

# Konsekvenser af våde landbrugsjorder



**Udgivet**

November 2023

**Forfattere:**

Ditte Olsen

Rikke Krogshave Laursen

Winnie Heltborg

Kristine Skov

**Organisation:**

SEGES Innovation P/S

**Forsidefoto:**

Ole B. Hansen, LRS



# Indholdsfortegnelse

Introduktion .....	4
1 Vandmiljø og miljømål .....	6
1.1 Hvilke konsekvenser har vandlidende højbundsjorder for vandmiljøet og miljømålene?.....	6
1.2 Hvilke konsekvenser har vandlidende kyst- og vandløbsnære landbrugsjorder for vandmiljøet og miljømålene?.....	7
1.3 Hvilke konsekvenser har det vådere vejr for vandmiljø og miljømål? .....	8
1.4 Opsamling .....	8
2 Natur .....	10
2.1 Hvilke konsekvenser har vandlidende højbundsjorder for naturen? .....	11
2.2 Hvilke konsekvenser har vandlidende kyst- og vandløbsnære landbrugsjorder for naturen?.....	12
2.3 Opsamling .....	12
3 Klima.....	14
3.1 Generel drivhusgasudvikling.....	14
3.2 Hvilke konsekvenser har vandlidende højbundsjorder for klimaet? .....	16
3.3 Hvilke konsekvenser har vandlidende kyst- og vandløbsnære landbrugsjorder for klimaet? .....	17
3.4 Hvilke konsekvenser har det vådere vejr for klima? .....	18
3.5 Opsamling .....	19
4 Arealanvendelse .....	21
4.1 Hvilke konsekvenser har det for arealanvendelsen, hvis højbundsjord er vandlidende?.....	21
4.2 Hvilke konsekvenser har det for arealanvendelsen, hvis kyst- og vandløbsnære arealer er vandlidende?.....	22
4.3 Hvilke konsekvenser har det vådere vejr for arealanvendelsen? .....	25
4.4 Opsamling .....	25
5 Produktion og dyrkningsmæssige forhold .....	27
5.1 Hvilke konsekvenser har vandlidende højbundsjorder for produktionen og de dyrkningsmæssige forhold? .....	27
5.2 Hvilke konsekvenser har vandlidende kyst- og vandløbsnære landbrugsjorder for produktionen og de dyrkningsmæssige forhold? .....	33
5.3 Hvilke konsekvenser har det vådere vejr for produktionen og de dyrkningsmæssige forhold? ..	34
5.4 Opsamling .....	35
6 Konklusion .....	37
Referencer .....	39

## Introduktion

I Danmark opleves stigende nedbørsmængder og hyppigere større nedbørshændelser. Der er variationer fra år til år og fra sted til sted, men på landsplan er årsnedbøren steget omkring 100 mm, viser systematiske målinger af nedbøren fra 1874 til 2017 (Cappelen, 2018). Stigningen i nedbør har været størst i vintermånederne, hvor fordampningen samtidig er lille. Dette betyder, at overskudsnedbøren bidrager til en øget nedsivning til grundvandet og afstrømning i vandløbene. Således viser observationer af afstrømningen i flere danske vandløb også en stigning i den årlige middelaftstrømning. Stigningen i vandløbsafstrømningen er ligesom for nedbør størst i vintermånederne, men afstrømningen er også steget i forårs- og sommermånederne, hvilket skyldes en større tilførsel af vand til vandløbene via grundvandet (Larsen et al., 2005).

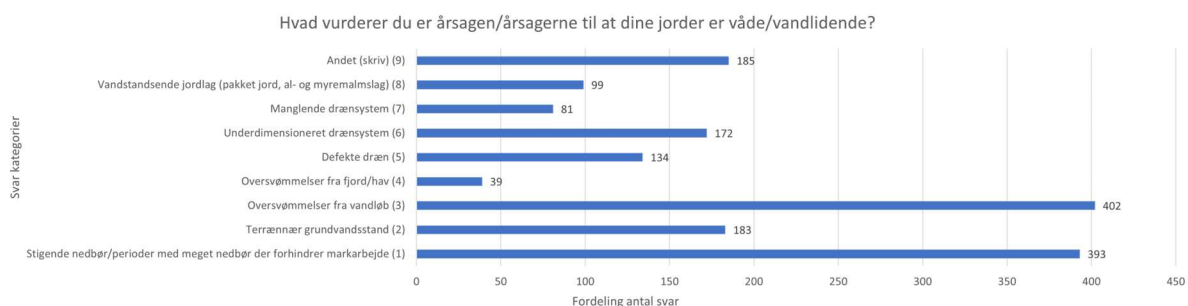
De stigende nedbørsmængder har medført, at landbruget specielt de seneste år har oplevet gentagende perioder med våde, vandlidende og oversvømmede marker (figur 1). Dette for eksempel i september 2017, januar 2018, efteråret 2019, vinteren 2020, februar 2022, januar 2023 og i efteråret 2023. De våde, vandlidende og oversvømmede marker udfordrer ikke bare landbrugsdriften og produktionen, men har også konsekvenser for vandmiljøet, naturen, klimaet mv.



Figur 1. Våde pletter i marken, januar 2023. Foto: Martin Stoltenberg Hansen, SEGES Innovation.

Ifølge en spørgeskemaundersøgelse, som SEGES Innovation har gennemført i foråret 2023, svarer over 800 landmænd med udfordringer på egne jorder, at de oplever, at udfordringerne med vandlidende og periodevis oversvømmede marker er stigende både i hyppighed og omfang. Hovedparten af landmændene (72 % af respondenterne) svarer, at de hovedsageligt oplever udfordringer med vand på mindre end 10 % af deres omdriftsarealer, 14 % svarer, at de oplever vandproblemer på mellem 10 – 19 % af deres omdriftsarealer, 6 % har problemer på 20 – 29 % af deres omdriftsarealer. De resterende 8 % har udfordringer med vand på mere end 30 % af deres omdriftsareal. En stor del af landmændene vurderer, at oversvømmelser fra vandløb samt de stigende mængder nedbør / perioder med meget nedbør er hovedårsagerne til udfordringerne med vand på deres marker (figur 2). Andre årsager er bl.a. terrænnær grundvandsstand, underdimensionerede eller defekte dræn, manglende drænsystem, vandstandsende jordlag og manglende vandløbsvedligeholdelse. Udfordringerne med vand på deres marker

oplever flertallet flere gange årligt. De fortæller, at det bl.a. er med til at forhindre markarbejdet og bevirker, at landmændene typisk har et udbyttetab på 20 – 50 % på jorder påvirket af vand.



Figur 2. Respondenters svar i spørgeskemaundersøgelse på, hvad de vurderer, er årsagerne til, at deres jorder er våde eller vandlidende.

Da klimaforandringerne og konsekvenserne heraf forventes at fortsætte som følge af den fortsatte udledning af drivhusgasser, er det sandsynligt, at nedbøren i Danmark stiger yderligere i de kommende årtier, og flere ekstreme hændelser og længere tørkeperioder vil ramme landet (DMI, 2014). Beregningerne af fremtidens klima er forbundet med stor usikkerhed, men tages der udgangspunkt i at drivhusgasemissionen følger et mellemscenarie (RCP4.5) estimeres det, at gennemsnitstemperaturen i Danmark vil stige med lidt under 2 °C (Pedersen, 2020). I dette tilfælde vil Danmark ved udgangen af det 21. århundrede kunne forvente:

- Kraftigere nedbørshændelser om sommeren vil forekomme hyppigere, trods sommeren sandsynligvis bliver tørrere, og trods den samlede nedbørsmængde i sommerperioden (juni-august) ikke ændres drastisk. I vinterhalvåret forventes en stigning i nedbørsmængden på ca. 25 %, hvoraf en stor del vil falde som regn, grundet stigende temperaturer.
- Danmark vil opleve flere dag med hedebølge samt længere tørkeperioder, mens antallet af skybrudevents vil stige med 70 %. Vi kan derfor forvente langt flere ekstreme vejrhændelser.
- Havvandstigninger på omkring 70 cm, og stormflod vil blive mere hyppigt. Sammen med stigende havvandstand kan længerevarende stormfloder få store konsekvenser i forhold til afvanding, oversvømmelser mv. (Grøndahl et al., 2014; Pedersen, 2020).

Ændringerne i nedbør, antal skybrud, grund- og havvandstand samt vandføring i vandløbene vil have indflydelse på afvandingen af landbrugsarealer og dermed konsekvenser for landbrugsdriften samt vandmiljøet, naturen og klimaet. Formålet med denne rapport er at beskrive, hvilke konsekvenser vandlidende og våde landbrugsjorder har for hhv.:

- Vandmiljø og miljømål
- Natur
- Klima
- Arealanvendelse
- Produktion og dyrkningsmæssige forhold

Konsekvenser indenfor disse emner vurderes i forhold til følgende tre indsatsområder: 1) Højbundsjorder, 2) kyst- og vandløbsnære landbrugsjorder, og 3) det vådere vejr.

# 1 Vandmiljø og miljømål

Vandforekomster som grundvand, søer, vandløb, fjorde og hav samt deres fysiske og kemiske egenskaber og funktion som levested for levende organismer udgør vandmiljøet. Vandmiljøet påvirkes af menneskelige aktiviteter. Således er vandløb gennem tiden blevet udrettet, søer drænet, fjorde inddiget og drænet mm. Samtidig belastes vandmiljøet af tilstrømmende næringsstoffer, organisk materiale og kemiske forbindelser, der påvirker vandkvaliteten.

Samfundsmæssigt er der et ønske om at ændre tilstanden for vandmiljøet i Danmark, og der er igangsat en lang række politiske initiativer og mål for at reducere de forringende effekter og forbedre tilstanden. Det danske vandmiljø er omfattet af vandområdeplanerne, der udgør en samlet plan for at forbedre det danske vandmiljø. De skal sikre renere vand i Danmarks søer, vandløb, kystvande og grundvand i overensstemmelse med EU's vandrammedirektiv (Miljøstyrelsen, 2022a; Miljøstyrelsen, 2022b). Målet med planerne er overordnet set at opnå:

- Bedre tilstand i vandløb ved at forbedre de fysiske forhold.
- Bedre tilstand i fjorde og ved kyster ved at reducere udledningen af kvælstof.
- Bedre tilstand i søerne ved at reducere udledningen af fosfor.
- Bedre tilstand i vandløb og søer ved at reducere forureningen fra f.eks. hjem uden kloak, rensesanlæg og kloakoverløb (Miljøstyrelsen, 2022c).

Der er naturligvis en sammenhæng mellem vandmiljøet og naturen i de akvatiske- og ferskvandsafhængige naturtyper, hvorfor konsekvenser for vandmiljøet også vil have en afsmittende effekt på naturen. Nogle af de beskrevne konsekvenser i dette afsnit er således også beskrevet i afsnittet om natur.

Formålet med dette afsnit er at opnå viden om, hvilke konsekvenser oversvømmede og vandlidende landbrugsjorder har på vandmiljøet og miljømålene, sammenlignet med jorder der ikke er vandlidende.

## 1.1 Hvilke konsekvenser har vandlidende højbundsjorder for vandmiljøet og miljømålene?

Højbundsjorder kan være vandlidende i hhv. kortere (dage til uger/måneder) og længere perioder (år). Oftest er højbundsjorderne kortvarigt vandlidende med våde pletter i marken i perioder med meget nedbør. Hvis de er vandlidende i længere perioder, skyldes det ofte, at grundvandet er beliggende tæt på terræn (ofte ikke synligt fra overfladen). Disse vandlidende forhold på højbundsjorderne kan have negative konsekvenser for vandmiljøet i form af øget næringsstofudledning. Det kan pga. de vandlidende forhold ske som følge af øget udvaskning af jordens næringsstoffer, som transporteres via dræn og/eller gennem jorden til de nærliggende vandmiljøer. Ligeledes vil afgrøder på vandlidende jorder være påvirket. Dette ift. at afgrøden måske ikke bliver sået rettidigt, eller de ikke udvikler sig ordentligt. Dette bl.a. pga. at vand i jorden bidrager til lavere jordtemperaturer og langsommere opvarmning, ligesom højtstående grundvandsstand begrænser plantens rodudvikling og roddebyde. Afgrøden bliver af disse grunde mindre og næringsstoffoptagelsen falder, sammenlignet med højbundsjorder der ikke er vandlidende. Dette betyder, at der er risiko for øget næringsstofudvaskning, men også et øget pesticidforbrug, da afgrødens konkurrenceevne er mindre, og der sandsynligvis vil være et øget ukrudtstryk på vandlidende jorder. Pesticiderne vil potentielt kunne transporteres til vandmiljøet.

Desuden har højbundsjorder ofte en bakket topografi, og hvis der samtidig er områder uden plantedække pga. vandlidende forhold, så kan dette under kraftige nedbørshændelser føre til øget overfladisk afstrømning, og der er dermed større risiko for erosion. Overfladestrømning transporterer både sediment, næringsstoffer og organisk materiale, som ved erosion af de øverste jordlag vil bidrage til yderligere suspenderet materiale og partikler i den overfladiske afstrømning (figur 3). Føres disse partikler videre til vandmiljøet, er de en kilde til forurening og eutrofiering. Dette kan betyde, at vandmiljøernes tilstand ikke forbedres og i værste fald forværres. Samtidig kan det bidrage til, at vandområdeplanernes miljømål ikke opnås inden for den givne tidsramme.





Figur 3. Jorderosion efter skybrud, oktober 2023. Foto: SEGES Innovation.

## 1.2 Hvilke konsekvenser har vandlidende kyst- og vandløbsnære landbrugsjorder for vandmiljøet og miljømålene?

Landbrugsjord beliggende langs vandløb, kan risikere at blive oversvømmet ved lange perioder med nedbør eller ved korte, ekstreme nedbørshændelser. Her kan vandløb, grøfter mv. gå over deres bredder og oversvømme marker i en periode. I perioder med oversvømmelser vil risikoen for næringsstofftab fra marken være ekstra høj. Det skyldes, at nitrat og andre mobile næringsstoffer kan strømme fra jordopløsningen og ende i vandmiljøet. Det samme gælder organisk materiale samt miljøfremmede stoffer som pesticider.

Når jorden bliver vandmættet, bliver den hurtig (timer til få dage) iltfattig og til sidst helt iltfri (Malik *et al.*, 2002). Under disse forhold er der risiko for, at der kan ske en stor udledning af fosfor (P) fra jorden. Det sker fordi P, der ellers er stærk bundet til jern under iltrige forhold, frigives, når jordopløsningen opnår anoxiske, reducerede forhold. Fosfor skaber eutrofiering i alle vandmiljøer, men særlig søer er følsomme overfor øgede mængder P.

Det samme gør sig gældende under stormflod, hvis lavtliggende kystnære landbrugsområder oversvømmes. Her kan landbrugsjorder blive en betydelig kilde til næringsstoffer, sediment, organisk materiale og miljøfremmede stoffer, når jorden vandmættes og vandstrømme transporterer partikler med tilbage i fjorde og kystvand. Algevækst og eutrofiering i fjorde og kystvande er som oftest kvælstofbegrænset, og disse vandmiljøer vil derfor være særligt følsomme overfor udledninger af N.

Udledninger af næringsstoffer, organisk materiale og miljøfremmede stoffer til vandmiljøerne kan vanskeliggøre at opfylde vandområdeplanernes miljømål.

### 1.3 Hvilke konsekvenser har det vådere vejr for vandmiljø og miljømål?

Længerevarende nedbørshændelser samt skybrud kan påvirke afvandingen og bidrage til vandlidende og oversvømmede marker. Dette kan udfordre rettidigheden i vigtige markoperationer og føre til en ændret arbejdsgang i marken. Det vil påvirkes af mange faktorer, men der er risiko for, at antallet af dage til at udføre de forskellige opgaver i reduceres. Det kan blandt andet få en effekt på udledningen af forurenende stoffer til vandmiljøet. Er der for eksempel færre dage at høste i, kan det tvinge landmanden til at udføre markarbejdet i en kortere tidsramme eller udenfor det optimale tidsinterval. Bl.a. kan det som nævnt ske, at afgrøden ikke sås til tiden pga. vandlidende forhold. Ligeledes kan tildeling af gødning komme til at ske via en enkelt gødsning i stedet for en todelt strategi, hvilket kan føre til, at den spirende afgrøde ikke får udnyttet den samlede mængde næringsstoffer optimalt. På samme måde kan gødskningen pga. det vådere vejr komme til at blive udskudt til et tidspunkt, der ikke er optimalt for afgrødens vækststadium og næringsstofbehov. Disse faktorer medfører, at der er større risiko for, at især kvælstof udvaskes fra marken og ender i vandmiljøet.

