



SPILDEVANDSKOMITEEN

ERFARINGSUDVEKSLING I VANDMILJØTEKNIKKEN **EVA**

NR. 1 • 31. ÅRGANG • JANUAR 2018

Adresseliste for udvalgsmedlemmer

Mads Uggerby (formand)

EnviDan A/S
Vejlssøvej 23, 8600 Silkeborg
e-mail: mau@envidan.dk
Tlf. 8722 8587

Agnethe Nedergaard Pedersen

VandCenter Syd as
Vandværksvej 7, 5000 Odense C
e-mail: anp@vandcenter.dk
Tlf. 6114 9310

Sanne Lund (kasserer)

MOE A/S
Buddingevej 272, 2860 Søborg
e-mail: sal@moe.dk
Tlf. 2540 0246

Jakob Badsberg Larsen

Niras A/S
Sortemosevej 19, 3450 Allerød
e-mail: jla@niras.dk
Tlf. 4810 4561, Mobil 2141 8335

Kjartan Gunnarsson Ravn

Vejle Spildevand A/S
Toldbodvej 20, 7100 Vejle
e-mail: kjara@vejlespildevand.dk
Tlf. 5118 1415

Kristian Vestergaard

Ingeniørhøjskolen Aarhus Universitet
Energi- og miljødesign
Inge Lehmanns Gade 10, 8000 Aarhus C
e-mail: kv@ase.au.dk
Tlf. 4189 3341

Ulla Boje Jensen

Novafos
Knud Bro Allé 1, 3660 Stenløse
e-mail: ubj@novafos.dk
Tlf. 4137 5416

Forside foto

Foto fra temadagen "Forskning, udvikling og innovation i vandsektoren", den 21. september 2017.

Udgiver

Ingeniørforeningen, IDA – Spildevandskomiteen Erfaringsudveksling i Vandmiljøteknikken EVA.
Indlæggene i bladet står for forfatterens egen regning, og Eva-udvalget er ikke nødvendigvis enig i den udtrykte holdning eller anbefaling.

Hjemmeside

www.evanet.dk

E-mail

eva@evanet.dk

Dette blads redaktør

Mads Uggerby, mau@envidan.dk

Næste blads redaktør

Kristian Vestergaard, kv@ase.au.dk

Deadline for indlæg

Ultimo marts 2018

Næste blad forventes udgivet

April 2018

Redaktion

Margrethe Nedergaard, margrethe_nedergaard@hotmail.com

Indhold

Leder	4
Indbydelse til Temadag	6
Innovation i vandsektoren Jóannes J. Gaard	8
Strategisk innovation i vandsektoren Karina Topp	12
Fra forskning til værdi – Oversvømmelsesvarslingssystemet SURFF Mette Kajhøj, Nikolaj Mølbye og Maite Monica Lovring	16
Fed modelgrundlag – automatisk kalibrering af afløbsmodel Søren Højmark Rasmussen, Jørn Rasmussen og Anders Hertz Kristens	20
Indsivning med PEST Søren Højmark Rasmussen, EnviDan og Barbara Greenhill, BIOFOS	24

Kalender

Faglige arrangementer

EVA-udvalget opfordrer til, at medlemmerne holder øje med faglige arrangementer på relevante hjemmesider (EVA-udvalget, DANVA, IDA Miljø, Ferkvandscenteret m.fl.)

EVA-udvalget søger at placere temadage så de ikke konflikter med andre større fagligt relevante arrangementer.





Leder

Våde regnvandsbassiner – er det løsningen?

Meget regnvand er løbet gennem regnvandsbassinerne, siden EVA-udvalget i september 2015 afholdt temadagen "Regnvandsbetingede udledninger – hvordan regner vi den ud?", men alligevel er der ikke kommet en fuld afklaring af, hvordan vi skal dimensionere forsinkelsesvoluminet i regnvandsbassinerne, og hvilken dokumentation der er nødvendig for at kunne komme helskindet gennem en klagesag over en udledningstilladelse ved Miljø – og Fødevarerklagenævnet med den praksis klagenævnet pt. har lagt.

Klagenævnet har været noget hæmmet af den mellemliggende omorganisering og udflytning til Viborg, men nu er nævnet igen begyndt at komme med afgørelser relateret til udledningstilladelser for regnvandsbassiner. Endvidere er der den 1/6 2016 kommet en ny spildevandsbekendtgørelse og der er en helt ny spildevandsvejledning på trapperne – er måske udkommet når dette læses. Endelig er der også faldet en byretsdom omkring en manglende udledningstilladelse. Så på den juridiske front er der sket en hel del.

På den tekniske front er der også sket en del. Flere rådgivere, kommuner, forsyningsselskaber og videns/uddannelsesinstitutioner har forsøgt at tage bestik af den linie der pt. er lagt af klagenævnet, og udvikle metoder til at fastlægge og dokumentere det nødvendige neddrøslingsniveau. Dette er langt fra enkelt, og om de indtil nu udviklede metoder kan holde til en prøvelse ved klagenævnet er pt. uafklaret.

Nu er det jo ikke alle udledningstilladelser til regnvandsbassiner som bliver påklaget, men nogle af de steder det er sket, har det ført til stor frustration og forsinkelse/justering af allerede igangsatte projekter. Der er i høj grad brug for at vi får fastlagt nogle veldefinerede procedurer og metoder omkring dimensioneringen af forsinkelsesvoluminet i regnvandsbassiner, helt analogt til de veldefinerede dimensioneringsmetoder der findes for vådvoluminet jf. Faktablad om dimensionering af våder regnvandsbassiner, Aalborg Universitet 2012 – metoder som klagenævnet har anerkendt som værende udtryk for BAT med de deraf følgende konsekvenser.

Som nævnt er der allerede taget mange gode initiativer, men vi har brug for, at der meget snart kommer en fuld afklaring, så vi kan få etableret de nødvendige bassiner med det optimale volumen. Og hvis vi ikke skal plastre hele Danmark til i meget store regnvandsbassiner har vi også brug for mere nytænkning omkring alternative metoder til at sikre, at vi ikke genererer hydraulisk overbelastning eller erosion af vandløb. Regeringen har netop udsendt en rapport fra et ekspertudvalg omkring mulige revisioner af vandløbsloven – måske kan en kommende (og tiltrængt) revision af vandløbsloven åbne nye muligheder.

Måske er der hjælp at hente i den nye spildevandsvejledning, men det kræver, at der sker en udbygning af denne, i forhold til den udgave der for nyligt har været i høring. Om det er tilfældet ser vi når den endelige udgave af vejledningen udgives. Hvis ikke kunne det være relevant at overveje, om det ikke var på tide at få udviklet og beskrevet de mulige metoder gennem et skrift fra Spildevandskomiteen.

På temadagen i Nyborg den 1. marts "Våde regnvandsbassiner – er det løsningen?" vil vi tage fat i denne komplekse problemstilling og forsøge på sammen at arbejde os lidt nærmere en afklaring af, hvordan vi i fremtiden på teknisk og økonomisk forsvarlig vis kan sikre, at afstrømmende regnvand fra byen ikke medfører uacceptable påvirkninger i de modtagende vandområder.

Vel mødt i Nyborg!
EVA-udvalget

EVA-udvalget indbyder til

EVA-temadag

Torsdag den 1. marts 2018, Hotel Nyborg Strand

Våde regnvandsbassiner – er det løsningen?

Våde regnvandsbassiner er efterhånden ved at blive et almindeligt element i det danske landskab. Bassinerne etableres mere eller mindre som et standardelement i forbindelse med byudvikling eller kloaksepareringsprojekter. Vi har for flere år siden fået en veldefineret måde at dimensionere det permanente våde volumen på, og forrige år blev en DANVA-vejledning om drift og vedligehold udgivet.

Det er dog paradoksalt, at vi endnu ikke har fået fastlagt en anerkendt metode til fastlæggelse af afløbstallet og dermed af stuvningsvoluminet i det våde regnvandsbassin. Adskillige udledningstilladelser er blevet påklaget og flere er blevet hjemvist til fornyet behandling ved kommunen. Hvordan er det lige at man skal kunne dokumentere, at en udledning fra et regnvandsbassin respekterer vandløbets hydrauliske kapacitet, som det er formuleret i spildevandsvejledningen?

Udover forsinkelse er formålet med våde regnvandsbassiner også at foretage en vis rensning af det afstrømmende regnvand. Men hvor stor en rensning foregår der egentligt og hvilke vandkvalitetsmæssige effekter kan der forventes i det modtagende vandløb? Vil man kunne forestille sig at der vil kunne blive stillet yderligere krav om rensning af regnvand?

Det er med udgangspunkt i disse problemstillinger at EVA-udvalget indbyder til temadagen i Nyborg den 1. marts 2018. Det foreløbige program er gengivet på næste side, men det skal understreges af planlægningen af dagen ikke er afsluttet, og at der således kan forekomme justeringer af programmet.

Det endelige program vil blive udsendt via Ingeniørforeningens nyhedsbreve og vil ligeledes kunne findes på EVA-udvalget hjemmeside www.evanet.dk.

Tilmelding kan ske på www.ida.dk.

Vi ses i Nyborg

Deltagergebyr

Medlem af EVA
1300 kr.

Øvrige
1500 kr.

