

# Vordingborg Kommune

## Risikokortlægning i relation til DK2020



Endelig rapport  
marts 2022



## Indholdsfortegnelse

0	Sammenfatning.....	1
1	Indledning.....	3
2	Baggrund og formål .....	4
3	Metoder og data .....	5
3.1	Generelt om beregning af risikokort.....	5
3.1.1	Definitioner og beregningsmetode.....	5
3.1.2	Kortlægning af værdier og skadepkurver.....	5
3.1.3	Beregning af risikokort - UCAT .....	8
3.2	Oversvømmelseskort for nedbør.....	9
3.2.1	Klimascenarier - Dynamisk Modellering.....	10
3.2.2	Dynamisk modellering - fremgangsmåde .....	10
3.2.3	Oversvømmelseskort for områderne uden for de tre største byer .....	13
3.2.4	Endelige risikokort for nedbør.....	14
3.3	Oversvømmelseskort for havvand .....	14
3.3.1	Klimascenarier - Ekstremvandstande.....	14
3.3.2	Oversvømmelseskort .....	16
3.4	Oversvømmelseskort for vandløb .....	16
4	Beregningsforudsætninger og -begrænsninger .....	18
5	Resultater .....	21
5.1	Generelt .....	21
5.2	Overblik .....	23
5.3	Nedbør.....	24
5.4	Havvand.....	27
5.5	Vandløb .....	33
5.6	Grundvand .....	36
5.7	Skaderisici for Vandværksboringer og Renseanlæg .....	40
6	Diskussion og anbefalinger.....	42
6.1	Diskussion af resultaterne.....	42
6.2	Anbefalinger.....	43
7	Referencer .....	45
	Anneks A.....	46



## Kvalitetssikring

<i>Kunde</i> Vordingborg Kommune	<i>Kundens repræsentant</i> Karsten Kolle
-------------------------------------	--

<i>Projekt</i> Risikokortlægning i relation til DK2020	<i>Projekt reference</i>
---	--------------------------

<i>Udarbejdet af</i> Jørgen Bo Nielsen	<i>Dato</i> Marts 2022
	<i>Godkendt af</i> Erland B. Rasmussen

<i>vision</i>	<i>Beskrivelse</i>	<i>Af</i>	<i>Kontrolleret</i>	<i>Godkendt</i>	<i>Dato</i>
	Foreløbig udgave af slutrapport	JBN	EBR	EBR	18 feb.
	Endelig rapport	JBN	EBR	EBR	15 marts
	Revideret endelig rapport	JBN	EBR	EBR	26 april



## 0 Sammenfatning

CBMC Group har for Vordingborg Kommune udarbejdet **risikokort** in relation til oversvømmelser forårsaget af:

- Skybrud
- Stormflod (herunder stigende middelvandspejl i havet)
- Vandløb

For grundvand findes ikke et datagrundlag for egentlige risikoberegninger, hvorfor risiko for skader fra grundvand i stedet er behandlet kvalitativt.

Risikokort forstås i denne sammenhæng som kort over de statistisk set forventede årlige skader (i kr./m<sup>2</sup>), som skyldes oversvømmelser med de nævnte årsager.

Disse risici forventes at udvikle sig (vokse) som følge af klimaændringer. For at kvantificere de forventede udviklinger i risici er der udarbejdet risikokort for tre klimascenarier:

- Klimaet i 2020
- Klimaet, som det forventes at være i 2070
- Klimaet, som det forventes at være i 2120

Skadeberegningerne er foretaget efter Ingeniørforeningens forskrifter for beregning af risikokort som følge af oversvømmelser. Risikoen for en given lokalitet afhænger af to faktorer:

1. Sandsynligheden for, at der forekommer oversvømmelser
2. De værdier, der befinder sig på stedet – eller mere præcist: omfanget af skader, såfremt disse værdier oversvømmes

I dette projekt er sandsynligheden for oversvømmelser fra skybrud beregnet med en kombination af dynamiske hydrauliske modeller dækkende kommunens tre hovedbyer: Vordingborg, Præstø og Stege og simplificerede, ikke-dynamiske metoder dækkende de resterende dele af kommunen.

Sandsynligheden for oversvømmelser fra havet (stigende middelvandstand og stormflod) er beregnet med en ikke-dynamisk model, som tillader havvandet at udbrede sig ind over land til alle områder, som ligger under vandstanden i havet, og som er forbundet til havet via områder, som også ligger lavere end havets vandstand.

Sandsynligheden for oversvømmelser fra vandløb er beregnet på grundlag af oversvømmelseskort fra Kystdirektoratet, som er baseret på ikke-dynamisk modellering af vandløbene med deres tilstødende oplandsområder.

Kort over de værdier, som er potentielt udsatte for skader ved oversvømmelser er etableret ud fra data fra BBR (bygninger) kombineret med data fra SDFE (veje, jernbaner, marker) samt data for vandværksboringer og renseanlæg udtrukket af Vordingborg Kommune. Skadekurver for de forskellige typer af værdier er etableret med udgangspunkt i PLASK (Miljøstyrelsen) og med tilføjelser / justeringer aftalt med Vordingborg Kommune.

Risikokortene er således udarbejdet efter ens metoder og på et ensartet datagrundlag for alle tre typer af oversvømmelser.

De udarbejdede risikokort er derfor velegnede til at:



1. Give et overordnet overblik over de forventelige gennemsnitlige årlige skader for alle dele af Vordingborg Kommune som følge af skybrud, stormflod eller oversvømmelser fra vandløb for nutidssituationen og for de to fremskrevne klimascenarier;
2. Vurdere udviklingen i risiko som følge af klimaændringer og også til at vurdere den relative ændring af risiko relateret til de tre oversvømmelsestyper;
3. Udpege delområder, hvor risikoen for skader er særligt høje, og hvor det derfor kan være hensigtsmæssigt enten at detailanalysere risici, at se på konkrete klimatilpasningstiltag eller på anden måde tage højde for denne risiko i kommunens planlægning.

Det skal fremhæves, at alle beregningerne er foretaget på grundlag af værdier og skadepkurver, som svarer til forholdene i 2020. Der er således ikke taget højde for udviklinger i bygningsmassen eller andre udviklinger af infrastruktur over perioden.

Resultaterne i de beregnede risikokort er kvantitative – udtrykt som forventede skader i kr./m<sup>2</sup>/år. For alle tre typer af oversvømmelser gælder, at skaderne i praksis typisk er relateret til få, men voldsomme begivenheder, som medfører meget store skader (jf. f.eks. de to store skybrud i København i 2011 og 2014 og jf. stormfloden forårsaget af stormen Bodil i 2013). Når sådanne enkeltbegivenheder indregnes statistisk i de årlige forventede skader, så får man tal, som ser høje ud, hvis man sammenholder dem med de skader, som man har registreret igennem en mere fredelig periode. Det er også tilfældet her, hvor Vordingborg ikke har oplevet større skybrud eller skadevoldende stormfloder i en årrække. Resultaterne er derfor udtryk for, at man også i Vordingborg statistisk må forvente at blive ramt af oversvømmelser i de kommende år – og at skaderne kan blive betydelige.

Resultaterne peger, som forventet, på at risikoen for skader vil vokse som følge af de forudsete klimaændringer.

Mere bemærkelsesværdigt er, at resultaterne også peger på, at over perioden fra nutiden til 2070 og videre til 2120 vil der ske en forskydning i risikoen, således at de forventede skader fra stormflod vil vokse betydeligt hurtigere end de forventede skader fra skybrud og oversvømmelser fra vandløb. Tabel 0-1 viser de relative skader fra skybrud, vandløb og stormflod for Vordingborg Kommune, således som de er beregnet for de tre årstal. De absolutte tal og tal for delområder af kommunen findes i rapportens Afsnit 5.

Tabel 0-1 indeholder også en kolonne med de beregnede totale forventede årlige skader for Vordingborg Kommune – med samme indeks. Det fremgår, at de samlede risici i løbet af de nærmeste 100 år vil blive godt og vel fordoblet.

Tabel 0-1 *Forventede årlige skader (EAD, to betydende cifre) forårsaget af skybrud, vandløb hhv. stormflod, samt total i Vordingborg Kommune omregnet til indeks, hvor skybrud EAD i Nutid er sat til indeks 100*

	Nutid	2070	2120
<b>Skybrud</b>	100	110	120
<b>Vandløb</b>	16	17	17
<b>Stormflod</b>	100	180	300
<b>Total alle oversvømmelser</b>	~220	~300	~440





## 1 Indledning

Nærværende rapport dækker projektarbejde udført af CBMC Group i henhold til tilbud om "Risikokortlægning i relation til DK2020 klimatilpasningsplaner" fra CBMC Group dateret november 2021 og accepteret i e-mail fra Vordingborg Kommune dateret 1. december 2021.

Projektets indhold og omfang er beskrevet i tilbuddet fra CBMC Group dateret november 2021 inklusive optionerne 2-1 og 2-2 vedr. dynamisk modellering af Vordingborg, Præstø og Stege.



## 2 Baggrund og formål

Det overordnede formål med opgaven har været at få foretaget en udførlig risikokortlægning for oversvømmelser i kommunen med henblik på anvendelse i kommunens arbejde inden for rammerne af DK2020 klimaplanlægning.

Det har været Vordingborg Kommunes ønske at inddrage vand fra "alle sider" i klimaplanlægningen, hvilket i praksis vil sige havvand, regnvand, åer og vandløb samt grundvand. Nærværende afrapportering omfatter således risikokortlægning for alle fire typer af oversvømmelser.

Det har videre været Vordingborg Kommunes målsætning, at det skal være muligt at sammenligne risici på tværs af årsager og på tværs af geografiske underområder i kommunen. Risikokort for de tre førstnævnte typer af oversvømmelser er derfor behandlet ud fra metoder og på grundlag af data, der gør det muligt at levere kvantitative kort i høj opløsning og sammenlignelige på tværs af oversvømmelsestype og lokalitet.

For grundvand er det ikke muligt at etablere egentlige oversvømmelseskort, hvorfor risici fra grundvand er behandlet mere kvalitativt med henblik på udpegning af områder, hvor kommunen bør udvise særlig bevågenhed i forbindelse med lokalplaner og lign.



## 3 Metoder og data

### 3.1 Generelt om beregning af risikokort

#### 3.1.1 Definitioner og beregningsmetode

Risiko defineres som:

$$\text{Risiko} = \text{Sandsynlighed} \times \text{Konsekvens}$$

Risikokort for en given type oversvømmelse er med andre ord et kort over risikoen defineret som sandsynligheden for oversvømmelse multipliceret med de skader, som oversvømmelsen vil forårsage - beregnet og summeret op for alle tænkelige oversvømmelseshændelser fra de hyppige til de ekstremt sjældne.

Ved en sådan beregning kan man regne sig frem til - og kortlægge:

$$\text{Forventede Årlige Omkostninger} = \text{Estimated Annual Damages (EAD)}$$

Til at beskrive oversvømmelsens **sandsynlighed**, altså om en oversvømmelse sker hyppigt eller sjældent, benytter man begrebet gentagelsesperiode. En oversvømmelse med en gentagelsesperiode på 10 år vil i gennemsnit forekomme én gang for hvert 10 år. For at kunne beregne EAD skal man kende oversvømmelsernes omfang for en række forskellige gentagelsesperioder. Disse skal være angivet i form af oversvømmelseskort med vanddybder i hvert punkt - hver celle - i kortet.

Til at beskrive oversvømmelsens **konsekvens** skal man kende en skadekurve - igen i form af et kort med en skadekurve for hvert punkt (hver celle) i kortet. Skadekurven beskriver konsekvensen i form af skader ved en given oversvømmelse i kr./m<sup>2</sup>. Skadekurven for en given celle afhænger af, hvilken type af værdi (også kaldet asset), der befinder sig på denne lokation - om det er en bygning, en vej, en mark eller noget fjerde.

For at beregne EAD har man med andre ord brug for:

- Oversvømmelseskort for en række gentagelsesperioder
- Kort med værdier (assets) og tilknyttede skadekurver

Til fortolkning af disse to datasæt har man desuden brug for højdedata - også kaldet digitale terrændata eller DEM-data. DEM-data benyttes typisk både ved beregningerne af oversvømmelseskortene og til den efterfølgende automatiske fortolkning af sammenhængen mellem oversvømmelser og skader. Det er vigtigt for beregningernes validitet, at der benyttes de samme DEM-data i de to dele af processen.

Ovenstående gælder helt generelt uanset oversvømmelsestype og uanset hvilket klimascenarie, der er tale om.

#### 3.1.2 Kortlægning af værdier og skadekurver

Som grundlag for risikoberegningerne i dette projekt gælder endvidere, at der er anvendt éns skadekurver uanset typen af oversvømmelse og uanset det givne klimascenarie. Dette er et bevidst valg, som har til formål at sikre sammenlignelighed af EAD-kortene, således at prioritering af indsatser kan ske på et ensartet grundlag.

Valget af værdier (assets), som er taget i betragtning i beregningerne af EAD-kort, er sket i samråd med Vordingborg Kommune.





For hver værditype (asset klasse) beskrives skadekurven i dette projekt ved to parametre:

1. En tærskelværdi, som er en minimumsvanddybde, der udløser en skade
2. En skadestørrelse, som er skaden i kr. per m<sup>2</sup>, når tærskelværdien overskrides

De valgte asset klasser med tilhørende parametre er vist i Tabel 3-1 herunder.

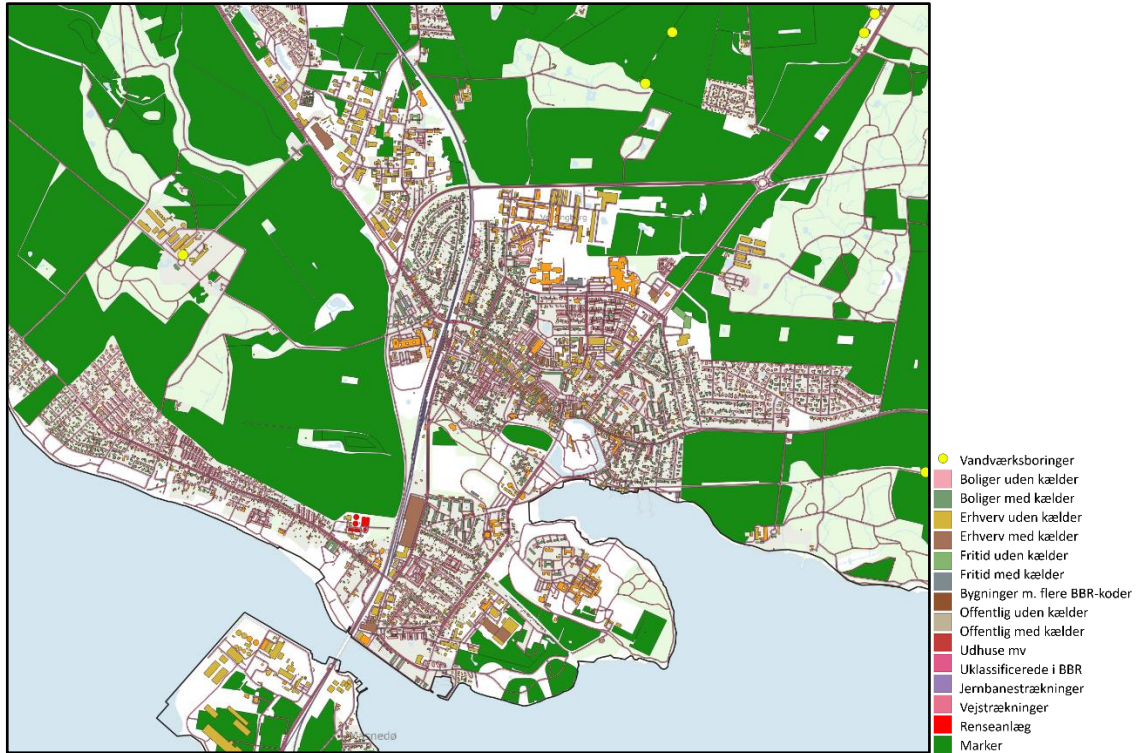
Tabel 3-1 *Asset klasser, antal assets og tilhørende nøgleparametre*

	<b>Antal</b>	<b>Tærskel for skade (cm)</b>	<b>Skade (kr./m<sup>2</sup>)</b>
Beboelse med kælder	5.549	25	550
Beboelse uden kælder	17.031	25	1.200
Erhverv med kælder	313	25	550
Erhverv uden kælder	8.542	25	1.200
Offentlig med kælder	197	25	550
Offentlig uden kælder	462	25	1.200
Fritid med kælder	138	30	360
Fritid uden kælder	6.196	30	720
Udhuse m.v.	39.742	30	120
Uklassificerede BBR registreringer	1.900	30	550
Renseanlæg	32	25	500.000
Vandværksboringer	142	10	100.000
Vejstrækninger	26.916	40	12
Jernbanestrækninger	52	40	3
Landbrugsarealer	6.035	20	0,3
<b>Totale antal enheder</b>	<b>113.247</b>		

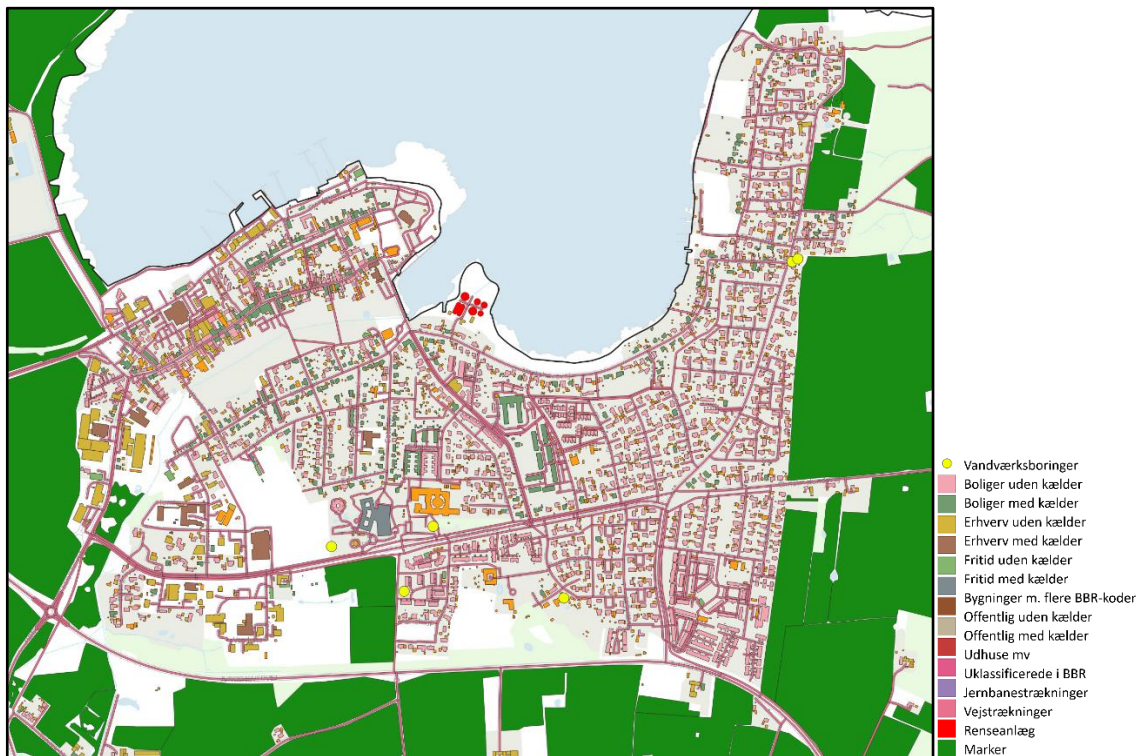
Det skal bemærkes, at skadeværdierne for vandværksboringer og for renselanlæg er sat arbitrært og meget højt med henblik på, at skaderne skal være synlige, men ikke nødvendigvis være sammenlignelige med skader på de øvrige assets. Derfor er disse to skadekategorier heller ikke indregnet i de totale skader beregnet for kommunen eller i rangeringen af skader på enkelte oplande. I stedet er resultaterne for vandværksboringer og renselanlæg behandlet særskilt i Afsnit 5.7.

