

Forslag til

# KAPACITETSPLAN 2018 FOR HARRESTRUP Å-SYSTEMET

Fælles ansvar – fælles løsninger

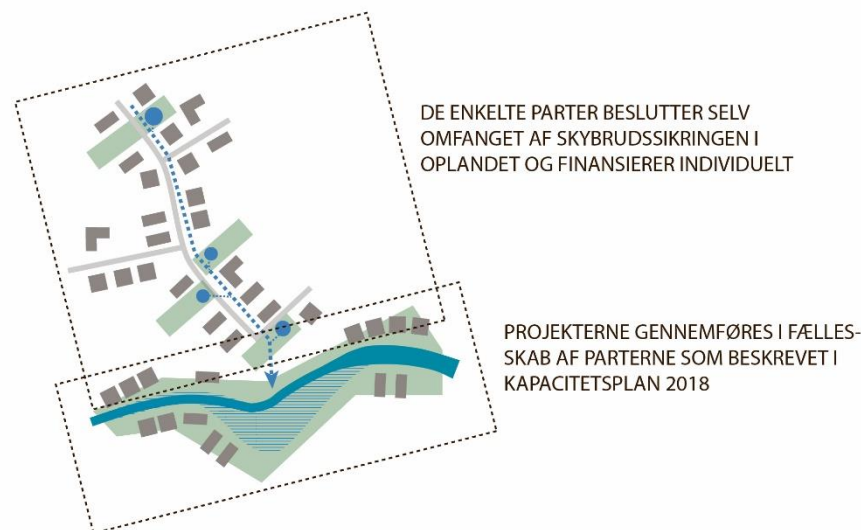
*Kapacitetsprojektet for Harrestrup Å...  
et samarbejde om at reducere skadevoldende  
oversvømmelser*





# RESUMÉ

Ti kommuner i hovedstadsområdet og deres forsyningsselskaber er gået sammen om at udarbejde denne Kapacitetsplan for Harrestrup Å-systemet. Målsætningen for samarbejdet er at sikre borgerne i oplandet mod skader op til en **100-års hændelse i åen om 30 år**, og at gøre det på den bedst egnede måde. Der er to hovedformål: Oplandskommunerne skal kunne skybrudssikre og aflede regnvand til åen ad skybrudsveje og nærliggende områder til Harrestrup Å-systemet skal være sikrede mod skadevoldende oversvømmelser fra åen op til en 100-års hændelse, også om 30 år. Det er sikringen af Harrestrup Å-systemet som udføres i Kapacitetsprojektet, mens skybrudssikringen udføres i kommunerne.



Samlet set kan parterne ved at samarbejde om en fælles udnyttelse af Harrestrup Å opnå en bedre og billigere løsning end hvis parterne skulle løse udfordringerne alene.

Harrestrup Å-systemet skybrudssikres i første omgang til en periode på 30 år, da en længere periode vil give risiko for overinvesteringer. Efter 30 år forventes det, at en stor del af den kommunale skybrudssikring vil være gennemført og der vil være klarhed over om sigtelinjen om 100 år kan reduceres eller skal fastholdes som tidligere planlagt i Kapacitetsplan 2016.

Ved en 100-års hændelse i åen om 30 år håndterer Kapacitetsplanens anlæg omkring 3 mio. m<sup>3</sup> vand. Dette gøres i hovedtræk ved at gennemføre en kombination af anlægsprojekter, der dels forsinker regnvandet i grønne områder og dels lader det løbe hurtigere ud i nederste del af åen. De grønne oversvømmelsesarealer er prioriteret højt i Kapacitetsplanen, fordi de er økonomisk langt de billigste tiltag og de kan desuden give merværdi gennem naturmæssige og rekreative synergieffekter. Oversvømmelsesarealerne skabes i ådalen, hvor vandet naturligt samler sig, og det giver et stort volumen med en lille indsats, hvilket er langt billigere end for eksempel underjordiske betonbassiner. I arbejdet med oversvømmelsesarealerne er det vigtigt at sikre de omkringboende mod vandskader og sørge for at åen og arealerne kan bevare deres nuværende funktion.



Denne rapport er udarbejdet af Harrestrup Å – Kapacitetsprojektet

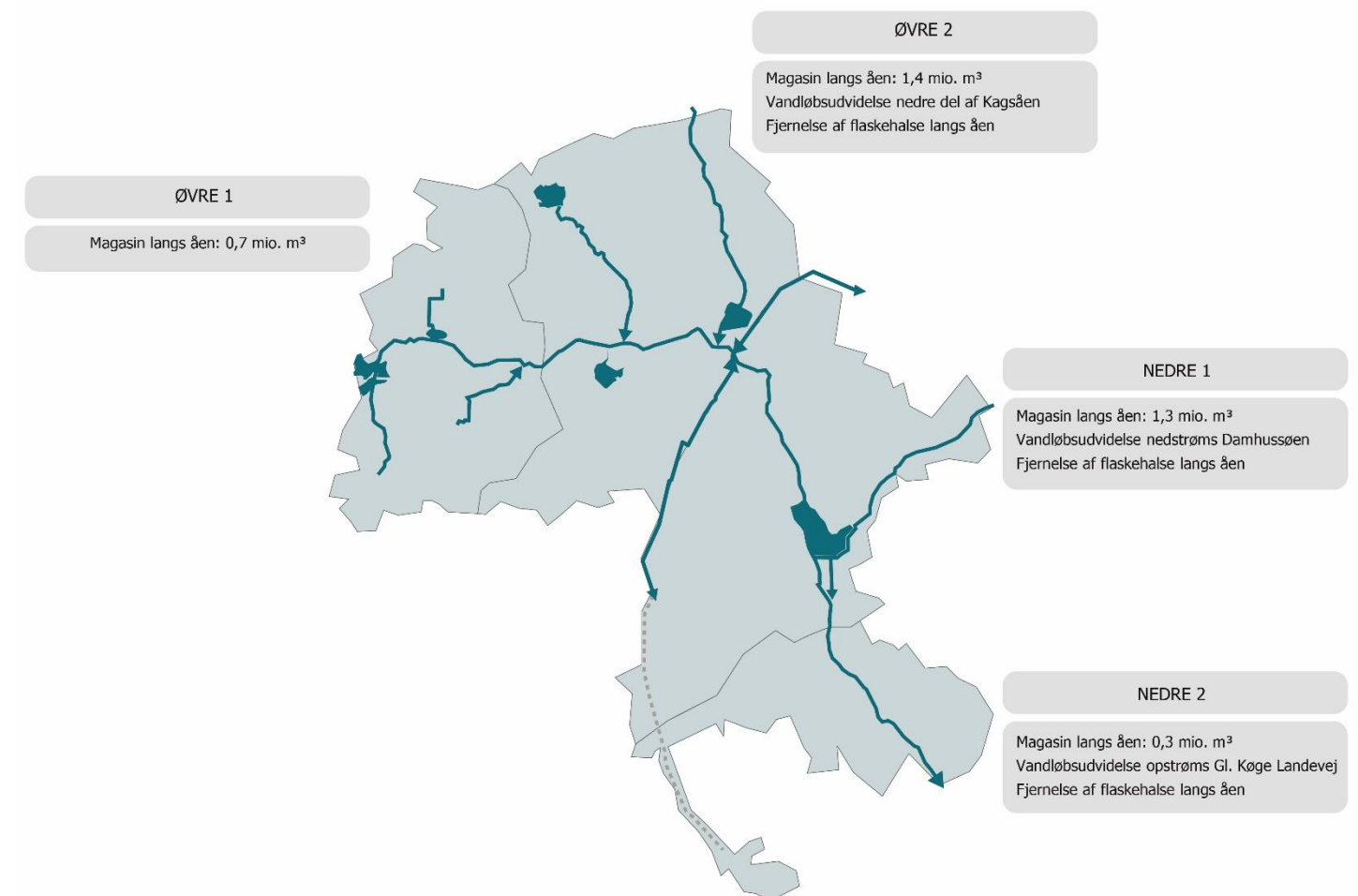
Rådgiver: Orbicon A/S

Udgivet: 15. maj 2018

Rapportstatus: Forslag

Kapacitetsplanen inkluderer også delprojekter, der kan øge afledningen og dermed få vandet hurtigere ud af åen, før det forårsager skader.

Gennemførelsen af Kapacitetsplanen er foreløbigt skønnet til cirka 1,1 mia. kr., som forventes investeret over en 20-årig periode. En cost-benefit-analyse viser, at Kapacitetsplanens gennemførelse sammen med skybrudsløsninger i oplandet vil kunne betale sig.



## Overordnet plan for omfanget af nødvendige tiltag for en 100-års hændelse om 30 år

Den overordnede plan er bundet op på fire delområder, hvor det er tanken, at der etableres risikobaseret styring af kapaciteten af å-systemet. Delområderne er afgrænset af tre vigtige målestationer i åen, der har været udgangspunkt for opstilling af det nye designgrundlag for Kapacitetsplanen som beskrevet på side 10. Magasinvolumen er sum af oversvømmelsesarealer og skybrudsbassiner i hvert delområde.



# INDHOLD

OM HARRESTRUP Å .....	5	Optimering af Kapacitetsplanen .....	17
INDLEDNING - Flere oversvømmelser og skader på vej.....	7	Screening af muligheder for optimering .....	17
Kapacitetsprojektet – fælles ansvar for håndtering af regn .....	8	Strategi for optimering .....	17
En fælles løsning for åen - Kapacitetsplanen .....	8	Beregninger med løsningskombinationer .....	18
Beskrivelse af arbejdsprocessen .....	9	Valg af løsningskombination .....	20
UDARBEJDELSE AF KAPACITETSPLAN 2018.....	10	Verificering af Løsningskombination 2018 i 3-vejs model .....	20
Nyt designgrundlag for store oplande .....	10	Cost-benefit-analyse.....	21
Det regner ikke lige meget over alt .....	10	KAPACITETSPLAN 2018 FOR HARRESTRUP Å-SYSTEMET .....	22
Et nyt designgrundlag baseret på lokale vandløbsmålinger .....	10	Delprojekter og anlægsøkonomi .....	22
Opstilling af hydraulisk 3-vejs model.....	11	Rækkefølgeplan .....	23
Kalibrering til den kraftige regnhændelse 2. juli 2011 .....	12	Parternes rationale .....	24
Opstilling af Projektkataloget.....	13	Økonomisk styring .....	24
Den hydrauliske udfordring og løsningsprincipper .....	13	Hydrauliske bindinger .....	24
Terrænanalyse, kritisk kote og oversvømmelsesarealer.....	14	Oplandskommunernes skybrudssikring .....	24
Modning og konkretisering.....	14	Fast mål – fleksibel udførelse.....	26
Koordinering med anden planlægning .....	14	Det videre forløb .....	27
Beskrivelse af delprojekterne .....	16		
Estimering af anlægsøkonomi .....	16		

BILAG 1	PROJEKTKATALOG 2018
BILAG 2	TEKNISK DOKUMENTATION AF BEREGNINGER OG ANALYSER

## OM HARRESTRUP Å

Harrestrup Å er et urbant åløb, der sammen med tilløbene, Kagså, Sømose å, Skelgrøften, Rogrøften og Bymoserenden modtager vand fra ti kommuner. Åen udspringer i Harrestrup Mose, hvorfra den løber øst mod Islev, under Vestvolden, derefter mod syd til Damhussøen og videre til udløbet ved Kalveboderne. Harrestrup Å-å-system består af ca. 30 km åløb og har et samlet afstrømningsopland på ca. 80 km<sup>2</sup>. Åen krydses af den ca. 15 km lange Vestvoldens Voldgrav som den udveksler vand med.

Tidligere er Harrestrup Å blevet benyttet som afledningskanal for byens spildevand. Derfor er åen på flere strækninger dybt liggende under terræn, stærkt reguleret og flisebelagt. I dag er Harrestrup Å-systemet en vigtig vandvej til afledning af regnvand fra 10 kommuner og fungerer som recipient for spildevandssystemet ved overløb. Harrestrup Å er i dag også et vandløb, som er målsat i forhold til Statens vandområdeplaner





# INDLEDNING - FLERE OVERSVØMMELSER OG SKADER PÅ VEJ

I de senere år har det ved flere store regnskyl vist sig, at der mange steder er behov for en indsats for at sikre borgerne og samfundet mod skader fra oversvømmelser. Langs Harrestrup Å-systemet og i oplandskommunerne, som leder regnvand til åen, har der været problemer med oversvømmelser, idet åen ikke har tilstrækkelig kapacitet til at klare de store vandmængder.

Problemerne er opstået, fordi den oprindelige Harrestrup ådal gennem de sidste 100 år er blevet bebygget og befæstet tættere og tættere, så åen nu mange steder udgør en kanal gennem byen, der ikke kan rumme de store regnmængder, der ledes til. Oplandet omkring Harrestrup Å-systemet – især fra Herlev og til udløbet ved Kalveboderne – er således tæt på fuldt udbygget med infrastruktur, bolig- og erhvervsområder.

Kortet til højre viser den nuværende udbredelse og vanddybde af oversvømmelser ved en 100-års hændelse i oplandet til Harrestrup Å-systemet. Jo mørkere blå, jo større vanddybde og her viser beregninger, at der må forventes at ske oversvømmelser ved ekstreme regnskyl.

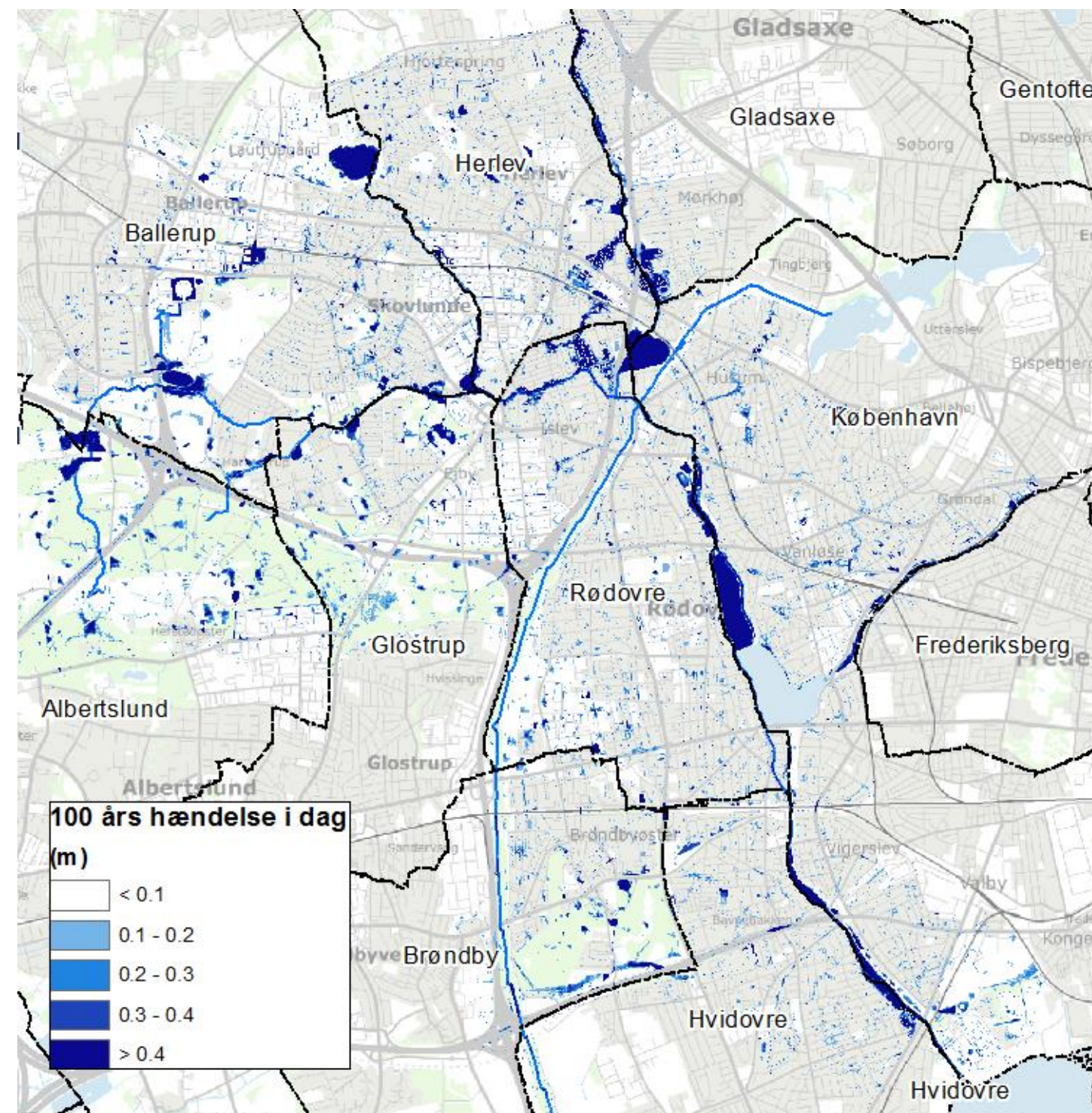
Oversvømmelser med regnvand har en stor skadevirkning, når vandet for eksempel trænger ind i husene og ødelægger både bygninger og inventar. Ved gentagne oversvømmelser bliver de menneskelige konsekvenser store for dem, som rammes direkte.

En samfundsøkonomisk analyse for hele Harrestrup Å-oplandet viser, at det som situationen er nu koster samfundet gennemsnitligt cirka 300 mio. kr. hvert år at udbedre skader på bygninger og veje og erstatte inventar som følge af oversvømmelser.

Men det er ikke kun i bygninger og veje, at vandet gør skade. Også trafikken bliver forstyrret ved høj vandstand på vejene, kulturminde kan blive ødelagt, der kan komme skader på natur og miljø, og virksomheder og institutioner kan risikere at måtte lukke i kortere eller længere tid, mens skaderne udbedres. Disse skader er ikke medregnet i den økonomiske analyse og kommer derfor ud over de cirka 300 mio. kr.

Klimaændringer i fremtiden vil i henhold til prognoserne fra FN's klimapanel give endnu voldsommere regnskyl, hvilket vil forøge problemerne med skadevoldende oversvømmelse i Harrestrup Å-systemet. Teoretisk set vil omkostningerne til udbedring efter oversvømmelser stige til næsten det dobbelte på 100 år (læs mere på side 21).

Problemerne i dag, og forventningerne om at de vil øges i fremtiden, har ansporet oplandskommunerne og deres forsyningsselskaber til at indlede et samarbejde. Målet for samarbejdet er at finde en fælles løsning på problemerne og den er beskrevet i denne Kapacitetsplan.



## Store regnskyl giver problemer i hele oplandet til Harrestrup Å-systemet.

Kortet viser dybden af oversvømmelserne ved en 100-års hændelse, hvis den skete i dag. Allerede i dag er der store problemer med oversvømmelser, og det forventes, at skadeomkostningerne vil være næsten fordoblet om 100 år på grund af klimaændringerne.



## Den hydrauliske kapacitet i Harrestrup Å er opbrugt

Vandet støver op, når det regner og ved ekstremregn fører det til oversvømmelser i omgivelserne.

# Kapacitetsprojektet – fælles ansvar for håndtering af regn

Ti kommuner afleder regnvand til Harrestrup Å-systemet; Albertslund, Ballerup, Brøndby, Frederiksberg, Gladsaxe, Glostrup, Herlev, Hvidovre, København og Rødovre. Disse kommuner samt deres spildevandsselskaber samarbejder om at finde en fælles løsning, der kan sikre tilstrækkelig kapacitet i åen. Dette samarbejde kaldes **Kapacitetsprojektet**. I Kapacitetsprojektet ligger fokus på at beskytte mod skadevoldende oversvømmelser. Regnvandet kender ikke til kommunegrænser, og hvad der udledes i den øverste del af åen, får betydning i den nederste del. Derfor er der lagt vægt på, at opgaven skal løses ved tværkommunalt samarbejde.

