

## Modeller bliver lettere tilgængelige

**Det nye hydrodynamiske værktøj 3Di, giver nu kommuner og forsyninger mulighed for selv at anvende modeller og undersøge forskellige scenarier i forhold til f.eks. klimatilpasning. Det kan blive et stort skridt væk fra, at rådgiveren leverer en fastlåst model hen imod et dynamisk værktøj, der kan bruges af kommune og forsyning i hverdagen. Orbicon kan hjælpe forsyningen eller kommunen med at få opsat deres egen model, som kører på abonnementsbasis uden dyre softwarelicenser.**

I arbejdet med vandhåndtering og klimatilpasning er hydrodynamiske modeller ofte en bærende del af projekterne. Modellerne anvendes både til at belyse eksisterende og fremtidige udfordringer samt anvendes i valget og dimensioneringen af tiltag.

I mange projekter er tilgangen til modeller ofte, at projekterne (kommunerne eller forsyningerne) indgår aftale med en rådgiver om at opsætte en model. Modellen anvendes i projektet, hvorefter den overleveres til projektejer eller opbevares af rådgiveren.

I nogle tilfælde anvendes modellen igen i nye projekter, hvilket ofte kræver opdateringer eller en helt ny modelopsætning, hvis modellen ikke løbende er vedligeholdt.

Mange modeller kræver specialistviden og dyre licenser. Det betyder at projektejer ikke selv kan vedligeholde modellen og ikke selv kan anvende den i hverdagen. Modellen giver derfor kun projektejer værdi i det enkelte projekt mens den ikke skaber værdi i den daglige drift og sagsbehandling.

Den tilgang har det hollandske konsulentfirma Nelen & Schuurmans forsøgt at ændre på med deres hydrodynamiske beregningsmodel 3Di.

### **Opbygningen af 3Di modellen**

3Di indeholder en afløbs-, vandløbs-, grundvands- og overflademodel. Modellerne kan køres

individuel eller kobles i ét samlet modeldomæne. Alle modellerne er fuld dynamiske, hvilket bl.a. betyder, at de både har en rummelig og en tidlig opløsning. Til sammenligning med de simple terrænanalyser vi ofte anvender i Danmark, er der styr på massebalancen, og strømningsvejene kan variere med vanddybden gennem beregningerne. På den måde kan 3Di bedst sammenlignes med beregningsmodellerne fra f.eks. DHI.

3Di er opbygget, så selve modellen ligger i en Sqlite database. Modelopsætningen og modelopdateringer foretages i databasen med QGIS. Både Sqlite databasen og QGIS er FOSS "Free Open Source Software", så den del af modellen er gratis. Når modelopsætningen er færdigbearbejdet i QGIS, uploades modellen til en fjerncomputer, hvor selve beregningerne foretages. Det kræver et abonnement, som afregnes på årsbasis. Abonnementet tilpasses efter forbrug ligesom det kendes fra abonnemeter til f.eks. mobiltelefoner.

Når modellen er uploadet kan beregningerne styres og modellen editeres online via en webbaseret brugerflade. Det sætter ikke specielle krav til computeren, hvorfra beregningerne styres og de kan gennemføres selv via en smartphone eller tablet, bare den er online. Når beregningerne kører på fjerncomputeren, afregnes der efter en forbrugstakst. Prisen for anvendelsen af 3Di varierer altså med forbruget.

Tanken bag anvendelsen af 3Di er, at forskellige klimatilpasningstiltag kan afprøves med editeringen af modellen gennem den webbaserede brugerflade. Den webbaserede brugerflade er opbygget, så den også kan anvendes af ikke specialiserede brugere. Det er fra brugerfladen muligt at afprøve tiltagens effekt i forhold til forskellige nedbørshændelser ligesom historiske nedbør målt med nedbørsradere kan anvendes i beregningerne. Når de forskellige tiltag er analyseret i

beregningsmodellen, kan resultaterne præsenteres for øvrige interessenter via en præsentationsadgang. Præsentationsadgangen er også webbaseret, og resultaterne kan distribueres via link.