Ingeniører,
Ikke medlem af IDA
3450 kr.

Studerende gratis

Tilmelding

Tilmeld dig på
IDAs hjemmeside

Hvor du opgiver

- Arrangement nr.
- Navn
- Adresse
- Tlf. nr.
- E-mail
- Helst fødselsdato
- Oplysning om du er ingeniør eller ej.

(Arrangementet
er åbent for alle)



Program

9:30 Kaffe/rundstykker

10:00 Velkomst, indledning

v/ Kristian Vestergaard, EVA-udvalget

10:05 Siden sidst, ny spildevandsvejledning, praksis ved Miljø- og Fødevareklagenævnet og forslag fra ekspertudvalget til ændret vandløbsforvaltning

v/ Kristian Vestergaard, Aarhus Universitet

10:30 Sådan tackler vi problemstillingen omkring nødvendig neddrøsling i Aalborg, herunder case Egnspanvej

v/ Ole Schwalbe Madsen, Aalborg Kommune

11:10 Dimensionering af stuvningsvolumen i regnvandsbassiner og hydraulisk belastning af vandløb

v/ Anja Thrane Hejselbæk Thomsen, Orbicon/AAU

11:40 Årsmøde

12:20 Frokost

13:20 Stofindhold i afstrømmende regnvand og renses effekter i våde regnvandsbassiner

v/ Asbjørn Haaning Nielsen, AAU

13:45 Stofbelastning på vandløb fra separat regnvand, mulige effekter på vandkvaliteten. Er rensningen i våde regnvandsbassiner altid tilstrækkelig?

v/ Morten Lauge, NIRAS

14:10 Workshop/erfaringsudveksling i grupper

14:45 Kaffe

15.00 Hvordan kommer vi videre, andre muligheder for håndtering af regnvand. Kort oplæg v/nn med efterfølgende diskussion/debat

15.30 Afrunding

v/ Kristian Vestergaard, EVA-udvalget

Innovation i vandsektoren



Af: Specialkonsulent
Jóannes J. Gaard, Miljøstyrelsen

Innovation i vandsektoren har høj politiske prioritet. Innovation er afgørende for, at borgerne får kvalitet drikkevand og mest mulig miljø, for de penge de betaler for levering af drikkevand og afledning af spildevand.

Det fremgår af vandsektorloven, at vand- og spildevandsforsyningen skal drives på en effektiv måde, der er gennemsigtig for forbrugerne, giver lavest mulige stabile priser for forbrugerne og som samtidig understøtter innovativ udvikling, demonstration og eksport af vandteknologiløsninger.

Ønsket om en innovativ udvikling, demonstration og eksport af vandteknologiløsninger kom med i det politiske forlig om en ny og forbedret regulering af den danske vandsektor, som alle partier i Folketinget undtagen Alternativet har tilsluttet sig.

Innovativ udvikling er nødvendigt, hvis vandselskaberne skal leve op til de politiske visioner om at effektivisere sektoren for 1,3 mia. kr. i 2020 og 2,5 mia. kr. i 2025 samtidig med, at selskaberne sikrer og udvikler en vand- og spildevandsforsyning af høj sundheds- og miljømæssig kvalitet, som tager hensyn til forsyningssikkerhed samt naturen, som det hedder i vandsektorloven.

Formål

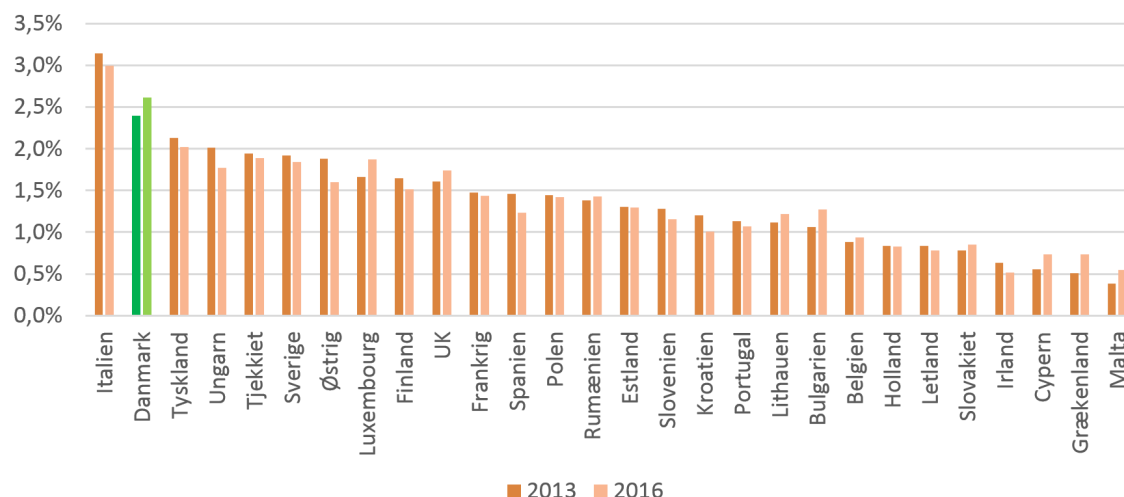
Vand- og spildevandsforsyningen skal drives på en effektiv måde, der er gennemsigtig for forbrugerne, **giver lavest mulige stabile priser for forbrugerne og som samtidig understøtter innovativ udvikling, demonstration og eksport af vandteknologiløsninger.**

Loven skal medvirke til at sikre **og udvikle** en vand- og spildevandsforsyning af høj sundheds- og miljømæssig kvalitet, som tager hensyn til forsyningssikkerhed naturen. **Overskud skal fortsat fastholdes i sektoren.**

Med rødt markeret det nye i vandsektorloven fra 2016.

Figur 1

Vand som andel af samlet vareeksport, 2013 og 2016



Kilde:
Særkørsel
på Eurostat
fra DAMVAD

Andel af omsætning anvendt på innovation

Alle selskaber	0,5 % (70 mio. kr.)
Store spildevandsselskaber	0,7 %
Mindre spildevandsselskaber	0,2 %
Store drikkevandsselskaber	0,5 %
Mindre drikkevandsselskaber	0,1 %

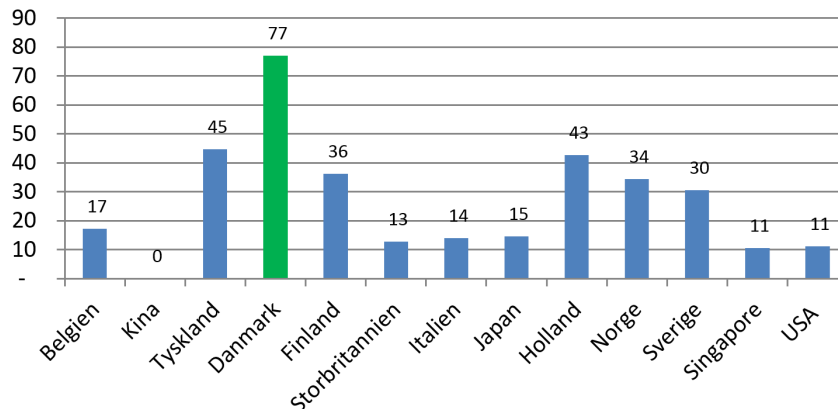
Kilde: Evaluerings
af Vandsektorloven,
Deloitte 2013

Med vandsektorloven fik vandselskaberne bedre mulighed for at investere i bedre udnyttelse af ressourcerne i drikke- og spildevand, da det blev en del af selskabernes hovedaktivitet. Forligskredsen skrev i den politiske aftale, at forskning og udvikling fortsat skal fremmes, og der skal skabes gode rammer herfor i den danske vandsektor. Det er afgørende for forligskredsen, at vandselskaberne har fokus på teknologiledelse og at de kan indgå i samarbejde med private virksomheder med det formål at understøtte virksomhedernes eksport af danske løsninger i udlandet.

Miljø- og Fødevarerministeriet arbejder på at udmønte de politiske ambitioner om bedre miljø og øget dansk vandteknologiekseport. Det første gennem sektorlovgivningens netop igangsatte analyser af, hvordan vi bedst muligt sikrer en robust forsyningssikkerhed.

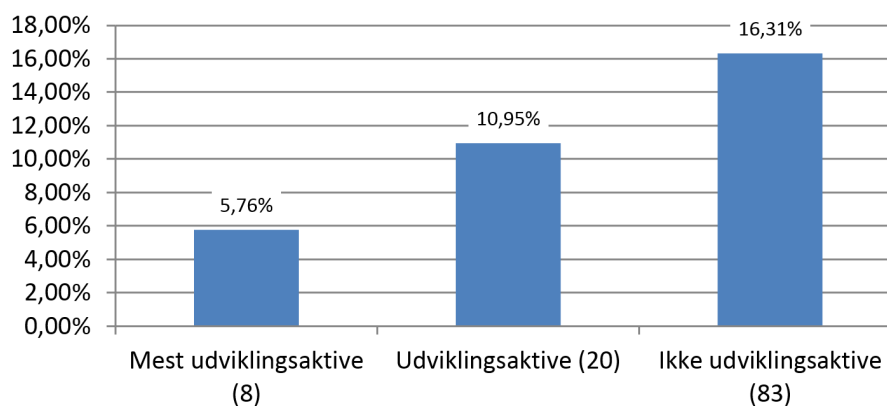
Patentansøgninger til EPO, vand og pumperelaterede teknologier pr. mio. inbyggere 2006-2017

Kilde:
PVS, Udtræk fra
PATSTAT (seneste
opdatering 2017 Autumn)



Simpel sammenligning af rå effektiviseringspotentiale hos udviklingsaktive og ikke udviklingsaktive selskaber

Kilde:
Evaluerings af
Vandsektorloven, Deloitte
2013 og Prisloft 2015,
Forsyningssekretariatet



Målet om øget eksport af vandteknologi bliver forfulgt i et tæt samarbejde med branchen i Vandvisionen. Her er sat en række initiativer i værk, der skal sikre, at Danmark i 2025 stadig er verdensførende målt på patenter og eksport i vandsektoren. Det er her et delmål, at Danmark i 2025 har fordoblet vandteknologieksporten fra 15 mia. kr. i 2013 til mere end 30 mia. kr. i 2025, og hermed skabt 4.000 nye jobs.

