


Notat om plantevækstfaktorer, drænanlæg og sedimentation i drænrør



April 2011

Klient Carlsen-Langes Legatstiftelse & Stiftelsen Hofmansgave	Klientens repræsentant Jan Hjeds
--	---

Projekt Notat om plantevækstfaktorer, drænanlæg og sedimentation i drænrør	Projekt nr. 11809990
---	-------------------------

Forfattere Robert Nøddebo Poulsen & Ole Mark	Dato 1. April 2011
	Godkendt af  Ole Mark

--	--	--	--	--	--

--	--	--	--	--	--

1	Notat, Endeligt.	RNP/OM	OZJ	OMJ	01-04-11
---	------------------	--------	-----	-----	----------

Revision	Beskrivelse	Udført	Kontrolleret	Godkendt	Dato
----------	-------------	--------	--------------	----------	------

Nøgleord Dræning, sediment	Klassifikation <input type="checkbox"/> Åben <input type="checkbox"/> Intern <input checked="" type="checkbox"/> Tilhører klienten
-----------------------------------	---

Distribution Carlsen-Langes Legatstiftelse, Stiftelsen Hofmansgave & Jan Hjeds DHI:	Antal kopier
	PDF



INDHOLDSFORTEGNELSE

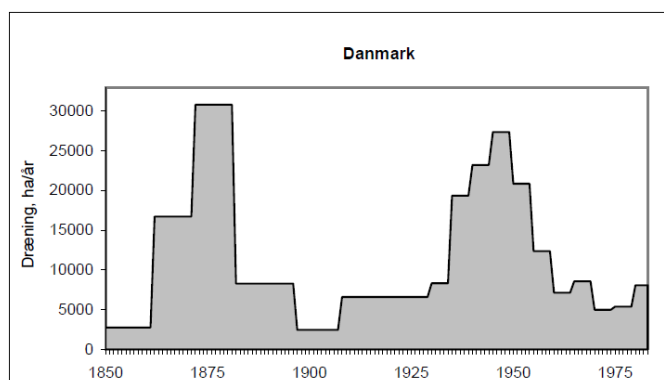
1	BAGGRUND	1
1.1	Formål.....	1
2	AFVANDINGENS BETYDNING FOR PLANTEPRODUKTIONEN.....	2
2.1	Hvorfor afvanding?.....	2
2.2	Afvanding og plantevækstfaktorer	2
2.2.1	Jordens luftskifte	2
2.2.2	Jordstruktur og bæreevne	3
2.2.3	Rodudvikling	4
2.2.4	Temperatur	4
2.3	Driftsfordele ved afvanding.....	4
2.4	Hydrologiske effekter af dræning.....	4
2.5	Miljømæssige effekter	5
3	DESIGNFORHOLD FOR DRÆNANLÆG	6
3.1	Designkriterier for drænanlæg.....	6
3.1.1	Afvandingsintensiteten	6
3.1.2	Jordens drænbare porevolumen	7
3.1.3	Faldforhold	8
3.1.4	Rør og vandhastigheder.....	8
3.1.5	Drænudløb	8
4	AFLEJRING AF SEDIMENT I DRÆNRØR.....	9
4.1	Sediment transport i drænrør	9
4.2	Hvornår aflejres sediment i drænrør?	9
4.3	Reduktion af hydraulisk kapacitet i drænrør	9
4.4	Analysemetoder til at fastslå aktuel reduktion i sedimenttransport med efterfølgende aflejring	10
5	SAMMENFATNING.....	13
6	REFERENCER	14

1 BAGGRUND

Nærværende notat er udarbejdet af DHI for Carlsen-Langes Legatstiftelse og Stiftelsen Hofmangsgave. Notat er udarbejdet på vegne af opdragsgivernes ønske om, at belyse nogle af de væsentligste forhold omkring afvanding og sedimentations i drænrør i relation til betydningen for planteproduktion.

Baggrunden for dette er aktuelt og væsentligt er umiddelbart vandplanernes implementering af vandløbsvirkemidler på foreslået 7300 km vandløb i Danmark. Denne indsats omfatter bl.a. en ændret vandløbsvedligeholdelse i form af helt eller delvist ophør af vedligeholdelsen, vandløbsrestaurering i form af slyngning, udlægning af sten og grus, fjernelse af spærringer, samt åbning af udvalgte rørlagte vandløbsstrækninger /3/. I intentionen om at forbedre vandløbenes fysiske miljøkvalitet med disse tiltag vil det med al sandsynlighed også påvirke vandstanden i vandløbene og dermed vilkåret for afvandingen og for planteproduktion.

På ca. 160 års statistik om dræningens omfang er det estimeret, at ca. 50 % af landbrugsarealet er systematisk drænet jf. Figur 1-1 /5/. Dermed er denne betydelige del af landbrugslandet (ca.1.3 millioner hektar) i varierende omfang afhængige af, at kunne lede overskudsvand væk gennem vandløbene.



Figur 1-1 Oversigt over dræningsintensiteten i Danmark /5/.

I lyset af afvandingens omfang i Danmark er det åbenbart, at de mulige konsekvenser af vandplanerne er betydelige. Vandplansforslaget omfatter indsatser på de nævnte 7.300 km vandløb hvilket svarer til ca. 25 % af de beskyttede vandløb. Idet sigtet primært er, at hæve vandstanden for at fremme den naturlige hydrologi kan tiltagene meget vel også have effekt andre steder i vandløbssystemerne end netop der hvor de er implementeret hvormed konsekvenserne og påvirkningen af virkemidlerne vil være større end umiddelbart vurderet.

1.1 Formål

På foranledning af opdragsgiverne er det nærværende notats formål kortfattet, at belyse de væsentligste forhold vedrørende de nedenstående tre punkter.

