

Koncept for kvælstofregulering på basis af drænmålinger

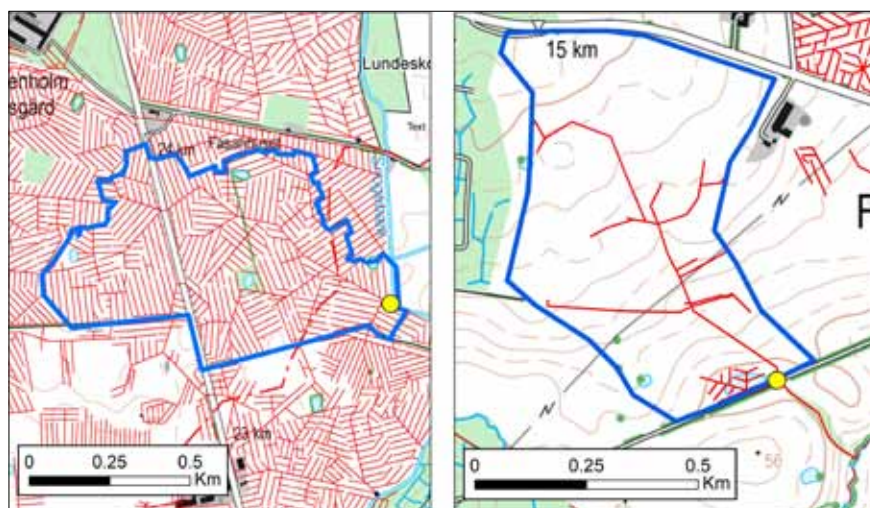
Der er stor interesse for anvendelsen af drænmålinger som grundlag for en emissionsbaseret kvælstofregulering. Der er dog en række udfordringer i forhold til, at kunne anvende drænmålinger som grundlag for en kvælstofregulering. Artiklen beskriver forudsætninger og barrierer for en kvælstofregulering baseret på lokale drænmålinger.

BO V. IVERSEN, CHARLOTTE KJÆRGAARD,
GITTE BLICHER MATHIESEN &
ANKER LAJER HØJBERG

Måling af vand- og stoftransport i dræn kan være et nyttigt redskab til at bestemme kvælstofudledningen fra dyrkede arealer. Vand, der strømmer via dræn, kommer ofte fra mindre arealer, hvorimod målinger i vandløb integrerer over meget større arealer, der kan indbefatte flere bedrifter. Helt afgørende for at kunne bruge drænmålinger i en kvælstofregulering er, at drænvandet repræsenterer de lokale forhold, og derfor er et helt centralt punkt for at kunne bruge drænmålinger, at der kan foretages en afgrænsning af det opland, der bidrager med vand til drænet. Vandet, der strømmer i drænene, er ikke nødvendigvis kun dannet af den nedbør, der nedsiver igennem jorden, men kan også være indstrømmende grundvand fra et større hydrologisk opland.

Dræning generelt

Studerer man gamle kort over Danmark tilbage fra slutningen af 1800-tallet træder det tydeligt frem, at store områder i landskabet fremtræder som våde områder, hvor landbrugspraksis ikke var muligt. Dræning af disse områder har derfor været nødvendigt for at kunne dyrke jorden effektivt. Nutidens dyrkningsformer er stadig afhængige af dræning, såfremt jorden har en naturlig dårlig afdræning. Det vurderes, at ca. halvdelen af Danmarks landbrugsjord er drænet /1/. Dræning af jorden sænker grundvandsspejlet,