Den geografiske kortlægning af assets er fastlagt ud fra BBR-data og data for renselanlæg og vandværksboringer udtrukket til projektet af Vordingborg Kommune suppleret med offentligt tilgængelige data (SDFE) for assets andre end bygninger.

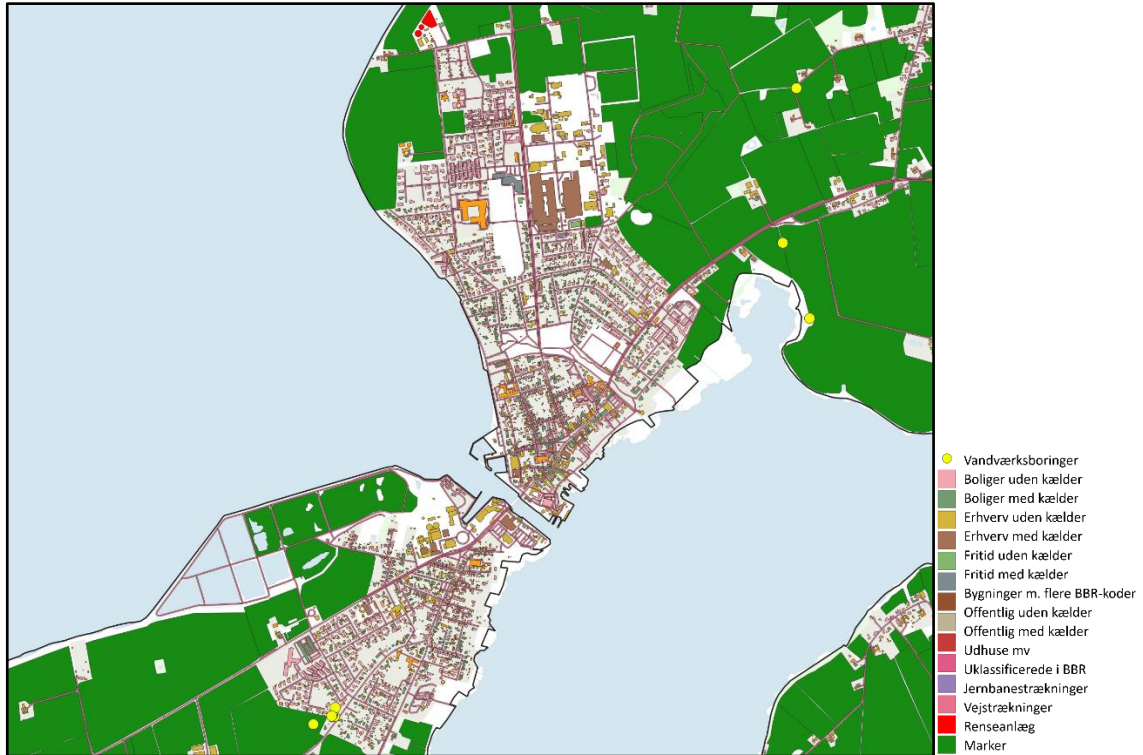
Assets er kortlagt i samme opløsning som anvendt ved EAD-beregningerne. Figur 3-1 – Figur 3-4 viser de anvendte asset kort for Vordingborg By, Præstø og Stege henholdsvis hele Vordingborg Kommune.



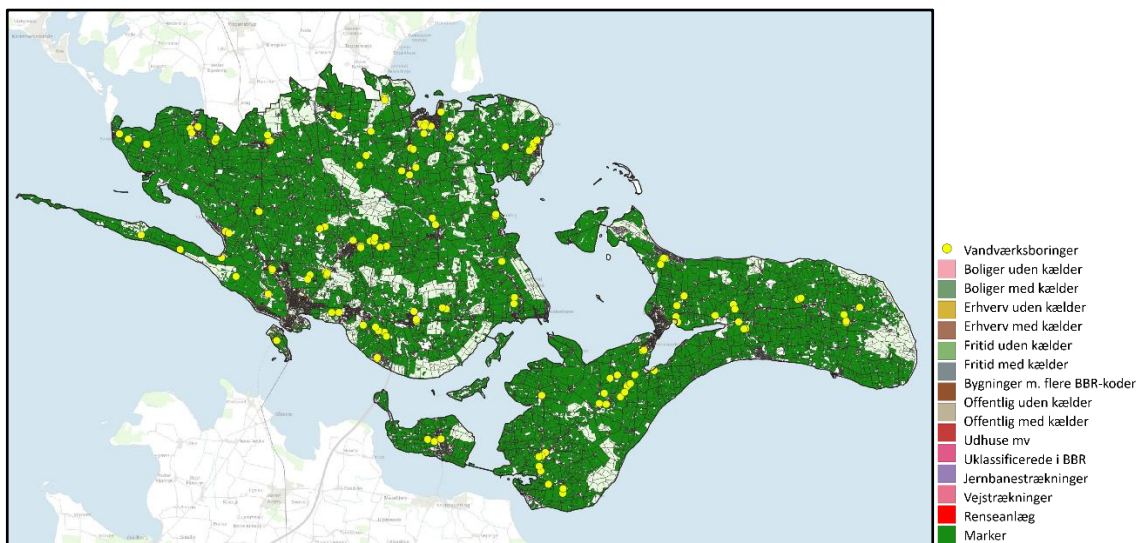
Figur 3-1 Kort over assets anvendt i projektet, Vordingborg By



Figur 3-2 Kort over assets anvendt i projektet, Præstø



Figur 3-3 Kort over assets anvendt i projektet, Stege



Figur 3-4 Kort over assets anvendt i projektet, Vordingborg Kommune

### 3.1.3 Beregning af risikokort - UCAT

Selve beregningerne af risikokort – kort over EAD - er gennemført ved hjælp af **UCAT** – en suite af software udviklet af CBMC Group specifikt til risiko-baseret planlægning af klimatilpasning.

UCAT kombinerer oversvømmelseskort med kort over skadekurver og højde-data (digitale terrændata) til beregning af risikokort i høj opløsning. UCAT kan anvende oversvømmelseskort fra mange kilder, f.eks. Scalgo Live, MIKE





FLOOD, eller simple GIS-beregninger af oversvømmelser fra hav. UCAT er primært et screeningsværktøj, som er målrettet til at finde områder med høj risiko for skader fra oversvømmelser. UCAT kan dog også benyttes med oversvømmelseskort beregnet med dynamiske modeller (f.eks. DHIs MIKE FLOOD eller CBMC Groups Dynamic2D) og kan derfor også benyttes til en egentlig optimering af klimatilpasningsløsninger.

UCAT regner hurtigt og effektivt og er derfor også velegnet til scenarie-beregninger og følsomhedsanalyser.

I nærværende projekt er alle EAD-beregninger for alle typer oversvømmelser og alle klimascenarier gennemført med brug af UCAT. UCAT-beregningerne er gennemført med en opløsning på 1,6 m x 1,6 m.

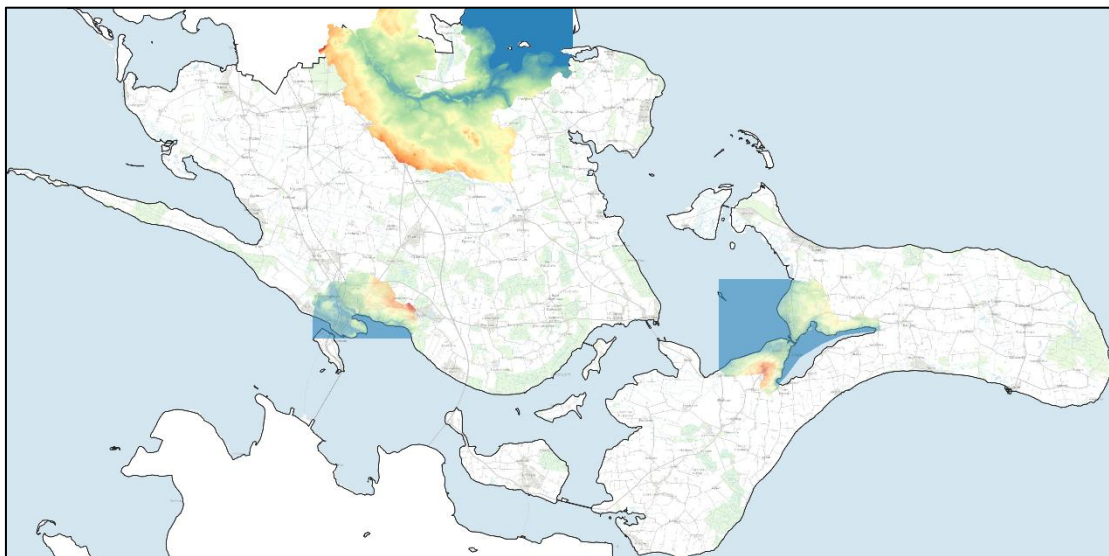
UCAT-resultaterne kan aggregeres på forskellige måder for at gøre dem lettere at overskue og mere praktiske at anvende. I dette projekt er anvendt aggregering på for forskellige typer af oplande jf. Afsnit 5.

### 3.2 Oversvømmelseskort for nedbør

Projektets risikokort relateret til nedbør (skybrud) er beregnet på grundlag af oversvømmelseskort, som er tilvejebragt på to forskellige måder:

- For de tre største byer (Vordingborg, Præstø og Stege) er anvendt oversvømmelseskort, som er resultater fra simuleringer gennemført med brug af Dynamic2D – et simuleringsværktøj udviklet af CBMC Group.
- For alle andre dele af Vordingborg Kommune er anvendt oversvømmelseskort beregnet med UCAT på grundlag af data fra Dataforsyningen – datasættet DHM\_Bluespot\_Ekstremregn.

Figur 3-5 viser de delområder af Vordingborg Kommune, for hvilke der er simuleret og benyttet Dynamic2D resultater i risikokortlægningen.



Figur 3-5 Kort over områder, hvor Dynamic2D simuleringer er gennemført



### 3.2.1 Klimascenarier – Dynamisk Modellering

Dynamic2D simuleringer af oversvømmelser er gennemført for 7 netto-nedbørsmængder for hvert opland. Disse er omregnet til ækvivalente gentagelsesperioder ved hjælp af metoderne anvist af Spildevandskomiteens Skrift 30 (REF. /1/) og det tilhørende regneark: "regionalregnrække\_ver\_4\_1". Ved beregningerne er der fratrukket nedbør svarende til en 5-års gentagelsesperiode af samme varighed. Dette skal tage hensyn til effekten af afløbssystemet. De resulterende nettoregnmængder udgør med andre ord et estimat af den regnmængde, som netto bidrager til strømning af vand på overfladen – og derfor potentielt til oversvømmelser og deraf følgende skader.

Nettonedbørsmængderne svarer til forskellige gentagelsesperioder for hvert af de tre klimascenarier. De to største nettonedbørsmængder indgår kun i UCAT beregningerne for henholdsvis scenarie 2120 (begge nedbørsmængder) og 2070 (kun den næststørste nedbørsmængde). Tabel 3-2 viser den samlede tabel over nettonedbørsmængder og gentagelsesperioder.

Tabel 3-2 *Nettonedbørsmængder og tilsvarende gentagelsesperioder for Dynamic2D simuleringer*

Nedbør (mm)	Gentagelsesperiode (år)		
	Nutid	2070	2120
6	12	11	8
12	25	20	13
21	64	45	23
30	144	87	36
52	690	260	82
70		458	128
120			260

### 3.2.2 Dynamisk modellering - fremgangsmåde

Modeller baseret på Dynamic2D beregner den tidslige variation af vanddybder og strømningshastigheder i et kvadratisk beregningsnet. Beregningerne sker med hensyntagen til randbetingelser (tidsvarierende vandstande eller strømninger på modellens ydre rande) såvel som tidsvarierende nedbør og evt. nedsivning.

Dynamic2D benytter data fra en digital terrænmodel (DTM) til at beskrive topografien i modelområdet. Nærmere bestemt anvendes DTM-datasættet fra SDFE – omregnet til den anvendte modelopløsning, som er 1,6 m. DTM-datasættet er bevidst valgt frem for DHYMRain, som er den hydrologisk tilpassede terrænmodel, idet rørunderføringer og lign. kan fungere som blokader for vandets bevægelser og dermed påvirke vanddybderne i modelområderne.

Det hydrologiske tilpasningslag fra SDFE anvendes til en tilnærmet beskrivelse af vejunderføringer, rørlagte vandløbsstrækninger, m.v., idet disse strukturer indlejres i Dynamic2D modellen.



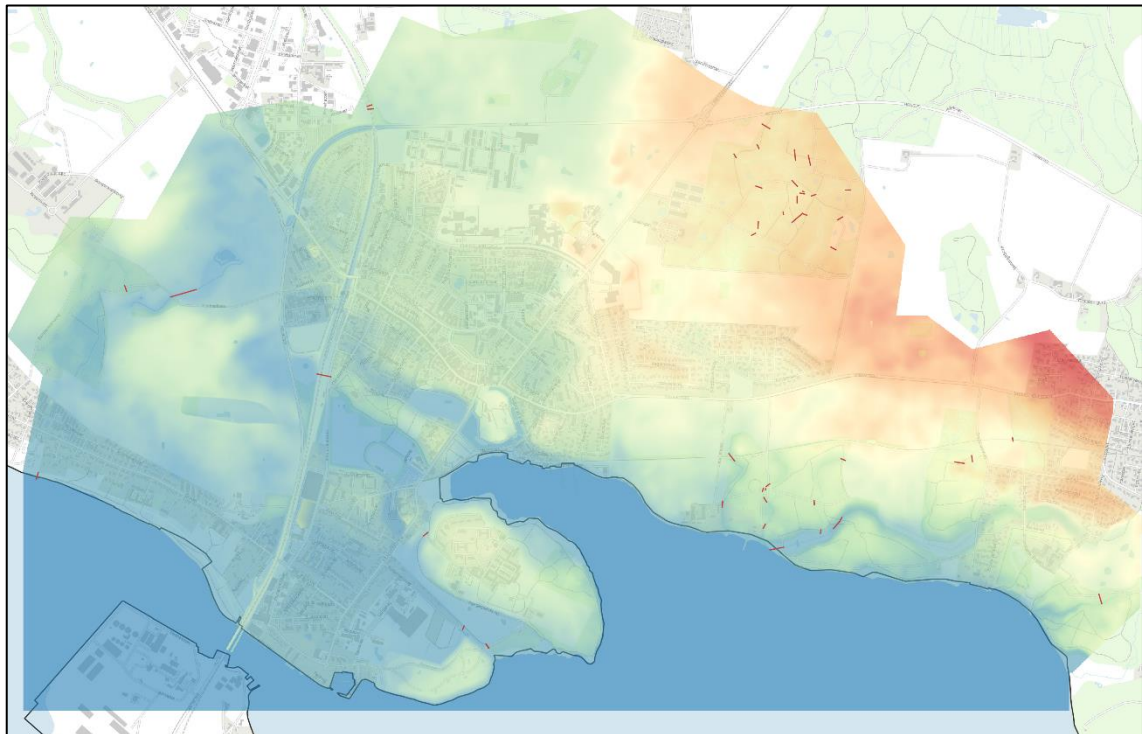
Bygninger repræsenteres i modellen i form af celler, som er hævet 4 m over terræn.

Nettonedbøren fra Tabel 3-2 påføres Dynamic2D modellen som en tidsserie startende ved simuleringens start og med en varighed af 2 timer. Nedbørens tidsvariation følger en Gaussisk fordelingsfunktion. Efter nedbørens ophør kører simuleringen videre i 6 timer (10 timer for Præstømodellen) for at sikre, at vandstanden overalt i modellen har nået sit maksimum.

Maksimumvanddybden i hver model-celle gemmes i et oversvømmelseskort, som efterfølgende udgør input til UCAT-beregningerne.