Udledningerne af vand til åen har tidligere været reguleret af utidssvarende landvæsenskommisionskendelser, som det har været vanskeligt at have overblik over. I samarbejdet har man villet skabe overblik over, hvor stor kapacitet der er brug for nu og i fremtiden og finde en løsning for, hvordan denne kapacitet kan skabes.

I Kapacitetsprojektet har kommunerne valgt at tage kollektivt ansvar for åen og pulje indsatsen, så den kan investeres på den bedst egnede måde. Tanken er, at man gennem en fælles og koordineret udbygning og styring af Harrestrup Å-systemet vil kunne sikre tilstrækkelig kapacitet i åen og optimal udnyttelse af denne. I Kapacitetsprojektet arbejdes der med at finde multifunktionelle løsninger, der også har en anvendelse i den største del af tiden, hvor det ikke regner. Dette gælder oversvømmelsesarealer med rekreative formål, som ved fornuftig planlægning kan indrettes, så de er robuste til at modstå lejlighedsvis oversvømmelser.

## En fælles løsning for åen - Kapacitetsplanen

Samarbejdet om Harrestrup Å-systemet har ført til denne **Kapacitetsplan**. Her beskriver parterne en fælles helhedsløsning for Harrestrup Å-systemet, som på den bedst egnede måde sikrer tilstrækkelig kapacitet i åen.

I Kapacitetsprojektet er fase 1, fase 2 og fase 3 tidligere gennemført. Fase 1 omhandlede opsætning af en overordnet hydraulisk model for hele å-systemet, samt introduktion af løsningsprincipper og anbefalinger til videre forløb. I fase 2 er der blevet foretaget en revision og udbygning af det eksisterende modelgrundlag, samt yderligere modelberegninger for analyse af muligheder for tiltag i hele Harrestrup Å-systemet og oplandet. I fase 3 er der udarbejdet **Kapacitetsplan 2016**, der beskriver den samlede løsning for en 100-års hændelse om 100 år, Løsningskatalog 2016, der beskriver de relevante delprojekter, der er undersøgt i fase 3 og desuden Dokumentation af beregninger og analyser.

Nærværende rapport og foranalyser er resultatet af fase 4 i Kapacitetsprojektet for Harrestrup Å-systemet og er udarbejdet i perioden marts 2017 – maj 2018. Ud over **Kapacitetsplan 2018**, der beskriver den samlede løsning for en 100-års hændelse om 30 år, foreligger **Projektkatalog 2018**, der beskriver de anvendte delprojekter og desuden **Dokumentation** af beregninger og analyser.

I Kapacitetsplanen er der arbejdet med at forbedre åens kapacitet ved at opmagasinere vand på grønne arealer langs åen og at sikre, at vandet kan løbe hurtigere ud af åen i den nederste del.

I de følgende kapitler beskrives **processen** og **analyserne** som er gennemført i Kapacitetsprojektet, samt endelig den **fælles løsningskombination** for å-systemet, som samarbejdspartnerne i Kapacitetsprojektet vil arbejde videre med i de kommende år.

Projektet vil sørge for, at de penge, der bruges til at håndtere vand, i videst muligt omfang bringer værdi til åen og oplandet. Når der arbejdes med de enkelte projekter, vil der kunne suppleres med kommunale midler, hvis den enkelte kommune ser muligheder for at kunne forbedre natur, miljø eller rekreative værdier i synergi med det regnvandstekniske projekt.

Projektet har to overordnede formål 1) Skabe mulighed for afledning af mere regnvand ved ekstrem regn og 2) Minimering af risiko omkring Harrestrup Å-systemet

FORMÅL	BESKRIVELSE
<b>Skabe mulighed for afledning af mere regnvand ved ekstrem regn</b>	Oplandskommunerne skal kunne skybrudssikre og aflede regnvand til åen ad skybrudsveje.
<b>Minimering af risiko omkring Harrestrup Å-systemet</b>	Området omkring Harrestrup Å-systemet skal være sikret mod skadevoldende oversvømmelser fra åen <b>op til en 100-års hændelse i åen, også om 30 år.</b>

Samarbejdspartere i Kapacitetsprojektet er 10 kommuner og 4 forsyninger

KOMMUNER	FORSYNINGER
<b>Albertslund Kommune</b>	HOFOR A/S
<b>Ballerup Kommune</b>	Novafos A/S
<b>Brøndby Kommune</b>	HOFOR A/S
<b>Frederiksberg Kommune</b>	Frederiksberg Forsyning A/S
<b>Gladsaxe Kommune</b>	Novafos A/S
<b>Glostrup Kommune</b>	Glostrup Forsyning A/S
<b>Herlev Kommune</b>	HOFOR A/S
<b>Hvidovre Kommune</b>	HOFOR A/S
<b>København Kommune</b>	HOFOR A/S
<b>Rødovre Kommune</b>	HOFOR A/S





# Beskrivelse af arbejdsprocessen

Kapacitetsplan 2018 er udarbejdet af en projektgruppe bestående af deltagere fra alle involverede kommuner og forsyninger i Kapacitetsprojektet. Kapacitetsplan 2018 erstatter den tidligere plan fra 2016. Mange af analyserne og resultaterne fra fase 3 af Kapacitetsprojektet er stadig gældende og har dannet grundlag for fase 4. Derfor sammenfatter denne rapport begge faser.

Da opgaven har været kompleks, har det været vigtigt med løbende involvering, diskussion og feedback på mellemresultater og fornyede aftaler mellem parterne om i hvilken retning, der arbejdes videre. De faste deadlines har været en række rådgivermøder, projektgruppemøder og styregruppemøder mellem samarbejdspartnerne.

Udgangspunktet for projektet har været de tidligere undersøgelser i fase 1 og 2, som fase 3 og den nuværende fase 4 har stået på skuldrene af og arbejdet videre med.

Orbicon har fungeret som konsulent for fase 3 og 4 og har udført analyser og hjulpet projektet frem mod beslutningen af Kapacitetsplanen. Overordnet har målsætningen under hele forløbet været at finde en helhedsløsning for Harrestrup Å-systemet, der kan accepteres af alle samarbejdspartner.

Nedenstående figur viser arbejdsprocessen og hvilke emner, der er blevet belyst undervejs i fase 3 og 4 af Kapacitetsprojektet, som Projektgruppen har diskuteret og kommenteret undervejs.

I fase 3 er opstillet en løsningskombination for en 100-års hændelse om 100 år og dette er afrapporteret i Kapacitetsplan 2016. Arbejdsprocessen i **fase 3**:

I fase 3 blev beskrevet et **nyt designgrundlag**, der tager hensyn til, at regnhændelser ikke falder ens over et stort opland. Det betyder, at løsningen dimensioneres til et mere realistisk regnscenarie, der beskriver en 100-års hændelse i åen, samtidigt med, at oplandskommunernes dimensionering i de lokale projekter respekteres.

For at kunne belyse de nuværende og forventede forøgede fremtidige problemer med oversvømmelse opstillede Orbicon i fase 3 en MIKE Flood **Hydraulisk model**, der er en videreudvikling af den foreliggende model fra fase 2. Modellen blev tilpasset forholdene i 2011 og kalibreret til regnen 2. juli 2011 og projektdeltagerne tilkendegav, at der er god overensstemmelse mellem model og faktiske oplevede oversvømmelser. Efter kalibreringen blev modellen opdateret med forholdene i dag og suppleret med allerede vedtagne tiltag frem til 2018. Det endelige formål med modellen var afprøvning af forskellige løsningskombinationer.

For at sikre, at alle relevante muligheder er belyst, blev der i fase 3 opstillet et **Løsningskatalog 2016**, som er en bruttoliste over relevante tekniske delprojekter. Både generelle løsningsprincipper og specifikke delprojekter er beskrevet, de sidste efterhånden som de blev identificeret i projektet. I dette katalog kan også ses de delprojekter, som af forskellige årsager er blevet fravalgt i den senere proces.

I fase 3 blev der ved hjælp af en forsimplet hydraulisk model afprøvet over 100 forskellige **kombinationer af delprojekter for 2118** for at blive klogere på, hvordan oplandet og åen fungerer hydraulisk set. Der blev identificeret syv forskellige kombinationer, som kunne opfylde målsætningen. Af disse blev fire fravalgt fordi de var teknisk urealistiske, uforholdsmæssigt dyre eller i strid med naturmæssige mål. Af de tre tilbageværende var der enighed om en kombination, som blev anset for at være den bedst egnede **løsningskombination**. Den valgte kombination blev **verificeret i den detaljerede model**, som bekræftede at kombinationen kunne nå målsætningen og løse problemet.

I fase 3 blev udarbejdet en **cost-benefit analyse** for at vurdere de økonomiske forudsætninger for Kapacitetsplanen og for at vurdere den optimale investeringstakt. Endelig blev projektets hovedresultater fra fase 3 sammenfattet i **Kapacitetsplan 2016**.

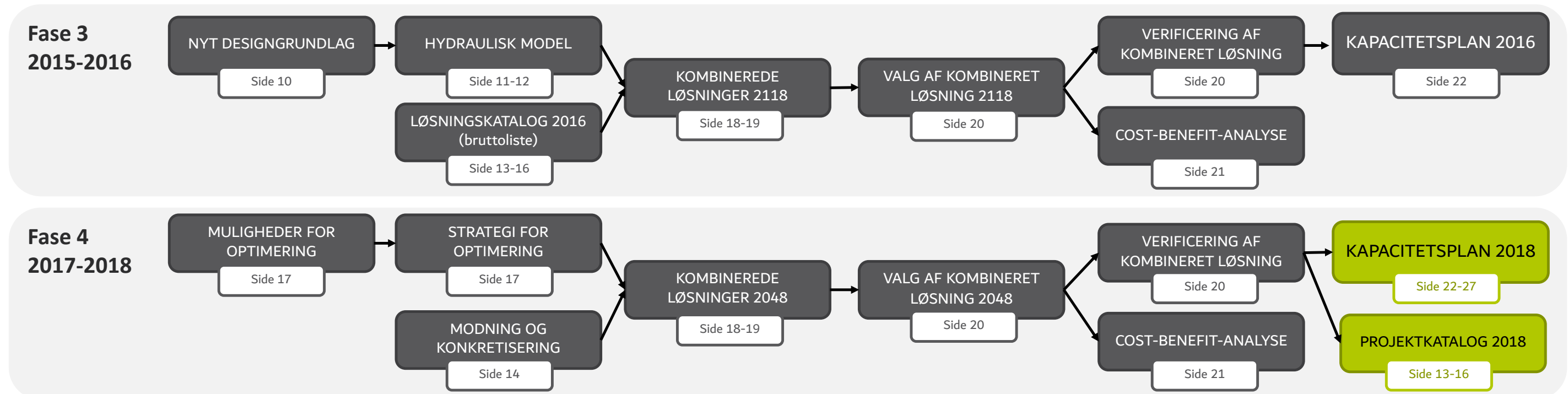
I fase 4 er der arbejdet med optimering af Kapacitetsplan 2016 og dette har ført til opstilling af en løsningskombination for en 100-års hændelse om 30 år. Dette er afrapporteret i nærværende **Kapacitetsplan 2018** med det tilhørende **Projektkatalog 2018**. De erstatter de tidligere planer fra 2016. Arbejdsprocessen i **fase 4**:

I fase 4 er **mulighederne for optimering** af Kapacitetsplan 2016 undersøgt og dette viser, at den største usikkerhed skyldes den lange planlægningshorisont på 100 år. Det er derfor besluttet, at **strategien for optimeringen** er at opstille en løsningskombination for en 100-års hændelse om 30 år.

I fase 4 er desuden arbejdet med **modning og konkretisering** af udvalgte delprojekter og dette er indarbejdet i det nye Projektkatalog og den hydrauliske model.

Med udgangspunkt i den valgte løsningskombination for en 100-års hændelse om 100 år er der i fase 4 opstillet fire **kombinationer af løsninger for 2048** til sikring til en 100-års hændelse om 30 år.

Den valgte løsning er verificeret i den detaljerede model, der er udført en opdateret **cost-benefit-analyse** og endelig er der udarbejdet et **Projektkatalog 2018**, der kun indeholder de prioriterede delprojekter.



Proces for udarbejdelse af Kapacitetsplan 2016 i fase 3 og Kapacitetsplan i fase 4 af Kapacitetsprojektet for Harrestrup Å-systemet

Figuren viser arbejdsprocessen for udformning af kapacitetsplanerne sammen med de analyser, som er udført af Orbicon i henhold til projektet. Dokumentationen for disse analyser fungerer som grundlag for denne rapport, hvor fokus er på en overordnet beskrivelse af Kapacitetsplanen.

# UDARBEJDELSE AF KAPACITETSPLAN 2018

## Nyt designgrundlag for store oplande

Når forsyningsselskaberne planlægger skybrudssikring, følger de Spildevandskomiteens forskrifter og anvender de maksimale dimensionsgivende regnintensiteter baseret på nedbørsmålinger. Allerede i de tidligere faser af Kapacitetsprojektet er det diskuteret, at anvendelse af Spildevandskomiteens *Skrift 27 beregningsniveau 2* er meget på den sikre side ved planlægning af et stort regionalt å-system, som Harrestrup Å-systemet. Dette betyder, at projektet peger på løsninger, som vil være for store og dermed for dyre i forhold til hvad der faktisk er nødvendigt.

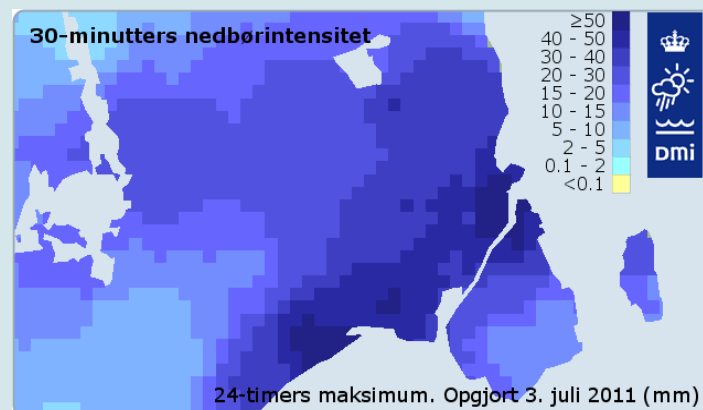
I fase 3 af Kapacitetsprojektet er der beskrevet et **nyt designgrundlag**, der tager hensyn til at regnhændelser ikke falder ens over et stort opland. Det betyder, at den hydrauliske kapacitet i åen dimensioneres til mere realistiske regnscenarier, samtidigt med, at oplandskommunernes dimensionering i de lokale projekter respekteres.

### DET REGNER IKKE LIGE MEGET OVER ALT

En regnintensitet beskriver, hvor kraftigt det regner i én lokalitet – ved regnmåleren. Harrestrup Å-systemets opland er imidlertid så stort, at det ikke er realistisk, at hele oplandet samtidigt vil blive ramt af samme 100-års regnintensitet, som normalt anvendes som designregn til dimensionering af afløbssystemer i mindre oplande.

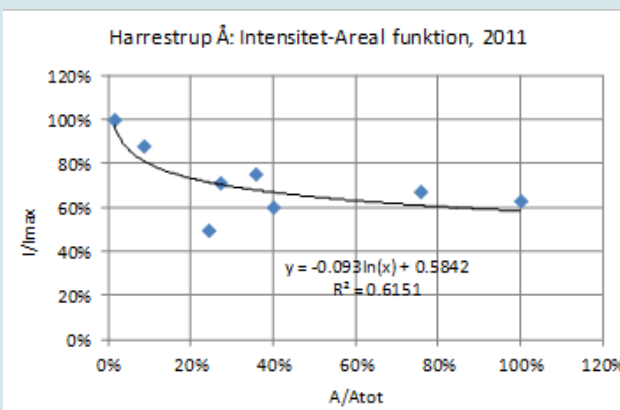
Et eksempel er den 2. juli 2011, hvor Københavnsområdet blev ramt af en meget kraftig hændelse, der gav kraftige oversvømmelser. Som det ses af den nedenstående figur fra DMI, er regnen ikke lige kraftig overalt. Enkelte steder var regnintensiteten så stor, at det statistisk set var en 1000-års hændelse, mens det alle andre steder regnede mindre og nogle steder slet ikke regnede.

Sådan er det som regel med regnhændelser. Det vil sige, at hvis der anvendes de maksimale intensiteter fra lokale nedbørsmålere over store oplande samtidigt, så vil det ikke være realistisk i forhold til, hvordan regnhændelser sker i virkeligheden og vil medføre en vandstand i åen, der meget sjældent forekommer.



Nedbørsstatistik fra Københavnerregnen 2. juli 2011

Et eksempel på hvor forskelligt et skybrud fordeler sig over et stort opland. Nogle steder var den maksimale intensitet mere end 50 mm på 30 minutter, mens det de fleste steder regnede meget mindre.



Den statistiske sammenhæng mellem maksimal intensitet og gennemsnitlig intensitet for et stort opland

Jo større opland, jo mindre gennemsnitlig regnintensitet.

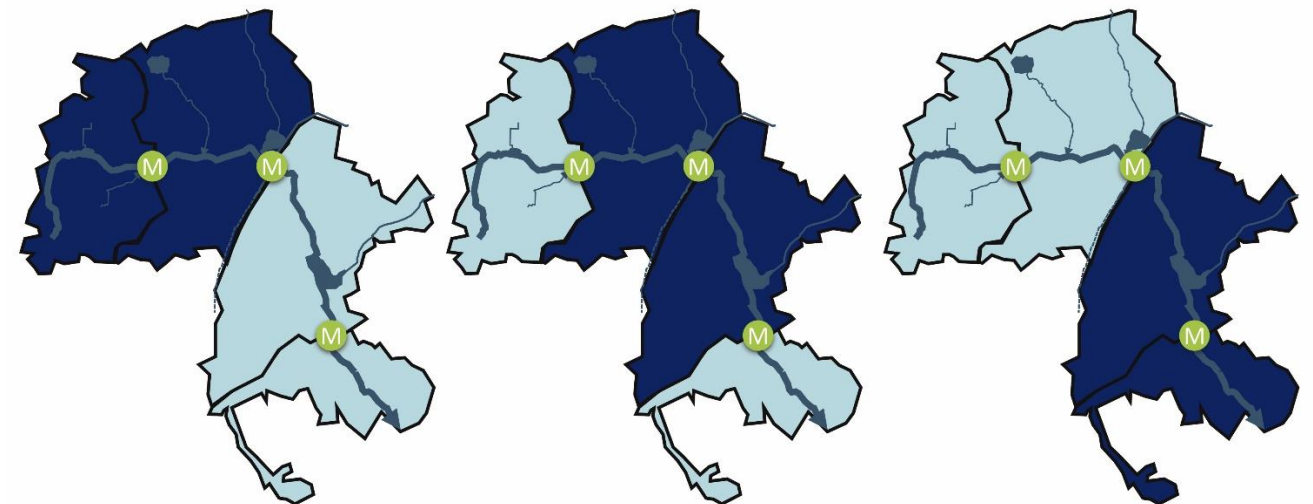
## ET NYT DESIGNGRUNDLAG BASERET PÅ LOKALE VANDLØBSMÅLINGER

Orbicon og civilingeniør, ph.d. Jan Høybye har i fase 3 af Kapacitetsprojektet analyseret de tilgængelige regndata for oplandet til Harrestrup Å-systemet og påvist, at der er en statistisk sammenhæng mellem den største regnintensitet i oplandet til Harrestrup Å-systemet og den gennemsnitlige regnintensitet over hele oplandet. Sammenhængen er vist på grafen nederst til venstre, som illustrerer, at den gennemsnitlige regnintensitet for hele oplandet kun er cirka 60 % af den maksimale regnintensitet i et punkt i oplandet. Den nye viden om udbredelsen af regnhændelser er brugt til at beskrive et nyt designgrundlag, som beskriver en 100-års oversvømmelseshændelse i åen.

