

## STYRET DRÆNING I UDLANDET



Miljø- og  
Fødevareministeriet

gudsp

Dette projekt medfinansieres af "Grønt Udviklings- og Demonstrationsprogram", (GUDP) under Fødevareministeriet.

Styret dræning har mange steder i verden været brugt som et middel til at mindske udledning af kvælstof gennem dræn. Virkemidlet har dog også mange andre effekter. Omtale af tre projekter til undersøgelse af effekterne af styret dræning.

### Indhold

- Erfaringer fra udlandet med styret dræning
- Grundlæggende virkemåder
- Kvælstof
- Fosfor
- Forsøg med styret dræning i udlandet
- Effekter af styret dræning på drænafstrømning og næringstofudledning i Ohio USA

- [Resultater med styret dræning på marker i Illinois, USA.](#)
- [Effekter af styret dræning på tab af N og P på lerblandet sandjord i Sverige](#)
- [Referencer](#)

## ERFARINGER FRA UDLANDET MED STYRET DRÆNING

Styret dræning (eng. Controlled drainage) har mange steder i verden været brugt til at mindske udledningen af næringsstoffer til vandmiljøet, til at øge næringsstofindholdet i jorden og til at foretage rodvanding. Der er undersøgt både effekter på kvælstof og fosfor ved styret dræning. Med hensyn til kvælstof ses der primært en mindskelse af udvaskningen, hvor fosfor kan vise både mindsket og øget tab alt efter forholdene. Den største erfaringsbase findes i USA, men i de senere år er styret dræning også vundet frem i Sverige og Finland.

Allerede i 1960'erne er styret dræning blevet omtalt i USA, men her dog primært som middel til at mindske okkerudledningen. I 1970'erne blev de første styret drænings forsøg, med henblik på at undersøge denitrifikationseffekten, udført i Californien (Ghane et al 2012).

Styret dræning er i USA gennem de seneste 10-20 år blevet brugt som et middel til at reducere udvaskning af kvælstof, og dermed sikre mere plantetilgængeligt kvælstof i vækstsæsonen og mindske kvælstofudledningen til vandmiljøet (Skags et al 2012). Denne brug finder primært sted i USA's Midwest stater (majsbæltet), hvor man fra 1990'erne og frem havde problemer med meget stor kvælstofudvaskning på arealer med majs og soya uden indblanding af andre arter (Skags et al 2012). Drænvandet fra disse områder havner i Mississippi-systemet og derefter i den mexicanske golf, som er meget påvirket af næringsstoffer.

I Sverige og Finland har man også erfaringer med styret dræning, i Sverige har man primært erfaringer fra forsøg, mens der i Finland findes en del arealer med kontrolleret dræning. Her har man også gode resultater på reduktion af både fosfor og kvælstofudledningen via dræn. I Finland bruges de styrede dræningssystemer også i høj grad til vanding via dræn. Styret dræning giver i Sverige en god reduktion af fosforudvaskningen (Wesström & Messing 2007).

[Til top](#)