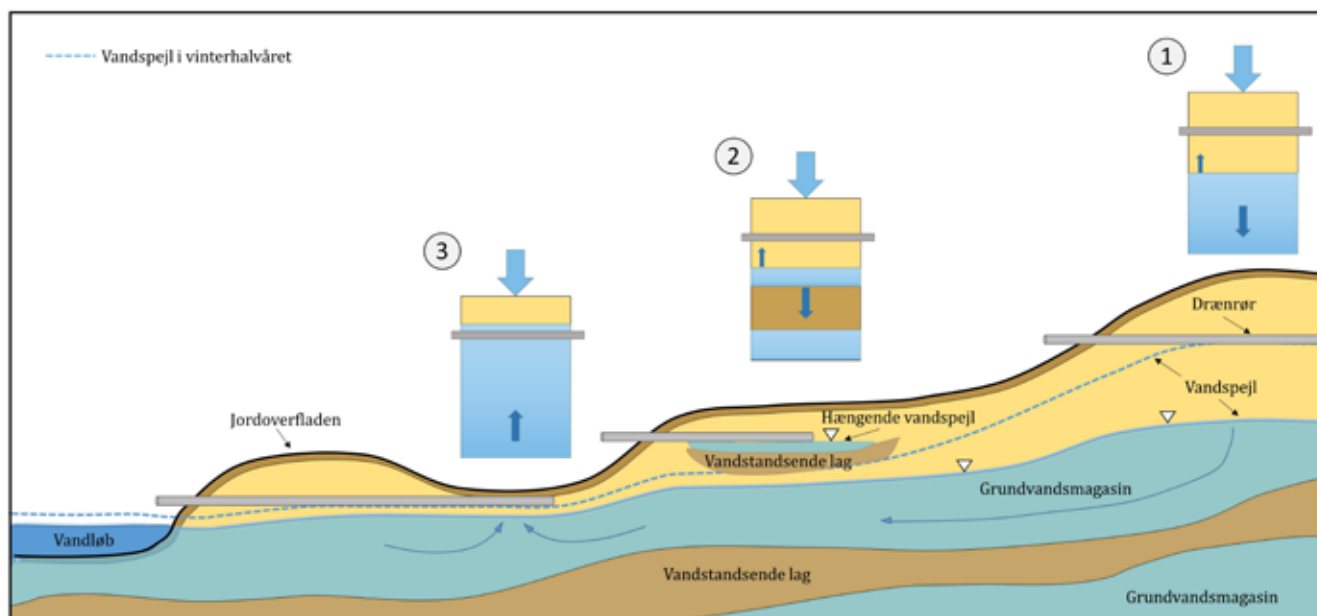


Figur 1. Eksempel på henholdsvis en a) systemdrænet mark og b) punktdrænet mark. Blå linjer markerer afgrænsningen af drænoplandet til de to drænudløb markeret med gul prik.

hvilket sikrer de mest optimale forhold for plantevækst specielt i efterårs- og forårsmånederne. Fordelen ved dræning af jorden er flersidet. Dels sikrer dræningen en forbedret rodudvikling, og en drænet jord opvarmes hurtigere i foråret. Jordens bæreevne forøges ligeledes, så der kan færdes med tunge maskiner på marken sent i efteråret og tidligt i foråret. Dræning af jorden kan dog også have negative konsekvenser. I forhold til kvælstoftransporten kan drænrør fungere som en slags motorvej, hvor vand og kvælstof hurtigt transporteres fra marken til vandløbskanten. Hermed forringes jordens naturlige egenskaber til at omsætte kvælstof.

Dræning af marker kan groft set inddeles i to hovedkategorier: Systemdræned eller punktdræned. Systemdræning foretages som

oftest på forholdsvist flade arealer, hvor drænrørene ligger med en afstand under 20 m ofte i et karakteristisk sildebensmønster (Fig. 1a). Afstanden mellem drænrørene varierer afhængigt af jordens naturlige dræningsforhold. Er lerindholdet højt vil drænene typisk ligge tæt, mens afstanden mellem dræn vil forøges ved lavere lerindhold. Drændybden vil normalt være på godt en meter og følger som oftest overfladetopografien. Punktdræning er typisk relateret til drænstikledninger, der lægges strategisk ud til områder af marken (lavninger eksempelvis), hvor grundvandet typisk står højt (Fig. 1b). Drænrør af denne type kan ligge i dybder fra omkring en meter til adskillige meter alt afhængigt af markens topografi.



Figur 2. Strømningsmekanismer i landskabet i relation til drænvandsafstrømning (Skitse gengivet fra /2/).

