

Notat

Labland Arkitekter Aps
Udviklingsplan og klimasikring
Hou
 Koncept for bagvandshåndtering

Projekt ID: 10409331
 Ændret: 20-10-2020 14:19
 Revision: 3

Udarbejdet af AKM
 Kontrolleret af CSS
 Godkendt af CLJ

Indhold

1	Indledning og baggrund	2
2	Typer af bagvand	2
3	Oversvømmelsesrisiko ved eksisterende forhold	3
3.1	Oversvømmelser fra nedbør	3
3.1.1	Eksisterende kloakforhold	5
3.2	Oversvømmelser fra grundvand	6
4	Ændret risikobillede.....	8
5	Løsningsprincip.....	10
6	Hændelsessammenfald	16
7	Indledende dimensionering af afvandingsgrøft.....	16
7.1	Dimensioneringskriterier	16
7.2	Indledende flows	17
7.3	Indledende dimensioner	19
8	Indledende vurdering af nødvendig kapacitet pumpe/sluse ved Spøttrup Bæk.....	20
9	Opsummering og videre arbejde	21

1 Indledning og baggrund

Som følge af klimaforandringer er den globale middeltemperatur stigende. En konsekvens heraf er, at vejret bliver mere og mere ekstremt, hvor der blandt andet kan forventes hyppigere og kraftigere stormfloder, stigende havvandsstand, flere skybrud og vådere vintre. Alt dette medfører en øget risiko for oversvømmelser fra såvel nedbør, havvand, vandløb og grundvand.

Den fremtidige klimaudvikling er stærkt afhængig af, hvilket klimascenarie der anvendes. Klimascenariet beskriver den forventede udvikling i CO₂-udledninger. FN's klimapanel IPCC har udviklet forskellige klimascenarier, hvor Odder Kommune i nærværende projekt har valgt at tage udgangspunkt i RCP4.5 og RCP8.5. Klimascenarie RCP8.5 svarer til et klimascenarie, hvor det er "business-as-usual", mens RCP4.5 svarer til et klimascenarie, hvor de globale udledninger reduceres, og klimapåvirkningerne stabiliseres i slutningen af århundredet. RCP 4.5 svarer omtrentligt til gennemførelse af Paris aftalen.

Baseret på data fra DMI's Klimaatlas forventes det, at gennemsnitstemperaturen i slutningen af dette århundrede i Odder Kommune vil være steget med 1,9 °C, hvis der tages udgangspunkt i RCP4.5 og 3,42 °C, hvis der tages udgangspunkt i RCP8.5. Gennemsnitsnedbøren forventes at stige med 0,19 mm/døgn ved RCP4.5 og 0,29 mm/døgn ved RCP8.5. Det forventes, at det gennemsnitlige antal skybrudshændelser vil stige fra 0,34 hændelser/år til 0,45 hændelser/år, hvis der tages udgangspunkt i RCP4.5 og til 0,60 hændelser/år, hvis der tages udgangspunkt i RCP8.5.

Samlet set kan det altså forventes, at der vil være øgede vandmængder, der i fremtiden skal håndteres i Hou, hvilket skal indtænkes i den fremtidige højvandsbeskyttelse. I forbindelse med etablering af højvandsbeskyttelse langs kysten i Hou, er der behov for at indarbejde tiltag til håndtering af bagvand. Bagvand er en samlet betegnelse for det vand, der samler sig på bagsiden af højvandsbeskyttelsen og dækker over bl.a. regnvand, grundvand, vandløbsvand m.v. Under eksisterende forhold kan dette vand naturligt blive afledt til havet, men ved etablering af højvandsbeskyttelse afskæres de naturlige strømningsveje på terræn. Som følge af klimaforandringer forventes disse vandmængder desuden at blive øget i fremtiden som beskrevet ovenfor. I nærværende notat opstilles et løsningsprincip for håndtering af bagvand.

2 Typer af bagvand

I forbindelse med valg af højvandssikringsanlæg, skal der tages stilling til hvorledes vand, der samler sig på bagsiden af højvandssikringsanlægget håndteres. Der er mange grunde til, at der kan samle sig vand på bagsiden af diget, herunder:

- **Overskylsvand fra havsiden.** Kombinationen af høj vandstand og bølger kan resultere i mindre og større bølgeskulp hen over diget
- **Gennemtrængende havvand.** Ved en stormflod vil vandtrykket være større på forsiden af diget end på bagsiden af diget. Det betyder, at der er risiko for at vand kan sive gennem diget eller under diget, især for længelevende stormfloder.
- **Overfladevand (nedbør).** Hvis det regner så meget, at afløbssystemer og jordmatricen ikke kan optage regnvandet, vil regnvand strømme på terræn mod de lavestliggende områder. Dette kan skabe større oversvømmelser på bagsiden af højvandssikringsanlæg, som blokerer de naturlige strømningsveje på terræn mod kysten.

- **Regnvandsudløb.** Eventuelt rørlagte udløb fra regnvandsopsamling til kysten.
- **Vandløbsvand.** Vandløbsvand der strømmer fra baglandet til kysten mod højvandssikringsanlægget
- **Højtstående grundvand.** Eventuelt højtstående grundvand, der samler sig i lavtliggende områder og hvis naturlige strømningsvej mod kysten på terræn brydes af højvandssikringsanlægget og af den forventede stigning i middelhavvandsstanden.

3 Oversvømmelsesrisiko ved eksisterende forhold

3.1 Oversvømmelser fra nedbør

Indenfor projektområdet er der foretaget en screening af risikoen for oversvømmelser forårsaget af nedbør. Herudover er strømningsveje på terræn fastlagt.

Oversvømmelsesrisikoen er vurderet ved at foretage en bluespotsanalyse, hvor lavninger indenfor projektområdet er identificeret. Disse lavninger vil under større regnhændelser fyldes op, hvormed området oversvømmes. De identificerede strømningsveje viser blandt andet, hvordan vandet strømmer på terræn frem mod disse lavninger.