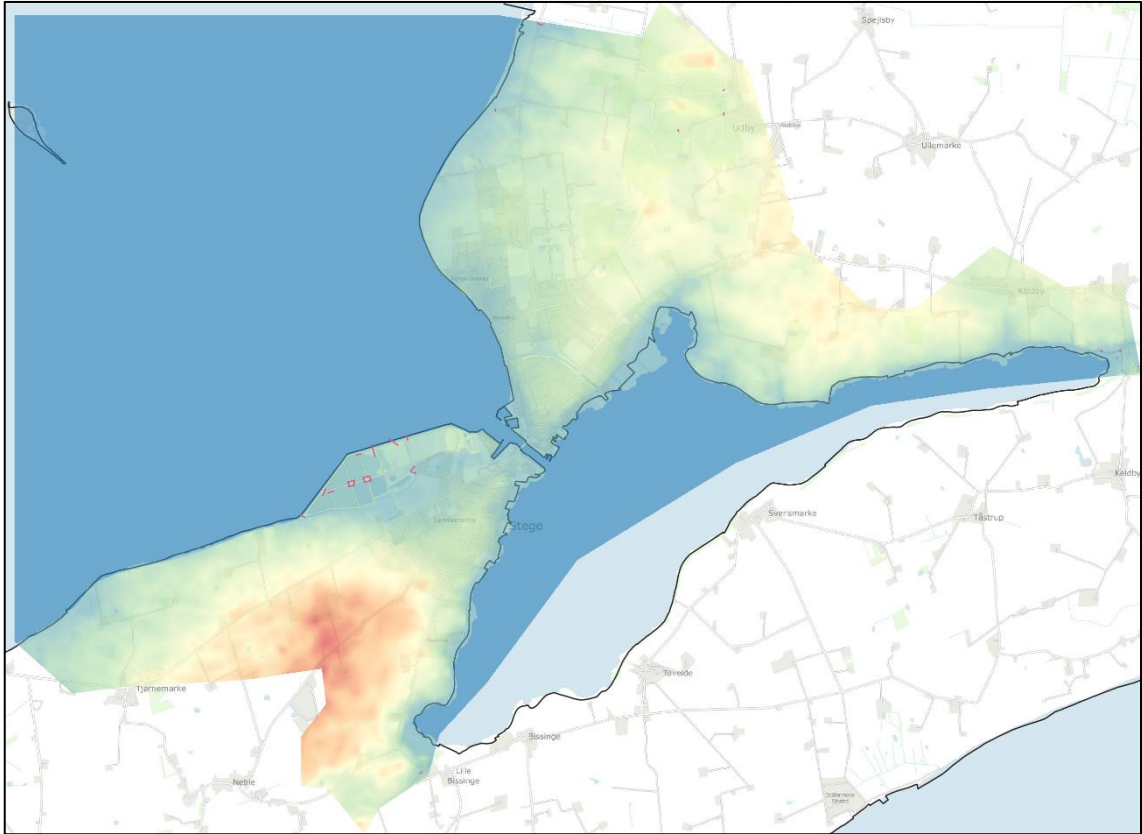
Figur 3-6 til Figur 3-8 viser de tre modelområder og herunder også de indgående elementer fra tilpasningslaget.

En kort beskrivelse af Dynamic2D er vedhæftet som Anneks A.

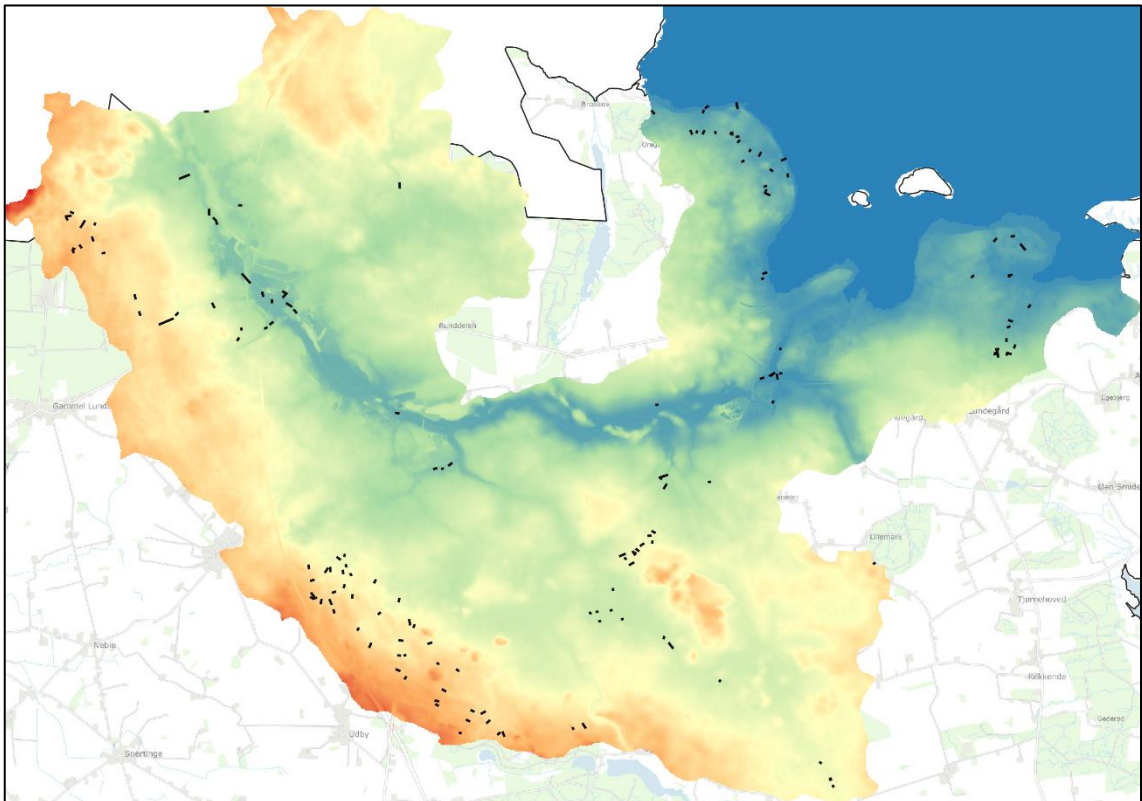


Figur 3-6 Modeltopografi for Vordingborg by-modellen inklusive elementer fra tilpasningslaget (røde linjer)





Figur 3-7 Modeltopografi for Stege-modellen inklusive elementer fra tilpasningslaget (røde linjer)



Figur 3-8 Modeltopografi for Præstø-modellen inklusive elementer fra tilpasningslaget (sorte linjer)



### 3.2.3 Oversvømmelseskort for områderne uden for de tre største byer

For områder uden for de tre største byer er beregningerne af risikokort – EAD-kort – baseret på oversvømmelseskort etableret ud fra data fra Dataforsyningen, nærmere bestemt: datasættet DHM\_Bluespot\_Ekstremregn (kaldet: Bluespot-kort).

UCAT omregner dette datasæt til oversvømmelseskort for en given ekstrem-nedbør. Det sker med brug af DEM-data fra datasættet DHM/Nedbør, som er en terrænmodel, hvor der er indarbejdet hydrologiske tilpasninger. Det inkluderer f.eks. strømningsveje under vejbroer, rørlagte dele af vandløb, etc.

Oversvømmelseskort er etableret for en serie af ekstrem-nedbørsmængder. Til hver af disse oversvømmelseskort svarer en gentagelsesperiode for hvert af de tre klimascenarier. Ved beregningen af disse gentagelsesperioder er der taget hensyn til:

- Nedbørsforhold for ekstremregn specifikt for Vordingborg Kommune. Der er anvendt regnsummer svarende til 2-timers CDS-serier.
- Reduktion i nedbøren svarende til et serviceniveau på 5 år. Nettonedbøren til en given gentagelsesperiode er altså en nedbørssum, som findes ved at fratække en nedbørssum for en 5-års hændelse fra nedbørssummen for den givne gentagelsesperiode.

Nettonedbøren er beregnet med afsæt i serviceniveaubetragtninger, ud fra en betragtning om, at hovedparten af de forventede skader findes i bebyggede områder, som er kloakerede. For ikke-kloakerede områder er tilnærmelsen mindre fysisk korrekt, idet der i disse områder i stedet burde fratrækkes et bidrag fra nedsvivning. Eftersom denne varierer geografisk efter jordbundsforhold m.v. og også er afhængigt af den aktuelle mætningsgrad af jorden og i betragtning af skadernes forventelige udbredelse, anses tilnærmelsen for at være forsvarlig.

De anvendte ekstrem-nedbørsmængder og deres ækvivalente gentagelsesperioder for de tre klimascenarier er vist i Tabel 3-3.

Tabel 3-3 *Ækvivalente gentagelsesperioder for Bluespot nedbørsmængder*

Nedbør (mm)	Gentagelsesperiode (år)		
	Nutid	2070	2120
10	19	16	11
20	55	40	20
30	113	82	35
40	284	145	52
50	550	227	73
65	1288	377	109
80	2654	547	149
95		730	190
120			260



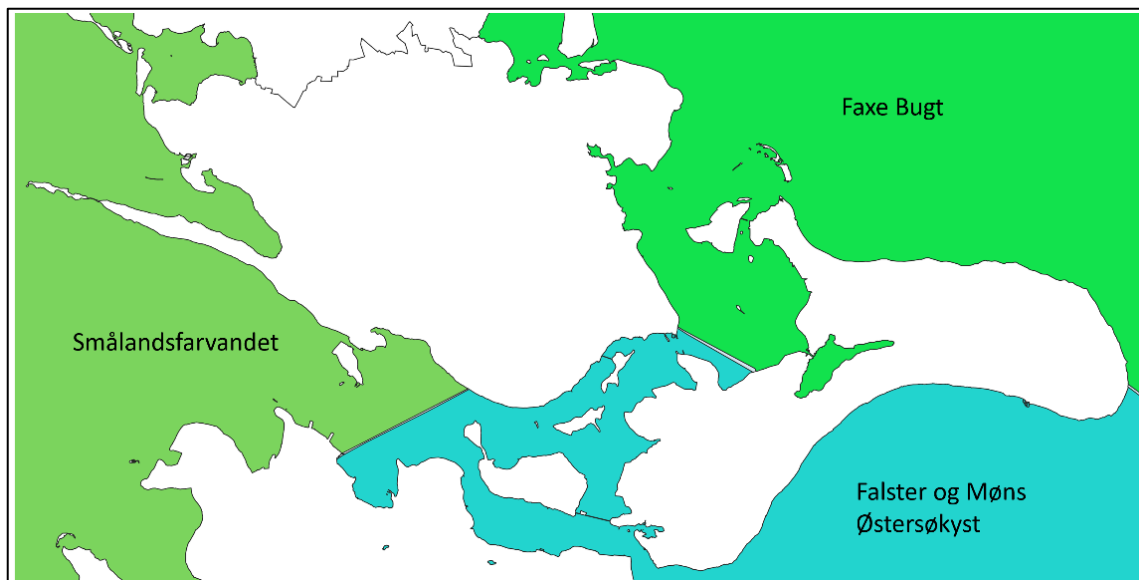
### 3.2.4 Endelige risikokort for nedbør

De endelige risikokort for nedbør er sammensat ud fra UCAT-resultater for henholdsvis de tre største byer (EAD baseret på Dynamic2D simuleringer) og UCAT-resultater for de øvrige dele af kommunen (EAD baseret på bluespot kort).

### 3.3 Oversvømmelseskort for havvand

Vordingborg Kommune omkranses af hav fra tre sider. Eksponeringen for stormfloder – og til dels tidevandet – er forskellig for de forskellige farvande omkring kommunen. Beregninger af oversvømmelseskort, inklusive kort for fremtidsscenerier må derfor tage højde for disse forskelle.

Figur 3-9 viser opdelingen af farvandene omkring Vordingborg Kommune, således som den fremgår af "Klimaatlas" (REF. /2/).



Figur 3-9 Farvandene omkring Vordingborg Kommune (Kilde: REF. /2/)

#### 3.3.1 Klimascenarier – Ekstremvandstande

I Klimaatlas finder man ekstremvandstande for alle danske kystfarvande inklusive fremskrivninger efter forskellige klimascenarier. Der er angivet ekstremvandstande med gentagelsesperioder 20, 50 og 100 år samt, for nogle farvande, 10.000 års gentagelsesperiode.

Fremskrivningsestimater er angivet for 50 og 100 år og for de to CO<sub>2</sub>-udledningsscenerier RCP4.5 hhv. RCP8.5. Til DK2020-formål anbefales det at bruge RCP4.5 til fremskrivningen med 50 år og RCP8.5 til fremskrivningen med 100 år.

Tabel 3-4 til Tabel 3-6 viser de ekstremvandstande, beregnet efter ovenstående fremgangsmåde, som er lagt til grund for de efterfølgende oversvømmelsesberegninger for de kyststrækninger, der ligger inden for de tre farvandsområder.



Tabel 3-4 *Ekstremvandstande til oversvømmelsesberegninger for farvandsområdet Falster og Møns Østersøkyst*

Gentagelsesperiode (år)	Vandstand (m)		
	Nutid	2070	2120
10	1,46	1,68	2,00
20	1,51	1,73	2,05
50	1,57	1,79	2,11
100	1,62	1,84	2,16
1.000	1,78	2,00	2,32
10.000	1,93	2,15	2,47

Tabel 3-5 *Ekstremvandstande til oversvømmelsesberegninger for farvandsområdet Faxe Bugt*

Gentagelsesperiode (år)	Vandstand (m)		
	Nutid	2070	2120
10	1,36	1,55	1,88
20	1,40	1,59	1,92
50	1,46	1,65	1,98
100	1,50	1,69	2,02
1.000	1,64	1,83	2,16
10.000	1,79	1,98	2,31

Tabel 3-6 *Ekstremvandstande til oversvømmelsesberegninger for farvandsområdet Smålandsfarvandet*

Gentagelsesperiode (år)	Vandstand (m)		
	Nutid	2070	2120
10	1,36	1,56	1,89
20	1,43	1,63	1,96
50	1,53	1,73	2,06
100	1,60	1,80	2,13
1.000	1,84	2,04	2,37
10.000	2,09	2,29	2,62



### 3.3.2 Oversvømmelseskort

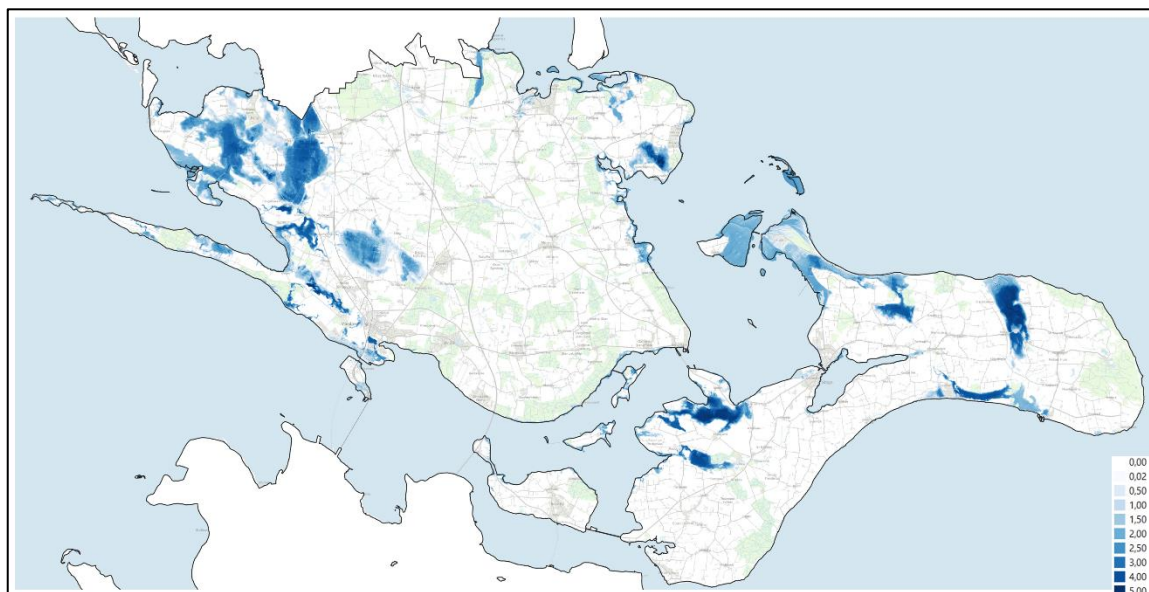
Oversvømmelseskort for de havvandstande, som er angivet i Tabel 3-4 til Tabel 3-6 er beregnet ud fra bluespot-kort fra SDFE, nærmere bestemt kortsættet "DHM/Havvand på Land".

DHM/Havvand på Land viser hvilke arealer, der bliver oversvømmet ved en given havvandstand. Disse arealer er karakteriseret ved, at de har en åben forbindelse til havet, og arealets niveaokote ligger samtidig under den givne havvandstand. Der tages ikke højde for størrelsen af åbningen ud mod havet, og dermed er der heller ingen information om, hvor lang tid der går, før arealet vil blive oversvømmet efter, at den givne havvandstand er nået. Værdien i hver celle på kortet angiver det laveste havniveau, der fører til oversvømmelse af cellen.

I "DHM/Havvand på Land" er sluser og lignende lukkede, så vand ikke strømmer via disse veje, som formodes spærret i en højvandssituation.

Omkring Vordingborg er der anvendt en modificeret terrænmodel og tilhørende bluespot-kort, da terrænmodellen fra SDFE ikke indeholder de korrekte digekoter ud for Vordingborg. På baggrund af kort fra Vordingborg Kommune er digekoten fra Masnedsundbroen til Havstokken i vest blevet korrigeret til kote +2,2m. Tilsvarende er diget mellem Trellemarksvej og Færgegaardsvej blevet korrigeret til kote +2,0m. CBMC's egenudviklet bluespotsprogram er efterfølgende anvendt til bestemmelse af de tilhørende vanddybder for de berørte områder.

Figur 3-10 viser et eksempel på et oversvømmelseskort beregnet ud fra "DHM/Havvand på Land".



Figur 3-10 Eksempel på oversvømmelseskort for et havniveau på 2,47 m beregnet ud fra "DHM/Havvand på Land".

### 3.4 Oversvømmelseskort for vandløb

Oversvømmelseskort i høj opløsning for ekstremhændelser for vandløb kan hentes på [oversvommelse.kyst.dk](http://oversvommelse.kyst.dk) for tre gentagelsesperioder: 20, 100 og



1000 år. Der er tale om beregninger gennemført med ikke-dynamiske modeller og gældende for klimascenariet "Nutid".

