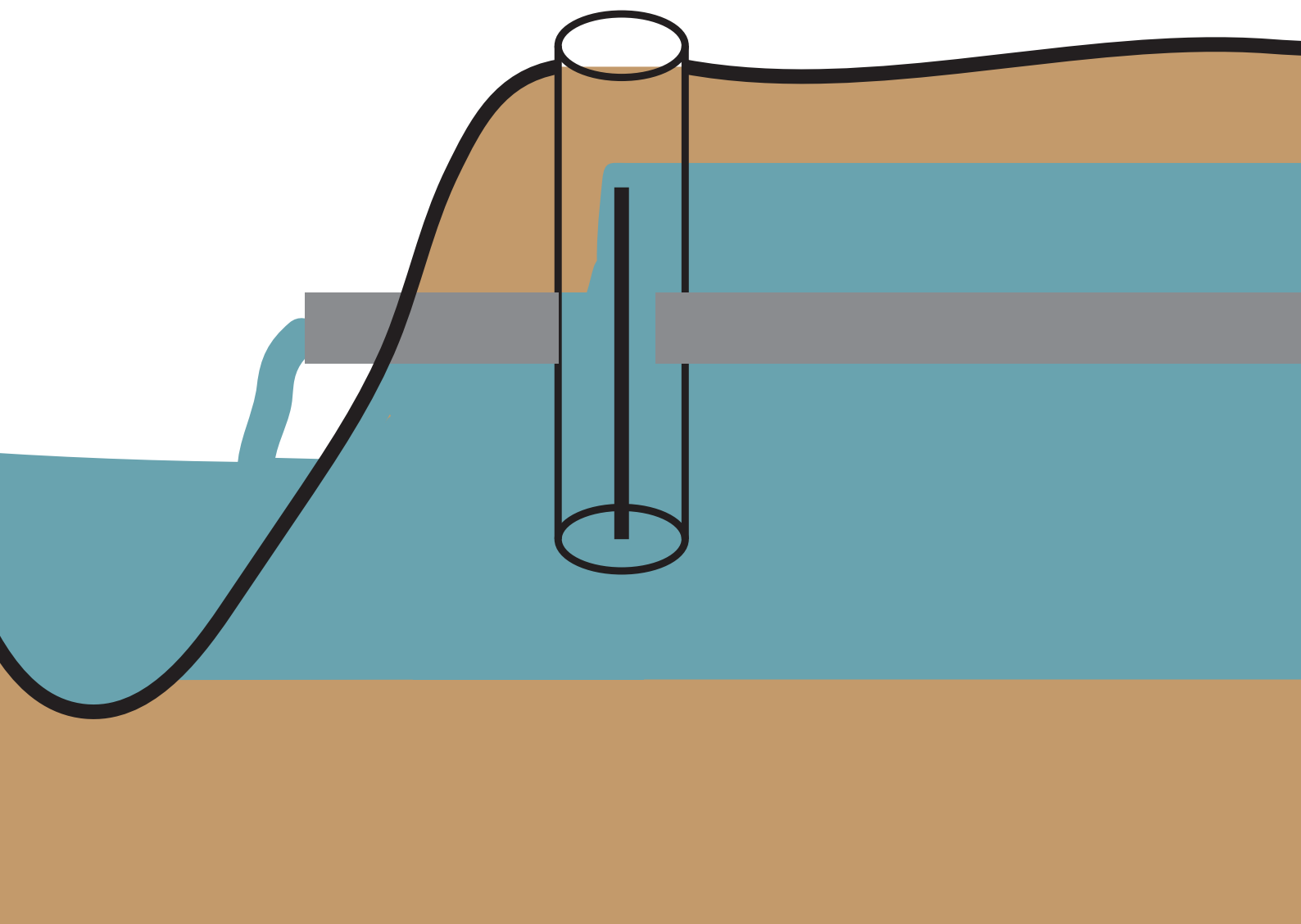


MANUAL OM **STYRET DRÆNING**

Kontrolleret dræning som virkemiddel til reduktion af kvælstofudledningen



MANUAL OM STYRET DRÆNING
Kontrolleret dræning som virkemiddel
til reduktion af kvælstofudledningen

er udgivet af

SEGES Planter & Miljø
Agro Food Park 15
8200 Aarhus N
8740 5000
seges.dk

FORFATTER

Jakob Sølvhøj Roelsgaard, SEGES
Planter & Miljø

REDAKTØR

Søren Kolind Hvid, SEGES Planter &
Miljø

FORSIDETEGNING

Susan Ravn-Larsen Peters, SEGES
Planter & Miljø

Denne publikation er finansieret af



September 2016

Indhold

Ordliste:	2
Indledning	4
Hvad kan vi opnå med styret dræning?	4
1 Styret dræning til reduktion af kvælstofudledningen	4
Hvordan virker styret dræning?	5
Effekter af styret dræning	5
Kvælstof.....	5
Fosfor	7
Tilbageholdelse af vand i marken	8
Grundvandsdannelse	9
Sediment.....	10
Ændring af dræningsmønster	12
2 Styret dræning til udjævning af afstrømningen gennem dræn	13
3 Rodvanding og mindsket drændybde om sommeren	14
Rodvanding	14
Mindsket drændybde om sommeren	14
4 Styret dræning til mindskelse af okkerudledningen	15
5 Styret dræning til bevarelse af organisk jord	15
Etablering af styret dræning	16
Hvor er styret dræning en mulighed.....	16
Hvor virker styret dræning	16
Dræntyper hvor styret dræning er en mulighed.....	17
Eksisterende dræn.....	18
Nye dræn/omdræning	18
Tekniske installationer.....	19
Praktisk etablering	20
Drift af styrede dræn	23
Økonomi	24
Etablerings- og driftsomkostninger.....	24
Effekt af styret dræning	25
Forsøg og undersøgelser med styret dræning	25
Danske forsøg	25
Udenlandske erfaringer.....	26
Dyrkningsmæssige og økonomiske konsekvenser af styret dræning.....	26

Ordliste:

Styret dræning (reguleret dræning / kontrolleret dræning)

Styret dræning er et dræningssystem, hvor landmanden selv styrer hvor højt afvandingsniveauet er på forskellige årstider eller i forskellige situationer. I modsætning til almindelig, passiv dræning, hvor jorden altid er afdrænet til det niveau, som drænrørene ligger i.

Betegnelsen "kontrolleret dræning" er fravalgt til fordel for "styret dræning", der bedre udtrykker at der er tale om en aktiv regulering i stedet for almindelig, passiv dræning.

Almindelig dræning

Dræning, hvor der drænvandet løber frit gennem drænrør til recipienten.

Styringsbrønd

Brønd med en indretning, der gør det muligt at hæve fraløbshøjden fra brønden. Denne indretning kan enten være manuelt styret, evt. elektronisk styret eller styret på baggrund af vandstanden på fraløbssiden vha. flydere eller sensorer.

(Styrings)brønd der er ført til jordoverfladen

Klassisk brøndtype hvor man kan åbne låget ved jordoverfladen og betjene eventuelle mekaniske reguleringsanordninger eller rense brønden.

Nedgravet (Styrings-)brønd

Brøndens overkant ligger under jordoverfladen, så det er muligt at dyrke jorden over brønden, det man i VVS-termologi vil kalde en skjult installation. Ulempen ved denne type brønd er at reparationer og oprensning kræver, at brønden skal graves op. Det kræver også, at reguleringen af vandstanden skal være automatiseret. Eksempelvis kan brønden reguleres via vandstanden på fraløbssiden, således at nedgravede brønde kan styres fra en hovedbrønd.

Hoved(Styrings-) brønd

Den sidste styringsbrønd inden udløb i recipienten. Hovedbrønden vil ligge i kanten af marken og være en brønd, der er ført til jordoverfladen. Denne kan eventuelt benyttes til at styre en serie af nedgravede styringsbrønde, således at den regulerede dræning effektueres på hele arealet.

Drændybden

Dybden hvori drænrørene ligger.

Afdræningsdybde

Den dybde hvorover der sker afdræning via drænrør. Når fraløbshøjden hæves i en styringsbrønd vi afdræningsdybden på arealet før styringsbrønden få en mindre afdræningsdybde.

Recipienten

Det vandområde, der modtager drænvandet. I nogle tilfælde forstås recipienten, som det vandløb drænet løber ud i. I andre tilfælde, særligt med hensyn til kvælstof, forstås det havområde som vandløbet munder ud i.

Nedsivning imellem dræn

Den naturlige afdræning, der vil være på de fleste jorde, når der ikke er drænet, eller når vandstanden er hævet ved styret dræning.

Minivådområde

Små kompakte vådområder som er konstrueret med henblik på at fjerne næringsstoffer fra drænvandet, inden det ledes til recipienten. Der findes grundlæggende to typer: matriceanlæg og anlæg med åbne bassiner.

Indledning

Farmerne i USAs midtveststater var i 1990'erne de første til at benytte styret dræning i større stil. Om vinteren skete der stor udvaskning af kvælstof via drænvandet fra de store arealer med majs og soja. Styret dræning var et af de midler, der blev taget i brug for at minimere kvælstofudledningen, og det viste sig at være meget effektivt. Ud over effekterne på kvælstofudledningen, kan styret dræning have en række andre positive effekter, herunder effekter på fosforudledningen, vandbalancen og grundvandsdannelsen.

Hvad kan vi opnå med styret dræning?

Ved at benytte styret dræning er det muligt at opnå en række positive effekter. I de undersøgelser, der er gennemført i Danmark, er effekten på udvaskningen af kvælstof ikke helt så entydig, som nogle udenlandske forsøg og erfaringer viser. Der er en effekt på kvælstofudledningen via dræn, men der mangler viden om, hvad der sker med det kvælstof, der ikke transporteres gennem dræn. Det tyder på, at der er en god effekt på fosforudledningen, ligesom man på sigt vil kunne opnå meget med hensyn til styring af vandafledningen.

Styret dræning er en fælles betegnelse for teknologier, hvor man aktivt påvirker drænafstrømning og/eller afdræningsdybden på det drænedede areal. Styret dræning står i modsætning til almindelig, passiv dræning. Langt det meste dræning i Danmark må betegnes som almindelig dræning, idet der ikke sker nogen regulering af afstrømningen gennem året og afdræningsdybden er permanent defineret af drænrørens placering i jorden. På nogle pumpede arealer praktiseres dog i nogen udstrækning styret dræning via regulering af udpumpningen gennem året.