## GRUNDLÆGGENDE VIRKEMÅDER

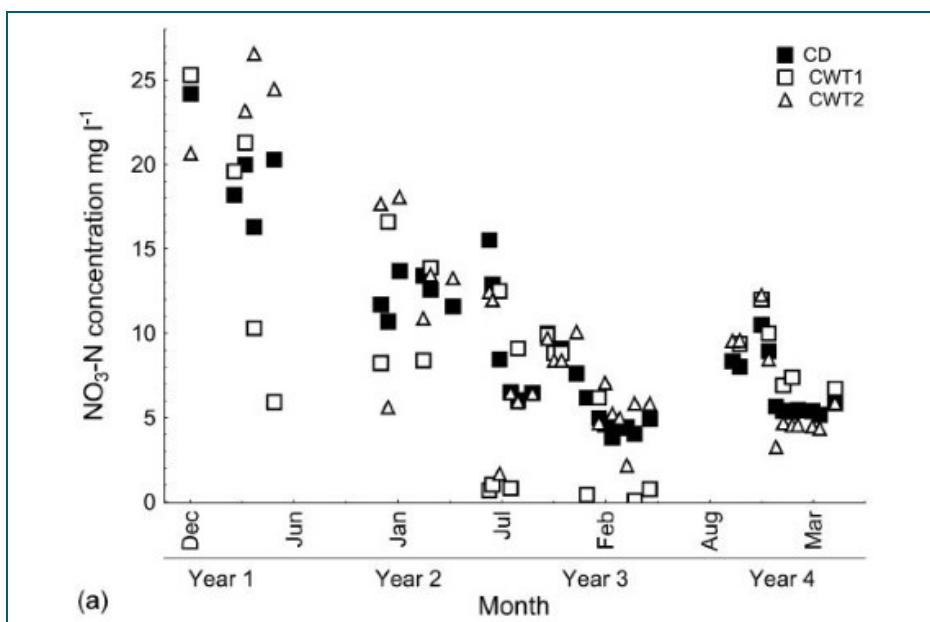
Den primære og lettest målbare effekt af styret dræning er en mindskelse af mængden af drænvand. Af flere forsøg rundt omkring i verden ses det, at den samlede drænastrømning mindskes med 50-95 pct., når grundvandsniveauet hæves fra høst til tidligt forår (Woli et al. 2010; Wesström & Messing 2007). Det vand der ikke forsvinder via dræn vil enten bidrage til grundvandsdannelse eller afstrømme overfladenært til vandløb. Nogle steder ses en øget overfladeafstrømning ved styret dræning. Det sker hvor der er meget voldsomme nedbørshændelser eller stor sneafsmeltning på kort tid (Tan & Zhang 2011). I svenske forsøg ses dog ikke øget overfladeafstrømning i forhold til arealer uden styret dræning (Wesström &

Messing 2007). Denne mindskede afstrømning gør, at der sker en mindre afstrømning af næringsstoffer via dræn, hvis koncentrationen er uændret eller mindre. Den samlede udledning af kvælstof vil formentlig ofte blive reduceret, fordi kvælstoffjernelsen ved denitrifikation ofte er større i den del, der strømmer mod grundvandet end den del, der afstrømmer via dræn.

Til top

## KVÆLSTOF

Hævet grundvandstand menes at kunne medføre tre ting: Øget denitrifikation, mindsket mineralisering og mindsket nitrifikationen. Alt sammen noget der sker på grund af iltfrie forhold, og fordi drænvandet ofte vil være iltholdigt, er det ikke sikkert, at denne effekt altid vil være tilstede. Bakterier bruger nitrat som iltningmiddel, når der ikke er ilt tilstede. Mineralisering og nitrifikation kræver ilt og reduceres derfor, når der ikke er ilt til stede eller hvis ilttilførslen mindskes. Dertil kommer den mindskede afstrømning, som under alle omstændigheder vil reducere udvaskning af kvælstof via dræn. Det kan være vanskeligt at fastslå, hvilke af disse effekter der gør sig glædende.



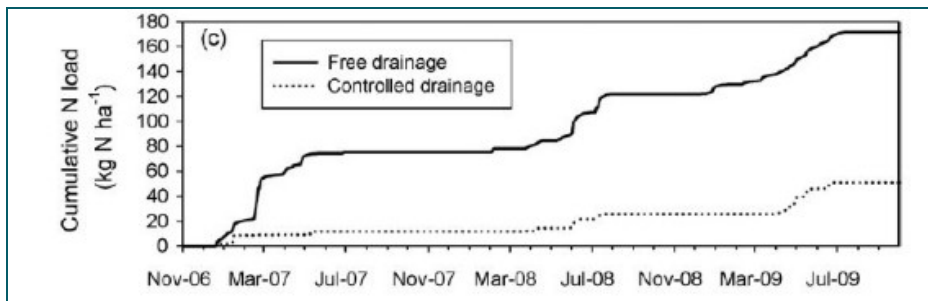
**Figur 1** Ved en svensk undersøgelse i slutningen 1990'erne af kontrolleret dræning sås ingen eller kun en meget lille effekt på kvælstofkoncentrationen som følge af styret dræning. Den store koncentration det første år skyldtes at der blev dyrket tidligt høstede kartofler efterfulgt af en vinterbyg som udvintrede. På CWT1 og 2 er dræningen styret, mens CD er almindeligt drænet. (Modificeret efter Wesström & Messing 2007).

