

C2 Vandløb

Erfaringer og anbefalinger omkring klimatilpasning af vandløb

August 2022



Kolofon

Udgiver: Region Midtjylland – Coast to Coast Climate Challenge

Udgivelsesår: 2. august 2022

Titel: C2 Vandløb - Erfaringer og anbefalinger omkring klimatilpasning af vandløb

Foto: Svostrup Kro

Sidetal: 23

Ansvarsfraskrivelse

Indholdet af nærværende rapport er alene udtryk for forfatterens eller projektets opfattelse. CINEA eller EU kan ikke drages til ansvar for indholdet.

Indholdsfortegnelse

1	ENGLISH SUMMERY	4
2	PROJEKTET OG AKTIVITETER	4
2.1	Projektets formål.....	4
2.2	Aktiviteter	5
3	UDFORDRINGER OG RISIKOVURDERING.....	6
3.1	Udfordringer med oversvømmelser	6
3.1.1	C10 Grenåens opland	6
3.1.2	C12 Gudenåen	8
3.1.3	C13 Storå.....	9
3.1.4	C14 Horsens by.....	9
4	VÆRKTØJER OG BEREKNINGER.....	10
4.1	Det udviklede SCALGO Live	10
4.2	MIKE produkterne	10
4.2.1	Gudenåen.....	11
4.2.2	Horsens By	11
4.2.3	Grenåens opland	12
4.3	3Di.....	12
4.3.1	C10 Grenåens opland	13
4.4	HIP og KAMP	15
5	BORGERE OG INTERESSETER.....	16
6	LØSNINGER OG MERVÆRDIER	18
7	LOVGIVNINGSMÆSSIGE UDFORDRINGER	19
8	FREMTIDENS UDVIKLING OG MULIGHEDER	20
9	ANBEFALINGER	20

1 English summery

This report summarizes the activities and experiences made in Coast to Coast Climate Challenge (C2C CC) in the subproject C2, which deals with capacity building within the field of climate adaptation of watercourses. Most experiences are derived from the work made in the C10 Grenå catchment area, C12 Gudenå river, C13 Storå river and C14 Horsens city, which all have challenges with floods from watercourses, although they are experienced differently. C10, C12 and C14 are also challenged by the water level conditions in the sea, which extend into the watercourses and thereby create floods.

The main focus of C2 is data and the creation of hydraulic models. There have been several workshops and thematic days where the topics have been discussed, and the partners have gained knowledge and insight into the use of different tools. In addition to the tools SCALGO Live, the MIKE products and VASP, which are well-known hydraulic tools, C2C CC is working on the development of three new tools that the partners can use in their work with climate adaptation – namely 3Di, HIP and KAMP. All three tools have the feature that you do not have to be a specialist to use them, and they are good for creating a quick overview of the effect of measures.

In C2, dialogue with citizens and stakeholders has been in focus as part of finding solutions with full ownership. Connective Negotiation has been used in the Gudenå river project – a method that the overall partnership has gained insight into during C2C CC. Concerning possible solutions, added value has been highlighted as a way to get the most out of the initiated climate projects as possible. Especially nature and recreational interests are topics that should be considered in climate adaptation along watercourses.

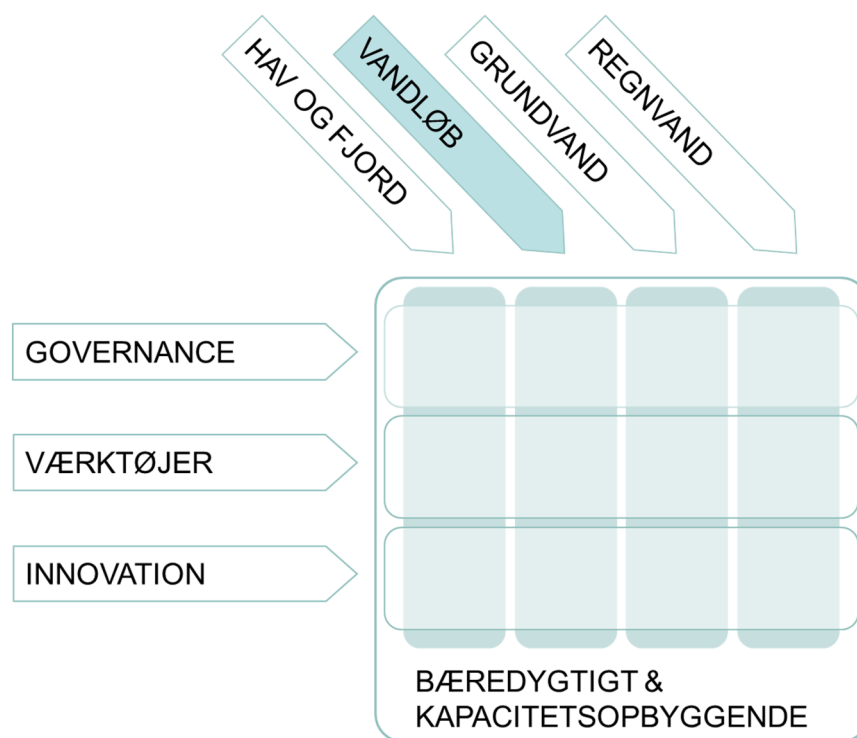
The legislation in Denmark is not adapted to the climate changes that affect the runoff in the watercourses. This presents challenges to the municipalities that manage them. The nature along the watercourses is often protected by law, and this presents a challenge when water has to be delayed in the water catchments. This is often not possible as more water in the soil can affect the existing conditions. Therefore, the legislature in Denmark should adjust the legal complex as the measure proves to be an affordable way to manage climate change in the hinterlands.

The report concludes with a number of recommendations for how to work with watercourses and climate adaptation.

2 Projektet og aktiviteter

2.1 Projektets formål

C2 er et af de kompetenceopbyggende projekter i Coast to Coast Climate Challenge (C2C CC), der har fokus på klimatilpasning i vandløb i et krydsningsfelt mellem de øvrige seks kompetenceopbyggende emner i matricen. Projektet har således haft til formål at udbrede kendskabet og viden om, hvordan der kan arbejdes med vandløb i klimamæssig sammenhæng. I de følgende afsnit er således beskrevet de aktiviteter, der er arbejdet med i projektet sammen med de erfaringer, der er akkumuleret gennem de seks år, C2C CC har forløbet. Som afslutning på rapporten er der formuleret nogle anbefalinger, i et forsøg på at drage konklusioner på det arbejde, der er gennemført i C2.



