

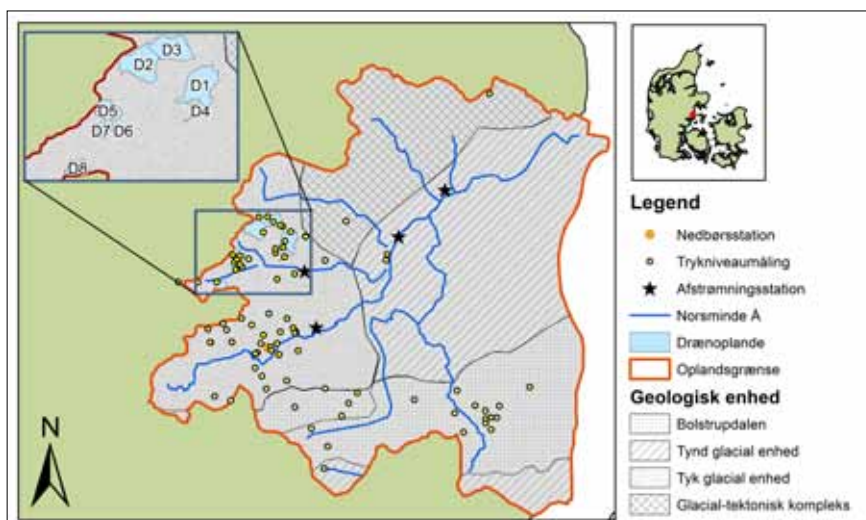
# Bedre drænaflowstrømning i oplandsmodeller

Aflowstrømning i langbrugsdræn er en central komponent i nitrattransport til overfladevand. I denne artikel beskrives, hvordan viden om drænvandets oprindelse, forbedring af drænenes repræsentation i hydrologiske modeller og lokale målinger af drænaflowstrømning kan bidrage til at forbedre oplandsskala modellers evne til at simulere lokale strømningsveje og transporten af nitrat.

IDA B. KARLSSON, ANKER LAJER  
HØJBERG, ANNE LAUSTEN HANSEN,  
XIN HE & BO VANGSØ IVERSEN

Kvælstofudvaskning fra rodzonen, primært i form af nitrat, er et stort miljø- og sundhedsmæssigt problem for søer, åer, fjorde, grundvand og drikkevandsreserven. På landsplan reduceres ca. 70 % af det nitrat, der udvaskes fra rodzonen under transporten fra mark til kyst via naturlige processer, men reduktionen er ikke ens i alle områder. Her spiller dræn en vigtig rolle, da disse fungerer som hurtige transportveje for nitrat fra rodzone til overfladevandet, og nitraten når dermed ikke ned i de dybere jordlag, hvor den største reduktion af nitrat forekommer. Kendskab til drænaflowstrømning er derfor vigtig ved estimering af rumlige variation i nitratreduktionen.

Hydrologiske modeller giver mulighed for at undersøge de processor, der styrer dannelsen af drænvand og transportvejen for nitrat. Markskalamodeller kan give vigtig detaljeret viden om de lokale forhold, der spiller ind, når vandet infiltrerer og drænes eller nedsiver til grundvandet /1/. På nationalt plan er det dog nødvendigt at arbejde med oplandsmodeller på større skala. Disse benyttes allerede i dag, hvor eksempelvis den nationale kvælstofmodel er baseret på den nationale vandressourcemodel (DK-modellen). På grund af dræns store rolle som transportvej er det essentielt, at en oplandsmodel repræsenterer drænaflowstrømningen så korrekt som muligt. I denne artikel vil vi forsøge at belyse, hvordan



Figur 1: Kort over oplandet Norsminde Fjord i Østjylland med nærbillede af de otte drænoplande med drænmålestationer ([www.idraen.dk](http://www.idraen.dk)).