Som alternativ til den webbaserede brugerflade kan modellerne uploades via af en API (Application Programming Interfaces). Via API'en kan beregningerne ikke styres og editeres online men beregningstiden reduceres og derved også forbrugsomkostningerne for anvendelsen af fjerntcomputeren.

Når modelberegningerne er gennemført på fjerntcomputeren kan resultaterne hentes og analyseres i QGIS med et 3Di plugin. Dette er også gratis.

Beregningstiden for modelberegninger i 3Di er generelt meget kortere end dem vi kender fra de modeller vi ofte anvender i Danmark. Det skyldes, at 3Di anvender den såkaldte subgrid-metode. Med subgrid-metoden reduceres antallet af beregningspunkter i modellen mens antallet af resultatpunkter fastholdes. Det er en simplificering af modellen, som nedsætter beregningstiden og gør modellen mere operationel. Omkostningen er, at modellen bliver mindre præcis men samtidig bliver det muligt at afprøve mange tiltag på kort tid.

### **Sammenlignende beregninger med dansk modeller**

Nelen & Schuurmans tilgang til modelberegninger i softwaren 3Di er i Danmark introduceret gennem Life IP Coast2Coast Climate Change partnerskabet. 3Di er interessant for partnerne i Coast2Coast partnerskabet og branchen i Danmark generelt. Derfor har flere danske kommuner, forsyninger og konsulenter fokus på anvendelsen af 3Di. Af samme årsag deltog tre af Orbicons modelspecialister i foråret 2018 i et 3 dages kursus i 3Di hos Nelen & Schuurmans i Utrecht. Kurset gav en indsigt i selve arbejdet med 3Di modellen samt de styrende ligninger, som ligger bag beregningerne. Efter kurset har Nelen & Schuurmans og Orbicon gennemført sammenlignende beregninger for at sammenholde 3Di modellen med de modeller vi traditionelt anvender i Danmark.

Som case for beregninger er Randers bydelen Vorup anvendt. Orbicon har det seneste år arbejdet med Vorup i forhold til klimatilpasningsprojektet Storkeengen. I de sammenlignende beregninger er der alene regnet på overfladeafstrømningerne i Vorup ved gennemførelsen af klimatilpasningsprojektet.



*Nelen & Schuurmans præsenterer 3Di modellen på "touchtable" for partnere fra Life IP Coast2Coast Climate Change partnerskabet*

Formålet med beregningerne er en sammenligning af overflademodeller og anvendelsen af subgrid-metoden. Derfor er afløbssystemet ikke medtaget i beregningerne og resultaterne kan kun anvendes i sammenligningen af modellerne og har ingen sammenhæng med de fremtidige forhold i Vorup.

