

JUNI 2019
KLIKOVAND

OVERBLIK OVER SAMT ANALYSE AF HYDRAULISKE DATA FOR VÆREBRO Å OPLANDET

RAPPORT



JUNI 2019
KLIKOVAND

OVERBLIK OVER SAMT ANALYSE AF HYDRAULISKE DATA FOR VÆREBRO Å OPLANDET

RAPPORT

PROJEKTNR.

A120211

DOKUMENTNR.

A120211-020

VERSION

3.0

UDGIVELSESDATO

18. juni 2019

BESKRIVELSE

UDARBEJDET

LSFV/JIJ

KONTROLLERET

BOC

GODKENDT

JIJ

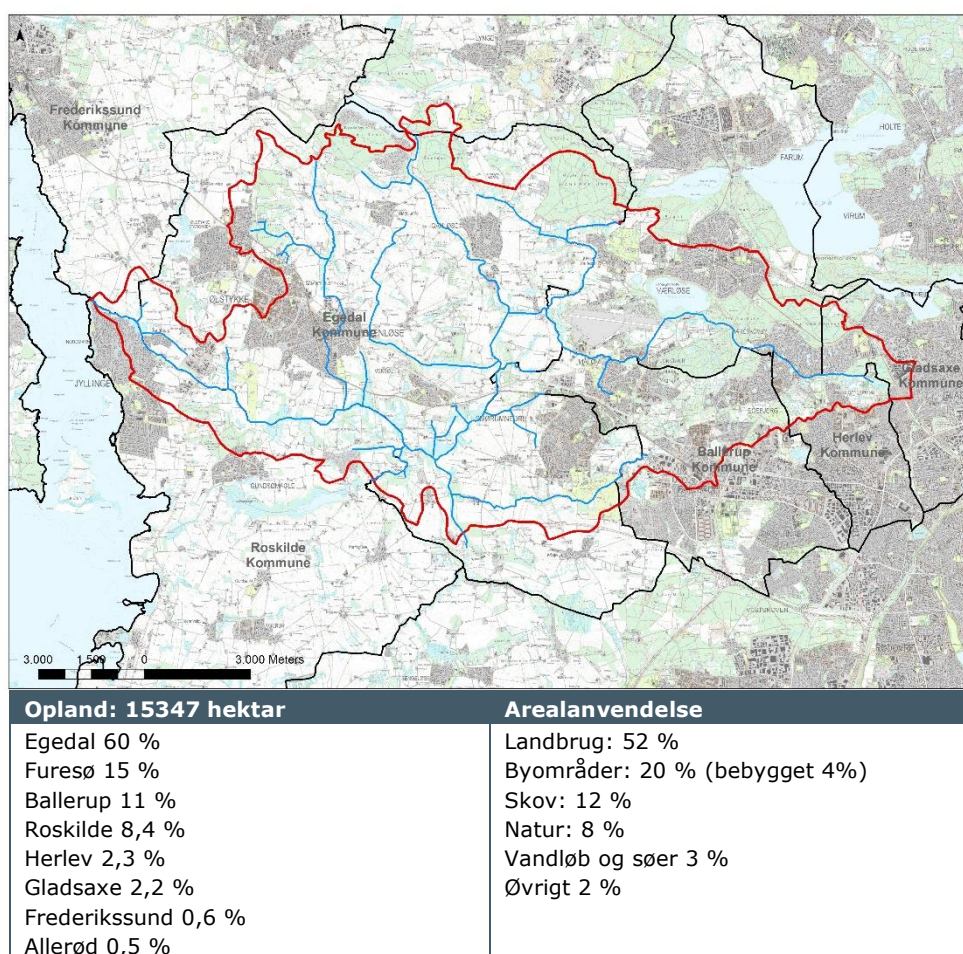
INDHOLD

1	Indledning	7
2	Datakatalog	9
3	Vurdering af datakvalitet	11
3.1	Målinger	11
3.2	Fysiske data	12
3.3	Modeller	12
3.4	Viden	12
3.5	Planlægning	13
3.6	Samlet evaluering af datagrundlag	13
4	Oplæg til opbygning og indhold af fremtidig model	14
4.1	Mulige modelværktøjer	14
4.2	Fordele og ulemper ved de forskellige programmer	17
5	Anbefaling til opsætning af hydraulisk model	18

1 Indledning

KLIKOVAND har i samarbejde med Novafos, HOFOR, Ballerup, Egedal, Furesø, Frederikssund, Gladsaxe, Herlev og Roskilde Kommune iværksat dette projekt, hvis formål der er at indsamle og evaluere data for Værebros Å-oplandet samt give et bud på, hvordan ønskerne til en fælles fremtidig hydraulisk model kan formuleres.

I Værebros Å-oplandet er der i alt 87 km vandløb, hvoraf Værebros Å udgør de 19 km. Over halvdelen af oplandsarealet anvendes i dag til landbrug (Figur 1).



Figur 1 Oversigtskort over opland til Værebros Å samt nøgletal for oplandet

Projektet udgør det tekniske spor i det overordnede projekt: "Værebros Å, vandoplandsbaseret samarbejde på tværs af kommunegrænser", som er et samarbejde mellem 7 kommuner og de tre forsyninger i oplandet. Projektets overordnede formål er at skabe et nyt og velfunderet grundlag for en mere robust håndtering af oversvømmelsesrisici i Værebros Å-vandoplandet ved hjælp af nye redskaber og en styrket tværkommunal indsats.