Vi skal have fart på, hvis vi skal nå det politiske mål om fordobling af eksporten. Heldigvis har vi innovative selskaber, der alene de sidste 7 år har forbedret kvalitetsledelsen på drikkevandsområdet, rensningen og energiuudnyttelsen på spildevandsområdet – og samtidig effektiviseres for mere end 700 mio. kr.

Det er videre af den vej, vi skal. Data fra Deloitte's evaluering af vandsektorloven og den økonomiske benchmarking indikerer, at de mest innovative selskaber også er de mest effektive. Så der skal nytænkning til, hvis sektoren skal leve op til de politiske ambitioner.

Opdager man regler, der forhindrer innovation, og hvor ændringer kan føre til mere miljø for pengene, så vil vi meget gerne høre fra jer.



Strategisk innovation i vandsektoren



Af: Karina Topp,
Aarhus Vand A/S

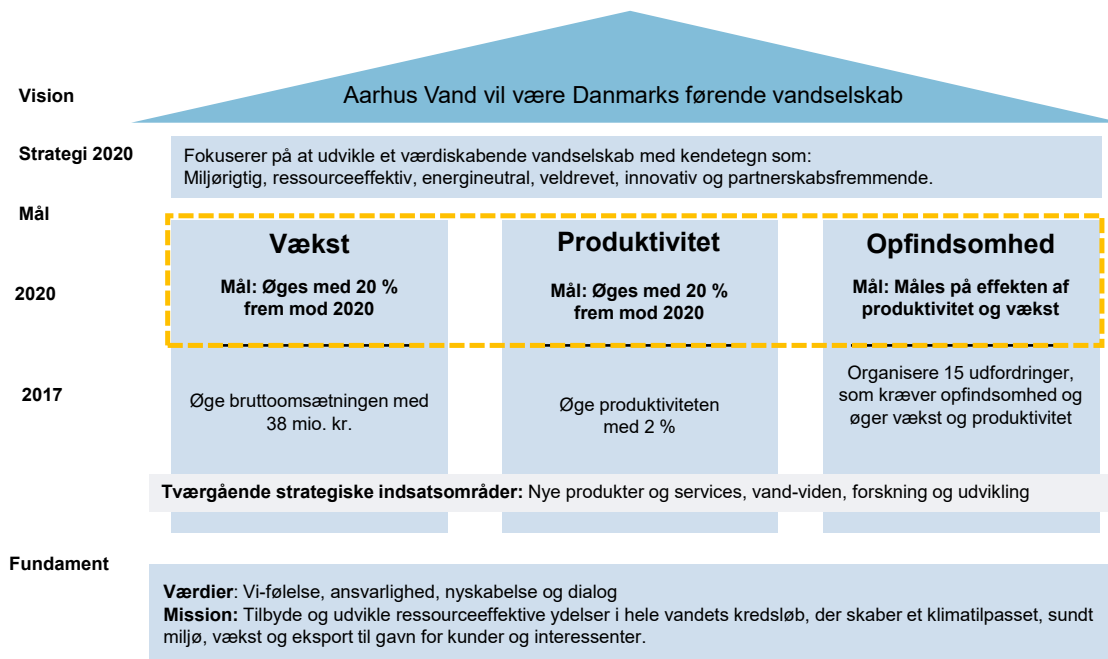
Vandselskaberne har fået nye udfordringer, og skal i dag både effektivisere på drift og investeringer. Effektiviseringskravene betyder, at der er behov for at tænke nyt og arbejde 'smartere', hvis vi stadig skal opretholde et ordentligt serviceniveau overfor borgerne, og levere klimatilpasning, spildevandsrensning og drikkevand af høj kvalitet.

Hos Aarhus Vand er omsætningen på vores kerneforretning nedadgående på grund af et generelt faldende vandforbrug, og når vi så samtidig har en målsætning om at være Danmarks førende vand-videns-selskab, med rum og plads til udvikling og innovation, er det nødvendigt, at vi stiller skarpt på vækst, produktivitet og opfindsomhed. Det har vi gjort med konkrete strategier for hvert af de tre fokuspunkter:

Produktivitätsstrategien skal sikre, at vi er to år forud for Prisloftet på kerneydelserne og skabe rum for fortsat udvikling i Aarhus Vand.

Vækststrategien skal sikre, at der fortsat er gang i butikken, så der er et ressource- og medarbejdergrundlag for udvikling og innovation.

Opfindsomhedsstrategien skal sikre, at vi er i stand til at skabe produktivitet og vækst.



Figur 1
Virksomhedsstrategi 2020,
Aarhus Vand A/S

Vi når målene i partnering

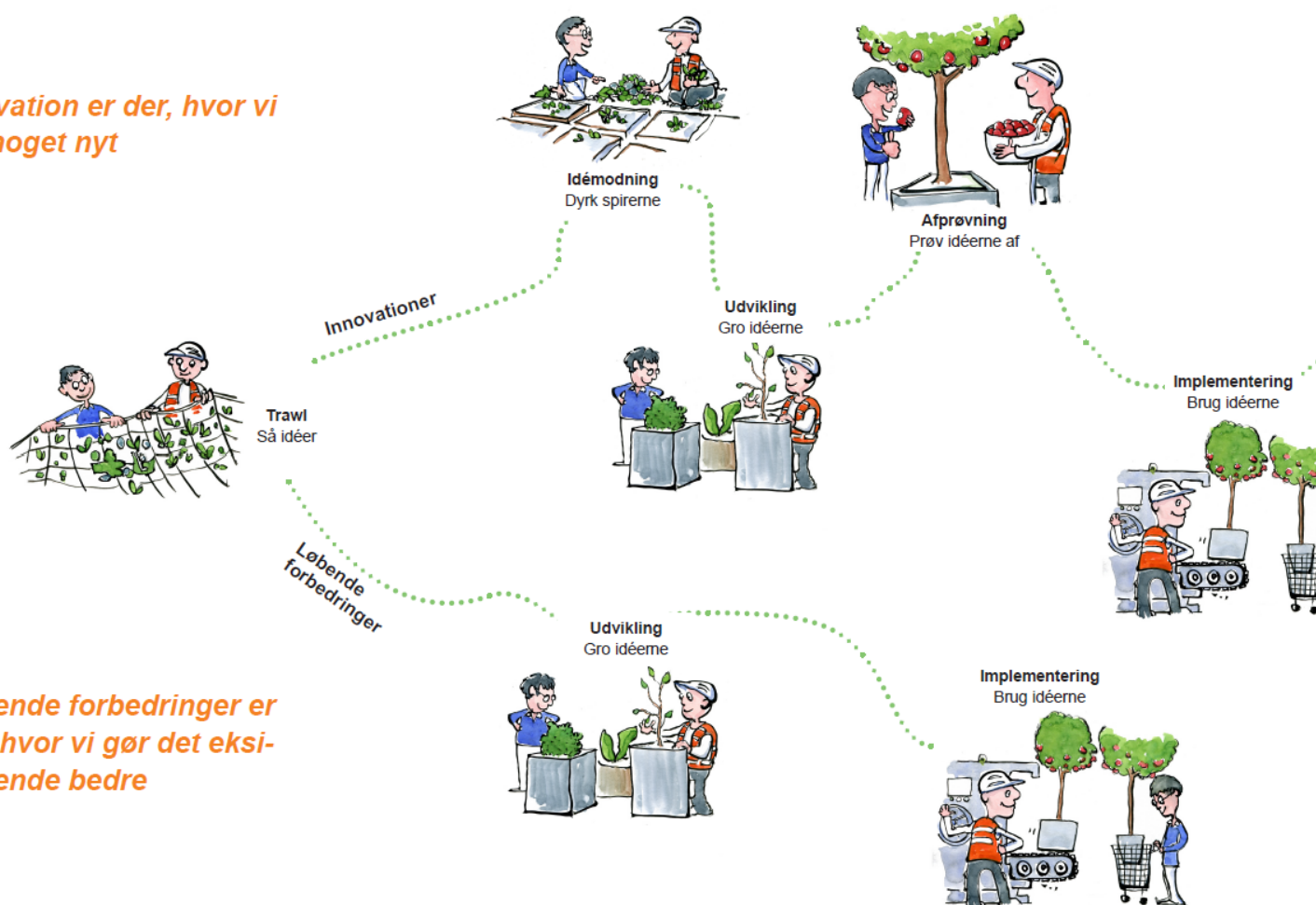
For at nå i mål med vores strategi har vi valgt at arbejde i partnering i en række 6-årige rammeaftaler inden for vores fagområder. Vi udbød i 2015, sammen med Favrskov Forsyning A/S og Odder Spildevand A/S (nu Samn Forsyning A/S), 5 fælles rammeaftaler inden for teknisk rådgivning og entreprenørarbejde med én overordnet partneringaftale. De 23 aftaler er inden for foring, opgravning, TV-inspektion, planlægning og opmåling. Derudover har Aarhus Vand yderligere en rammeaftale vedr. pumpestationer samt suppleret en af rammeaftalerne med driftsopgaver. Den helt overskyggende fordel ved at arbejde i partnering er helt klart følelsen af, at vi arbejder mod samme mål. I partnering deler vi både overskud og eventuelle underskud, og vi har opsat fælles mål for partneringsamarbejdet, som både dækker økonomi, kvalitet, samarbejde, innovation og kundetilfredshed.