Der findes ikke tilsvarende oversvømmelseskort for fremtidige klimascenarier. Der findes heller ikke klare anbefalinger af, hvordan fremtidige oversvømmelser skal estimeres.

I dette projekt er det derfor valgt at benytte en fremgangsmåde, som indebærer et estimat af de ækvivalente gentagelsesperioder for de tre eksisterende oversvømmelseskort for de to fremtidige klimascenarier.

GEUS har anslået, at maximum-afstrømninger i åer i Østdanmark kan forventes at stige med ca. 25% frem imod 2070 og med ca. 50% frem imod 2100-2120. (REF. /3/).

Det kan med rimelighed antages, at ekstrem-afstrømning og ekstrem-vandstand følges ad. Samme afstrømning vil give samme vandstand nu og i de fremtidige scenarier. Med den antagelse, og med brug af afstrømningsdata fra stationer i nærheden af Vordingborg - fra samme GEUS-rapport - finder man de ækvivalente gentagelsesperioder vist i Tabel 3-7.

EAD for de tre klimascenarier er derfor beregnet med UCAT på grundlag af disse oversvømmelseskort og tilhørende ækvivalente gentagelsesperioder.

Tabel 3-7 *Ækvivalente gentagelsesperioder (år) for oversvømmelseskort for vandløb*

<b>Nutid</b>	<b>2070</b>	<b>2120</b>
20	10	5
100	35	15
1000	200	60





## 4 Beregningsforudsætninger og -begrænsninger

I projektet er der anvendt beregningsværktøjer, som er velegnede til screeningsstudier af større områder, da de regner hurtigt og kan håndtere store datamængder effektivt. Det drejer sig om følgende værktøjer:

### **DHM\_Bluespot\_Ekstremregn** og **DHM/Havvand på Land**.

DHM\_Bluespot\_Ekstremregn og DHM/Havvand på Land er datasæt, som viser i celler á 0,4 m x 0,4 m opløsning, hvor stor en nedbørsmængde der skal til, for at den pågældende celle oversvømmes henholdsvis hvor høj en havvandstand, der skal til, for at cellen oversvømmes. Datasættene dækker hele Danmark og kan downloades fra Dataforsyningen (SDFE).

Datasættet **DHM\_Bluespot\_Ekstremregn** er beregnet ud fra samme principper, som anvendes i Scalgo Live udviklet af det danske firma Scalgo. Alle beregninger er ikke-dynamiske, hvilket vil sige, at der ikke tages hensyn til den tidslige faktor. Datasættet viser således, hvor vandet fra et skybrud ender – dvs. hvilke lavninger i terrænet, der oversvømmes for en given regnmængde under nogle simplificerede antagelser, herunder:

1. Jævnt fordelt nedbør over hele modelområdet;
2. Mindre lavninger i terræn er fyldt ud;
3. Ugennemtrængelig overflade;
4. Ubegrænset kapacitet af kanaler og rør til at flytte vand uden forsinkelser
5. Ingen hensyntagen til et evt. afløbssystem.

Simplificering nr. 3 er der i projektet taget højde for gennem en reduktion i nedbøren, som modsvarer en anslået naturlig nedsivning.

Datasættet viser som nævnt, hvor i terrænet vandet ender. Resultaterne viser således ikke, hvis vandet har skabt oversvømmelser på sin vej frem til lavningerne. Herunder er det værd at bemærke, at beregningsmetoden antager, at rør, vejunderføringer, grøfter og lignende altid flytter vandet øjeblikkeligt – altså svarende til, at de har uendeligt stor kapacitet. Der sker således ikke opstuvning bag en vej, såfremt der blot går et lille rør under vejen eller hvis røret er (delvist) tilstoppet.

Hvis man vil have effekter i form af vandets strømning på terræn, indtil det når en lavning eller temporær opstuvning bag forhindringer, med, er det nødvendigt at anvende en dynamisk model.

Scalgo Live og DHM\_Bluespot\_Ekstremregn anvendes bredt i Danmark til screeningsstudier, hvorefter man evt. kan anvende en dynamisk model i efterfølgende detailstudier.

På samme måde bygger datasættet **DHM/Havvand på Land** på antagelsen, at vandet finder frem og dækker alle dele af terrænet til samme niveau, som havvandspejlet, uanset hvor længe (eller rettere: hvor kortvarigt) havvandspejlet er i det givne niveau. Dette er naturligvis en tilnærmelse, som man skal have med i betragtning, når man fortolker resultater baseret på dette datasæt – f.eks. hvis beregningerne viser høje skadeværdier i områder, som ligger langt fra kysten.

**UCAT Floodmap** – et støtteværktøj. UCAT Floodmap beregner oversvømmelseskort ud fra DHM\_Bluespot\_Ekstremregn for en given nedbørsmængde. Værktøjet finder alle celler, som oversvømmes for den givne nedbør samt vanddybderne i de pågældende celler.



**Dynamic2D.** Dynamic2D, udviklet af CBMC Group, er et modelleringsværktøj, som udnytter offentligt tilgængelige data til at modellere oversvømmelser hurtigere og mere omkostningseffektivt end tilsvarende modelværktøjer. Oversvømmelser fra skybrud såvel som fra stormflod kan modelleres, og der kan regnes på oversvømmelser i byer såvel som landområder.

Effekten af afløbssystemer medregnes efter netto-nedbør princippet for den del af nedbøren, som falder i kloakerede oplande. Befæstelsesgraden medtages gennem nedsivningen. Effekten af ændringer i serviceniveau for et opland kan derfor også beregnes. Andre klimatilpasningstiltag, som f.eks. klimaveje, forsinkelsesbassiner, m.v. kan også inkluderes i modelleringen.

Dynamic2D beregner det tidslige forløb af oversvømmelser. Værktøjet udgør derfor et naturligt næste skridt efter screening med simple bluespot-værktøjer – eller et naturligt supplement til bluespot-modellering, såfremt man ønsker at medregne det tidslige aspekt. Med Dynamic2D får man belyst en række fysiske forhold, som bluespot-værktøjer ikke er designet til at regne på:

- Effekten af veje, indsnævring og rørlagte vejunderføringer, som forsinker afstrømningen
- Tilsvarende også effekten af forsinkende strukturer til vandparkering og lignende
- Afstrømning og oversvømmelser, som finder sted i perioden fra at regnen rammer terrænet, til vandet når frem til en lavning eller et vandløb/afløbssystem
- Effekten af diger, som oversvømmes kortvarigt, og som derfor stadig har en virkning ved at forsinke og reducere oversvømmelserne fra hav

Anneks A indeholder en mere udførlig beskrivelse af Dynamic2D.

I dette projekt er Dynamic2D anvendt til skybruds-beregningerne i de tre største byer, Vordingborg, Stege og Præstø.

**UCAT** udviklet af CBMC Group. UCAT kombinerer oversvømmelseskort med kort over ejendomme (og andre værdier) til beregning af detaljerede risikokort. UCAT kan anvende oversvømmelseskort fra mange kilder, f.eks. Scalgo Live, DHM\_Bluespot\_Ekstremregn, MIKE FLOOD, Dynamic2D eller simple GIS-beregninger af oversvømmelser fra hav. UCAT er et screeningsværktøj til at finde områder med høj risiko for skader fra oversvømmelser – hvad enten det er oversvømmelser fra skybrud, stormflod eller fra andre fænomener.

Som nævnt anvender UCAT kort over ejendomme som input. Disse er – i dette projekt – trukket fra BBR. For at komme frem til risikokortet bruges også et sæt skadepkurver, som beskriver skaderne på en given type ejendom, såfremt den oversvømmes. I dette studie er der i samråd med Vordingborg Kommune anvendt skadepkurver, som tager udgangspunkt i Miljøstyrelsens PLASK database. Der ligger en simplificering i, at der anvendes én skadepkurve per ejendomstype, men til statistiske beregninger af denne type, er denne simplificering ikke kritisk. Der ligger endvidere en simplificering i, at de anvendte skadepkurver alle er simple on/off kurver. Det vil sige, at der ikke forekommer nogen skader på en bygning (eller anden asset), så længe vandniveauet ikke overskrider en tærskelværdi. Når denne tærskelværdi overskrides, registreres



---

til gengæld fuld skade. UCAT kan også benytte mere komplekse skadekurver, men til screeningsformål anses dette ikke for påkrævet.



## 5 Resultater

### 5.1 Generelt

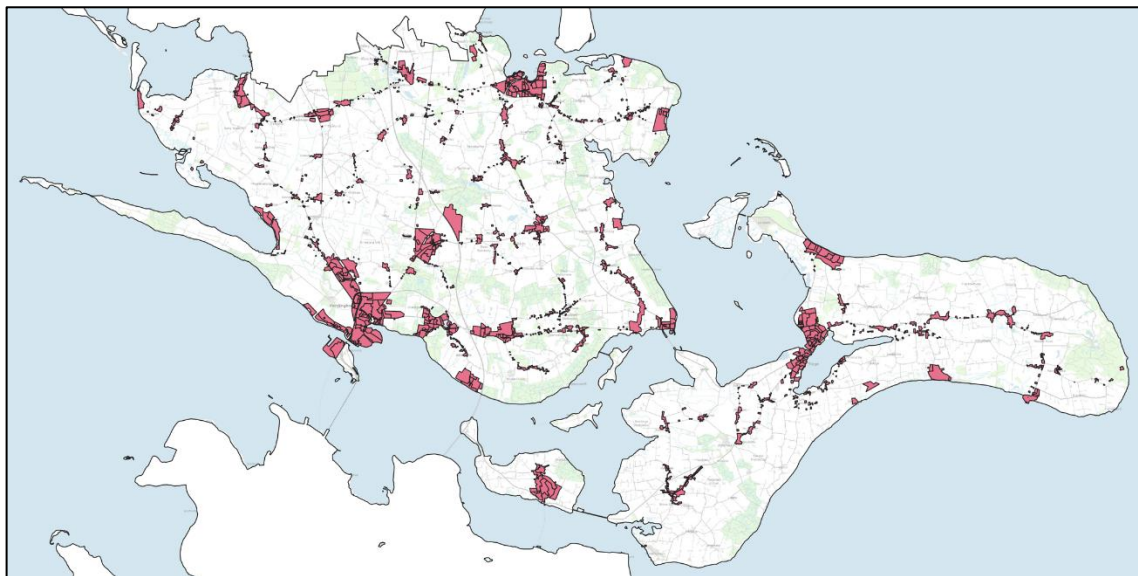
Projektets resultater består primært af risikokort. Disse er dels beregnet med en opløsning på 1,6 m x 1,6 m og dels aggregeret i form af gennemsnit eller totalsum for oplande.

Der er anvendt tre typer af oplande:

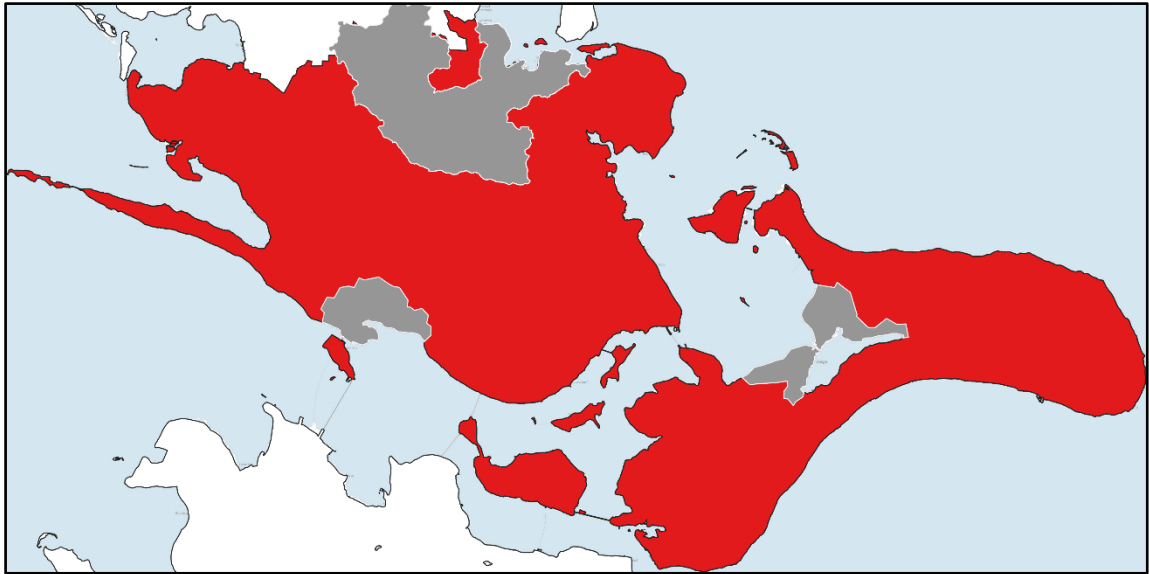
- Oplande for afløbssystemet i kloakerede områder.
- Hydrologiske oplande. Disse er benyttet i alle andre områder for så vidt angår nedbør og i hele Vordingborg Kommune for så vidt angår vandløb. Data for disse er hentet fra Dataforsyningen.
- Risikoområder for stormflod. Disse er områder med høj risiko for skader fra stormfloder, hvor EAD er summeret op for at vise de samlede risici i et antal sammenhængende delområder af kommunen.

Figur 5-1 viser oplande for afløbssystemet.

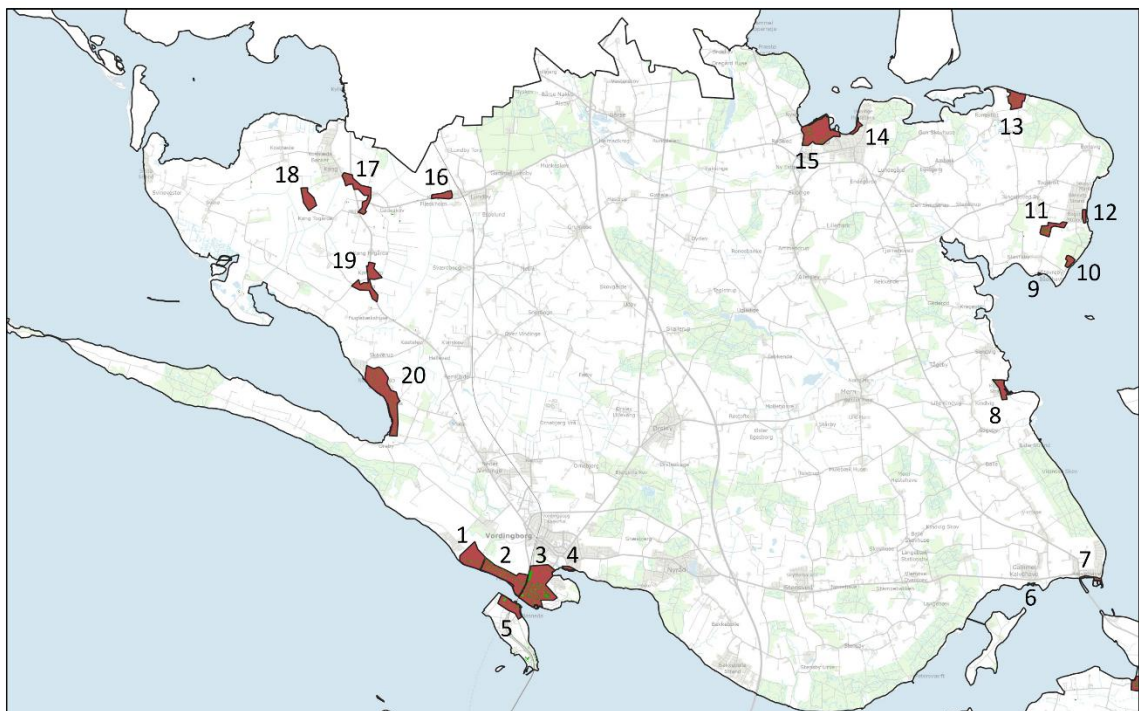
Figur 5-2 viser de områder, som er baseret på henholdsvis bluespot og 2D model resultater. Figur 5-3 og Figur 5-4 viser risikoområder for skader fra stormflod.



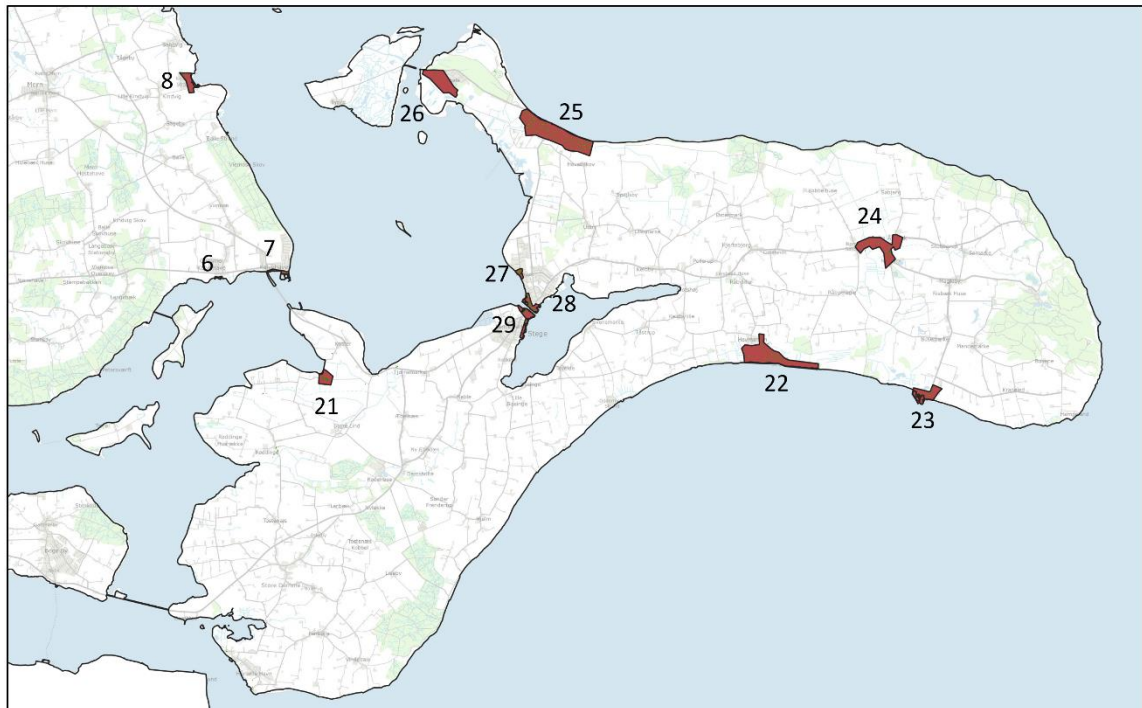
Figur 5-1 Oplande for afløbssystemet



Figur 5-2 EAD-områder baseret på henholdsvis bluespot (rødbrun farveskala) og 2D modellering (grålig farveskala)



Figur 5-3 Risikoområder for stormflod. Vordingborg Kommune Vest. Nummereringen er anvendt i Tabel 5-4



Figur 5-4 Risikoområder for stormflod. Vordingborg Kommune Øst. Nummereringen er anvendt i Tabel 5-4.