Figur 1 Den samlede matrice for de kompetenceopbyggende projekter i C2C CC

2.2 Aktiviteter

I starten af C2C CC var der primært fokus på det at skabe et overblik over de udfordringer, som eksisterer i de kommuner der har vandløb, som giver og i fremtiden forventes at give klimamæssige udfordringer. Flere af partnerne skulle i starten af C2C CC projektet i gang med at opsætte hydrauliske modeller, som led i at skabe sig et overblik over risikobilledet for oversvømmelser. Det var derfor disse aktiviteter, der i først omgang blev sat i gang:

- Januar 2018: Levering af SCALGO Live til alle partnere og støttende aktører
- Februar 2018: Besøg i Utrecht i Holland for at undersøge 3Di værktøjet til hydrauliske beregninger
- Maj 2018: Studietur til Holland, hvor hele partnerskabet fik præsenteret 3Di værktøjet
- Januar 2019: Workshop om data og modeller med eksempler på beregningsprogrammer og brug af data
- April 2019: Workshop om klimascenarier, modeller og data

Mange af partnerne (kommunerne) i C2C CC er i 2019 rigtig godt i gang med opsætning af hydrauliske modeller, med henblik på at skabe overblik over risikobilledet for oversvømmelser. Her har arbejdet i C2 primært fokus på at videndele og lave sparring mellem de konkrete processer, der er igangsat. Specielt Gudenåen, Grenåens opland og Horsens By er i fokus, hvorfra erfaringer hentes ind i partnerskabet, heriblandt emner som hydraulisk modellering, borgerinddragelse, arbejde med merværdier i klimatilpasningen og konkrete løsninger til klimatilpasning ved vandløb. Mange af erfaringerne er i mange forskellige sammenhænge blevet præsenteret for det samlede partnerskab – bl.a. på diverse partnerskabsmøder. Sideløbende med dette arbejde deltog C2C CC aktivt i udviklingen af HIP og KAMP, som er screeningsværktøjer, der er udviklet af Styrelsen for

Dataforsyning og Infrastruktur (SDFE) og Danmarks Miljøportal. Disse værktøjer er tilgængelige og kan bruges af alle. Følgende konkrete aktiviteter blev igangsat:

- Juni 2019: Gudenåkomiteens temamøde om Gudenåen
- 2018 – 2020: Udvikling af HIP (Hydrologisk Informations og Prognose system) i samarbejde med SDFE m.fl.
- 2020 – 2021: Udvikling af KAMP (Klimatilpasning- og Arealanvendelsesværktøj til Miljø- og Planmedarbejdere) i samarbejde med Danmarks Miljøportal m.fl.
- Oktober 2020: Workshop om, hvad sker der når den ådalsnære natur oversvømmes
- Maj 2022: Studietur til Belgien. Besøg hos Flanders Hydraulics Research Centre og Det Regionale krisecenter i Vallonien
- Maj 2022: Workshop om klimatilpasning af store oplande - erfaringsopsamling

3 Udfordringer og risikovurdering

3.1 Udfordringer med oversvømmelser

Oversvømmelser fra vandløb kan have forskellig karakter alt efter, om der er tale om et stort eller lille opland, om vandløbet har stort eller lille fald og hvordan de fysiske forhold er i og omkring vandløbet m.v. Denne kompleksitet gør, at der ikke bare er en fælles løsning på udfordringerne – alle vandløb skal behandles forskelligt, når det gælder klimatilpasning.

I små vandløb vil afstrømningen, og dermed faren for oversvømmelser, kunne påvirkes af skybrud, som er defineret ved, at der falder mere end 15 mm regn på ½ time. Et mindre vandløb har en mindre fysik og er derfor begrænset af, hvor mange m³ der kan løbe i profilet. Mindre vandløb kan også blive påvirket af længerevarende regn, som følgelig også kan forårsage oversvømmelser. Er faldforholdene samtidig store, som de typisk er på østkysten, så kan oversvømmelserne blive voldsomme, som det bl.a. ses ved Grejs Å i Vejle Kommune. Her oversvømmes Vejle by fra tid til anden ved større skybrud.

I større vandløb som Gudenåen og Storåen er påvirkningen af skybrud som oftest ikke så markant, da oplandene har en størrelse, hvor lokalt skybrud et sted i oplandet udjævnes i den store basisafstrømning, som vandløbene har. Længerevarende regn i efterårs- og vintersæsonen kan derimod have stor indflydelse, da den megen vand samles i de store oplande, hvormed alle reservoirer fyldes op, og bufferkapaciteten i oplandet forsvinder. Det kan skabe store og langvarige oversvømmelser.

I det følgende er beskrevet udfordringerne fra fire af delprojekterne, som er dem, der har tilføjet mest viden til emnet "Vandløb":

- C10 Grenåens opland
- C12 Gudenåen
- C13 Storå
- C14 Horsens By

3.1.1 C10 Grenåens opland

Grenåen har et samlet opland på 466 km², som må siges at være et stort opland for et vandløb, som kan samle rigtig meget vand i forskellige nedbørssituationer. En del af oplandet er pumpet, som led i

at holde landbrugsjord dyrkbart. Kolindsund pumpelag udgør alene 26,4 km², og har med sin beliggenhed helt op til Grenå by, en væsentlig betydning for afstrømningsdynamikken i Grenåen. I situationer med høj vandstand i Kattegat, kombineret med store afstrømninger fra Grenåens opland, opleves der oversvømmelser af Grenå by.

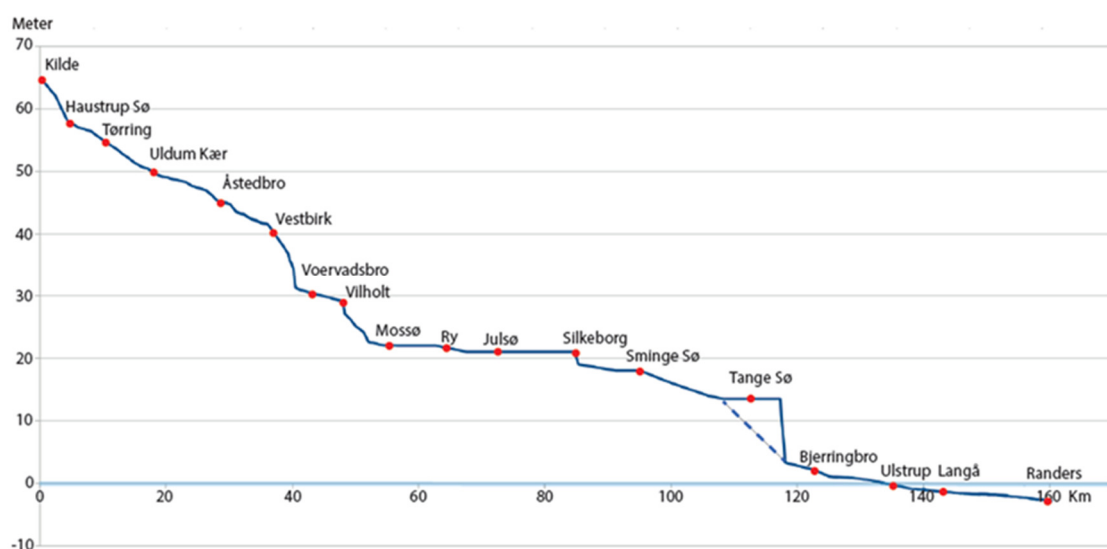
Med stigende nedbør og havspejlsstigninger i fremtiden vil denne situation kunne opstå oftere, hvilket vil være kritisk for bl.a. Grenå by og dyrkningsmulighederne i oplandet. Alene havvandsspejlsstigningen i Kattegat, i situationer med almindelige nedbørsforhold, vil også i fremtiden kunne påvirke muligheden for dyrkning i oplandet, da det kan blive svært for vandet i Grenåen at løbe ud ved gravitation til et fremtidig højere havniveau.

Saltvandsindtrængning i grundvandsmagasiner er også et emne, der har været i fokus, da pumpningen i Kolindsund, med stigende havvandsspejl, kan resultere i, at der trænger saltvand ind i grundvandsmagasinet, som bl.a. Grenå by er afhængig af.

Alle de nævnte udfordringer er blevet analyseret gennem hydrauliske beregninger i MIKE11/MIKE SHE, og der er udarbejdet konsekvenskort for en lang række scenarier, som bringer lys over de nuværende udfordringer og hvad fremtiden bringer. For at gøre resultaterne lettere at kommunikere med politikere og borgere er alle data indlæst i værktøjet 3Di, som er kendt for sit visuelle præsentation af komplicerede beregninger.