Innovation i hverdagen

Når vi arbejder og innoverer i partnering, har vi fælles mission, vision og mål, og vi har også en række fælles handlingsplaner på tværs af de 13 involverede virksomheder, som sikrer at vi flytter os. Det giver os nogen fælles aftaler og forventninger, som gør at vi stoler på hinanden, også når det handler om at dele idéer og viden. Vandpartner består af byggeklodserne i vores strategihus, som illustrerer, hvordan vi får hverdagen til at fungere med så mange medspillere, der i mange andre sammenhænge er konkurrenter. Se figur 2 på side 15.

En del af fundamentet i vores strategihus er vores værdier, og her er blandet andet tillid et vigtigt element, ja faktisk en nødvendighed, hvis vi skal lykkes med at nå vores vision. Vandpartner er skruet sammen på en måde, hvor der er plads til at prøve nye idéer af i projekterne. Vi arbejder sammen over så lang tid, at der er mulighed for at afprøve nye metoder og teorier på flere scenarier eller projekter, og på den måde nå meget længere i en innovationsproces, end hvis samarbejdspartnerne var nye fra projekt til projekt. Samtidig afholder vi workshops og timeouts, hvor vi sætter innovationen i fokus, og bruger tid på at tænke kreativt og finde nye løsninger til vores strategiske indsatser.

Innovation er der, hvor vi gør noget nyt



Løbende forbedringer er der, hvor vi gør det eksisterende bedre

Det er mange elementer, som er vigtige i en succesfuld innovationsproces, men et af de vigtigste er, at rammerne er på plads og tilgængeligheden er tilstede. Vi tror på, at kreativiteten er størst, hvis processen er struktureret, og derfor har vi en velbeskrevet innovationsproces i Vandpartner, som er den samme på tværs af partnerskabet. Vores innovationsproces (se figur 3) er inddelt i steps, og mellem hvert step har vi en stop-go-beslutning, hvor idéen evalueres, og vi tager stilling til, om den skal videre i processen.

Rent lavpraktisk oplever vi, at den største hurdle for at en succesfuld innovationsproces i virkeligheden er, når vores kolleger får en god idé, men ikke ved, hvordan de skal komme videre med den. Derfor gør vi meget ud af at sprede budskabet om, hvor let det er at komme videre med sin idé i Vandpartner. Vi har oprettet en speciel e-mailadresse til idéer, og gør hele tiden opmærksom på, at vores fælles innovationsgruppe står klar til at hjælpe med at bringe idéen videre. På den måde får vi mange flere idéer ind. Ikke mindst fra vores mange folk i marken, som måske hellere lader idéen fare, hvis der stilles krav til flere siders skriftlig beskrivelse etc.

Får vi overhovedet noget ud af det?

Allerede nu hvor Vandpartner har eksisteret i relativt kort tid, har vi fået enormt mange gode idéer på banen, og flere af dem er også endt i egentlige udviklingsprojekter, hvor vi er godt på vej til at arbejde 'smartere' for at nå vores mål.

Vi oplever at såvel entreprenører, som planlæggere, leverandører og bygherrer arbejder sammen på tværs for at udvikle nye løsninger til gavn for hele branchen. Det grænseløsesamarbejde er for os det ultimative kvalitetsstempel for den måde vi har valgt at samarbejde på.

Fra forskning til værdi

– Oversvømmelsesvarslingssystemet SURFF



Af: Mette Kajhøj
Krüger A/S



Af: Nikolaj Mølbye
Krüger A/S



Af: Maite Monica Lovring
Krüger A/S



Udfordringer med ændret klima og risiko for skader i milliardklassen i landets kommuner, kalder på både alternative, kosteffektive og smarte løsninger.

Fra OMOVAST til SURFF

Det er ikke økonomisk realistisk blot at øge rørenes størrelser i kloaknettet og lave terrænregulering. Det er heller ikke nok at lave lokal afledning af regn. Der skal laves kombinationer og det skal sikres at eksisterende infrastruktur udnyttes bedst muligt. Hertil er implementering af et oversvømmelsesvarselsystem et fordelagtigt skridt, der vil give modtagere af varslet et forspring før hændelsen sker, og dermed forbedre mulighederne for at minimere skadesomfanget, når oversvømmelsen indtræffer.

Et sådant varslingssystem blev udviklet i projektet OMOVAST (Operativ Model til Varsling og Styring), som var et samarbejde mellem BIOFOS, DMI, HOFOR, Nordvand og Krüger. Projektet blev gennemført med tilskud fra MUDP i perioden 2013 – 2016, og havde til formål at udvikle et værktøj, der kan levere en oversvømmelsesprognose 5-6 timer frem. Oversvømmelsesprognosen skal således forudsige hvor meget vand, der kommer til at ligge på overfladen de steder, hvor den forudsagte nedbør giver anledning til oversvømmelse. Værktøjet blev døbt SURFF (Surface Flood Forecast) og blev gennem udviklingsfasen testet, funktionaliteten udvidet, hurtigere og mere præcise beregningsrutiner blev implementeret samtidig med at brugervenligheden blev højnet. Gennem et tæt samarbejde og en innovativ tilgang nåede vi i dette udviklingsprojekt langt i udviklingen af værktøjet, hvilket var helt afgørende for, at SURFF i dag vækker stor interesse, også internationalt. Værktøjet er efterfølgende også implementeret i Tønder.

Hvad er SURFF?

Produktet SURFF genererer hver time et oversvømmelsesvarsel baseret på prognoser fra DMI. Realtidsdata (fx nedbørsmålinger og havvandstande) bruges til at sikre, at modellen altid er opdateret i forhold til den aktuelle tilstand. Værktøjet SURFF er således et oversvømmelsesvarslingssystem baseret på hydraulisk modellering af strømninger i afløbssystemet koblet med en terrænmodel. Processen kan ses illustreret i Figur 1.



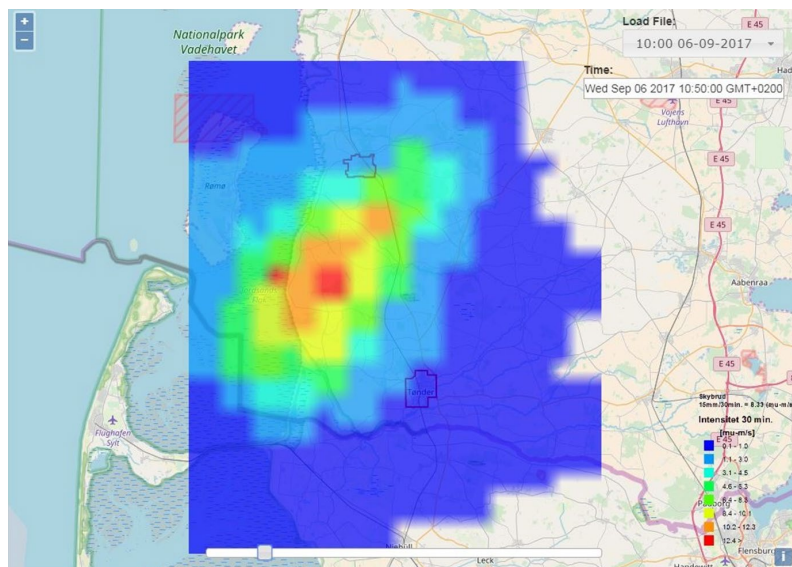
Figur 1
Konceptuel tegning over trin
eksekveret i SURFF

Værktøjet er udviklet i Python, hvorfra 1D-2D hydrauliske simuleringer eksekveres i MIKE FLOOD.

Programmet kører en gang i timen, hvor følgende trin gennemgås:

- Download af reeltidsdata fra regnmålere og niveaumålere i oplandet. Niveaumålerne kan fx være vandstande i hav eller vandløb, og de anvendes som randbetingelser for modelberegningerne.
- Download af nedbørsprognoser fra DMI, herunder en Radar Nowcast, som anvendes til den første time af prognosehorisonten og en Numerical Weather Prediction (NWP) model som anvendes til de resterende 5 timer.
- Simulering af den aktuelle tilstand af kloaksystemet og vandstand vha. de downloadede reeltidsdata.
- Prognose (varsels-simulering) 6 timer frem for vandstand i afløbssystem og vand på overfladen vha. nedbørsprognoserne.
- Udtræk af resultater samt visuel præsentation af forventede oversvømmelser og regnintensiteter.
- I tilfælde af vand på terræn udover de definerede grænser: udsendelse af alarm til udvalgte brugere.
- Arkivering af måle- og beregningsresultater.