Styret dræning kan udføres på forskellige måder afhængig af formålet:

1. Styret dræning til reduktion af kvælstofudledningen gennem dræn
2. Styret dræning til udjævning af afstrømningen gennem dræn
3. Rodvanding
4. Styret dræning til mindske af okkerudledning
5. Styret dræning til bevarelse af organiske jord

Disse forskellige virkemåder af styret dræning omtales hver for sig i det følgende. Styret dræning til regulering af kvælstofudledningen er den form for styret dræning, som normalt forbindes med styret dræning, og det er også på baggrund af denne effekt, at de fleste undersøgelser af styret dræning er iværksat. Derfor er det også i beskrivelsen af denne metode, at mange af begreberne introduceres, og behandles grundigt.

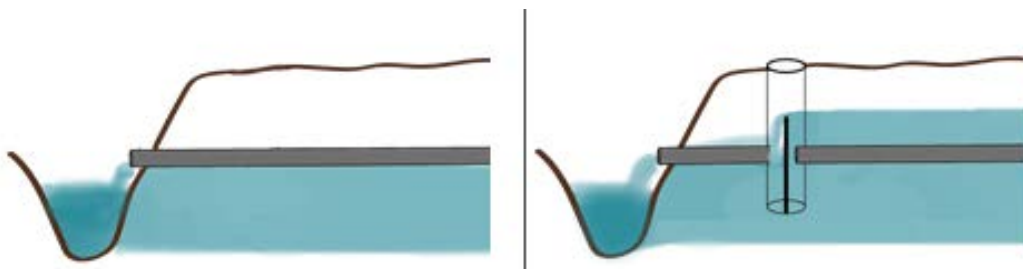
1 Styret dræning til reduktion af kvælstofudledningen

Styret dræning der har til formål at reducere kvælstofudledningen er karakteriseret ved, at drændybden hæves i efteråret, så tidligst som det er muligt uden at den hævede vandstand er til gene for markarbejdet eller plantevæksten. Under danske forhold vil det normalt være muligt at hæve drændybden på det tidspunkt, hvor der begynder at strømme vand i drænene. Med henblik på at opnå den størst mulige reduktion tilstræbes en konstant forhøjet vandstand i efterårs- og vinterperioden, så der skabes anaerobe forhold i en del af rodzonen over en længere periode, hvis der er tilstrækkeligt organisk materiale i jorden til at det er muligt. Vandstanden sænkes igen til normal drændybde i det tidlige forår, når det vurderes nødvendigt af hensyn til enten færdslen med

maskiner på arealet eller af hensyn til plantevæksten. Resten af året sker der normalt ingen regulering af drænafstrømningen.

Hvordan virker styret dræning?

Styret dræning virker ved, at man via tekniske installationer på dræn og afvandingsgrøfter kan regulere den effektive afvandingsdybde, så jorden bliver vandmættet i en del af rodzonen over drænrørene (figur 1).



Figur 1. Via en reguleringsmekanisme i styringsbrønden hæves vandstanden i marken.

Denne formindskelse af afvandingsdybden bevirker desuden, at der opstaves en mængde vand i marken, hvilket medvirker til flere positive sideeffekter ved styret dræning.

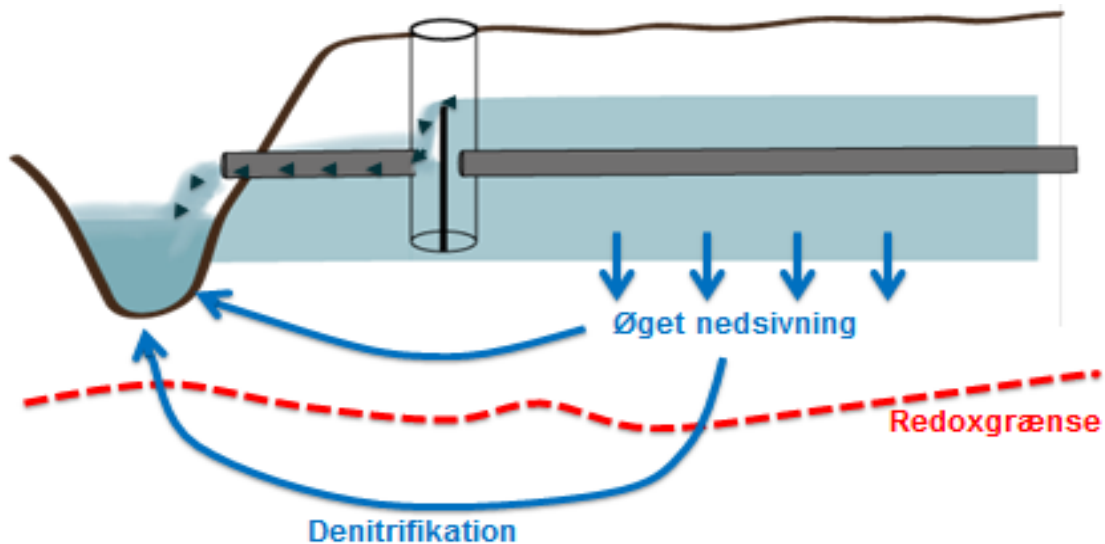
Effekter af styret dræning

Udover kvælstofreduktionen kan styret dræning have positive effekter på fosfor og grundvandsdannelse. Men der kan være risiko som forøget emission af lattergas, fosforudvaskning og tilstopning af dræn, som der skal tages højde for. Der kan også ske skade på afgrøden, hvis grundvandsstanden om vinteren bliver for høj.

Kvælstof

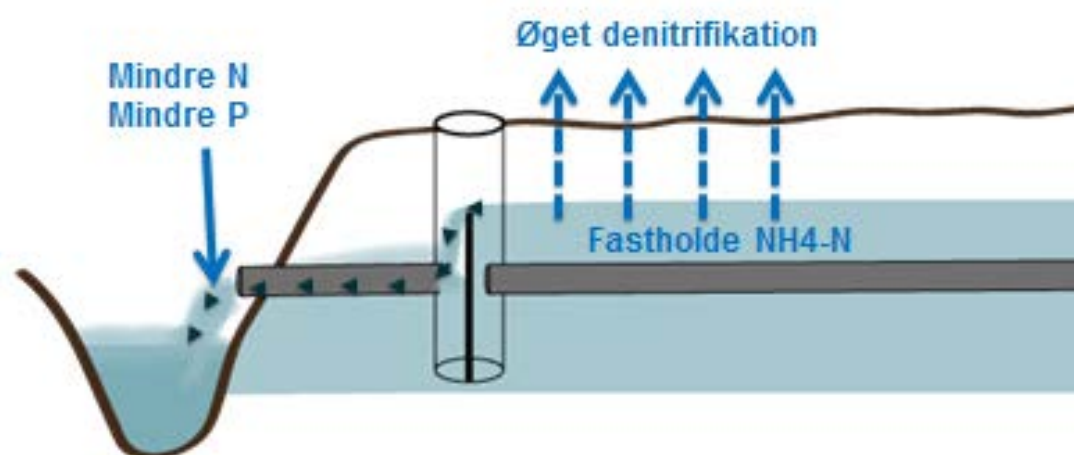
Herunder beskrives tre primære effekter af styret dræning i forhold til kvælstof. Ved forsøg i Danmark er det primært den første effekt der er påvist.

1. Når vandstanden hæves, falder den samlede afstrømning via dræn, hvilket ved uændret eller mindsket nitratkoncentration i drænvandet betyder, at der transporteres mindre nitrat til vandmiljøet via dræn. Der er dog en usikkerhed om, hvorvidt vandet så strømmer ned til større dybde, hvor nitraten reduceres, eller om vandet strømmer af terrænnært over redoxgrænsen og udvaskes med omtrent samme koncentration som drænvandet. Det vil afhænge af forholdene på den enkelte lokalitet (figur 2).



Figur 2 Styret dræning vil medføre større afstrømning uden om dræn afhængigt af forholdene kan denne afstrømning ske på forskellig vis

2. Denitrifikation er omdannelse af NO_3^- til frit kvælstof (N_2). Selve denitrifikationsprocessen sker ved, at visse bakterier kan trække ilt ud af nitraten og omsætte af organisk stof under anaerobe forhold. Ved denne anaerobe respiration reduceres nitrat i trin over nitrit (NO_2^-) via luftarterne kvælstofoxid (NO) og lattergas (N_2O) til N_2 . Det sidste led i processen sker ikke altid, især ikke hvis jordens pH er lav og i stedet afgives N_2O til atmosfæren. Dette er problematisk idet N_2O er en kraftig drivhusgas. I forhold til kvælstofudvaskningen betyder denitrifikation om efteråret og vinteren, at der sker en mindre udvaskning af NO_3^- til vandmiljøet. Om vinteren gør denitrifikationen ikke så stor forskel i forhold til mængden af plantetilgængeligt kvælstof, idet noget nitratkvælstof alligevel bliver vasket ud af rodzonen om vinteren. Den primære fordel ved denitrifikation er den reducerede udledningen til vandmiljøet. Kan denitrifikationen om efteråret og vinteren øges vil kvælstofudvaskningen kunne reduceres, og kvælstoftilførslen om foråret øges uden risiko for kvælstofudvaskning. Denne effekt er betinget af iltfrie forhold og nedbrydning af organisk materiale. Og vil derfor delvist være betinget af, at der er et højt organisk indhold i jorden, også under pløjelaget. Dog kan der også under særlige forhold ske denitrifikation hvor det ikke er noget organisk stof til at drive processen. Det sker, hvis der er reducerede metaller i jorden, så kan disse optage ilt fra nitrat og derved omdanne det til N_2O eller N_2 . Metallerne vil kun bruge ilt fra nitrat hvis ikke der er frit ilt i jorden, så også her skal der være iltfrie forhold (figur 3).
3. Nitrifikationen er den effekt, der omdanner kvælstof på ammoniumform (NH_4^+) til kvælstof på nitratform (NO_3^-). NH_4^+ er umiddelbart plantetilgængeligt og har den fordel, at det binder til jordkolloiderne, således at det ikke udvaskes fra rodzonen. NH_4^+ er derfor tilgængeligt for planterne, når de kommer i vækst om foråret. NO_3^- er også plantetilgængeligt, men det bindes ikke til jorden men opløses i jordvæsken og kan derfor blive vasket ud af rodzonen i løbet af vinteren. Mindskelse af nitrifikationen i efterårs- og vinterperioden er således både en fordel for miljøet og for planterne, idet der tabes mindre kvælstof til vandmiljøet, og efterlades mere til planterne.



