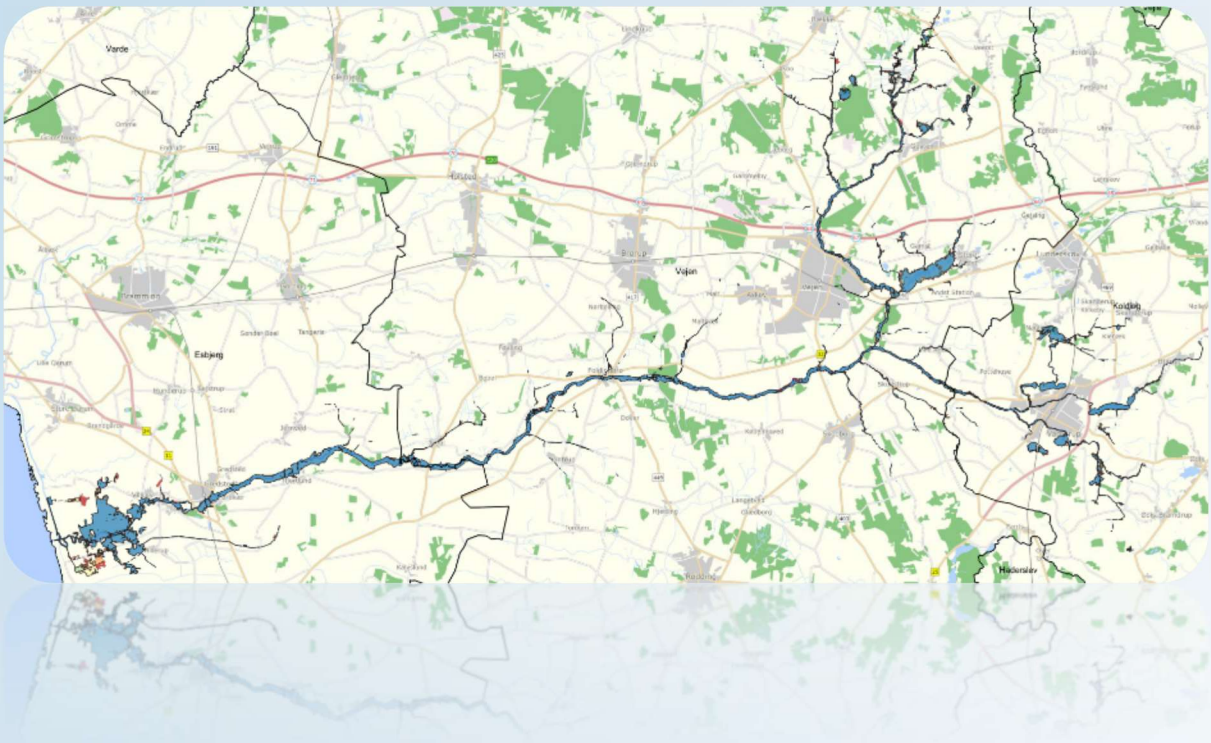


KONGEÅEN – SANDSYNLIGHEDSKORT, VÆRDIKORT & RISIKOKORT

02 2023



Projekt navn	Helhedsplan Kongeåen
Kunde	Kongeå sekretariatet
Projektleder	Martin Vester
Projekt nummer	21000275
Til	Melinda Stavnsgaard
Udarbejdet af	Mathias Jepsen, Mathias Kusk, Martin Vester
Kvalitetssikret af	Morten Larsen
Godkendt af	Rasmus Bang
Version	2.0
Versionsdato	20.02.2023
Første udgivelsesdato	20.02.2023

INDHOLD

1	INDLEDNING	4
2	VANDLØB.....	5
2.1	Model og metode	5
2.2	Beskrivelse af vandløbsnetværk og opland	6
2.3	Beskrivelse af vandløbsgeometri	8
2.4	Hydrometri	8
2.5	Manningtal.....	10
2.6	Randbetingelser	12
2.7	Resultater	12
2.8	Usikkerheder.....	13
3	SANDSYNLIGHEDSKORT	14
4	VÆRDIKORT	17
5	RISIKOKORT	20

1 INDLEDNING

Dette notat omhandler kortlægninger inden for Kongeåens hydrauliske opland. Kortlægningerne er udarbejdet i forbindelse med det tværkommunale samarbejde omkring en fremtidig helhedsplan for Kongeåen. Kortlægningerne omhandler sandsynlighed i forhold til oversvømmelser fra selve vandløbet, værdikortlægning i de områder, der påvirkes af oversvømmelserne samt en risikokortlægning, som samler sandsynligheden for oversvømmelse med områdets værdier til et fælles risikobillede.

Formålet med risikokortlægningen er at understøtte det tværkommunale samarbejde i forbindelse med den kommende helhedsplan. Kortlægningerne går på tværs af kommunegrænserne og skal bruges til at få en fælles forståelse samt grundlag for, at vurdere Kongeåens opland som ét og sammenhængende opland. Dette er vigtigt, da vand ikke kender kommunegrænser og effektive klimaløsninger findes i fællesskab og ofte på tværs af kommuner. Herudover er det ikke kun vand, der breder sig ud over kommunegrænser, men også lokale organisationer, turisme, erhverv så som landbrug mm. Hertil har Kongeåen også en historie, der forener og danner kultur lokalt i området. Fælles for ovenstående er, at Kongeåen er samlende og oplandet bør behandles ligeværdig i de 3 kommuner, hvilket har affødt denne fælles kortlægning.

Kortlægningen er på et meget indledende samt overordnet niveau. Det er besluttet at lave kortlægningen i forlængelse af et større tværkommunalt samarbejde omkring interessentinddragelse og før igangsættelse af den egentlig helhedsplan. Dette er valgt for at få et fælles afsæt tidligt i processen med input fra interessentinddragelsen og med blik for at kortlægningen kan bruges som værktøj i den videre dialog med både kommunerne, interessenter og de kommende processer med helhedsplanen.

Kortlægningerne er ikke statiske og ny viden eller nye vurderinger (værdisætning) vil føre til nye risikokort. Kortlægningerne skal i høj grad ses som et dialogværktøj til at skærpe den fælles forståelse på tværs af kommunerne, men i den grad også de interessenter, der er i Kongeåens opland.

Notatet indledes med et mere 'teknisk' afsnit omkring model og metode for vandløb, da sandsynlighedskortet adskiller sig fra de 'kendte' sandsynlighedskort baseret på nedbør på terræn. Oversvømmelseskortlægningen er udarbejdet for 3 hændelser 1 nutid, og 2 fremskrevne hændelser som kan forventes under fremtidige klimascenarier. Klimascenarierne er udarbejdet iht. FN's IPCCs fremskrevne udledningsscenario RCP4.5 i år 2050 og RCP 8.5 i år 2100. I dette notat er figurer og kort som udgangspunkt vist med 'worst case' scenariet RCP 8.5 i år 2100.

Værdikortlægning er *ikke* afgrænset til de områder som sandsynlighedskortet udpeger i oplandet, men dækker hele det topografiske opland. For at imødekomme en simpel og ensartede tværkommunal kategorisering, er arealer forenklet ved at benytte 'Arealanvendelseskort' produceret af DCE ved Aarhus universitet. Under interessentinddragelsen blev det tydeligt, at der er stort bevidsthed omkring natur, kultur og landbrug, hvilket har affødt at kortlægningen er blevet todelt – Bebyggelse & Infrastruktur samt Natur, Kultur & Landbrug. Dette indikerer at sammenligningen af værdier på tværs af by og land ikke nødvendigvis er den bedst egnede eller mest retvisende metode, men at man bør kigge særskilt på områderne, hvor løsninger skal findes. Da kategoriseringen er forenklet, er der også anvendt en forenklet værdisætningen ved hjælp af indeksering fra 0-10.

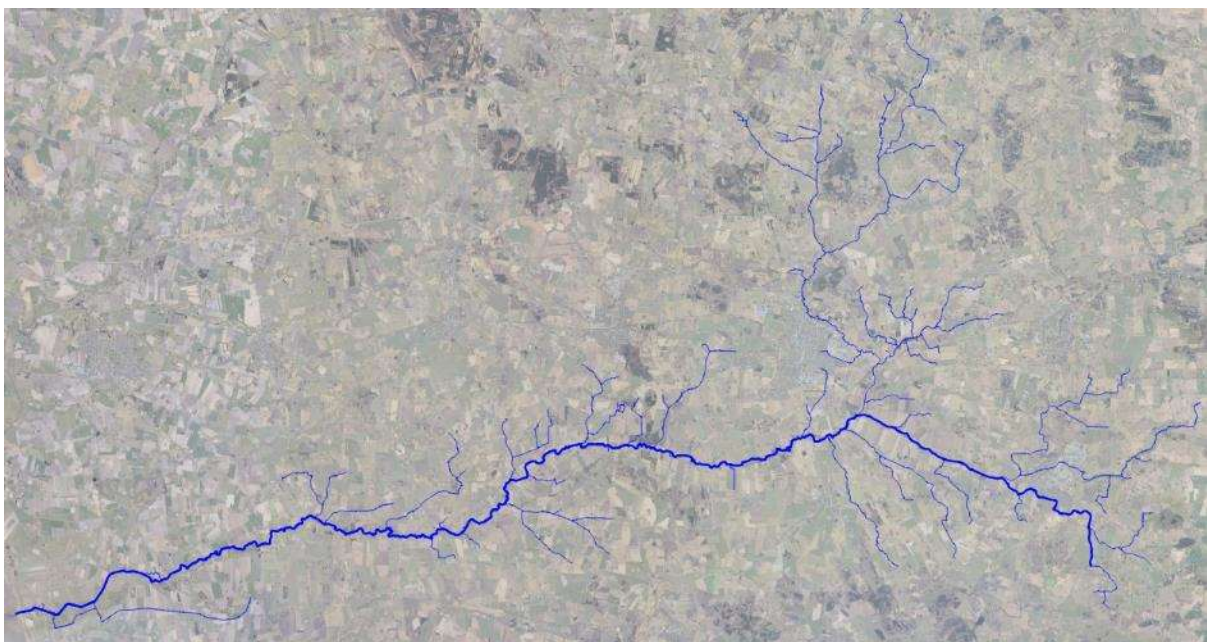
Notatet afsluttes med risikokortlægningen, hvilket er afgrænset til de områder som sandsynlighedskortet udpeger i oplandet. Risikokortlægningen er et samlet risikobillede i oplandet, hvor sandsynlighed og værdi ganges og viser dermed, hvor der er øgede risiko for omkostninger som følge af værditab fra vandløbsoversvømmelser. Risikokortet kan bruges til at udpege indsatsområder og/eller prioritere indsatsområder. Risikokortet kan ændre sig hvis værdisætningerne justeres eller i takt med at man opnår ny og/eller bedre viden eller ved implementering af løsninger.