1. Afvandingens betydning for planteproduktionen



2. Designforhold ved etablering af drænanlæg
3. Betydende faktorer for aflejring af sediment i drænrør

Nedenstående fremstillingen er baseret på alment kendt viden fra lærebøger om emnet primært /2; 4; 6; 7/. Notat skal ikke opfattes som en udtømmende fremstilling.

2 AFVANDINGENS BETYDNING FOR PLANTEPRODUKTIONEN

2.1 Hvorfor afvanding?

I Danmark er der en overskudsnedbør som regionalt varierer imellem ca. 150-550 mm pr. år. Det betyder at for hver hektar jord er der et vandafledningsbehov på mellem 1500 og 5500 m³/år. Denne afledning er i betydelige områder og specielt på de lerede højlandsjorde ofte udfordret af en høj grundvandsstand, samt en ringe gennemtrængelighed for vand. På den baggrund udføres dræning lokalt for, at sænke grundvandsstand eller for at aflede vand hvor nedbøren vanskeligt eller ikke hurtigt nok strømmer ned i jorden. Herudover udgør afvandingen for ca. halvdelen af landbrugslandet i Danmark en væsentlig forudsætning for de kulturplanter som dyrkes, idet dyrkningspotentialer og afgrødernes udbytte øges på drænedede jorder i forhold til hvis de ikke var drænedede. Det er imidlertid ikke så let så let på overordnet niveau at estimere betydning omend den vurderes at være betydelig.

2.2 Afvanding og plantevækstfaktorer

En ordentlig afvanding udgør bortset fra solens indstråling nok den vigtigste faktor for dyrkning af kulturplanter i Danmark. Direkte eller indirekte påvirkes stort set alle de væsentlige plantevækstfaktorer af dræning og udgør derfor en meget væsentlig forudsætning for at planteavlens kan udvikle sig i retning mod en potentiel produktion, hvor udbytte- og miljøpåvirkning er optimeret.

Med dræning ændres de fysiske forhold i jorden, hvilket helt overordnet giver en forbedret produktivitet på dårligt drænedede marker ved at sænke grundvandsstanden. Ved at grundvandsstanden sænkes opnås et forbedret luftskifte, og en hurtigere afvanding af overskudsvand. Mindre vandindhold giver mindre risiko for jordpakning og en større bærevne. Da tør jord varmer op hurtigere end våd jord, medvirker dræning også til en højere jordtemperatur om foråret, hvilket kan bidrage til tidligere såning og fremspiring af afgrøderne, hvorved vækstsæsonen forlænges og udbyttepotentialer øges.

2.2.1 Jordens luftskifte

Ved jordens luftskifte forstås udvekslingen af primært ilt og kuldioxid mellem atmosfæren og jorden. Optimal afgrødevækst forudsætter, at afgrøden er velforsynet med vand og samtidig har en løbende fornyelse af jordluften, som i væsentlig grad afhængig af jordens luftfyldte porøsitet.

Dårligt luftskifte er ofte forekommende på jorde med dårlig dræningstilstand eller med pakningsskader, hvilken vil begrænse væksten og udbyttet i en afgrøde. Endvidere kan et dårligt luftskifte forårsage anaerobe (iltfrie) forhold hvorved nitrat kan denitrificeres /6/ hvilket potentielt kan reducere hvor effektivt afgrøderne er i stand til at udnytte den tildelte gødning.

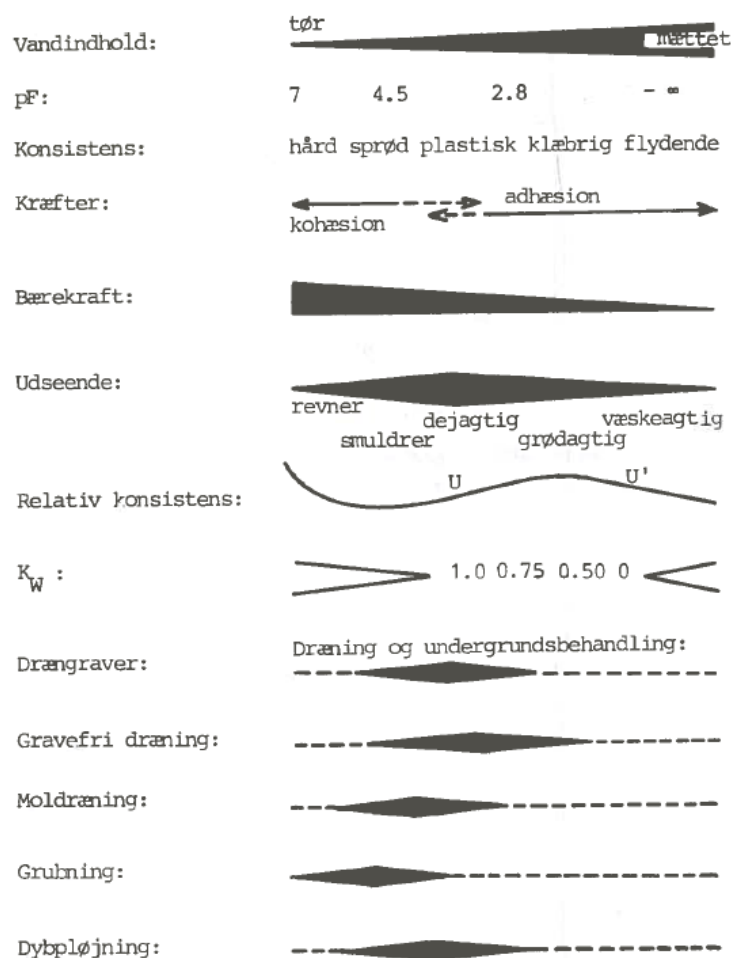


En høj jordtemperatur betinger en høj respiration, som i sammenfald med høj nedbør kan forårsage kortvarige (< 1 dag) anaerobe forhold. For følsomme afgrøder kan sådanne hændelser have alvorlige konsekvenser med en begrænset vækst og udnyttelse af de tildelte næringsstoffer til følge /6/. Dårligt afvandede jorde som har et højere vandindhold end en tilsvarende afvandet jord vil således være relativt mere udsat.