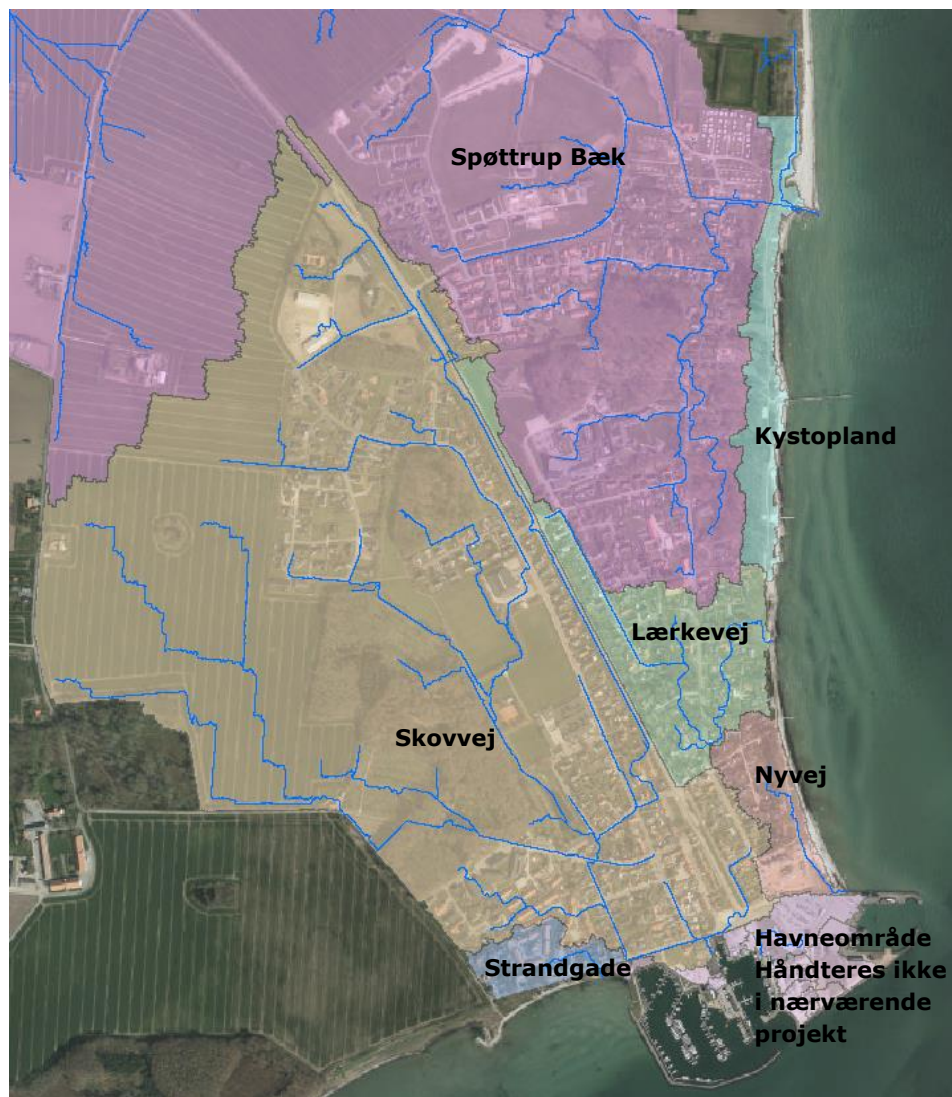
I den nuværende situation har flere af hovedstrømningsvejene i området forbindelse til havet. Mellem Houvej og Villavej findes et større bluespot, ligesom der lige syd for Spøttrup Bæk findes et lavpunkt, hvor en større mængde overfladevand samler sig. Den øvrige del af oplandet er primært karakteriseret ved mindre bluespots. I Figur 3.1 ses oversvømmelser samt strømningsveje ved en ekstrem regnhændelse. Figuren viser alle områder, hvor der vil stå vand under regnhændelsen og indikerer således ikke specifikke vanddybder.

Figur 3.1: Eksisterende strøm-
ningsveje og bluespots i pro-
jektområdet ved 50 mm regn.
Kun strømingsveje med et op-
land større end 1 ha vises (blå
streger).



Projektområdet kan inddeles i seks større vandoplande.. Oplandet omkring havne-
arealerne er ikke medtaget, da højvandsbeskyttelsen som udgangspunkt ikke
dækker havneområdet. Oplandsinddelingen fremgår af nedenstående Figur 3.2.
Det bemærkes, at oplandet til Spøttrup Bæk dækker et markant større område
end vist på figuren.

Figur 3.2: Oplandsinddeling. Bemærk at oplandet til Havneområdet ikke behandles i nærværende projekt. Blå linjer angiver strømningsveje med et opland større end 1 ha.

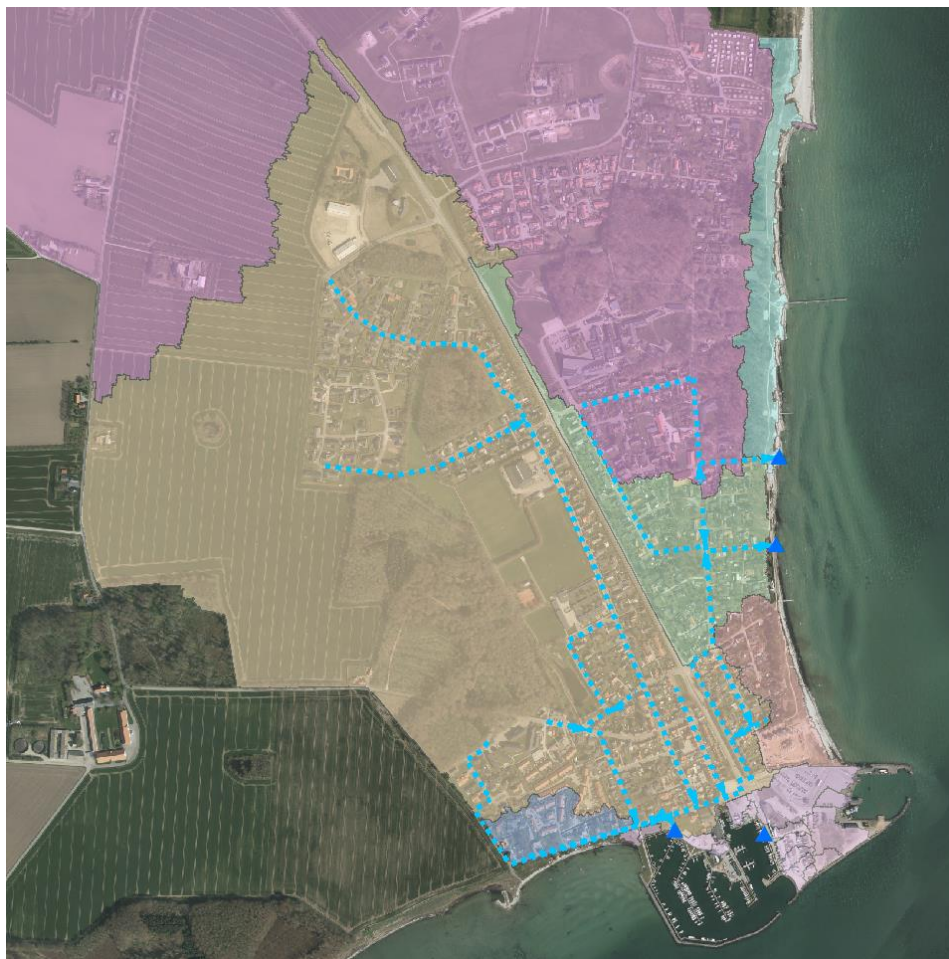


Alle oplande på nær oplandet til Spøttrup Bæk er karakteriseret ved bymæssig afstrømning. Oplandet til Spøttrup Bæk er karakteriseret ved en blanding af bymæssig afstrømning og afstrømning fra grønne arealer og landbrugsjord.

3.1.1 Eksisterende kloakforhold

Hele Hou er separatkloakeret. Indenfor projektområdet findes fire eksisterende regnvandsudløb. Det ene regnvandsudløb er dog placeret på havneområdet, der ikke håndteres i nærværende projekt. Hovedsystemet for det eksisterende regnvandssystem er gengivet i Figur 3.3 nedenfor.

Figur 3.3: Hovedsystemet for eksisterende regnvandssystem vist med blå stiplede linjer. Blå trekanter indikerer eksisterende regnvandsudløb indenfor projektområdet. Bemærk at ikke alle ledninger er vist, idet kun hovedsystemet er gengivet.