3.1.2 C12 Gudenåen

Gudenåen er Danmarks længste vandløb på i alt 169 km. Det strækker sig fra sit udspring i Tinnets Krat i Hedensted til udløbet i Randers Fjord i Randers by. Der er stor forskel på, hvor mange udfordringer der er med oversvømmelser alt efter, hvor man befinder sig på Gudenåens strækning. På den øvre del er der ikke så mange udfordringer med oversvømmelse. Her er vandmængderne mindre og der er et større fald end tilfældet er længere nede i systemet. Som det ses af figur 2 flader Gudenåens fald ud ved Mossø, og vandmængderne er her væsentligt større – forhold, der giver grobund for flere oversvømmelser. Kommunerne Skanderborg, Silkeborg og Randers er således dem, der er mest berørt af oversvømmelser fra Gudenåen.



Figur 2 Faldforholdene for Gudenåen

Oversvømmelserne opleves ikke så meget i skybrudssituationer, som oftest forekommer i sommermånederne. Skybrud opstår som oftest i sommermånederne, hvor varm og fugtig luft ved vejrskifte kan danne store sorte skyer, der kan give markante mængder vand på kort tid. Da Gudenåens opland er meget stort kan et lokalt skybrud ikke nå at påvirke vandføringen, og dermed vandstanden, væsentligt. Det, der forårsager oversvømmelser, er situationer med længerevarende regn, som oftest falder i efterår og vinter. Gudenåens store opland kan her samle rigtig meget vand, og vandstanden kan blive kritisk for bygninger, infrastruktur og arealer, der benyttes til landbrugsmæssig drift.

I Gudenåen er der siden 2006 indvandret en vandremusling (Zebraemusling), der har forplantet sig i store dele af systemet. Muslingen filtrerer alger og andre små partikler så effektivt, at vandet bliver meget klart i Gudenåen. Det har den betydning, at solens stråler kan komme til bunden af vandløbet, hvilket giver en eksplosiv vækst af grøde. Store mængder af grøde bremser vandet i Gudenåen, hvilket igen betyder, at vandstanden selv ved middel sommervandføring står højt. Det har den konsekvens, at de arealer der tidligere har været anvendt til afgræsning og høstet ikke længere kan benyttes hertil, hvilket har betydning for landbruget og naturen langs Gudenåen – virkeligheden ændrer sig. Randers har særlige udfordringer i sammenløbet mellem Gudenåen og Randers Fjord. Er der høj vandstand i Randers Fjord forplanter det sig op gennem Gudenåen og kan skabe oversvømmelser i Randers By.

Hele Gudenåens forløb er blevet sat op i det hydrauliske beregningsværktøj MIKE11, med henblik på at få indblik i Gudenåens dynamik i forskellige nedbørssituationer, og dermed få et overblik over de risici, der er for oversvømmelser nu og i fremtiden. Modellen er ligeledes brugt til at regne på forskellige løsningsscenarier – grædeskæring, oprensning, forsinkelse i oplandet m.v.

3.1.3 C13 Storå

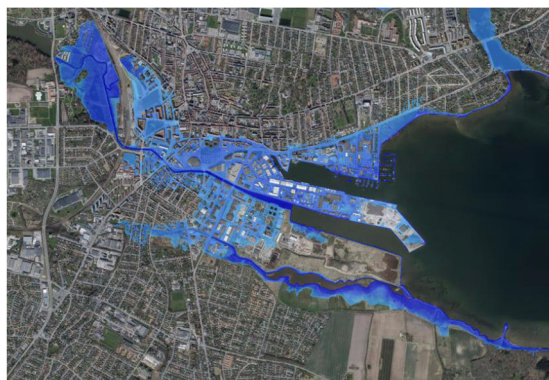
Storåen er Danmarks næstlængste vandløb på i alt 104 km. Den har sit udspring ved Gludsted Plantage sydøst for Ikast, hvor den bl.a. løber gennem Herning, Sunds og Holstebro inden den fortsætter ud i Nissum Fjord på Danmarks vestkyst.

Storåen har flere udfordringer til fælles med Gudenåen, hvor det er situationerne med længerevarende regn i efterårs- og sommermånederne, der giver udfordringer med oversvømmelser og højtstående grundvand. I de situationer er eksempelvis Herning by påvirket af de høje vandstande i Storå, som har svært ved at komme af med regnvand, vand fra byen og rensningsanlægget. I Holstebro opleves kraftige oversvømmelser af ejendomme, kolonihavehuse og infrastruktur i en sådan grad, at det er sat højt på dagsordenen i kommunen, og en løsning er undervejs.

3.1.4 C14 Horsens by

Gennem Horsens by løber Bygholm Å og Dagnæs Bæk, som fra tid til anden er en udfordring i forhold til håndtering af vand. Bygholm Å er fra sin start ved Klaks Mølle til sit udløb i Horsens Fjord 16 km lang. Ved Klaks Mølle får den tilløb af Gesager Å og Møllebæk. Dagnæs Bæk er et mindre vandløb med en længde på 1,3 km.

Horsens By er særligt udfordret i situationer med høj vandstand i Horsens Fjord, kombineret med store afstrømninger igennem byen fra Bygholm Å og Dagnæs Bæk. Vandstanden i fjorden har mulighed for at forplante sig ind i byen gennem de to vandløb, hvilket er med til at forværre situationen i forhold til oversvømmelser. Oversvømmelserne kan også ske direkte fra vandløbene under skybrud, hvilket indtraf i 2016, som det ses af foto 1 herunder.



Figur 3 Graden af oversvømmelser i Horsens By ved en vandstand i kote 2,6 m i fjorden



Foto 1 Skybrud i juni 2016 i Horsens By

For at få et overblik over de nuværende og fremtidige forhold omkring vandhåndtering i Horsens By, er der opstillet en hydraulisk model i MIKE11 for hele oplandet og Horsens By. SAMN Forsyning havde gennem flere år arbejdet med en hydraulisk model for Horsens By, som led i planlægning af regnvandshåndteringen i byen. Denne model er der arbejdet videre med i regi af C2C CC, og den er nu

koblet med en oplandsmodel for vandløbene Bygholm Å og Dagnæs Bæk, så der nu er en samlet forståelse af dynamikken i hele systemet.

4 Værktøjer og beregninger

I C2 er der arbejdet intenst med formidling og erfaringsudveksling omkring værktøjer, da det er en væsentlig forudsætning for partnerskabet at få gennemført valide risikoanalyser, som fundament til at finde de rette løsninger på vandudfordringerne.

Det kan være en udfordring for partnerskabet at finde de rette værktøjer til det rette planlægningsmæssige niveau. Eftersom partnerskabet som oftest benytter sig af eksterne rådgivere til lignende opgaver, er der ikke altid den fornødne viden til stede, når der skal vælges de rette værktøjer.

I det følgende er beskrevet, hvordan der i C2 har været arbejdet med de forskellige værktøjer og hvilke erfaringer det har givet.

4.1 Det udviklede SCALGO Live

Tidligt i forløbet af C2C CC blev det valgt, at hele setuppet omkring det at lave et fælles værktøj til partnerskabet, som kunne bruges til screeningsarbejdet på risikokortlægningen, skulle laves i et samarbejde med SCALGO. Det terrænnære grundvand var den eneste del af vandkredsløbet, der ikke var mulighed for at få data på gennem SCALGO Live, hvilket der således blev valgt at gennemføre.