Designregne er opbygget, så der i cirka halvdelen af oplandet anvendes samme 100-års hændelse som forsyningsselskaberne ville benytte til at beregne effekten af ekstreme hændelser lokalt i deres kommune. Men i resten af oplandet regner det mindre. Gennemsnit for hele oplandet skal som nævnt udgøre 60 % af 100-års regnen. Metoden anvender således tre hændelser – designregn - der simulerer, at en 100-års hændelse for Harrestrup Å-systemet kan have forskellige udseende (se nedenstående figur).

Designgrundlaget er verificeret med statistisk bearbejdning af historiske vandstandsmålinger i Harrestrup Å, der bekræfter, at det er muligt på denne måde at simulere en 100-års hændelse. Designgrundlaget tager endvidere hensyn til klimaudviklingen ved anvendelse af en klimafaktor, der omsætter 100-års hændelse i dag til en 100-års hændelse om 30 år. Den samlede sikkerhedsfaktor for beregninger af en 100-års hændelse om 30 år er 1,34, beregnet som 1,12 (klimafaktor om 30 år) x 1,2 (modelusikkerhed og byfortætning).

Designgrundlaget gør det muligt at beregne detaljeret, hvordan kapacitetsbehovet er i åen under forskellige 100-års regnhændelser i oplandet. Kapacitetsplanen er således baseret på det realistiske kapacitetsbehov, som samtidigt skaber sikkerhed i forhold til udviklingen i klimaet.



Princip for de tre nye designregn

Tre forskellige designregn anvendes for at beskrive en 100-års hændelse i åen. De tre hændelser er opbygget, så det regner henholdsvis mest på øverste del, midt på eller på nederste del svarende til to oplande med 100 % af en 100-års regnintensitet. Da gennemsnit skal være 60 % regner det kun 20 % af den maksimale regnintensitet i de to øvrige oplande. Oplandene er opdelt ved målestationer ved Smedebro, Vestvoldens Voldgrav og Landlystvej, hvis måledata er brugt til at kalibrere designgrundlaget.

# Opstilling af hydraulisk 3-vejs model

Et detaljeret 3-vejs MIKE Flood modelkompleks af Harrestrup Å-systemet og opland er opstillet af Orbicon i fase 3 af Kapacitetsprojektet til analyse af kapaciteten i åen, det vil sige vandstand og afstrømning, samt forventede oversvømmelser i oplandet. Disse modeller er koblet således, at der sker gensidig feedback mellem modellerne. Modellen er baseret på tidligere faser af Kapacitetsprojektet (Fase 1 og Fase 2) og er udbygget for at muliggøre en mere detaljeret analyse af Å-systemet.

Der er benyttet følgende analysemetoder i den 3-vejs MIKE Flood model:

- MIKE Urban beskriver de rørlagte kloaksystemer, der afleder vand til Harrestrup Å-systemet
- MIKE 11 vandløbsmodellen beskriver vandstand og kapaciteten i Harrestrup Å-systemet
- MIKE 21 overflademodellen beskriver vandstrømme i terrænet

Den detaljerede model er opstillet i flere versioner til brug for forskellige opgaver i projektet. Indledningsvis er udarbejdet en 2011-model, der viser forholdene på dette tidspunkt. Denne model er brugt til at kalibrere modellen efter den kraftige regnhændelse, der ramte Københavnsområdet den 2. juli 2011. Kalibreringen viser god overensstemmelse mellem modellens resultater og de faktiske oplevede oversvømmelser. Dette er beskrevet i næste afsnit.

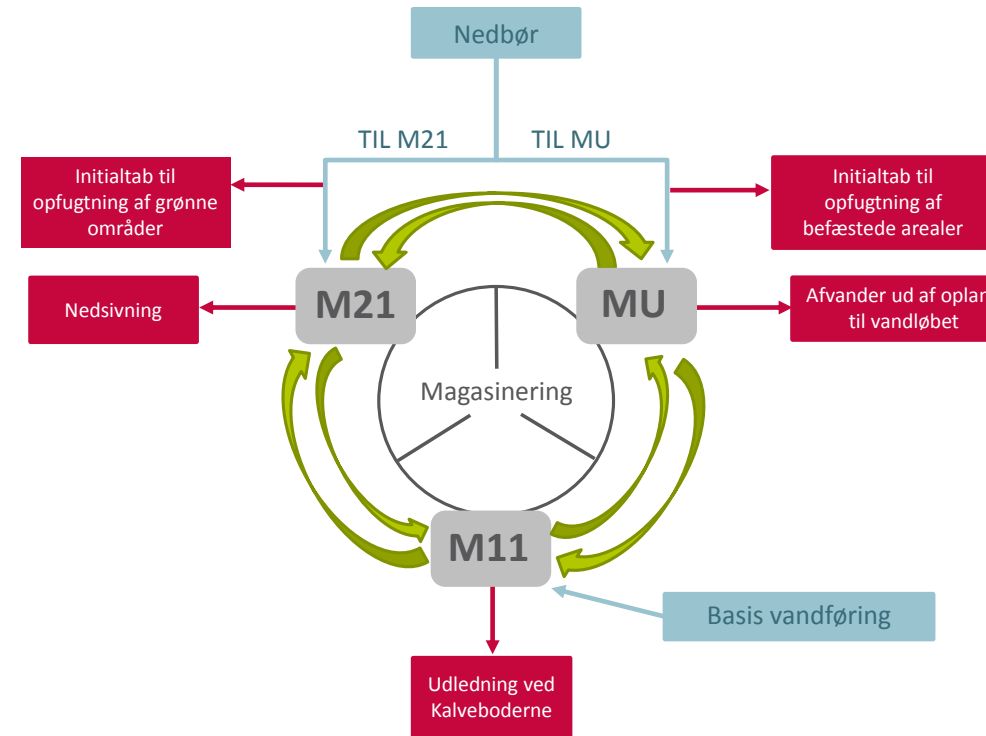
Som nævnt er 2011-modellen baseret på tidligere modeller fra fase 1 og 2, men den indeholder en række væsentlige opdateringer. Den efterfølgende tabel indeholder en række fagtekniske termer, der beskriver forskellene på modelopsætningen, der er brugt i de tre faser af Kapacitetsprojektet og i Københavns Kommunes skybrudsplaner. Forandringerne i de hydrauliske forudsætninger afspejler udviklingen i arbejdet med modeller gennem de seneste år. For at sikre, at modellen i fase 3, med de valgte forudsætninger, beskriver forholdene i åen tilstrækkeligt nøjagtigt, er der udført en kalibrering (se side 12).

Efter kalibreringen er modellen opdateret til 2018-modellen, der fremskriver forholdene med ændringer sket siden 2011 og med de allerede vedtagne og planlagte projekter, der forventes udført inden for de kommende år. Derefter er skybrudssikringen i kommunerne indlagt som fiktive skybrudskanaler, der fører det overskydende vand fra kloakerede oplande til åen. Det er denne model, som er udgangspunktet for Kapacitetsplanen. Bemærk, at der ikke er set på samtidig stormflod og at koblede regn er medtaget som en konstant vandføring i åen.

Ved hjælp af en forsimplet hydraulisk model er over 100 forskellige kombinationer af delprojekter afprøvet i fase 3 for at finde de løsningskombinationer, der kan håndtere al vandet uden at give skadevoldende oversvømmelser. I fase 4 er den forsimplede model brugt til at opstille en løsningskombination for en 100-års hændelse om 30 år. Denne proces er beskrevet på side 17.

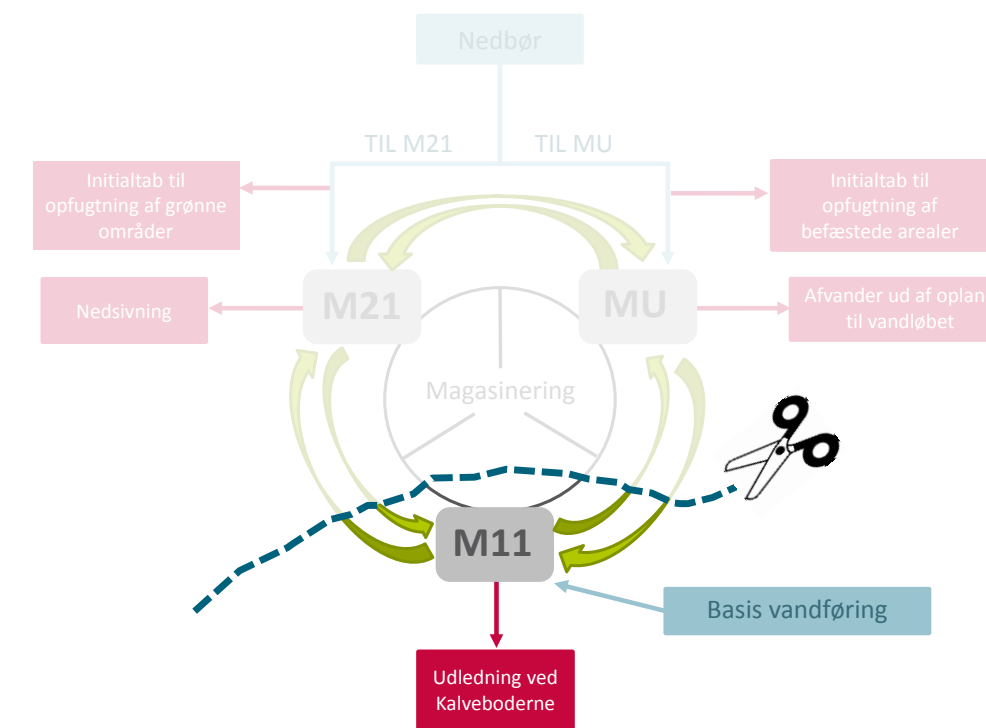
Hydraulisk forudsætning	FASE 1	FASE 2	FASE 3 og 4	Københavns Kommunes Skybrudsplaner
Befæstede flader	Ja	Ja	Ja	Ja
Ubefæstede flader	Nej	Nej	Ja	Nej
Grønne områder	Nej	Ja	Ja	Delvist
Nedsivning	Nej	Nej	Ja	Nej
Initialtab ubefæstede flader	Nej	Ja	Ja	Nej
Harrestrup Å-systemets tracé	Eksisterende	Eksisterende	Eksisterende	Helhedsplan
Hydrologisk reduktionsfaktor	0,9	1,0	1,0	1,0
Modelusikkerhed	1,2	1,2	1,2	1,1
Klimafaktor 100-års regn	Om 100 år: 1,4	Om 100 år: 1,4	Om 30 år: 1,12 Om 100 år: 1,4	Om 100 år: 1,4
Samlet sikkerhedsfaktor	Om 100 år: 1,68	Om 100 år: 1,68	Om 30 år: 1,34 Om 100 år: 1,68	Om 100 år: 1,54
Regndybde 100-års regn (mm)	Om 100 år: 132	Om 100 år: 138	Om 30 år: 110 Om 100 år: 138	Om 100 år: (138)
Kalibreret	Nej	Nej	Ja	Nej
Randbetingelser	Opland	Opland	Opland	Vestvoldens Voldgrav Mangler vestlige oplande

Hydrauliske modelforudsætninger i fase 3 og 4 af Kapacitetsprojektet og tidligere planlægningsprojekter, der omfatter Harrestrup Å-systemet



## Modelkoncept for den detaljerede koblede 3-vejs MIKE Flood model

Modellen består af MIKE Urban (MU afløbsmodel), MIKE 11 (M11 vandløbsmodel) og MIKE 21 (M21 overflademodell). Grønne pile beskriver det vand, der går ind i modellen og røde pile beskriver det vand, der går ud fra modellen. Blå pile viser koblingen mellem analyseprogrammerne.



## Modelkoncept for den forsimplede 1-vejs vandløbsmodel

Den forsimplede model blev i fase 3 af Kapacitetsprojektet brugt til over 100 simuleringer, hvor beregningstiden var vigtigere end nøjagtigheden. I fase 4 er der afprøvet over 60 simuleringer for at opstille en løsningskombination for en 100-års hændelse om 30 år.

## KALIBRERING TIL DEN KRAFTIGE REGNHÆNDELSE 2. JULI 2011

Orbicon har i fase 3 af Kapacitetsprojektet anvendt den ekstreme regnhændelse den 2. juli 2011 til at validere MIKE Flood modelkomplekset.

Til dette formål blev udarbejdet et oversvømmelseskort og -animation til hver kommune, som har sammenlignet resultatet af modelberegningerne med de faktisk oplevede hændelser. Kommentarerne har ført til enkelte ændringer af modellen blandt andet fornyet opmåling af brønderføring, men generelt var der god overensstemmelse.

*Hvidovre: Helt overordnet svarer kort og animation imponerende godt til det billede vi har af, hvad der skete omkring Harrestrup Å-systemet den 2. juli 2011: De resulterende oversvømmelser nedstrøms krydsningen af Landlystvej og på strækningen fra Sønderkær til Gl. Køge Landevej svarer meget præcist til de beretninger, vi har modtaget.*

*Fødovre: Modellen viser en oversvømmelse i Damhusdalen, hvilket passer fint med, at vi efter 2. juli regnen fik et stort antal anmeldelser om oversvømmelser i det område.*

*Brøndby (ved HOFOR): (...) viser god overensstemmelse mellem beregningerne og de beregnede oversvømmelser 2. juli 2011.*

*København (ved HOFOR): Oversvømmelserne passer meget godt overens med det forventede med især store oversvømmelser i Vigerlevparken, Krogbjergparken og på Damhusengen.*

Ud over tilbagemeldingerne fra kommunerne blev valideringen gennemført ved at sammenligne beregnede vandstande med de faktisk målte. Nedenstående figur viser den maksimale simulerede vandstand i Harrestrup Å i løbet af denne hændelse i forhold til brinkkoten i åen. Det ses, at vandstanden har været høj og der har været oversvømmelser fra Vestvoldens Voldgrav og videre nedstrøms til Gammel Køge Landevej.

Målte og simulerede vandstande ved to målestationer (2. juli 2011)

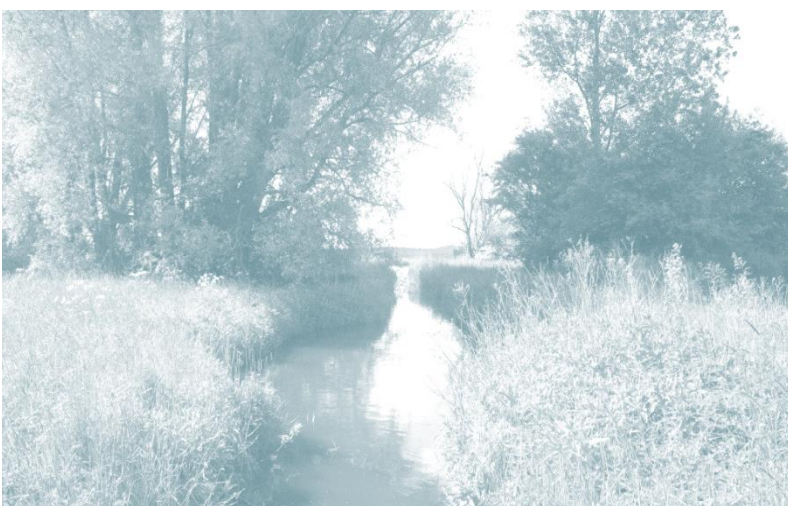
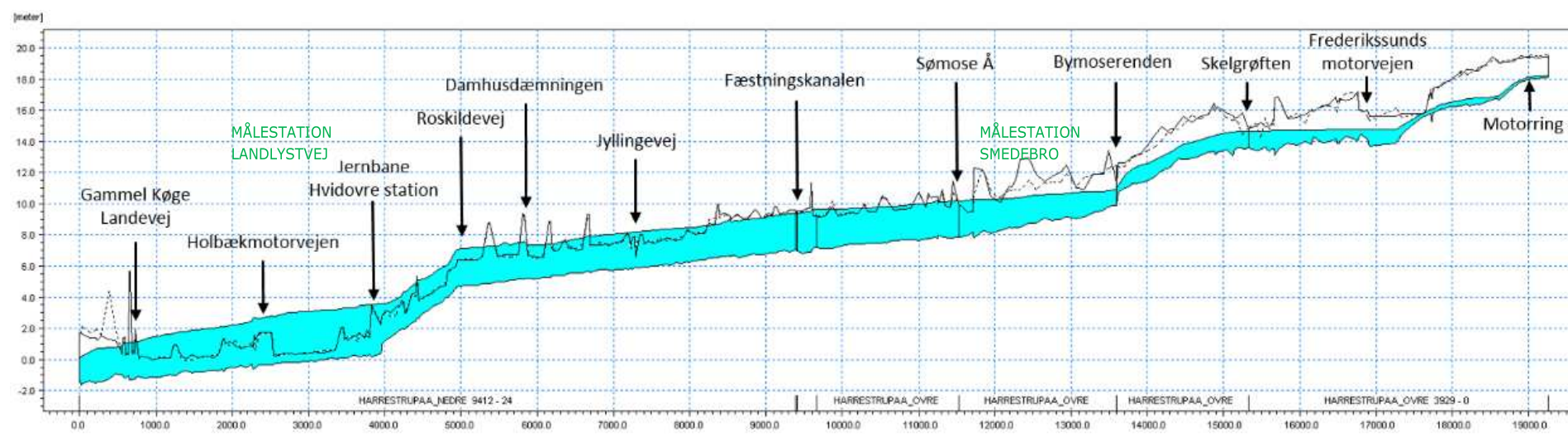
Vandstand	53.58 Landlystvej	53.24 Smedebro
Målt vandstand	3,34 m	10,83 m
Simuleret vandstand	3,29 m	10,77 m
Forskel	- 5 cm	- 6 cm

Den beregnede vandstand svarer godt til den faktisk målte ved to målestationer i Harrestrup Å: ved Smedebro (i øverste del af åen) og ved Landlystvej (i nederste del af åen). Tabellen ovenfor viser den maksimale målte vandstand og simulerede vandstand for de to målestationer. Den simulerede vandstand er 5 henholdsvis 6 cm lavere end det målte. Det er således god overensstemmelse mellem målt og simuleret vandstand.

Dette resultat viser, at MIKE Flood modellen har tilstrækkelig præcision til formålet.

Nogle af tilbagemeldingerne på sammenligningen mellem beregningen med den hydrauliske model og de faktisk oplevede oversvømmelser den 2. juli 2011.

Simuleret vandstand i Harrestrup Å ved den kraftige regnhændelse den 2. juli 2011



# Opstilling af Projektkataloget

Der skal en række delprojekter til for at opnå den nødvendige kapacitet i åen. Kapacitetsplan 2018 er således en kombination af mange delprojekter, der sammen sikrer hele åen mod skader ved en **100-års oversvømmelse i dag og om 30 år**.

I fase 3 af Kapacitetsprojektet blev der opstillet en bruttoliste over relevante tekniske delprojekter og de er beskrevet i Løsningskatalog 2016. I fase 4 er der udarbejdet Projektkatalog 2018, der kun beskriver de delprojekter, der indgår i Kapacitetsplan 2018. Delprojekterne er alle beliggende ved åen og inkluderer delprojekter for Harrestrup Å og tilløbene Rogrøften, Skelgrøften, Bymoserenden, Sømose Å samt Kagsåen og Grøndals Å.