Figur 2
Visualisering af en 6 timers
nedbørsprognose for Tønders opland
på surff-toender.dk.



Formålet med at modtage online realtidsmålinger er at holde styr på den aktuelle tilstand i kloaksystem og på overfladen. Den aktuelle tilstand beregnes i den hydrauliske model med nedbørs- og vandstandsobservationer fra den seneste time som input. Resultaterne herfra bruges derefter som startbetingelser for en varselssimulering.

I varselssimuleringen benyttes – foruden input for aktuell tilstand i kloaksystem og på overfladen – en nedbørprognose fra DMI. Denne er baseret på en Radar Nowcast model for den første time ud i fremtiden og herefter på en Numerical Weather Prediction (NWP) model. Idet der i stedet for nedbørsmålinger anvendes en prognose som input, kan varselssimuleringen generere oversvømmelsesprognoser 6 timer ud i fremtiden.

SMS og E-mail varsler bliver automatisk sendt til forskellige brugere, hvis der bliver varslet oversvømmelser eller, hvis der opstår fejl i systemet. Varslingssystemet er inddelt i forskellige niveauer afhængig af en forudset mængde af vand på terræn samt usikkerheden af forudsigelsen (ved flere simuleringer i træk, der forudsiger oversvømmelse, øges sikkerheden omkring hændelsen). Derved kan brugerne selv vælge, hvilken tilstand systemet skal være i, før de får en alarm.

SURFFs oversvømmelsesprognoser bliver publiceret online hver time og kan tilgås på en hjemmeside for oplandet, fx surff-toender.dk for Tønder. Udover et kort med varslede oversvømmelsesområder indeholder hjemmesiden også visualiseringer af regnprognoser og sammenligninger af faktisk målte og af SURFF varslede vandstandsniveauer.

Ved opsættelse af et varselssystem som SURFF opnås en detaljeret beskrivelse af systemet i realtid. Derved medfølger andre fordele end blot forudsigelse af oversvømmelse på terræn. Fx forudsiges flowet i systemet, hvilket kan anvendes som input til en model prediktiv styring. I den forbindelse kan et renseanlæg også få prognose om indløbet til anlægget og derved have tid til at træffe beslutninger om omstilling til regn-drift.

Et oversvømmelsesvarselssystem som SURFF giver modtageren et forspring før hændelsen sker og dermed forbedres mulighederne for at nedbringe skadesomfanget inden oversvømmelsen indtræffer. SURFF er dermed et redskab i klimatilpasningspalletten.

Implementering af produktet SURFF i Tønder

Tønder Forsyning, Tønder kommune og Krüger deltog i 2012-2014 i projektet "Intelligent håndtering af vand på terræn". Projektet havde bl.a. til formål at undersøge om Tønder fremadrettet kunne reducere skadesvoldende oversvømmelser på en anderledes måde, end ved traditionel opdimensionering af kloaknettet. En af driverne for Tønder Forsyning var at beskrive klimaløsninger for den nordlige del af Tønders by, som for det meste består af industri. Dette område udbygges i de kommende år, men håndteringen af vand i området er udfordrende, da området er meget fladt. Vandet herfra skal desuden ledes gennem byen hvilket er problematisk, særligt i vintermånederne, hvor grundvandsstanden er høj.

Problematikken i området stod endvidere lysende klar under projektet, da Eccos lagerbygning i Tønder var tæt på at stå under vand i år 2014. Netop denne hændelse fremhævede derfor fordelene ved implementering af et varselssystem for oversvømmelser, da et varsel på op til 6 timer ville have givet Ecco mulighed for at beskytte deres værdier.

I 2016 var SURFF færdigudviklet til salg, og med udgangspunkt i dette samt de udfordringer, der er i industriområdet, mente både Tønder Kommune og Tønder Forsyning, at det gav det god mening at implementere SURFF, eftersom produktet hurtigt kunne bidrage til klimatilpasning af området på en kosteffektiv og intelligent måde.

Fra forskning til værdi for brugeren

Forud for det MUDP støttede projekt OMOVAST, er gået en del udvikling af både DMIs nedbørsprognoser, hydrologisk-hydraulisk modelværktøj og håndtering af usikkerheder i beregningerne. I slutningen af år 2014 var de enkelte "byggeklodser" udviklet til et niveau, der kunne samles til et brugbart oversvømmelsesvarselværktøj. I år 2016 blev projektet afsluttet med en demonstrationsperiode, der viste værktøjets værdi.

Implementeringen af SURFF-værktøjet i Tønder, er et godt eksempel på et offentligt støttet udviklingsprojekt, der har skabt et unikt højteknologisk produkt, som giver værdi for brugeren. Tønder viser ansvar over for virksomheder og borgere ved at sikre, at man er på forkant inden for varsling af oversvømmelser, og derved også den forventede stigning i antallet af ekstreme nedbørshændelser i Danmark. SURFF-værktøjet vidner således om, at det er muligt via forskningsprojekter at sikre innovation, der skaber værdi for brugerne og som samtidig højner Danmarks position, som en af verdens førende, indenfor vandteknologi.

Fed modelgrundlag

– automatisk kalibrering af afløbsmodel



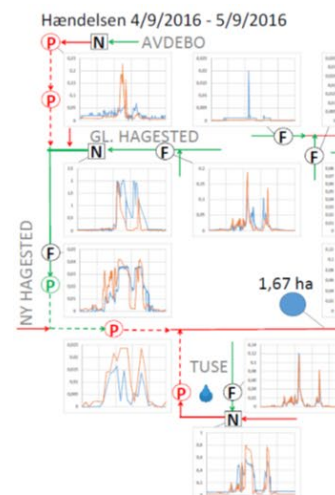
Af: Søren Højmark
Rasmussen EnviDan



Af: Jørn Rasmussen
EnviDan



Af: Anders Hertz
Kristensen FORS

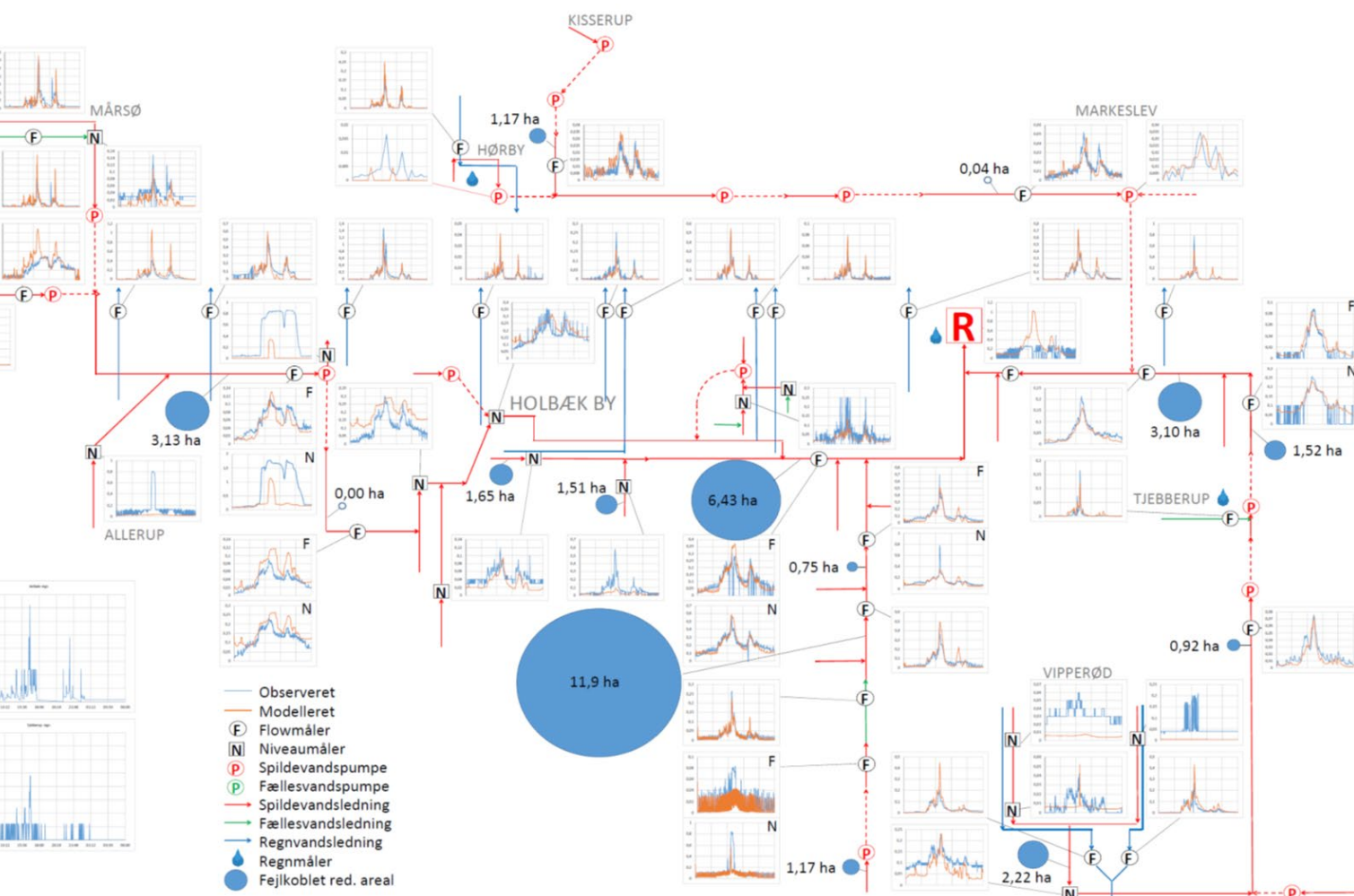


I forlængelse af EVA-mødet ”Er modellerne for tynde?” i Nyborg 11. maj. 2017 præsenteres her et eksempel på en omfattende kalibrering af afløbsmodellen, samt indspark til diskussion om betydning af brøndtab.