Afgrænsning af drænopland

Drænvand stammer fra vand, der er dannet enten lokalt på marken, fra regionalt tilstrømmende grundvand eller en blanding af disse. Fordelingen mellem disse er bestemt af den drænedes marks placering i landskabet samt de underliggende jordlag (Fig. 2). Lokalt dannet drænvand udgøres udelukkende af vand, der infiltrerer ud af jordens rodzone. Så længe grundvandsspejlet befinder sig på et niveau, der ligger under drænrørniveauet, vil der ikke strømme vand til drænene. Om vinteren, hvor infiltrationen fra rodzonen er høj, vil grundvandsniveauet ofte nå op til drænniveau, og drænvandet vil afstrømme (Fig. 2.1). Tilstrømning af vand til drænene vil i dette tilfælde i høj grad være styret af den lokale regionale geologi. Såfremt der umiddelbart under drændybden befinder sig vandstandsende lag (eksempelvis et lerlag), kan der dannes et hængende vandspejl (sekundært vandspejl) i løbet af vinterhalvåret, der på et tidspunkt kan nå op til drænniveau. Dette lag vil ligeledes også kunne hindre opstrømning af vand fra det underliggende primære grundvandsmagasin. I dette tilfælde vil dannelsen af drænvand i høj grad være styret af den lokale geologi (Fig. 2.2). I ådale og andre lavtliggende områder, hvor grundvandet bliver trykket op i drænene, vil drænvandet overvejende bestå af regionalt dannet grundvand fra et større hydrologisk opland (Fig. 2.3).

Drænafstrømningen vil i disse områder være styret af topografien såvel som den regionale geologi. For marker, hvor drænvandet overvejende er lokalt dannet, vil afstrømningen mere eller mindre ophøre i sommerhal-

året (Fig. 3a). Omvendt vil der fra marker, hvor drænafstrømningen i højere grad forsynes af regionalt dannet grundvand, være afstrømning hele året (Fig. 3b).

Den hydrologiske afgrænsning af et drænopland kan således være meget kompliceret, da det som udgangspunkt forudsætter, at strømningsmønstret i undergrunden er kendt. En afgrænsning af et opland i forhold til den del af drænvandet, der dannes lokalt kan foretages ud fra drænenes beliggenhed i kombination med overfladetopografien. Eksisterer der et nøjagtigt kort over drænrørernes placering, kan man ud fra drænenes forløb fastlægge det direkte markareal, der bidrager til drænafstrømningen (Fig. 1a). I tilfælde hvor det hydrologiske opland til drænudløbet følger det topografiske opland, vil det være muligt ud fra en nøjagtig højdemodel at afgrænse det direkte drænopland (Fig. 1b).

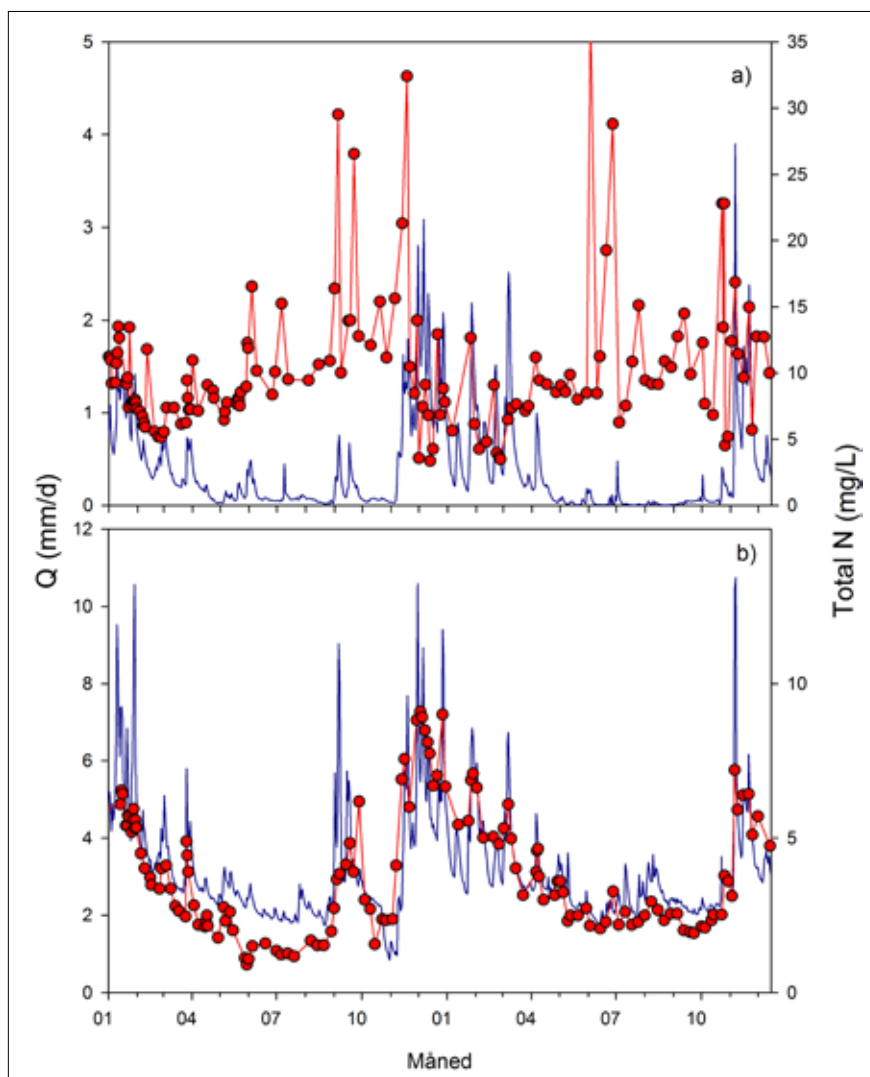
Arealers egnethed for regulering på basis af drænmålinger

