

Tønder Kommune

# KORTLÆGNING AF RISIKO FOR OVERSVØMMELSE

NOTAT

Tønder Kommune

# KORTLÆGNING AF RISIKO FOR OVERSVØMMELSE

## NOTAT

---

<b>Rekvirent</b>	Tønder Kommune Att: Loa Dahl Teknik og Miljø Rådhusstræde 2 6240 Løgumkloster
<b>Rådgiver</b>	Orbicon A/S Niels Bohrs Vej 6 6700 Esbjerg
<b>Projektnummer</b>	143.1300075
<b>Projektleder</b>	KMJE
<b>Udarbejdet af</b>	KMJE/TOWO/AVJE/PEMO/JTPE/HLAR
<b>Kvalitetssikring</b>	KMJE/HLAR
<b>Revisionsnr.</b>	1.1
<b>Godkendt af</b>	JANK
<b>Udgivet</b>	26-11-2013

## INDHOLDSFORTEGNELSE

<b>1. Indledning .....</b>	<b>5</b>
1.1. Baggrund .....	5
<b>2. Oversvømmelseskort for kloakerede områder .....</b>	<b>7</b>
<b>3. Oversvømmelseskort for vandløb .....</b>	<b>7</b>
3.1. Grundlag .....	7
3.2. Metode .....	7
3.3. Resultat .....	8
3.4. Anvendelse af kortet .....	9
<b>4. Oversvømmelseskort for hav .....</b>	<b>10</b>
4.1. Grundlag .....	10
4.2. Metode .....	10
4.3. Resultat .....	17
4.4. Anvendelse af kortet .....	18
<b>5. Oversvømmelseskort for Nedbør i lavninger .....</b>	<b>19</b>
5.1. Grundlag .....	19
5.2. Metode .....	21
5.3. Resultat .....	23
5.4. Anvendelse af kortet .....	25
<b>6. Oversvømmelseskort for grundvand .....</b>	<b>26</b>
6.1. Grundlag .....	26
6.2. Metode .....	27
6.3. Resultat .....	27
6.4. Anvendelse af kortet .....	31
<b>7. Værdikortlægning .....</b>	<b>32</b>
7.1. Grundlag .....	32
7.2. Metode .....	32

7.2.1	De menneskelige gener og skader.....	33
7.2.2	De økonomiske skadesomkostninger .....	33
7.2.3	De miljømæssige skadesomkostninger.....	34
7.2.4	De samfundsmæssige skadesomkostninger .....	34
7.3.	Resultat.....	34
<b>8.</b>	<b>Kortlægning af risiko for oversvømmelse.....</b>	<b>37</b>
8.1.	Metode .....	37
8.2.	Resultat.....	37
8.3.	Anbefalinger .....	43
<b>9.</b>	<b>Referencer.....</b>	<b>45</b>

## 1. INDLEDNING

Dette notat beskriver kortlægningen af risikoen for oversvømmelser og kan udgøre grundlaget for prioritering af indsatserne til klimatilpasning i Tønder Kommune.

Rapporten er udarbejdet af Orbicon i samarbejde med arbejdsgruppen for klimatilpasning, som består af deltagere fra forvaltningen i Tønder Kommune. Arbejdet er udført i perioden oktober - november 2013.

### 1.1. Baggrund

I henhold til aftalen mellem Kommunernes Landsforening og Regeringen er Tønder Kommune forpligtet til at udarbejde en handlingsplan for klimatilpasningen i forbindelse med Kommuneplan 2013 /1/

Den nedenstående figur viser klimatilpasningsplanens hovedelementer, som de er vist i vejledningen om klimatilpasningsplaner fra Naturstyrelsen /2/. Det nærværende projekt har fokuseret på udarbejdelse af et risikobillede for kommunen (markeret med rød kasse).

Kloaksystemet i kommunen drives af Tønder Forsyning, som leverer oversvømmelseskort for de kloakerede områder udarbejdet af rådgivningsfirmaet Krüger A/S. De øvrige kort for det åbne land udarbejdes vha. Naturstyrelsens temaplaner.



Det skal kraftigt understreges, at den anvendte kortlægningsmetode er en overordnet "screenings" kortlægning. Den har til formål at indikere, hvor der muligvis kan opstå oversvømmelsesrisici ved et fremskrevet klima 2050. **Kortlægningen kan således ikke anvendes som beslutningsgrundlag for umiddelbart at iværksætte klimatilpasningstiltag.** Det vil forudsætte nærmere undersøgelser.

Kortlægningsmetoden opfanger ikke sammenhængende risici, eksempelvis mellem hav og vandløb (stuvningseffekter).

Kortlægningen omfatter ligeledes ikke potentielle risici, der udløses ved tekniske svigt af anlæg til beskyttelse mod oversvømmelse, eksempelvis digebrud ved stormflod.

Kortlægningen er udarbejdet med baggrund i de kort, der er til rådighed hos Naturstyrelsen og er baseret på simple terrænanalyser. Der anvendes en højdemodel, der er en digital model, det vil sige en digital repræsentation af terrænet, hvor koter er opgjort i celler på 1,6 gang 1,6 m. Højdemodellen har en gennemsnitlige nøjagtighed på 6 cm på koten (se mere på [www.klimatilpasning.dk](http://www.klimatilpasning.dk) under Data i Kystplanlæggeren). Ved hjælp af højdemodellen kan landskabet screenes for områder, det vil være vanddækket ved forskellige vandstande, og på den måde får man et billede af arealer, som potentielt vil være i en risikozone. Der er en del usikkerheder ved højdemodellen - blandt andet er nogle sluser ikke repræsenteret korrekt, ligesom rørunderføringer og rørbroer ved vandløb også er forbundet med usikkerheder. Endvidere observeres det ofte, at digers højde er underestimeret i højdemodellen. Dette hænger blandt andet sammen med, at højdemodellen er et udtryk for den gennemsnitlige terrænhøjde i 1,6 m celler. Højdemodellen er forsøgt forbedret på disse områder, og har ligeledes været i offentlig høring, men der kan stadig være fejl i modellen.

## 2. OVERSVØMMELSESKORT FOR KLOAKEREDE OMRÅDER

Der er udarbejdet oversvømmelseskort for kloakerede områder i Tønder Kommune, der viser i hvilke områder, der er sandsynlighed for oversvømmelse ved forskellige kraftige regnhændelser.

Oversvømmelseskort og værdikort er udarbejdet af Krüger A/S, og er ikke beskrevet nærmere i dette notat.

## 3. OVERSVØMMELSESKORT FOR VANDLØB

### 3.1. Grundlag

Naturstyrelsen har stillet en række temakort til rådighed på [www.klimatilpasning.dk](http://www.klimatilpasning.dk), der viser udbredelser af oversvømmelser ved stigende vandspejl for vandløb med ækvidistance på 10 cm, med udgangspunkt i de registrerede vandspejl ved etablering af kortene/højdemodellen. Kortene indeholder således ingen informationer om sandsynligheden for, at en hændelse vil optræde. Der er ikke foretaget hydrauliske beregninger eller anvendt hydrologiske data. Data og startvandstanden er tilfældig.

Dette bevirker, at der er store usikkerheder forbundet med at anvende vandløbekortene til oversvømmelseskortlægning, da man ikke ved, hvor tit en hændelse vil ske og med hvilken vandspejlsstigning. Dertil kommer, at vandspejlet ved kysten har stor indflydelse på især de slusepåvirkede vandløbs nedre strækninger. Dette kan ikke opfanges med den kortlægningsmetode, som er stillet til rådighed her.

Tønder Kommune har data om vandføring og vandspejl til rådighed via hydrauliske målestationer i nogle af vandløbene. Disse data vil kunne anvendes til en mere konkret vurdering af oversvømmelsesrisici ved at anvende forskellige modelværktøjer. Dette arbejde er dog mere tidskrævende, og kræver flere oplysninger om de enkelte vandløb, og er derfor ikke egnet som screeningsværktøj for alle kommunens vandløb, som i første omgang er formålet ved risikokortlægningen.

### 3.2. Metode

Vandløbene medtages i kortlægningen som en screening for skader som følge af oversvømmelse fra vandløb, idet det ikke er muligt at sige noget om sandsynligheden for at oversvømmelsen vil ske. Det er således uvist om oversvømmelserne er realistiske eller urealistiske.

En screening for skader som følge af oversvømmelse fra vandløb er opnået ved at anvende vandløbenes vandspejlsstigning sammen med kommunens værdikort - man vil således kunne se, om værdifulde områder i kommunen vil blive påvirket, hvis oversvømmelsen skulle ske.

### 3.3. Resultat

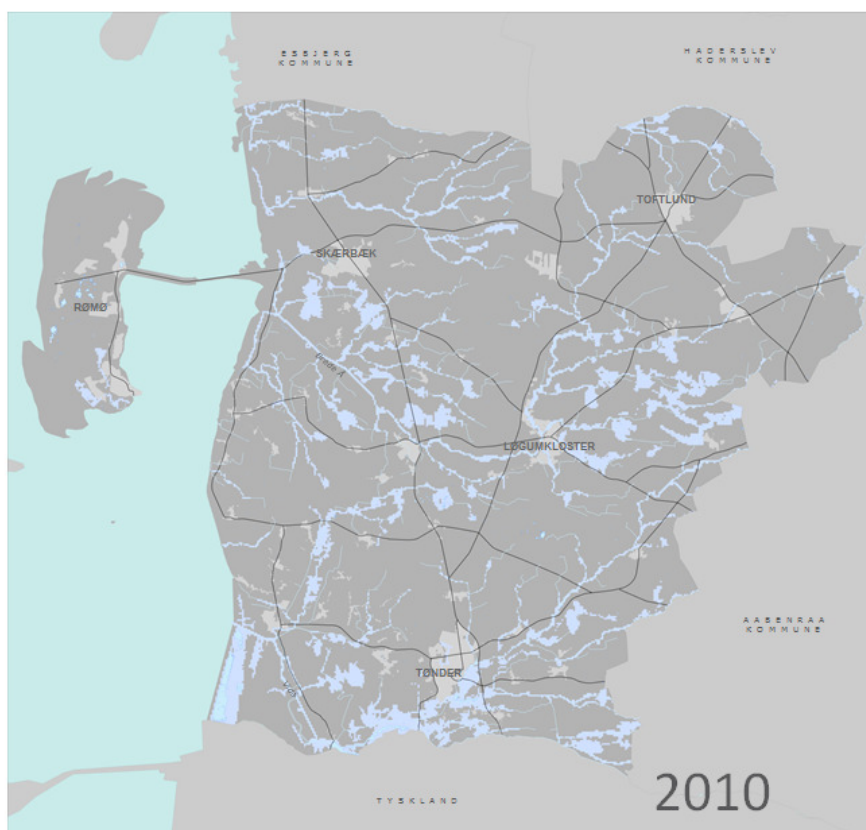
For at bestemme hvilke oversvømmelseskort, der skulle anvendes i screening for skader som følge af oversvømmelse fra vandløb, anvendte Orbicon Naturstyrelsens temakort for henholdsvis 30, 50, 70 og 100 cm vandspejlsstigning i vandløbene.

Med baggrund i det tilgængelige kortgrundlag fra Naturstyrelsen er det overhovedet ikke muligt at komme med et kvalificeret bud på om oversvømmelser er realistiske indenfor intervallet på 0-100 cm vandspejlsstigning. Dette kan kun gøres ved lokalt at opstille mere avancerede modelberegninger, hvilket ligger uden for denne screening.

Til det videre arbejde med risikokortlægningen er derfor anvendt en vandspejlsstigning på 50 cm, som svarer til det midterste interval i Naturstyrelsens kortgrundlag. Kortet ses på figur 3-1. Det formodes at arealerne i de øvre vandløbsstrækninger er overvurderet i udbredelse.

**Teoretisk oversvømmelseskort for vandløb i 2010  
gennemsnit 100 x 100 m**

■ Vandstand hævet 0,5 m



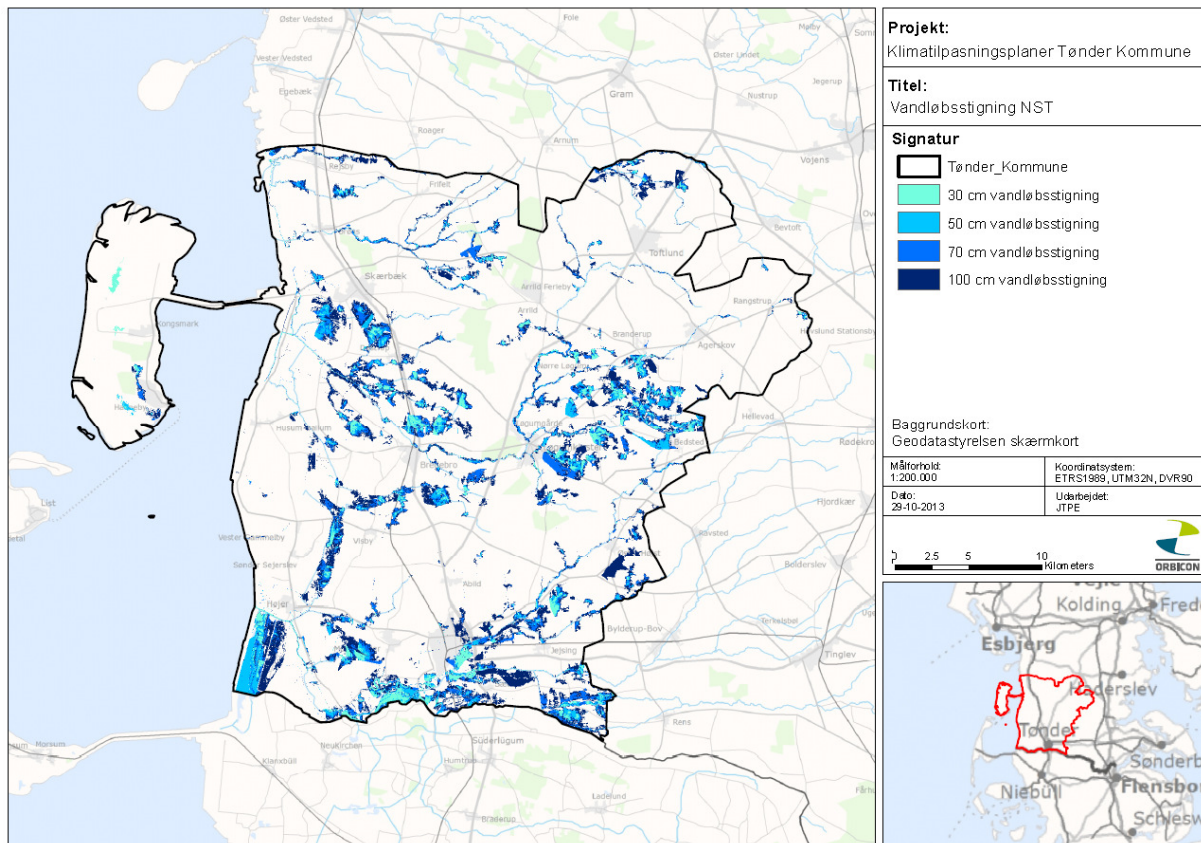
Figur 3-1: Oversvømmelseskort baseret på Naturstyrelsens 0,5 m vandspejlsstigning i vandløbene på 100x100 m grids. Kortet anvendes til screening for skader som følge af oversvømmelse fra vandløb.

De anvendte data og kort kan alene anvendes til at give en overordnet vurdering/screening. Det anbefales derfor enhver bruger at indhente yderligere informationer, før brugeren fx iværksætter tiltag på baggrund af forventninger om oversvømmelser. De anvendte data og kort har udelukkende vejledende karakter. Tønder Kommune kan ikke gøres ansvarlig for informationerne fra data og kort, herunder for mangelfulde eller ukorrekte informationer.

Der henvises herudover til ikke-udtømmende liste over usikkerheder vedrørende data og informationer, som kan findes på [www.klimatilpasning.dk](http://www.klimatilpasning.dk). Tønder Kommune kan ikke gøres ansvarlig for brug eller fortolkninger af informationerne.