2.2.2 Jordstruktur og bæreevne

Jorden er afgrødens tredimensionelle vækstmedie, som består af tre faser, i) faste partikler, ii) et vandfyldt porevolumen og iii) et luftfyldt porevolumen. Jordstrukturen vedrører organiseringen af jordpartiklerne dels som primære partikler ler, silt, sand og organisk stof, men også som sekundære sammensætninger af partikler i hvad der kaldes aggregater, hvis størrelse, form og stabilitet har betydning for jordens egenskaber /4; 6/.

Jordstrukturen er bestemmende for jordens porøsitet og porestørrelsesfordeling. Hvilket indirekte påvirker afgrødernes vækstvilkår, idet disse faktorer har betydning en lang række faktorer, her i blandt: jordens evne til at tilbageholde og transportere vand, jordens luftskifte, rodudvikling og omsætning af organisk stof, den biologiske aktivitet, samt jordens mekaniske egenskaber /4; 6/.



Figur 2-1 Egenskaber og tilstandsformer for en lerjord som funktion af vandindhold /2/.



Til at beskrive de mekaniske egenskabers reaktion på en ydre kraftpåvirkning, så som jordbehandlinger, kørsel, rodvækst mv. er begrebet jordens konsistens defineret som et udtryk for de kræfter som jorden forsøger at opretholde sin form med når den deformeres /6/. Jordens bærekraft er en aftagende funktion af jordens tekstur og vandindhold. Det medfører, at en drænet jord hurtigere fjerner overskudsvand ned til markkapacitet end en udrænet jord og herved opnås hurtigere mulighed for færdsel i markerne. Det medfører ligeledes en forbedret bærevne på markerne således, at de i dag tunge maskiner, med høje akseltryk i mindre grad forårsager dybe og uoprettelige pakningsskader når der er drænet end når der ikke er drænet. Markernes afvanding er ligeledes vigtig i de perioder hvor der jordbearbejdes, her ønskes jordens vandindhold så passende lavt at konsistensen ligger under den såkaldte plasticitetsgrænse, hvor jorden er meget sammentrykkelig og i en tilstand hvor den er sårbar overfor pakning og strukturskader /6/.

2.2.3 Rodudvikling

En afgrødes rodudvikling afhænger dels af plantearten og en række faktorer som bl.a. indeholder jordens struktur, tekstur og vandindhold i mere eller mindre kompliceret samspil med bl.a. næringsstoffer, ilt og temperatur /6/. Hensigten med dræning er, i relation til rodudvikling, at sikre afgrøden en så stor rodzonekapacitet som mulig, hvorfra den kan afsøge vand og næringsstoffer. Røddernes vækst er følsomme overfor manglende iltforsyning, hvorved den kan ophobe toksiske stoffer og reducerer næringsstofoptagelsen.

2.2.4 Temperatur

Ved sammenligning af drænete og ikke drænete jorde, vil der være større døgnudsving i temperaturen i en drænet jord, men gennemsnitstemperaturen vil være nogenlunde ens. Derimod varmer en drænet jord hurtigere op, hvorved der indenfor døgnrytmen hurtigere kommer gang i den biologiske aktivitet /4/ til fordel for afgrødens vækst. På udrænete våde jorde bruges energien i højere grad på at fordampe vand frem for at opvarme jorden. Forskellen i mellem drænet og udrænet jord, skyldes primært at varmekapaciteten er dobbelt så stor for vand som den er for jordpartikler, hvilket betyder en langsommere opvarmning.

2.3 Driftsfordele ved afvanding

Udover at afvandingen generelt medvirker til mere optimale forhold for væksten af afgrøderne, så medvirker en god afvanding også til en række driftsmæssige fordele. Afgrødevalget bliver mere fleksibelt, således at der potentielt kan dyrkes mere sårbare afgrøder, som kartofler, sukkerroer og ærter, der har en større værdi end almindelige kornafgrøder. I veldrænete marker opnås en mere effektiv arrondering på marken, idet der ikke vil være våde områder der skal. En veldrænet jord vil i forhold til en udrænet have en højere infiltrationkapacitet, hvorved jorden i kortere tid vil være vandmættet og dermed mindre udsat for overfladisk afstrømning og risiko for erosion, og dermed hurtigere mulighed for at genoptage markarbejdet. Dræning betyder endvidere en højere dyrkningsstabilitet idet afgrøderne bliver mindre sårbare overfor variation i specielt nedbøren.

2.4 Hydrologiske effekter af dræning

Arealer drænes typisk i de tilfælde hvor de naturlige forhold, uforstyrrede forhold, medfører at den ønskede arealanvendelse på området ikke er mulig. Dette kan f.eks. være tilfældet på lavbundslande som ønskes benyttet til dyrkning, men hvor de naturlige for-



hold ikke gør dette muligt, grundet et for højt vandindhold i jorden i for store perioder. Afvandingen af arealer kan derfor have meget store effekter på de hydrologiske processer der foregår i et område, idet effekterne af afvandingen vil have følgende generelle påvirkninger:

1. Området bliver generelt tørrere, med færre perioder med oversvømmelse.
2. Infiltrationen af vand gennem jorden øges, og den overflademæssige afstrømning reduceres.
3. Fordampningen fra arealet reduceres, og der sker en tilsvarende forøget afstrømning til afvandingsrecipienterne.