Figur 3 Hvis der ved øget vandstang opnås iltfrie forhold i jorden kan der optræde både mindsket nitrifikation og øget denitrifikation

Fosfor

I forbindelse med (re-)etablering af vådområder er det vigtigt, at undersøge om hævnningen af vandstanden vil medføre mobilisering af store mængder fosfor, som kan ende i vandmiljøet. Dette er særligt aktuelt på lavbundsjord med højt jernindhold. På denne type jorde bør det overvejes, om styret dræning er en bedre ide. Normalt findes det største fosforindhold i pløjelaget, som påvirkes i mindre grad ved styret dræning end ved etablering af et vådområde. Fosfor udgør derfor et mindre problem ved styret dræning end ved etablering af vådområder. Formentlig løses fosfor problemer ved at undgå en vandmætning af de øverste 40 cm.

Bortset fra særlige tilfælde med megen jernbunden fosfor på lavbundsjord nedsætter styret dræning oftest udledningen af fosfor via dræn. Reduktionen sker af flere grunde. Reduktion i vandafstrømningen reducerer tabet af fosfor, fordi koncentrationen af fosfor i drænvandet er ret konstant. I den del af afstrømningen, der sker mod grundvandet eller mere overfladenært, vil en større andel af det partikelbundne fosfor blive holdt tilbage end det er tilfældet ved afstrømning gennem dræn.

Risikoområder for fosformobilisering

For at vurdere om styret dræning kan resultere i øget fosformobilisering, kan det på jorde, hvor der er risiko for dette, være nødvendigt at udtage en række prøver for at vurdere om styret dræning vil medføre en væsentlig fosforudvaskning.

Risikojorde vil i denne forbindelse være lavbundsjord med et højt indhold af kulstof. Oftest jorde som før dræning har været mose eller eng. Derimod vil lavbundsjord med et lavt organisk indhold sjældent udgøre noget problem med hensyn til fosforudledning, ligesom højbundsjord sjældent udgør nogen risiko for fosformobilisering ved styret dræning.

Har man lavbundsjord med højt organisk indhold, hvor man ønsker at styre dræningen, bør man få udtaget analyser af jordens pH, samt jern og fosfor indhold. Idet en kombination af lavt pH og store mængder jernbundet fosfor vil kunne give stor fosforudvaskning, hvis der opstår iltfrie forhold. Er pH højere vil fosfor binde til calcium i stedet for jern.

Tilbageholdelse af vand i marken

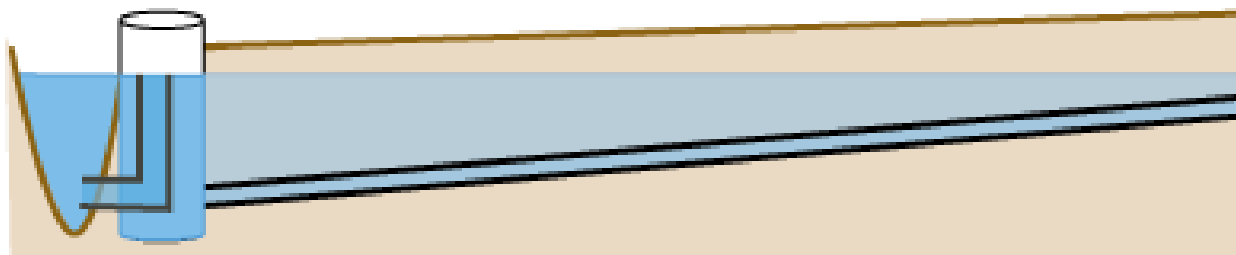
Når afvandingedybden mindskes, bliver der tilbageholdt vand i jorden men hvor meget, afhænger af hvilken jordtype, der er tale om og på hældningen af drænrørene. Som udgangspunkt har jordens hældning intet med tilbageholdelsen at gøre, men fordi markens hældning i mange tilfælde mere eller mindre vil definere hældningen på drænene giver den et fingerpeg, som kan bruges hvis hældningen på drænrørene ikke kendes. På helt flade arealer vil hældningen på drænene dog være større end hældningen på marken.

Hvor stor en effekt opstuvning af drænvand har på bortledningen af vand og hvor lang tid og i hvor store mængder det vil være muligt at tilbageholde drænvandet, afhænger udover hældningen på drænrørene af, hvor meget det er muligt at mindske afdræningsdybden, jordtypen under pløjelaget (det luftfyldte porevolumen) og længden og bredden af det drænede areal.

I jord findes der porer i forskellige størrelser. I de små porer(mikroporer) er vandet bundet så hårdt at planterne ikke kan optage vandet fra jorden. Hvis planterne har optaget alt vand i mellemstore (mesoporer) og store porer(makroporer) og der kun er vand tilbage i de små porer er visnegrænsen nået. De mellemstore porer er porer, der holder så meget på vandet, at vandet ikke afdrænes samtidigt med at vandet ikke er hårdere bundet end at planterne kan optage vandet, når både de små og de mellemstore porer er vandfyldte er markkapaciteten nået. Normalt vil der, i jord hvor markkapaciteten er nået, være i størrelsesordenen 5 % luft, svarende til volumen af de store porer. Det er disse porer der vil blive fyldt med vand når afdræningsdybden mindskes, idet de små og mellemstore porer vil blive vandfyldte uanset afvandingedybden, hvis der falder tilstrækkeligt nedbør. Hvor store mængder vand der kan tilbageholdes ved hjælp af styret dræning beskrives i eksempel 1.

Eksempel 1 :

Beregning af mulig vandtilbageholdelse i styret dræningssystem.



Hældning hoveddræn (a)	0,5 %
Hævning af vandstand (b)	60 cm
Makroporevolumen (c)	5%
Længde drænet areal (d)	300 m
Bredde drænet areal (e)	50 m
længde vandstandhævning	x m

Før det er muligt at udregne hvor stort et volumen det er muligt at tilbageholde, beregnes det hvor langt tilbage i drænet vandstanden vil blive hævet over drænet.

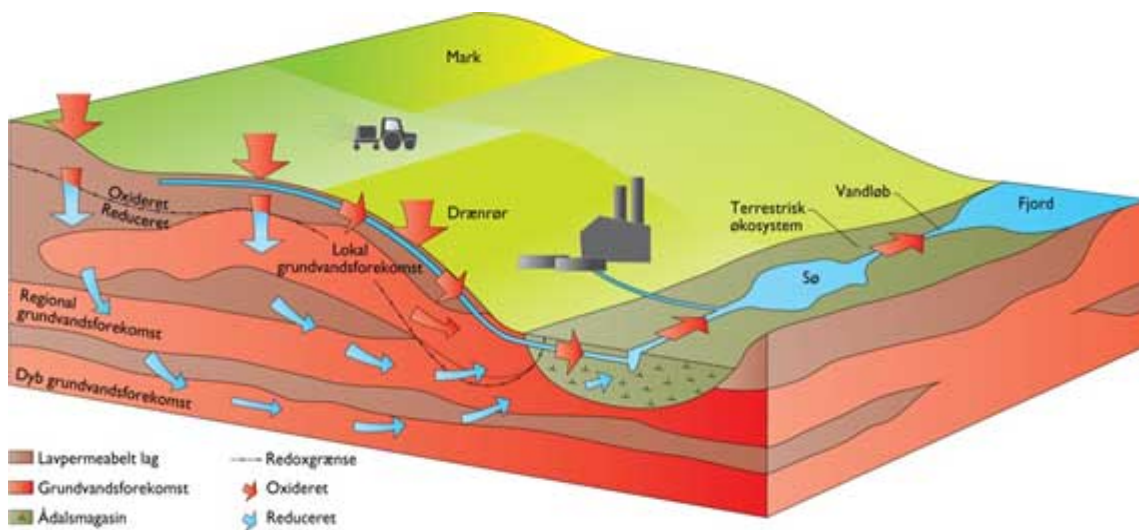
$$x = \frac{b}{a} = \frac{60 \text{ cm}}{0,5 \text{ cm/m}} = 120 \text{ m}$$

Når man har denne længde er det muligt at beregne hvor meget vand det er muligt at tilbageholde. Her skal der tages højde for hældning af sidedrænen. Hældningen på sidedrænen er ofte større end på hoveddrænen, hvorfor denne hældning i høj grad også påvirker hvor meget vand der kan tilbageholdes. Afhængigt af hvor bredt det drænedede areal er og hvor stor hældningen på sidedrænen er, vil det i større eller mindre grad påvirke hvor stor tilbageholdelsen er.

På et areal som det ovenstående vil tilbageholdelsen være i størrelsesordenen 5-10 mm vand, hvis marken er vandmættet til markkapacitet. Er jorden delvist udtørret kan den indeholde et større vandvolumen.

Grundvandsdannelse

Der er ikke umiddelbart forsøg, der viser en øget grundvandsdannelse på arealer med styret dræning, men det er velunderbygget, at dræning generelt mindsker grundvandsdannelsen. Det må derfor antages, at styret dræning, som mindsker den mængde vand der strømmer af via dræn, kan bidrage til øget grundvandsdannelse. Man skal her være opmærksom på, at der kan ske flere ting med det vand, som ikke løber direkte til dræn. For det første kan vandet bidrage til den egentlige grundvandsdannelse, vandet bliver til dybt grundvand. Er det tilfældet vil langt størstedelen af nitraten blive denitrificeret, idet dette grundvand i lang tid vil befinde sig under iltfrie forhold og hvor nitrat derfor vil blive reduceret til frit kvælstof. Overgangen, hvorunder nitrat vil blive reduceret, kaldes redoxgrænsen (figur 4).



Figur 4 Redoxgrænsen defineres som den linje hvorunder nitrat vil blive reduceret til frit kvælstof eller lattergas. Ofte vil det grundvand der løber fra marken til vandløb være en blanding af dybt og terrænnært grundvand, hvilket gør at næringsstofindholdet vil være en mellemting af næringsstofindholdet heraf.

Ud over det dybe grundvand findes der terrænnært grundvand. Terrænnært grundvand er forskelligt fra det dybe grundvand, ved at opholdstiden her er langt kortere. Det terrænnære grundvand kan enten strømme til et vandløb eller blive omdannet til dybt grundvand, hvis det terrænnære grundvand strømmer til et vandløb, vil nitratindholdet i det vand der løber til vandløbet være bestemt af, i hvor høj grad grundvandet har været under redoxgrænsen og i hvor lang tid. Det er meget varierende, i hvilken dybde redoxgrænsen ligger, og i Danmark varierer det fra omkring en meters dybde til over 50m. Der er ikke muligt at differentiere skarpt imellem dybt og terrænnært grundvand, og meget grundvand vil skulle betragtes som en mellemting. Man skal dog have in mente, at jord der behøver dræning har langsom afstrømning til grundvandet, havde afstrømningen været stor, ville det næppe være nødvendigt at dræne jorden, hvorfor dannelsen af dybt grundvand ofte er lille på disse arealer.

