

Virkemiddelkatalog:

Løsningsmuligheder til at forbedre de våde og vandlidende forhold på landbrugsjorder

Marts 2024

SEGES
INNOVATION

STØTTET AF
Promilleafgiftsfonden for landbrug

Indholdsfortegnelse

1	Håndter vandet på dine våde og vandlidende landbrugsjorder	2
2	Virkemidler til at håndtere vandudfordringer på vandløbspåvirkede landbrugsjorder.....	4
2.1	Vedligeholdelse af vandløb.....	5
2.1.1	Grødeskæring.....	5
2.1.2	Oprensning	10
2.1.3	Kantskæring.....	13
2.2	Genslyngning af vandløb	15
2.3	Omløb	20
2.4	Dobbeltprofil.....	24
2.5	Miniådal med genslyngning	27
2.6	Vådområder	30
2.7	Vandtilbageholdelse	33
3	Virkemidler på vandlidende højbundslande	36
3.1	Nydræning, omdræning eller reparation/vedligeholdelse af dræn	37
3.2	Forbedring af jordstrukturen	40
3.3	Grubning	45
3.4	Forbedring af jordens infiltrationsevne og overfladedræning	48
4	Virkemidler til tilpasning af bedrift og maskinkapacitet til det generelt vådere vejr	52
4.1	Afgrødeforsikring	53
4.2	Tilpasset afgrøde- og sædskiftevalg.....	54
4.3	Valg af dæktype og bælte.....	55
4.4	Ændret maskinbrug	56
4.5	Ændring i maskinkapacitet og såning.....	57
4.6	Tørringsfaciliteter – tilpasning af anlægstype og tørrekapacitet.....	58
5	Oversigt over virkemidler, konsekvenser, barrierer og afledte synergier	59
6	Litteraturoversigt.....	63
6.1	Referencer – Virkemidler til at håndtere vandudfordringer på vandløb.....	63
6.2	Referencer – Virkemidler på vandlidende højbundslande	64
6.3	Referencer – Virkemidler til tilpasning af bedrift og maskinkapacitet til det generelt vådere vejr ...	66

1 Håndter vandet på dine våde og vandlidende landbrugsjorder

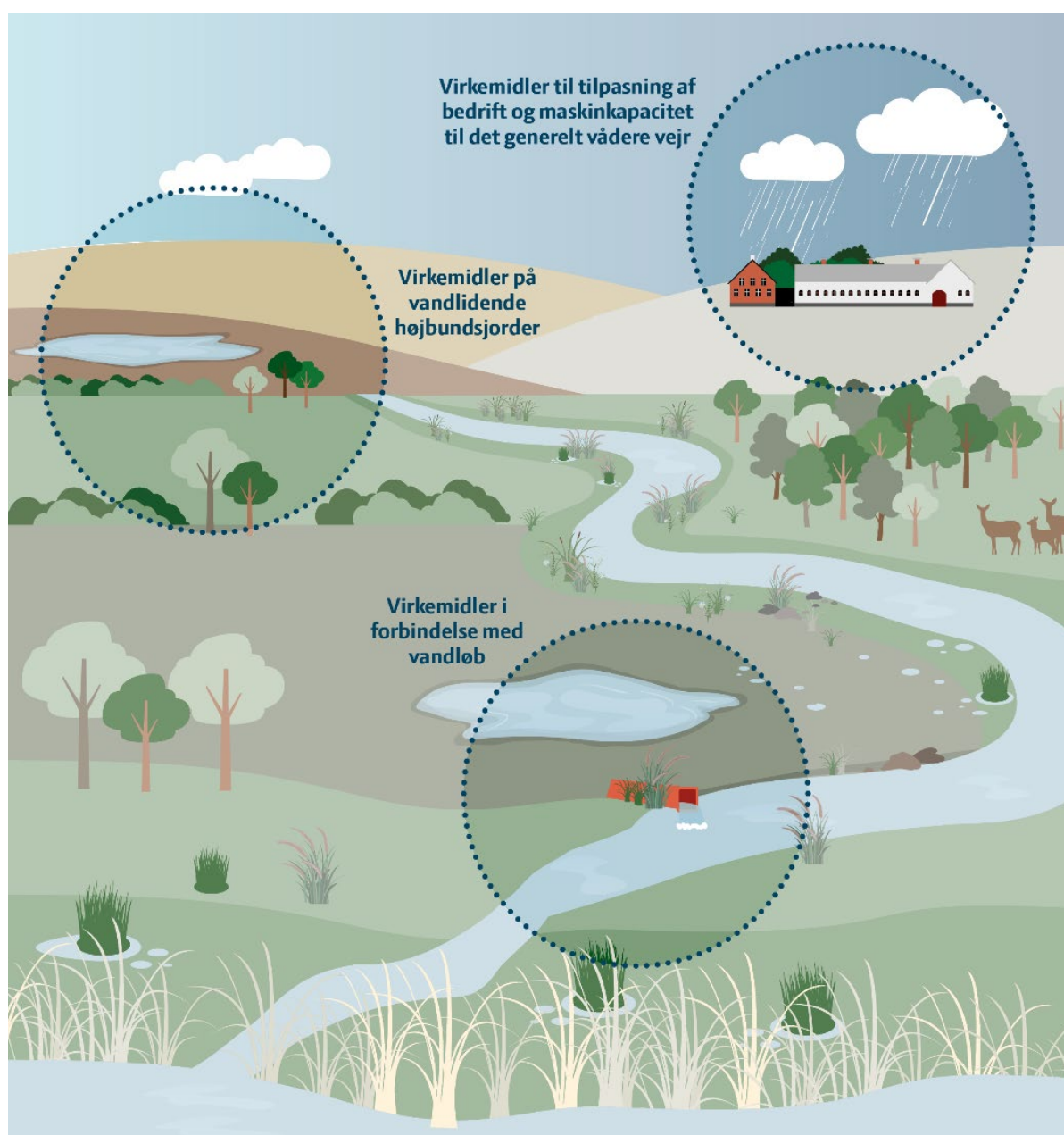
I dette katalog præsenteres du for en række forskellige virkemidler til at afhjælpe problemer med våde og vandlidende landbrugsjorder. Virkemidlerne kan anvendes til håndtering af vandudfordringer på hhv.

- Vandløbspåvirkede landbrugsjorder (kapitel 2) og
- Vandlidende højbundsjorder (kapitel 3).

Desuden beskrives virkemidler i forhold til at:

- Tilpasse din bedrift og maskinkapacitet til det generelt vådere vejr (kapitel 4).

På Figur 1 ses de tre indsatsområder, som virkemidlerne i virkemiddelkataloget er fokuseret omkring.



Figur 1: Oversigtsfigur med virkemiddelkatalogets tre indsatsområder: Vandløbspåvirkede landbrugsområder, vandlidende højbundsjorder samt bedrifter påvirket af det generelt vådere vejr.

Hvilke virkemidler der giver mening af implementere hos dig, afhænger af årsagerne til dine udfordringer med vand. Læs mere om hvordan du finder årsagen til dine udfordringer i [Landmandens handleplan: Løs dine udfordringer med vandlidende og oversvømmede marker \(landbrugsinfo.dk\)](https://landbrugsinfo.dk/landmandens-handleplan/l%C3%B8s-dine-udfordringer-med-vandlidende-og-oversv%C3%B8mmede-marker).

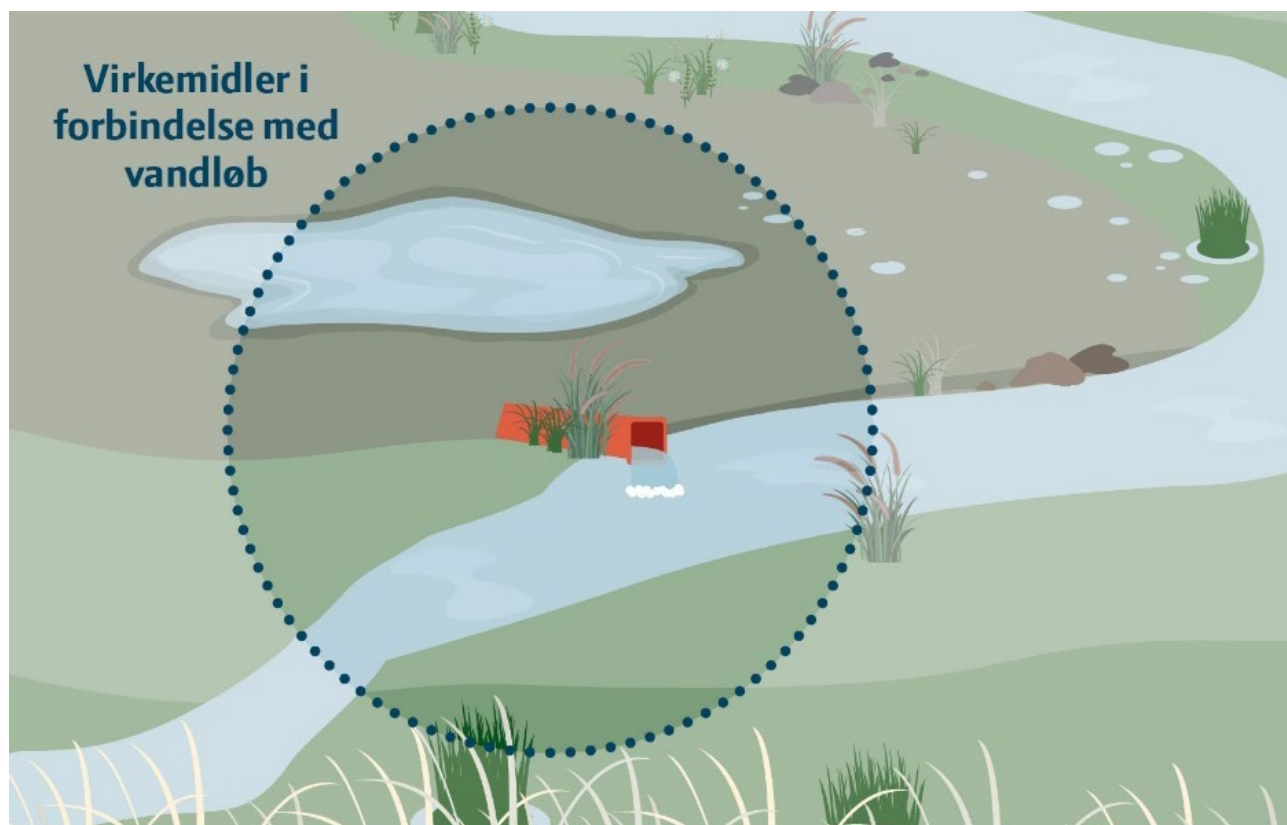
Nogle af virkemidlerne kan du selv implementere på din bedrift. I andre tilfælde skal du samarbejde med myndighederne og andre aktører for at planlægge og igangsætte de mest økonomiske, rentable og helhedsorienterede klimatilpasningsløsninger. I dette tilfælde laves oftest en klimatilpasningsplan for et helt opland, så flere udfordringer med vand i oplandet løses.

2 Virkemidler til at håndtere vandudfordringer på vandløbspåvirkede landbrugsjorder

I dette kapitel beskrives en række virkemidler til at undgå eller reducere oversvømmede og vandlidende landbrugsjorder nær vandløb. Følgende virkemidler gennemgås:

- Vedligeholdelse af vandløb – herunder grødeskæring, oprensning og kantskæring
- Genslyngning af vandløb
- Omløb
- Dobbeltprofil
- Miniådal med genslyngning
- Vådområde
- Vandparkering

Nogle af de listede virkemidler har til formål at øge vandstanden og gøre specifikke områder mere våde. Ideen er, at disse tiltag til gengæld skal bidrage til at holde dyrkningsmæssigt værdifuldt landbrugsjord tørrer for at sikre optimal dyrkning.



Figur 2: Kapitel 2 beskriver virkemidler, der skal bidrage til at undgå eller reducere oversvømmede og vandlidende landbrugsjorder nær vandløb.

2.1 Vedligeholdelse af vandløb

Vedligeholdelse er essentielt, når det kommer til vandløbenes afvandingssevne, da det sørger for tilstrækkelig voluminøs kapacitet samt reduceret hydraulisk modstand. Vedligeholdelsen af vandløb sker primært gennem grødeskæring, oprensning samt ved kantskæring.

Hvem der har ansvaret for vedligeholdelsen af et vandløb, afhænger af, om det er et offentligt eller privat vandløb. Læs mere herom i afsnittet [Kilden til mine udfordringer med vand skyldes vandløbsoversvømmelser \(landbrugsinfo.dk\)](#) i Landmandens handleplan: Løs dine udfordringer med vandlidende og oversvømmede marker. Det er vigtigt, at du har sat dig ind i hvilke regler, der gælder for vandløb på din ejendom. Hvis du er i tvivl om, hvad du har ret eller pligt til i forbindelse med vandløbsvedligeholdelse, så kontakt kommunen som er vandløbsmyndighed.

2.1.1 Grødeskæring

Ved grødeskæring fjernes plantebiomasse fra vandløbene ved brug af maskinkraft eller ved håndkraft, afhængigt af vandløbets størrelse. Formålet med grødeskæring er at sænke vandspejlet i vandløbet ved at reducere plantemassens strømningsmodstand og dermed stuvende effekt. Effekten af grødeskæring er dog betinget af bl.a. artssammensætning i vandløbet, samt tidspunkt for og hyppighed af grødeskæringen. På grund af det lave lysindfald i vinterhalvåret, hvor grøden ofte er bortvisnet eller overvintrer i rodnettet, vil grødeskæring ofte ikke have en effekt på vandstanden i denne periode af året (Allan and Castillo, 2009). Grødeskæring finder derfor sted i sommerhalvåret, hvor vandføringen i vandløbet er afhængig af mængden og typen af plantevegetation. Effekten af grødeskæringen er generelt størst i perioden juli til september, og det er vise steder nødvendigt at grødeskære flere gange over denne periode, hvilket afhænger af plantearterne og deres genvækst, klimaet den pågældende sommer, samt metoden for grødeskæringerne (Bach et al., 2016).

Grødeskæring i offentlige vandløb udføres som oftest af en såkaldt åmand, der har et godt kendskab til vandløbets forløb, strømningsmønstre og plantearter. Arbejdet kan i større vandløb udføres fra en specialdesignet grødeskærebåd, der er udstyret med klippere til bund og kanter. Grødeskæringen kan også udføres oppe fra vandløbets bredder, hvor en gravemaskine eller lignende fjerner/graver vegetation op. Ligesom grøden i mindre vandløb kan fjernes manuelt f.eks. med le.

Der findes forskellige metoder til grødeskæring alt efter behov og afvejning mellem afvanding og miljømæssige krav (Miljøstyrelsen, 2017):

- **Fuldskæring:** Ved fuldskæring fjernes al grøde i hele vandløbets bredde. Det er derfor den mest effektive metode i forhold til afvanding. Fjernelsen af grøde reducerer dog levesteder for smådyr og fisk betydeligt. Denne metode har derfor også de mest negative konsekvenser for vandløbets økologiske tilstand. Fuldskæring kan bruges i alle typer vandløb.
- **Strømrændeskæring:** Grøden skæres i en bugtet bane og dermed ikke i hele vandløbets bredde. Der dannes en bane for vandet gennem grøden, som følger vandets naturlige strømningsmønster. Et opmærksomhedspunkt ved denne metode er således, at vandløbet på længere sigt kan begynde at få et mere slynget forløb samt indsnævret profil. Det er fordelagtigt, hvis målet er at genslynge vandløbet, men da vedligehold som udgangspunkt ikke må føre til ændringer af vandløbets skikkelse eller vandføringsevne, skal man være påpasselig med dette. Metoden har høj effekt på afvandingssevnen, og i kanterne bevares levesteder for smådyr og fisk. Strømrændeskæring kan anvendes i alle typer vandløb, men med forskellige redskaber alt efter bredde på vandløbet.
- **Netværksskæring:** Ved netværksskæring skånes grøden i visse områder af vandløbet, så der opstår en mosaik af grødepletter og vandstrømme. Metoden skaber mange levesteder for fisk og smådyr, og bidrager således til en forbedret økologisk tilstand. Sammenlignet med strømrændeskæring vil netværksskæring tillade en ringere afvanding. Netværksskæring anvendes bedst i vandløb, der er brede

nok til at vandstrømmene naturligt kan splittes og løbe parallelt. Derudover er metoden også velegnet i vandløb med lille bundhældning for at forbedre forhold for de vandlevende organismer.

- Kombineret strømrøddeskæring: I kombination mellem strømrøddeskæring og netværksskæring skæres grøden i en overordnet bane, men der efterlades stadig enkelte øer med grøde. Denne metode kan derfor være ideel til at afbalancere hensyn til både afvanding og miljøkrav. Metoden kan anvendes i alle vandløb, men er især egnet i mellemstore.
- Selektiv grødeskæring (pincetmetoden): Ved selektiv grødeskæring fjernes kun udvalgte plantearter fra vandløbet. De fjernes gerne ved basen af stænglerne, så rødderne også rykkes op, og planten får sværere ved at etablere sig igen (Figur 3). Metoden kaldes derfor også pincetmetoden. De arter, der som oftest udvælges, er kantplanter med stive stængler f.eks. pindsvineknop, da disse yder størst modstand mod vandbevægelsen og derfor nedsætter den gennemsnitlige strømhastighed i vandløbet. Selektiv grødeskæring er mere skånsom overfor resten af plantesamfundet i vandløbet, sammenlignet med de andre metoder, og det kan derfor være med til at forbedre den økologiske tilstand. Metoden kan bruges i alle typer vandløb.
- Aalborgmetoden: Denne metode tager udgangspunkt i strømrøddeskæring, men fokus er på at skære den samme bane for vandstrømmen hver gang og sørge for, at grødeskæringen kommer helt i bund. Sidstnævnte tiltag er mere tidskrævende de første par år, sammenlignet med almindelig strømskæring, men de dybe skæringer ødelægger planternes rødder. Genvækst reduceres derfor markant, hvilket letter omkostningerne senere hen. Dette har også større effekt på afvandingen. Samtidig bliver vandløbet mere selvvedligeholdende, idet stærkere vandstrømme holder bunden fri for fine sedimentpartikler, hvor grøden ellers ville kun etablere sig igen. Metoden er mest set i store og mellemstore vandløb.

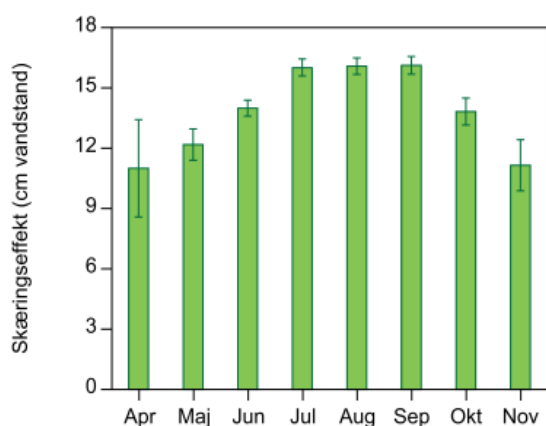


Figur 3: Pincetmetoden er en måde at lave selektiv grødeskæring på. Her trækkes pindsvineknop op med roden. Denne stivstænglede plante bremser vandstrømmen og vokser meget hurtigt frem igen, hvis den blot beskæres. Foto: SEGES Innovation.

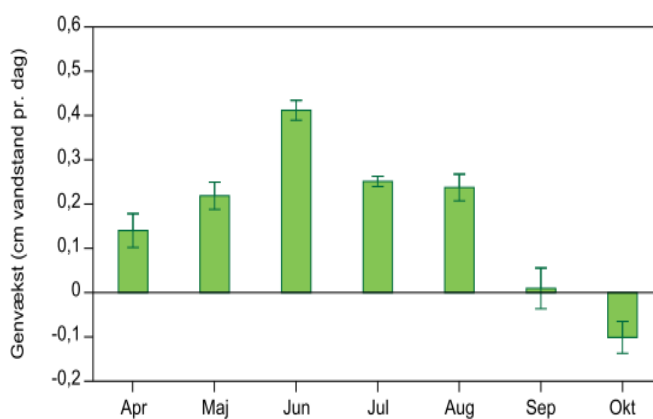
I en fremtid med hyppigere og kraftigere nedbør, øgede temperaturer og flere solskinstimer forventes det, at grødevæksten fremadrettet vil udgøre en stigende faktor i forhold til vandstandsstigninger ved skybrud i sommerhalvåret og potentielt som overvintrende grøde i vinterhalvåret. Af den grund og for at reducere oversvømmelser af vandløbsnære landbrugsarealer, er grødeskæring et vigtigt virkemiddel.

Effekt ift. vandhåndtering

Når grøden i vandløbet beskæres og fjernes, reduceres planternes opstuvende effekt. Det betyder, at vandet ledes hurtigere gennem vandløbet, og at vandstanden derfor falder. Ved analyse af data fra 126 danske målestationer er det fundet, at grødeskæringens gennemsnitlige effekt på vandstanden i vandløbet er højest i perioden juli-september, samt at grødens genvækst efter grødeskæring er højest i juni måned, men falder herefter i perioden frem til oktober (Figur 4 og Figur 5) (Simonsen et al., 2016). Tendenser viser, at grødeskæringens effekt er størst i vandløb med lavt fald, med en dybde på omtrent 1 meter med en konstant, høj vandføring (Bach et al., 2016).



Figur 4: Grødeskæringseffekt som gennemsnitligt fald i vandstand. (Simonsen et al., 2016)



Figur 5: Planternes genvækst efter afbildet som vandstandsstigning pr. dag imellem skæringer eller efter 3 uger af sidste grødeskæring. (Simonsen et al. 2016).

Den opnåede effekt af grødeskæring varierer fra landsdel til landsdel, men vil overordnet være afhængig af de afstrømningsmæssige forhold i den givne vækstsæson. Undersøgelserne viser, at effekten af grødeskæring er højest i Nord- og Vestjylland, hvor det anslås, at der med et ophør af grødeskæring i det nedre løb af Lindenborg Å (Nordjylland), vil afstedkomme en vandspejlsstigning på omkring 1 meter. Hvorimod det i Havelse Å (Ved Roskilde Fjord) kun ville medføre en begrænset ændring af vandstanden (Bach et al., 2016). Den vandstandssænkende effekt af grødeskæring blev af (Simonsen et al., 2016) estimeret til at være omkring 22 dage.

Effekt på nærliggende marker, samt afgrøder, dræn og jord

Grødeskæring har mange positive effekter på de nærliggende marker: Skæres grøden, så vandet bedre kan ledes væk, vil afvandingen på nærliggende marker forbedres. Det vil muligvis også få positive konsekvenser for marker, der ligger længere væk, og hvor drænsystemet afvander til vandløbet. Er udløbsrøret neddykket i vand, kan det stuve vand op i store dele af drænsystemet. Sænkes vandstanden i vandløbet som følge af grødeskæring, bliver drænuvløbet fritlagt igen og kan afvande markerne optimalt. En sideeffekt er også, at når vandet kan strømme ud af drænuvløbet, bibeholdes drænsystemets selvrensende effekt, da jordpartikler, rødder og andre aflejringer dermed skylles med ud i stedet for at tilstoppe rørene.

Reducerede oversvømmelser og gode dræningsforhold som følge af grødeskæringer sikrer sunde afgrøder og mere stabile udbytter.

Effekt på vandkvalitet og miljømål

Grødeskæring kan have en beskeden positiv sideeffekt på vandmiljøet og -kvaliteten. Når vegetationen skæres, fjernes de næringsstoffer, som planterne har optaget i løbet af vækstsæsonen. Denne effekt afhænger derfor af, at planterne fjernes i slutningen af sommeren, hvor de har opbygget meget biomasse og optaget mest muligt af næringsstofferne. Når næringsstofferne fjernes med planterne fra vandløbet, mindskes risikoen for eutrofiering i vandløbene og de andre vandmiljøer, som de er i forbindelse med. Dette er dog forudsat at biomassen fjernes helt. Ligger plantemateriale blot og nedbrydes i kanten af vandløbet, vil næringsstofferne finde vej til vandløbet igen i løbet af kort tid (Bach et al., 2016).

Grødeskæring vil derudover have en effekt på denitrifikation, der omdanner nitrat til frit kvælstof. Vegetationen bidrager med organisk stof, der er skal til for, at denitrifikation kan forløbe. Derfor kan man forvente at kvælstoffjernelse ved denitrifikation vil mindskes lidt, når planterne fjernes ved grødeskæringen (Bach et al., 2016).

Effekt på natur

Ved grødeskæring ændres artssammensætningen i vandløbet, idet den forstyrrelse af økosystemet, som skæringen medfører, skaber bedre vækstbetingelser for planter med vækstpunkter nede ved rødderne (basalvækst). Blandt de mest almindeligt forekommende arter med basalvækst er enkelt- og grenet pindsvineknop, hvorimod arter som vandstjerne, vandaks og vandranunkel har vækstpunkter i spidsen af planten (apikalvækst). Ved hyppig grødeskæring risikeres det, at arter, der har en hurtig genvækst fra rodzonen, favoriseres (Simonsen et al., 2016).

