligter blandt andet medlemslandene til at udpege og bevare vådområder af international betydning. Danmark har udpeget i alt 27 Ramsar-områder, der er vigtige for vandfugle. Alle de danske Ramsar-områder indgår i fuglebeskyttelsesområderne og er derfor også en del af Natura 2000-netværket.

6.2.3 Havstrategidirektivet

Danmarks Havstrategi er et led i gennemførelsen af EU's havstrategidirektiv (direktiv 2008/56/EF af 17. juni 2008).

EU's havstrategidirektiv skal sørge for, at der opnås eller opretholdes god miljøtilstand i havets økosystemer, samtidig med at bæredygtig udnyttelse af havets ressourcer muliggøres. Dette mål skal opnås ved, at hvert land udarbejder havstrategier bestående af tre dele: en basisanalyse, et overvågningsprogram og et indsatsprogram, der revideres hvert 6. år.

Havstrategierne er målrettet hele det marine økosystem med alle dets levesteder for planter og dyr, samt det komplekse sammenspil mellem dem og det omgivende miljø.

6.2.4 Vandrammedirektiv

Danmark er forpligtet til at følge vandrammedirektivet (VRD), som blandt andet skal sikre god vandkvalitet og et sundt miljø i de danske vandløb og kystnære farvande. Direktivet er implementeret i dansk lovgivning, og forvaltningen af direktivet sker via en række vandområdeplaner for konkrete vandområder.

6.3 Dansk miljø- og naturbeskyttelse

Ovennævnte direktiver har relevans for digeprojektet og er på forskellig vis ud møntet i den danske lovgivning.

6.3.1 § 3-beskyttet natur og erstatningsnatur

Ifølge Naturbeskyttelseslovens § 3 (Lovbekendtgørelse nr. 1986 af 27. oktober 2021 om naturbeskyttelse) må der ikke foretages ændringer i tilstanden af områder med visse naturtyper. Disse naturtyper omfatter naturlige søer (>100 m²), vandløb, heder, moser, strandenge, strandsumpe, ferske enge og biologiske overdrev.

Flere § 3-naturtyper vil kunne blive påvirket i forbindelse med tiltagene i digeprojektet, så som: Strandenge, ferske enge og hede.

Tabellen viser påvirkede arealstørrelser for 3 naturtyper (foreløbig opgørelse for projektet), se Tabel 4:

Her følger en uddybning om strandengene ved diget mhp. den langsigtede bevaring og udvikling af denne habitatnaturtype igennem et muligt forsøgsprojekt med sandflade – dynamisk sandtilførsel, - også benævnt som løsning L3 og L4:

Der vil pga. eksisterende dige og øvrig bebyggelse ikke kunne ske en landværts migration af strandengene i takt med de forventede klimainducerede havvandsstigninger.

Tabel 4 Foreløbige arealopgørelse for naturbeskyttelsespåvirkning og forventet erstatningsnatur for område MIDT

Naturbeskyttelses påvirkning og erstatningsnatur – alle tal i m ²	L1: Landværts	L2: Havværts	L3: L1+sand	L4: L2+sand
Habitatnatur	0	0	0	0
§3 Strandeng	3.207	37.200	3.207	37.200
§3 Fersk eng	3.929	3.934	3.929	3.934
§3 Hede	692	692	692	692
Erstatningsnatur Strandeng (forventet min 1:2)	6.414	74.400	6.414	74.400
Erstatningsnatur Fersk eng (forventet min 1:2)	7.858	7.868	7.858	7.868
Erstatningsnatur Hede (forventet min 1:2)	1.384	1.384	1.384	1.384

Der er desuden en risiko for, at sedimentationen af suspenderet stof til områdets strandene ikke vil være af et omfang, der kan modsvare havstigningerne. Sandfodring af strandene vil kunne øge den vertikale vækst af strandene til et niveau, der modsvarer havstigningerne år for år.