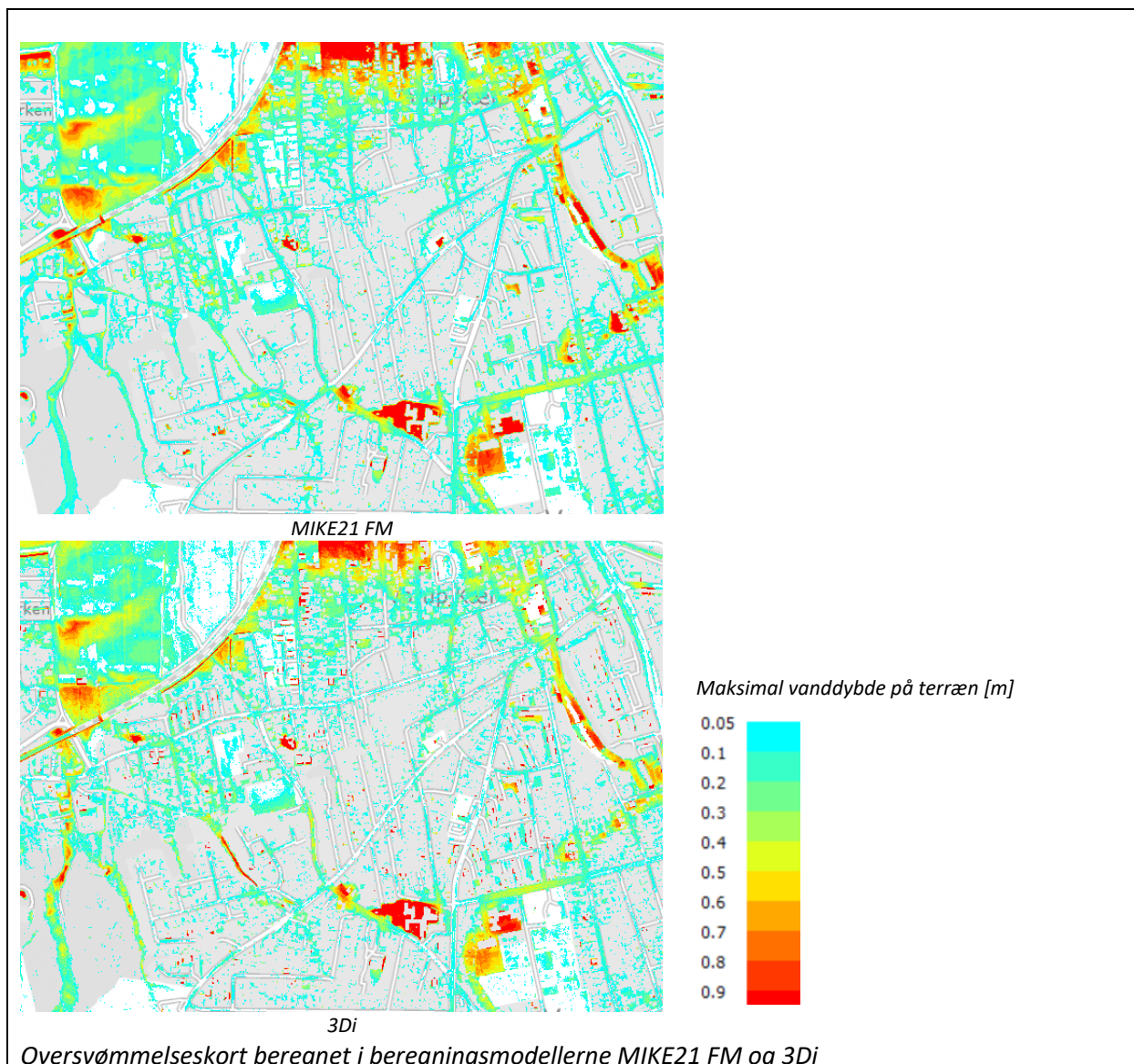
De sammenlignende beregninger er i første omgang gennemført med 3Di fra Nelen & Schuurmans og MIKE21 FM fra DHI. Beregningerne er gennemført med "københavn regnen" som medførte store oversvømmelser i København i juli 2011. Resultatet af beregningerne er angivet som de maksimale oversvømmelsesdybder på terræn på de to kort nedenfor.

Beregningerne i 3Di modellen indeholder 85.824 beregningspunkter og ca. 3,7 mill. resultatpunkter.

Beregningen i MIKE21 FM indeholder både 1,2 mill. beregningspunkter og resultatpunkter. Den samlede beregningstid i 3Di er på 0,5 time mens den i MIKE21 FM er på 9,5 timer.

Hverken MIKE21 FM eller 3Di modellen er kalibreret i forhold til nedbørshændelsen. Tilsvarende ekstremhændelse ikke er oplevet i Vorup. Derfor er der ikke kendskab til, hvordan de faktiske oversvømmelser vil se ud ved en regn tilsvarende "københavn regnen". Manglende modelkalibrering er ofte en usikkerhed i klimatilpasningsprojekter.

Resultaterne af de to beregninger viser oversvømmelser i de samme områder. Der er en tendens til, at oversvømmelsesdybderne i resultatet fra MIKE21 FM modellen er lidt større end resultatet fra 3Di modellen. Det ses på oversvømmelsesudbredelserne på nedenstående figurer.



Resultatet af 3Di modellen viser flere mindre områder med stor vandstand. De små røde markeringer på det nederste kort. Det skyldes interpolationsrutinen omkring bygninger i subgrid-metoden, hvor vandstanden interpoleres mellem hustagene og omgivelserne. Oversvømmelserne er ikke "rigtige" oversvømmelser men modelteknisk "støj".

