

1 IT Værktøj til krisestyring ved oversvømmelser

1.1 Indledning

DHI har gennemført indledende aktiviteter i forbindelse med visionen om et landsdækkende IT værktøj til krisestyring ved oversvømmelser. Disse aktiviteter har affødt et "green paper" rapport der argumenterer for behovet for og giver forslag til overordnet funktionalitet af IT-værktøjet for Krisestyring af Oversvømmelser som Konsekvens af Skybrud, Stormflod eller Vandløbsoverbelastning (arbejdsnavn KOSS). Indholdet af rapporten er baseret på en række interviews med forskellige beredskaber i Danmark, samt baseret på en spørgeskemaundersøgelse blandt alle beredskaber. Undersøgelserne viste, at der allerede findes enkelte overordnede systemer, som bruges af de fleste beredskaber, hvorfor KOSS i højere grad bliver et værktøj, der skal supplere de eksisterende beredskabsværktøjer.

Dokumentet indeholder foreløbige betragtninger om KOSS' mulige funktionalitet samt beskrivelse af andre vigtige emner som:

- målgruppe
- ejerskab
- data- og operationssikkerhed
- kompleksitet
- osv.

Spørgsmålet om softwareimplementering (fx lokalinstallation vs. en sky-løsning) indgår ikke i dokumentet.

1.2 Visionen

Visionen går ud på at etablere et operationelt workspace, der både før, under og efter beredskabshændelser giver overblik og støtter beslutningsprocesserne i kommunerne og forsyningerne samt understøtter beredskabsindsatsen og som kan virke som et supplement til de allerede brugte systemer. Det er vigtigt, at et nyt workspace bliver et supplement til de allerede anvendte systemer og kun bidrager med nye typer af data, actions eller andet, der ikke allerede findes i de eksisterende systemer.

Behovet for et integrerende IT-miljø fokuseret på kommunalt beredskab vokser med inddragelse af kommunerne og forsyningerne som ansvarlige og aktive aktører i planlægning og realisering af indsatsen ved ekstraordinære hændelser i forbindelse med skybrud, oversvømmelse og stormflod. Dette materialiseres bl.a. gennem en hurtigt voksende anvendelse af avanceret fysisk og IT-baseret infrastruktur i forbindelse med overvågning, prognose og styring af kritiske hydrauliske systemer (under og over terrænet) i kommunalt eller forsyningsregi, fx online sensorer og numeriske modeller, automatiske sluser og pumpe-systemer, varslingssystemer osv. En optimal udnyttelse af denne infrastruktur kræver bl.a. samkøring med eksterne systemer (fx vejr- og stormflodsprognoser), en effektiv disseminering af informationer om kommune- og beredskabsgrænser samt en gennemslagskraftig kommunikation mellem forskellige aktører (kommune – forsyning – redningsberedskab – borgere).

Workspacet organiseres således, at det bliver en platform for strukturering af al beredskabsrelevant information (data, dokumenter osv.), som ikke er omfattet af de eksisterende systemer. Det operationelle dashboard for beredskabsindsatser forankret i kommunerne og forsyningerne. En relevant delmængde af indholdet og funktionaliteten kan gøres tilgængelig for borgerne, der eventuelt kan supplere med aktuel, lokal status via et upload-system.

Udgangspunktet er et GIS kort, som på forhånd indeholder og giver adgang til kommunale beredskabsplaner og deres delmængder (indsatsplanerne og action cards). Værktøjet indeholder

beskrivelse af personaleorganisationen og et struktureret katalog af beredskabsmaterialet i kommunerne og forsyningerne (køretøjer, mobile pumper og dæmninger, afspærringsmateriale, sandsække m.m.) samt visualiserer materialets og personalets normale og aktuelle placering i indsatsområdet.

Systemet skal kunne vise alle relevante observationer i form af målinger (nedbør, vandstand, vind, temperatur...) samt ad hoc-observationer som billeder, videooptagelser (fx web-cams), tekstbeskeder og lignende, inkl. henvendelser fra borgere.

Systemet skal kunne vise prognoser for nedbør, vind og vandstand fra DMI/SMHI samt prognoser fra flow og vandstande, hvis forsyningen kører de hydrauliske modeller i realtid. I de eksisterende systemer er der primært links til almindeligt tilgængelige hjemmesider hos fx. DMI og der er således ikke tale om dedikerede informationer, som er målrettet den enkelte indsats. Systemet C3 skulle dog indeholde faciliteter, der muliggør opsamling af online data.

Det bedste overblik fås naturligvis fra en eller flere store skærme i det kommunale beredskabslokale, men systemet skal også kunne tilgås via ekstern webadgang og dermed bruges af folk i marken samt berørte borgere. Brugerrettigheder kan styre adgangen på forskellige niveauer.

Alle relevante begivenheder (ny måling, ny prognose, ny henvendelse, indsatsoperationer, fx aktivering af personale og materiale, mv.) skal logges i databasen med henblik på efterfølgende dokumentation og evaluering.

På nuværende tidspunkt er der kommuner, der ikke kan opsamle en række online informationer, som leveres fra deres forskellige målestationer, da der ikke er sket en integrering af dette i de systemer, de benytter ved indsatser.