Sediment

Der er altid en vis mængde jordpartikler i drænvand, men drænsystemer er normalt altid anlagt, så de er selvrensende. Hvor hældningen i drænene er særligt lille, i okkerpåvirkede drænsystemer, og på jorde med stort indhold af silt og finsand, kan der opstå problemer med tilstoppede drænrør, der med mellemrum skal renses.

Når der etableres styret dræning, ophører den selvrensende evne i den periode, hvor vandstanden hæves og hele røret er fyldt med langsomt strømmende vand, så aflejringen af sediment i rørene øges (figur 5). Tilstrømningen af sediment vurderes at være mindre ved styret dræning, da der ikke sker så stor tilstrømning via makroporer når jorden er vandmættet, og strømningshastigheden er mindre. Den mængde sediment der aflejres i drænrørene, er formentlig ikke noget problem i drænsystemer med normal selvrensende effekt. Da det opstuede drænvand ved åbningen af reguleringsbrøndene i det tidlige forår, vil blive skyllet ud med stor kraft, og det sediment der har samlet sig i rørene vinteren over, vil blive skyllet ud. Der har ikke været problemer med tilstoppede dræn på de forsøgsarealer, som er

undersøgt i Danmark. Hvorfor det vurderes, at det i de fleste tilfælde ikke er noget problem med tilstoppede rør på drænsystemer med begrænsede sedimentmængder og med normal selvrensende effekt. Derimod bør man være påpasselig på arealer hvor drænene indimellem tilstoppes eller hvor der er meget store mængder sediment i rørene (figur 6).

Det kræver større kraftpåvirkning fra det strømmende vand at resuspendere allerede aflejret sediment end det gør at holde suspenderet sediment i suspension. Derfor er det usikkert, om styret dræning i nogle tilfælde vil medføre gradvis ophobning af sediment i drænrørene på trods af, at drænvandet har frit udløb i en del af året. Hvis man etablerer styret dræning hvor rensning er nødvendigt, er det vigtigt, at reguleringsbrøndene etableres således at rensning fortsat er mulig.



Figur 5 På billedet ses en observationsbrønd på et sidedræn, hvor der har været foretaget styret dræning, der er en del sediment(og vand) i røret, og det skyldes formentlig, at der er en lunke på drænrøret ved observationsbrønden, idet afvandingsdybden på drænet ikke var hævet i forhold til drændybden på dette tidspunkt, og mængden af drænvand desuden var moderat.

Man skal, ved dræn der ind i mellem skal renses, være opmærksom på, at når der etableres styret dræning, nedsættes vandhastigheden også i sidedrænene, hvilket kan medføre at noget af det sediment der normalt ville sedimentere i hoveddræn og brønde risikerer at ende i sidedrænene. Den flush-effekt, der opstår når der åbnes for drænafstrømningen om foråret er mindre i sidedrænene, pga. af den mindre mængde vand der skylles gennem røret og hastigheden på vandet er ikke nået at bygge ordenligt op endnu.



Figur 6. Sediment fra drænrøret. Sedimentet består af meget fine partikler, formentlig primært finsand og silt men muligvis også lidt ler og organisk stof

Sediment i sidedræn vil ikke i samme grad blive skyllet ud når der åbnes for drænafstrømningen om foråret. Det vil heller ikke i samme grad være muligt at rense sidedræn. Det er muligt at noget lignende kan gøre sig gældende i dræn med meget sediment, som ellers normalt er selvrensende.

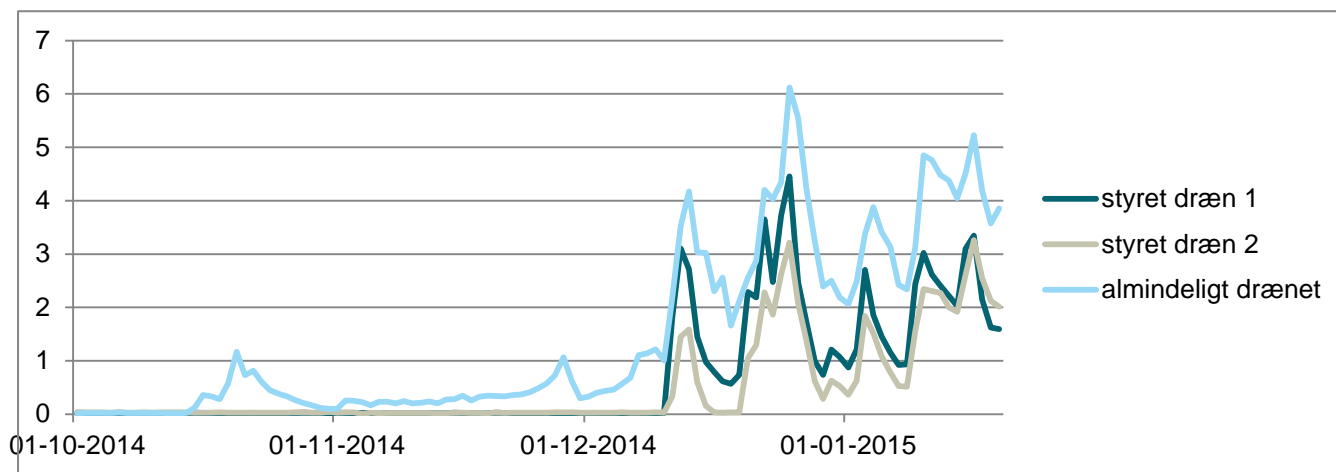
Det er påfaldende, at ingen af de mange udenlandske undersøgelser af styret dræning, overhovedet omtaler spørgsmålet om sedimentation i dræn, om dette skyldes at sediment ikke er noget problem, eller at det blot ikke er undersøgt vides ikke, men der har hidtil ikke været problemer ved de danske forsøg.

Ændring af dræningsmønster

En yderligere effekt ved styret dræning, kan være et ændret strømningsmønster. Hvis man blot hæver grundvandsniveauet om efteråret, vil det medføre at der i en periode efter grundvandshævningen ingen afstrømning vil være. Herefter vil afstrømningen normalt være mindre end ved et almindeligt drænsystem. Hvorvidt dette sker, afhænger dog af den hydrauliske ledningsevne under drænniveau og hvor høj grundvandstand der er på arealet, og om vandet har mulighed for terrænnært afløb. Når vandstanden er hævet mistes den forsinkelse der er fra regnen rammer jorden til vandet når drænrøret det medfører at afløbet fra marken ved en nedbørshændelse vil ske hurtigere, idet der ikke er en bufferkapacitet i jorden (figur 7).

2 Styret dræning til udjævning af afstrømningen gennem dræn

Styret dræning kan benyttes til at sikre en mere jævn afstrømning fra marken, dette gøres ved at der først foretages en opstuvning af grundvandet, når der kommer en stor mængde nedbør, således at man holder på vandet i marken i en periode. Denne effekt kan imidlertid kun opnås, hvis grundvandet ikke i forvejen er reguleret til over drænniveau, idet den metode der benyttes for at holde på vandet er, at udløbet fra dræn forsinkes når vandstanden hæves i det styrede dræn (figur 7).



Figur 7. Det ses at der er en forsinkelse på de styrede dræn indtil jorden er vandmættet, herefter afdræner de styrede dræn faktisk hurtigere end de almindelige dræn. derfor er det nødvendigt at lukke vand ud løbende, hvis man vil have en forsinkelseeffekt ved styret dræning.

Derefter er det muligt at lade vandet dræne langsomt fra marken når regnen er stoppet. Denne langsomme afdræning etableres ved at der i drænniveau er et mindre hul som tillader gennemløb af de drænvandsmængder, der er under normale forhold, kommer der mere drænafstrømning som følge af kraftig nedbør stiger vandstanden i styringsbrønden, og dermed grundvandstanden i marken, indtil det egentlige udløb nås og vandet løber til recipienten. Denne mulighed for forsinkelse kan bruges i mindst to forskellige scenarier:

- Til at give et mere jævnt tilløb til minivådområder og andre drænfiltertechnologier.
- Som klimasikring af byer beliggende ved vandløb nedstrøms i forhold til de marker hvor den styrede dræning etableres.

Ved at etablere et mere konstant tilløb til minivådområder undgås, at vandet presses for hurtigt igennem området og mindsker effekten af minivådområdet. Mange minivådområder har mindsket effektivitet om vinteren, og når der så kommer store mængder nedbør der gør, at vandet løber for hurtigt igennem dem, bliver denne effekt endnu mindre. Ved at etablere et styret dræn, der lukker af, når vandet i minivådområdet når et forudbestemt niveau, kan tilstrømningen forsinkes. Når så vandstanden falder igen, bliver der åbnet igen og tilstrømningen kan holdes nogenlunde konstant. Når hastigheden på gennemstrømningen af minivådområdet holdes nede, sikres at denitrificeringen kan nå at finde sted. Partiklerne og dermed fosforen kan nå at bundfælde, inden vandet løber ud af minivådområdet.

Et system med denne effekt kan med fordel også bruges om sommeren, i tilfælde af skybrud eller meget kraftig regn, kan man igen sikre at vandet ikke løber for hurtigt igennem. Potentielt kan det mindske oversvømmelser længere nede ad vandløbet. Hvis der etableres styret dræning på en stor del af landbrugsfladen opstrøms for byområder, der er udsat for oversvømmelser ved skybrud, vil dette kunne forsinke udløbet af vand fra dræn og dermed mindske risikoen for oversvømmelser i det pågældende område. Et sådant system kan etableres, ved at de styrede drænsystemer udføres således at drænet lukkes, når vandstanden stiger til et vist niveau i vandløbet. Det gør at udløbet fra drænet vil blive forsinket, enten til niveauet i vandløbet falder, eller i værste fald forsinket så længe, at det giver bedre mulighed for at nå, at sikre værdier og lægge sandsække ud og forhindre skade i det pågældende byområde.

3 Rodvanding og mindsket drændybde om sommeren

Rodvanding defineres ved at der mere eller mindre aktivt tilføres vand til drænsystemet om sommeren, dette sker ved at tilføre vand fra eksterne kilder, eksempelvis fra et højere liggende reservoir. Mindskes drændybden derimod om sommeren på et areal, hvor der sker en vis naturlig afdræning, vil man blot forsinke afstrømningen, af det vand der falder på arealet.