I den forbindelse er vigtigt, at man undersøger og sikrer sig følgende:

- At det tilførte materiale er af en tilsvarende type og beskaffenhed som det, der naturligt vil aflejres i området.
- At udbringningen sker på en sådan måde, at der ikke sker væsentlig fysisk påvirkning af områderne med strandeng. Dette kunne være i form af kørespor, slitage, traktose og lignende.
- At sandfodringen sker udenfor yngleperioder og andre sårbare perioder for fugle, padder og andre beskyttede arter.
- Det kan være nødvendigt at udbringningen sker ad flere omgange pr. år, så lagtykkelsen ved den enkelte udbringning ikke bliver for stor, så det udbragte materiale kan nå at blive fikseret i vegetationen. Dette bl.a. for at sikre, at vegetationen ikke kvæles og for at det udbragte materiale ikke skyller bort ved højvande.
- Der skal laves retningslinjer for den maksimale lagtykkelse der tilføjes pr. år. Retningslinjerne skal funderes i viden om strandene med høj vertikal vækst i vadehavsregionen.
- Metoden bør før igangsættelse afprøves med forskellige typer af maskiner på markjord, for at sikre at den mest skånsomme udbringningsmetode vælges.
- Såfremt at man vælger at benytte denne metode, bør effekten monitoreres. Dette både i form af måling af den vertikale tilvækst, men også effekten på flora og fauna i området.

Ovenstående bør belyses tilstrækkeligt til at sikre, at der ikke sker væsentlig påvirkning af arter eller naturtyper på udpegningsgrundlaget for natura 2000-området Vadehavet.

Erstatningsnatur

Etablering af erstatningsnatur er kompenserende foranstaltning, som kun anvendes, når det ikke er muligt at undgå, forebygge eller begrænse en miljøpåvirkning.

Erstatningsnatur kan indgå som vilkår ved dispensation. Størrelsesforhold vil kræve en konkret myndighedsvurdering; der kan normalt forventes et udlæg på minimum 2x det inddragede areal, alt efter arealernes nuværende beskaffenhed og fremtidige naturpotentiale. Erstatningsarealer kan ikke placeres i allerede beskyttede områder.

6.3.2 Miljømålsloven

Miljømålsloven (Styrelsen for Vand- og Naturforvaltning 2017) fastsætter rammerne for planlægning inden for de udpegede internationale naturbeskyttelsesområder.

Det er i Miljømålsloven bestemt, at staten skal udarbejde Natura 2000-planer og tilhørende basisanalyser. Det er i disse planer Natura 2000-områdernes bevaringsmålsætninger er fastlagt. Det er ligeledes bestemt, at kommunerne på baggrund af statens Natura 2000-planer skal udarbejde tilhørende handleplaner med henblik på at sikre eller genoprette en gunstig bevaringsstatus for områdernes udpegningsgrundlag.

6.3.3 Habitatbekendtgørelse

Habitatdirektivet er implementeret via *Bekendtgørelse om udpegnings- og administration af internationale naturbeskyttelsesområder samt beskyttelse af visse arter (Bek. nr. 2091 af 12/11/2021 - habitatbekendtgørelsen)*.

Det fastlægges, at der ikke uden begrundet fravigelse må gives tilladelse til projekter og aktiviteter, der kan medføre en skadelig påvirkning af det pågældende Natura 2000-områdets integritet, herunder de arter og naturtyper, som Natura 2000-området er udpeget for.

Ved dige-strækningen med løsningsforslag L 1 – L4 i delområde Midt (landværtsdige, havværtsdige plus sandfodring for begge løsninger), er der ingen overlapning med Habitatområdet H78 "Vadehavet med Ribe Å, Tved Å og Varde Å vest for Varde", Fuglebeskyttelsesområde F23 og Ramsarområde nr. 27.

Der vil dog være mindre arealoverlapninger med H78 i delområdet SØNDERHO DIGET. – For delområderne Sønderho Diget og Syd er der tilbage i forår 2021 ansøgt om og modtaget dispensation for planlægningen i Natura 2000 området ifm. lokalplan og kommuneplantillæg fra Plan – og Boligstyrelsen, se Figur 43.



Figur 43 Højdekort med forhøjet Sønderho-dige indlagt i forhold til nuværende Habitatafgrænsning (tv.) og ansøgte reduktioner og udvidelser for Sønderho (th).

I ansøgningen fremgår også de tilretninger af habitatområde H78 "Vadehavet med Ribe Å, Tved Å og Varde Å vest for Varde", som blev udsendt i 2018 og som stadig afventer den endelige godkendelse.