Der blev lavet en aftale med SALGO om, at alle partnere og støttende aktører i C2C CC projektet kunne bruge SCALGO til deres screeningsarbejde. I en statistik fra 2020 viste tallene, at der var 60-90 brugere på SCALGO Live hver måned inden for partnerskabet. Partnerskabet anvender værktøjet i mange situationer, hvor der skal vurderes på risici og løsninger på klimatilpasningsudfordringer. SCALGO Live er et meget intuitivt værktøj, hvor stort set alle har mulighed for at skabe sig et hurtigt overblik over en given hændelse (nedbør, afstrømning m.v.) og hvilke konsekvenser den har.

Når C2C CC med udgangen af 2022 er afsluttet skal partnerskabet og andre, der er kommet på gennem projektet, selv betale for produktet.

4.2 MIKE produkterne

MIKE produkterne (udviklet af DHI – Dansk Hydraulisk Institut) er dynamiske hydrauliske værktøjer, der regner vandføringer over tid, hvilket gør at systemet medregner opbygningen og afvikling af volumener. Det er særligt værdifuldt, når man har brug for at kende dynamikken i et vandsystem, eksempelvis hvordan en sø bliver fyldt op af en ekstraordinær afstrømning og afviklet igen ved faldende vandføring.

Kendetegnende ved MIKE produkterne er, at brugerne skal have ekspertviden inden for hydraulik/hydrologi for at kunne betjene værktøjerne. Det gør, at partnerne har behov for at hyre eksterne rådgivere ind til at gennemføre beregningerne og kun har ringe indsigt i, hvordan resultaterne af beregningerne er fremkommet. Når modellen er færdig og leveret, er det kun de

færreste partnere, der vil kunne bruge modellen efterfølgende i arbejdet med at finde klimatilpasningsløsninger (scenarieberegninger).

I første halvdel af 2019 afholdte C2C CC to workshops, der satte fokus på bl.a. brugen af MIKE produkterne og hvilke data, der skal anvendes i arbejdet hermed.

I nedenstående C2C CC projekter er MIKE produkterne valgt som værktøjer i forbindelse med risikokortlægningen og efterfølgende beregning af mulige virkemidler.

4.2.1 Gudenåen

Hele Gudenåen er blevet sat op i MIKE11, da man ønskede en model, der kunne illustrere dynamikken i systemer med de indskudte søer og stemmeværker. Efterfølgende skulle modellen danne grundlag for at finde løsninger på klimaudfordringerne og se effekten af forskellige virkemidler, herunder hvordan kommunerne påvirker hinanden vandstandsmæssigt. Desuden blev der indbygget en varslingsmodel i modellen.

Opsætningen af modellen har været meget kompliceret og taget meget tid. I udbuddet af modellen var der sat en tidsfrist på 9 måneder fra kontraktunderskrivelse, som var i marts 2018, hvilket vil sige, at modellen skulle have ligget færdig i december 2018. Den blev først endeligt afleveret februar 2020 – altså mere end et år forsinket. Årsagen til forsinkelsen var hovedsageligt, at den var mere kompliceret at sætte op end forventet. De indskudte søer og drift af stemmeværkerne gjorde det svært at få modellen til at passe på de faktiske målinger, der registreres løbende fra vandløbsstrækningens målestationer.

Manglende ekspertviden i partnerskabsgruppen på værktøjet gjorde det endvidere svært at føre dialogen med den eksterne rådgiver på opgaven, hvilket gjorde det nødvendigt at hyre en bygherrerådgiver til at styre færdiggørelsen af modellen.

Læringen i Gudenåprojektet er, at det skal overvejes nøje, hvilket beregningsniveau (værktøj) der skal indsættes i den tidlige planlægningsfase, hvor emner som dialog med politikere og borgere, samt rammerne for god klimatilpasning, er yderligere vigtige elementer at tage fat på. Men disse elementer blev langt hen af vejen sat i bero, for at afvente resultaterne fra modellen.

Man kunne i stedet have overvejet at trække på de mange beregninger, der gennem tiden har været udført på Gudenåen, og kendskabet til de oversvømmelseshændelser, der er hændt i tiden før projektet. Dette ville have været væsentligt billigere, givet mulighed for igangsættelse af dialogprocessen og havde skabt væsentlig færre frustrationer i hele processen omkring klimatilpasningen.

4.2.2 Horsens By

I arbejdet med afdækningen af de hydrauliske forhold omkring Horsens By blev der tidligt i processen truffet en væsentlig beslutning for det videre forløb i beregningsarbejdet. Det konsulentfirma, der gennem flere år har kortlagt hydraulikken for byen, i samarbejde med SAMN Forsyning, valgte Horsens Kommune at køre videre med i arbejdet med klimatilpasningen. Det gav den klare fordel, at

kommunen i beregningsarbejdet til klimatilpasningen kunne trække på årelang erfaring og detailindsigt.

Samme firma koblede en oplandsmodel på for Bygholm Å og Dagnæs Bæk og sikrede derved den rette kobling i modelarbejdet.

Horsens Kommune/SAMN Forsyning har nu en fælles model i MIKE Flod/MIKE 11, som de kan bruge i det videre arbejde med klimatilpasningen af byen. De kalder selv modellen for deres DNA i forhold til vandhåndteringen i byen.

4.2.3 Grenåens opland

Som beskrevet i afsnit 3.1.1 om udfordringerne i Grenåens opland er de hydrauliske forhold her ret komplicerede, hvor mange forskellige forhold i og uden for oplandet har indflydelse på vandstandsforholdene, nu og i fremtiden.

Da man fra Syddjurs og Norddjurs kommunernes side synes, at opgaven var vanskelig at definere på forhånd, valgte man en løsning med en postdoc, der skulle gennemføre beregningerne i en tæt dialog med de to kommuner samt med GEUS som sparringspartner. MIKE11 (for vandløb) og MIKE SHE (for grundvand) blev valgt som de to værktøjer, der skulle bruges i afdækningen af dynamikken i oplandet.

Kombinationen af manglende viden om klimatilpasning og MIKE værktøjerne fra postdoc'ens side, tid til samling af data og oplandets hydrauliske kompleksitet gjorde det svært at få processen gjort effektiv, hvilket betød forsinkelse af beregningsarbejdet på mere end 1 år.

Kompleksiteten i hydraulikken gjorde det nærliggende at ønske alt beregnet, hvilket ikke var muligt inden for projektets tidsplan. Der skulle derfor træffes beslutninger om, hvilke kombinerede hændelser med hav, afstrømning, pumpelag m.v., der skulle belyses, og det viste sig at blive en vanskelig sag at afgøre. Det resulterede i en beslutning om, at der skulle afholdes møde hver uge i beregningsgruppen, hvilket satte gang i beslutningerne og dermed beregningsarbejdet.

Der er nu skabt et overblik over dynamikken i Grenåens opland, som kan bruges i den videre dialog med følgegruppe, styregruppe og politikere. Det har ikke været befordrende for processen, at beregningsarbejdet har udsat dialogen omkring klimatilpasning i Grenåens opland med mere end 1 år. Læringen må følges være, som beskrevet for Gudenåprojektet, at man i højere grad burde have indledt drøftelserne med alle interessenterne og herigennem fundet ind til, hvad der var mest interessant at få afdækket beregningsmæssigt. En dialog, der kunne være igangsat på eksisterende viden.

4.3 3Di

Undersøgelse og arbejdet med 3Di udsprang af Lemvig Kommunes ønske om selv at kunne gennemføre scenarieberegninger i et værktøj, så der ikke altid var behov for at konsultere konsulenter for at få gennemført supplerende beregninger.

I et samarbejde med Lemvig Kommune blev der derfor igangsat en undersøgelse af værktøjet 3Di, som oprindeligt er udviklet på Delft Teknologiske Universitet, og senere er videreudviklet af Ingeniørfirmet Nelen & Schuurmans fra Utrecht.