Ved selektiv grødeskæring, hvor man fokuserer på at slå grøde med basaltvækst, kan vandløbsmodstanden muligvis sænkes, uden at dette medfører en negativ effekt på Dansk vandplanteindeks (DVPI) (Bach et al., 2016). Foruden manuel grødeskæring kan dette gøres via f.eks. pincetmetoden.

Vedligeholdelse

Grødeskæring er et forholdsvist vedligeholdelsestungt virkemiddel. Antallet af årlige grødeskæringer i et vandløb fremgår af vandløbsregulativet for offentlige vandløb.

Vedligeholdelse af vandløb kræver godt samarbejde mellem lodsejeren, naboer og myndigheder. I processen er der derfor mulighed for at oprette vandløbslaug, hvilket på længere sigt er gavnligt for den samlede forvaltning af vandløbet og afvandingen i til det.

Økonomi/omkostninger

I offentlige vandløb varetages grødeskæringen af kommunen, som også afholder omkostningerne hertil. Er vandløbet til gengæld privatiseret, skal bredejerne selv stå for grødeskæringen og omkostningerne hertil.

Juridiske forhold

Der er flere juridiske forhold at tage i betragtning i forbindelse med vandløbsvedligeholdelse herunder grødeskæring. Som nævnt indledningsvist er det vigtigt at vide, om det er bredejerne eller vandløbsmyndigheden (kommunen), der har ansvaret for vedligeholdelsen. For private vandløb er det hernæst vigtigt i dialog med kommunen at finde ud af, hvor meget og hvordan der må vedligeholdes. Er det et offentligt vandløb findes der vandløbsregulativer der bestemmer vedligeholdelsen, og kommunen har her forpligtigelsen til at foretage vedligeholdelsen. Er vedligeholdelsen forsømt eller ikke tilstrækkelig bør berørte bredejere gå i dialog med kommunen, så der kan findes en løsning. Hvis der er flere bredejere, der oplever udfordringer med oversvømmede og vandlidende landbrugsjorder nær vandløb, kan det være en god ide at organisere sig i et vandløbslaug.

For alle vandløb er dog det vigtigt at notere sig, at vedligeholdelsen ikke må føre til ændring i vandløbets skikkelse eller vandføring - ellers skal der søges tilladelse til det.

Læs mere her: [Hvem har ansvaret for vandløbsvedligeholdelsen? \(landbrugsinfo.dk\)](https://landbrugsinfo.dk)

Eksempler på grødeskæring

- Assens kommune har afprøvet pincetmetoden (selektiv grødeskæring) for at komme den stivstænglede pindsvineknop til livs, som bremser vandstrømmen i vandløbene. Læs mere herom i artiklen "[Case: Grødeskæringsprojekt i Assens Kommune \(landbrugsinfo.dk\)](#)".
- I Lindenberg fjernes pindsvineknop ved at skære hårdt og hyppigt i en smal og bugtende strømrønde. Se videoen "[Grødeskæring efter Aalborgmetoden](#)".
- I Tønder Kommune grødeskæres der 1.200 kilometer vandløb med en gravemaskine med mejekurv, og yderligere 80 km med grødeskærebåd, samt 20 km med manuel grødeskæring med le. Se videoen "[Grødeskæring i Tønder Kommune](#)".

2.1.2 Oprensning

Ved oprensning af vandløb fjernes aflejret sediment (sand og slam), vegetation og andre fysiske elementer fra vandløbsbunden. Dette gøres for at sikre vandløbets vandføringsevnen. Herunder sikres også, at dræn- og rørdøb ikke dækkes af aflejringer, hvorved dræn og rør vil miste sin effekt (Figur 6).



Figur 6: Det samme rørdøb før (tv.) og efter (th.) oprensning. Foto: SEGES Innovation, 2024

Oprensningen af vandløb kan udføres med forskelligt maskineri, afhængig af opgavens og vandløbets størrelse, tilgængelighed mv. På Figur 7 ses hvordan oprensningen foretages med en rendegraver.



Figur 7: Sediment fjernes fra vandløb for at opretholde vandløbets afvandingsevne. Arbejdet udføres med en rendegraver. Foto: Landbrugsmedierne, 2020.

Effekt ift. vandhåndtering

Når et vandløb oprensnes, vil den stuvende effekt fra vegetation og aflejringer på bunden blive reduceret. Lokal oprensning af vandløbsbunden kan, hvis faldet er begrænset, dog have en begrænset effekt på vandstanden i vandløbet, hvis årsagen til stuvningen findes længere nedstrøms i vandløbssystemet. I disse tilfælde vil vandets hastighed blot nedsættes og vandføringen være uforandret (Kristensen et al., 2011). Foretages en oprensning er det derfor vigtigt i forhold til håndtering af vand, at denne foretages på alle strækninger i vandløbssystemet for at få den ønskede effekt.

Effekten af vandløbsoprensning er tidsbegrænset, da oprensningen ikke fjerner årsagen til den gradvise hævnings af vandløbsbunden.

Effekt på nærliggende marker, samt afgrøder, dræn og jord

Oprrensning kan have flere positive effekter på de nærliggende marker: Når det aflejrede sediment og/eller vegetation fjernes, vil afvandingen på markerne forbedres, efterhånden som vandløbet bedre kan lede vandet væk. Sænkning af vandstanden i vandløbet kan fritlægge eventuelle neddykkede drænudløb. Neddykkede drænudløb kan stuve vand op i dele af drænsystemet. Afhængigt af hvor fladt terrænet er, kan opstuvningen påvirke hele drænsystemet eller blot arealerne tættest på udløbet. Neddykkede dræn hindrer desuden drænsystemet selvrensende effekt, da vandet ikke kan flyde frit gennem drænrørene, og dermed ikke kan transportere jordpartikler, rødder og andre elementer med sig ud. Disse partikler aflejrer sig derfor i drænrørene og kan ende med at tilstoppe drænsystemet.

Når oprensningen af vandløb forbedrer afvanding og forhindrer opstuvning og tilstopninger i drænsystemet, bliver marken og jorden mere dyrkningssikker. Det giver højere og mere stabile udbytter.

Effekt ift. vandkvalitet og miljømål

Oprrensning af vandløb kan have en miljømæssig positiv effekt, da fjernelsen af sediment, vegetation og andre opstuvende elementer også medfører fjernelse af næringsstoffer. Sediment kan f.eks. indeholde meget partikulært fosfor, der er med til at skabe eutrofiering i vandløb og andre vandmiljøer.

Udover næringsstofindholdet i sedimentet, kan selve sedimentpartiklerne også udgøre et problem for vandkvaliteten og vandløbets værdi som habitat. En vandløbsbund med meget sediment, herunder især finsand, vil være et forringet levested for mange fisk, da partiklerne kvæler æg og larver, der gydes og udvikles på vandløbsbunden. På samme måde vil fjernelse af sediment i okkerpotentielle områder også forbedre forholdene for de vandlevendeorganismer, idet okker er giftigt for mange fisk og smådyr, samt deres æg og yngel (Dannisøe & Rand, 2014). Okkerpotentielle områder findes især i det sydvestlige og vestlige Jylland.

Store mængder sediment gør vandløbsbunden og strømforholdene meget homogen, hvilket reducerer variationen af habitater for både fisk og invertebrater (DTU Aqua, 2006).

Effekt på natur

Oprrensning kan både have positive og negative effekter på natur så som planter, smådyr og fisk. Positivt er det, at sand, slam og næringsstoffer fjernes jf. ovenstående afsnit. Men oprensning af vandløbet kan samtidig også have negative konsekvenser, da de biologiske og fysiske forhold i vandløbet ændres hurtigt og drastisk. Studier har vist, at der kan gå op mod et år, før sammensætningen af hvirvelløse dyr i vandløbet er genskabt efter en oprensning (Buczyński et al., 2016; Dąbkowski et al., 2016; Płaska et al., 2016). Yderligere kan vandløbsoprensning medføre et skifte til en dominans af de såkaldte pionerarter (Stępień et al., 2019), hvilket kan bidrage til en forringelse af plantesamfundenes spredningsevne og modstandsdygtighed mod invasive arter (Omelchuk and Prots, 2014; Stępień et al., 2019). Ved sammenligning mellem uregulerede og regulerede danske vandløb ses det, at artsdiversiteten i regulerede vandløb generelt er lavere end i de uregulerede vandløb.

2.1.3 Kantskæring

Ved slåning af vegetationen på vandløbets kanter klargøres vandløbet til perioder med kraftige nedbørshændelser og høje vandstande. Kantvegetationen kan i disse tilfælde yde en modstand på vandgennemstrømningen og nedsætte vandaflledningsevnen betragteligt. Kantskæring er derfor særligt gældende i små og dybt nedskårne vandløb under kraftige nedbørshændelser (Miljøstyrelsen, 2017).

Den nedhængende kantvegetation kan yderligere bremse vandets bevægelse og skabe områder med nedsat vandføring langs vandløbets kanter. Vegetationen på kanterne har en skyggevirkning i vandløbet, og ved stor skyggevirkning kan det medføre, at vandløbsbundens planter har reduceret eller ingen vækst. Det mindsker behovet for grødeskæring. Vandaflledningsevnen kan altså være tilstrækkelig selv uden kantskæring, så længe det er ved mindre nedbørshændelser.

Kantskæring kan udføres med en armklipper, påmonteret på en traktor, der kører langs vandløbet, som vist på Figur 8.



Figur 8: Eksempel på hvordan kantskæring kan foregå med en såkaldt armklipper, der kan styres med en traktor. Foto: Special Maskiner A/S.

Placering og etablering

Kantskæring udføres i små og dybt nedskårne vandløb, hvor traktoren eller en anden type maskine kan komme til, og koncentrerer sig omkring de områder hvor kantvegetationen er meget kraftig og tæt. Kantskæring kan udføres på et hvert tidspunkt i vækstsæsonen, men det kan være en fordel at gøre det i august/september, da plantevæksten herefter kun er begrænset, og vegetationen derfor ikke kan nå at vokse kanterne til igen. Desuden er sensommeren det tidspunkt i sommerhalvåret, hvor risikoen for store vandføringer er højest.

Effekt ift. vandhåndtering

Tæt kantvegetation kan yde stor hydraulisk modstand ved høje vandføringer. Slåning og fjernelse af plantematerialet mod slutningen af vækstsæsonen kan således lokalt forbedre vandløbets afvandingsevne betydeligt ved kraftige nedbørshændelser.

Varigheden af indgrebet er kortvarigt, og skal gentages, når kantvegetationen igen formindsker vandførings evnen i vandløbet.

Effekt på nærtliggende marker / afgrøder / jorden / dræn

Kantskæring vil øge vandløbet afvandingsevne under kraftige nedbørshændelser. Virkemidlet vil derfor have en positiv effekt på dyrkningssikkerheden af nærliggende marker, og marker hvis drænrør afvander til vandløbet. Marker der ligger ned til vandløbet vil have mindre risiko for at blive oversvømmet i perioder med meget nedbør. Oversvømmelser på marken kan reducere udbyttet markant, da de iltfattige forhold, der hurtigt opstår, begynder at slå rødderne ihjel og nedsætter mange af plante livsvigtige funktioner. Længerevarende oversvømmelser kan derfor føre til, at afgrøder dør.

Afværgelse af oversvømmelse vil desuden sikre, at jorden ikke er iltfattig over længere perioder, hvilket har en positiv effekt på jordens sundhed. En iltet jord vil understøtte mere mikrobielt liv, som igen vil sikre optimalt næringsstofomsætning og -udveksling med afgrøderne. Det sikrer stabile udbytter.

Effekt på vandkvalitet, miljømål og natur

Afværgelse af periodevis oversvømmelser vha. kantskæring er med til at hindre at næringsstoffer transporteres fra marken til vandmiljøet. På den måde kan en kilde til eutrofiering undgås, hvilket er positivt for de vandlevende organismers habitatkvalitet. På samme måde undgås udledningen af eventuelle miljøfremmede stoffer til vandløbet.

Det kan være en fordel at fjerne biomassen, efter kantvegetationen er slået. Det sikrer, at plantemateriale ikke ender i vandløbet, hvor det dels kan nedsætte vandføringsevnen og dels tilføre vandet organisk materiale og ekstra næringsstoffer. Hvis kantskæringen sker i august/september og udføres jævnligt over flere år, er metoden desuden med til at fjerne næringsstoffer fra kanterne, hvilket kan give en mere artsrig kantvegetation med tiden (Miljøstyrelsen, 2017).

Kantskæring har en effekt på de vandlevende planter i vandløbet, da skyggevirkningen fjernes sammen med kantvegetationen. Når der kantskæres, kan man derfor forvente at temperaturen i vandløbsbunden stiger og flere planter vokser frem på bunden. Det har forskellige afledte effekter: De ekstra planter kan reducere vandløbets vandafledningsevne, men de kan til gengæld udgøre vigtige levesteder for fisk og smådyr. Udføres kantskæringen i slutningen af vækstsæsonen (sensommeren), er disse effekter dog mindre udtalte. Alt efter hvad der ønskes med vandløbet ift. afvandingen og biodiversitetsforbedringer, kan der altså arbejdes på strategisk på tidspunktet for kantskæring (Bach et al., 2016).

Vedligeholdelse

Gentagende kantskæring er nødvendigt, og det bør mindst foretages én gang årligt, for at sikre afvandingsevnen.

Økonomi / Omkostninger

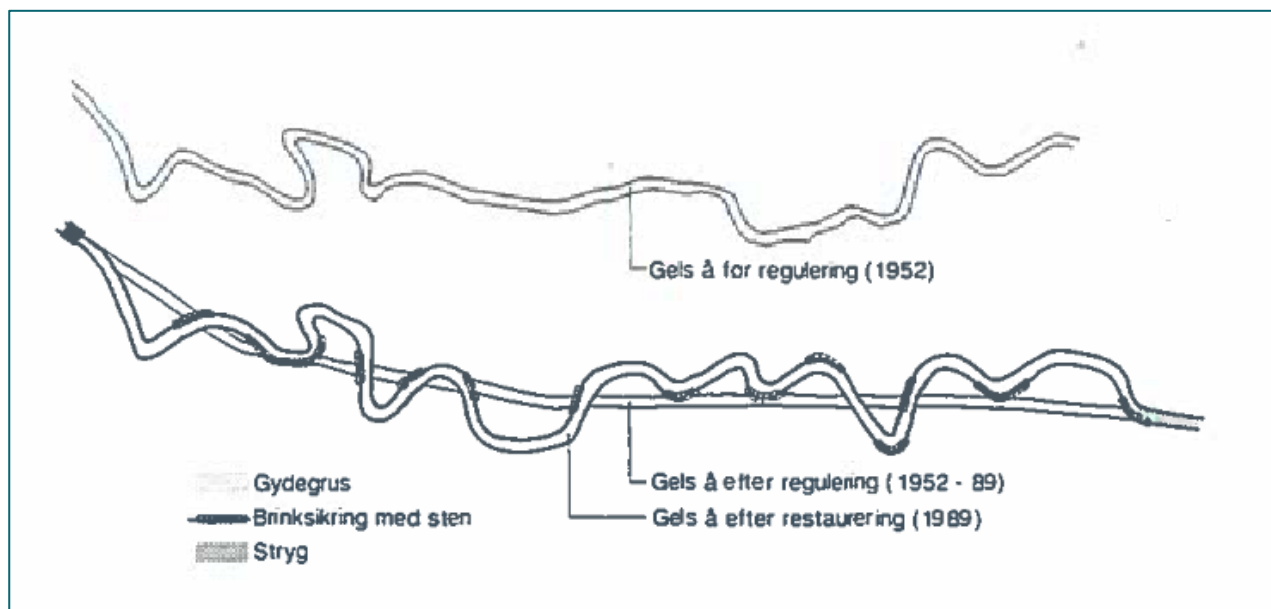
Kommunen foretager kantskæringen og afholder omkostningerne hertil i offentlige vandløb, hvis det er skrevet ind i vandløbsregulativet som en del af vandløbsvedligeholdelsen. I et privat vandløb skal bredejerne selv stå for kantskæringen af vandløb på egen ejendom og dække omkostningerne hertil.

Juridiske forhold

Eftersom vandløbets kanter er inkluderet i vandløbets skikkelse, kan kantskæring også indgå i vandløbsregulativet, hvor det beskrives, hvor, hvornår og hvordan skæringen skal finde sted. Regulativet vil have afvejet vigtigheden af afvanding versus naturpleje i vandløbet.

2.2 Genslyngning af vandløb

Ved genslyngning af vandløb ændres det kanaliserede vandløb tilbage til dets oprindelige form. Dette gøres ved at grave den nye strækning med flere og skarpere bugtninger eller meanderbuer af vandløbet og nedlægge den ligeud rettede strækning (Figur 9).



Figur 9: Kort over de historiske forløb af Gels Å. Øverst ses forløbet før reguleringen (udretningen) i 1952. Nederst sammenholdes det regulerede forløb med det restaurerede (genslyngede) forløb (Kronvang et al., 1994).

Det er ikke altid, at det oprindelige forløb kan genskabes helt præcist, men ofte kan der være hjælp at hente fra luftfotos, gamle kort og undersøgelser af jordbunden.

Udover at vandløbets forløb ændres, indbefatter en genslyngning som oftest også andre ændringer, som skal være med til at skabe fysisk variation: Hævning af vandløbsbunden, indsnævring af vandløbsprofilen, reduceret fald og reduceret hældning på skråningsanlægget. Herved hæves vandstanden, og vandløbet kommer i større hydraulisk kontakt med de vandløbsnære arealer og den omkringliggende ådal. Genslyngning af et vandløb er altså et stort indgreb i vandsystemet, men det giver også mulighed for tilbageholdelse af store mængder vand. Ved at kombinere genslyngning af vandløb med reetablering af den omkringliggende ådals naturlige hydrologi, kan området agere som et forsinkelsesbassin/buffer ved kraftig sommerregn, såfremt denne placeres optimalt i vandløbets opland. Derved kan vandstandsstigninger mindskes på nedstrøms strækninger med værdifulde landbrugsjorder.

For at genslyngning skal være et effektivt virkemiddel kræver det grundige undersøgelser af både vandløb og opland. Genslyngning kan afhjælpe oversvømmelsesrisici nedstrøms den genslyngede strækning, da den omkringliggende ådal oftere vil oversvømmes under store nedbørshændelser. Arealanvendelsen på de vandløbsnære arealer er en vigtig overvejelse at gøre sig, før dette virkemiddel implementeres (Skovgaard et al., 2014).

Genslyngningen vil påvirke de nærmest liggende arealer, da selve bugtningerne optager plads, samt der efterfølgende kan opstå periodevis oversvømmelser af de vandløbsnære arealer. Størrelsen på oversvømmelserne kan variere, hvilket bør estimeres ved forundersøgelser. Påvirker genslyngningen visse uønskede arealer, kan virkemidlet kombineres med etablering af diger. Digerne placeres 10-30 meter fra vandløbets kant og skaber dermed en korridor til genslyngningen, (Skovgaard et al., 2014).

Placering og etablering

En genslyngning skal placeres opstrøms for de arealer der har problemer med for meget vand. Der, hvor genslyngningen finder sted, vil arealerne på begge sider af vandløbet ofte ikke kunne bruges til landbrugs-mæssig drift, da genslyngningen bevirker at arealerne periodevist oversvømmes. Det er derfor også vigtigt, at lodsejere er indforståede med virkemidlets konsekvenser for hydrologien. Dette er dog ikke altid tilfældet, da vandløb godt kan genslynges uden nævneværdig påvirkning på omkringliggende marker. Længden af strækning, hvor genslyngningen finder sted, kan varieres alt efter, hvor meget areal der kan tages ud til formålet. Bredden af genslyngningen kan desuden også tilpasses ved hjælp af diger, således der skabes en korridor for vandløbets nye forløb (Skovgaard et al., 2014).

Effekt ift. vandhåndtering

De fysiske ændringer der foretages under genslyngning, vil påvirke vandets transporttid betydeligt. Ved genslyngning af et vandløb forlænges vandets vej fra kilde til hav, hvormed vandhastigheden i vandløbet sænkes. Begge elementer vil, i samspil med en hævnings af vandløbsbunden, hæve vandspejlet i vandløbet og dermed mindske niveauforskellen mellem vandspejlet og de omkringliggende jorder. Hævningen af vandspejlet fører derfor ofte til, at nærliggende arealer bliver vådere pga. faldende gradient på grundvandsspejlet i ådalen. Derfor skal genslyngningen finde sted opstrøms for de arealer der skal have forbedret afvandingsforhold.

Genslyngning af vandløb er et virkemiddel, der har størst effekt i forbindelse med skybrud, og i mindre grad ved koblet regn. Det skyldes, at når vandløbet genslynges og de nærliggende jorde helt eller periodevist vandmættes, reduceres magasin- og forsinkelseskapa-citeten. Det betyder, at vedvarende regn efter en periode ikke tilbageholdes i jorden og derfor ikke afbøder for arealerne længere nedstrøms. Til gengæld vil virkemidlet have god effekt mod skybrud, der som oftest forekommer i sommerhalvåret, hvor magasinkapa-citeten er stor (Skovgaard et al., 2014)

Effekt på nærtliggende marker / afgrøder / jorden / dræn

Genslyngning kan, afhængig af hvordan det er designet, påvirke de nærliggende marker i høj grad, da de fysiske ændringer af vandløbet ofte resulterer i at de nærliggende marker bliver mere vandlidende og periodevist oversvømmes (Figur 10). Ved at gøre dette bestemte steder, kan man undgå oversvømmelser af marker længere nedstrøms. Disse marker vil således have bedre forudsætninger for en afgrødeproduktion med stabile udbytter. Marker der tages ud til genslyngning kan til gengæld ikke længere betragtes som produktionsarealer, så der skal forinden være gjort et grundigt forarbejde i at undersøge konsekvenser af genslyngningen, både i forhold til hydrologi og hvordan de nærliggende arealer påvirkes, men også ift. om omkostninger ved udtagning af arealerne opvejes af de forbedrede afvandingsforhold nedstrøms.



Figur 10: Genslynget vandløb. Markerne helt ned til genslyngingen kan ikke længere bruges til traditionel dyrkning, men til gengæld har det været muligt at bruge arealet til paludikultur, hvor der høstes dunhammer, tagrør og lignende til biogas, byggematerialer, m.m. Foto: Emil Skole Læsø, SEGES Innovation.

Effekt på vandkvalitet, miljømål og natur

Ved genslyngning af vandløb bringes vandløbet tilbage til eller tæt på dets oprindelige forløb, og det kan have flere positive effekter for miljøet og naturen. Et slynget vandløb, hvor brinker og nærliggende arealer ofte er vandmættet, fungerer som et naturligt filter mellem terræn og vandmiljøerne. De vandmættede forhold og den tætte vegetation danner gode betingelser for mange nyttige biologiske og geokemiske processer, blandt andet denitrifikation, der fjerner kvælstof fra jordopløsningen. Dog vil der også være risiko for at jorder, der før har været intensivt dyrket og gødet med fosfor, kan udlede store mængder fosfor i perioden efter genslyngning. Det sker fordi den vandmættede jord danner iltfattige og reducerede forhold, hvilket reducerer jern(III) til jern(II). Fosfor kan binde til jern(III), men frigives, når det reduceres til jern(II). Derfor kan der opstå en stor udledning af fosfor de første år efter genslyngningen, afhængigt af hvor ofte og hvor længe jordene omkring vandløbet oversvømmes.

Til gengæld kan der også være mulighed for, at fosfor og sediment aflejres på de vandløbsnære arealer. Når jordene oversvømmes, bringer vandet mange partikler med, som kan stamme fra eksempelvis dræned landbrugsjorder hvor fosfor, ler, organisk materiale og andre partikler vaskes ud til drænrørene. Disse partikler kan aflejres på jordene, og aflejringen vil være påvirket af hvor meget vand, der strømmer fra vandløbet, hvor lang tid oversvømmelsen varer, og i hvor høj grad der udveksles nyt vand mellem vandløb og det oversvømmede areal (Kronvang et al., 2007). Aflejring af diverse partikler kan have negativ betydning for de vandløbsnære jordes mulighed for at udvikle gode forhold for plantearter af høj naturmæssig værdi, men vandløbet og eventuelle søer nedstrøms skånes til gengæld for disse partikler.

Genslyngning vil forbedre betingelserne for mange fugle, padder og insekter, da disse ofte er tilknyttet vådområder på et tidspunkt i deres livscyklus. Hvis genslyngning kombineres med tiltag der gavner de vandlevende organismer, som etablering af gydebanks og skjulesten, er der også mulighed for at højne naturværdien i området på den måde. Den større fysiske variation som genslyngningen medfører, skaber mange flere levesteder for planter, smådyr og fisk.