Et samlet kort med vandspejlsstigninger ses på figur 3-2.



Figur 3-2: Oversvømmelseskort for vandløb ved 30, 50, 70 og 100 cm vandspejlsstigninger baseret på Naturstyrelsens kort.

De anvendte data og kort kan alene anvendes til at give en overordnet vurdering/screening. Det anbefales derfor enhver bruger at indhente yderligere informationer, før brugeren fx iværksætter tiltag på baggrund af forventninger om oversvømmelser. De anvendte data og kort har udelukkende vejledende karakter. Tønder Kommune kan ikke gøres ansvarlig for informationerne fra data og kort, herunder for mangelfulde eller ukorrekte informationer.

Der henvises herudover til ikke-udtømmende liste over usikkerheder vedrørende data og informationer, som kan findes på [www.klimatilpasning.dk](http://www.klimatilpasning.dk). Tønder Kommune kan ikke gøres ansvarlig for brug eller fortolkninger af informationerne

### 3.4. Anvendelse af kortet

Den teoretiske oversvømmelse fra vandløb fortæller noget om, hvilke områder der vil blive påvirket, hvis vandspejlet stiger 50 cm med udgangspunkt i den vandspejlskote, der var i vandløbene, da terrænmodellen blev udarbejdet. Det er ikke muligt at sige om vandspejlsstigningen vil ske, eller hvornår den vil ske. Kortet kan anvendes sammen med værdikortet til at screene for, om der er områder med stor værdi, der kan blive påvirket af oversvømmelse. Tønder Kommune kan derefter vælge at udpege områder, hvor der evt. skal arbejdes videre med en mere detaljeret modellering af risiko for oversvømmelse.

Screening for skader som følge af oversvømmelser fra vandløb i 2010 ved 0,5 m vandspejlshævning i vandløbene ses på figur 8-1.

## 4. OVERSVØMMELSESKORT FOR HAV

### 4.1. Grundlag

Grundlag er temakort fra Naturstyrelsen.

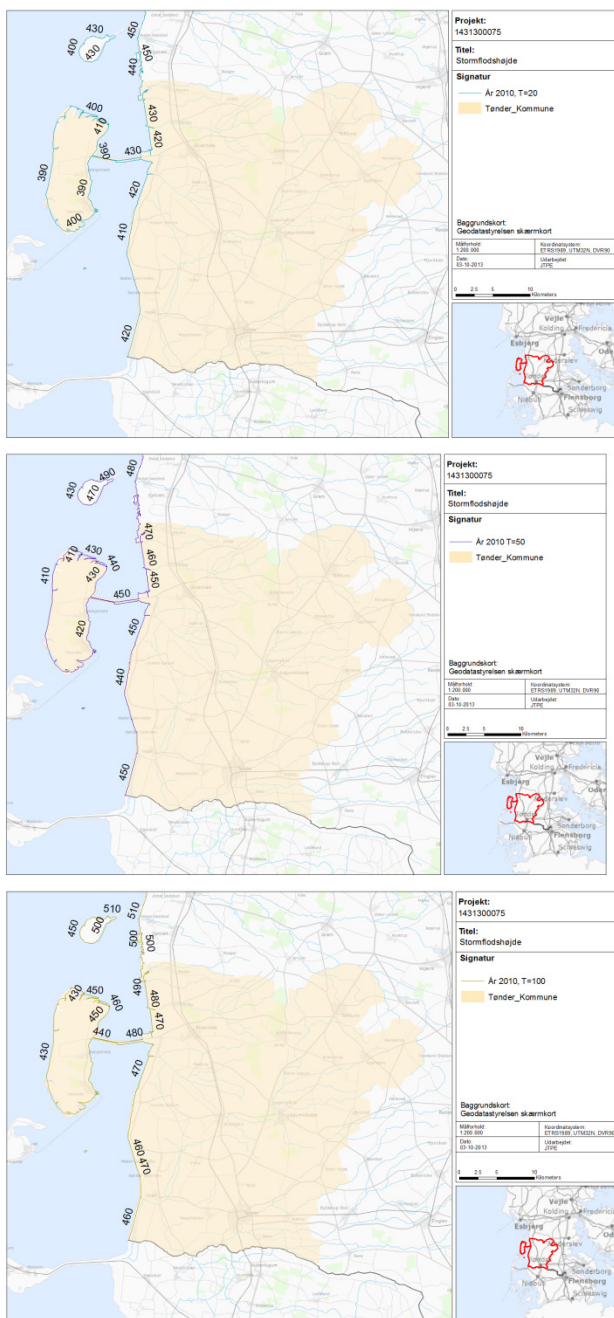
Der er benyttet følgende referencer:

- Kystdirektoratet: Højvandsstatistikker – 2012. Transportministeriet
- Kystplanlæggeren: [www.klimatilpasning.dk](http://www.klimatilpasning.dk)
- [www.kyst.dk](http://www.kyst.dk)
- [www.kortforsyningen.dk](http://www.kortforsyningen.dk)

### 4.2. Metode

I dette afsnit beskrives metoden screening for oversvømmelser fra havet. Der anvendes koter for havspejlsniveau ved 5, 10, 20, 50 og 100 års hændelser (gentagelsesperioder) i dag og i år 2050. Til vurdering af potentiel oversvømmelse ved de forskellige gentagelsesperioder anvendes Naturstyrelsens lag for havoversvømmelse, nedtaget fra Kortforsyningen.dk. Disse lag er pt. i høring, og forbundet med en del usikkerhed, som diskuteret nedenfor i afsnittet 4.4 om anvendelse af kortene. Enhver tolkning af kortene for sandsynlighed for havoversvømmelse og afledte risikokort bør foretages med disse forbehold in mente.

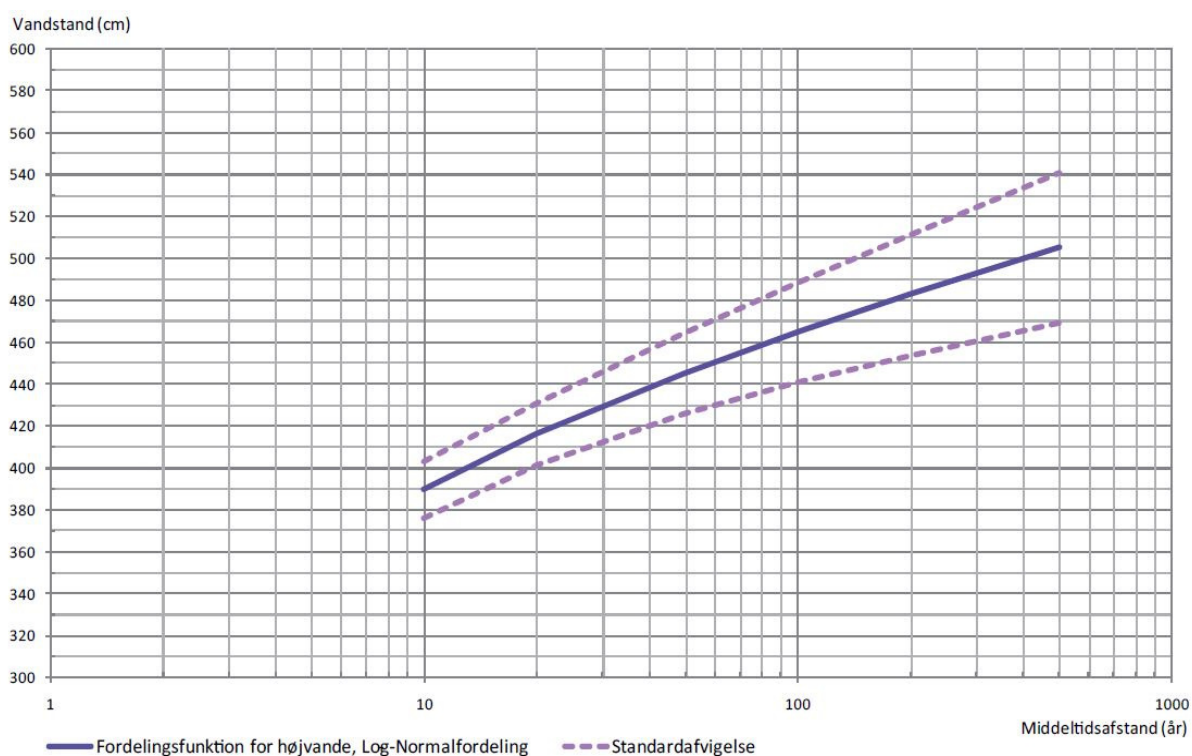
Figur 4-1 viser Kystdirektoratets estimat af nuværende havspejlsniveauer med gentagelsesperioder på 20, 50 og 100 år.



Figur 4-1: Stormflodshøjder (i dag) ved gentagelsesperioder på T=20 (øverst tv), T=50 (øverst th) og T=100 (nederst). Kilde: Kystplanlæggeren på [www.klimatilpasning.dk](http://www.klimatilpasning.dk)

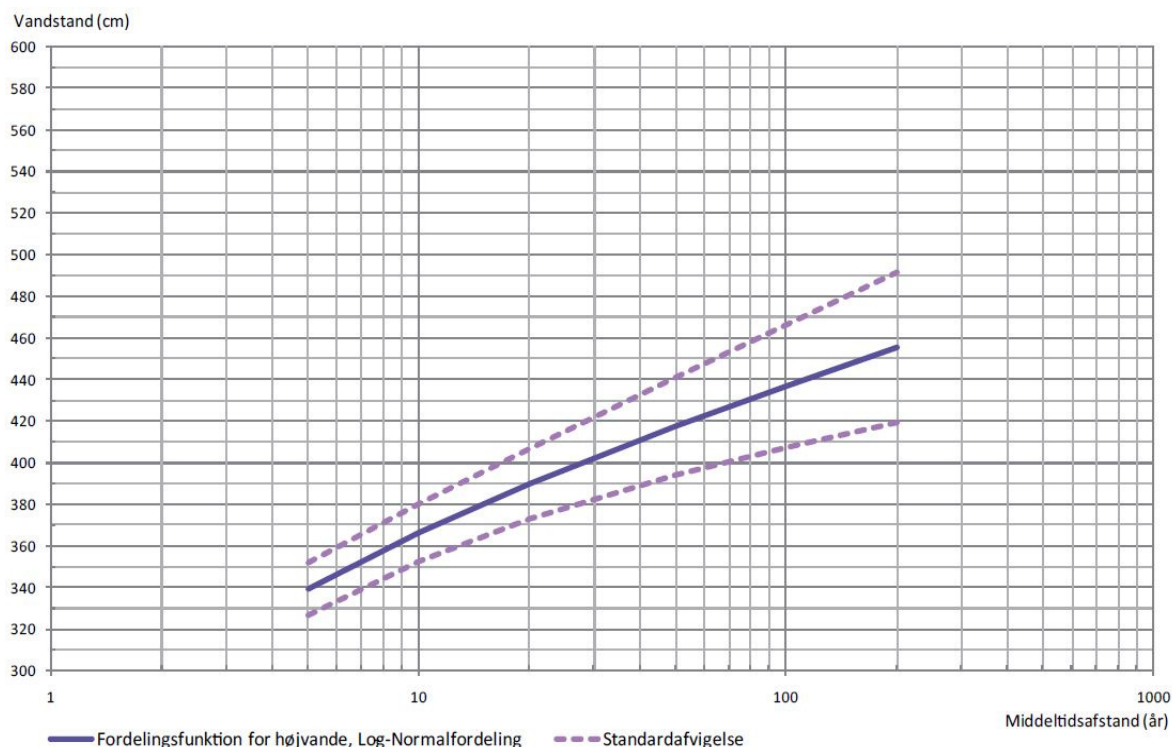
Det fremgår af figurerne, at stormflodshøjden varierer langs kysten, og særligt er der forskel på højden rundt om Rømø, og langs fastlandets kyst. Der vælges derfor én stormflodshøjde for hver hændelse ved Rømø, og en anden langs fastlandets kyst. For at undgå abrupte spring i de lag der repræsenterer stormflodernes højde, er det endvidere valgt at lade hver gentagelsesperiodes stormflodsniveau være repræsenteret af kun én kote for Rømø og én kote for fastlandkysten. Denne kote er for fastlandet

fundet ud fra Kystdirektoratets Højvandsstatistik for st. 3, Ballum Sluse, da denne station fint stemmer overens med de i Figur 4-1 angivne værdier for Fastlandskysten. Kurven for st.3 Ballum sluse fremgår af Figur 4-2. Havspejlsniveauet for gentagelsesperioden  $T=5$  år er fundet ved ekstrapolation af kurven.



Figur 4-2. Højvandsstatistik, St. 3 Ballum Sluse. Kilde: Kystdirektoratets Højvandsstatistikker 2012.

Fra Rømø findes der højvandsstatistik fra St. 2, Havneby Havn (Figur 4-3).



Figur 4-3. Højvandsstatistik, St. 2 Havneby Havn. Kilde: Kystdirektoratets Højvandsstatistikker 2012.

Det fremgår imidlertid af Figur 4-1, at stormflodshøjderne rundt om Rømø varierer, og derfor er stormflodshøjden ved T=20, T=50 og T=100 fundet som tilnærmede gennemsnitsværdier i Figur 4-1 og ikke aflæst direkte af Figur 4-3 (Tabel 4-1). De tilsvarende værdier er i Højvandsstatistikken for Havneby Havn: T100=4,37, T50=4,17 og T20=3,90 m DVR90). Forskellen mellem stormflodshøjderne for T=20 og T=50 imellem Rømø og Fastlandet er omkring 20 cm. Denne forskel antages også at gælde for T=5 og T=10.

Stormflodshøjderne for forskellige gentagelsesperioder er vist i Tabel 4-1:

	T=5	T=10	T=20	T=50	T=100
Rømø	3,50 <sup>□</sup>	3,70 <sup>□</sup>	3,95 <sup>#</sup>	4,25 <sup>#</sup>	4,35 <sup>#</sup>
Fastlandet	3,70 <sup>*</sup>	3,90 <sup>*</sup>	4,16 <sup>*</sup>	4,45 <sup>*</sup>	4,65 <sup>*</sup>

Tabel 4-1: Stormflodshøjder i dag ved forskellige gentagelsesperioder (m DVR90). Kilder: \*Kystdirektoratets Højvandstatistik for St 3 Ballum Sluse. # Figur 4.1. <sup>□</sup>Fastland minus 20 cm.

For at illustrere havstigningerne på kort er Naturstyrelsens kortlag anvendt. Kortene er hentet på Geodatastyrelsens hjemmeside via Kortforsyningen.dk. Naturstyrelsens kort er udarbejdet i 10m grid og i 10 cm intervaller, og derfor er værdierne i Tabel 4-1 omregnet til nærmeste hele 10 cm (Tabel 4-2).

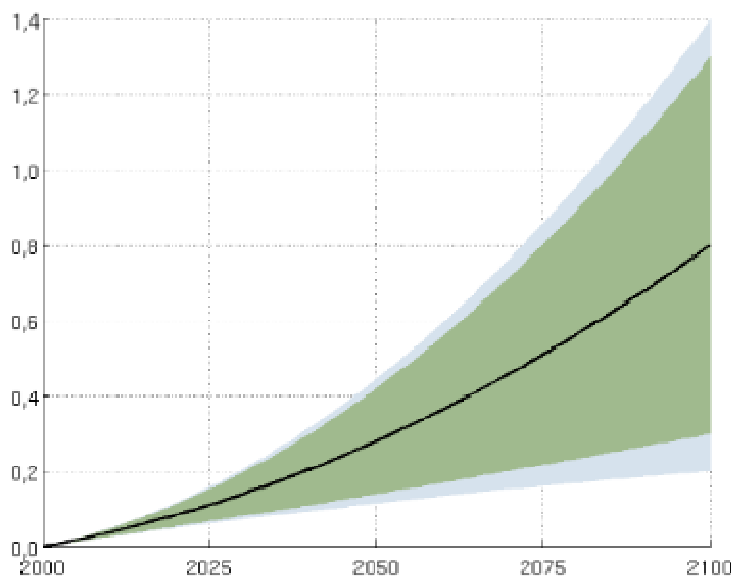
	T=5	T=10	T=20	T=50	T=100
Rømø	3,50	3,70	4,00	4,30	4,40
Fastlandet	3,70	3,90	4,20	4,50	4,70

Tabel 4-2: Stormflodshøjder i dag ved forskellige gentagelsesperioder (m DVR90), afrundet til nærmeste 10 cm for at matche NST-lag.