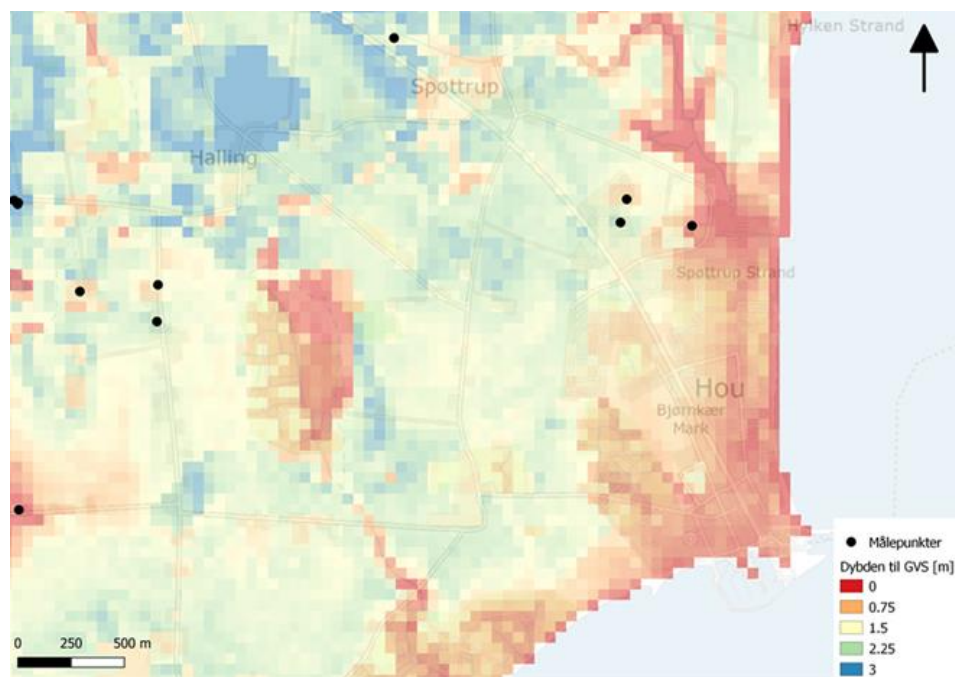


Da hele projektområdet er separatkloakeret, antages det, at eksisterende afløbssystem og jordmatrice kan håndtere regnvand svarende til en 5-års hændelse.

3.2 Oversvømmelser fra grundvand

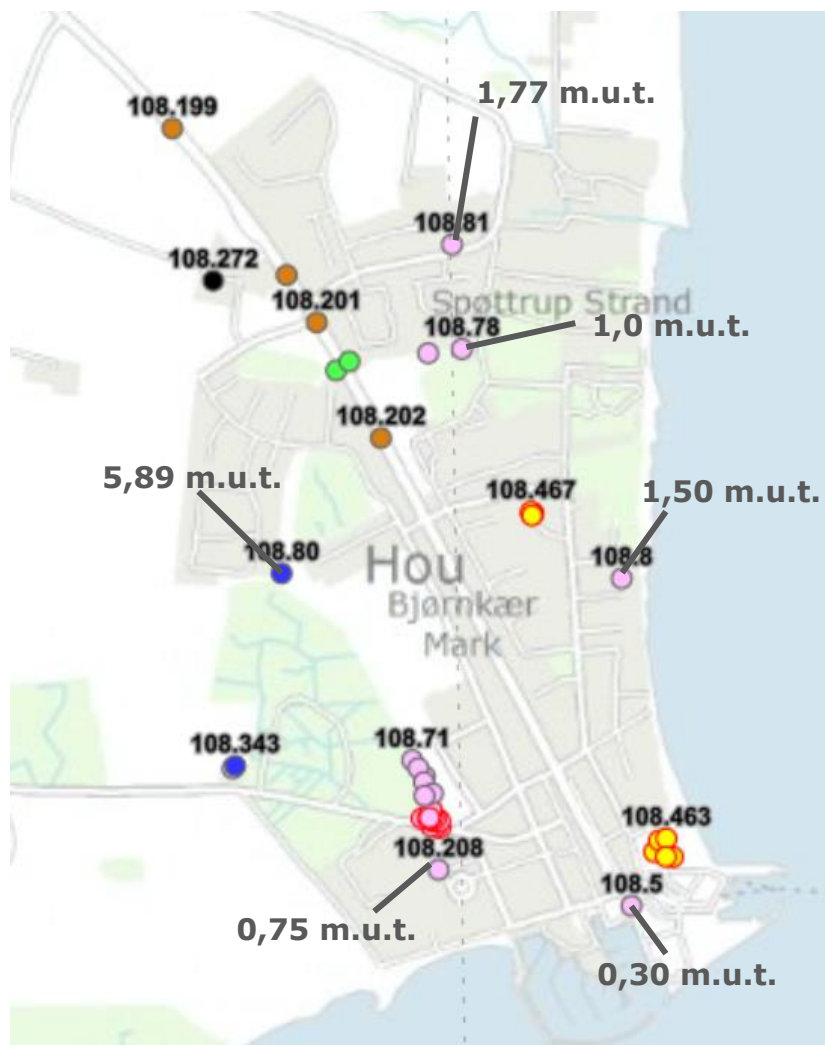
På baggrund af data fra GEUS er dybden til grundvandsspejlet vurderet. I Figur 3.4 nedenfor ses afstanden til grundvandsspejlet, hvor det fremgår, at grundvandsspejlet er beliggende 0-0,75 m under terræn nær kysten, mens afstanden øges længere væk fra kysten.

Figur 3.4: Afstand til grundvandspejl omkring Hou. Kilde: GEUS



Ovenstående screening understøttes af pejlinger af grundvandspejlet, der ligeledes viser, at grundvandspejlet tæt på kysten er meget terrænnært, mens dybden øges længere væk fra kysten. Pejlingerne er opsummeret på nedenstående Figur 3.5 nedenfor.

Figur 3.5: Dybde af grundvandspejl fastlagt ved pejlinger. Kilde: GEUS



Data fra klimatilpasning.dk viser, at der forventes en svag stigning af grundvandspejlet i området i fremtiden relateret til klimaforandringer.

4 Ændret risikobillede

Ved etablering af højvandsbeskyttelse langs kysten ændres de naturlige strømningsveje i området, da vandets naturlige strømningsvej mod havet afskæres. Nuværende oversvømmelser i området beskrevet ovenfor vil således ændres i den fremtidige situation, hvor der vil være øgede oversvømmelser i projektområdet, da regnvand vil samles på bagsiden af diget uden mulighed for at komme væk. I figuren nedenfor ses oversvømmelser samt strømningsveje i området i tilfælde af, at der etableres højvandsbeskyttelse langs kysten.

Figur 4.1: Oversvømmelser og strømningsveje ved etablering af højvandsbeskyttelse ved 50 mm regn. Figuren viser kun strømningsveje med et opland på minimum 1 ha



Det ses, at der især i den sydlige del af projektområdet samt omkring Spøttrup Bæk opstår markant forøgede oversvømmelser. Ligeledes vil der langs hele kysten samle sig regnvand på bagsiden af højvandsbeskyttelsen.

Ovenstående analyse viser, at der ved højvandsbeskyttelsens etablering bør indtænkes foranstaltninger, der kan håndtere de øgede vandmængder, der samles på højvandsbeskyttelsens bagside. Hvis dette ikke indtænkes, vil risikoen for oversvømmelser i området forøges markant ved etablering af højvandsbeskyttelse. Mulige løsningstiltag skitseres i nedenstående afsnit.

5 Løsningsprincip

Der er behov for en integreret løsning for håndtering af vand på bagsiden af højvandssikringsanlægget. Denne løsning skal fungere både under stormfloder og i situationer med normal havvandsstand. Det skal indtænkes i løsningen, at havvandsstanden er stigende i fremtiden, ligesom der som følge af klimaforandringer kan forventes øgede nedbørsmængder.

Området omkring Spøttrup Bæk er generelt udfordret med oversvømmelser fra såvel vandløbsvand, terrænnært grundvand og ved høj havvandsstand, og sammenholdt med et meget fladt terræn er udfordringen i dette område kompleks. Der er i nedenstående beskrevet en overordnet principløsning for området, men det understreges, at der er behov for yderligere undersøgelser og detailprojektering. Det anbefales, at udføre et samlet projekt for området, der sammentænker alle oversvømmelsesudfordringer. Dette ligger dog uden for rammerne af nærværende opgave. Det bemærkes, at der foreligger et projekt fra Orbicon, hvor den opstrøms del af vandløbet afskæres og ledes nord om campingpladsen. Hvis dette projekt gennemføres, vil en markant mindre vandmængde skulle håndteres på vandløbsstrækningen syd for campingpladsen. I nærværende beskrivelse tages der udgangspunkt i scenariet inden en eventuel gennemførelse af Orbicons projekt.

