

FORBEDRING AF JORDENS FRUGTBARHED



FORBEDRING AF JORDENS FRUGTBARHED

er udgivet af

SEGES
Landbrug & Fødevarer F.m.b.A.
Agro Food Park 15, Skejby
DK 8200 Aarhus N

KONTAKT

Annette Vibeke Vestergaard, SEGES
avv@seges.dk 87405360

FORFATTERE

Chefkonsulent Leif Knudsen, SEGES
Landskonsulent Martin Nørregaard Hansen, SEGES
Konsulent Mikkel Møller Østerhaab, SEGES
Konsulent Kasper Stougård, SEGES
Konsulent Stinna Susgaard Filsø, SEGES
Landskonsulent Annette Vibeke Vestergaard, SEGES
Specialkonsulent Tove Mariegaard Pedersen, SEGES

FORSIDEILLUSTRATION

Mona Olin Hvidberg

December 2018

**Den Europæiske Landbrugsfond for Udvikling af Landdistrikterne:
Danmark og Europa investerer i landdistrikterne**



Miljø- og Fødevareministeriet
Landbrugsstyrelsen



Den Europæiske Landbrugsfond
for Udvikling af Landdistrikterne

LDP 2020



STØTTET AF
promilleafgiftsfonden
for landbrug

Se EU-Kommissionen, Den Europæiske Landbrugsfond for Udvikling af Landdistrikterne

INDHOLD

INDHOLD.....	3
FORORD	5
INDLEDNING	6
1 ØGNING AF JORDENS KULSTOFINDHOLD.....	7
1.1 EFFEKT AF SÆDSKIFTE.....	9
1.2 EFFEKT AF HALMNEDMULDNING.....	10
1.3 EFFEKT AF EFTERAFGRØDER	12
1.4 EFFEKT AF ORGANISKE GØDNINGER.....	14
HUSDYRGØDNING.....	14
KOMPOST	17
BIOCHAR	18
1.5 REDUCERET JORDBEARBEJDNING.....	18
2 MODVIRKNING AF EROSION I MARKEN	19
3 MEKANISK JORDLØSNING OG MINIMERING AF PAKNINGSSKADER.....	21
3.1 AKSELLAST.....	21
3.2 DÆKTRYK	22
3.3 FASTE KØRESPOR	23
3.4 FÆRRE OVERKØRSLER	24
3.5 RETTIDIG OMHU I FORHOLD TIL KØRSEL I MARKEN.....	24
3.6 BIOLOGISK JORDLØSNING MED EFTERAFGRØDER	25
4 VIRKEMIDLER TIL FORBEDRING AF VANDLIDENDE JORD	26
4.1 HVIS VANDET IKKE KAN TRÆNGE NED TIL DRÆN ELLER GRUNDVAND.....	26
OPBYGNING AF GOD JORDSTRUKTUR.....	27
LØSNING OG BRYDNING AF VANDSTANSENDE LAG	27
MEKANISK JORDLØSNING	27
4.2 HVIS OMRÅDET IKKE ER DRÆNET	28
4.3 HVIS DRÆNSYSTEMET IKKE FUNGERER.....	28
4.4 ANDRE METODER	29
4.5 FØR DU DRÆNER – HVOR ER DET LOVLIGT?	30
5 ØG JORDENS MIKRO- OG MAKROLIV.....	30
5.1 JORDENS MIKRO- OG MAKROLIV	30

5.2 ØG REGNORMEBESTANDEN	33
6 SIKRING AF OPTIMALT KALK- OG NÆRINGSSTOFNIVEAU	35
6.1 VEDLIGEHOLD AF JORDENS REAKTIONSTAL.....	35
KALKNING VED LAVE REAKTIONSTAL	35
NEDBRINGNING AF FOR HØJE REAKTIONSTAL	36
KALKNING TIL FORBEDRING AF JORDSTRUKTUREN	36
6.2 HVORDAN OPNÅS OPTIMALE NIVEAUER AF NÆRINGSSTOFFER I JORD	37
TILFØRSEL AF HUSDYRGØDNING.....	38
FOSFOR	39
KALIUM OG MAGNESIUM	40
KOBBER OG MIKRONÆRINGSSTOFFER	40

FORORD

Denne rapport beskriver tiltag og effekter af forskellige jordforbedrende behandlinger af jorden.

Rapporten anviser løsningsforslag til forbedringer, ud fra diagnosticerede jordfysiske, -kemiske eller biologiske ubalancer i jorden, jf. vejledningen "Vurdering af jordens frugtbarhed". Endvidere henvises til 8 faktaark til diagnosticering af jord med tilhørende instruktionsvideoer, som beskriver enkle metoder, der kan give hurtige og kvantitative vurderinger af jordens tilstand i danske marker.

Med håb om en sundere dyrkningsjord til øgning af udbytte og afgrødekvalitet.

Rapporten er udarbejdet i 2018 af:

SEGES:

Leif Knudsen, Chefkonsulent, Gødskning og kulturteknik
Martin Nørregaard Hansen, Landskonsulent, PlantelInnovation
Mikkel Møller Østerhaab, Konsulent, PlantelInnovation
Kasper Stougård, Konsulent, Markteknik
Stinna Susgaard Filsø, Konsulent, Dræning og afvanding
Tove Mariegaard Pedersen, Konsulent, Økologi Innovation
Annette Vibeke Vestergaard, Landskonsulent, Jord og kulturteknik

INDLEDNING

Denne vejledning kommer med løsningsmuligheder til forbedring af jordens frugtbarhed. Jordens frugtbarhed defineres som jordens evne til at understøtte en vedvarende planteproduktion på en bæredygtig og økonomisk måde. Jorden skal tjene som et godt dyrkningsmedie for afgrøderne og have en god evne til at modstå stress fra eksempelvis udtørring, jordpakning og vinderosion. Udpint og skadet jord kan ikke understøtte en tilfredsstillende plantevækst.

Jordens frugtbarhed indeholder sammenhængen mellem en god jordbiologi, -fysik og -kemi, hvor alle parametre vekselvirker med hinanden. Mikro- og makrolivet i jorden er afhængig af tilførsel af organisk stof og fungerer som motoren i systemet, ikke uretmæssigt kaldes det også for jordens mikrobiom. Kulstofindholdet i jorden er vigtig i forhold til jordens struktur og evne til at holde på vand og næringsstoffer, og kulstoflagring er desuden en vigtig brik i klimamæssig sammenhæng.

Jorden fortjener større opmærksomhed og det er ofte flere tiltag, der skal til for at forbedre jordens frugtbarhed. Eksempelvis kan mekanisk jordløsning forbedre vand- og luftskifte, men hvis jordens indhold af organisk stof er lavt, er der stor risiko for at jorden hurtigt genpakker.

I denne vejledning får du en kort præsentation af effekten af enkelttiltag indenfor forskellige områder.

1 ØGNING AF JORDENS KULSTOFINDHOLD

Humus er en samlet betegnelse for svært omsætteligt organisk materiale og forskellige nedbrydningsstoffer. Det indeholder 58 procent kulstof og bidrager til at give jorden en god krummestruktur, som er vigtig for planterne ved at sikre tilgængelighed af ilt og vand. Jordens humus er en vigtig bestanddel af jordens økosystem og har stor betydning for jordens frugtbarhed og for dens evne til at modstå stress.

Jordens kulstofindhold er med til at give jorden en god struktur, det reducerer risikoen for vind- og vanderosion, og især på sandjord forbedrer det jordens evne til at holde på næringsstoffer (øget CEC). Endelig sikrer et højt indhold af organisk stof en høj omsætningsrate, så tab af pesticider til omgivelserne minimeres.

Humus har en næringsstofsammensætning mellem C:N:P:S på 1000:100:20:14. Med humusopbygning vil der således lagres vigtige næringsstoffer, som er en parameter for en frugtbar jord. Humusopbygning er en langsommelig proces, da langt den største del af tilført kulstof er hurtigt omsætteligt. En langvarig opbygning af jordens kulstofindhold kræver derfor indsats på flere områder. De følgende afsnit omhandler dyrkningsmæssige effekter på kulstofindholdet i jorden.

Dyrkningsparametre påvirker kulstoflagringen i positiv eller negativ retning, og eksempler herpå er vist i tabel 1. Sandjorde er sværest at opbygge kulstof i.

Tabel 1. Dyrkningsparametres påvirkning af kulstofindholdet i jorden.

Tærer på jordens C-indhold	Opbygger jordens C-indhold
Majs, roer og kartofler	Kløvergræs
Kornsædskifte, lavt udbyttensniveau	Frøgræs
Grønsagsdyrkning	Flerårige afgrøder
Jordbearbejdning	Efterafgrøder
Bortførsel af halm	Halmnedmuldning
Omlægning af vedvarende græs	Husdyrgødning
Dyrkning af organiske jorder	Andre organiske gødninger

Jordens kulstofpulje

Landbrugsjord har et anslået kulstofindhold på ca. 150 tons kulstof (C) pr. ha i den øverste meter. Kulstofindholdet har indflydelse på jordens værdi som dyrkningsmedie og for atmosfærens indhold af drivhusgasen CO₂. Der er derfor betydelig interesse for, hvordan jordens kulstofindhold kan fastholdes eller opbygges. Jordens kulstof består af organisk stof fra rester af planter, dyr og mikroorganismer i alle nedbrydningsfaser. En del af kulstofpuljen er let omsættelig og nedbrydes til kuldioxid og næringsstoffer i løbet af dage/uger, og andet er meget stabilt.