2 Opgradering af en Demo Implementering af et Operationel Oversvømmelses Prognose- og Varslingssystem

2.1 Indledning

Da en fuld implementering af Værktøjet til krisestyring ved oversvømmelser kunne ikke realiseres indenfor projektets tids- og budgetramme, har DHI brugt resten af budgettet til en opgradering af en demonstration implementering af et operationel oversvømmelses prognose- og varslingssystem. Systemet dækker området i Greve (DK).

Systemet, da tidligere var etableret i DHIs regi, var opgraderet i følgende punkter:

- Systemet er flyttet til en virtuel server hos cloud service "Azure"
- Der er opgraderet software platformen til DHIs MIKE Operations (MO)
- Systemet er re-konfigureret i MO
- Der er tilføjet stokastisk prognose af havvanstanden

2.2 Beskrivelse af området

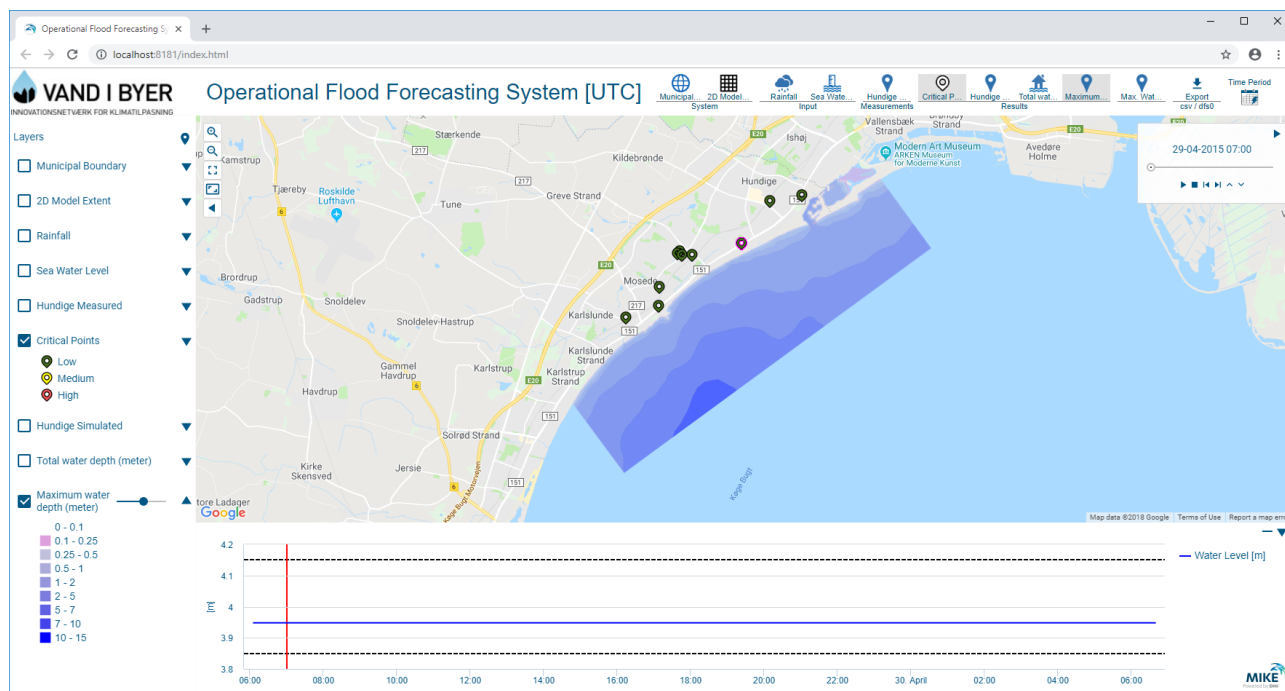
Greve er en kommune i det østlige Danmark. Det har et samlet areal på omkring 60 km² og har omkring 9 km kyst mod sydøst ved Køge Bugt (figur 1). Kystområdet er kommunens tættest bebyggede del kendetegnet ved relativt fladt terræn med koter på 2-6 m over havets overflade. I juli 2007 forårsagede ekstrem nedbør med en estimeret returperiode på 500 år alvorlig oversvømmelse i området (Greve Kommune, 2007). Sammen med ekstrem regn er Greve også sårbar over for oversvømmelser fra ekstreme havniveauer langs kysten. Området er i fare for kystnære oversvømmelser på grund af stormflod og generel vandstandsforøgelse på grund af beliggenheden i Køge Bugt (Vestergaard, 2011), der er blevet identificeret som 1 ud af 10 mest udsatte områder i Danmark fra kystnære oversvømmelser (NIRAS , 2014).



Figur 1 Stedbestemmelse af Greve i Øst Danmark.

Et kystnært oversvømmelses prognose- og varslingssystem for Greve kommune er blevet udviklet (figur 2). Systemet bruger en 1D-2D hydrodynamisk oversvømmelsesmodel til

oversvømmelsesprognoser, som er drevet af numeriske vejrprognose (nedbørsprognoser) og 3D hydrodynamiske model havniveau prognoser som randbetingelser.