Fremskrivningen af stormflodshøjderne til år 2050 er foretaget efter anvisningerne på [www.klimatilpasning.dk](http://www.klimatilpasning.dk):

- $T_{2050} = T_{2010} + \text{havspejlstigning} + \text{bidrag fra øget vindpres} - \text{landhævning}$

DMLs bud på havspejlsstigningen frem mod år 2100 er vist i Figur 4-4. Havspejlsstigningen i år 2050 vurderes at være 30 cm.



Figur 4-4. DMLs vurdering af havspejlsstigninger (m) de næste 100 år. Sort kurve viser middelværdi, mens det grønne og blå område er usikkerheden omkring Danmark og globalt. Kilde: [www.klimatilpasning.dk](http://www.klimatilpasning.dk)

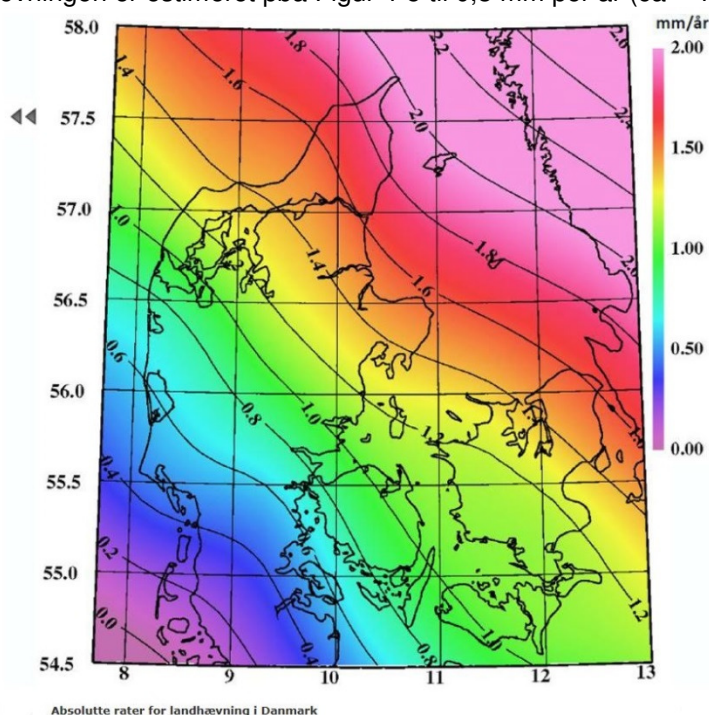
Ifølge [www.klimatilpasning.dk](http://www.klimatilpasning.dk) vil opstuvningen i år 2050 som følge af forøget vindpres være i størrelsesordenen 0-10 cm, og størst ved Vestkysten (Tabel 4-3). Den vurderes derfor at være 10 cm i området omkring Tønder.

## Havniveau

Forventet stigning i havvandstand	2050	2100
Middelvandstandsstigning	0,1 - 0,5 m	0,2 - 1,4 m
Lokale forhold		
Landhævning	- (0,0 - 0,10)m	- (0,0 - 0,2)m
Vindbidrag ved stormflod	0 - 0,10 m	0 - 0,3 m
Estimat for stormflod, i alt	0,0 - 0,60 m	0,0 - 1,7 m

Tabel 4-3: Forventet udvikling i havniveau. Kilde: <http://www.klimatilpasning.dk/viden-om/klima/klimaendringeridanmark/vandstandihavet.aspx>.

Landhævnningen er estimeret pba Figur 4-5 til 0,3 mm per år (ca = 1 cm i år 2050).



Figur 4-5. Absolutte rater for landhævning. Kilde: [www.kyst.dk](http://www.kyst.dk)

Således kan stormflodshøjder med en gentagelsesperiode på X år fremskrives efter:

- $TX \text{ i } 2050 = TX \text{ i } 2010 + 0,3m + 0,1m - 0,01m = TX \text{ i } 2010 + 0,39m$

De resulterende stormflodshøjder er vist i Tabel 4-4:

	T=5	T=10	T=20	T=50	T=100
Rømø	3,89	4,09	4,34	4,64	4,74
Fastlandet	4,09	4,29	4,55	4,84	5,04

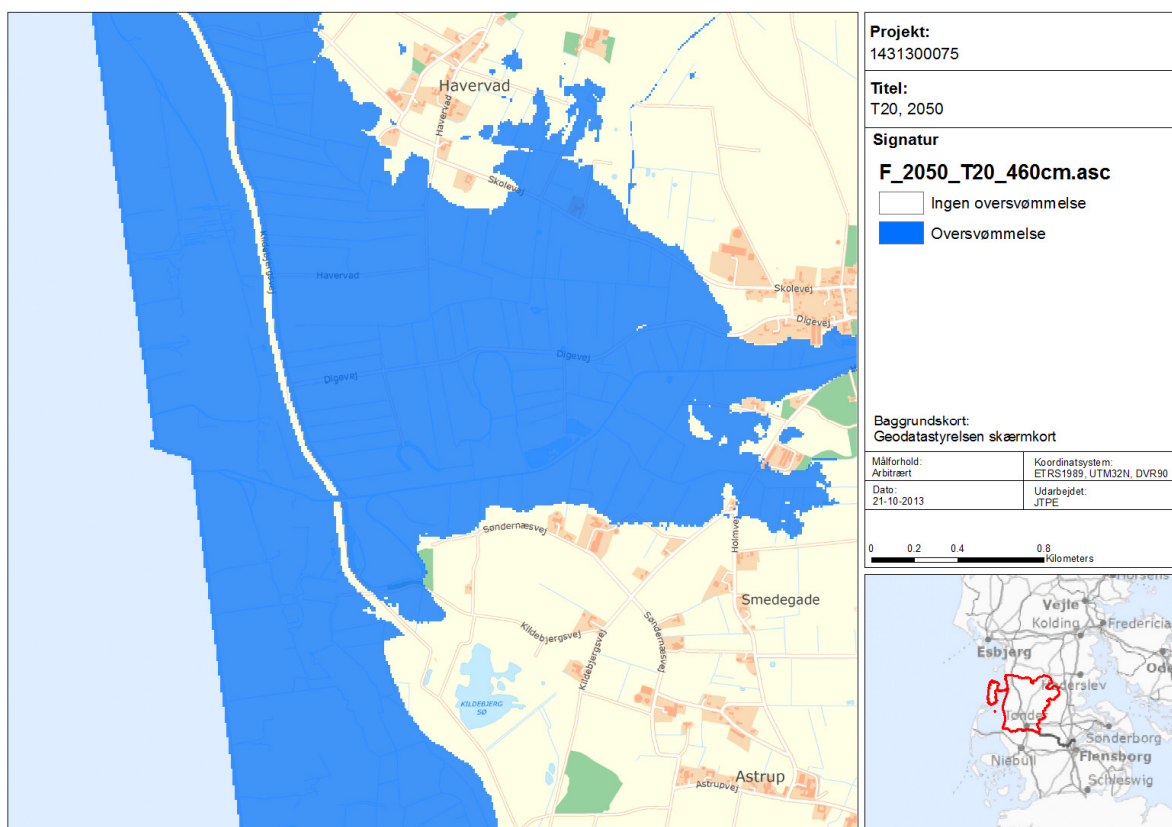
Tabel 4-4: Stormflodshøjder i år 2050 ved forskellige gentagelsesperioder (m DVR90).

Tabel 4-5 viser stormflodshøjderne afrundet til nærmeste hele 10 cm:

	T=5	T=10	T=20	T=50	T=100
Rømø	3,90	4,10	4,30	4,60	4,70
Fastlandet	4,10	4,30	4,60	4,80	5,00

Tabel 4-5: Stormflodshøjder i år 2050 ved forskellige gentagelsesperioder (m DVR90), afrundet til nærmeste 10 cm.

Ifølge Naturstyrelsens lag vil vand trænge ind gennem slusen ved Brøns Å (Figur 4-6). Dette er ifølge Tønder Kommune en fejl i lagene, som Kommunen har indberettet, men som endnu ikke er rettet. Orbicon har derfor modificeret lagene således, at den viste oversvømmelse bag diget, der skyldes indtrængning via Brøns Å, er bortklippet.



Figur 4-6. Eksempel på Naturstyrelsens lag for havoversvømmelse ved en stormflodshøjde på 460 cm DVR 90. Havvand trænger ind over slusen ved Brøns Å. Dette er ifølge Tønder Kommune en fejl, som Orbicon i det videre arbejde har rettet.

Naturstyrelsens lag viser, at der vil ske oversvømmelser ved Ballum-Koldby diget allerede ved T=5 i 2010 (dvs kote 3,70 m DVR90 jf. Tabel 4-1). Ifølge Tønder Kommune er digekronen ved Ballum-Koldby diget 3,89 m DVR90. Derfor er Naturstyrelsens lag tilrettet ved at bortklippe oversvømmelser bag diget, som er under digekronen.

Hvert enkelt lag fra Naturstyrelsen er reklassificeret, således at celler med oversvømmelse indeholder sandsynligheden for oversvømmelse én gang per år. Således har



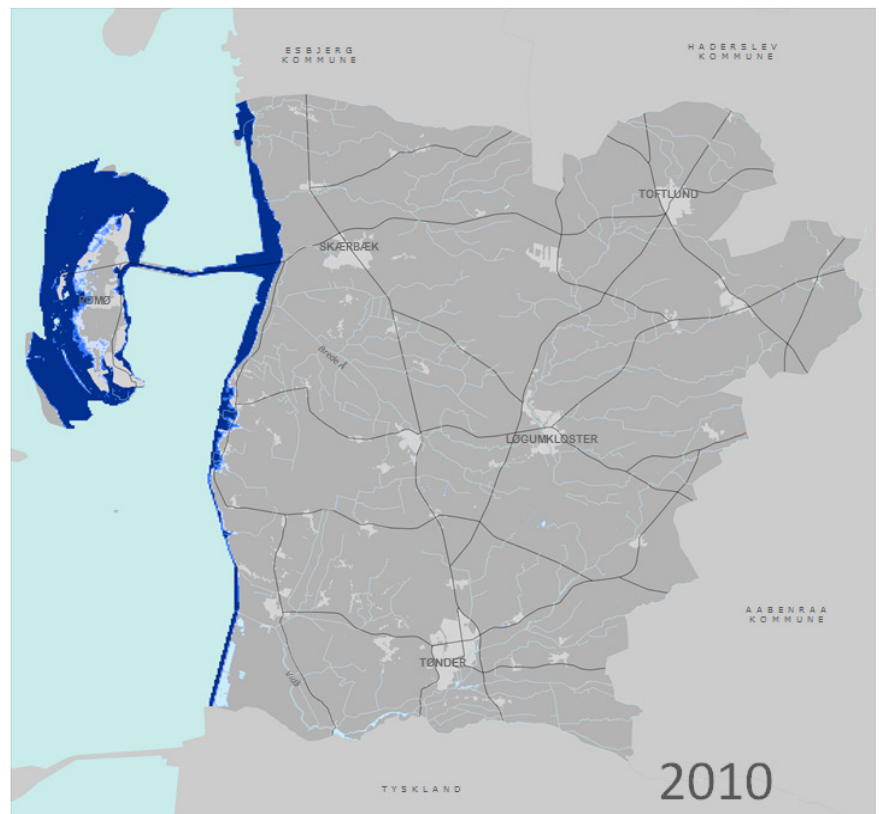
celler der bliver oversvømmet ved en 100 års hændelse værdien 0,01, mens celler der oversvømmes ved en 5 års hændelse har værdien 0,2. Lagene er derpå samlet og reskaleret til 100\*100 m grid til et sandsynlighedsbillede for 2010 og et for 2050.

#### 4.3. Resultat

Oversvømmelseskort for hav ses på figur 4-7 og figur 4-8 for henholdsvis 2010 og 2050.

##### Oversvømmelseskort for hav i 2010 gennemsnit 100 x 100 m

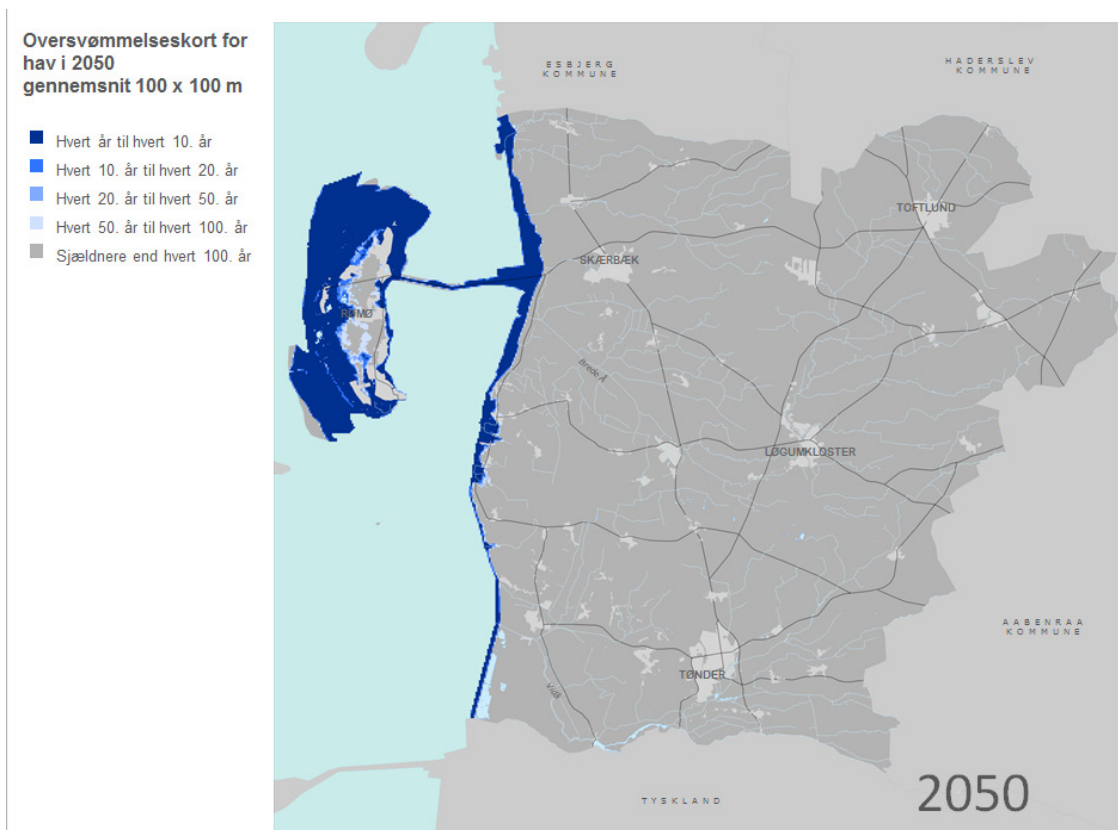
- Hvert år til hvert 10. år
- Hvert 10. år til hvert 20. år
- Hvert 20. år til hvert 50. år
- Hvert 50. år til hvert 100. år
- Sjældnere end hvert 100. år



Figur 4-7: Oversvømmelseskort for hav i 2010 udarbejdet vha. Naturstyrelsens kortgrundlag. Kortet kan anvendes til at indikere, hvilke bruttoområder, der er relevante at inddrage i risikovurderingen for oversvømmelse fra havet i et 2010 klima.