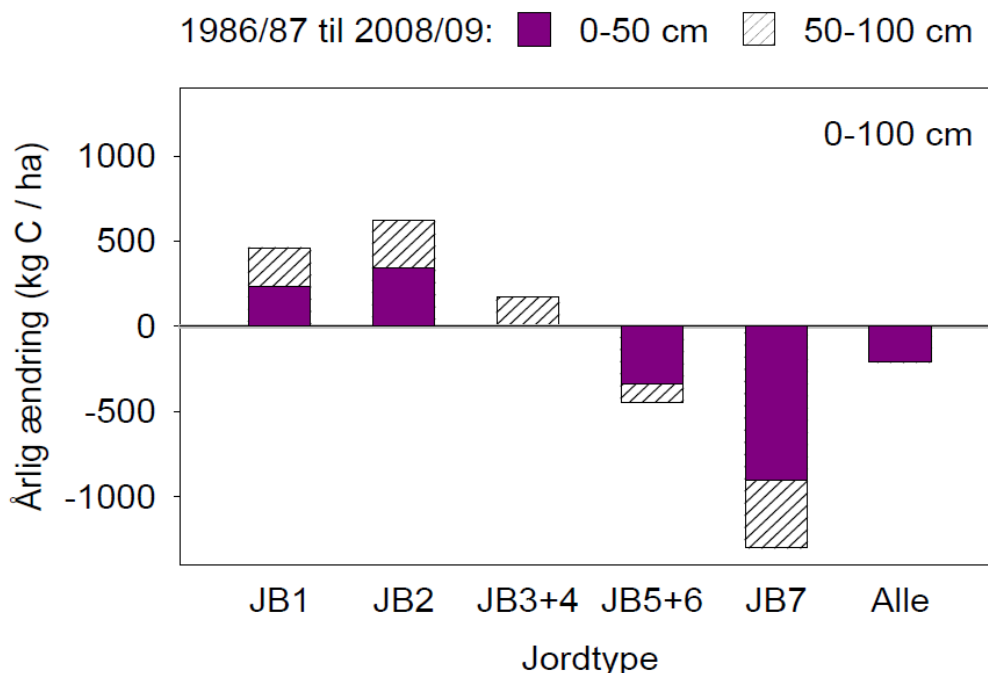
I Kvadratnetsundersøgelsen[®], er jordens kulstofindhold analyseret ned til 1 m dybde, fordelt på lagene 0-25 cm, 25 – 50 cm og 50 – 100 cm i årene 1986, 1997 og i 2009¹. I 2018-2019 analyseres igen for kulstofindhold. Dyrkningsforhold, sædskifte og jordtypeoplysninger er registreret for alle punkter, hvormed betydningen af de enkelte parametre har kunnet analyseres, ligesom den generelle udvikling i jordens kulstofindhold.

I hele perioden er jordens kulstofindhold faldet med 200 kg C pr. ha pr. år, ud af en samlet gennemsnitlig pulje på 142 ton C

¹ Østergaard, H. S, 2015: Ændringer i kulstofindholdet i landbrugsjord fra 1986 til 2009. [Planteavlsoverretning - 282](#)

pr. ha. I den 23-årige periode er der således tabt 4,6 ton kulstof pr. ha på hele dyrkningsarealet. Kulstof-tabet er størst i den seneste periode, hvor der for alle jordtyper, på nær finsand, er et signifikant lavere kulstofindhold i 2009 i forhold til i 1997.

For den samlede periode har sandjordene haft en mindre stigning, mens lerjordene har haft et betydeligt tab, på 1,24 t C pr. ha pr. år. Dette hænger sammen med en koncentrering af husdyrbedrifter på sandede jorde. Det ses i figur 1, at i perioden er der som gennemsnit af alle jordtyper et uændret kulstofindhold i 50-100 cm's dybde, mens det er overjorden som har et årligt kulstof-tab. Heldigvis er det lettest at opbygge kulstof i overjorden.



Figur 1. Resultater fra Kvadratnetsundersøgelsen® 1986/87 til 2008/09².

En gradvis reduktion i kulstofindholdet i landbrugsjord er ligeledes observeret i et tysk jordanalysestudie fra 1979 til 2015³, hvor man fandt, at det gennemsnitlige kulstofindhold næsten er halveret de sidste 30 år, fra 2,7 procent til 1,4 procent. Faldet er mest markant i områder med lav husdyrtæthed og ved ensidige kornsædskifter, hvilket stemmer overens med resultaterne i Kvadratnetsundersøgelsen®.

Tabel 2 viser resultatet af en statistisk analyse af effekten af forskellige dyrkningselementer, foretaget af Århus Universitet. Resultatet indgår i den senere gennemgang af metoder til kulstofopbygning.

² Christensen B.T.; Elsgaard L.; Olesen J.E.; Kristensen K.; Thomsen I.K.; Greve M.H. 2013. Dyrkningsfaktorenes effekt på jordens kulstofindhold. Indlæg ved plantekongressen 2013.

³ Steinmann T.; Welp G.; Holbeck B., and Amelund W. 2016. Long-term development of organic carbon contents in arable soil of North Rhine-Westphalia, Germany, 1979-2015

Tabel 2. Beregnede effekter (t C pr. ha pr. år) af dyrkningselementer på jordens indhold af organisk kulstof fra 1986 til 2009. Effekterne er vist som ændringer i kulstofpuljen for forskellige jordlag.

Dyrkningselement	Ændring i kulstofpulje (TON C pr. ha pr. år)		
	0-25 cm	25-50 cm	50-100 cm
Græsmarker	0,95*	0,58*	0,12
Efterårssået afgrøde, halm nedmuldet	0,40*	0,02	-0,02
Efterårssået afgrøde, halm fjernet	0,01	-0,18	-0,04
Forårssået afgrøde, halm nedmuldet	-0,22	0,21	0,01
Forårssået afgrøde, halm fjernet	-0,12	0,09	0,04
Efterafgrøde	0,12	-0,08	0,07
Pløjning	-0,13	0,1	-0,08
Gødning fra svin	0,07	0,03	0,00
Gødning fra kvæg	0,21*	-0,09	0,01
Anden organisk gødning	0,27	0,15	-0,07

* Signifikant effekt ($P < 0,10$)

Humusopbygning er en proces over tid, og når der nås et højt kulstofindhold i jorden, opstår der en ligevægt, hvor jorden ikke giver samme respons på tilførsel af ekstra kulstof. Det betyder, at humusopbygning er lettere og hurtigere på jorder med lavt indhold, end jorder med et højt indhold. De første 0-10 år kan man således forvente en stor effekt af tiltag med en relativt stor stigning i jordens kulstofindhold, mens den samme indsats efter 100 år kan have 1/10 af denne effekt.

I det følgende beskrives nogle effekter af dyrkningsmæssige tiltag, indenfor en tidshorisont af 10 år. Hvor der er beregnet eksempler i programmet [PlantePro](#), er udgangspunktet et lavt indhold i jorden ved start, hvilket på lerjord vil sige en humusprocent på 2,8 (JB 7) og på sandjord 3,1 (JB 3). Som simpel tommelfingerregel er det optimale humusindhold på 5 procent

1.1 Effekt af Sædskifte

Udviklingen i jordens indhold af kulstof er undersøgt ved forskellig dyrkningspraksis ved Askov forsøgsstation, se tabel 3. Undersøgelsen viser, at kulstofindholdet over 30 år faldt med over 30 procent ved jordbearbejdning uden afgrøder og uden tilførsel af organisk gødning (Ubevokset), mens faldet var lavere ved dyrkning af afgrøder i forskellige sædskifter ⁴

Tabel 3. Udviklingen i jordens indhold af kulstof i de øverste 20 cm i et 30-årigt forsøg ved Askov forsøgsstation ved forskellige sædskifter, modificeret efter⁴.

Sædskifte	Pct. C		Årlig ændring, kg C pr. ha	Relativt fald over 30 år, pct.
	Ved anlæg	Efter 30 år		
Ubevokset	1,66	1,11	-589 c	34
Vintersæd-Roer-Vårsæd-Kløvergræs	1,56	1,35	-269 a	16
Vintersæd-Roer-Vårsæd-Hør	1,58	1,30	-320 ab	19
Vintersæd-Majs-Vårsæd-Hør	1,65	1,32	-362 b	21

Sædskiftet har stor betydning for, om der opbygges eller nedbrydes kulstof i jorden. Afgrøder som roer, majs og kartofler fører til en netto fjernelse af kulstof, selv ved høje udbyttene. Regnes der på effekten i PlantePro, fjerner disse afgrøder omkring 300 kg C pr. ha årligt på sandjord og cirka det halve på lerjord. Forsøgene på Askov forsøgsstation (tabel 3) viser, at alle 3 sædskifter hvor majs og roer indgår, har en nedgang i jordens kulstofindhold efter 30 år.

Ensidig kornavl reducerer indholdet i væsentligt mindre omfang – og på lerjord er det kun ved udbyttene under normen, at kulstofindholdet reduceres. Vintersæd er bedre til at fastholde kulstof end vårsæd, og der er en lille positiv effekt af tidlig såning.

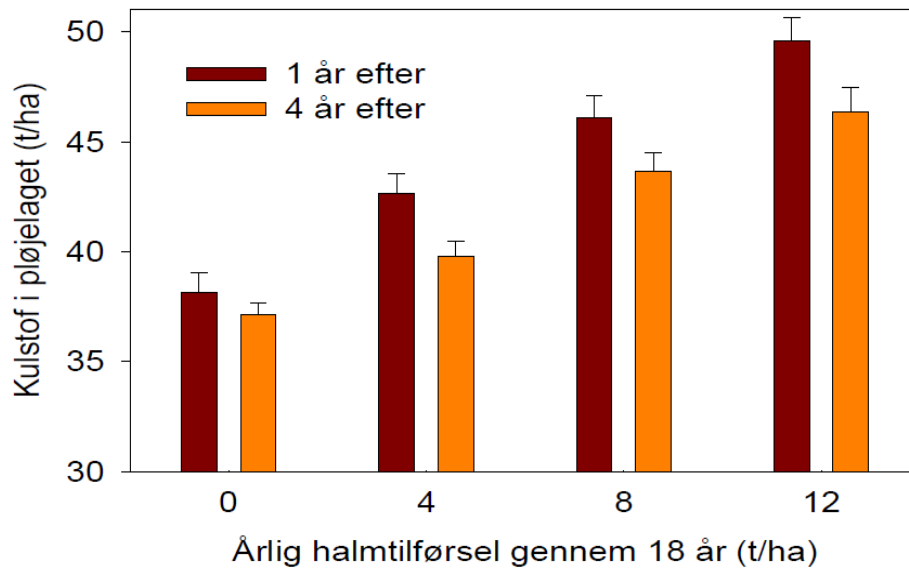
Hvis man dyrker afgrøder, der mindsker kulstofindholdet, bør man så vidt muligt veksle med afgrøder, der opbygger kulstofindholdet. Inddragelse af græs i sædskiftet giver en meget positiv effekt på jordens kulstofindhold. Som det ses i tabel 2 udgør effekten ca. 1,5 ton C pr. ha årligt i de øverste 50 cm. I et sædskifte med græs i 7 ud af 10 år med tilførsel af kvæggylle, opnår man i PlantePro en effekt på ca. det halve, og uden gylletilførsel er effekten 200 kg C årligt i øverste jordlag (0-25 cm) på sandjord og godt 250 kg C pr. ha årligt på lerjord. Jo flere flerårige afgrøder og jo længere tid der er plantetække på arealet, des større kulstoflagring.

1.2 Effekt af Halmnedmuldning

Halm har en positiv effekt på det biologiske liv i jorden og på jordaggregaternes stabilitet, og halm kan bidrage til at opbygge jordens kulstofindhold.