Hvis drænmålinger skal afspejle de lokale forhold for den aktuelle mark, skal det lokalt dannede drænvand udgøre det primære afstrømningsbidrag. En differentiering af arealers egnethed til regulering baseret på drænmålinger kan funderes dels på de terrænbaserede forhold i landskabet samt på underjordens indhold af ler i 1-2 m dybde /3/. Vandets fordeling i landskabet kan beskrives ud fra Topographical Wetness Index (TWI) /4/. På baggrund af dette er der genereret et operationelt kort over den forventede drænvandssammensætningen i Danmark (Fig. 4). Drænvandsmålinger på arealer med lokalt dannet drænvand og ingen/ringe grundvands-

bidrag fra et større hydrologisk opland (grøn farvekode) vil være repræsentative for de lokale forhold. Omvendt vil drænvandsmålinger på arealer med et højt grundvandsbidrag (rød farvekode) kunne omfatte grundvand, der tilstrømmer fra et større hydrologisk opland, hvorfra grundvandet i nogle tilfælde kan være nitrat-bærende og i andre tilfælde ikke er det. Målinger af drænvand her er således ikke repræsentative for de lokale forhold, og vil ikke kunne anvendes i et reguleringsøjemed. I mellemklassen (gul farvekode) kan drænvandet være en blanding af lokalt dannet drænvand og grundvand fra et større hydrologisk opland.

Kvantificering af drænafstrømning

Ved en regulering baseret på drænmålinger er det afgørende at kende forholdet mellem drænafstrømning og grundvandsbidraget. Drænafstrømningen varierer betydeligt indenfor og mellem de enkelte år afhængigt af mængden af nedbør samt forholdet mellem nedbør og fordampning (Fig. 3). På grund af den betydelige dynamik i drænafstrømningen vil transporten af næringsstoffer ligeledes variere betragteligt i tid. Der eksisterer talrige metoder til måling af drænvandføringen såsom brug af propeller, ultralyd, overløb, simple vippepandsordninger eller brug af pumpe. En præcis metode er anvendelsen af en elektromagnetisk induktiv måler, der kontinuerligt måler vandføringen i et drænrør. Målingen er baseret på, at drænvandet, som er en elektrisk ledende væske, passerer gennem et magnetfelt, der inducerer et elektrisk potentiale i væsken, som måles med elektroder. Dette elektriske potentiale er proportionalt



Figur 3. Eksempler på drænastrømning (Q) i to drænoplande, hvor a) drænavandet er overvejende lokalt dannet og b) drænavandet i høj grad dannet af regionalt grundvand. Eksempler på variationen og niveau i kvælstofkoncentration (total-N) er ligeledes afbilledet

med væskens hastighed og kan sammen med rørets tværsnitsareal omsættes til en vandføring. Måleren installeres i en brønd og forbindes til en dataopsamler, der løbende registrerer afstrømningen.