Effekt på klimagasser

Ved genslyngning af et vandløb kan der være risiko for udvikling af metan (CH_4) i de perioder, hvor de nærliggende jorde oversvømmes. Den vandmættede jord bliver iltfattig, og der vil opstå reducerende forhold, der faciliterer metanogenese, hvor CO_2 omdannes til CH_4 . Mængden af metan der dannes, vil afhænge af, hvor længe jorden er oversvømmet, hvor meget kulstof der er i jorden, og hvor høj temperaturen er. Metan har mulighed for at blive reoxideret til CO_2 , hvilket sker, hvis gassen møder iltet vand på vej op. Emissionen af metan kan altså reduceres, hvis der er bevægelse og dermed ilt i vandet på det oversvømmede areal.

I skiftene mellem oversvømmet/iltfattig og tør/iltet jord på de vandløbsnære arealer, er der desuden risiko for produktion af lattergas (N_2O). Det sker fordi denitrifikation, den anaerobe proces der omdanner nitrat (NO_3^-) til frit kvælstof (N_2), afbrydes ved tilstedeværelse af ilt, og ender med lattergas som mellemprodukt. Lattergasproduktionen afhænger derfor af iltindholdet i jorden, og derudover også af nitratindholdet og mængden af kulstof i jorden, samt temperaturen.

Synergieffekter (kvælstof, fosfor, lavbundsprojekter, osv.)

Virkemidlet kan have flere synergieffekter til kvælstof-, fosfor- og klimaprojekter, da disse tager udgangspunkt i det samme princip: At få den naturlige hydrologi tilbage i landskabet. Mange projekter der skal fjerne næringsstoffer eller bremse CO_2 -udledninger (eller begge dele på samme tid), er placeret i ådale og på lavbunds-jorder, hvor vandløb af forskellige størrelser løber igennem. Hvis vandløbet er blevet kanaliseret i sin tid, vil det ofte være oplagt at genslynge vandløbet for at opnå noget af den oprindelige hydrologi og skabe et projektareal der har en positiv effekt ift. både udledning af både klimagasser og næringsstoffer.

Vedligeholdelse

Når først vandløbet er blevet genslynget, kræver vandløbet almindelig vandløbsvedligeholdelse jf. regulativets bestemmelser (se afsnit 2.1 Vedligeholdelse af vandløb).

Økonomi / Omkostninger

En genslyngning af et vandløb er et forholdsvis omkostningstungt virkemiddel. Derfor er det som oftest også vandløbsmyndigheden der planlægger og udfører disse projekter, og det er også dem der afholder omkostningerne.

For at virkemidlet virker så effektivt og hensigtsmæssigt som muligt, kræver det, at der inden etablering er foretaget en forundersøgelse. Selve genslyngningen kræver desuden flere timers entreprenørarbejde, der kan desuden være transportomkostninger for jord og grus, der skal til og fra vandløbet.

Afhængig af om virkemidlet skal kombineres med tiltag der forbedrer vandløbets tilstand for fisk og vandlevende smådyr, vil der også være omkostninger i form af køb og transport af grus/sten til gydebanker og skjulesten.

Juridiske forhold

Der er flere juridiske forhold, der skal tages hensyn til ved en genslyngning. Blandt andet anses en genslyngning som en regulering, da vandløbets skikkelse ændret. Dette kræver en godkendelse og tilladelse af kommunen.

Kompensation

Det er vigtigt, at lodsejere med jord ned til den strækning på vandløbet, der skal genslynkes, er inddraget i projektet fra starten af, og at de er indforstået med og har accepteret de ændringer, der kommer til at ske. Dette bl.a. at de vandløbsnære jorder vil ikke være dyrkningssikre efterfølgende, og i nogle tilfælde kan det også være vanskeligt, at have dyr græssende på arealerne. Som en del af aftalen kan man som lodsejer blive kompenseret for påvirkningerne, som virkemidlet vil medføre.

Eksempler på genslyngning af vandløb

- Ved Hadsten blev Lilleåen i Kollerup Enge genslynget (Figur 11). Det var en del af et større vådområdeprojekt i Kollerup Enge, der havde til formål at fjerne kvælstof, og genslyngningen bidrog yderligere med tilbageholdelse af vand ved store nedbørshændelser. Læs mere i artiklen: [Case: I Kollerup Enge er vandløbsrestaurering blevet en schweizerkniv \(landbrugsinfo.dk\)](#).



Figur 11: Genslyngning af Lilleåen i Kollerup Enge ved Hadsten. Venstre: Det nyligt udgravede vandløb Foto: SEGES Innovation. Højre: Skitse af Lilleåens forløb efter genslyngning Foto: WSP.

- I Kolding Kommune indgik genslyngning som et af flere tiltag i klimatilpasningen. Genslyngningen blev etableret i Seest Mølleå (Figur 12), der ligger i Hylkedalen, og har, udover at tilbageholdt mere vand, også øget kvælstoffjernelsen fra vandet og øget naturkvaliteten.



Figur 12: Genslyngning af Seest Mølleå i Hylkedalen ved Kolding. Venstre: Sommeren 2020. Højre: Sommeren 2022. Foto: MiljøGIS.

- Ved genslyngningen af Gels Å (Haderslev Kommune) i 1989 blev den restaurerede vandløbsstrækning forlænget med i alt 490 meter (Figur 9), og antallet af mæanderbuer steg fra 0 til 16 (Kronvang et al., 1994). Restaureringens effekt på vandføringsevnen kom til udtryk ved et lavere Manningtal (højere strømningsmodstand) efter den fuldendte restaurering. En efterfølgende indvandring af grøde til strækningen medvirkede til, at de lavest liggende arealer oversvømmedes omkring to gange årligt, hvor der før restaureringen ikke forekom oversvømmelser. De periodevise oversvømmelser af bredzonen kan derfor agere som stødpuder for nedstrøms liggende arealer.

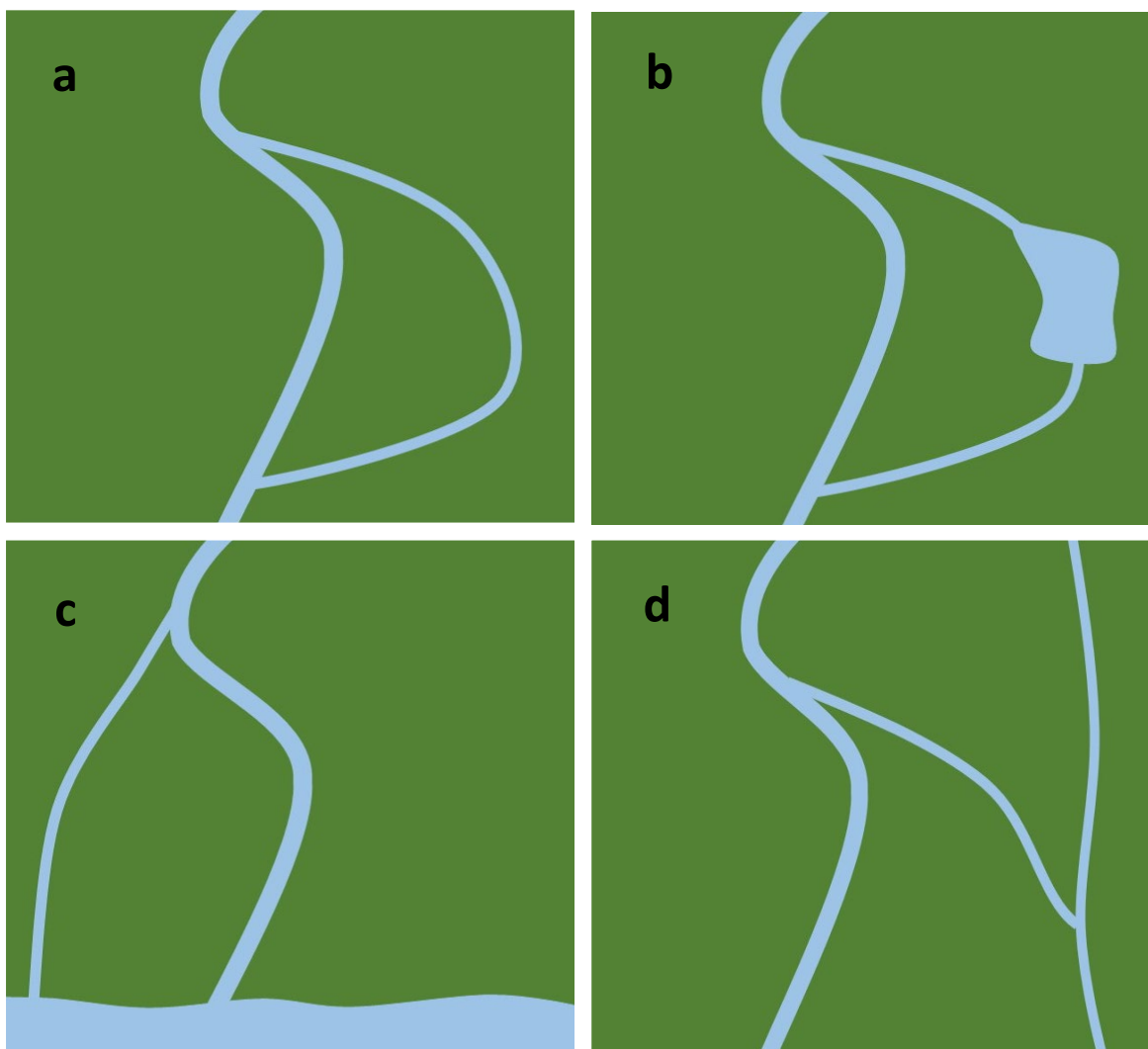
2.3 Omløb

Et omløb i et vandsystem dækker over en række tekniske anlæg med forskellige formål, alt efter anlæggets placering i vandsystemet. Fælles for anlæggene er, at de kan bruges som genvej eller omvej for vandet i vandløbet, hvorved belastningen af hovedvandløbet omkring omløbet reduceres.

Etablering af omløb anvendes til at klimatilpasse byer og landskaber mod større mængder regn og skybrud. Omløb vil ofte være kanaler eller rørledninger, der kan udformes efter behov og andre hensyn som f.eks. natur. Der findes overordnet 4 typer omløb (WMO, 2009):

- a) Vandet løber en omvej og kommer tilbage til hovedvandløbet,
- b) samme som a, men kombineret med et vådområde eller et anlæg, der kan opbevare og tilbageholde mere vand,
- c) omløbet kommer ikke tilbage til hovedvandløbet men har udløb et andet sted,
- d) omløbet fører vandet til et andet nærliggende vandløb, som kan aflaste hovedvandløbet (Figur 13).

Derudover findes der modifikationer og kombinationer af disse typer.



Figur 13: Fire typer omløb. A) Vandet i omløbet føres tilbage til hovedvandløbet, b) vandet føres også tilbage, men omløbet er kombineret med en dam, reservoir e.l. der kan opbevare en ekstra mængde vand, c) omløbet har udløb andetsteds, d) omløbet har forbindelse til et andet vandløb. Illustration: SEGES Innovation.

I overgangen fra hovedvandløbet til omløbet, findes et overløb. Overløbet kan være i forskellige niveauer, alt efter hvor stor effekt af omløbet der ønskes, samt hvor meget vand hovedvandløbet har behov for at blive aflastet for. Jo lavere et overløb, jo mere vand vil der strømme til omløbet, som dermed fjernes fra hovedvandløbet.

Formålet med omløb er at give overskydende vand en ekstra rute til at strømme væk fra det primære vandløbssystem for at reducere risikoen for oversvømmelser. Ved at etablere omløb kan man øge kapaciteten til at aflede vand og dermed mindske risikoen for oversvømmelse i tilfælde af kraftige nedbørshændelser. Implementeringen af omløb som en del af en bredere strategi for klimatilpasning indebærer ofte nøje planlægning, samarbejde mellem myndigheder og lokalsamfund, og indgriben i det eksisterende landskab. Men når det gøres korrekt, kan det være en effektiv foranstaltning til at beskytte mod skader forårsaget af ekstreme vejrforhold.

Placering og etablering

Placeringen af et omløb har stor betydning for vandhåndteringen opstrøms og nedstrøms. Etableres et omløb nederst i vandsystemet kan det agere som et sekundært udløb ved vandføringer over en fastlagt vandstand – også kaldet nødoverløb. Dette sekundære udløb kan muligvis reducere en opstuvningseffekt, og derved afhjælpe en forøget vandstand opstrøms i systemet (Nørgaard, 2020a).

Placeres omløbet længere opstrøms i vandløbet kan det benyttes til at lede vandet udenom oversvømmelses-truede arealer. Ved et sådant tiltag eksisterer en risiko for at overbelaste vandløbet længere nedstrøms, og en konkret beregning og vurdering af tiltaget bør foretages forud for etablering af omløbet.

Effekt ift. vandhåndtering

Effekten af et omløb afhænger af flere elementer: 1) Placeringen: Hvis omløbet er placeret langt nedstrøms, skal det kunne håndtere væsentligt større mængder vand end ved en opstrøms placering, 2) udløb: I tilfælde af at omløbet er koblet på et andet vandløb eller har udløb andetsteds, vil effekten af vandhåndtering afhænge af recipienten, 3) kapacitet: Effekten vil afhænge af bredden og dybden af omløbet, samt i hvor høj grad vegetation, sedimentation og lignende reducerer vandføringsevnen, og 4) overløbet: Et lavere overløb vil aflaste hovedvandløbet i højere grad (Schulte et al., 2018).



Figur 14: Et omløb der blev etableret i Bogense. Foto: SEGES Innovation.

Effekt på nærtliggende marker / afgrøder / jorden / dræn

Omløbet vil forbedre afvandingstilstanden for de marker der ligger opstrøms for omløbet. For omløb, der løber tilbage til hovedvandløbet, vil der ikke være nogen effekt på markerne nedstrøms. For omløb der har udløb andetsteds, kan afvandingstilstanden også forbedres nedstrøms.

Marker der ligger i området, hvor omløbet etableres, vil miste areal, og derudover vil det påvirke infrastruktur til marker der ligger omkring omløbet, især hvis der er marker placeret indenfor "øen" mellem omløb og hovedvandløb. Afvandingstilstanden vil til gengæld sandsynligvis forbedres i dette område omkring omløbet, så længe der er projekteret med de rigtige dimensioner til mængden af vand der skal igennem omløbet.

Effekt på vandkvalitet, miljømål og natur

Et omløb har potentiale til at forbedre den økologiske tilstand i vandløbet, da det kan være med til at aflaste det for sediment. Desuden kan omløbet etableres på en måde, så det bringer mere naturværdi ind i landskabet: Området omkring omløbet kan omdannes til et vådområde, der vil medvirke til fjernelse af næringsstoffer, samt bidrage til levesteder for plante- og dyrearter der er knyttet hertil. Denne type udformning af omløb lægger dog beslag på mere areal, og det kan være sværere at projektere effekten på vandhåndteringen - både i forhold til afvanding og i forhold til opretholdelse af vådområdet.

Omløbet kan også have en negativ effekt på vandløbets økologiske tilstand, hvis omløbet omdirigerer for meget vand. Det kan føre til at hovedvandløbets strækning mellem start og slut på omløbet mangler vand, hvilket øger plantevæksten i vandløbet og forringer levestederne for fisk og smådyr. Man skal også være opmærksom på, at der kan ophobes sediment omkring overløbet, da den naturlige strøm der bærer sedimentet videre afbrydes ved indgangen til omløbet (Schulte et al., 2018).

Synergieffekter (kvælstof, fosfor, lavbundsprojekter, osv.)

Et omløb kan kombineres med tiltag som vådområder og genslyngning, hvor omløbet får en bredere effekt end blot transport og midlertidig opbevaring af vand. Etableres der områder, der i dele af året er vandmættet, kan det have flere positive effekter på næringsstoffjernelse og natur.

Omløb kan også kombineres med mere tekniske anlæg som f.eks. reservoirs eller anden form for vandtilbageholdelse. Disse kan tilbageholde større mængder vand, og det opmagasinerede vand kan senere bruges i tørre perioder, enten til vanding af marker eller tilbageførsel til vandløbet, hvis denne er ved at tørre ud.

Vedligeholdelse

Omløb kræver jævnlig vedligeholdelse, da det, ligesom andre vandløb, skal holdes fri for vegetation, sediment og andre ting, der kan hindre vandet vej. Alt efter hvordan overløbet og indgangen til omløbet er designet, kan der også være ekstra vedligeholdelsesarbejde her, da ændring i vandstrømme kan forårsage øget sedimentation (Schulte et al., 2018). Er overløbet desuden lavbundet kan vegetationen også med tiden blive ekstra tæt her.

Økonomi / Omkostninger

Etablering af omløb er et større projekt, hvor der er udgifter forbundet med mange forskellige dele af projektet: Sagsbehandlinger, forundersøgelser, miljøvurderinger, rådgivning, projektering, selve grave- og entreprenørarbejdet, etablering af eventuelle broer og adgangsveje, værdiforringelse af areal, vedligeholdelse.

Eftersom et omløbsprojekt som udgangspunkt varetages af kommunen, vil nogle af udgifterne derfor også blive dækket af denne. I nogle tilfælde kan vand- og spildevandsforsyningerne også have stor interesse i vandhåndteringen, og de kan derfor også være en mulig bidragsyder. Derudover kan en økonomisk post også ligge hos de lodsejere, der får gavn af virkemidlet - både private og erhverv.

Se eksempel på hvordan omkostninger blev fordelt ved et omløbsprojekt i Bogense, samt hvad det konkret kostede lodsejerne her: [Klimaprojekt Bogense By - Nordfyns Kommune](#).

Juridiske forhold

Et omløb kan ikke etableres uden tilladelse fra kommunen, og der vil være flere juridiske forhold, som skal tage hensyn til under processen. Bl.a. kan der være flere lovgivninger, der skal tages i betragtning under planlægning, forundersøgelse, VVM-screening og etablering af et omløb, som for eksempel Vandløbsloven

og Naturbeskyttelsesloven, så sørg for at inddrage kommunen. Lovgivningsmæssigt kan det være en udfordring at få tilladelse til virkemidlet.

Kompensation

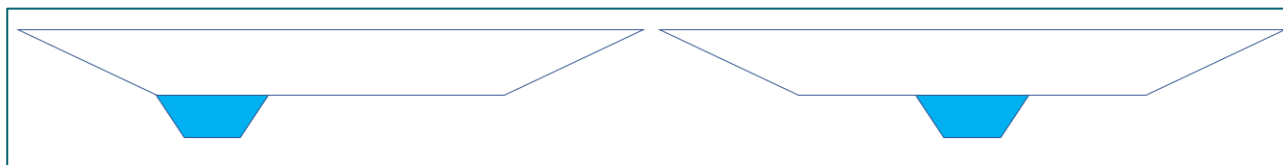
Der vil ikke mulighed for kompensation ved tab af areal. Omkostninger til selve etableringen kompenseres heller ikke, men udgifter kan i nogle tilfælde deles med kommunen, vandforsyningen, lodsejere eller andre interessenter.

Eksempler på omløb

- I Bogense på Nordfyn etablerede man et omløb, der ledte overskydende vand fra Bogense Bybæk ud til et andet vandløb udenfor byen (Figur 14). Vandet fra omløbet ender derfor i et andet udløb end Bybækens. Omløbet er beregnet til at kunne håndtere vand fra en 100-års hændelse, og har indtil videre fungere fuldstændigt efter hensigten. Læs mere herom i artiklen: [Omløb sparer Bogense for oversvømmelser \(landbrugsinfo.dk\)](https://landbrugsinfo.dk/omloeb-sparer-bogense-for-oversvømmelser).

2.4 Dobbeltprofil

Ved etablering af et dobbeltprofil sænkes de eksisterende vandløbsbrinker, således der opstår en banket langs vandløbet. Brinken og banketten vil fremstå tør det meste af året og vandløbet vil ligge uændret i sit primære profil. Dette tiltag skaber en bufferkapacitet langs vandløbet, som udnyttes ved store afstrømninger. På Figur 15 ses principskitser for énsidet og tosidet dobbeltprofil langs et vandløb.



Figur 15: Skitsering af hhv. énsidet og tosidet dobbeltprofil. Illustration: SEGES Innovation.

Placering og etablering

Afgravning af brinker for at få dobbeltprofil kan i princippet udføres alle steder på vandløbet, hvor det rent fysisk kan lade sig gøre for terræn, træer, bygninger, beskyttede naturområder og lignende. Det kan være tillokkende at placere dobbeltprofilet de steder hvor oversvømmelserne sker, men det er som oftest også her, at der er meget lille fald på vandløbet. Dobbeltprofilet vil derfor i det tilfælde blot ende med at blive til en lille aflang sø, og vil kun have ringe effekt på afvandingen her. Det mest effektive er at etablere dobbeltprofil på så lang en vandløbsstrækning som muligt, men i praksis kan det sandsynligvis kun lade sig gøre på enkelte strækninger. Dobbeltprofilet vil have størst effekt nedstrøms for oversvømmelsestruede områder (Miljøstyrelsen, 2019)

Effekt ift. vandhåndtering

Dobbeltprofil tillader mere vand at strømme i vandløbet, sammenlignet med stejle brinker. Et internationalt studie viser, at vandføringskapaciteten ved etablering af dobbeltprofil kan øges med op til 54% under ekstreme afstrømningshændelser, når det sekundære profil er 5 gange bredere end det primære profil (Paradis and Biron, 2017).

Korrekt dimensioneret kan et vandløb med dobbeltprofil håndtere lave sommerafstrømninger i det primære profil, mens det sekundære profil kun tidvist vil blive oversvømmet, som ved høje afstrømninger om vinteren eller ved ekstreme nedbørshændelser (Fejerskov et al., 2019). Den lokale forøgelse af vandføringskapaciteten, kan ved høje vandføringer udsætte de nedstrøms arealer for en øget hydraulisk belastning i form af erosion mv. ved store afstrømninger. En undersøgelse af konsekvenserne på de nedstrøms arealer, ved etablering af et dobbeltprofil, bør udføres før etableringen iværksættes.

Det sekundære profil vil kun tidvist oversvømmes og det forventes, at den hydrauliske modstand øges i det øjeblik vandløbet overstiger kapaciteten i det primære profil. Herved kan det sekundære profil agere som en midlertidig opbevaring og derved forsinke vandets bevægelse nedstrøms (Wiborg et al., 2014).

Dobbeltprofilet kan være både én- og tosidigt, afhængig af hvad der kan lade sig gøre på den aktuelle strækning af vandløbet.

Effekt på nærtliggende marker / afgrøder / jorden / dræn

Er dobbeltprofilet placeret korrekt ift. de oversvømmelsestruede marker og etableret med tilstrækkelig kapacitet, vil virkemidlet have en omgående positiv effekt på markerne og deres dræn. Risikoen for oversvømmelser nedbringes, og drænudløb der eventuelt har været neddykket har mulighed for at komme over vandspejlet igen, således drænsystemets selvvedligeholdelse bevares.

Eftersom dobbeltprofil kræver mere areal på siderne af vandløbet, vil det være sandsynligt, at marker der ligger ned til vandløbet skal opgive noget areal.

Effekt på vandkvalitet, miljømål og natur

Dobbeltprofil er et virkemiddel, der har potentiale til at kombinere hensyn til afvanding og miljøkrav i vandløbet. Banketterne agerer semi-vådområder der giver levesteder for forskellige dyrearter (Buisson et al., 2008). Derudover, hvis banketterne holdes fri for større vegetation, øges lystilgængeligheden i vandløbet, og giver god mulighed for at forbedre vilkårene for de ægte vandplanter, hvor mange fisk og smådyr er tilknyttet. Dog vil

effekten være begrænset for fisk, så længe der ikke suppleres med tiltag der forbedrer gydemulighederne (Fejerskov et al., 2019).

Ved kraftige nedbørshændelser, hvor banketterne oversvømmes, vil der ske en aflejring af sediment hvoraf partikulært fosfor også sedimenteres. Det har en positiv effekt på den økologiske tilstand i vandløbet og havet/fjorden, vandløbet ender ud i.

Vedligeholdelse

Virkemidlet er erfaringsmæssigt meget vedligeholdelseskrevende, da både banket og tracé med tiden gror til, hvilket reducerer Manningtallet (øge modstanden) i vandløbet (Nørgaard, 2020b). Det er derfor især træer, buske og høje urter og stauder, der skal fjernes jævnligt (Fejerskov et al., 2019). Vedligeholdelse skal som udgangspunkt udføres én gang om året, og kan med fordel gøres i sensommeren, hvor plantevæksten aftager og så dobbeltprofilen er klar til at tage imod vand fra efteråret og vinterens nedbør. Behovet for vedligeholdelse vil dog variere fra vandløb til vandløb og afhænger af hvor meget plantevækst der er på banketterne.

Udover fjernelse af vegetation kan der også være behov for jævnlig fjernelse af sediment fra både vandløbsbund og banketter.

Økonomi / Omkostninger

Gravearbejdet og fjernelse af jord i forbindelse med etablering af dobbeltprofil kan være omkostningstungt, og inden arbejdet går i gang, bør der også investeres i en grundig forundersøgelse og beregning i forhold til den forventede effekt på vandets strømningsveje - så virkemidlet ikke skaber uønskede effekter længere nedstrøms.