Nærværende rapport viser eksempler på risikokort. Der er endvidere afleveret et komplet sæt resultater i digital form, således at Vordingborg Kommune kan analysere videre og producere illustrationer, som passer til den relevante problemstilling.

Udover risikokort i de nævnte formater, er der også etableret lister over de oplande, hvor der er fundet de største risici i kr./m<sup>2</sup>. Sådanne Top-lister er beregnet for hver af de tre oversvømmelsestyper og for hvert af de tre klimascenarier.

## 5.2 Overblik

De forventede årlige skader (EAD) fra oversvømmelser for hele Vordingborg Kommune totalt og for de tre oversvømmelsestyper og tre klimascenarier er vist i Tabel 5-1. Tabel 5-1 inkluderer ikke skader på vandværksboringer eller renseanlæg. Se Afsnit 5.7 for disse.

Tabel 5-1 EAD for hele Vordingborg Kommune

Vordingborg Kommune	EAD (M kr./år)		
	Nutid	2070	2120
<b>Nedbør</b>	29	32	36
<b>Vandløb</b>	4,6	4,8	5,0
<b>Havvand</b>	29	51	86
<b>Total</b>	63	88	127

Det ses, at risikobilledet i dag er i samme størrelsesorden for nedbør og havvand, mens risiko relateret til vandløb er én størrelsesorden mindre.





Frem mod 2070 vil risiko for skader fra havvand vokse og være tæt på det dobbelte af risiko for skader fra nedbør. På den lange sigt vil risiko for skader fra havvand være dominerende.

Disse ændringer er naturligvis under forudsætning af, at klimaændringerne følger de scenarier, der ligger til grund for beregningerne.

### 5.3 Nedbør

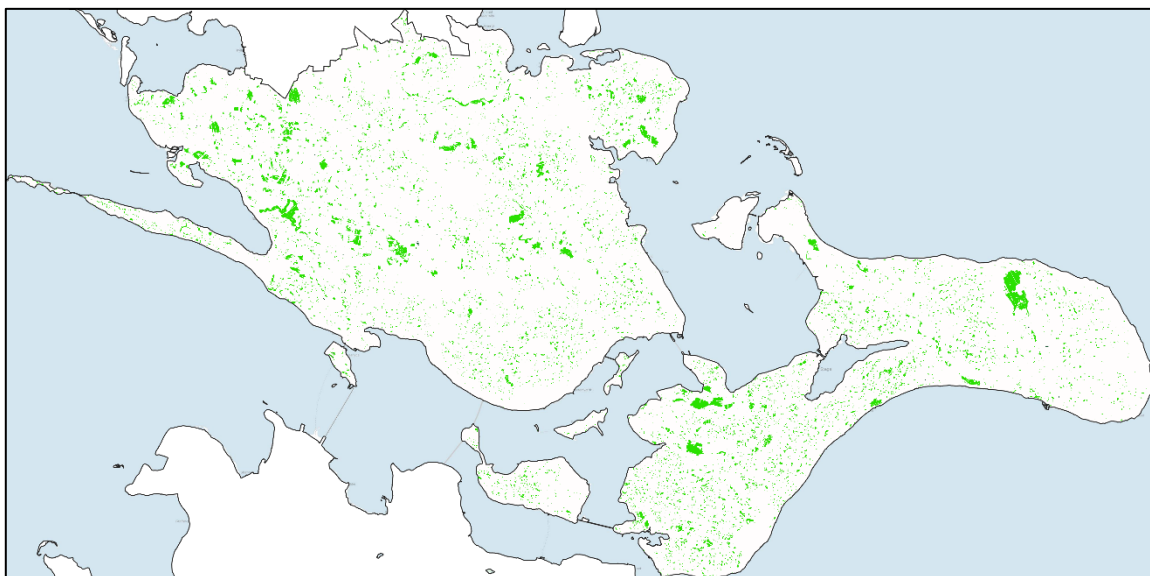
Totalt for Vordingborg Kommune gælder, at der ikke er de store forskelle i EAD for de tre klimascenarier. For de tre byområder, som er beregnet med dynamisk model, er der dog noget større variation for de tre klimascenarier, som det fremgår af Tabel 5-2.

Tabel 5-2 EAD for de tre største byområder

	EAD (M kr./år)		
	Nutid	2070	2120
<b>Vordingborg</b>	1,7	3,9	5,0
<b>Stege</b>	0,5	0,9	1,5
<b>Præstø</b>	2,1	2,8	4,2
<b>Total</b>	4,3	7,6	10,7

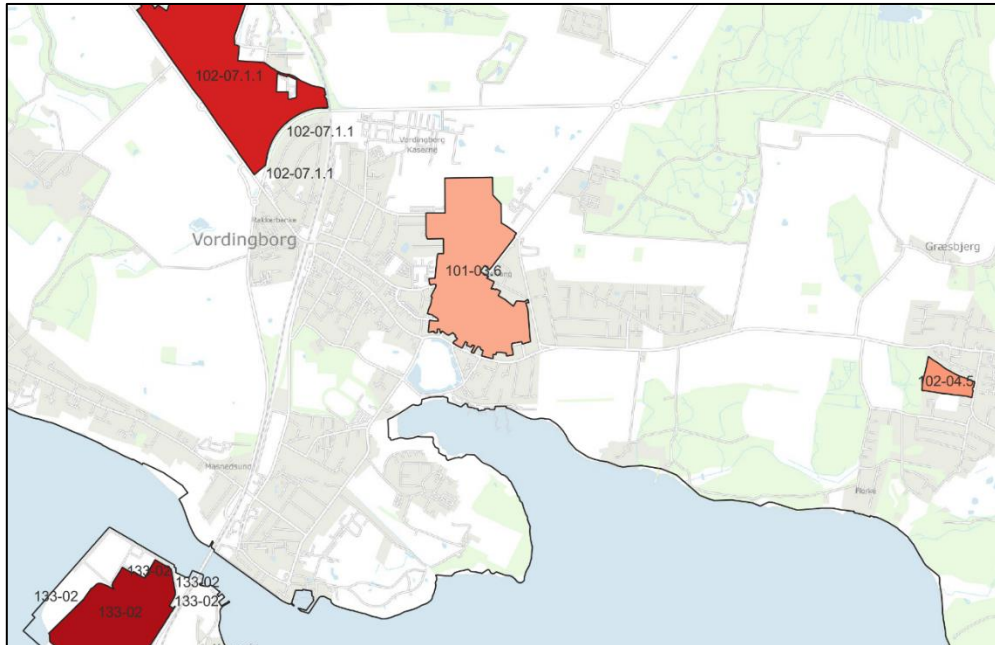
Illustrationerne i dette afsnit er valgt svarende til Scenarie Nutid – medmindre andet fremgår. Data i GIS-format for alle scenarier indgår i de digitale bilag til rapporten.

Figur 5-5 og Figur 5-6 viser EAD i 1,6 m opløsning for hele Vordingborg Kommune henholdsvis Vordingborg By for nedbør og svarende til Nutidsscenarioet. EAD i byområderne Vordingborg, Stege og Præstø er baseret på dynamisk 2D baserede oversvømmelseskort, mens EAD i resten af kommunen er baseret på ikke-dynamiske oversvømmelseskort.



Figur 5-5 EAD for nedbør, Nutidsscenarioet, Vordingborg Kommune





Figur 5-8 EAD Top-15 for kloakoplande i Vordingborg By. Klimascenarie Nutid

Tabel 5-4 er en liste med samtlige kloakoplande i Vordingborg Kommune, som opfylder følgende to kriterier (gældende for klimascenarie 2120):

1. EAD > 300.000 kr./år totalt for kloakoplandet
2. EAD > 1 kr./m<sup>2</sup>/år for kloakoplandet

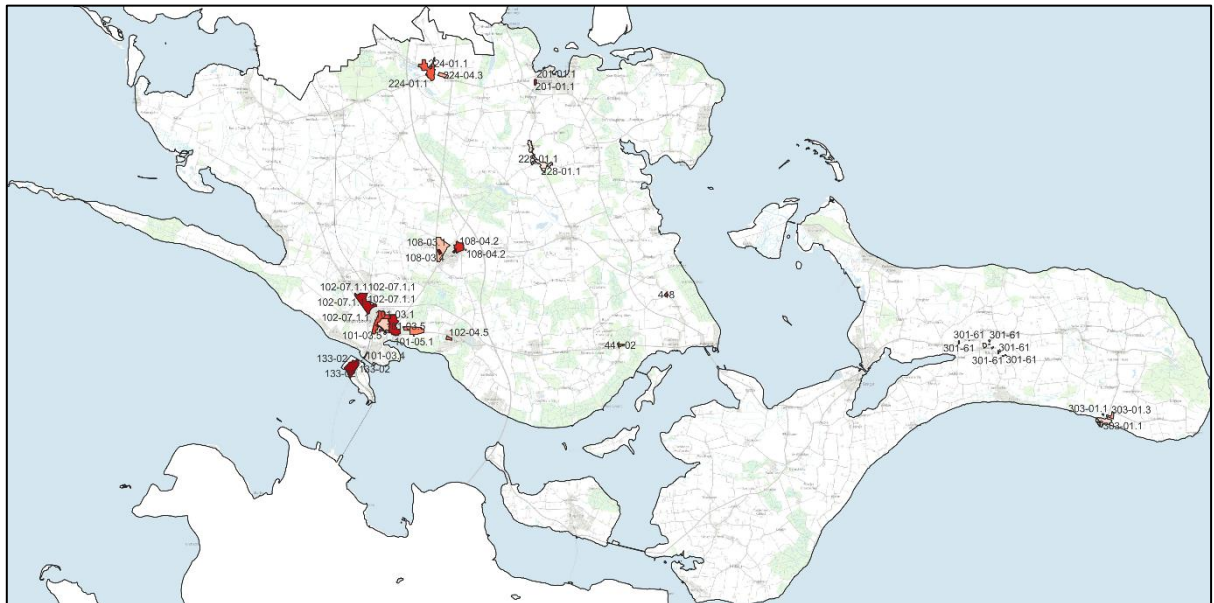
Listen er rangordnet på grundlag af EAD/år.

Tabel 5-3 EAD for kloakoplande for Vordingborg Kommune i scenarie 2120

<b>Kloak-opland ID</b>	<b>EAD (kr. /m<sup>2</sup>/år)</b>	<b>EAD (kr./år)</b>
108-03.4	597,4	2.332.914
133-02	72,9	1.945.118
102-07.1.1	14,0	1.001.619
101-03.6	6,0	956.645
201-01.1	81,1	912.699
108-04.2	594,9	709.107
448	274,9	572.526
101-03.1	3,7	524.283
224-01.1	3,0	496.403
441-02	465,2	470.820
102-04.5	29,3	468.995
101-05.1	4,2	467.993
101-03.4	90,8	440.727
303-01.3	191,5	394.137
224-04.3	11,5	374.245
108-03.1	322,2	371.479
101-03.5	3,2	359.335
303-01.1	197,8	346.871
228-01.1	2,5	329.565
301-61	551,6	314.987



Tabel 5-4 er visuelt illustreret i Figur 5-9. Det skal bemærkes, at nogle kloakoplande består af flere små, ikke-sammenhængende deloplande.



Figur 5-9 EAD Top-20 liste for kloakoplande i Vordingborg Kommune. Klima-scenarie 2120. Farveskalaen er mørk til lys svarende til højeste til laveste EAD.

## 5.4 Havvand

I modsætning til nedbør, så har klimascenarierne væsentlig større betydning for de forventede skader relateret til oversvømmelser fra havet – sådan som det også fremgår af Tabel 5-1. Derfor er de fleste af illustrationerne i dette afsnit også givet for alle tre gennemregne klimascenarier. Oversvømmelser fra havet rammer ikke kun kommunens kystområder, men også områder, som ligger flere kilometer inde i land. Dette kan dog til dels tilskrives den ikke-dynamiske tilgang til oversvømmelseskortene.

Illustrationerne dækker de hårdst ramte områder. Digitale GIS-data for hele Vordingborg Kommune er en del af projektets leverancer.

Tabel 5-4 viser forventede årlige skader (EAD) for de 29 risikoområder, som er vist i Figur 5-3 og Figur 5-4. Nummereringen af risikoområderne refererer til Figur 5-3 og Figur 5-4. Det bemærkes bl.a., at EAD for områderne Vordingborg Ø og Vordingborg V, men også Præstø C og V, vil udvikle sig og være i Top 4 i år 2120.



Tabel 5-4 Kystoplande i Vordingborg Kommune med høje EAD-værdier. Top 4 er markeret med fed skrift for hvert af de 3 klimascenarier.

Nr.	Område	Nutid		2070		2120	
		EAD mio/år	Rang	EAD mio/år	Rang	EAD mio/år	Rang
25	Ulvshale Strand	7,99	<b>1</b>	8,69	<b>2</b>	9,54	<b>2</b>
20	Næs - Skaverup Strand	4,36	<b>2</b>	4,72	<b>3</b>	5,09	5
11	Bønsvig Strand - Over Lyngen	2,95	<b>3</b>	3,02	<b>4</b>	3,13	7
21	Møn Egholmvej	2,62	<b>4</b>	2,63	5	2,66	9
24	Borre	1,29	5	1,65	6	2,5	10
19	Sallerup	0,64	6	0,9	10	1,64	11
28	Stege Nord	0,43	7	1,36	7	2,68	8
18	Køng SV	0,4	8	0,66	11	0,92	
4	Vordingborg Nordhavnsvej	0,28	9	0,29	14	0,32	
23	Klintholm Havn	0,24	10	0,59	12	1,52	13
1	Vordingborg Strandparken	0,17	11	0,46	13	1,32	14
9	Stavreby Strand	0,13	12	0,19		0,36	
29	Stege Syd	0,09	13	0,24	15	1,24	15
7	Kalvehave	0,08	14	0,16		0,4	
15	Præstø C og V	0,07	15	1,02	9	5,98	<b>4</b>
8	Kindvig Strand	0,06		0,16		0,26	
17	Køng SØ	0,05		0,18		0,82	
3	Vordingborg Øst	0,04		13,3	<b>1</b>	16,8	<b>1</b>
6	Gammel Kalvehave	0,04		0,05		0,05	
5	Masnedø	0,03		0,23		1,58	12
27	Stege Sundvejsområdet	0,03		0,18		0,78	
14	Præstø Hestehavevej	0,03		0,04		0,13	
2	Vordingborg Vest	0,02		0,02		7,8	<b>3</b>
26	Ulvshale	0,02		0,15		0,42	
16	Lundby Vest	0,02		0,08		0,17	
12	Bønsvig Strand	0,02		0,06		0,11	
22	Råbylille Strand	0		0		3,42	6
13	Roneklint Strand	0		1,1	8	1,16	
9	Stavreby Havn	0		0,05		0,06	

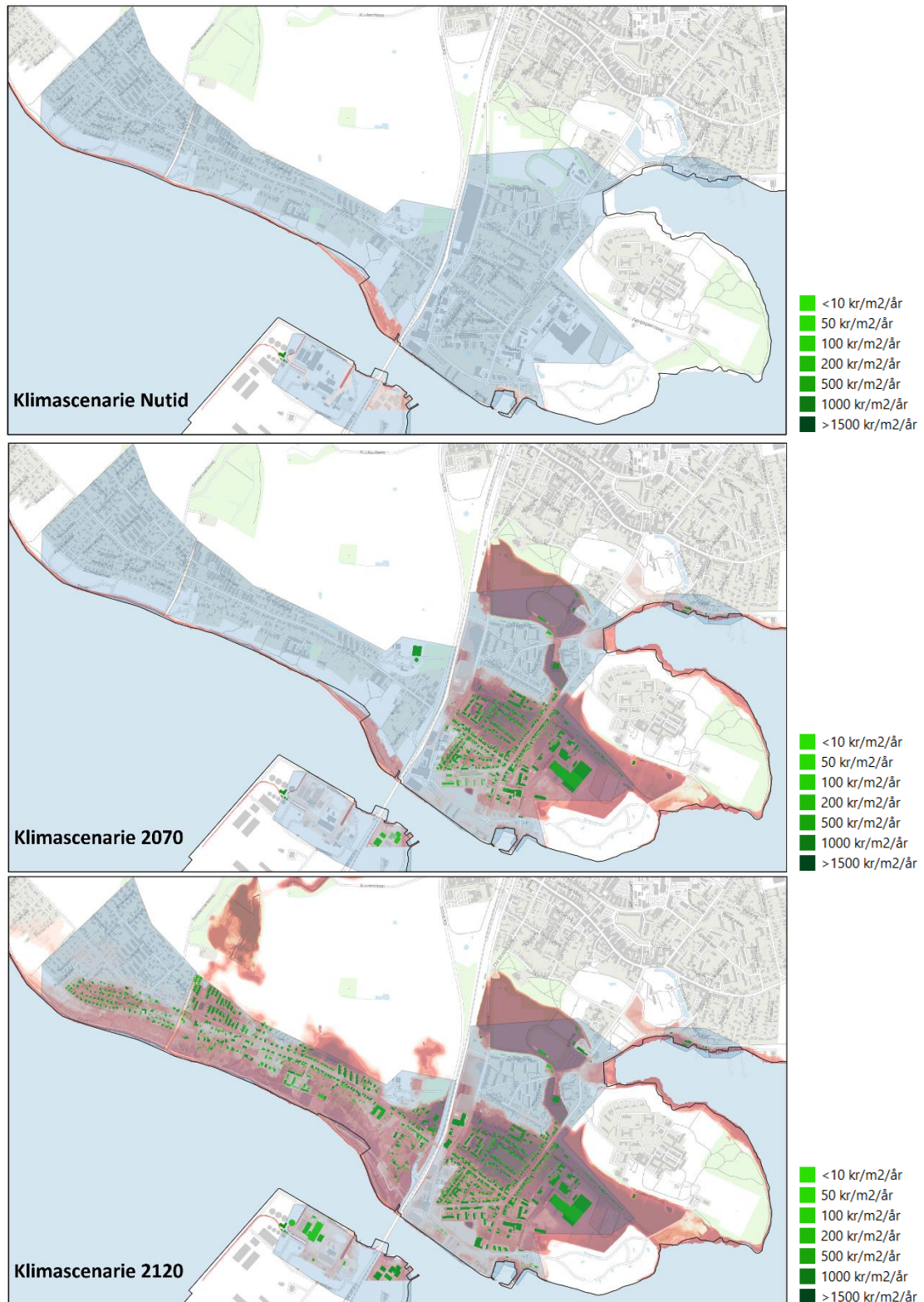
Figur 5-10 – Figur 5-13 viser risikokort for i alt 10 af de udsatte områder for de tre klima-scenarier:

1. Vordingborg med områderne Vordingborg Øst, Vordingborg Vest, Vordingborg Strandparken, Vordingborg Nordhavnsvej og Masnedø
2. Ulvshale Strand
3. Stege Nord og Syd
4. Præstø C og V og Præstø Hestehavevej

I hver figur er vist:

- Områdeafgrænsningerne i transparent blå
- EAD for det pågældende klimascenarie i grønne nuancer
- Vanddybder svarende til en 1000 års vandstand for det pågældende klimascenarie vist i røde, semitransparante nuancer

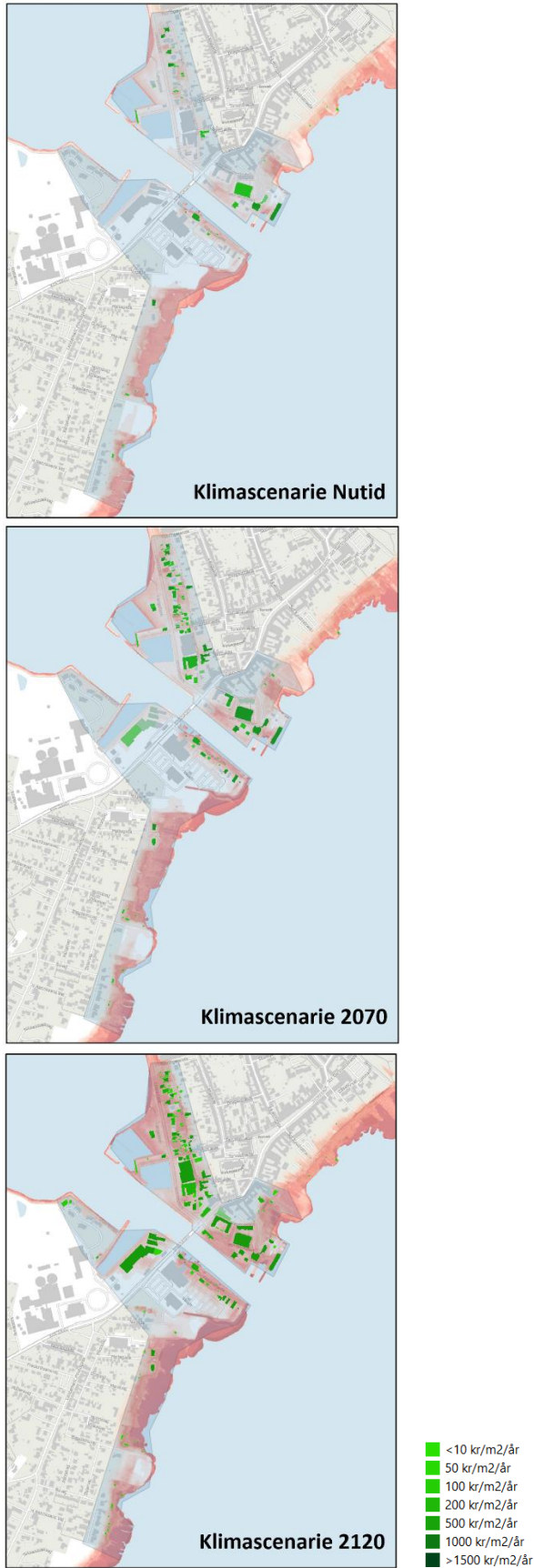




Figur 5-10 Risikokort for havvand for Vordingborg By og risikoområderne nær byen (OBS! Den grønne markering ved renseanlægget for scenarie 2070 er en artefakt, som ikke påvirker resultaterne i Tabel 5-4)

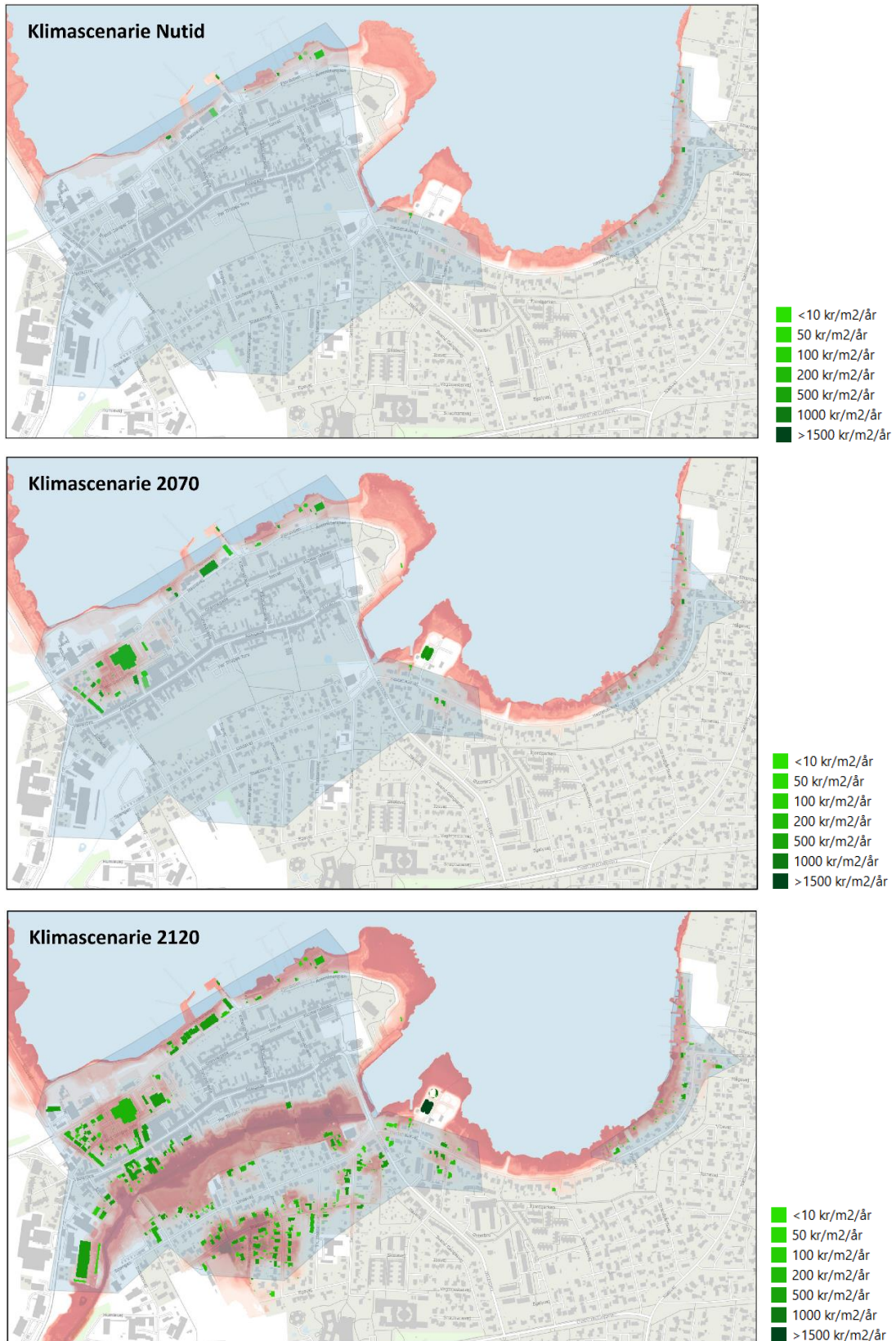


Figur 5-11 Risikokort for havvand for Ulvshale Strand



Figur 5-12 Risikokort for havvand for Stege Nord og Syd





Figur 5-13 Risikokort for havvand for Præstø C og V og Præstø Hestehavevej



## 5.5 Vandløb

Risikoberegningerne viser kun en beskedent udvikling i risikobilledet for oversvømmelser fra vandløb for de beregnede klimascenarier

Oversvømmelser, selv de meget sjældne (1000 års gentagelsesperiode i nutidsscenarioet), rammer kun i begrænset omfang bygninger eller anden kostbar infrastruktur. De forventelige skader er tilsvarende begrænsede i omfang.

Af de totale EAD-værdier for vandløb i Tabel 5-1 stammer ca. 25% fra oversvømmelse af marker. Skadeansættelsen for disse er usikker, og skaderne er medregnet med for at vise, hvilke områder, der rammes. De øvrige skader fordeler sig, som vist i Tabel 5-5.

Tabel 5-5 EAD for vandløb opdelt på værdityper

	Fritid	Erhverv	Boliger
	Mio. kr. / år		
Nutid	1,7	0,7	0,4
2070	1,7	0,7	0,5
2120	1,8	0,8	0,5

Figur 5-14 viser et oversvømmelseskort svarende til 100-års hændelsen for nutid – til illustration af, at byområder stort set ikke berøres.

Figur 5-15 viser risikokort i høj opløsning for hele Vordingborg Kommune for klimascenarie 2120.

Figur 5-16 – Figur 5-18 viser detailkort for de tre delområder, hvor beregningerne viser væsentlig risiko for skader på andre værdier end marker. Disse kort er vist for klimascenarie Nutid. Sammen med EAD er vist oversvømmelser svarende til 100 års gentagelsesperiode.

Mest udsat er Næs-Skaverup Strand med EAD på 1,7 mio. kr. Området ved Borre har EAD på 0,4 mio. kr. og området ved Køng Torp har EAD på 0,3 mio. kr. Som det ses, svarer det tilsammen til langt hovedparten af de totale EAD relateret til oversvømmelser fra vandløb.





Figur 5-14 Oversvømmelseskort for Nutid, gentagelsesperiode 100 år



Figur 5-15 EAD for klimascenarie Nutid



Figur 5-16 EAD for klimascenarie Nutid for et område ved Borre



Figur 5-17 EAD for klimascenarie Nutid for et område ved Køng Torp



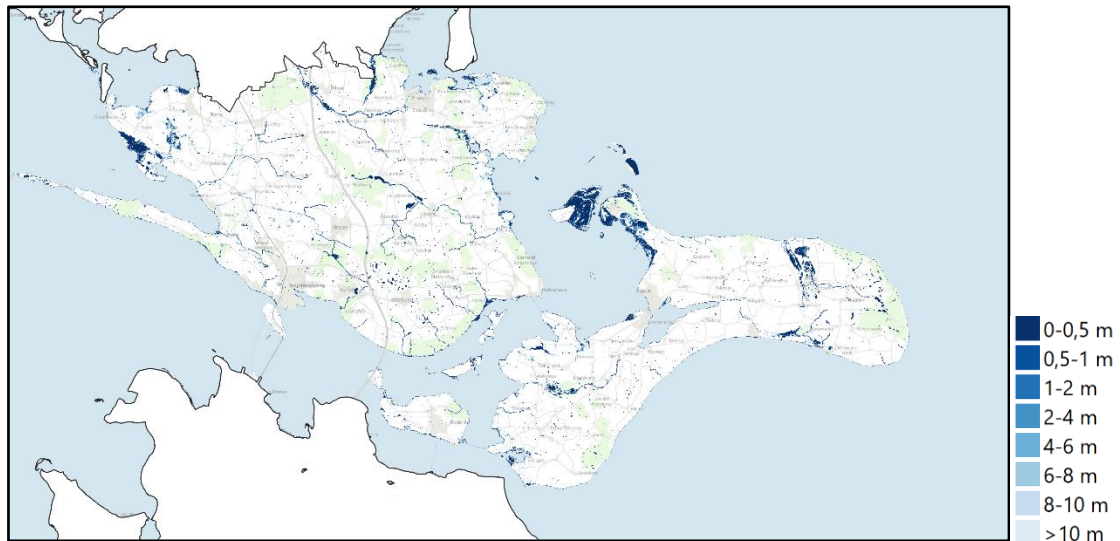
Figur 5-18 EAD for klimascenarie Nutid for et område ved Næs Skaverup Strand



## 5.6 Grundvand

Da der ikke foreligger eller kan etableres oversvømmelseskort relateret til grundvand, kan der heller ikke gennemføres en kvantitativ beskrivelse af de tilhørende risici. I stedet er disse beskrevet kvalitativt i dette afsnit.

Vordingborg Kommune har i dag primært terrænnært grundvand langs kysterne og langs ådalene. Grundvandet står generelt højest om vinteren. Figur 5-19 viser områder med dybder fra terræn til grundvandsspejlet om vinteren i nutidssituationen.



Figur 5-19 Terrænnært grundvand, Nutid (dybde fra terræn til grundvand i vinterperioden)

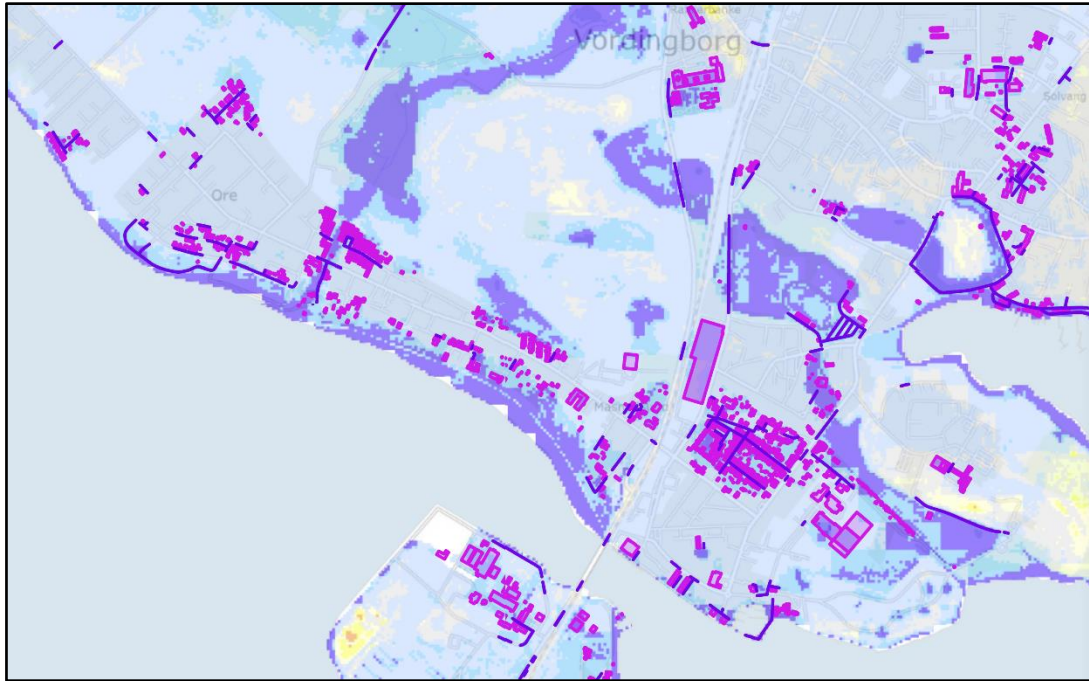
Med det nuværende grundvandsniveau er en række veje og bygninger i Vordingborg Kommune i risiko for skader fra grundvand. Figur 5-20 – Figur 5-25 viser udsatte veje og bygninger i fem områder (kortudtræk fra [kamp.miljoportal.dk](http://kamp.miljoportal.dk)).

1. Vordingborg og omegn
2. Præstø
3. Stege og opland
4. Roneklint Strand
5. Ulvshale Strand
6. Område ved Borre

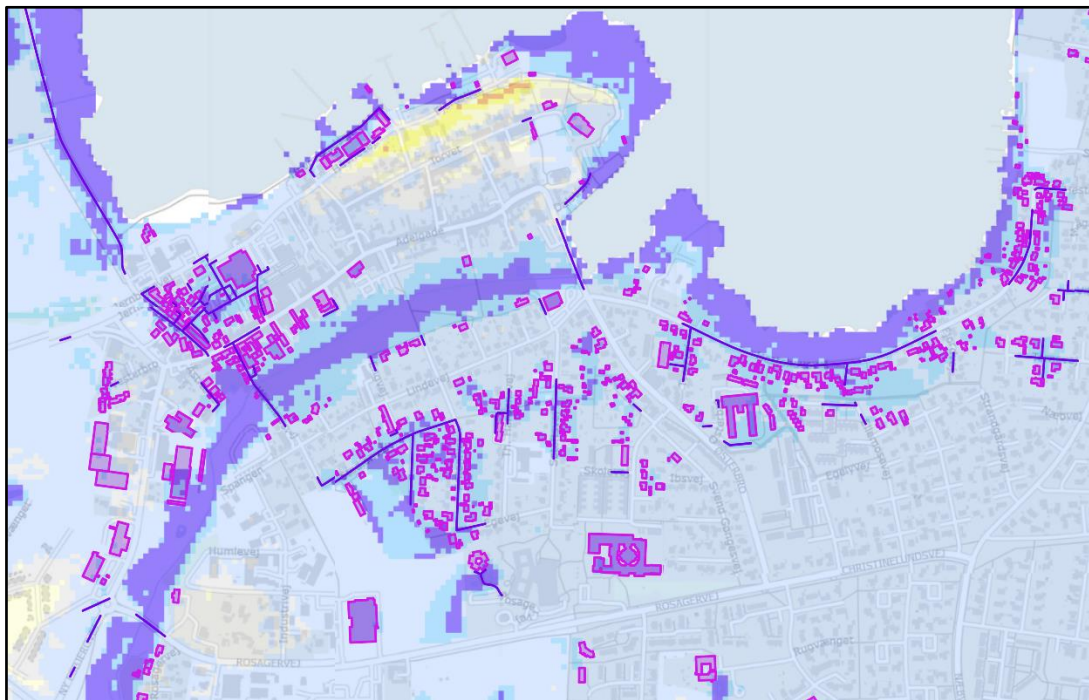
Yderligere delområder med udsat infrastruktur kan hentes fra samme kilde.