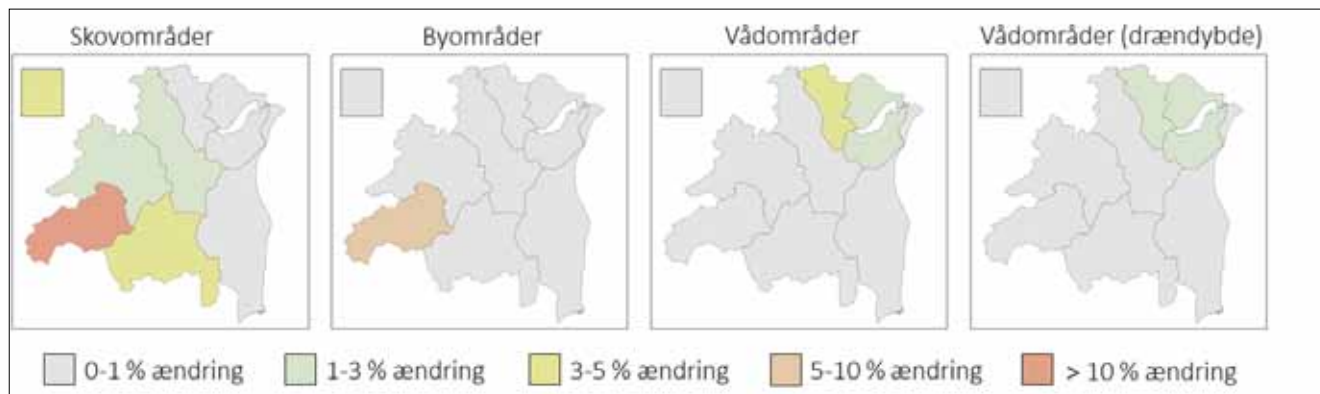
hydrologiske modeller kan bruges til at blive klogere på drænaflowstrømningen, og hvordan viden fra markskala og indsamlede data kan bruges til at forbedre oplandsmodellernes evne til at simulere drænaflowstrømningen bedst muligt. Derved sikres en mere repræsentativ beskrivelse af transportvej og reduktionspotentiale for nitrat, som i sidste ende vil kunne bidrage til et forbedret grundlag for den differentierede målrettede kvælstofregulering.

## Den hydrologiske model

I studiet er modelkoden MIKE SHE anvendt. I denne indgår allerede en beskrivelse af drænaflowstrømning, men her er flere udfordringer. Disse danner basis for tre overordnede tilgange til en forbedret modellering af dræn-

afstrømning.

Differentiering af dræn: Der eksisterer meget lidt og mangelfuld viden om dræns placering og ofte anvendes derfor en modeltilgang med dræn placeret på alle marker. I modellen er drænene dog kun aktive, hvis grundvandspejlet står over drænniveau. I praksis betyder det, at der er drænet i områder med en høj grundvandsstand, altså hvor landbrugsdriften tilsiger et behov for dræning. Derudover er det ikke muligt at inkludere små-skalaefænomener såsom naturlig afvanding via små vandløb og grøfter, vådområder og asfalterede områder. Drænkompenten i MIKE SHE indeholder dermed også disse typer af afdræning, men hvor meget og hvor hurtigt der drænes fra de forskellige områder vil variere. Det undersøges



Figur 2: Ændringen i drænfæstrømning for hvert ID15-opland i Norsminde Fjord, når parametriseringen af dræne bliver varieret rumligt på baggrund af arealanvendelsen. Den gennemsnitlige ændring for hele oplandet er angivet i firkanten i øverste venstre hjørne af figureerne.

derfor, hvor stor effekt en differentieret parametrisering af forskellige dræntyper har for simulering af drænfæstrømning.

Den konceptuelle drærepræsentation: En anden udfordring er, at en hydrologiske model altid vil være en forsimpning af virkeligheden. I hvor høj grad modellens forsimpning repræsenterer de mekanismer, der styrer dannelsen af drænfæstrømning, kræver en undersøgelse af den konceptuelle repræsentation af dræn i modellen.