I første halvdel af 2018 var partnerskabet i Utrecht for at se værktøjet demonstreret. Værktøjet kan på flere områder sammenlignes med MIKE produkterne på den måde, at de regner dynamisk over tid, så de kan beregne opbygningen og afvikling af volumener. Efterfølgende er der afholdt flere kurser i produktet, hvor interesserede fra partnerskabet og flere eksterne konsulenter har deltaget.

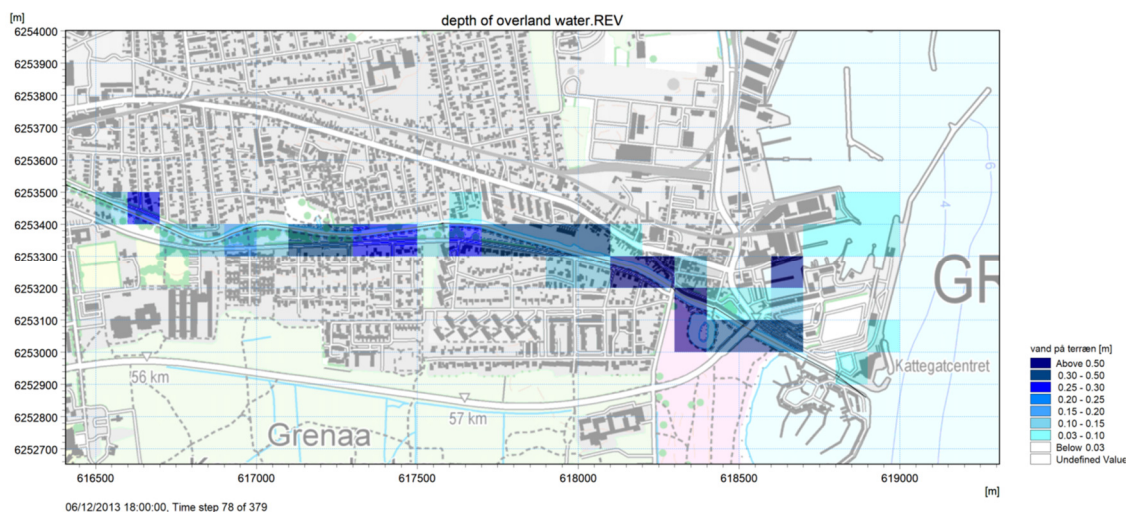
Det er muligt for de fleste med kendskab til GIS at opsætte beregninger selv. Når modellen er opsat, er det muligt at ændre regnhændelser, tænde og slukke for pumper og bygge dæmninger m.v., og således se resultaterne heraf. Beregningerne kan ses visuelt over tid, og kan således give et overblik over, hvor der sker oversvømmelser ved forskellige hændelser. WSP (tidligere Orbicon) har lavet en sammenligning af 3Di og MIKE, med henblik på at kunne sammenligne brugen af de to produkter. Sammenligningen kan ses [her](#).

I flere af C2C CC projekterne er 3Di produktet valgt som værktøj, i forbindelse med risikokortlægningen og efterfølgende beregning af mulige virkemidler. Værktøjet er anvendt i C15 Klimatilpasning i Hedensted og Tørring, C17 Thyborøn By og Havn og C10 Grenåens opland. C10 er således det eneste vandløbsopland, hvor værktøjet er brugt, og erfaringerne er beskrevet herunder.

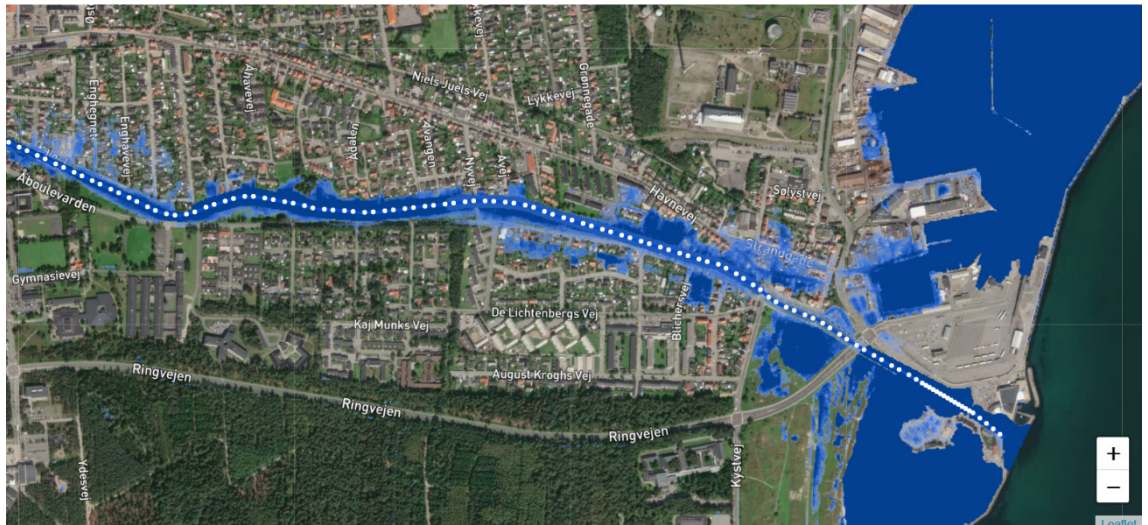
4.3.1 C10 Grenåens opland

Som beskrevet i afsnit 4.2.3 har udgangspunktet for beregningerne i Grenåens opland taget udgangspunkt i MIKE11/MIKE SHE/MIKE Hydro. I slutfasen af beregningsarbejdet blev det besluttet at koble 3Di på projektet, da det er mulighed for at læse MIKE data direkte ind i programmet, og dermed spare en masse tid på opsætning.

Det der er opnået herved er, at der kan vises simuleringer af forskellige hændelser visuelt på en let tilgængelig måde, hvor beregningstætheden er i et grid på 0,4 x 0,4 m. 1 times simulering kan vises på 2 minutter i 3Di, hvilket giver mulighed for at skabe sig et hurtigt overblik, og det giver samtidig let mulighed for at formidle resultater til politikere og borgere m.fl.



Figur 4 Simulering af stormflodshændelse i MIKE SHE/Hydro



Figur 5 Samme simulering som ovenfor af stormflodshændelse i 3Di

På C2C CC workshop i maj 2022 om store oplande fortalte Eva Sebök om erfaringerne med 3Di, og opsatte følgende punkter med fordele og ulemper ved programmet:

Fordele

- Beskriver oversvømmelser ned til højdemodellens rumlige skala (ned til 0.4 m)
- Udmærket visualisering – mindre modeller kan køres live, simple ændringer i modellen kan laves mens den køres
- Resultater vises også direkte
- Kan bruges som et screeningsværktøj til nøjagtig udarbejdelse af beredskabsplan
- LIVE modeller - nemme at bruge, også for lægfolk
- Super nemt at ændre topografi (lave diger)
- Kloaksystemet kan kobles på
- Alle model input er i GIS format
- Simple resultater i .csv format
- Relativ hurtigt at bygge modellen op