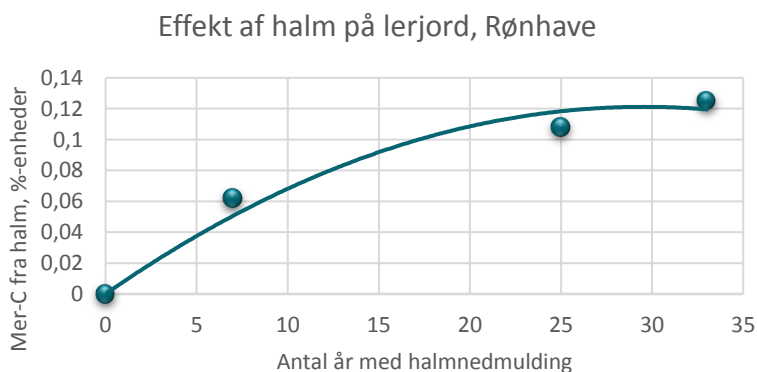
Figur 2 viser et eksempel på effekten af nedmulding af forskellige mængder halm på jordens kulstofindhold efter henholdsvis ét og fire år efter sidste tilførsel af halm ved ensidig dyrkning af vårbyg med handelsgødning. Det ses, at halm er en effektiv kilde til at øge kulstofindholdet, men også at kulstoffabet øges, des højere tilførsel af halm der har været forinden.

⁴ Christensen B.T.; Elsgaard L.; Olesen J.E.; Kristensen K.; Thomsen I.K.; Greve M.H. 2013. Dyrkningsfaktorernes effekt på jordens kulstofindhold. Indlæg ved plantekongressen 2013. Efter Christensen B.T. og Johnston A.E. 1997. Soil organic matter and soil quality – Lessons learned from long-term experiments at Askov and Rothamsted.



Figur 2. Jordens indhold af kulstof (0-20 cm) 1 år (1999) og 4 år (2002) efter den sidste halmtilførsel som funktion af den mængde kulstof, der blev tilført med halm i forsøgsperioden 1981-1998⁵.

Den langvarige effekt af halmnedmulding er undersøgt ved et forsøg på lerjord ved Rønhave⁶, hvor der sammenlignet med fjernet halm er opnået et merindhold af kulstof i jorden (figur 3). Det ses, at stigningen er stor i de første år, men aftager.



Figur 3. Langtidseffekt af nedmulding af halm. Forsøg på lerjord (modificeret efter⁶)

⁵ Christensen B.T.; Elsgaard L.; Olesen J.E.; Kristensen K.; Thomsen I.K.; Greve M.H. 2013. Dyrkningsfaktorernes effekt på jordens kulstofindhold. Indlæg ved plantekongressen 2013 modificeret efter Thomsen, I.K. & Christensen, B.T. 2004. Yields of wheat and soil carbon and nitrogen contents following long-term incorporation of barley straw and ryegrass catch crops. *Soil Use & Management* 20, 432-438.

⁶ Schønning, P, 2004: Langtidseffekter af halmnedmulding, Grøn Viden. Markbrug nr. 295. <https://pure.au.dk/ws/files/455853/gvma295.pdf>

Beregninger i PlantePro viser, at nedmuldning af halm fra vintersæd på lerjord opbygger omkring 150 kg C pr. ha årligt i øverste jordlag og væsentligt mindre på sandjord. I vårsæd giver halmnedmuldning på lerjord ca. 120 kg C pr. ha pr. år, mens der ikke er nogen kulstofopbyggende effekt på sandjord. Af tabel 2 ses en signifikant effekt af halmnedmuldning og vintersæd på hele 400 kg C pr. ha årligt, mens der ikke ses effekt af halmnedmuldning i vårsæd.

Nedmuldning af halm kan have ubetydelig indvirkning på udbyttet de første mange år. Halmens høje C/N-forhold på ca. 80 betyder, at omsætning og indlejring binder betydelige mængder kvælstof. Hvis der ikke tilføres ekstra gødning, kan det føre til et umiddelbart udbyttetab, når humus opbygges. Der er en tendens til merudbytte for halmnedmuldning på sandede jorde, stort set uændret udbytte på egentlige lerjorde og et lille udbyttetab på mellemjorde med 5-15% ler. Den strukturforbedrende effekt af halmnedmuldning vil øge dyrkningssikkerheden og sikre et effektivt vand- og luftskifte i jorden. Ved nedmuldning af halm mistes eventuel indtjening ved salg.

1.3 Effekt af efterafgrøder

Efterafgrøder i sædskiftet har mange vigtige funktioner, såsom opbygning af kulstof, de holder på næringsstoffer, beskytter mod erosion, laver makroporer og bringer diversitet i marken. Med langsigtet brug af forskelligeartede efterafgrøder kan jordens indhold af humus øges.

Helt afgørende for effekten på kulstofopbygningen er det, at efterafgrøden etableres godt og tidligt, så der bliver en stor biomasse inden vinter. Ved at vælge en blanding kan biomassen øges både over og under jorden og øge biodiversiteten. En ringe efterafgrøde der indeholder 1 ton tørstof pr. ha, opbygger kun 130 kg C pr. ha på lerjord, mens en tidligt, veletableret efterafgrøde bestående af flere arter med et udbytte på 4 t tørstof pr. ha, kan øge jordens kulstofindhold med 500 kg C pr. ha i øverste jordlag. Kulstofopbygningen på sandjord er godt det halve. Resultaterne i tabel 2 viser en effekt af efterafgrøder på gennemsnitligt godt 100 kg C pr. ha årligt og indeholder alle typer af efterafgrøder og jordtyper.



Efterafgrødeblandinger er ofte effektive til at lave stor biomasse. Foto: Annette V. Vestergaard, SEGES.

Forskellige arter af efterafgrøder bidrager med forskellige mængder af grønmasse og deres grønmasse har forskellig kvalitet. Generelt producerer hurtigt voksende arter meget grønmasse, som også omsættes hurtigt

i jorden. Disse arter har et lavt C/N-forhold. Det er en fordel at tilføre jorden store mængder let omsætteligt grønmasse for en hurtig belivning og hurtig N-optagelse, men det er også vigtigt at tilføre noget grønmasse, som omsættes langsomt, og som fører til den egentlige humusdannelse. Tabel 4 viser grønmasse produktion fra landsforsøg for at give et billede af, hvad de forskellige efterafgrødetyper kan bidrage med.

Tabel 4. Udbytte i tørstof fra top af efterafgrøder i landsforsøg.

Type	Efterafgrøde (antal forsøg)	Tørstofudbytte, t pr. ha	C/N, top
Græs	Alm rajgræs (7)	1,0	14
	Rødsvingel (1)	1,7	
	Strandsvingel (8)	1,0	23
Korn	Vinterrug (1)	1,1	12
	Havre (3)	1,0	18
Korsblomstret	Gul sennep (2)	1,8	13
	Olieræddike (12)	1,8	14
Bælgplanter	Alexandrinerkløver (3)	1,8	
	Fodervikke (3)	2,5	10
	Humlesneglebælg (2)	1,0	
	Hvidkløver (3)	1,1	9
	Vintervikke (2)	1,4	10
Andre	Boghvede (3)	0,5	10-20
	Honningurt (3)	1,5	20
Blandinger	Hvidkløver + alm. rajgræs (3)	1,3	
	Olieræddike + fodervikke (3)	2,7	
	Rædkløver + strandsvingel (2)	1,4	
	Vintervikke + vinterrug (1)	1,9	
	Vintervikke, blodkløver, Westerwoldisk rajgræs (3)	2,1	
	Ært, Alexandrinerkløver, serradel, honningurt, boghvede, fodervikke (3)	1,8	

Lokale forsøg har vist biomasseproduktion over jorden på op til 4 ton tørstof pr. ha. Det kræver en tidlig og veludført etablering. På sandjord vil efterafgrøder bevirke, at jorden bliver mere stabil og bedre kan holde på fugtigheden, så den er mindre tilbøjelig til at tørre ud. Døde planterester fungerer som en svamp til at holde på vandet. Når grønmassen bliver omsat i jorden af jordlevende dyr, bakterier og svampe, dannes der aggregater, som giver en bedre struktur på alle jordtyper.

Tabel 5 viser resultatet af langvarige forsøg på henholdsvis sand- og lerjord⁷, hvor jordens indhold af kulstof er øget i 0-10 og 10-20 cm dybde efter en ca. 10-årig periode med efterafgrøde rajgræs.

Tabel 5. Jordens indhold af kulstof efter ca. 10 år med korndyrkning med og uden rajgræs som efterafgrøde ved forskellige jordbehandlinger. Jyndeved JB 1, Højer JB 7. Prøver er udtaget de sidste 5 år af forsøgsperioden, som strakte sig fra 1973 til 1986 - tallene er vist som gennemsnit af tre års prøvetagninger. Modificeret efter Rasmussen 1991.⁷

Behandling	% C i jorden			
	Jyndeved		Højer	
	0-10 cm	10-20 cm	0-10 cm	10-20 cm
Uden efterafgrøde, pløjet	1,86	1,85	1,58	1,55
Med efterafgrøde, pløjet	2,07	1,92	1,73	1,69
Med efterafgrøde, pløjefri dyrkning	2,15	1,88	2,03	1,75

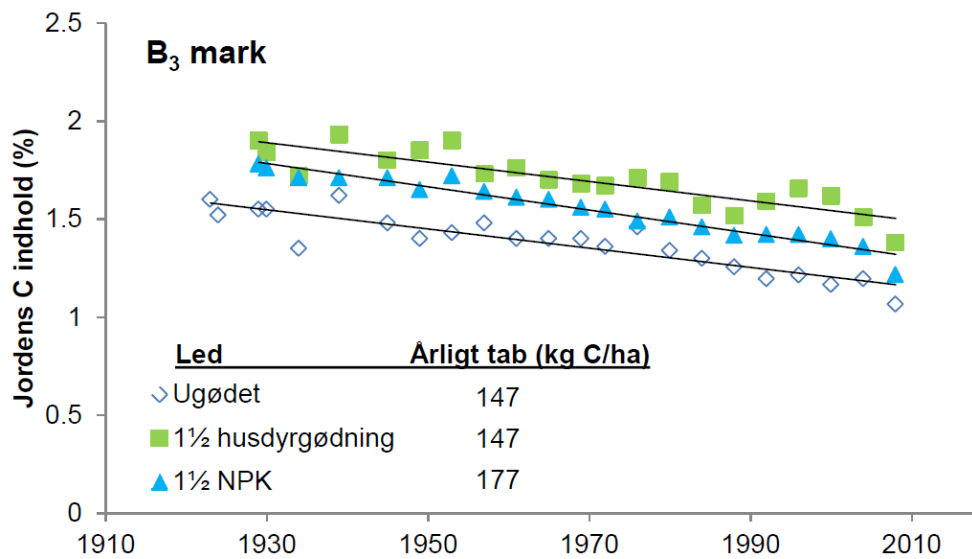
1.4 Effekt af organiske gødninger

Tilførslen af organiske gødninger har stor betydning for at fastholde jordens kulstofindhold, men de forskellige typer af organiske gødninger har forskellig indvirkning på jordens kulstofindhold. Husdyrgødning er i Danmark den vigtigste gødningstype, og indvirkningen på jordens kulstofindhold afhænger af, om husdyrgødningen tilføres på fast eller flydende form. Jorden vil generelt tilføres mere kulstof, jo højere tørstofindhold den organiske gødning har. Landbrugsjorden kan tilføres forskellige typer af organiske gødninger, som eksempelvis slam, biochar og kompost der er dannet på baggrund af organiske restprodukter fra husholdninger og industri. Disse bidrager også til at fastholde landbrugsjordens kulstofindhold.