Inkludering af lokale data: Endvidere er optimering og validering af drænbeskrivelsen i oplandsskalamodeller udfordret, da modellerne generelt kalibreres vha. vandføringsstationer fra større oplande. Afstrømningen i vandløb repræsenterer summen af en lang række kilder fx grundvands til-/udstrømning, drænvand, spildevand mm, og det er uvist hvor stor en del af vandløbsafstrømningen, der stammer fra de forskellige kilder. Des større et område en afstrømningsstation repræsenterer, jo mere mudret bliver billedet.

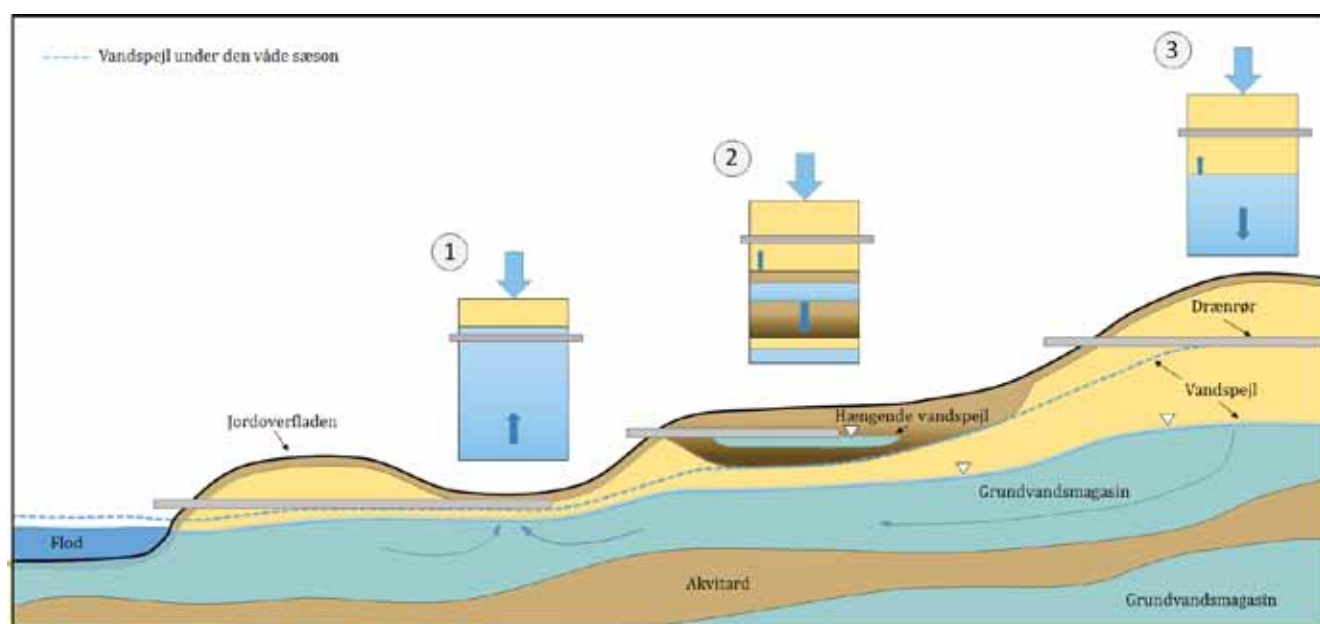
Det signal den hydrologiske model kalibreres mod er dermed ikke repræsentativt på lokal skala, og modellen kan derfor ikke forventes at repræsentere del-summerne særlig godt. Derudover eksisterer der meget få målinger af drænfæstrømning, der gør det muligt at vurdere, hvor godt modellen rent faktisk beskriver virkeligheden. I nærværende studie bruges drænmålinger til at undersøge om lokale data kan inkluderes i og forbedre modelsimuleringerne.