Delprojekter indgår i Kapacitetsplanen på grund af deres hydrauliske effekt. Det skal sikres, at der er en god balance mellem at anvende åen til at aflede mere regnvand ved ekstrem regn og samtidig holde oversvømmelsesrisikoen langs åen på et

acceptabelt niveau, herunder at sikre at skaderne som følge af oversvømmelser begrænses.

## DEN HYDRAULISKE UDFORDRING OG LØSNINGSPRINCIPPER

Alle delprojekter skal bidrage til at løse den hydrauliske udfordring, som er illustreret på nedenstående figur, idet kapaciteten i Harrestrup Å-systemet i dag ikke er tilstrækkelig under ekstreme regnhændelser. I mange områder ledes mere vand til åen end den kan bortlede, hvorfor der opleves oversvømmelser i nærliggende områder.

De fire løsningsprincipper er beskrevet i Projektkataloget og vurderet i forhold til blandt andet hydraulisk effekt, omkostninger og synergi med kommunernes øvrige planlægning. De små figurer viser effekten af løsningsprincipperne, altså, hvordan den hydrauliske udfordring kan løses.

I fase 3 blev der arbejdet med en vifte af løsningsprincipper for at identificere den bedst egnede løsningskombination. På dette stade var alle løsningsprincipper i spil og blev belyst i Løsningskatalog 2016, så parterne kunne få det bedste grundlag for at vælge de bedst egnede delprojekter. Løsningsprincipperne er meget forskelligartede. Der er anvendt både grønne løsninger, hvor omkringliggende grønne arealer og inventar gøres robuste til at kunne klare lejlighedsvis oversvømmelser og rent tekniske løsninger med pumper og sluser.

For at kunne sammenligne delprojekterne blev de desuden i fase 3 beskrevet i forhold til en række kriterier, der er vurderet i forhold til deres fremmende effekter og barrierer for etablering af anlægget. For de enkelte delprojekter blev der desuden givet et estimat for anlægsomkostninger.

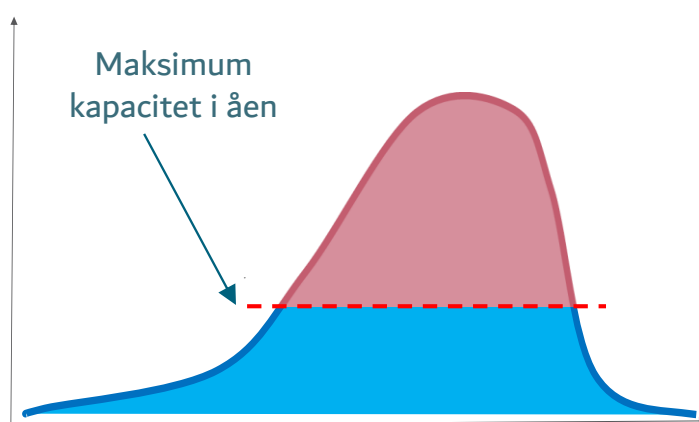
I fase 4 er der anvendt et udvalg af de delprojekter, der indgår i Kapacitetsplan 2016. I Projektkatalog 2018 er hvert delprojekt beskrevet overordnet og evt. vist med en principskitse i ca. 1:10.000. Det er tale om en grov beskrivelse, da formålet i første

omgang er at kunne identificere den bedste kombination, der opfylder det overordnede formål. Der skal således arbejdes med planlægning af de enkelte delprojekter i den lokale kontekst efterhånden som de prioriteres udført.

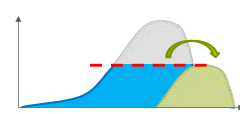
### Den hydrauliske udfordring og de mulige løsningsprincipper med deres hydrauliske effekt

Vandføringen er større end åen kan aflede. Det overskydende vand giver oversvømmelse i nærliggende områder.

De anvendte løsningsprincipper i Kapacitetsplan 2018 er fremhævet med grøn ramme. Se beskrivelser på side 25 til venstre.



FORSINKER  
VANDET  
I OPLANDET



Oplandskommunerne kan **forsinke** skybrudsvandet ved magasinering

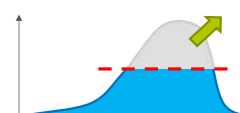
FORSINKER  
VANDET  
VED VANDLØBET



Indrette **online oversvømmelsesarealer** langs vandløbet

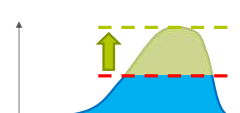
Anlægge grønne **skybrudsbassiner** ved kommunernes kloakudløb

FJERNER VANDET  
UNDERVEJS



Oppumpe til Vestvoldens Voldgrav

ØGER  
KAPACITETEN I  
VANDLØBET



**Udvide vandløbet**, så vandføringsevnen øges

**Fjerne flaskehalse** ved broer og underføringer, så vandføringsevnen øges

Regulere vandstand ved udløbet til Kalveboderne, så vandføringsevnen øges

Gøre vandløbet "glattere", så vandføringsevnen øges

## TERRÆNANALYSE, KRITISK KOTE OG OVERSVØMMELSESAREALER

I fase 3 af Kapacitetsprojektet blev der udført en terrænanalyse for at identificere de terrænmæssige muligheder for at opstuve vand på ånære arealer, i denne forbindelse kaldet grønne oversvømmelsesarealer. Oversvømmelsesarealerne er placeret i de nuværende grønne arealer, som før områderne blev udbygget, var en naturlig del af åen (se to kort nederst).

Under ekstrem regn kan oversvømmelsesarealerne anvendes til kontrolleret at afværge skadevoldende oversvømmelser ved at tillade, at vandet kan stuve op over brinkkoten i åen. Vandet kan tilbageholdes på oversvømmelsesarealerne i stedet for ukontrolleret at oversvømme sårbare områder. Oversvømmelsesarealerne kaldes online magasiner som udtryk for deres å-nære beliggenhed og deres direkte interaktion med åen.

For alle de 20 udpegede oversvømmelsesarealer i Kapacitetsplan 2018 er det besluttet at anvende et ensartet designkriterie, hvor der etableres mindre terrænhævninger med en højde på mellem 0,5-1,5 m for at hæve den kritiske kote og derved øge det vandvolumen, der kan tilbageholdes på arealet samt sikre omkringliggende bebyggelse og infrastruktur mod oversvømmelser.

Figuren nedenfor til højre er et eksempel på et tværsnit af et oversvømmelsesareal, som de er beskrevet i Projektkataloget.

På side 15 er to eksempler på grønne oversvømmelsesarealer, som de er vist i Projektkataloget.

De nye grønne oversvømmelsesarealer i den øverste del af Harrestrup Å



De gamle engområder i den øverste del af Harrestrup Å på udsnit af historiske kort



## MODNING OG KONKRETISERING

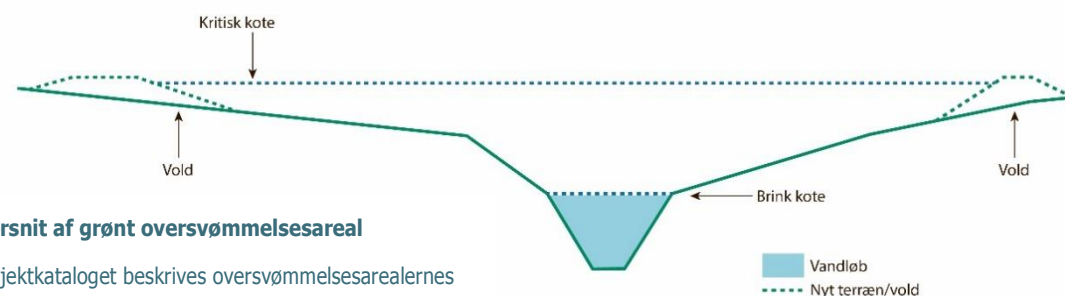
I fase 4 af Kapacitetsprojektet er der arbejdet med modning og konkretisering af 20 delprojekter fra Kapacitetsplanen.

Modningen er udført af delprojektgrupper bestående af repræsentanter fra de lokale parter og har bestået i en screening af delprojektet med udgangspunkt i eksisterende viden. Som konklusion på modningen har alle delprojektgrupper vurderet, at der ikke er vægtigt forbehold for, at delprojekterne kan gå videre til næste fase, nemlig *planlægningsfasen*.

For at forbedre vidensgrundlaget er der udført konkretisering af udvalgte af de mere komplicerede delprojekter for at se nærmere på den lokale landskabsmæssige og hydrauliske kontekst.

## KOORDINERING MED ANDEN PLANLÆGNING

Beskrivelserne af delprojekterne i Projektkataloget er baseret dels på undersøgelser udført i fase 3 af Kapacitetsprojektet, dels på tidligere undersøgelser udført af Rambøll og Krüger i forbindelse med fase 1 og 2. Derudover indgår projektmateriale for Grøndals Å og Kagsåparkens Regnvandsprojekt som baggrund for beskrivelserne.

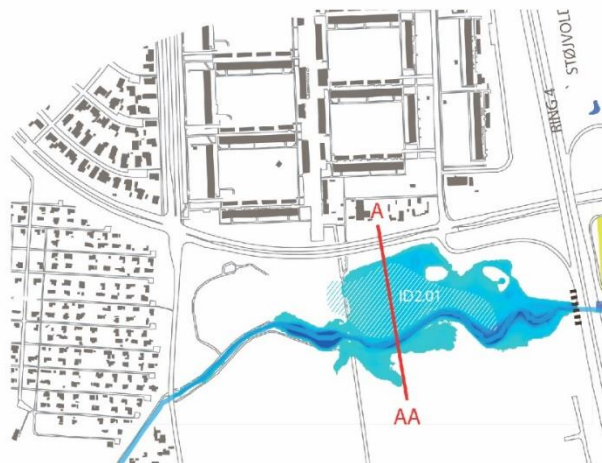


Tværsnit af grønt oversvømmelsesareal

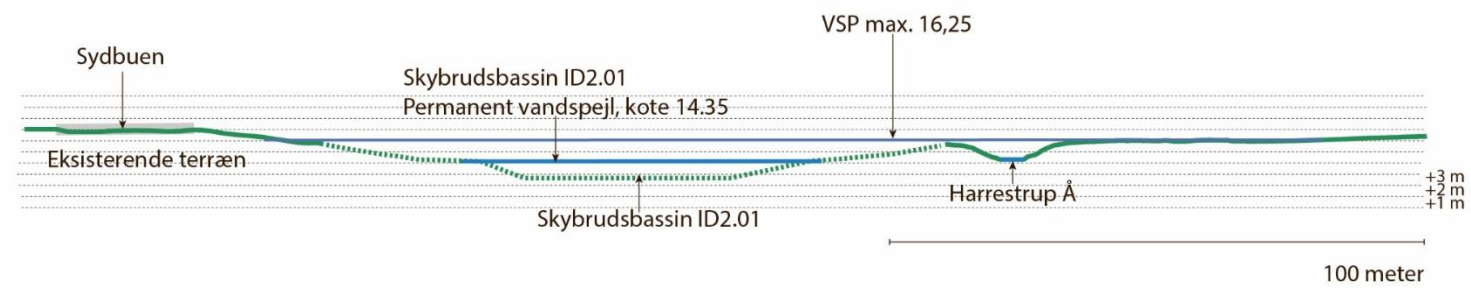
I Projektkataloget beskrives oversvømmelsesarealernes tværsnit med principsnit, der angiver kritisk kote. Højden er overdrevet.

## To eksempler på grønne oversvømmelsesarealer fra Projektkataloget

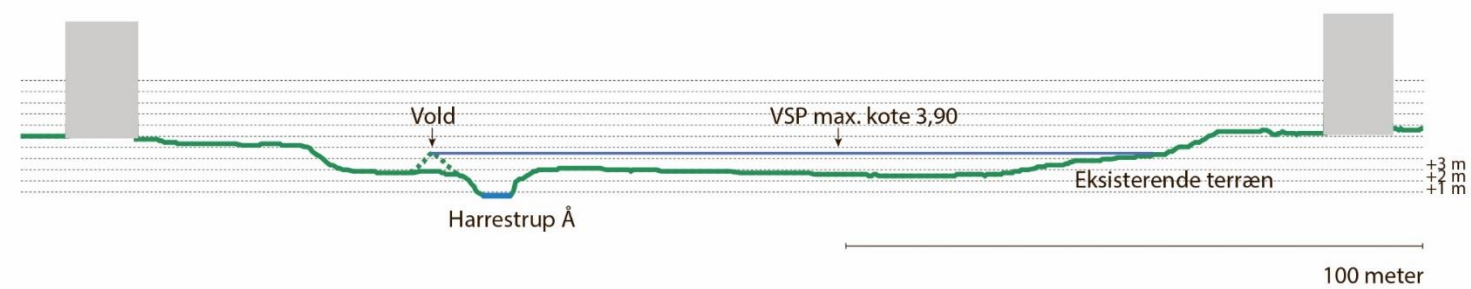
Øverste område er ved Haraldsminde, hvor der forventes at kunne dannes et oversvømmelsesareal, der kan indeholde 30.000 m<sup>3</sup> ved ekstreme regnsky. Nederste område er Vigerslevparken 2, hvor der forventes at kunne dannes et oversvømmelsesareal på 150.000 m<sup>3</sup>. Principskitser fra Projektkatalog 2018 i målforhold ca. 1:10.000.



**Tværsnit af oversvømmelsesareal ved Haraldsminde (højde er overdrevet). Oversvømmelsesarealet er her tænkt sammen med et skybrudsbassin, der også ses på tværsnittet.**



**Tværsnit af oversvømmelsesareal ved Vigerslevparken 2 (højde er overdrevet)**



- Vandløb
- Eksisterende sø/vådområde/regnvandsbassin
- Oversvømmelsesområde
- Styring
- Afværgetiltag
- Nyt åforløb
- Snit
- - - Kommunegrænse

## BESKRIVELSE AF DELPROJEKTERNE

Hver af delprojekterne i Projektkataloget er beskrevet i forhold til en række kriterier. De foreslåede delprojekter er vurderet i forhold til deres effekt samt fremmende effekter og barrierer for etableringen af anlægget. For de enkelte delprojekter er der desuden givet et tidligt estimat for anlægsomkostninger.

### Kriterier i beskrivelse af delprojekterne i Projektkataloget

#### Ejermæssige forhold og finansiering

- Delstrækning
- Kommune
- Ejer af arealer
- Ejer af anlæg
- Finansiering

#### Effekt

- Hydraulisk effekt
- Håndterer løsningen kun skybrud eller også hverdagsregn
- Skrer løsningen opretholdelse af vandføring i tørkeperioder
- Hvordan påvirker løsningen miljø og vandkvalitet
- Overholder løsningen krav i vandplanerne
- Effekt på reduktion af pludselige vandstandsstigninger
- Har løsningen anden effekt end volumen (fx rekreative formål)

#### Fremmende effekter og barrierer

- Har løsningen en politisk signalværdi (synlighed)
- Er løsningen tværkommunal
- Er der synergien med andre strategier og projekter
- Kan løsningen stå alene eller afhænger den af andre løsninger
- Er løsningen robust for ændrede klimaforudsætninger
- Hvilke myndighedsmæssige barrierer skal håndteres
- Er løsningen let at gennemføre

#### Yderlig teknisk baggrund

- Alle mellemregninger og dokumentation

## ESTIMERING AF ANLÆGSØKONOMI

Der er beregnet et prisoverslag for hvert delprojekt over forventede anlægsomkostninger baseret på det nuværende overordnede projektniveau. Prisoverslaget inkluderer planlægning, projektering og entreprenøromkostninger. Omkostningerne for delprojekterne er beregnet med generelle enhedspriser, så samme typer af delprojekter er beregnet med samme enhedspriser. I praksis vil der være forskel på enhedspriserne for delprojekterne, da lokale forhold vil påvirke priserne.

Kapacitetsplanen vil blive udført over mange år og derfor vil der blive lejlighed til at justere prisoverslaget efterhånden som der opnås erfaringer fra udførelse af anlæggene. Det skal desuden bemærkes, at anlægsoverslaget omfatter den billigste metode på nuværende vidensgrundlag. Hvis det i et mere detaljeret dispositionsoverslag viser sig, at lokale forhold gør delprojektet dyrere end andre løsninger, kan der undersøges alternative muligheder.

I henhold til almindelig praksis ved beregning af tidlige estimater er der inkluderet et korrektionstillæg på 50 % svarende til projektfasen. Dette tal er højt, da detaljeringniveauet i løsningerne på dette projektstadium er lavt. Korrektionstillægget er fastlagt ud fra erfaringstal for usikkerheder på prisoverslag ved forskellige projektfaser. I den videre planlægning af hvert delprojekt vil der blive beregnet et mere detaljeret anlægsoverslag, der kan bruges til budgetlægning.

Med dette grundlag er de forventede anlægsomkostninger for Kapacitetsplan 2018 til sikring til en **100-års hændelse i dag og om 30 år** beregnet til ca. 1,10 mia. kr. Som nævnt er der tale om et tidligt estimat og derfor er det i sagens natur usikkert.

Der blev sidst i fase 3 af Kapacitetsprojektet afholdt en workshop med planlæggere og anlægsingeniører fra Orbicon og deltagelse af to entreprenørfirmaer for at trykprøve prisoverslagene for delprojekterne. Formålet var at kvalitetssikre anlægsoverslagene og det blev udført efter *Delphi-metoden*, hvor de deltagende eksperter blev opdelt i tre grupper, som hver for sig skulle estimere anlægsomkostningerne. Efter et oplæg om delprojekterne og tre runder i grupper med såkaldt *successiv kalkulation* af anlægsomkostningerne kom eksperterne frem til et prisoverslag, der var på niveau med det oprindelige fra Løsningskatalog 2016 – selvfølgelig uden at kende til dette. Konklusionen på workshoppen var, at prisoverslaget er det bedst mulige på det nuværende detaljeringniveau og desuden at der er stor usikkerhed og spredning på tallene.

I fase 4 er der arbejdet videre med detaljeringen af visse af delprojekterne og anlægsoverslaget er opdateret med disse resultater.

### Prisoverslag for anlægsomkostninger til Kapacitetsplan 2018 til sikring til en 100-års hændelse om 30 år

Prisoverslaget inkluderer planlægning, projektering og entreprenøromkostninger. Heraf skal anvendes 20 mio. kr. (skøn) til overordnet projektledeelse i Kapacitetsprojektet.

Skønnede anlægsomkostninger til Kapacitetsplan 2018 til sikring til en 100-års hændelse i åen om 30 år	Pris (milliarder kr.)
Online oversvømmelsesarealer	0,68
Skybrudsbassiner	0,15
Fjernelse af flaskehalse	0,06
Udvidelse af åen	0,19
Styring og overvågning	0,02
<b>TOTALT</b>	<b>1,10</b>



# Optimering af Kapacitetsplanen

I fase 4 af Kapacitetsprojektet har Projektgruppen undersøgt mulighederne for optimering af den tidligere udarbejdede Kapacitetsplan 2016 udført i fase 3 af Kapacitetsprojektet. Opgaven har bestået i at undersøge og udvikle de økonomiske beregninger yderligere, herunder undersøge, om nogle delprojekter kan erstattes med andre, så den samlede kapacitetsplan bliver billigere, og vurdere om balancen mellem lokal magasinering i forhold til afledning til åen og de ånære løsninger med fordel kan justeres.