Afvandingen af et areal har store effekter på selve arealet, men afvandingen vil også påvirke det vandløb eller grøft der fungerer som recipient for afvandingen. I en situation hvor der ikke foretages afvanding, vil der ske en hvis tilbageholdelse af den nedbør der falder på et areal, idet vandet skal infiltrere gennem jorden og derfra strømme til vandløb, eller det skal, ved kraftige hændelse, strømme som overfladisk afstrømning. Processen med strømning gennem jord, og ved mætning, strømning på overfladen, medfører at der selv ved meget kraftige nedbørshændelser, vil ske en tilbageholdelse af en del af nedbøren. Det at et areal afvandes betyder at tilført vand i form af nedbør, hurtigere transporteres væk fra arealet. Dette medfører at afstrømningen i vandløbene reagerer hurtigere på nedbørs hændelser i oplandet, og de maksimale afstrømningshændelser i vandløbet vil stige, sammenlignet med en situation hvor der ikke foregår afvanding. Dvs. at følgende vil kunne observeres i vandløbene i en situation hvor et areal afvandes:

1. Kortere varighed med kraftigere afstrømningshændelser (højere værdier)
2. Den akkumulerede afstrømning i vandløbene vil være lidt større idet afvandingen overordnet set vil reducere mængden af vand der fordampes fra området.

2.5 Miljømæssige effekter

De miljømæssige effekter af dræning kan inddeles i effekter på i) flora og fauna og ii) tab af næringsstoffer.

Dræning vil oftest have en meget markant effekt på de planter og dyr der opholder sig på arealet. Dette skyldes, at de vådere forhold der præger arealerne i den udrænedede situation vil tiltrække planter der kan håndtere et stort vandindhold i rodzonen, og som ikke vil kunne håndtere det reducerede vandindhold som en dræning af arealerne vil medføre. Det samme vil gøre sig gældende for dyrelivet på arealerne. Da ændringen i afvanding typisk sker ved 1) etablering af landbrugsjord på lavbundsarealer eller 2) ved reetablering af vådområder på lavbundsarealer, vil påvirkningen på dyre og plantelivet være yderligere styret af den planlagte ændring i arealanvendelsen.

På drænedede lavbundslande kan koncentrationen af opløst fosfor i jordvæsken være høj i samtidig med en lav fosforbindingskapacitet. Gennem dræning transporteres det fosforholdige jordvand uhindret til overfladevandet og derfor udgør ophør med dræning på lavbundslande et virkemiddel i vandplaner mht. at begrænse fosforudvaskningen.



På drænedede jorde udgør partikelbåret fosfor en risiko, idet det via makroporer med kontakt til drænene, i forbindelse med større nedbørshændelser kan via denne transportvej kan tabes til overfladevandet

I forhold til udvaskningen af nitrat kan en ændring af dræningsforholdene have en stor effekt på den mængde nitrat der udvaskes til recipienten. Under drænedede forhold vil der ske en transport af ureduceret nitrat gennem drænafstrømningen, og redoxfronten vil typisk være placeret lavere end drænniveauet. Dette betyder at potentialet for reduktion af nitrat typisk vil være mindre på drænedede arealer sammenlignet med udrænedede arealer. Omvendt så er der i regioner med lille overskudnedbør og en dyb drænet rodzone, mulighed for med efterafgrøder kan nå ned og hente nitrat op som måske ellers ville være tabt.

I forbindelse med pesticiders skæbne udgør drænedede lerjorde en større risiko end ikke drænedede jorde, idet jordens store pore (dvs. regnormegang og større rodkanaler) omkring drængrøften dvs. umiddelbart over drænet, kan udgøre en hurtig transportvej fra jordoverfladen til drænrørene og herfra til videre til overfladevandet i vandløb eller søer.

3 DESIGNFORHOLD FOR DRÆNANLÆG

3.1 Designkriterier for drænanlæg

Afvandingssystemer kan antage forskellige former afhængig af topografi, grundvandsstand, afgrøder, jordbund, miljøeffekter, infrastruktur og økonomi. I Danmark anvendes åbne grøfter primært i skovbruget eller som hovedledninger på flade arealer, men langt overvejende er der tradition for nedgravede drænrør /4/. I det omfang, at f.eks. vandplaner giverne anledning til ændrede vandstande i recipienter, så ændrer det forudsætningerne for design af drænanlæg. F.eks. vil forøgede vandstande i recipienter reducerer den maksimale opnåelige afvandingskapacitet, da det maksimalt tilgængelige fald for drænsystemet reduceres.

Drænanlæg består oftest af en kombination af hoved- og sideledninger der enten dræner direkte til vandløb eller til mindre grøfter. Målet med et systematisk anlagt drænanlæg er, at tilvejebringe en passende og ensartet afvanding af en mark eller et større område og her udgør de lokale terrænforhold, drænudløbenes placering og højde som oftest de væsentligste faktorer i planlægningen af et drænanlæg.

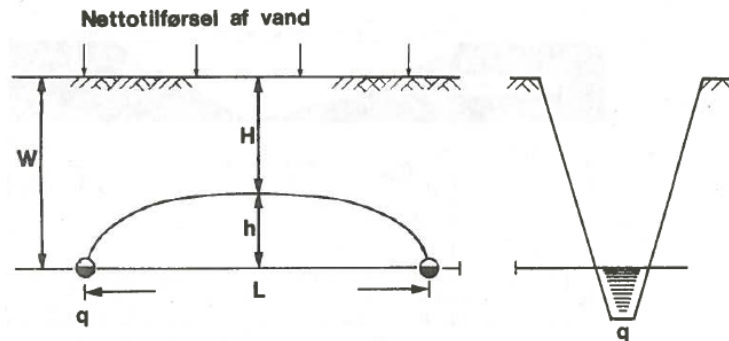
Nedenstående afsnit har til hensigt, at give en kortfattet fremstilling af de væsentligste overordnede forhold omkring design af drænanlæg.

