

Måling af kvælstoftransport i dræn

Målinger af drænvandføring og nitratudvaskning via drænsystemer er blevet målt i en to-årig periode ved to forskellige lokaliteter. Ved den ene lokalitet på Sydvestsjælland blev der målt på fire sammenhængende drænsystemer, der alle var systemdrænede. Ved den anden lokalitet i Østjylland blev der målt på et enkelt drænsystem. Målingerne kan give vigtige informationer om vand- og næringsstoftransport fra dyrkede arealer.

BO V. IVERSEN &
CHARLOTTE KJÆRGAARD

I Saltø Å-oplandet på Sydvestsjælland og Odder Å-oplandet i Østjylland blev der i slutningen af efteråret 2015 opstillet drænstationer til måling af vand- og kvælstoftransport fra drænede marker (Fig. 1). I Saltø-oplandet blev stationerne opstillet ved fire drænudløb (station 1 til 4) tilhørende henholdsvis Gyldenholm Gods og herregården Katrineholm (Fig. 1a). For begge bedrífers vedkommende foreligger der detaljerede drænkort over de systemdrænede arealer, hvilket muliggør en nøjagtig afgrænsning af drænoplandet til de fire drænudløb, hvor målestationerne blev opstillet. Drænoplandene til station 1 til 3 tilhørende Gyldenholm Gods er på henholdsvis 46, 49 og 120 ha, mens station 4 tilhørende Katrineholm er på 34 ha. I Odder Å-oplandet blev der opstillet et enkelt drænstation (station 5) ved gården Ulvsborg, der befinder sig umiddelbart vest for Odder (Fig. 1b). Drænstationen blev her opstillet i kanten af en bevoksning, hvor drænudløbet udgør starten af et mindre vandløb. Der eksisterer ikke et drænkort over drænsystemet, der leder vand ud til drænudløbet. Afgrænsningen af det forventelige opland blev i stedet baseret på det topografiske vandskel, hvilket gav en størrelse på 35 ha.

Målingen af drænaftstrømningen blev udført ved hjælp af en magnetisk induktiv flowmåler (KHRONE Waterflux 3070) tilkoblet en simple pulsdatalogger (MadgeTech Pulse 101A). Ved st. 2 og 5 blev der ligeledes opstillet en ned-

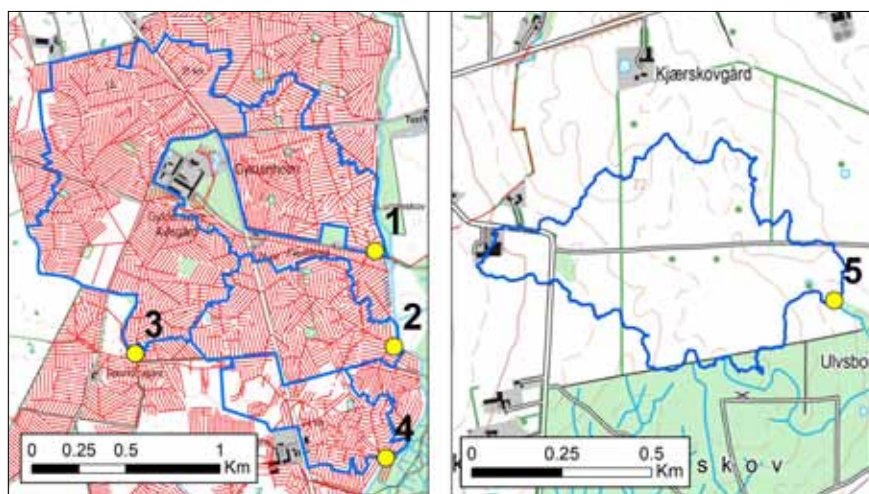
børsmål (Pronamic Rain-O-Matic-Pro). Vandprøvetagningen blev foretaget manuelt med en tre-ugers frekvens. I laboratoriet blev vandprøverne analyseret for indholdet af totalkvælstof (TN). Måleperioden for alle fem stationer strækker sig over en 2,5 årig periode fra efteråret 2015 til maj 2018.