Husdyrgødning

Husdyrgødning er en vigtig næringsstofkilde i dansk landbrug, og en meget stor andel af den danske landbrugsjord tilføres jævnligt husdyrgødning. Gødsning med husdyrgødning har positiv indflydelse på jordens kulstofindhold sammenlignet med at tilføre tilsvarende mængder næringsstoffer i handelsgødning.

⁷ Rasmussen, K.J. 1991. Reduceret jordbearbejdning og italt rajgræs som efterafgrøde. II. Jordtæthed, rodudvikling og jordkemi. Tidsskrift for Planteavl 95, 139-154.



Figur 4. Udviklingen i kulstofindholdet i pløjelaget i de langvarige gødningsforsøg ved Askov forsøgsstation ved forskellige gødningsstrategier⁸.

Figur 4 viser udviklingen i jordens kulstofindhold ved forskellige gødningsstrategier gennemført i de langvarige gødningsforsøg ved Askov Forsøgsstation. Undersøgelsen viser, at tilførslen af husdyrgødning fører til et lavere tab i jordens kulstofindhold, sammenlignet med den samme gødningstilførsel i handelsgødning. Tilførslen er dog ikke tilstrækkelig til at fastholde kulstofindholdet, der i perioden er faldet med ca. 150 kg C pr ha årligt.

Husdyrgødning tilføres normalt til landbrugsjorden enten i fast form som staldgødning, dybstrøelse eller kompost, eller i flydende form som ajle, separeret gylle, gylle eller afgasset gylle. Det, som er afgørende for effekten af den tilførte gødning på kulstofopbygningen i jorden, er overvejende indholdet af tørstof og dermed indholdet af kulstof. Fordelen ved at tilføre kulstof i husdyrgødning er, at der tilføres alle de næringsstoffer, som indgår i humus – og ved et lavere C/N-forhold end f.eks. i halm.

Tabel 6 viser indholdet af tørstof og deraf beregnet kulstof i de mest gængse typer af husdyrgødning. En effektiv opbygning af kulstof opnås ved gødskning med faste gødningstyper, hvor tilførsel af 10 ton pr. ha giver en kulstofftilførsel på omkring 1 ton. Indlejres 15 procent til humus (betragtet indenfor en 10-årig periode), giver det en kulstofopbygning på 150 kg C pr. ha. Samme tilførsel opnås ved udbringning af 35 ton kvæggylle pr. ha. Kløvergræs som tilføres store mængder kvæggylle er derfor særdeles effektiv til at opbygge jordens kulstofindhold. Som det ses i tabel 2, giver kvæggødning en signifikant kulstofstigning på 200 kg C pr. ha årligt i øverste jordlag.

⁸ Christensen B.T.; Elsgaard L.; Olesen J.E.; Kristensen K.; Thomsen I.K.; Greve M.H. 2013. Dyrkningsfaktorenes effekt på jordens kulstofindhold. Indlæg ved plantekongressen 2013.

Tabel 6. Gnsn. tørstof- og kulstofindhold i organiske gødninger (kilde: Normer for husdyrgødning 2017⁹ samt PlantePro).

Gødningstype	Tørstof, pct.	Pct. C i TS	kg C pr. t
Gylle, kvæg	7,3	42	31
Gylle, svine	4,4	46	20
Gylle, blandet	5,3	42	22
Gylle, biogas	7,0	34	24
Gylle, forsuret	5,2	32	17
Gylle, sep. vandfraktion	3,4	51	17
Gylle, mink	6,9	39	27
Gylle, fjerkræ	11,4	38	43
Ajle, kvæg	3,4	46	16
Ajle, svin	2,2	50	11
Fast gødning, svin	24,1	41	99
Kompost, svin	26,7	37	99
Gylle, fiberfraktion	32,3	37	120
Dybstrøelse, kvæg	27,5	35	96
Fast gødning, fjerkræ	56,1	32	180
Slam	24,2	15	36

Ved afgasning af husdyrgødning, halm og recirkulerede restprodukter omdannes en del af det letomsættelige kulstof til methan i afgasningsprocessen. Det betyder, at det tørstof, som findes i den afgassede gylle, har en højere indlejningsprocent, som indenfor en 10-årig periode formentligt ligger på 20-25 procent. Dvs. en større andel bliver til humus. Afgasset gylle er altså effektiv til kulstoflagring. Derimod er andelen af letomsætteligt kulstof som næring til jordens mikro- og makroliv mindre.

Det højere kulstofinput ved gødskning med fast husdyrgødning i stedet for gylle skyldes primært det højere strølesesinput. Da langt den overvejende andel af den strøelse, der benyttes i dansk landbrug, er halm, vil en landmand kunne opretholde tilsvarende kulstofinput ved at nedmulde halmen og udbringe den producerede gylle fra husdyrproduktionen, som ved at benytte samme mængde halm som strøelse og udbringe den producerede faste husdyrgødning. Indenfor ejendommen giver de faste gødninger således mulighed for at målrette kulstofopbygningen.

Tilførsel af slam har samme potentiale for kulstofopbygning som kvæggylle.

I det følgende beskrives de forskellige former for husdyrgødning i forhold til deres kulstofindhold.

⁹ Poulsen H. D., 2017: Normtal 2017. http://anis.au.dk/fileadmin/DJF/Anis/dokumenter_anis/Forskning/Normtal/Normtal_2017.pdf

Gylle

Gylle består af en blanding af ekskrementer og urin fra husdyr, som er opblandet med vand i form af vaskevand, vandspild og regnvand, samt mindre mængder af strøelse. Hovedparten af gyllens kulstofindhold består af ikke-fordøjede foderrester, der har passeret dyrenes fordøjelseskanal. Gyllens kulstofindhold afhænger derfor af, hvilke dyretyper der har produceret gyllen. Kvæg fodres med fodermidler med et højt indhold af tungt fordøjelige cellulose- og ligninholdige kulstofforbindelser (græs, majs, halm etc.). Det betyder, at kvæggylle generelt har et højere tørstofindhold og dermed indhold af kulstof end gylle fra svin, der fodres med lettere omsættelige kulstofforbindelser i form af korn, soja etc. Det højere kulstofindhold i kvæggylle, sammenholdt med en lavere omsætningshastighed af denne kulstofpulje betyder, at tilførslen af kvæggylle vil føre til højere kulstofindhold i jorden end tilførslen af tilsvarende mængder svinegylle.

Afgasset gylle

Når gylle afgasses på et biogasanlæg omdannes en andel af gyllens kulstofindhold til metan (biogas). Afgasningen alene betyder derfor, at afgasset gylle har et lavere kulstofindhold end ikke afgasset gylle. Langt de fleste biogasanlæg tilfører dog andre biomasser end gylle til deres anlæg for at forøge gasproduktionen. Mængderne og typerne af disse andre biomasser har derfor stor betydning for kulstofindholdet i afgassede gylletyper.

Afgasses gyllen på biogasanlæg der, udover gylle, primært benytter let omsættelige restprodukter som rester fra fødevarerproduktionen, vil kulstofindholdet i den afgassede gylle normalt være lavere end i ikke afgassede gylletyper. Sker afgasningen på anlæg der i stedet primært benytter mere tørstofrige og tungere nedbrydelige rest biomasser som halm, dybstrøelse, afgrøderester etc., kan den afgassede gylle have et højere kulstofindhold end ikke afgasset gylle. Påvirkningen af jordens kulstofindhold ved tilførsel af afgasset gylle afhænger derfor i høj grad af, på hvilket biogasanlæg den afgassede gylle er produceret, samt andelen af tungtomsætteligt kulstof.

Fast husdyrgødning

Fast husdyrgødning består af en blanding af ekskrementer og urin fra husdyr opblandet med mindre mængder vandspild, samt større mængder strøelse. Den større strøelsesmængde betyder, at kulstof/kvælstof (C/N) forholdet er højere i fast husdyrgødning end i gylle, og at gødskning med fast husdyrgødning tilfører jorden en større kulstofmængde end tilførslen af tilsvarende næringsstofmængder i form af gylle.

Fast husdyrgødning opdeles normalt i undergrupperne fast staldgødning og dybstrøelse, hvor forskellen primært består i, at en del af urinen fraledes fast staldgødning i form af ajle, mens urinen opsamles i dybstrøelse. Dybstrøelse har derfor normalt et højere strøelsesindhold end fast staldgødning og tilfører dermed jorden en større kulstofmængde.

Kompost

Kompost dannes ved omsætning (kompostering) af organiske materialer. I princippet kan alle organiske materialer komposteres, men i praksis dannes hovedparten af den kompost, der benyttes i landbruget, ved kompostering af fast husdyrgødning, mens der dannes mindre mængder ved kompostering af havepark affald, afgrøderester, grødeafskæring og andre organiske affaldstyper. I praksis sker komposteringen ved at det organiske materiale lagres i en længere periode med eller uden omstikning eller aktiv iltning, hvorunder materialet under varmedannelse ændrer struktur og sammensætning.

Under komposteringen omsættes (mineraliseres) materialets organiske indhold og en del af kulstofindholdet tabes som CO₂. Kulstofindholdet er derfor lavere i det komposterede materiale end i materialet før komposteringen.

Komposteringsprocessen har derfor kun en positiv indvirkning på jordens kulstofindhold, hvis komposteringen er en forudsætning for, at det organiske materiale kan indgå som gødning i landbruget.

10 analyser af landbrugskompost (komposteret have- parkaffald) viser et tørstofindhold på gennemsnitligt 64 procent, med et gennemsnitligt kulstofindhold på 14,2 procent¹⁰. Ved tilførsel af godt 10 ton compost pr. ha, bliver der dermed en kulstofftilførsel på knapt 1 ton pr. ha. Idet komposteringsprocessen har omsat letomsætteligt kulstof, vil en større andel af kulstof i komposteret materiale lagres som humus i jorden. Det er således en effektiv metode til at opbygge jordens kulstofindhold. C/N-forholdet i ovenstående analyser er på 15,6 og det betyder, at landbrugskomposten ikke binder store mængder kvælstof ved mineralisering.