Ulemper

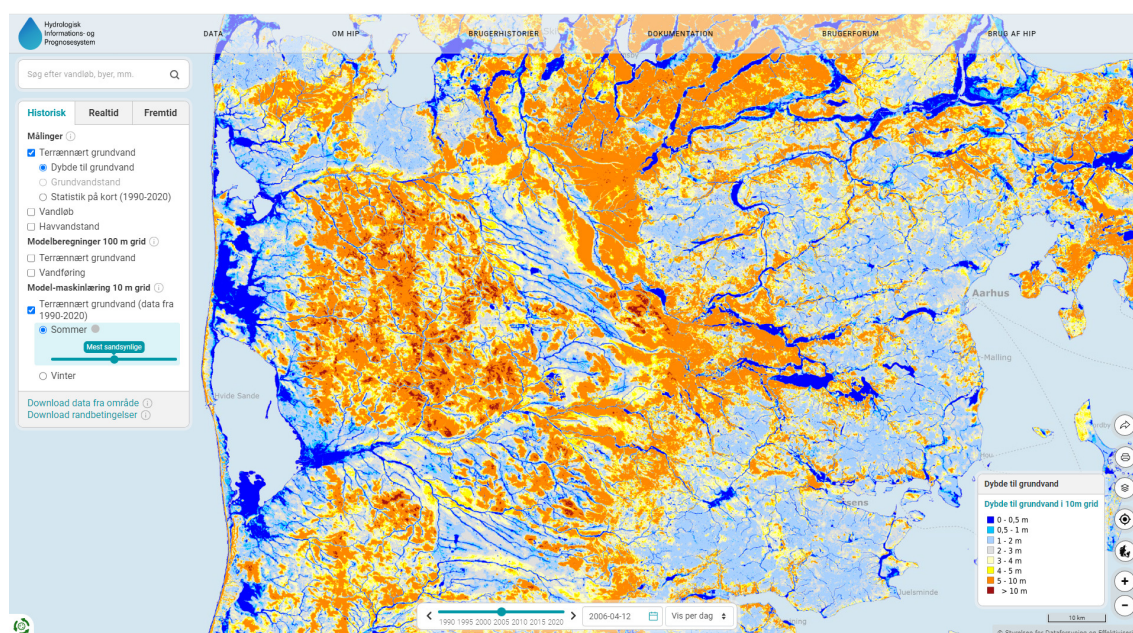
- Giver ikke troværdige oplysninger om grundvand, problem med grundvandsdominerede oplande
- Beskrivelse af overflade delen føles mindre grundig
- Modeludvikling i QGIS er mindre overskuelig
- Oplandsmodeller kan ikke køres LIVE
- Videoer og skærbilleder skal gemmes separat

4.4 HIP og KAMP

SDFE (Styrelsen for Dataforsyning og Effektivisering) startede i slutningen af 2018 udviklingen af værktøjet HIP (Hydrologisk Informations- og Prognosesystem), som en hjælp til kommunerne i deres risikokortlægning og klimatilpasningsarbejde. I HIP kan der ses historiske og fremtidige data for vandløb (fysiske data og for afstrømning), terrænnære grundvand (dybde i meter under terræn) og havvandstanden. Alle data kan downloades og bruges i mange forskellige sammenhænge.

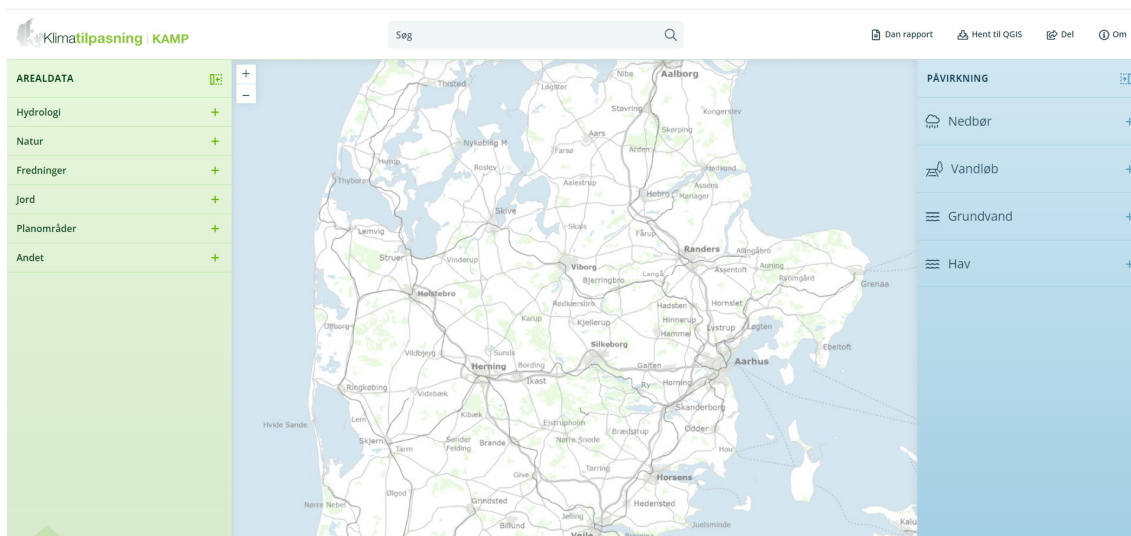
I hele forløbet af udviklingen har Region Midtjylland gennem C2C CC projektet bidraget med viden og drøftelser i følgegruppen, der blev oprettet som en del af udviklingsprojektet. Det var specielt erfaringerne omkring det terrænnære grundvand, der blev trukket på i udviklingsarbejdet, da der i C2C CC regi forinden var udviklet et værktøj med fokus på kortlægning af det terrænnære grundvand, hvor metoden machine learning blev anvendt.

HIP var færdig til brug i januar 2021, hvor kommuner og alle med interesse for vand og klimatilpasning kunne bruge værktøjet. Værktøjet kan tilgås på: hip.dataforsyningen.dk.



Figur 6 Skærmdump af programmet HIP

I kølvandet på HIP gik udviklingen af KAMP (Klimatilpasning- og Arealanvendelsesværktøj til Miljø- og Planmedarbejdere) i gang, med Danmarks Miljøportal ved roret. Meningen med KAMP var at bearbejde og udstille flere data bl.a. fra HIP i et brugervenligt værktøj til kommuner, forsyninger m.fl. med interesse for vand og klimatilpasning. I værktøjet kan bearbejdede data for nedbør, vandløb, grundvand og hav præsenteres.



Figur 7 Skærm dump af programmet KAMP

Region Midtjylland, i regi af C2C CC, har deltaget i udviklingen af værktøjet, og har i den forbindelse siddet med i styregruppen. KAMP blev frigivet til brug i 2021 og kan nu tilgås på Klimatilpasning.dk's hjemmeside: kamp.klimatilpasning.dk.

5 Borgere og interessenter

Et andet vigtigt emne i arbejdet med vandløb og klimatilpasning er dialogen med borgere og interessenter om udfordringer og løsninger. I C2C CC har dette emne været meget i fokus, da det er et væsentligt element i at lykkes med klimatilpasning samt få så meget ud af anstrengelserne som muligt, både for borgere og de direkte involveredes skyld.

Connective Negotiation er en forhandlingsmetode, som er udviklet af firmaet P2 i Holland, som bl.a. bygger på at arbejdet med projekter tager udgangspunkt i de involveredes interesser og ikke standpunkter, at man forsøger at gøre den "kage", der skal deles så stor som mulig, så alle føler, de får noget ud af at være med i projektet.

Det vandløbsopland, hvor der er arbejdet mest med dialogen med borger og interessenter er i C12 Gudenåprojektet, hvor viden efterfølgende er delt med det øvrige partnerskab. Som en start på den del af processen blev der for Gudenåens opland lavet en kortlægning af samtlige interessenter, der kunne have en mening og interesse omkring Gudenåen og de udfordringer der opleves med ændrede vandstandsforhold.

Ud fra kortlægningen blev der igangsat en interviewrunde blandt alle interessenter for at få en forståelse for, hvordan de oplever Gudenåen med de forandringer der sker ud fra de enkeltes interesser og perspektiv. Resultatet af undersøgelsen kan findes [her](#).