Vandføring

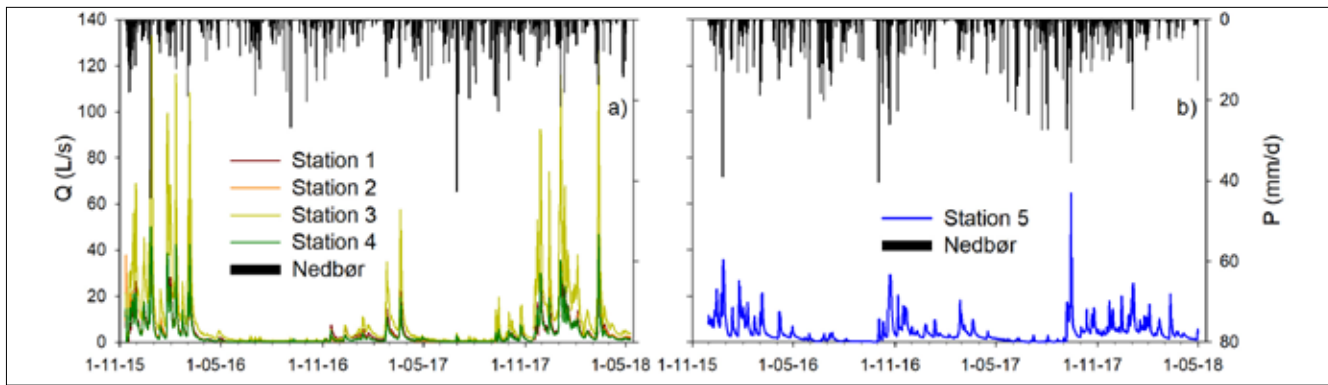
For alle stationer ses en tydelig forskel i drænaftstrømningen (Q), mellem vinter- og sommerhalvåret (Fig. 2). I vinterhalvåret ses en tydelig respons mellem nedbør (P) og drænaftstrømning (Q). Stationen med det største drænopland (st. 3) viser de højeste vandføringer med værdier periodevist over 100 liter per sekund (Fig. 2a). I sommerhalvåret derimod ses ingen eller en meget svag respons i vandføringen ved selv store nedbørshændelser. Specielt for st. 1-4 (Gyldenholm/

Katrineholm) ses en markant forskel mellem vinter- og sommerafstrømning, hvor der i sommerhalvåret kan forekomme op i mod et halvt år uden drænaftstrømning. Først når fordampningen ophører i efteråret, vil jordens vandreservoir begynde at blive fyldt op, og et sekundært grundvandsspejl vil stige til drænniveauet. Når grundvandet når dette niveau, påbegyndes drænaftstrømningen. Nedbørshændelser i vinterhalvåret giver en næsten øjeblikkelig respons i drænvandføringen. Dette kan forklares ved, at en stor del af det infiltrerende vand blive transporteret hurtigt ned imod drænene via jordens store porer (makroporer). Befinder grundvandsniveauet sig under drændybde, som det oftest er tilfældet i sommerhalvåret, vil der kun ved ekstreme nedbørshændelser kunne dannes drænaftstrømning.

Tabel 1 viser de arealkorrigerede



Figur 1. Placeringen af drænmålestationerne, drænkort samt drænoplandene for a) de fire stationer ved Gyldenholm/Katrineholm og b) stationen ved Ulvsborg.



Figur 2. Døgnværdier af drænastrømning (Q) og nedbør (P) for a) de fire stationer ved Gyldenholm/Katrineholm og b) stationen ved Ulvsborg.

afstrømningsværdier for de fem stationer for de hydrologiske år 2016/17 og 2017/18, hvor et hydrologisk år er defineret som perioden fra 1. april til 31. marts. De to år adskiller sig markant fra hinanden ved, at der i perioden 2016/17 var meget begrænset drænastrømning sammenlignet med det efterfølgende år, hvor drænastrømningen var op til til tre gange højere. Forskellene mellem de enkelte år skal først og fremmest begrundes i en stor forskel i nedbøren mellem de enkelte år (609 mm og 856 mm). Specielt forskellen i vinternebdør er stor med næsten dobbelt så meget nedbør i 2017/18 sammenlignet med 2016/17 (166 mm imod 97 mm, data ikke vist). St. 5 (Ulvsborg) har generelt højere arealvægtede afstrømningsværdier sammenlignet med st. 1-4 (Gyldenholm/Katrineholm), hvilket er i overensstemmelse med de højere nedbørs-værdier. Der ses heller ikke en markant forskel i afstrømningen mellem de to hydrologiske år (307 mm vs. 379 mm), hvilket stemmer overens med en knap så stor forskel i nedbøren (876 mm vs. 926 mm).