Biochar

Biochar er trækul fremstillet ved pyrolysebrænding, som er en forbrænding med begrænset tilførsel af ilt. Det kan laves af alle former for organiske materialer som træ, halm, husdyrgødning, samt på organiske restprodukter fra industri og husholdninger. Biochar består primært af organisk materiale og har et tørstofindhold tæt på 100 procent. Afhængigt af anvendt kilde kan kulstofindholdet variere; i analyser af dansk produceret biochar fra halm lå kulstofindholdet på 55-60 procent og endnu højere i biochar fra træ, på 80-90 procent. Ved udbringning af 10 t biochar fra træ, tilføres således over 8 t C pr. ha.

Undersøgelser har vist, at tilførslen af store mængder organisk materiale i form af biochar (10 - 30 t pr. ha) kan føre til højere kulstofindhold, positive udbytteeffekter og bedre jordstruktur^{11, 12, 13}. Derimod er der ikke generel evidens for, at tilførslen af mindre end ca. 10 t biochar pr. ha. fører til positive effekter på hverken jordstruktur, udbytter eller jordens kulstofindhold.

Biochar har et højt CEC og dermed en stor evne til at binde næringsstoffer.

1.5 Reduceret jordbearbejdning

Når intensiteten i jordbearbejdningen nedsættes, bliver omsætningshastigheden af det organiske stof i jorden langsommere, og der er potentiale for at opbygge mere kulstof i jorden. Fravær af pløjning vil dog også betyde, at mindre organisk materiale bliver vendt længere ned i jorden, og den umiddelbare effekt af pløjefri dyrkning ses på et øget kulstofindhold i de øvre jordlag. Effekten på jordens samlede kulstofindhold er et omdiskuteret emne. Ifølge kvadratnetsundersøgelsen, tabel 2, sker der et ikke-signifikant tab ved pløjning på 100 kg C pr. ha årligt i hele profilen i forhold til pløjefri dyrkning. Effekten er et gennemsnit af alle typer af pløjefri dyrkning, dvs. indeholdende såvel intensivt harvede arealer, som direkte såede, der udgør en meget lille andel af målepunkterne. Med meget varierende jordbearbejdningsintensitet vil det være usandsynligt at få signifikant udslag.

Forsøgene i tabel 5 viser ingen effekt af pløjefri dyrkning på jordens kulstofindhold på sandjord (Jyndevad), mens forsøget på lerjord har en kulstofopbygning efter 10 år, med en effekt som er større end effekten af efterafgrøder.

¹⁰ SEGES, 2017: Stor undersøgelse af kvalitet og tilgængelighed af have- park affald hos alle landets kommuner. Se- ges Økologi Innovation, 2017

¹¹ Lychuk, Taras E; Izaurralde, Roberto C; Hill, Robert L; McGill, William B; Williams, Jimmy R. 2015. Biochar as a global change adaptation: predicting biochar impacts on crop productivity and soil quality for a tropical soil with the Environmental Policy Integrated Climate (EPIC) model. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, **20**:(8), pp 1437 - 1458

¹² Zhang, Man; Cheng, Gong; Feng, Hao; Sun, Benhua; Zhao, Ying; Chen, Haixin; Chen, Jing; Dyck, Miles; Wang, Xu- dong; Zhang, Jianguo; Zhang, Afeng. 2017. Effects of straw and biochar amendments on aggregate stability, soil or- ganic carbon, and enzyme activities in the Loess Plateau, China. *Environmental science and pollution research inter- national*. **24**:(11), 10108 – 10120

¹³ Uzoma, K. C; Inoue, M; Andry, H; Fujimaki, H; Zahoor, A; Nishihara, E. 2011. Effect of cow manure biochar on maize productivity under sandy soil conditions. *Soil Use and Management*, **27**:(2), pp 205 – 212

Tabel 7 viser en opsamling på forsøg med pløjefri dyrkning og pløjning på forskellige lokaliteter og jordtyper, hvor kulstofindholdet er målt i overjorden ved forsøgsstart og forskellige antal år senere¹⁴. Tabellen viser en signifikant opbygning af kulstof i overjorden, hvilket er helt i overensstemmelse med praksis. Et højt kulstofindhold i overjorden er afgørende for jordens fysiske egenskaber og er centralt i forhold til gode etableringsbetingelser og forebygger erosion. Antallet af tjenlige dage til færdsel i marken øges betydeligt ved at øge kulstofindholdet i overjorden.

Tabel 7. Effekt af jordbearbejdning på jordens indhold af organisk kulstof (g C pr. 100 g jord). (efter Schjøning & Thomsen, 2006).

Lokalitet (år)	Pløjning	Pløjefri dyrkning	
		Nedre lag	Øvre lag
Bramstrup (8)	1,0	1,1	1,3
Bygholm LS (4)	1,7	1,7	2,1
Bygholm FC (4)	1,7	1,6	1,9
Dronninglund (4)	5,8	6,0	6,6
Jerslev (5)	3,8	3,6	3,9
Jyndevad (36)	2,2	2,2	3,1
Kløvested (2)	2,4	2,3	2,4
Lund (3)	2,0	1,9	2,2
Malmø (30)	1,8	1,9	2,1
Nakskov (5)	1,5	1,6	1,8
Vasebæk (3)	1,3	1,3	1,5
Gennemsnit	2,3 a	2,3 a	2,6 b

Jordbearbejdning indgår ikke som parameter i programmet PlantePro.

Der kan læses mere om pløjefri dyrkning i [Inspiration og vejledning til pløjefri dyrkning](#)¹⁵

2 MODVIRKNING AF EROSION I MARKEN

Erosion kan opstå i marker med dårlig jordstruktur og lavt indhold af humus. Pakning af jorden eller vandstandsede lag i underjorden kan være årsag til øget overfladeafstrømning pga. regnvandets manglende infiltration af jorden. Hvis afstrømningsvandet koncentrerer, kan der opstå erosionskløfter. Ved vanderosion flyttes næringsstoffer, lerpartikler og organisk materiale med vandet. Vanderosion er mest udtalt på marker,

¹⁴ Schjøning og Thomsen, 2006: Screening of reduced tillage effects on soil properties for a range of Danish soils. NJF-seminar No. 378, Tillage systems for the benefit of agriculture and the environment. May 2006, Proceedings pp. 232-237

¹⁵ Bennetzen et al, 2017: Inspiration og vejledning I Pløjefri dyrkning. https://www.landbrugsinfo.dk/Afrapportering/innovation/2017/Sider/pl_po_17_1020_2706_Inspiration_og_vejledning_til_ploejefri_dyrkning_Samlet.pdf

der skråner, og ses typisk i marker med vintersæd etableret efter pløjning, og som udsættes for store nedbørsmængder i vinterhalvåret. Ekstreme vejrhændelser med store nedbørsmængder forventes at blive hyppigere i fremtiden.

Forebyg erosion

Forbedring af jordstrukturen

- Du kan forbedre din jordstruktur ved at øge humusindholdet (se afsnit 1)
- Sørg for at kalke jorden (se afsnit 6)
- Undgå pakning af jorden (se afsnit 3)

Vær varsom med jordbehandling

- Etablér gerne vintersæd med reduceret jordbearbejdning, gerne ved direkte såning. Stubrester og organisk materiale er med til at bremse afstrømning og derved øge infiltrationen
- Hvis det er muligt, så foretag jordbearbejdning på tværs af en skråning, så der ikke bliver dybe furer og hjulspor ned ad skråningen

Sørg for grønt plantedække i vintermånederne

- Undgå at dyrke vintersæd på arealer med stor risiko for erosion. Dyrk i stedet vårsæd med udlæg af efterafgrøder eller etablér efterafgrøder i stubben efter høst og lad dem overvintre
- Undgå at dyrke afgrøder med stor rækkeafstand (f.eks. majs) på stejle skrånninger
- Hvis du har et højrisikoareal, så overvej at bruge arealet til flerårigt frøgræs eller græs i omdrift, eller etablér striber med græs på tværs af skråningen
- På stejle skrånninger kan den ultimative løsning være at tage marken ud af omdrift og eksempelvis bruge arealet til vedvarende græs eller etablering af skov

Erosion kan medføre tab af jord og næringsstoffer til vandløb og søer. Tab af næringsstoffer fører til udbyttestab, og samtidig er det en belastning for vandmiljøet. Jordens kvalitet forringes, hvilket kan have betydning for dyrkning af marken fremover. Store riller i marken kan besværliggøre kørsel, og plantedækket kan pletvis blive ødelagt, og vil kunne give anledning til ukrudtsproblemer. Ringe jordstruktur pga. erosion er hyppig årsag til ringe etablering og høst på bakketoppe.

Det er vigtigt at undersøge de enkelte marker for erosion, hvilket er nemmest efter perioder med store nedbørsmængder og herefter at finde årsagen til problemet, så der kan iværksættes forebyggende tiltag i risikoområder. Undersøg din jord, og find ud af hvor vandet kommer fra, og hvor det løber hen, og hvad der er årsag til, at vandet ikke infiltrerer jorden.

På arealer, hvor der, trods forebyggende tiltag, fortsat er fare for erosion i marken, kan der etableres randzoner langs vandløb og søer, for at undgå at jorden skyller ud i vandet.

3 MEKANISK JORDLØSNING OG MINIMERING AF PAKNINGSSKADER

Jordpakning og lavt kulstofindhold i jorden er væsentlige årsager til dårlig jordstruktur. Hvis jorden har et lavt kulstofindhold, bliver den hård i tør tilstand, og modsat bliver den mudret i våd tilstand. Ved lavt kulstofindhold i jorden er der ekstra behov for at være rettidig i forhold til markoperationer for at undgå pakning.

Større landbrug kræver og giver grundlag for større maskinkapacitet. I lande som Danmark med høje time-lønninger opnås den højere kapacitet ofte ved hjælp af større maskiner, som kræver større traktorer. Det ender uundgåeligt med større totalvægt på køretøjerne, der færdes i marken, og det har konsekvenser for jordens struktur og frugtbarhed på både den korte og den lange bane.

Pakning af underjorden er et udbredt problem. En pakket jord hæmmer vandinfiltration og kan føre til vandmættede og iltfri forhold i jorden, hvilket hæmmer den biologiske aktivitet. Planternes rodvækst hæmmes, hvis modstanden i jorden er > 2 MPa. Når planternes rodnet bliver hæmmet, vil det få konsekvenser for de potentielle udbytter i marken. Ved pløjefri dyrkning vil der også kunne opleves pakning i pløjelaget (laget under det behandlede lag), som kan have en negativ effekt på plantevæksten.

Hvis der er dybe spor eller pletter med misvækst i marken, kan det skyldes, at jorden er pakket. Det er vigtigt, løbende at undersøge dette, for at undgå at jorden utilsigtet pakkes. Jordens pakningsgrad kan undersøges med simple metoder. Det kan også være værd at undersøge en jord forud for forpagtning eller køb af ny jord.