Der ønskes så vidt mulig en løsning, hvor der skal pumpes på vand på bagsiden af diget så lidt som muligt – der sigtes altså mod en løsning, hvor vand på bagsiden af diget kan ledes til havet ved gravitation under normalvandstande i havet. Under stormfloder er dette ikke muligt, da vandstanden i havet er høj. Her vil det være nødvendigt enten at opmagasinere vand på bagsiden af diget, pumpe det til havet eller en kombination.

Der bør stræbes efter at etableres så få udledningpunkter til havet som muligt, da disse vil være forbundet med udgifter, især til pumpestationer i stormflodssituationer. Færre udløb vil dog resultere i, at det bagvedliggende afvandingsystem skal have større kapacitet og vil fylde mere.

Udløbene anlægges som rørføringer gennem højvandssikringskonstruktionen med en kontraklap på forsiden af diget, der sikrer mod tilbagestuvning af havvand til bagsiden af diget. Der anlægges pumpestationer, der kan komme i funktion ved ekstreme mængder bagvand samt i stormflodssituationer. Disse pumpestationer skal være "med livrem og seler", således der som minimum er etableret to pumper i hver pumpestation og det anbefales også, at der etableres overvågning.

Alle eksisterende regnvandsudløb føres gennem den fremtidige højvandskonstruktion, og der etableres kontraklap, hvis dette ikke allerede er etableret. Det foreslås, at alle eksisterende regnvandsudløb udføres med overløb til de fremtidige pumpestationer for at sikre, at de eksisterende udløb kan aflede regnvand under stormflod. Denne løsning skal dog afklares med forsyningen, der ejer eksisterende regnvandsudløb.

Langs hele bagsiden af diget skal der etableres afvanding for at kunne håndtere højtstående grundvand, overskylsvand og gennemtrængende havvand. Det

anbefales at anlægge en grøft på bagsiden af diget, hvilket vil sikre den bedste vandopsamling. En grøft vil dog være pladskrævende, men vurderes grundet nærheden til kysten samt det højtstående grundvand at være den mest optimale løsning.

Grundet tæt bebyggelse er det udfordrende at finde tilstrækkelig plads til magasineringsløsninger for bagvand. Det anbefales derfor, at der i stedet etableres tre pumpestationer langs kyststrækningen, der under stormflod kan pumpe bagvand ud til havet. Pumpestationerne foreslås placeret ved Lystbådehavnen (ved udløb af større strømningsvej), ved eksisterende regnvandsudløb ved Lærkevej samt i området omkring Egmont Højskolens badebro.

Spøttrup Bæk afvander et stort opland, og der er derfor tale om store bagvandsmængder. Det foreslås derfor, at der ved udløbet af Spøttrup Bæk etableres et pumpe/sluse system, der kan træde i funktion under højvande. Under normale vandstande er slusen åben, og vandløbsvand graviterer ud. Under højvande lukkes slusen, og pumpen igangsættes for at pumpe vandløbsvandet over diget.

I oplandet "Spøttrup Bæk" er der allerede under eksisterende forhold udfordringer med oversvømmelse langs vandløbet. Det er i tidligere rapporter (COWI 2016) fastlagt, at oversvømmelserne opstår, når kontraklappen ved Spøttrup Bæks udløb er i funktion, idet dette medfører opstuvning af vandløbsvand (3-4 gange årligt). Analyser af højdemodellen viser desuden, at der omkring boligerne beliggende syd for Spøttrup Bæk findes flere større bluespots – dette fremgår af nedenstående Figur 5.1.

Figur 5.1: Overblik over eksisterende bluespots i området syd for Spøttrup Bæk ved 50 mm regn.



Området er meget fladt, og da der er bygget mindre diger langs den sydlige brink af Spøttrup Bæk, er det udfordrende at afvande lavpunkterne. For at afhjælpe oversvømmelser, kan det overvejes at etablere en rist i lavpunktet, der kan afvande til det eksisterende kloaksystem. Denne løsning skal verificeres yderligere i detailprojekteringen. En fordel ved etablering af en pumpestation i Spøttrup Bæk er, at pumpen kan igangsættes under større regnhændelser, når kapaciteten af Spøttrup Bæk overskrides. På denne måde kan oversvømmelser langs vandløbet også afhjælpes i situationer, hvor der ikke er højvande. Det understreges, at pumpe/sluse systemet ikke vil eliminere oversvømmelsesproblematikken relateret til nedbør, og lavninger mm. i området vil stadig blive vandfyldte under større regnhændelser. Pumpe/sluse systemet vil ligeledes ikke løse udfordringer med begrænsninger i vandløbets profil. Inden detailprojekteringen bør der tages stilling til, hvorvidt vandløbets profil ønskes udvidet med tiden som led i klimatilpasningen i området.

Højvandsbeskyttelsen (diget) er foreslået ført til lige nord for campingpladsen. Det bemærkes, at terrænet lige nord for campingpladsen er beliggende i en lavere kote end den tilsigtede digekote på 2,81 m. Dette medfører, at havvandet kan løbe "bag om" diget og oversvømme området bagfra, hvis koten overstiger kote 2,30. For at forhindre dette kan diget enten:

1. Føres længere nordpå langs kysten til der nås en terrænkote på min. 2.81
2. Der etableres en beredskabsløsning i det laveste punkt, hvor der ved varsling af stormflod udlægges sandsække, jord eller lignende, der kan forhøje terrænet lokalt

Det er statistisk set sjældent, at den dimensionsgivende havvandsstand vil forekomme, ligesom at lavpunktet er placeret så langt inde i landet, at bølgepåvirkningen vil være minimal. Det vurderes således, at ved valg af ovenstående løsning to, vil der ved størstedelen af stormfloderne ikke være behov for et større beredskab. Det understreges dog kraftigt, at det er essentielt at have et beredskab klar i tilfælde af vandstande større end det laveste terrænpunkt. Placeringen af lavpunktet af gengivet på figuren nedenfor.

Figur 5.2: Placering af lavpunkt nord for campingplads, der skal sikres med beredskabsløsning, hvis diget ikke fortsættes nordpå til terrænet når 2,81 m.



Hvis diget føres nord på langs kysten til terrænkote +2,81 nås, skal afvandingsgrøften etableres langs hele bagsiden af diget.

Afvandingsgrøften langs diget i "Kystlandet" etableres med fald mod midten af oplandet, hvor der etableres en pumpestation. Under stormflod ledes overskyldsvand til pumpestation og pumpes ud – under normal vandstand kan vandet gravitere ud via et gravitationsudløb.

I oplandet "Lærkevej" foreslås det også at etablere en pumpestation, der under stormflod kan pumpe vandet ud i havet. Under normal vandstand graviteres vandet ud via et gravitationsudløb. Afvandingsgrøften langs diget etableres med fald mod pumpestationen. De eksisterende regnvandsudløb fastholdes, men der etableres kontraklap, ligesom muligheden for at etablere overløb til pumpestationer, sådan at regnvandet kan pumpes ud under stormflod, bør undersøges.

I oplandet "Nyvej" bør mulighederne for at etablere et forsinkelsesbassin i den sydlige del af oplandet, hvor overfladevand kan forsinkes under stormflod, undersøges. Hvis det ikke er muligt at finde tilstrækkeligt plads, kan det være nødvendigt at etablere en pumpestation i stedet. Under normal vandstand graviteres vandet ud via et gravitationsudløb. Afvandingsgrøften langs diget etableres med fald mod bassinet/evt. pumpestation.