De forventede fremtidige klimaændringer kan også bidrage positivt til vandmiljøet, da det forventes, at vækstsæsonen bliver længere. En længere vækstsæson betyder, at afgrøderne vil have længere tid til at optage overskydende kvælstof i jorden, der ellers vil kunne udvaskes. Til gengæld kan tørke i en længerevarende periode have negative konsekvenser for vandmiljøet, da næringsstoffoptaget reduceres pga. begrænset plantevækst. Dette kan efterlade puljer af uudnyttet kvælstof i jorden, der potentielt kan udvaskes under kraftige nedbørshændelser og skybrud. Den tørre jord evt. med begrænset plantedække øger også risikoen for erosion, der som allerede beskrevet også kan påvirke vandmiljøet og miljømålene. Perioder med længerevarende tørke kan også lægge pres på vandmiljøet i form af øget grundvandsindvinding til markvanding. Dette kan påvirke grundvandsressourcen samt grundvandsafhængige vandhuller, søer, vandløb mv. negativt. Ligesom grundvandsafhængige naturtyper kan påvirkes af den øgede grundvandsindvinding, hvilket uddybes i næste afsnit.

### 1.4 Opsamling

På både højbundsjorder samt kyst- og vandløbsnære landbrugsjorder er der større risiko for øget næringsstofftab til vandmiljøet, hvis jordene er vandlidende eller oversvømmede. Dette kan være i forbindelse med en hændelse (meget våd periode, oversvømmelse eller lignende), hvor der kan være en øget udvaskning af jordens næringsstoffer, organisk materiale og miljøfremmede stoffer, som kan belaste vandmiljøerne. Risikoen for øget næringsstoffudvaskning kan dog også være større efter hændelsen, da afgrøder kan være ødelagte eller døde ifm. de våde forhold. Hvis et område er permanent vandlidende pga. høj terrænnær grundvandsstand, vil dette også påvirke plantens vækst på længere sigt. Næringsstoffoptaget vil ikke være optimalt og ukrudtstrykket vil være højere pga. konkurrence, hvilket kan betyde øget behandlingsbehov med plantebeskyttelsesmidler (figur 4).

Det vådere vejr kan også påvirke rettidigheden i vigtige markoperationer og føre til en ændret arbejdsgang i marken, hvilket kan have negative konsekvenser for vandmiljøet og bidrage til at det er svært at opfylde miljømålene.

En forventet længere vækstsæson vil dog modsat kunne bidrage positivt til vandmiljøet, da afgrøderne vil have længere tid til at optage overskydende kvælstof i jorden. Dette er dog afhængig af, at der ikke indtræder en længerevarende periode med tørke, da denne vil kunne hæmme plantevæksten og næringsstoffoptaget. Samtidig vil en tørke, hvor behovet for vanding er stort, kunne påvirke grundvandsressurens kvantitet negativt.

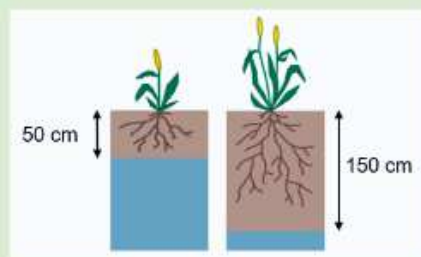


# VANGLIDENDE OG OVERSVØMMEDE MARKER KAN HAVE NEGATIVE KONSEKVENSER FOR VANDMILJØ OG MILJØMÅL



Når afgrøder helt eller delvist ødelægges, skades eller dør pga. vand, øges risikoen for udvaskning af næringsstoffer som N og P, organisk materiale, pesticider og andre miljøfremmede stoffer til grundvand, vandløb, søer, fjorde og hav.

DETTE SKER BL.A. FORDI:



Afgrøder påvirket af højtstående grundvandsstand har dårlig rodvækst og dermed ringe næringsstofoptag.

Når afgrøderne ikke har optimale vækstbetingelser øges ukrudtstrykket og dermed ofte også pesticidforbruget.



Risikoen for jorderosion øges, hvor plantedækket ikke er tilstede eller er ringe.



Figur 4. Konsekvenserne af vandlidende og oversvømmede marker for vandmiljø og miljømål.

## 2 Natur

I dette afsnit beskrives, hvilke konsekvenser det vil have for naturen, når landbrugsarealer bliver våde og vandlidende. Vil det påvirke naturen negativt? Eller kan det i stedet gavne naturen? Formålet med afsnittet er at opnå viden om fordele og ulemper for den danske natur ved, at der er landbrugsjorder, der er vandlidende og oversvømmes.

Der er ikke en entydig definition på natur. Kornmarken og de ukrudtsarter, svampe, nytte- og skadedyr der forekommer i marken, er også natur. Her beskrives dog konsekvenserne for den mere upåvirkede natur, der både kan ligge på landbrugsarealet eller i tilknytning hertil. Det vil sige den natur, der udgøres af biotoper som enge, moser, skove, heder, søer, strandenge, samt småbiotoper som læhegn, krat, småvandhuller, diger og deres funktioner som levesteder for vilde arter. Yderligere fokuseres også på de vilde arter, som findes i naturen.

Da biodiversiteten er i tilbagegang, og denne udvikling ønskes vendt, værdisættes naturen efter, hvor godt den understøtter de mere sjældne og truede naturtyper og arter. God natur findes oftest på mere næringsfattige levesteder i store naturområder, hvor der er plads til en dynamik og variation, der understøtter mange forskellige arter.

Naturlig hydrologi er blevet en mangelvare i den danske natur (Ejrnæs, R. et al. 2021). Mange strandenge, skove, ferske enge og moser er blevet inddiget eller drænet/afvandet med henblik på mere eller mindre intensiv udnyttelse eller for at sikre mod forsumpning og oversvømmelser af den omkringliggende agerjord, byer og anden infrastruktur. Vandindvinding kan ligeledes have haft negativ betydning for udstrømning af rent grundvand til de grundvandsafhængige naturtyper (Ejrnæs, R. et al. 2021). Kyst- og vandløbsregulering, vandindvinding og afdræning ændrer naturen, så der mangler naturlig dynamik, mineraliseringen øges og arealet med våd natur udtørres og reduceres. Som konsekvens er arter, der er tilpasset disse levesteder forsvundet, og naturen er blevet mere artsfattig. Samtidigt er naturarealet blevet meget mindre, og naturen er fragmenteret i mere eller mindre isolerede forekomster, hvor den er meget påvirket af det omgivende miljø og oplandet samt meget sårbar overfor ydre påvirkninger og ekstremhændelser.

Når landbrugsarealerne bliver mere våde og vandlidende vil det påvirke naturen i og nær landbrugsarealet og ændre forholdene for arterne i naturen. Store forandringer på små arealer kan udslette eksisterende værdifulde plantesamfund og artspopulationer tilpasset de hidtidige forhold. Arter tilpasset de nye forhold, kan vanskeligt spredes til og kolonisere et lille isoleret naturareal.

Oversvømmelser og hævet grundvandsstand, eller tilstrømmende rent overfladevand og regnvand, som følge af ændret klima kan dog også give grundlag for en forbedring af eksisterende våd næringsfattig natur. En mere naturlig hydrologi og dynamik kan udvide arealet med optimale leve- og vækstforhold (Fløjgaard, C. et al. 2021).

Temporære/nye vandhuller kan have en umiddelbar positiv betydning for padder, insekter og fugle.

Vandlidende og våde landbrugsjorder kan dog også øge risikoen for forarmelse, dvs. tab af nøjsomme arter og ensretning af naturen, som følge af en øget udvaskning af næringsstoffer, sedimentaflejringer og oversvømmelser med drænvand, næringsberiget dræn-/overfladevand fra det dyrkede areal (Ejrnæs, R. et al. 2021, Andersen & Baattrup-Pedersen 2016). Der kan ske forsumpning af eksisterende natur som følge af historisk tørvesætning og manglende vandbevægelse (manglende naturlig afdræning) (Fløjgaard, C. et al. 2021).

Næringsberigelse og forsumpning kan være et problem for eksisterende natur og for skabelsen af ny værdifuld natur. Fragmenteret våd natur, men også tør natur og kystnaturen kan blive klemmt, hvis den fra den ene side oversvømmes og fra den anden side presses af dyrkning, dræning og kystsikring (coastal squeeze) (Ejrnæs, R. et al. 2021).



Der kan nogle steder være en vanskelig balance mellem højere vandstand og afgræsning, der også kan have stor betydning for naturens tilstand (Fløjgaard, C. et al. 2021). Artsrige kær og naturenge (under landbrugsmæssig ekstensiv udnyttelse eller pleje ved afgræsning) kan forringes ved vandstandshævning, hvis det indebærer at eksisterende natur forsumper, og afgræsningen opgives.

Der må skønnes, at der lokalt eller regionalt kan komme et ønske om at opdyrke småbiotoper, brakarealer og anden natur, der ikke er omfattet af naturbeskyttelse, hvis dyrkning må opgives på landbrugsarealet i et område.



*Figur 5. Opgivet/udtaget agerjord ved pumpelag ved Nørreåen. Foto: Winnie Heltborg.*

Opgives dyrkningen og dræningen helt på landbrugsjorden (figur 5), vil det over en lang tidshorizont have en positiv indvirkning på eksisterende natur og udvide naturarealet i lokalområdet. I takt med at næringsstofferne udvaskes eller opbruges, og overfladevandet bliver mere rent, eller grundvandet stiger, vil effekten på naturen være stadig mere gavnlig. Selv mere ekstreme hændelser vil have mindre negativ eller ligefrem positiv virkning på naturen, i fald naturområdet er blevet stort nok til at rumme sådanne forstyrrelser, uden at det udsletter artspopulationerne i området helt.

## 2.1 Hvilke konsekvenser har vandlidende højbundsjorder for naturen?

På højbundsarealerne kan vandlidende og våde landbrugsjorder føre til dannelse af temporære vandhuller og pletter i marker, hvor afgrøden går ud. Nye vandhuller kan være gavnlige for visse padder, insekter og fugle, og de "bare" pletter i marken kan blive redesteder for lærker og viber.

Områder under vand eller uden vegetation i markerne vil dog også føre til øget udvaskning af de næringsstoffer, der er tilført markerne. Øget udvaskning vil få negative konsekvenser for naturen i vandløbssystemer, søer, fjord og hav.



## 2.2 Hvilke konsekvenser har vandlidende kyst- og vandløbsnære landbrugsjorder for naturen?

Når landbrugsjorder bliver vandmættede i kyst- og vandløbspåvirkede områder, kan det have konsekvenser for afvandingen af natur som enge, moser og strandenge. En reduceret afdræning af våd natur kan reducere mineraliseringen og genskabe en mere naturlig hydrologi/dynamik i naturen.

Vandlidende og våde kyst- og vandløbsnære landbrugsarealer, kan dog også medføre en øget risiko for oversvømmelser i naturen med næringsberiget vand, sedimenter og organisk materiale fra de tilstødende dyrkningsarealer, samt en forøget udvaskning af næringsstoffer og sedimenter til vandløb, søer og fjorde mv.

Nye og midlertidige vandhuller, der skabes i landbrugsarealerne som følge af højere vandstand, oversvømmelser eller digegennembrud kan være gavnlige for visse padder, insekter og fugle. Strandtudser yngler gerne i kystnære temporære vandhuller (Ejrnæs, R. et al. 2021).

Hvis den intensivt dyrkede landbrugsjord bliver så våd, at driften ekstensiveres eller ophører, vil det reducere risikoen for tab af næringsstoffer og skabe en buffer mellem intensivt dyrkede højereliggende arealer og naturen i, og ved, fjord, kyst og å.

## 2.3 Opsamling

De mulige påvirkninger af naturen, som følge af våde og vandlidende landbrugsarealer afhænger meget af lokale forhold som størrelse, kvalitet og karakter af den eksisterende natur, karakteren af oplandet, vandkvaliteten og vandstrømninger.

Påvirkningerne kan både gavne og skade naturen (figur 6). Våde og vandlidende landbrugsarealer øger risikoen for udvaskning af næringsstoffer til naturen og oversvømmelser af natur med næringsrigt vand, organisk materiale og sedimenter. Der er ligeledes risiko for forsumpning, som kan vanskeliggøre forvaltning. Omvendt kan genskabelsen af en mere naturlig hydrologi og mere dynamiske hydrologiske forhold være gavnlige, særligt i den natur der i forvejen er tilpasset sådanne forhold. Mere vand kan skabe nye vandhuller og lavninger, der kan blive levesteder eller ynglesteder for arter af padder, insekter og fugle. Større sammenhængende naturarealer vil ofte være mere robuste og have et større potentiale for at rumme en høj naturkvalitet. Dyrkningsophør på våd og vandlidende landbrugsarealer vil udvide naturarealet og kan skabe en buffer mellem eksisterende natur og det dyrkede areal til gavn for naturen.

# Vand påvirker natur på godt og ondt

Våde og vandlidende landbrugsjorder kan have både **positive** og **negative** effekter på naturen:

- + **Naturlig hydrologi** bidrager til natur med mere dynamik. Vandlidende jorder kan bidrage til genskabelse af mere naturlige og dynamiske hydrologiske forhold.
- **Vandhuller i marken** vil kunne tiltrække fugle, insekter og planter under rette betingelser.



## Eksempel: Vibepletter

Våd pletter i marken kan forbedre levevilkårene for viben:

Viben kan godt lide fugtige lavninger at bygge rede i



Viben vil gerne yngle i åbne landskaber med lav vegetation.

Faktorer som dyrkning af vårafgrøde, græsningsintensitet og jordbearbejdning er vigtige for at skabe vibepletter

- ÷ **Næringsrigt vand** der oversvømmer naturarealer kan resultere i lav naturværdi.
- **Forsumpning** af eksisterende tør natur mister tilknyttede arter.
- **Ophør af ekstensiv afgræsning** kan forringe artsrige naturområder, da arters symbiose med græssende dyr forsvinder.



## Eksempel: Mindre artsrigdom

Oversvømmelser med næringsrigt vand favoriserer hurtigtvoksende plantearter

Foto: Emil Skole Henriksen



Mindre konkurrencedygtige plantearter vil forsvinde fra området

Artsrigdom indenfor insekter og andre dyr, der er tilknyttede planterne, vil falde. Der vil opstå en ensretning af naturen

Figur 6. Eksempler på positive og negative effekter våde og vandlidende landbrugsarealer kan have på naturen.

## 3 Klima

Markbruget er forbundet med udledning af især kuldioxid (CO<sub>2</sub>) og lattergas (N<sub>2</sub>O) samt en mindre udledning af metan (CH<sub>4</sub>). Dette afsnit beskriver først de tre drivhusgassers udvikling i forhold til styrende faktorer i jorden, herunder vil fokus særligt være på jordens vandindhold. Efterfølgende vurderes konsekvenserne for klimagasdannelse i vandlidende og oversvømmede landbrugsjorder. Formålet med analysen er at afgøre, om den samlede drivhusgasudledning øges i danske vandlidende og oversvømmede landbrugsjorder, sammenlignet med jorde der ikke er vandlidende.

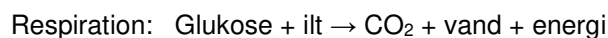
### 3.1 Generel drivhusgasudvikling

Drivhusgasser varierer i blandt andet mængde, evne til at absorbere energi og atmosfærisk levetid, og derfor tildeles hver gas et globalt opvarmningspotentiale (Global Warming Potential (GWP)). GWP beskriver effekten af 1 ton af en drivhusgas, sammenlignet med 1 ton CO<sub>2</sub>, over en given periode, typisk 100 år. GWP<sub>100</sub> for CH<sub>4</sub> og N<sub>2</sub>O er hhv. 28 og 265 (Myhre et al., 2013). I analysen betragtes den samlede emission fra vandlidende og oversvømmede marker som CO<sub>2</sub>-ækvivalenter, der er baseret på gassernes globale opvarmningspotentiale samt mængden, der udledes. CO<sub>2</sub>-ækv. giver en fælles måleenhed for klimagasserne, der gør at de kan sammenlignes, trods at der er store forskelle på klimaeffekten af hhv. CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> og N<sub>2</sub>O.

For alle tre gasser gælder, at flere faktorer er styrende for emissionen. Derfor kan de enkelte faktorer ikke forklare variationer i udviklingen af gas alene. Det må også tages i betragtning, at de forskellige faktorer ikke blot har indflydelse på emissionen, men også på effekten af hinanden.