På trods af den umiddelbare lighed mellem de fire drænedede arealer (st. 1-4) er der relativt store forskelle i de arealvægtede afstrømninger mellem stationerne varierende fra 67-110 mm i 2016/17 og fra 233-332 mm i 2017/18 (Tabel 1). Dette på trods af at alle drænoplande er systemdrænedede moræneplateauer

med en forventelig ensartet geologi. At afstrømningen er forskellig stationerne imellem kan skyldes, at geologien i området varierer mere end først antaget, at drænkortet måske ikke er korrekt eller, at nogle dele af drænsystemerne ikke afleder vandet fra marken optimalt.

Ved hjælp af vandbalancemodellen EVA-CROP /1/ beregnes den mængde vand, der perkolerer ud af den øverste meter karakteriseret som jordens rodzone (RZ). Modellen beregner på døgnniveau mængden af nedbør, der går til tabt i forbindelse med opfyldning af jordvandsmagasin, fordampning fra jordoverfladen og transpiration via planterne. Beregningerne viser, at det kun er en mindre del af nedbøren, der perkolerer ud af rodzone og videre ned mod drænen eller grundvandet (Tabel 1). Rodzoneperkolationen udgør for lokaliteterne mellem 20% og 50%. Under antagelse af, at drænvandet udelukkende er dannet af den nedbør, der falder over marken, og at drænen ikke modtager et bidrag af regionalt grundvand, afstrømmer en stor fraktion (55-95%) af det vand, der perkolerer ud af rodzonen via drænen (Q/RZ). Dette gælder specielt i det våde år 2017/18. Ser man udelukkende på de tre vinter måneder (data ikke vist) afstrømmer næsten hele rodzoneperkolationen via drænen.

Kvælstoftransport

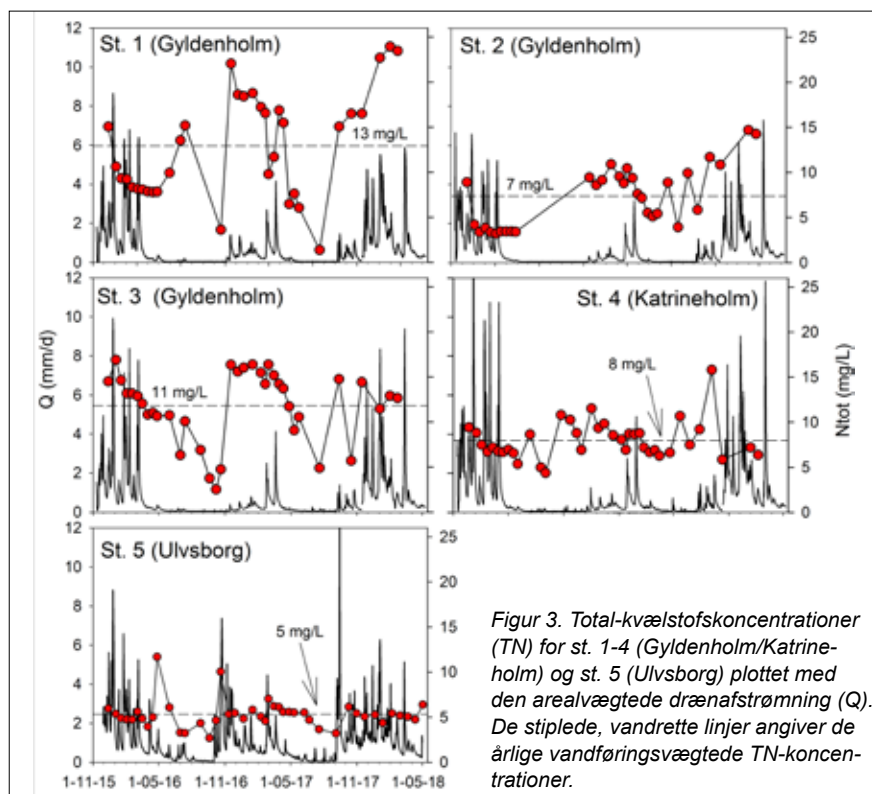
Koncentrationen af total kvælstof (TN) for alle fem stationer varierer generelt såvel indenfor som mellem år (Fig. 3). Den samlede årlige TN transport beregnes på baggrund af den kontinuert målte vandføring og de manuelle prøvetagninger (Tabel 2). Ved flere målestationer ses høje TN-koncentrationer i sommerperioden, men da der på dette tidspunkt er meget begrænset drænastrømning, er kvælstoftransporten i sommermånedene generelt ubetydelig på disse lokaliteter (Fig. 3).