Der vil være en jævnlig udgift forbundet med vedligeholdelse, men hyppigheden og størrelsen af denne udgift afhænger i høj grad af vegetationstilvæksten på banketterne. Et eksempel fra Lilleåen i Favrskov kommune viser, at denne årlige omkostning kan ligge i omegnen af 100.000 kr. Læs mere om dette i eksemplet på et dobbeltprofil i Lilleåen nedenfor (Figur 16).



Figur 16: Dobbeltprofil i Lilleåen i Favrskov Kommune. Foto: SEGES Innovation.

Juridiske forhold

Uanset om vandløbet er privat eller offentligt skal der søges om tilladelse til at etablere et dobbeltprofil. Det vil nemlig i høj grad ændre på vandløbet skikkelse og vandføring, og der er derfor flere ting der skal tages i

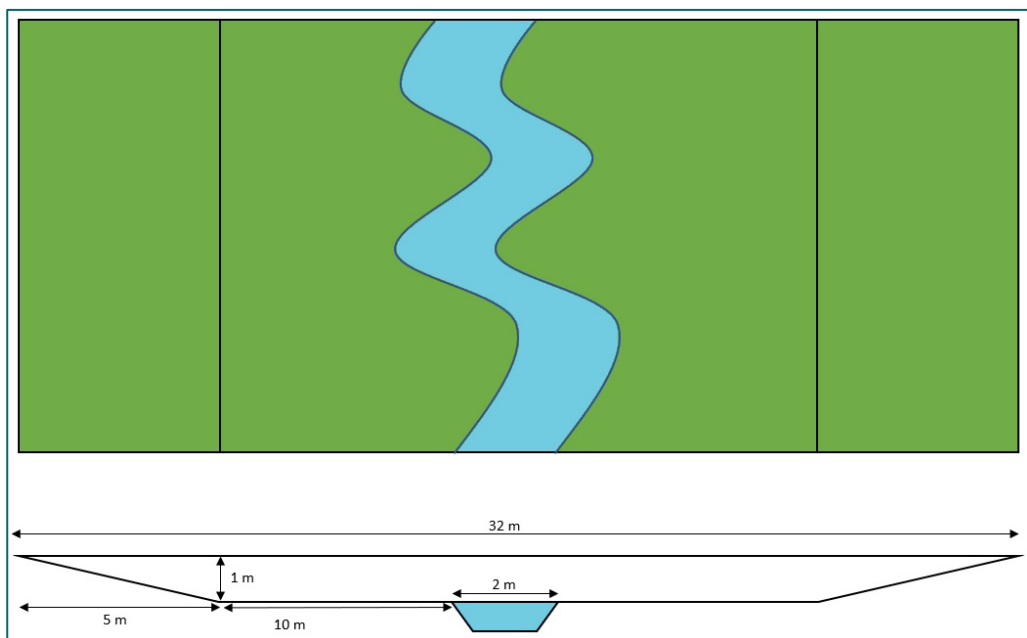
betragtning, før der gives tilladelse til denne ændring. Har vandløbet et regulativ, skal dette regulativ derefter ændres svarende til vandløbets nye karakteristik.

Eksempel på dobbeltprofil

- Lilleåen i Favrskov Kommune fik etableret dobbeltprofil tilbage i 1989. Erfaringer viser, at det ikke udelukkende har været en succes. Vandføring blev forbedret, men ikke i den ønskede grad. Der aflejres meget sediment, hvilket øger behovet for vedligehold hvis afvandingen skal opretholdes. Derfor er løsningen også blevet dyrere end forventet: 100.000 kr./år på den fire km lange strækningen, hvor der er dobbeltprofil. Læs mere herom i artiklen: [Case: Dobbeltprofil i Lilleåen: Erfaringer fra de seneste 20 år \(landbrugsinfo.dk\)](#).

2.5 Miniådal med genslyngning

Etablering af en miniådal sker ved en afgravning af vandløbsbrinkerne, så dette strukturmæssigt minder om en naturlig ådal. Vandløbet genslynges og løber i bunden af det etablerede profil (Figur 17 og Figur 18). Virkemidlet kan minde om dobbeltprofil, men modsat dobbeltprofilet forsøger man med en mini-ådal aktivt at forbedre de fysiske forhold i vandløbet, samtidig med at man sikrer tilstrækkelig afvanding ved forhøjede vandføringer.



Figur 17: Principskitse af en miniådal, set fra siden og fra oven. Illustration: SEGES Innovation.



Figur 18: Eksempler på miniådale med genslyngning. Foto: (tv) Bæredygtig Landbrug TV og (th) Jimmi Spur Olsen.

Placering og etablering

Dette virkemiddel er egnet til små vandløb i områder med fladt terræn, og hvor vandløbets fald er lavt. Etableringen af miniådale er tiltænkt områder, hvor man ønsker en mere naturlig vandløbsdynamik med et vandløb tæt på det omgivende terræn, og samtidig skaber en buffer til at aflede store vandmængder, ligesom i et dobbeltprofil.

Miniådalen bør placeres nedstrøms for oversvømmelsestruede områder, men de terrænmæssige forhold og tilgængeligheden kan ofte ende med at være afgørende for placeringen.

Effekt ift. vandhåndtering

Ved store afstrømningshændelser vil vandet løbe over bredderne i det genslyngede vandløb, hvilket bringer det sekundære profil i spil. Derved kan miniådalene potentielt have en højere vandføringskapacitet (Moeslund et al., 2013; Skovgaard et al., 2014). På grund af den øgede magasinkapacitet i miniådalene, er dette virkemiddel særdeles egnet til at aflede vand ved store nedbørshændelser, og reducere risikoen for oversvømmelser af vandløbsnære marker. Varigheden af miniådalens effekt er permanent under forudsætning af tilstrækkelig vedligeholdelse.

Miniådalene kan dimensioneres forskelligt alt efter hvad behovet for afvandingsevnen er – der kan ændres på bredden på ådalen, bredden/dybden på selve vandløbet og antallet/graden af slyngninger i vandløbet (Skovgaard et al., 2014)

Effekt på nærtliggende marker / afgrøder / jorden / dræn

Eftersom en miniådal optimalt set skal være omtrent 9 gange bredere end vandløbets egen bredde, kræver dette virkemiddel en del areal fra marker på begge sider af vandløbet (Roelsgaard et al., 2017).

Marker opstrøms for miniådalene vil få bedre afvandingsforhold, og afhængig af miniådalens evne til at tilbageholde vand, vil marker nedstrøms også have gavn af virkemidlet.

Effekt på vandkvalitet, miljømål og natur

Ved oversvømmelse af miniådalene er der en sandsynlighed for aflejring af fosfor bundet til partikler. Det kan dog forventes, at det partikulære fosfor vil mobiliseres ved store afstrømninger, hvormed er den egentlige retention af fosfor er begrænset til den mængde, der optages af planter i det sekundære profil (Skovgaard et al., 2014).

De nedlagte brinker i miniådalene vil have positiv effekt på naturtilstanden omkring vandløb, da mange forskellige arter er tilknyttet disse overgangszoner mellem terræn og vand. Man skal forvente at der vil etableres mange planter på de flade brinker, hvoraf nogle vil bidrage positivt til den økologiske tilstand både i og omkring vandløbet; mange insekter er tilknyttet de forskellige urter og stauder, og skyggende træer sænker temperaturen i vandløbet om sommeren hvilket er gavnligt for visse fisk og smådyr. For meget plantevækst kan dog også have en negativ effekt, da for meget skygge til vandløbet bremser udvikling af vandløbsvegetationen, hvor mange fisk og smådyr har sine levesteder.

Selve genslyngning af vandløbet har en positiv effekt på fiskebestanden, især hvis genslyngningen suppleres med udlægning af gydegrus og sten (Skovgaard et al., 2014). Ligesådan vil også levevilkårene for andre smådyr også have gavn af genslyngningen og den heterogenitet der opstår med den (Fejerskov et al., 2019). Derudover giver miniådalene i mange tilfælde også æstetisk værdi, samt forbedrer jagtmuligheder og andre rekreative aktiviteter.

Vedligeholdelse

De lave brinker, som udgør den sekundære profil, vil fremstå tørlagt det meste af året, hvilket øger risikoen for tilgroning med hurtigt voksende pionerarter, som f.eks. pil (*Salix sp.*). Dette skal medregnes som en ekstra, potentiel vedligeholdelsesudgift (Moeslund et al., 2013). Afhængigt af hvor hurtigt vegetationen etableres sig og hvor stort behovet er for afvandingstilstanden, kan vedligeholdelsesgraden variere fra én gang om året (i sensommeren eller efteråret) til kun hvert andet eller tredje år. Her adskiller miniådal med genslyngning sig fra virkemidlet dobbeltprofil: Hvor et dobbeltprofil etableres stort set udelukkende for afvandingens skyld, har genslyngningen flere positive effekter på den økologiske tilstand i og omkring vandløbet, og disse gavnlige effekter reduceres, hvis vandløbet vedligeholdes meget hårdt.

Udover vedligeholdelse af vegetation, kan der jævnlig opstå behov for fjernelse af aflejret sediment og sand (Skovgaard et al., 2014).

Økonomi / Omkostninger

Omkostninger forbundet med etablering af en miniådal og den tilhørende genslyngning af vandløbet er relateret til bl.a. gravearbejde for at sænke brinker, gravearbejde for at lave genslyngningen, forundersøgelser og

hydrologiske beregninger, eventuelt udlægning af gydegrus eller stryg, samt sagsbehandler og konsulentbistand.

Etablering af miniådal med genslyngning koster for et type 1 vandløb mellem 1,6 - 1,9 mio. kr./km alt efter hvor bred vandløbsbunden skal være (1 til 2 meter). For vandløb af type 2, koster det omkring 2,4 - 2,9 mio. kr./km (middelbredde på 5 meter) (Niras, 2014; Naturstyrelsen 2014). Disse beregninger er fra 2014, og prisen skal sandsynligvis justeres op.

Juridiske forhold

Kommunen skal give tilladelse til at etablere en miniådal med genslyngning, da dette vil være en regulering.

2.6 Vådområder

Det primære formål med etablering af vådområder er at genskabe den naturlige hydrologi langs vandløbene og i ådalene ved implementering af tiltag både i vandløbet og ådalen (Figur 19). Tiltagene vil ofte omfatte genslyngning af og bundhævning i vandløb kombineret med tiltag på de tilstødende arealer, hvor driften og afvandingen reduceres eller ophøres. Den restaurerede ådal kan bidrage til at mindske både den hydrauliske og næringsstofmæssige belastning af vandløbsstrækninger og vandløbsnære arealer nedstrøms ådalen (Fejerskov et al., 2019; Moeslund et al., 2013; Wiborg et al., 2014).



Figur 19: Vådområde omkring Rævs Å i nærheden af Odder. Vådområdet blev etableret for at tilbageholde vand, som det i høj grad gør om vinteren, som det ses her. Foto: Emil Skole Læsø, SEGES Innovation.

Placering og etablering

I ådale og på lavbundslande. Ofte er der allerede våde og vandlidende forhold.

Effekt ift. vandhåndtering

Ved restaurering af ådale og etablering af vådområder opnås en permanent forsinkelse af vandets strømning under store nedbørshændelser. Effekten vil afhænge af, hvor "vandfyldt" vådområdet er. På trods af virkemidlets arealmæssige omfang og høje anlægskostninger vil opmagasinerings effekten og de afledte effekter af virkemidlet på oplandsniveau være permanente.

Effekt på nærtliggende marker / afgrøder / jorden / dræn

Marker som vil indgå i vådområdeprojektet, vil blive taget ud af drift og oversvømmet. Afhængigt af hvor meget området tørrer op over sommerhalvåret, vil arealerne i nogle tilfælde kunne bruges til afgræsning. Dræn vil blive afbrudt i grænsen til projektarealet, så drænvandet overrisler vådområdet. Dræn der ligger indenfor projektarealet vil oftest blive ødelagt eller fjernet.

Effekt på vandkvalitet, miljømål og natur

Et vådområde har flere positive sideeffekter på miljø og natur, hvilket skyldes at vådområder er de naturlige filtre i landskabet, og hvor vandet er en essentiel del af mange dyr og planter livscyklus. På grund af de vandmættede og dermed iltfrie forhold i et vådområde, vil potentialet for kvælstoffjernelse ved denitrifikation være meget stort. Overrisles et vådområde derfor med drænvand, vil noget af nitraten i vandet fjernes og vil

potentielt forbedre vandkvaliteten i vandløbet. Også fosfor, som der også findes i drænvandet, har mulighed for at blive tilbageholdt: partikulært P sedimenteres i vådområdet, og opløst P optages af planterne. Det er dog også vigtigt at bemærke, at vådlægning af tidligere dyrkede marker, hvor der kan findes en vis pulje fosfor, kan føre til en nettoudledning af P. Det skyldes, at den fosfor der under iltrige forhold er stærkt bundet i jorden, frigives, når jorden vandmættes, og der opstår reducerede forhold (Hoffmann et al., 2020).

Potentialet for forbedring af natur og biodiversitet er stort ved etablering af et vådområde, da vådlægningen vil tiltrække mange arter af både insekter, padder og fugle. Er jorden og drænvandet der evt. strømmer til vådområdet meget næringsrig, vil der etablere sig mange hurtigvoksende planter, og arealet vil rent vegetationsmæssigt være forholdsvist artsfattigt i starten. Med tiden er der dog potentiale for, at vådområdet udvikler sig til at være mere næringsfattig og mere heterogent med flere vedplanter, hvilket øger natur- og biodiversitetspotentialet (Figur 20) (Hoffmann et al., 2020).



Figur 20: Etablering af et vådområde tiltrækker mange forskellige arter. Fra venstre: bukkehorn i den våde jord, rørsurv i en pilebush, og svamp, der gror på en fugtig stamme. Foto af Emil Skole Læsø, SEGES Innovation.

Effekt på klimagasser

Etablering af et vådområde vil bremse udledning af CO₂ fra jorden, især hvis jorden er kulstofrig, som den ofte er i ådale og lavbundsarealer. Det skyldes, at vandmætningen bremser ilttilførslen til jorden, og det organiske materiale kan dermed ikke omsættes.

Der er derudover også potentiale for reduktion af lattergasudledning. Lattergas (N₂O) udledes, når der er meget fluktuerende vandspejl, og er afhængig af tilstedeværelsen af nitrat. Derfor kan effekten på denne klimagas være varierende alt efter tilførsel af kvælstof med drænvand, samt om vådområdet er konstant vandmættet eller ej.

Endeligt vil vådlægningen også påvirke udledningen af metan (CH₄). Denne gas dannes under stærkt reducerede forhold, som opstår, når jorden er vandmættet over en længere periode. Til gengæld, hvis topjorden (øverste 0-20 cm) er iltholdige, er der mulighed for at metanen reoxideres og udledes som CO₂, der er en mindre stærk klimagas. Etableringen af et vådområde vil dog sandsynligvis føre til en øget udledning af metan. Overordnet set vil et vådområdet have en positiv (reducerende) effekt på klimagasser, men graden kan variere efter de hydrologiske forhold, og hvordan vandspejlet ligger efter vådlægningen (Hoffmann et al., 2020).

Synergieffekter (kvælstof, fosfor, lavbundsprojekter, osv.)

Vådområder kan skabe en sammenhæng i landskabet og kan bidrage med en lang række synergier inden for både natur, miljø, klima, landskab, landbrug og rekreative forhold. Vådområder kan bidrage til at mindske både den hydrauliske og næringsstofmæssige belastning af vandløbsstrækninger og vandløbsnære arealer, herunder værdifulde landbrugsarealer, nedstrøms ådalen.

Vedligeholdelse

Afhængigt af arealanvendelsen og de fremtidige fugtighedsforhold i vådområdet vil behovet for vedligeholdelse af virkemidlet være reduceret eller i samme omfang, som før etableringen.

Økonomi / Omkostninger

Etablering af et vådområde er forbundet med flere forskellige udgifter. Selve etableringsomkostningerne koster i omegnen af 40.000 kr./ha, og derudover kommer der salg og fordeling af arealer: Jordkøb/salg koster typisk 92.000 kr./ha, mens arbejdet relateret til omfordeling af jord (lodsejer modtager andre arealer i bytte for marken, der skal vådlægges) koster 9.000 kr./ha. Inden projektet går i gang, skal der desuden foretages forundersøgelser som koster omkring 8.000 kr./ha. Disse tal er gennemsnitsværdier for forundersøgelser og realiseringsprojekter i perioden 2015-2019 (Hoffmann et al., 2020).

Vådområder er 100 % finansieret af staten og EU gennem ordninger som bl.a. KlimaLavbund, Lavbundsordning, Kvælstofvådområde, Fosforvådområde. Det kan gøre det økonomisk rentabelt at indgå i et vådområdeprojekt, fordi projektet dermed kan få tilskud til både forundersøgelser, jordfordeling/kompensation, entreprenørarbejde og eventuel vedligeholdelse (Miljøstyrelsen, 2024).

Juridiske forhold

Det er altid frivilligt at deltage i processen om vådområdeprojekter. Det er kommunen eller Naturstyrelsen som ejer og driver projektet. Det er også dem, som sørger for at sikre overholdelse af diverse juridiske forhold, ansøger om midler til gennemførelse af forundersøgelse mv. Læs meget mere om vådområder og processen på www.vådområder.dk.

Kompensation

Du kan få kompensation for dette virkemiddel. Vådområder kan etableres under flere forskellige ordninger, som f.eks. KlimaLavbund, Lavbundsordningen, Kvælstof- og Fosforvådområder, som kan dække de forskellige omkostninger forbundet med etablering og som kan kompensere det areal der skal vådlægges (Miljøstyrelsen, 2024).

Eksempler på vådområdeprojekter

- Hør om andre landmænds erfaringer med at gå ind i et vådområdeprojekt i filmen: [Vådområder - landmænds erfaringer - SEGES TV](#).
- Læs også artiklen: [Case: I Kollerup Enge er vandløbsrestaurering blevet en schweizerkniv \(landbrugsinfo.dk\)](#), hvor du også finder videoer, hvor lodsejeren fortæller om sine oplevelser ift. at indgå i et vådområdeprojekt.

2.7 Vandtilbageholdelse

Vandtilbageholdelse skal forstås som en kontrolleret og midlertidig opmagasinering af vand i et afgrænset område, som opnås ved at bygge en barriere på tværs af et vandløb og ådal. Ved en grundig analyse af hydrologien i oplandet, og med kendskab til de strækninger, hvor vandløbet historisk er gået over sine bredder, er det muligt at implementere tiltag, der kan målrette og optimere vandtilbageholdelsen i bestemt områder. Formålet med vandtilbageholdelse er at reducere og forsinke afstrømningen gennem et vandløb under hændelser med store vandføringer (koblede nedbørshændelser og skybrud). Dette reducerer risikoen for oversvømmelser af nedstrøms byer og infrastrukturer samt værdifulde landbrugsarealer.

Placering og etablering

Anlæg der skal sikre vandtilbageholdelse, består ofte af diger med en åbning i form af f.eks. et bygværk med et rør, der kontrollerer den maksimale tilladelige vandmængde der løber nedstrøms selv under ekstreme nedbørshændelser. Arealer opstrøms for digeanlægget vil altså oversvømmes under nedbørsrige perioder, og det er derfor vigtigt at placere virkemidlet på arealer, hvor arealerne kan tages ud af drift.

Effekt ift. vandhåndtering

Mængden af vand, der tilbageholdes, afhænger af det dimensionerede anlægs kapacitet. Bestemmende herfor er bl.a. terrænet, højden på digerne og arealet der er til rådighed til at kunne oversvømmes.

Eksempler på størrelser på vandtilbageholdesesanlægs er bl.a.:

- Rathlousdaldæmningen i Odder kan tilbageholde 32.000 m³ vand (Figur 21).
- I Kolding Kommune kan deres vandtilbageholdesesanlæg opbevare i alt 60.000 m³ vand.
- I Skjern Å er der lavet en større løsning, som kan tilbageholde 250.000 m³ vand.



Figur 21: Rathlousdaldæmningen i Odder tilbageholder omkring 32.000 m³ vand. Foto: SEGES Innovation.

Effekt på nærtliggende marker / afgrøder / jorden / dræn

Marker beliggende i det udpegede oversvømmelsesområde opstrøms vandtilbageholdelses anlægget vil opleve periodevis oversvømmelser. Afhængig af oversvømmelshyppigheden skal arealanvendelsen på disse jorder tilpasses. Marker nedstrøms vandtilbageholdelses anlægget forventes mere dyrkningssikre.

Effekt på vandkvalitet, miljømål og natur

I perioderne, hvor der sker vandtilbageholdelse, vil oversvømmelserne skabe gode betingelser for fjernelse af kvælstof ved denitrifikation, hvilket har en positiv effekt på vandløbet vandkvalitet. Ligeledes kan der under oversvømmelserne sedimenteres fosfor, hvilket også påvirker vandkvaliteten positivt.

Når der etableres en barriere i vandløbet, er det vigtigt, at der skabes tilstrækkelig passage for faunaen forbi barrieren. Dette af hensyn til sikring af vandløbets målopfyldelse ift. Vandrammedirektivet.

Virkemidlet kan kombineres med tiltag som potentielt forbedrer hydrologien samt skaber større naturindhold og biodiversitet (Klimatilpasning.dk, 2024).

Effekt på klimagasser

Vandtilbageholdelsen kan føre til en udledning af klimagasser. Lattergas (N_2O) udledes især under fluktuerende vandspejl, så de periodevis oversvømmelse kan derfor udledningen af denne klimagas. Hvis oversvømmelserne er længerevarende, vil lattergasudledningen falde, men der vil til gengæld være risiko for at produktionen af metan (CH_4) stiger. Metanudledningen sker, når jorden har været iltfattig i længere tid, og der er opstået stærkt reducerede forhold.

Vandtilbageholdelse påvirker kun CO_2 -udledningen, hvis oversvømmelserne sker på jorde, der er rig på tørv. De vandmættede og iltfattige forhold bremser omsætning af organisk materiale i jorden og dermed udledning af CO_2 . På jorde, hvor C-indholdet i jorden er $>2\%$, er effekten på CO_2 -udledning minimal.

Synergieffekter (kvælstof, fosfor, lavbundsprojekter, osv.)

Vandtilbageholdelse kan udføres i samspil med andre virkemidler, både til gavn for klimatilpasning, natur og miljø. Eksempelvis kan vandtilbageholdelse kombineres med en genslyngning af vandløbet, etablering af våde enge og nye vandhuller, der alt sammen skal bidrage til øget vandtilbageholdelse, forbedring af natur- og biodiversitetspotentialet samt en øget kvælstoffjernelse (Figur 22).



Figur 22: Vandtilbageholdelsen i Hylkedalen i Kolding Kommune blev kombineret med en genslyngning af vandløbet, så virkemidlet får flere synergieffekter. Foto: Kolding Kommune.

Ved at målrette vandtilbageholdelse langs vandløb i områder med stort behov for markvanding, kan man muligvis opmagasinere vand i vandparkeringsystemet indtil der opstår et behov for markvanding. Implementeringen af virkemidlet vil kræve udvikling af et varslingsystem, således magasinkapaciteten i vandparkeringen kan øges forud for den forventede anvendelse, samt for at undgå at anlæggene overfyldes (Camnasio and Becciu, 2011).

Vedligeholdelse

Virkemidlet kræver vedligeholdelse i form af fjernelse af grene og andre elementer, der blokerer vandets passage gennem vandtilbageholdelsesanlægget. Eksempelvis blev der i forbindelse med etableringen af Rathlousdaldæmningen i Odder installeret en rist i sluseporten, der renses hvert år til hver andet år, afhængig af oversvømmelseshyppigheden. Vedligeholdelsen i dette tilfælde estimeres til at koste omkring 20.000 kr./år. Vedligeholdelsesarbejde og -udgifter vil ligge hos kommunen eller vandforsyningen, som i de fleste tilfælde er dem der ejer anlæggene.

Økonomi / Omkostninger

Etablering af et vandtilbageholdelsesanlæg er meget omkostningstungt. Som eksempel brugte Kolding Kommune cirka 3,5 mio. kr. på to diger, der tilbageholder i alt 60.000 m³ vand. Omkostninger ligger hos projekt-ejerne, som kan være kommunen eller vandforsyningen. I nogle tilfælde deles omkostningerne med de lods-ejere, der har jord ned til vandløbet, og som får gavn af virkemidlet.

Juridiske forhold

Der er mange juridiske forhold, som der skal tages hensyn til ifm. vandtilbageholdelse.

Kompensation

Som lodsejer af arealer i det udpegede oversvømmelsesområde vil du få erstatning eller blive kompenseret for ulemperne/tab. Der kan f.eks. gives en engangserstatning for anbringelse af det tekniske anlæg (f.eks. diger, dæmninger, veje) samt for arealernes værditab og for påvirkninger af bedriftens helhed. Afhængig af forholdene kan der eventuelt også ydes erstatning for afgrødetab, jord- og strukturskader.