Beregninger af udviklingen i grundvandsdybden er behæftet med betydelig usikkerhed og foreligger kun i en relativt grov opløsning (100 m kvadrater). For Vordingborg Kommune estimeres i de fleste områder kun mindre ændringer i grundvandsspejlet på mellem -0,6 og 0,6 m frem til 2120. Disse stigninger er nogenlunde jævnt fordelt, se Figur 5-26.

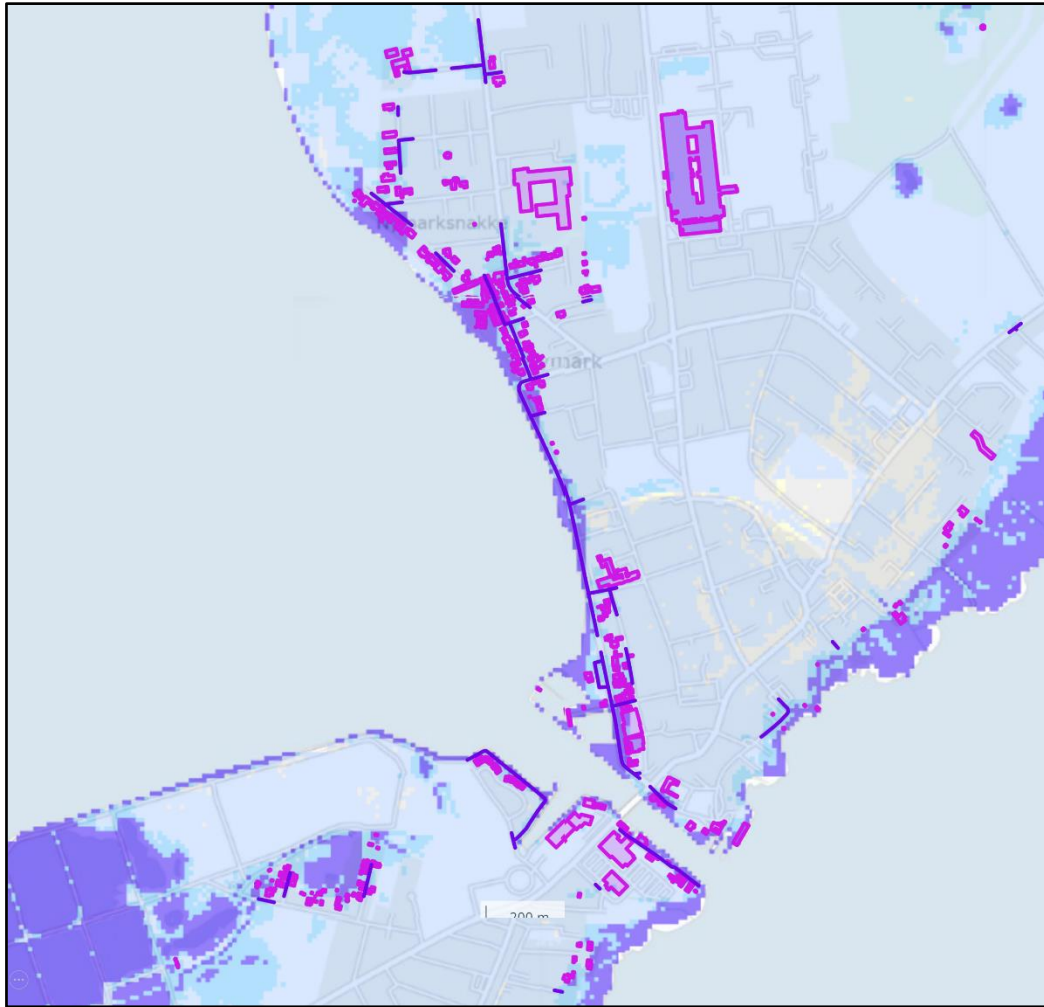




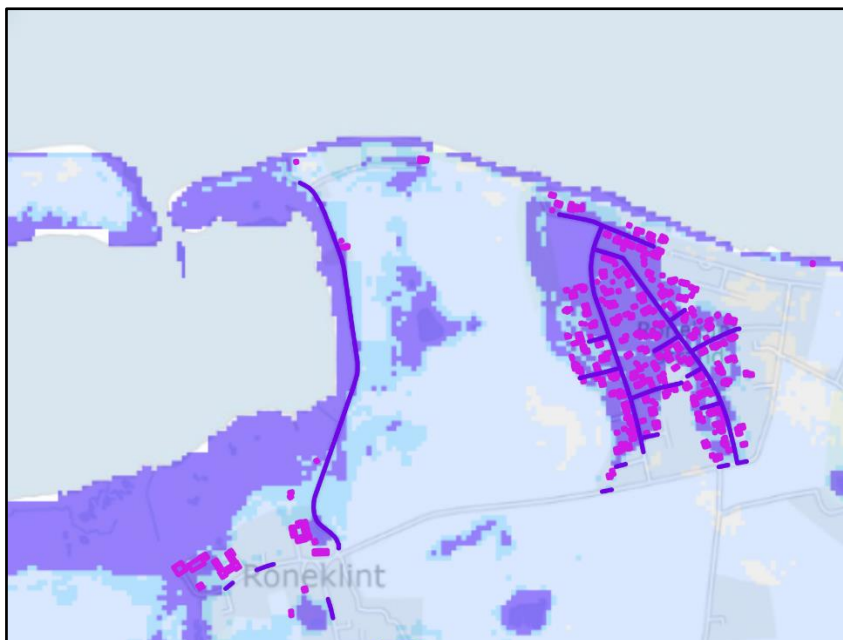
Figur 5-20 Udsatte veje og bygninger, Nutid, Vordingborg og omegn (fra REF. /4/)



Figur 5-21 Udsatte veje og bygninger, Nutid, Præstø (fra REF. /4/)

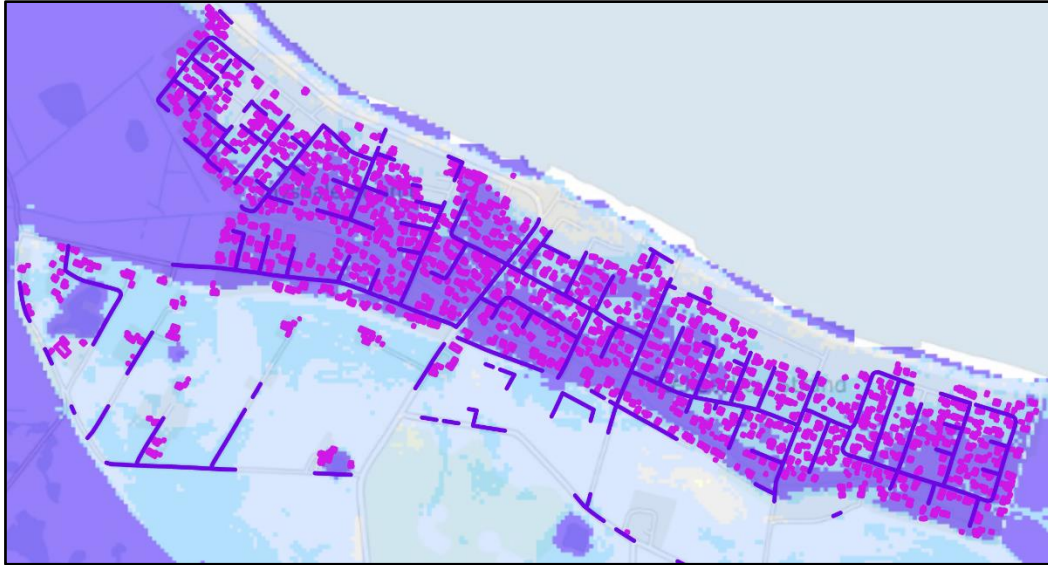


Figur 5-22 Udsatte veje og bygninger, Nutid, Stege og opland (fra REF. /4/)

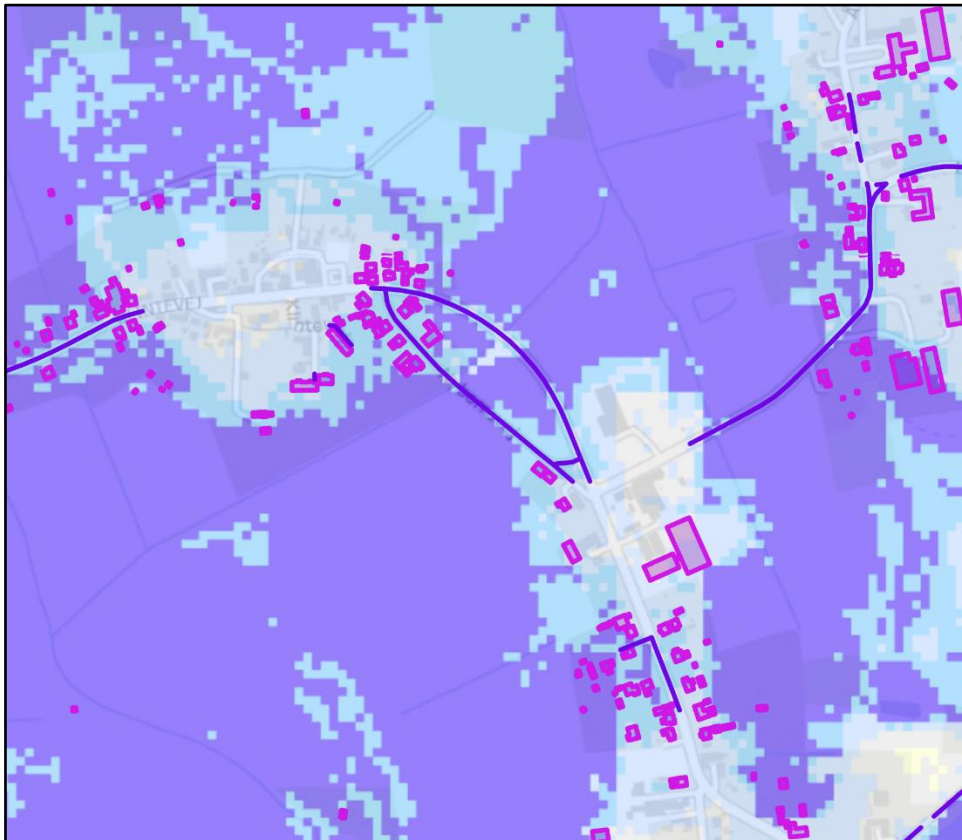


Figur 5-23 Udsatte veje og bygninger, Nutid, Roneklint Strand (fra REF. /4/)

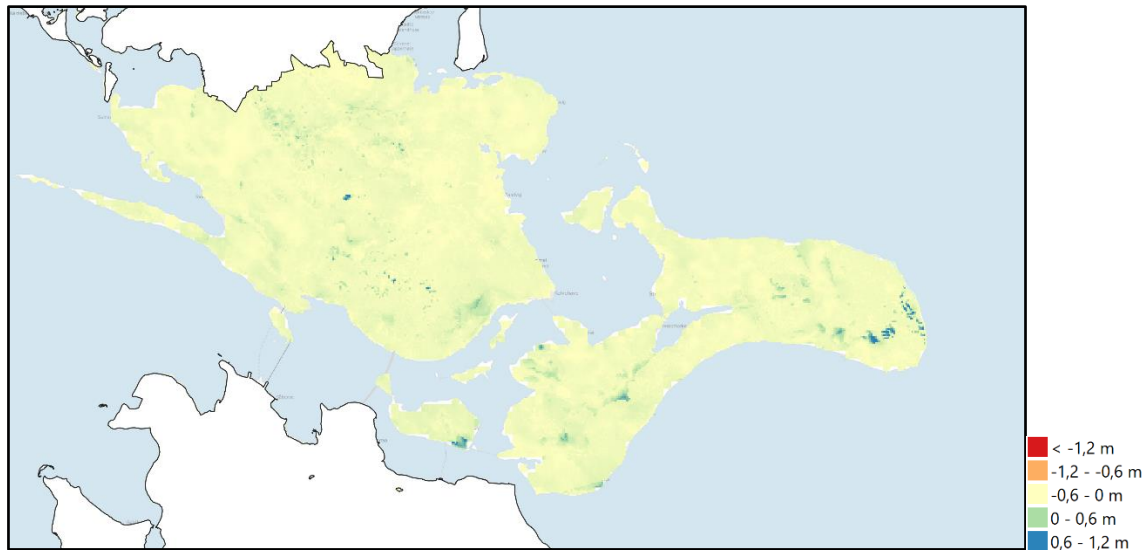




Figur 5-24 Udsatte veje og bygninger, Nutid, Ulvshale Strand (fra REF. /4/)



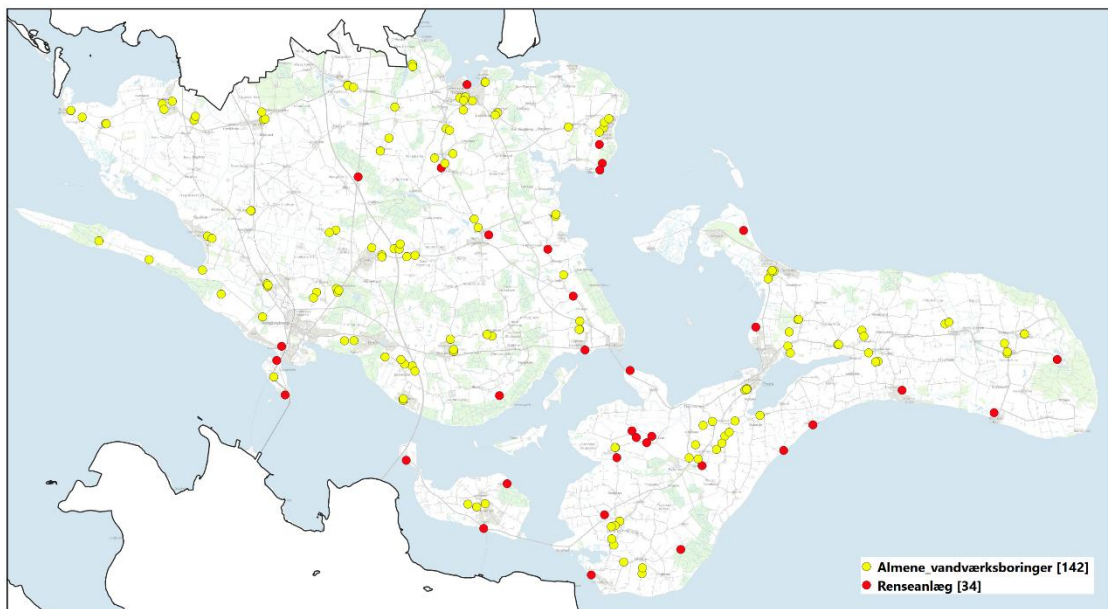
Figur 5-25 Udsatte veje og bygninger, Nutid, område ved Borre (fra REF. /4/)



Figur 5-26 Ændringer i grundvandsniveau frem mod 2120

## 5.7 Skaderisici for Vandværksboringer og Renseanlæg

Som nævnt i Afsnit 3.1.1 er der foretaget en særskilt analyse af risiko for skader grundet oversvømmelser på vandværksboringer og renselanlæg. I alt 142 vandværksboringer og 34 renselanlæg har indgået i analysen. Lokationerne for disse er vist i Figur 5-27.