På baggrund af den årlige kvælstoftransport (kg) og den årlige drænastrømning (L) kan den årlige vandføringsvægtede kvælstofkoncentration i drænvandet beregnes (Fig. 3). De laveste vandføringsvægtede TN-koncentrationer ses ved Ulvsborg (st. 5), hvor der også ses relativt lave variationer mellem de to år. De fire arealer beliggende på Gyldenholm/Katrineholm udviser betydelige variationer mellem marker og år, hvor de vandføringsvægtede TN-koncentrationer varierer fra 6,9 til 20,7 mg per liter. For st. 3 og 4 ses et fald i den vandføringsvægtede TN-koncentration mellem 2016/17 og 2017/18, mens det omvendte er tilfældet for st. 1 og 2. Den høje variation i de målte TN-koncentrationer samt i drænvandføringen illustrerer nødvendigheden af, at der tages tilstrækkeligt mange prøver i hele afstrømningsperioden til at kunne bestemme den totale kvælstoftransport fra arealet med en tilstrækkelig prædiktionsikkerhed /2,3/.

Den totale arealvægtede kvælstoftransport for de to hydrologiske år samt for tre vinterperioder (1. december til 27. februar) ses i Tabel 2. For den sjællandske lokalitet Gyldenholm/Katrineholm ses en meget betydelig stigning i kvælstoftransporten fra 2016/17 til 2017/18 for alle stationer, hvilket primært kan tilskrives den større afstrømning i 2017/18. Tilsvarende stigning i kvælstoftransporten ses ikke for den østjyske lokalitet Ulvsborg, hvor der generelt var væsentligt mindre variation mellem år i såvel afstrømning som i den vandføringsvægtede TN-koncentration.

Tabel 1. Årlige arealvægtede værdier af drænastrømning (Q), nedbør (P), rodzoneperkolation (RZ) samt forholdet mellem af drænastrømning og rodzoneperkolation (Q/RZ). Et år er defineret som et hydrologiske år (1. april til 31. marts). Resultater vist for station 1 til 4 (Gyldenholm/Katrineholm) og station 5 (Ulvsborg)

	Q (mm/år)				P (mm/år)	RZ (mm/år)	Q/RZ (%)			
Gyldenholm/Katrineholm										
Station	1	2	3	4			1	2	3	4
16/17	110	67	85	96	609	122	91	55	70	79
17/18	276	233	275	332	856	352	78	66	78	95
Ulvsborg										
16/17	307				876	378	81			
17/18	379				926	430	88			



Figur 3. Total-kvælstofkoncentrationer (TN) for st. 1-4 (Gyldenholm/Katrineholm) og st. 5 (Ulvborg) plottet med den arealvægtede drænastrømning (Q). De stiplede, vandrette linjer angiver de årlige vandføringsvægtede TN-koncentrationer.

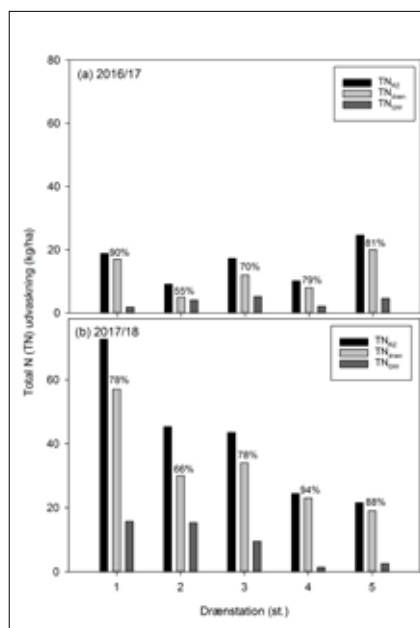
Opgørelsen af kvælstoftransporten i de tre vintermåneder viser tilsvarende meget store variationer for især Gyldenholm/Katrineholm mellem de tre år (Tabel 2), mens variationen er mindre udpræget for Ulvskov. En markant andel af det årlige kvælstoftab via drænen for Gyldenholm/Katrineholm sker i de tre vintermåneder, hvor kvælstoftabet via drænen i 2017/18 udgør over 50%, mens vintertabet i 2016/17 er lidt lavere (38-60%). Igen adskiller

den østjyske lokalitet Ulvskov sig ved at kvælstoftabet via drænen i vinterperioden udgør en mindre andel af det årlige kvælstoftab via drænen (20-42%).