Eksempler på vandtilbageholdelse

- [Case: Rathlousdaldæmningen udgør et centralt element i Odders klimatilpasningsplan \(landbrugsinfo.dk\)](#)
- [Case: Flaskehalse som klimatilpasningsværktøj i Hylkedalen, Kolding \(landbrugsinfo.dk\)](#)

3 Virkemidler på vandlidende højbundsjorde

Højbundsjorde er generelt karakteriseret ved at have et højt indhold af ler, især i dybden (Breuning-Madsen et al., 2013). Lerindholdet har stor betydning for markens udbyttepotentiale, da lerholdige jorde har en højere evne til at tilbageholde vand og næringsstoffer i jordsøjlen. Det betyder dog samtidig, at disse jorde også har højere risiko for at blive vandlidende, når dræningen på marken er mangelfuld eller utilstrækkelig. Har du udfordringer med vandlidende højbundsjorde kan du få hjælp til at identificere årsagen i kapitlet [Sådan løser du dine udfordringer med vand på højbundsjorde \(landbrugsinfo.dk\)](#) i Landmandens handleplan: Løs dine udfordringer med vandlidende og oversvømmede marker.

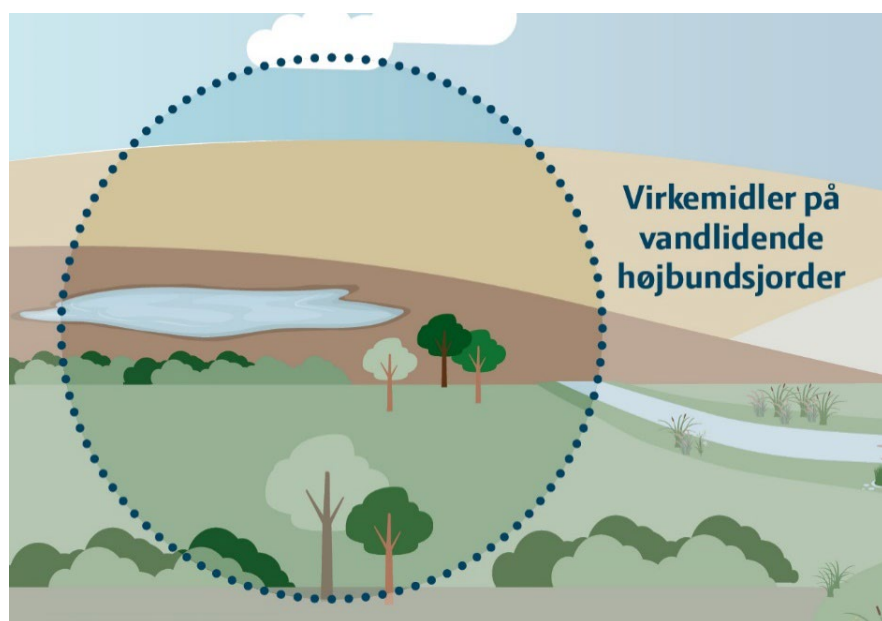
Overordnet set kommer det vand, der giver udfordringer på højbundsjorde, enten fra oven dvs. nedbør, der ikke kan komme væk, eller fra neden i form af trykvand eller terrænnært grundvand, som forårsager vandlidende forhold.

Når nedbøren forårsager vandlidende forhold på højbundsjorde, skyldes det, at vandet er forhindret i at infiltrere i jorden. De typiske årsager er 1) vandstandsede jordlag, 2) tilsæmmet jordoverflade, 3) dårlig jordstruktur og 4) mangelfuld dræning.

Udfordringer med trykvand eller terrænnært grundvand er ofte vanskeligere at konkretisere, men de typiske tegn er, at marken er længe om at blive farbar, og kan derfor være vanskelig at så eller høste rettidigt. Plantevæksten vil typisk være ringe og resultere i lave udbytter, samt et højt ukrudtstryk med særligt vandtolerante arter. Endeligt vil der desuden være udfordringer med overfladestrømning og erosion, og der vil nemt kunne dannes dybe kørespor.

Udfordringerne med vandlidende forhold – uanset om de er forårsaget af nedbør, overfladevand, trykvand eller terrænnært grundvand – vil kræve en forbedring af afvandingsforholdene. I nedenstående kapitel vil følgende virkemidlerne til løsning af udfordringer med vand på højbundsjorde gennemgås:

- Nydræning, omdræning eller reparation/vedligeholdelse af dræn
- Forbedring af jordstrukturen – herunder dræning med skakter
- Grubning
- Forbedring af jordens infiltrationsevne og overfladedræning i form af planering



Figur 23: Kapitel 3 omhandler virkemidler der primært bruges på højbundsjorde.

3.1 Nydræning, omdræning eller reparation/vedligeholdelse af dræn

Vandlidende højbundsjorder kan være forårsaget af utilstrækkelig dræning – enten fordi der på marken aldrig er foretaget dræning eller fordi det eksisterende dræningssystem er forældet og/eller mangler reparation og vedligeholdelse. Det ses i stigende grad, at der er brug for udskiftning eller reparation af gamle dræn i takt med, at nedbøren i Danmark er øget og grundvandsstanden er steget (Figur 24). Disse forhold kan medføre, at selv funktionelle drænsystemer vil fremstå som underdimensionerede. Det kan også ske som følge af sætninger i jorden (ses dog mest på lavbundsarealerne, hvor kulstofindholdet i jorden er højt) eller ændringer i sædskifte: Der indgår måske flere følsomme afgrødetyper eller flere vinterafgrøder, som kræver afvanding i en større del af året. Øvrige årsager kan være, at drænarbejdet i sin tid har været mangelfuld eller dårlig udført, eller at der sidenhen er sket forskellige skader og tilstopninger i drænrørene. Endeligt kan det også forekomme, at gamle drænrør ikke er tilpasset trykket fra de tunge maskiner, der i dag bruges i marken, og som dermed klemmer eller ødelægger drænrørene.

Nydræning, omdræning eller reparation og vedligehold af drænene kan derfor være et meget effektivt middel til at få vandet væk fra markerne. Effekten af dræning forudsætter dog at vandløbet eller anden form for recipient har kapacitet til at lede vandet videre væk, da der ellers vil ske et opstuvning af vand op igennem drænsystemet.



*Figur 24: Gamle drænrør af tegl har generelt en lang levetid, men nogle gange er det nødvendigt at kigge på om de skal optimeres, enten som følge af skader, underdimensionering, sætninger af jorden, tilstopninger eller noget helt andet. Her blev der koblet plastikdrænrør (som kan anes til venstre) på det gamle drænsystem, for at udvide det drænedes areal.
Foto: SEGES Innovation.*

Underjordiske dræning på højbundsjord kan foregå med forskellige materialer og metoder, men har som udgangspunkt det samme formål: at sænke højt grundvandsspejl og bortlede overskudsnedbør, som især gør sig gældende i vinteren og foråret.

Topografi og jordtype vil påvirke, hvordan drænsystemet udformer sig. I kuperet terræn kan man ofte nøjes med at pletdræne lavninger, mens mere flade arealer kræver systemdræning. På samme måde kan der findes variationer i underjorden, som f.eks. sandlommer og trykvand, der kun behøver pletdræning. Jordtypen er med til at afgøre dimensioneringen: Jo højere en lerprocent, jo kortere afstand skal der være mellem drænrørene. Dybden ligger typisk på mellem 1 og 1,2 meter; det er her de fleste afgrøders rødder maksimalt når ned til, og

dybere dræning har ikke nogen yderligere effekt på afgrødeproduktionen. Lavere dræning kan i nogle tilfælde godt lade sig gøre. Når grundvandsstanden når op over 60 cm fra jordoverfladen, begynder det at være kritisk for afgrødeproduktionen, og her vil antallet af dage med denne tilstand betyde nedgang i udbytte og kvalitet (Jensen, 2019).

Dræning er altså for mange bedrifter et grundvilkår for tilfredsstillende planteproduktion, og implementeres dette virkemiddel, hvad enten det er i form af nydræning, omdræning eller blot reparationer og vedligeholdelse, kan man forvente en tydelig effekt på udbytterne. Mange forsøg og undersøgelser viser, at dræning giver merudbytter på 10-25 %, og dertil kan der for bedriftsøkonomien tillægges de afledte positive effekter af forbedret rettidighed, højere næringsstofudnyttelse og mere frihed i afgrødevalg.

Placering og etablering

Dræning med drænrør foregår som udgangspunkt i selve markarealet, der er vandlidende, men der kan også være tilfælde hvor dræningen rækker ud over markfladen. Eksempelvis kan der være behov for at hovedledningen, der leder vandet væk, løber gennem andre arealer, afhængig af hvor recipienten af vandet ligger.

Fordele / Andre gevinster

En velholdt og korrekt udført dræning vil have omgående virkning på vandlidende arealer: Grundvandsstanden sænkes og jorden får mulighed for at tørre op. Det gør det muligt at færdes med maskiner på marken uden at lave alvorlige strukturskader, samt at så og gøde rettidigt. Når afgrøderne skal spire og etablerer sig, vil de have bedre mulighed for at overleve og udvikle sunde, dybe rødder, der kan optage tildelte næringsstoffer og hente vand i tørre perioder.

Ulemper

Når der graves ned til drændybden (1-1,2 meter) i forbindelse med nydræning, omdræning eller reparationer sker der store forstyrrelser af jorden, hvor muldjord og underjord blandes og strukturskader kan opstå. Der findes metoder til at reducere disse forstyrrelser, f.eks. kan nydræning ske med såkaldte V-plove, der skærer igennem jorden og lægger drænene direkte i uden at grave. Derudover bør al dræningsarbejde foregå i så tør jord som muligt, så risikoen for strukturskader minimeres.

Effekt ift. vandhåndtering

Dræning fjerner omgående vandet fra marken, og fører det til recipienten. Drænrørene gør altså vandtransporten i jorden mange gange hurtigere end den naturlige transport: Dræningen vil som oftest have en vandafstrømning op til $1 \pm 0,2$ liter pr. sekund pr. hektar. Man skal derfor være opmærksom på, at recipienten skal kunne håndtere de ekstra vandmængder, og at man ikke flytter vandudfordringerne til et andet område.

Effekt på vandkvalitet, miljømål og natur

Vandet transporteres som nævnt meget hurtigt fra markfladen og ud til recipienten, sammenlignet med den naturlige vej, der fører vandet gennem forskellige lag af grundvand. Derfor vil vandet, der transporteres i drænrør også bypasse nogle af processerne i de dybere jordlag og grundvandet, som renser vandet. Derfor kan der være større risiko for, at der fra drænede arealer udvaskes flere næringsstoffer, pesticider og mere organisk materiale til vandmiljøerne, hvilket skaber eutrofiering, og skader de vandlevende organismer.

Til gengæld har man med dræning mulighed for at styre, hvor vandet ender, og dermed sørge for at forurenset vand kan renses, f.eks. i et minivådområde. Derudover skal det også tages i betragtning, at dræning forbedrer afgrødernes vækst og dermed deres optag af næringsstoffer; på den måde kan dræning medvirke til at færre næringsstoffer går til spilde i det omkringliggende miljø og vandmiljøer.

Effekt på klimagasser

Dræning vil generelt reducere udledningen af klimagasser fra landbrugsjorder, hvilket primært skyldes at lattergasudledningen nedbringes. Lattergas (N_2O) dannes fra markjorden, når der er iltfattige forhold, samt gødning og organisk materiale til stede. Vandlidende landbrugsjorder har derfor særlig høj risiko for udledning af lattergas, der har en 265 gange stærkere drivhusgaseffekt end CO_2 . Selv mindre reduktioner i lattergas vil

derfor have stor betydning for landbrugets samlede klimagasudledning, og derfor vil dræning have en positiv klimaeffekt. Udledning af de to andre klimagasser, kuldioxid (CO₂) og metan (CH₄) påvirkes ikke nævneværdigt af dræning på højbundsjord.

Synergieffekter (kvælstof, fosfor, lavbundsprojekter, osv.)

Dræning kan kombineres med flere forskellige tiltag, der har positive effekter for fjernelse af kvælstof og fosfor, og kan derfor bidrage til forbedring vandmiljø og naturen der er forbundet hertil. Som nævnt er en fordel ved dræning, at der er kontrol med, hvor vandet fra landbrugsjorden ender, og det gør det muligt at lade drænvandet ende i et vådområde eller drænvirkemiddel, som f.eks. minivådområde, bufferzone eller et teknisk filter, der kan rense vandet.

Er den drænedede mark tæt på et lavbundsprojekt eller KlimaLavbundsprojekt, kan det også være en mulighed at lade vandet strømme hertil. Det vil, udover at give en miljøgevinst, også medvirke til at tørven på lavbunds-jorden sættes under vand, hindrer udledning af CO₂, og altså medvirker til en positiv klimaeffekt.

Vedligeholdelse

Uanset om der nydrænes, omdrænes eller er udført reparationer/vedligeholdelse på marken, er det essentielt at drænsystem fortsat vedligeholdes. Det sker ved at spule drænene og sørge for udløbet ikke er blokeret (Figur 25). Det, der ofte sætter sig i drænrørene og stopper dem til, er sand, silt, okker, slam og rester fra afgrødernes rødder. Behovet for vedligeholdelse kan variere, alt efter jordforholdene: Nogle jorder med meget finsand eller okker kan give behov for at spule drænrørene to gange om året, mens der i andre tilfælde kun trænger en lille mængde partikler ind, og spulingen først behøver finde sted hver andet eller tredje år eller sjældnere.

Vedligeholdelse kan også være rodskæringer (rødder fra større planter, eksempelvis træer i et læhegn, kan ødelægge drænrørene) og udskiftning af rør (drænrør kan trykkes, ødelægges eller forskubbes med tiden som følge af tungtrafik og sætninger af jorden).



Figur 25. Drænrør kan være defekte, fordi de er blevet tilstoppet af okker (venstre) eller er blevet klemte (højre). (Fotos: Janne Aalborg Nielsen, SEGES Innovation).

Juridiske forhold

Der er forskellige juridisk forhold, man skal tage i betragtning, når man bruger dræning som virkemiddel til at få vand væk fra markerne. Som udgangspunkt er der fri dræningsret, men i praksis kan der være mange forskellige forhold der gør, at man alligevel skal søge om tilladelse til at dræne (Nielsen, 2015). Det gælder især større projekter med nydræning og omdræning, men det kan faktisk også gøre sig gældende, selv hvis man skal lave mindre udbedringer af drænsystem. Det skyldes, at det vand, der før samlede sig på marken, nu kan ændre vandtilstanden andre steder, når drænsystemet ændres/forbedres. Det anbefales derfor altid at søge om tilladelse hos kommunen inden man går i gang med et drænprojekt, også selvom det er et lille et - så er man på den sikre side. Kun ved spuling og mindre reparationer kan man arbejde uden det kræver tilladelse. Du skal dog være opmærksom på at udføre spulingen rigtigt både for ikke at ødelægge drænrørene, pakninger og jordstrukturen men også for at sikre, at forurenende stoffer ikke føres til vandløb eller andre

recipient. Du kan læse mere om korrekt spuling af drænrør og håndtering af spulevandet i [Dansk Markdræningsguide](#) side 36 – 37.

Når drænsystemet er etableret og fungerer, skal man også være opmærksom på, at der er pligt til at vedligeholde det. Det er fordi et drænrør lovgivningsmæssigt betragtes som et vandløb, og ligesom private vandløb, skal drænene derfor også vedligeholdes. Dette skal man især være opmærksom på, hvis drænsystemet modtager vand fra nabomarker. Pligten til vedligehold gælder også meget gamle dræn (SEGES, 2020).

Økonomi / Omkostninger

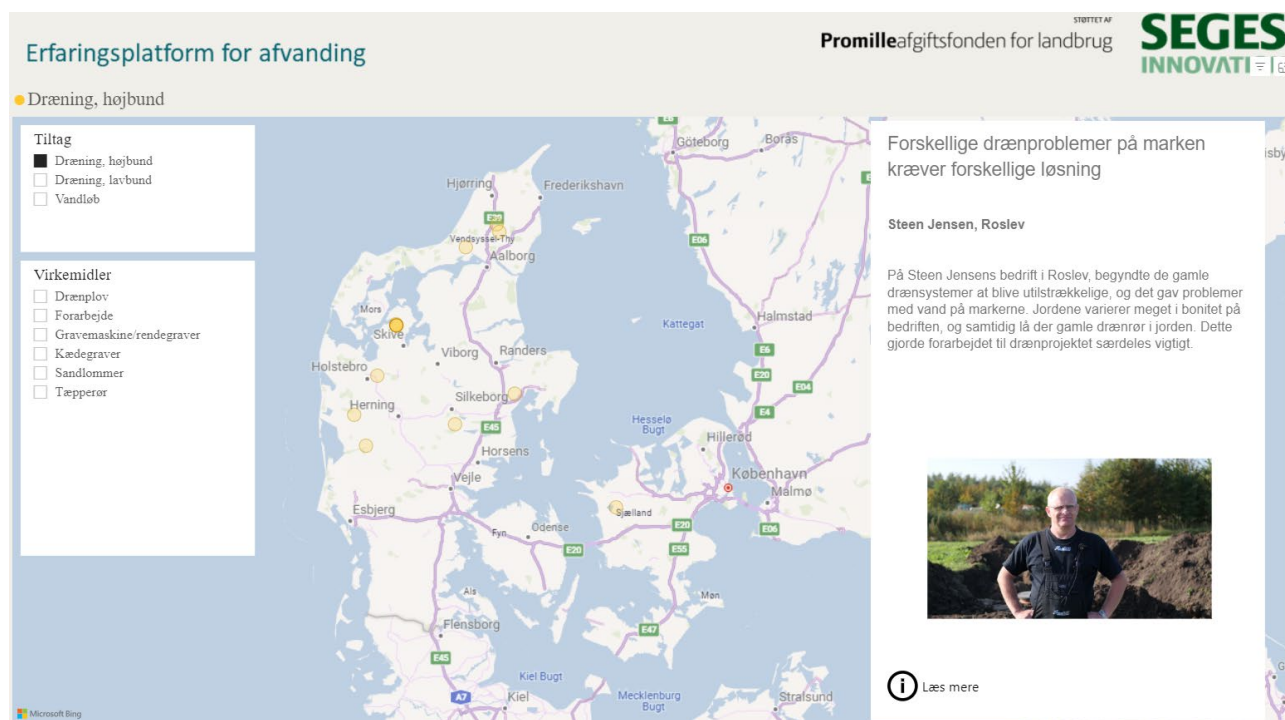
Dræning kan være meget omkostningstungt, når der skal etableres nye dræn eller gendrænes store arealer. Priserne varierer meget efter forskellige forhold som jordtype, naturligt fald i terrænet, afstand til recipient, materialebehov ift. pakning omkring drænrør, okkerforekomst, pumpebehov, forbehold for opstrømsliggende arealer, m.m. Som udgangspunkt kan man regne mindst 16-17.000 kr./ha. Drænrør har til gengæld en lang levetid, hvis de er etableret korrekt og man sørger for at vedligeholde dem: drænrør består i dag af plastik, og kan derfor i princippet ligge i jorden i flere hundrede år.

Kompensation

Drænrør hører lovgivningsmæssigt ind under privat vandløb, så alle udgifter forbundet med etablering, ændringer og vedligehold hører til lodsejeren, uden mulighed for kompensation.

Eksempler på dræning

- Se de mange landmænds erfaringer om dræning som er samlet på SEGES Innovations: [Erfaringsplatform for afvanding](#) (Figur 26).



Figur 26: SEGES Innovations Erfaringsplatform for afvanding.

3.2 Forbedring af jordstrukturen

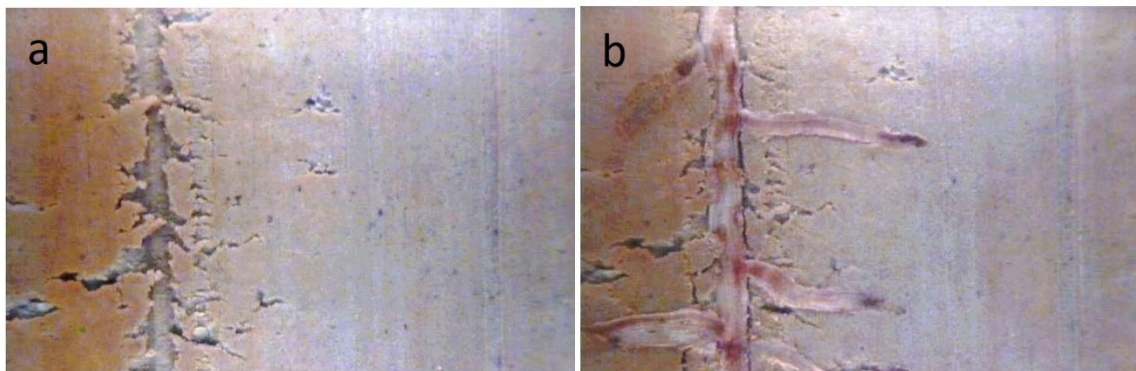
Selv jorde med gode dræningsforhold vil stadig være vandlidende, hvis jordstrukturen på marken er dårlig. En god jordstruktur er kendetegnet ved, at jorden nemt smuldrer i mindre stykker, og jorden er nem at grave i. En jord med denne karakteristisk gør det nemt for rødder, ilt og ikke mindste vand at bevæge sig i.

Dårlig jordstruktur kan skyldes pakning forårsaget af kørsel med tunge køretøjer, men det kan også ske spontant, når små partikler flyttes med vandet ind i poresystemet, og dermed blokerer for gennemstrømning af vand (Hao et al., 2008). Risikoen for, at disse små jordpartikler transporteres ind i poresystemet, er større, når der i jorden kun er begrænset indhold af organisk materiale til at binde partiklerne sammen. Derfor vil et lavt indhold af organisk materiale i jorden som oftest være lig med en dårlig jordstruktur (Franzluebbers, 2002). Dog vil finsandede og siltholdige jorde altid være sværere at forbedre jordstrukturen på, da disse partikler binder dårligt i aggregater, uanset mængden af organisk materiale.

Forekomst af blåler kan være et naturgivent forhold, der kan resultere i en dårlig jordstruktur, med en så lav en permeabilitet, at det kan virke vandstandsende. Blåler forekommer som oftest i dybder fra 50 cm og nedad (Filsø, 2014).

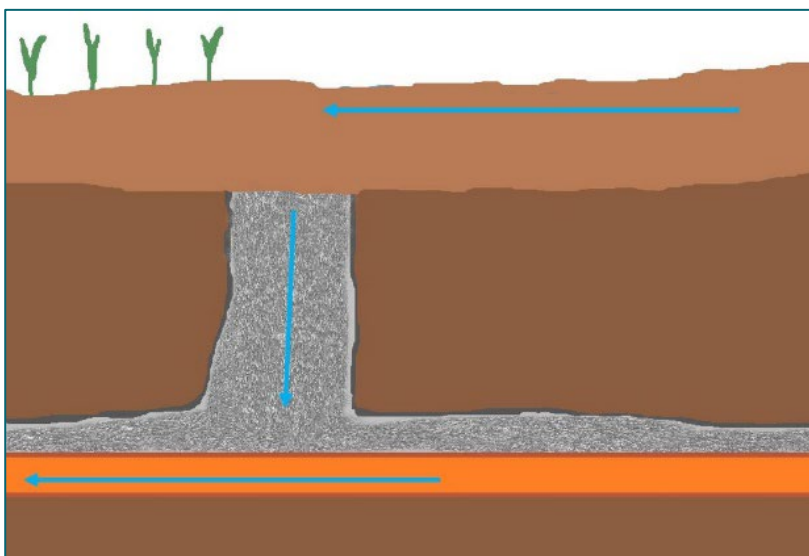
Der findes flere forskellige metoder til at forbedre vandets mulighed for at trænge ned til drænene. Det er vigtigt at have fokus på tiltag der virker forbedrende på jordstrukturen og dermed forebygger udfordringerne med nedsivning. Blandt forbedrende/forebyggende tiltag, findes:

- a) At implementere en mekanisk og/eller biologisk jordløsning. Jordløsning bryder en meget pakket jord op, så der dannet flere aggregater, og giver vandet plads til at strømme mellem disse aggregater. Det kan ske mekanisk med pløjning og med grubning i de dybere jordlag (se afsnit 0), eller det kan ske biologisk vha. planterødder. Den biologiske jordløsning tager længere tid om at indfinde sig, men har også bedre, dybere og længerevarende effekt, sammenlignet med mekanisk jordløsning. Nogle af de planter, der egner sig bedst til biologisk jordløsning, er cikorie, lucerne, olieræddike, samt visse græsser (Chen et al., 2014; Pulido-Moncada et al., 2021; Williams and Weil, 2004).
- b) Tilførsel af organisk materiale. Friskt organisk materiale nedbrydes til humuspartikler i jorden, som har forskellige komplekse strukturer, og indeholder en blanding af både positive og negativt ladede partikler (Brady and Weil, 2014). Dette giver mulighed for at samle jorden i aggregater, og holde på dem, selv hvis jorden udsættes for tryk fra kørsel med tunge maskiner.
- c) Plantedække. Plantevækst er et vigtigt redskab til at sikre en god jordstruktur og bør derfor anvendes, så ofte som det er muligt. Dette skyldes både tilførslen af organisk materiale, hvis effekter er redegjort for i afsnit b), dannelse af makroporer hos rødderne, samt røddernes bidrag til at styrke jorden og øge dens modstandsdygtighed overfor pakningsskader (Schjønning et al., 2009; Stirzaker and White, 1995). Se også Figur 27.
- d) Skånsom kørsel på marken. Selvom dårlig jordstruktur kan skyldes naturgivne forhold, såsom jordtype, vil trafik i marken altid øge risikoen for strukturskader. Denne risiko kan reduceres ved 1) at køre i tør jord (maksimalt markkapacitet, -100 hPa), 2) køre med et lavt dæktryk på maskinerne, således trykket fordeles over et større areal (Schjønning et al., 2009), 3) køre med flere aksler eller færre ton pr. aksel, og 4) køre i faste spor i marken, således strukturskaderne begrænser sig til et minimalt areal (McHugh et al., 2009).