Der arbejdes i to sideløbende spor: et teknisk spor og et dialogbaseret spor. De to spor har arbejdet sideløbende og været forankret i tre workshop i første halvår af 2019.

Nærværende rapport udgør afrapporteringen fra det tekniske spor om hydrauliske data. Afrapporteringen består af nærværende rapport, et teknisk bilag, et datakatalog i Excel og en QGIS-opsætning for georefererbare data i datakataloget.

Rapporten opsummerer viden indsamlet i projektet samt vurderer datakvalitet og behovet for supplerende data. Desuden indeholder rapporten et oplæg til opbygning og indhold af fremtidig model. Det tekniske bilag gennemgår detaljerne i datakataloget og introducerer opsætningen i QGIS.

Alle 7 kommuner, Novafos og HOFOR har bidraget med data til datakataloget. Data er derudover indsamlet direkte fra relevante statslige organisationer som f.eks. GEUS, DMI, Styrelsen for Dataforsyning og Effektivisering, Kystdirektoratet, GeoDanmark mfl.

2 Datakatalog

Datakataloget er opbygget i Excel, således at det nemt kan opdateres med ny viden og ligger i et format, alle kan tilgå. I datakataloget er der en informationsfane, der kort beskriver de data, der ligger i datakataloget, og de parametre, der er brugt til at beskrive data.

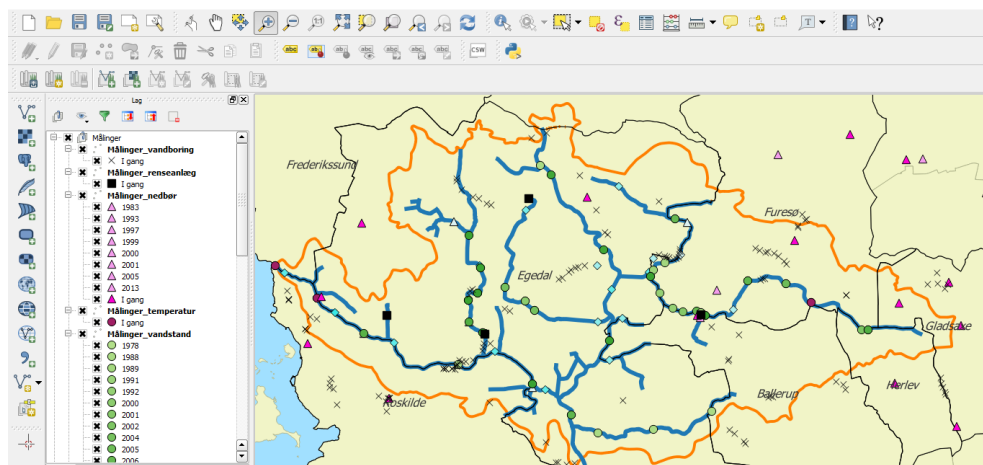
Datakataloget er opdelt i fem hovedkategorier, som er målinger, fysiske data, modeller, viden og planlægning. Indenfor hver kategori er det muligt at sortere på data, således at hvis man ønsker f.eks. en måleserie for nedbør, som måler frem til i dag, kan man hurtigt få en overblik over, hvor det er muligt.

Samlet set er der på nuværende tidspunkt 734 datapunkter i datakataloget. Langt de fleste datapunkter er måleserier og fysiske registreringer såsom boreprøver eller vandløbsopmålinger. Der er dog også både vandløbsmodeller og grundvandsmodeller i datakataloget.

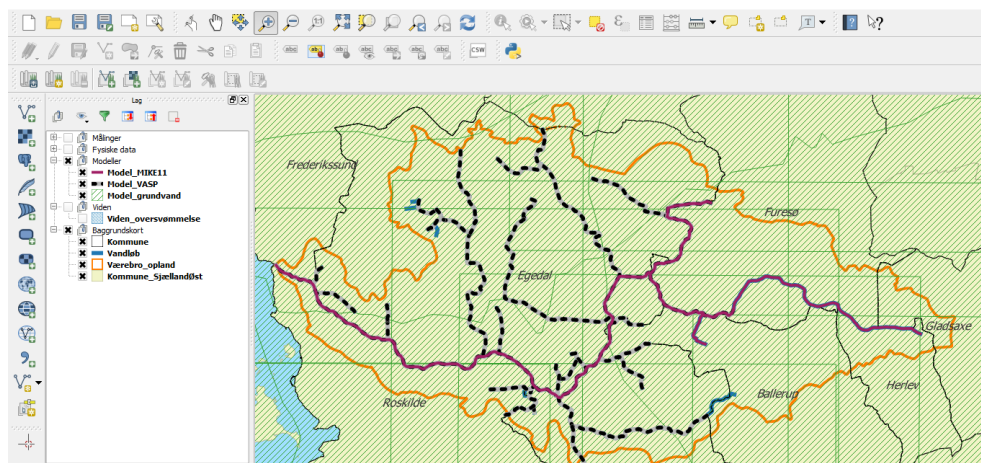
Datakatalog for Værebros Å

> Målinger	314 datapunkter
> Fysiske data	296 datapunkter
> Modeller	72 datapunkter
> Viden	39 datapunkter
> Planlægning	16 datapunkter
> Samlet	734 datapunkter