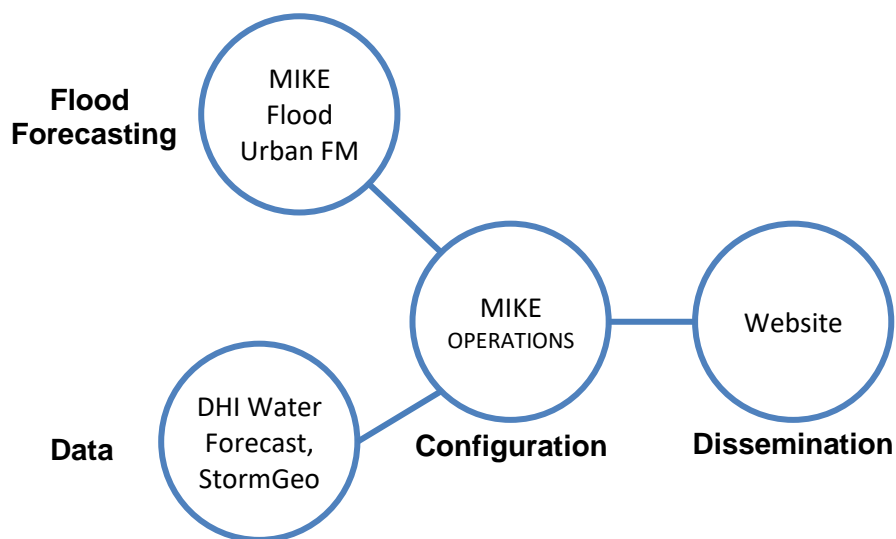


Figur 2 Hjemmesiden til oversvømmelses prognose system i Greve, Danmark (greveforecast.dhigroup.com). Et kort over de senest beregnede maksimale vanddybder kan ses. Forudbestemte kritiske punkter er farvekodede fra grønt til rødt afhængigt af størrelsen af den forventede oversvømmelse.

2.3 Rammer og metoder

Systemet for oversvømmelse af kystnære oversvømmelser anvender en hydrodynamisk oversvømmelsesmodel, som beregner potentiel oversvømmelse ved hjælp af prognosticerede nedbør og havvandsniveauer for området. Hovedkomponenterne i systemet er illustreret i Figur 3.

Dataindsamling og behandling af oversvømmelsesprognoser foretages via en desktop-klient, og et websted bruges til at vise oversvømmelsesprognoser samt systemdata (se Figur 2).

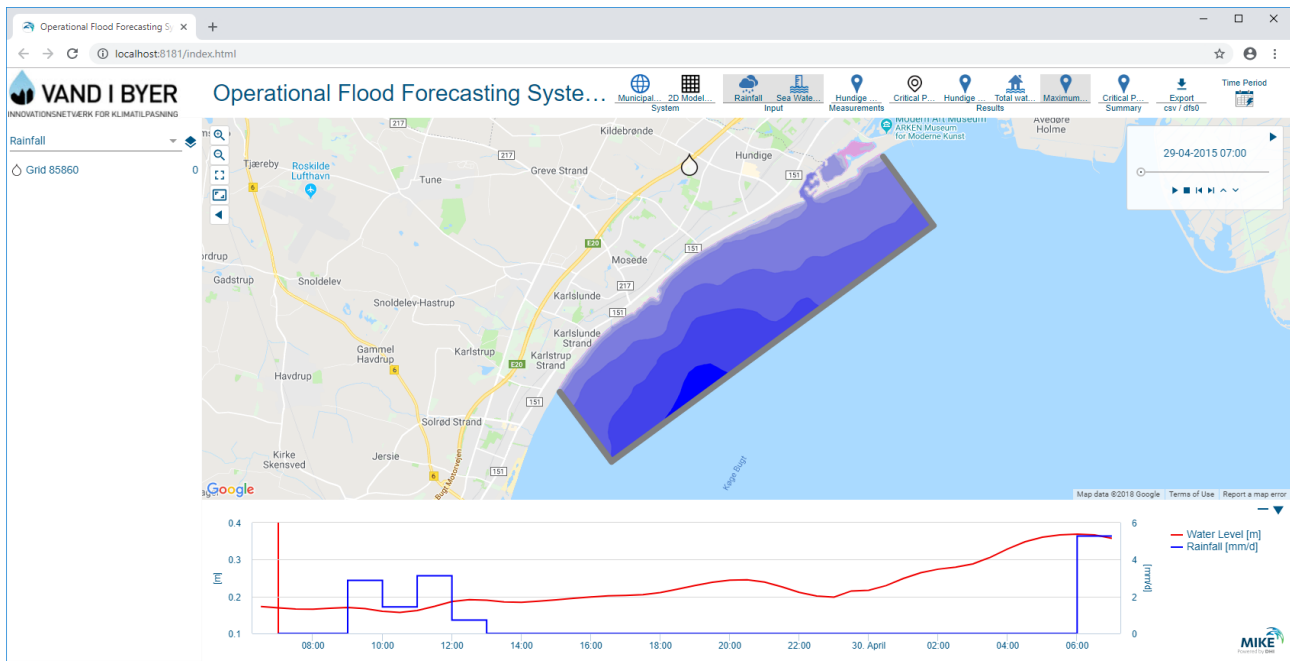


Figur 3 Diagram, der viser hovedkomponenterne i systemet.

2.4 Data fra DHI Water Forecast og StormGeo

Havvandsniveau og nedbørsdata anvendes som randdata for kystnær oversvømmelsesmodellen. Data indsamles automatisk fra to kilder: Water Forecast ved DHI (DHI, n.d.) og StormGeo (StormGeo, n.d.). DHIs vandprognose giver 6-dages havniveau prognoser i Køge Bugt hver 12. time, på basis af resultaterne fra en 3D hydrodynamisk og bølge model, der dækker indre danske farvand og Østersøen (DHI, 2011). Regn prognoser for de næste 24 timer over Greve-området er også erhvervet fra Water Forecast-databasen, der henter og lagrer NWP-regn prognoser fra StormGeo.