Habitatbekendtgørelsen åbner mulighed for fravigelse, hvis der ligger bydende nødvendige og væsentlige samfundsmæssige interesser til grund for afvigelsen, og der ikke findes alternativer til det ansøgte. En fravigelse forudsætter ligeledes, at der samtidig foreligger en fuldstændig vurdering af relevante alternativer og disses indvirkning på Natura 2000-områdets bevaringsmålsætninger.

For bilag IV-arterne fastlægger Habitatbekendtgørelsen, at der ikke må gives tilladelse til et projekt, hvis projektet beskadiger eller ødelægger yngle- eller rastområder i det naturlige udbredelsesområde for de dyrearter, der er optaget i habitatdirektivets bilag IV.

Der bør overvejes, om man allerede i forårssæsonen 2023 vil foretage supplerende feltbiologiske undersøgelser for forekomsten af beskyttede arter som strandtudse og spidssnudet frø i områdets lavninger og vandhuller.

6.3.4 Vandplanlægningslov

EU's vandrammedirektiv er udmøntet i den danske lovgivning i Lov om vandplanlægning. Vandplanlægningsloven, vandløbsloven og miljøbeskyttelsesloven er de væsentligste hovedlove i forhold til overfladevandet i Danmark.

Der arbejdes p.t. med vandområdeplaner og miljømål for indsatser for planperioden 2021-2027. Foruden vandløbs- og søprojekter defineres indsatser for grundvands- og kystvandsprojekter.

6.4 Miljøvurdering

Digeprojektet er omfattet af bekendtgørelse af lov om miljøvurdering af planer og programmer og af konkrete projekter (på projektniveau tidligere kaldt VVM).

Lovbekendtgørelse nr. 4 af 3. januar 2023 af lov om miljøvurdering af planer og programmer og af konkrete projekter har til formål at sikre et højt miljøbeskyttelsesniveau og at bidrage til integrationen af miljøhensyn under udarbejdelsen og vedtagelsen af planer og programmer og ved tilladelse til projekter.

Formålet med loven er således at fremme en bæredygtig udvikling ved, at der gennemføres en miljøvurdering af planer, programmer og projekter, som kan få væsentlig indvirkning på miljøet (Miljøministeriet, 2023).

Projekt

Der skal udarbejdes en projektansøgning med VVM-screening for at igangsætte processen hos Esbjerg Kommune, som er den VVM-ansvarlige myndighed.

Miljøkonsekvensrapporten skal beskrive og vurdere det samlede digeprojekt: direkte og indirekte virkninger på mennesker, natur, jord, vand, luft, klima, landskab, materielle goder og kulturarv.

De primære miljøpåvirkninger fra det nuværende digeprojekt, som der skal redegøres for forventes at være:

- > Strandeng som § 3-beskyttet naturtype i anlægs- og driftsfasen
- > Bilag IV-arter/rødlistede arter i anlægsfasen
- > Trafik i anlægsfasen
- > Støj i anlægs- og driftsfasen
- > Landskab og visuelle forhold i driftsfasen
- > Natura 2000 i anlægs- og driftsfasen
- > Overfladevand og målsatte vandforekomster i anlægs- og driftsfasen

6.4.1 Planer (lokalplan og kommuneplantillæg)

Forlængelsen og forhøjelsen af diget ved Sønderho forudsætter også et tillæg til kommuneplanen samt en ny lokalplan, som vil omfatte både det eksisterende dige og forlængelsen af diget. Der vil blive udarbejdet en separat miljørapport for plangrundlaget med det berørte planområde.

Inden udarbejdelse af de to rapporter skal myndighederne foretage en afgrænsning af, hvad henholdsvis miljøkonsekvensrapporten og miljørapporten skal indeholde.

7 Organisering og finansiering

Sønderho Digeprojekt er et såkaldt fælleskommunalt kystbeskyttelsesprojekt efter Kystbeskyttelseslovens Kap 1a (herefter et kap 1a-projekt), hvor Fanø Kommunes projektleder er proces-styrer på projektet og varetager den daglige drift af input fra borgere og giver informationer til borgerne samt håndtering af mange interessenter, herunder rådgivere, miljømyndigheder, naturfredningsforeninger mv.