#### **KULDIOXID, CO<sub>2</sub>**

I marken dannes CO<sub>2</sub>, når organisk materiale (SOM) mineraliseres under iltholdige forhold.

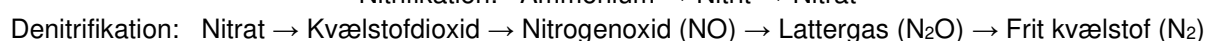


Det er rødder og organismer i jorden, der omsætter det organiske materiale. Dette betegnes overordnet som jordrespiration. Respirationen er proportional med indholdet af organisk materiale i jordens iltfrie zone (Gyldenkerne & Greve, 2020). Aktiviteten af de organismer, der forårsager jordrespiration, er desuden positivt korreleret med både temperatur og vandindhold, op til et vist niveau. Det ideelle vandindhold for organismerne er omkring markkapacitet, eller når ca. 60 % af jordens porevolumen er vandfyldt. Overstiger vandindholdet 80 % af porevolumen, er dannelsen af CO<sub>2</sub> på et minimum, og mikroorganismerne begynder at bruge nitrat (NO<sub>3</sub>) i stedet for ilt, hvilket resulterer i en udledning af frit kvælstof og lattergas. Hvis jordens vandindhold stiger i en sådan en grad, at ilten i jorden forsvinder helt, kan jordens organismer ikke længere danne CO<sub>2</sub> og N<sub>2</sub>O (USDA, 2014). Under iltfrie forhold kan jordrespirationen erstattes af metanemission, som er 28 gange så kraftig en drivhusgas end CO<sub>2</sub>.

Den største emission af CO<sub>2</sub> ses under iltholdige jordforhold, hvor der findes et højt indhold af let omsætteligt organisk materiale. Under danske temperaturforhold vil stigende temperaturer yderligere øge aktiviteten af jordens organismer og dermed CO<sub>2</sub>-emissionen, idet den mikrobielle respiration mere end fordobles for hver 10 °C temperaturen stiger, indtil et maksimum på ca. 35 – 40° C (USDA, 2014).

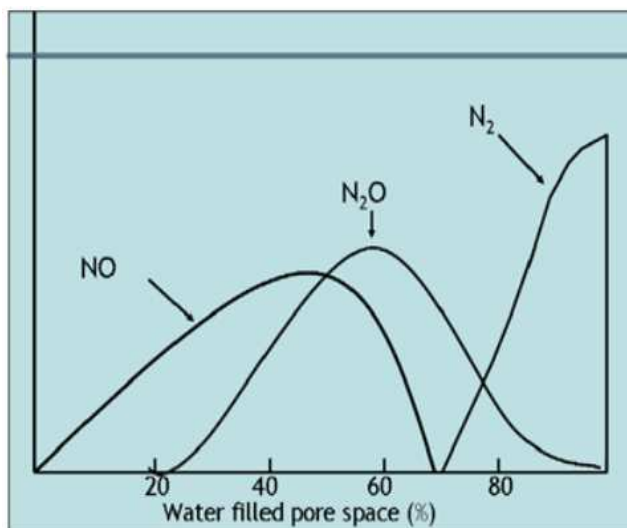
#### **LATTERGAS, N<sub>2</sub>O**

I markbruget dannes lattergas som en del af kvælstofkredsløbet, når kvælstofholdig gødning og plantester mineraliseres. Lattergas dannes både under iltholdige og iltfattige forhold ved hhv. nitrifikation og denitrifikation, der forsimplet forløber som nedenstående:





Denitrifikation foregår under iltfattige forhold, og er den dominerende proces for dannelsen af  $N_2O$ . Under denitrifikationen reduceres nitrat enten til  $N_2O$  eller  $N_2$ , og i nogle tilfælde kun til  $NO$ . Hvorvidt der sker en fuldstændig reduktion af kvælstof til  $N_2$ , eller en ufuldstændig reduktion til  $N_2O$  afhænger af en række faktorer, og særligt af jordens ilt- og vandindhold (Figur 7). Afhængigt af jordtype betragtes et vandfyldt porevolumen på 65 – 85 % som det mest gunstige jordvandsindhold for dannelse af lattergas under denitrifikation. Hvis jordvandsindholdet overstiger 65 – 85 % vil størstedelen af nitrat omdannes til frit kvælstof ( $N_2$ ), hvorved den totale mængde lattergas reduceres (Flechard et al., 2007).

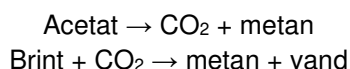


Figur 7. Sammenhængen mellem dannelsen af lattergas og vandfyldt porevolumen (Hauge et al., 2020)

Nitrat er en forudsætning for, at denitrifikation kan forløbe. Det er derfor forholdene under og efter gødskning, der er mest afgørende for lattergasudviklingen. Under sure jordbundsforhold hæmmes omdannelsen af  $N_2O$  til  $N_2$ , fordi enzymet der står for reduktionen, ikke fungerer ved lave pH-værdier. Man finder derfor den største emission af lattergas i vandlidende jorde (65 – 85 % af porevolumen) med lav pH-værdi umiddelbart efter gødskning med kvælstofholdig gødning (Hauge et al., 2020).

#### **METAN, $CH_4$**

Metan dannes i marken, når organisk materiale nedbrydes under iltfrie forhold. I stedet for ilt kan metandannende bakterier bruge acetat, brint eller kuldioxid i deres metabolisme, og metan kan dannes ved:



Hvis metan kommer i kontakt med ilt, kan metanoxiderende bakterier omdanne metan til vand og  $CO_2$ . Jordens indhold af vand er derfor den mest afgørende faktor for, om metan udledes fra marken, og laboratorieforsøg har vist, at emissionen af metan er negativt log-korreleret med faldende vandspejlsdybde (Le Mer & Roger, 2001). Derudover er det fundet, at aktiviteten af de metandannende bakterier øges med stigende temperatur, og peaker omkring 30 – 40° C (Le Mer & Roger, 2001), hvorfor vi med danske temperaturforhold kan forvente, at stigende temperaturer kan øge metan-emissionen fra våde jorde.

### 3.2 Hvilke konsekvenser har vandlidende højbundsjorde for klimaet?

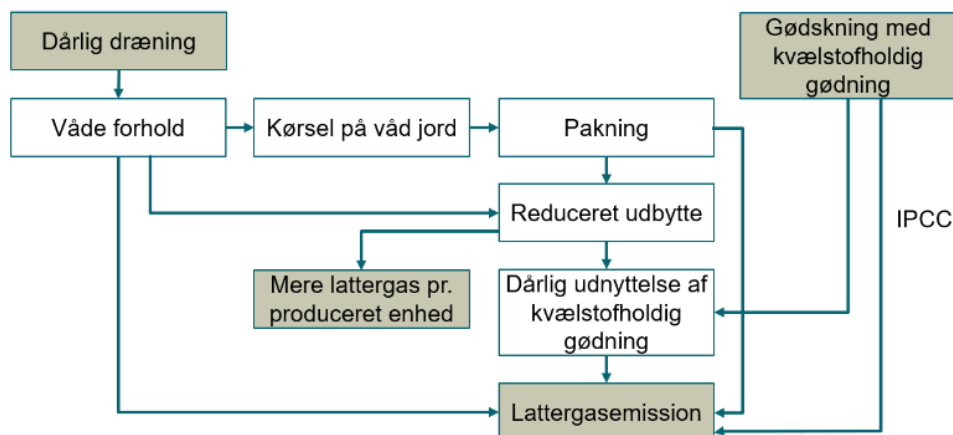
I mineraljorde (højbundsjorde) er der typisk en ligevægt mellem planternes optag af CO<sub>2</sub> fra atmosfæren, og den mængde drivhusgasser der frigives fra jorden, når organisk materiale mineraliseres under iltholdige forhold. Ligevægten mellem optag og emission opstår ved et indhold af organisk kulstof på ca. 1 – 1,5 %. Jorde med et højere indhold af organisk kulstof vil afgive CO<sub>2</sub> under iltholdige forhold, fordi nedbrydningen er større end tilførslen (Gyldenkærne & Greve, 2020). I Danmark er emissionen af CO<sub>2</sub> fra mineraljorde overvejende mindre end optaget (Nielsen et al., 2022). I forbindelse med vandlidende og oversvømmede mineraljorde, vil der ikke forekomme yderligere emission af CO<sub>2</sub> fra disse jorde, da faldende iltmængde forårsager faldende udledning af CO<sub>2</sub> (USDA, 2014). Stigende jordvandsindhold vil derimod øge risikoen for udledning af metan fra jorden. Dog har det lave indhold af organisk materiale i mineraljorde en hæmmende virkning på metan-emissionen (Gyldenkærne & Greve, 2020).

Studier har fundet, at lattergasemissionen generelt er større i dårligt drænedede jorde, i forhold til i godt drænedede jorde, såfremt der er N til stede i jorden. Dog er det afgørende til hvilket vandindhold jorden drænes, da et vandindhold på 65 – 85 % er ideelt for direkte lattergasemission. Ud over vandindholdets direkte effekt på lattergasemissionen, kan et højt vandindhold i jorden på samme tid øge lattergasemissionen, hvis jorden pakkes, når der køres på våd jord.

Både dårlig dræning og jordpakning kan give en dårligere plantevækst, som i mindre effektiv grad optager tilgængeligt kvælstof i jorden. I forbindelse med regnfulde år bliver afgrøden mere ujævn mellem årene, med store negative udslag i våde år, hvor dårlig dræning typisk vil gøre, at udbyttet bliver lavere. Ved lav plantevækst bliver gødningen ikke optimalt udnyttet af planterne, og det giver mere tilgængeligt nitrogen i jorden, som både øger risiko for kvælstoftab ved nitratudvaskning og tab ved lattergasemission (Hauge et al., 2020).

Effektiv dræning kan potentielt øge nitratudvaskning til afløbsvandet, hvilket kan resultere i en øget lattergasemission fra drænvandet. Omvendt giver god dræning hurtigere optørring, hvorfor der er mindre risiko for pakning, når der køres på jorden. Bedre vækst, som følge af bedre dræning fører til en bedre udnyttelse af tilført gødning, hvilket reducerer lattergasemissionen i forhold til det producerede udbytte per. ha. Fordi god dræning kan føre til højere vækst og bedre udnyttelse af gødningen, kan effektiv dræning også potentielt føre til et reduceret gødningsbehov, og derved lavere potentiale for lattergasudslip. Samlet set vurderes det, at dræning af dårligt drænedede jorde reducere risikoen for lattergasudslip på mineraljord, og derved den samlede udledning af drivhusgasser fra marken (Hauge et al., 2020).

Sammenhæng mellem dårlig dræning og lattergasemission ses af figur 8.



Figur 8. Sammenhænge mellem dårlig dræning og lattergasudslip. Sammenhængen mellem tilførsel af kvælstofholdig gødning er baseret på emissionsfaktoren fra IPCC (Efter Hauge et al., 2020).

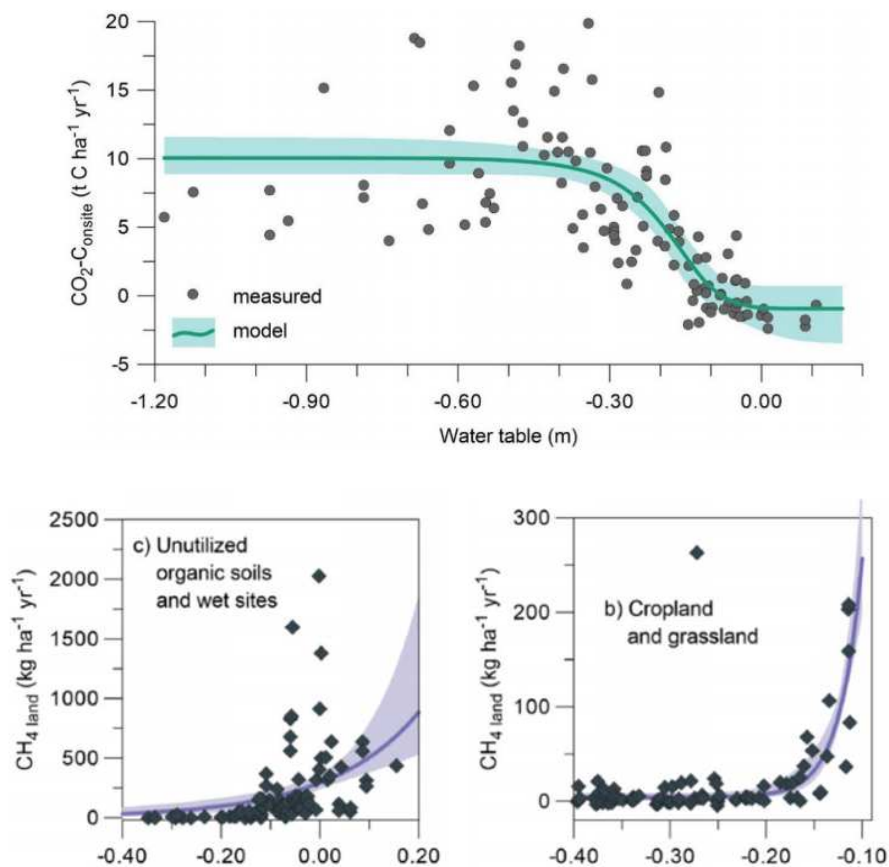
### 3.3 Hvilke konsekvenser har vandlidende kyst- og vandløbsnære landbrugsjorder for klimaet?

Afsnittet er opdelt i hhv. kulstofrige jorder og kystnære landbrugsarealer påvirket af havvand.

#### KULSTOFRIGE JORDER

Kulstofrige jorder er ofte placeret i lavtliggende områder, hvor et vandspejl tæt på jordoverfladen har hæmmet omsætningen af organisk materiale, hvorfor der kan være ophobet store mængder kulstof i jorden. Grundet den lavtliggende placering kan disse områder også være påvirket af vandløb og grundvand, hvis ikke jorden drænes optimalt.

I modsætning til forholdene på mineraljord, vil det høje indhold af organisk materiale i kulstofrige jorder resultere i, at der ved iltfulde forhold vil ske en nedbrydning af jordens organiske stof, der frigøres til atmosfæren som  $\text{CO}_2$ , samt en mindre mængde  $\text{CH}_4$  fra iltfrie lommer i jorden. Fordi det organiske stof indeholder 5 – 10% kvælstof, kan der forekomme en emission af  $\text{N}_2\text{O}$ , når det i første omgang omdannes til nitrat, og videre kan nedbrydes i til  $\text{N}_2\text{O}$  i jordens små lommer, hvor iltmangel kan forekomme (Gyldenkerne & Greve, 2020). Hvis jorden oversvømmes totalt, kan der ikke fortsat ske en dannelse af  $\text{N}_2\text{O}$ , fordi processen kræver, at der ikke er helt iltfrie forhold. I forbindelse med, at kulstofrige jorde er vandlidende, vil også emissionen af  $\text{CO}_2$  falde i takt med, at vandspejlet når jordens overflade. Jordvandet vil dog øge udledningen af metan, idet det organiske materiale da omsættes under iltfrie forhold.



Figur 9: **Top:** Årlig netto  $\text{CO}_2$ -flux fra studier på tyske kulstofrige jorde i forhold til gennemsnitlig årlig vandstand. **Bund:** Udledningen af  $\text{CH}_4$  fra hhv. arealer med højt indhold af organisk materiale (tv), samt landbrugsarealer, med mindre indhold af organisk materiale (th). Afstanden til terrænnært vand er angivet med negative værdier i forhold til jordoverfladen (Gyldenkerne & Greve, 2020).



Figur 9 illustrerer, hvordan et stigende vandspejl i jorden vil resultere i, at der vil forekomme en betydelig forøgelse af metan fra jorden, afhængigt af jordens indhold af organisk materiale. Trods en stigende mængde metan, vil den samlede drivhusgasudledning i CO<sub>2</sub>-ækv. dog falde, grundet nedgangen i udledningen af CO<sub>2</sub>, der opstår i takt med at jordens vandindhold øges (Gyldenkærne & Greve, 2020). Kulstofrige jorde med mindst 12 % OC kan, hvis de er eksponeret for ilt, årligt udlede betydelige mængder af drivhusgasser, op til 40 - 50 ton CO<sub>2</sub>-ækv. per. ha. afhængigt af dyrkning (Gyldenkærne & Greve, 2020). Derfor vil oversvømmelse af disse jorde som udgangspunkt reducere den samlede emission af drivhusgasser fra marken.