Figur 27. Visualisering af effekten af biologisk jordløsning: Raps (a) blev sået som cover crop i efteråret (september 2001) og nedvisnet det efterfølgende forår (maj 2002) med glyphosat. Umiddelbart efter blev sojabønner (b) sået. Billede a) af rapsrødderne er taget d. 3. maj 2002, mens billede b) af sojarødderne er taget d. 17. juli 2002. Billeder er fra optagelser i minirhizotron. (Williams and Weil, 2004).

Hvis jordstrukturen/-teksturen er meget vanskelig, og der er akut behov for lette vandets vej ned gennem jorden, findes der også den mere tekniske løsning drænskakter (Figur 28). Her etableres der søjler fra pløjelaget og ned til drænrørene der fyldes med grus, og på den måde skabes der områder i marken, hvor vandet strømmer meget hurtigt ned og væk. Pløjelaget står intakt, men underjorden ned til drænene vil altså indeholde grus og vil selvsagt være uegnet til plantevækst. Drænskakter er derfor generelt ikke noget der implementeres i hele drænsystemet, men derimod på særligt udfordrende områder af marken. Dette er især også fordi gruset er dyrt, og det kan meget hurtigt blive en omkostningstung løsning



Figur 28. Konceptskitse af en drænskakt. Skakten graves fra drænrøret og op gennem jordlaget. Skakten fyldes derefter med grus eller andet materiale med høj hydraulisk ledningsevne. På den måde dannes der lokale "motorveje" for vandet, hvilket kan forbedre dræningsforholdene i resten af jorden. Blå pile markerer vandets vej. Illustration: SEGES Innovation.

Placering og etablering

De forebyggende tiltag er noget, der kan og bør udføres på stort set alle marker, for at øge jordens generelle infiltrationsevne og sundhed mest muligt. Drænskakter er derimod en særlig indsats, der skal placeres på områder, hvor der er meget vanskelig jordtekstur (tung lerjord, dyndjord), og hvor andre tiltag ikke er mulige at implementere.

Fordele / Andre gevinster

De biologiske metoder til at forbedre jordens struktur vil have flere afledte positive effekter. Tilførsel af organisk materiale er generelt kendt for at øge jordens sundhed og frugtbarhed, idet det, udover at stabilisere jordstrukturen, også øger den mikrobielle aktivitet og dermed frigivelse af næringsstoffer, samt det øger vandholdningskapaciteten og udvekslingen af kationer og anioner (Johnston et al., 2009). En sund jord er også som oftest en mere dyrkningssikker jord, der bedre kan modstå tørke såvel som store mængder nedbør.

Ulemper

Effekterne af de forebyggende tiltag til at forbedre jordens struktur kan være lang tid om at indfinde sig og vil variere fra jord til jord: på nogle jorde kan man opleve en effekt allerede efter første år, på andre jorde vil det tage flere år med ændret praksis, før der begynder at ske forbedringer.

Brug af drænskakter overkommer den udfordring, men tilførslen af grus til underjorden kan til gengæld have negative effekter på plantevæksten. Derfor anbefales det generelt også at drænskakter kun bruges enkelte steder hvor der jordteksturen er meget vanskelig og andre metoder ikke er mulige.

Effekt ift. vandhåndtering

De forebyggende tiltag har varierende effekt på vandhåndtering og effekten vil sjældent ses omgående. Man kan dog forvente at mange år med strukturforbedrende praksis vil resultere en sundere jord, hvilket har positiv effekt på jorden naturlige vandhåndtering. Drænskakter har til gengæld en omgående effekt. Drænskakter og til dels de strukturforbedrende virkemidler forudsætter at der findes drænrør i underjorden, der kan lede vandet videre.

Effekt på vandkvalitet, miljømål og natur

Brug af de forebyggende tiltag vil generelt have en positiv effekt på vandkvaliteten og miljøet, fordi dybdegående rødder og plantedække generelt bidrager til at samle overskud af næringsstoffer op, og dermed hindrer udvaskning til vandmiljøer. Tilførsel af organisk materiale øger jorden evne til at tilbageholde næringsstoffer samt tungmetaller og fremmedstoffer som pesticider. Det øger også den mikrobielle aktivitet, som er med til at nedbryde pesticider i jorden.

Drænskakter kan have en negativ effekt på vandmiljøet. Grusskakterne øger den hydrauliske ledningsevne i jorden, og netop af denne grund skal man være opmærksom på en øget risiko for næringsstof- og pesticidudvaskning. Den korte hydrauliske opholdstid, der er forbundet med grus og grovsand, betyder, at stoffer i jordopløsningen vil have kortere tid til at komme i kontakt med jordens mikroorganismer og diverse fysiokemiske processer, der bidrager til at nedbryde dem (Nygaard, 2004). Kombinationen af hurtigt gennemløb og stoffernes generelt dårlige binding til grus og grovsand bevirker, at en større mængde pesticider og næringsstoffer potentielt kan transporteres fra jordoverfladen til drænene og videre til recipienten (Hergert et al., 1981). Der er så vidt vides endnu ikke lavet undersøgelser om, i hvor høj grad dræningsskakter bidrager til en øget udvaskning.

Vedligeholdelse

De strukturforbedrende tiltag skal udføres mere eller mindre hvert år, for at effekten vedligeholdes. Drænskakter skal ikke vedligeholdes, hvis de er etableret korrekt. Er gruset, der fyldes i skakten, i for lille størrelse, kan man risikere at skakten mister noget af sin evne til at lede vandet væk, da finere partikler med tiden aflejrer sig og stopper skakten til.

Økonomi / Omkostninger

De forebyggende tiltag er forholdsvis billige at udføre - nogle vil endda ikke udgøre en ekstra udgift, hvis flerårige afgrøder eller efterafgrøder allerede er planlagt i sædskiftet. Tilførsel af organisk materiale kan variere: Nedmuldning af husdyrgødning og efterafgrøder kan være en lettilgængelig kilde, mens nedmuldning af halm, kan være en udgift, da halm kan tjene andre formål, som f.eks. dybstrøelse, biogas, forbrænding, osv. Alternative kilder til organisk materiale er kompost og biokul, men disse hører til de endnu dyrere løsninger. Drænskakter er det dyreste virkemiddel til at forbedre jordstrukturen. Det skyldes både mandetimer, der skal lægges i af drænentreprenøren, men også materialet/gruset der fyldes i skakterne. Til gengæld er det en enkeltstående udgift, og ikke noget der giver løbende omkostninger.

Juridiske forhold

Der kan være juridiske forhold, man skal tage i betragtning, hvis man planlægger af etablere drænskakter. Det anbefales altid at man søger om tilladelse, hvis man laver ændringer i sit drænsystem - se også under Juridiske forhold i afsnit 3.1.

Eksempler på forbedring af jordstruktur

- Læs mere i denne case, hvor drænskakter indgår i dræningen: [Case: Dræning sikrer dyrkning af vinterhvede på lavbundsjorden \(landbrugsinfo.dk\)](#)

3.3 Grubning

Kompakte jordlag – også kaldet vandstandsende jordlag – kan forhindre overfladevand i at trænge ned gennem jorden og ned til drænsystemet. Dette vil ofte vise sig ved, at der er vand på jordoverfladen, eller overjorden er vandmættet. Vandstandsende jordlag kan opstå naturligt samt ved menneskelige aktiviteter, som kørsel med tunge køretøjer. Når det skabes naturligt, skyldes det kemiske forbindelser, der udfældes og sammenkitter sandkorn. Dette kaldes også cementerede jordlag, og kan eksempelvis være al-lag og myremalmslag (Breuning-Madsen and Krogh, 2005).

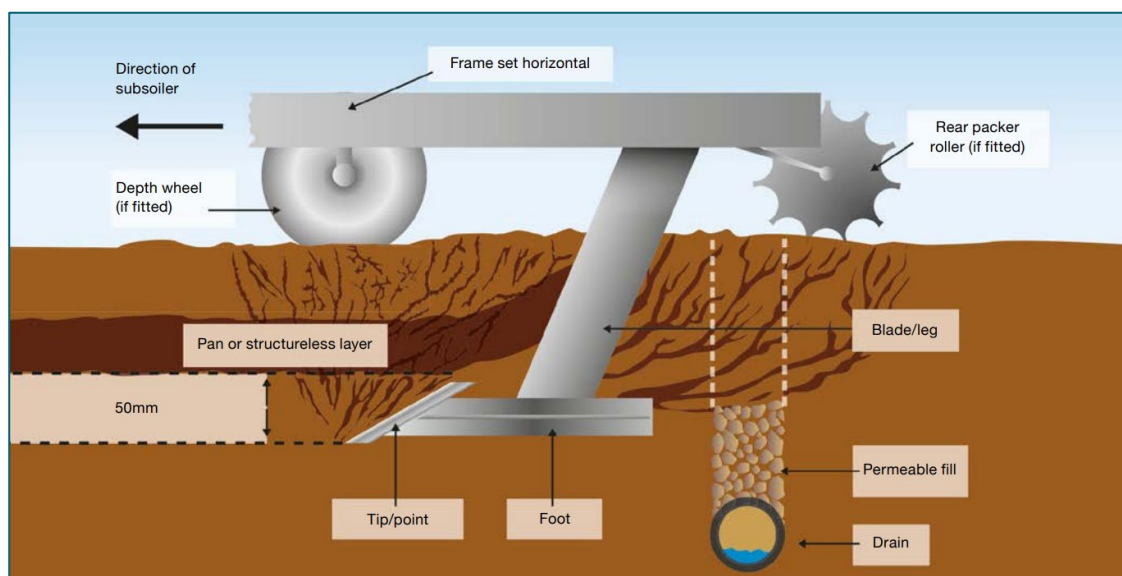
Udover cementering kan der også ske en pakning af jorden, der som oftest opstår pga. færdsel med tunge maskiner i marken, hvor risikoen er særlig høj, når jorden er våd. Jævnlig brug af plov er også med til at danne et pakket jordlag, en såkaldt pløjesål. Pakning kan også ske naturligt afhængigt af jordtype og humusindhold i dybden, men dette vil i høj grad blive accelereret af trafikken i marken (Schjønning et al., 2002).

Når der først er skabt et vandstandsende jordlag, kan selv ikke et velfungerende drænsystem hjælpe med afdræning af marken. Der vil oftest være behov for mekanisk jordløsning, eksempelvis i form af grubning.

Grubning er en dyb form for jordbearbejdning, hvor jorden ikke vendes, men hvor tænder skærer ned og igennem det vandstandsende lag (Figur 29). Grubberen kan desuden have et vingeskær, således at den pakke jord splittes bedre ad. Dette kræver ekstra trækraft, og anbefales som oftest kun i tilfælde af cementerede jordlag.

Tænderne på grubberen skal som udgangspunkt nå 2,5-5 cm under det vandstandsende lag, og maksimum 45 cm under jordoverfladen (Hill et al., 2018). Såfremt det vandstandsende jordlag viser sig at være for tykt, eller det ligger for dybt, vil grubning ikke længere være en mulig løsning. Det vil derfor være nødvendigt at undersøge andre virkemidler, som eksempelvis brug af kædegraver og drænplov. Dette kan suppleres med anlæg af grusskakter ned til drænene.

Det er vigtigt at være opmærksom på dybden for grubningen i forhold til drændybden, da man ellers kan risikere at ødelægge eksisterende dræn.



Figur 29. Eksempel på brydning af vandstandsende lag ved grubning. (Hill et al., 2018).

Grubning skal altid foregå under tørre forhold; dette sikrer, at det pakkede eller cementerede jordlag lettere brydes og smuldrer i stykker. En våd jord, der grubbes, har risiko for at blive påført flere strukturskader, idet der kan ske en glitning af jorden i det vandstandsende lag, samt en pakning af den øverste jord (Jørgensen et al., 2004). Det vil desuden kræve mere trækraft og brændstof at trække grubberen igennem en våd jord fremfor tør jord (Raper and Sharma, 2002).

Placering og etablering

Grubning kan i princippet udføres på hele marken for at sikre sig at alle pakkede jordlag, også dem der især dannes i sprøjtesporene, brydes (Figur 30). Det kan også være tilstrækkeligt kun at grubbe på udvalgte steder i marken, hvor man ved, at der findes al- eller myremalmslag. Det vil også tit vise sig at problemer genopstår i de samme områder, og at man derfor målrettet kan gå efter disse områder, når behovet for grubning genopstår.



Figur 30: Der grubbes mellem rækkerne 3 uger efter såning. Foto: SEGES Innovation.

Fordele / Andre gevinster

Udover den umiddelbare effekt af brydning af det vandstandsende lag, der tillader en hurtigere nedsivning af vandet, så kan grubning give mulighed for bedre vækstbetingelser for afgrøderne. Det har den afledte effekt at bedre vækst og rodudvikling giver bedre struktur og vandinfiltration i underjorden. Det reducerer problemerne med pakket jord fremover og kan udsætte behovet for at gentag grubningen senere hen.

Effekt ift. vandhåndtering

Grubning har en omgående effekt på nedsivningen af vand til underjorden, og vil derfor forbedre afvandings-tilstanden på marken umiddelbart efter tiltaget. Effekten afhænger dog af, at vandet kan blive transporteret videre fra underjorden – hvad enten det er naturlig dræning til grundvandet, eller det er via drænrør til vandløb.

Effekt på klimagasser

Grubning kan reducere udledningen af klimagassen, lattergas (N_2O) fra marken, da længerevarende iltfattige forhold som følge af vandmætning i jordoverfladen, øger lattergasproduktionen. Når det vandstandsende

jordlag brydes og vandet dræner væk, reduceres denne produktion. Der vil ikke være nogen nævneværdig effekt på de to andre klimagasser, kuldioxid (CO₂) og metan (CH₄).

Vedligeholdelse

Grubning er ikke et virkemiddel, der som sådan skal vedligeholdes, men har jorden tendens til at danne et vandstandsende lag, kan det være nødvendigt at grubbe igen efter nogle år. Tiden imellem grubningerne kan forlænges ved hjælp af forskellige tiltag som dyrkning af afgrøder med kraftige, dybdegående pælerødder, tilførsel af organisk materiale, reduceret jordbearbejdning og/eller kørsel med mindre dæktryk, mindre maskiner og i præcise spor i marken (Boyle et al., 1989; Hamza and Anderson, 2005; McHugh et al., 2009; Schjøning et al., 2009).

Økonomi / Omkostninger

Alt efter type redskab (nogle kombinerer grubning med såning (Figur 31)), samt hårdheden af det vandstandsende lag, og dermed time- og brændstofbehovet, vil grubning koste mellem 300 og 700 kr./ha.



Figur 31: Eksempel på en grubber der kan så efterafgrøder i samme omgang. Foto: SEGES Innovation.

Eksempler på grubning

- [Case: Leret underjord og myremalm gjorde markens lavninger våde \(landbrugsinfo.dk\)](https://landbrugsinfo.dk)

3.4 Forbedring af jordens infiltrationsevne og overfladedræning

Hvis jordoverfladen tilslæmmer skyldes det, at strukturen i den øverste del af jordsøjlen ødelægges, og jordpartiklerne pakker sig i et tæt lag med en meget lav hydraulisk ledningsevne, hvilket medfører en begrænset infiltration. Det er især den fysiske påvirkning fra regn, der ødelægger strukturen i jorden, idet regndråberne ved koalition med jordoverfladen bidrager til en opdeling af jordaggregaterne (Mulin, 1993). Tilslemning af jordoverfladen er især en udfordring på siltholdige og finsandede jorde.

På en tilslemmet jordoverflade med begrænset infiltration skal der derfor kun være en ganske svag hældning af terrænet før vandet løber af overfladen, og ender enten helt udenfor marken eller nede i lavninger på marken, der dermed risikerer at blive vandlidende. Dermed opstår et paradoks: afgrøderne i lavningerne vil få for meget vand, mens resten af marken kan risikere at mangle vand. Det kan ydermere skabe problemer med erosion af jorden, hvor der kan dannes riller i marken og der transporteres jordpartikler og næringsstoffer væk (Figur 32).



Figur 32: Eksempel på markante erosionsrender på en mark med svag til moderat hældning Foto: Preben Rich Larsen.

Såfremt man oplever udfordringer med tilslemning af jordoverfladen på sine marker, kan man igangsætte tiltag, der bidrager til at øge infiltrationsevnen i jorden, og som i nogle tilfælde kan afhjælpe problemet uden brug af overfladedræning. Tiltagene kan deles op i biologiske virkemidler og overfladedræning vha. planering. De biologiske virkemidler, der kan øge nedsivningsevnen på marken, tager udgangspunkt i virkningen af planterne fysiske strukturer. Nogle af tiltagene går igen eller overlapper med metoderne til at forbedre jordstrukturen i afsnit 3.2. Tilstedeværelse af plantedække gennem størstedelen af året kan være et effektivt virkemiddel. Vegetationen vil give jordoverfladen en ujævnhed, der er med til at bremse eventuelle vandstrømme, og planternes rødder vil danne kanaler, der faciliterer en optimeret, nedadgående strømningsvej (Brady and Weil, 2014; Kronvang et al., 2005). Jo tættere et plantedække, desto bedre.

Ligeledes kan stubbe og planterester også øge infiltrationsevnen i jorden, hvilket kan opnås ved at undlade nedpløjning af planterester, men i stedet lade dem ligge i det øvre jordlag og på jordoverfladen (Pan et al., 2018). I forlængelse af dette, anses generelt forøgelse af organisk materiale i jorden som et vigtigt middel til en bedre jordstruktur, også på jordoverfladen.

Jordens infiltrationsevne kan også forbedres ad en mere mekanisk vej, nemlig vha. planering. Planering eller nivellering er en metode indenfor overfladedræning, hvor jorden på marken fordeles ud, således jordoverfladen bliver mere jævn, hvormed man minimerer tilblivelsen af større lavninger, hvor vandes kan samle sig. Jorden kan flyttes med en skraber (ofte kaldet en grader eller scraper), der skubber jorden fra højereliggende områder til lavninger, eller man kan anvende traditionel jordflytning, hvor jorden opsamles og transporteres til det ønskede område (Figur 33).



Figur 33. Eksempel på planering i praksis Foto: Mads Blenker, Maskinbladet.

Placering og etablering

Jorde, der har tendens til at slæmme til, er de finsandede og siltholdige jorde, og de findes generelt på hævet havbund og inddæmmede fjordbunde. Planering, hvor formålet er at øge infiltrationsevnen, er derfor ikke egnet til alle marker. Men det bliver dog også brugt til andre formål, særligt at lave et meget ensartet såbed, som f.eks. ved dyrkning af højtærtafgrøder. Derfor ses planering også i andre dele af landet.

Planeringen kan udføres både om foråret og efteråret, men det er vigtigt at jorden er tør, således arbejdet ikke ødelægger jordstrukturen. Rent praktisk kan det også være udfordrende at flytte større mængder jord på en våd mark. En fordel ved at udføre planering om efteråret, lige efter høst, er, at det her vil være tydeligt at se mellem stubbene, hvor de vandlidende pletter tidligere har været; disse områder vil være domineret af ukrudt, der har trivedes i den vandlidende jord, og derfor har udkonkurreret afgrøden.

Generelt for al slags planering gælder der, at det som udgangspunkt kun udføres på i forvejen relativt flade arealer. Der er hverken agronomisk, økonomisk eller lovgivningsmæssigt grund til at rette på kuperet terræn.

Fordele / Andre gevinster

Som nævnt, er der nogle der bruger planering som et virkemiddel til at få et ensartet såbed, hvilket er med til at øge udbyttepotentialet. Udføres der planering på en mark, der vandes i sommerperioden, er planering også med til at få vandet til at falde jævnt på marken.

På visse typer marker (det ses ofte på græsmarker), bruges planering også som et redskab til at få terrænet til at spidse op mod den centrale del af marken – dette tillader overskydende vand at løbe ud af marken, og i en eventuel sideliggende grøft. På meget store marker, hvor man vil lade vandet løbe af marken, kan det være nødvendigt at opdele marken, og etablere en grøblerende (lille kanal) i midten (Figur 34). Dette vil dog være på bekostning af en mindre del af markarealet, men kan til gengæld være med til at sikre høje udbytter på de resterende jorder.



Figur 34: Planering kan også bruges til skabe en ganske svag hældning ned mod en grøblerende, der leder vandet væk fra marken. Foto: SEGES Innovation.

Ulemper

Ved planering flyttes der flere centimeter af pløjelaget, og man skal derfor være opmærksom på, hvor tykt pløjelaget er inden planering, så man ikke risikere at klæde marken af for muld. Derudover er denne type jordbehandling også generelt meget hård ved jordstrukturen, så man bør være opmærksom på at give jorden tid til at hvile, allerhelst med dyrkning af flerårige afgrøder eller efterafgrøder med kraftige rødder, der kan genetablere strukturen.

Derudover vil jorden sandsynligvis sætte sig til vis grad de efterfølgende par år, og det betyder, at visse lavninger kan begynde at træde frem igen. Planering skal derfor i nogle tilfælde udføres igen efter 3-5 år.

Effekt ift. vandhåndtering

Planering kan have varierende effekt på vandhåndteringen, alt efter hvordan den udføres. For at forbedre infiltrationsevnen, skal jordoverfladen være så plan og vandret som muligt, og det vil have den effekt at nedbør falder og lægger sig mere jævnt på jorden, i stedet for at strømme til lavninger. Man skal ikke forvente at vandproblemerne løses 100 % med det samme efter planering, men det kan være med til at starte et grundlag for bedre dyrkningsvilkår på marken, hvor den øgede afgrødevækst på den måde kan give strukturforbedringer i jorden. Således kan man starte en positiv cirkel der kan gøre jorden mere dyrkningssikker i fremtiden.

Bruges planering i stedet til at lade marken skråne let ned mod en kanal, vil det have den effekt at større mængder nedbør ledes ad jordoverfladen væk og ikke samler sig på marken. Denne type planering ses generelt mest for græsmarker, hvor jorden ikke er lige så sårbar for erosion, som man ser den i store dele af året under etårige afgrøder. Man skal også forvente at en større del af nedbøren ledes væk, sammenlignet med helt vandret planering.

Effekt på vandkvalitet, miljømål og natur

Er planeringen udført korrekt, bør der ikke være en betydelig effekt på vandmiljøet og naturen, men hælder marken uhensigtsmæssigt, er der risiko for at næringsstoffer, sediment og eventuelle pesticider skylles ad jordoverfladen ud af marken til nærliggende overfladevand eller natur. Det har negative konsekvenser, da det

skaber eutrofiering og kan forringe naturværdien. Risikoen er særlig høj hvis der er begrænset plantedække på marken.

Vedligeholdelse

Planering skal i mange tilfælde vedligeholdes i form af, at marken typisk skal planeres igen efter 3-5 år. Nogle landmænd praktiserer, at planeringen sker regelmæssigt med et bestemt antal års interval, for at være på den sikre side, mens andre nøjes med at lade marken planere 2-3 gange.

Økonomi / Omkostninger

Planering koster mellem 3.000 og 4.500 kr./ha. Man skal være opmærksom på at tidsforbruget pr. hektar varierer, da den første planering er mere omstændig end de efterfølgende vedligeholdende planeringer. Derudover vil det også variere med mængden og dybden af lavninger. Således kan den første planering tage mellem 40 minutter til 3,5 time per hektar, mens vedligeholdende planering varer mellem 15 og 30 minutter per hektar.