Igennem Kap 1a-projektet, er der ifølge Kystbeskyttelsesloven proces-skridt som skal indgå i projektet, herunder f.eks. fremmelse af projektet i byrådet og tinglysning af bidragsfordeling hos de berørte borgere.

Derfor omhandler dette kapitel et initialt anlægsoverslag i form af et projektbudget, medfinansieringsmuligheder, sandsynlige bidragsfordelinger samt et bud på den årlige udgift pr husstand pr år. Når hele anlægsprojektet er færdigt og kystbeskyttelsen er færdigtbygget, skal det nyetablerede kystlag forestå vedligeholdelse af diget mv.

7.1 Anlægsoverslag

Anlægsoverslaget er udarbejdet med den viden der er på projektet p.t. og alle anlægsudgifter er derfor tillagt forbehold i form af en procentsats indeholdende 10% anstilling og arbejdspladsdrift, 15% uforudsete udgifter, 10% rådgivere og 25% usikkerhed. Alle terrænfølsomme udgifter er med de forbehold som LiDAR-opmålingsfejl og senere terræændringer normalt foreskriver.

For områderne NORD, SØNDERHO DIGET og SYD er der kun én løsning, mens der er flere for område MIDT, derfor optræder MIDT med flere end de overordnede L1, L2, L3 og L4-løsningsforslag, se Tabel 5.

Anlægsøkonomisk overslag, projektbudget	L1: Landværts	L2: Havværts	L3: L1+sand	L4: L2+sand
Anlægsoverslag NORD [kr. ekskl. moms]	2.400.000	2.400.000	2.400.000	2.400.000
Anlægsoverslag MIDT V1 [kr. ekskl. moms]	10.500.000	16.600.000	12.300.000	18.000.000
Anlægsoverslag MIDT V2 [kr. ekskl. moms]	10.500.000	19.600.000	12.300.000	21.000.000
Anlægsoverslag SØNDERHO DIGET [kr. ekskl. moms]	9.100.000	9.100.000	9.100.000	9.100.000
Anlægsoverslag SYD [kr. ekskl. moms]	100.000	100.000	100.000	100.000
Samlet anlægsoverslag Ver. 1 [kr. ekskl. moms]	22.100.000	28.200.000	24.000.000	29.700.000
Samlet anlægsoverslag Ver. 2 [kr. ekskl. moms]	22.100.000	31.200.000	24.000.000	32.700.000

Tabel 5 Anlægsoverslag for alle scenarier. Ver 2 er med fjernelse af Sønderho Norddige

7.2 Finansieringsmuligheder og borger-tilbagebetaling

For at forenkle de næste dele arbejdes nu kun med ver 1 i forslagene.

Af umiddelbare medfinansiering er Fanø Kommune, Kystdirektoratets Kystpulje 2023 og diverse EU-projektmidler til sandflade-pilotprojektet.

Finansiering af digeprojekt [kr. ekskl. moms]	L1: Landværts	L2: Havværts	L3: L1+sand	L4: L2+sand
Fanø Kommunes forventede dige-budget til Sønderho	2.500.000	2.500.000	2.500.000	2.500.000
Kystpulje 2023 fra KDI – ved lavt tilskud på 20%	4.420.000	5.640.000	4.800.000	5.940.000
Kystpulje 2023 fra KDI – ved middel tilskud på 50%	11.050.000	14.100.000	12.000.000	14.850.000
Kystpulje 2023 fra KDI – ved højt tilskud på 80%	17.680.000	22.560.000	19.200.000	23.760.000
Pulje fra EU el. andre til pilotprojekt 20%	0	0	560.000	450.000
Pulje fra EU el. andre til pilotprojekt 80%	0	0	1.300.000	1.250.000
Restudgift ved ingen tilskud fra KDI og EU:	19.600.000	25.700.000	21.500.000	27.200.000
Restudgift ved lavt tilskud fra KDI og EU:	15.180.000	20.060.000	16.140.000	20.810.000
Restudgift ved middel tilskud fra KDI og EU:	8.550.000	11.600.000	8.190.000	11.300.000
Restudgift ved højt tilskud fra KDI og EU:	1.910.000	3.120.000	980.000	3.420.000
Forventet årlig udgift pr borger i 20 år ved intet tilskud: (fordelt på 300 borgere)	3.267	4.283	3.582	4.533
Forventet årlig udgift pr borger i 20 år ved lavt tilskud: (fordelt på 300 borgere)	2.530	3.343	2.690	3.468
Forventet årlig udgift pr borger i 20 år ved middel tilskud: (fordelt på 300 borgere)	1.425	1.933	1.365	1.883
Forventet årlig udgift pr borger i 20 år ved højt tilskud: (fordelt på 300 borgere)	320	523	165	398

Tabel 6 Oversigt over muligheder for medfinansiering samt restudgift pr bidragsberettiget (borger) efter medfinansierings-procentsatsen over 20 år.