I følge figur 1 er der i denne undersøgelse, i de fleste tilfælde, ikke nogen umiddelbar

sammenhæng mellem styret dræning og kvælstofkoncentrationen i drænvandet. Derimod er der en langt mindre transport af kvælstof som følge af de mindskede mængder af drænvand, der afledes via dræn ved styret dræning (figur 2).

Til top

Den samlede effekt på kvælstofudvaskningen kan ikke alene ses af stoftransporten gennem dræn, der skal også tages højde for den del af vandet der afledes af andre veje, hvordan det resterende drænvand forsvinder fra marken, er usikkert, og afhænger i høj grad af lokale forhold. Hvis grundvandsafstrømningen øges, må det antages, at vandet kommer under redoxgrænsen og at nitraten vil fjernes med denitrifikation. Hvis overfladeafstrømningen øges vil kvælstoffjernelsen formentlig ikke være større end ved afstrømning gennem dræn.

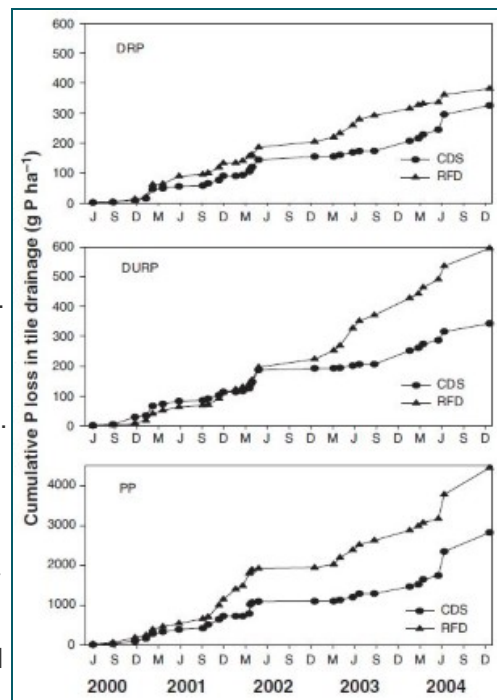


**Figur 2.** Generelt ses der en langt lavere stoftransport i styrede drænsystemer i forhold til almindelige dræn, det skyldes primært mindre vandmængder ikke ændringer i koncentrationen. (mod efter Woli et al 2010).

Til top

## FOSFOR

Det har været diskuteret om der kan ske en frigivelse af fosfor når der etableres styret dræning, på samme måde som der kan ske fosforfrigivelse når der genetableres vådområder. Når der etableres iltfrie forhold kan fosfor bundet i jern- og aluminiumsoxider mobiliseres. Der er imidlertid ikke noget i litteraturen der tyder på det. Det skyldes formentlig, at pløjelaget i de fleste forsøg ikke er blevet vandmættet og det normalt vil være her at det meste fosfor findes. Dog bør man være opmærksom på, at hvis man etablerer styret dræning på områder, hvor etablering af et vådområde vil medføre stor frigivelse af fosfor, vil styret dræning ligeledes kunne medføre



udvaskning af fosfor på de samme arealer.

De fleste undersøgelser viser dog en mindskelse i fosforudledning ved styret dræning.

Reduktionen i fosforudledning følger langt hen ad vejen reduktionen i drænaflow. Dog vil det kun være en meget lille del af den fosfor der

normalt udledes via drænen der vil kunne blive transporteret med grundvandet parallelt med drænen gennem jorden. Det skyldes at langt det meste fosfor, der udvaskes, er partikelbundet (figur 3).