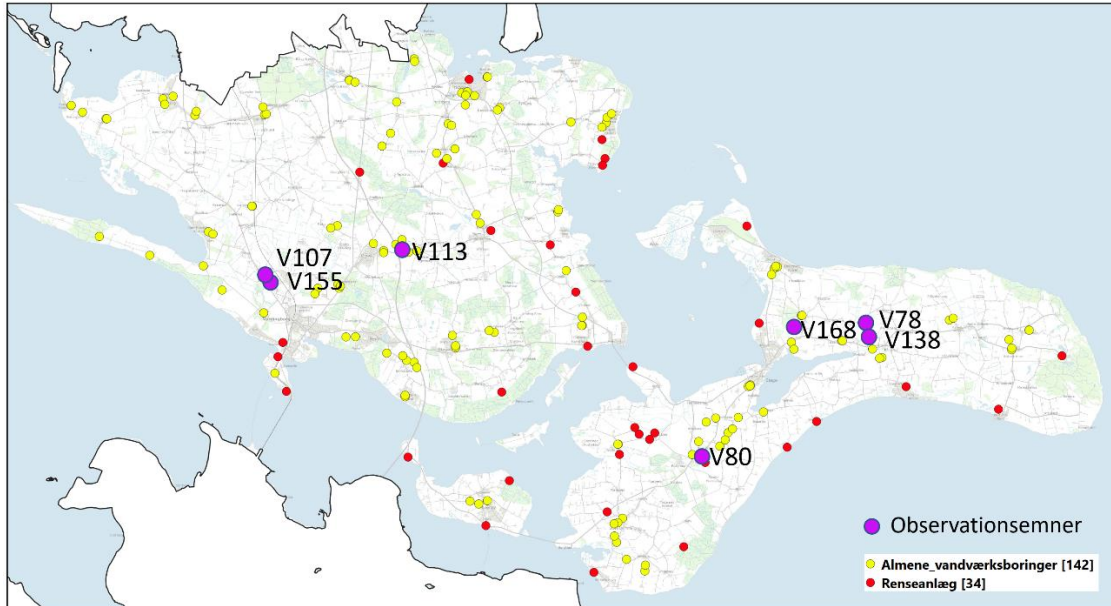


Figur 5-27 Vandværksboringer og Renseanlæg i Vordingborg Kommune

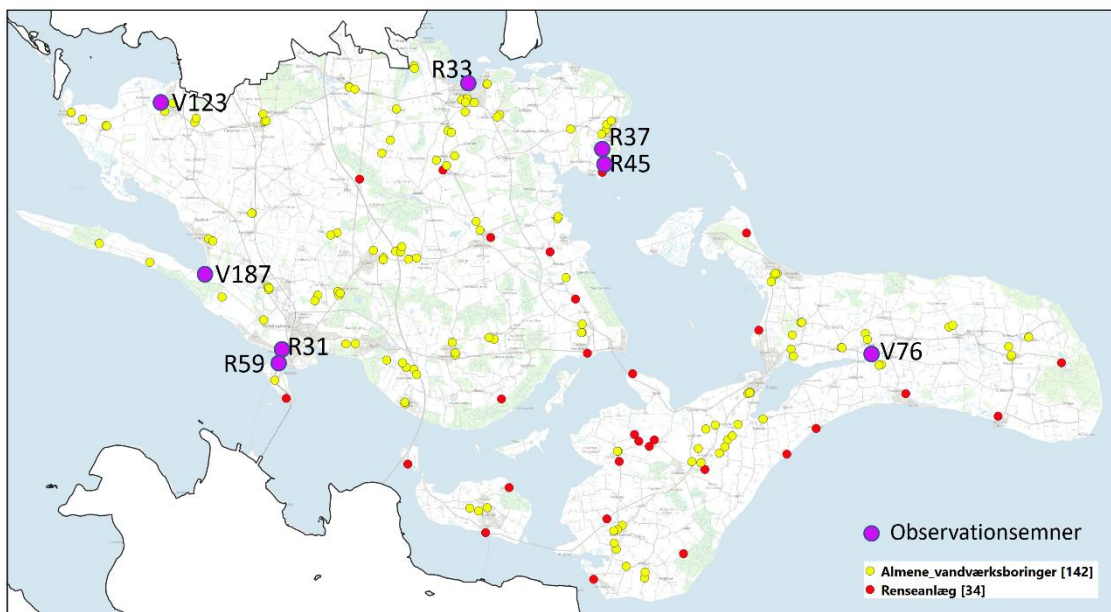
Generelt er kun få vandværksboringer og renselanlæg udsat for væsentlige oversvømmelses-risici. Dette gælder især i nutidsscenariet, men selv i 2120 scenariet er der ikke tale om store risici. Der er dog et antal anlæg, som nok bør tilses med henblik på at vurdere på stedet, om der er grund til at forbedre sikkerheden lokalt. Disse anlæg er vist i Figur 5-28 for oversvømmelser fra nedbør henholdsvis Figur 5-29 for oversvømmelser fra hav.



Udover de viste anlæg, bør alle de større renseanlæg tilses med henblik på risiko for helt lokale oversvømmelser ved skybrud, idet UCAT-beregningerne viser skader på disse, men på grundlag af meget summariske antagelser vedrørende hvilke vanddybder, der skal til, før skaderne opstår.



Figur 5-28 Vandværksboringer og Renseanlæg, hvor sikkerheden ved oversvømmelser fra **nedbør** bør vurderes ved at tilse de lokale forhold (tallene er ID for de enkelte anlæg, VXX er vandværksboring med ID XX, RYY er renseanlæg med ID YY)



Figur 5-29 Vandværksboringer og Renseanlæg, hvor sikkerheden ved oversvømmelser fra **hav** bør vurderes ved at tilse de lokale forhold (tallene er ID for de enkelte anlæg, VXX er vandværksboring med ID XX, RYY er renseanlæg med ID YY)





## 6 Diskussion og anbefalinger

### 6.1 Diskussion af resultaterne

Overblikket fra Tabel 5-1 tåler gentagelse som grundlag for en diskussion af resultaterne.

Tabel 6-1 EAD for hele Vordingborg Kommune (identisk med Tabel 5-1)

Vordingborg Kommune	Nutid	EAD (M kr./år)	
		2070	2120
<b>Nedbør</b>	29	32	36
<b>Vandløb</b>	4,6	4,8	5,0
<b>Havvand</b>	29	51	86
<b>Total</b>	63	88	127

Med de klimafremskrivninger, som generelt anbefales i dag, kan Vordingborg Kommune med andre ord forvente en forøgelse af de samlede risici for skader fra oversvømmelser fra nutidssituationen til år 2070 på ca. 40% og til 2120 på ca. 100%.

Hovedparten af denne øgning skyldes havvandsstigninger og stormfloder. Som det fremgår af Afsnit 5.4, er den forøgede risiko koncentreret på udvalgte kyststrækninger, hvor private villaer og sommerhuse bidrager med en stor del af væksten i risiko. Det er værd at bemærke, at denne forøgede risiko ikke vokser lineært. Væksten accelererer efter 2070, hvilket til dels kan forklares med, at der i fremskrivningen for 2120 scenariet anvendes RCP8.5, hvor der i fremskrivningen af 2070 scenariet anvendes RCP4.5 (jf. Afsnit 3.3.1). Under forudsætning af, at nutidsrisikoen er acceptabel, er der således tid til at gennemføre fysiske foranstaltninger, men også anledning til at planlægge fremtidige investeringer i de udsatte kystområder med denne viden som baggrund.

Specielt at bemærke vedrørende skader fra oversvømmelser er, at de opdaterede diger ved Vordingborg beskytter fint i dagens klima, men nok skal yderligere hæves allerede inden 2070 og med sikkerhed inden 2120.

Såfremt kommunen i dag vurderer, at oversvømmelser fra skybrud ikke udgør et væsentligt problem, peger beregningerne på, at de fremtidige klimaændringer kun i moderat omfang vil ændre på denne situation. Det er dog værd at bemærke, at den beregnede nutids-EAD langt fra er ubetydelig og klart højere end de registrerede skader i de senere år. Det skyldes formodentligt, at Vordingborg ikke har været ramt af skybrud af størrelser, som kan sammenlignes med dem, som ramte København i 2011 og 2014, mens risiko-beregningerne tager højde for, at større skybrud før eller siden vil ramme Vordingborg. Beslutningerne vedrørende mulige klimatilpasninger bør derfor tages på baggrund af de beregnede risici snarere end på baggrund af de historiske skader i det nærmest foregående årti.

Den nye bekendtgørelse om fastsættelse af serviceniveau m.v. for håndtering af tag- og overfladevand (REF. /5/) omhandler bl.a. metoder til at fastlægge den samfundsøkonomiske rentabilitet af investeringer i klimatilpasning. Metoderne og datagrundlaget anvendt i nærværende projekt kan relativt



enkelt udbygges til at etablere et første overslag over de sandsynlige reduktioner i risiko, som vil kunne opnås for de enkelte oplande ved at øge serviceniveauet. Det kan gøres ved at køre UCAT-beregninger med de eksisterende oversvømmelsesdata, hvor disse data tilskrives nye ækvivalente gentagelsesperioder – efter samme principper, som beskrevet i Afsnit 3.2.

Risici relateret til oversvømmelser fra vandløb er generelt lave og stammer næsten udelukkende fra skader på landbrugsjord. I de nærværende beregninger er skadepotentialen for landbrugsarealer fastlagt uden nogen form for detaljering. Såfremt der ønskes et mere præcist billede af disse risici, bør beregningerne gentages efter en nærmere analyse af de realistiske skader – bl.a. på basis af vurderinger af, hvilken årstid denne type oversvømmelser forekommer og hvilke afgrøder, der kan forventes at blive ramt.

Problemer med højtstående grundvand er allerede udbredte i Vordingborg Kommune – inklusive i bebyggede områder nær kysterne og i ådalene. Med betydelig usikkerhed forudsiges højere grundvandsstand med det ændrede klima. Der er dog ikke meget tvivl om, at grundvandsstanden vil blive højere langs kysterne i takt med hævnningen i middel-havniveauet. Dette vil naturligvis forøge de samlede risici i disse områder, som også er udsat for de direkte trusler fra havet, jf. ovenfor. Det er ikke muligt på det nuværende grundlag at sætte tal på denne del af de øgede risici.

## 6.2      Anbefalinger

Generelt anbefales det at sammenholde de beregnede risici for udsatte områder med konkret, lokal viden. Beregningerne er alle baseret på forenkede forudsætninger med hensyn til bygningernes anvendelser og sokkelhøjder. Der vil være tilfælde, hvor lokal viden om disse forhold kan føre til væsentlige justeringer af risikobilledet.

Dette gælder ikke mindst, når man ser på risici på kloakoplandsbasis, som vist i Tabel 5-3. Her vil det ofte være skader på nogle få bygninger, som udgør størsteparten af den beregnede risiko. Disse bygninger kan meget vel i realiteten være godt beskyttede eller være forbundet med lille skadepotentiale, så den samlede risiko i virkeligheden er lavere end den beregnede. Derfor kan det anbefales at gå de i Tabel 5-3 listede oplande kritisk igennem med henblik på at identificere de reelt hårdest udsatte områder.

På baggrund af de voksende risici for skader forårsaget af havvand anbefales det, at der fremover er særlig bevågenhed på at sikre de mest udsatte områder. Mere detaljerede risikoanalyser vil kunne give et mere præcist samfundsøkonomisk grundlag for beslutninger omkring investeringer i beskyttelsesforanstaltninger. Detailanalyserne kunne f.eks. omfatte:

- Brug af dynamiske modeller, så det tidslige forløb af oversvømmelser tages i regning.
- Brug af mere detaljerede skadepotentialkurver. Sådanne foreligger fra nylig forskning på DTU.
- En fysisk vurdering af de udsatte bygninger, f.eks. disses sokkelhøjder og andre helt lokale forhold. En sådan vurdering kunne i visse tilfælde resultere i simple og billige løsninger til begrænsning af den lokale risiko – eller blot i mere præcise risikoberegninger.

For så vidt angår skader fra skybrud, så kan det overvejes at kvalificere beregningerne for udvalgte, udsatte kloakoplande uden for de tre største byer





gennem dynamiske simuleringer svarende til dem, der er gennemført for Vordingborg, Stege og Præstø.

Derudover anbefales det at gennemføre en vurdering af det samfundsøkonomiske potentiale ved at forbedre serviceniveauet for afløbssystemet for udvalgte (eller alle) kloakplande, som fremstår som de kritiske jf. Tabel 5-3. Dette kan ske uden væsentlige økonomiske omkostninger, idet datagrundlaget allerede er etableret.



## 7 Referencer

- REF. /1/ Skrift 30: Opdaterede klimafaktorer og dimensionsgivende regnintensiteter. [IDA Spildevandskomiteen Skrift Nr. 30](#), 2014
- REF. /2/ Klimaatlas, Kystdirektoratet, 2018: Højvandsstatistikker 2017. Kystdirektoratet, Miljø- og Fødevarerministeriet.86 s. <https://www.dmi.dk/klimaatlas>
- REF. /3/ ”Klimaeffekter på hydrologi og afstrømning – klimaekstremvandføring”, GEUS, 2013, [www.klimatilpasning.dk/media/734554/klimaekstremvandføring.pdf](http://www.klimatilpasning.dk/media/734554/klimaekstremvandføring.pdf)
- REF. /4/ <https://kamp.miljoportal.dk/grundvand>
- REF. /5/ Bekendtgørelse Nr. 2276: Bekendtgørelse om fastsættelse af serviceniveau m.v. for håndtering af tag- og overfladevand. Miljø- og Fødevarerudvalget 2020-21. Bilag 311, Lovtidende A 2020

## Anneks A

# Dynamic2D

## Dynamisk modellering af oversvømmelser

Dynamic2D er et nyt modelleringsværktøj, som udnytter offentligt tilgængelige data til at modellere oversvømmelser hurtigere og langt mere omkostningseffektivt end tilsvarende modelværktøjer.

Oversvømmelser fra skybrud såvel som fra stormflod kan modelleres, og der kan regnes på oversvømmelser i byer såvel som landområder.

Effekten af afløbssystemer medregnes efter netto-nedbør princippet for den del af nedbøren, som falder i kloakerede oplande. Befæstelsesgraden medtages gennem nedsivningen. Effekten af ændringer i serviceniveau for et opland kan derfor også beregnes. Andre klimatilpasningstiltag, som f.eks. klimaveje, forsinkelsesbassiner, m.v. kan også inkluderes i modelleringen.

Dynamic2D beregner det tidlige forløb af oversvømmelser. Værktøjet udgør derfor et naturligt næste skridt efter screening med simple bluespot-værktøjer. Med Dynamic2D får man belyst en række fysiske forhold, som bluespot-værktøjer ikke er designet til at regne på:

- Effekten af veje, indsnævring og rørlagte vejunderføringer, som forsinker afstrømningen

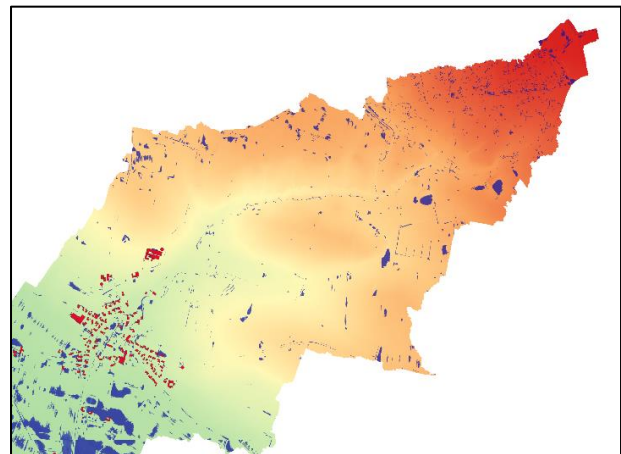
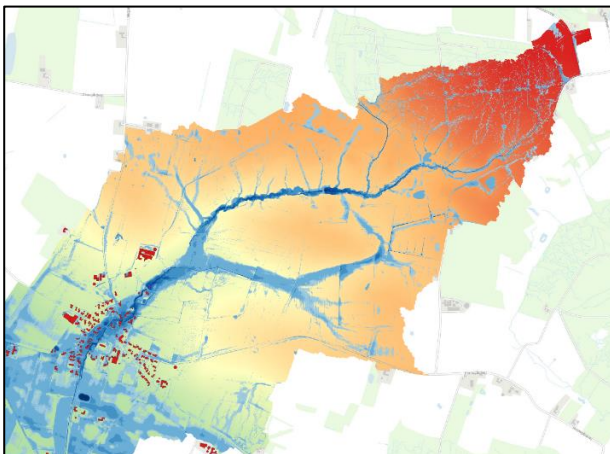
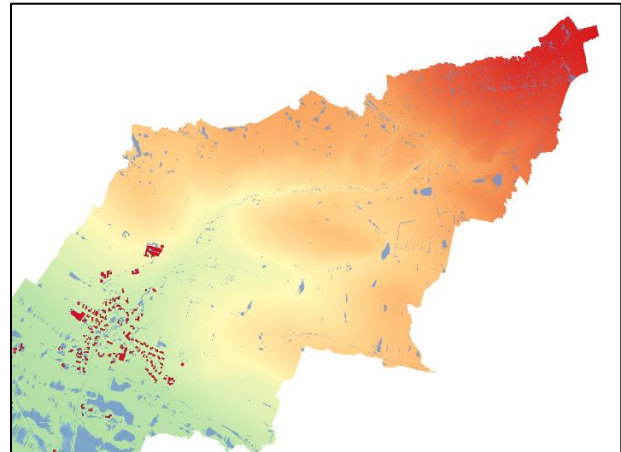
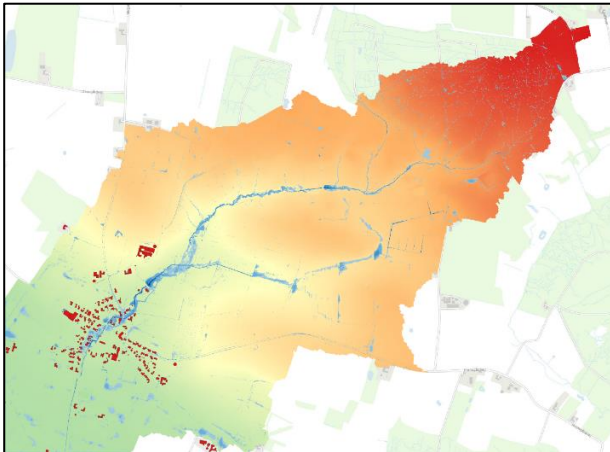
- Tilsvarende også effekten af forsinkende strukturer til vandparkering og lignende
- Afstrømning og oversvømmelser, som finder sted i perioden fra, at regnen rammer terrænet, til det når frem til en lavning eller et vandløb/afløbssystem
- Effekten af diger, som oversvømmes kortvarigt, og som derfor stadig har virkning ved at forsinke og reducere oversvømmelserne fra hav
- Varigheden af oversvømmelsen i hvert punkt i området
- Strømningshastigheder, som også kan have betydning for skader

Dynamic2D er ideelt i planlægningsfasen for klimatilpasningstiltag, idet det er nemt og billigt at etablere oversvømmelseskort for et antal klimascenarier og gentagelsesperioder. Disse kort kan benyttes til risikoberegninger – og risikokortlægning – vha. søsterværktøjet UCAT.

Dynamic2D har været anvendt til oversvømmelsesberegninger og risikoanalyser for kommuner og forsyninger i Øst- såvel som Vestdanmark.







*Oversvømmelser beregnet med Dynamic2D for et opland ved Fole i Haderslev Kommune for nedbør på henholdsvis 60 mm og 150 mm*

*Oversvømmelser beregnet med bluespot-metode for et opland ved Fole i Haderslev Kommune for nedbør på henholdsvis 60 mm og 150 mm*