Alle beregninger tager udgangspunkt i offentlig tilgængeligt data udstillet af SDFE. De dele af kortgrundlaget, der er taget fra den tidligere kortlægning for Region Syddanmark, er beregnet af SCALGO, hvor WSP har opsat randbetingelser og bearbejdet resultatdata i FME Workbench 2021.

2 VANDLØB

Alle data og beregninger er direkte uddrag fra en tidligere screeningsanalyse foretaget for Region Syddanmark, hvor alle vandløb af type 1, 2 og 3 er inkluderet i regionen. Der er således i indeværende analyse ikke foretaget selvstændige eller lokale analyser for oversvømmelsesrisikoen i Kongeåen, og de tilknyttede usikkerheder er en refleksion heraf.

I følgende afsnit beskrives opsætningen af vandløbsmodellen til beskrivelse af oversvømmelsesrisikoen fra Kongeåen. Afsnittene omhandler modelvalg og metode, beskrivelse af modelopsætningen samt inputparametre og indeholder løbende diskussion af usikkerhederne og antagelserne, som er tilknyttet beregningerne. Det samlede vandløbssystem, som er indeholdt i analysen, fremgår af Figur 2.1.



Figur 2.1 Oversigt af Kongå vandløbssystemet, som er indeholdt i modellen.

2.1 MODEL OG METODE

Ved modellering af oversvømmelse fra vandløb er det valgt at benytte SCALGOs River Network Model som beregningsmodul og beriget denne med data fra VASP- og HYMER-databasen som ejes og opereres af WSP.

Vandløbsmodellen er opbygget som en 1D stationær vandløbsmodel koblet på den digitale terrænmodel. Beregningerne udføres iht. Manningformlen, hvor vandløbenes geometriske udformning, modstanden i vandløbene og vandføringen indgår som beregningsparametre.

Modellen udgøres af et netværk af vandløb beskrevet på baggrund af type 1, 2 og 3 vandløb i den nationalt kortlagte Vandplan III for målsatte vandløb. Valget af dette vandløbstema som grundlag for analysen er truffet, fordi det vurderes at indeholde den bedste udpegning af vandløb med en oversvømmelsesmæssig interesse.

Netværkene er omprojekteret og geokodet til GeoDanmarks vandløbsmidte tema, som har en mere nøjagtig og velbeskrevet placering og linjeføring af vandløbene og inkluderer samtidig en kortlægning af rørføringer og broer i vandløbene. Opsætning af vandløbsnetværket er beskrevet mere detaljeret under afsnit 2.2.

På baggrund af vandløbsnetværket er de hydrologiske oplande til vandløbene beregnet. Beregningerne er foretaget af SCALGO ved en topografisk analyse på baggrund af den digitale terrænmodel fra 2015. Forud for

oplandsberegningen er der foretaget en ”nedbrænding” af vandløbene i højdemodellen inkl. faldretning, som sikrer, at strømningsejlene følger vandløbene korrekt, og at oplande til eventuelle pumpelag og krydsene vandløb er korrekt beskrevet. Vandløbsnetværket er grundigt kvalitetssikret iht. WSP’s VASP-database, som indeholder præcise beskrivelser af vandløbenes placering og koblinger. Oplandsberegningerne er desuden grundigt kvalitetssikret iht. WSP’s vandskelsdatabase.

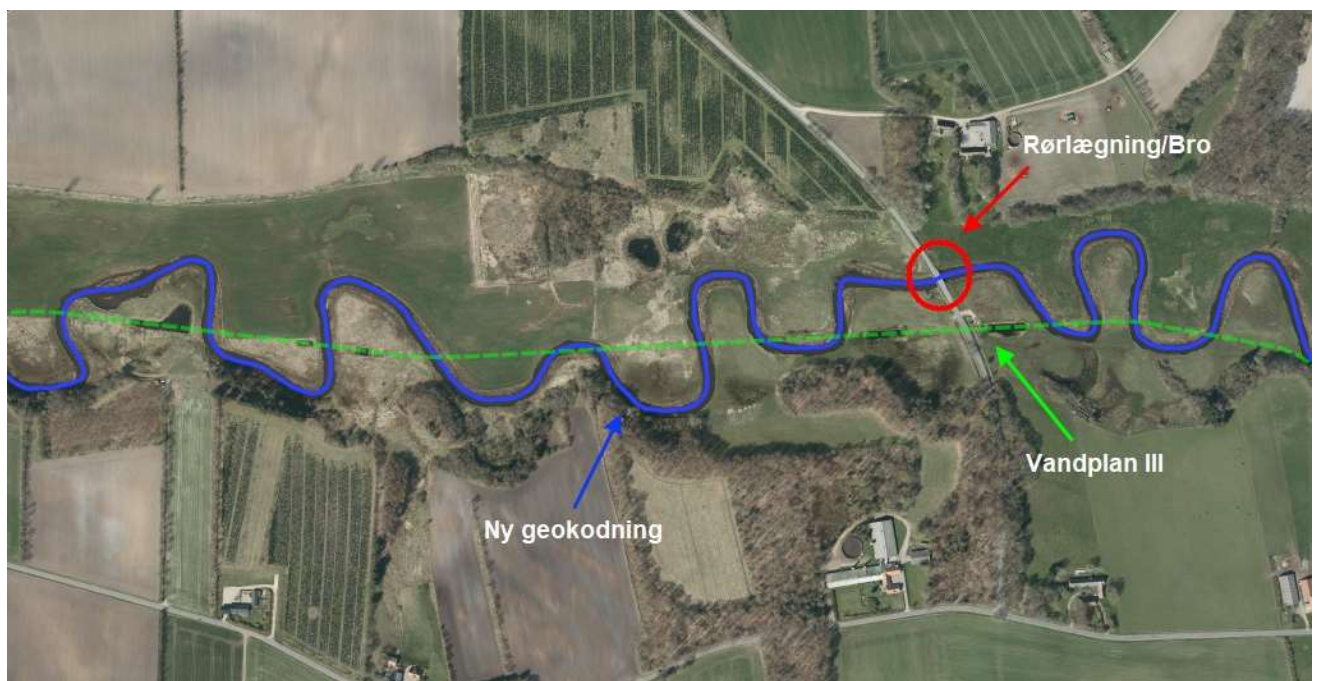
På baggrund af vandløbsnetværkets opsætningen er der oprettet et system af beregningspunkter igennem vandløbene og udtrukket tværsnitsprofiler med jævne mellemrum fra terrænmodellen. Der er ikke inkluderet opmålte vandløbsdata i analysen. Afstrømningsforhold, randbetingelser for havvandstand og manningtal er herefter indført for beregningsscenerierne og er beskrevet mere detaljeret i afsnit 2.4, 2.5 og 2.6. På Figur 2.2 ses en oversigt over workflowet under udarbejdelsen af oversvømmelsesberegningerne.



Figur 2.2 Workflow for opsætning af vandløbsmodellen.

2.2 BESKRIVELSE AF VANDLØBSNETVÆRK OG OPLAND

Som beskrevet i foregående afsnit er vandløbsnetværket udpeget på baggrund af type 1, 2 og 3 vandløb iht. Vandområdeplan III (2021 – 2027). Vandløbenes kortlægning i vandområdeplanen er dog varierende ift. deres geometriske beskrivelse, og er mange steder for groft optegnet til at give en korrekt repræsentation af vandløbenes placering, længde og udformning. Der er af denne årsag udarbejdet en ny optegning af vandløbsnetværket, hvor alle vandløb er geokodet iht. GeoDanmarks vandløbsmidte. Metoden for denne geokodning er udarbejdet af SCALGO på baggrund af manuelle rettelser fra WSP i netværksopsætningen. På Figur 2.3 ses et eksempel fra Varde Å af, hvordan geokodningen af vandløbene er forbedret fra Vandområdeplan III til den endelige model.



Figur 2.3 Eksempel på den ændrede geokodning som er udført under netværksopsætningen fra Vandområdeplan III til GeoDanmarks vandløbsmidte.