Regn- og vandniveaudata bruges som randdata for oversvømmelsesmodellen. Filerne opdateres for hver prognose, og simuleringsperioden for oversvømmelsesmodellen justeres tilsvarende. Oplysninger om regnvejr og vandstandsprognosedata vises på hjemmesiden som tidsserier (Figur 4).



Figur 4 Prognosticeret havvandsniveau (rød linje) og nedbørsdata (blå linje) input til kystoversvømmelsesmodellen. Datagrafer kan ses på hjemmesiden (greveforecast.dhigroup.com).

2.5 Oversvømmelseprognose med MIKE Flood FM

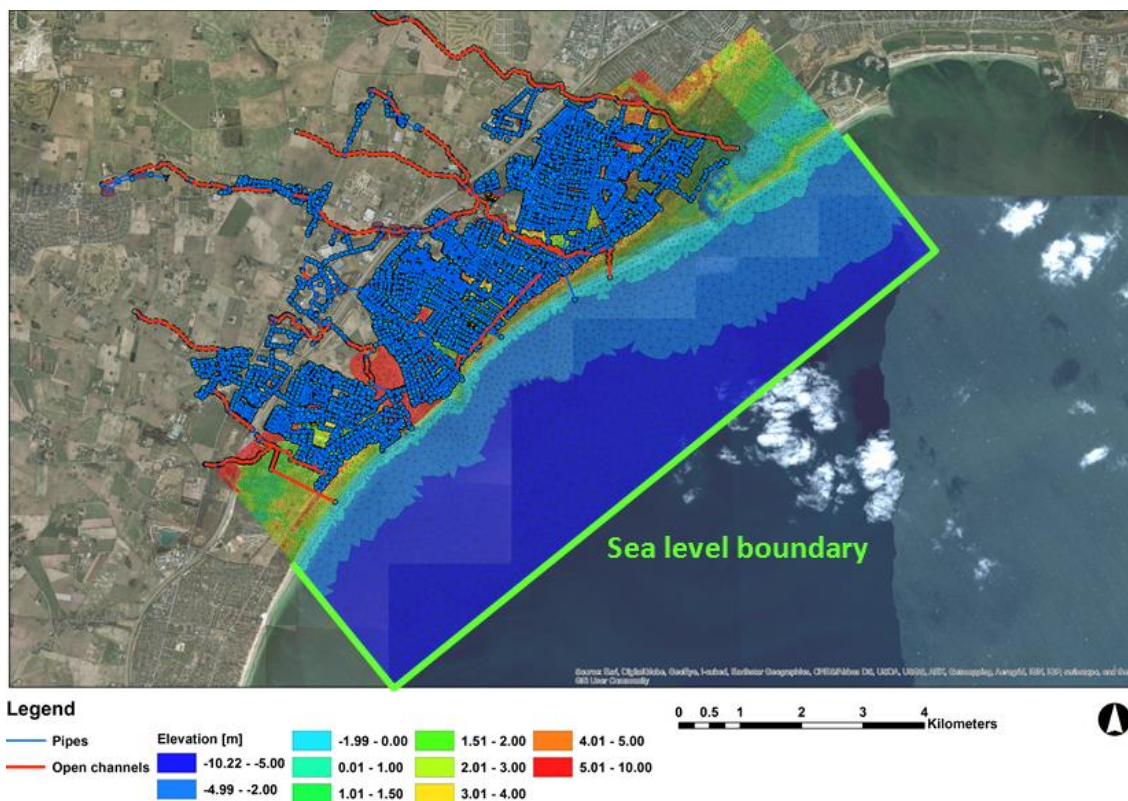
En 1D-2D hydrodynamisk model bruges til at forudsige potentielle oversvømmelser i Greves kystområde. Modellen er bygget i MIKE Flood FM, et modelleringssystem, der integrerer endimensionale og de todimensionale modeller i en dynamisk koblet model (DHI, 2018b).

Den 1D MIKE Urban-model af dræningssystemet, der repræsenterer regnvandssystemet og naturlige vandløb, er koblet til en 2D MIKE 21 FM-model af indlands- og havområder langs kysten (se Figur 5). Afløbsnetværket er inkluderet i oversvømmelsesmodellen for at sikre simulering af pluvial- og fluvial oversvømmelse og at inkludere indflydelsen fra dræningsnetværket i spredning af oversvømmelser fra havet længere inde i landet.

1D-netværksmodellen er forholdsvis omfattende og detaljeret, der dækker størstedelen af Greve Kommune og består af omkring 7 000 noder, 6 500 links og 9 udløb til havet. Modellen anvender en konceptuel (Time-Area) afstrømningsmodel til beregning af nedbørsmængden fra de 6 000 subopland i området og en 1D fuldt hydrodynamisk rørstrømningsmodel, der simulerer vandniveauer og flows gennem de underjordiske rør og åbne kanaler i byens afløbssystem. Prognosticerede nedbørsdata fra StormGeo bruges til at beregne overfladeafstrømning, som derefter anvendes som input til netværksmodellen.