De anvendte data og kort kan alene anvendes til at give en overordnet vurdering/screening. Det anbefales derfor enhver bruger at indhente yderligere informationer, før brugeren fx iværksætter tiltag på baggrund af forventninger om oversvømmelser. De anvendte data og kort har udelukkende vejledende karakter. Tønder Kommune kan ikke gøres ansvarlig for informationerne fra data og kort, herunder for mangelfulde eller ukorrekte informationer.

Der henvises herudover til ikke-udtømmende liste over usikkerheder vedrørende data og informationer, som kan findes på [www.klimatilpasning.dk](http://www.klimatilpasning.dk). Tønder Kommune kan ikke gøres ansvarlig for brug eller fortolkninger af informationerne



Figur 4-8: Oversvømmelseskort for hav i 2050. Kortet kan anvendes til at indikere, hvilke bruttoområder, der er relevante at inddrage i risikovurderingen for oversvømmelse fra havet i et 2050 klima.

De anvendte data og kort kan alene anvendes til at give en overordnet vurdering/screening. Det anbefales derfor enhver bruger at indhente yderligere informationer, før brugeren fx iværksætter tiltag på baggrund af forventninger om oversvømmelser. De anvendte data og kort har udelukkende vejledende karakter. Tønder Kommune kan ikke gøres ansvarlig for informationerne fra data og kort, herunder for mangelfulde eller ukorrekte informationer.

Der henvises herudover til ikke-udtømmende liste over usikkerheder vedrørende data og informationer, som kan findes på [www.klimatilpasning.dk](http://www.klimatilpasning.dk). Tønder Kommune kan ikke gøres ansvarlig for brug eller fortolkninger af informationerne

#### 4.4. Anvendelse af kortet

**Det er afgørende vigtig at understrege**, at kortlægningen ikke afspejler den faktiske situation og skal anvendes med forbehold. De kortlagte oversvømmelses hyppigheder på Rømø er således stærkt overdrevne i forhold til de faktisk oplevede situationer. Det har ikke været muligt at analysere årsagen hertil, men skyldes formodentlig usikkerhed eller fejl i terrænmodellen. Endvidere bygger kortene på en statisk situation og ikke på en hydraulisk model, hvor tidsfaktoren spiller ind. Det vil sige, at der ikke er taget hensyn til den tid det tager for vandet at løbe hen over terræn. I og med at lagene fra Naturstyrelsen er dannet som en simpel skæring mellem højdemodellen og et plan, svarer det til at antage, at vandspejlet ved en given stormflodshændelse er i sit maksimale niveau i uendelig lang tid. Dette er en grov forsimpning af virkeligheden, og oversvømmelseskortene skal derfor betragtes som absolut "worst case" scenarier på

screeningsniveau. Kortene må ikke anvendes løsrevet fra dette forbehold. Forklaringen bør undersøges nærmere i det videre klimatilpasningsarbejde

## 5. OVERSVØMMELSESKORT FOR NEDBØR I LAVNINGER

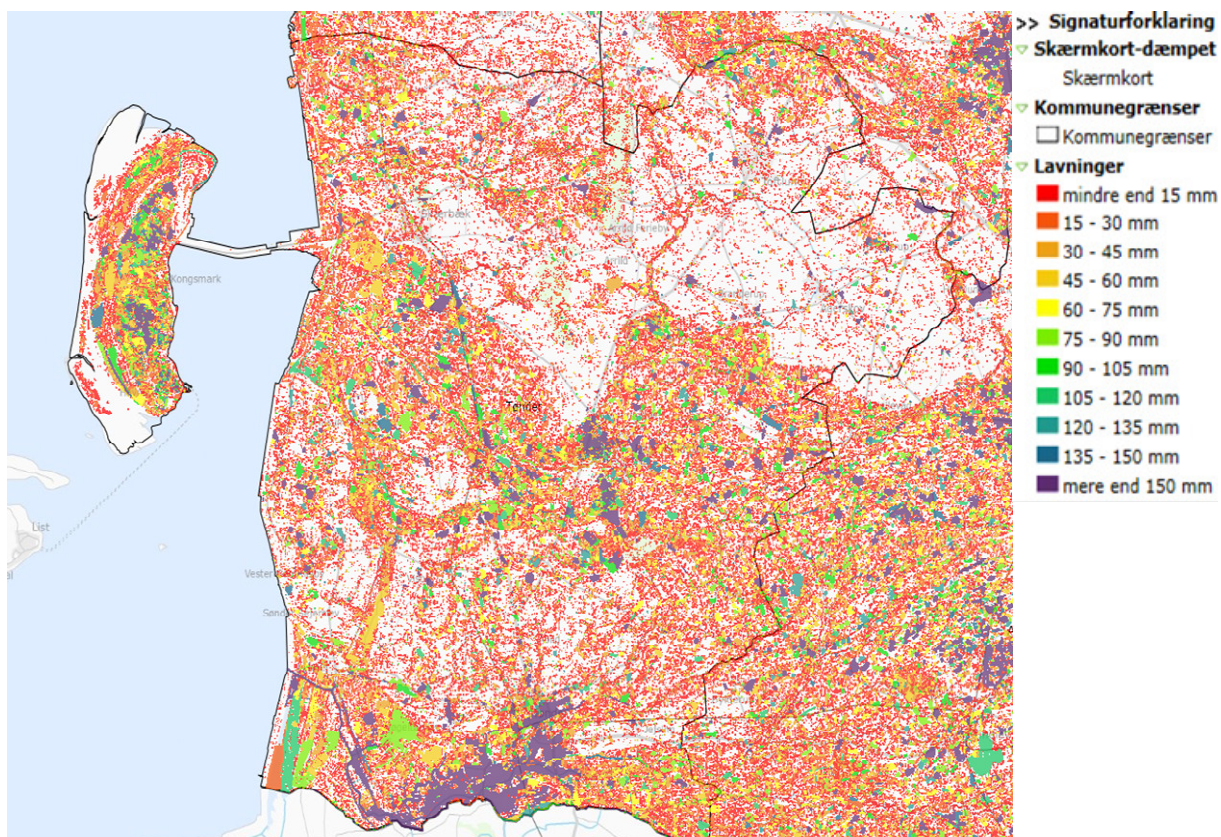
I det åbne land og i byområder, der ikke er kloakeret for regnvand, kan der ske oversvømmelser i lavninger, hvor der ikke er naturligt afløb. Naturstyrelsen har udarbejdet et lavningskort, som er anvendt til en første overordnet vurdering af, hvor der potentielt kan ske oversvømmelse i lavninger i det åbne land.

De næste afsnit er en teknisk beskrivelse af grundlag og metode for udarbejdelse af oversvømmelseskortet.

Oversvømmelseskortet for lavninger er udarbejdet på grundlag af Naturstyrelsens temakort og repræsentere 2010 og 2050 som gennemsnit i 100x100 m grid. Resultatet er beskrevet i afsnit 5.3.

### 5.1. Grundlag

Naturstyrelsens lavningskort, som er vist på Figur 5-1, er benyttet til en første overordnet vurdering af, hvor der potentielt kan ske oversvømmelse i lavninger i det åbne land i Tønder Kommune.



Figur 5-1: Skærmdump af Naturstyrelsens kort over lavninger i Tønder Kommune med angivelse af den regnmængde (mm) der skal til før lavninger i terrænet er fyldt.

Naturstyrelsen har beregnet lavningskortet på en hydrologisk tilrettet terrænmodel. Lavningerne er udpeget ved at fylde terrænmodellen og derefter trække den oprindelige (ikke fyldte) terrænmodel fra. Kortene er yderligere dokumenteret på Naturstyrelsens hjemmeside /1/.

For hver af de udpegede lavninger har Naturstyrelsen beregnet:

- Oplandsarealet
- Volumen af lavningen
- Maksimal dybde af lavning
- Den gennemsnitlige befæstelsesgrad
- Den gennemsnitlige hydrauliske ledningsevne
- Opfyldningstiden under skybrud



Figur 5-2: Illustration af Naturstyrelsens lavningskort (fra /1/).

Den beregnede opfyldningstid er vist ved et forsimplet regneeksempel, der illustrerer opfyldningstiden under et skybrud. Opfyldningstiden angiver, hvor mange timer, det tager at fylde hele lavningen op:

Opfyldningstid (timer) = lavningsvolumen / (nedbør - nedsivning), hvor:

- Nedbør = 30 mm/time \* oplandsareal
- Nedsivning = (1 - befæstelsesgrad) \* hydraulisk ledningsevne \* oplandsareal

Det er en meget forsimplet beregning, hvor der blandt andet ikke er taget højde for vandets transporttid gennem systemet og vandtilførsler fra andre oplande. Beregningen er foretaget med en konstant nedbør på 15 mm på 30 min, hvilket er definitionen på et skybrud.

## 5.2. Metode

Naturstyrelsen angiver ikke en metode, hvormed lavningskortet kan anvendes til udpegning af områder med størst sandsynlighed for oversvømmelse. Endvidere er der ikke kendskab til andre kommuner, der har erfaringer med dette.

Den faktiske sandsynlighed for oversvømmelse af lavninger i det åbne land kan ikke beregnes med Naturstyrelsens kort; der skal en bedre hydraulisk analyse til. Orbicon har derfor foreslået en metode til anvendelse af lavningskortet til udpegning af områder, der eventuelt skal ses nærmere på efterfølgende.

Orbicon har tematiseret lavningskortet, så lavninger med størst sandsynlighed for skadesvoldende oversvømmelse fremhæves og metoden beskrives her:

- Det er antaget, at skader sker allerede ved små oversvømmelser, nemlig ved 20 cm svarende til sokkelhøjde.
- Lavninger med et areal mindre end 1000 m<sup>2</sup> er frasorteret, da de skaber for meget "støj" i forhold til formålet.
- Naturstyrelsen har beregnet opfyldningstiden af hele lavningens dybde. Dette er brugt til en ligeledes simpel beregning af den gennemsnitlige opfyldningstid for lavningerne. Opfyldningshastighed (m/time) = dybde af lavning (m) / opfyldningstid (timer).
- I tilfælde hvor opfyldningstiden er angivet til værdien 0 er der anvendt en opfyldningstid på 0,01 timer.
- Opfyldningshastigheden er desuden beregnet for 100x100 m celler som arealvægtet gennemsnit.

Det er hensigtsmæssigt at oversvømmelseskortene er forholdsvis sammenlignelige, hvis de skal kunne sammenlignes med hinanden. Derfor er der lavet en simpel beregningsformel til beregning af sandsynligheden for skadesvoldende oversvømmelser ud fra opfyldningshastigheden:

- Jo højere hastighed, desto højere sandsynlighed for opstuvninger over 20 cm, som kan give skader på boliger med videre.

- Et DMI-skybrud med 15 mm pr. 30 min. har en regnintensitet på 8,3 µm/s. Dette svarer statistisk set til en gentagelsesperiode på cirka 5 år. Dette svarer til de nuværende forhold.
- Det vil sige, at lavninger, hvor der kan ske oversvømmelser ved et skybrud vil have en sandsynlighed for oversvømmelse på 20 % (svarende til et skybrud hvert femte år).
- Det forudsættes, at skadesvoldende oversvømmelser sker ved 20 cm.
- Dette betyder, at der vil ske skader ved et skybrud i lavninger med en opfyldningshastighed på 0,4 m/time og derover (20 cm på en halv times skybrud).
- Dette fører til følgende tabel, hvor sandsynligheder mindre end 20 % er fordelt ved halvering af intervallerne:

Opfyldningshastighed (m/time)	Sandsynlighed for oversvømmelse
0,01 - 0,05	1,3 %
0,05 - 0,1	2,5 %
0,1 - 0,2	5 %
0,2 - 0,4	10 %
0,4 -	20 %

Tabel 5-1: Sandsynlighed for oversvømmelse af lavninger i det åbne land i 2010 vurderet ud fra en simpel beregning af opfyldningshastigheden.

Tønder Kommune har ønsket, at Naturstyrelsens lavningskort også bruges som grundlag for en prognose af sandsynligheden for oversvømmelse fra lavninger i år 2050. Orbicon har opstillet en simpel metode, som bygger på de foregående antagelser kombineret med en prognose for klimafaktoren i år 2050:

- Som det er beskrevet ovenfor sker et skybrud på 15 mm på 30 minutter i dag cirka hvert 5. år.
- Det kan med grove antagelser beregnes, at et skybrud med denne regnintensitet statistisk set vil ske hvert 2. år i år 2050.
- Her er beregningen: i dag er regnintensiteten for en 2-år regn cirka 13 mm pr. 30 minutter. Ved at gange en klimafaktor på cirka 1,1 for klimaudviklingen til 2050 svarer det omtrent til regnintensiteten for det nuværende skybrud. Klimafaktoren er estimeret på basis af værdierne i Tabel 5-3.
- Det vil sige, at lavninger, hvor der kan ske oversvømmelser ved et skybrud i 2050, vil have en sandsynlighed for oversvømmelse på 50 % (svarende til et skybrud hvert andet år).
- Dette betyder, at der vil ske skader ved et skybrud i lavninger med en opfyldningshastighed på 0,4 m/time og derover (20 cm på en halv times skybrud).
- Dette fører til følgende tabel, hvor sandsynligheder mindre end 50 % er fordelt ved halvering af intervallerne:

Opfyldningshastighed (m/time)	Sandsynlighed for oversvømmelse
0,01 - 0,05	3,2 %
0,05 - 0,1	6,3 %
0,1 - 0,2	12,5 %
0,2 - 0,4	25 %
0,4 -	50 %

Tabel 5-2: Sandsynlighed for oversvømmelse af lavninger i det åbne land i 2050 vurderet ud fra en simpel beregning af opfyldningshastigheden.

Gentagelsesperiode	Klimafaktor
5-års	1,11
10-års	1,14
20-års	1,15
50-års	1,17
100-års	1,18

*Beregnet for A1B-scenariet for 2021-2050 af DMI*

Tabel 5-3: Klimafaktor for 2050 fra [www.klimatilpasning.dk](http://www.klimatilpasning.dk).

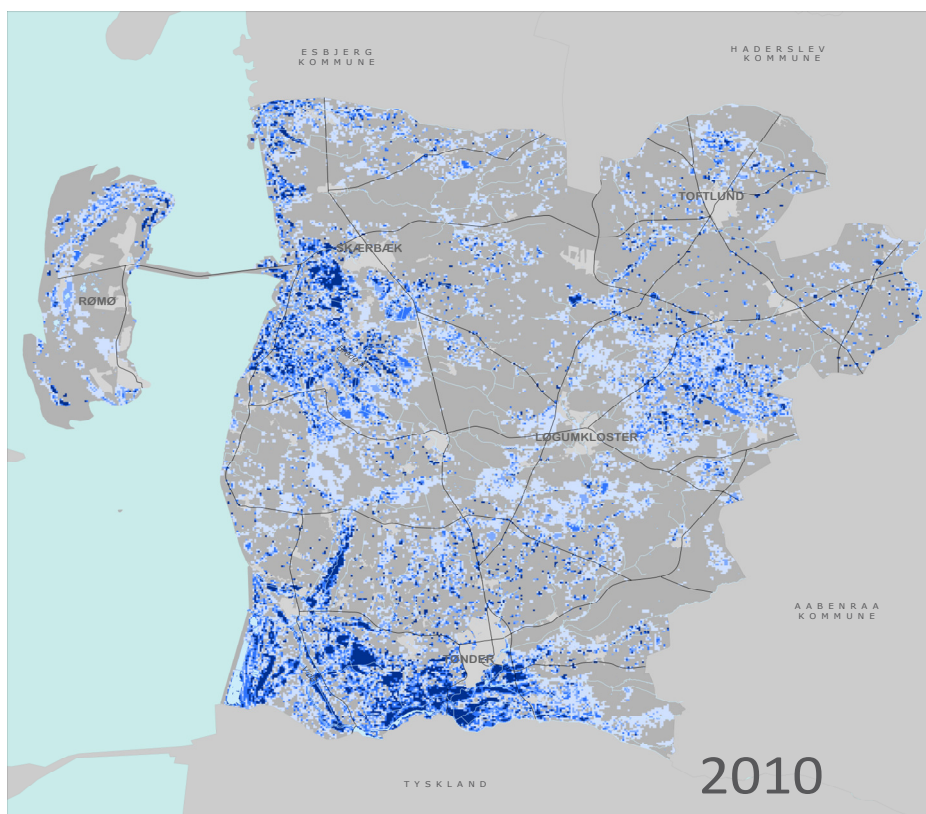
### 5.3. Resultat

Oversvømmelseskortet for lavninger i det åbne land i Tønder Kommune er vist på Figur 5-3 og 5-4 i gennemsnit 100x100 m grid.