Juridiske forhold

Man kan planere uden at tage nogen juridiske forbehold. Man skal dog være opmærksom på at der ikke må terrænreguleres med mere end $\pm 0,5$ meter, men da planering mest gør sig gældende på naturligt flade arealer, vil dette sjældent være aktuelt at forholde sig til

Eksempler på planering

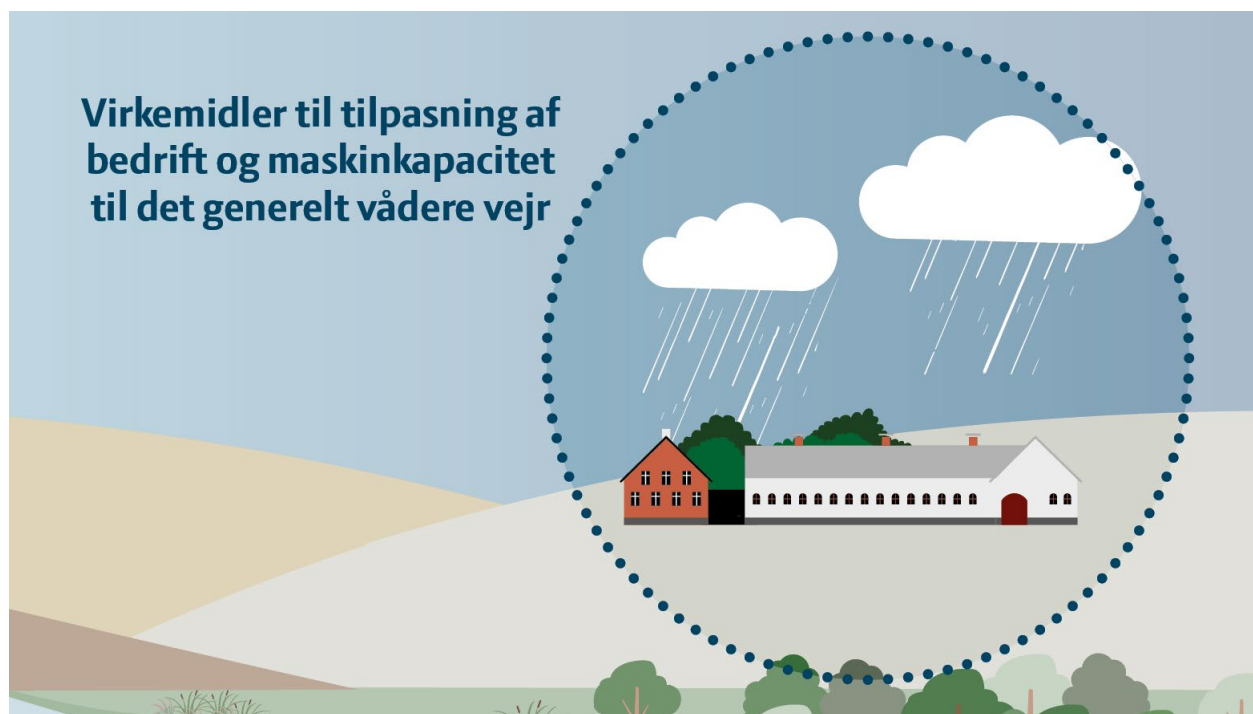
- Læs om hvordan to landmænd ved hhv. Lammefjorden og Sidinge Fjord har anvendt planering i artiklerne: [Case: Planering som supplerende dræningsmetode \(landbrugsinfo.dk\)](#) og [Case: Planering mindsker risikoen for tilslæmning af jordoverfladen \(landbrugsinfo.dk\)](#).
- Læs også mere om planering i følgende artikel: [Planering: Hvad er det og har det nogen effekt som dræningsvirkemiddel? \(landbrugsinfo.dk\)](#)

4 Virkemidler til tilpasning af bedrift og maskinkapacitet til det generelt vådere vejr

Rettidighed er en afgørende faktor for godt landmandskab og at opnå et optimalt udbytte. Et generelt vådere vejr kan i perioder udfordre rettidigheden. Dette gælder bl.a. under såning af vårsæd, høstperioden samt perioden for såning af vintersæd. Rettidigheden udfordres dog også, hvis markerne er meget våde, når der skal udbringes gylle eller sprøjtes. Det generelt vådere vejr vanskeliggør således landbrugets mangeårige målretning og optimering af brugen af gødning og planteværnsmidler, så de gør mest mulig gavn for afgrødernes sundhed og vækst samt mindst mulig skade på miljø og natur.

Nedbør spiller således en stor rolle for, hvornår det er muligt at arbejde i marken. Analyser af udviklingen i antal mark- og høstdage viser, at med de valgte modelkriterier har udviklingen været, at der overordnet set er blevet mere tid til at etablere vår- og vintersæd, mens antallet af høstdage er faldende. Dette er forbundet med større usikkerhed og sandsynligvis mere variation mellem årene (SEGES, 2023). Det betyder, at tilpasningen af maskinkapaciteten skal gøres i forhold til det kortere sigte. Nedenstående forslag til løsninger i forhold til hvordan du kan tilpasse din bedrift til det generelt vådere vejr er således rettet imod det kortere sigte.

- Afgrødeforsikringer.
- Tilpasset afgrøde- og sædskiftevalg.
- Valg af dæktype og bælter. Tag det rigtige valg ved udskiftning på eksisterende maskiner og køb af nye. Tilpas trædefladen efter jordtype og beliggenhed.
- Ændret maskinbrug. Herunder alternative metoder til gylleudbringning.
- Ændring i maskinkapacitet og såning
- Tørringsfaciliteter – tilpasning af anlægstype og tørrekapacitet.



Figur 35: Kapitel 4 beskriver virkemidler der relaterer sig til de forskellige tiltag der kan gøres for at tilpasse bedriften til det generelt vådere vejr.

4.1 Afgrødeforsikring

Det er i skrivende stund (november 2023) muligt at købe afgrødeforsikring for almindeligt dyrkede salgsafgrøder hos TopDanmark og Gjensidige. Herunder er et uddrag af vilkårene fra TopDanmark:

"Hvis vejret skader dine afgrøder, erstatter vi dit tab med den valgte udbyttetabsgrad ift. Normalhøsten.

Normalhøsten er gennemsnittet af de tre mest almindelige høstår ud af fem på samme areal.

Erstatningen beregner vi ud fra årets erstatningspris for afgrøden, der fastsættes hver år – senest 1. marts.

Du køber afgrødeforsikringen, inden du sår dine afgrøder – uanset om det er vår- eller vinterafgrøder. (Dog senest 1. maj eller 1. november.)

Med en afgrødeforsikring er du også dækket for udgifter til omsåning af dine afgrøder. Har du brug for rådgivning i forbindelse med en skade, dækker vi også udgifter op til 5.524 kr. for en planteavlskonsulent. Få forsikret dit korn fra 160 kr. pr. ha og raps fra 320 kr. pr. ha.

Du vælger, hvilken procentdel som udbyttetabet skal overstige, før du kan få erstatning ved en skade - altså en udbyttetabsgrad. Du kan vælge mellem 15, 20 og 30 %, og overstiger dit tabte høstudbytte udbyttetabsgraden, så får du dækket hele din normale høst.

Du anmelder løbende, hvis vejret skader dine afgrøder, og hvilken betydning du forventer, det får for din høst

Du indberetter dit høstudbytte"

I udgangspunktet må det forventes, at en forsikring er prissat således, at forsikringsselskabet i gennemsnit tjener på at sælge forsikringen. Det betyder altså, at man som kunde skal fokusere på at forsikringen primært er nødvendig, hvis man ikke er i stand til at klare sig økonomisk, hvis den hændelse man kan forsikre sig mod indtræffer. Tabel 1 viser priseksempler på forsikring af forskellige afgrøder.

Tabel 1: Eksempler på pris på forsikring af forskellige afgrøder. Beregnet via TopDanmarks hjemmeside (<https://www.top-danmark.dk/partner/landbrug/afgroedeforsikring-danish-agro/>). Det blev beregnet med følgende forudsætninger: Hektar i alt = 30, ha på kontrakt = 0, udbyttedækningsgrad = 20 %, ikke økologisk.

Afgrøde	Kr./ha
Vinterhvede	143
Hestebønner	143
Alm. rajgræsfrø	172
Sukkerroer, fabrik	181
Vinterraps	285
Industrikartofler	316
Majs, helsæd	1.059
Spisekartofler	2.023

4.2 Tilpasset afgrøde- og sædskiftevalg

Uanset afgrøde kan ændret klima, mere nedbør og færre høstdage give udfordringer i forhold til høst af afgrøderne.

En mulighed for at opnå en bedre kapacitetsudnyttelse kan findes i et ændret afgrødevalg, der giver mulighed for at sprede høsten ud over en længere periode. Et klassisk eksempel på dette er et korn, raps og frøsædskifte, hvor græsfrø høstes først, derefter vinterbyg, fulgt af vinterraps og øvrige kornarter.

Omvendt kan arter som hestebønner medføre en senere høst end kornarter, hvor særligt byg og hvede har fyldt meget i sædskifterne og modner i samme periode. Et stigende fokus på plantebaserede fødevarer kan også medføre større arealer med konsumafgrøder som linser, ærter og lupin, der kan medvirke til at flytte høsttidspunktet (Figur 36).

Andre forhold der skal inddrages i afgrødevalget, er arternes egnethed til dyrkning i forhold til jordbundstyper, ukrudts- og sædskifteproblematikker og den enkelte landbrugers risikovillighed, både med henblik på arternes dyrkningssikkerhed, afsætning og mulighed for at tegne afgrødeforsikring.

Som beskrevet under afgrødeforsikringen er anbefalingen, at man forholder sig til sin økonomisk formåen, hvis det går skidt, og forsikrer mod tab i afgrøder af høj værdi.



Figur 36: Hestebønner høstes senere end kornafgrøderne, hvorfor de er værd at tænke ind i sædskiftet for at sprede høstdagene ud over en længere periode og på den måde undgå mangel på høstkapacitet. Foto: SEGES Innovation.

4.3 Valg af dæktype og bælter

For at reducere jordpakning og strukturskader, samt de vandproblemer, der følger med, bør valg af dæk på maskinerne overvejes. Der findes dæktyper, der har større bæreflade, og som derfor vil fordele vægten på et større areal. Det reducerer jordpakningen af overjorden, og øger køretøjets evne til at køre i marken ved underoptimale forhold. Den øgede bæreflade opnås ved at dæktypernes karkasse er bygget, så dækkenes lufttryk kan reduceres markant mere end ved standarddæk. Eksempler på disse dæktyper er:

- IF dæk (Increased Flexion), hvor dæktrykket kan reduceres med 20% i forhold til standarddæk.
- VF dæk (Very Increased Flexion), hvor dæktrykket kan reduceres med 40% i forhold til standarddæk.
- CHO dæk (Cyclic Harvesting Operation), med 25-30% øget bæreflade. Disse dæk er konstrueret til fx høstmaskiner med cyklisk hjullast, hvor anvendelsen foregår i marken med lav fart.

Lavt lufttryk kombineret med dæk der kan holde til dette, er altså nøglen til øget bæreflade, der øger fremkommeligheden og reducerer jordpakning. For at få størst muligt udbytte af specialdækkene, kan der evt. tilvælges et traktormonteret system til dæktryksregulering, så dæktrykket kan sænkes til et minimum i marken (fx 1 bar på en gyllevogn), og hæves til 3-4 bar ved vejtransport, for minimering af brændstofforbruget ved vejtransport. For yderligere information læs LandbrugsInfo artiklerne:

[Påvirker hjullast, gentagne overkørsler og trækraft komprimering af underjorden](#)

[Gode dæk med lavt lufttryk giver større majsudbytter](#)

[Minimer jordpakning i høsten](#), hvor det også er muligt at foretage en simulation af trædefladestress og stress i dybden ved brug af forskellige maskiner, vogntog, dæk, lufttryk, ved forskellige jordtyper og vandindhold i jorden. Dette kan blandt andet gøres med [Terranimo](#) (Terranimo, 2022).

Valg af bælter

Oplever man meget store udfordringer med føret i marken, kan anvendelse af gummibælter være en løsning (Figur 37). Anvendelse af bælter ses hyppigere i både Danmark og Tyskland, især ved dyrkning af majs, hvor høsten ligger sent, og hvor mængden af vand i jorden på dette tidspunkt ofte er stigende, hvilket øger risikoen for udfordringer. Installation af bælter på en mejetærsker koster i niveauet 150-250.000 kr. og vil derfor være en større investering, men tiltaget kan være med til at sikre, at høsten kan komme i hus på rette tidspunkt. Fra medio 2023 kan motorredskaber med bælter (fx mejetærskere) lovligt køre på offentlig vej til og fra marken, [hvis der ansøges om særtransporttilladelse](#).



Figur 37: Eksempel på mejetærsker med gummibælter påmonteret. Foto: Henning Sjørslev Lyngvig, SEGES Innovation.

4.4 Ændret maskinbrug

Øgede vandmængder på markerne vil kræve genovervejelser af, hvilke maskiner der skal bruges i marken, samt i hvor høj grad disse skal anvendes. Lerede jorde vil under våde vintre og forår ikke kunne pløjes uden af ødelægge jordstrukturen betragteligt, og ved etablering af vårsæd kan det i disse tilfælde være nødvendigt, at nøjes med en ganske let harvning, som gradvist bliver dybere efterhånden som vandet fordamper og jorden varmes op (Vestergaard et al., 2020). På samme måde vil disse jorde også kræve, at gylleudbringning udskydes til efter fremspiring af vårsæden.

Alternative metoder til gylleudbringning

Gylleudbringning kan generelt være en af de store udfordringer, når det kommer til markoperationer i foråret. Opmagasineringskapaciteten er ved at være brugt op, og landmanden kan være presset til køre i marken med en tung gyllevogn uanset om næringsstoftildelingen er optimal eller ej. Er marken våd øges risikoen for, at gylleudbringningen forårsager alvorlig jordpakning. Antallet af dage, hvor gyllen kan udbringes, kan ikke ændres, da det er givet af afgrødernes næringsstofbehov. Det er dog muligt at reducere jordpakningen ved at benytte sig af en mindre gyllevogn i marken. Transporttiden til og fra gyllebeholderen på bedriften kan nedbringes ved at have en buffertank installeret ved den pågældende mark, hvortil en gylletransport kan levere gyllen i.

Udlægning med slæbeslanger med en *Agrometer* gylleudlægger er et eksempel på en skånsom udbringningsmetode. Udlæggeren kører op ad sprøjtesporene, mens den er tilsluttet en slange, der har forbindelse til en buffertank eller gylletanken. Herefter vil maskinen køre ad samme spor tilbage. *Agrometers* rækkevidde er omkring 600 meter, og vil have lige stor kapacitet, som en almindelig gyllevogn (Lyngvig, 2020a).

En alternativ anvendelse af slanger er det såkaldte *drag hose-system*. Her lægges slanger ud i hele marken, hvorefter der pumpes gylle ud i systemet. Dette kan tillade en længerevarende tilførsel eller intervalltilførsel af gylle, idet man kan lade slangerne ligge ude. Dette begrænser dog tilførsel til andre marker. Maskinen der lægger slangerne ud, vil veje meget mindre end et vogntog med gyllevogn, men man skal dog være opmærksom på, at slangesystemet i sig selv også kan have en betydelig vægt. Selve udlægningen og den efterfølgende fjernelse af slangerne kan desuden forårsage skader på nyligt etablerede afgrøder, og metoden vil derfor være mest oplagt til anvendelse på græsmarker (Lyngvig, 2020a).

En sidste metode indenfor gylletildeling er brugen af selvkørende gyllekøretøjer. Nogle af disse maskiner er mindre, med tre-trækkende aksler, og bruger meget store dæk (Lyngvig, 2020a). Alt dette reducerer struktur-skader ved gylleudbringningen betragteligt. På grund af dækkenes størrelse og placering, er denne metode begrænset til udbringning inden etablering af afgrøden, og vil derfor være bedst egnet ved dyrkning af majs, slætgræs og vårsæd.

4.5 Ændring i maskinkapacitet og såning

Der er flere markopgaver, som indebærer en væsentlig rettidighed. Afgrødeetablering/såning gør i høj grad, da jorden til vårsæd skal være tjenlig og ikke må blive påvirket negativt af maskinoverkørsler, mens afgrøderne typisk betaler godt for at blive sået så tidligt som jorden er tjenlig til det.

Såning

For såning peger analyser på, at der bliver mere tid til afgrødeetablering i foråret fremover, men mere vådt i efteråret og dermed også færre timer til rådighed til afgrødeetablering her.

Samtidig er der modsat rettede tendenser, som kan påvirke valget af vår- og vinterarter, hvor fokus på bælg-sæd til konsum, stigende problemer med græsukrudt og krav om efterafgrøder begge i retning af mere vårsæd, mens de højere udbytter i vinterkorn i forhold til vårkorn vil trække i den anden retning.

Samtidig pågår der en kraftig strukturudvikling i landbruget, som år for år øger antallet af ha pr. bedrift som gennemsnit. Et stigende areal dyrket uden plov og med inden eller reduceret jordbearbejdning betyder samtidig kortere tid i foråret til såning af afgrøder, da jorden bliver senere tjenlig når den ikke bearbejdes.

For den enkelte landbruger er løsningen at tilpasse så-kapacitet til jordbundstypen, dyrkningssystemet og afgrødevalget med øje for ændringer i nedbørsmængderne. Såning kan løses med hjælp udefra, men vil langt hen ad vejen være en opgave langt de fleste løser med egne maskiner. Der må derfor som normalt forventes at skulle investeres i såmaskiner med en kapacitet, der sikrer rettidigheden.

Udbringning af husdyrgødning

For udbringning af husdyrgødning (typisk i form af gylle) vil der gælde noget af det samme som for såning, nemlig at det skal ske så tidligt som muligt for planternes skyld, men at jorden kan blive påvirket negativt af færdsel i for vådt føre, ligesom det kan være årsag til fastkørsel og voldsomme kørespor i afgrøden. Se mere i det foregående afsnit.

Også andre opgaver som udbringning af handelsgødning, marksprøjtning og strigling kræver rettidighed, men der er typisk god kapacitet til rådighed.

Høsten

Høsten er en af de meste kritiske perioder, hvor flere faktorer gerne skal gå op i en højere enhed, og hvor der ofte kun forekommer kortvarige perioder med optimalt høstvejr. Nedbørsmængden i august måned, hvor store dele af høsten finder sted, er generelt stigende: I perioden 1961-1990 udgjorde den gennemsnitlige nedbørssum for august 67 mm, mens den for perioden fra 2011-2020 udgjorde 82,1 mm. Dette kan medføre et reduceret antal dage tilgængeligt til gennemførelse af høsten, hvilket sætter krav til høstkapaciteten.

Løsningen på problemer med for lille høstkapacitet vil være investering i større og mere effektive maskiner, eller ved at have flere maskiner kørende sideløbende, eventuelt med hjælp fra naboer eller maskinstation, hvilket vil medføre øgede omkostninger.

Kapaciteten kan øges ved at investere i større og mere effektive maskiner, eller ved at have flere maskiner kørende sideløbende. Dette kan dog vise sig at være et omkostningstungt tiltag. Det vil være uhensigtsmæssigt dyrt at sikre sig tilstrækkelig høstkapacitet til alle tænkelige situationer, men samtidig må det på baggrund af vejrdata være fornuftigt at forvente færre høstdage til rådighed i fremtiden. Behovet for tilpasning af høstkapacitet er meget individuelt og afhænger – udover af vejret – blandt andet af den nuværende kapacitet, udviklet i det fremtidige dyrkede areal og afgrødevalg.

Hvis dette ikke sker, kan der indtræde såvel udbytte- som kvalitetstab, hvis høsten bliver udsat for længe.

Man kan med fordel overveje sit afgrødevalg i forhold til høsttidspunktet. Har man eksempelvis mulighed for at etablere vintersæd, der skal høstes tidligt, frigiver det plads til høst af afgrøder i sensommeren. Dette kan også tænkes ind i sortvalget: eksempelvis kan der ved majs forekomme op til en måneds forskel på tidlige og sildige sorter.

Efter høst kan etableringen af eventuelle vinterafgrøder også være en udfordring i et vådere vejr. Også her handler det om at øge kapaciteten og effektiviteten af markoperationerne, så etableringen kan ske så hurtigt som muligt, når vejret tillader det.

4.6 Tørringsfaciliteter – tilpasning af anlægstype og tørrekapacitet

Tørring og opbevaring af afgrøder er en essentiel del af foder-, frø- og fødevareproduktionen, men behovet kan stige i fremtiden, da mere ustadigt vejr vil gøre det mere vanskeligt at undgå tørringsbehov. Det kan derfor blive aktuelt for et stigende antal landmænd at investere i deres eget tørreri og lager til kornet. Desuden bør landmanden overveje en kombination af de forskellige tørringsløsninger, for at være i stand til kunne håndtere gårdens special- og foderafgrøder, i kombination med at have et beredskab til tørring af de små delmængder afgrøder, der høstes med meget højt vandindhold i våde høstår. Der findes flere forskellige typer af tørrerier: plantørreri, gennemløbstørreri og silo med omrøring. Som alternativ til tørring, er der også gastætte siloer, der udelukkende fungerer som opbevaring.

1. Et plantørreri er den dyreste løsning, men er meget fordelagtig ved produktion af mange forskellige afgrøder og/eller sorter, idet lageret kan inddeles i flere små rum og sektioner, hvor tørringen kan ske. Typisk vil man stække kornet i maksimalt 3 meters højde – jo vådere korn, jo lavere kornhøjde (Lyngvig, 2020b). Tørringshøjden kan dog øges til 4 meter, ved anvendelse af en egnet blæser. Plantørring kan suppleres med et omrørersystem, der omrører kornet i tørringsprocessen. Hvis man alene vælger et plantørringsanlæg, er det anbefalelsesværdigt at have et omrørersystem i minimum ét plansilorum, som beredskab til tørring af meget våde delportioner i våde høstår.
2. Et gennemløbstørreri vil også være en stor investering og ses generelt kun i store landbrug. Gennemløbstørreriet fungerer ved, at kornet løber fra oven og ned, mens varm luft tørrer det. Efterfølgende overføres det til siloer, der nedkøler det med kold luft. Et gennemløbstørreri har en høj kapacitet og kan bedre håndtere korn med høj fugtighed (Lyngvig, 2020b). Et gennemløbstørreri er meget velegnet til tørring af meget våde delportioner i våde høstår.
3. Stålsiloer med omrøring er en populær løsning, idet anskaffelsen er billigere, og der er få arbejdstimer forbundet ved anvendelse af disse. Siloerne blæser varm luft op i kornet nedefra, og vil være udstyret med en omrører, der sørger for, at kornet omrøres. Siloerne er ideelle, når man kun har behov for at opbevare få typer afgrøder, eller hvis man har behov for at blande foderkorn før formaling. Stålsiloer med omrøring er meget velegnede til tørring af meget våde delportioner i våde høstår, hvis det opblandes i siloen med korn med et moderat vandindhold.
4. Endeligt er det muligt at øge udnyttelsen af gastætte siloer. På grund af manglen på ilt i disse, holdes kornet sundt, på trods af vandprocent større end 15% (lagerfast korn). Men da kornet netop forbliver fugtigt, begrænses denne mulighed til bedrifter, der selv kan anvende kornet til foder. Som alternativ til at investere i egen silo, kan der laves aftaler med aftagere med gastætte siloer. Det er vigtigt at være opmærksom på, at der vil være en grænse for, hvor vådt kornet må være i disse siloer. Det anbefales ikke at lagre delportioner af korn med en vandprocent større end 20-23% i en gastæt silo (Lyngvig H. S., 2021, personlig kommunikation).

Ændret vejr vil medføre flere våde høstår. Derfor bør der generelt indtænkes et beredskab i den løsning til tørring og opbevaring, som vælges på det enkelte landbrug. Gastæt opbevaring er uegnet til håndtering af meget vådt korn. Derfor bør det optimalt set kombineres med en stålsilo med omrøring eller et gennemløbstørreri. Et planlager uden omrøring kan anvendes til meget vådt korn, ved at anvende et silorum som portions-tørreri, og manuelt omrøre siloen eller investere i et omrørersystem. Men det er en meget langsom metode. Plansiloløsningen er uovertruffen til mange afgrødetyper, men kan med fordel kombineres med en stålsilo med omrøring som beredskab. Hvis man allerede har et ellers velfungerende anlæg til tørring og opbevaring, kan investering i en tørrevogn med omrøring udgøre et uovertruffet beredskab til vådt korn.

LandbrugsInfo artiklen "[Tørring af tvemodnet og grønt korn](#)" behandler tørring af tvemodnet korn.