MIKE 21 FM, et 2D-modelleringssystem baseret på fleksibel mesh-metoden, er anvendt til at bygge 2D-modellen. Modellen dækker 53 km² af området, der består af hav og landområder langs kysten (se Figur 5). Den bruger en model af terrænet bygget af irregulære elementer (flexible mesh) til at repræsentere terrænoverfladen. Modelementerne, som kan være trekantede eller firkantede, varierer i størrelse afhængigt af den krævede / specificerede beregningsopløsning på et område. Greve 2D-modelleringsnetværket består af 49 000 elementer, der varierer i størrelse fra 9 m² til 20 000 m². Små mesh-elementer er brugt til bebyggede områder, veje og oversvømmede områder, og større elementer er brugt til landområder og havet. I oversvømmelsesmodellen

anvendes prognoser for havvandsniveau som randdata for 2D-modellen ved dens åbne grænser til havet (se Figur 5).



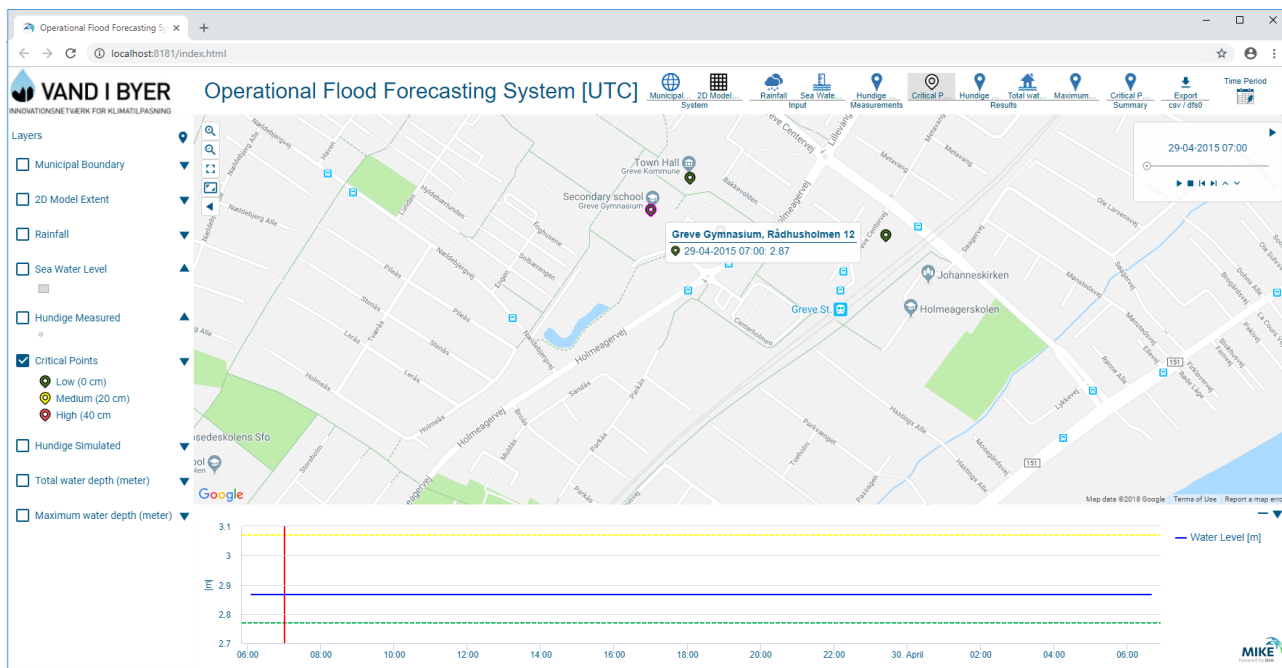
Figur 5 Et kort, der viser model 1D-2D for kystnære oversvømmelser. En 1D-model af dræningssystemet, der består af vandløb (røde linjer) og regnvands ledninger (blå linjer og punkter) er forbundet med en 2D-mesh model (farvede områder). De trekantede elementer i terrænetværket og åbne rander for 2D-modellen er også vist

2D-overflademodelmodellen og 1D-netværksmodellen er forbundet med punkter, hvor udvekslingen af vandet mellem de to systemer kunne forekomme, f.eks. ved afløbssystemets udløb, regnvands riste, ikke forseglede brønde og åbne kanaler. Flow mellem de to systemer kan forekomme i begge retninger.

Oversvømmelsesprognoser for de næste 24 timer foretages hver 6. time kl. 00:00, 06:00, 12:00 og 18:00 UTC. Greve Flood Forecast model tager omkring 2 timers beregningstid for at simulere en periode på 24 timer. Beregningsresultater vises på hjemmesiden, hvor de seneste statiske maksimale vanddybder og tidsvarierende vanddybde animationer er plottet på kortet.

2.6 Decision-Support vha. MIKE OPERATIONS Workbench

Prognosesystemet er operationaliseret ved hjælp af MIKE OPERATIONS-softwaren. Resultaterne af oversvømmelsesmodeller lagres og behandles ved hjælp af MIKE OPERATIONS Workbench desktop-klienten. Resultaterne analyseres på forud identificerede vigtige punkter i model domænet, der er tegnet som farvekodede stedmarkører på oversvømmelseskortet (Figur 6). Varslingsinformation udsendes i overensstemmelse med overskridelse af de specificerede overfladevanddybde grænser (0 cm, 20 cm og 40 cm) ved prognosticerede vandniveauer på nogle foruddefinerede vigtige steder.