Kvantificering af kvælstoftransport

Kvantificering af kvælstofudledningen fra dræn forudsætter foruden kendskab til vandføringen fra dræn også kendskab til kvælstofkoncentrationen i drænavandet. Monitering af kvælstofudledning er traditionelt baseret på udtagning af vandprøver med en given tidsfrekvens efterfulgt af en analyse af prøvens

kvælstofkoncentration i laboratoriet. Kvælstofkoncentrationen i drænavand er typisk ikke konstant over året (Fig. 3), hvilket betyder, at det vil være nødvendigt med udtagning af flere vandprøver på forskellige tidspunkter for at få et repræsentativt udtryk for variationen i kvælstofkoncentration. I den meste simple form for drænavandsprøvetagning udtages prøven manuelt som en punktprøve, hvilket er arbejdskrævende og ofte vil give en ringe tidlig opløsning. Den mest præcise form for prøvetagning, der sikrer måling af drænavandskoncentrationer med høj tidlig frekvens, er baseret på automatisk kontinuert prøvetagn-

ing. Ved automatisk kontinuert prøvetagning kan prøvetageren programmeres til enten at tage prøver i bestemte tidsintervaller eller vandmængdeintervaller. Prøveudtagning med en automatisk prøveudtager er dog en omkostningstung metode, og den vil derfor ikke være realistisk i en reguleringsammenhæng. Manuel prøveudtagning med dertilhørende analyser vil også udgøre en betydelig omkostning i arbejdskraft såvel som i analyseudgifter afhængigt af prøvetagningsfrekvensen.

For at kunne fastlægge det nødvendige antal prøvetagninger, der sikrer en acceptabel usikkerhed på den beregnede totale kvælstoftransport, er der foretaget en analyse af data fra 14 danske drænstationer, hvor der er foretaget kontinuerlige målinger af såvel vandføring og kvælstofindhold på døgnniveau [3]. De forskellige lokaliteter omfatter forskellige jordtyper såsom ler, sand og tørv på henholdsvis højbund og lavbund med forskellige repræsentative afstrømningsforløb. Ud fra det fulde datasæt blev forskellige prøvetagningsstrategier testet [3]. Strategierne omfattede 1-2 månedlige prøvetagninger fordelt over hele året eller baseret på afstrømningsperioder. De analyserede tidsrækker viste, at de beregnede gennemsnitlige TN-koncentrationer ved 8-9 månedlige prøvetagningsmåneder generelt gav den laveste afvigelse af den vandføringsvægtede TN-koncentration og, at variationsbredden blev reduceret ved at øge prøvetagningsfrekvensen fra 1 til 2 prøvetagninger pr. prøvetagningsmåned.