Rodvanding

Blandt andet i Finland er der gode erfaringer med at bruge styret dræning til vanding via dræn om sommeren. Dette bliver blandt andet gjort ved at man opsamler drænvand fra højere beliggende skovarealer i reservoirs, som så via styrede dræn kan tilføres lavere liggende marker. Andre steder kan man skabe en slags rodvanding ved at untlade at pumpe vand bort på pumpede arealer med grundvandstilstrømning, således at grundvandsstanden hæves. I Danmark har man sjældent mulighed for hente vand fra højere liggende arealer, men på pumpede arealer har man nogle steder erfaring med vanding fra dræn ved at hæve vandstande i afvandingskanalerne til over drænhøjden.

Rodvanding giver i de fleste tilfælde et let forøget udbytte, men det vigtigt at man har styr på at vandstanden ikke bliver for høj da rodvæksten kan blive påvirket negativt hvis grundvandsstanden bliver for høj. Dog skal det bemærkes at de fleste forsøg med rodvanding er lavet i Finland og de sydlige midtvest stater i USA som begge er mere tørre end Danmark i vækstsæsonen.

Med rodvanding er det formentligt en hårfin balance, om det giver et forøget udbytte, eller om rodvæksten begrænses så meget at plantevæksten begrænses. Der mangler danske erfaringer og erfaringer fra sammenlignelige lande, i forhold til hvorledes rodvanding skal udføres, for at det giver et merudbytte

Mindsket drændybde om sommeren

Muligvis kan man også bruge styrede dræn til at sikre en lidt langsommere afvanding efter regn om sommeren således at planterne kan få større nytte af regn om sommeren. Andre steder lukkes der for dræn om sommeren, således at eventuel nedbør ikke afdrænes så hurtigt som ellers, hvilket kan være en fordel ved de få byger der måtte komme i en ellers tør sommer. Det er dog vigtigt at vandstanden ikke holdes højt i en længere periode for derefter at blive lav, idet den høje grundvandsstand vil forhindre rødderne i at vokse særligt dybt, og falder vandstanden pludseligt, vil der ikke være nogen rødder til at samle næring og vand i de dybere jordlag.

Det er dog meget almindeligt, når man har styret dræning i udlandet, at regulere drændybden om sommeren, så det kun er når der skal køres med tunge maskiner ved jordbearbejdning, gødsning og høst, at drænet er helt åbent. Hvis man i Danmark vælger at mindske drændybden om sommeren er det vigtigt at man, hvis sommeren viser sig at blive meget våd, er klar til at øge drændybden idet en hævet vandstand i meget våde somre ikke fører til nogen forøgelse af udbytte. I mere tørre somre kan det dog være interessant at undersøge effekten af styret dræning.

Som med rodvanding er det formentligt en hårfin balance, om det giver et forøget udbytte, eller om rodvæksten begrænses så meget at plantevæksten begrænses. Og under alle omstændigheder er det i hvert fald vigtigt være opmærksom på om jorden bliver så våd, at rødderne tager skade.

4 Styret dræning til mindskelse af okkerudledningen

Når områder med indhold af jern drænes, vil der ofte blive dannet store mængder okker i drænvandet. Okker i drænvandet kan medføre såvel forurening af de vandløb der afdrænes til, som tilstopning af drænrørene. Okker opstår ved dræning, når pyrit (FeS) bliver iltet hvorved bindingen imellem svovl og jern forsvinder, herved dannes der svovlsyre og ferrojern (Fe^{2+}). Både svovlsyre og ferrojern er giftigt for fisk og smådyr. Imidlertid vil ferrojernet, efterhånden som svovlsyren fortyndes og ph stiger, blive oxideret til Ferrijern (Fe^{3+}) der sammen med ilt udfælde som okker (Fe_2O_3). Okker er ikke giftigt, men kan alligevel være skadeligt for fisk, idet det kan sætte sig i fiskenes gæller og kvæle fisken. Sker udfældning af okker i drænrør er der risiko for at disse tilstoppes.

Det vides ikke med sikkerhed hvilken effekt styret dræning har på okkerdannelsen. Det kan dog antages, at der i den periode hvor vandstanden er hævet, vil ske en mindre nedbrydning af pyrit og dermed en mindre dannelse af okker. Men da okkerdannelsen sker hurtigst i anlægsfasen kan det også frygtes at styret dræning vil have negativ effekt på okkerdannelsen.

Der er ikke mange erfaringer med at bruge styret dræning som et middel til at mindske okkerudvaskningen, men Ringkøbing Skjern Kommune har blandt andet fortaget nogle undersøgelser af effekten på okkerudvaskningen om vinteren. I disse undersøgelser ser de foreløbige resultater lovende ud.

5 Styret dræning til bevarelse af organisk jord

I drænede jorde med et højt indhold af organisk materiale vil den iltning af jorden, der sker på grund af dræningen bevirke, at det organiske materiale nedbrydes, hvilket medfører at jorden vil synke sammen og at frugtbarheden på sigt vil mindskes, og/eller jorden vil blive vandlidende.

På en sådan jord kan man måske bruge styret dræning til at mindske nedbrydelsen af organisk materiale, og dermed mindske klimabelastningen ved at opdyrke organiske jorde.

Mineralisering af organisk materiale sker primært når temperaturene er høje, og når der er ilt tilstede i jorden. Derfor vil styret dræning, hvor man hæver grundvandspejlet om vinteren, kun have en meget begrænset effekt på nedbrydelsen af det organiske materiale. Derfor vil man være nødt til at hæve vandstanden i vækstperioden. Det betyder at man kan hæve vandstanden mindre og at man eventuelt sænker vandstanden ved såning og høst.

Der er dog brug for undersøgelser der kan vise hvilken effekt kontrolleret dræning har på nedbrydningen af organisk materiale, men finske forsøg viser en mindskelse i nedbrydningen af organisk materiale på 25 pct når vandstanden hæves i vækstsæsonen.

Etablering af styret dræning

Før man går i gang med at etablere styret dræning på bedriften, er der en række faktorer, som man bør være opmærksom på. Først og fremmest skal det overvejes, om arealerne er egnede til styret dræning; vil effekten være god, er arealet fladt nok, vil man kunne udnytte nogle af de mange afledte effekter, som styret dræning medfører.

Hvor er styret dræning en mulighed

Styret dræning kan i princippet bruges på alle drænede arealer, dog vil det være meget dyrt at anlægge på arealer der ikke er flade (<1 % hældning). I Finland har man erfaringer med styret dræning på arealer med hældning op til 2 %, men de anbefaler ikke at etablere styret dræning på arealer med hældninger over 1 %. Det kan være problematisk at etablere styret dræning, hvor der er tendens til sediment i drænrørene. På den baggrund kan der opstilles en række punkter, der bør være opfyldt, for at kontrolleret dræning er en interessant løsning:

- Drænede arealer, eller arealer med dræningsbehov.
- Flade arealer <1 % hældning, medmindre styringen skal bruges til at styre tilstrømningen til minivådområder eller lignende, så vil styret dræning også være brugbart på arealer med større hældning.
- Dræn hvor der ikke er problemer med sedimentation
- Formentlig opnås den største kvælstofreducerende effekt på arealer med grundvandsdannelse, her vil det tilbageholdte drænvand i højere grad kunne ændres fra at strømme gennem dræn til at strømme mod grundvandet hvor nitraten normalt vil blive reduceret. Når der er grundvandsdannelse på et areal, vil en hævnings af grundvandsstanden bevirke at grundvandsdannelsen øges, idet vandet ikke så let løber bort via dræn. Når der sker en større reduktion ved grundvandsdannelse, skyldes det at vandet nedsiver til større dybde end den såkaldte redoxgrænse. Redoxgrænsen er den dybde, hvorunder der sker reduktion af nitrat, da der ikke længere er frit ilt tilstede og bakterier vil bruge ilt fra eksempelvis nitrat i stedet.

Ønsker man eksempelvis at hæve grundvandsspejlet med 60 cm ved en hældning på 1 %, skal man som minimum have en reguleringsbrønd pr. 60 meter hoveddræn. Udover de etableringsomkostninger de mange brønde vil medføre, vil de, hvis der er tale om reguleringsbrønde, der er ført til jordoverfladen, også være til alvorlig gene i markarbejdet. Ved nedgravede brønde, vil hver ekstra brønd give endnu et potentielt sted, hvor en mekanisk fejl kan opstå, med fejlfinding og evt. opgravning af brønd tilføje (figur 8).

Hvor virker styret dræning

I langt de fleste af de forsøg der er lavet med styret dræning, er der en god effekt med hensyn til at mindske udledningen af næringsstoffer via dræn. Dog er det i flertallet af disse undersøgelser ikke muligt at gøre rede for, hvad der sker med den del af kvælstoffet, der ikke ledes bort via dræn. I de

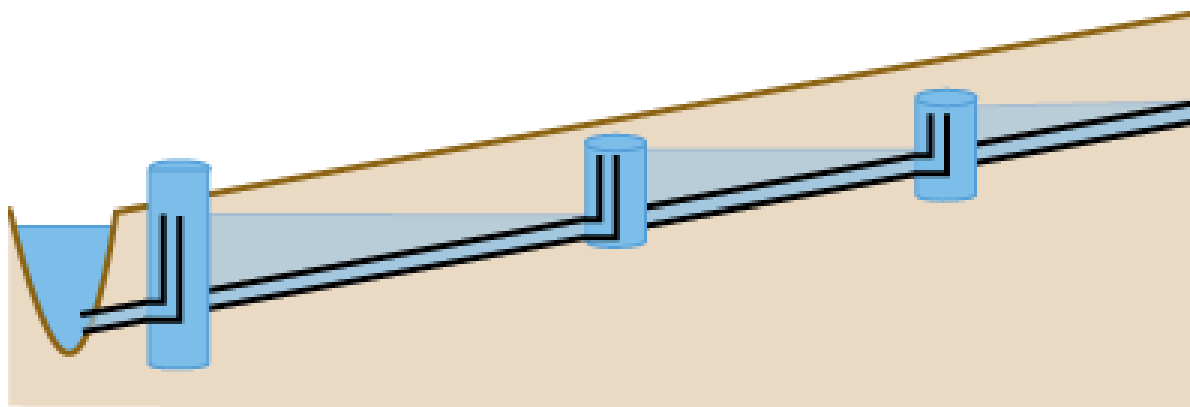
fleste tilfælde sker der ikke nogen nævneværdig denitrifikation (hverken kemisk eller bakterielt) i jorden, på trods af den høje grundvandstand. Det er heller ikke sikkert at drænvandet og kvælstoffet vil blive transporteret til det dybe grundvand, hvor det vil blive denitrificeret undervejs. Grunden til, at det ikke automatisk kan antages, er, at den vertikale vandbevægelse på arealet ikke nødvendigvis er særlig stor, hvilket er den oprindelige grund til at arealet blev drænet. Endelig er der muligheden for at vandet og kvælstoffet afledes mere eller mindre terrænnært, hvilket i nogle tilfælde kan medføre denitrifikation og i andre ingen ændring af nitratinholdet. Herunder beskrives eksempler hvor det må antages at effekten af kontrolleret dræning vil være god:

- Jord med stort organisk indhold hvor det må antages at denitrifikation vil være effektiv netop på grund af jordens organiske indhold. Organisk indhold er nødvendigt for at denitrifikation kan ske effektivt.
- Jord hvor der er en vis nedsivning udenom dræn, således at det vand der ikke ledes bort via dræn vil synke til en hvis dybde inden det eventuelt transporteres til overfladevand. I dette tilfælde vil effekten være størst hvis redoxgrænsen ligger relativt højt. Ligger redoxgrænsen imidlertid meget dybt vil effekten her være begrænset.
- I meget pyritholdige jorde er det sandsynligt at styret dræning kan have en positiv indvirkning på fosforudledningen, og muligvis også på holdbarheden af drænrørene.