Fordi drænprocesserne er lokale, er det nødvendigt at undersøge drænresponsen på mindre skala end den nationale, og der tages derfor afsæt i et mindre opland. Oplandet Norsminde (Fig. 1) er udvalgt, fordi der eksisterer et unikt datasæt i området fra otte drænstationer, D1-D8 /2/.

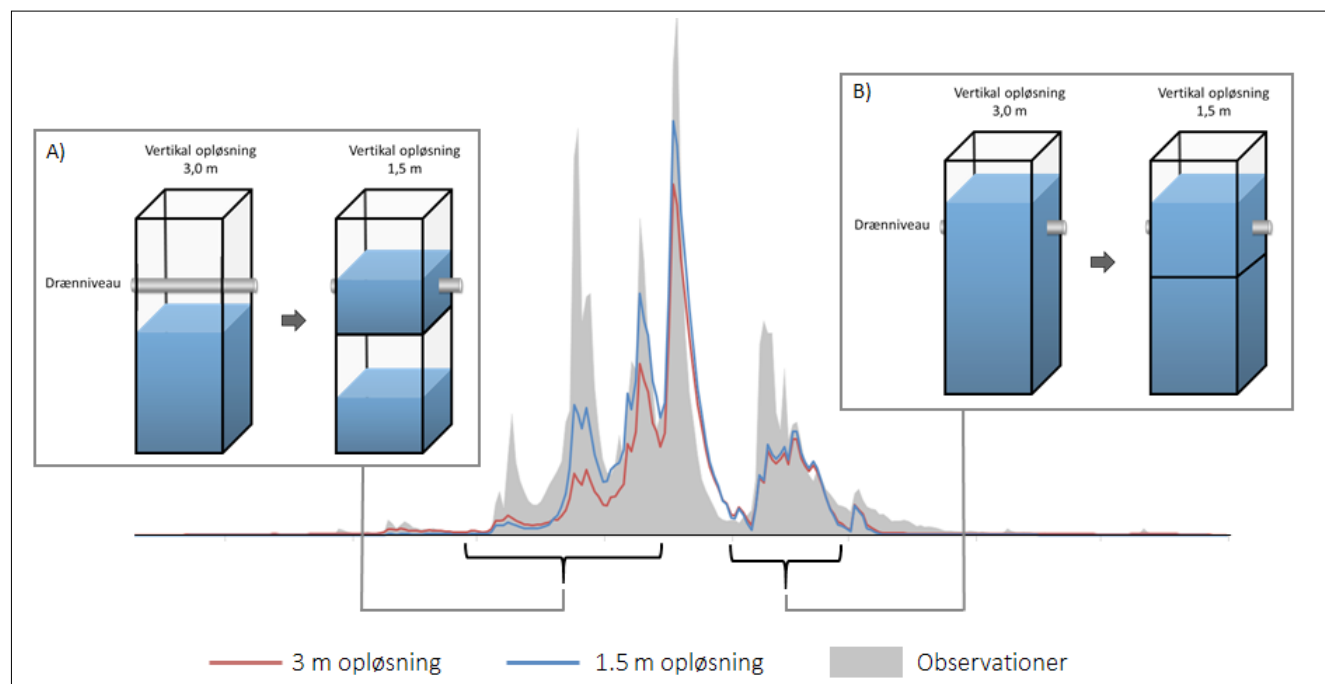
### Differentiering af dræntyperne

På grund af den manglende viden om drænes placering, type og effektivitet kan en differentiering kun undersøges ved at lave nogle