Det skal bemærkes, at det kun er en del af den samlede fosforudledning fra marker, der kommer fra drænen. Meget fosforudledning kommer fra overfladeafstrømning, sandflugt og vandløbserosion, disse kilder påvirkes normalt ikke af styret dræning.

**Figur 3.** Her ses mindskelsen af fosforudvaskning gennem drænen ved kontrolleret dræning. Desuden ses det at omkring 80 % af den fosfor der udvaskes via drænen er partikelbundet. CDS er styret dræning RDF er et referencedrænen (mod. efter Tan & Zhang 2011).

[Til top](#)

## FORSØG MED STYRET DRÆNING I UDLANDET

Der er gennem de seneste år blevet gennemført en lang række forskellige forsøg med styret dræning rundt omkring i verden. Næsten alle undersøgelser viser en mindskelse af udledningen gennem drænen, men ikke nogen betydelig ændring i kvælstofkoncentrationen. I det følgende beskrives tre af de undersøgelser der er blevet publiceret i de seneste år.

### EFFEKTER AF STYRET DRÆNING PÅ DRÆNAFLOW OG NÆRINGSSTOFUDLEDNING I OHIO USA

I perioden 2006-2012 blev der i Ohio, USA gennemført en undersøgelse af effekterne af styret dræning (kontrolleret dræning). Undersøgelserne er foretaget af USDA-ARS Soil Drainage Research Unit (Det amerikanske Landbrugsministeries sektorforskningsenhed for drænen), og beskrevet i Williams *et al.* (2015)

Ohio er beliggende som den østligste stat i den amerikanske midtvest. Staten ligger sydligere end Danmark (på højde med Spanien), men har på grund af det kontinentale klima alligevel noget koldere vintre end Danmark. Gennemsnitstemperaturen er under 0 grader fra november til februar. Sommeren er tilsvarende varmere med en gennemsnitstemperatur på 22,5 grader i juli.

Forsøgsområdet bestod af to dræne, hvoraf det ene blev styret. Forsøget kørte over 4 vækstsæsoner (2009-2012). Forud for forsøget blev drænaflowen og kvælstofkoncentrationerne i drænvandet fra de to dræne målt i to år, således at normalafstrømningen og den normale kvælstofkoncentration for det drænen, der senere blev styret, kunne beregnes på baggrund af målingerne på det drænen, der ikke blev reguleret.

[Til top](#)

**Tabel 1.** Effekter af styret dræning på drænafstrømning og næringsstofudledning. Resultaterne er et gennemsnit over 4 år og dækker over væsentlige årsvariationer

Vandstand under jordoverfladen	Reduktion i drænafstrømning	Reduktion i kvælstofkoncentration	Reduktion i kvælstofudledning via dræn	Reduktion i P-udledning via dræn
45 cm	23 pct.	Ingen	23 pct. (9,4,kg/ha/år)	56 pct. (19 g/ha/år)

Forsøgene er lavet i et sædskifte med skiftevis majs og soyabønner. Normal drændybde er 100 cm. Drændybden er hævet til 45 cm under jordoverfladen hele året undtagen ved markarbejde i forbindelse med etablering og høst af afgrøden, hvor drændybden blev sænket 14 dage forud for både såning og høst. Når drændybden kan hæves til 45 cm under overfladen i vækstsæsonen, skyldes det, at der udover drænene også er en naturlig afdræning af jorden. Når drændybden er reguleret til 45 cm, så afdræner den underliggende jord langsommere end ved fri dræning, hvilket muligvis kan være med til at sikre en mere stabil vandforsyning til afgrøderne i tørre perioder. Det kan naturligvis også have den modsatte effekt i våde perioder, men så kan man vælge at sænke drændybden.