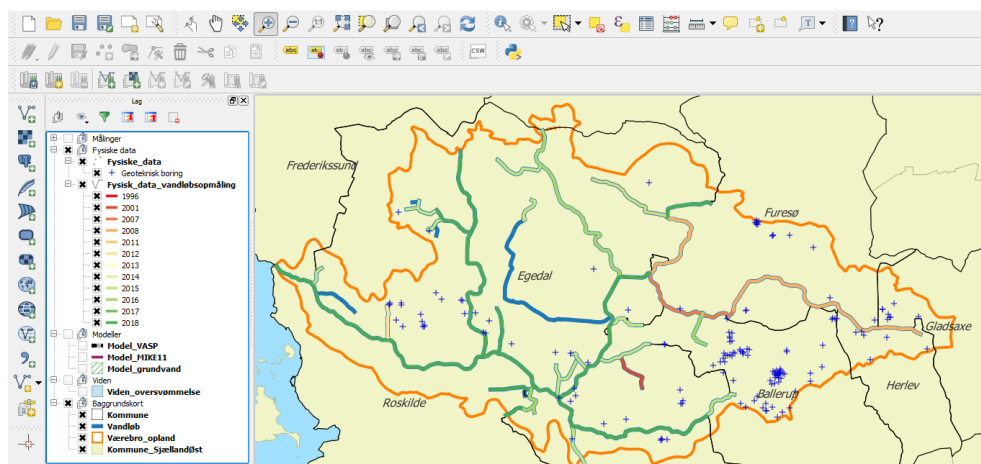
For den del af datakataloget, som kan georefereres, er der tilknyttet en opsætning i GIS. Denne giver mulighed for på at vise de forskellige typer af data på et kort som temaer, der kan slås til og fra for at få et overblik over, hvor der er data.



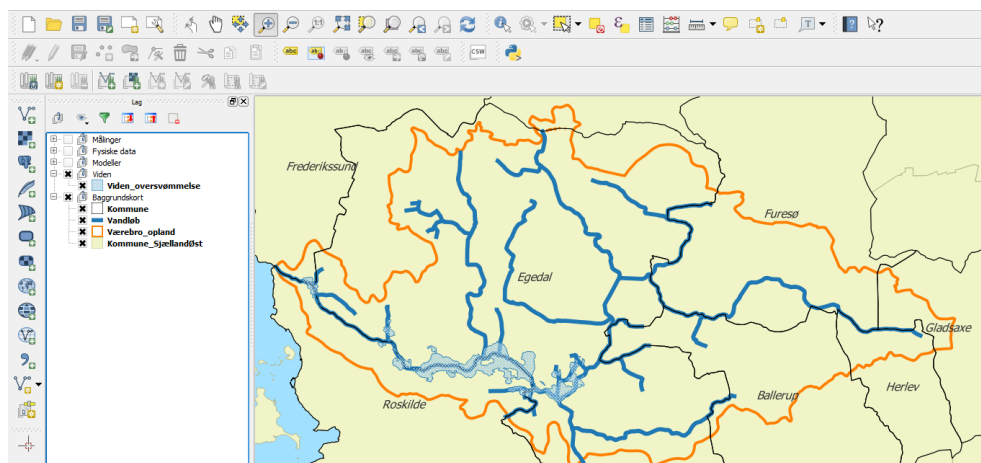
Figur 2 Overblik over måledata i GIS



Figur 3 Overblik over modeller i GIS



Figur 4 Overblik over fysiske data i GIS



Figur 5 Overblik over viden om oversvømmelser i GIS

3 Vurdering af datakvalitet

3.1 Målinger

Der er generelt en god dækning i form af meteorologiske data for oplandet samt hydrologiske data for vandløbet. De væsentligste i forhold til opstilling af hydrauliske modeller er nedbør og afstrømning. Data der kun er relevante ved mere avancerede modeller end der normalt inddrages er: fordampning, temperatur, vandindvinding, vind, udledninger fra renseanlæg og udledning fra befæstede arealer.

3.1.1 Nedbør

Der er kontinuert målt nedbør på forskellige stationer i oplandet tilbage fra 1979 til i dag. 23 nedbørsmålere er i drift i 2019. Målestationen ved Søborg vandværk har målt kontinuerligt siden 1. januar 1979.

3.1.2 Vandstand og vandføring

Vandføring er en afgørende datakilde til hydrauliske vandløbsmodeller, som enten bruges direkte som input til stationære modeller eller til kalibrering af dynamisk afstrømningsmodeller. Vandføringen bestemmes normalt på grundlag af målinger af vandstand og omregnes til vandføring på grundlag af QH-relationer, der er bestemt ved en række samhørende enkelt målinger af vandstand og vandføring ved den pågældende station.

Der findes vandstandsmålinger fra 55 lokaliteter, hvoraf 35 er enkeltmålinger og 20 er kontinuerte målinger af kortere eller længere varighed. Målestationen ved Veksø Bro har været i drift siden maj 1978 og er stadig i drift. Samlet er 6 vandstandsmålere i drift i 2019.