På Tabel 6 er de enkelte medfinansieringsbidrag og deres afsmittende effekt på den enkelte bidragsberettigedes udgift pr år i 20 år.

De 20 år er normalt tilbagelånsperiode i Kommunekredit, selvom levetiden på kystbeskyttelses anlægget er 50 år, så det burde smitte af på tilbagelånsperioden.

7.3 Tidsplan

Tidsplan for planlægning, proces og anlæg [mdr.]	L1: Landvæerts	L2: Havvæerts	L3: L1+sand	L4: L2+sand
Idéoplæg med anlægsoverslag	1 mdr.	1 mdr.	1 mdr.	1 mdr.
Dispositionsforslag	2 mdr.	2 mdr.	2 mdr.	2 mdr.
Myndighedsprojekt	3 mdr.	4 mdr.	3 mdr.	4 mdr.
VVM-screening og Væsentlighedsvurdering	2 mdr.	4 mdr.	2 mdr.	4 mdr.
Ansøgning til kystmyndigheden	1 mdr.	1 mdr.	1 mdr.	1 mdr.
Høringsperioder og efterfølgende tilladelse	6 mdr.	6 mdr.	6 mdr.	6 mdr.
Anlægsudbud af digearbejde jf. Tilbudsloven	3 mdr.	3 mdr.	3 mdr.	3 mdr.
Anlægsarbejde af digebyggeri (ved ca. 7 m/dag)	15 mdr.	18 mdr.	16 mdr.	18 mdr.
I alt forventede måneder til hele projektet	33 mdr.	39 mdr.	34 mdr.	39 mdr.
Forventet slutdato for alt anlægsarbejde	Nov. 2025	Maj 2026	Dec. 2025	Maj 2026

Tabel 7 *Estimeret tidsforbrug i måneder (mdr.) for de næste proces-skridt frem til at det samlede kystbeskyttelses anlæg står færdigt. Ved brug af flere entreprenør-enheder under anlægsfasen, kan den samlede anlægsperiode nedsættes.*

8 Anbefalet løsning

De forskellige løsninger er diskuteret i Digegruppen med fokus på fordele og ulemper i hverdagen og under storme, også selvom byrådet ikke skal tage endelig stilling til valg af kystbeskyttelsesplan lige nu.

Det kan have konsekvenser for særligt medfinansieringsmulighederne, hvilken løsning der vælges, da valg af puljeberettigede angiver de mest gennemtænkte projekter.

I Digegruppen kunne der ikke endeligt findes én løsning som kan anbefales.

Rådgiveren og et mindretal i Digegruppen anbefaler løsningen med L1 i område MIDT ellers L3 som jo er L1 med sandflade. Den anbefales ud fra følgende synspunkter:

- > Den yder beskyttelse til alle borgere i Fanø syd-området og er robust i forhold til bølgepåvirkning, hverdagsfunktioner og har mindst materialeforbrug som sand og klægler i anlægsfasen – og har mindre højde over terræn.
- > Miljømæssigt påvirker den de miljøbeskyttede naturområder mindst og har derved karakter af 0-alternativet.
- > Økonomisk er den mest fordelagtig – og følger derved Kap 1a-forskriften
- > "Lynlås"-digebyggeri i anlægsfasen påvirker omgivelserne meget lidt.
- > Den forventes mest bygbar og realiserbar i forhold til størst sandsynlighed for medfinansiering, godkendelse hos myndigheder og mindst sandsynlighed for at blive påklaget af miljøorganisationer og borgere.