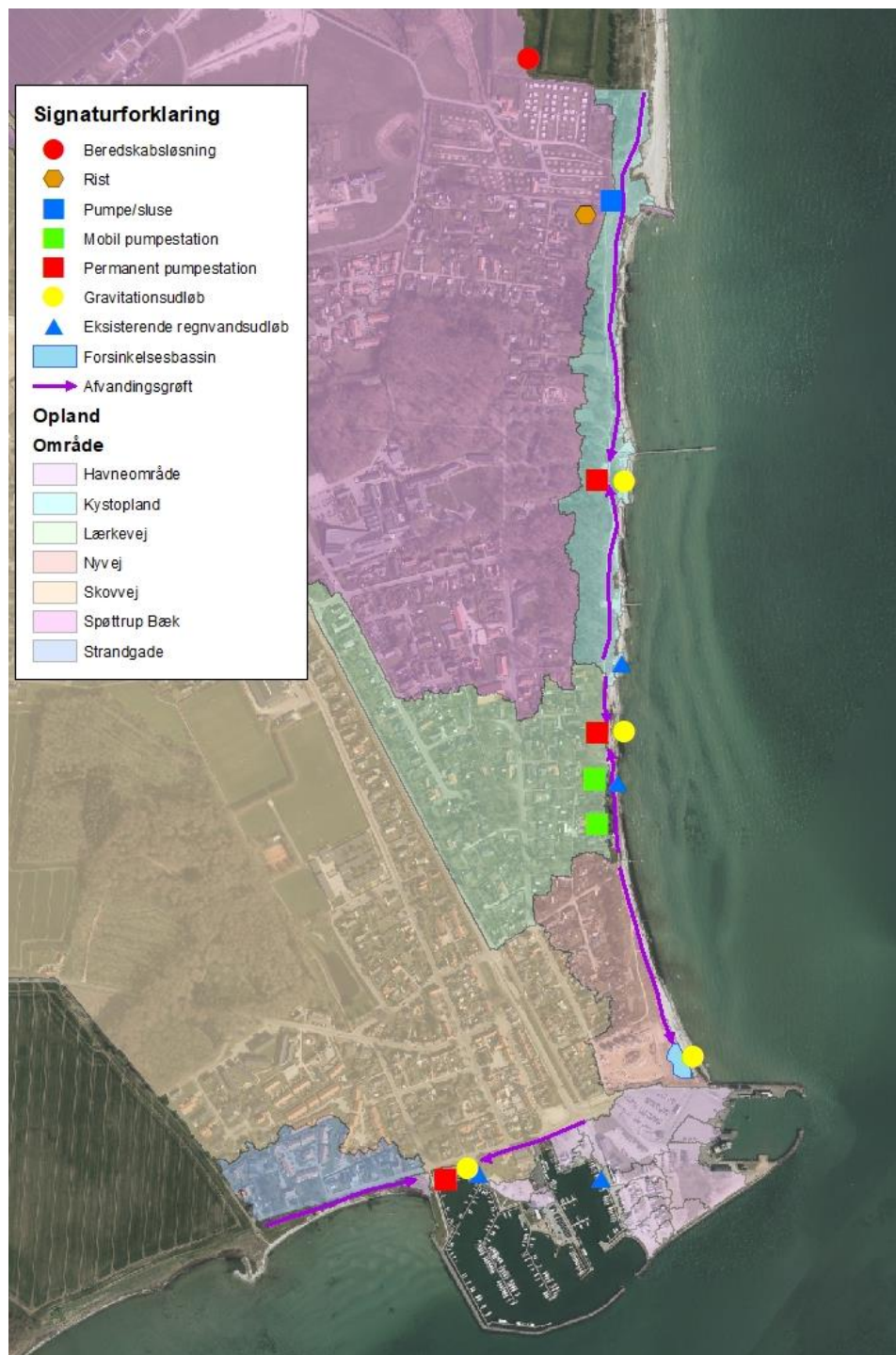
I oplandet "Skovej" etableres en pumpestation, der under stormflod pumper vandet ud. Under normal vandstand kan overfladevand gravitere ud via et gravitationsudløb. Det eksisterende regnvandsudløb etableres med kontraklap og eventuelt

overløb til pumpestation. Under stormflod kan regnvand således pumpes ud. Afvandringsgrøften etableres med fald mod pumpestationen/gravitationsudløb. Grundet oplandets størrelse vil der under skybrudshændelser genereres meget vand i opland, der ledes til havet. Pumpestationen bør derfor placeres ved strømningsvejens udløb med henblik på mest optimal opsamling af regnvand.

I oplandet "Strandgade" ledes overfladevand til pumpestation/gravitationsudløb i Skovvejsoplandet.

Løsningsprincippet er opsummeret på nedenstående figur.

Figur 5.3: Løsningsprincip for håndtering af bagvand. Bemærk at skitsen blot viser princippet og ikke den endelige placering af tiltag.



Det understreges, at det er essentielt, at alle eksisterende regnvandsudløb identificeres med henblik på at kortlægge risikoen for tilbagestuvning af havvand under stormflod. Hvis udløbene afvander huse med gulvkote/afløbskote under dimensiongivende stormflodskote, bør der etableres kontraklap for at forhindre oversvømmelser forårsaget af tilbagestuvende havvand.

6 Hændelsessammenfald

Risikoen for at en stormflod er sammenfaldende med de helt ekstreme regnskyl er til stede, men lav. Stormfloder forekommer typisk i vinterhalvåret under de kraftige storme. Storme er ofte forbundet med nedbør, men grundet oplandenes størrelse, forventes dette hovedsageligt at være strømmet af, inden den maksimale stormflodspåvirkning forekommer. De ekstreme skybrud, der kan resultere i store mængder overfladevand der løber på terræn, forekommer typisk i sommerhalvåret. Desuden kan der være betydelig strømning på terræn ved snesmeltning af større mængder sne, som ikke har vejrfænomenssammenhæng med stormfloder. På baggrund af heraf vurderes det derfor acceptabelt ikke at dimensionere bagvandsløsningerne for ekstreme skybrudshændelser, da bagvandshåndteringen udelukkende træder i kraft under stormflod.

7 Indledende dimensionering af afvandingsgrøft

Med henblik på at kunne estimere det nødvendige arealudlæg til den samlede højvandsbeskyttelse er der foretaget en overordnet, indledende vurdering af den nødvendige størrelse på afvandingsgrøften på bagsiden af diget. Det understreges, at indledende vurderinger bør genberegnes, når endelig digeplacering og -udformning foreligger. Der er i nærværende taget udgangspunkt i, at afvandingen på bagsiden af diget udformes som en traditionel grønne, men det bemærkes, at denne kan udformes på mange måder og eksempelvis også være i form af en urban rende, terrænindpasset lavning mv.

7.1 Dimensioneringskriterier

Afvandingsgrøften skal kunne håndtere regnvand i to situationer; under stormflod og under skybrud. Størrelsen på afvandingsgrøften vil afhænge af, hvilket sikringsniveau det ønskes at sikre Hou i mod under skybrud, ligesom det er stærkt afhængig af, hvor meget overskyl, der kan accepteres.

Idet nærværende projekt ikke har til formål at klimatilpasse Hou mod skybrud, lægges der i nærværende ikke op til en løsning, hvor afvandingsgrøften har kapacitet til at håndtere en fremtidig 100-års hændelse. For at klimatilpasse Hou til fremtidige skybrud bør der udarbejdes en klimatilpasningsplan, hvor der er fokus på at skabe forsinkelse opstrøms i oplandene og styre skybrudsvand direkte til udløb og pumpestationer med henblik på at minimere mængden af regnvand, der skal håndteres i afvandingsgrøften, der etableres i forbindelse med højvandsbeskyttelsen. En sådan klimatilpasningsplan bør udarbejdes i samarbejde med SAMN Forsyning for at sikre synenergi og sammenhæng til det eksisterende afløbssystem. Som nævnt ovenfor er der desuden lav sandsynlighed for, at en stormflod indtræffer samtidig med en skybrudshændelse. Det bemærkes dog, at overskylsmængderne kan være så store, at serviceniveauet for skybrud bliver højere end beskrevet i nedenstående, idet overskylsmængderne kan blive dimensionsgivende.