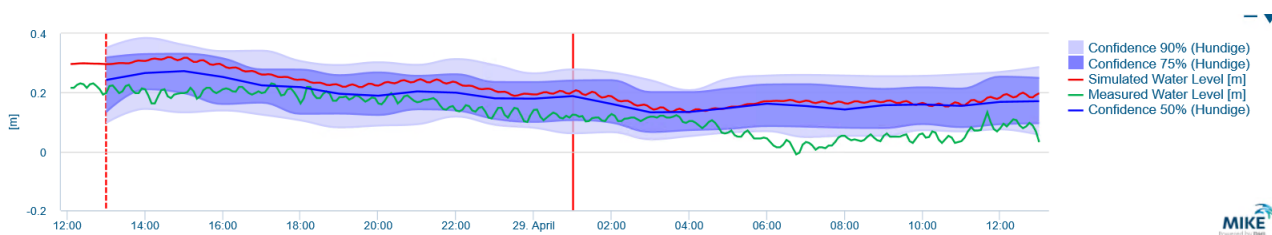


Figur 6 Oversvømmelseskortet på hjemmesiden viser stedmarkører for forud identificerede vigtige steder i kystområdet Greve. Markørerne er farvekodede efter oversvømmelsesdybder fra grøn (0-20 cm) til gul (20-40 cm) og til rød (over 40 cm).

2.7 Probabilistisk prognose af havniveauerne

Den probabilistiske postprocessor i MIKE OPERATIONS er en statistisk model baseret på kvantile regressionsteknikker og bruges til at give probabilistiske prognoser til reeltids applikationer.

Dataindsamling for denne funktionalitet er konfigureret til at indsamle model prognoser og observationer på målestationer i det modellerede system. Ved at anvende arkivet af simuleringer og matchende observationer, den probabilistiske postprocessor bliver trænet uddannet og repræsenterer således den historiske fejlfordeling af tidligere prognoser. I reeltids systemet er den modellerede fejlfordeling relateret til den nuværende deterministiske prognose, og resultatet er en reeltids probabilistisk vandstand prognose (se Figur 7).



Figur 7 Probabilistisk havniveau prognose betinget af det forventede havniveau iht. modelresultaterne (rød linje) og observationspunkter (grøn linje) i Hundige Havn. Blå skyggede områder er 90% og 75% centrale konfidensbånd, og den blå linje er den biaskorrigerede prognose.

Fejldistributionen er prognosetids afhængig og viser typisk stigende fejl for prognosen længere ud i fremtiden. Optionelt er det muligt at inkludere den initialle fejl i usikkerhedsestimater og derved assimilere observationerne, hvis de er tilgængelige tæt på prognoseperioden.

2.8 Publicering på Internettet: 'greveforecast.dhigroup.com'

Hjemmesiden er bygget ved hjælp af MIKE OPERATIONS Web. Hjemmesiden giver mulighed for at se de seneste prognoser, og der kan vises et maksimum vanddybskort på siden. Brugeren kan også skifte over og vise en animation, der viser udbredelsen af oversvømmelser med et tidssvarende vanddybskort.

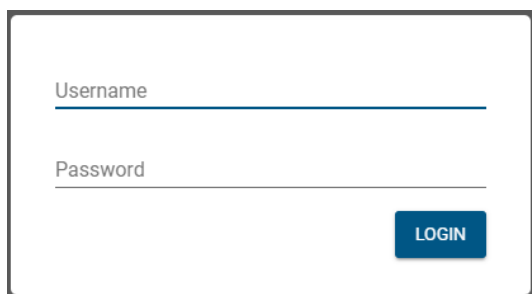
De vigtige steder vises på kortfarve kodet af oversvømmelsesdybden. Maksimal dybde på 0-20 cm vises som grøn, 20-40 cm gul og over 40 cm rød. Brugeren kan klikke på stedmarkørerne for at se en tidsserie af vandstanden.

De forskellige typer informationer, der vises på hjemmesiden, er:

- GIS data lag med model udstrækning
- Tabel med en liste over kritiske steder og deres maksimale dybdeværdier for de næste 24 timer
- 2D tidsvarierende plot af forventet vanddybde
- 2D statisk plot af forventet maksimal vanddybde
- Forventede vandniveauer på udvalgte steder
- Tidsserie graf af nedbør- og vandniveau randdata
- Tidsserier af målt vandniveau ved Hundige Havn