I Figur 2.3 ses samtidig en rørlagt strækning under en vejbro. Da analysen på regionsniveau blev foretaget, var der ingen praktisk mulighed for at inkludere detaljerede beskrivelser af rørens dimensioner og ind-/udløbskoter. Modellen inkluderer af denne årsag ikke beregninger på rørkapaciteter eller rørstuvning. Dog, som det ses i figuren, kendes der til rørens eksistens og placering da denne er angivet i GeoDanmarks Vandløbsmidte. Modellen inkorporerer derfor rørene ved at kunne skelne mellem åbne og lukkede forløb. Det betyder at lukkede rørlagte strækninger behandles anderledes end åbne vandløbsstrækninger ved at vanddydberegningerne føres fra rørdløb til -indløb.

Det anvendte vandløbsnetværk fra GeoDanmark er et ”dødt” vektorlag, hvor det flere steder har været nødvendigt at lave tilretninger for at kunne anvende det som beregningsinput – for eksempel er der i GeoDanmarks vandløbsnetværk flere tilfælde af vandløb, der løber i cirkler. Her er det nødvendigt at skære cirklen over, så vandet kun løber én vej.

I Kongeåens vandløbssystem er følgende offentlige vandløb inkluderet i oversvømmelsesberegningerne, se Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Oversigt over offentlige vandløb i Kongeå-systemet, som er inkluderet i analysen.

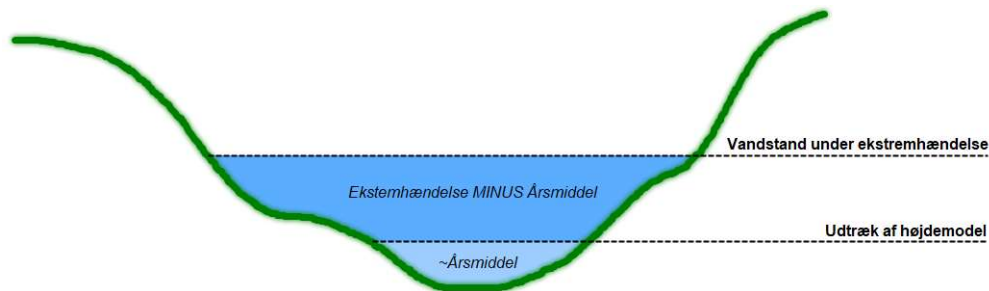
Kongeåen	Maltbæk Bæk	Eskild Bæk
Skelgrøft Farup-Vilslev	Knudebækken	Ravnholt Bæk
Hedegård Bæk	Skodborg Bæk	Gamst Å
Plougstrup Møllebæk	Skudstrup Bæk	Afløb fra Gamst Vestermark
Siig Bæk	Grænsebækken	Møllebækken
Plougstrup Bæk	Bodil Aires Bæk	Andst Bæk
Tobøl-Bobøl Bæk	Andst Å	Tilløb 3 til Kongeåen
Ravning Bæk	Vejen Bæk	Bjørnebækken
Mejlby Bæk	Vejen Å	Holt Bæk
Lintrup Bæk	Drostrup Å	Vamdrup Å
Lintrup Nørrebæk	Audiolagrøften	Bønstrup Å
Lintrup Sønderbæk	Asbo Bæk	Nagbøl-Bønstrup Å
Vandløb nr. 3 i Lintrup Sogn	Tranekær-Staushede Bæk	Klebæk
Trolddal Bæk	Lysemosegrøften	Skanderup Bæk
Nielsby Møllerende	Asbo Østre Skelgrøft	Øster Vamdrup Bæk
Lervad-Sorrild Bæk	Gesten Å	Hjarup Bæk
Fuglebæk	Øster Geesten Bæk	Bastrup Bæk
Kanne Bæk	Tybæk	Drenderup Bæk
Sønderskov Grøft	Midterste tilløb til Gesten Å	Farris Bæk

Med en korrekt beskrivelse af vandløbsnetværket er der dannet tværsnitsprofiler til beregningerne. Hvert af disse tværsnit er tildelt et oplandsareal, der er beregnet på baggrund af højdemodellen.

Et vandløbs opland er oftest svarende til de topografiske opland men der kan være tilfælde, hvor der er uoverensstemmelser mellem de topografiske opland og det faktiske afstrømningsopland. WSP HYMER-database indeholder 72 målestationer i Region Syddanmark, hvor de faktiske afstrømningsoplande er grundigt beskrevet. Sammenligningen mellem de beregnede oplandsforhold i vandløbsmodellen for Region Syddanmark og HYMER-databasen viser en samlet oplandsvægtet afvigelse på ca. 1 %.

2.3 BESKRIVELSE AF VANDLØBSGEOMETRI

I vandspejlsberegninger med Mannings formel anvendes typisk vandløbsopmålinger, der beskriver vandløbsgeometrien ved tværsnit udtaget med en repræsentativ afstand. I en analyse af denne type er der ikke kendskab til vandløbenes geometri under vandspejlet. Derfor anvendes der en alternativ metode, hvor geometrien beskrives ud fra højdemodellen, der er afgrænset ved vandspejlet.



Figur 2.4: Eksempelvisning af metoden til at kompensere for manglende informationer om vandløbsgeometrien.

I beskrivelserne af vandløbene er der anvendt en automatiseret metode, der udtrækker et tværsnitsprofil for omtrentligt hver 100. m samt i forbindelse med overgange mellem åbne og lukkede forløb jf. GeoDanmarks vandløbsmidte. Profilet er trukket ud i en afstand, der rækker uden for ådalene og vandspejlet vil under vandspejlshævninger følge terrænet – og altså ikke stige vertikalt ved tværsnitsafgrænsningen, som det ses i andre 1D modeller.

Den manglende beskrivelse af vandløbsgeometrien under vandspejlet er der kompenseret for med en antagelse om, at vandløbet under scanning af højdemodellen førte en vandmængde svarende til årsmiddel-afstrømning. Denne kompensering er indarbejdet ved at fratække en årsmiddel-afstrømning fra de forskellige scenarie-afstrømninger. På stuvningspåvirkede strækninger, hvor vandspejlet ikke afspejler en specifik afstrømning men er resultatet af andre forhold, er der kompenseret ved at indføre et urealistisk højt Manningtal. Værdier til denne kompensering er fundet ved manuelle beregninger i VASP. Metoden ved at kompensere for mangelfuld geometrisk beskrivelse er valideret ved stikprøvekontrol i VASP.

2.4 HYDROMETRI

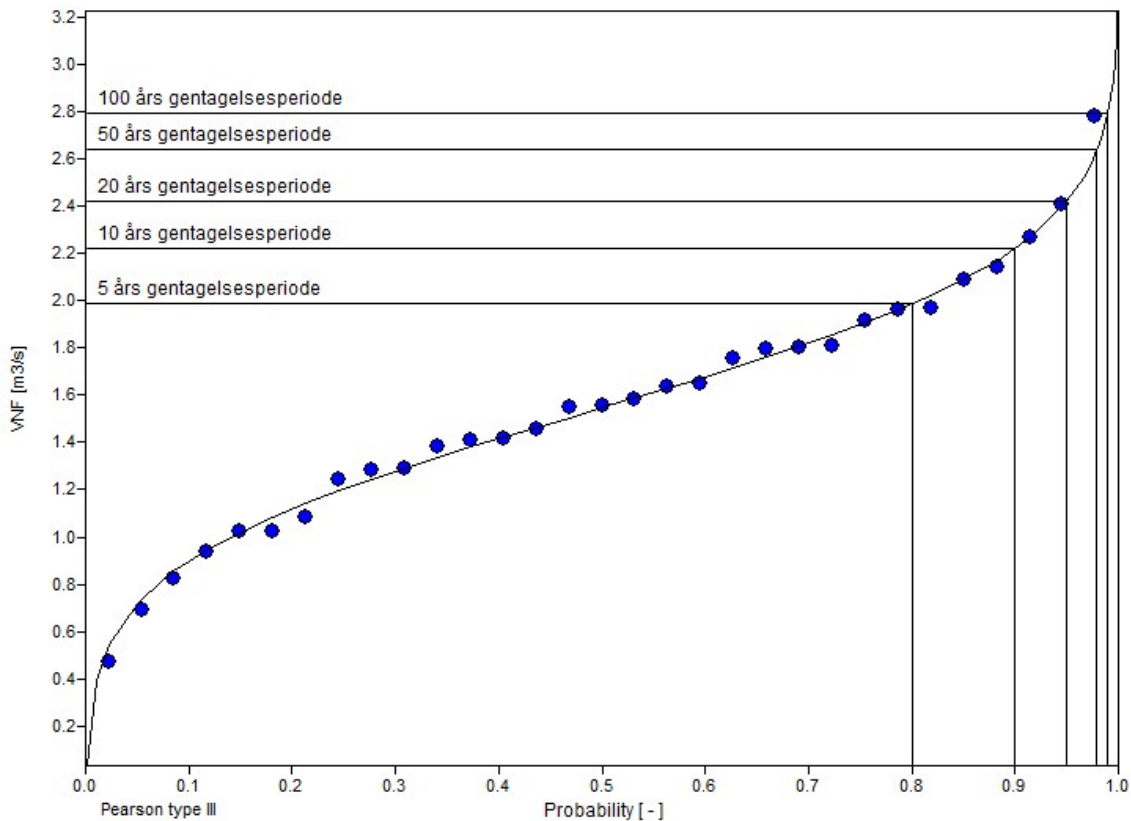
Beskrivelse af afstrømningsværdier for de udvalgte hændelser, $T = 5, 10, 20, 50$ og 100 år er baseret på WSP's HYMER-database. Afstrømningsværdierne er fremskrevet efter klimafaktorer bestemt af GEUS.