Der er 70 serier af vandføringsmålinger (nogle stationer har flere, da der både foreligger enkeltmålinger brugt til QH-relationer og tidsserier). 18 stationer har kontinuerte målinger med daglige værdier. For Veksø Bro foreligger der data fra 1979 til 2012 med døgnmiddelvandføringer, og ved Snydebro er der opsat en ny måler, der har målt kontinuert siden 2009. Enkeltmålingerne i oplandet kan bruges til at oplandskorrigere afstrømningerne ved opsætning af en hydraulisk model.

3.1.3 Fordampning, vind og temperatur

Der foreligger meteorologiske data fra DMI i 10 x 10 m grid for potentiel fordampning, vind og temperatur. Endvidere findes målinger af vandtemperatur ved enkelte lokaliteter.

3.1.4 Vandindvinding

Der er 137 vandboringer i oplandet. Data om disse findes i jupiterdatabasen.

3.1.5 Udløb fra renseanlæg og befæstede arealer

Der er begrænset viden om de faktiske udledninger fra befæstede arealer til vandløbssystemet. Data foreligger i form af data i PULS, som kan have varierende kvalitet. For 4 renseanlæg findes der målinger af udledningen. NOVAFOS har målinger af døgnudledningen for de sidste få år.

Ift. de befæstede arealer vil det være muligt på grundlag af hydrauliske beregninger på afløbsmodeller (se senere afsnit) at opstille tidsserier for regnbetingede udledninger til vandløbssystemet.

3.2 Fysiske data

De mest relevante fysiske data for opstilling af hydrauliske modeller er konkrete data for de elementer, der transportere vandet og kan blive berørt af oversvømmelser.

Der er generelt en rigtig god dækning i oplandet i form af opmålinger af vandløb, ledningsdatabaser og terrænmodeller. Vandløbsopmålingerne er nyest i de nedre dele af vandløbssystemet, mens der for de øverste delstrækninger og nogle sidetilløb kun findes ældre opmålinger tilbage fra 1996.

I forhold til opstilling af hydrauliske modeller vurderes det, at der er et godt grundlag at arbejde videre på.

3.3 Modeller

Der er gennem de seneste år udviklet og opstillet en række hydrauliske modeller i oplandet. For hovedparten af vandløbssystemet findes vandløbsmodeller i VASP. Disse bruges i den daglige vandløbsadministration bl.a. til sammenligning mellem opmålt skikkelse og den regulativmæssige skikkelse. Derudover findes der en række MIKE 11-vandløbsmodeller, som er opsat med forskellige formål. Der findes bl.a. modeller for den nedre del ved slusen (under etablering) og til brug for vådområdeprojekter, samt for Tibberup Å og for Måløv Å. Ved det videre arbejde med hydrauliske modeller skal man være opmærksom på med hvilket formål de forskellige modeller er opsat, og hvilke forudsætninger, der er brugt.

Der findes modeller for alle offentlige kloaksystemet i oplandet, og der er dermed et godt grundlag for at vurdere betydningen af de regnbetingede udledninger samt evt. opstille hydrauliske modeller, der indeholder beskrivelse af kloaksystemet.

3.4 Viden

Der findes en række rapporter, der behandler forskellige forhold i oplandet. En del af disse omhandler projekter og undersøgelser, som bidrager med viden om de modeller, der allerede er opsat for vandløbssystemet.

En væsentlig rapport er DHIs statusrapport fra 2014 om udviklingen i vandstand og vandføring i Værebros Å. Den giver et godt samlet hydrologisk overblik og indeholder analyser af oplandet og de hydrologiske forhold.

3.5 Planlægning

Denne del af datakataloget indeholder oplysninger og henvisninger til relevante spildevandsplaner og andre relevante planer, der kan have væsentlig betydning for de fremtidige hydrauliske forhold i oplandet.

3.6 Samlet evaluering af datagrundlag

Det vurderes samlet, at der er et godt og tilstrækkeligt grundlag for opstilling og udvikling af både simple og meget avancerede hydrauliske modeller for Værebros Å-oplandet.

Den tilgængelige viden kan opsummeres som følger:

- > Vandløbsopmålinger
 - > Viden om næsten alle strækninger
 - > Nogle er ældre
- > Modeller
 - > MIKE 11 modeller opsat for delstrækninger – med forskellige formål
 - > VASP for stort set hele systemet
- > Data er generelt godt dækkende
- > God kvalitet af måledata
- > Mangler viden/tidsserier om samlede udledninger fra befæstede arealer på bedre niveau end PULS data
- > God beskrivelse af fysiske forhold

I det videre arbejde kan der dog vise sig behov for at indsamle yderligere data. Dette kan f.eks. være målinger på regnbetingede udledninger til kalibrering af MIKE Urban modellerne for at få endnu bedre indblik i de regnbetingede udlednings betydning. Eller det kan være supplerende synkronmålinger af vandføring i sidetilløb for at opnå en endnu bedre beskrivelse af, hvor vandet kommer fra. Sådanne behov kan først adresseres, når der foreligger en hydraulisk model og udfordringer og muligheder er yderligere konkretiseret og detaljeret.