Kortet viser, hvilke områder i kommunen, som kan være særligt udsatte for oversvømmelser ved kraftig regn. Kortet er udarbejdet med udgangspunkt i Naturstyrelsens lavningskort og kan bruges til en første overordnet vurdering af, hvor der potentielt kan ske oversvømmelse i lavninger i det åbne land.

**Oversvømmelseskort for lavninger i 2010  
Gennemsnit 100 x 100 m**

- Hvert år til hvert 10. år
- Hvert 10. år til hvert 20. år
- Hvert 20. år til hvert 50. år
- Hvert 50. år til hvert 100. år
- Sjældnere end hvert 100. år



Figur 5-3: Oversvømmelseskortet for år 2010 for lavninger i det åbne land i Tønder Kommune er baseret på Naturstyrelsens lavningskort.

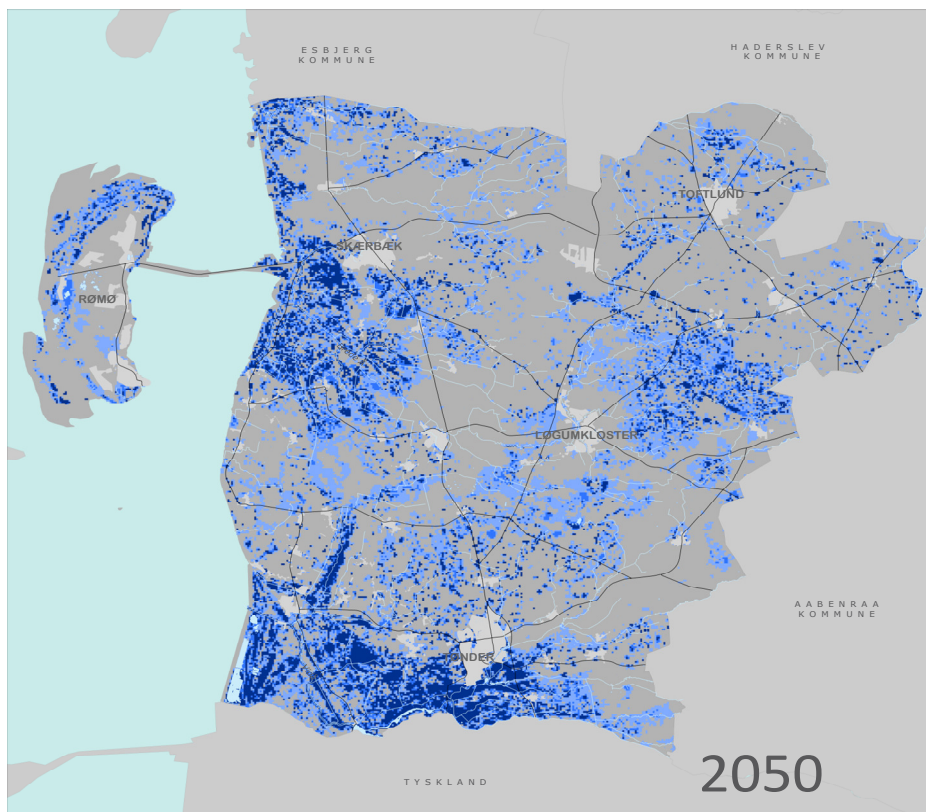
De anvendte data og kort kan alene anvendes til at give en overordnet vurdering/screening. Det anbefales derfor enhver bruger at indhente yderligere informationer, før brugeren fx iværksættes tiltag på baggrund af forventninger om oversvømmelser. De anvendte data og kort har udelukkende vejledende karakter. Tønder Kommune kan ikke gøres ansvarlig for informationerne fra data og kort, herunder for mangelfulde eller ukorrekte informationer.

Der henvises herudover til ikke-udtømmende liste over usikkerheder vedrørende data og informationer, som kan findes på [www.klimatilpasning.dk](http://www.klimatilpasning.dk). Tønder Kommune kan ikke gøres ansvarlig for brug eller fortolkninger af informationerne



**Oversvømmelseskort for lavninger i 2050**  
Gennemsnit 100 x 100 m

- Hvert år til hvert 10. år
- Hvert 10. år til hvert 20. år
- Hvert 20. år til hvert 50. år
- Hvert 50. år til hvert 100. år
- Sjældnere end hvert 100. år



Figur 5-4: Oversvømmelseskortet for lavninger for år 2050 i det åbne land i Tønder Kommune er baseret på Naturstyrelsens lavningskort.

De anvendte data og kort kan alene anvendes til at give en overordnet vurdering/screening. Det anbefales derfor enhver bruger at indhente yderligere informationer, før brugeren fx iværksætter tiltag på baggrund af forventninger om oversvømmelser. De anvendte data og kort har udelukkende vejledende karakter. Tønder Kommune kan ikke gøres ansvarlig for informationerne fra data og kort, herunder for mangelfulde eller ukorrekte informationer.

Der henvises herudover til ikke-udtømmende liste over usikkerheder vedrørende data og informationer, som kan findes på [www.klimatilpasning.dk](http://www.klimatilpasning.dk). Tønder Kommune kan ikke gøres ansvarlig for brug eller fortolkninger af informationerne

#### 5.4. Anvendelse af kortet

Oversvømmelseskortene for lavninger for år 2010 og år 2050 kan anvendes til en første overordnet vurdering af hvilke områder, der kan være særligt udsatte for oversvømmelser.

Oversvømmelseskortene er baseret på simple terrænanalyser, og de tager derfor ikke hensyn til lavningernes udstrækning og vandets faktiske strømninger på overfladen. Kortene tager heller ikke hensyn til områder, hvor der er drænet, eller hvor der pumper, hvilket er tilfælde i mange af Tønder Kommunes mest lavtliggende områder.

Lavningskortene er ikke relevante for de kloakerede områder, da oversvømmelseskortene for de kloakerede områder er mere detaljerede og præcise, da de er udarbejdet vha. en udbygget beregningsmo-

del. I det åbne land er det ikke muligt at opstille en sådan model, og er henvist til at benytte de usikre lavningskort.

Kortene kan derfor alene benyttes til udpegning af de bruttoområder i det åbne, hvor der foreligger en teoretisk mulighed for oversvømmelse på grund af nedbør og som derfor bør indgå i screeningen i risikokortlægningen. Der henvises til risikokort for oversvømmelser i lavninger på figur 8-4 og 8-5.

De udpegede risikoområder for oversvømmelse i lavninger kan verificeres yderligere ved senere at sammenholde dem med kort over pumpelag og drænedede områder.

## 6. OVERSVØMMELSESKORT FOR GRUNDVAND

### 6.1. Grundlag

Til brug for screening af konsekvenserne ved stigende grundvandsspejl i Tønder Kommune er anvendt Naturstyrelsens grundvandskort udarbejdet af GEUS.

GEUS har undersøgt variationer i grundvandsdannelse og dybden fra terræn til grundvandsspejlet under hensyn klimaudviklingen. Resultatet af arbejdet er en række grundvandskort, der giver et indtryk af, om et område bliver berørt af ændringer i grundvandsstand og grundvandsdannelse.

Formålet med grundvandskortene er at give et landsdækkende screeningsgrundlag med information om fremtidens grundvandsforhold.

Følgende grundvandskort er stillet til rådighed på [www.klimatilpasning.dk](http://www.klimatilpasning.dk):

- Middelgrundvandsstand for det øverste frie grundvandsspejl
- Værdi for en høj grundvandsstand i det øverste frie grundvandsspejl, der repræsenterer højeste 5-døgns grundvandsstand, der overskrides i gennemsnit én gang hvert 10. år.
- Middel grundvandsdannelse i den dybde, hvorfra grundvandsindvindinger typisk foregår.
- Grundvandsdannelse der repræsenterer laveste årlige grundvandsdannelse, der underskrides i gennemsnit hvert 10. år.

Alle datasættene kan ses for det nuværende klima (1991-2010) samt ændring for det fremtidige klima for perioden 2021-2050 i forhold til referenceperioden 1961-1990.

Værktøjet har udelukkende vejledende karakter. GEUS anbefaler, at der foretages en nærmere analyse, inden der iværksættes eventuelle tiltag.

Tønder Kommune har valgt at anvende middelgrundvandskortet for det øverste frie vandsspejl som udgangspunkt for vurdering af sandsynlighed for oversvømmelse. Grundvandskortet for 2010 svarer til middelgrundvandsstanden i dag og grundvandskortet for 2050 svarer til fremtiden. Grundvandskortet for 2050 er beregnet som grundvandskortet for 2010 plus ændringen fra 2010 til 2050.

## 6.2. Metode

Det er hensigtsmæssigt, at oversvømmelseskortene er forholdsvis sammenlignelige når de skal sammenlignes med hinanden. Derfor er der lavet en beregningsformel til beregning af sandsynlighed ud fra grundvandstemaet "afstand fra terræn til grundvand".

Grundvandstemaet "Afstand fra terræn til grundvandsspejl" er inddelt i 3 intervaller ved beregningen af risikoen:

- 0 - 1 meter til terræn
- 1 - 5 meter til terræn
- Over 5 meter til terræn

Til brug for risikoanalysen er det vurderet, at de mest kritiske områder i forbindelse med klimatilpasningen er de områder, hvor grundvandet i dag ligger forholdsvis dybt, men hvor grundvandet i perioden til 2050 stiger op i den kritiske zone fra 0 – 1 meter under terræn.

Der er benyttet følgende beregningsformel til beregning af sandsynligheden for kritiske grundvandsstigninger i 2050:

Afstanden til grundvandet (meter)	Sandsynlighed for oversvømmelse i 2050
2010: > 1 meter og 2050: 0 – 1 meter	50 %
Øvrige	0 %

Sandsynligheden for oversvømmelse på 50 % for afstanden til grundvandet på mellem 0 og 1 meter afspejler, at det er middelgrundvandsstanden kortet er udarbejdet på baggrund af. Middelgrundvandsstanden er sammenlignelig med en medianværdi, som udtrykker at halvdelen af hændelserne er over og halvdelen under den aktuelle værdi. Således svarer en median til en 50 % fraktil og en gentagelsesperiode på hvert andet år og derfor 50 % sandsynlighed.

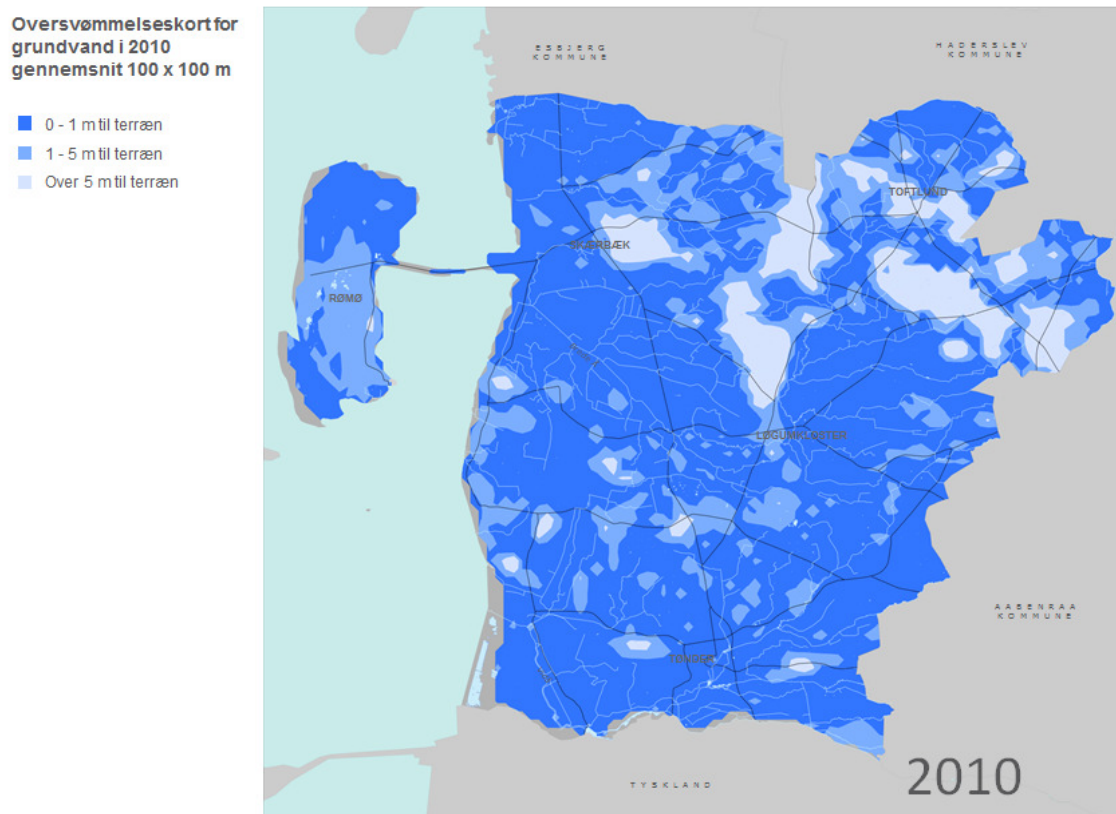
## 6.3. Resultat

Der er udarbejdet fire kort for grundvand:

- Grundvand 2010 (Fig. 6-1)
- Grundvand 2050 (Fig. 6-2)
- Grundvand 2050 med kritisk stigning (Fig. 6-3)
- Kritisk stigning 2010 – 2050 (Fig. 6-4)

Det sidste kort fremhæver de kritiske områder, hvor grundvandet i dag ligger forholdsvis dybt, men hvor grundvandet stiger op i den kritiske zone fra 0 – 1 m under terræn.

Orbicon har udarbejdet oversvømmelseskortene for kritisk grundvandsstigning i perioden 2010 – 2050 på grundlag af Naturstyrelsens temakort, som er foreslået anvendt i forbindelse med kommunernes risikokortlægning.



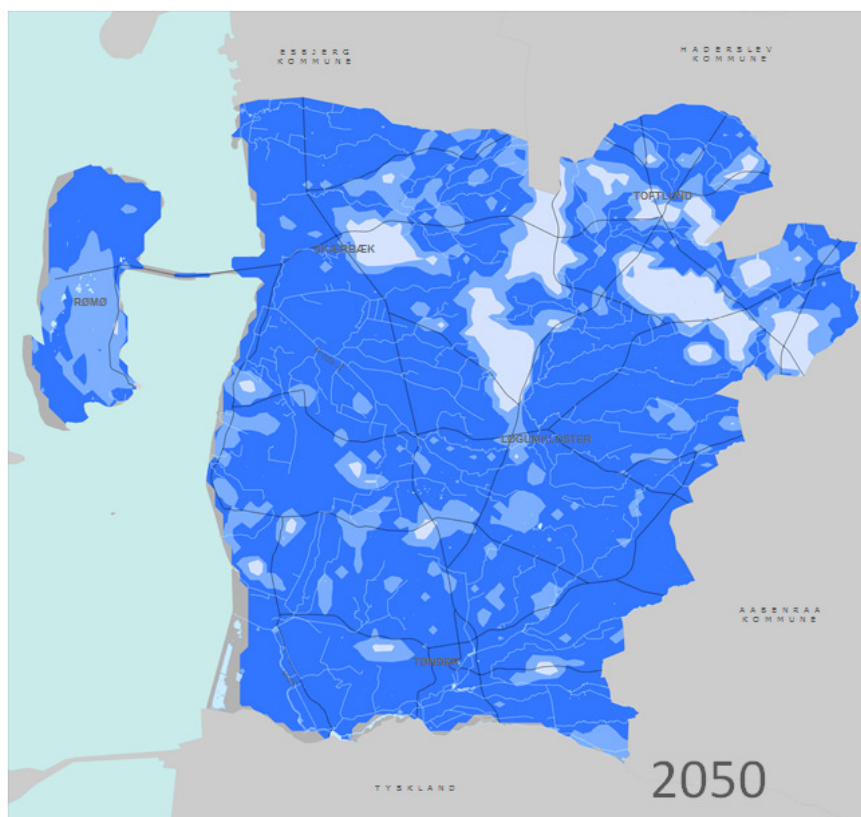
Figur 6-1: Oversvømmelseskortet for grundvand for år 2010 i Tønder Kommune er baseret på Naturstyrelsens grundvandskort. Kortet viser en status for grundvandsstanden i kommunen.