Under stormflod dimensioneres afvandingskanalen til at kunne håndtere overskylsvand svarende til 5 l/s/m. Dette resulterer i store vandmængder, idet dette vand skal ledes i afvandingsgrøften frem til nærmeste udledningspunkt. Af hensyn til drift og økonomi ønskes det at minimere antallet af udledningspunkter (pumpestationer), og der kan således akkumuleres store vandmængder langs diget. Overskylsmængden er afhængig af endelig digeplacering og -højde og bør således genberegnes, når endelig udformning af diget foreligger. Nedenstående er således udelukkende foreløbige og indledende estimater. Det bemærkes desuden, at overskyllet på 5 l/s er beregnet ud fra den værste tænkelige stormflodsretning. Hvis der

kan accepteres et lavere serviceniveau for overskylsvand, kan overskylsmængden nedsættes.

Afvandingsgrøften dimensioneres til under skybrud at kunne håndtere en klimafremskrevet 10-års hændelse fratrukket en 5-års hændelse, som forventes tilbageholdt i kloaksystem og jordmatrice. I dimensioneringen ses der bort fra den mængde regnvand, der bliver tilbageholdt i lavninger opstrøms i oplandet, og sikringsniveauet er derfor reelt højere end en 10-års hændelse. Dimensioneringsforudsætninger er opsummeret i Tabel 7.1 nedenfor.

Tabel 7.1: Opsummering af indledende dimensioneringskriterier for afvandingsgrøft på bagsiden af diget

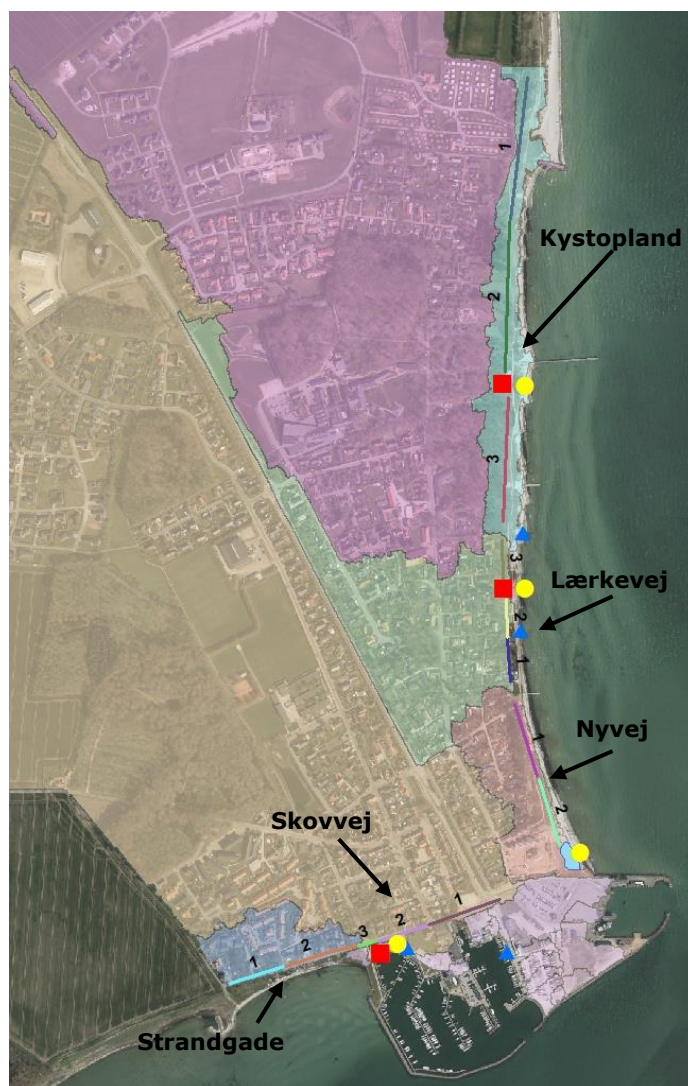
Parameter	Stormflod	Skybrud
Overskylsvand	5 l/s/m	-
Regnvand	-	T10 m. faktor 1,3 fratrukket T5 m. faktor 1,25

Det understreges, at den indledende dimensionering er fastlagt på baggrund af skøn og estimater, hvorfor der i detailprojekteringen skal foretages en nærmere granskning af ønsket sikringsniveau. Dette kan med fordel afklares i samarbejde med SAMN Forsyning.

7.2 Indledende flows

Kyststrækningen i de enkelte oplande er inddelt i mindre delstrækninger. Jo større opland, jo større vandmængder skal der føres, og dimensionsgivende flow vil derfor være af varierende størrelse. Inddelingen fremgår af nedenstående Figur 7.1.

Figur 7.1: Inddeling af kyststrækning i delstrækninger i hvert opland.



På baggrund af dimensioneringskriterier angivet i Afsnit 7.1 er der fastlagt foreløbige flows for de enkelte delstrækninger. Disse er opsummeret i Tabel 7.2 nedenfor.

Tabel 7.2: Foreløbige vandmængder for de enkelte delstrækninger baseret på et overskylskriterie på 5 l/s/m

Strækning	Overskylsvand [l/s]	Skybrud [l/s]
Kyst		
1	1.775	115
2	2.975	190
3	1.400	85
Lærkevej		
1	700	20

Strækning	Overskylsvand [l/s]	Skybrud [l/s]
2	950	940
3	350	10
Nyvej		
1	875	20
2	1.675	255
Strandgade		
1	950	10
2	1.300	155
Skovvej		
1	450	5
2	1.125	350
3	1.600	3.500

På baggrund af ovenstående ses det, at det er stormflodssituationen, der er dimensionsgivende, da overskylsmængderne er markant højere end skybrudsmængderne. Dette medfører, at under skybrud vil afvandingsgrøften kunne sikre et højere serviceniveau end forskellen mellem en 10-års hændelse og en 5-års hændelse, som ovenfor er beskrevet som dimensioneringskriterie, idet skybrudsflowet ikke er dimensionsgivende for afvandingsgrøften.

Det bemærkes, at afvandingsgrøften kun skal dimensioneres for den fulde overskylsmængde på strækninger der er bølgepåvirket. Det er således kun den østvendte kyst, der dimensioneres for et overskyl på 5 l/s/m. På den sydvendte kyst (oplandene Strandgade og Skovvej) vil der stadig være overskyl, da der under stormflod og blæst altid vil være en eller anden form for bølger. Vandmængderne kan dog forventes mindre end ved fuld bølgepåvirkning. På denne strækning etableres derfor en grøft med en lavere kapacitet – dette er beskrevet nærmere i nedenstående afsnit.

7.3 Indledende dimensioner

Terrænet langs strækningen med højvandsbeskyttelse er meget flad, og det er derfor vanskeligt at opnå stort fald på afvandingsgrøften. I nærværende er der forudsat et længdefald på 2‰, hvilket skal sikres ved etablering. Hvis der kan opnås større længdefald, kan der optimeres på de nødvendige grøftestørrelser.

Grundet det lave fald er det udfordrende at opnå stor kapacitet i en grøft. Samtidig er der på flere strækninger bebygget tæt op ad kysten, hvilket er udfordrende i forhold til at etablere en tilstrækkelig stor grøft. I tabellen nedenfor er kapaciteten for to grøfteudformninger opsummeret.