## SCREENING AF MULIGHEDER FOR OPTIMERING

I starten af fase 4 foretog Orbicon en screening af følgende emner i forhold til deres potentiale for at reducere det samlede prisoverslag og dermed optimere Kapacitetsplan 2016:

- O1. Øge forventningen til forsinkelse af skybrudsvand i oplandet
- O2. Nedsætte modelusikkerheden
- O3. Nedsætte kravet til sikkerhed på det samlede anlægsoverslag med usikkerhedsanalyse
- O4. Opdele investeringen i 3 investeringsperioder (3-trins-raketten)
- O5. Reducere korrektionstillægget på anlægsoverslaget
- O6. Reducere forventningen til kommunernes funktionskrav for skybrudstilpasning i oplandet
- O7. Reducere funktionskrav for skybrudstilpasning ved åen (lavere kan være mere optimalt)
- O8. Ny version af program til hydrauliske beregninger kan måske forbedre præcision
- O9. Ny funktion i program til hydrauliske beregninger kan måske forbedre præcision ("flexible mesh")
- O10. Forbedring af model for skybrudskanaler kan måske forbedre præcision
- O11. Optimering af dynamisk styring af magasinering i modellen
- O12. Reduktion af anlægsstørrelse ved at reducere buffervolumen i oversvømmelsesarealer

Det viste sig, at de fleste af emnerne ikke vil give en reel optimering, men blot give en reduktion af sikkerheden i planen, der ikke ville være fagligt belæg for. Projektgruppen besluttede at gå videre med følgende emne, som indgår i strategien i næste afsnit:

- Der er store usikkerheder i den lange planlægningshorisont, blandt andet fordi kommunernes skybrudstilpasning først falder på plads over de næste mange år. Det kan være stort potentiale i at opdele investeringen i for eksempel tre investeringsperioder (3-trins-raketten): at starte med at tilpasse til i dag og vente med resten.

Desuden blev der diskuteret følgende potentielle emner, som ikke indgår i strategien for optimering:

- Der kan være stort potentiale i at finde det optimale funktionskrav for oversvømmelser fra åen. Det kan være mindre end en 100-års hændelse og dermed kræve færre investeringer. Denne tilgang er beskrevet i Spildevandskomiteens *Skrift 31 Metoder til bestemmelse af serviceniveau for regnvand på terræn* fra 2017. Det er dog ikke indenfor rammerne af Kapacitetsprojektet, da funktionskravet er fast og besluttet i aftalen mellem parterne. Projektgruppen besluttede ikke at undersøge dette yderligere i fase 4 af Kapacitetsprojektet.
- Der kan være faglige argumenter for at reducere sikkerheden på det samlede anlægsoverslag, da det er mindre sandsynligt, at alle delprojekter udnytter det fulde prisoverslag. Projektgruppen besluttede at udnytte den viden til budgetopfølgningen på de kommende delprojekter.

## STRATEGI FOR OPTIMERING

På grundlag af screening af mulighederne for optimering besluttede styregruppen for Kapacitetsprojektet følgende strategi for optimeringen af Kapacitetsplanen:

*Harrestrup Å klimasikres i første omgang til en periode på 30 år, da en længere periode vil give risiko for overinvesteringer. Efter 30 år forventes det, at en stor del af den kommunale skybrudssikring vil være gennemført og der vil være klarhed over om sigtelinjen om 100 år kan reduceres eller skal fastholdes på Kapacitetsplan 2016.*

Den tidligere udarbejdede Kapacitetsplan 2016 fra fase 3 af Kapacitetsprojektet viste, at det er teknisk muligt at sikre Harrestrup Å, så den - uden at skabe skadevoldende oversvømmelser - kan håndtere en 100-års hændelse ved åen om 100 år. Den samlede løsning for sikring til en 100-års hændelse ved åen om 100 år var dog med sine 2,2 milliarder kroner mere end parterne syntes, de kunne og ville forpligte sig til ved den politiske drøftelse af planen i 2016.

Værktøjet til fremstilling af kapacitetsplanen er den hydrauliske model for det samlede Harrestrup Å opland. Den hydrauliske model beskriver med ret stor sikkerhed forholdene i dag. Modellen er kalibreret, så den stemmer overens med den store regnhændelse 2. juli 2011, og den stemmer overens med målinger af regn og vandstand i Harrestrup Å gennem en lang årrække.

I arbejdet med at forudsige, hvilke vandmængder der skal håndteres om 100 år, er det nødvendigt at forudsige nogle forhold, som der selvsagt er stor usikkerhed omkring. I arbejdet med Kapacitetsplan 2016 udført i fase 3 var det endnu uvist, hvad det ville koste at vælge høj eller lav sikkerhed på de forskellige forhold. Kapacitetsplan 2016 er udarbejdet med en relativ høj sikkerhedsmargin, og den vil muligvis være overdimensioneret, fordi der blandt andet er lagt sikkerhed ind i forhold til, hvordan klimaet udvikler sig og hvor meget kommunerne ønsker at klimasikre sig. På nuværende tidspunkt er det ikke muligt at vurdere om man med de valgte sikkerhedsparametre sikrer sig mere end nødvendigt. Det har vi ikke viden om fremtiden til at afgøre.

Den tidligere udarbejdede Kapacitetsplan 2016 til sikring til en 100-års hændelse om 100 år udgør en fleksibel løsning bestående af 50 delprojekter, som hver især giver et bidrag til den samlede løsning. Der er primært tale om oversvømmelsesarealer, der relativt let kan tilpasses og udbygges. Alternativet ville være store betonbassiner under jorden, der skal dimensioneres rigtigt første gang. Det er ikke muligt at ændre på, at der er store usikkerheder forbundet med at planlægge løsninger, der skal kunne håndtere forholdene om 100 år, men det kan udnyttes at løsningen kan udbygges fleksibelt.

En tilgang til at optimere kapacitetsplanen er at kigge på, hvilke forudsætninger der er valgt i arbejdet med at forudsige fremtiden, og så skrue ned for sikkerheden, indtil der er opnået den plan parterne kan og vil betale for. En anden mulighed er at benytte sig af, at den løsning, der er fundet, er meget fleksibel, og at den derfor kan udbygges efterhånden som man får den viden, der i dag er så stor usikkerhed omkring.

Strategien for optimeringen er derfor at skære usikkerheden væk ved at dimensionere til den situation, vi har i dag og 30 år frem, vel vidende, at vi har flere delprojekter "på lager", som vi kan udvide med, når vi ved, hvordan klimaet og kommunerne udvikler sig i fremtiden. Parterne forpligter sig derfor alene til at investere i en kombination af delprojekter, som sikrer åen 30 år frem, så der er plads nok til, at skybrudssikringen i kommunerne kan gennemføres. Sigtelinjen, som Kapacitetsplan 2016 udgør, fastholdes og parterne forpligter sig til at samarbejde frem mod at have en fælles løsning om 100 år.

Det er aftalt, at parterne hvert 3 år skal evaluere Kapacitetsplanen. Det giver mulighed for med 3-års intervaller at indarbejde ny viden i modelarbejdet og dermed hele tiden sikre os, at Harrestrup Å vil være i stand til at håndtere en 100-års hændelse. I det omfang kommunerne indenfor de kommende år vælger aktivt at tilbageholde skybrudsvand i oplandet kan der ses på, hvilken betydning det har for kapaciteten i åen.

# Beregninger med løsningskombinationer

I fase 3 af Kapacitetsprojektet blev der opstillet en løsningskombination for en **100-års hændelse ved åen om 100 år** og denne løsningskombination udgør sigtelinjen for Kapacitetsplan 2018. Ved hjælp af en forsimplet hydraulisk model blev over 100 forskellige kombinationer af delprojekter afprøvet i fase 3 for at finde de løsningskombinationer, der kan håndtere vandet uden at give skadevoldende oversvømmelser. Grunden til, at der er brugt en forsimplet model er beregningstiden. Den detaljerede 3-vejs model har en beregningstid på 4-6 dage, mens den forsimplede model har en beregningstid på 10 minutter. Dette gør det muligt at foretage mange beregninger for at optimere løsningskombinationerne.

Udgangspunktet i fase 3 var en beregning for en 100-års hændelse ved åen om 100 år uden at der udføres tiltag. Den beregning viser, at vandet mange steder langs åen stiger over å-breddens – *brinkkoten* - så der sker oversvømmelser af arealerne langs åen. Opgaven består derfor i at sænke vandstanden ved at anvende delprojekterne fra Løsningskatalog 2016. Som udgangspunkt skal vandstanden sænkes ned til brinkkoten, så vandet holdes inden for åen, men der arbejdes også med delprojekter, oversvømmelsesarealerne, hvor de grønne arealer langs åen kan tillades oversvømmet.

Det har været en iterativ proces, hvor der er afprøvet et delprojekt ad gangen og set på effekten på vandstanden. Denne proces er illustreret med et eksempel på modstående side, hvor der ses på effekten af etablering af samtlige oversvømmelsesarealer. Som det fremgår af eksemplet, er det ikke nok at etablere samtlige oversvømmelsesarealer, da der skal mere til for at nå målsætningen. Dette er det typiske billede for de fleste af delprojekterne, som er beskrevet i Løsningskatalog 2016.

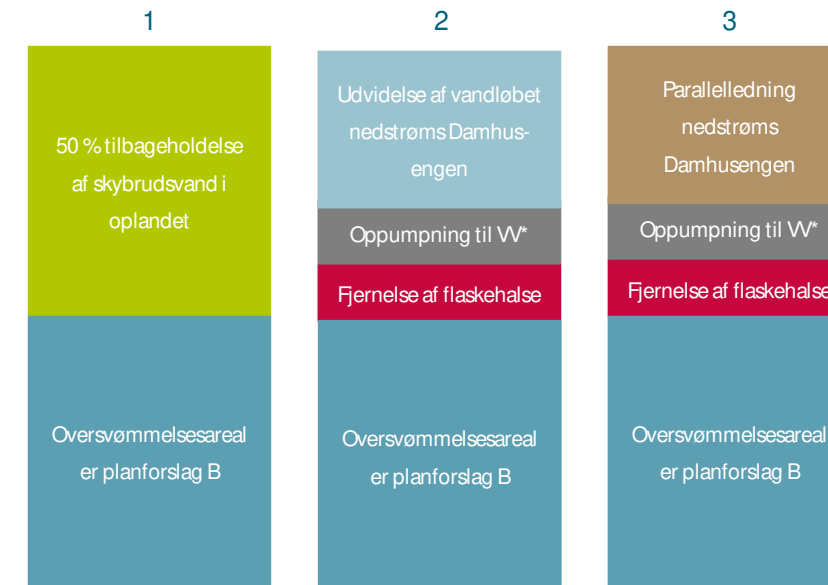
I næste spalte ses resultatet af processen med at opstille løsningskombinationer og her ses sammensætningen af de syv løsningskombinationer, der kan leve op til målsætningen, om at sikre Harrestrup Å-systemet mod en 100-års hændelse ved åen om 100 år. Formålet med denne del af processen har været at afdække de hydrauliske muligheder uden skelen til hverken pris eller realiserbarhed. Derfor er der også vist løsningskombinationer, som aldrig ville kunne realiseres. I næste afsnit beskrives, hvordan der er arbejdet videre med de tre mest interessante løsninger.

I fase 4 af Kapacitetsprojektet er der opstillet en løsningskombination for en **100-års hændelse ved åen om 30 år** med udgangspunkt i den valgte sigtelinje fra fase 3 og i den forbindelse er der afprøvet over 60 forskellige kombinationer af løsninger for at finde den bedste løsningskombination til Kapacitetsplan 2018.

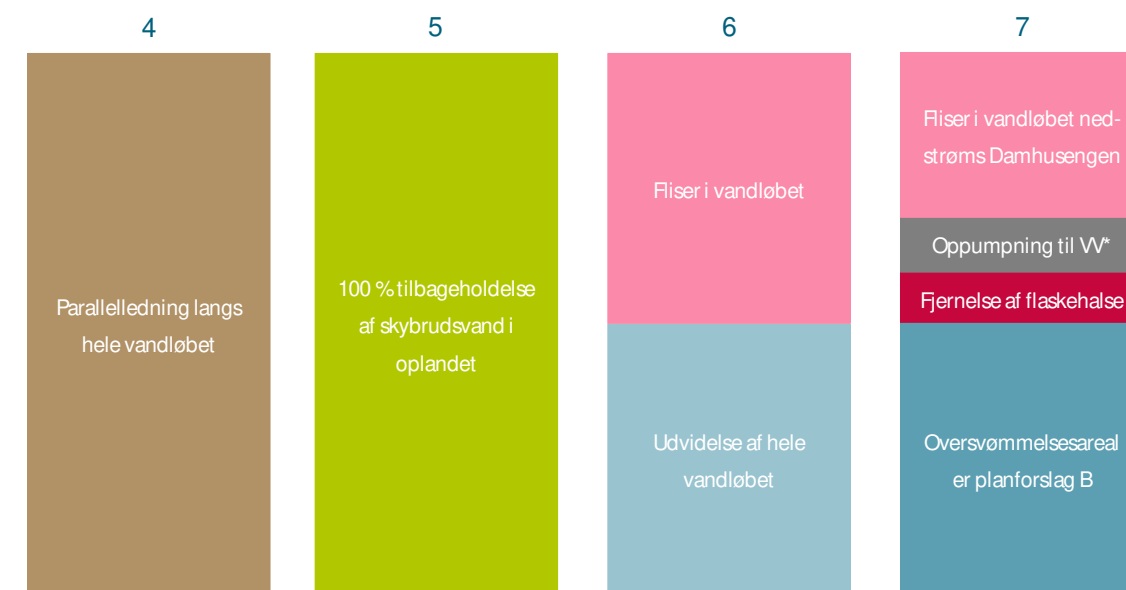
## Syv løsningskombinationer, der kan løse det hydrauliske problem for Harrestrup Å-systemet

Med udgangspunkt i den hydrauliske effekt på vandstanden i åen er der sammensat syv løsningskombinationer, der kan løse det hydrauliske problem. Projektgruppen valgte at arbejde videre med de tre øverste, mens de fire nederste blev fravalgt på dette tidspunkt i processen på grund af pris og realiserbarhed.

## De tre udvalgte løsningskombinationer, der arbejdes videre med:



## Løsningskombinationer, der blev fravalgt på grund af pris og realiserbarhed:



\* W = Vestvoldens Voldgrav

**Eksempel fra fase 3 på den iterative proces, der er anvendt til at opstille kombinerede løsninger**

Den hydrauliske model bruges til at beregne den maksimale vandstand i åen ved en regnhændelse – her vist med et eksempel fra fase 3 med en 100-års hændelse om 100 år, hvor det regner mest midt i oplandet.

**Trin 0:** Det første diagram viser vandstanden i åen (brun stiplede streg) sammenlignet med kritisk kote ved brinken (lys blå streg), hvis der ikke udføres tiltag. Det ses, at vandstanden mange steder er over brinken og der derfor er oversvømmelser (røde pile).

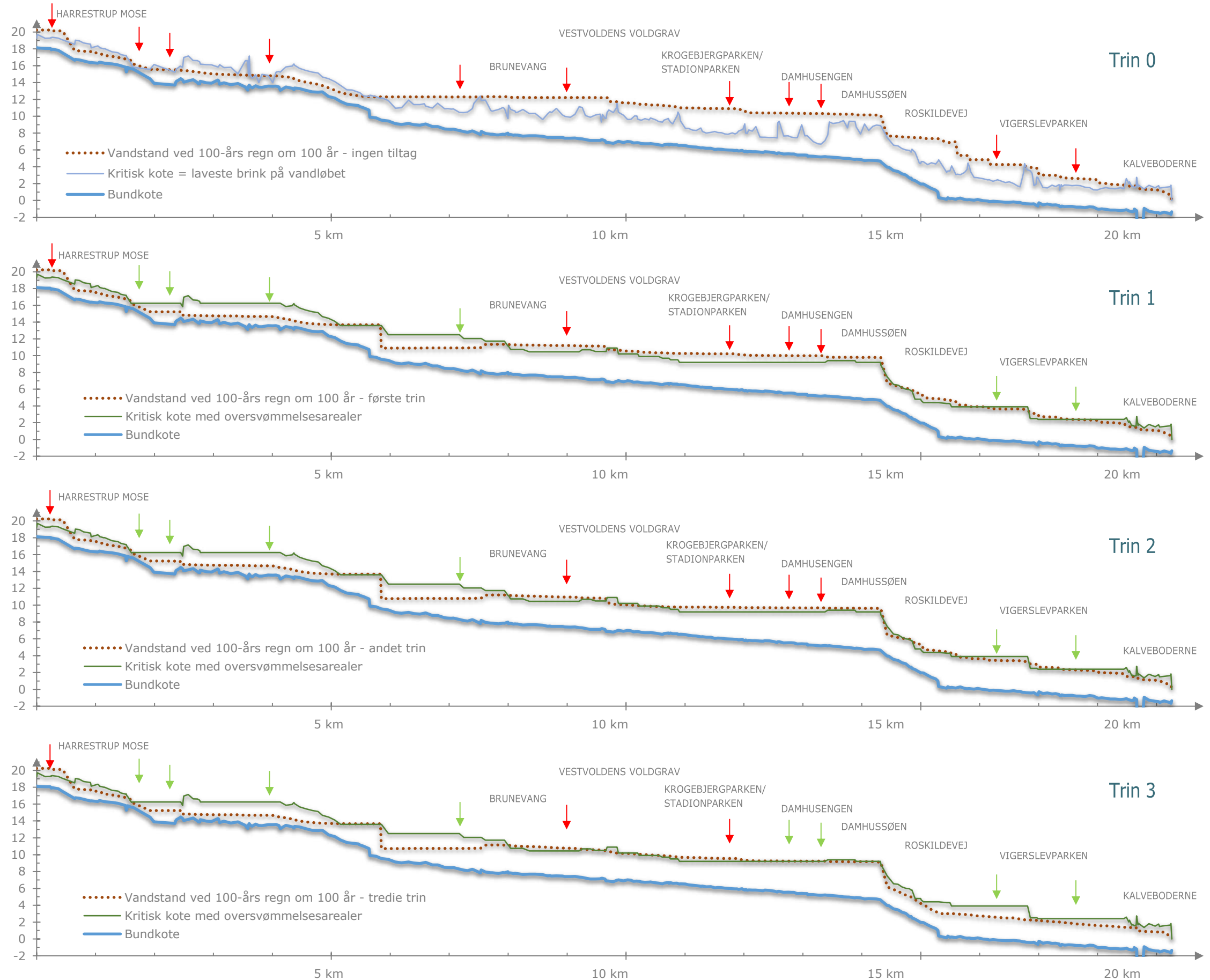
**Trin 1:** Samtlige **oversvømmelsesarealer** i grønne arealer lægges ind i den hydrauliske model (planforslag b). Dette hæver den kritisk kote, da det så kan accepteres, at disse arealer oversvømmes ved ekstreme regnhændelser (mørk grøn streg). Det ses, at vandstanden i åen sænkes, så problemerne løses i øverste del af åen (grønne pile), mens der stadig er problemer i midterste del af åen.

**Trin 2:** Oversvømmelsesarealerne suppleres med flere delprojekter, nemlig **oppumpning til Vestvoldens Voldgrav** (anvendt i fase 3, men indgår ikke i Kapacitetsplan 2018). Dette sænker vandstanden lidt i nederste del af åen, men der mangler stadig noget.

**Trin 3:** Endelig etableres **udvidelse af åens kapacitet mellem Damhussøen og Kalveboderne** og fjernelse af flaskehalse ved **Brunevang** og **nedstrøms Roskildevej**.