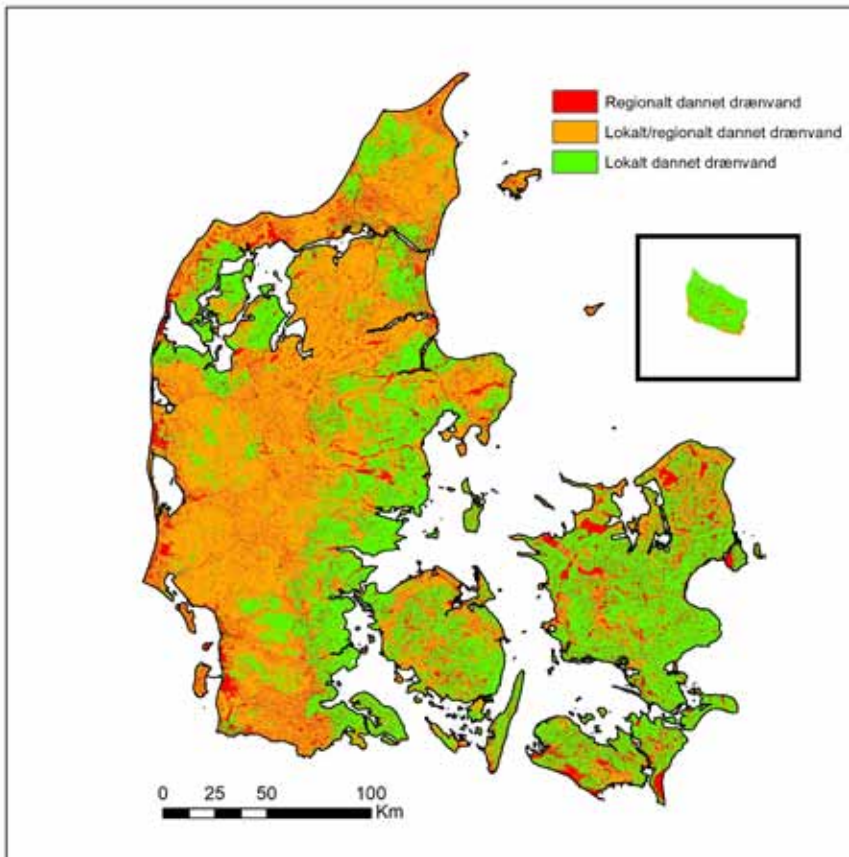
Et aktuelt spørgsmål i forbindelse med måling af kvælstoftransport i dræn er, hvor længe der skal måles på et enkelt dræn for at sikre et repræsentativt datagrundlag. Eksisterende dræntidsrækker viser meget betydelige år-til-år-variationer i drænastrømningen for det enkelte areal. Det er således afgørende at sikre, at måleperioden som minimum dækker den forventede klimavariation. Analyseresultater viser, at der gennemsnitligt skal måle drænastrømningen i en periode på 7 år, hvis kravet til usikkerheden skal være under 10% [3].

Perspektiver for emissionsbaseret regulering baseret på drænmålinger

Måling af vandføring samt kvælstofkoncentration i dræn anvendes til beregning af kvælstoftransporten via dræn. Skal målinger af kvælstoftransporten i dræn indgå i en emissionsbaseret regulering, er det ikke tilstrækkeligt at kunne redegøre for den del af kvælstofudvaskningen fra en mark, der strømmer af via drænene. Det er nødvendigt også at have kendskab til fordelingen mellem det, der strømmer direkte i dræn versus det,

Tabel 1. Estimeret udgift til etablering af drænavandsstationer. Beregningerne af omkostningerne er baseret på en timeløn for en tekniker på kr. 700 og på kr. 900 for en specialist. Engangsudgiften til anlæg mm. er forrentet og afskrevet over 5-10 år.

	Antal målinger pr. år	Dyrket areal (hektar)	Årlig omkostning (kr.)	Årlig omkostning (kr./ha)
Drænstation (mindre opland)	7-14 prøver	30	26.000 – 40.000	870 – 1.300
Drænstation (stort opland)	7-14 prøver	120	28.000 – 43.000	230 – 360



Figur 4. Kortlægning af arealer karakteriseret ved lokalt dannet drænvand og ingen/ringe grundvandsbidrag fra et større hydrologisk opland (grøn farvekode) og arealer med et højt grundvandsbidrag (rød farvekode). Gul farvekode repræsenterer områder hvor drænvandsbidraget kan være en blanding af lokalt dannet drænvand og grundvand fra et større hydrologisk opland.

der strømmer forbi drænene via grundvandet, samt hvor stor omsætningen af kvælstof er i grundvandet. Den samlede kvælstofudledning fra marken til vandløbskanten beregnes

således som summen af disse tab (Boks 1). Det er således begrænsninger på, hvor drænmålinger vil kunne anvendes til regulering, og samtidig er der krav til målinger

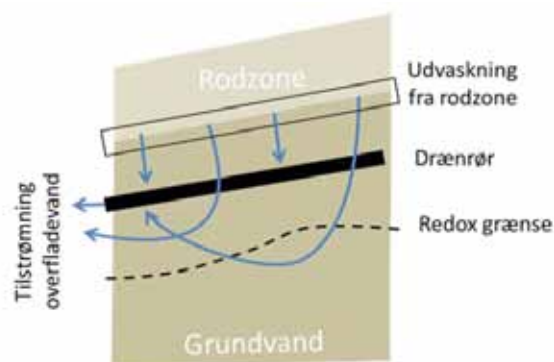
Boks 1.