### KYSTNÆRE LANDBRUGSAREALER PÅVIRKET AF HAVVAND

Kystnære landbrugsarealer kan blive saltpåvirkede hvis jorden oversvømmes, og hvis grundvandet i området bliver påvirket af vandet fra havet. En del faktorer man stadig ikke kender omfanget af, er afgørende for havvands påvirkning på drivhusgasudledningen, og kompleksiteten gør, at der i litteraturen ikke er klar konsensus omkring saltvands påvirkning på drivhusgasudviklingen i jorden. Et metastudie viser, at havvandspåvirkning overvejende resulterer i en øget udledning af CO<sub>2</sub>, og en reduceret udledning af CH<sub>4</sub>, mens der findes ganske få studier af N<sub>2</sub>O emissionen (Ardón et al., 2018).

Forhøjet saltindhold øger tilgængeligheden af elektronacceptere, der kan skabe en ændring i den mikrobielle metabolisme i jorden. Responsen i CO<sub>2</sub>-emissionen er typisk, at den øges en smule idet dannelse af CO<sub>2</sub> kan øges, når der er sulfat til stede i jorden. Dog er emissionen afhængigt af hvor længe og i hvilken grad, jorden mættes med vand. Høje saltkoncentrationer er også set at hæmme udviklingen af CO<sub>2</sub>, grundet saltstress af de CO<sub>2</sub>-dannende bakterier. De fleste undersøgelser af udledningen af metan i jord, der er påvirket af havvand, viser, at emissionen er hæmmet i forhold til metan-emissionen i jord påvirket af ferskvand. Det skyldes som nævnt, at havvand øger koncentrationen af sulfat, som skaber gunstige betingelser for de bakterier, der reducerer sulfat i deres metabolisme. De sulfat-reducerende bakterier udkonkurrerer de metan-dannende bakterier, om fælles ressourcer som acetat og hydrogen. Lattergasemissionen i havvandspåvirkede jorde er i mindre grad kendt end metan og CO<sub>2</sub> emissionen. Hypotetisk kunne man forvente, at emissionen af lattergas kan stige med øget salinitet, fordi saliniteten vil hæmme det sidste step i denitrifikationen, hvor N<sub>2</sub>O omdannes til N<sub>2</sub>, resulterende i en højere lattergasudledning. Dog er der både fundet studier der indikerer at havvand; hæmmer, øger og ikke påvirker lattergasemissionen.

Emissionen af både CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> og N<sub>2</sub>O kan variere markant, i studier der har undersøgt jorde, der oversvømmes af saltvand. Det skyldes, at saltvand kan have meget varierende respons i forskellige jorde, afhængigt af jordens fysiske og kemiske forhold. Noget kunne desuden tyde på, at responsen i den mikrobielle aktivitet hænger sammen med hyppigheden af saltvandspåvirkning. Hvis jorden gradvist eller tilbagevendende udsættes for øgede saltkoncentration, er det muligt, at jordens organismer tilpasser sig forhøjede saltkoncentrationer, hvilket kan gøre mikroorganismene mindre sårbare overfor havvand og osmotisk stress (Ardón et al., 2018).

### 3.4 Hvilke konsekvenser har det vådere vejr for klima?

Ændringer i nedbørsmængde og -mønster kan betyde negative ændringer af drivhusgasemissioner fra landbruget. I sommerhalvåret, hvor vi i Danmark har udsigt til både tørke og flere kraftigt regnskyl, kan kombinationen af de to påvirke drivhusgasudledningen fra marken negativt, sådan at der i forbindelse med store regnskyl vil forekomme 'pulse' af drivhusgasser fra marken. Længere tørkeperioder kan forårsage død og dvale af jordens mikroorganismer. I forbindelse med nedbør kan overlevende mikroorganismer accelerere omsætningen af let omsætteligt organisk materiale fra døde mikroorganismer, indtil jorden igen indfinder sig på et stabilt stadie. 'Pulsen' kan øges af, af kraftige nedbørsevents, fysisk kan presse jordgas ud af jorden, når jordens porer fyldes med vand (Jones et al., 2019).

Den øgede vinternedbør og havvandsspejlsstigning vil medføre oversvømmelser af visse landbrugsarealer og nogen steder umuliggøre opdyrkning af jorden. Øget vinternedbør kan føre til markante produktionstab samt til øget kvælstofudvaskning, og øget risiko for tab af kvælstof ved lattergasemission

(Lohmann-Jensen, 2010). Selv på godt dræede jorde kan grundvandsspejlet ved hyppig nedbør i perioder nå helt op til overfladen af jorden. Dræning fjerner blot det frie vand i jorden, og særligt i jorde med fin struktur kan fugtighedsforholdene, selv under dræning gøre, at der er gunstige forhold for lattergasudslip efter at dræningstiltag er sat ind (Hauge et al., 2020). Det stigende havniveau kan øge nedsvivningen af saltholdigt havvand til grundvandet, og øge tilsætning af landbrugsjorden. Hvordan den samlede emission fra jorden vil blive ved havvandspåvirkning, ser ud til at kunne variere meget fra jord til jord, afhængigt af de respektive jordforhold, men der er overvejende potentiale for øget CO<sub>2</sub> og lattergasemission (Ardón et al., 2018).

### 3.5 Opsamling

Udledningen af drivhusgasser fra landbrugsjorder er afhængig af flere forskellige faktorer. Vandlidende og oversvømmede jorder har derfor ikke kun negative konsekvenser for klimaet. De primære klimagasser, der udledes fra landbrugsjorder, er kuldioxid (CO<sub>2</sub>), lattergas (N<sub>2</sub>O) og metan (CH<sub>4</sub>), og udledningen af disse påvirkes bl.a. af temperatur, vandindhold, iltforhold, organisk materiale og kvælstofkoncentrationen i jorden.

På højbundsjorder og mineraljorder, der er oversvømmede og vandlidende, forventes der ikke yderligere emission af CO<sub>2</sub>. Til gengæld vil et stigende jordvandsindhold i mineraljorder kunne bidrage til øget risiko for udledning af lattergas fra jorden, i og med der kan opstå midlertidigt iltfrie forhold (figur 10). Lattergas er en meget potent drivhusgas sammenlignet med CO<sub>2</sub>, og udledningen af denne klimagas har derfor betydelige negative konsekvenser for klimaet. Udledning af metan fra højbundsjorder og mineraljorder, der er vandmættede, er marginal, eftersom manglen på organisk materiale i jorden hæmmer denne udledning.

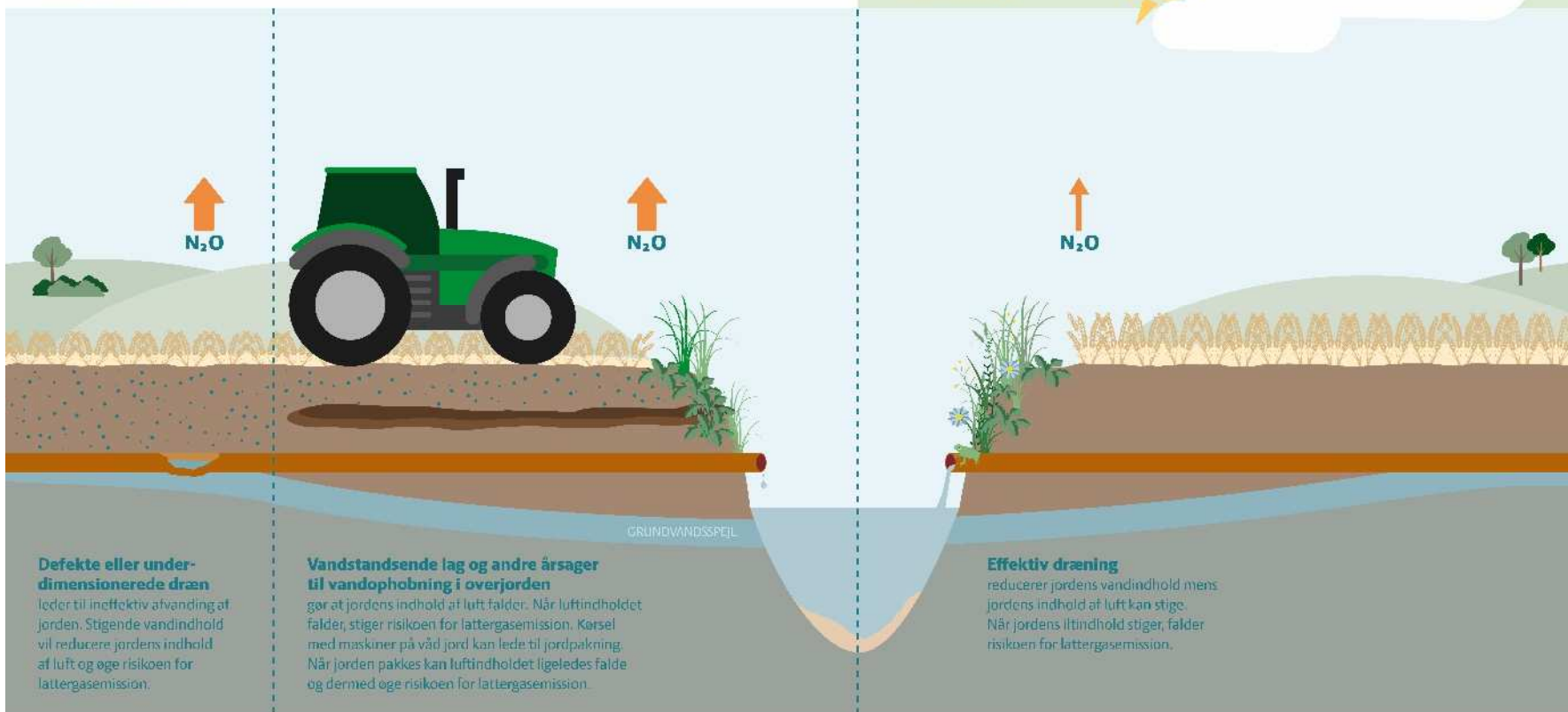
De vandløbsnære landbrugsjorder påvirker klimaet på en neutral til positiv måde, når de er oversvømmet og vandlidende. I kulstofrige (>6 % C) vandløbsnære jorder med vandmættede forhold bremses omsætningen af kulstof, der ellers ville blive udledt under veldrænede og iltede forhold. Lattergas udledes ikke, hvis der står vand i længerevarende tid, og forholdene er 100 % iltfrie. Til gengæld er der risiko for, at metanudledningen stiger, da disse jorder indeholder kulstof, som kan omsættes til metan. Klimaeffekten fra kystnære landbrugsjorder, der oversvømmes med saltvand, er uklar. Der er tendenser til, at saltvand påvirker sulfatkoncentrationen i jorden, hvilket fører til en øget CO<sub>2</sub>-udledning, men til gengæld en reduceret metanudledning. Effekterne på lattergas er ukendte.

Konsekvenserne af vandlidende og oversvømmede landbrugsjorder er således både positive og negative for klimaet. Det generelt vådere vejr kan påvirke dyrkningen og afgrødevæksten, hvilket har indirekte effekter på udledningen af klimagasser. Eksempelvis har forvaltning af kvælstof på marken stor påvirkning på lattergasemissionerne, og jorderne kan derfor have store emissioner på trods af, at de vandlidende forhold kun opstår i ganske kortvarig tid.

## Drænings betydning for emission af lattergas

Dårlig dræning

God dræning



Lattergas ( $N_2O$ ) er en drivhusgas, der er knap 300 gange så stærk som  $CO_2$ . Lattergas kan udvikles i marken når jordens iltindhold falder. Det er en forudsætning for lattergasudvikling, at der er organisk materiale og kvælstof til stede.

Figur 10. Dræningens betydning for lattergasemissionen.



## 4 Arealanvendelse

I Danmark udnyttes omkring 62 % af landets samlede areal til landbrug, men i takt med et øget behov for at anvende mere areal til bl.a. klima- miljø- og naturforbedrende tiltag samt grundvandsbeskyttelse og klimatilpasning, bliver der et større pres på arealerne. Samtidig oplever landmænd i hele landet stigende og gentagende problemer med vandlidende og oversvømmede landbrugsjorder. Afhængig af bl.a. lokation, årsag til udfordringerne med vand, jordens dyrkningsværdi samt andre vigtige forhold for landmanden, kan han/hun vælge at bibeholde jorden i omdrift, eller, hvis det ikke er så værdifuldt landbrugsjord, lade den overgå til andre formål.

I dette afsnit beskrives hvilke konsekvenser vandlidende og våde landbrugsjorder har for arealanvendelsen, og det belyses, hvilke alternative arealanvendelsesmuligheder der er for landbrugsjorder, der er mere eller mindre permanente vandlidende.

### 4.1 Hvilke konsekvenser har det for arealanvendelsen, hvis højbundsjord er vandlidende?

Højbundsjord er oftest vandlidende ved, at der er synlig vand på jordoverfladen eller i lavninger, som ikke lige forsvinder, efter nedbørsperioder. Yderligere kan højbundsjorder være påvirkede af terrænnært grundvand, der gør jorden i dybden vandlidende. Dette er ikke umiddelbart synlig fra overfladen, men afgrøderne er påvirkede af de vandlidende forhold i dybden.

Højbundsjorder er i langt de fleste tilfælde vandlidende, fordi underjorden er meget tæt, og naturlig bortledning af vand gennem jorden vil af den grund tage lang tid. Hertil kan manglende dræning eller manglende vedligeholdelse af drænen tillægges som en af årsagerne til vandlidende højbundsjorder. Drænrør har generelt en lang levetid på højbundsjord; er arbejdet gjort ordentligt, fungerer de fleste i omkring 30-40 år og nogle gange op til 100 år, og potentielt har man derfor en dyrkningssikkerhed i rigtig mange år (Breuning-Madsen, 2010)

Flere faktorer kan dog medvirke til, at et drænsystem på højbundsjorden ikke fungerer optimalt alligevel: Det er ikke blevet spulet/vedligeholdt, rødder og trafik har ødelagt rørene, arbejdet blev ikke udført ordentligt i sin tid, eller at det er underdimensioneret ift. de mængder nedbør vi får nu versus for 100 år siden. Nogle højbundsjorder har også uden noget dræning været dyrkningssikre førhen, men pga. mere nedbør og tungere trafik, kan drænsbehov være opstået rundt omkring i marken.

Konsekvenserne af dette er, at fødevarerproduktion reduceres eller stoppes helt på de pågældende vandlidende arealer. Forbedres afvandingen ikke, og dyrkningen ophører, vil områderne forsumpe med tiden. Alternativt kan arealanvendelsen overgå til andre formål så som:

#### **NATUR**

En anden arealanvendelse er at tage arealet ud af drift med henblik på at skabe naturområder (figur 11). Det være større, sammenhængende naturareal eller blot en småbiotop alt efter størrelsen på det vandlidende areal. Der opnås mest naturværdi, hvis arealet plejes med afgræsning eller slæt, men i sagens natur kan dette være svært at udføre på våde og evt. relativt små arealer. Med tiden vil arealet springe i skov/krat, sandsynligvis pil, hvis der ikke på anden vis gøres noget manuelt for at rydde området, og dette har også udmærket naturværdi samtidig med, at det kan understøtte jagtinteresser.



Figur 11. Pletter i marken, der hvert år er vandlidende, kan tages ud af drift og blive til en småbiotop eller vildtremis. Foto: Lisbeth Gliese Jensen.

## BRAK

Nogle vælger at udtage vandlidende arealer til brak, især efter kravet om at udlægge minimum 4 pct. af omdriftsarealet til brak og andre ikke-produktive elementer kom i 2023 (Landbrugsstyrelsen, 2022). Dette kan gøre arealer eller områder i marker med ringe dyrkningsmæssige værdier nyttige på andre måder. Er det udtaget areal et med permanent vandlidende forhold, vil brakken til sidst forsumpe og udvikle sig til natur, hvor det som konsekvens kan blive udpeget som §3-beskyttet naturareal og altså udgå af drift.

## 4.2 Hvilke konsekvenser har det for arealanvendelsen, hvis kyst- og vandløbsnære arealer er vandlidende?

Landbrugsjorder, der ligger langs eller i nærheden af en kyst eller et vandløb, kan være i risiko for periodevise oversvømmelser, og/eller af at være vandlidende pga. en permanent løbende forringelse af afvandingen.

De periodevise oversvømmelser sker i forbindelse med, at vandstanden i en fjord eller hav stiger under en stormflod, eller vandløbsvandet løber over vandløbets brinker under en hændelse med meget nedbør.