For oplandet til Holbæk renseanlæg har EnviDan opsat en Mike Urban model for FORS. Datagrundlaget er registreringsdatabasen, opmålinger af bassiner og overløb samt pumpeoversigter mv. I sidste halvdel af 2016 gennemførte vi en omfattende målekampagne med 33 flowmålere, 17 niveaumålere og 4 nedbørsmålere til kalibrering af modellen (Rasmussen et al., 2017). Modellen består af 9466 brønde, 9358 ledninger, 53 pumper og 18.277 oplande. Deloplandsinddeling bygger på matrikelkort og befæstelse på baggrund af bygninger fra GeoDanmark samt for veje og erhvervsområder kombineret med klassificerede luftfoto. På baggrund af måledata har det været muligt at opdele deloplandene i 23 klasser for kalibrering af reduktionsfaktor. Der er udvalgt 4 regnhændelser for at dække intensiteter af både kort og lang varighed, største intensitet har en gentagelsesperiode på mellem 1,7 og 4,5 år og største regndybde er mellem 16 og 44 mm.

Måledata på spildevandsledningerne tyder på, at der er fejkobling eller ikke fuldt gennemført separering, da der ses respons i flowmængden under regn, hvor der ellers kun var forventet husholdningsspildevand. Ydermere er flowet i forbindelse med regn væsentlig større end forventet ud fra erfaringstal for forbrugsmønster og antal personer i oplandet. Derfor har det været nødvendigt at introducere fejkoblingsområder i modellen for at få modellen til at passe til målingerne. Der er lavet 15 fejkoblingsområder, hvor størrelsen af det reducerede areal findes med kalibrering.

Det er valgt at benytte automatisk kalibrering med PEST (Doherty, 2004) for bedst muligt at kunne håndtere og udnytte de mange observationspunkter. PEST er en modeluafhængig software til parameterestimering. PEST søger at finde det bedste parametersæt som giver mindst mulige fejl for alle observationspunkter. I dette tilfælde er parametersættet



Figur 1
Skematisk overblik over model
performance for en af de fire
hændelser

23 reduktionsfaktorer og 15 arealer for fejkoblinger. Modellen sammenlignes i 382 objektiverpunkter, som volumen og standardfejl (RMSE) for de fire hændelser gange valide flow-, niveaumålere. Samtidig er der opstillet en automatisk rutine, som kan plote grafer med simuleret og målt flow, samt niveau, figur 1. Grafer placeres på et skematisk overblik over ledningsnettet for herigennem at opnå bedst muligt overblik over data, samt for at kunne sammenligne flow og volumener op- og nedstrøms i systemet. Det skematiske overblik med grafer har været et værdifuldt værktøj til at kvalitetssikre data, både modellen og måldata. Det er vores erfaring, at hvis ikke PEST har kunnet finde fornuftige parameter-værdier, så skyldes, at der er fejl i modellen eller i målingerne.

Tilsammen har måldata, PEST og resultaterne på det skematiske overblik givet en unik mulighed for at sikre, at modellen gengiver virkeligheden, og for at finde fejl i både registreringsdata, modelopsætning samt forståelse af hele systemet. Der er mange tvivls-spørgsmål som er blevet besvaret fx om et bassin, der er registeret som nedlagt, virkeligt er nedlagt, bestemmelse af pumpeydeler, og om begge pumper på en pumpestation kan køre samtidig. Efter strukturelle fejl i forhold til at simulere flow blev fjernet, blev simuleringen af niveau undersøgt nærmere.

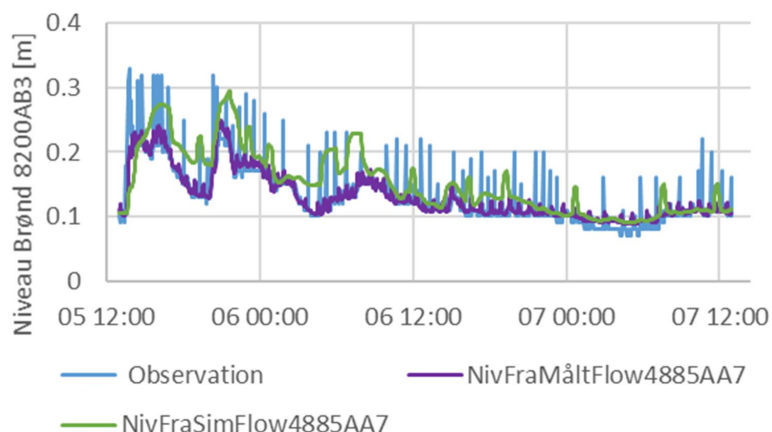
Resultater

De kalibrerede reduktionsfaktorer ligger på mellem 0,09 og 1,03, med et gennemsnit på 0,82. Den lave værdi er i overensstemmelse med forsynings forventning om kun få hustage er koblet på kloakken i en lille landsby. Det samlede fundene fejkoblede areal er på 8 % (37,3 ha) af modellens samlede reducerede areal (441 ha). I et område er der fundet op til 26 % (11,9 ha) fejkoblet areal, mens andre viser ubetydelig fejkoblet areal, figur 1.

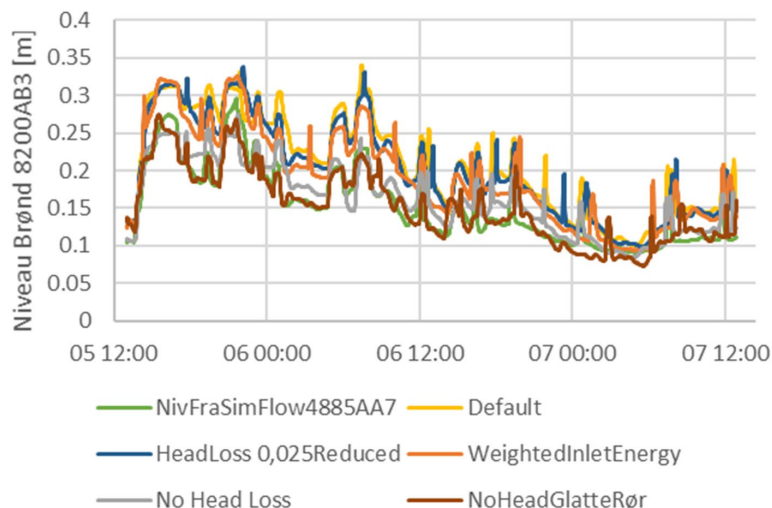
Med velkalibrerede reductionsfaktore giver modellen flows i tæt overensstemmelse med observationerne og dette giver mulighed for at se nærmere på simulering af niveau.

Særligt er niveauet i brønd 8200AB3 undersøgt nærmere, figur 2 (lyseblå), her kaldet fokusbrønden. Fokusbrønden er placeret på hovedspildevandsledning Ø450 mm i den vestlige del af Holbæk midtby. Niveauet i fokusbrønden er blevet målt, fordi der findes mulighed for overløb til regnvandsledning i brønden. Ledningen bliver ikke fuldtløbne i nogen af de fire udvalgte hændelser, og der er overløb ved 0,3 m dybde. Målinger og model viser at niveauet stort set er styret af opstrøms flow, målt i brønd 4885AA7, her kaldet opstrømsbrønd. Dog er der kortvarige toppe fra en mindre pumpe. For at eliminere mindre flow-fejl i modellen findes der først en tidsserie over niveauet i fokusbrønden på baggrund af målt flow i opstrømsbrønd (lilla). Dette er gjort ved en lineær QH-relation mellem flow målt i opstrømsbrønd og niveau målt i fokusbrønden. QH-relationen bruges til at beregne niveau i fokusbrønden ud fra simuleret flow i opstrømsbrønd (grøn), hvilket er det niveau modellen bør simulere med det givne opstrøms flow.