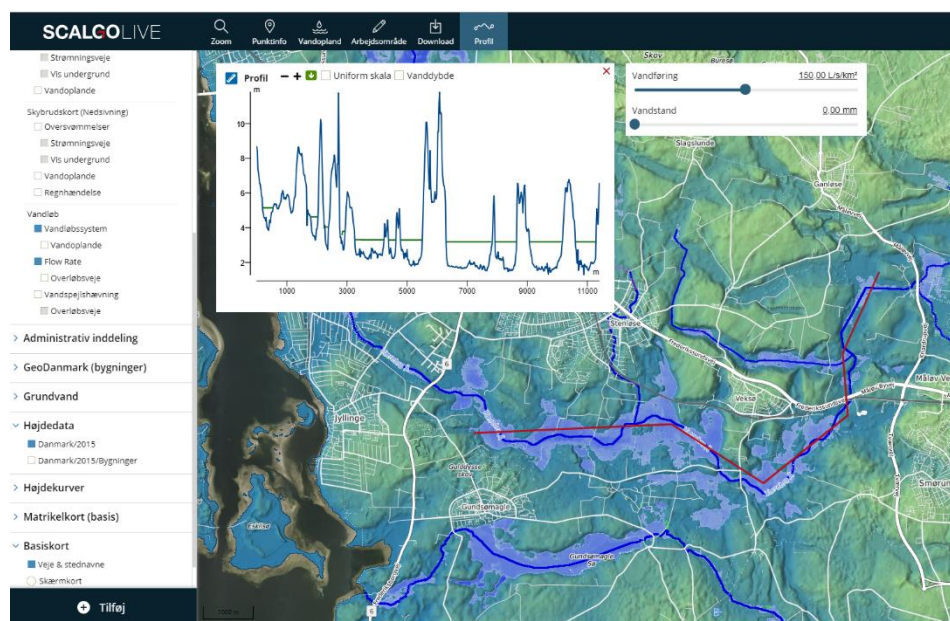
4 Oplæg til opbygning og indhold af fremtidig model

4.1 Mulige modelværktøjer

I dette afsnit gives en kort beskrivelse af relevante modelværktøjer med deres fordele og ulemper.

4.1.1 SCALGOLive

SCALGOLive indeholder et simpelt hydraulisk værktøj som særligt har sine styrker ift. screening for oversvømmelser og hurtige analyser. Styrken er, at der regnes på den fuldt detaljerede terrænmodel med en opløsning på 40 x 40 cm. Herved kan selv små variationer i terrænet beskrives og tages ind i beregningen. De hydrauliske beregninger er forholdsvis simple og baseret på GIS-analyser af terrænmodellen, der beregner, hvordan vandet bevæger sig og kortlægger lavninger og strømningsveje. Der kan påføres en vilkårlig vandmængde i skybrudskortet, som så viser, hvor vandet samler sig, hvordan det kommer derhen, og hvilket opland der bidrager.

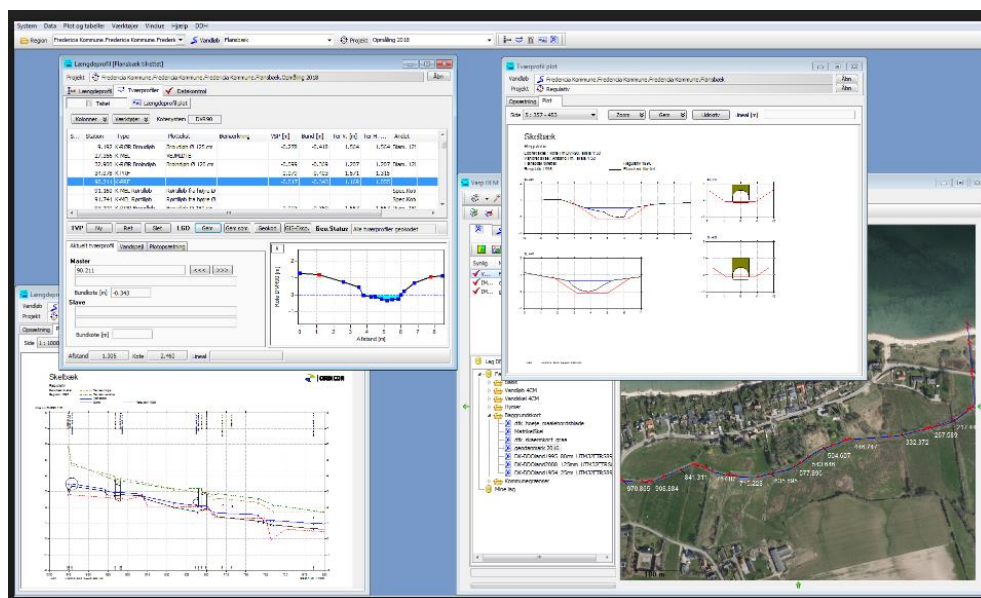


Figur 6 Screendump af SCALGOLive – vandløb, for Værebro Å. Det markerede længdeprofil viser terræn og vandstand ned gennem vandløbet.

SCALGOLive kan desuden (siden foråret 2019) arbejde med vandløbsoversvømmelser i et vandløbsmodul. Vandløbsmodulet er baseret på manningformlen. Det er muligt at "nedbrænde" en simpel beskrivelse af vandløb med bundkoter, bundbredde og sideanlæg i terrænmodellen. Herved kan der udarbejdes oversvømmelseskort for forskellige karakteristiske afstrømninger. Beregningerne er stationære, hvilket betyder, at man ikke kan lave analyser af betydningen af at lave et magasin på vandløbet, da dynamikken i fyldning og tømning af dette ikke kan simuleres.