Den permanente forringelse af afvandingen af kyst- og vandløbsnære landbrugsjorder kan skyldes påvirkning af højtstående terrænnære grundvandsstand, som kan gøre markerne permanente vandlidende. Hertil vil der yderligere være en risiko for en løbende forringelse af afvandingen. Dette skyldes, at det forventes, at klimaforandringerne bl.a. vil medføre en generelt stigende middel havvandsstand samt øget middelfastrømning i vandløbene. Dette vil gøre, at gradienten på vandets strømning fra markerne mod vandløb, fjord eller hav reduceres.

Den generelle afvanding af de kyst- og vandløbsnære landbrugsarealer kan bestå af både overjordisk (grøfter, kanaler) og/eller underjordisk (drænrør) dræning. Afhængig af terrænforhold og om arealerne

er inddigede mv. kan det være nødvendigt at anvende pumper, diger og sluser for at beskytte de lavtliggende områder mod oversvømmelser fra hav, fjord eller vandløb. Som på højbundsjorderne er der flere faktorer, som kan medvirke til, at dræningen og afvandingen på de kyst- og vandløbsnære landbrugsjorder ikke fungerer optimalt. Dette kan bl.a. være pakning af jord, manglende vedligeholdelse og omdræning. Yderligere, hvis drænrørene er lagt i humusrig jord, vil de generelt have en væsentlig kortere levetid end drænrør, der er lagt i ikke-humusrig jord som på f.eks. højbundsjorden. Dette skyldes, at humusrige jorder sætter sig med tiden, hvilket reducerer drændybden og kan forskubbe drænrørene i forhold til hinanden (Breuning-Madsen, 2010). Konsekvenserne for arealanvendelsen er, at den hidtidige landbrugsdrift kan være svær at opretholde, og arealanvendelsen kan overgå til andre formål. Heraf vil nogle af disse bidrage med klima- miljø- og naturforbedrende tiltag samt klimatilpasning. Blandt de vigtigste andre anvendelser er (bemærk nogle af formålene ikke kan anvendes på kystnære landbrugsjorder):

### **KLIMA-LAVBUNDSPROJEKTER**

Større områder, hvor jorden samtidig er kulstofrig (> 6 % organisk kulstof), kan indgå i et klima-lavbundsprojekt (figur 12). Der er lige nu et politisk pres for at udtage lavbundsjorder og lade dem oversvømme for at bremse CO<sub>2</sub>-udledningen, der ellers opstår i den iltede, kulstofrige jord. Landbrugsjorder i ådale og andre tørvedannende områder i landet vil altså med stor sandsynlighed få mulighed for at indgå i et lavbundsprojekt, der som oftest initieres af kommunen eller Naturstyrelsen. Er denne landbrugsjord i forvejen vandlidende, kan det give god mening at udtage, da der i lavbundsordningerne er mulighed for at få kompensation eller bedre jord i bytte. Landbrugsjorden, der indgår i et lavbundsprojekt, tinglyses og oversvømmes, så dyrkning er derefter udelukket.



*Figur 12. I Klima-Lavbundsprojekter skal den kulstofrige jord oversvømmes. Dette sker ved flere forskellige tiltag bl.a. ved hjælp af genslyngning af vandløb, som her. Foto: SEGES Innovation.*

### **KVÆLSTOF- OG FOSFORVÅDOMRÅDE**

Ligesom klima-lavbundsprojekter, vil vandlidende og vandløbsnære landbrugsjorder eventuelt kunne indgå i større kvælstof- og/eller fosforvådområdeprojekter. Jorder, der alligevel ofte er oversvømmet, blive taget ud og i stedet at agere filter mellem de højere liggende arealer og overfladevandet (vandløb, søer og fjorde), som vandet ender i. En mark der overgår til et vådområdeprojekt, vil ikke længere have dyrkningsmæssig værdi, men den kan bidrage til at der fjernes bl.a. kvælstof. Det har en positiv virkning på N-reduktionskravet på bedriften og i oplandet.



## KLIMATILPASNING

Den vandlidende mark kan eventuelt indgå i et klimatilpasningsprojekt, hvis den ligger opstrøms for bebyggelse eller andre sårbare elementer, der skal værnes mod oversvømmelse. Marken kan indgå i en større restaurering af ådal eller genslyngning af vandløb, således vandet har mulighed for at blive tilbageholdt i længere tid, og markerne omkring agerer buffer for store afstrømningshændelser. Marken kan hvis terrænforhold mv. tillader det også indgå i mindre klimatilpasningsløsninger: Små vådområder, omløb, vandparkering og dobbeltprofil. Den pågældende mark vil derefter ikke have nogen dyrkningsmæssig værdi, men denne arealanvendelse kan til gengæld øge dyrkningsværdien på marker længere nedstrøms, der har været mindre dyrkningssikre pga. mangel på klimatilpasning.

## NATUR

Kyst- og vandløbsnære arealer kan have stor naturværdi, og landbrugsjorder der ofte bliver oversvømmet kan derfor udtages til naturareal. Kystnære arealer kan udvikle sig til strandeng, mens vandløbsnære arealer vil udvikle sig til våd eng, moser eller skovsump. Plejes naturarealet ikke med høslæt eller afgræsning, hvilket kan være vanskelig på meget vandlidende arealer, vil området sandsynligvis med tiden springe i krat/skov, men dette kan også have en god naturværdi. Tilføres naturarealet næringsstofrigt drænvand, udvikler arealet sig dog aldrig til den næringsfattige natur der er kendetegnet ved mange sjældne arter og høj biodiversitet (Oddershede, 2020).

## PALUDIKULTUR

Det er muligt at lade kyst- og vandløbsnære arealer indgå i andre typer dyrkning/produktion, som eksempelvis paludikulturer (figur 13). Afgrøder som dunhammer, pil, rørgræs, tagrør og strandsvingel trives i meget våde jorder, og den vandlidende mark kan derfor ny have en dyrkningsmæssig værdi, så længe der er mulighed for afsætning af udbytter. Paludikulturer har mange anvendelsesområder: Energi, protein, varme, flybrændstof, bæredygtige forbrugsgoder, samt bygge- og isoleringsmateriale. (Bondgaard, 2022).

Nogle af de potentielle afgrøder til paludikulturer betragtes som vilde sumpplanter, f.eks. tagrør og dunhammer. De er derfor i de nuværende EU-ordninger ikke støtteberettiget som traditionelle landbrugsafgrøder. Rørgræs og andre græsser er en mulighed under de nuværende landbrugsordninger. Jordværdier ved varig vådlægning og dyrkning af paludikulturer er uafklaret, da jordværdien ofte vil hænge sammen med jordens reelle produktions- og afkastevne.



Figur 13. Forsøgsareal med paludikultur i Store Vildmose. Foto: SEGES Innovation.

## **BRAK**

Vandlidende landbrugsjorder der ligger tæt på kyst eller vandløb kan også indgå i sædskiftet som brak. Det er noget, mange allerede har valgt at gøre, især efter der i 2023 kom et krav om at udlægning af minimum 4 % af omdriftsarealer til brak og andre ikke-produktive elementer (Landbrugsstyrelsen, 2022). På den måde har marken værdi for hele bedriftens sædskifte, selvom den ikke er produktiv.

### **4.3 Hvilke konsekvenser har det vådere vejr for arealanvendelsen?**

Det generelt vådere vejr kan påvirke produktionen på markerne på flere forskellige måder, men i forhold til arealanvendelse, er konsekvenserne ikke signifikante. Ifølge en analyse fra SEGES Innovation er antallet af markdage omkring såtidspunktet i foråret steget med 0-3 dage, sammenlignet med perioden 1995-2005. Til gengæld er antallet af høstdage i august faldet med omkring 1-2 dage (Christensen & Krog, 2023).

Eftersom antallet af markdage ikke viser negative tendenser, er det ikke sandsynlig at arealanvendelsen ændrer sig. Landmændene behøver for eksempel ikke ændre sædskifte og inddrage flere vinterafgrøde af bekymring for at få en dårlig etablering af vårsæd. Der kan opstå enkelte tilfælde hvor visse afgrøder, der har lav tolerance overfor vandmættet jord, fravælges på visse arealer, men det hører generelt til afgrøder der i forvejen ikke optager en betydelig del af landbrugsarealet, eksempelvis markært.

Der kan opstå udfordringer med færre høstdage i august, men dette kan dog håndteres ved at investere i øget høstkapacitet, og det vurderes ikke til at få konsekvenser for arealanvendelsen.

### **4.4 Opsamling**

Danske landbrugsjorder, som anvendes til dyrkning af afgrøder, er ofte meget afhængige af, at dræningen og afvandingen er tilstrækkelig. Vandlidende landbrugsjorder, der ikke får forbedret afvandingforholdene, vil overgå til andre typer anvendelser, hvor nogle sker af sig selv, mens andre forudsætter forskellige tiltag.

På højbundsjorder vil ophør af dyrkning ende med at ændre de vandlidende arealer til naturarealer som følge af mangel på kultivering af jorden. Arealet kan også indgå som et brakareal.

På kyst- og vandløbsnære landbrugsjorder er dræn- og afvandingssystemerne af forskellig art pga. de meget forskellige forhold indenfor topografi, geologi og hydrologi, som findes tæt på kyst og vandløb. På de jorder der tilmed er humusrige, vil levetiden for afvandingssystemerne også generelt være kortere, sammenlignet med dem på højbundsjorder. Til gengæld er disse arealer som oftest placeret i landskabet sådan, at de naturligt vil agere svamp og filter mellem landjorden og vandmiljøerne. Dette kommer til udtryk, når der kigges på konsekvenserne for disse landbrugsjorder, hvis dræningen ikke forbedres her: Permanent vandlidende jorder tæt på kyst og vandløb vil kunne indgå i Klima-Lavbundsprojekter, N- og P-vådområder, klimatilpasning eller naturgenopretning. I mange tilfælde vil flere formål overlape hinanden.

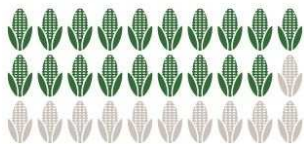
Nogle kyst- og vandløbsnære arealer kan desuden have potentiale indenfor dyrkning af paludikultur. Endeligt kan arealerne, ligesom for højbundsjorderne, indgå som brakareal (figur 14).

Det generelt vådere vejr forventes at have begrænsede konsekvenser for arealanvendelsen.

# AREALANVENDELSE

Landbrugsjorder udgør

**62 %**  
af Danmarks areal



Dyrkningssikker jord

Dyrkningen af afgrøder afhænger af, at landbrugsjorden er veldrænet. Det giver dyrkningssikkerhed, der sikrer stabile udbytter.

Mere nedbør giver flere vandlidende arealer

Mange dræn og vandløb kan af forskellige grunde ikke følge med den øgede nedbør som opleves i dag. Det giver våde og vandlidende landbrugsjorder. I mange tilfælde kan forholdene forbedres med forskellige tiltag. Sker dette ikke er konsekvensen, at arealerne vil/kan overgå til andre formål.



Mange af landbrugsjorderne drænes. Dræningsbehovet er dog forskelligt rundt om i landet:

**40 %**

af markerne i **Jylland** er drænet

**80 %**

af markerne på **Øerne** er drænet



## Hvilke alternative anvendelser kan et vandlidende landbrugsareal have?

Hvis der ikke er mulighed for at forbedre drænings- og afvandsforholdene på marken, kan landmanden anvende arealet til andre formål.

Generelt findes der flere alternativer på kyst- og vandløbsnære arealer, da disse fra naturens side har mange funktioner i overgangen mellem land og vand.

### Højbundsjorder

- Brak
- Natur\*



### Kyst- og vandløbsnære arealer

- Klima-Lavbundsprojekter
- N- og P-vådområder
- Klimatilpasning
- Natur\*
- Paludikultur

\* OBS: Naturarealer kan blive beskyttet af Naturbeskyttelseslovens 53

Figur 14. Våde og vandlidende markers påvirkning på arealanvendelsen.

## 5 Produktion og dyrkningsmæssige forhold

Vandindholdet i jorden er en afgørende faktor for afgrødeproduktionen. Afgrøder har forskellige vandbehov, og vandstress kan påvirke deres vækst, udvikling og udbytte. For lidt vand kan begrænse fotosyntesen, reducere næringsstoffoptagelsen og øge sårbarheden over for skadedyr og sygdomme. For meget vand kan også være skadeligt for afgrøderne, da det kan forårsage iltmangel i rødderne, øge risikoen for rodråd og svampeinfektioner og reducere afgrødens næringsstoffoptag.

Årsagerne til at afgrødeudbytterne på vandlidende jorder falder, kan altså skyldes vandets direkte påvirkning på:

- Plantefysiologiske parametre
- Jordens kvælstofdynamik
- Ukrudt og skadegørere

Derudover findes der flere indirekte effekter, der hver især har betydning for jordens værdi som landbrugsjord. Mange af disse faktorer kan påvirke hinanden på tværs og accelerere en negativ udvikling.

I dette afsnit beskrives de forskellige faktorer, hvor der tages udgangspunkt i højbundsjordene, da konsekvenserne ved de kyst- og vandløbsnære jorder er meget lignende. Det beskrives også hvordan, det generelt vådere vejr påvirker produktionen.

Formålet med afsnittet er at beskrive, hvilke konsekvenser oversvømmede og vandlidende landbrugsjorder har på produktionen og de dyrkningsmæssige forhold.

### TOLERANCEGRAD OVERFOR VANDOVERSKUD

Afgrøder har forskellige tolerancer overfor vandlidende forhold jf. tabel 1 og 2. I de følgende afsnit beskrives de faktorer, der gør at vandlidende jorder kan resultere i udbyttetab.

*Tabel 1: Forskellige plantearters tolerance overfor vandoverskud. Sukkerroer er her placeret under middeltolerante planter, men bør i mange tilfælde høre under følsomme planter. (Jensen, 2002). \*Kartofler er ikke indsat i den oprindelige kilde, men er tilføjet efterfølgende.*

Tolerancegrad	Afgrøde
Meget modstandsdygtige	Ris, flerårige græsser
Middel tolerante planter	<b>Kornarterne</b> (se tabel 2), raps frugttræer, sukkerroer
Følsomme planter	Ærter, bønner, majs, kartofler*

*Tabel 2: Forskellige kornarters tolerance overfor vandoverskud. (Jensen, 2002). \*Vinterbyg er ikke indsat i den oprindelige kilde, men er tilføjet efterfølgende.*

Tolerancegrad	Kornart
Mest modstandsdygtige	Rug og vinterhvede
Middeltolerante	Vårhvede og havre
Meget sårbar	Vårbyg, vinterbyg*

### 5.1 Hvilke konsekvenser har vandlidende højbundsjorder for produktionen og de dyrkningsmæssige forhold?

I dette afsnit beskrives nogle af de mange parametre, der påvirker dyrkningen af afgrøder og den generelle produktion på højbundsjordene. Overordnet set er der plantefysiologiske parametre, såsom fremspiring og rodvækst. Derudover vil kvælstofdynamikken i høj grad også påvirkes, og eftersom kvælstof (N) er et af de vigtigste plantenæringsstoffer, har dette stor betydning for afgrødeudbytterne. Ved ringe plantevækst vil konkurrence fra ukrudt, samt sårbarhed overfor skadegørere desuden øges. Endelig beskrives nogle af de mere indirekte konsekvenser ved vandlidende landbrugsjorder.



## PLANTEFYSIOLOGISKE PARAMETRE

### Vækststart

Tiden mellem såning og fremspiring af afgrøden er et af de tidspunkter i vækstperioden, der er mest kritiske ift. vandmætning. Her vil planten være meget sårbar overfor længerevarende vandmættede forhold, og det kan gå ud over mange forskellige fysiologiske parametre (tabel 3).

*Tabel 3: Fysiologiske parametre hos vinterhvede og deres reduktion efter 17 dages vandmætning efter fremspiring (14 dage efter såning). Variationer skyldes forskellige sorter, samt forskellig tilgængelighed af næringsstoffer (jo mere næringsstofforforsel, jo mindre tab). (Huang et al., 1994).*

Parameter	Reduktion, %
Stomatal konduktans <small>Stomatal konduktans: hvor effektivt bladene lukker CO2 ind og vand ud</small>	20-54
Fotosynteserate	13-24
Leaf water potential <small>Leaf water potential: hvor meget vand der er i bladene. Jo lavere potenti-ale, jo mindre vand</small>	27-48
Bladareal	38-67
Antal sideskud	37-50
Tørvægt, skud	29-70
Tørvægt, rod	50-77
Rod/skud-ratio	19-50
Længde, nodalrødder <small>Nodalrødder: Vokser ud ved basis af stænglen og er en del af det sekundære rodsystem. Udgør størstedelen af rodsystemet og vokser dybt og optager vand og næringsstoffer. Er vigtigt for forankringen.</small>	36-58
Længde, seminalrødder <small>Seminalrødder: Rødder der vokser ud af frøet og som derfor er en del af det primære rodsystem. Er vigtig for forankring under spiring.</small>	22-49
Antal nodalrødder	18-47
Diameter, xylem kar	26-32

Alle disse parametre påvirker hver især det endelige udbytte, men vil variere alt efter sorten, næringsstoffilgængelighed samt varigheden af vandmætningen (Huang et al., 1994). I en undersøgelse fra Robert Q. Cannell et al. (1980) blev det fundet, at 16 dages vandmætning på dette tidspunkt (perioden mellem såning og spirens brydning af jordoverfladen) slår 100 % af spirene ihjel. Er antallet af dage kun 6, reduceres andelen af døde spirer til 12-38 %. Med en efterfølgende periode uden vandmætning, kommer planterne fint efter det, og kan levere gode udbytter (hos de planter der nu er tilbage).