Dræntyper hvor styret dræning er en mulighed

Styret dræning kan etableres både på eksisterende fungerende dræn og på nydrænede arealer eller arealer, hvor hele drænet udskiftes. Ligesom et kontrolleret drænsystem kan etableres både på traditionelle lerrør, på cementrør og plasticrør.

Når man laver styret dræning, behøver man ikke lave styret dræning på hele det drænede areal. I mange tilfælde vil den del af et drænsystem, der er nærmest recipienten, ligge på fladt terræn, da det ligger i en ådal eller lignende, hvor landet og dermed det drænede areal bliver mere kuperet, når man kommer lidt længere væk fra vandløbet. At dele drænsystemet op i en del med styret dræning og én uden er ikke vanskeligt, idet reguleringsbrøndene kun hæver grundvandet ca. 0,5-1 m og når terrænet stiger mere end dette har reguleringsbrønden ingen effekt på grundvandsstanden på resten arealet. Både miljømæssigt og økonomisk giver det mening at lave



Figur 8 Underjordiske brønde. Brønden nærmest grøften skal kunne betjenes fra overfladen, idet de nedgravede brønde aktiveres ved at vandstanden på fraløbssiden kommer over drænniveau.

denne type opdeling idet den største miljøeffekt må antages at være nærmest vandløbet, og det er langt dyrere at etablere styret dræning hvor hældningen er stor.

Eksisterende dræn

Før man beslutter at etablere styret dræning, er det vigtigt, at man overvejer, om det drænsystem man har egner sig til styret dræning. For det første skal kravene med hensyn til hældning og lignende være opfyldt. Derefter skal det overvejes, om den måde drænsystemet er konstrueret på gør, at det er en god ide at lave det om til et styret drænsystem. For det først skal drænsystemet være konstrueret på en måde, så det er muligt at styre en større del af det drænede areal med hver reguleringsbrønd. Det vil således være uforholdsmæssigt dyrt at etablere styret dræning, hvis der er mange udløbsrør i forhold til det drænede areal. Ligeledes skal man være påpasselig, hvis man har et drænsystem med mange forgreninger og sidedræn til forgreningerne, hvor det alene er muligt at rense hoveddrænet eller dele heraf. Har man sådant et meget forgrenet system, skal man være temmelig sikker på, at der ikke dannes sediment i drænrørene. Har man ofte brug for at rense drænene, er det næppe et oplagt drænsystem til etablering af styret dræning, medmindre det kan udformes på en måde så rensningen ikke vanskeliggøres af styringsbrøndene.

Der er dog ikke noget i hverken danske eller udenlandske undersøgelser, der viser at der bliver et forøget behov for rensning af dræn ved styret dræning, men hvis der i forvejen optræder sediment i drænrørene, vil etableringen af reguleringsbrøndene medføre, at oprensningen bliver mere omstændelig.

Selve ændringen fra et konventionelt drænsystem til et styret drænsystem sker ved, at der etableres reguleringsbrønde på hoveddrænene efter samme princip som ved nyetablerede dræn. Fremgangsmetoden er at man graver hoveddrænene fri hvor der skal være en reguleringsbrønd, og derefter monterer denne med en passende muffe alt efter hvilken type drænrør der er tale om. Alt afhængig af om drænene er kortlagt og hvilken kvalitet kortlægningen har, kan det variere, hvor stor en indsats der skal til for at ændre et almindeligt drænsystem til et styret drænsystem.

Nye dræn/omdræning

Når der etableres nye dræn, skal sidedrænene etableres som normalt, og det anbefales at benytte samme typer og dimensioner af rør og filtre til rørene, som man bruger ved almindelig dræning. For at mindske de samlede omkostninger i forhold til etablering og særlig vedligeholdelse af drænet bør man dog konstruere drænsystemet ud fra følgende betragtninger:

- Udformning så færrest mulige reguleringsbrønde skal anvendes
- Så let adgang som mulig til at spule hele drænsystemet, hvis der skulle blive problemer med sedimentation i drænene
- Med henblik på mindst mulig risiko for indtrængning af sediment i drænsystemet(filter).

Når man i dag nyanlægger dræn vil man i langt de fleste tilfælde benytte sig af enten filter på drænet eller af at lægge drænet i drængrus. I lerjord er behovet normalt mindre en på mere sandede og siltede jorde, men alligevel vil man ofte benytte enten filter eller grus, fordi udgifterne og besværet ved et stoppet sidedræn overstiger udgiften til at lægge et filter på drænet. Normalt vil et filters hovedformål være at holde finsand og særligt silt ude af drænet. Silt- og

finsandssedimentation i dræn, er primært et problem på jorde med lavt indhold af ler, idet et vist lerindhold i jorden gør at jorden får krummestruktur hvilket holder på både silt og finsand.

Er man i tvivl om der skal benyttes filtre, når man etablerer et nyt dræn med styret dræning, hvis drænet havde været et konventionelt anlæg, bør man overveje en filterløsning, da strømningshastigheden til tider vil være lavere i et kontrolleret dræningssystem, med mulighed for øget sedimentation til følge.

Selve reguleringen sker på hoveddrænet, hvor der etableres reguleringsbrønde med passende mellemrum i forhold til den ønskede stigning i grundvandsspejlet og i forhold til hældningen af arealet.

Tekniske installationer

Styret dræning adskiller sig primært fra almindelig dræning ved styringsbrøndene som bruges til at hæve vandstanden. Disse reguleringsbrønde findes både som nedgravede brønde, og brønde, der føres til jordoverfladen. Begge typer er i brug blandt andet i USA, men de nordiske erfaringer bygger på brønde over overfladen. Disse reguleringsbrønde virker på forskellige måder enten med et mekanisk manuelt betjent system til at hæve og sænke vandniveauet før brønden, dette kan eksempelvis være et håndtag, der gør det muligt at lukke gennemstrømningen i bunden af brønden hvilket tvinger vandet til at løbe gennem højere oppe i brønden (figur 9). Den type brønd er meget brugt i Finland. Danske producenter vil kunne lave denne type brønd til salg i løbet af kort tid hvis der er interesserede kunder. Denne brøndtype, som kan betjenes fra overfladen er særlig velegnet, hvis den kan placeres i randzoner, langs skel eller lignende hvor den ikke er i vejen for dyrkingen af marken. Derudover er det nødvendigt at have en brønd af denne type som hovedbrønd. Det skyldes den måde som nedgravede brønde er konstrueret på. De nedgravede brønde lukker af når vandet på fraløbssiden når under



Figur 9. Et eksempel på en finsk kommercielt udbudt reguleringsbrønd. Brønden er udelukkende manuelt betjent, (Kaivotuote).



U.S. Patent No. 7,942,606 B2
Canadian Patent No. 2,675,810

Figur 10 styringsbrønd til nedgravning, brønden styres ved hjælp af en ikke nedgravet brønd umiddelbart ved udløb til recipienten

et vist niveau, herved vandet stiger på tilløbssiden, hvilket igen medfører at den næste nedgravede brønd lukker af, og på den måde lukkes hele systemet. Et system med nedgravede brønde er afhængig af at brønden nærmest recipienten kan betjenes og bør derfor føres til overfladen.

Når reguleringsbrønde skal placeres inde på dyrkningsfladen vil landmændene i mange

tilfælde fortrække, at reguleringsbrøndene er nedgravede således, at marken kan dyrkes som en ubrudt flade. De nedgravede brønde er særligt interessante hvor hældningen er relativt stor og derfor skal installeres relativt mange brønde. Hvor hældningen er lille og der kun er brug for få brønde kan åbne brønde være acceptable.

Det amerikanske firma Agri drain (agridrain.com) har udviklet og patenteret reguleringsbrønden i figur 10, den fungerer ved, at den lukker når der står vand ved udløbet af ventilen. Dette sker, når en hovedbrønd for enden af drænet lukkes. Herefter er brønden lukket, indtil vandspejlet på den anden side er hævet ca. 60 cm, hvorefter den kortvarigt vil lukke op indtil vandstanden igen er hævet til lidt under 30 cm. Reguleringsventilen forhandles ikke i Europa men listepriiserne i USA er ca 4-5.000 kr. pr. stk.

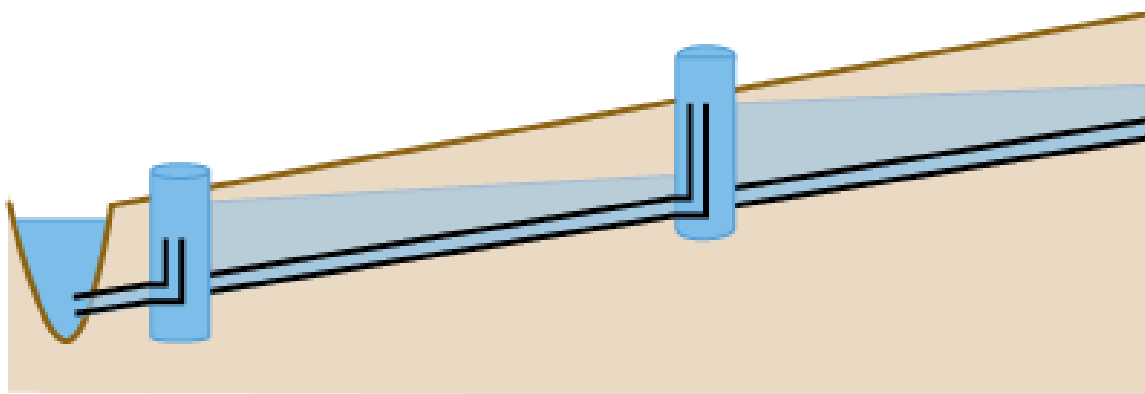
Den amerikanske ventil vil dog kræve modificering hvis den skal bruges i Danmark da man her i de fleste tilfælde vil ønske at hæve grundvandstanden betydeligt mere end 30 cm. Ved SEGES forsøg med styret dræning er vandstanden hævet 60-80 cm.