4.1.2 VASP

VASP er et vandløbsadministrationsprogram udviklet af Orbicon. Det anvendes af mange kommuner i Danmark. VASP kan regne på åbne og lukkede vandløb, broer og bygværker. Som udgangspunkt beregnes vandspejl på den opmålte eller regulativmæssige vandløbsskikkelse. Det omkringliggende terræn tages således ikke i regning. Det er dog muligt at udvide tværnittene med f.eks. 50 m til hver side og på denne måde inddrage hele ådalen i beregningerne.



Figur 7 VASP med beskrivelse af længdeprofil og tværprofiler.

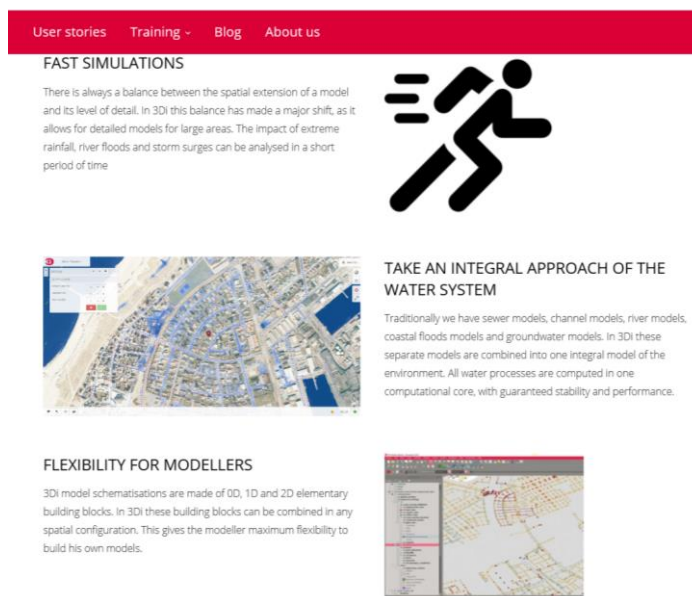
Som SCALGOLive regnes der også i VASP på stationære strømninger.

4.1.3 3Di

Nelen og Schuurmans er leverandører af et nyere hollandsk beregningsværktøj, 3Di. 3Di kan i samme model beregne strømninger på overfladen, i terrænnært grundvand og i ledninger. Det er muligt at opsætte modeller, der regner på 2D terræn, 2D terrænnært grundvand, 1D kloaksystem og 1D vandløb samt inddrage hav og søer i samme model.

Selve opsætningen er relativ tung og kræver ekspertviden om programmet, men det er herefter muligt at lave hurtige scenariekørsler og på den måde analysere flere løsninger på kort tid.

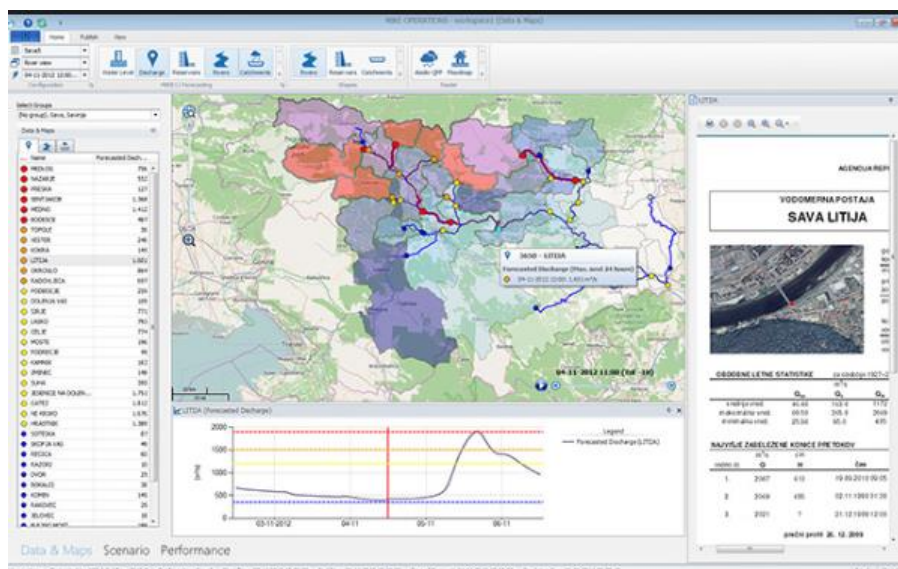
3Di er webbaseret og beregningerne foregår således i et webinterface, som det også kendes fra SCALGO.



Figur 8 Udsnit af webside for 3Di

4.1.4 MIKE

MIKE programmerne, der udvikles af DHI, kan betegnes som standard software i Danmark til dynamiske beregninger på afløbssystemer, vandløb, grundvand og hav. Programpakken består af en række specialiserede produkter: MIKE Urban til kloak, MIKE Hydro til vandløb, (tidligere MIKE 11), MIKE 21 til hav, fjorde og søer og MIKE SHE til grundvand.



Figur 9 Eksempel på MIKE modelopsætning

Programmerne kan efter behov sammenkobles. MIKE SHE er som udgangspunkt koblet med MIKE Hydro til beskrivelse af vandløbet, mens de øvrige programmer kan kobles til beregning af oversvømmelser på terræn ved hjælp af en MIKE FLOOD-komponent.