En våd jord vil være længere tid om at varme op, og en lav jordtemperatur ved etablering nedsætter fremspiringen hos de nye planter.

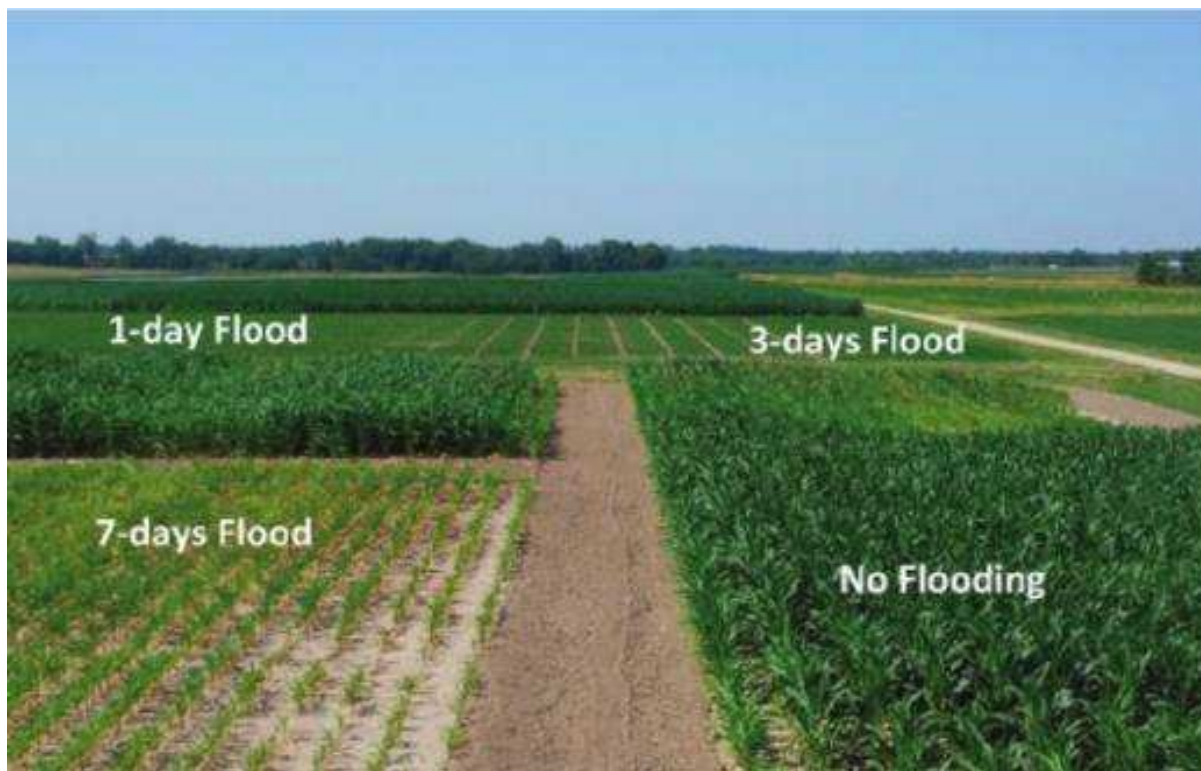
### Senere vækst

Som beskrevet overfor, er vintersæd generelt meget følsom overfor vandmætning i den allerførste fase af væksten. Men får vintersæden en god fremspiring, vil den til gengæld være meget robust midt på vinteren, og kan klare vandmætning i 1-3 måneder. Der vil stadig ses et udbyttetab (15-24 %) ved så lang en periode med vandmætning, men der mistes ikke hele planter. Man skal dog være opmærksom på at frost/tø-hændelser under vandmætningen kan nedsætte udbyttet yderligere. Vintersæd skal bruge en grundvandsspejlsdybde på mindst 20-30 cm i vinterperioden, og mindst 80 cm under vækstperioden. (Børgesen et al., 2012).

Majs vil ligesom vintersæd være meget sårbar overfor vandlidende forhold i starten af vækstperioden, men lykkes fremspiringen (efter de først 2-3 blade), kan planten indhente udbyttet meget godt senere hen. Udbyttet i majs er meget afhængig af antallet af varmeenheder i vækstsæsonen: Der skal mindst 2400 majsvarmeenheder til for at få modne majsplanter til helsæd og cirka 2700 til koble- og kernemajs. Så en kort periode med meget varmt vejr kan være nok til at opnå tilstrækkeligt antal foderenheder. Det er dog vigtigt at påpege i forbindelse med majsdyrkning, at afgrøden stadig skal være til at høste i efteråret: Eftersom høsten ligger så sent (10. - 15. oktober), er der risiko for at jorden indeholder meget

vand, og er markerne vandlidende på dette tidspunkt, kan dette i bedste fald give alvorlige strukturskader i jorden og i værste fald umuliggøre bjærgningen. Mangel på afvanding kan altså resultere i et 100 % udbyttetab i majs pga. praktiske hindringer. Udover at sørge for ordentlig dræning, skal man også gå efter at etablere majs på højtliggende jorder og undgå svære jordtyper. (Mikkelsen, M., pers. kom., 2021; Mikkelsen, 2021).

Udbyttetab i majs ved vækststadiet V6 kan resultere i et udbyttetab på 0,42-0,72 t/ha (figur 15). Dette tab kan mindskes når majs har tilstrækkelig næringsstofforsyning. Det er muligt at tilføre næringsstofferne efter vandmætningen, 'rescue N application', men det vil kun i mindre grad hente det tabte udbytte. (Kaur et al., 2017). I en anden undersøgelse er det dog også fundet at N-tilførsel efter vandmætning kan øge N-optaget med 33-40 % (Kaur et al., 2018).



Figur 15. Visuel effekt af vandmætning i majs. (Kaur et al., 2017)

### Rodudvikling

Vandmætning af jorden fører til, at ilt hurtigt forsvinder fra jordopløsningen. Dette skyldes, at  $O_2$  diffunderer 10.000 gange langsommere i vand end i luft, mens rødder og jordens andre organismer hurtigt respirerer og opbruger ilt. Mangel på ilt til planterødderne vil resultere i, at der dannes færre ATP-molekyler, og denne mangel på energi fører til en ubalance i cellulære processer og dermed ubalance i vand- og næringsstoffoptaget. Derudover sker der også et skift fra respiration til fermentering, når ilt opbruges, hvilket er mindre energieffektivt (dannelse af 2 ATP'er, fremfor 36). Under fermentering produceres der organiske syrer, der nedsætter pH-værdien i cellerne, hvilket er med til at skade cellerne og processerne i dem. Der findes tre typer respons på vandstress, hvoraf nogle kun vil ses i visse arter: 1) Dannelse af barkporer, 2) dannelse af siderødder over vandoverfladen, og 3) dannelse af luftvæv i rødderne (Parent et al., 2008).

I byg kan vandmætning føre til en reduktion af rodtørvægt på 50-70 % (Pang et al., 2004). Som beskrevet i afsnittet "Vækstart" og tabel 3, fandt Huang et al. (1994) følgende vækstreduktioner i rødderne: rod/skud-ratio (19-50 %), rodtørvægt (50-77 %), længde af nodalrødder (36-58 %), længde af seminalrødder (22-49 %), antal af nodalrødder (18-47 %) og diameter af vedkar (26-32 %).

Er etableringen vellykket, vil vandmætning senere hen ikke påvirke roddybden meget hos planten, medmindre plantevæksten nedsættes kraftigt, eller hvis der findes et rodstandsede lag. I en undersøgelse af en vintersort af havre, fandt jorden (R. Q. Cannell et al., 1985) at ved høst var roddybden 23 % mindre

i vandmættede jorde, sammenlignet med veldrænede jorde. Den reduceret roddebybde medvirker til at planten er mindre robust overfor eventuelle tørkeperioder senere på året, hvilket reducerer udbyttet yderligere.

## KVÆLSTOFDYNAMIK

### Kvælstoftab

Den primære kilde til kvælstoftab på vandlidende marker er denitrifikation. Denitrifikationen er generelt højest i foråret og efteråret, men potentialet stiger yderligere under vandmættede forhold. Ryden (1983) fandt et kvælstoftab på op til 2 kg N/ha lige efter tilførsel, når jordvolumen indeholdt 30 % vand. Mængden af N i jorden vil have en stor effekt på denitrifikationsraten: Over 50 % af det totale N-tab sker indenfor de første 8 uger efter tilførslen (Ryden, 1983). I en undersøgelse af Pedersen (1986), blev der fundet en årlig tabsrate via denitrifikation på 39 kg N/ha/år på en lerjord.

Jordtypen vil påvirke denitrifikationsraten; tabet vil generelt være højest på lerjorde på grund de bedre forhold (mere organisk materiale, mere kvælstof og større vandindhold). Således blev det fundet af Kyllingsbæk & Simmelsgaard (1986) at 5 % og 10 % af den tilførte mængde kvælstof gik tabt ved denitrifikation på hhv. JB1 og JB2-4.

### Kvælstofoptag og udbytte

Eftersom rodudvikling nedsættes under vandlidende forhold, påvirkes plantens kvælstofoptag i høj grad, og dette kan koste et udbyttetab. Eksempelvis er der hos vårbyg set et 18-24 % lavere N-optag ved en drændybde på 60-65 cm i stedet for 95-120 cm, og dette førte til et udbyttetab på 16-22 %. I samme forsøg resulterede den lavere drændybde i et 0-27 % lavere N-optag i vinterhvede, som medførte et udbyttetab på 10-32 % (Hattesen, 2017).

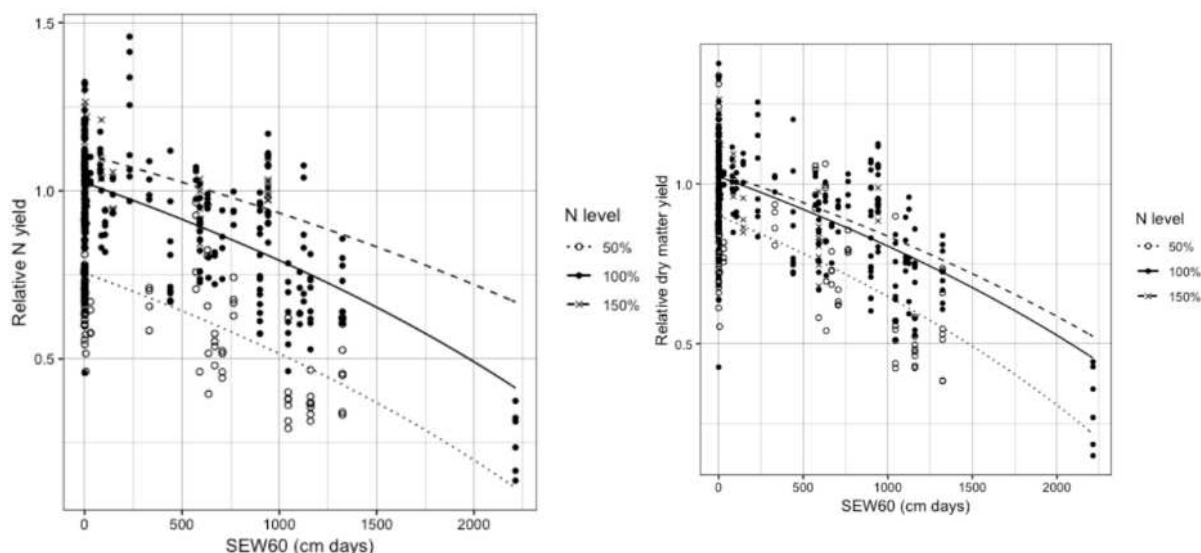
I undersøgelsen fra Huang et al. (1994) blev N-indholdet i skuddene på unge vinterhvedeplanter reduceret med 20-32 % efter en vandmætning på 17 dage under fremspiring.

N-optaget falder, jo flere dage med vandmætning planterne udsættes for (figur 16, venstre). På samme måde vil tørstodudbyttet også falde under vandlidende forhold (figur 16, højre). Disse tendenser i vårbyg og vinterhvede kan beskrives med formlerne

$$\begin{aligned} \text{Relativ } N_{\text{udbytte}} &= \log(-5,75 * 10^{-4} * SEW_{60} + 2,79) \\ \text{Relativ } DM_{\text{udbytte}} &= \log(-5,45 * 10^{-4} * SEW_{60} + 2,78) \end{aligned}$$

Hvor  $SEW_{60}$  er antallet af dage, hvor vandspejlet ligger over 60 cm. Disse forhold gælder under normal gødskning. Tilføres der mere end normen, vil  $SEW_{60}$  have mindre betydning. (Jensen, 2019).

Det er ikke altid til at se symptomer på, at planten er under vandstress; den kan tilsyneladende have en fin vækst uden klorose, men altså give 25 % lavere udbytte (Jensen, 2019).



Figur 16: Kvælstof- og tørstofudbyttet hos vårbyg og vinterhvede i forhold til SEW60 under forskellige gødskningsstrategier. SEW60 er et indeks for dræningsforholdene og angiver summen af dage hvor der er overskydende vand (når dræningsdybden er mindre end 60 cm) (Jensen, 2019).

At udbyttet generelt bliver lavere skyldes mange forskellige ting, hvor nogle faktorer vil betyde mere end andre, afhængig af afgrøde, jordtype og klima. Mange af tingene vil desuden påvirke hinanden indbyrdes og kan nogle gange ikke adskilles. Eksempelvis bliver kvælstofoptaget lavt pga. dårlig rodudvikling. Men der vil samtidig også generelt være mindre kvælstof tilgængeligt pga. øget denitrifikation. På samme måde påvirker problemer med trafik i marken ikke nødvendigvis planteproduktionen direkte, men eksempelvis sen såning på grund af vandproblemer vil føre til en kortere vækstsæson og dermed risiko for lavere udbytte. Andre indirekte påvirkninger vil også være valget af operationer og behandlinger i marken i løbet af sæsonen. Hele sædskifter kan også blive ændret pga. vandlidende forhold i marken.

Det er også derfor, at man skal tage mange ydre parametre i betragtning, som eksempelvis næringsstoffilgængelighed og vækststadiet, vejr- og jordforhold, samt generel markforvaltning

## UKRUDT OG SKADEGØRER

Generelt gælder der at ukrudt, sygdomme og skadegørere vil have bedre betingelser hos en plante, hvis konkurrenceevne og fysiologiske forsvar er forringet som følge af en dårlig udvikling i en vandlidende jord. Udover at dette kan nedsætte udbyttet og dermed reducere dækningsbidraget, vil det for konventionelle landmænd også betyde et øget behov for planteværnsmidler. Dette vil resultere i ekstra omkostninger. Hvis jorden er vandmættet og ufarbar på det tidspunkt, der er vigtig for planteværnsstrategien, er der risiko for, at sprøjtevinduet misses, og at sprøjtingen helt udebliver. Dette kan nedsætte udbytte yderligere.

### Ukrudt

Det vådere vejr kan føre til en senere såning af vintersæd, hvilket vil være fordelagtigt ift. ukrudtsbekæmpelse, idet man som tommelfingerregel siger, at en udskydelse på 14 dage halverer fremspiringen af ukrudtet.

Men spørgsmålet er, om en sen såning overhovedet er muligt på vandlidende jorde. En sen etablering vil øge risikoen for, at jorden er så våd, at der sker svære strukturskader under etableringen. Derudover vil det også betyde, at det kan være svært eller ligefrem umuligt at lave en effektiv mekanisk bekæmpelse af ukrudtet efter fremspiring. Det er på konventionelle bedrifter muligt at benytte sig af kemisk bekæmpelse, hvor ukrudtsvirkemidlet lægges som en film på jordoverfladen inden fremspiringen. Men det vådere og mildere vejr kan betyde, at de aktive stoffer når at nedbrydes inden, det vil have en effekt på det fremspirende ukrudt.