3.1.1 Afvandingsintensiteten

For en given nettonedbør og forudsat at drænen har frit afløb bestemmes et drænanlægs afvandingskapacitet i praksis af den drænafstand og -dybde som drænene placeres i /2/. Men det som drænenes placering i virkeligheden påvirker, er potentialegradienten, som er den egentlige styrende faktor for afvandingsintensiteten. For en homogen vandfyldt jord kan det illustreres med nedenstående formel:

$$v = K \frac{\Delta h}{\Delta L}$$

hvor v er strømningshastigheden i jorden, $\Delta h/\Delta L$ er potentialegradienten bestemt af h den hydrauliske trykhøjde og L afstanden mellem drænrør, K er den jordens hydrauliske ledningsevne. Formlen betyder, at med en tættere drænafstand eller en større drændybde øges potentialegradienten og jorden drænes hurtigere. Jordens hydrauliske egenskaber påvirker effekten af potentialgradienten der i praksis kan være en meget variabel størrelse fra et jordlag til et andet.



Figur 3-1 Et skematiseret drænanlæg og dets hovedvariable /2/

Hvilken drænafstand og drændybde der i praksis vælges bør ideelt set afhænge af afgrødevalg og jordtype og dermed den vandspejlsdybde som ønskes opnået for at afgrøderne kan opnå den optimale rodudvikling. Dette ønske kan dog være begrænset af lokale terræn og vandspejlsforhold. I sidste ende er det imidlertid en vurdering af hvad der er anses profitabelt. I Tabel 3-1 er for typiske danske jordtyper angivet vejledende drænafstande og dybder /4/.

Tabel 3-1 Drændybder og – afstande anvendt vejledende i forbindelse med afvanding af landbrugsafgrøder /4/ NB: Afvanding af mosejorde er i dag ikke tilladt med mindre der specifikt er givet tilladelse.

Betegnelse	Ler [%]	Dybde [m]	Afstand [m]
Meget svær lerjord	over 45	1,0	10 – 12
Svær lerjord	25 – 45	1,2	12 – 16
Lerjord	15 – 25	1,2	16 – 18
Sandblandet lerjord	10 – 15	1,2	18 – 20
Lerblandet sandjord	5 – 10	1,2	20 – 25
Sandjord	under 5	0,7 – 0,9	25 – 40
Lavmose	-	1,2 – 1,5	10 – 25
Højmose	-	1,0 – 1,2	10 – 40
Jorde med stor hydraulisk ledningsevne	-	1,0 – 2,0	50 – 100

3.1.2 Jordens drænbare porevolumen

Dræning giver en transportvej for at overskudsvand kan forlade rodzonen. Den mængde vand som potentielt er drænbar afhænger af jordens tekstur og struktur og defineres ofte som jordens luftindhold ved markkapacitet også kaldet jordens drænbare porevolumen.

I forsøg på at opnå et for planterne passende vandindhold i jorden anvendes denne størrelse som et af de væsentligste kriterier til at afpasse afvandingsintensiteten dvs. drændybde og drænafstand. I Danmark anvendes normalt fra 0,8-1,2 L sek⁻¹ ha⁻¹, som dimensioneringsstørrelse, hvilket svare til en afdræning på ca. 7-10 mm/døgn /2/.



En anden måde at se det på er: for at beskytte afgrøderne tilstræbes en afvandingskapacitet, der er i stand til at kunne fjerne vand over markkapacitet fra pløjelaget i løbet af 1 til 2 døgn efter en kraftig nedbørshændelse.

3.1.3 **Faldforhold**

Det fald drænledninger kan anlægges med afhænger af terrænet, og kan varierer imellem drænledninger og strækninger. Af Tabel 3-2 fremgår anbefalede minimums fald anvendt under danske forhold /4/. Der er imidlertid en tendens til, der i praksis specielt på de flade arealer drænes med mindre fald end angivet i Tabel 3-2, helt ned til 1 promille (personlig kommentar, HS-Dræning)

Tabel 3-2 Oversigt over anbefalede minimumsfald på forskellige typer af drænledninger /4/.

Drænledningstype	Minimumsfald (promille)	Fald pr. 100 m
Større hovedledninger	1	10 cm
Mindre hovedledninger	2	20 cm
Sideledninger	3	30 cm

3.1.4 **Rør og vandhastigheder**

Den maksimale mængde vand et drænrør kan aflede (dets kapacitet) afhænger af dets indvendige diameter, faldet drænledningen er lagt med og hvilken type af rør der er tale om, forudsat at røret har et frit udløb.

I valget af drænrørs dimension skal sikres at røret har den kapacitet som er nødvendig for, at det kan bortlede vandet fra marken til recipienten uden at afgrøden tager væsentligt skade og herudover skal drænrøret være selvrensende jf. afsnit 4.

I forbindelse med dimensioneringen af et drænanlægs kapacitet laver rørproducenter for forskellige rørtyper såkaldte nomogrammer. Disse diagrammer gælder for fuldt løbende rør og anvendes til for en given vandføring og fald at finde en rørdimension og en vandhastighed, som dels sikrer en passende kapacitet og derudover sandsynliggør at drænrørene opretholder en selvrensende effekt i røret jf. afsnit 4.

3.1.5 **Drænudløb**

I et drænanlæg er selve drænudløbet den vigtigste del af hele anlægget. Forholdene omkring drænudløb er væsentlige for funktionen af et drænanlæg og kræver løbende opmærksomhed og vedligeholdelse med henblik på, at grøde, sediment eller skadedyr ikke forhindrer den frie afledning fra drænudløbene.