Udover den amerikanske reguleringsbrønd, arbejder SEGES med et andet design, dette design muliggør en større hævnings af grundvandsspejlet, end den amerikanske model gør.

Praktisk etablering

I Danmark er de fleste dræn placeret 1-1,2m under jordoverfladen. Jo mere vandstanden kan hæves ved den enkelte reguleringsbrønd jo færre reguleringsbrønde er det nødvendigt at anvende på et areal. Og det må også antages, at effekten af styret dræning er større jo mere vandstanden hæves men dette er ikke klarlagt.

Her er det vigtigt at skelne, om der skal være vintersæd eller vårsæd på marken, idet en vintersædsafgrøde ikke vil kunne tåle at grundvandsspejlet hæves til et alt for jordnært niveau, pga. risikoen for skader på rødderne. De igangværende forsøg undersøger hvor højt vandstanden kan hæves uden at skade vintersæden. Der er afprøvet regulering til henholdsvis 60 og 40 cm under terræn. I praksis var der dog områder med højere vandstand. Der er ikke med sikkerhed



Figur 11 Kontrolleret drænsystem hvor brøndene er ført til overfladen

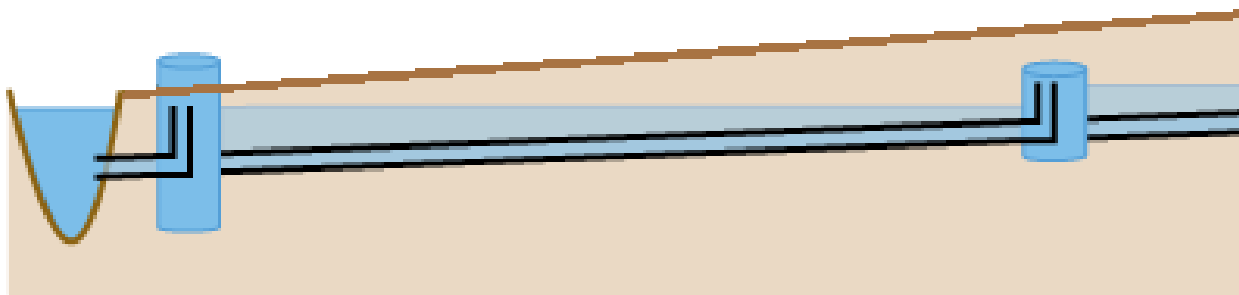
konstateret skader på afgrøden eller reducerede udbytter på grund af den hævede vandstand. Men generelt kan man sige at jo tidligere på foråret vandstanden reguleres til normalt niveau, des mindre risiko for skader på afgrøden. Desuden afhænger den ønskede grundvandsstand af hvilken afgrøde der er på marken idet der er forskel på hvad forskellige afgrøder kan tåle. I forsøget er der kun anvendt vinterhvede, så ved andre afgrøder skal der udvises forsigtighed. Grundvandsspejlet kan hæves helt til overfladen hvis der ikke er nogen afgrøde på marken om vinteren. Det er dog ikke muligt at have den samme afstand til grundvandsspejlet over hele marken, idet stort set alle marker har en vis hældning. Således skal der placeres reguleringsbrønde med passende afstand alt efter markens hældning. Brøndene skal placeres således at det minimum er 20-30 cm vand over drænrørene på udløbssiden for at sikre at det meste af effekten opretholdes. Det betyder at der kan være længere imellem reguleringsbrøndene, hvis marken ikke bruges til vintersæd og grundvandsspejlet kan føre helt til jordoverfladen før reguleringsbrøndene. Skal marken ikke bruges til vintersåede afgrøder kan man lave et system med færre reguleringsbrønde, dog skal man være opmærksom på at det kun er muligt at hæve grundvandsspejlet så meget hvis man benytter brønde der ikke er nedgravede (figur 11). Man skal dog være opmærksom på, at der ikke sker øget overfladeafstrømning hvis grundvandsstanden hæves, idet det kan medføre øget fosforbelastning af vandløb. Eksempel:

En mark med en hældning på 5 ‰ med dræn beliggende i en dybde på 120cm hvor det minimum ønskes at hæve grundvandsspejlet til 20 cm over drænrør dvs 100 cm under jordoverfladen (figur 4), så skal hvis marken ønskes brugt til vintersæd vil det være muligt at hæve vandstanden til omkring 40 cm under jordoverfladen. Dvs hvis vandstanden skal holdes imellem 0,4 og 1 meter under jordoverfladen skal det etableres en brønd pr.

$$(1,0m - 0,4m) = \frac{5 \cdot x}{1000} \rightarrow x = \frac{(1,0m - 0,4m) \cdot 1000}{5} \rightarrow x = 120m$$

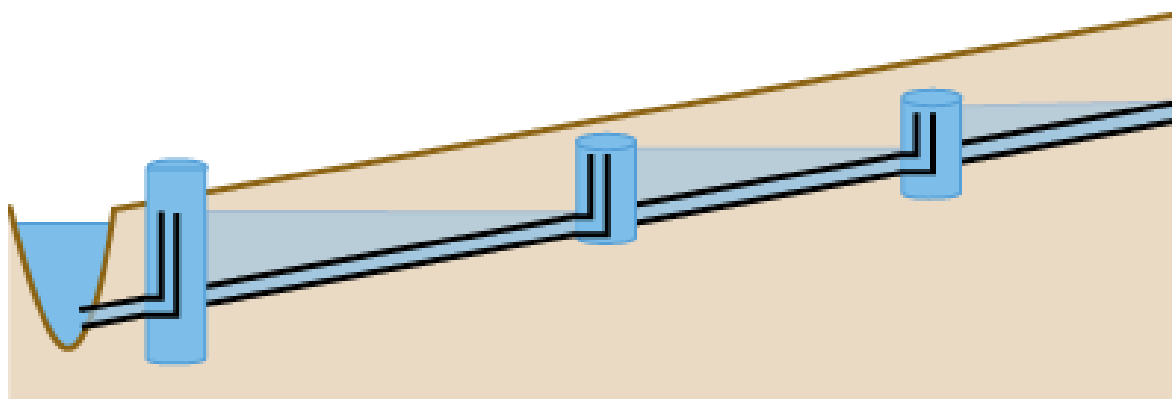
Hvis den samme mark alene ønskes brugt til vårsåede afgrøder ser ligningen ud som nedenfor, da man her kan hæve grundvandsspejlet næsten helt op til jordniveau (figur 12). Her ønsker man at vandstanden ligger mellem 0,1 og 1 meter under jordoverflade alt efter afstand til dræn:

$$(1,0m - 0,1m) = \frac{5 \cdot x}{1000} \rightarrow x = \frac{(1,0m - 0,1m) \cdot 1000}{5} \rightarrow x = 180$$



Figur 12 System med nedgravede brønde gør at markfladen bliver ubrudt, hvilket gør det nemmere at dyrke marken effektivt

Benytter man nedgravede brønde (figur 12) bør disse være nedgravet til minimum 40 cm for at være sikker på ikke at komme i karambolage med markredskaberne, desuden skal der være en vis afstand til jordoverfladen for at brønden ikke bliver trykket ned ved kørsel med tungt maskineri oven på brønden. Det er derfor næppe muligt at hæve grundvandsspejlet højere end 50 cm under jordoverfladen, derfor vil der skulle bruges flere brønde hvis der arbejdes med nedgravede brønde. Hvis der tages udgangspunkt i eksemplet ovenfor vil det medføre at der skal etableres en nedgravet brønd for hver 110 m. ved stor hældning vil nedgravede brønde give endnu flere brønde end ved brønde der går til jordoverfladen, da det ikke er muligt at hæve vandstanden ret meget over længere afstande ved nedgravning (figur 13).



Figur 13 Hvis der er meget stor hældning på et areal skal der være mange brønde. Flere brønde betyder både større anlægsudgifter og større risiko for at en af brøndene ikke virker

Afstanden mellem reguleringsbrønde er en funktion af markens hældning og hvor meget vandstanden kan hæves ved hver reguleringsbrønd. Drændybden, dvs. hvor dybt dræningerne er placeret under jordoverfladen, og hvor højt vandstanden kan reguleres til, er bestemmende for hvor meget vandstanden kan hæves ved hver reguleringsbrønd.

Plantedækket om vinteren og risikoen for overfladeafstrømning har betydning for, hvor højt vandstanden kan reguleres op mod jordoverfladen. Det er meget vigtigt at undgå overfladeafstrømning, da det kan medføre jorderosion og tab af især fosfor til vandmiljøet. Risikoen for overfladeafstrømning afhænger af markens hældning og jordens hydrauliske ledningsevne. Jo tættere vandstanden reguleres mod terræn jo mindre bufferkapacitet er der i jorden i forbindelse med nedbør. Derfor er det afgørende at den hydrauliske ledningsevne er tilstrækkelig til at lede nedbøren bort lige så hurtigt som nedbøren falder.

Den hydrauliske ledningsevne er normalt mindre på lerjord end på sandjord. således vil vandstanden kunne hæves mere på sandjord end på lerjord og det er muligt at hæve vandstanden mere på meget plane arealer end på arealer med hældning.

Ved svenske forsøg har opereret med en grundvandsdybde på 30 cm under jordoverfladen på en sandblandet lerjord, men det har været under et rent vårsædsskifte, hvilket er grunden til at vandstanden ikke hævet mere. I USA har man imidlertid også en vis erfaring med styret dræning hvor der dyrkes vintersæd, i tabel 1 ses er eksempel på anbefalede grundvandstande ved dyrkning

af vinterhvede. Det skal dog bemærkes at der i dette system er mulighed for rodvanding om sommeren, hvilket muligvis gør at man kan hæve grundvandstanden mere om sommeren, fordi det er mindre problematisk at rodvæksten svækkes hvis der kan tilføres tilstrækkeligt vand i tørre perioder.

Tabel 1. Anbefalede dybder ved forskellige aktiviteter i forbindelse med dyrkning af vinterhvede i USA. I dette system undervandes der i foråret. Da klimaet er væsentligt anderledes i Danmark er dybderne ikke umiddelbart sammenlignelige

	Aktivitet	Grundvandstand
Aug-okt	såning	75 - 90
Okt-mar	Tilvækst/overvintring	45 - 60
mar	gødskning	75 - 90
Mar-jun	Vækstoptimering	45 - 60
juli	Høst	75 - 90

Drift af styrede dræn

Hvordan afdræningsdybderne skal indstilles afhænger af flere ting, men de vigtigste er afgrødevalget, jordtyper herunder nedsivningen forbi dræn samt hvad man ønsker at opnå med den styrede dræning.