Tabel 7.3: Estimeret kapacitet af to typer grøfteudformning ved et længdefald på 2‰ og et Manningtal på 35.

Type	Anlæg [-]	Bundbredde [m]	Dybde [m]	Topbredde [m]	Kapacitet [l/s]
1	2	0,3	0,45	2,1	320
2	2	0,3	0,2	1,1	50

Det ses, at der ved en 2,1 meter bred grøft opnås en vandføringskapacitet på 320 l/s. Det vurderes ikke muligt at etablere en grøft med en topbredde større end 2,1 meter, hvorfor der tages udgangspunkt i dette, og det foreslås derfor, at denne grøft etableres på hele den østvendte kyst. Dette medfører, at det på den østvendte kyst ikke vil være muligt at føre alt det dimensionsgivende overskylsvand i grøften. I oplandet "Kystopland" er der en forholdsvis bred bræmme med skov mellem kysten og de nærmeste boliger. Det vurderes, at den mængde af overskylsvand, der ikke kan løbe i grøften, kan løbe på terræn/opmagasineres i dette område. Hele området har fald mod kysten, og det vurderes således, at vandet ikke vil øge oversvømmelsesrisikoen for de nærmest beliggende huse. Alternativt kan der suppleres en beredskabsløsning med mobile pumper, der kan indsættes ved behov.

I oplandet "Lærkevej" kan en grøft med en topbredde på 2,1 meter føre den dimensionsgivende vandmængde på delstrækning 3. På delstrækning 1 og 2 har grøften ikke tilstrækkelig kapacitet. På denne strækning er der bebygget meget tæt på kysten, og der er således behov for at kunne styre overløbsvandet. Det foreslås, at der på denne strækning som supplement til en 2-meter grøft etableres 1-2 betonbrønde, der er forberedt til, at der kan monteres en mobil pumpe. I tilfælde af store mængder overskylsvand skal der således foreligge en beredskabsplan, der indebærer, at der opsættes mobile pumper i de forberedte brønde.

I oplandet "Nvvej" har en grøft med en topbredde på 2,1 meter ikke tilstrækkelig kapacitet. I oplandet er der dog en bred bræmme af ubebygget område mellem kysten og de nærmeste boliger, og der foreslås derfor, at det vand der ikke kan føres i grøften, løber frit på terræn. Området har fald mod den foreslåede pumpestation/magasineringsbassin, og vandet vil således løbe af sig selv hertil. Alternativt kan der suppleres med mobile pumper.

Da der som nævnt ikke skal regnes med den fulde dimensionsgivende overskyl langs den sydvendte kyst (oplandene Strandgade og Skovvej) foreslås det her at etablere en grøft med dimensioner svarende til Type 2-grøften angivet i tabellen ovenfor. I oplandet "Skovvej" er det essentielt, at pumpestationen placeres ved udløbet af den store strømningsvej, der fører overfladevand fra størstedelen af oplandet. Med denne placering kan det forhindres, at der skal etableres grøft/ledninger til transport til store mængder overfladevand.

8 Indledende vurdering af nødvendig kapacitet pumpe/sluse ved Spøttrup Bæk

Der findes ikke afstrømningsdata for Spøttrup Bæk, og det er således ikke muligt at estimere den nødvendige kapacitet på pumpe/sluse systemet. Inden detailprojekteringen bør der derfor foretages nærmere analyse af afstrømningen i Spøttrup Bæk.

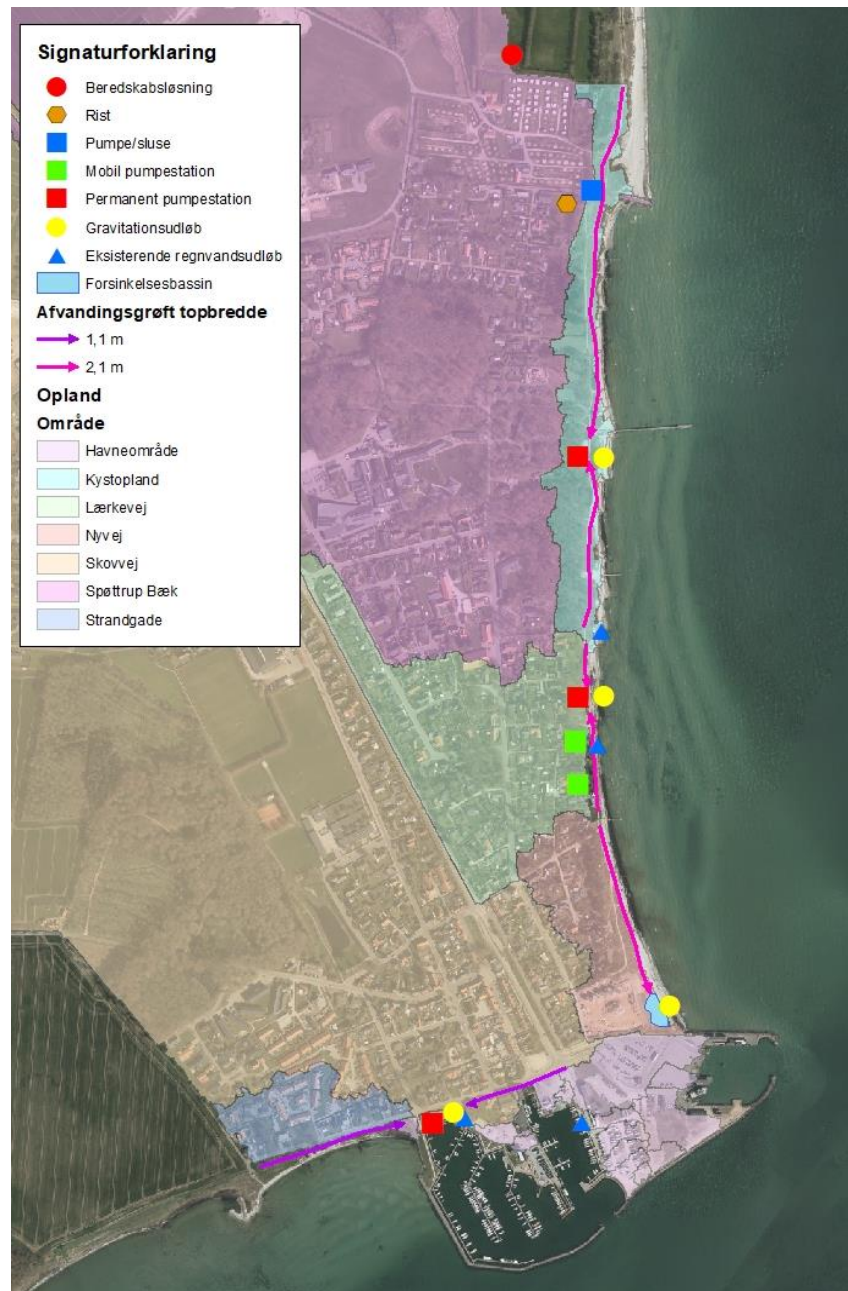
Der er tidligere udarbejdet en rapport (COWI 2016), hvor det er vurderet, at afstrømningsdata i Spøttrup Bæk er sammenlignelige med afstrømningsdata fra

Fiskbæk. I ovennævnte rapport er vintermedianmaksimum for Fiskbæk vurderet at være repræsentativ, og denne er i ovennævnte rapport vurderet til at være 500 l/s. Denne afstrømning vil i nærværende projekt blive anvendt til udarbejdelse af anlægsoverslag, men det understreges, at afstrømningen bør analyseres og valideres yderligere i de kommende projektfaser.