Hvad betyder drænen for markernes kvælstoftab

Det samlede kvælstoftab fra markerne består dels af kvælstoftabet via drænen og dels af tabet til grundvand /2,3/. Hvis det antages, at den målte vandføringsvægtede TN-koncentration er repræsentativ for kvælstofkoncentrationen i det vand, der perkolerer ud af rodzonen, kan den samlede rodzoneudvaskning beregnes (Fig. 4).

Forskellen mellem kvælstofudvaskningen fra rodzonen og det målte tab via drænen angiver kvælstoftabet til grundvandet. For de undersøgte lokaliteter udgør kvælstoftabet via drænen, den markant mest betydende tabsvej. Generelt udgør kvælstoftabet via drænen mere end 70% af den samlede årlige kvælstofudvaskning i begge måleår og for nogle stationer



Figur 4. Tab af kvælstof fra de fem drænelande i form af kvælstofudvaskning fra rodzonen (TN_{RZ}), kvælstoftab via drænen ($TN_{dræn}$) og kvælstoftab til grundvand (TN_{GW}) for måleårene (a) 2016/17 og (b) 2017/18.

mere end 80%. Kun en enkelt station (st. 2) har en lavere andel af kvælstoftab via drænen (55-66%). Under transporten i grundvand vil der foregå en reduktion af nitrat-N /4/, og kvælstofudledningen via grundvand skal derfor fratreges den kvælstofreduktion, der forekommer under den lokale grundvands-transport. I forhold til den endelige kvælstofudledning til overflade og kystvand udgør kvælstoftabet via drænen således langt den overvejende del af kvælstofudledningen for disse lokaliteter.

Det kan være helt centralt at have kendskab til de lokale tabsveje for kvælstof i forhold til implementering af de mest effektive målrettede virkemidler. Marker med en stor andel af kvælstoftabet via drænen kunne således med fordel benytte målrettede drænvirkemidler.

Referencer

- Olesen, J.E., and T. Heidmann. 2002. EVACROP: Et program til beregning af aktual fordampning og afstrømning fra rodzonen, Version 1.01. Afdeling for Plantevækst og Jord og Afdeling for Jordbrugssystemer, Forskningscenter Foulum, Tjele.
- 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/Afreportering/planter_og_miljoe/2016/Sider/pl_po_999_3682_b3_Delrapport_C_Maalinger_i_draenra.pdf)
- Iversen, B.V.; Kjærgaard, C.; Mathiesen, G.B.; Højberg, A.L. 2018. Koncept for kvælstofregulering på basis af drænmålinger. Vand & Jord nr. 4.
- Christiansen, I.M.V.; Højberg, A.L. 2018. Udfordringer ved estimering af lokal nitratretention. Vand & Jord nr. 4.

Bo VANGSØ IVERSEN (bo.v.iversen@agro.au.dk) er PhD og lektor ved Institut for Agroøkologi, Aarhus Universitet. CHARLOTTE KJÆRGAARD (chkj@seg.es.dk) er PhD og chefforsker ved SEGES, Agro Food Park, Aarhus.

Tabel 2. Årlige arealvægtede værdier af total-kvælstofudvaskningen i drænsystemerne på års- og vinterbasis. Et år er defineret som et hydrologiske år (1. april til 31. marts) mens vinterperioden svarer til perioden fra 1. december til 27. februar. Resultater vist for st. 1-4 (Gyldenholm/Katrineholm) og st. 5 (Ulvborg).

Station	Total kvælstoftab (TN) via drænen (kg/ha) Ntot (kg/ha)									
	Hydrologisk år					Vinter				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
15/16						21	8	28	21	11
16/17	17	5	12	8	20	9	3	5	3	4
17/18	57	30	34	23	19	35	17	18	12	8