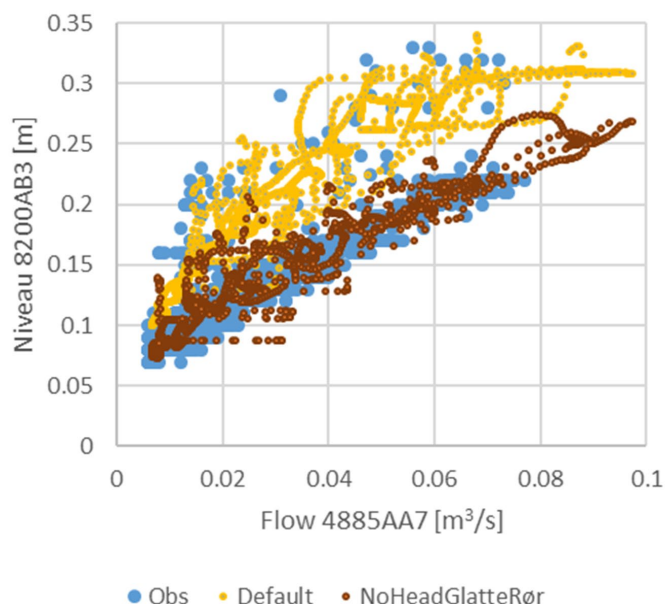
Figur 2
Niveau fokusbrønd 8200AB3.
Lyseblå: Observeret, Lilla:
Beregnet ud fra målt flow
i opstrømsbrønd, Grøn:
Beregnet ud fra simuleret flow
i opstrømsbrønd



Figur 3
Simuleret niveau i
fokusbrønd 8200AB3 ved
forskellige parametersæt
for brøndtab, sammenlignet
med niveau beregnet ud fra
simuleret flow i opstrøms-
brønd (grøn)



Figur 3 viser simuleret niveau i fokusbrønd. Den grønne graf er samme som figur 2, altså niveauet på baggrund af simuleret flow i opstrømsbrønd. Simulering med default brøndtab "Engelund (Classic)" $K_m = 0,25$ (gul) viser højere niveau gennem hele simuleringsperioden, udfaldning ved niveau på 0,3 m skyldes overløb. K_m sættes til 0,025 hvilket er shape-factor-værdi for banketter til op over rørtop jf. Pedersen og Mark (1990) (mørkeblå). Der ses kun mindre reduktion i niveau i forhold til default. Simulering med Weighted Inlet Energy og Total HLC sat til 0,5 hvilket svare til ca. 30 - 90° vinkel alt efter banketype (orange). Der er lavet en simulering hvor brøndtab i alle brønd er fjernet (grå), her ses betydelig reduktion i niveau, væsentlig tættere på forventet end default. Yderligere er der lavet en simulering uden brøndtab og med glattere rør, Manning for plastik sættes til 100 og beton 85 (brun). Med dette er niveauet meget lig forventet simuleret niveau. Figur 4 viser niveau i fokusbrønd plottet mod flow i opstrømsbrønd, der er benyttet samme farver for serie som på figur 3 og 4. Det ses at simulering uden brøndtab og glatte ledninger (brun) ligger tæt på det observerede (lyseblå). Der er få observationer som ligger lidt over de øvrige, disse skyldes flow fra nærliggende pumpe. Simuleringen med default brøndværdier ligger konstant over (gul).



Figur 4
Sammenhæng mellem niveau i
fokusbrønd 8200AB3 og flow i
opstrømsbrønd 4885AA7

Afrunding

På baggrund af de præsenterede resultater ser det ud til at simulering uden brøndtab og glattere rør er i bedst overensstemmelse med observerede niveauer. Videre arbejde vil være om dette er gældende for alle målte niveauer fra målekampagnen. De foreløbige sammenligninger mellem simuleret og observeret flow ser ud til at det samme er gældende. Forklaringen ligger formentlig i at rørene ikke er fuldløbende og niveauet ikke når betydelig over banketten. Dette gør at tabet bedre beskrives ved tab i forbindelse med en drejning, frem for brønd med fuldtløbende ind og udløb, samt stuvning over banketter. Tabet ved drejning af rør er væsentlig mindre (Hager, 2010). Stuvning over rørtop vil formentlig forekomme ved dimensionering med fx 10 års CDS-regn, hvorfor det stadig er et åbent spørgsmål hvilke brøndtabs formulering vil passe bedst hertil. FORS ønsker bl.a. at benytte modellen til at kigge på fyldningsgrader i spildevandssystemet, hvorfor modellens evne til at simulere niveau i delvis fyldte rør også er vigtig.

Verificering af model på dette detaljeringsniveau er blevet muligt gennem omfattende kalibrering og automatiserede rutiner til at få overblik over alle observationspunkter gennem de udvalgte hændelser. Kvalitetssikring af modelstrukturen og måledata ville ikke have haft samme dybde hvis der var benyttet traditionelle manuelle iterative metoder. Med PEST har det været muligt at optimere parametersæt og kunne udpege modelstruktur/observationer som skal undersøges nærmere for at forbedre forståelsen af systemet og modellens evne til at gengive virkeligheden.

Resultaterne fra arealerne af fejlkoblingsområderne viser områder med meget lille fejlkoblet areal, men andre områder viser betydelig fejlkobling eller mangelfuld separering. Dette vil kunne bruges til prioritere indsatsen mod fejlkoblinger.

Referencer

- Doherty, J. 2004. PEST: Model-independent parameter estimation. User manual. 5th ed. Watermark Numerical Computing. Brisbane. QLD. Australia.
- Hager, W.H. 2010. Wastewater Hydraulics, Theory and practice. Springer.
- Pedersen, F.B. og O. Mark 1990. Head losses in storm sewer manholes: Submerged Jet Theory. Journal of Hydraulic Engineering. Vol. 116, Issue 11.
- Rasmussen, S.H., J. Rasmussen og A.H. Kristensen (2017) Automatisk kalibrering af afløbsmodel giver godt overblik. Spildevand, 4, Spildevandsteknisk Forening.

Indsivning med PEST



Af: Søren Højmark
Rasmussen, EnviDan



Af: Barbara Greenhill,
BIOFOS

Artiklen beskriver metode til kalibrering af indsivningsparameter i afløbsmodel for Spildevandscenter Avedøre (SCA/Renseanlæg Avedøre). Kalibreringen er gennemført via PEST (Parameter ESTimation, Doherty, 2004) med en simplificeret model for at kunne gennemføre mange kørsler. Arbejdet er udført under projektet KApacitetsplanlægning og SAmstyng (KASA), hvilket er iværksat af BIOFOS i samarbejde med forsyninger og kommuner i det samlede opland til BIOFOS.

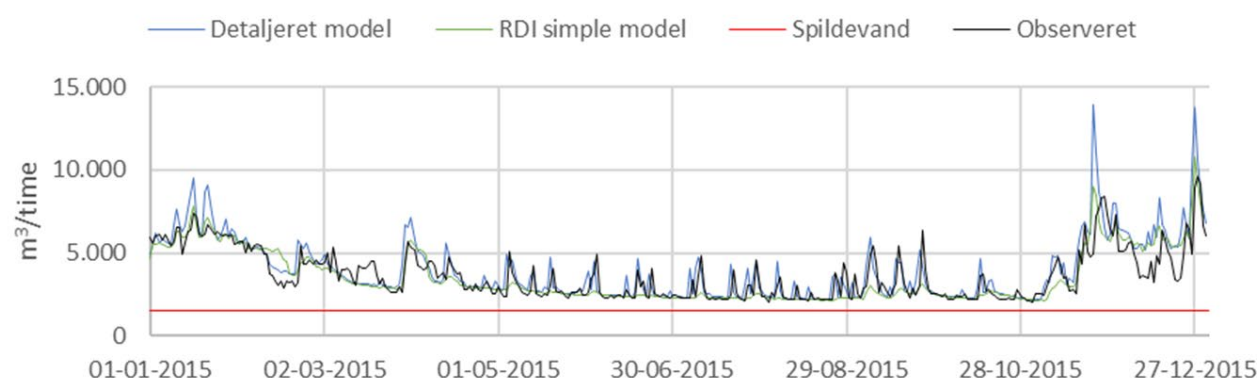
Indledning

Oplandet til SCA er hovedsagelig separeret, 15% er fælleskloakeret. Uvedkommende vand udgør en væsentlig andel af vandmængden til SCA 40 – 50 % af årsmængden. Uvedkommende vand er både fejkoblinger, hvor arealer med regnafvanding der er koblet på spildevandssystemet, og indsivning af vand gennem utætheder i kloakken eller dræn der er koblet på kloakken uden tilladelse.

I vinterhalvåret stiger indsivningen betragtelig, det hænger formentlig samme med opbygning af fugtige jord og stigning i grundvandsspejlet. Årsvariationen ses tydelig til tilløbshydrografen for SCA for år 2015, figur 1. Bypass af biologien skete netop i januar, februar, november og december, hvor der har været konstant højt tilløb med regnhændelser eller sneafsmeltning her ud over.

Et af formålene med KASA er at beregne den fremtidige belastning for SCA i år 2025 og 2045. For at kunne beskrive tilløbshydrografen med fremtidige ændringer i nedbør og forskellige plantiltag er det nødvendigt at indsivningen bliver modelleret i modellen. Fx har kommuner har samme med BIOFOS udarbejdet en målsætning om uvedkommende vand. I Mike Urban kan indsivning beskrives gennem modulet Rainfall Dependent Inflow and Infiltration (RDI), som ud fra oplandets hydrogeologiske egenskaber beskriver den langsomme respons fra regn, mens den hurtige respons fra regn på befæstede arealer beskrives med tid-areal metoden.