generelle antagelser om dræntyperne og deres placering i oplandet. Her er differentieringen baseret på arealanvendelseskortet, og drænparameteriseringen er ændret i forhold til den oprindelige, som en slags følsomhedsanalyse. Det antages, at skovområder afdræner via små vandløb og grøfter, der generelt dræner langsommere end landbrugsdræn. Det samme gør sig gældende for vådområder, der også antages at have mere terrænnære drændybde, mens byområder har hurtigere dræning. Resultatet af analysen viser, at inklusion af dræntyperne har lille betydning på oplandsskala, men har betydning på ID15-skala, dvs. på oplande med et areal på ca. 15 km<sup>2</sup> (Fig. 2). Effekten af en differentieret drænbeskrivelse er altså begrænset for vandbalancen på oplandsskala (her godt 100 km<sup>2</sup>), men har betydning når fokus er på den mindre skala samt hvilke områder, der bidrager til drænfæstrømningen, f.eks. landbrug vs. skov.



Figur 3: Skematisk illustration af de tre dræntypologier, (1) udstrømningsområder, (2) hængende grundvandsspejl og (3) stigende grundvandsspejl.



Figur 4: Sammenligning mellem målt drænastrømning (grå) og simuleringer hvor de øverste tre meter i modellen er opdelt i ét lag af 3 meter (rød) og to lag på 1,5 m (blå). Kasserne A) og B) illustrerer hvordan vandstanden i modelgriddet bygger op for de to opdelinger.

### Den konceptuelle drænastrømning

For at forbedre den hydrologiske models evne til at få den rigtige andel af infiltrerende vand i drænerne, er det nødvendigt at forstå de overordnede mekanismer for generering af drænastrømning. Derfor er der på basis af litteraturens model- og feltstudier opstillet tre konceptuelle typologier for, hvordan drænastrømningen dannes (Fig. 3). Den første dræntypologi er bestemt af topografi (lavtliggende områder) og geologi og findes i områder, hvor opadrettet strømning af grundvand giver vand i drænerne (1). Den anden type drænastrømning forekommer ved et hængende grundvandsspejl (2). Drænastrømning dannes her typisk af en lokal opbygning af vand på grund af reduceret ledningsevne fra lerakkumulering (lavpermeable jordlag) i underjorden (3). Denne dræntypologi er i høj grad styret af lokal geologi. Den sidste dræntypologi forekommer, når infiltrationen overstiger den naturlige afdræning af jorden, derved stiger grundvandsspejlet over drænniveau og drænerne aktiveres (3). Den naturlige dræning er i høj grad styret af vandets strømningsmønster, der er et resultat af den regionale storskalageologi. Hvilken dræntypologi, der styrer drændannelsen i et givent område, kan skifte henover en sæson alt efter de sæsonmæssige udsving i nedbør og infiltration.

Som nævnt generer MIKE SHE-modellen drænastrømning, når der er vand over drænniveau. Vandets transportvej i modellen er styret af den geologiske model og topografien.