De anvendte data og kort kan alene anvendes til at give en overordnet vurdering/screening. Det anbefales derfor enhver bruger at indhente yderligere informationer, før brugeren fx iværksættes tiltag på baggrund af forventninger om oversvømmelser. De anvendte data og kort har udelukkende vejledende karakter. Tønder Kommune kan ikke gøres ansvarlig for informationerne fra data og kort, herunder for mangelfulde eller ukorrekte informationer.

Der henvises herudover til ikke-udtømmende liste over usikkerheder vedrørende data og informationer, som kan findes på [www.klimatilpasning.dk](http://www.klimatilpasning.dk). Tønder Kommune kan ikke gøres ansvarlig for brug eller fortolkninger af informationerne

**Oversvømmelseskort for grundvand i 2050  
gennemsnit 100 x 100 m**

- 0 - 1 m til terræn
- 1 - 5 m til terræn
- Over 5 m til terræn



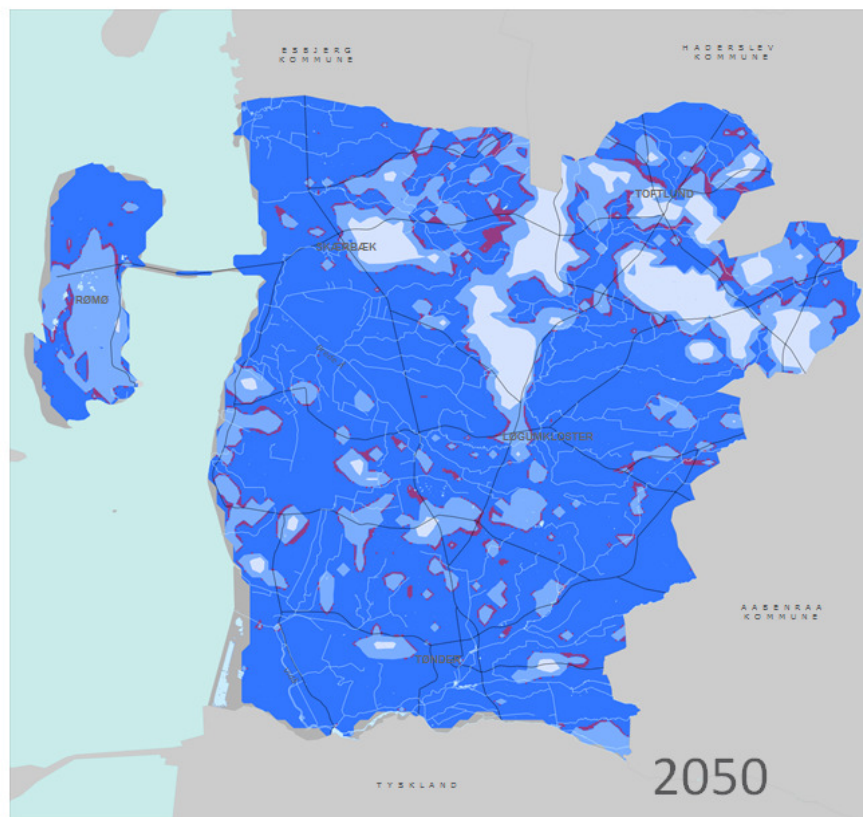
Figur 6-2: Oversvømmelseskortet for grundvand for år 2050 i Tønder Kommune er baseret på Naturstyrelsens grundvandskort. Kortet viser en udviklingen i grundvandsstanden i kommunen.

De anvendte data og kort kan alene anvendes til at give en overordnet vurdering/screening. Det anbefales derfor enhver bruger at indhente yderligere informationer, før brugeren fx iværksættes tiltag på baggrund af forventninger om oversvømmelser. De anvendte data og kort har udelukkende vejledende karakter. Tønder Kommune kan ikke gøres ansvarlig for informationerne fra data og kort, herunder for mangelfulde eller ukorrekte informationer.

Der henvises herudover til ikke-udtømmende liste over usikkerheder vedrørende data og informationer, som kan findes på [www.klimatilpasning.dk](http://www.klimatilpasning.dk). Tønder Kommune kan ikke gøres ansvarlig for brug eller fortolkninger af informationerne

**Oversvømmelseskort for grundvand i 2050 med kritisk stigning**

- 0 - 1 m til terræn
- 1 - 5 m til terræn
- Over 5 m til terræn
- Kritisk grundvandsstigning til 0 – 1 m til terræn



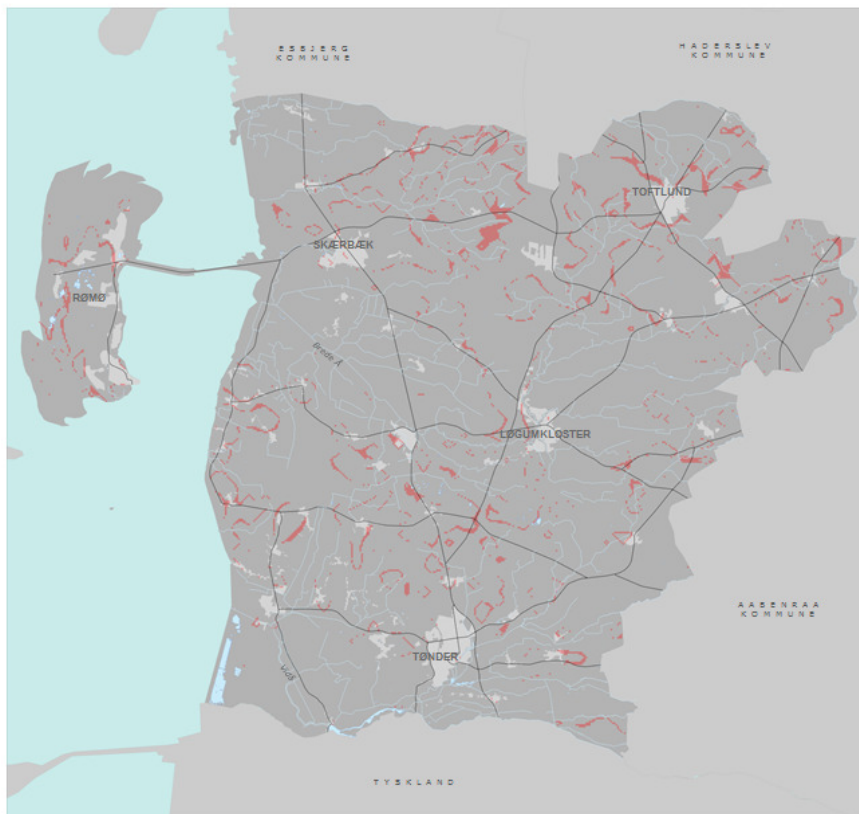
Figur 6-3: Oversvømmelseskortet for grundvand for år 2050 i Tønder Kommune med visning af kritisk stigning i grundvandsstand. Kortet viser i hvilke områder grundvandet stiger fra et lavt niveau i 2010 op til et niveau 0 – 1 m under terræn i 2050.

De anvendte data og kort kan alene anvendes til at give en overordnet vurdering/screening. Det anbefales derfor enhver bruger at indhente yderligere informationer, før brugeren fx iværksættes tiltag på baggrund af forventninger om oversvømmelser. De anvendte data og kort har udelukkende vejledende karakter. Tønder Kommune kan ikke gøres ansvarlig for informationerne fra data og kort, herunder for mangelfulde eller ukorrekte informationer.

Der henvises herudover til ikke-udtømmende liste over usikkerheder vedrørende data og informationer, som kan findes på [www.klimatilpasning.dk](http://www.klimatilpasning.dk). Tønder Kommune kan ikke gøres ansvarlig for brug eller fortolkninger af informationerne

**Kritisk stigning i grundvandsstand fra 2010 til 2050**

❖ Kritisk grundvandsstigning til 0 – 1 m til terræn



Figur 6-4: Kritisk stigning i grundvandsstand fra 2010 til 2050 i Tønder Kommune. Kortet viser i hvilke områder grundvandet stiger fra et lavt niveau i 2010 op til et niveau 0 – 1 m under terræn i 2050.

De anvendte data og kort kan alene anvendes til at give en overordnet vurdering/screening. Det anbefales derfor enhver bruger at indhente yderligere informationer, før brugeren fx iværksættes tiltag på baggrund af forventninger om oversvømmelser. De anvendte data og kort har udelukkende vejledende karakter. Tønder Kommune kan ikke gøres ansvarlig for informationerne fra data og kort, herunder for mangelfulde eller ukorrekte informationer.

Der henvises herudover til ikke-udtømmende liste over usikkerheder vedrørende data og informationer, som kan findes på [www.klimatilpasning.dk](http://www.klimatilpasning.dk). Tønder Kommune kan ikke gøres ansvarlig for brug eller fortolkninger af informationerne

#### 6.4. Anvendelse af kortet

Den kritiske grundvandsstand fra 2010 til 2050 viser, i hvilke områder grundvandet kan antages at stige op til 0-1 m i terræn i 2050.

Oversvømmelseskortene for kritisk grundvandsstigning i perioden 2010 – 2050 tager ikke hensyn til lokale ændringer i dræningsforhold og vandindvindinger kan have større betydning end de forventede ændringer i klimaet.

Kortet for kritisk stigning i grundvandsstand er anvendt i risikokortlægningen og ses på figur 8-6, og er således anvendt til at lokalisere områder, hvor fremtidig grundvandsstigning falder sammen med højværdi områder.

## 7. VÆRDIKORTLÆGNING

Orbicon har udarbejdet et værdikort for Tønder Kommune, som er baseret på blandt andet temaer fra Kommuneplanen. Kortene viser hvilke områder, som kan være særligt sårbare for oversvømmelser og kan derfor bruges af kommunen til at prioritere eventuelle indsatser.

De næste afsnit er en teknisk beskrivelse af grundlag og metode for udarbejdelse af værdikortet og resultatet er beskrevet i afsnit 7.3.

### 7.1. Grundlag

Værdikortet er udarbejdet på baggrund af gis-temaer, der beskriver arealanvendelsen i kommunen. Alle temaer anvendt til værdikortlægningen er leveret af Tønder Kommune.

### 7.2. Metode

Værdikortet for Tønder Kommune tager udgangspunkt i "Samsø modellen" fra Region Midtjyllands skabelon til klimatilpasningsplan /4/. Den er baseret på værdien af skadesomkostningerne pr. m<sup>2</sup> ved oversvømmelser.

Der er anvendt en pointmodel, hvor omfanget af skader er skønnet i forhold til anvendelsen af området. Skadesomkostningerne er vurderet på en pointskala fra 0,1 til 10.

Tabel 7-1 viser pointmodellen.

	Anvendelse	Enhed	Point
Bebyggelse	Offentlig service	m2 bygning	9
	Industri, erhverv, handel	m2 bygning	10
	Boliger	m2 bygning	7
	Fritidsboliger/Sommerhuse	m2 bygning	4
	Fredede bygninger o. lign.	m2 bygning	8
	Idrætsanlæg	m2 bygning	4
Anlæg og transport	Motortrafikvej og hovedvej	Til stede	7
	Anden vej	Til stede	5
	Jernbane	Til stede	3
	Affaldsdeponier	m2 areal	6
	Renseanlæg og Forsyning	m2 areal	10
Landområder	Jordbrugsområder	m2 areal	0,5
	§3 beskyttet natur	m2 areal	0,1
	Skov	m2 areal	0,1
	Vindmøller	Til stede	0,2
Rekreative områder	Rekreativt område	m2 areal	0,2
	Sportsanlæg	m2 areal	0,2
Kulturarv	Fredede fortidsminder	Til stede	2
	Kirkegårde	m2 areal	2

Tabel 7-1: Pointmodel for værdikortlægning i Tønder Kommune.

Ved oversvømmelser kan der ske skader af forskellige art. Der sker materielle skader på bygninger, inventar og landbrugsafgrøder, men der sker også skader som er svæ-



rere at gøre op i penge, for eksempel skader på sårbare naturområder, menneskelige skader og gener på befolkningen, samt samfundsmæssige gener i forbindelse med forsinkelser og nedbrud af infrastrukturen, i alt fire typer af "omkostninger", nemlig:

- de menneskelige skader og gener,
- de økonomiske skadesomkostninger,
- de miljømæssige skader og endelig
- de samfundsmæssige gener.

Opdelingen i disse fire typer er anvendt af Beredskabsstyrelsen til dimensionering af beredskabet for eksempel ved oversvømmelser, se /5/.

#### 7.2.1 De menneskelige gener og skader

I boliger og bygninger generelt kan oversvømmelser have betydning for befolkningens sundhed og sikkerhed, da indtrængende regnvand kan medføre sygdomme og i værste tilfælde dødsfald på grund af smitte. Infektioner med *coliforme* bakterier og *leptospirose* udgør den største risiko ved kontakt med forurenede vand. Symptomer på øvre luftvejsinfektioner, influenzalignende symptomer og *gastroenteritis*-symptomer kan ses efter kontakt med forurenede indtrængende vand og slam. Skimmelsvamp gror bedst under fugtige varme forhold. Inhalation af svampesporer kan ske ved håndtering af fugtige genstande og ophold i fugtige rum. Skimmelsvamp kan give irritation samt allergi og anden overfølsomhed (kilde er Statens Seruminstitut, se /6/).

Oversvømmelser på transportveje kan medføre uheld, der potentielt kan give kvæstelser og i værste tilfælde dødsfald.

#### 7.2.2 De økonomiske skadesomkostninger

I boliger og bygninger generelt kan oversvømmelser give skader på bygning og inventar. Omkostningerne til udbedring af disse skader bliver typisk fordelt mellem ejeren i form af selvrisiko og forsikringsselskabet eller Stormrådet ved stormflod.

I praksis vil skadesomkostningerne variere meget for de enkelte bygninger, der bliver skadet. Der er mange forhold, der spiller ind, blandt andet terrænet omkring huset, husets konstruktion, værdien af gulvbelægningen og inventaret. Desuden afhænger skadens omfang også af, om der er tale om "rent" vand eller spildevand. For oversvømmelser i stueplan angiver rapporten /7/ skader i intervallet 0 – 800.000 kr. for hver ejendom, der oversvømmes i stueplan. Dette er i gennemsnit cirka 2.600 kr./m<sup>2</sup> for en parcelhus på 150 m<sup>2</sup>. Lignende intervaller kan opstilles for de øvrige bygnings typer, for eksempel offentlige institutioner, butikker, kontorer, erhverv, produktion, kulturelle institutioner.

Der er valgt følgende metode for skøn af skadesomkostninger for bygninger:

- Skadesomkostninger afhænger af bygningens areal.
- Skadesomkostningerne afhænger af bygningernes anvendelse.

Oversvømmelse på landbrugsarealer kan give skader på afgrøderne og medføre tab af produktion. I praksis vil skadesomkostningerne variere meget for de enkelte dyrk-

ningsområder. Der er mange forhold, der spiller ind, blandt andet typen af afgrøder, varigheden af oversvømmelsen og årstiden. Erfaringer for afgrødeerstatninger ligger i intervallet 1.500 – 25.000 kr./ha eller cirka 1,30 kr./m<sup>2</sup>.