9 Opsummering og videre arbejde

I det ovenstående er der fastlagt et koncept for håndtering af bagvand. Konceptet bygger på etablering af en afvandingsgrøft på bagsiden af diget – på den østvendte grønne foreslås en grønne med en topbredde på 2,1 meter og en dybde på 0,45 m. På den sydvendte kyst foreslås en grønne med en topbredde på 1,1 m og en dybde på 0,2 m. Derudover etableres tre pumpestationer samt et magasiningsbassin – afhængig af pladsforhold bør dette bassin muligvis erstattes af en yderligere pumpestation. Dette afklares i de kommende projektfaser. Ved hver pumpestation/bassin etableres et gravitationsudløb. Afvandingsgrøfterne etableres med fald mod pumpestationerne/gravitationsudløbene. Under normal vandstand kan vand opsamlet i grønne således gravitere ud – under høj vandstand pumpes vandet ud via pumpestationerne. Ved Spøttrup Bæk etableres et pumpe/sluse system, der sikrer, at vandløbet kan aflede til havet i alle situationer. Der kan desuden etableres en rist i lavpunktet lige syd for bækken, hvor regnvand fra opsamles ledes til eksisterende kloaksystem. Det samlede løsningskoncept er opsummeret på nedenstående figur. Det bemærkes, at der på nedenstående tegning er angivet en beredskabsløsning nord for campingpladsen. Dette er kun relevant, hvis diget føres ind i land lige nord for campingpladsen.

Figur 9.1: Samlet forslag til løsningskoncept for bagvands-håndtering. Bemærk, at eventuelle supplerende mobile pumper i oplandene "Kystopland" og "Nyvej" ikke er indtegnet, da det vurderes, at overskydende vand kan løbe/magasineres på terræn.



Der er i nærværende taget udgangspunkt i et dimensioneringskriterie for overskylsvand på 5 l/s/m. For regnvand er det forudsat, at afvandingsgrøften skal kunne håndtere forskellen på en klimafremskrevet 10-års hændelse og 5-års hændelse. Det er således ikke forudsat, at grøften skal kunne håndtere skybrud, da dette anses som en del af arbejdet med at klimatilpasse Hou, hvilket bør foretages i et bredere projekt, hvor der arbejdes i hele det topografiske opland. Med de opsatte dimensioneringskriterier bliver overskylsvand dimensionsgivende for afvandingsgrøften, hvilket under skybrud sikrer et højere serviceniveau end forskellen med en 10-års hændelse og en 5-års hændelse.

Med udgangspunkt i de nuværende dimensioneringskriterier er der tale om meget store overskylsmængder, der skal håndteres. Dette medfører, at den foreslåede grøft på den østvendte kyst ikke har tilstrækkelig kapacitet til at føre de dimensionsgivende overskylsmængder. På denne strækning er der således behov for enten at acceptere vand på terræn eller etablere supplerende foranstaltninger. Dette kan eksempelvis være i form af betonbrønde, der er klargjort til montering af mobile pumper. Alternativt skal der etableres flere permanente pumpestationer, hvilket dog vil medføre betragtelige udgifter og derfor ikke umiddelbart anses som en holdbar løsning.

Det bemærkes, at bølgepåvirkningen er beregnet fra den værst tænkelige retning. Det kan statistisk set således ikke forventes, at der ved hver stormflodshændelse, vil være tale om overskylsmængder som beregnet i ovenstående – ofte vil mængderne være markant mindre. Hvis der kan accepteres et lavere serviceniveau for overskylsvand, kan overskylsmængderne reduceres.

De dimensionsgivende overskylsmængder kan reduceres ved at øge digekronen – dette skal dog afvejes i forhold til ulemperne ved et højere dige. Alternativt kan der på forsiden af diget etableres skråningsbeskyttelse med sten, der kan bryde bølgerne og give mindre overskyl. Derudover kan der vælges et lavere serviceniveau for overskyl på udvalgte strækninger, hvilket vil betyde, at oversvømmelser accepteres oftere på de udvalgte strækninger.

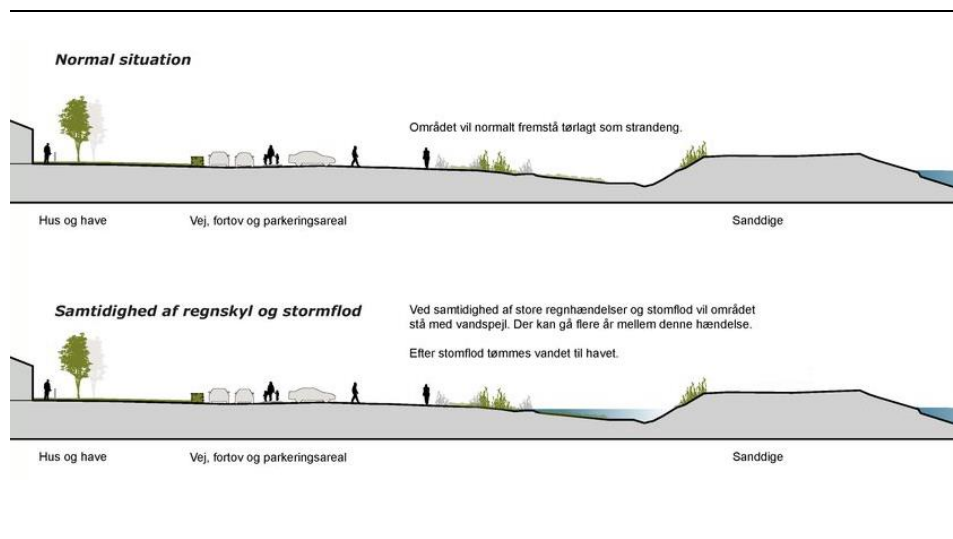
I boksen nedenfor er det opsummeret, hvilke parametre der kan skrues på for at reducere den nødvendige dimension på afvandingsystemet.

Parametre der kan minimere dimension på afvandingsgrøft

- Forøgelse af digekrone
- Etablering af skråningsbeskyttelse med sten på forside af dige
- Etablering af urban rende med øget Manningtal (højere kapacitet). En urban rende i beton kan desuden være lettere at drifte
- Flere pumpestationer for at opnå kortere delstrækninger
- Mobile beredskabspumper der kan opsættes langs kysten ved varsel om højvande
- Beredskab med sandsække, der kan lægges ovenpå diget og dermed reducere overskylsmængden
- Accept af lavere serviceniveau for overskylsvand

Som inspiration er nedenfor indsat et eksempel på, hvordan en grøft på bagsiden af diget kan udformes som en del af det naturlige terræn.

Figur 9.2: Eksempel på udformning af grøft, der er indpasset i naturen. Kilde: NIRAS



Det bemærkes, at den endelige overskylsmængde bør genberegnes, når den endelige digeplacering og -udformning foreligger. Dette kan have indflydelse på de nødvendige grøftestørrelser.

Der foreligger ikke data på vandføringen i Spøttrup Bæk. For at estimere nødvendig pumpeydelse på pumpe/sluse systemet skal der derfor foretages nærmere analyser af vandføringen. Det er i tidligere rapporter (COWI 2016) vurderet, at vandføringen kan estimeres på baggrund af vintermedianmaksimum fra Fiskbæk. Dette skal verificeres og undersøges yderligere i de kommende projektfaser.

Det understreges, at der i nærværende udelukkende er foretaget en overordnet beskrivelse af principløsninger. Der er især behov for nærmere detailprojektering af løsningen omkring Spøttrup Bæk, hvor det vurderes fordelagtigt at udarbejde et overordnet projekt for området, der kan se nærmere ind i udfordringer og muligheder med overfladevand, stigende grundvand og havvand i området. Der foreligger et projekt fra Orbicon, hvor den opstrøms del af vandløbet ledes nord om campingpladsen – nærværende er udarbejdet under forudsætning af eksisterende forhold fastholdes.