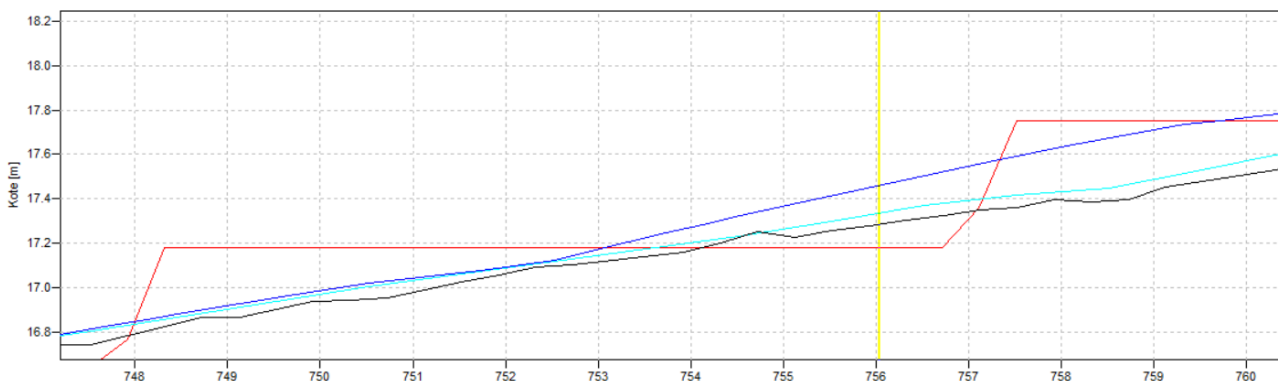
Statistik på de beregnede maksimale vanddybder i kortudsnittet viser, at 33 % af afvigelse mellem MIKE21 FM og 3Di modellen ligger i intervallet fra -5 til 5 cm mens 67 % ligger i intervallet fra -10 til 10 cm og 93 % af afvigelse ligger i intervallet fra -25 til 25 cm. Forskellen i de resterende 7 % er større end 25 cm.

I f.eks. klimatilpasningsprojekter kan vandstandsforfæle på mere end 10 cm i detailprojekteringen være betydende for valget af klimatilpasningstiltag. Med de beregnede afvigelser, hvor 33 % af afvigelserne er større end 10 cm kan modelvalget dermed være betydende for, hvilket klimatilpasningstiltag der realiseres. Modelvalget i detailprojekteringen bør derfor nøje overvejes i forhold til det nødvendige detaljeringsniveau.

- den lyse blå linje angiver den maksimale vandstand beregnet med MIKE21 FM modellen,
- den røde linje angiver den rå beregnede maksimale vandstand med 3Di og
- den mørkeblå linje angiver den interpolerede maksimale vandstand beregnet med 3Di.

Længdeprofilet omfatter en strækning på ca. 12 m. I 3Di modellen svar det til knap 2 beregningspunkter, hvilket også fremgår af den røde linje, som angiver den rå beregnede maksimale vandstand med 3Di. Linjen viser, at den beregnede vandstand i det nederste beregningspunkt ligger lidt under kote 17,2 m mens den i det øverste beregningspunkt ligger lidt under kote 17,8 m. Det giver et vandspejlsfald på omkring 7,5 %. Til sammenligning er terrænfaldet på omkring 5,5 %, hvilket også gælder vandspejlsfaldet fra MIKE21 FM modellen.

Ved interpolationsrutinen i 3Di er den rå vandstand omregnet til den interpolerede vandstand angivet med den mørke blå linje.



Resultatet af de to modeller er også sammenholdt i forhold til den maksimale vandstand i længdeprofiler på veje. Længdeprofilet for en stejl vejstrækning ses som eksempel på den ovenstående figur, hvor:

- den sorte linje angiver terrænoverfladen,

Sammenholdes den lyse- og mørkeblå linje ses der en god overensstemmelse mellem vandstanden på den nederste del af længdeprofilet. På den øverste del ses der en forskel mellem de beregnede maksimale vandstande på omkring 30 cm. Det er en betydelige afvigelse i f.eks. klimatilpasningsprojekter.