Som nævnt ovenfor er der udregnet en årsmiddel afstrømning til at kompensere for den manglende beskrivelse af vandløbsgeometrien under vandspejlet.

Gentagelsesperioden for ekstreme afstrømningshændelser beskrives på baggrund af en 30-årig referenceperiode, som spænder over de seneste år fra 1990 – 2020. De udvalgte målestationer har minimum 15 års data indenfor den referenceperiode.

På baggrund af data fra referenceperioden er der beregnet ekstremhændelser ud fra statistiske fordelinger og fit metoder. Oplande og vandløbssystemer er forskellige og bør derfor beskrives med den statistiske fordelinger, der bedst repræsenterer ekstremafstrømningens udtryk. Heraf benyttes følgende distributioner:

- Distributioner: Log Pearson type III, Pearson type III, Log normal 2P samt Normalfordeling
- Fits: Weibull, Chegodayev, Gringorten



Figur 2.5 Eksempel på fitted distribution (Pearson type III m. Chegodayev) af årsmaksimumafstrømninger.

Til bestemmelsen af ekstremhændelserne for Kongeåen er der anvendt data fra målestationerne vist i Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Målestationer anvendt i oversvømmelseskortlægningen for Kongeåen.

DDH MSTNR.	VANDLØB	OPL. [KM ²]	AFSTRØMNING [L/S/KM ²]					ANTAL ÅR	STATISTISK FORDELING	STATISTISK FIT	
			Årsmid.	T=5	T=10	T=20	T=50				T=100
36.01	Kongeå, Kongebroen	386,9	17	56	61	65	70	74	28	Pearson type III	Weibull
36.04	Kongeå, Vilslev Stemmeværk	427,1	17	60	66	71	77	82	30	Log Pearson type III	Chegodayev
36.06	Vejen Å, E20	91,0	20	112	132	149	170	184	17	Pearson type III	Chegodayev
36.09	Vamdrup Å, Søgård - ns Søgård sø	22,7	12	55	62	86	98	107	18	Log Pearson type III	Chegodayev

Til beskrivelse af afstrømning i de klimafremskrevne scenarier er der anvendt data fra GEUS, som har beregnet klimafaktorer for vandføring i vandløb. Dette er nærmere beskrevet af *Henriksen, Olsen, & Trolborg, 2013, Klimaeffekter på hydrologi og afstrømning - klimaekstremvandføring*. Klimafaktorerne beskriver et forhold mellem maksimum i referenceperioderne 1961-1990 og 2021-2050.

Der findes i IPCC's hovedrapport ikke nogen beskrivelse af den forventede ændring af vandløbenes afstrømning eller nogle konkrete tal på klimafaktorer, men GEUS' rapport tager udgangspunkt i IPCC's bud på ændringer i forhold i det hydrologiske kredsløb (nedbør, fordampning, nedsivning m.v.) og udregner på denne baggrund en forventet ændring (klimafaktor) i vandløbenes afstrømning. Klimafaktoren beregnes for 3 kategorier; lav, middel og høj. Grundet mangel på mere detaljerede beskrivelser af klimafaktorerne i vandløb er der i denne undersøgelse anvendt "middel" klimafaktor for RCP4.5 i år 2050 og "høj" klimafaktor for RCP8.5 i år 2100.

2.5 MANNINGTAL

Manningtallet beskriver energitabet i vandløb og er i mere bogstavelig forstand den parameter i beregningen, som beskriver de ting i vandløbet, der bidrager til modstand for vandets bevægelse og udgøres af f.eks. vegetation, sten, slyng, dødt ved m.v. Valg af Manningtal er en vanskelig opgave, idet artsforekomsten, fordelingen og tætheden af grøde alle har betydning. Hertil har fysiske karakteristika i vandløbet såsom slyngningsgrad eller bundsubstrat også en væsentlig rolle.

I indeværende analyse er der anvendt en Manningtals-matrice, hvor Manningtallet er fastlagt på baggrund af to primære faktorer; vandløbsbredde og oplandsareal. Matricen er ikke nødvendigvis retvisende for alle vandløb ift. de lokale forhold som kunne være gældende, men skal ansues som vejledende værdier for typiske og normalt forekommende Manningtal ift. vandløbsbredde og oplandsareal.

Det er under udarbejdelsen af Manningtals-matricen overvejet hvorvidt også vandløbenes fald skulle indgå som en beskrivende parameter for vandløbenes Manningtal. For at undgå at overkomplicere matricen blev dette dog fravalgt. Samtidig kan det betragtes, at vandløbenes faldforhold til en vis grad er inkluderet i matricen i forholdet mellem vandløbsbredde og oplandsareal. Det kan betragtes, at et vandløb med et stort oplandsareal og en smal vandløbsbredde, også nødvendigvis må have et højt fald. På samme vis vil et vandløb med et lille oplandsareal og en stor vandløbsbredde, også nødvendigvis have et lavt fald. Værdierne, som er indført i Manningtals-matricen drager inspiration fra de empiriske værdier beskrevet i Bilag B til rapporten ”Afprøvning af forslag til metode til konsekvensvurdering af ændret vandløbsvedligeholdelse” udarbejdet af DCE i 2015, se Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Karakteristiske Manningtal.

Forslag til karakteristiske Manningtal (M)	
Lille vandløb (vandspejlsbredde 1 – 2 meter)	M
med tæt grødevækst:	4 – 8
med spredt grødevækst:	8 – 12
med nyskåret strømrørende på 50 % af bredden:	8 – 15
uden grødevækst:	12 – 18
Mellem vandløb (vandspejlsbredde 2 – 5 meter)	
med tæt grødevækst:	8 – 12
med spredt grødevækst:	12 – 15
med nyskåret strømrørende på 50 % af bredden:	12 – 15
uden væsentlig grødevækst:	16 – 24
Større vandløb (vandspejlsbredde 5 – 10 meter)	
med tæt grødevækst:	12 – 16
med spredt grødevækst:	15 – 20
med nyskåret strømrørende på 50 % af bredden:	15 – 20
uden væsentlig grødevækst:	20 – 30

På baggrund af de karakteristiske Manningtal i Tabel 2.3 har WSP opstillet en matrice der ud fra oplandsarealet og vandløbsbredden kan tildele tværsnittene i vandløbsnetværket Manningtal.

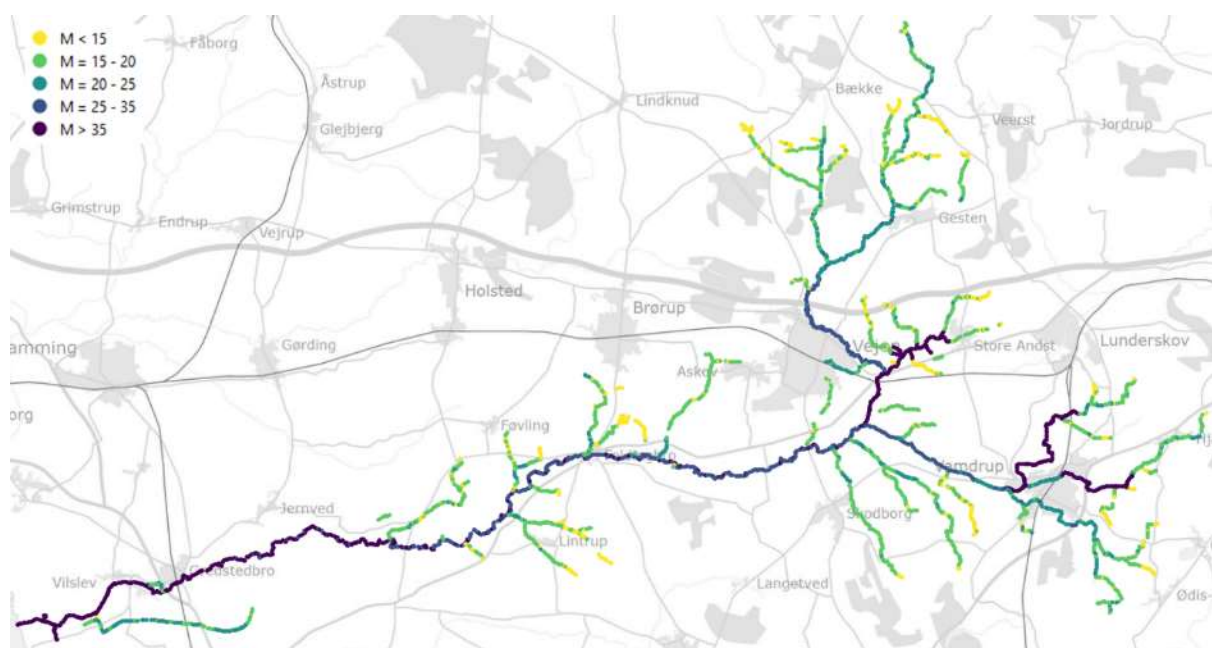
		Oplandsareal [km ²]											
		0.5	1	2	5	10	20	50	100	250	500	1000	>2000
Vandløbsbredde [m]	1	8	8	9	9	10	11	11	12	12	13		
	2	9	10	11	12	12	13	14	15	15	16	17	
	3	11	12	13	13	14	15	16	17	18	18	19	20
	4	12	13	14	15	16	16	17	18	19	20	21	22
	5	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
	6		14	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
	7		15	16	17	18	20	21	22	23	24	25	26
	8		16	17	18	19	20	21	23	24	25	26	27
	9			17	19	20	21	22	23	24	26	27	28
	10			18	19	20	22	23	24	25	26	28	29
	11				20	21	22	23	25	26	27	28	30
	12				20	21	23	24	25	26	28	29	30
	13				22	23	24	26	27	28	30	31	31
	14					24	25	26	28	29	30	31	31
	16						26	27	28	30	31	33	33
18							28	29	31	32	33	33	
20								30	31	33	34	34	
25									33	35	36	36	

Figur 2.6 Manningtalsmatrice - værdierne i Manningtalsmatricen er tidels taget fra Karakteristiske Manningtal. Værdierne er efterfølgende efterprøvet og justeret med manuelle beregninger i VASP.