**Målsætningen er nu opfyldt**, da vandstanden stort set holder sig under kritisk kote ved 100-års hændelsen, hvis alle de nævnte delprojekter udføres. De sidste røde pile forsvinder ved optimering af modellen.

Eksempler er som nævnt fra fase 3, men samme princip er også anvendt i fase 4 til at opstille Kapacitetsplan 2018.



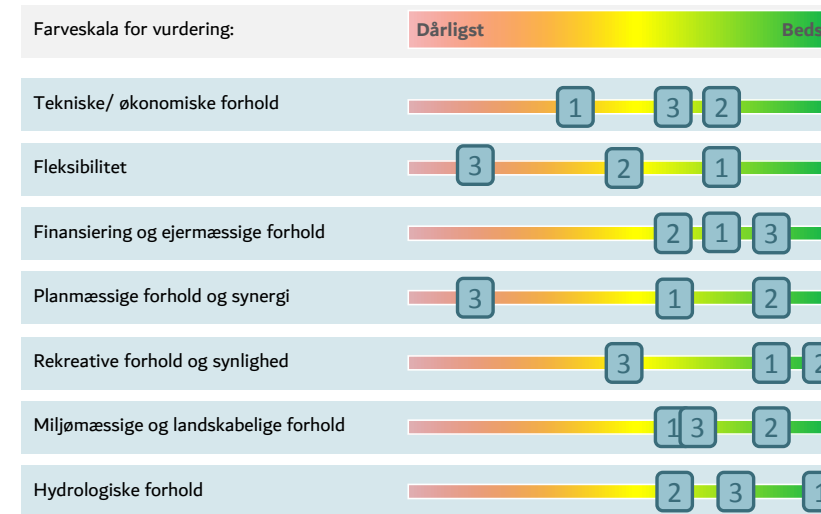
# Valg af løsningskombination

I fase 3 af Kapacitetsprojektet valgte Projektgruppen den overordnede løsningskombination, nemlig sigtelinjen for en **100-års hændelse ved åen om 100 år**. Valget skete på et projektgruppemøde i fase 3, hvor deltagerne havde forberedt sig i forhold til de tre mest interessante løsningskombinationer og deres fordele og ulemper. Som oplæg til mødet havde Orbicon forberedt en multikriterieanalyse, som blev yderligere kvalificeret af deltagerne på mødet (se figuren til højre). Som det fremgår af figuren til højre er der ikke en løsning, som scorer højest på alle kriterier. Deltagerne diskuterede derfor fordele og ulemper ved de tre løsningskombinationer og vedtog at arbejde videre med en variation af løsningskombination 2, der scorer højest på flest kriterier, blandt andet teknik, økonomi og synergi.

Parterne vedtog desuden at ændre løsningskombination 2 ved at tilføje forsinkelsesvolumen i oplandet svarende til forsinkelse af cirka 10 % af det overskydende regnvand. Det udgjorde et kompromis mellem parterne, der blev vurderet at være realistisk.

Med udgangspunkt i sigtelinjen har Projektgruppen i fase 4 fundet den bedste løsningskombination, der sikrer mod en **100-års hændelse ved åen om 30 år**. Den består af de delprojekter fra den valgte sigtelinje, der er nødvendige til løsning af det hydrauliske problem om 30 år. Den hydrauliske funktion af løsningskombinationen er ikke betinget af, at de resterende delprojekter i sigtelinje udføres.

Den endelige Kapacitetsplan 2018, som er vist på side 22 og frem er resultat af de efterfølgende beregninger og optimeringer af løsningskombinationen.



## Multikriterieanalyse af de tre udvalgte løsningskombinationer

Analysen er anvendt i fase 3 til valg af den overordnede løsningskombination, der blev arbejdet videre med

- 1 Kombineret løsning 1: Oversvømmelsesarealer + tilbageholdelse af 50% af skybrudsvand i oplandet
- 2 Kombineret løsning 2: Oversvømmelsesarealer + udvidelse af vandløbet nedstrøms
- 3 Kombineret løsning 3: Oversvømmelsesarealer + parallelledning nedstrøms

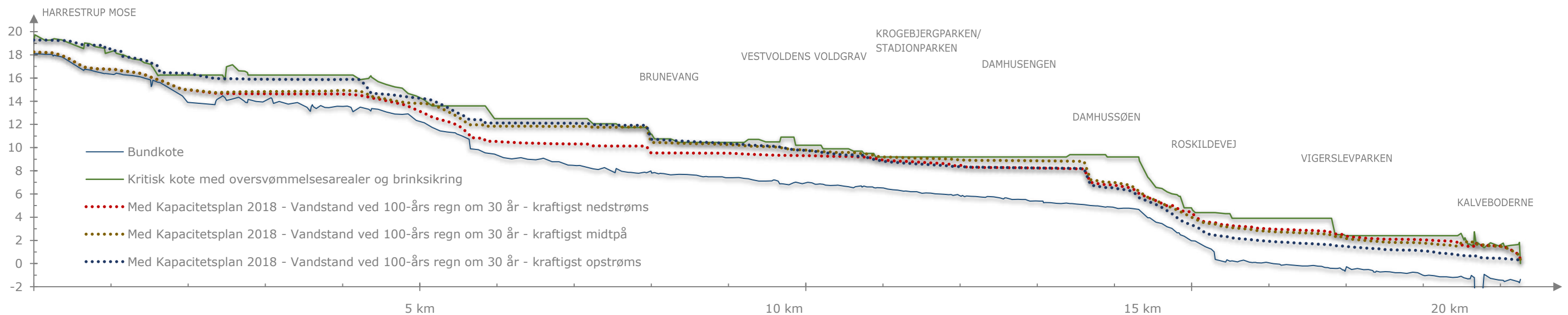
# Verificering af Løsningskombination 2018 i 3-vejs model

Som beskrevet på side 11 er der brugt en forsimplet model ved opstilling og dimensionering af de foreløbige løsningskombinationer. Derfor er den endelige Kapacitetsplan for en 100-års hændelse ved åen om 30 år efterfølgende blevet verificeret i den detaljerede model.

Som det ses af diagrammet nedenfor, holder den beregnede vandstand sig under kritisk kote. Det vil sige, at Kapacitetsplanen løser sit formål. Det bemærkes, at oversvømmelsesarealerne i disse beregninger ikke er udnyttet fuldt ud.

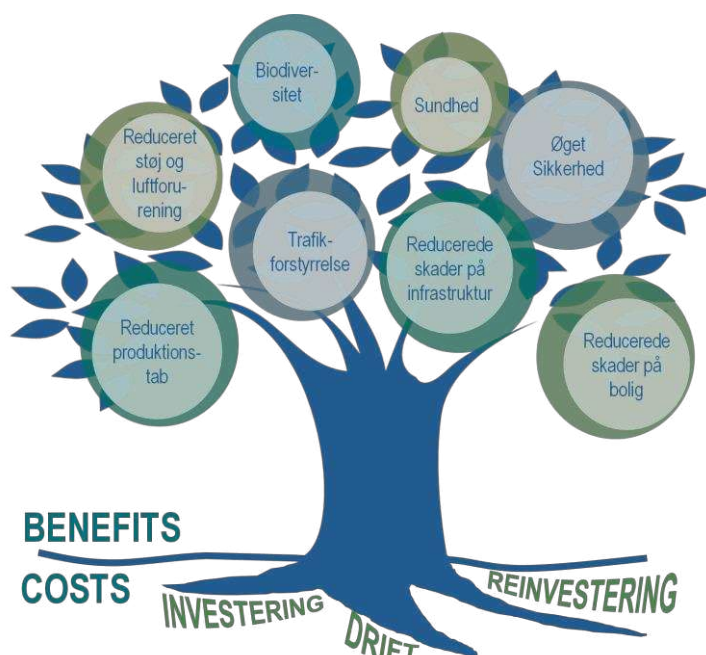
## Verificering af Kapacitetsplan 2018 til sikring til en 100-års hændelse om 30 år

Diagrammet viser, at Kapacitetsplanen løser sit formål: At holde vandstanden i Harrestrup Å-systemet under kritisk kote ved en **100-års hændelse ved åen om 30 år**. Og det gør den uanset om det regner kraftigt i øverste del af oplandet, midt på eller i nederste del. Diagrammer for sidetilløb ses i dokumentationen.



# Cost-benefit-analyse

I fase 4 af Kapacitetsprojektet er der foretaget en samfundsøkonomisk konsekvensanalyse (Cost-Benefit-Analyse, CBA) af Kapacitetsplan 2018 for sikring til en 100-års hændelse om 30 år. En samfundsøkonomisk CBA sammenligner fordele (*benefits*) ved investering med omkostningerne til investeringen (*costs*). Hensigten er at vurdere, om planen er en god forretning for samfundet som helhed.



Den nye analyse i fase 4 er opdateret fra fase 3 med de nyeste anbefalinger for samfundsøkonomiske analyser, der er publiceret i 2016 og 2017. Analysen følger således de seneste anbefalinger fra Spildevandskomiteen i *Skrift 31 Metoder til bestemmelse af serviceniveau for regnvand på terræn* (2017), Finansministeriets vejledninger til samfundsøkonomiske analyser (2017), samt Miljøministeriets PLASK-værktøj version 2.0 (2017). I analysen er medtaget de mest håndgribelige benefits/fordele i form af reducerede skadesomkostninger på bygninger og vigtig infrastruktur. Det er dog vigtigt, at huske, at Kapacitetsplan 2018 kan give mange andre værdier til samfundet i form af for eksempel øget biodiversitet, sundhed og sikkerhed.

Der er mange flere mulige fordele fra investering i Kapacitetsplan 2018 end der er medtaget i cost-benefit-analysen, fordi det ikke i projektet endnu er muligt at vurdere disse fordele økonomisk.

Kapacitetsplan 2018 muliggør billigere skybrudssikring i oplandet, da skybrudsvand kan afledes stort set uforsinket til åen, men der er endnu ikke kendskab til, hvor meget de enkelte oplandskommuner ønsker at sikre sig i oplandet. Nogle kommuner vil måske sikre sig til en 100-års hændelse om 100 år, mens nogle måske ikke vil sikre sig yderligere. CBA i Fase 4 er gennemført for to forskellige scenarier:

I **Scenarie 1 (Hele oplandet)** antages, at alle oplandskommunerne skybrudssikrer i oplandet til en 100-års hændelse om 30 år.

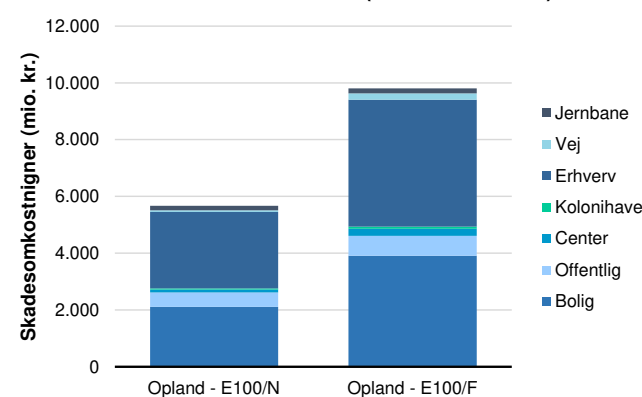
I **Scenarie 2 (vandløbet)** antages, at Kapacitetsplan 2018 implementeres, men at der ikke sker skybrudssikring i oplandet. Dermed bliver fordelene begrænset til reduktion i oversvømmelser i de områder, der ellers ville blive ramt af høj vandstand fra åen.

Scenarie 2 viser, hvad den samfundsøkonomiske rentabilitet som minimum kan forventes at være. Der er dog en meget stor sikkerhed i, at lønsomheden for Kapacitetsplan 2018 er større end i dette scenarie, fordi der nok kan forventes, at flere kommuner påbegynder skybrudssikring i oplandet, hvilket vil øge lønsomheden.

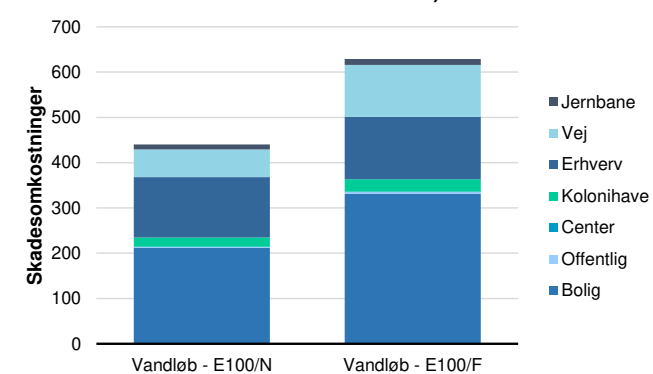
Fordele (Benefits) i CBA beregnes som reducerede forventede skadesomkostninger. Ved beregning af fordele er skadesomkostninger for bolig, erhverv, centerarealer, offentlige bygninger og tekniske anlæg, samt vej og jernbane vurderet. Den største del af skadesomkostningerne ved en oversvømmelse sker på bolig og erhverv.

Omkostningerne (Costs) i CBA består af anlægsinvesteringer, driftsomkostninger og reinvestering. I begge scenarierne inkluderes anlægsomkostningerne for Kapacitetsplan 2018 (1.1 mia. kr.). Derudover inkluderes i Scenarie 1 anlægsomkostningerne for skybrudssikring, estimeret til 1,8 mia. kr. Driftsomkostninger er i gennemsnit 1 % af samlede anlægsomkostninger og reinvesteringen er 50 % af anlægsomkostningerne om 50 år (modsvarende til en gennemsnitlig teknisk levetid for anlæggene).

SKADESOMKOSTNINGER (HELE OPLANDET)



SKADESOMKOSTNINGER (VANDLØBSNÆRE OVERSVØMMELSER)

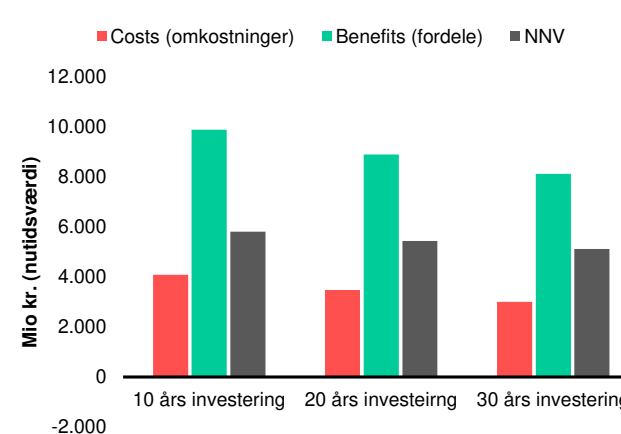


Samlede skadesomkostninger med eksisterende system for en 100-års hændelse i dag (E 100 / N) og om 100 år (E 100 / F) for begge scenarierne.

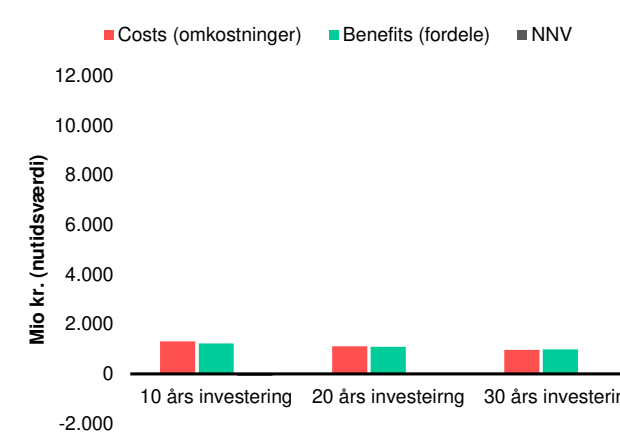
Analysen af skadesomkostninger viser, at den største del af skaderne sker pga. oversvømmede bygninger i bolig- og erhvervsområder. I hele oplandet stiger de samlede skadesomkostninger ved en 100-års hændelse i dag til ca. 5,6 mia. kr. og om 100 år til 9,8 mia. kr. Langs vandløbet er samlede skadesomkostninger ca. 440 mio. kr. ved en 100-års hændelse i dag og 630 mio. kr. i fremtiden.

I en CBA bruges Nettonutidsværdi (NNV) til at beskrive, om den analyserede plan er en god forretning, samfundsøkonomisk set. Et positivt NNV indikerer, at planen er lønsom. Analysen er foretaget for tre forskellige investeringsperioder: 10, 20 og 30 år. Analysen viser, at Scenarie 1 (hele oplandet) giver en betydelig positiv NNV, omkring 6 mia. kr. Kapacitetsplan 2018 er dermed samfundsmæssigt en god forretning, når kommunerne skybrudssikrer i oplandet. Scenarie 2 (vandløbet) resulterer i NNV omkring 0 kr. Dette betyder i praksis, at Kapacitetsplan 2018 alene, uden skybrudssikring, hverken reducerer eller øger værdien i samfundet.

CBA FOR HELE OPLANDET



CBA FOR VANDLØBET

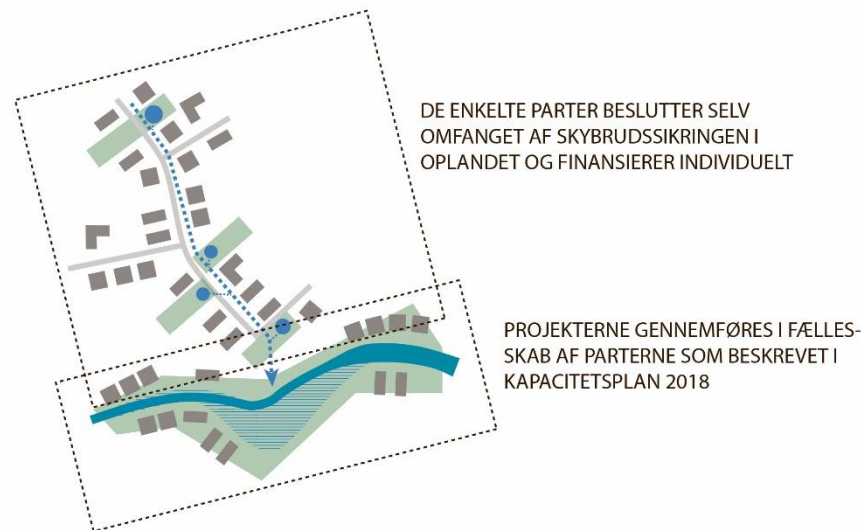


Resultatet fra CBA afhænger af om der sker skybrudssikring i oplandet, og hvor meget skybrudssikring der implementeres i oplandet

CBA viser, at Kapacitetsplan 2018 som minimum resulterer i, at NNV er omkring 0 mio. kr. (fra -40 til +60 mio. kr.). Hvis kommunerne skybrudssikrer i oplandet, vil planen resultere i øget lønsomhed.

Disse to scenarier viser, et maksimum resultat (Scenarie 1) og et minimum resultat (Scenarie 2). I praksis kan der forventes, at NNV bliver noget imellem. Den endelige lønsomhed for Kapacitetsplan 2018 afhænger af, hvor meget kommunerne udnytter muligheden til skybrudssikring i oplandet.

# KAPACITETSPLAN 2018 FOR HARRESTRUP Å-SYSTEMET



Kapacitetsplanen for Harrestrup Å-systemet er resultatet af den proces, der er beskrevet i foregående kapitel og beskriver den bedst egnede metode til at opnå den nødvendige kapacitet i åen og dets sidetilløb. Der er to hovedformål: Oplandskommunerne skal kunne skybrudssikre og aflede regnvand til åen ad skybrudsveje og nærliggende områder til Harrestrup Å-systemet skal være sikrede mod skadevoldende oversvømmelser fra åen **op til en 100-års hændelse, også om 30 år**. Det er sikringen af Harrestrup Å-systemet som udføres i Kapacitetsprojektet, mens skybrudssikringen udføres af kommunerne. Dette er illustreret på figuren til venstre.