#### 7.2.3 De miljømæssige skadesomkostninger

De beskyttede naturområder kan være sårbare overfor oversvømmelser og derfor er de inddraget i den kommunale prioritering af klimaindsatsen. Områdets naturtype, oversvømmelsens varighed, samt den konkrete lokalitet har stor betydning for omfanget af skader, eller om oversvømmelsen faktisk kan betragtes som gavnlige.

Til værdikortlægningen er valgt en simpel metode, hvor alle de beskyttede naturtyper i Tønder Kommune er vurderet ens. I det efterfølgende arbejde med konkretisering af indsatserne kan viden om de konkrete lokaliteter inddrages.

#### 7.2.4 De samfundsmæssige skadesomkostninger

Ud over de øvrige gener og skader kan oversvømmelser give betydelige samfundsmæssige forstyrrelser, som er meget svære at sætte økonomi på. I det efterfølgende arbejde med konkretisering af indsatserne, kan viden om de konkrete lokaliteter inddrages, hvor oversvømmelser vil give forstyrrelser eller forsinkelser af betydning for samfundets funktioner.

### 7.3. Resultat

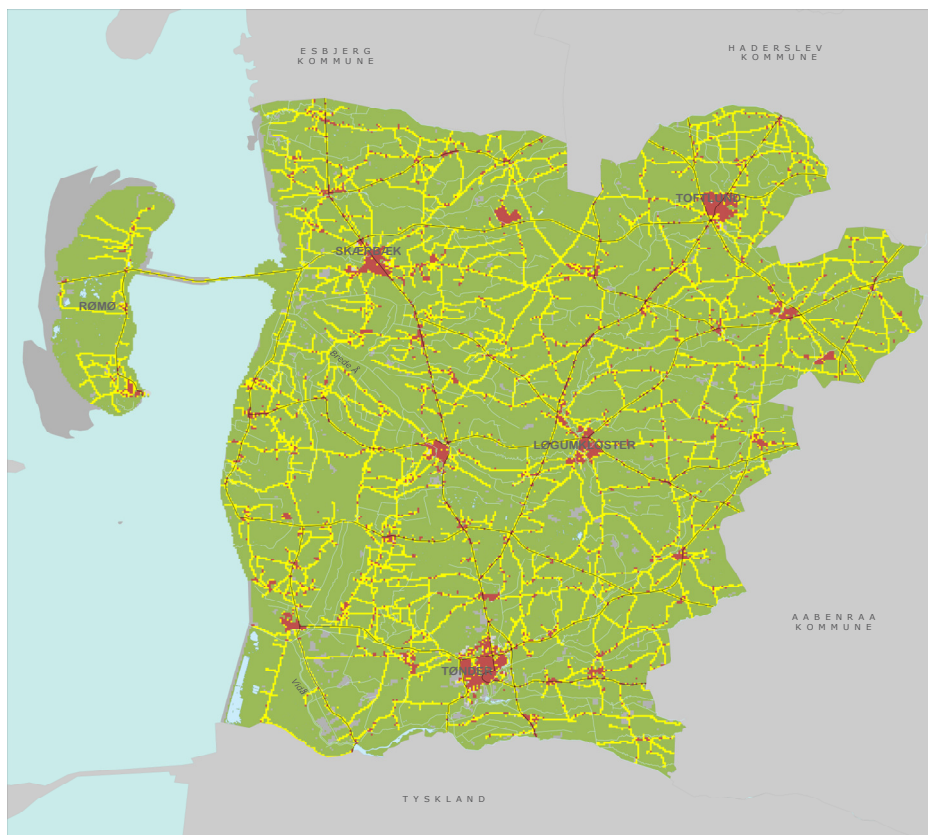
Det samlede værdikort for Tønder Kommune er vist på.

Kortet viser kommunen inddelt i et 100x100 m grid. I hvert grid vises den samlede vurdering af skadesomkostningerne for alle anvendelsesområderne i Tabel 7-1.

Kortet viser hvilke områder i kommunen, som er særligt sårbare overfor oversvømmelser. Kortet er udarbejdet i henhold til Naturstyrelsens vejledning til udarbejdelse af klimatilpasningsplaner og sikrer derfor, at Tønder Kommunes prioritering af indsatsen sker på en ensartet måde i hele kommunen.

**Samlet værdikort til prioritering af indsatsen mod oversvømmelser**

- Høj
- Middel
- Lav



Figur 7-1: Værdikortet for Tønder Kommune er baseret på temaer fra Kommuneplanen. Kortet viser hvilke områder, som kan være særligt sårbare for oversvømmelser og kan derfor bruges af kommunen til at prioritere indsatsen.

De anvendte data og kort kan alene anvendes til at give en overordnet vurdering/screening. Det anbefales derfor enhver bruger at indhente yderligere informationer, før brugeren fx iværksættes tiltag på baggrund af forventninger om oversvømmelser. De anvendte data og kort har udelukkende vejledende karakter. Tønder Kommune kan ikke gøres ansvarlig for informationerne fra data og kort, herunder for mangelfulde eller ukorrekte informationer.

Der henvises herudover til ikke-udtømmende liste over usikkerheder vedrørende data og informationer, som kan findes på [www.klimatilpasning.dk](http://www.klimatilpasning.dk). Tønder Kommune kan ikke gøres ansvarlig for brug eller fortolkninger af informationerne

Krüger A/S har udarbejdet værdikortlægning for de kloakerede områder, hvor Orbicon som udgangspunkt har fokuseret på det åbne land. Orbicon har dog værdikortlagt de kloakerede områder alligevel ud fra den beskrevne metode, da kortet skal anvendes til at vurdere risiko for oversvømmelser for hav, vandløb og grundvand, hvilket også kan berører byområderne.

Der er følgende kommentarer til kortet:

- Der er mange særlige værdier og funktioner, som ikke bliver udpeget specifikt med ovennævnte model, for eksempel transformestationer, bygninger med kældre, antenneskabe og elskabe.
- Orbicon foreslår, at Tønder Kommune er særligt opmærksomme på at inddrage og informere ejere med ansvar for disse anlæg, således, at de bliver opmærksomme på risikoen for oversvømmelser for deres anlæg. Dette kan for

eksempel gøres i høringsperioden. Dette giver disse ejere mulighed for selv at tage aktion til beskyttelse af deres anlæg.

- I høringsperioden kan Tønder Kommune i forlængelse af dette anmode om input til prioriteringen af indsatsområderne, hvis disse særlige anlægsejere mener, at netop deres anlæg nødvendiggør hurtig indsats fra for eksempel forsyningen.
- Værdikortet beskriver de nuværende forhold og kan dermed bruges sammen med oversvømmelseskortene til at udpege områder, som med de nuværende anvendelser har risiko for oversvømmelser.
- Orbicon foreslår, at Tønder Kommune er særligt opmærksomme på at inddrage klimasikring af planlagte områder i Kommuneplanlægningen og på at inddrage og informere erhverv og borgere om betydningen af klimasikring ved nye udstykninger og ved anden ændring af arealanvendelsen.

## 8. KORTLÆGNING AF RISIKO FOR OVERSVØMMELSE

Orbicon har udarbejdet risikokort for Tønder Kommune, som er baseret på de udarbejdede oversvømmelseskort og det samlede værdikort.

Kortene viser, hvilke områder, som kan være udsatte for oversvømmelser og desuden er særligt sårbare i forhold til omfanget af gener og skader. Risikokortet kan bruges af kommunen til at prioritere indsatsen.

Det næste afsnit er en teknisk beskrivelse af metoden til udarbejdelse af risikokortene og resultatet er beskrevet i afsnit 8.2.

### 8.1. Metode

For at kunne tematisere risikokortene er de udarbejdet i celler på 100 x 100 m, hvilket er foreslået af Naturstyrelsen i vejledningen til klimatilpasningsplaner /2/,

Oversvømmelseskortene er derfor bearbejdet til kort med 100 x 100 m celler, hvor hver celle viser den gennemsnitlige sandsynlighed for oversvømmelse.

Værdikortet er allerede udarbejdet som celler på 100 x 100 m, hvor hver celle viser den samlede værdi for hele cellen.

Risikokortene er udarbejdet ved en beregne risikoen for oversvømmelse for hver 100 x 100 m celle på denne måde:

**Risiko = Sandsynlighed (Oversvømmelseskort) x Konsekvens (Værdikortet)**

### 8.2. Resultat

Kort over screening for skader som følge af oversvømmelse fra vandløb ved 50 cm vandspejlsstigning samt risikokort for henholdsvis havvandsstigninger, nedbør i form af lavninger samt grundvand ses på figur 8-1 til 8-6.

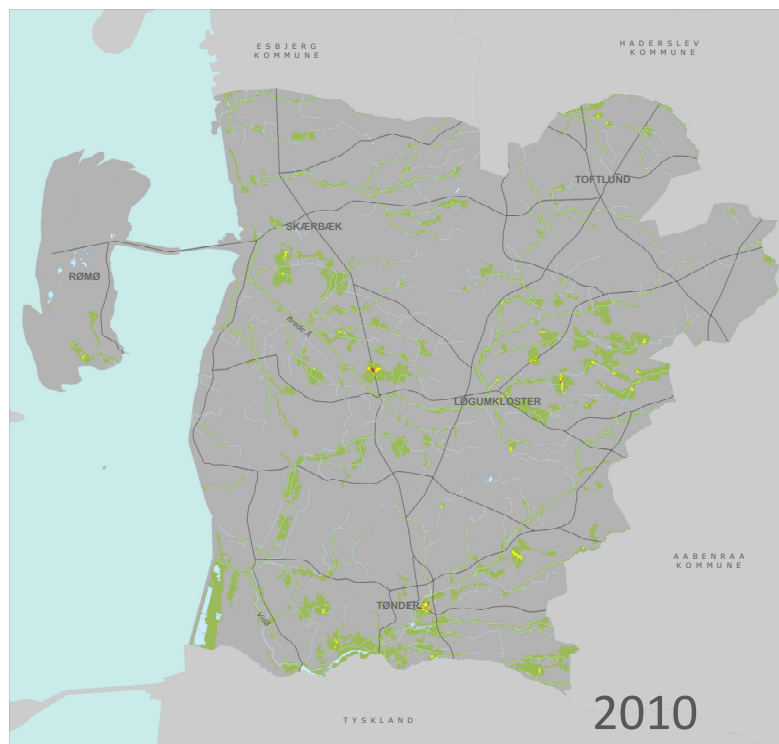
Kortene viser hvilke områder i kommunen, som er særligt sårbare overfor oversvømmelser. Kortene er udarbejdet i henhold til Naturstyrelsens vejledning til udarbejdelse af klimatilpasningsplaner og sikrer derfor, at Tønder Kommunes prioritering af indsatsen sker på en ensartet måde i hele kommunen.

Risikokortene skal bruges til at udpege de risikoområder, der bør undersøges nærmere, og hvor der eventuelt skal ske en indsats, som kan fremgå af den kommende handlingsplan for klimatilpasning. Ved analyse af de enkelte områder kan kommunen med fordel vurdere udbredelsen af oversvømmelserne på oversvømmelseskortene. Ved analyse af kortene med henblik på udarbejdelse af handlingsplan er det hensigtsmæssigt samtidigt at inddrage kommunens lokalkendskab til de faktiske forhold.

På figur 8-1 ses kort over screening for skader som følge af oversvømmelse fra vandløb. Tønder Kommune kan anvende kortet til at udpege eventuelle vandløb, hvor der vil være behov for at udarbejde en mere detaljeret oversvømmelsesmodel.

**Screening for skader som følge af oversvømmelser fra vandløb i 2010**

- Høj
- Middel
- Lav



Figur 8-1: Screening for skader som følge af oversvømmelse fra vandløb ved vandspejlsstigning på 50 cm.

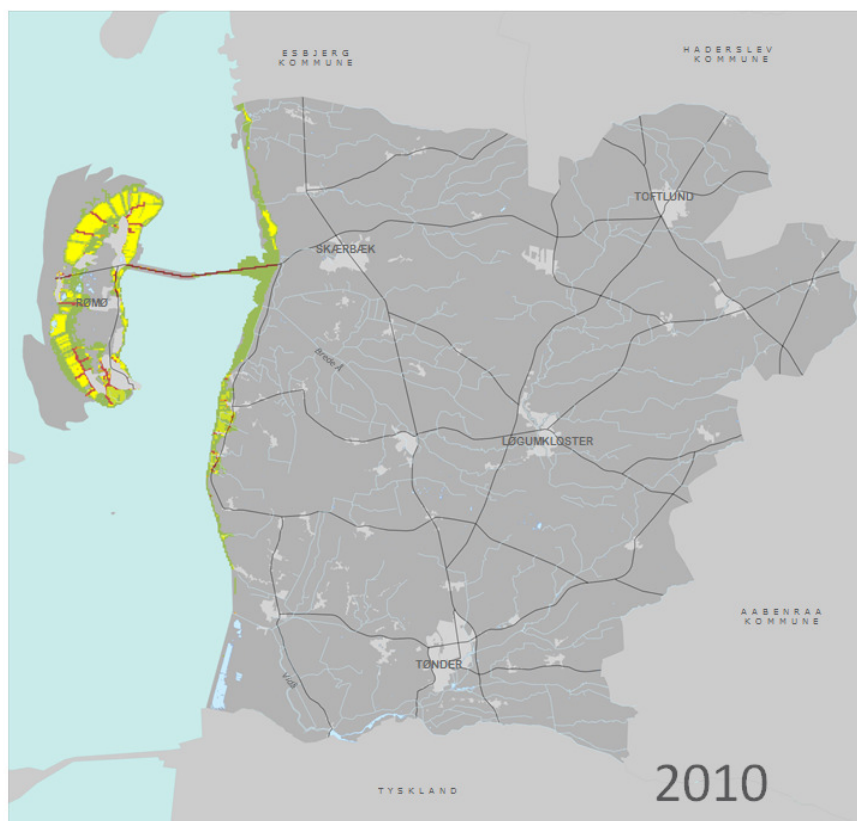
De anvendte data og kort kan alene anvendes til at give en overordnet vurdering/screening. Det anbefales derfor enhver bruger at indhente yderligere informationer, før brugeren fx iværksættes tiltag på baggrund af forventninger om oversvømmelser. De anvendte data og kort har udelukkende vejledende karakter. Tønder Kommune kan ikke gøres ansvarlig for informationerne fra data og kort, herunder for mangelfulde eller ukorrekte informationer.

Der henvises herudover til ikke-udtømmende liste over usikkerheder vedrørende data og informationer, som kan findes på [www.klimatilpasning.dk](http://www.klimatilpasning.dk). Tønder Kommune kan ikke gøres ansvarlig for brug eller fortolkninger af informationerne.

På figur 8-2 og 8-3 ses risiko for oversvømmelser fra hav 2010 og 2050.