[Til top](#)

**Tabel 2.** Årlig kvælstofudledning med og uden styret dræning

År	Afgrøde	Kvælstofudledning via dræn ved fri dræning, kg N/ha	Kvælstofudledning via dræn ved styret dræning	Reduktion i kvælstofudledning med styret dræning i forhold til fri dræning, kg N/ha
2009	Majs	61,1	34,3	26,8
2010	Soyabønner	14,2	15,5	-1,3
2011	Majs	40,8	30,1	10,7
2012	Soyabønner	9,2	7,8	1,4

Forsøgene viser således, at der sker en reduktion af udledningen af kvælstof via drænvandet på 23 pct., hvilket svarer til reduktionen i drænafstrømningen (tabel 1). Denne reduktion dækker dog over betydelige årlige variationer (tabel 2). Der ses ingen reduktion af kvælstofkoncentrationen. Som forfatteren anfører, vil effekten på den samlede kvælstofudledning således afhænge af hvad der sker med det vand, som ikke ledes bort via drænet. Det vand, der ikke bortledes via drænet, vil enten strømme af mere eller mindre terrænnært eller blive til dybt grundvand. Alt efter hvor dybt redoxgrænsen ligger, vil mere eller mindre af nitraten herved blive reduceret.

Med hensyn til fosfor ses en halvering af udledningen via drænet. Det skal dog huskes, at det normalt kun er en mindre del af fosfortabet, der sker via dræn.

Der er ikke undersøgt effekter på udbyttet, ved styret dræning.

Til top

## RESULTATER MED STYRET DRÆNING PÅ MARKER I ILLINOIS, USA.

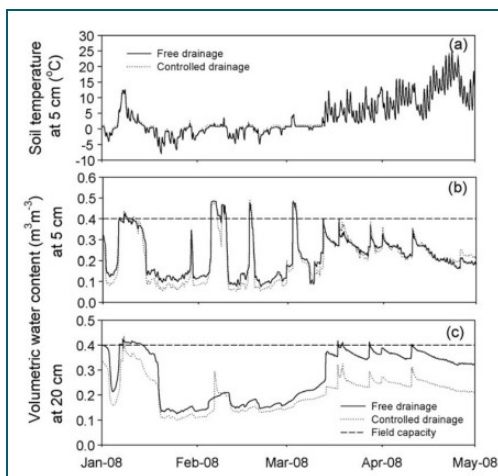
I perioden 2006-2009 blev der i Illinois, USA gennemført en undersøgelse af effekterne af styret dræning (kontrolleret dræning). Herudover blev der også målt effekter af at lede drænvandet gennem en bioreaktor. Undersøgelserne herunder er foretaget af University of Illinois og er beskrevet i Woli *et al.* (2010)

Illinois ligger i den amerikanske midtvest. Staten ligger sydligere end Danmark (på højde med Spanien), men har på grund af det kontinentale klima alligevel lidt koldere vintre end Danmark. Gennemsnitstemperaturen er under 0 grader fra december til februar. Sommeren er væsentligt varmere end i Danmark med en gennemsnitstemperatur på 24,5 grader i juli. Jorden er meget ler- og finsiltelig svarende til JB 9 eller JB 10, men da den er dannet på lössaflejringer, er den lettere end en tilsvarende morænejord. Jorden på forsøgsarealet blev først drænet i 2003, og kan således også dyrkes uden dræning.

**Tablet 3.** Effekter af styret dræning på drænastrømning og næringsstofudledning

Reduktion i drænastrømningen	Reduktion i N-koncentrationen	Reduktion i N-udledningen
75 pct.	Ingen sikker ændring	70 pct. (40 kg/ha/år)

Selve forsøget blev opbygget af to områder på 11 ha og 14 ha med styrede dræn og en reference på 13 ha med almindelig dræning. De styrede dræn var sat til en drændybde på 15 cm under jordoverfladen fra 1. november til 15. marts. Uden for denne periode var der normal afdræning.