2.9 Brugeranvisning

Systemet kan ses på: <http://greveforecast.dhigroup.com/>

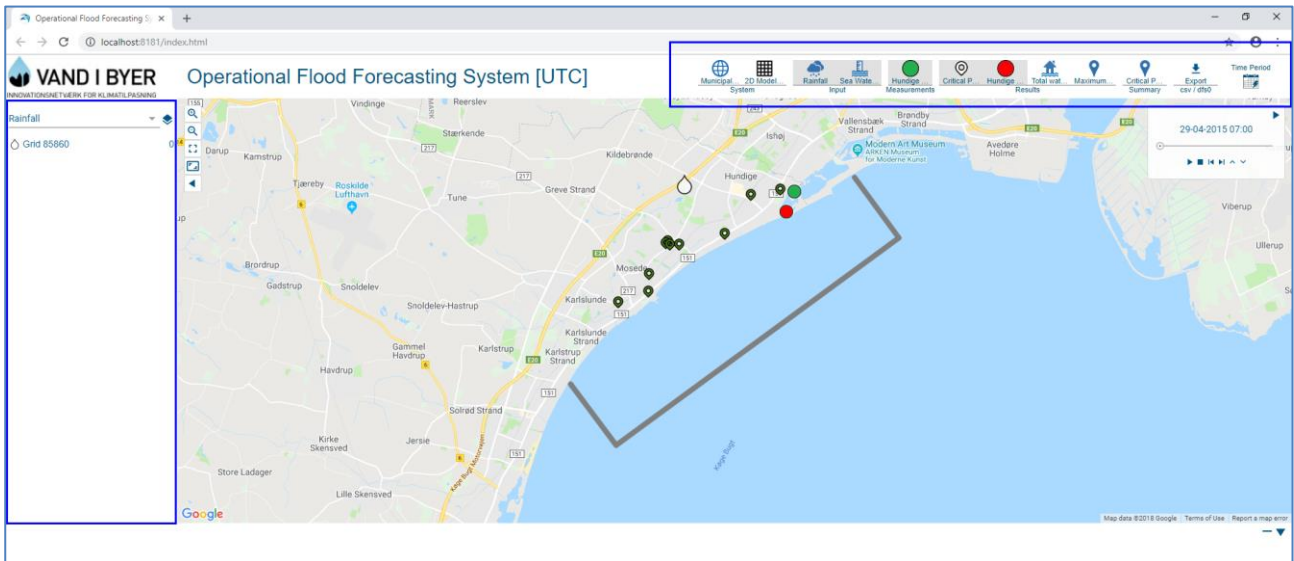


The image shows a login form with two input fields: 'Username' and 'Password'. Below the 'Password' field is a blue button labeled 'LOGIN'.

En login side vises, hvor du indtaster brugernavnet og adgangskoden:

Username = VIBUser
Password = Vandiby2

Efter login siden, vises der siden "Kort", hovedmenulinjen og et sammenfaldende venstre panel.



Hovedmenuen

Brug hovedmenulinjen til at se data og tilføj nye lag til kortet. Klik på hvert menupunkt for at aktivere eller deaktivere forskellige visninger på kortet.

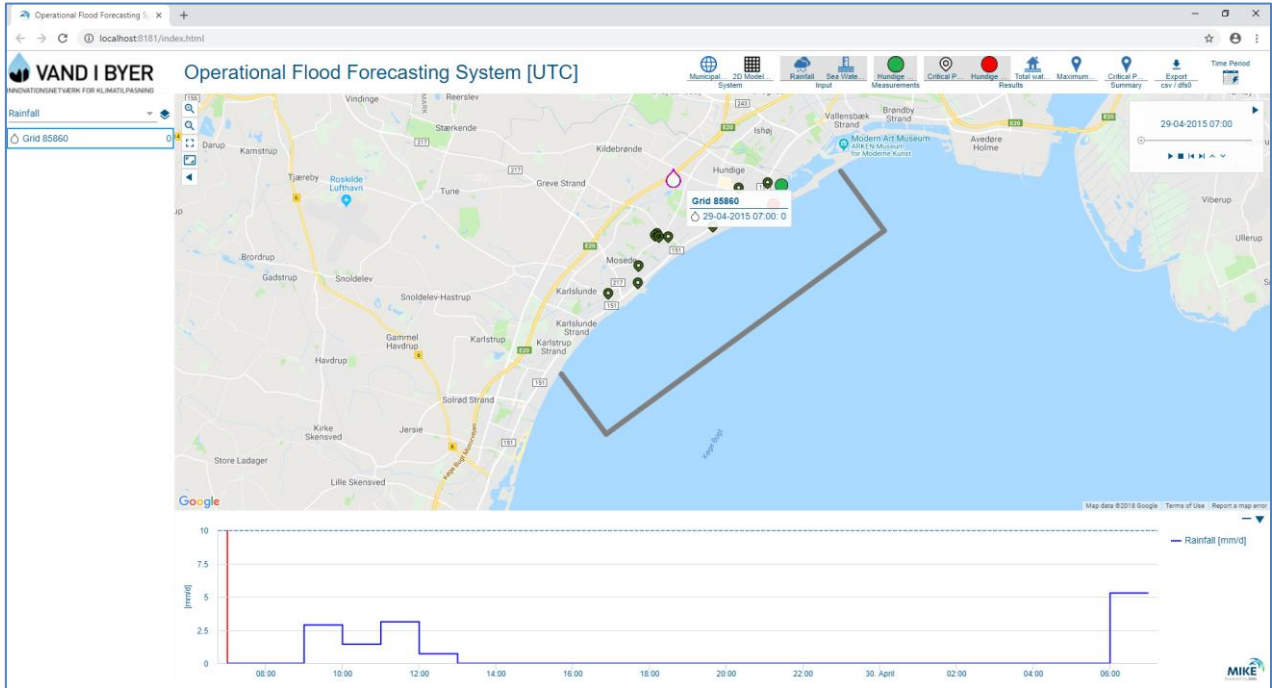


Data er grupperet henholdsvis til:

- Systemoplysninger
 - Kommunegrænse
 - 2D model omfang
- Randdata input
 - regn prognose
 - Havvandsniveau
- Målinger
 - Vandniveau ved Hundige Havn
- Resultater
 - Forventede vandniveauer på udvalgte punkter i området
 - Forventet vandstand ved Hundige Havn
 - 2D tidsvarierende forventede vanddybder
 - 2D maksimale forventede vanddybder
 - Sammenfatningstabel, der viser maksimale forventede vandniveauer på udvalgte punkter i området

Tidsserie grafer (Chart View)

Se data for et aktivt lag på en tidsserie graf ved at klikke på et ikon på kortet. Tidsserie graf vises nederst på siden under kortet.