Problemer med ukrudt ifm. dyrkning af vintersæd ses altså på to måder: et vådere og mildere vejr giver gode betingelser for visse ukrudtsarter (eksempelvis rapgræs, skivekamille, pileurt), og vil samtidig resultere i en dårligere effekt af kemiske virkemidler. Det skal også tages i betragtning, at færre virkemidler godkendes, samt at nogen måske ender med at trækkes tilbage fra markedet.

Store problemer med ukrudt i vintersæd kan give udbyttetab på op til 30-40 %. Det bliver vigtigt at have konkurrencetærke afgrøder – dette kan fremavles, men man vil også være en lang del af vejen med veldrænede marker der sikrer god etablering, fremspiring og vækst af afgrøderne. Det bliver også vigtigt at bryde de vintersædsprægede sædskifter med vårsæd, flerårige afgrøder og eventuelt nye afgrøder som sorghum. (Jensen, J. E., 2021, pers. kom.).

### **Sygdomme**

Sygdomme, især svampesygdomme, drager fordel af fugtige forhold, og en jord der ofte er vandmættet, kan derfor fremme væksten og spredningen af sygdomme. Rødsygdomme som goldfodsyge, knækkefodsyge, storknoldet knoldbægersvamp vil trives særdeles godt, hvis jorden både om foråret og efteråret er vandmættet.

Der er dog en indirekte negativ effekt af den vandlidende jord på visse sygdomme, idet vandproblemer på marken kan udskyde såning til senere på foråret eller efteråret, hvilket er godt for sygdomsforebyggelsen. Eksempelvis, vil senere såning af vinterhvede give mindre goldfodsyge, havrerødsot, sneskimmel, knækkefodsyge, septoria og rustsvampe (Hagelskær et al, 2018). Man skal dog være opmærksom på, at andre sygdomme som f.eks. meldug kan fremmes af en sen såning.

### **Skadegørere**

For konventionelle landmænd kan der ske udbyttetab, hvis markerne er for våde at køre ud og sprøjte i. Et ændret sædskifte som følge af vandproblemer på marken kan desuden føre til uhensigtsmæssig opformering af skadegørere. Dette gælder også for svampesygdommene.

Skadegørere vil derudover, ligesom for ukrudt og sygdomme, have bedre betingelser i en plante, der har haft en dårlig udvikling som følge af vandlidende forhold, og som derfor ikke har udviklet et stærkt forsværssystem.

Vandlidende jorder kan dog også have en negativ effekt for skadegørerne og altså nedbringe antallet af disse og omfanget af deres skader på afgrøderne. Organismer med livscyklusstadier i jorden, vil være sårbare overfor vandmætning af jorden. Ligesom planternes rødder er skadegørere også afhængige af tilstedeværelsen af ilt.

### **DE INDIREKTE EFFEKTER**

Nogle effekter af vandlidende landbrugsjorder vil være meget direkte og umiddelbart observerbare. Andre vil føre til konsekvenser der ikke direkte skyldes den vandmættede jord, men kan relateres tilbage til den. Disse konsekvenser kan være mindst lige så omfattende og omkostningstunge.

### **Sædskifteændringer**

Marker der ofte er vandlidende vil være uegnede til sårbare afgrøder som eksempelvis ærter og majs, og dette kan føre til sædskifteændringer. Denne reduktion af muligheder på bedriftens marker vil resultere i økonomisk tab for landmanden, og derudover er der risiko for, at de fører til uhensigtsmæssige sædskifter, der opformerer skadegørere og ukrudt.

### **Forringet jordværdi**

En jord der ikke er dyrkningssikker, vil have en lavere værdi. Dette koster ikke landmanden noget, mens han selv ejer jorden, men skulle han senere have brug for at sælge den, mister han en potentiel mængde penge. På samme måde vil han ikke kunne forpagte arealer væk til deres potentielle værdi og ville også her miste profit.

### **Mistet foderværdi**

Vandlidende jorder kan, udover at føre til reducerede udbytter, også give afgrøder af forringet kvalitet. For landmænd, der skal bruge disse til fodring af husdyr, kan dette resultere i en fodersammensætning,

der ikke er optimal for produktionen. F.eks. kan en nyetableret kløvergræsmark, der rammes af længevarende vandmættede forhold få en ændret andel af kløver og græsser, idet kløverplanterne i de fleste blandinger er de mest sårbare. Dette ville både føre til en omkostning i form af nyetablering eller indkøb af ekstra kvælstof for at kompensere for den tabte N-fiksering, men for kvægbonden ville det også betyde, at han får en kløvergræsensilage med et lavere proteinindhold end forventet. Den indirekte effekt kan derfor være lavere mælkeydelse og dermed økonomiske tab.

### **Pakning af jorden**

Jordpakning er i høj grad umiddelbar observerbar, da landmanden, der kører i en våd jord, med det samme kan se, hvordan jordens dårlige bæreevnen resulterer i dybe kørespor og efterfølgende samling af vand heri. Pakningens effekt på planteproduktionen ses omgående i vækstsæsonen; udsæd, der er landet i områder med jordpakkende kørsel, vokser synligt dårligere. Dette skyldes en kombination af de førnævnte effekter: Ringe rodudvikling på grund af dårlig iltforsyning og den fysiske modstand rødderne møder i jorden, dårligt næringsstofoptag samt tab af næringsstofferne.

Men jordpakning kan også være mindre synlig, og effekterne ses muligvis først efter flere år. Dette skaber den indirekte effekt at jordens sundhed gradvist forringes, og det kan være en besværlig og langsommelig proces at få den sunde og frugtbare jord tilbage. Mikro- og makroorganismer i jorden trives dårligt under konstant våde og kolde forhold, og en vigtig konsekvens heraf er, at omsætningen af organisk materiale nedsættes, hvilket betyder reduceret frigivelse af kvælstof og andre næringsstoffer fra organisk gødning.

En anden indirekte effekt af jordpakning er, at den pakkede jord vandholdningsevne forringes. Det skyldes, at jorden mikroporer presses sammen, og derfor ikke kan indeholde lige så store mængder vand. En dårligere vandholdningsevne resulterer i, at jorden hurtigere tørrer ud, hvilket øger risikoen for, at afgrøderne rammes af tørkestress i varme og tørre perioder i vækstsæsonen. En anden konsekvens af en pakket jord med forringet vandholdningsevne er, at der er større risiko for vanderosion, især hvis landskabet hælder. Vandet kan have tendens til at løbe ad overfladen i stedet for at infiltrere jorden, og danner der sig vandstrømme, kan disse tage fosfor og andre fine partikler, som ler og silt med sig, som kan sedimentere udenfor marken. På den måde kan jordkvaliteten forringes over en årrække.

Pakning af jorden kan føre til ekstraomkostninger, da bearbejdning af en pakket jord kræver flere kræfter og dermed mere diesel. På samme måde vil det også kræve ressourcer at lave forbedrende tiltag efter pakningen er sket; eksempelvis koster grubning ved en maskinstation mellem 500 og 700 kr./ha. Grubning er desuden sjældent en god langvarig løsning, da jorden bagefter kan blive mere pakningsdisponeret (Chamen et al., 2015). Andre løsningsmuligheder er brug af bredere dæk, øget tilførsel af organisk materiale, overgang til CTF (controlled traffic farming, faste kørespor), samt sædskifteændringer der involverer flere afgrøder med dybe, jordløsnende rødder. Disse muligheder varierer i omkostningseffektivitet, men generelt gælder der, at har man først fået pakningsskader i jorden, tager det i hvert fald 3-5 år med forbedrende tiltag, før man får genoprettet jordstrukturen igen (Chamen et al., 2015). I de år kan der være udbyttereduktioner, og samtidig vil der være stor risiko for at starte en ond cirkel, da pakningen fører til dårlig dræning, som fører til mere pakning, osv., så længe der fortsat køres på marken.

## **5.2 Hvilke konsekvenser har vandlidende kyst- og vandløbsnære landbrugsjorder for produktionen og de dyrkningsmæssige forhold?**

Mekanismerne, der påvirker produktionen og de dyrkningsmæssige forhold, er de samme som på højlandsjorderne, men der kan være forskel i graden og varigheden af de vandlidende forhold. Begge typer jorder er påvirket af nedbørsmængde og -intensitet, samt jordtype og topografi, men de kyst- og vandløbsnære områder vil desuden være påvirket af input fra overfladevand. Når et vandløb går over sine bredder, kan de tilstødende landbrugsjorder modtage store mængder vand, og hvis marken afdræner til det pågældende vandløb, vil afvandingen være sat ude af spil. Her vil altså være tale om en 100 % vandmættet jord, som kun få planter kan overleve i en længere periode, og som ikke kan køres i med traditionelle maskiner. Disse forhold varer dog sjældent en hel vækstsæson, hvorimod vandlidende

forhold på højbundjorder kan være længerevarende på grund af mere permanente faktorer såsom pakning og dårlig jordstruktur.

Landbrugsjorder, der er placeret kystnært, har også risiko for at være påvirket af forsaltning. Dette opstår, når der sker et input af saltvand ved oversvømmelser, samt når vind og regn bærer salt med ind på land. Forsaltning af jorden kan nå et punkt, der er toksisk for afgrøderne, hvor udbytterne begynder at falde, og salttolerante ukrudtsarter tager over. Der vil desuden opstå en indirekte effekt, når  $\text{Na}^+$  ionerne bytter andre ioner, som  $\text{Ca}^{2+}$  og  $\text{Mg}^{2+}$ , hvilket gør jordpartiklerne ustabile og øge risikoen for jordpakning og dårlig vandinfiltration (Duan, 2016).

### 5.3 Hvilke konsekvenser har det vådere vejr for produktionen og de dyrkningsmæssige forhold?

Fremtidens vådere vejr vil ændre flere aspekter af afgrødeproduktionen. Der vil være risiko for at antallet af arbejdsdage i marken reduceres, når markerne bliver ufarbare pga. vandmætning oftere eller i længere perioder.

#### **ÆNDRINGER I MASKINBRUG OG -KAPACITET**

Udover udbyttetab og de indirekte effekter beskrevet ovenfor, vil de vandlidende forhold også have konsekvenser for bedriftens maskinelle og produktionsmæssige situation. Jorder, der ofte er vandlidende i lang tid ad gangen, kan kræve ændringer i maskinbruget, såsom alternative metoder til gylleudbringning, og brug af gummibælter i stedet for dæk på maskinerne (figur 17). Det er også værd at medregne, at kørsel i og bearbejdning af våde jorder slider på både maskiner og redskaber i højere grad end på tørre jorder. Som en langsigtet konsekvens vil der altså være flere omkostninger til slitage og afskrivninger på vandlidende jorder.



*Figur 17: Eksempel på en konsekvens af et vådere vejr og dårlige dræningsforhold: Maskinelle ændringer som brug af gummibælter i stedet for dæk. Foto: Henning Sjørsløv Lyngvig.*



Som følge af generelt vådere vejr vil der også ses et behov for udvide kapaciteten under høst og tørring af afgrøderne. Det skyldes, at det tidsmæssige vindue, hvor forholdene er optimale til høst, er blevet mindre pga. generelt mere regn i sensommeren. Det kræver altså større maskinkapacitet at få høstet alt til rette tid, og større tørringskapacitet at få tørret de afgrøder, der ikke nås indenfor vinduet.

## 5.4 Opsamling

Vandlidende og oversvømmede landbrugsjorder påvirker produktionen og de dyrkningsmæssige forhold på mange måder (figur 18), heraf har langt størstedelen negative konsekvenser. Både på højbunds- og på de kyst- og vandløbsnære landbrugsjorder vil afgrødeproduktionen blive forringet, da vandmættede jorder hæmmer plantevæksten på flere fysiologiske parametre og fører til dårlig udvikling af rødderne, som er fundamentale for plantens fremtidige vækst.

Afgrødernes kvælstofoptag forringes som følge af dårlig rodudvikling. Derudover kan det også forventes, at der tabes en betydelig mængde kvælstof til den mikrobiologiske proces, denitrifikation, når jorden er vandmættet.

I forhold til ukrudt og skadegørere påvirkes afgrødeproduktionen både positivt og negativt af de vandlidende forhold. Nogle ukrudts- og sygdomsarter får bedre betingelser i den vådere jord, mens andre arter mistrives eller får afbrudt deres livscyklus som følge af ændret dyrkningspraksis. Generelt gælder der dog, at planter med sund vækst og rodudvikling står bedre imod konkurrence og angreb fra ukrudt og skadegørere.

Endeligt har vandlidende forhold på marken flere indirekte konsekvenser for dyrkningen og produktionen. Der kan opstå mere eller mindre akutte sædskifteændringer og ændringer i dyrkningspraksis, ligesom værdien af foder, der dyrkes, kan forringes. Der er øget risiko for pakning af jorden, som igen skaber negative effekter i flere aspekter af produktionen. Samtidig med at jordværdien kan forringes.

Specifikt for kystnære landbrugsjorder er der risiko for, at de vandlidende og oversvømmede jorder påvirkes af saltniveauet. Det kan enten være direkte toksisk for afgrøder eller påvirke indirekte i form af, at jordens struktur forringes.

Det generelt vådere vejr påvirker produktionen og de dyrkningsmæssige forhold i form af, at der stilles andre krav til maskinbruget og kapaciteten. Der kan være brug for andre metoder og materialer, og kapacitetsbehovet kan komme til at stige især omkring høstperioden og i forhold til tørring.

# Dyrkningen påvirkes af vandlidende forhold på mange måder

## HØJBUNDSJORD

### Kvælstofdynamik

Fra vandlidende jord tabes mere kvælstof via denitrifikation. Samtidig frigives der mindre kvælstof fra organisk materiale, fordi den mikrobielle omsætning nedsættes som følge af iltmangel. Mangel på kvælstof nedsætter udbyttet.

### Frostskader

En vandmættet jord, der fryser til i vintermånederne, giver alvorlige skader på overvintrende afgrøder.

### 100-100

Udbyttet falder, når grundvandsstanden stiger. Udbyttepotentialet for kornafgrøder er 100 % ved et grundvandsspejl beliggende 100 cm under terræn.

### Pakning

En våd jord har en dårlig bæreevne, hvilket øger risikoen for pakningskader ved kørsel. En meget våd jord kan umuliggøre kritisk markarbejde som f.eks. høst.

### Rettidighed

En vandlidende jord kan være problematisk at køre på. Det kan betyde, at f.eks. gylletildeling, såning eller høst må udsættes. Dette øger risikoen for udbyttenedgang.

## KYST OG VANDLØBSNÆRE AREALER

### Kritiske perioder

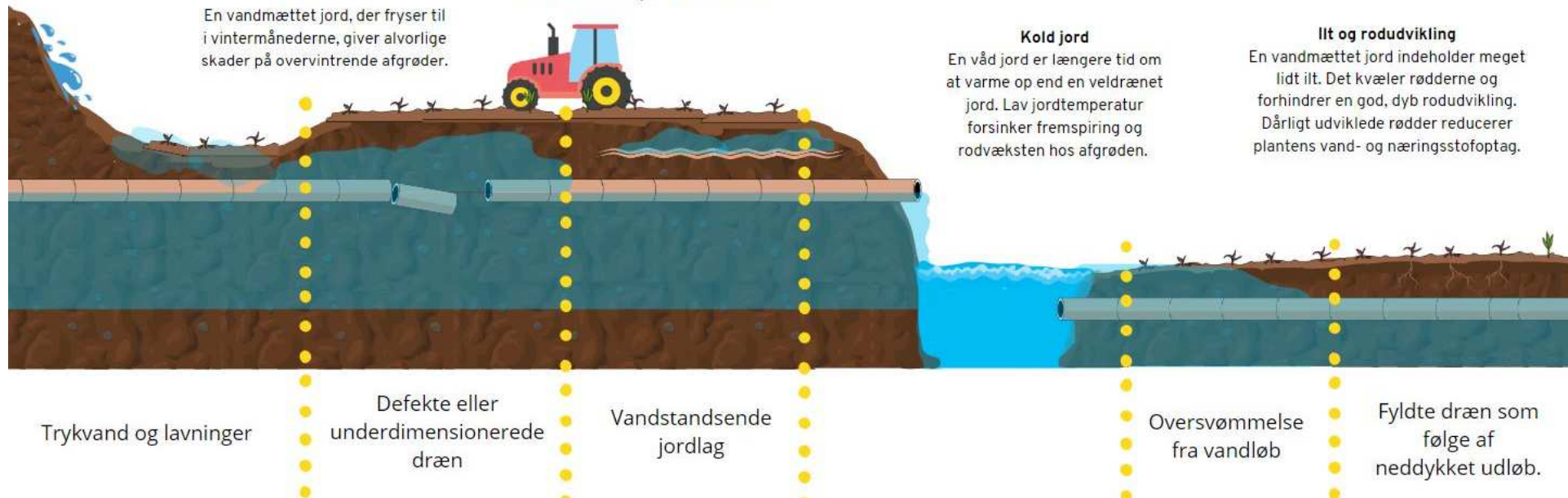
Planten er meget sårbar i tiden efter såning, hvor den skal fremspire. Hvis den får gode forhold til at spire og sætte rødder, er den langt mere robust senere i vækstsæsonen. Blomstring og kernudvikling vil også være et kritisk tidspunkt for planten, hvor længere tids vandmætning kan reducere udbyttet meget.