I dette kapitel beskrives Kapacitetsplanen i følgende afsnit:

- Delprojekter og anlægsøkonomi
- Rækkefølgeplan
- Fast mål – fleksibel udførelse
- Det videre forløb

## Delprojekter og anlægsøkonomi

Ved opstilling af Kapacitetsplanen for sikring til en 100-års hændelse om 30 år er der blevet undersøgt flere forskellige løsningskombinationer. Den endelige Kapacitetsplan er valgt af parterne i Kapacitetsprojektet på grund af teknik, økonomi og synergi med øvrig planlægning. Da de ekstreme regnskyl sker relativt sjældent, er det prioriteret at anvende multifunktionelle løsninger, der også har en anvendelse i den største del af tiden, hvor det ikke regner. Dette gælder oversvømmelsesarealer med rekreative formål, som ved fornuftig planlægning kan indrettes, så de er robuste til at modstå lejlighedsvis oversvømmelser.

De grønne oversvømmelsesarealer er højt prioriterede i Kapacitetsplanen. De skabes i ådalen, hvor vandet naturligt samler sig, og det giver stort volumen med en lille indsats, hvilket er langt billigere end for eksempel underjordiske betonbassiner. De grønne oversvømmelsesarealer løser den største del af udfordringen og arealerne kan langt den største del af tiden bruges til andre formål.

Kapacitetsplan 2018 til sikring til en 100-års hændelse ved åen om 30 år indeholder i alt følgende delprojekter fordelt på cirka 40 lokaliteter:

- 20 grønne oversvømmelsesarealer med et samlet magasin på cirka 3,6 mio. m<sup>3</sup>
- 7 skybrudsbassiner med et samlet magasin på cirka 0,1 mio. m<sup>3</sup>
- Udvidelse af Harrestrup Å over cirka 5 km, så vandføringsevnen forøges
- Udvidelse af Kagsåen over cirka 0,7 km, så vandføringsevnen forøges
- Udvidelse af 9 underføringer ved broer og lignende
- Styring og overvågning

Det er forudsat, at kommunerne forsinker en mindre del af det overskydende regnvand – svarende til ca. 180.000 m<sup>3</sup> - indtil der er kapacitet i Harrestrup Å-systemet. Kommunerne er frie til at planlægge deres skybrudstilpasning, men hvis det er teknisk muligt og hensigtsmæssigt, kan det være en god forretning for kommunerne at indtænke yderligere forsinkelse af regnvandet i deres lokale løsninger, da det måske kan reducere de samlede omkostninger til skybrudssikringen i oplandet.

De forventede anlægsomkostninger for Kapacitetsplanen er beregnet til ca. 1,10 mia. kr. som vist i tabellen nedenfor. Der er tale om et tidligt estimat, og derfor er det i sagens natur usikkert. På grundlag af den kvalitetssikring, der er udført, vurderes det, at prisoverslaget er det bedst mulige på det nuværende detaljeringsniveau, selvom der er stor usikkerhed og spredning på tallene. Se nærmere beskrivelse af estimering af anlægsøkonomien på side 16. I henhold til almindelig praksis ved beregning af tidlige estimater er der inkluderet et korrektionstillæg på 50 % i forhold til projektfasen. Procentsatsen er fastlagt ud fra erfaringstal for usikkerheder på prisoverslag ved forskellige projektfaser. I den videre planlægning af hvert delprojekt vil der blive beregnet et mere detaljeret anlægsoverslag, der kan bruges til budgetlægning.

### Prisoverslag for anlægsomkostninger til Kapacitetsplan 2018 til sikring til en 100-års hændelse om 30 år

Prisoverslaget inkluderer planlægning, projektering og entreprenøromkostninger. Heraf skal anvendes 20 mio. kr. (skøn) til overordnet projektledeelse i Kapacitetsprojektet.

Skønnede anlægsomkostninger til Kapacitetsplan 2018 til sikring til en 100-års hændelse ved åen om 30 år	Pris (milliarder kr.)
Online oversvømmelsesarealer	0,68
Skybrudsbassiner	0,15
Fjernelse af flaskehalse	0,06
Udvidelse af åen	0,19
Styring og overvågning	0,02
<b>TOTALT</b>	<b>1,10</b>

# Rækkefølgeplan

Tabellen nedenfor og kortet til højre viser de prioriterede delprojekterne i Kapacitetsplanen til sikring til en 100-års hændelse om 30 år. Den overordnede rækkefølgeplan opdelt i fire perioder og er opstillet ud fra hensynet til:

- Geografisk fordeling
- Jævn investeringstakt og dermed jævn takstpåvirkning
- Hydrauliske bindinger (se side 24)
- Projekter, der er i gang eller er langt i planlægningen
- Modnede delprojekter prioriteres

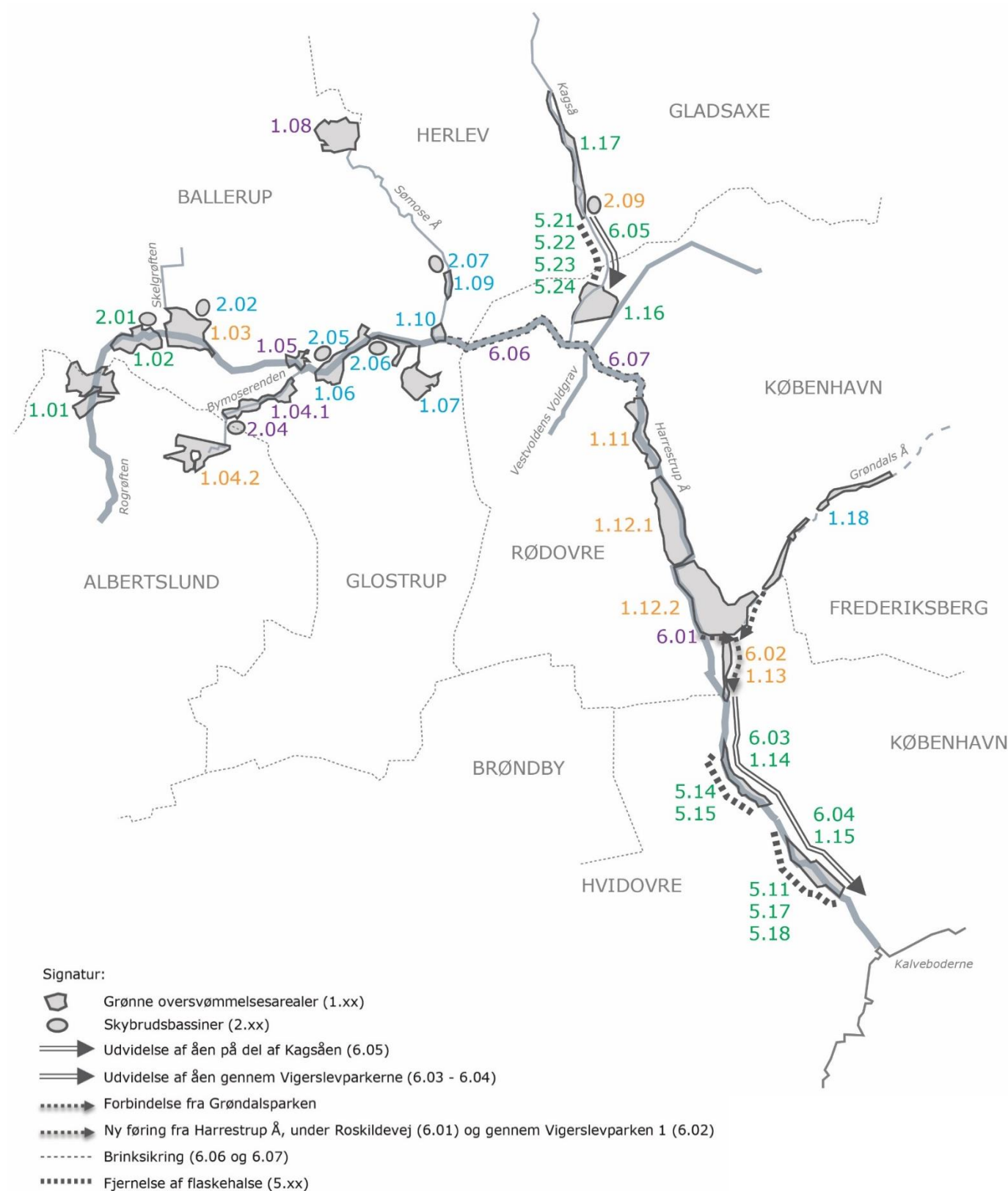
## Rækkefølgeplan for igangsætning af delprojekterne med fire perioder.

Forkortelser: OV er online oversvømmelsesarealer, SB er skybrudsbassiner, VU er vandløbsudvidelser og FH er fjernelse af flaskehalse.

Forventet periode	Id	Delprojekter, der igangsættes	Kommune
<b>Periode 1 2019-23</b>	1.01	OV Harrestrup Mose	Albertslund
	1.02	OV Haraldsminde	Ballerup
	1.14	OV Vigerslevparken 2	København/Hvidovre
	1.15	OV Vigerslevparken 3	København/Hvidovre
	1.16	OV Kagsmosen	Herlev/Rødovre/København
	1.17	OV Kagsåparkens Regnvandsprojekt	Gladsaxe/Herlev
	2.01	SB Haraldsminde	Ballerup
	6.03	VU Vigerslevparken 2	København
	6.04	VU Vigerslevparken 3	København
	6.05	VU Kagsåen	Herlev/Gladsaxe/København
	5.11	FH Underføring Vestkærs Alle	København
	5.14	FH Kryds rør Hvidovre Storcenter	København
	5.15	FH Kryds rør Holmelundsvej	København
	5.17	FH Kryds rør Sønderkær	København
	5.18	FH Underføring Sydskærvej	København
	5.21	FH Underføring Herlev Hovedgade	Herlev/København
	5.22	FH Underføring Sonatevej	Herlev/København
	5.23	FH Underføring S-banen	Herlev/København
5.24	FH Underføring Kagsmosestien	Herlev/København	
<b>Periode 2 2024-28</b>	1.06	OV Ejbyvænge/Skovlunde Naturpark	Ballerup/Glostrup
	1.07	OV Ejby Mose	Glostrup
	1.09	OV Mileparken	Ballerup/Herlev
	1.10	OV Hanevad bassin	Ballerup/Herlev
	1.18	OV Grøndalsparken	København/Frederiksberg
	2.02	SB Skelgrøften/Ballerup Fritidslandskab	Ballerup
	2.05	SB Skovlunde Naturpark	Ballerup
2.06	SB Ejby Mose	Glostrup	
2.07	SB Mileparken	Ballerup/Herlev	
<b>Periode 3 2029-33</b>	1.03	OV Ballerup Fritidslandskab	Ballerup
	1.04.2	OV Vestskoven	Albertslund
	1.11	OV Krøgebjergparken/Stadionparken	Rødovre/København
	1.12.1	OV Damhusengen	København
	1.12.2	OV Damhussøen	København
	1.13	OV Vigerslevparken 1	København
2.09	SB Stavnsbjerg Allé	Gladsaxe	
6.02	VU Vigerslev 1	København	
<b>Periode 4 2034-38</b>	1.04.1	OV Bymoserenden	Ballerup/Glostrup
	1.05	OV Skovlunde Naturpark	Ballerup/Glostrup
	1.08	OV Sømosen	Ballerup/Herlev
	2.04	SB Bymoserenden	Albertslund/Ballerup
	6.01	VU Ny underføring langs Roskildevej	København
	6.06	VU Brinksikring Ndr. Ringvej til Vestvoldens Voldgrav	Rødovre
	6.07	VU Brinksikring Vestvoldens Voldgrav til Slotsherrensvej	Rødovre/København

## Kort over delprojekter i Kapacitetsplan 2018 til sikring til en 100-års hændelse om 30 år.

Navn og id på delprojekterne kan genfindes på tabellen til højre og farven angiver den forventede periode for igangsætning. Hver delprojekt har et id-nummer som refererer til Projektkataloget.



## PARTERNES RATIONALE

I dag er Harrestrup Å dimensioneret til at kunne klare udledninger på 1,5 liter pr. sekund pr. ha. Ved at parterne går sammen og skaber en fælles løsning, bliver det muligt for parterne at tildele større mængder vand til åen uden at forårsage skadevoldende oversvømmelser nedstrøms.

Samtidig kan parterne ved at samarbejde udnytte, at det ikke regner lige meget i hele oplandet. Hvis parterne skal løse udfordringerne alene skal de lokale løsninger dimensioneres til en 100-års regnhændelse over hele kommunen. Dette giver et volumenbehov, der skønsmæssigt er 6,3 mio. m<sup>3</sup>. Dette er væsentligt højere end de omkring 3 mio. m<sup>3</sup>, der håndteres med Kapacitetsplanen, når der samarbejdes\*. Forklaringen er, at de fælles løsninger kan dimensioneres til i gennemsnit cirka 60 % af den maksimale 100-års regnhændelse (se side 10).

Samlet set kan parterne, ved at samarbejde om en fælles udnyttelse af Harrestrup Å, opnå en bedre og billigere løsning, end hvis parterne skulle løse udfordringerne alene.

\* Beregnet som det ekstra udløb fra åen til Kalveboderne (over den nuværende kapacitet på 1,5 l/sek/ha) for en 24-timers periode plus den maksimale vandmængde i oversvømmelsesarealer fra modelberegningerne ved en 100-års regn om 30 år.

## ØKONOMISK STYRING

Tidlige estimater, der udføres når meget endnu er uafklaret, er meget usikre og Kapacitetsprojektet anvender en række metoder for at håndtere denne usikkerhed.

Usikkerheden på anlægsoverslag ligger erfaringsmæssigt mellem minus 25 % og plus 50 % ved tidlige estimater på afløbsprojekter i Danmark (jf. Afløbsteknik 2011). For Kapacitetsplanen svarer det til, at anlægsoverslaget spænder mellem ca. 0,6 og 1,1 mia. med et basisestimat på 0,7 mia. baseret på skønnede mængder og gennemsnitlige enhedspriser. I henhold til anbefalinger for budgetlægning har parterne valgt den høje værdi med 50 % korrektionstillæg som budgetramme for Kapacitetsplanen.

Ved den økonomiske styring ved etablering af delprojekterne vil det være et lavere budget – ankerbudgettet – der styres efter. Ankerbudget skal sikre, at der arbejdes på minimering af omkostninger til delprojekterne, så de samlede omkostninger til gennemførelse af Kapacitetsplanen bliver så lave som muligt. I sidste ende vil det være de faktiske omkostninger som parterne skal finansiere. Allerede i næste fase – planlægningsfasen – vil der komme væsentlig, ny viden om det samlede budget, da delprojektgrupperne vil udarbejde de første egentlige anlægsbudgetter.

Det forventes, at nogle delprojekter vil være dyrere end det nuværende anlægsoverslag, mens andre vil blive billigere. Derfor ligger der i det samlede anlægsoverslag for de ca. 40 delprojekter en ekstra sikkerhed i forhold til, hvis hver delprojekt skulle udføres isoleret. Erfaringerne fra andre lignende skybrudsprojekter viser dog, at der kan være forhold, der viser sig at blive væsentligt anderledes fx når kommunerne kommer videre med planlægning og implementering af eventuel skybrudssikring i oplandet. Valget af delprojekter til Kapacitetsplanen bygger desuden på best-case, da parterne naturligvis ønsker at benytte de billigste og bedste tiltag. I forhold til realiserbarheden af de prisbillige oversvømmelsesarealer er der dog risiko for, at de ikke alle kan udføres i den ønskede udstrækning af lokale årsager, men at de skal suppleres med dyrere alternativer, fx en større grad af udgravning af magasinvolumen. Dette er dog en velovervejet og velbegrunnet risiko, da besparelsen kan være stor.

I tråd med strategien for optimeringen vil parterne helt generelt håndtere sådanne situationer med en tilpasningsstrategi, der holder det samlede anlægsbudget indenfor den aftalte ramme, men – hvis nødvendigt – justerer den beregnede, teoretiske risiko for oversvømmelse. Hvis fx de kommende års målinger på åen eller regnvandskloakken viser, at afledningen fra oplandet er enten underestimeret eller overestimeret kan det vise sig, at forudsætningerne ikke svarer til en 100-års hændelse, men måske til fx en 75- eller 150-års hændelse. Det er stadig en væsentlig forbedring i forhold til forholdene i dag.

## HYDRAULISKE BINDINGER

I Kapacitetsplanen er der taget stilling til de hydrauliske bindinger på udførelsen af delprojekterne. For eksempel skal udvidelsen af åen fra Damhussøen til Kalveboderne ske nedefra og op. Hvis det sker omvendt kan det skabe flere oversvømmelser i den nederste del af åen i forhold til situationen i dag. Diagrammet over hydrauliske bindinger på modstående side kan bruges til et hurtigt overblik over de generelle bindinger mellem delprojekterne og kan bruges til en første vurdering.

Diagrammet bygger på generelle principper for hver løsningstype (se tabel til højre) baseret på en overvejelse af, hvornår den aktuelle løsningstype kan udføres, så den udelukkende forbedrer situationen, og ingen steder skaber forringelser i forhold til situationen i dag. Der er tale om generelle principper, da de cirka 40 delprojekter i sagens natur kan kombineres på et næsten uendeligt antal måder og derfor skal der altid foretages en konkret vurdering af den hydrauliske kontekst.

Diagrammet er inddelt i fire delområder, som kan gøres tilnærmelsesvis uafhængige ved implementering af Kapacitetsplanen (se nærmere beskrivelse i næste afsnit på side 26). Dette er valgt, da det vurderes at gøre det nemmere at komme i gang med udførelsen af Kapacitetsplanen, når alle delprojekterne ikke afhænger af alle de andre.

Tabellen til højre beskriver de generelle principper og på modstående side ses diagrammet over hydrauliske bindinger, der indeholder alle delprojekter i Kapacitetsplanen og deres indbyrdes afhængigheder. Hvert delprojekt har et id-nummer som refererer til Projektkataloget.

## OPLANDSKOMMUNERNES SKYBRUDSSIKRING

I dag er der problemer med skadevoldende oversvømmelser ved en 100-års hændelse i alle delområder som det ses af oversvømmelseskortet på side 7.

Fuld implementering af Kapacitetsplan 2018 sikrer tilstrækkelig kapacitet til kommunernes skybrudssikring ved en 100-års hændelse om 30 år. Sideløbende med Kapacitetsplanen kan kommunerne planlægge og udføre skybrudssikring i oplandet. Planen for dette arbejde skal koordineres med realiseringen af Kapacitetsplanen.

Det er de hydrauliske bindinger, der lægger den overordnede ramme for implementering af kapacitetsplanen. Nye tilledninger af skybrudsvand kan dog ske løbende i det omfang, der er tilvejebragt den nødvendige kapacitet, så risikoen for skadevoldende oversvømmelser over det accepterede niveau (100-års hændelsen på det pågældende tidspunkt) ikke forøges langs Harrestrup Å.

Der bør udføres analyser med den hydrauliske model til konsekvensberegning af de konkrete forslag til skybrudsprojekter. Den tilgængelige kapacitet kan fordeles mellem parterne ved forhandling.