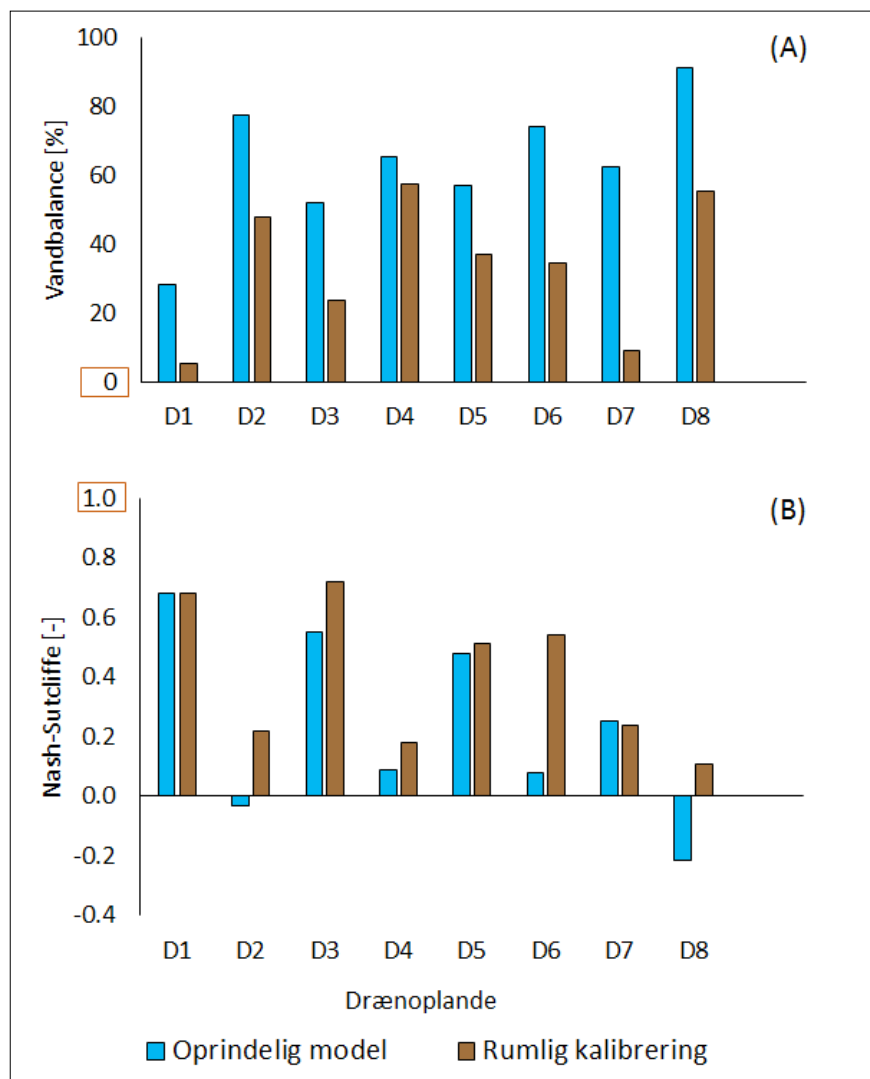
Den hydrologiske model kan derfor antages at repræsentere dræntypologi 1 og 3, da de styrende faktorer (regional geologi og topografi) er inkluderet i modellen. Betydningen af geologien er diskuteret i /1/, hvor resultater fra en oplands- og markskalamodel viser, at dannelsen af drænvand er særligt korreleret til de geologiske lag under drænerne. Repræsentationen af dræntypologierne i en hydrologiske model afhænger således af kvaliteten af den geologiske model.

Hydrogeologiske modeller tolkes på basis af geologisk information og tildeles hydrauliske egenskaber for forskellige jordarter, såsom sand og ler. Variationer i den hydrauliske ledningsevne forårsaget af teksturelle ændringer, såsom lerakkumulering (typologi 2), repræsenteres derimod sjældent direkte. Det er derfor undersøgt, i hvilken udstrækning det er muligt at repræsentere teksturelle ændringer i hydrauliske egenskaber i de øvre jordlag ved at ændre diskretisering og parameterisering af modellen. Det undersøges også, hvilken effekt ændringerne giver på drændannelsen. Testene viste, at en ændret vertikal opløsning fra 3 til 1,5 m resulterer i en dræning tidligere på sæsonen (Fig. 4A), mens betydningen er meget lille når systemet er fyldt sidste på sæsonen (Fig. 4B). En finere opløsning giver dermed mulighed for, at modellen hurtigere kan respondere på infiltrerende vand og bedre matche den tidlige drænastrømning. I en hydrologisk model kan repræsentationen af den tidlige drænastrømning altså forbedres ved den rette kombination af den vertikale opløsning og ledningsevnen. Muligvis kan information

om teksturforhold (permeabilitet) i de øvre jordlag, der i dag findes som landsdækkende kort, bruges til at udpege lertyper, hvor et hængende grundvandsspejl kan forekomme.