**Risiko for  
oversvømmelse for hav i  
2010**

- Maksimal risiko
- Stor risiko
- Middel risiko
- Mindre risiko
- Lille risiko
- Mindst risiko



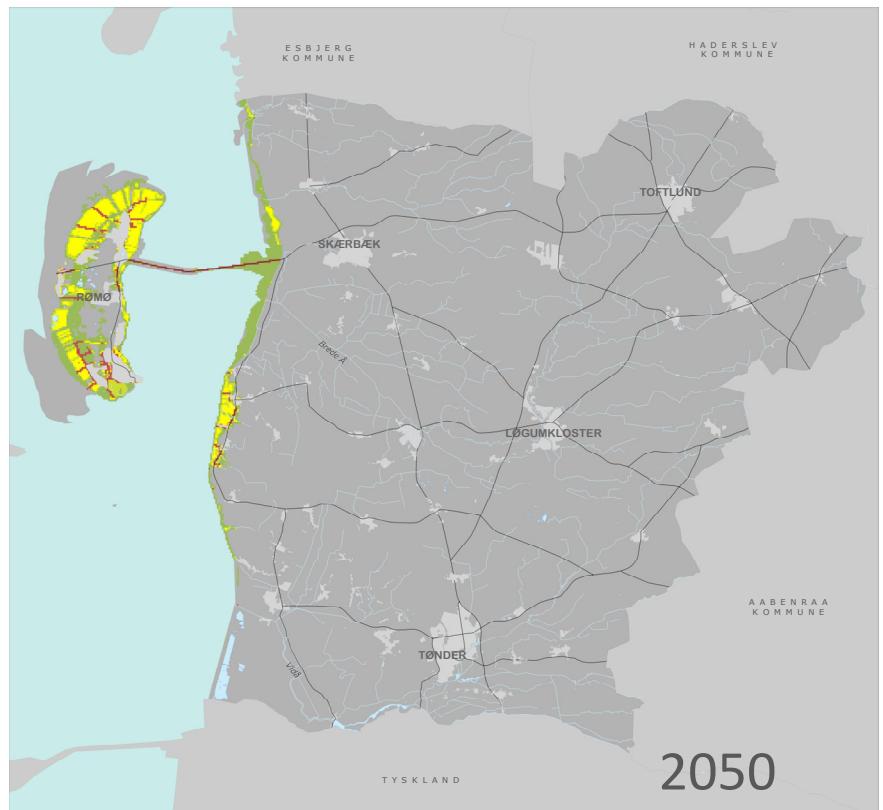
Figur 8-2 Risikokort for oversvømmelse fra hav i 2010.

De anvendte data og kort kan alene anvendes til at give en overordnet vurdering/screening. Det anbefales derfor enhver bruger at indhente yderligere informationer, før brugeren fx iværksættes tiltag på baggrund af forventninger om oversvømmelser. De anvendte data og kort har udelukkende vejledende karakter. Tønder Kommune kan ikke gøres ansvarlig for informationerne fra data og kort, herunder for mangelfulde eller ukorrekte informationer.

Der henvises herudover til ikke-udtømmende liste over usikkerheder vedrørende data og informationer, som kan findes på [www.klimatilpasning.dk](http://www.klimatilpasning.dk). Tønder Kommune kan ikke gøres ansvarlig for brug eller fortolkninger af informationerne.

**Risiko for  
oversvømmelse for hav i  
2050**

- Maksimal risiko
- Stor risiko
- Middel risiko
- Mindre risiko
- Lille risiko
- Mindst risiko



Figur 8-3: Risikokort for oversvømmelse fra hav i 2050.

De anvendte data og kort kan alene anvendes til at give en overordnet vurdering/screening. Det anbefales derfor enhver bruger at indhente yderligere informationer, før brugeren fx iværksættes tiltag på baggrund af forventninger om oversvømmelser. De anvendte data og kort har udelukkende vejledende karakter. Tønder Kommune kan ikke gøres ansvarlig for informationerne fra data og kort, herunder for mangelfulde eller ukorrekte informationer.

Der henvises herudover til ikke-udtømmende liste over usikkerheder vedrørende data og informationer, som kan findes på [www.klimatilpasning.dk](http://www.klimatilpasning.dk). Tønder Kommune kan ikke gøres ansvarlig for brug eller fortolkninger af informationerne

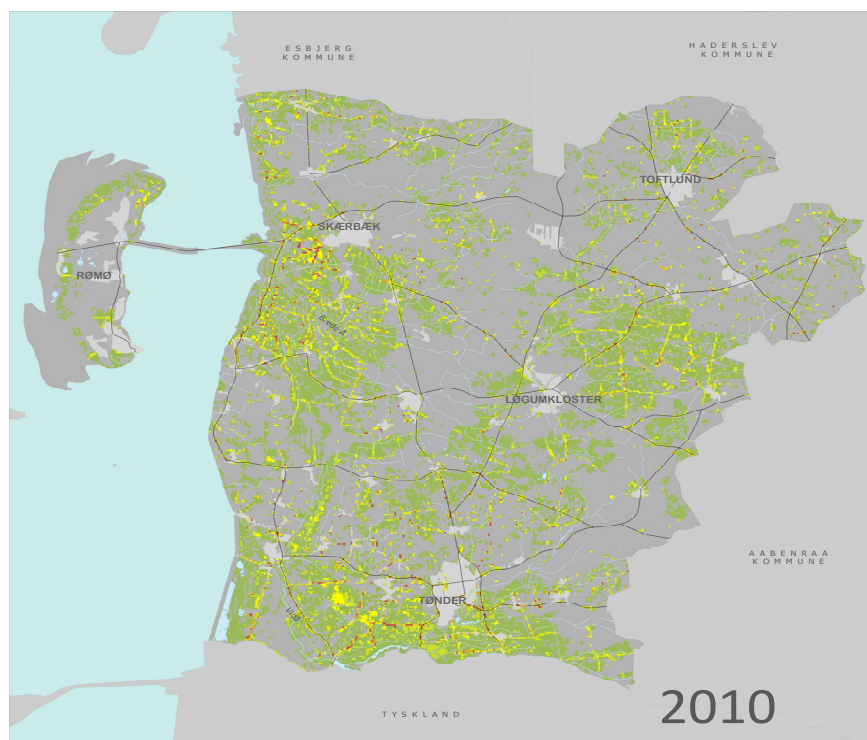
På figur 8-4 og 8-5 ses risiko for oversvømmelse i lavninger.

Risiko for overvømmelse i lavninger i de kloakerede områder er ikke vist på kortet, da Krüger A/S's kortlægning af de kloakerede områder sandsynligvis er meget mere detaljeret end lavingskortene, og man vil derfor anvende disse kort i byområderne.



**Risiko for  
oversvømmelse for  
lavninger i 2010**

- Maksimal risiko
- Stor risiko
- Middel risiko
- Mindre risiko
- Lille risiko
- Mindst risiko



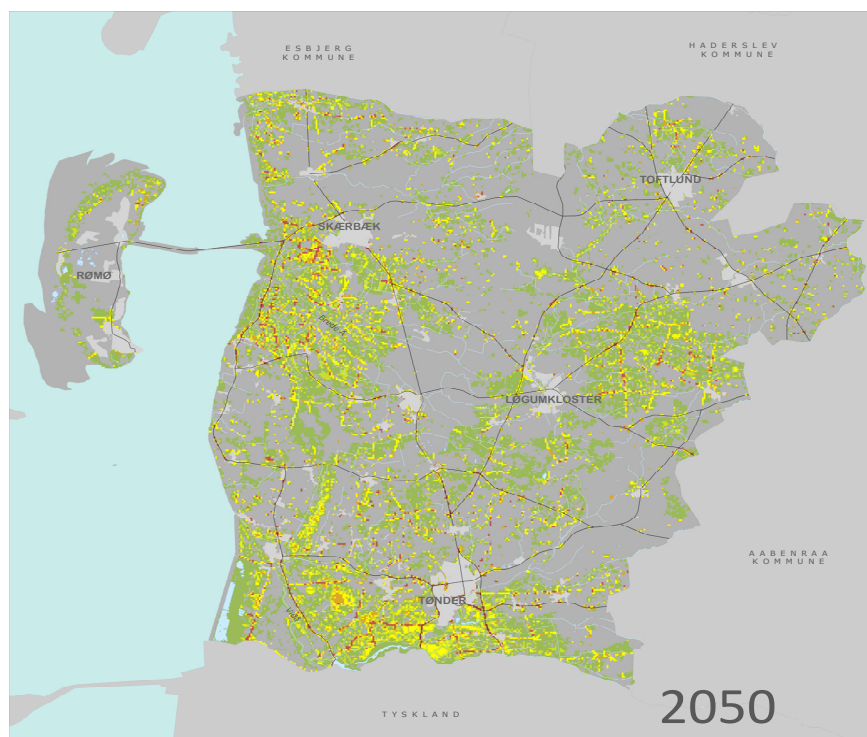
Figur 8-4: Risikokort for oversvømmelse i lavninger i 2010.

De anvendte data og kort kan alene anvendes til at give en overordnet vurdering/screening. Det anbefales derfor enhver bruger at indhente yderligere informationer, før brugeren fx iværksætter tiltag på baggrund af forventninger om oversvømmelser. De anvendte data og kort har udelukkende vejledende karakter. Tønder Kommune kan ikke gøres ansvarlig for informationerne fra data og kort, herunder for mangelfulde eller ukorrekte informationer.

Der henvises herudover til ikke-udtømmende liste over usikkerheder vedrørende data og informationer, som kan findes på [www.klimatilpasning.dk](http://www.klimatilpasning.dk). Tønder Kommune kan ikke gøres ansvarlig for brug eller fortolkninger af informationerne.

**Risiko for  
oversvømmelse for  
lavninger i 2050**

- Maksimal risiko
- Stor risiko
- Middel risiko
- Mindre risiko
- Lille risiko
- Mindst risiko



Figur 8-5: Risikokort for oversvømmelse i lavninger i 2050.

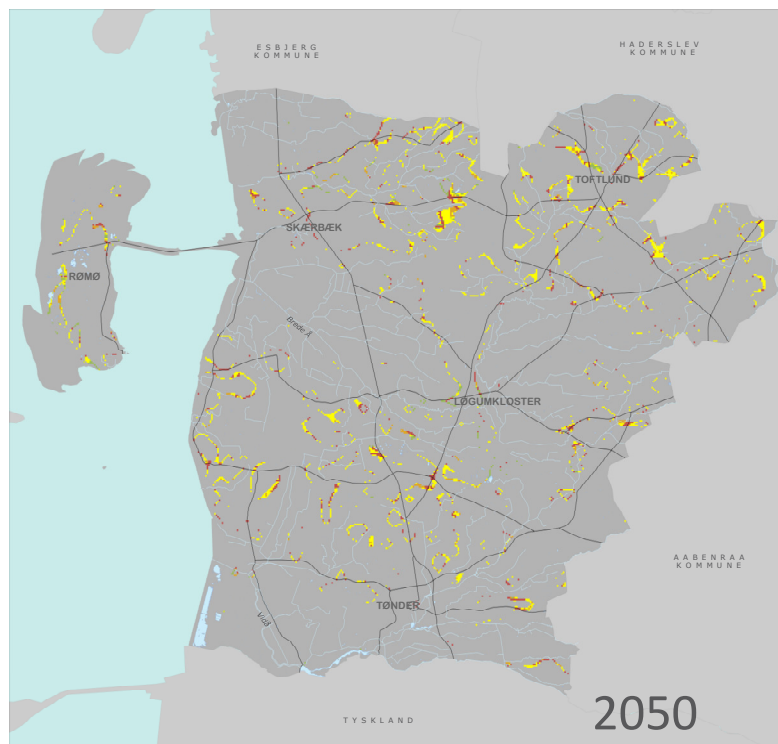
De anvendte data og kort kan alene anvendes til at give en overordnet vurdering/screening. Det anbefales derfor enhver bruger at indhente yderligere informationer, før brugeren fx iværksætter tiltag på baggrund af forventninger om oversvømmelser. De anvendte data og kort har udelukkende vejledende karakter. Tønder Kommune kan ikke gøres ansvarlig for informationerne fra data og kort, herunder for mangelfulde eller ukorrekte informationer.

Der henvises herudover til ikke-udtømmende liste over usikkerheder vedrørende data og informationer, som kan findes på [www.klimatilpasning.dk](http://www.klimatilpasning.dk). Tønder Kommune kan ikke gøres ansvarlig for brug eller fortolkninger af informationerne.

På figur 8-6 ses risiko for oversvømmelser fra grundvand. Kortet er udarbejdet på baggrund af den kritiske grundvandsændring. De kloakerede områder er medtaget i risikokortet for oversvømmelser fra grundvand.

#### Risiko for oversvømmelse for grundvand i 2050

- Maksimal risiko
- Stor risiko
- Middel risiko
- Mindre risiko
- Lille risiko
- Mindst risiko



Figur 8-6: Risikokort for oversvømmelse for grundvand i 2050.

De anvendte data og kort kan alene anvendes til at give en overordnet vurdering/screening. Det anbefales derfor enhver bruger at indhente yderligere informationer, før brugeren fx iværksættes tiltag på baggrund af forventninger om oversvømmelser. De anvendte data og kort har udelukkende vejledende karakter. Tønder Kommune kan ikke gøres ansvarlig for informationerne fra data og kort, herunder for mangelfulde eller ukorrekte informationer.

Der henvises herudover til ikke-udtømmende liste over usikkerheder vedrørende data og informationer, som kan findes på [www.klimatilpasning.dk](http://www.klimatilpasning.dk). Tønder Kommune kan ikke gøres ansvarlig for brug eller fortolkninger af informationerne.

### 8.3. Anbefalinger

Formålet med kortlægningen af risikoen for oversvømmelser er udpegning af risiko-områder i Tønder Kommune på et ensartet grundlag. Orbicon foreslår, at der arbejdes videre med kvalificeringen af planlægningen for de udpegede risikoområder i den kommende handlingsplan for klimatilpasning.

Bemærk, at det kun er områder med den største risiko for oversvømmelse, der er udpeget for at kunne prioritere indsætterne i den kommunale handleplan. Dette betyder ikke, at resten af Tønder Kommune ikke har risiko for oversvømmelse; den er blot mindre.

Ved prioritering af indsatser ud fra den gennemførte kortlægning er det vigtigt at bemærke, at risiko som følge af tekniske svigt i anlæg til sikring imod oversvømmelse ikke indgår i den gennemførte kortlægning. Her er især digeanlæg og pumper væsentlige anlæg. Dette forhold skal inddrages i en samlet vurdering og prioritering af nødvendige indsatser.

Orbicon anbefaler, at Tønder Kommune er særligt opmærksom på at inddrage og informere bygnings- og anlægsejere om risikoen for oversvømmelser for deres anlæg. Dette kan for eksempel gøres i høringsperioden. Dette kan give disse ejere muligheden for selv at tage initiativ til beskyttelse af deres anlæg.

Kortlægningen af oversvømmelser i henholdsvis kloakerede områder, fra grundvand, hav og i lavninger er sket med forskellig metode, grundlag og detaljeringsgrad. Størst nøjagtighed er der i oversvømmelseskortene for de kloakerede områder og disse kan bruges af forsyningen til at planlægge den løbende indsats med klimatilpasning af kloaksystemet.

Screening for skader som følge af oversvømmelse fra vandløb kan udelukkende anvendes til at finde områder, hvor der kan være behov for at udarbejde mere detaljerede hydrauliske beregninger for vandløbsstrækninger. Det er ikke muligt at udtale sig om sandsynligheden for, at en oversvømmelse vil ske ved anvendelse af Naturstyrelsens kort alene.

Oversvømmelseskortene for lavninger kan anvendes til prioritering af risikoområderne i det åbne land, men også i byområder uden regnvandskloak.

## 9. REFERENCER

- /1/ Bekendtgørelse om oversvømmelseskort. BEK nr 1222 af 14/12/2012. Miljøministeriet. 2012. Link til side på [www.retsinformation.dk](http://www.retsinformation.dk)
- /2/ Klimatilpasningsplaner og klimalokalplaner. Vejledning. Naturstyrelsen. Februar 2013.
- /3/ Beskrivelse af Naturstyrelsens kort til screening af nedbør (også kaldet bluespot-kort eller lavninger). Link til side på [www.klimatilpasning.dk](http://www.klimatilpasning.dk)
- /4/ Skabelon til klimatilpasningsplan – Et led i realiseringen af den regionale udviklingsplan for Region Midt. Region Midt og COWI. 2013.
- /5/ Håndbog i risikobaseret dimensionering. Beredskabsstyrelsen. December 2004.
- /6/ Retningslinjer ved vandskade. Statens Seruminstitut. 31. juli 2012. Link til side på <http://www.ssi.dk/Smitteberedskab>
- /7/ Klimatilpasning af afløbssystemer og metodeafprøvning. Økonomisk analyse. Miljøministeriet. Miljøprojekt nr. 1187. 2007.
- /8/ Skrift nr. 28. Regional variation af ekstremregn i Danmark – ny bearbejdning (1979-2005). IDA Spildevandskomiteen. 2006.