Hvad afdræningsdybden skal være om vinteren, afhænger først og fremmest af afgrøden. Er der ingen afgrøde, handler det alene om at vandstanden ikke bliver så høj, at der sker en overfladeafstrømning. Er der afgrøder på marken, er det meget varierende, hvad de kan tåle. Vinterhvede kan, set ud fra danske forsøg, tåle en temmelig høj grundvandstand, således er der ikke set nogen negativ effekt af en grundvandstand på 20-40 cm under jordoverfladen. Andre vintersædsafgrøder som byg og særligt raps vil næppe kunne tåle så høj en vandstand, hvorfor det anbefales at der opereres med en langt mindre hævnings af vandstanden, hvis man vil forsøge sig med styret dræning ved andre vintersædsafgrøder end hvede.

Dyrkes marken med vårafgrøder har den mindre afdræningsdybde som udgangspunkt ingen betydning for afgrøderne, hvis afdræningsdybden øges i god tid før såning, således at der kan opnås et tilfredsstillende såbed.

Hvornår og hvor meget afdræningsdybden skal øges ved vintersædsafgrøder afhænger i høj grad af om der gødskes med gylle, hvor højt vandstanden har været og nedsivningen forbi dræn på arealet. Når der køres med gyllevogne eller andre meget tunge maskiner på marken er det vigtigt at jorden er velafdrænet for at undgå strukturskader og fastkørsler.

Det anbefales derfor at øge afdræningsdybden om foråret på alle styrede dræn. På arealer vårsåede afgrøder og arealer der gødskes med gylle, skal vandstanden sænkes til drænniveau, på andre arealer kan man eksperimentere med at øge afdræningsdybden mindre hvis jorden ikke har tendens til strukturskader.

Om sommeren har der i de danske forsøg været almindelig fri afdræning, men i de fleste forsøg i andre lande har afdræningsdybden være formindsket om sommeren, dog oftest til et dybere niveau end om vinteren. Her bør man, hvis der ikke sker nogen nedsivning udenom dræn, være meget forsigtig med at hæve vandstanden, da der er risiko for skade på afgrøderne, hvis rødderne

er i vandmættet jord for længe. På den anden side har nogle af de udenlandske forsøg vist et merudbytte ved formindsket afdræningsdybde om sommeren, mens det ikke ses eksempler på afgrødeskade.

Tabel 2 Nedenstående intervaller skal ses som retningsgivende værdier på størstedelen af arealerne, som udgangspunkt vil der ikke være nogen forøget risiko for planterne hvis man holder sig inden for de intervaller der er angivet. Sker der ingen nedsivning udenom dræn, bør man holde sig til den lave ende af intervallerne, mens man på marker med relativt stor nedsivning kan eksperimentere med at hæve afdræningsdybderne mere end angivet her.

Afgrøde	Afdræningsniveau vinter, under overfladen, cm	Afdræningsniveau forår, under overfladen, cm	Afdræningsniveau sommer, under overfladen, cm	Afdræningsniveau høst+ såning af vintersæd, under overfladen, cm
Vinterhvede	20-40	80-drændybde	60-drændybde	drændybde
Vinterbyg	60	80-drændybde	60-drændybde	drændybde
Vinterraps	60	80-drændybde	60-drændybde	drændybde
Græs	20-40	80-drændybde	60-drændybde	drændybde
Majs	10-20	drændybde	60-drændybde	drændybde
Vårbyg	10-20	drændybde	60-drændybde	drændybde

Økonomi

Om styret dræning er økonomisk rentabelt, afhænger udover omkostningerne ved at etablere styret dræning, af hvilke effekter man har mulighed for at benytte sig af, og om der eventuelt vil være mulighed for en fremtidig tilskudsordning til etablering af styret dræning. Som rent kvælstofvirkemiddel er styret dræning næppe rentabelt med mindre det subsidieres eller det kan fritage jordbrugererne fra efterafgrøder, undergødskning eller andre virkemidler, der nedsætter udbyttet eller fylder på dyrkningsfladen. Kan styret dræning udover deres direkte effekt, bruges til at styre tilførslen til minivådområder og/eller som regnvandsbuffer opstrøms byområder der er i risikozonen for oversvømmelser, øger det deres nytte og dermed deres værdi enten for landmanden eller for dem, der bor nedstrøms vandløbet. Denne værdistigning vil enten gøre det mere attraktivt for landmænd at etablere styret dræning eller attraktivt at støtte opførslen af styrede dræn for eksempelvis de kommuner der risikerer oversvømmelser. Men som med andre virkemidler kræves offentlig accept af effekten og eventuelt tilskud for at det bliver økonomisk interessant med styret dræning.

Etablerings- og driftsomkostninger

Omkostningerne ved styret dræning afhænger af hvor mange styrebrønde, der skal installeres på drænsystemet. Jo mere fladt et areal er, des færre styrebrønde er der behov for. Størrelsen af det påvirkede areal afhænger udover hældningen på hoveddrænen også af sidedrænenes længde og fald. Mange drænede arealer i Danmark er så kuperede, at der skal etableres et urealistisk stort antal styrebrønde, hvis hele den drænede flade skal påvirkes af vandstandshævningen. På de fleste egnede arealer, med en hældning på under 1 % på hoveddræn, kan man kalkulere med, at der skal etableres en styrebrønd for hver 1-2 ha. Det vil typisk koste 8-12.000 kr. at etablere en styrebrønd afhængig af dimension, drændybde mv. Anlægsomkostningen pr. ha vil således variere mellem 4.000 og 12.000 kr. pr. ha. Ved en rente på 5 % og afskrivning over 15 år ligger den årlige omkostning mellem 400-1.150 kr. pr. ha. Tidsforbruget til manuel regulering af vandstanden to gange årligt er beskeden. I mange undersøgelser er drænastrømningen blevet reduceret med mindst 40 % ved styret dræning i forhold til almindelig dræning. Som nævnt er der endnu ikke

grundlag for at fastsætte en forventet gennemsnitlig effekt på kvælstofudledningen. Hvis vi som regneeksempel antager, at styret dræning kan reducere kvælstofudledningen med 10 kg N pr. ha, f.eks. reducere en udledning på 25 kg N pr. ha med 40 % til 15 kg N pr. ha, så vil omkostningen være i størrelsesordenen 40-115 kr. pr. kg N. Omkostningerne ved en del andre kvælstofvirkemidler ligger i samme interval.

Effekt af styret dræning

Allerede i 1960'erne er styret dræning beskrevet i USA, men her dog primært som middel til at mindske okkerudledningen. Med henblik på at undersøge denitrifikationseffekten blev de første forsøg med styret dræning udført i Californien, USA, i 1970'erne.

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. Denne brug finder primært sted i USA's Mid-west stater (majsbæltet), hvor man fra 1990'erne og frem havde problemer med meget stor kvælstofudvaskning på arealer med majs og soya. Drænvandet fra disse områder havner i Mississippi-systemet og videre ud 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 permanent styret 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.

Forsøg og undersøgelser med styret dræning

Der er gennem tiden blevet lavet mange undersøgelser af effekterne af styret dræning og generelt viser de at der transporteres markant færre næringsstoffer ud gennem de styrede dræn. Det der i mange undersøgelser er mere usikkert, er i hvor høj grad den mindskede udledning gennem dræn fører til en øget udledning til vandmiljøet uden om dræn eller om næringsstofferne tilbageholdes i marken, og for kvælstofs vedkommende denitrificeres. Ud over effekterne på næringsstofudledningen er der også en række andre effekter af styret dræning som er undersøgt gennem tiderne, herunder særligt undersøgelser af hvordan styret dræning påvirker udbyttet.

Danske forsøg

Som en del af et GUDP-projekt er der blevet foretaget en række forsøg under danske forhold. Forsøgene er beliggende fire forskellige steder i Danmark, to forsøg nær Odder syd for Århus et i Hofmangsgave på Nordfyn og et i Birkelse i Nordjylland. Det primære formål med forsøgene har, udover at undersøge næringsstoffeffekterne under danske forhold, været at undersøge om det er muligt at benytte sig af styret dræning når der dyrkes vintersæd.

Resultaterne viser, at det er uproblematisk at dyrke vinterhvede når der foretages styret dræning om vinteren, selv når afdræningsdybden hæves til op mod 20 cm under jordoverfladen. Der er desværre ikke lavet forsøg med andre vintersædstyper. Med hensyn til effekterne på næringsstofudvaskningen

Udenlandske erfaringer

Der er gennem de seneste år blevet gennemført en lang række forskellige forsøg med styret dræning rundt omkring i verden. Generelt viser de en stor effekt på det samlede flow igennem dræn og dermed en stor samlet reduktion af den mængde nitrat der transporteres bort via dræn, generelt er der ikke nogen signifikant effekt på koncentrationen af nitrat i drænvandet.

land	Vandstand under jordoverfladen	Reduktion i flow	Reduktion i kvælstofkoncentration	Reduktion i kvælstoftransport	Kilde
Ohio, USA	45cm	23%	uændret	23%	Williams et al 2015
Holland	40 cm	52%	-50%	34%	Rozemeijer <i>et al</i> 2015
Illinois, USA	15 cm	26%	-10%	70%	Woli et al 2010
Italien		90%	uændret	70%	Bonati Borin 2010
Sverige	40 cm	87%	uændret	86%	Wesström et al 2001

Dyrkningsmæssige og økonomiske konsekvenser af styret dræning

Der er ikke noget der tyder på at styret dræning påvirker udbyttet i negativ retning uanset om der dyrkes vinter eller vårsædsafgrøder, men der er heller ikke meget der tyder på at det omvendte skulle være tilfældet ved de danske forsøg.

Der er andre steder i verdenen set forøgede udbyttet men det har primært været hvor dræningen også har været styret om sommeren med henblik på at sikre at platerne skulle have mere tilgængeligt vand. Blandt andet i Sverige er der lavet forsøg, der viser et forøget udbytte ved at benytte styret dræning.

SEGES P/S skaber løsninger til fremtidens landbrugs- og fødevarerhverv. Vi udvikler forretningsmuligheder og serviceydelser i tæt samarbejde med vores kunder, forskningsinstitutioner og virksomheder over hele verden.

SEGES P/S
Agro Food Park 15
DK 8200 Aarhus N

T +45 8740 5000
E info@seges.dk
W seges.dk