Et flertal af repræsentanterne for borgerne i Digegruppen anbefaler L2-løsningen. Den anbefales ud fra følgende synspunkter:

- > Ved at flytte diget havværts i område MIDT, er der mulighed for vandparkering mellem det havværts dige og nuværende boliger. Ligeledes kan der med en hensigtsmæssig sluseordning etableres mulighed for overstrømning med saltvand ved normale vandstande op til foden af det eksisterende dige og dermed opretholdelse af eksisterende strandeng, såfremt det vurderes som §3 strandeng.
- > Æstetisk, for byen som helhed, er L2 den bedste løsning, da den ikke "pækker" byen ind og dermed reducerer både ind- og udkig mod både den gamle by og Vadehavet omkring.
- > Giver optimale muligheder for naturlig og hurtig dræning af overfladevand på Digevej og Gl. Byvej med en digegrøft hele vejen langs det eksisterende dige. For nuværende ophober der sig rigtigt meget vand her bare ifm. med almindelige regnbyger.

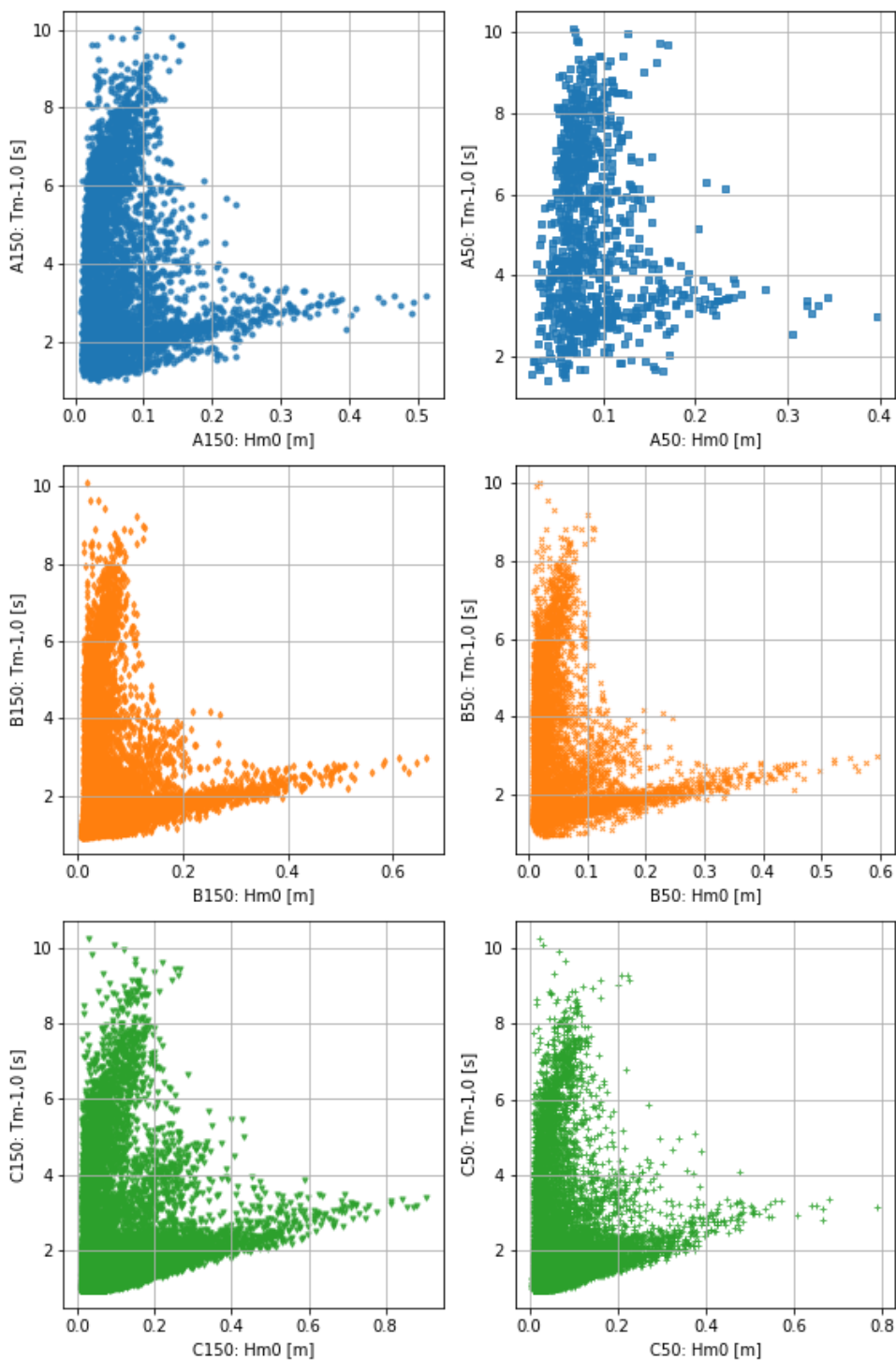
- > Bedste forslag ift. udnyttelse af sand og klæg fra uddybningen af Sønderho Havn ifm. anlægsfasen og fremtidig vedligeholdelse.
- > Færrest trafikale gener i anlægsfasen - især den daglige og nødvendige trafik på Digevej (en hovedfærdselsåre også for generel kørsel og godstransport ind i byen) samt Landevejen fra Vester Land og Gl. Byvej.
- > Beredskabets (Ambulance, Sønderho Redningsstation og Brand) livsvigtige indsatsmuligheder begrænses mindst muligt i anlægsfasen ved, at man ikke behøver at afspærre især Digevej i en længere periode.
- > Der vil kunne anlægges enkelte skråparkeringsmuligheder langs Digevej ved L2, Ver. 2.
- > Det område, hvor det havværts dige (L2/L4) er placeret, er udpeget som §3 strandeng, men fremstår ikke som beskyttet natur og skal analyseres af en uvildig biolog. Det er Esbjerg Kommune, der som myndighed står for at registrere og træffe afgørelser vedrørende beskyttelsen efter naturbeskyttelseslovens §3.