Hvis en god jordstruktur skal sikres, er det afgørende at tænke netop skader på strukturen ind i handlingerne i marken og i den overordnede maskinstrategi.

3.1 Aksellast

Fra 0,5 til 1 meters jorddybde har brede dæk og bæltter minimal effekt på graden af jordpakning, her er aksellasten helt afgørende. Derfor er der ingen lette løsninger, når det kommer til at undgå komprimering af de dybe jordlag, hvor det er særligt udfordrende at udbedre de skader, man anretter. Køretøjernes totalvægt og antallet af aksler er de to skruer, der kan justeres på. Det kræver eksempelvis fokus på, at større ikke altid er løsningen, og dét skal tænkes ind i maskinstrategien for ejendommen.

Eksempler på beslutninger, der har konsekvenser for jordstrukturen i de dybere jordlag følger her:

- Er køretøjernes totalvægt en parameter, når der tales maskinstrategi? Er der behov for at øge såkapaciteten, vælger mange en bredere såmaskine, som kræver en større traktor. Ofte går man eksempelvis fra 200 til 300 hestekræfter – eller fra en traktor på en totalvægt på ca. 7.000 kg til en traktor på ca. 10.000 kg. Her kan det være værd at tænke i alternativer: Vil der være en værdi i at købe to firemeters såmaskiner i stedet for en seksmeters? Evt tilpasset forskellig jordbearbejdning? Kan man vælge en bredere såmaskine, som ikke kræver større trækraft – f.eks. til direkte såning eller reduceret jordbearbejdning?
- Ved udskiftning og indkøb af traktorer er der mange forhold at tage i betragtning – traktorens totalvægt bør være blandt de væsentlige. På de mest solgte stortraktorer med ca. 375 hestekræfter kan der være op mod to tons i forskel på kampklar vægt. Her er det væsentligt, at man gør sig klart, om man har brug for en høj vægt til de opgaver, traktoren skal bruges til, eller om det er muligt at anvende ballastvægt, når der er behov for at sikre optimal overførsel af hestekræfterne – f.eks. ved kørsel med gyllenedfælder eller ved dybdeharvning.

- Gylleudstyret udgør en stor risiko for skadelig jordpakning. Gylleudbringning er ofte blandt de første aktiviteter i marken i foråret, og det er køretøjer med meget høj totalvægt. Mange steder har selvkørende gylleudlæggere vundet indpas, særligt til nedfældning i slætgræsmarker og forud for vårsæd. Udstyret udmærker sig ift. gyllevogne ved at anvende dogwalk eller lignende til at begrænse afgrødeskade og spor i jordoverfladen, idet udstyret har én overkørsel i stedet for 4 eller 5 fra traktor med 2-3 akslet gyllevogn. Men hvor et gylletræk med traktor og vogn fordeler vægten på (oftest) fem aksler, er vægten på en selvkørende gyllemaskine fordelt på to til tre aksler. Totalvægten for de to typer er ofte nogenlunde lige høj, og derfor er der tale om en væsentligt større aksellast på de selvkørende gylleudlæggere.

At undgå pakning i de dybere jordlag kræver, at totalvægt og aksellast bliver en lige så fast del af overvejelserne i forbindelse med nyinvestering og anvendelse af traktorer og maskiner, som valg af dækmontering er det i dag.

I programmet [Terranimo](#) kan man beregne hvilken pakning en given maskinhandling i marken medfører. Ved valg af maskiner, dæktype og -tryk og ved indtastning af føre og jordtype, kan man få beregnet pakning i jordprofilen, og man kan således se effekten af at optimere på alle forhold for at minimere skaderne i marken.

3.2 Dæktryk

Dæktype og særligt dæktryk er helt afgørende for den skadelige jordpakning i de øverste 20 centimeter af jorden, mens det sammen med aksellasten påvirker pakningen af jorden ned til en halv meter. Et dæk skal optræde skånsomt, sikre et tilstrækkeligt greb til at overføre kræfterne til jorden og dermed sikre en god brændstofføkonomi i marken. Dette opnås ved et lavt dæktryk. Det samme dæk skal på vejen overføre kræfterne effektivt og sikre komfort og trafikikkerhed, og her kræves et relativt højt dæktryk. Det korrekte dæktryk på vejen er desuden nødvendigt for at undgå uhensigtsmæssigt slid på dækket, som vil medføre store omkostninger til udskiftning. Derfor skal følgende overvejelser tages i betragtning:

- Dæktryk bør kontrolleres rutinemæssigt, men mest væsentligt, når der skiftes redskab. Passer dæktrykket til den opgave, traktoren nu skal udføre? Det anbefales at udarbejde et skema med oversigt over anbefalede dæktryk til bedriftens forskellige arbejdsopgaver. Skemaet sættes op ved kompressoren, som bør placeres ved dieseltanken, så det er nemt at udføre kontrol og justering af dæktryk.
- Ved montering af tvillinghjul kontrolleres og justeres dæktryk, så dæktrykket er ens i alle fire hjul på akslen. Er det ikke tilfældet, vil montering af tvillinghjul ikke have nævneværdig effekt på hverken vægtfordeling eller trækraft.
- Er der på bedriften store transportafstande og/eller meget gyllekørsel bør det overvejes at investere i et system til dæktryksregulering. Systemerne koster i dag i omegnen af 100.000 kr. pr. enhed afhængig af fabrikat og traktorens udstyr. På vejen er det mindre dækslid og lavere brændstofforbrug, der skal være med til at finansiere investeringen. I marken er det optimeret trækraft, lavere brændstofforbrug og ikke mindst begrænsning af skadelig jordpakning i de øverste 50 centimeter.
- Lav beregninger på, om slitage og tidsforbrug ved vejtransporten kan betale sig, eller om det kan give den samme eller bedre økonomi samt et bedre resultat i marken, hvis en del af vejtransporten udføres med lastbiler.



Ved regulering af dæktrykket kan pakningsskaden i overjorden begrænses. Foto Kasper Stougård, SEGES.

3.3 Faste kørespor

Faste kørespor er et omdiskuteret emne. Kritikerne mener, at de komprimerede "motorveje" i marken er et udtryk for kortsigtet tænkning. Fortalerne mener, at det er bedre at begrænse de uundgåelige skader til specifikke områder i marken.

Med GPS-styring er det relativt simpelt at fastlægge sporene én gang for alle og genbruge linjerne år efter år – det er et vilkår for optimal implementering af faste kørespor.

Der er flere muligheder for at anvende faste kørespor:

- Ved en kompromisløs tilgang til faste kørespor har alle maskiner til jordbearbejdning og afgrødetablering samme arbejdsbredde, mens sprøjte, gødningsspreder og evt. gyllevogn arbejder over tre spor. Det kan eksempelvis være kørespor med 12 meters afstand og 36 meter sprøjte eller kørespor med 8 meters afstand og 24 meter sprøjte. I forbindelse med høst kører mejetærskeren i de faste kørespor, mens kornvognen kan være nødt til at trække ud af køresporet for at få læs, og derefter returnere. Det er afgørende, når man indkøber maskiner til anvendelse i et system med faste kørespor, at man sikrer sig, at den effektive arbejdsbredde mindst udgør det nødvendige. Det kan kræve en kontrolmåling før køb, da mange maskiner afviger fra den oplyste arbejdsbredde. Den store arbejdsbredde kan lyde som en stor udfordring, særligt for trækraftbehovet på tungere jorde, men det skal tages i betragtning, at energibehovet til jordbearbejdning er 30-70 procent lavere ved faste kørespor¹⁶.
- Ved mindre konsekvent anvendelse af faste kørespor er det primært den tunge trafik, der holdes i de faste kørespor. Det vil sige, at jordbearbejdning og planteetablering foregår uden for de faste kørespor, men at plejesporene ligger fast år efter år, så sprøjte, gødningsspreder og gyllevogn altid kører i samme spor, lige så vel som mejetærsker og frakørselsvogne så vidt muligt holder sig til sporene i forbindelse med høst. Gevinsten er ikke på niveau med konsekvent faste kørespor, men systemet er nemmere at implementere uden væsentlige investeringer og kan være første skridt i overgangen mod konsekvent faste kørespor.

¹⁶ Lars J. Munkholm og Ole Green, 2006: Hvorfor faste kørespor – hvilke problemer løser de, og kan man tjene penge på dem?

3.4 Færre overkørsler

Med udviklingen i landbrugsmaskinernes arbejdsbredde er maskinernes vægt steget, men en mindre andel af arealet påvirkes af vægten. Enhver kørsel i marken er forbundet med omkostninger, også for jordstrukturen. Derfor bør risikoen for skadelig jordpakning også være en faktor, der tages i betragtning, når dyrkningsplanen udarbejdes.

- Der kan eksempelvis være gode argumenter for at tildele gødning til vintersæd tre gange, eller for at harve tre gange, men ud over de direkte udgifter, bør påvirkningen af jordstrukturen også tages i betragtning, når antallet af overkørsler, den enkelte mark udsættes for, beslutes.
- Fokus på udnyttelse af næringsstoffer og følgende lovgivning har betydet, at der ofte nedfældes gylle forud for vinterraps, vårbyg og majs, samt i slætgræsmarker. Men de smalle arbejdsbredder for især sortjordsnedfældere og den høje aksellast på gylleudstyret er en rigtig dårlig kombination, når det kommer til hensynet til jordstrukturen. Det bedste alternativ er at slangeudlægge gyllen. Det kræver forsuring og ved udlægning på sort jord efterfølgende nedmuldning.
- En stor del af kørslen i marken med en almindelig gyllevogn med slangebom er tomkørsel. Der kan spares meget – både på vognens kapacitet og dermed omkostningerne og på skader i jordstrukturen ved at tilpasse læssene til markens længde. Selvom målet er at udbringe 25 tons pr. ha., vil det i nogle tilfælde være mere hensigtsmæssigt at udbringe 22 ton pr. ha og dermed spare en ekstra kørsel i det samme spor.
- Hvor kører frakørselsvogne ind i marken, og hvor kører de ud? Konstant kommunikation mellem fører af høstmaskine og førere af frakørselsvogne kan sikre, at færdsel på marken minimeres og i stedet henlægges til markveje og asfaltveje.

3.5 Rettidig omhu i forhold til kørsel i marken

Beslutninger om, hvornår man kører i marken om foråret eller efter perioder med større mængder regn baseres i de fleste tilfælde på, hvornår overjorden kan bære maskinerne. Med brede dæk med optimalt dæktryk eller bæltemontering indtræffer det tidspunkt tidligere end ellers. Men at teknik har gjort det muligt, at køre i marken tidligere, ændrer ikke på jordens beskaffenhed.