Efterfølgende blev der afholdt fire workshops med udvalgte grupper af interessenter, som blev kørt virtuelt pga. Coronapandemien. Formålet med de fire workshops var at få en dybere indsigt i udfordringerne langs Gudenåen og finde ud af, hvor der var ens og modstridende interesser. Resultatet af dialogen kan ses på C2C CC hjemmeside [her](#).

Resultaterne fra dialogen og interviewundersøgelsen blev brugt i udarbejdelsen af Helhedsplanen for Gudenåen, som har mere karakter af et mulighedskatalog. Der blev også igangsat supplerende undersøgelser for at få mere viden omkring de tvivlsspørgsmål, der fremkom under dialogen.

Processer med borgere og interessenter tager tid, og i regi af C2C CC stoppede den for Gudenåens vedkommende med Helhedsplanens tilblivelse. I det videre arbejde med Helhedsplanen er det selvfølgelig nødvendig at genoptage dialogen, så de løsninger der findes, får så stor lokal rod fæste og ejerskab som muligt.

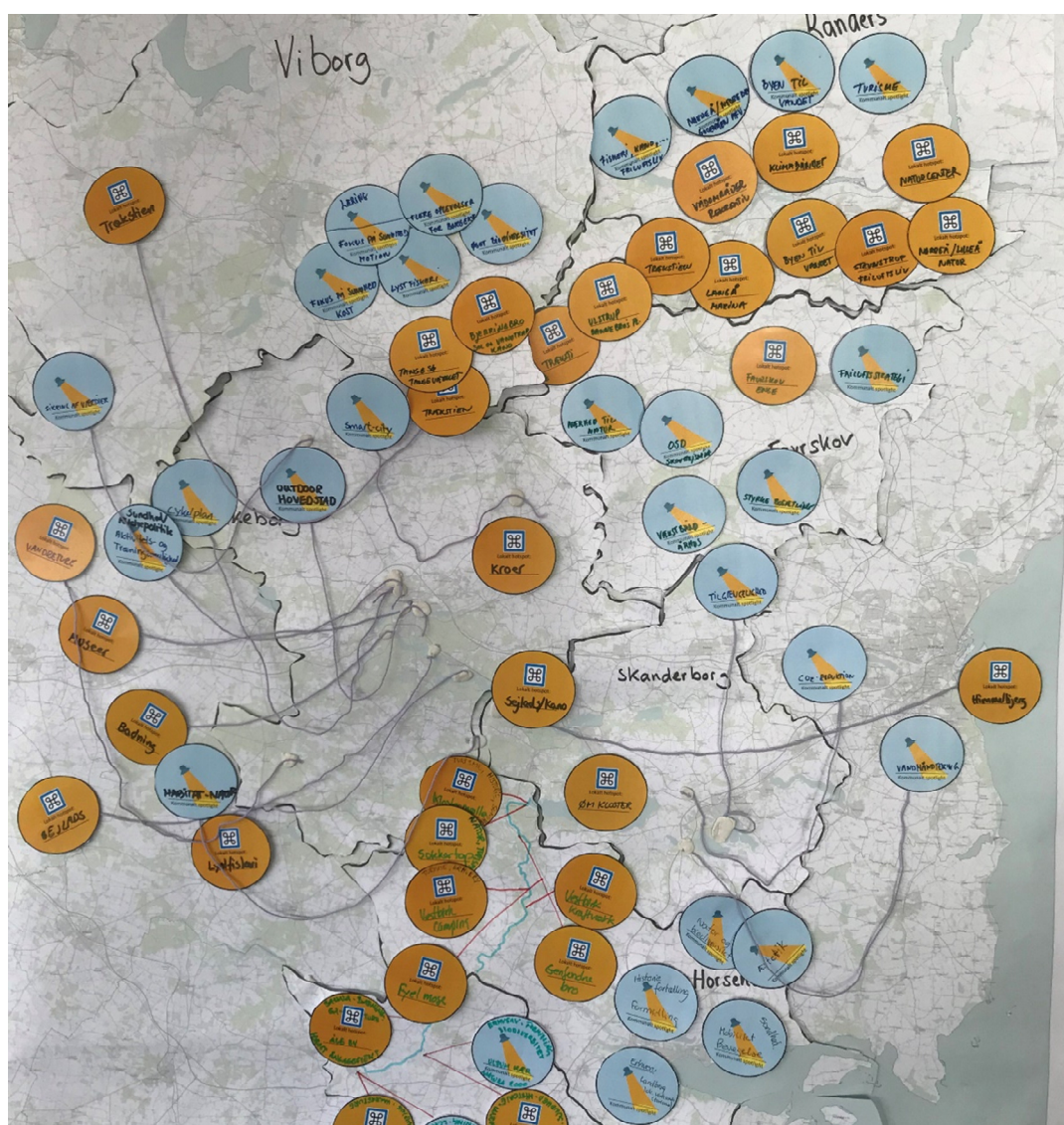
I strategiarbejdet med Nørreå i Favrskov, Viborg og Randers Kommuner er det værd at skele til det videre arbejde med borgerdialogen. Borgerne og lodsejere har her været direkte involveret i udarbejdelse af en regional landskabsstrategi, som har skabt indsigt og ejerskab for de involverede. Strategien kan ses her: <https://viborg.dk/media/fgaioicl/noerreadalens-fremtid-regional.pdf>.

Miriam Jensen, der løbende har været involveret i C2C CC projektet, er i øjeblikket i gang med en ph.d., som omhandler konflikthåndtering i klimatilpasning. Hun bruger Gudenåen som case og har i den forbindelse afholdt tre workshops med fokus på samarbejde og interessenters bidrag til projektet. Fokusemnerne var Gudenåens historie med de ændringer, der er sket gennem årene, Interessenternes interesse og idégenerering omkring ønsker til løsninger. Materialet fra de tre workshops kan ses [her](#).

6 Løsninger og merværdier

Et andet fokusområde i C2C CC er merværdier i klimatilpasning, hvilket i den grad også er værd at være opmærksom på, når det gælder klimatilpasning af vandløb. I og ved vandløb er der en masse natur, der skal passes på, og gerne fremmes. Der er som oftest rekreative interesser i og langs vandløb, nærhed til vandløb der udnyttes til erhvervsmæssige formål m.v. Alt sammen elementer som kan/skal tænkes ind, når der skal findes klimatilpasningsløsninger i og ved vandløb.

I regi af C2C CC afholdte Aalborg Universitet masterclass i merværdiskabelse i perioden 2019-2020. Her var det muligt for alle delprojekter at deltage, og gennem egne projekter blive klog på, hvordan det er muligt at få afdækket og håndteret merværdier i klimatilpasningsprojekter. Gudenåprojektet var meget aktiv i masterclassen og formåede at få afdækket mange tænkelige værdier langs med Gudenåen, der kunne/skulle tages med i betragtningen, når der skal findes klimatilpasningsløsninger for Gudenåen.



Figur 8 Kortlægning af potentielle merværdier langs Gudenåen

7 Lovgivningsmæssige udfordringer

Det er ikke helt ukompliceret at arbejde med klimatilpasning i og ved vandløb. Mange kommuner oplever et pres fra specielt landbruget om at vandløb skal klimatilpasses, så deres fysik passer til de klimaforandringer vi oplever. Som det er i dag styres vedligeholdelsen af vandløb efter de gældende regulativer, hvoraf mange kan være udarbejdet 10-20 år tilbage i tiden, eller længere.