Manningtallet er automatisk beskrevet for hvert beregningspunkt i alle vandløb på baggrund af beregnede oplandsforhold og vandløbsbredden. Vandløbsbredderne er beregnede ved en kobling af tværsningsprofil for hvert beregningspunkt og GeoDanmarks hydrologiske lag "Vandløbskant". Vandløbskant er et landsdækkende vektorlag, hvor vandløbskanten er optegnet manuelt. Vandløbskanten angiver kronekant, hvilket er antaget at være en beskrivende definition ift. ekstremhændelserne som simuleres i indeværende opgave. Tværsnittene tildeles altså en bredde, der ikke svarer til vandspejlsbredden under nuværende forhold, men i stedet maksimalbredden som vandløbet kan indeholde under en ekstremhændelse.

Som nævnt tidligere, så indeholder matricen blot en generel beskrivelse for typiske og normalt forekommende Manningtal i vandløbssystemer. Vandløbsmodellen er kørt gennem flere iterationer, og store udfald i beregningsresultater har i flere tilfælde medført manuelle korrektioner og kalibreringer af manningtallet indenfor begrænsede strækninger i modellen.

For Kongeåen er følgende manningtal beskrevet i vandløbssystemet, se Figur 2.7.



Figur 2.7 Modelberegnete manningtal for Kongeåsystemet inkl. manuelle kalibreringer/korrigeringer.

2.6 RANDBETINGELSER

Ved vandløbenes udløb skal der i modellen defineres en randbetingelse. Stationære vandspejlsberegninger foretages opstrøms, og randbetingelsen definerer således beregningens begyndelsepunkt, og har stor betydning for strækningerne som ligger tæt mod hav, som oftest er stuvningspåvirkede.

2.6.1 RANDBETINGELSE VED HAV

For vandløbenes udløb til hav, er vandstanden beskrevet på baggrund af DMI's klimaatlas, som angiver både nuværende havvandstande samt klimafremskrevne forhold i de danske kyster.

Vandstanden ved havet beskrives i vandløbsmodellen som en normalvandstand, svarende til den gennemsnitlige årlige vandstand. Havvandsstanden er ikke beskrevet som en ekstrem havvandstandshændelse, da der ikke findes statistisk grundlag for sammenhæng mellem ekstreme afstrømningshændelser i vandløb og ekstreme havvandstandshændelse. Der forekommer en vis sammenhæng mellem afstrømning og havvandstand i vinterhalvåret, hvor både høje havvandstands- og afstrømningshændelser typisk vil forekomme. Sandsynligheden for samtidighed er dog stadig meget lav.

Randbetingelsen i havet er for Kongeåen beskrevet under 3 scenarier: Nuværende forhold (2020) hvor nuværende forhold er sat til kote 0,00 m, RCP4.5 (2050) er sat til 0,23 m og RCP8.5 (2100) er sat til 0,58 m.

2.7 RESULTATER

Resultatet af beregningerne er oversvømmelseskort, som angiver vanddybden på terrænen ved de forskellige gentagelsesperioder i dag og fremtiden. Resultaterne ligger i råformat som rasterfiler der indeholder informationer om vanddybde på terrænen. Rasterfilerne er vektoriseret til shape-filer indeholdende faste intervaller for vanddybderne. Kortlægningen omfatter scenarierne angivet i Tabel 2.4 mens der på Figur 2.8 er angivet et eksempel på oversvømmelseskortet for en 100 årshændelse i år 2100 efter klimascenarie RCP8.5.

Tabel 2.4 Beregningsscenarier for oversvømmelseskortlægningen i Kongeåen

SCENARIO	NUVÆRENDE ÅR 2020	RCP 4.5 ÅR 2050	RCP 8.5 ÅR 2100
Gentagelsesperiode [år]	T5, T10, T20, T50 og T100	T5, T10, T20, T50 og T100	T5, T10, T20, T50 og T100



Figur 2.8 Oversvømmelseskort for kongeåen ved en 100 årshændelse i år 2100 efter RCP8.5.

2.8 USIKKERHEDER

Oversvømmelseskortlægningen i Kongeå-systemet er en direkte gengivelse af beregninger foretaget for vandløb dækkende hele Region Syddanmark. Kortlægning af vandløboversvømmelser på den skala, og de generelle forudsætninger for den daværende opgave, har gjort det nødvendigt at foretage en række valg, som medfører usikkerheder i resultatet.

Region Syddanmark dækket et stort landområde og det største samlede antal kilometer vandløb på regionsniveau i Danmark. Ved analyse af oversvømmelser fra vandløb på denne skala, er det nødvendigt at træffe valg, som kan føre til usikkerheder i beregningerne. Særligt herunder er detaljeringsniveauet som beregningerne er udført på, og hvor præcise og lokale inputparametre, som beregningen af hvert vandløb indeholder. Den store model indeholder samlet set 2.800 vandløb med en samlet længde på 8.000 km, hvilket svarer til afstanden fra Danmark til Japan. Det er bestræbt at gøre beregningerne så retvisende som muligt, men der må tages forbehold for, at de resultater som indeværende sandsynlighedskort baseres på, ikke er udarbejdet lokalt for Kongeåen og at usikkerhederne afspejler dette.

Af væsentlige usikkerheder kan følgende forhold listes:

1. Vandløbenes geometri er ikke baseret på vandløbsopmålinger men direkte på baggrund af den digitale højdemodel. Det medfører at geometri under normalvandspejl ikke er repræsenteret. Modellen er korrigeret for den manglende beskrivelse ved justering af afstrømning og modstandsforhold.
2. Bygværker i vandløbet beskrives ikke hydraulisk i modellen. Oversvømmelseskortlægningen indeholder således ikke beskrivelse af mulige stuvningseffekter fra broer, stenkister eller rør, som kan være begrænsende i deres vandføringsevne under ekstreme afstrømningshændelser.
3. Ekstremafstrømningen baseres på 3 målestationer i Kongeå-oplandet som repræsenterer store afstrømningsoplande. Dette kan muligvis konkretiseres ved en mere lokal analyse, der inddrager data fra mindre afstrømningsoplande.
4. Manningtallet er fastsat modelteknisk og ikke lokalt beskrevet. Der er foretaget manuel korrigerende af manningtallet på delstrækninger, hvor modelfejl er fjernet.
5. Modellen indeholder ikke "dynamiske" elementer. Kongeåen har eksempelvis en sluse ved åens udmunding i Vadehavet, som er dynamisk i den forstand, at de hydrologiske forhold i Kongeåen ændres afhængigt af slusens interaktion med trykniveauerne fra hhv. hav og vandløb. Forholdene er udmærket beskrevet i modellen, og vurderes at kunne ansues "stationært", men der kan ikke regnes på konkrete beregningsscenerier for slusens drift.

3 SANDSYNLIGHEDSKORT

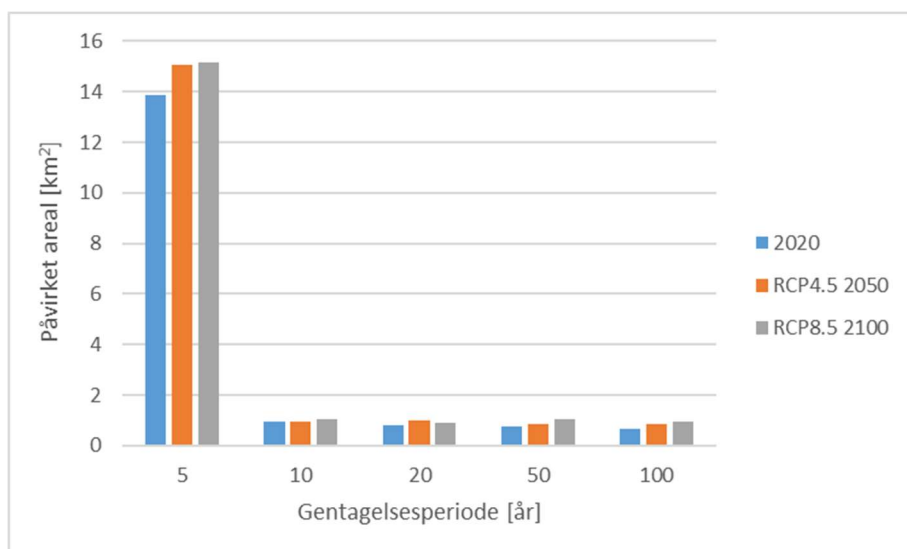
Der er udarbejdet et sandsynlighedskort for oversvømmelserne fra Kongeåen for nuværende forhold og efter klimascenarie RCP4.5 i år 2050 samt klimascenarie RCP8.5 i år 2100. Sandsynlighedskortet angiver sandsynligheden for oversvømmelse beregnet af oversvømmelseskortene for Kongeåen beskrevet i afsnit 1. Sandsynlighedskortene omfatter vanddybder større end 10 cm og angiver sandsynligheden for oversvømmelser beregnet ud oversvømmelsesudbredelserne ved de forskellige gentagelsesperioder som angivet i afsnit 2.7.