Drænudløb er typisk placeret 1-1,5 meter under terræn. Det er vigtigt at bunden af drænudløbet er placeret over det almindelige vandspejl i vandløbsrecipienten eller drængrøften for ikke at reducere kapaciteten af drænrøret. Det er dog forventeligt, at drænudløb i forbindelse med større nedbørshændelse kortvarigt kan være oversvømmede, men ud fra et drænteknisk perspektiv bør dette være få dage om året.



4 AFLEJRING AF SEDIMENT I DRÆNRØR

4.1 Sediment transport i drænrør

Drænrørs design med huller/perforering medfører at der er stor risiko for at sediment aflejres i rørene. Transporten af sediment som befinder sig i drænrørene sker på baggrund af den fysiske kraft fra vandet (kaldet bundforskydningsspændingen), som påvirker sedimentpartiklerne. Falder bundforskydningsspændingen under en kritisk værdi, som bl.a. afhænger af sedimentstørrelse og densitet, kan sedimentet ikke transporteres og sedimentet aflejres.

I tilfælde af vandmætning jorden omkring drænrørene opstår en lavere ionstyrke i jordvæsken pga. fortyndingseffekten, og under disse forhold vil lerpartikler i højere grad kunne dispergere og transporteres til drænrørene og dermed øge sedimenttilførslen.

4.2 Hvornår aflejres sediment i drænrør?

Typisk anvendes en grov tilnærmelse for hvornår drænrør er selvrensende. Denne tilnærmelse siger, at vandhastigheden skal være større end $0,2 \text{ m s}^{-1}$ for at lerpartikler forbliver opslæmmede og for finsand mindst $0,35 \text{ m s}^{-1} /4/$. Disse tilnærmelser er ikke anvendelige for detaljerede og nøjagtige beskrivelser af hvornår sediment aflejres. Sediment aflejres når bundforskydningsspænding (vandets friktion mod partikler på bunden af røret) falder under den kritiske værdi bestemt af Shields lov:

$$\theta = \frac{\tau}{\gamma(s-1)d} \quad (1)$$

Hvor θ er den dimensionsløse bundforskydningsspænding eller også kaldet Shields parameter. τ er bundforskydningsspændingen; γ er vandets relative massefylde og s er sedimentets relative densitet og d er sedimentets kornstørrelse. Der gælder at sediment aflejres for

$$\theta \leq 0,06 \quad (2)$$

Dvs. for same strømningsforhold gælder der at jo tungere og større sedimentet er jo lettere aflejres det. Kender man sedimentets størrelse og vægt kan formel (2) bruges til at undersøge om ændrede strømningsforhold vil give anledning til sedimentaflejring. Dette gøres ved at den nye bundforskydningsspænding beregnes og indsættes i formel (2) og det undersøges om Shields parameter (θ) bliver mindre end 0,06

4.3 Reduktion af hydraulisk kapacitet i drænrør

Sedimentaflejring i drænrør reducerer den hydrauliske kapacitet af røret, da sedimentet reducerer arealet af røret og ændrer ruheden af røret, idet aflejret sediment typisk har en større ruhed end drænrøret. Konsekvensen er at røret vil have en dårligere funktion end oprindeligt planlagt og en påbegyndt sedimentaflejring forstærkes derved.

Når vandstanden, i det modtagne vandløb eller grøft, bliver så høj at den påvirker udløbet fra drænrøret, vil det få konsekvenser for sedimenttransport og aflejring i drænrøret.



Det vil medføre en tilbagestuvning i drænrøret, som forøger vanddybden, reducerer vandhastigheden, reducerer sedimenttransportkapaciteten og derved forøger sedimentaflejring, som igen medfører en reduktion af drænrørets kapacitet ud over den hydrauliske reduktion fra påvirkningen af vandløbet.

4.4 Analysemetoder til at fastslå aktuel reduktion i sedimenttransport med efterfølgende aflejring

For at finde ud af om en ændret vandstand i en given periode påvirker sedimenttransporten i et drænrør, er det nødvendigt at beregne de ændrede strømningsforhold i drænrøret, og dernæst at beregne de ændrede bundforskydningsspændinger i røret.

Disse beregninger kan fx gennemføres i MIKE URBAN eller i Excel (hvor det nødvendige formelapparat skal opstilles). I eksemplet nedenfor ses effekten af en forøget vandstand i åen på 50 cm over bunden af et drænrør.

Eksempel beregnet i MIKE URBAN:

Data: Rørdiameter: 8 cm; rørhældning: 1 promille; materiale: ler (ruhed/manningtal 70 m^{1/3}/s; vandføring: 1,0 l/s. Sediment 0,1 mm sand med densitet på 2650 kg/m³

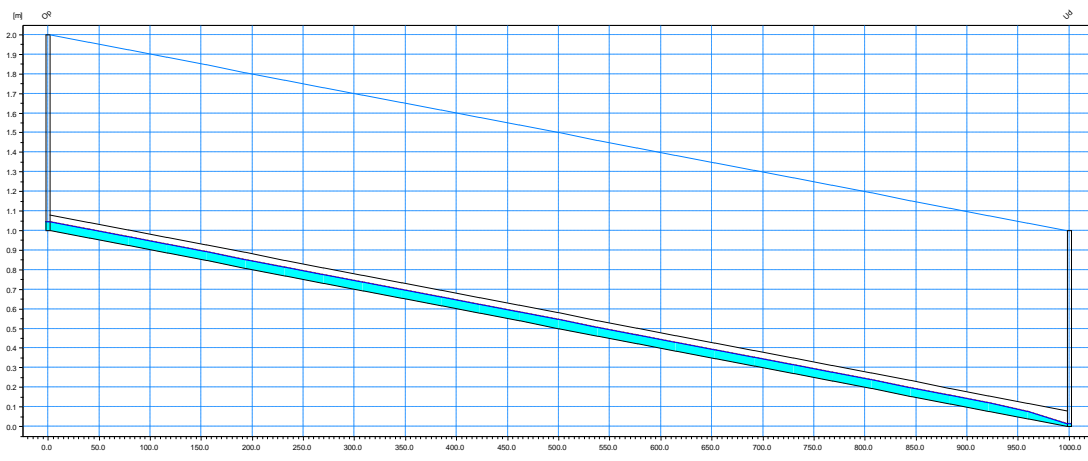
Eksemplet i Figurerne 4.1 til 4.4 nedenfor viser effekten af en forøget vandstand i et vandløb på 0,5 m over bundniveauet af et drænrør.