**Figur 4.** Her ses jordtemperaturen og jordens vandindhold i forskellige dybder både for styrede og transporteret via dræn. Den naturlige dræning

Den styrede dræning gav således en væsentlig lavere udledning via dræn i den periode, hvor dræningen var styret, men reduktionen skyldtes alene den mindre mængde drænvand, der blev udledt gennem drænene, idet kvælstofkoncentrationen ikke blev ændret (tabel 3). Ved undersøgelsen blev det også forsøgt at beregne denitrifikationen i henholdsvis arealet med styret dræning og arealet uden, men det var ikke muligt at påvise nogen forskel. Derfor kunne forfatteren ikke sige noget om, hvad der skete med det drænvand og det kvælstof, der ikke blev

almindeligt drænede arealer.

på stedet gjorde, at vandet enten blev afdrænet til dybt grundvand eller mere terrænnært til et vandløb eller lignende. Det vil så være dybden til redoxgrænsen, der primært afgør hvor stor en del af nitraten, der bliver denitrificeret; men det blev ikke undersøgt.

### Til top

Det tydede også på at den naturlige afdræning generelt var større i det styrede dræn i forhold til det almindelige dræn, dette medførte at grundvandstanden generelt var højere i referencedrænet (Figur 4).

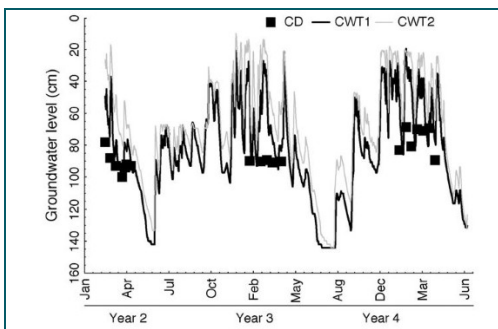
Der blev ikke fundet forskelle i jordtemperatur mellem plottene med og uden styret dræning (figur 4).

Ud over den styrede dræning, var der som en del af forsøget opstillet en bioreaktor til at rense drænvandet. En bioreaktor er et aflangt bassin (dbl 1,5x5x30 m) med organisk materiale hvor vandet strømmer igennem. I dette tilfælde var det organiske materiale træflis. Bioreaktoren var i stand til at fjerne 50 pct. af kvælstoffet fra vandet. Det blev vurderet, at en del af grunden til at bioreaktoren havde så god virkningsgrad, var at vandtilstrømningen blev relativt konstant på grund af den styrede dræning.

### Til top

## EFFEKTER AF STYRET DRÆNING PÅ TAB AF N OG P PÅ LERBLANDET SANDJORD I SVERIGE

Forsøgsområdet ligger i Halland Län ca. 30 km syd for Halmstad, i et klima som er tilsvarende det danske. Jordtypen (JB 3/JB 4) findes også mange steder i Danmark, dog er der her i ca. en meters dybde svær lerjord (JB 8), hvilket gør at jorden naturligt afdræner dårligere end normalt for lerblandet sandjord. Undersøgelserne er blevet foretaget af Sveriges Lantbruksuniversitet (SLU) og beskrevet i Wesström et al (2001) og Wesström og Messing (2007).



**Figur 5** Vandstand, cm under overfladen. De firkantede punkter viser manuelt aflæste grundvandstande, hvor der er almindelig dræning. Kurverne viser daglige

Forsøget, som forløb i perioden 1996-2000, bestod af to styrede dræn og et enkelt referencedræn, hvor vandstanden ikke blev reguleret. Hvert dræn var placeret i et markstykke på 40m x 50m i en meters dybde. Det drænede areal for hvert plot var adskilt fra de omgivende arealer, ved at der var lagt en plasticmembran ned til en dybde på 1,6 m rundt i kanten af hvert forsøgsareal. På den måde var det hensigten at lave et forsøg, hvor resultatet



automatiske målinger for de to plot med styret dræning. Ikke blev påvirket af udeirakommende tilstrømning, og hvor den overfladenære afstrømning uden om drænene blev minimeret.