På Figur 3.1 ses et udsnit af sandsynlighedskortet for de klimafremskrevne forhold til år 2100 efter klimascenarie RCP8.5. På kortet angiver de farvede områder arealer som oversvømmes med en gentagelsesperiode på 5, 10, 20, 50 eller 100 år.



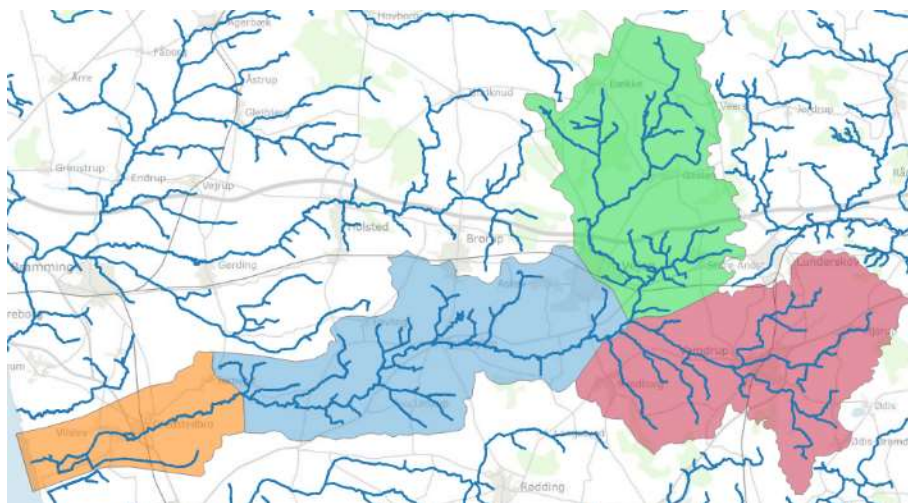
Figur 3.1 Udsnit af sandsynlighedskort for de klimafremskrevne forhold til år 2100 efter RCP-scenarie 8.5.

Det er analyseret hvordan udbredelsen af det oversvømmede areal fordeler sig mellem gentagelsesperioder i de forskellige beregningsscenarier. På Figur 3.2 ses det, at oversvømmelserne ved 5 års hændelserne i de 3 beregningsscenarier samlet set udgør langt den største udbredelse. Således udgør udbredelsen af 5 års hændelserne omkring 80 % af de samlede påvirkede arealer. De resterende 20 % af de påvirkede arealer er næsten ligeligt fordelt på de 4 øvrige gentagelsesperioder.



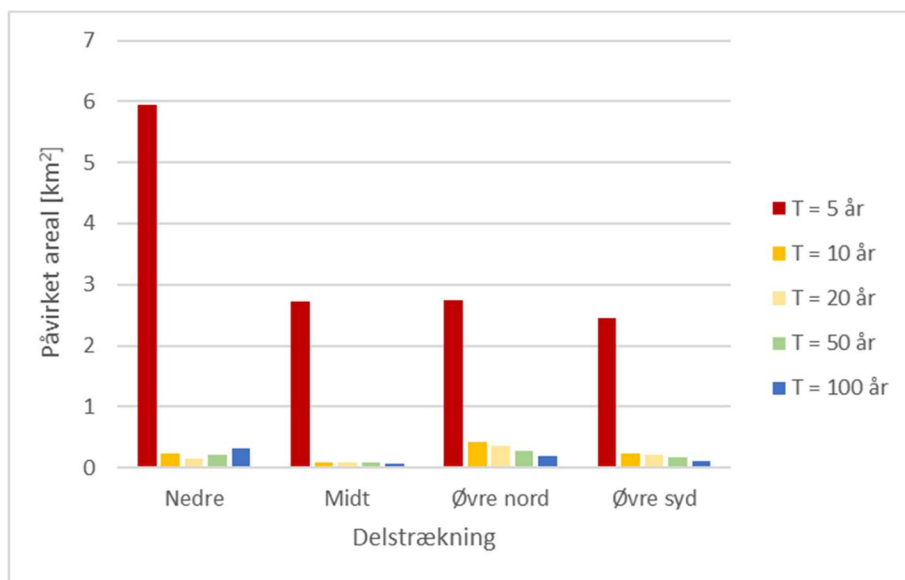
Figur 3.2 Fordeling af det påvirkede areal mellem gentagelsesperioderne i de 3 forskellige beregningsscenarier.

Det er også analyseret, hvor oversvømmelserne forekommer i forhold til en opdeling af vandløbsoplandet i 4 dele. Vandløbsoplandet er opdelt jf. Figur 3.3, så den nedre del er angivet med orange, den midterste del er angivet med blå, den øvre nordlige del er angivet med grøn og den øvre sydlige del er angivet rød.



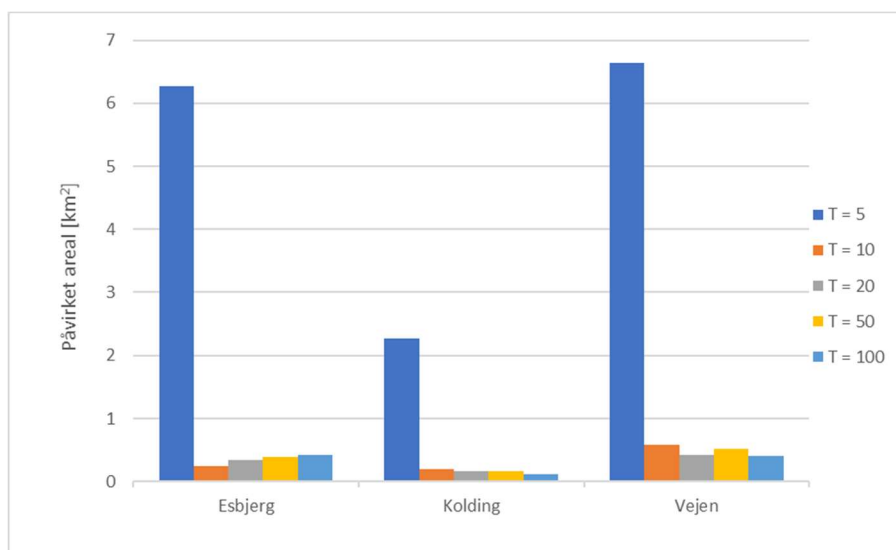
Figur 3.3 Grundlag for analyse af geografisk fordeling af de oversvømmede arealer.

Analysen af den geografiske fordeling af de oversvømmede arealer er gennemført for beregningsscenariet for de nuværende klimatiske forhold og fremgår af Figur 3.4. Figuren viser, at omkring 40 % af oversvømmelserne forekommer i den nedre del (orange) af oplandet mens de resterende 60 % er fordelt næsten ligeligt mellem de 3 øvrige dele af oplandet. I den nederste og midterste del udgøres næsten 90 % af de påvirkede arealer af oversvømmelser med en gentagelsesperiode på 5 år mens det i de øvre oplande er på 70 – 80 %.



Figur 3.4 Geografiske fordeling af de påvirkede arealer i forhold til gentagelsesperioder i scenariet for de nuværende klimatiske forhold.

Den geografiske fordeling er også opgjort i på kommuneniveau. På Figur 3.5 fremgår det, at størstedelen af de påvirkede arealer findes i Esbjerg og Vejen kommune.



Figur 3.5 Geografiske fordeling af de påvirkede arealer i forhold til gentagelsesperioder.

4 VÆRDIKORT

Formålet med værdikortet er at udgøre et objektive hjælpemiddel til prioritering af oversvømmelses-relaterede indsatser i Kongeåens vandopland. Til dette formål er det valgt at benytte arealanvendelseskortet produceret af DCE (Nationalt Center for Miljø og Energi) ved Aarhus Universitet. Denne kortlægning er landsdækkende og opdeler Danmark i omkring 2 mio. polygoner med hver deres kode der inddeler overfladen i lang række forskellige kategorier. Fordelen ved at bruge dette kort som grundlag til værdikortet er at arealanvendelseskortet dækker hele terrænoverfladen, samt at det er muligt at kategorisere anvendelseskoderne i et antal kategorier hvor det balancerer opløselighed og praktisk anvendelse.

Arealanvendelseskortet er skabt af en række forskellige kort, både topografiske kort og satellitbilleder. De topografiske kort er udarbejdes manuelt og vedligeholdes løbende, data er fra 2014, alderen er vurderet at være af mindre betydning da der arbejdes med store arealer i modsætning til fx enkelte bygninger. De viser typisk veje og infrastruktur, beskyttet natur og rekreative arealer samt teknik elementer og alt derimellem. De topografiske kort er ofte meget præcise, både i deres klassifikation og i deres digitalisering – linjerne ligger altså meget præcis. Kortene er til gengæld ikke arealdækkende, så hvis de ikke suppleres, vil man stå med et kort med store tomme områder hvilket kan være uhensigtsmæssigt. I de områder er der, i en parallel proces, suppleret med satellitdata der dækker alle arealer, men i forhold til de topografiske kort er satellitdata upræcist både i kategorisering og rumlig præcision. Arealanvendelseskortet er derfor et kvalificeret bud på at kombinere det bedste fra to forskellige kilder.