- Drænrøret er selvrensende for vandføringer på 1,0 l/s når vandstanden i vandløbet ikke påvirker røret, dvs. når vandstanden i vandløbene er under bundniveauet af drænrørene.
- Når vandstanden i åen øges med 0,5 m over bundniveauet af drænrøret, er de nedstrøms ca. 720 m af drænet ikke længere selvrensende og sediment vil aflejres der. Når tilbagestuvning fra vandløbet gør, at bundforskydningsspændingen falder under den kritiske værdi, så transporteres der ikke længere sediment i drænrøret. Efter et stykke tid stopper det til og mister helt sin funktion.

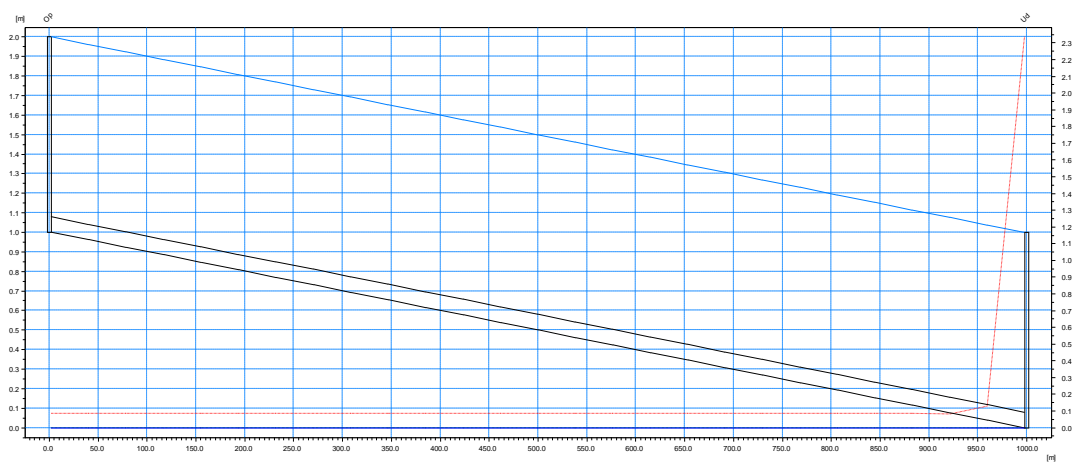
Sker der sedimentation i den nedre del af røret vil dets dræncapacitet reduceres og afhænging af forholdene kan røret helt tilstoppe og dermed potentielt stoppe afvandingen fra det bagvedliggende drænanlæg,

Analysemetoden i eksemplet er generisk og kan let anvendes på et vilkårligt drænrør til at vurdere hvordan forskellige betingelser påvirker sedimentation i drænrørene, når blot data, som ovenfor er tilgængelige.

Forhold med en vandstand i åen på under bundniveauet af drænrøret ved udløb til åen

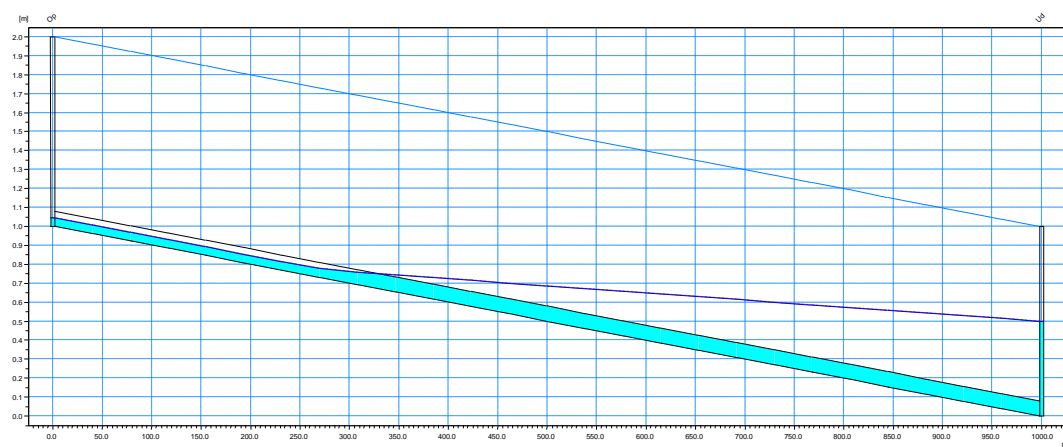


Figur 4-1– længdeprofil af drænrør med beregnet vandstand for en vandføring på 1,0 l/s – bemærk at vandstanden falder nedstrøms pga. der er frit udløb fra dræn til å.