Time Period

Anvend menuen Time Period til at se data for tidligere prognoser.

[Critical P... Summary](#)
[Export csv / dfs0](#)
[Superbru... Dokumentation](#)
[Time Period](#)
[Administrati...](#)

ToF: 29-04-2015 07:00, Run at: 06-12-2018 11:46

ToF: 29-04-2015 01:00, Run at: 06-12-2018 09:23

ToF: 28-04-2015 19:00, Run at: 06-12-2018 07:06

ToF: 28-04-2015 13:00, Run at: 05-12-2018 21:19

ToF: 28-04-2015 07:00, Run at: 05-12-2018 18:07

ToF: 28-04-2015 01:00, Run at: 05-12-2018 15:20

ToF: 27-04-2015 19:00, Run at: 05-12-2018 13:25

ToF: 27-04-2015 13:00, Run at: 05-12-2018 10:35

ToF: 27-04-2015 07:00, Run at: 04-12-2018 17:49

ToF: 27-04-2015 07:00, Run at: 04-12-2018 15:43

ToF: 27-04-2015 07:00, Run at: 04-12-2018 12:35

ToF: 27-04-2015 01:00, Run at: 03-12-2018 14:23

ToF: 26-04-2015 19:00, Run at: 03-12-2018 12:19

ToF: 26-04-2015 13:00, Run at: 03-12-2018 08:52

ToF: 26-04-2015 07:00, Run at: 02-12-2018 18:30

ToF: 26-04-2015 01:00, Run at: 02-12-2018 16:41

ToF: 25-04-2015 19:00, Run at: 02-12-2018 13:53

ToF: 25-04-2015 19:00, Run at: 01-12-2018 23:50

ToF: 25-04-2015 13:00, Run at: 02-12-2018 07:29

ToF: 25-04-2015 07:00, Run at: 01-12-2018 13:46

ToF: 25-04-2015 01:00, Run at: 01-12-2018 06:47

Venstre Panel

Skift mellem data og lag visninger på venstre panel. Farvelegenden og symbologien vises i Layer View.

The screenshot displays the 'VAND I BYER' web application interface, which is part of the 'INNOVATIONSNETVÆRK FOR KLIMATILPASNING'. The interface is split into two main sections: a left panel and a right panel (Layer View).

Left Panel (Critical Points): This panel lists various locations with their corresponding water level values. A blue box highlights a dropdown menu icon at the top of this panel, which is used to switch between data and layer views.

Location	Value
Greve Gymnasium, Rådhus...	2.87
Greve Rådhus, Rådhusolm...	3.28
Løvmosen 2	2.84
Langagergård Plejecenter, K...	6.12
Nældebjerg Plejecenter, Råd...	4.02
Strandcentret Plejecenter, Fr...	3.04
Statoil Fuel & Retail A/S	3.95
INGO	2.63
Q8 Service	3.67
Statoil Servicecenter	2.92

Right Panel (Layers): This panel shows the active layers in the map. The layers are:

- Municipal Boundary
- 2D Model Extent
- Rainfall
 - Dry
 - Light (10 mm/d)
 - Heavy (50 mm/d)
- Sea Water Level
- Hundige Measured
- Critical Points
 - Low (0 cm)
 - Medium (20 cm)
 - High (40 cm)
- Hundige Simulated

3 Referencer

DHI (2011). Water Forecast for the Inner Danish Waters and the Baltic Sea. Setup and validation of flow and wave models. DHI: Hørsholm, Denmark.

DHI (2018). MIKE 21 & MIKE 3 Flow Model FM, Hydrodynamic and Transport Module, Scientific Documentation. DHI: Hørsholm, Denmark.

DHI (2018b). MIKE FLOOD, ID-2D Modelling, User Manual. DHI: Hørsholm, Denmark.

DHI (2018c). MIKE OPERATIONS Documentation. Hørsholm, Denmark.

DHI (n.d.). Water Forecast by DHI. Retrieved from <http://www.waterforecast.com/>.

Greve Kommune (2007). Oversvømmelserne i Greve Kommune Juli 2007. Technical report. Retrieved from http://www.gsforsyning.dk/sites/default/files/oversvømmelserne_i_greve_kommune_juli_2007.pdf.

NIRAS (2014). Risikostyringsplan for Ishøj Kommune - Køge Bugt 2. Technical report. Retrieved from <http://www.ishoj.dk/sites/default/files/files/Risikostyringsplan%20for%20Ish%C3%B8j.pdf>.

StormGeo (n.d.). Metocean Forecasting. Retrieved from <http://www.stormgeo.com/offshore/metocean-forecasting/>.

Vestergaard, L. F. (2011). *Analyse af oversvømmelsesmønstret ved havvandsstigning i Køge Bugt ud for Greve*. Note to agenda item for meeting in 'Teknik og Miljøudvalget', Copenhagen Municipality. Retrieved from http://www.gsforsyning.dk/sites/default/files/havstrategi_politiskvedtaegt_bilag.pdf.