I 2017 var Region Midtjylland, i regi af C2C CC, med i et ekspertudvalg, der skulle se på mulighederne for at ændre vandløbsforvaltningen på en måde, så klimaforandringerne tænkes med ind i arbejdet. I udvalget blev der bl.a. set på mulighederne for en anden opdeling af vandløb, hvor man i højere grad skelede til, hvilke interesser der var knyttet til de enkelte vandløb. Var det mest afvandingsmæssige formål vandløbet havde, kunne der gælde nogen mere lempelige vilkår, og var det mest naturinteresser, kunne det være andre mere naturbevarende hensyn, der skulle tages. En rapport fra "Ekspertudvalget til ændret vandløbsforvaltning" kan læses i sin helhed her:

https://mfvm.dk/fileadmin/user_upload/MFVM/Ekspertudvalget_rapport.pdf.

Rapporten skulle danne baggrund for et arbejde med ændring af vandløbsloven, hvor klimatilpasning var tænkt ind. Der er endnu ikke lavet ændringer i lovgivningen, som følge af ekspertudvalgets anbefalinger.

En anden udfordring ved klimatilpasning i og ved vandløb er den eksisterende naturbeskyttelse. Ifølge Naturbeskyttelses loven §3 og vilkårene for NATURA2000 områder er det ikke umiddelbart tilladt at påvirke den eksisterende natur og det grundlag, som området er udpeget efter. Det kan give gevaldige udfordringer ved etablering af klimatilpasningsanlæg/tiltag.

I mange klimatilpasningsprojekter arbejdes der med at forsinke vandet i oplandet for at forhindre oversvømmelser længere ned i systemet, specielt hvis der ligger bebyggelse nedstrøms. Ved forsinkelsen vil der akkumuleres vand opstrøms i systemet, hvilket indbefatter oversvømmelser af lavtliggende områder. Naturen og de sårbare arter, der ikke tåler næringsberigelse, er ofte beliggende i disse lave områder, og det er netop det, der strider mod lovgivningen om at oversvømme disse områder med næringsholdig vand.

1. december 2020 blev der i regi af C2C CC afholdt en temadag om emnet, hvor der blev set på lovgivningen og forskellige cases, hvor der var blevet arbejdet med problemstillingen. Der blev også præsenteret forskningsresultater på området. Rapporten om emnet, der blev lavet på baggrund af temadagen kan ses på C2C CC hjemmeside:

https://www.c2ccc.eu/siteassets/c2ccc/delprojekterne/tvargaende-kapacitetsopbyggende/c2---vandlob/konsekvenserne-af-oversvommet-sarbar-adalsnatur_c2c-cc.pdf

8 Fremtidens udvikling og muligheder

Udfordringerne med øget nedbør, og dermed øget afstrømning i vandløbene, vil indiskutabelt stige i fremtiden, og de beskrevne udfordringer vil forværres.

Lovgivningsmæssigt vil der være behov for at tilpasse Vandløbsloven og andre lovgivninger, så de afspejler og kan håndtere den virkelighed, vi ser ind i med ændrede klimaforhold og den nødvendige tilpasning, der skal gennemføres. Alternativt vil kommunerne, der forvalter Vandløbsloven, komme på en større og større opgave i forvaltningen af de store vandmængder, og i flere situationer stå over for en umulig opgave.

I de seneste år er der kommet flere og flere ordninger, der har med forvaltning af det åbne land at gøre. Klima-lavbundsprojekter, Multifunktionel Jordfordeling, helhedsprojekter for vandløb, kvælstof- og fosforprojekter er bare fire eksempler på projekttyper, hvor det er muligt at gennemføres projekter i lave områder. Det er projekttyper, der giver mulighed for at tænke vandet ind og skabe forsinkelser ved etablering af naturlig hydrologi og/eller skabelse af plads til vandet, hvor det nu ønsker at være. Vand der kan være med til at skabe mere natur og oplevelser for borgerne.

Mennesker, dyr og planter elsker vand og det at opholde sig i dets nærhed. Gennem klimatilpasningsprojekter er det muligt at få vandet frem på overfladen, hvor alle individer kan få glæde af det. Der er ikke megen værdi i rørlagte vandløb.

9 anbefalinger

Det er altid svært at komme med anbefalinger, da hvert projekt/opgave inden for klimatilpasning har sin egen proces. Men i det følgende er alligevel opstillet en række anbefalinger, der bygger på C2C CC's rejse gennem emnet klimatilpasning af vandløb:

- Gør meget ud af at drøfte processen for den klimatilpasningsopgave, der skal sætte i gang og få afgjort, hvem der skal involveres hvornår. I flere projekter i C2C CC er der oplevet manglende ejerskab undervejs i forløbet. Det kan være fra ledelse eller politikere, der har været for langt væk fra processen, og som træffer beslutninger, der ikke er i tråd med projektets formål/hensigt.
- Vælg værktøjer og graden af beregninger til kortlægning af risikovurderingen med kritisk omhu. I flere af C2C CC delprojekterne har kortlægningen af risikobilledet taget rigtig lang tid, da det dels har været en udfordring at opsætte store modeller, og der er opstået misforståelser om, hvad der præcist skulle leveres. Dette har trukket arbejdet i langdrag. Ventetiden har betydet mistet fokus og momentum i projektet. I mange tilfælde ligger der allerede grundstenene til at kunne vurdere risikobilledet gennem tidligere gennemførte beregninger og vurderinger. I første omgang er der kun brug for et groft billede af problemstillingen i en grad, så det kan formidles til beslutningstagere i kommuner, forsyninger og over for andre interessenter, der skal involveres i drøftelsen af projektet. I gennem disse drøftelser afdækkes netop, hvad det der fremadrettet skal regnes på. Vi kalder det i C2C CC regi for "fælles fakta udredning".

-
- Tag borgere og interessenter med på rejsen fra starten, og lad dem blive en del af processen med fuld indsigt i, hvad der sker i maskinrummet. De skal kunne se mellemregninger, følge med i tanker og idéer, selv have mulighed for at komme med input og reelt have indflydelse på de beslutninger, der træffes.
 - Arbejd med merværdier tidligt i processen. Ved at brainstorme på merværdierne sammen med de involverede i projektet, kommer man fra starten af til at se på nuancerede løsninger, der kan løse mange ønsker og udfordringer i samme investering.
 - Brug naturbaserede løsninger, der arbejder med vandet, og ikke imod. I disse løsninger er der som oftest også en gevinst for naturen, og dermed oplevelser for beboer og besøgende. Det er også oftest disse løsninger, der er mest bæredygtige og som kræver mindst energi i etableringen.
 - Husk at vand kender ingen grænser, og det er derfor vigtigt i mange tilfælde at se på hele oplandet, når der skal findes de rette klimatilpasningsløsninger. Løsninger på en udfordring med vand i en kommune kan måske ligge i nabokommunen. Etableringen af det rette tværkommunale samarbejde fra starten er et vigtigt element til succes.
 - Lovgivningen på vandområdet for det åbne land tager ikke højde for de klimaændringer, vi står over for, og det er en kæmpe udfordring for kommunerne. Mere vand i vandløbene skaber oversvømmelser og naturtilstanden i og langs vandløbene ændres herved. I mange tilfælde ønskes vand tilbageholdt i oplandet, for at træge afstrømningen, og derved skåne nedstrøms liggende bebyggelser. Hvordan skal det håndteres, når man herved påvirker beskyttet natur? En lang række af komplekser vil komme til, i takt med stigende afstrømninger, og tørke for den sags skyld, som bør afspejles i en tilpasset lovgivning, der gør det muligt at agere hensigtsmæssigt.