Selve udarbejdelsen er en ganske teknisk beskrivelse der ikke skal gentages i denne rapport, men beskrives grundigt i udarbejdelsesrapporten fra DCE: https://www2.dmu.dk/1_Viden/2_Miljoe-tilstand/3_samfund/AIS/2_Rapport/ais_rapport.pdf

Arealanvendelsen er grupperet i 6 hovedgrupper:

- Befæstet/bebygget
- Ferskvand
- Naturareal
- Potentielt landbrug
- Skov
- Uklassificeret

Under hver hovedgruppe ligger en række undergrupper som kort opridses nedenfor:

Befæstet/bebygget samler al infrastruktur som befæstet veje, men også jernbaner. Bebygget er fysiske bygninger som huse, haller, industrier, men også kirkegårde.

Ferskvand omfatter søer og vandløb hvor også dambrug indgår.

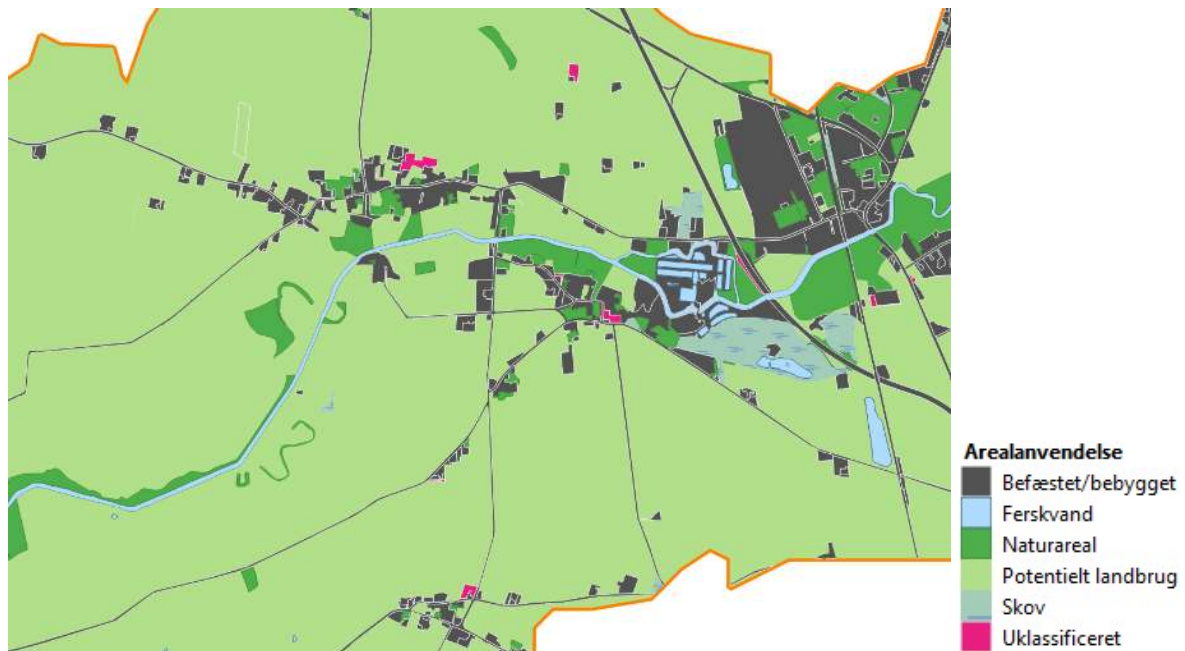
Naturarealer dækker over blandet lav vegetation som enge, overdrev græsarealer, men også moser og græsarealer i byområder.

Potentielt landbrug er sammensat ud fra markblokke og er ikke nødvendigvis et udtryk for, at jorden reelt er dyrket, men som kan dyrkes.

Skov dækker over høj vegetation både løv- og nåletræer samt blandet skovvegetation.

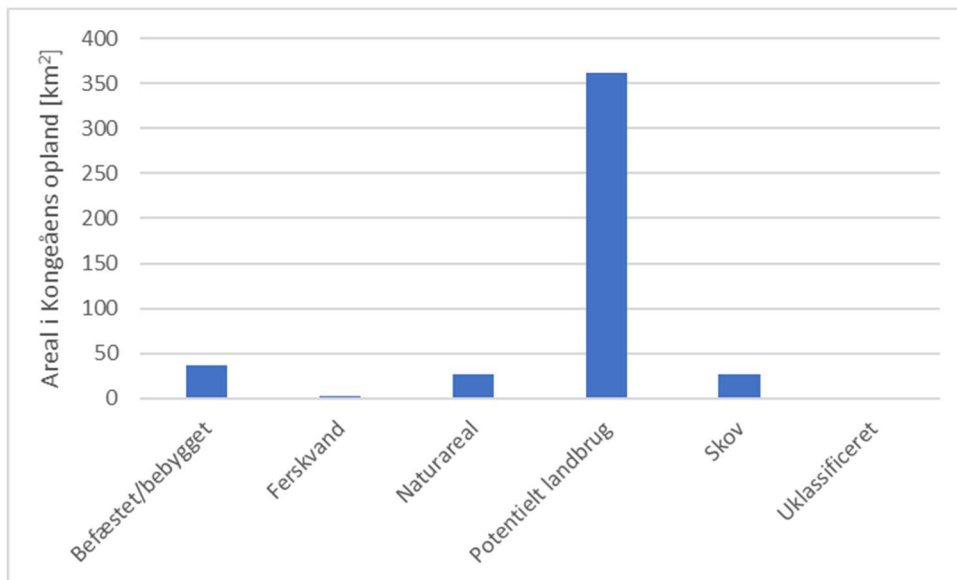
Uklassificeret dækker de få områder, som ikke er mulige at identificere ud fra de forskellige kort, både topografiske kort og satellitbilleder.

På Figur 4.1 ses et udsnit af kortlægningen af arealanvendelsen.



Figur 4.1 Udsnit af kortlægningen af arealanvendelsen i Kongeåens opland.

Der er lavet en opgørelse over arealanvendelsen i Kongeåens opland i forhold til de 6 arealanvendelsesgrupper. På Figur 4.2 ses det, at Kongeåens opland primært udgøres af potentielt landbrug. Det potentielle landbrug udgør ca. 80 % af arealanvendelsen mens befæstet/bebygget areal udgør ca. 8 % og naturarealer samt skov hver udgør ca. 6 %.



Figur 4.2 Opgørelse af arealanvendelsen i Kongeåens opland.

Arealanvendelsen er i samarbejde mellem Esbjerg, Vejen og Kolding Kommune værdisat. Da kategoriseringen er forenklet, er det også valgt at forenkle værdisætningen ved hjælp af en indeksering mellem 0-10.

Indeksværdierne er en relativ vurdering mellem arealanvendelsesgrupperne af den omkostning, det vil have pr. oversvømmet arealenhed.

Værdikortet og dermed værdisætningen kan ses som et første bud for et fælles udgangspunkt på tværs af de 3 kommuner. Dermed kan der lægges op til yderlige drøftelser omkring opgørelsesgrundlaget samt indeksværdier. Risikokortet vil ændre sig hvis værdisætningerne justeres. Justeringer kan også ske i takt med at man opnår ny og/eller bedre viden eller ved implementering af løsninger. Risikokortet skal derfor ses som et dynamisk værktøj som på tværs af kommunerne, der kan samle og fortløbende danne fælles grundlag for de aktiviteter, der udfolder sig i hele Kongeåens opland, nu og i fremtiden.

Værdisætningen fremgår af indeksværdierne angivet i Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Indeksværdier for arealanvendelsen i Kongeåens opland.

GRUPPE	INDEKSVÆRDI [-/M ²]
Bebygget/befæstet	9
Ferskvand	0,1
Naturareal	2
Potentielt landbrug	3
Skov	3
Uklassificeret	9

5 RISIKOKORT

Der er udarbejdet risikokort for oversvømmelserne fra Kongeåen for nuværende forhold og efter klimascenarie RCP4.5 i år 2050 samt klimascenarie RCP8.5 i år 2100.