I de styrede dræn blev drændybden hævet til 60-70 cm under overfladen de første år og til 20-40 cm under overfladen de sidste år. Grundvandstanden var derfor fluktuerende i de styrede dræn, men den var næsten konstant omkring drændybden i referencedrænet (figur 5). På grund af jordens sammensætning og fordi der skete en vis vertikal afdræning, var det ikke nødvendigt aktivt at sænke vandstanden i forbindelse med markarbejde, hvilket til dels forklarer den meget lave vandafstrømning i de styrede dræn. Der var ikke noget referenceår til at afgøre om afdræningen på de to arealer med styret dræning, hvis vandstanden ikke var hævet, ville være tilsvarende afdræningen på arealet med almindelig dræning.

[Til top](#)

**Tabel 4.** Effekter af styret dræning på drænafstrømning og næringsstoffab. Resultaterne er et gennemsnit over 4 år.

Reduktion i drænafstrømningen	Reduktion i N-koncentrationen	Reduktion i N-udledningen	Reduktion i P-udledningen
87 pct.	Ingen sikker ændring	86 pct. (101 kg/ha/år)	77 pct.* (223 g/ha/år)

\* ved fosfor ses en lille stigning i koncentrationen

Der var ifølge tabel 4 en meget stor ændring i afstrømningen gennem dræn ved at hæve afdræningsdybden, det var således kun i de vådeste måneder og ved særligt kraftige enkeltstående nedbørshændelser, at der skete nogen væsentlig afdræning igennem de styrede dræn. Den store mindskelse i afdræningen afspejlede sig også i en tilsvarende mindskelse af kvælstoftabet gennem dræn, men der var ingen øget denitrifikation.

På grund af plasticmembranen rundt om drænene undgik man den helt terrænnære afstrømning, men der kan dog være sket afstrømning i det øvre grundvand over redoxgrænsen. Men alt i alt må det forventes, at store dele af det kvælstof, der ikke blev ledt bort via dræn, blev denitrificeret i grundvandet.

Dette forsøg viste også en anden effekt, nemlig et merudbytte på 2-18 pct. ved styret dræning. Det er imidlertid usikkert om det skyldes, at der blev bevaret mere kvælstof i jorden til om foråret, eller at det hævede drænniveau gjorde, at der var en bedre vandforsyning. I forsøget blev der gødet underoptimalt (100 kg N/ha), så merudbyttet kan eventuelt skyldes en kvælstofeffekt.

[Til top](#)

## REFERENCER

Ghane E, Fausey N, Shedekar V, Piepho H-P, Shang Y, Brown L. 2012. Crop yield evaluation under controlled drainage in Ohio, United States. *J. Soil Water Conserv.* 67:465–473. <http://dx.doi.org/10.2489/jswc.67.6.465>

Skaggs R., Fausey N. R., Evans R. O. (2012) *Journal of Soil and Water Conservation* 2012 67(6):167A-172A;doi:10.2489/jswc.67.6.167A

Tan CS, Zhang TQ (2011). Surface runoff and sub-surface drainage phosphorus losses under regular free drainage and controlled drainage with sub-irrigation systems in southern Ontario. *Canadian Journal of Soil Science* 91:349-359

Wesström I & Messing I. 2007. Effects of controlled drainage on N and P losses and N dynamics in a loamy sand with spring crops. *Agric. Water Man.* 87, 229- 240.

Wesstrom, I., Messing, I., Linner, H., Lindstrom, J., 2001. Controlled drainage—effects on drain outflow and water quality. *Agr. Water Manage.* 47, 85–100.

Williams M.R., King K.W. Fausey N.R. 2015. Drainage water management effects on tile discharge and water quality. *Agricultural Water Management* 148, 43-51.

Woli KP, David MB, Cooke RA, McIsaac GF & Mitchell CA. 2010. Nitrogen balance in and export from agricultural fields associated with controlled drainage systems and denitrifying bioreactors. *Ecol. Eng.* 36, 1558-1566