### Kold jord

En våd jord er længere tid om at varme op end en veldrænet jord. Lav jordtemperatur forsinket fremspiring og rodvæksten hos afgrøden.

### Ilt og rodudvikling

En vandmættet jord indeholder meget lidt ilt. Det kvæler rødderne og forhindrer en god, dyb rodudvikling. Dårligt udviklede rødder reducerer plantens vand- og næringsstofoptag.



Figur 18. Våde og vandlidende markers konsekvenser for produktion og dyrkning.

## 6 Konklusion

Landbruget er formentlig den sektor, der er mest følsom over for klimaændringer. Med forventede stigende nedbørsmængder om vinteren og mere intense nedbørshændelser om sommeren, er der et stigende fokus på, hvordan disse fremtidige vejrforhold vil påvirke dyrkningen og afgrødeproduktionen, samt hvilke konsekvenser det vil have for vandmiljøet, naturen, klimaet mv. I denne rapport er det undersøgt, hvilke konsekvenser vandlidende og våde landbrugsjorder har for hhv.:

- Vandmiljø og miljømål
- Natur
- Klima
- Arealanvendelse
- Produktion og dyrkningsmæssige forhold

Konsekvenser er vurderet i forhold til hhv. højbundsjorder, kyst- og vandløbsnære landbrugsjorder samt det generelt vådere vejr.

I rapporten er det fundet at:

- Vandmiljøerne kan blive påvirket negativt af våde og vandlidende forhold på markfladen. Dette skyldes, at der er risiko for næringsstofftab, som følge af øget udvaskning af jordens næringsstoffer gennem jordmatricen og dræn til de nærliggende vandmiljøer, hvilket kan føre til eutrofiering. Det sker bl.a. som konsekvens af, at afgrøder på vandlidende marker har ringere vækst, sammenlignet med ikke vandlidende jorder, hvilket kan føre til et overskud af næringsstoffer i jorden. Det generelt vådere vejr kan bidrage til denne øgede udledning af næringsstoffer, da arbejdet og rettidigheden i marken kan blive udfordret. De negative konsekvenser for vandmiljøet betyder også generelt negative konsekvenser for miljømålene, da de bliver svære at indfri.
- Naturen påvirkes både positivt og negativt af våde og vandlidende landbrugsjorder. Der er generel mangel på naturlig hydrologi i det danske landskab, og vandmættede og oversvømmede marker kan derfor bidrage til at genskabe nogle af de vandbetingede levesteder, som visse arter er afhængige af. På samme måde kan højbundsjorder med vandfyldte lavninger, hvor dyrkningen indstilles, skabe småbiotoper i landskabet til gavn for naturen. Blandt negative konsekvenser er, at næringsstofftab som følge af vandlidende forhold på landbrugsjorderne, kan skabe dårlige betingelser for naturen udenfor markfladen. Ophør af afgræsning på grund af for våde arealer kan også være en ulempe for artsrige naturområder, da arters symbiose med græssende dyr forsvinder.
- Klimaet påvirkes også både positivt og negativt af vandlidende og oversvømmede landbrugsjorder. På højbundsjorder har det generelt en negativ konsekvens, når der opstår vandmættede forhold, da det kan bidrage til øget lattergasudledningen. På vandløbsnære (kulstofrige jorder) har oversvømmelser generelt en positiv konsekvens, da CO<sub>2</sub>- og lattergasudledninger ophører. Afhængig af hvor høj vandstanden er, kan der dog ske en stigning i metanudledningen. Konsekvenserne på de kystnære jorder er ikke fastlagte, da der mangler viden.
- Anvendelsen af landbrugsarealer til dyrkning af afgrøder er afhængig af, at jorden er veldrænet. Våde og oversvømmede landbrugsjorder, hvor dræningstilstanden ikke forbedres, kan overgå til andre formål og dermed ændre arealanvendelsen. Det er ikke entydigt en negativ eller positiv konsekvens, eftersom alternativerne kan have deres egne fordele og ulemper. Nogle alternative arealanvendelser vil ske af sig selv, hvis der ikke laves tiltag, andre kan landmanden selv tage initiativ til. For højbundsjorder er de to umiddelbare anvendelsesændringer: Natur og brak. For de kyst- og vandløbsnære jorder er det klima-lavbundsprojekter, N- og P-vådområder, klimatilpasning, natur og paludikultur.
- Produktionen og de dyrkningsmæssige forhold påvirkes i mange forskellige aspekter af vandlidende forhold, og generelt er konsekvenserne negative. Konsekvenser ser ens ud for både højbundsjorder



og kyst- og vandløbsnære jorder: Afgrøder hæmmes på flere fysiologiske parametre, og rodudviklingen reduceres, hvilket forringer vand- og næringsstofoptaget. Desuden sker der et kvælstoftab i jorden via denitrifikation, samtidig med at mineralisering af organisk materiale er hæmmet, og derfor ikke frigiver næringsstoffer. Ringe plantevækst reducerer afgrødens forsvar og konkurrenceevne overfor skadegørere og ukrudt. Nogle arter af ukrudt og skadegørere påvirkes dog negativt af de vandmættede forhold og de afledte effekter heraf, hvilket har positive konsekvenser for afgrødeproduktionen. På kystnære landbrugsjorder er forsøltning også en negativ konsekvens af våde og oversvømmede jorder.

Udover de direkte effekter, findes der også flere indirekte effekter, som har yderligere negativ konsekvens for afgrødeproduktionen og dyrkningen, herunder er jordpakning og strukturskader vigtigt at nævne. Det generelt vådere vejr vil få konsekvenser for maskinbruget og kapaciteten på bedriften.

Våde og oversvømmede landbrugsjorder medfører således en lang række positive og negative konsekvenser. Mange af konsekvenserne spiller sammen og påvirker hinanden. Desuden har faktorer som lokale forhold og driftstyper også indflydelse på påvirkningens størrelse.

For landmanden er de vigtigste konsekvenser dem, der påvirker hans drift og økonomi. Det er dem, som skaber frustrationer i hverdagen: Marker, der ikke er til at køre i, og dermed arbejdsplaner der skal ændres. Risiko for sædskifteændringer, afgrøder med meget ringe eller ingen vækst, og en høst der ikke kan bjærges. Dertil kommer de mange andre konsekvenser, der kan være perifere for bedriften, men som har store konsekvenser for både landskab, samfund, klima, miljø og natur.

# Referencer

## Referencer til Introduktion

Cappelen, J. (2018). Nedbør og sol i Danmark. <http://www.dmi.dk/klima/klimaet-frem-til-i-dag/danmark/nedboer-og-sol/#>, besøgt november 2023.

DMI (2014). Fremtidige klimaforandringer i Danmark. Danmarks Klimacenter rapport nr. 6 2014.

Grøndahl, L., Poulsen, N., Christensen, J. H., Arnbjerg-Nielsen, K., Grindsted, A., Halsnæs, K., Jeppesen, E., Madsen, H., Olesen, J. E., & Porter, J. R. 2014. Analyse af IPCC-delrapport 2: Effekter, klimatilpasning og sårbarhed – med særligt fokus på Danmark. Naturstyrelsen.

IPCC (2014). Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.

Larsen, S. E., Kronvang, B., Ovesen, N. B. og Christensen, O. B. (2005). Afstrømningens udvikling i Danmark. Vand & Jord. 12. årgang nr. 1, s. 8 – 13

Pedersen, R. A., Langen, P. L., Boberg, F., Christensen, O. B., Sørensen, A., Madsen, M. S., Olesen, M., Su, J. & Darholt, M. (2020). Klimaatlas-rapport Danmark. Danmarks Meteorologiske Institut. Tilgængelig: [DMI Klimaatlas Danmark rapport v2020b.pdf](#)

## Referencer til kapitel 1 om vandmiljø og miljømål

Miljøstyrelsen, 2022a. Om vandplanlægning. <https://mst.dk/natur-vand/vandmiljoe/vandomraadeplaner/om-vandplanlaegning/>. Besøgt oktober 2023.

Miljøstyrelsen, 2022b. EU's vandrammedirektiv. <https://mst.dk/natur-vand/natur/international-naturbeskyttelse/eu-direktiver/eus-vandrammedirektiv/>. Besøgt oktober 2023.

Miljøstyrelsen, 2022c. Vandmiljø. <https://mst.dk/natur-vand/vandmiljoe/>. Besøgt oktober 2023.

Malik, A. I., Colmer T. D., Lambers, H., Setter, T. L., & Schortemeyer, M. 2002. Short-term waterlogging has long-term effects on the growth and physiology of wheat. *New Phytologist* 153 (2); 225-236.

## Referencer til kapitel 2 om natur

Andersen, D. K. & A. Baatrup-Pedersen (2016). "Hvad gør oversvømmelse og sedimentaflejring ved vegetationen i ådalene?" *Vand & Jord* 23(4).

Ejrnæs, R., Nygaard, B., Kjær, C., Baatrup-Pedersen, A., Brunbjerg, A. K., Clausen, K., Fløjgaard, C., Hansen, J.L.S., Hansen, M.D.D., Holm, T.E., Johnsen, T.J., Johansson, L.S., Moeslund, J.E., Sterup, J., Hansen R.R., Strandberg, B., Søndergaard, M. & Wiberg-Larsen, P. 2021. Danmarks biodiversitet 2020 – Tilstand og udvikling. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 270 s. - Videnskabelig rapport nr. 465. <http://dce2.au.dk/pub/SR465.pdf>

Fløjgaard, C., Andersen, D.K., Baatrup-Pedersen, A., Ebbensgaard, T., Eriksen, P.N., Nygaard, B., Ejrnæs, R. (2021): Guide til bedre biodiversitet i ådale. 2022. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi. <https://ecos.au.dk/aadale>

## Referencer til kapitel 3 om klima

Ardón, M., Helton, A. M., & Bernhardt, E. S. (2018). Salinity effects on greenhouse gas emissions from wetland soils are contingent upon hydrologic setting: a microcosm experiment. *Biogeochemistry*, 140(2), 217-232.



Breuning-Madsen, H. 2010. Drænrørets indførelse og betydning i et landbrugs- og miljømæssigt perspektiv. Det fremmede som historisk drivkraft: Danmark efter 1742. København, Det Kongelige Danske Videnskabernes Selskab: 158-165.

Christensen, M. N., & Krog, J. 2023. Beregning af økonomiske konsekvenser af det vildere vejr. Notat, SEGES Innovation.

Landbrugsstyrelsen. 2022. Regler for sædskifte og brak gælder fra 2023. Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri. 18. august 2022. <https://lbst.dk/nyheder/nyhed/nyhed/reglerne-for-saedskifte-og-brak-gaelder-fra-2023>.

Oddershede, A. 2020. Manual til bedriftens naturværdier. SEGES Innovation.

## Referencer til kapitel 5 om produktion og dyrkningsmæssige forhold

Børgesen, C. D., Thomsen, I. K., Søgaard, K., Plaugborg, F., & Vinther, F. P. 2012. Notat om afvandingssydbder ved reduceret vandløbsvedligeholdelse. Notat, DCA – Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug. Aarhus Universitet. [https://pure.au.dk/ws/files/52500986/Notat\\_afvandingssydbder\\_100512.pdf](https://pure.au.dk/ws/files/52500986/Notat_afvandingssydbder_100512.pdf).

Cannell, R. Q., Belford, R. K., Blackwell, P. S., Govi, G., & Thomson, R. J. (1985). Effects of waterlogging on soil aeration and on root and shoot growth and yield of winter oats (*Avena sativa* L.). *Plant and Soil*, 85(3), 361–373. <https://doi.org/10.1007/BF02220191>

Cannell, Robert Q., Belford, R. K., Gales, K., Dennis, C. W., & Prew, R. D. (1980). Effects of waterlogging at different stages of development on the growth and yield of winter wheat. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 31(2), 117–132. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2740310203>

Chamen, W. C. T., Moxey, A. P., Towers, W., Balana, B., & Hallett, P. D. 2015. Mitigating arable soil compaction: A review of available cost and benefit data. *Soil & Tillage Research* 146; 10-25.

Duan, Y. 2016. Saltwater intrusion and agriculture: A comparative study between the Netherlands and China. Degree Project in Environmental Engineering and Sustainable Infrastructure. Royal Institute of Technology, Sweden.

Hagelskær, L., Knudsen, L., Petersen, P. H., Nielsen, G. C., Højholdt, M., Lyngholm, S., Fabricius, C., & Thorsted, M., D. 2018. Fordele og ulemper ved tidlig såning af vinterhvede. *Landbrugsinfo*, artikel, d. 27/08/2018, opdateret d. 06/07/2021. SEGES Innovation.

Hattesen, M. 2017. Lav drændybde koster udbytte. Artikel, d. 25/01/2017, *Landbrugsavisen Mark*. <https://landbrugsavisen.dk/avis/mark/lav-dr%C3%A6ndybde-koster-udbytte>. Besøgt d. 21/01/2022, kl. 13:15.

Huang, B., Johnson, J. W., Nesmith, S., & Bridges, D. C. (1994). Growth, physiological and anatomical responses of two wheat genotypes to waterlogging and nutrient supply. *Journal of Experimental Botany*, 45(2), 193–202. <https://doi.org/10.1093/jxb/45.2.193>

Jensen, C. R. 2002. Dræning i jordbruget. Den Kgl. Veterinær- og Landbohøjskole.

Jensen, K. J. S. (2019). Drainage and Plant Production. University of Copenhagen.

Jensen, K. J. S. 2019. Drainage and Plant Production: Growth, resource utilization and yields of cereal crops, under different and fluctuating depths. PhD thesis, University of Copenhagen.



Kaur, G., Nelson, K. A., & Motavalli, P. P. (2018). Early-Season Soil Waterlogging and N Fertilizer Sources Impacts on Corn N Uptake and Apparent N Recovery Efficiency. *Agronomy*, 8(7), 1–22. <https://doi.org/10.3390/agronomy8070102>

Kaur, G., Zurweller, B. A., Nelson, K. A., Motavalli, P. P., & Dudenhoeffer, C. J. (2017). Soil waterlogging and nitrogen fertilizer management effects on corn and soybean yields. *Agronomy Journal*, 109(1), 97–106. <https://doi.org/10.2134/agronj2016.07.0411>

Kyllingsbæk, A., & Simmelsgaard, S., E. 1986. Kvælstofudnyttelse og kvælstoftab på sandjord. Kvælstofgødsningens og dyrkningssystemets indflydelse på kvælstofudnyttelsen og kvælstoftabet ved planteproduktion på sandjord. *Tidsskrift for Planteavl's Specialserie, Beretning nr. S 1853*. Statens Planteavlsforsøg.

Mikkelsen, M. 2021. Sen såning og evt. omsåning af majs. *Landbrugsinfo*, artikel, d. 19/05/2021. SEGES Innovation.

Pang, J., Zhou, M., Mendham, N., & Shabala, S. (2004). Growth and physiological responses of six barley genotypes to waterlogging and subsequent recovery. *Australian Journal of Agricultural Research*, 55(8), 895–906. <https://doi.org/10.1071/AR03097>

Parent, C., Capelli, N., Berger, A., Crèvecoeur, M., & Dat, J. (2008). An overview of plant responses to soil waterlogging. *Plant Stress*, 2(1), 20–27.

Pedersen, O., J. 1986. Dyrkningsmetoders indflydelse på udbytte, plantekvalitet, jord og miljø. V. Vanding, slam, industrispildevand og afvanding. *Tidsskrift for Planteavl's Specialserie, Beretning nr. S 1829*. Statens Planteavlsforsøg.

Ryden, J., C. 1983. Denitrification loss from a grassland soil in the field receiving different rates of nitrogen as ammonium nitrate. *Journal of Soil Science*, 34(2); 355-365.