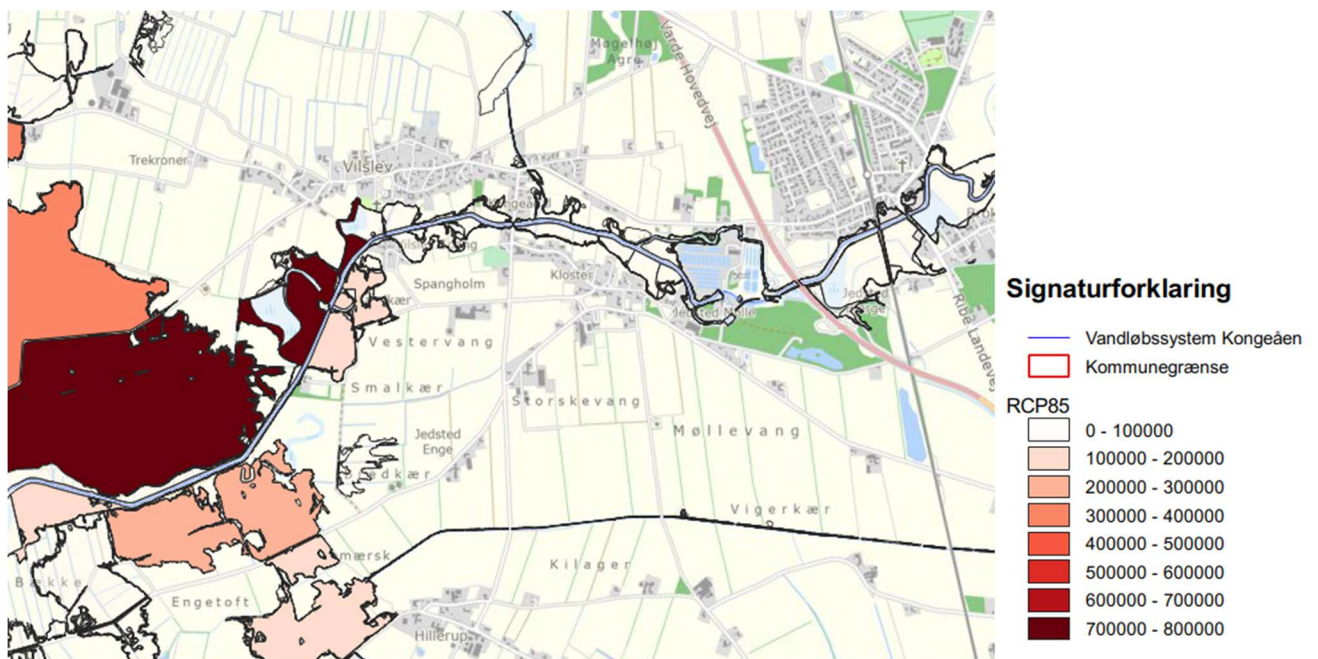
Risikokortene angiver risikoen for omkostninger som følge af oversvømmelse. Risikokortene er produktet af sandsynlighedskortene og værdikortet. Dermed angiver risikokortene risikoen for omkostninger vægtet ud fra sandsynligheden for oversvømmelse og indeksværdien for værditabet i form af omkostningerne som følge af oversvømmelse.

Formlen for beregningen af omkostningerne i risikokortet fremgår nedenstående:

$$\text{Risiko [værdi/år]} = \text{Sandsynlighed [hændelse/år]} * \text{Indeksværdi [værditab/m}^2\text{/hændelse]} * \text{Areal [m}^2\text{]}$$

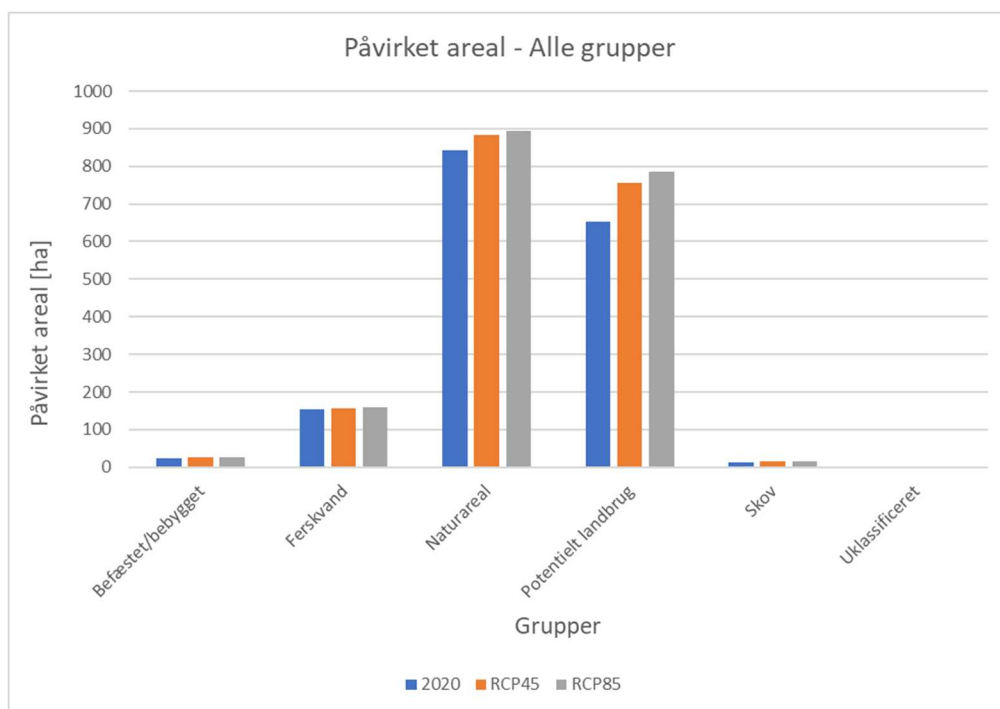
Der er udarbejdet 2 risikokort. Det ene risikokort omfatter kun befæstede og bebyggede arealer mens det andet risikokort omfatter de øvrige arealanvendelser. Risikokortet er opdelt i to dele da både arealanvendelsernes udbredelse og værdisætningen er meget forskellige mellem de befæstede/bebyggede områder og de øvrige arealanvendelser.

På nedenstående Figur 5.1 ses et eksempel på risikokortet, hvor risikoen for årlige værditab fra oversvømmelser er kortlagt. Da der er anvendt indeksering frem for omkostninger, skal værdien ses som point/arealanvendelse og farveskalaen som point/område. Jo højere point (mere markant farve), jo højere værditab. Med markant rød vises hvor der potentielt kan være de største årlige udgifter, hvilket er samlet omkring de store oversvømmede arealer nedstrøms Gredstedbro.



Figur 5.1 Udsnit af risikokort i Kongeåens opland.

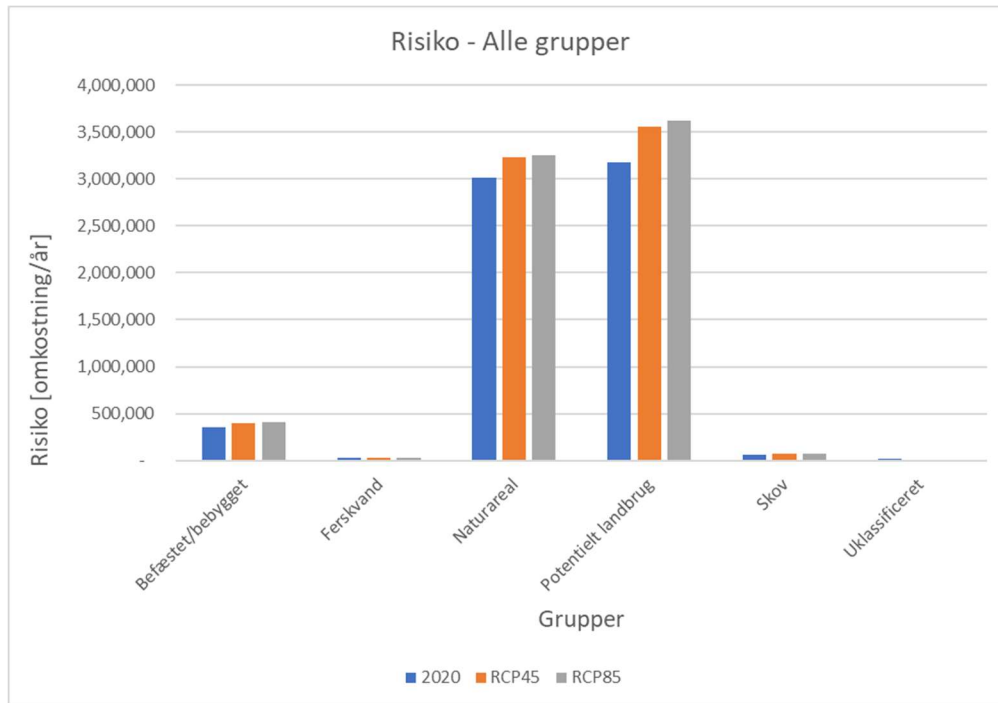
Det er analyseret hvilke typer af arealanvendelsen, som påvirkes. Nedenstående på Figur 5.2 er det opgjort, hvor store arealer der påvirkes i forhold til arealanvendelsen i oplandet til Kongeåen.



Figur 5.2 Opgørelse over hvor store arealer der påvirkes i forhold til arealanvendelsestyperne i oplandet til Kongeåen.

Arealopgørelsen på Figur 5.2 viser, at det primært er naturarealer og potentielt landbrug, som oversvømmes i Kongeåens opland. Oversvømmelsesudbredelsen på naturarealer er ca. 190 ha større end udbredelsen på potentielle landbrugsjorde under de nuværende klimatiske forhold. Denne forskellen vil reduceres frem mod år 2100, hvor forskellen er på ca. 110 ha. Det skyldes, at den udbredelse af oversvømmelsespåvirkede naturarealer øges med ca. 50 ha mens udbredelsen på potentielle landbrugsjorde øges med ca. 130 ha.

Den beregnede risiko for omkostninger som følge af værditab ved oversvømmelser er opgjort i forhold til de oversvømmede arealanvendelser på Figur 5.3.



Figur 5.3 Opgørelse over risikoen for omkostninger som følge af værditab ved oversvømmelser i forhold til arealanvendelsen.

Opgørelsen af risikoen på Figur 5.3 viser, at risikoen for omkostninger af værditab som følge af oversvømmelse er størst for potentielle landbrugsjorde i oplandet til Kongeåen. Det gælder både under de nuværende klimatiske forhold og i fremtiden.

Risikoen omkostninger for oversvømmelse af de potentielle landbrugsjorde er større end risikoen for omkostninger for oversvømmelse af naturarealer, selvom udbredelsen af oversvømmelserne på naturarealer er størst, se Figur 5.2. Det skyldes, at indeksværdien for landbrugsjordene er 50 % højere end naturarealer, se indeksværdier i Tabel 4.1.