Den samlede kvælstofudledning fra marken til vandløbskanten beregnes som summen af kvælstoftab via dræn (dræn) og kvælstoftab til grundvand (gw):

$$N_{\text{udledning}} = \sum_{i=1}^n Q_{\text{dræn}} \times C_{\text{dræn}} + Q_{\text{gw}} \times C_{\text{gw}} \times N_{\text{red-gw}}$$

Hvor kvælstoftransporten via dræn beregnes fra vandføring ($Q_{\text{dræn}}$) og kvælstofkoncentration ($C_{\text{dræn}}$) i dræn, og kvælstoftransport i grundvand beregnes som afstrømning (Q_{gw}) og kvælstofkoncentration (C_{gw}) i grundvand korrigeret

for kvælstofretentionen i grundvand ($N_{\text{red-gw}}$). Principskitse for kvælstofudvaskning via rodzonen direkte til dræn eller via grundvand hhv. over eller under redoxgrænsen. Når vandet har passeret redoxgrænsen, vil der ske en reduktion af kvælstof, der opgøres som kvælstofretention i grundvand (Principskitse gengivet fra /3/).



af vandføring, prøvetagningstidspunkt og frekvens samt opgørelse af arealets samlede kvælstoftransport. Dertil kommer, at måling af drænastrømning og vandanalyser kan være en omkostningstung post afhængigt af det nødvendige antal af drænstationer på den enkelte bedrift. For en målestation opstillet i et mindre drænopland med et dyrket areal på 30 hektar vil omkostningerne per hektar ligge på omkring kr. 1000 per år. For et større opland med et dyrket areal på 120 hektar falder den årlige udgift til omkring kr. 300 per hektar (Tabel 1). Udgifterne indbefatter køb af flowmålere, etablering af målestation, udgifter til vandanalyser samt almindelig drift.

Under de rette omstændigheder kan drænmålinger dog være et effektivt værktøj i den målrettede indsats til at opgøre effekten af lokalt målrettede virkemidler. Anvendeligheden af drænmålinger vil dog kræve, at det hydrologiske drænopland, der bidrager med drænvand kan afgrænses, og at kvælstoftransporten via dræn kan estimeres. Dette er bl.a. grundlaget for etablering og effekt opgørelse af minivådområder målrettet drænvand.

Referencer

- /1/ Møller, A.B.; Børgesen, C.D.; Bach, E.O.; Iversen, B.V.; Moeslund, B. 2018. Kortlægning af drænedede arealer i Danmark. DCA Rapport Nr. 135, DCA – Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug, Aarhus Universitet.
- /2/ Karlsson, I.B.; Højberg, A.L.; Iversen, B.V. 2018. Can new drain concepts improve local drain flow performance in catchment scale modelling (MIKE SHE)? 33rd Nordic Geological Winter Meeting, 10. til 12. januar 2018, Kgs. Lyngby, Danmark.
- /3/ Kjærgaard, C.; Iversen, B.V.; Højberg, A.L.; Mathiesen, G.B. 2016. Drænmålinger som grundlag for emissionsbaseret kvælstofregulering. Delrapport C i "Emissionsbaseret kvælstof- og arealregulering". (https://www.landbrugsinfo.dk/Afrapportering/planter_og_miljoe/2016/Sider/pl_po_999_3682_b3_Delrapport_C_Maalinger_i_draena.pdf)
- /4/ Beven, K. J.; Kirkby, M. J. 1979. A physically based, variable contributing area model of basin hydrology, Hydro-logical Sciences Bulletin, 24:43–69.

BO VANGSØ IVERSEN (bo.v.iversen@agro.au.dk) er PhD og lektor ved Institut for Agroøkologi, Aarhus Universitet. CHARLOTTE KJÆRGAARD (chkj@segas.dk) er PhD og chefforsker ved SEGES, Agro Food Park, Aarhus. ANKER L. HØJBERG (alh@geus.dk) er seniorforsker ved GEUS. GITTE BLICHER-MATHIESEN (gbm@bios.au.dk) er seniorrådgiver ved Bioscience, Aarhus Universitet.