Beskrivelse af løsningstyper og generelle principper for hydrauliske bindinger mellem delprojekterne

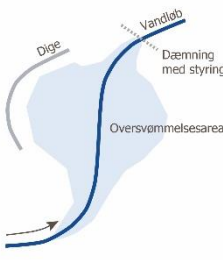
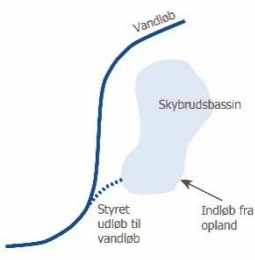


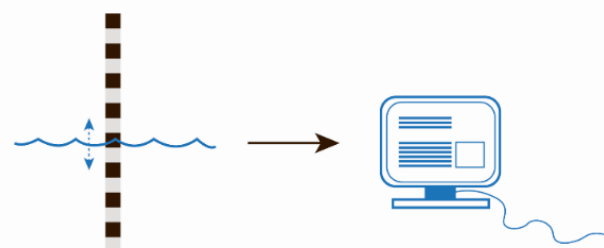
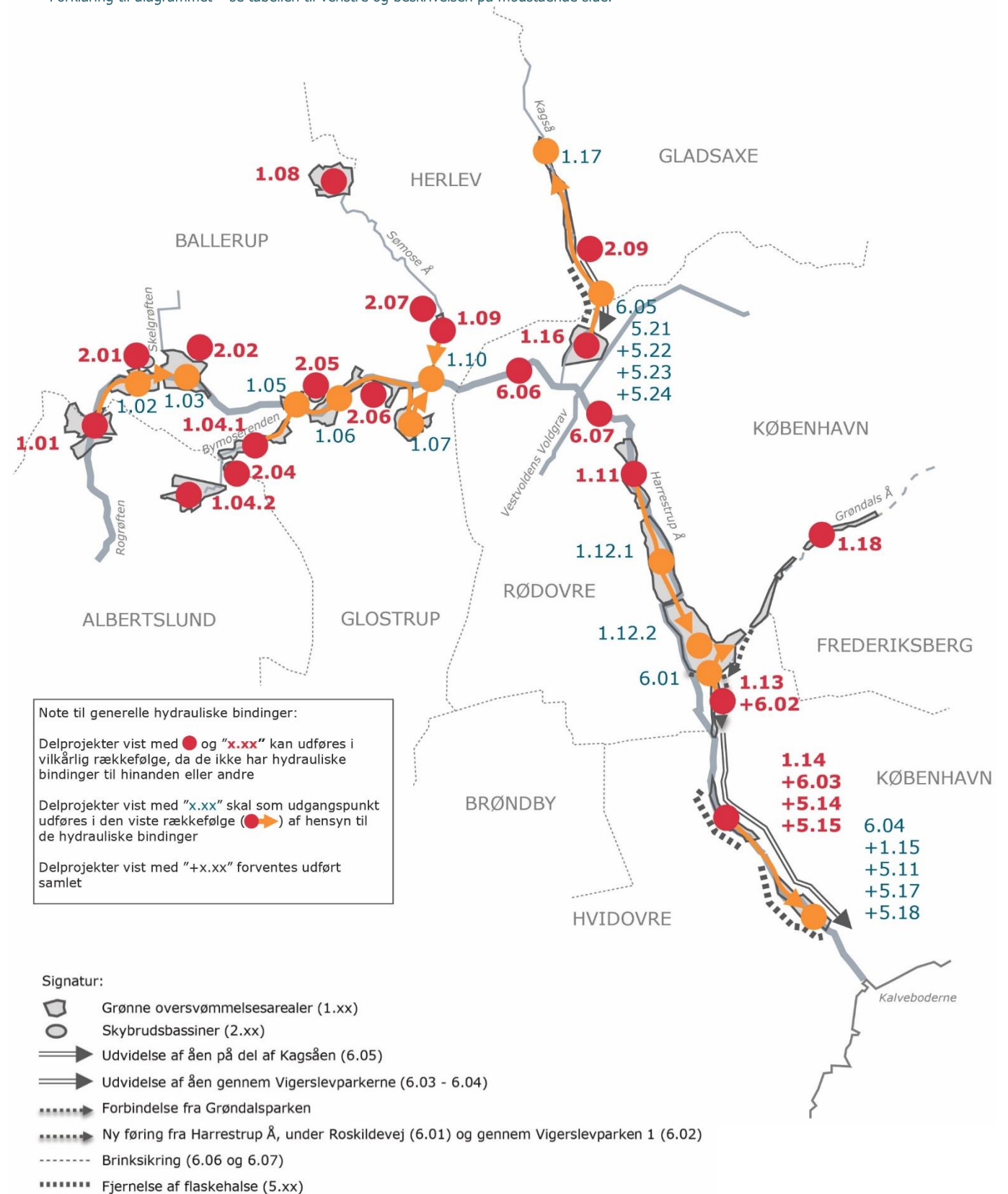
Løsningstype	Beskrivelse og hydrauliske bindinger
<b>Grønne oversvømmelsesarealer</b>	 <p>Ved at udnytte ådalens naturlige terræn skabes et stort volumen, som forsinker vandet indtil der igen er kapacitet i åen. Magasinet ligger på åen – <b>online</b> – og det giver den mest optimale udnyttelse af volumen.</p> <p>Etablering af et oversvømmelsesareal vil hæve den kritiske kote i området, og dette kan medføre oversvømmelser opstrøms i åen. Derfor skal oversvømmelsesarealerne som udgangspunkt udføres oppefra og ned. Forudsætningen for etablering af oversvømmelsesarealerne er implementeringen af den centrale risikobaserede styring, der skal styre, hvornår vandet holdes tilbage og afledes.</p>
<b>Skybrudsbassiner</b>	 <p>Skybrudsbassiner etableres så vidt muligt, hvor det naturlige terræn giver mulighed for at opnå størst volumen med mindst jordflytning. Magasinet ligger væk fra åen og forsinker skybrudsvand fra oplandet.</p> <p>Da skybrudsbassinerne ligger væk fra åen, hæver de ikke den kritiske kote lige som for oversvømmelsesarealerne. Derfor kan de etableres uafhængigt af de øvrige delprojekter. Forudsætningen for etablering af skybrudsbassinerne er implementeringen af den centrale risikobaserede styring, der skal styre, hvornår vandet holdes tilbage og afledes.</p>
<b>Udvidelse af åen</b>	<p>I den nederste del af Harrestrup Å kombineres muligheden for forsinkelse med en vandløbsudvidelse, der kan få vandet hurtigt ned til Kalveboderne. Udvidelsen kan ske ved ændring af åens tværsnit til et dobbelt eller 3-dobbelt-profil, der vil forøge vandkvaliteten i den naturlige å. Udvidelse af åen kan også bestå i <i>brinksikring</i>, hvilket består i etablering af en jævn brinkkote.</p>  <p>Da udvidelse af åen vil øge vandføringsevnen og dermed vandføringen ved ekstrem regn, skal udvidelsen ske nedefra og op, for eksempel fra Kalveboderne og op mod Damhussøen.</p>
<b>Fjernelse fsakehalse</b>	 <p>Når åen bliver udvidet er det også nødvendigt at udvide underføringer under veje og jernbaner, så de ikke virker som flaskehalse på åen.</p> <p>Da udvidelse af underføringer vil øge vandføringsevnen og dermed vandføringen ved ekstrem regn, skal åen og underføringerne være udvidet nedstrøms underføringen først</p>
<b>Central risikobaseret styring af magasiner og pumper</b>	 <p>Regnhændelser sker meget forskelligt, nogle gange vil det regne meget i den øverste del af åen og nogen gange nederst. Derfor skal anvendelsen af magasinering optimeres i hvert enkelt situation ved anvendelse af et centralt styringssystem baseret på prognoser for regn og oversvømmelser.</p> <p>Denne styring er forudsætningen for etablering af oversvømmelsesarealer og skybrudsbassiner.</p>

Diagram over de generelle hydrauliske bindinger, der skal overvejes ved gennemførelsen af det enkelte delprojekt

Delprojekterne er vist ved deres id fra Projektkataloget. Med fed rød skrift er markeret de delprojekter, der kan tages fat på først. Forklaring til diagrammet – se tabellen til venstre og beskrivelsen på modstående side.



# Fast mål – fleksibel udførelse

Der kan i realiseringen af Kapacitetsplan 2018 forekomme politiske, juridiske, tekniske og miljømæssige grunde til, at en del af delprojekterne ikke kan udføres som planlagt. Af denne grund kan der ikke med Kapacitetsplanen vedtages bindende aftaler om etablering af anlæggene, som beskrevet i Rækkefølgeplanen.

I stedet er der formuleret en overordnet plan med behovet for henholdsvis forøgelse af afledningskapaciteten og opmagasineringen, for i fire delområder, som vist på kortet til højre.

Det er denne overordnede plan, som parterne binder sig til ved vedtagelse af Kapacitetsplan 2018.

For hvert delopland er der fastsat et opmagasineringsvolumen, som samarbejdet skal finde plads til i netop dette opland, for at Kapacitetsplanen kan opfylde målsætningen; at sikre de ånære arealer mod skader ved en **100-års hændelse om 30 år**, selvom parterne tillader mere regnvand. Hvis det i den videre planlægning viser sig umuligt eller uhensigtsmæssigt at etablere nogle af delprojekterne, der indgår i Kapacitetsplanen, skal samarbejdet finde alternative løsninger inden for det pågældende delområde.

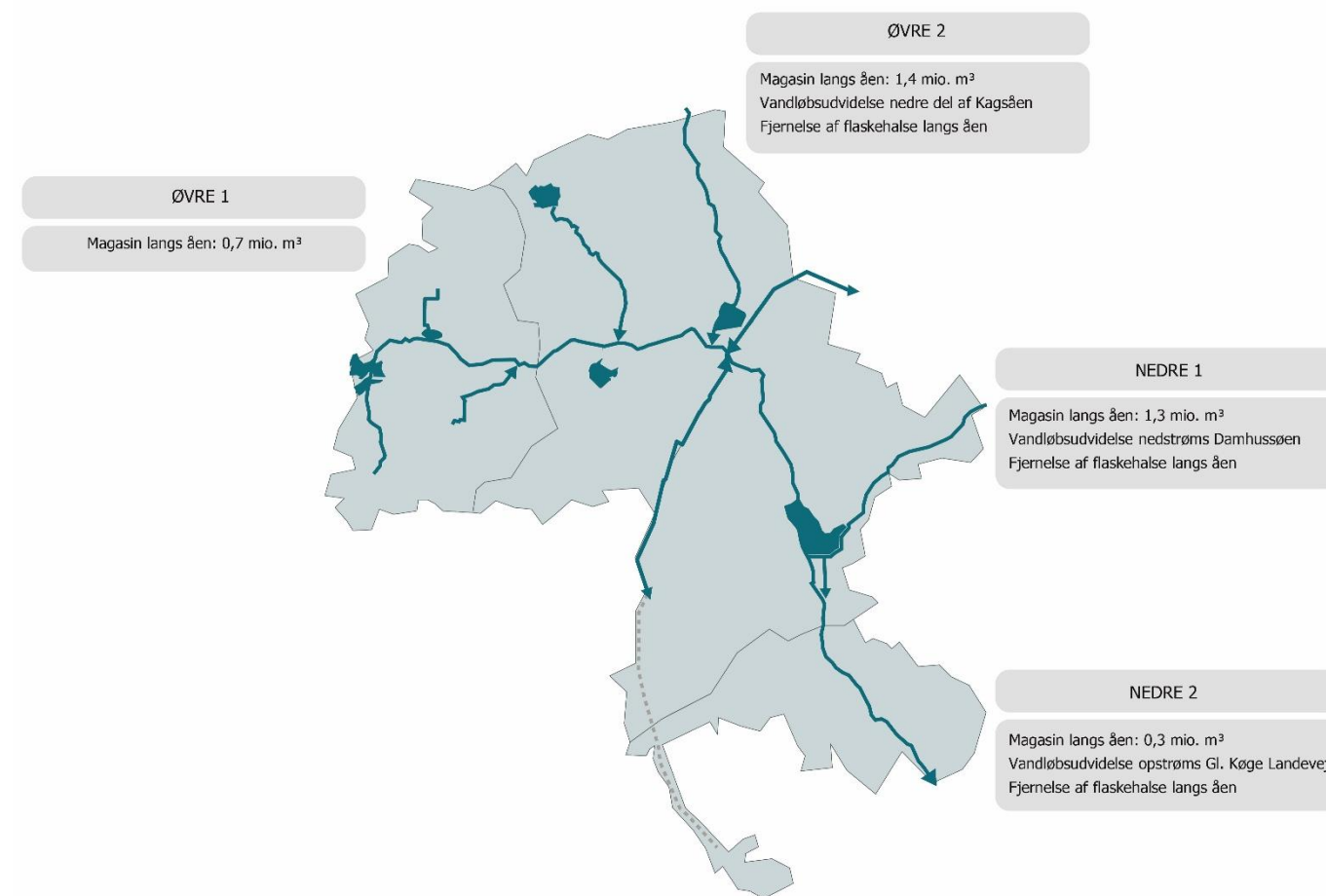
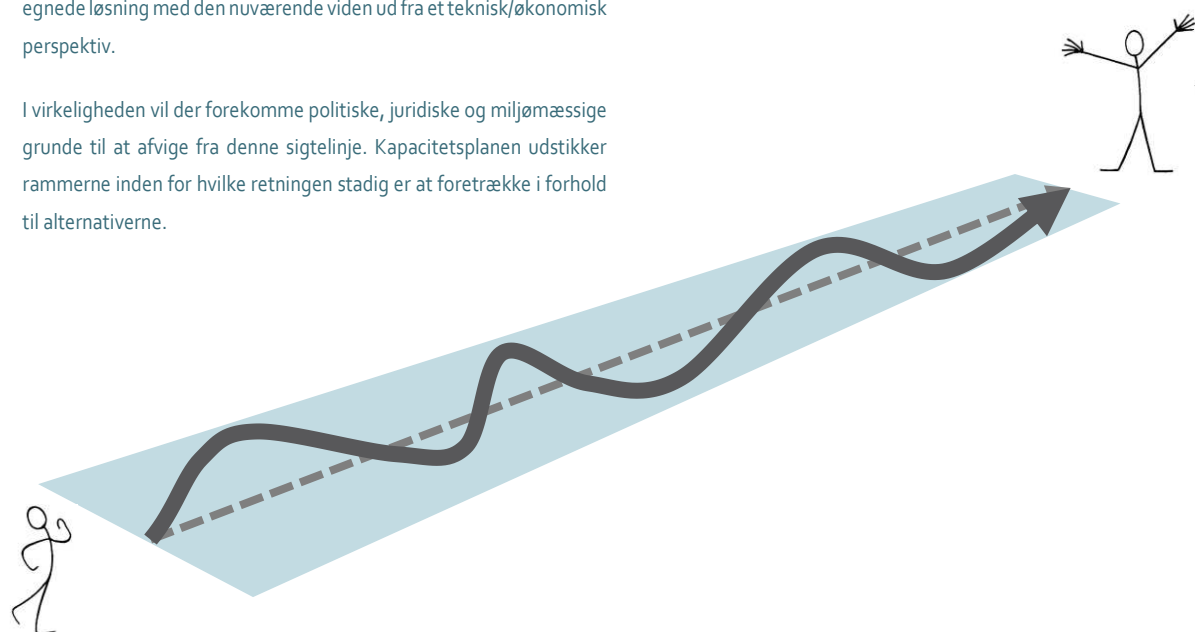
Som beskrevet i afsnittet om strategi for optimeringen på side 17 er Kapacitetsplan 2018 fleksibel og fremtidssikret. Flexibel, fordi parterne kun binder sig til at udføre 30-års planen og fremtidssikret, fordi parterne med tiden skal tage stilling til at udbygge med yderligere delprojekter, så åen er sikret til en 100-års hændelse om 100 år svarende til den langsigtede målsætning. De resterende delprojekter er beskrevet i Projektkataloget.

Begrundelsen for opdelingen i de fire delområder er dels, at de kan gøres tilnærmelsesvis uafhængige ved implementering af Kapacitetsplanen og dels placeringen af tre vigtige målestationer i åen, der har været udgangspunkt for opstilling af det nye designgrundlag (se side 10) og kalibreringen af den hydrauliske model (se side 12). Disse målestationer vil også fremover få en vigtig rolle i implementering af styring og overvågning af Harrestrup Å-systemet og monitorering af effekterne af implementering af delprojekterne i Kapacitetsplanen.

## En rummelig plan – fast mål og fleksibel udførelse

Kapacitetsplanen præsenterer et Projektkatalog og en Rækkefølgeplan, som er sigtelinjen i projektet. Den viser den bedst egnede løsning med den nuværende viden ud fra et teknisk/økonomisk perspektiv.

I virkeligheden vil der forekomme politiske, juridiske og miljømæssige grunde til at afvige fra denne sigtelinje. Kapacitetsplanen udstikker rammerne inden for hvilke retningen stadig er at foretrække i forhold til alternativerne.



## Overordnet plan for omfanget af nødvendige tiltag for en 100-års hændelse om 30 år

Den overordnede plan er bundet op på fire delområde, hvor det er tanken, at der etableres risikobaseret styring af kapaciteten af å-systemet. Delområderne er afgrænset af tre vigtige målestationer i åen, der har været udgangspunkt for opstilling af det nye designgrundlag for Kapacitetsplanen som beskrevet på side 10. Magasinvolumen er sum af oversvømmelsesarealer og skybrudsbassiner i hvert delområde.

## Det videre forløb

Kapacitetsplanen viser den bedst egnede måde at sikre åen baseret på den bedste tilgængelige viden vi har i dag. Der sker imidlertid konstante forandringer i vores samfund, der kan påvirke kommunernes langtidsplaner og prognoserne for klimaforandringerne kan ændre sig. Det er derfor vigtigt at indse, at planlægning, der inkluderer analyser langt ind i fremtiden, også inkluderer usikkerhed. Dermed skal langtidsplanlægning ses som en løbende proces, hvor planen bliver optimeret, når samfundet og omgivelserne forandres og når der kommer ny viden til. Kapacitetsplanen skal derfor revurderes jævnligt for kontinuerligt at sikre, at planen opnår målsætningen på den samfundsøkonomisk mest optimale måde.

Som det er beskrevet i forrige afsnit, er der tale om store investeringer, der skal foregå over en længere årrække. Da det overordnede formål med Kapacitetsplanen er reduktion af risiko for skader ved oversvømmelse vil parterne i den kommende periode overveje om Kapacitetsprojektet med fordel kan bidrage med viden til den kommunale beredskabsplanlægning. Dette kan for eksempel være i form af udarbejdelse af *action cards* med viden om risikoen for oversvømmelser langs åen og om, hvor der opnås størst effekt af midlertidige foranstaltninger ved ekstreme hændelser. Disse planer skal opdateres efterhånden som Kapacitetsplanen implementeres og flere og flere delprojekter udføres.

De hydrauliske modeller kan forbedres med faktiske målinger i å-systemet. Derfor skal der implementeres et måleprogram, der kan støtte op om beredskabet og styringen af kapaciteten i åen og samtidigt give værdifuld information til validering og forbedring af modelberegningerne.

Der er følgende vigtige opmærksomhedspunkter i den kommende tid:

- Overvejelser omkring Kapacitetsprojektets forhold til den kommunale beredskabsplanlægning og muligheder for at bidrage med viden, for eksempel i form af *action cards* med risikområder og muligheder for beskyttelse
- Planlægning og implementering af *måleprogram* til forbedret planlægning og kommende styring af anlæggene
- Tiltag til *styring af kapaciteten* af å-systemet baseret på det udvidede måleprogram
- *Revision af Kapacitetsplanen* for eksempel hvert 3. år eller når der er opnået vigtig ny viden om å-systemet og dets opland, ny kommunal planlægning af skybrudssikring, nye fremskrivninger af klimaprognoser, ny lovgivning på området og lignende