MIKE FLOOD kan således koble enten afløbssystem og terræn, vandløbssystem og terræn eller både kloak, vandløb og terræn i en og samme model. Terræn kan i den forbindelse både være en beskrivelse af land og havbund.

4.2 Fordele og ulemper ved de forskellige programmer

De forskellige programmer har hver især en række primære anvendelsesområder, styrker og svagheder. Nedenstående matrice giver en simpel sammenligning af de nævnte modelværktøjer.

	SCALGO Live	VASP	3Di	(MIKE Urban)	MIKE Hydro 1D	MIKE FLOOD
Hverdagsregn/afstrømning	Ikke egnet	Egnet	Egnet	Egnet	Egnet	Egnet
Skybrud	Egnet	Kan bruges	Egnet	Egnet	Egnet	Egnet
Dynamisk afstrømning	Ikke mulig	Ikke mulig	God	Bedst	Bedst	Bedst
Præcision	Middel	Middel	God	Bedst	Bedst	Bedst
Detaljer (udbredelse af oversvømmelser)	God	Middel	God	Middel	Middel	Bedst
Brugervenlighed	Let tilgængeligt	Superbruger	Superbruger	Ekspert	Ekspert	Ekspert
Scenarie analyser	Hurtig	Hurtig	Hurtig	Rimelig	Rimelig	Langsom
Omkostning	Billigt	Mellem	Mellem	Mellem	Mellem	Dyrt

Tabel 1 Oversigt over modeller, med tekst er angivet en kort beskrivelse, mens farven indikerer anvendelighed, eller økonomi/tid. Grøn er bedst og rød er værst/dyrest.

Ved valg af det modelværktøj skal det fastlægges, hvad formålet er med opsætningen af en hydraulisk model. Hvilke mulige scenarier skal undersøges? Skal der både kunne regnes på hverdagsregn og skybrud? Skal der være kobling til grundvand, og hvilke andre hydrauliske problemstillinger er relevante at belyse.

5 Virkemidler og scenarier for Værebros Å

Grundlæggende kan der arbejdes med tre forskellige virkemidler for at reducere oversvømmelsesproblematikken i Værebros Å:

- > Mindre vand i Værebros Å
- > Større kapacitet
- > Styring af vandet

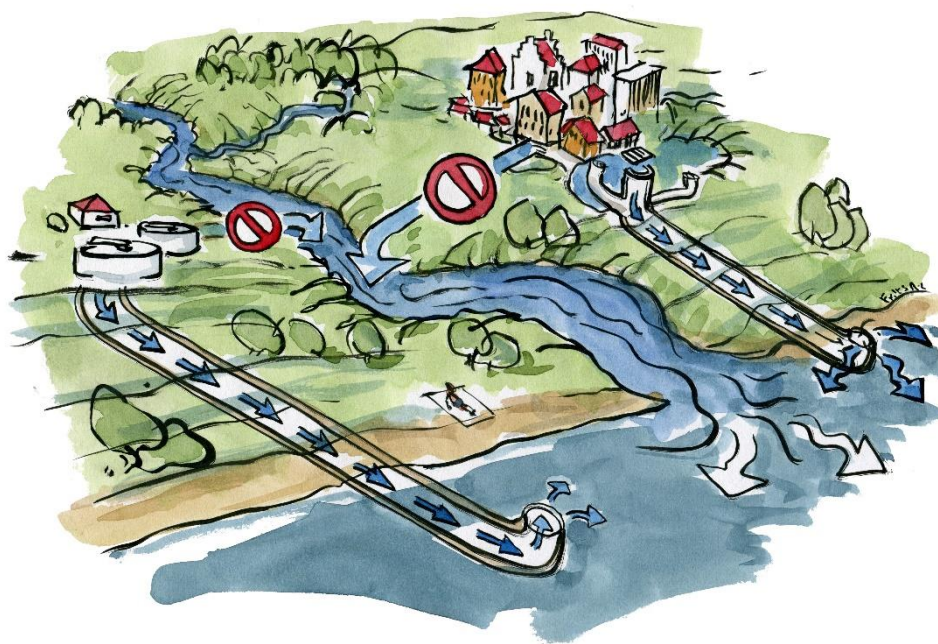
Derudover er det selvfølgelig muligt at undlade at gribe ind (0-scenarie) og lade forholdene udvikle sig i takt med klimaet.

0-scenariet vil medføre, at situationen langsomt forværres. Der er en række forhold, som er i gang med at ændre sig og vil påvirke afstrømningen og afvandingen af ådalen. Vinternedbøren forventes at stige med op til 20%, hvilket vil medføre stigende grundvandsstand og større vinterafstrømning. De nuværende våde perioder i vinter og forårsmånederne kan således blive længere. Om sommeren vil hyppigheden af skybrud øges og medføre øgning i de regnbetingede udledninger. Variationen år for år kan også forventes at blive større, således at der både kan forekomme meget våde perioder, som efteråret 2017, og særdeles tørre somre, som sommeren 2018.

Den stigende havvandstand vil ligeledes reducere afstrømningskapaciteten, da vandspejlsfaldet fra åen ud mod Roskilde Fjord reduceres.

Fortsat dræning af de vandløbsnære arealer vil medføre, at den igangværende sætning af arealerne vil fortsætte, hvilket også forringer afvandingen.