5 Oversigt over virkemidler, konsekvenser, barrierer og afledte synergier

Virkemiddel	Konsekvenser	Barrierer	Afledte synergier
Genslyngning af vandløb	Vandstanden hæves og strømhastigheden reduceres i vandløbet. Vandløbet vil fremstå mere terrænnært, hvilket vil medføre at de vandløbsnære arealer bliver vådere og oversvømmes hyppigere.	Virkemidlet kræver en helhedsorienteret tilgang med involvering af lodsejere langs vandløbet, oplandet og ofte hele ådalen. Dette er en tids- og ressourcekrævende proces.	Øget vandtilbageholdelse, der kan bidrage til at mindske vandstandsstigninger på nedstrøms strækninger med værdifulde landbrugsjorder. Forbedrede forhold for arter tilknyttet vandløbet og de vandløbsnære arealer – både som følge af de ændrede hydrologiske forhold, men også via optimering af fysiske forhold i vandløbet ved udlægning af sten, grus og dødt ved. Forbedring af de rekreative forhold, hvis virkemidlet kan kombineres med anlæggelse af stier, fiskeri og lignende.
Omløb	Fungerer som et sekundært forløb, der kan aflaste vandløbet i forbindelse med høje afstrømninger.	Virkemidlet vil kræve en grundig og helhedsorienteret tilgang, der også involverer arealer langs vandløbet og i oplandet. Afhængig af omløbets forløb mv. kan virkemidlet være et stort indgreb ift. det eksisterende landskab. Lovgivningsmæssigt kan det være en udfordring at få tilladelse til virkemidlet.	Drosling ved høje afstrømninger. Rekreative tiltag kan tænkes ind i designet, især hvis omløbet er beliggende i nærhed af byer.
Dobbeltprofil	Dobbeltprofilet vil fungere som buffer i tilfælde af høj afstrømning/vandstand i vandløbet, og kan bidrage til at mindske oversvømmelsen af værdifulde landbrugsjorder langs og nedstrøms vandløbet.	Virkemidlet er et forholdsvist stort indgreb, både vandløbsmæssigt og økonomisk, og vil kræve løbende vedligeholdelse for at opretholde sin effekt. Virkemidlet vil kræve et detaljeret kendskab til afstrømningsforholdene i vandløbet ved forskellige hændelser, således dobbeltprofilet kan dimensioneres korrekt.	Dobbeltprofilet giver en større hydrologisk og økologisk buffer langs vandløbet, og kan bidrage med en øget deponering af sediment og næringsstoffer ved høje afstrømninger. Virkemidlet kan også anvendes til klimasikring af byområder, hvor det kan kombineres med rekreative formål (vandrestier).

Miniådal med genslyngning	En miniådal fungerer i princippet på samme måde som et dobbeltprofil, men vil omfatte en større del af de vandløbsnære arealer. Miniåda-len vil fungere som buffer i tilfælde af høj afstrømning/vandstand i vandløbet, og kan bidrage til at mindske oversvømmelsen af værdifulde landbrugsarealer langs og nedstrøms vandløbet.	Virkemidlet er et forholdsvis stort indgreb, både vandløbsmæssigt og økonomisk, og vil kræve løbende vedligeholdelse for at opretholde sin effekt. Virkemidlet vil kræve et detaljeret kendskab til afstrømningsforholdene i vandløbet ved forskellige hændelser, således vandløbs- og ådalsprofilen kan dimensioneres korrekt.	Miniådalen giver en større hydrologisk og økologisk buffer langs vandløbet, og kan bidrage med en øget deponering af sediment og næringsstoffer ved høje afstrømninger. Virkemidlet kan også anvendes til klimasikring af byområder, hvor det kan kombineres med rekreative formål (vandrestier).
Vådområder	Vådområder kan tjene en lang række formål i landskabet, som eksempelvis vandtilbageholdelse, næringsstoffjernelse, reduktion af CO ₂ -udledning og forbedrede natur- og vandløbsforhold.	Etableringen er ofte en langvarig proces og vil kræve en helhedsorienteret tiltag med inddragelse af en lang række interessenter (lodsejere, myndigheder, styrelser) og en grundig kortlægning af de hydrologiske og anlægsmæssige forhold og konsekvenser. Det vil være nødvendigt at inddrage arealer i hele ådalen. Dette medfører, at etableringen ofte forløber over flere år. Virkemidlet er omkostningstungt og det vil være nødvendigt at søge midler via eksisterende ordninger.	Vådområder kan skabe en sammenhæng i landskabet og kan bidrage med en lang række synergier inden for både natur, miljø, klima, landskab, landbrug og rekreative forhold. Vådområder kan bidrage til at mindske både den hydrauliske og næringsstofmæssige belastning af vandløbsstrækninger og vandløbsnære arealer, herunder værdifulde landbrugsarealer, nedstrøms ådalen
Vandtilbageholdelse	Vandtilbageholdelse omfatter en kontrolleret og midlertidig tilbageholdelse og opmagasinering af vand – enten på arealer langs vandløb eller i oplandets lavninger. Vandtilbageholdelse bidrager til at reducere og drosle den vandmængde, der skal transporteres via vandløb ved ekstreme afstrømningshændelser.	Der skal laves frivillige aftaler med lodsejere. Midlertidig oversvømmelse af evt. eksisterende natur kan være udfordrende at få tilladelse til. Stor usikkerhed omkring, hvor ofte vandtilbageholdelse bliver nødvendigt. Flade terræforhold giver ikke mulighed for anvendelse af dette virkemiddel.	Områder til vandtilbageholdelse som naturlige elementer i landskabet, eksempelvis i lavninger. Foruden en klimateffekt, kan vandtilbageholdelsesmagasiner også sikre vand til vandløb og markvanding i tørre sommerperioder.
Forvaltning af vandløb	Gennemgang af vandløbsregulativer og lovgivning kan være med til at sikre, at de afvandingsmæssige forpligtigelser bliver overholdt.	Gennemgang af de lovgivningsmæssige aspekter vil kræve en faglig indsigt og det vil ofte være nødvendigt at indgå samarbejde med rådgivere, for at kunne vurdere om lovgivningen bliver overholdt.	Der kan skabes en dialog og samarbejde med andre lodsejere og kommunen (offentligt vandløb) i forhold til forvaltning af vandløbet. F.eks. Gennem et vandløbslaug.

Grubning	Enkelt løsning til gennembrydning af vandstandsende jordlag.	Kræver specialudstyr. Ofte vil der være behov for tilbagevendende behandling, hvis årsagen til dannelsen af det vandstandsende jordlag ikke håndteres. Grubning skal finde sted under helt tørre forhold, ellers risikerer man strukturskader og yderligere sammenpakning af jorden. Virkemidlet kan derfor ikke anvendes, når der reelt er brug for at afhjælpe en vandlidende jord. Kræver kendskab til eksisterende dræns placering og dybde, for at undgå skader i forbindelse med grubningen.	Virkemidlet kan sammentænkes med en række driftsmæssige tiltag, der sammen kan reducere risikoen for udvikling af et vandstandsende jordlag. Dette kan eksempelvis være et skifte til afgrøder med dybe og kraftige rødder, tilførsel af organisk materiale og reduceret kørsel/tryk på arealerne.
Forbedring af jordens infiltrationsevne og overflade-dræning	Mindsker risikoen for længerevarende perioder med vandlidende arealer ved at øge jordens infiltrationsevne og reducere tilsæmning af jordoverfladen.	Virkemidlet kræver ofte implementering af flere tiltag, og det kan være vanskeligt at vurdere de afledte effekter enkeltvis. Terrænregulering over 50 cm vil kræve tilladelse fra kommunen.	Tiltagene er lavpraktiske og omfatter terrænregulering (jordflytning/planering), der kan kombineres med andre tiltag (øget plantedække, undlade fjernelse af planterester).
Forbedring af jordstruktur	Bidrager til at øge jordens infiltrationsevne, men vil samtidigt kunne sikre fugtigere jordbundsforhold i tørreperioder.	Virkemidlet kræver ofte implementering af flere tiltag, og det kan være vanskeligt at vurdere de afledte effekter enkeltvis. Hvis det er nødvendigt at etablere grussskakter, kan dette blive anlægsmæssigt og økonomisk omfattende. Det er uvist, hvorvidt grussskakter vil kunne øge udvaskningen af pesticider.	Tiltagene er lavpraktiske og kan nemt kombineres (mindsket dæktryk/maskinpraksis og afgrødevalg). Kan skabe en selvforstærkende effekt, der på længere sigt kan forbedre jordstrukturen markant. Eksempelvis vil et øget plantedække og et øget organisk indhold i jorden skabe bedre forhold for jordbundsorganismerne, der igen vil sørge for nedbrydning, omsætning og strukturdannelse i jorden.
Nydræning, omdræning eller reparation og vedligeholdelse af dræn	Hurtig bortledning af vand, der er infiltreret fra jordoverfladen til ca. 1 – 1,2 meters dybde. Drænene sikrer også en effektiv afledning af evt. trykvand eller terrænnært grundvand.	Virkemidlet kræver nøje kendskab til drænsystemernes tilstand og placering, hvilket kan blive omfattende – både anlægsmæssigt og økonomisk, hvis det viser sig at være behov for nydræning af større arealer. Dette skal holdes op mod de konsekvenser, driftsmæssige som økonomiske, som de vandlidende arealer medfører. Drænene kræver frit udløb for at fungere optimalt og være selvrensende.	Med et kendskab til drænsystemers placering og tilstand vil virkemidlet være relativt enkelt at implementere – både hvis der er behov for nydræning eller hvis vedligeholdelse/reparationer er tilstrækkeligt.

Ændret maskinbrug	Forkorter tidsforbruget i marken, hvilket kan gøre driften mere fleksibel og mindre sårbar over for klimatiske forhold i kritiske perioder ift. landbrugsdriften.	Virkemidlet kræver nøje koordinering og potentielt markant øgede udgifter til anlæg, maskiner og personel. Sidstnævnte kan især være en udfordring i høstperioden.	Der findes forskellige løsninger, der kan tilpasses den enkelte landmands behov. Det er muligt at indgå samarbejde med andre landmænd, så de økonomiske udgifter reduceres.
Øget høstkapacitet	Forkorter tidsforbruget i marken, hvilket kan gøre driften mere fleksibel og mindre sårbar over for klimatiske forhold i perioden, hvor der høstes.	Virkemidlet kræver nøje koordinering og potentielt markant øgede udgifter til anlæg, maskiner og personel. Sidstnævnte kan især være en udfordring i høstperioden.	Der findes forskellige løsninger, der kan tilpasses den enkelte landmands behov. Det er muligt at indgå samarbejde med andre landmænd, så de økonomiske udgifter reduceres.
Øget tørringskapacitet	Øget tørrings- og lagerkapacitet kan bidrage til at mindske landmandens sårbarhed over for det vådere vejr og potentielt vådere afgrøder.	Virkemidlet kan være økonomisk tungt at implementere, og vil kræve nøje koordinering i forhold til høst, transport og opbevaring.	Der findes forskellige løsninger, der kan tilpasses den enkelte landmands behov. Det er muligt at indgå samarbejde med andre landmænd, så de økonomiske udgifter reduceres.

6 Litteraturoversigt

6.1 Referencer – Virkemidler til at håndtere vandudfordringer på vandløb

- Allan, J.D., Castillo, M.M., 2009. Stream Ecology, 2. ed. Springer.
- Bach, H., Baattrup-Pedersen, A., Holm, E.P., Jensen, P.N., Larsen, T., Ovesen, N.B., Petersen, M.L., Sand-Jensen, K., Styczen, M., 2016. Faglig udredning om grødeskæring i vandløb, Videnskabelig rapport fra DCE— Nationalt Center for Miljø og Energi.
- Buczyński, P., Zawal, A., Buczyńska, E., Stępień, E., Dąbkowski, P., Michoński, G., Szlauer-Łukaszewska, A., Pakulnicka, J., Stryjecki, R., Czachorowski, S., 2016. Early recolonization of a dredged lowland river by dragonflies (Insecta: Odonata). Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems 2016-Janua. <https://doi.org/10.1051/kmae/2016030>
- Buisson, R.S.K., Wade, P.M., Cathcart, R.L., Hemmings, S.M., Manning, C.J., Mayer, L., 2008. The Drainage Channel Biodiversity Manual: Integrating wildlife and flood risk management 1–195.
- Camnasio, E., Becciu, G., 2011. Evaluation of the Feasibility of Irrigation Storage in a Flood Detention Pond in an Agricultural Catchment in Northern Italy. Water Resources Management 25, 1489–1508. <https://doi.org/10.1007/s11269-010-9756-z>
- Dąbkowski, P., Buczyński, P., Zawal, A., Stępień, E., Buczyńska, E., Stryjecki, R., Czachorowski, S., Śmietana, P., & Szenejko, M. 2016. The impact of dredging of a small lowland river on water beetle fauna (Coleoptera). Journal of Limnology, 75(3): 472-487.
- Dannisøe, J. G, Rand, P. 2014. Status for okkerrensning: Vurdering af behovene for og effekterne af alternative rensningsmetoder for okker. Teknisk notat, DHI og Naturstyrelsen.
- DTU Aqua. 2006. Notat: Sandvandrings indflydelse på fiskebestande i danske vandløb. Danmarks Fiskeriundersøgelser (DTU Aqua).
- Fejerskov, M.L., Alnøe, A.B., Kristensen, E.A., Jepsen, N., 2019. Virkemidler til forbedring af de fysiske forhold i vandløb, Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 341.
- Fredericia Kommune, 2024. Vedligeholdelse af offentlige vandløb. <https://www.fredericia.dk/system/files/cp-documents/c5163ab0-fda5-e611-80cc-005056b95f67.pdf>.
- Hoffman, C. C., Strandberg, B., Bruus, M., Audet, J., Hutchings, N., Martinsen, L., Hasler, B. 2020. Etablering af vådområde. I: Andersen H. E., Rubæk, G. H., Hasler, B., Jacobsen, B (eds.): Virkemidler til reduktion af fosforbelastningen af vandmiljøet. Videnskabelig rapport nr. 379, DCE (Nationalt Center for Miljø og Energi), Aarhus Universitet.
- Klimatilpasning.dk, 2024. Vandtilbageholdelse i ådale. Besøgt marts 2024. <https://www.klimatilpasning.dk/sektoer/natur/mulige-loesninger/vandtilbageholdelse-i-aadale/>
- Kristensen, E.A., Baattrup-Pedersen, A., Friberg, N., Jensen, P.N., 2011. Vurdering af alternative virkemidler til ændret vandløbsvedligeholdelse med henblik på forbedring af de fysiske forhold: beskrivelse og pris-sætning.
- Kronvang, B., Andersen, I. K., Hoffmann, C. C., Pedersen, M. L., Ovesen, N. B., Andersen, H. E. 2007. Water Exchange and Deposition of Sediment and Phosphorus during Inundation of Natural and Restored Lowland Floodplains. Water Air Soil Pollution 181; 115-121.
- Kronvang, B., Græsbøll, P., Svendsen, L.M., Friberg, N., Hald, A.B., Kjellson, G., Nielsen, M.B., Petersen, B.D., Ottosen, O., 1994. Restaurering af Gels å ved Bevtøft: Miljømæssig effekt i vandløb og de vandløbsnære arealer (No. 110), Faglig rapport fra DMU.
- Miljøstyrelsen, 2017. Grødeskæringsvejledning. Vejledning om grødeskæring i danske vandløb.
- Miljøstyrelsen, 2024. Tilskud til vand- og klimaprojekter. <https://mst.dk/erhverv/tilskud-miljoeviden-og-data/tilskudsordninger/tilskud-til-vand-og-klimaprojekter>
- Miljøstyrelsen. 2019. Dobbeltprofiler i vandløb. Klimatilpasning. <https://www.klimatilpasning.dk/sektoer/natur/mulige-loesninger/dobbeltprofiler-i-vandloeb/>
- Moeslund, B., Schlünsen, K., Lønborg, M.J., 2013. Klimatilpasning af vandløb Norddjurs Kommune Klimatilpasning af vandløb.

- Naturstyrelsen. 2014. Virkemiddelkatalog - Vandløb. Notat, Naturstyrelsen, Miljøministeriet. <https://mst.dk/media/1slbnj2b/73-virkemiddelkatalog-for-vandloeb-notat-fra-naturstyrelsen-2014.pdf>
- Niras. 2014. Prisoverslag for virkemidler til forbedring af de fysiske forhold i vandløb. Notat, Niras. <https://mst.dk/media/4s3ewmkn/14-prisoverslag-for-virkemidler-til-forbedring-af-de-fysiske-forhold-i-vandloeb.pdf>
- Nørgaard, L.B., 2020a. Forundersøgelse af Gerå's hydrologiske opland 15.
- Nørgaard, L.B., 2020b. Modelanalyse af virkemidlers effekt i forhold til forbedret afvanding i Gerå.
- Omelchuk, O., Prots, B., 2014. Effects of River Regulation on Plant Dispersal and Vegetation. *Transylvanian Review of Systematical and Ecological Research* 16, 145–154. <https://doi.org/10.1515/trser-2015-0009>
- Paradis, A., Biron, P.M., 2017. Integrating hydrogeomorphological concepts in management approaches of lowland agricultural streams: Perspectives, problems and prospects based on case studies in Quebec. *Canadian Water Resources Journal* 42, 54–69. <https://doi.org/10.1080/07011784.2016.1163241>
- Plaska, W., Kurzątkowska, A., Stępień, E., Buczyńska, E., Pakulnicka, J., Szlauer-Lukaszewska, A., Zawal, A. 2016. The effect of dredging of a small lowland river on aquatic Heteroptera. In *Annales Zoologici Fennici* (Vol. 53, No. 3–4, pp. 139-153). Finnish Zoological and Botanical Publishing Board.
- Roelsgaard, J. S., Vestergaard, C. H., Zacho, S. P., Gertz, F., Wiborg, I. A., Bondgaard, F., Piil, K., Hvid, S. K., Bjorholm, S. R., Kjærgaard, C., Eide, T. 2017. Virkemiddelkatalog: Målttede miljøtiltag i landbruget. SEGES.
- Schulte, A., Suthfeld, R., Vogt, B. 2018: E-Learning Project IWRM - Integrated Water Resources Management. Department of Earth Sciences, Freie Universitaet Berlin.
- Simonsen, J.K., Baattrup-pedersen, A., Larsen, S.E., Ovesen, N.B., 2016. Grødeskæring og vandstand i danske vandløb. *Aktuel Naturvidenskab* 2, 8–12.
- Skovgaard, H., Moeslund, B., Steensen Blicher, A., Larsen, H., Jacobsen, J., 2014. Klimarobuste virkemidler i vandplanerne.
- Stępień, E., Zawal, A., Buczyński, P., Buczyńska, E., Szenejko, M., 2019. Effects of dredging on the vegetation in a small lowland river. *PeerJ* 2019, 1–25. <https://doi.org/10.7717/peerj.6282>
- Wiborg, I., Kronvang, B., Poulsen, J.B., Børgesen, C.D., Henriksen, H.J., Jensen, K.M., Jacobsen, T.V., 2014. Landmanden som vandforvalter.
- WMO (World Meteorological Organisation). 2009. Guide to Hydrological Practices Volume II Management of Water Resources and Application of Hydrological Practices. Extreme value analysis, WMO-No. 168.

6.2 Referencer – Virkemidler på vandlidende højbundslande

- Boyle, M., Frankenberger, W.T., Stolzy, L.H., 1989. The Influence of Organic Matter on Soil Aggregation and Water Infiltration. *Journal of Production Agriculture* 2, 290–299. <https://doi.org/10.2134/jpa1989.0290>
- Brady, N.C., Weil, R., 2014. *Elements of the Nature and Properties of Soils*. Pearson.
- Breuning-Madsen, H., Balstrøm, T., Greve, M.H., Jensen, N., 2013. Jordbundsudvikling i danske landskaber. *Geoviden - Geologi og geografi* 2–5.
- Breuning-Madsen, H., Krogh, L., 2005. Kompendium i jordbundsgeografi Henrik Breuning-Madsen Lars Krogh.
- Chen, G., Weil, R.R., Hill, R.L., 2014. Effects of compaction and cover crops on soil least limiting water range and air permeability. *Soil and Tillage Research* 136, 61–69. <https://doi.org/10.1016/j.still.2013.09.004>
- Filsø, S.S., 2014. Dræning og oversigt over drænmetoder og drænmateriale [WWW Document]. URL https://www.landbrugsinfo.dk/basis/e/e/9/vanding_draning_oversigt_over_dranmetoder_og_dranmateriale (accessed 9.1.21).
- Franzluebbers, A.J., 2002. Water infiltration and soil structure related to organic matter and its stratification with depth. *Soil and Tillage Research* 66, 197–205. [https://doi.org/10.1016/S0167-1987\(02\)00027-2](https://doi.org/10.1016/S0167-1987(02)00027-2)
- Hamza, M.A., Anderson, W.K., 2005. Soil compaction in cropping systems: A review of the nature, causes and possible solutions. *Soil and Tillage Research* 82, 121–145. <https://doi.org/10.1016/J.STILL.2004.08.009>

- Hao, X., Ball, C.B.C., Culley, J.L.B., Carter, M.R., Parkin, G.W., 2008. Chapter 57 Soil Density and Porosity. Soil sampling and methods of analysis 743–759.
- Hergert, G. W., Bouldin, D. R., Klausner, S. D., Zwerman, P.J., 1981. Phosphorus concentration-water flow interactions in tile effluent from manured land. *Journal of Environmental Quality* 10; 338-344.
- Hill, K., Hodgkinson, R., Harris, D., Price, P.N., 2018. Field drainage guide.
- Jensen, K. J. S. 2019. Drainage and Plant Production. PhD Thesis, University of Copenhagen.
- Johnston, A., Poulton, P., Coleman, K. 2009. Soil Organic Matter: Its Importance in Sustainable Agriculture and Carbon Dioxide Fluxes. In: SPARKS, D. L. (ed.) *Advances in Agronomy*. Academic Press.
- Jørgensen, M.H., Lund, H., Nielsen, S., 2004. Teknik til jordløsning: Analyse af grubberens arbejde i jorden. Grøn Viden Markbrug.
- Kronvang, B., Rubæk, G.H., Djurhuus, J., Heckrath, G., Hoffmann, C.C., Grant, R., 2005. 3.4 Monitoring og estimering af fosfortab fra danske landbrugsarealer, in: Poulsen, H.D., Rubæk, G.H. (Eds.), *Fosfor i Dansk Landbrug. Omsætning, Tab Og Virkemidler Mod Tab*. DJF Rapport Nr. 68. pp. 102–123.
- McHugh, A.D., Tullberg, J.N., Freebairn, D.M., 2009. Controlled traffic farming restores soil structure. *Soil and Tillage Research* 104, 164–172. <https://doi.org/10.1016/j.still.2008.10.010>
- Mulin, J., 1993. Chapter 5: Soil crusting and sealing, in: FAO (Ed.), *Soil Tillage in Africa: Needs and Challenges*. FAO
- Nielsen, J. A. 2015. Dansk markdræningsguide. SEGES Innovation.
- Nygaard, E., 2004. Særligt pesticidfølsomme sandområder: Forudsætninger og metoder for zoneringskoncept for udpegning af pesticidfølsomme arealer, Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse, Danmarks Jordbrugsforskning.
- Pan, R., Martinez, A. da S., Brito, T.S., Seidel, E.P., 2018. Processes of Soil Infiltration and Water Retention and Strategies to Increase Their Capacity. *Journal of Experimental Agriculture International* 20, 1–14. <https://doi.org/10.9734/jeai/2018/39132>
- Pulido-Moncada, M., Katuwal, S., Kristensen, J.B., Munkholm, L.J., 2021. Effects of bio-subsoilers on subsoil pore-system functionality: Case study with intact soil columns. *Geoderma* 385, 114897. <https://doi.org/10.1016/J.GEODERMA.2020.114897>
- Raper, R.L., Sharma, A.K., 2002. Using Soil Moisture to Determine When to Subsoil, in: van Santen, E. (Ed.), *Making Conservation Tillage Conventional: Building a Future on 25 Years of Research*. Proc. of 25th Annual Southern Conservation Tillage Conference for Sustainable Agriculture.
- Schjønning, P., Elmholt, S., Munkholm, L.J., Deboz, K., 2002. Soil quality aspects of humid sandy loams as influenced by organic and conventional long-term management. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 88, 195–214.
- Schjønning, P., Heckrath, G., Christensen, B.T., 2009. Threats to soil quality in Denmark, DJF report Plant Science. Bennetzen, E.H., 2016. Dræning, in: Pedersen, J.B. (Ed.), *Oversigt over Landsforsøgene 2016*. SEGES.
- SEGES Innovation. 2020. Husk at vedligeholde dine dræn. Artikel 02-02-2017, opdateret 25-02-2020. https://www.landbrugsinfo.dk/public/07/6/miljoret_vedligeholde_dran.
- Stirzaker, R.J., White, I., 1995. Amelioration of soil compaction by a cover-crop for no-tillage lettuce production. *Australian Journal of Agricultural Research* 46, 553–568. <https://doi.org/10.1071/AR9950553>
- Williams, S.M., Weil, R.R., 2004. Crop Cover Root Channels May Alleviate Soil Compaction Effects on Soybean Crop. *Soil Science Society of America Journal* 68, 1403–1409. <https://doi.org/10.2136/SSSAJ2004.1403>

6.3 Referencer – Virkemidler til tilpasning af bedrift og maskinkapacitet til det generelt vådere vejr

Lyngvig, H. S. 2020a. Sådan minimerer vi jordbelastningen fra vores store markmaskiner – nu og her! Og hvad koster det? PowerPoint show, d. 15/01/2020. SEGES.

Lyngvig, H. S., 2020b. Sådan tørrer du kornet. Artikel d. 25/03/2020. Landbrugsinfo, SEGES Innovation.

SEGES Innovation, 2023. Beregning af økonomiske konsekvenser af det vildere vejr.

Vestergaard, A. V., Fabricius, C., Lyngvig, H. S. 2020. Etableringsplan for vårsæd i våd lerjord. Artikel d. 23/03/2020. Landbrugsinfo, SEGES Innovation. <https://www.landbrugsinfo.dk/basis/4/7/4/godskning-etableringsplan-varsad-vad-lerjord>.