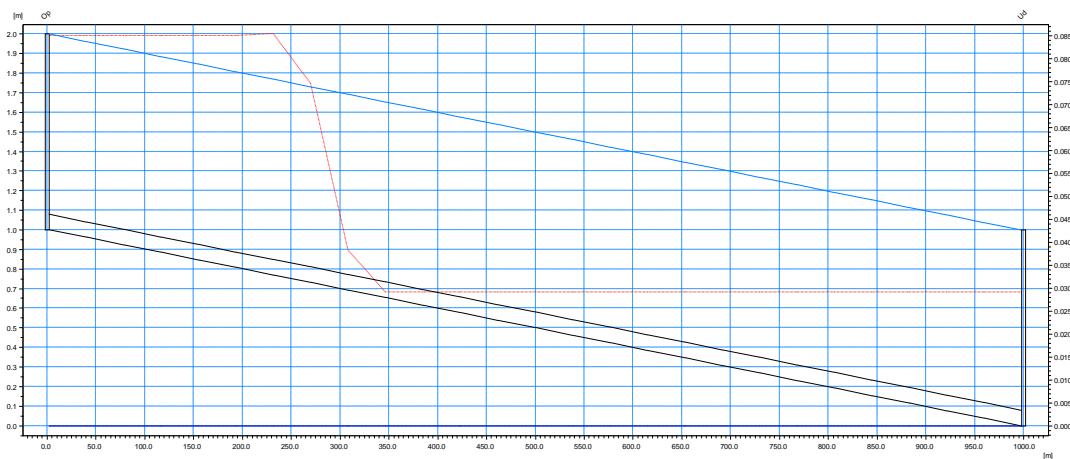


Figur 4-2 længdeprofil af drænrør med beregnede dimensionsløse bundforskydningsspændinger (Shields parameter) (stiplet rød linie). Det bemærkes at hele røret er selvrensende for denne vandføring da den mindste beregnede dimensionsløse bundforskydningsspænding er 0,08. Bemærk at bundforskydningsspænding stiger nedstrøms pga. der er frit udløb (og derfor forøgende vandhastigheder/bundforskydningsspænding) fra dræn til å.

Forhold med en vandstand i åen på 50 cm over bundniveauet af drænrøret ved udløb til åen



Figur 4-3 Længdeprofil af drænrør med beregnet vandstand for en vandføring på 1,0 l/s – bemærk at vandstanden i åen (nedstrøms drænrøret) er sat til 0,5 m over bunden af drænrøret, dvs. denne vandstand påvirker vandstanden i drænrøret ca. 750 m fra udløb til å og opstrøms i drænrøret.



Figur 4-4 Længdeprofil af drænrør med beregnede dimensionsløse bundforskydningsspændinger (Shields parameter). Det bemærkes at hele røret ikke mere er selvrensende for denne vandføring. De ca. 720 m af nedstrøms af drænet er ikke længere selvrensende, den beregnede dimensionsløse bundforskydningsspænding er mindre end 0,06. Bemærk at bundforskydningsspænding nedstrøms er reduceret pga. det forøgende vandspejl i å en på 0,5 m.



5 SAMMENFATNING

Som det fremgår af nærværende fremstilling indvirker dræning på en lang række plantevækstfaktorer, som alle udgør væsentlige forudsætninger for, at opnå en optimal afgrødevækst og en høj produktivitet. Under velafvandede forhold beskrives jorden som regel med følgende forhold; et godt luftskifte, en bedre rodudvikling, hurtigere bortledning af overskudsvand, bedre bæreevne, mindre jordpakning, bedre rettidighed, samt højere udbytte.

Forudsat drænudløb har frit afløb bestemmes et drænanlægs afvandingsintensitet af den drænafstand og drændybde som drænene placeres i. Tættere drænafstand eller en større drændybde øger potentialegradienten og jorden afdræner hurtigere.

Transporten af sediment som befinder sig i drænrørene sker på baggrund af den fysiske kraft fra vandet (kaldet bundforskydningsspændingen), som påvirker sedimentpartiklerne. Falder bundforskydningsspændingen under en kritisk værdi pga. forøgede vandstande i recipienten, som der drænes til kan sedimentet ikke transporteres, sedimentet aflejres og drænets funktion reduceres som også illustreret ved det viste eksempel i afsnit 4.

Dette notat beskriver på overordnet niveau drænings betydning for udvalgte plantevækstfaktorer, forhold omkring design af drænanlæg og sedimentation i drænrør. Analyser og principper er generelle i dette notat, men kan konkretiseres og anvendes på et vilkårligt drænrør eller drænsystem, således at specifikke forhold f.eks. i relation til vandplanerne kan undersøges og beskrives nærmere herunder:

1. Hydraulisk kapacitet og dræningsforhold i jorden
2. Vilkår for sedimentation
3. Vandindhold i jord og dets forudsætninger for valg af afgrøder



6 REFERENCER

- /1/ Olesen, S. E. (2010): Omfang, status, og potentielt behov for dræning på danske landbrugsarealer. Sammendrag af indlæg. Plantekongres 2010. 12-14. januar i Herning Kongrescenter. Side 396-398.
- /2/ Jensen, C. R. (1992): Dræning i jordbruget. Kulturteknik III. DSR-Forlag. Den Kgl. Veterinær- og Landbohøjskole. 295 sider.
- /3/ By- og Landskabstyrelsen (2010): Virkemiddelkatalog. Til brug for vandplanindsatsprogrammer for: Overfladevand, Grundvand, Sø- og vandløbsrestaurering, Spildevand, Regnvand, Dambrug. By- og Landskabstyrelsen, Miljøministeriet. November 2010. 46 sider.
- /4/ Aslyng, H. C. (1980): Afvanding i jordbruget. Kulturteknik III. 3. udgave. DSR-Forlag. Den Kgl. Veterinær- og Landbohøjskole. 228 sider.
- /5/ Olesen, S. E. (2010): Kortlægning af potentielt dræningsbehov på landbrugsarealer opdelt efter landskabselement, geologi, jordklasse, geologisk region samt høj/lavbund. Intern rapport. DJF Markbrug nr. 21. 34 sider.
- /6/ Jensen, H. E & S. E. Jensen. (2001): Jordfysik og Jordbrugsmeteorologi – det fysiske miljø for plantevækst. 2. udgave. DSR Forlag.
- /7/ Engelund, F. and Hansen, E. (1967). *A monograph on sediment transport in alluvial streams*, Teknisk Forlag, Copenhagen, Denmark.