Mindre vand i Værebros Å, kan f.eks. ske ved afkobling af renseanlæg og udledning til fjorden. En anden, men dog økonomisk urealistisk, mulighed er afkobling af vand fra byområderne og befæstede arealer. Det kunne dog tænkes, at der kan findes mindre byområder, der kan ledes til nabooplande.



Figur 10 Illustration af "mindre vand i Værebros Å"

Større kapacitet handler om at forbedre vandføringsevnen. Dette kan i praksis ske ved at udvide vandløbet. Der er dog en række forhold der gør, at mulighederne er begrænsede. Således ligger udløbet lavt, og vandspejlet er påvirket af vandstanden i Roskilde Fjord. En udvidelse og uddybning får således ikke samme effekt, som hvis disse randbetingelser ikke var gældende. En udvidelse af tværsnittet vil desuden medføre lavere strømningshastighed, som vil medføre en øget plantevækst i vandløbet og øget sedimentation. Derved stiger den hydrauliske modstand, og det øgede tværsnit har derved kun effekt på vandspejlet lige efter grødeskæring.

Der er i forbindelse med sluse projektet projekteret en pumpe ved udløbet af Værebros Å. Det er dog ikke meningen, at denne skal pumpe konstant, men kun i forbindelse med højvande, hvor slusen lukkes.



Figur 11 Illustration af "større kapacitet i Værebros Å"

Styring af vandet kan ske efter to forskellige principper. Det eksisterende terræn kan udnyttes til etableres nye lavbundsområder til oversvømmelser, som udjævner vandføringen, fordi at vandet fordeles på større arealer. Effekten på oversvømmelser er dog større ved en aktiv styring af vandet i ådalen, hvor man med sluser udnytter det eksisterende terræn til kontrollerede oversvømmelser. Da der oftest er tale om langvarige oversvømmelser samt store afstrømninger, er metoden kun brugbar, hvis der disponeres over betydelige arealer.



Figur 12 Illustration af "Vandparkering i Værebros Å"



Figur 13 Illustration af "Styring af vandet i Værebros Å"

De beskrevne virkemidler kan undersøges hver for sig, for at finde potentialet ved enkelte mulige indgreb, men i praksis vil der ved opstilling af egentlige scenarier for ådalen, ofte være tale om en kombination af virkemidler.

6 Anbefaling til opsætning af hydraulisk model

På baggrund af forløbet af projektet og de afholdte workshops anbefales en iterativ tilgang til modelopsætningen. Dette foranlediges af, at der er behov for at få belyst en række indledende scenarier, før man kan se i hvilken retning projektet evt. kan udvikle sig.

Såfremt man udfører en indledende analyse af de enkelte virkemidler og deres mulige effekt, så får man en viden om hvor langt man kan komme med forskellige typer af indgreb. Herefter vil det være muligt at opsætte egentlige scenarier, der kombinerer de forskellige virkemidler

Vi anbefaler derfor en faseopdelt modelopsætning baseret på DHI software. De mulige faser og udbytte af disse er skitseret i nedenstående diagram.

Tabel 2 Forslag til faseopdelt modelopsætning

Fase	Formål	Model	Mulige resultater
1	At analysere de forskellige virkemidler ift. effekt	MIKE Hydro model, opsat på grundlag af eksisterende MIKE 11 modeller, tværsnitsopmålinger og terræn. Afstrømning fra befæstede arealer baseres på simple arealbaserede betragtninger.	Effekt af de forskellige virkemidler: - afkobling af renseanlæg - udvidelse af kapacitet - styring af vandet i vandløbet - magasinering og vandparkering - analyse af klimapåvirkninger
2	Detaljeret af relevante parametre	Afhængig af resultater af fase 1: - Detaljeret af afstrømning fra befæstede arealer - kobling med MIKE SHE og udvikling af afstrømningsmodul	Forbedret viden ift. videre beslutninger om mulige indgreb i oplandet.
3	Detaljeret til konkret projektering	Afhængig af behov for projektering	Detaljeret analyse af projekter, sammenhænge, konsekvenser og effekt.

I fase 1 foreslås det, at der opstilles en relativ simpel MIKE Hydro model for det samlede vandløbssystem baseret på eksisterende MIKE 11 modeller og opmålinger af tværsnittet. Tværsnittene udvides i ådalen til at omfatte terræn, og der opstilles simple modeller for byområderne for at modellere effekten af de regnbetingede udledninger. Modellen påføres vandføring på grundlag af målinger og

kalibreres mod målt vandstand og vandføring. Modellen kan anvendes til at vurdere effekten af de forskellige virkemidler. Det vurderes, at dette arbejde kan udføres i løbet af 2-3 mdr.

Resultaterne i fase 1 vil give grundlag for det videre arbejde i fase 2. Her kan der være behov for at detaljere nogle af analyserne eller evt. koble et grundvandsmodul på. Omfanget af arbejde i fase 2 kan variere en del, modelarbejdet vurderes at kunne udføres på 1-6 mdr. hvor kobling med en grundvandsmodel vil være det mest tidskrævende.

I fase 3 opstilles konkrete tiltag og disse analyseres med hensyn til funktion og effekt. Da det ikke vides, om der er behov for få eller mange tiltag, og disse kan være indbyrdes afhængige, kan tidsforbruget for fase 3 ikke fastlægges nærmere nu.