Hvis funktionen af de gode dæk eller bælte bliver at komme tidligere i marken, er der risiko for at lave tilsvarende eller værre skader i overjorden. Særligt i de dybereliggende jordlag vil en sådan praksis være årsag til skadelig jordpakning. Det korrekte dæktryk eller bæltemontering giver altså bedre muligheder for at færdes på jorden, før den er tjenlig, og derfor kræver det ekstra selvsjette at afholde sig fra at komme for tidligt ud på markerne.



Rettidig omhu er nøgleord til at undgå skadelig jordpakning (foto: Kasper Stougård)

Rettidigheden er også af afgørende betydning, når det kommer til jordbearbejdning. Jordbearbejdning under meget våde forhold kan føre til sammenkitning og komprimering af porer, regnormegange og andre revner og sprækker i jorden. Ligeledes kan jordbearbejdning under meget tørre forhold ligeledes betyde, at jorden pulveriseres. Det giver risiko for tilslemning i forbindelse med efterfølgende nedbør.

Mekanisk jordløsning giver ofte kortvarige effekter i de dybere jordlag, med risiko for genpakning af jorden. Under ca. 50 cm dybde kan skaderne betragtes som mere eller mindre permanente, og det har derfor en langvarig betydning for jorden som vækstmedie. Det er derfor utroligt vigtigt at tage forholdsregler i forhold til forebyggende tiltag. I de øvre jordlag, kan der ske en vedvarende forbedring af pakningen ved jordbearbejdning, og også biologisk jordløsning har vist et potentiale, men kan tage flere år. Opbygning af kulstof i jorden er noget, der bygges op over nogle år, og det vil have positiv effekt på jordens struktur og mindske pakningsrisikoen.

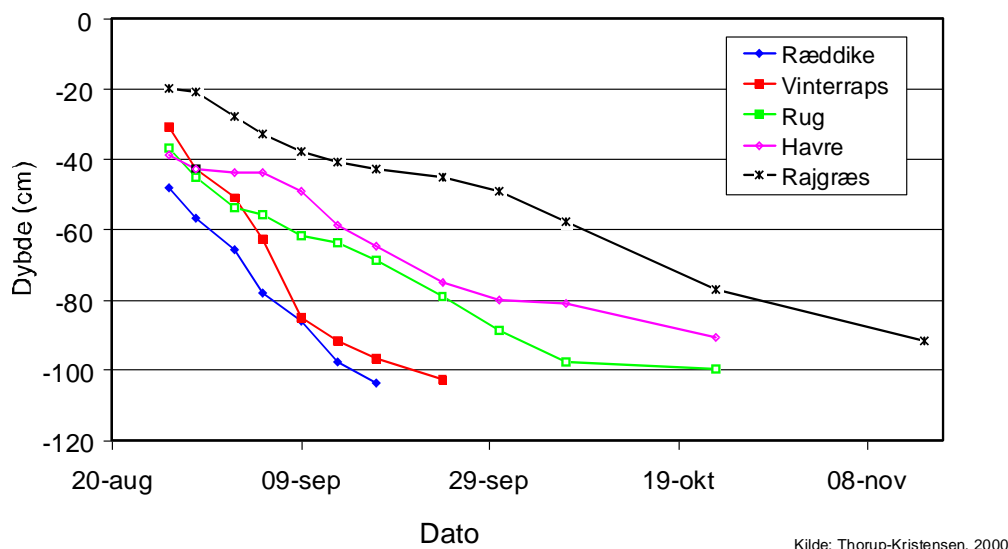
Læs om mekanisk løsning af pakket og vandlidende jord i afsnit 4.1

3.6 Biologisk jordløsning med efterafgrøder

Efterafgrøder med dybe pælerødder, som eksempelvis olieræddike, har et potentiale i forhold til at løsne jorden især efter mekanisk jordløsning, så genpakning undgås. Rodudviklingen i dybden er hurtig og effektiv, - forsøg har vist, at allerede en måned efter udsåning af olieræddike er rødderne nede i en meters dybde¹⁷, se figur 5. Det nye rodnet laver nye sammenhængende rodkanaler, som mindsker jordmodstanden for efterfølgende afgrøders rødder, som kan bruge kanalerne til at finde vej ned i dybden. Rodkanalerne gør også, at jorden får et bedre luftskifte, og at vandet trænger nemmere ned i jorden¹⁸. Pælerødderne bidrager desuden til opbygning af kulstof i jorden.

¹⁷ Jensen, L. S., 2001: Efterafgrøder og grøngødning - Hvordan udnytter vi bedst omsætningen af det organiske kvælstof? Indlæg ved Planteavl's efterårskonferencen 2001

¹⁸ Munkholm, L. (2016). Efterafgrøder som jordforbedring. Aarhus: Plantekongres.



Figur 5. Eksempler på roddybder af efterafgrøder¹⁷

I de langvarige forsøg med jordpakning er det undersøgt, om olieræddike som efterafgrøde kan løsne pakket jord i dybden. Resultaterne efter 3 år med olieræddike tyder ikke på, at efterafgrøderne har løsnet jorden betydeligt, så den biologiske løsning alene må derfor antages at være en langsommelig proces.

I pløjefri dyrkningssystemer har efterafgrøderne og et generelt alsidigt sædskifte en vigtig betydning i forhold til at modvirke pakning af "pløjelaget".

Olieræddike sås lige før høst eller efter høst, jo før des bedre. Olieræddiken er blandt de hurtigste afgrøder til at få rødderne ned i dybden, modsat eksempelvis rajgræs, som skal have mindst 3 måneders vækstperiode for at give en god effekt i dybden. Hvis du dyrker raps, bør du anvende en anden art, for at undgå kålbrot, og vær også opmærksom på modtagelighed for roecystenematoder ved dyrkning af sukkerroer.

4 VIRKEMIDLER TIL FORBEDRING AF VANDLIDENDE JORD

Har man en vandlidende jord, findes forskellige virkemidler, der kan udbedre det. Valget af virkemiddel afhænger af årsagerne, af omfanget på de vandlidende forhold, lokale forhold samt landmandens behov. Forskellige virkemidler kan løse samme problem, ligesom der kan være behov for en kombination af flere virkemidler for at løse drænings- eller afvandringsproblemet. Det vanskeliggør en universel beskrivelse af konkrete løsningsforslag, da det vil variere fra sted til sted, alt efter de givne omstændigheder. Følgende beskrivelse af virkemidler skal derfor ses som overordnede forslag, som skal vurderes nærmere ud fra den specifikke situation.

Få mere viden om årsager til dårlig dræning og afvanding og find mulige løsninger [HER](#).

4.1 Hvis vandet ikke kan trænge ned til dræn eller grundvand

En god jordstruktur uden forekomst af vandstandsede jordlag er vigtig for en hurtig og effektiv vandinfiltration mod dræn eller det dybereliggende grundvand. Der er flere virkemidler, der kan henholdsvis hjælpe med opbygning af god jordstruktur eller bryde med vandstandsede jordlag.

Inden du beslutter dig for, hvilke virkemidler der skal tages i brug, er det vigtigt at finde årsagen til problemet. Ved brug af et jordbor og jordspyd, kan man hurtigt finde ud af, om der er vandstandsede lag i jorden.

Opbygning af god jordstruktur

Det organiske materiale i jorden er med til at forbedre jordens vandbalance, jordens bæreevne og øger den biologiske aktivitet, hvilket sikrer en god og stabil jordstruktur med god infiltrationsevne og høj robusthed over for strukturskader. Metoder til kulstofopbygning er blevet præsenteret i kapitel 1.

Løsning og brydning af vandstandsede lag

Vandstandsede jordlag eller lag med lav hydraulisk ledningsevne kan brydes og løsnes vha. mekanisk jordløsning som grubning og dybdepløjning eller vha. biologisk jordløsning som eksempelvis efterafgrøder. Biologisk jordløsning er beskrevet nærmere i afsnit 3.6.

Det er vigtigt, at drænrøret eller jordens naturlige afdræningsevne under det vandstandsede lag kan håndtere den ekstra vandmængde, der frigøres, når laget brydes.

Mekanisk jordløsning

Ved dyb mekanisk jordløsning gælder den generelle anbefaling, at foretage dyb jordløsning umiddelbart efter høst i tør jord. Den største effekt af mekanisk jordløsning opnås, hvis jorden under det kompakte lag har gode hydrauliske egenskaber.

Det er vigtigt, at drænsystemets placering og drændybde kendes præcist, så drænrørene ikke risikerer at blive beskadigede under arbejdet.

- *Grubning*

Når man grubber, løftes jorden i dybden, hvilket kan skabe sprækker og revner og dermed løsne det cementerede eller kompakte lag. Grubning må kun foregå, når vandindholdet i jorden er omkring visnegrænsen. Hvis jorden er for fugtig og leret i dybden, når der grubes, vil der ske en sammenkitning af de luftporer, revner og sprækker, der trods alt findes. Dermed vil behandlingen gøre mere skade end gavn. Det kan dog være vanskeligt at opnå de meget tørre forhold i lavninger og andre våde områder, der kræves for hensigtsmæssig grubning.

Ved grubning er der også risiko for hurtig genpakning efter behandling. Særligt på lerede jorde, hvis de generelle afvandingsforhold ikke ændres som følge af grubningen. Det er vigtigt, at jordløsningen stabiliseres hurtigst muligt af planterødder. Dette opnås eksempelvis ved grubbesåning af raps eller efterafgrøder. Se afsnit 3.6 om biologisk løsning.

- *Dybdepløjning*

Ved dybdepløjning brydes de vandstandsede lag, og jorden blandes rundt, så underjorden føres op over overjorden. Dybdepløjning kan foregå ved et lidt højere vandindhold i jorden end grubning. Metoden kan være en undtagelsesvis mulighed, hvis jorden er lagdelt, og underjorden har et højt indhold af organisk materiale og næringsstoffer, da dette jordlag efter dybdepløjningen vil udgøre pløjelaget. Det er vigtigt at bemærke, at det kan være meget svært at opnå gode etableringsbetingelser i den råjord, som vendes op, hvis indholdet af organisk materiale er meget lavt.



Dybdepløjning af lagdelt, finsandet areal med en Panther-plov, der har en pløjedybde på 120 cm. Her opblandes den lagdelte jord, hvor underjorden løftes en halv meter op, og derefter vendes rundt og blandes med overjorden. Foto: Stinna Susgaard Filsø, SEGES

4.2 Hvis området ikke er drænet

Årsnedbøren er steget med ca. 10 procent over de sidste 30 år. Desuden er frekvensen af ekstrem regn stigende¹⁹. Det kan betyde, at områder, hvor der ikke før var et drænebehov, nu oplever vandlidende forhold og dermed skal drænes. Langt størstedelen af dræningen i Danmark foregår med drænrør placeret i jorden, hvor fald på drænrør mod egnet recipient sikrer afvandingen af marken. Dræning bortleder enten grundvand, opstuvet overskudsnedbør eller en kombination deraf og dermed sænkes vandstanden i jorden, og de vandlidende forhold reduceres.