9 References

- COWI & SDU, Ebbensgaard et al. 2022.** *Havvandsstigningernes betydning for kystnaturen*. Odense : COWI & SDU, 2022.
- COWI. 2017.** *Byernes udfordringer med havvandsstigning og stormflod*. København : Realdania, 2017.
- DMI. 2018.** *Vejledninger i anvendelse af udledningsscenarioer*. København : DMI og MST, 2018.
- DTU_Space. 2016.** *Klimatilpasning og detaljerede højdedata*. København : Kort&Matrikelstyrelsen, Miljøministeriet, 2016.
- Hansen, Per Hofman.** <https://www.aldus.dk/>. *Aldus.dk*. [Online] <https://www.aldus.dk/>.
- IPCC. 2022.** *AR6 Climate Change: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Intergovernmental panel on Climate Change : [ipcc.ch/report/ar6/wg2/](https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/), 2022.
- . **2023.** *AR6 Synthesis Report - Climate Change*. FN : IPCC, 2023.
- KDI. 2019.** *Højvandsstatistik 2017*. Lemvig : Kystdirektoratet, Miljø- og Fødevareministeriet, 2019.
- Klagenberg et al. 2008.** *Morfologisk udvikling i Vadehavet, Knudedybs tidevandsområde*. Lemvig : Kystdirektoratet, 2008.
- Kystdirektoratet. 2011.** *Digeoversigt Syd- og Sønderjylland*. Lemvig : Kystdirektoratet, 2011.
- . **2012.** *Højvandsstatistik 2012*. Lemvig : Kystdirektoratet, 2012.
- Miljøministeriet. 2023.** *Miljøvurderingsloven. Bekendtgørelse af lov om miljøvurdering af planer og programmer og af konkrete projekter (VVM) LBK nr. 4 af 03/01/2023*. 2023.
- Rådet for Den Europæiske Union. 2009.** Rådets direktiv 79/409/EØF af 2. april 1979 om beskyttelse af vilde fugle. *EF-tidende nr. L103 af 25.04.1979*. [Online] 2009. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:31979L0409:DA:HTML>.

Bilag 1 – Bølgeberegningens resultater

Sammenhæng mellem bølgehøjder (H_{m0}) og perioder ($T_{m-1,0}$) i udtrækningspunkter **nord for Sønderho** i perioden 1990-2017 baseret på MIKE 21 SW-modellering:



Sammenhæng mellem bølgehøjder (Hm0) og perioder (Tm-1,0) i udtrækningspunkter **syd for Sønderho** i perioden 1990-2017 baseret på MIKE 21 SW-modellering.