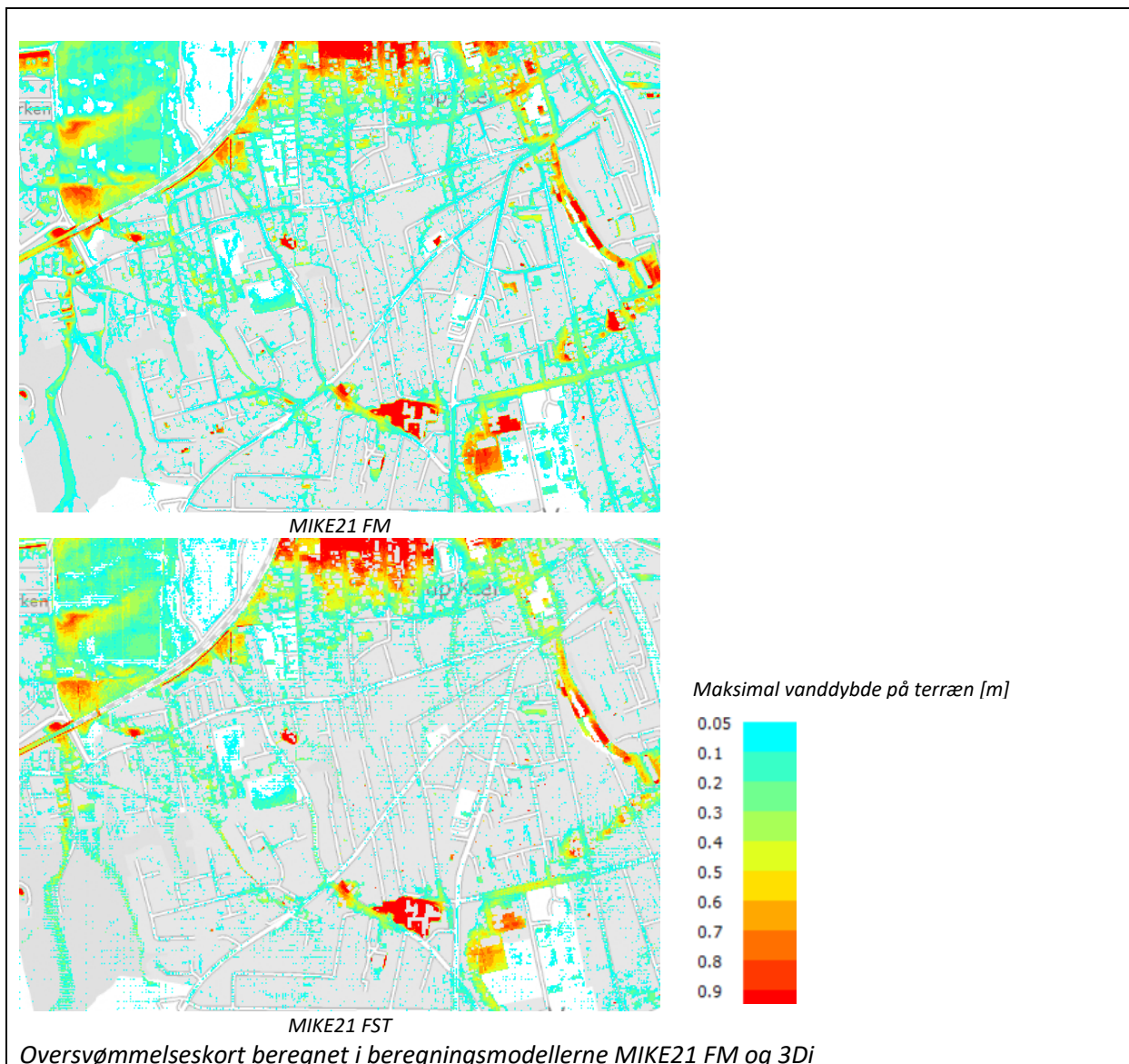


Anvendelsen af subgrid-metoden er ikke enestående for 3Di modellen. I DHI's MIKE21 FST model (Flood Screening Tool) anvendes en tilsvarende metode. Der er også gennemført sammenlignende beregninger med MIKE21 FST modellen. Modellen indeholder 93.000 beregningspunkter og ca. 2,4 mill. resultatpunkter. Beregningstiden er tilsvarende 3Di modellen på 0,5 time.