Det væsentlige arbejde med modellen for SCA under KASA har været at opdatere styringer og genkalibrering af RDI parameter. RDI bidraget vurderes at være den væsentlige kilde til afvigelser i tilløbet til SCA i den oprindelige model. RDI parameter er derfor blevet kalibreret med PEST. PEST er modeluafhængig software som estimerer parameterværdier i komplekse og ikke-lineære modeller via en avanceret implementering af gradient descent metoden. Denne artikel beskriver metoden for at kalibrere modellen.



Figur 1
Tilløbshydrograf, døgngennemsnit

Metode

Den regionale model for SCA er omfattende, den indeholder: 7374 brønde, 7548 ledninger, 5947 oplande, 23 bassiner med volumen større end 1000 m³, samt styring (RTC) på 1 overløb, 3 spjæld og 11 pumper. Regninput er fra 16 SVK regnmåler og spildevand fra 311.000 PE. Oplandet er fordelt på 10 kommuner, med reduceret areal i modellen på 702 ha.

Kalibrering med PEST foregår ved at PEST systematisk afprøver forskellige parameter og deres kombinationer gennem mange modelkørsler. For at kunne gennemføre det nødvendige antal beregninger af tilløbet gennem hele 2015, indenfor overkommelig tid, har det været nødvendigt at simplificere modellen betydeligt. Simplificeringen kan ske med rimelighed, da variationen i RDI sker langsomt over tid, tidsskridtet for den langsomme respons er et døgn. Med denne langsomme respons i forhold til afstrømningstiden, betyder rørdimensioner og knæpunkter minimalt. Det væsentlige er oplandsarealer samt de hydrogeologiske parameter som er styrende for den daglige indsivningsmængde. Yderligere, er det væsentligt at kunne simulere den årlige variation, men samtidig at have fornuftig vandbalance i jorden.

De væsentlige hovedgrene, pumpestationer og bassiner er blevet bibeholdt. Oplande er aggregeret efter ledningsnettet og kommuner. Den simplificerede model består af: 44 brønde, 39 ledninger, 7 bassiner, 4 spjæld, 10 pumper og 20 oplande, figur 2. Beregnings tid blev reduceret til knap 30 min for at simulere et helt år, mod 12 dage for den detaljeret model.

I RDI modellen er der benyttet 16 parameter, hvor af 7 er udvalgt til kalibrering for hver af de 8 oplandgrupper, opdelt efter flowmålere og kommune. Parametrene er indbyrdes afhængige for at opretholde årlig vandbalance. Ændres der på én parameter skal ligeledes ændres én eller flere andre parameter.

Denne kompleksitet er PEST udviklet til at kunne håndtere. For at sikre vandbalance er forskel i jordfugtighed og grundvandsstand fra 1-1-2014 til 31-12-2015 vægtet 100 gange vigtigere end fejlen i flow ved flowmålerstationerne og tilløb til renseanlægget. På denne måde tvinges PEST til kun at gå videre med parametersæt som kan opretholde nogenlunde vandbalance i jorden.

Objektivfunktionen for flow er dels RMSE (Root Mean Square Error) for døgngennemsnitsflow der er med til at sikre den tidslige variation og total volumen fejl. Givet de to værdiers størrelser har volumen størst vægt.

Modellen har under kalibreringen været klippet op, således at enkle eller flere uafhængige grene kunne kalibreres selvstændigt. For systemet mellem flowmålerstationerne i oplandet og renseanlægget blev der lavet en model som ved flowmålerstationerne fik målt flow som randbetingelse, således at der ikke er modelfejl fra det øvrige opland. I alt er der kørt godt 500 kørsler.

Resultater

De kalibrerede RDI parameter er overført til den detaljeret model som er kørt kontinuert for hele 2015, figur 1. I modellen er der daglig konstant spildevand. Resultater fra den simple model, kun med RDI som input uden den hurtige regnininput, er ligeledes vist på figur 1. Således kan tilløbet opdeles i spildevand, indsivning/dræn (RDI) og regn fra befæstede arealer. Det ses at vand fra RDI udgør en væsentlig del af tilløbet i januar, februar, november og december. Vand fra RDI er således en væsentlig bidrager til at der forekommer bypass, da det hurtige regnbidrage alene formentlig ikke vil have overskredet kapaciteten af biologien.

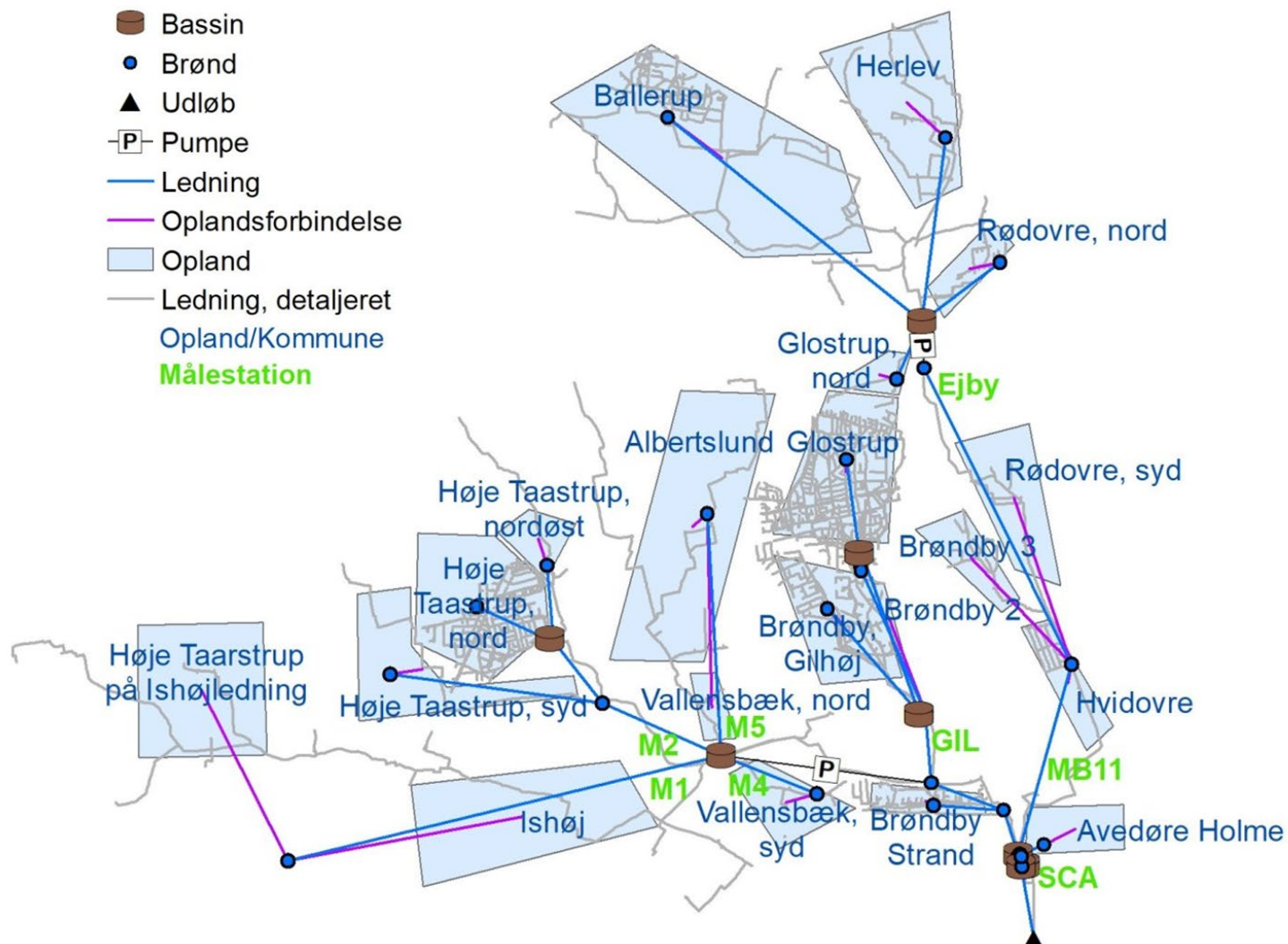
Konklusion

Således er indsivning/dræn (RDI) bidrag i oplandet til SCA fundet via PEST. PEST har håndteret optimering af den komplekse model med mange RDI kalibreringsparameter som er indbyrdes afhængige. Mange model kørsler er nødvendige for at sikre udfaldsrummet af parametervalg er undersøgt for mest optimal parametersæt. Simplificeringen af modellen har givet mulighed for at gennemføre mange kørsler. Den simplificeret model giver tilstrækkelig gengivelse i forhold til at kunne bruge den simple model til kalibrering.

Idet modellen for SCA kan simulere indsivning har det været muligt at beregne scenarier hvor målsætningen omkring uvedkommende vand er opfyldt. Dette giver mulighed for at vurdere effekten af indsats mod uvedkommende vand i forhold til separering og andre tiltag.

Referencer

Doherty, J. 2004. "PEST: Model-independent parameter estimation. User manual". 5th ed. Watermark Numerical Computing. Brisbane. QLD. Australia.



Figur 2
Simplificeret model