### Inkludering af lokale data

Geologien har altså stor betydning for dannelsen af drænastrømning. Derfor må målinger af drænastrømning omvendt kunne give information om geologien og måske endda kunne anvendes til bestemmelse af parametrene i den hydrologiske model. Tidligere studier viser dog, at anvendelsen af drænmålinger i en kalibrering ikke nødvendigvis forbedrer modellens evne til at simulere drænastrømningen (4). For at udnytte de lokale målinger bedre er det her forsøgt at kalibrere den hydrologiske model ved hjælp af pilot points. Pilot points er en rumlig kalibreringsmetode, hvor modellens hydrologiske parametre kan ændres separat i forskellige områder af oplandet. Dermed vil denne form for kalibrering kunne honorere lokale drænastrømningsdata. Anvendelse af den rumlige kalibrering samt lokale drænastrømningsdata gav en væsentlig forbedring af modellens evne til at simulere de lokale drænastrømninger (Fig. 5). Det blev samtidigt fundet, at drænastrømningsmålingerne gav information om den hydrauliske ledningsevne af såvel den øvre samt den dybereliggende geologi. Da metoden giver mulighed for en lokal tilpasning af den hydrauliske ledningsevne baseret på de lokale data, betyder det samtidigt, at informationsværdien rumligt er begrænset. Man kan altså opnå en væsentlig bedre simulering af de



Figur 5: Modellens evne til at simulere drænastrømning i de otte drænoplande efter kalibrering med (brun) og uden (blå) brug af pilot points. Øverst er vist vandbalancefejlen og nederst beskrivelsen af den tidlige dynamik givet ved Nash Sutcliffe, der er en type korrelationskoefficient. Den orange firkant indikerer den optimale værdi.

målte drænastrømninger, men det er vanskeligt at ekstrapolere viden fra én drænstation til andre områder.

### Konklusion

Tre forskellige tilgange til at forbedre simulering af dræn i en oplandsmodel er undersøgt. Resultaterne viser, at en differentiering af

modellens dræntype (skov, vådområde, by eller landbrug) har betydning på ID15 skala således, at modellen i højere grad kan repræsentere drænastrømning i de korrekte områder, hvilket specielt er vigtigt i forhold til simulering af nitrattransport. Undersøgelse af den konceptuelle repræsentation af drændannelsen illustrerer, hvordan nogle dræntypologier er styret primært af den regionale geologi. Evnen til at beskrive disse vil altså være betinget af en god geologisk model. Andre typologier vil muligvis kunne parameteriseres på basis af teksturdata. Endelig giver rumlig kalibrering en mulighed for at inkludere lokale data, og udnytte den information de indeholder, selvom målingerne har en lille geografisk dækning.

### Referencer

- /1/ Hansen, A. L., Højberg, A. L., Iversen, B. V., Kjærgaard, C. og Refsgaard, J. C. 2019: Hvad betyder geologien for drænavand? Vand og Jord 1, s. 19-22.
- /2/ IDræn projektet. [www.idraen.dk](http://www.idraen.dk).
- /3/ Iversen, B. V., Kjærgaard, C., Petersen, R. J., Møller, A. B., Christensen, S., Rasmussen, K. R. og Ringgaard, J. 2016: Dræn: Kortlægning og afstrømningsdynamik. Hydrologidagen, 27. oktober 2016, Odense, Danmark.
- /4/ Hansen, A. L., Refsgaard, J. C., Christensen, B. S. B. og Jensen, K. H. 2013: Importance of including small-scale tile drain discharge in the calibration of a coupled groundwater-surface water catchment model. Water Resources Research 49, 585-603.

IDA B. KARLSSON er forsker, og Anker Lajer Højberg seniorforsker begge fra hydrologisk afdeling, GEUS

ANNE LAUSTEN HANSEN, Ph.d., Miljørådgiver, LandboSyd  
XIN HE, Senior vandresourceingeniør, China Institute of Water Resources and Hydropower Research (IWHR)  
Beijing, China

BO VANGSØ IVERSEN, lektor, Institut for Agroøkologi, Aarhus Universitet