Resultaterne af beregningerne med MIKE21 FM og MIKE21 FST modellen viser oversvømmelser i de samme områder. Der er en tendens til, at oversvømmelsesdybderne i resultatet fra MIKE21 FM modellen er lidt større end resultatet fra MIKE21 FST modellen.

Resultatet af MIKE21 FST modellen viser flere steder enkeltstående små oversvømmelser samt "hakker" i oversvømmelseskortet. Det skyldes, at modellen ikke har en interpolationsrutine på samme måde som 3Di.

Statistik på i de beregnede maksimale vanddybder fra kortudsnittet viser, at 31 % af afvigelse mellem MIKE21 FM og MIKE21 FST modellen ligger i intervallet fra -5 til 5 cm mens 67 % ligger i intervallet fra -10 til 10 cm og 94 % af afvigelse ligger i intervallet fra -25 til 25 cm. Forskellen i de resterende 7 % er større end 25 cm.



Afvigelserne mellem MIKE21 FST modellen og MIKE21 FM modellen er tilsvarende afvigelserne for 3Di modellen. Valget af beregningsmodel kan dermed også i denne sammenligning påvirke valget af klimatilpasningstiltag og modelvalget i detailprojekteringen bør nøje overves.

### Konklusion

De sammenlignende beregninger mellem 3Di og MIKE21 FM samt MIKE21 FST og MIKE21 FM viser, at både 3Di og MIKE21 FST modellen er anvendelige i de indledende analyser og screeningen af f.eks. klimatilpasningsløsninger. Begge modeller kan således understøtte beslutningsprocessen og det er muligt at afprøve mange forskellige tiltag på grund af den korte beregningstid, som subgrid-metoden tillader. Det bør dog overvejes og undersøges nærmere om simplificeringen med subgrid-metoden medfører så store usikkerheder, at metoden ikke er anvendelig til detailprojektering.

Begge modeller understøtter muligheden for kobling med afløbs- og vandløbsmodeller. Beregninger i MIKE21 FST modellen kan som 3Di gennemføres via en fjerncomputer, hvor der afregnes efter forbrug, så det ikke er nødvendigt at investere i faste licenser. DHI understøtter dog ikke på samme måde som Nelen & Schuurmans en webbaseret brugerflade for ikke specialiserede brugere. Ligeledes er det ikke muligt at opsætte og tilrette modellerne i DHI's produkter uden licens. Det er muligt i 3Di med Sqlite databasen og QGIS.

I arbejdet med klimatilpasningsprojekter ligger der forud for arbejdet med valget af mulige klimatilpasningstiltag typisk en udpegning af de oversvømmelsestruede områder. Statusmodellen er normalt også udgangspunktet for de efterfølgende beregninger af mulige klimatilpasningstiltag. Opsætningen af statusmodellen udgør i mange projekter en betydende del af det samlede modelarbejde. På baggrund af det gennemførte kursus hos Nelen & Scuurmans vurderes det, at anvendelsen af 3Di fremfor DHI's produkter ikke vil reducere

arbejdstiden med opsætningen af statusmodellen. Dataindsamlingen og kvalificeringen af data til anvendelsen i modellerne er den samme uanset valget af hydraulisk beregningsmodel.

Vurderingerne af anvendelsen de berørte software er foretaget med udgangspunkt i mange års erfaring med anvendelsen af DHI's produkter i Danmark mens 3Di er en ny software, som vi kun har berørt overfladisk. Der kan derfor være genveje og features i 3Di modellen, som ikke er medtaget i vurderingerne.

I det gennemførte arbejde er afløbs-, vandløbs-, og grundvandsmodellen i 3Di ikke sammenholdt med de modeller vi traditionelt anvender i Danmark. En sammenligning heraf er oplagt i forhold til det fremtidige arbejde med 3Di i Danmark.

Læs mere om 3Di og Life IP Coast2Coast Climate Change partnerskabet her:

<http://www.3di.nu/>

<https://www.nelen-schuurmans.nl/>

<http://www.c2ccc.eu/>