Der findes mange forskellige måder at tilgå dræning på, afhængig af de stedsspecifikke jordbunds- og terrænforhold, størrelsen på det vandlidende område, om resten af marken er drænet, drænentreprenøren og landmandens økonomi. Generelt er der dog nogle kriterier, som drænsystemets design og dimensionering skal overholde for at sikre effektiv dræning af marken. Drænudløbene skal have frit udløb i forhold til marts middelvandstanden i recipienten, og drænene skal kunne bortlede 1 l pr. sek. pr. ha, hvilket svarer til ca. 7-10 mm pr. døgn²⁰.

For mere information om dræning, drænetoder med mere henvises til [Dansk Markdræningsguide](#).

4.3 Hvis drænsystemet ikke fungerer

Valget af virkemiddel afhænger i høj grad af årsagen til, at drænsystemet ikke fungerer samt omfanget af den utilstrækkelige dræning.

Reparation eller omdræning?

Hovedparten af arealer med drænings- og afvandingsproblemer er i større eller mindre grad drænet i forvejen²¹. Deraf melder spørgsmålet sig ofte, hvorvidt drænsystemet skal repareres, udvides eller om marken skal omdrænes. Om man skal se bort fra de gamle dræne eller, om de skal indarbejdes helt eller delvist i det

¹⁹ Kronvang, B., Kristiansen, S. M., Schelde, K., & Børgesen, C. D. (2013). *Udredningsprojekt vedrørende dræns betydning for afvanding*. Aarhus: Aarhus Universitet og DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi.

²⁰ Jensen, C. R. (2001). *Dræning i jordbruget* (1. udg.). Taastrup: Den Kgl. Veterinær- og Landbohøjskole.

²¹ Olesen, S. E. (2009). *Kortlægning af Potentielt dræningsbehov på landbrugsarealer opdelt efter landskabselement, geologi, jordklasse, geologisk region samt høj/lavbund*. Tjele: Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet.

nye tiltænkte drænsystem afhænger af drænenes alder, beliggenhed og beskaffenhed, og må derfor vurderes i hvert enkelt tilfælde.

Reparation anbefales, hvor drænsystemets overordnede projektering, dimensionering og drændybde er tilfredsstillende, og hvor en spuling og minimal opgravning kan afhjælpe dræningsproblemet. Det kan eksempelvis være spuling og udskiftning af enkelte drænrør, korrektion af forskudte drænsamlinger og etablering af nye rensmuligheder, såsom drænbrønde.

Hvis drændybden er for ringe, systemet er underdimensioneret, drænarbejdet i sin tid har været mangelfuldt eller dårligt udført, er der sjældent grund til at reparere drænsystemet, og omdræning af hele drænsystemet må være løsningen²².

Spuling af drænrør

Spuling kan rense tilstoppede dræn. Er drænrørene helt fyldt op med sand eller okker, er det ikke muligt at spule drænene. Erfaringer har også vist, at spuling af tæpperør i fed lerjord heller ikke hjælper.

Spuling bør foregå om vinteren eller i det tidligere forår, hvor vandspejlet står over drændybden. Dette skyldes, at vådt sediment er nemmere at fjerne, og at den uønskede gennemtrængning af spulevand til pakningsmaterialet eller jorden omkring drænet vil være begrænset under vandmættede forhold²³. Når man foretager spuling, skal man være opmærksom på, at hvis aflejringerne i drænrørene, eksempelvis okker, kan forårsage forurening i vandløb, søer eller havet, skal spulevandet opsamles og udspreddes på marker i omdrift²²



Vinter eller tidligt forår er gode tidspunkter at spule sit drænsystem. Foto: Stinna Susgaard Filsø, SEGES.

4.4 Andre metoder

Planering og grøblerender

Har man en naturligt tæt jord i fladt terræn, hvor de vandlidende forhold skyldes jordens manglende evne til at håndtere større nedbørshændelser, kan planering af marken være en mulig løsning til at få overfladevan-

²² Jakobsen, J. M. (1946). *Vejledning i dræning* (1. udgave udg.). København V: Det Kgl. Danske Landhusholdningsselskab.

²³ Nielsen, J. A. (2015). *Dansk Markdræningsguide*. Skejby: SEGES

det væk. Planering af marken betyder, at man udjævner markens terræn. Enten ved at fylde mindre lavninger op, eller hvis marken er flad, ved at spidse marken op på midten for at skabe hældning mod grøften. Planeringen kan kombineres med grøblerender eller drænrør, der bortleder vandet mod recipienten. Det er vigtigt, at det er overfladevand, der er årsag til problemerne med vand og ikke vand nede fra f.eks. trykvand eller høj vandstand i jorden. Hvis vandet kommer nedefra, er planering ikke en mulig løsning, da det skal drænes væk. Derfor er planering ofte et supplement til traditionel dræning. Det er vigtigt, at det er fagfolk, der udfører planeringsarbejdet, så jorden behandles så nænsomt som muligt, og så marken får de rigtige hældningsforhold. Jorden må ikke være våd, når den planeres.

Efter planeringen er det vigtigt, at marken hurtigt bliver tilsået, så jorden ikke står bar. Jorden er efter en sådan ommøblering meget sårbar overfor pakning ved kraftig regn, som kan tilslemme jordoverfladen eller forårsage erosion. Start gerne med en dybdeharvning af marken, så jorden får lidt luft i dybden. Derefter sås og gødskes med handelsgødning. Vent helst med tildeling af husdyrgødning til året efter, hvor jorden har haft lidt tid til at sætte sig og dermed er mindre blød og sårbar.

Planeringen kan desuden være med til at sætte gang i en jord, der i forvejen er død som følge af vandlidende forhold, da man får jorden vendt rundt og får organisk materiale indarbejdet i dybden.

Ændret arealanvendelse eller jordbytning

Hvis ikke de ovenstående virkemidler synes at være tilstrækkelige, kan den yderste konsekvens være at afstå arealet, ændre dyrkningen fra ager til græsning, indgå i vådområdeprojekter, jordbytning med mere.

4.5 Før du dræner – hvor er det lovligt?

Som udgangspunkt må landbrugsarealer drænes, men det kræver tilladelse fra kommunen i medfør af Vandløbsloven, hvis ikke betingelserne for brug af den fri dræningsret er opfyldt.

Nye drænprojekter skal anmeldes til kommunen i medfør af VVM-reglerne i VVM-loven. På baggrund af anmeldelsen træffer kommunen en såkaldt screeningsafgørelse om, hvorvidt projektet kræver en egentlig miljøvurdering. Ændringer og udvidelser af eksisterende drænprojekter skal også anmeldes og screenes.

Hvis arealet er et §3-areal, Natura 2000 areal eller er beliggende i et okkerpotentielt område, kræver det dispensation eller tilladelse fra kommunen i medfør af disse regler. Dræning af arealer, der er nabo til §3-arealer, må heller ikke ændre tilstanden af §3-arealerne uden dispensation.

Tag en snak med drænentreprenøren og få afklaret, hvem der tager kontakt til myndighederne, før dræningen påbegyndes.

§§ Det er særligt følgende love, som er gældende for dræningsområdet;

- [Vandløbsloven](#)
- [Okkerloven](#)
- [Naturbeskyttelsesloven](#)
- [VVM-loven](#)

5 ØG JORDENS MIKRO- OG MAKROLIV

5.1 Jordens mikro- og makroliv

En sund jord har en mangfoldig mikrobiel aktivitet og jordfauna med en effektiv omsætning af organisk materiale. Det er jordens gavnlige bakterier, svampe og regnorme og øvrige jordlevende dyr, der nedbryder planterester og andet organisk materiale, og omsætter det til humus og næringsstoffer. I denne vejledning vil

primært regnormene blive omtalt af de jordlevende dyr, da de er de væsentligste dyr i jorden, med en lang række vigtige funktioner.

Et gram jord indeholder millioner af bakterier og metervis af svampehyfer – biomassen opgjort pr. ha skønnes at være i størrelsesordenen 2,5 ton pr. ha. Mikroorganismene nedbryder organisk materiale, og regulerer næringscyklerne, men er også i stand til at fiksere kvælstof fra luften og danne symbiose med planter. De har en afgørende rolle i jordens mineraliseringsprocesser. Mycorrhiza (rodsvampe) danner et symbiotisk forhold, ved at kolonisere planters rødder og de forøger derved røddernes overflade betydeligt. Mycorrhiza svampe muliggør en udveksling af stoffer mellem planter, der er forbundet med svampehyfer. De er effektive til at optage vand og næringsstoffer til planten, og til gengæld får de kulhydrater og vitaminer fra planten. Specielt fosforoptagelsen forøges i planternes tidlige vækststadier, når der er symbiose med mycorrhiza. Planter med stor kolonisering af Mycorrhiza er mindre modtagelige for sygdomsangreb. Ligesom planternes rødder giver jorden en sundere struktur, så giver svampenes hyfer også stabilitet. Når de nedbrydes, tilfører de organisk materiale til jorden, som igen hjælper jorden med at holde på vand og næringsstoffer.

Jordbearbejdning

I de langvarige jordbearbejdningsforsøg har Københavns Universitet i 2017 og 2018 undersøgt, hvordan mycorrhiza koloniserer planterødder ved henholdsvis traditionel etablering med pløjning, ved reduceret jordbearbejdning og ved direkte såning. Resultaterne viste en signifikant øget kolonisering i upløjede parceller efter såning af vinterbyg i Aulum, sammenlignet med pløjede parceller, men niveauet var generelt lavt, formentligt pga. et højt fosfortal. Der sås ingen P-effekt af den øgede kolonisering. I Jerslev var der lavt fosfortal, og her blev der målt en næsten tre gange større optagelse af fosfor i direkte såede parceller, hvor koloniseringen med mycorrhiza var højere. Meroptaget var signifikant fra vækststart og 70 dage frem, hvor målingerne blev afsluttet.

Tilførsel af organisk materiale

Et alsidigt sædskifte med godt plantedække har en positiv effekt på jordens mikrobiologiske samfund. Friske planterester fra eksempelvis efterafgrøder har en langt højere næringsværdi end visne stubbe fra hovedafgrøderne. Det er en cirkulær proces fordi grønmasse af høj kvalitet giver grobund for en sund jordfauna og mikrobiel aktivitet. Samtidig giver en sund jordfauna og mikrobiel aktivitet en frugtbar jord, som kan producere grønmasse af høj kvalitet.



Efterafgrødeblandinger er fortrinlige til at øge biodiversiteten både over og under jordoverfladen.

Foto: Annette V. Vestergaard, SEGES

Jo flere forskellige planterødder, des bedre, fordi svampe og bakterier lever bedre med forskellige arter af planter end andre. Brugen af efterafgrødeblandinger øger eksempelvis diversiteten.

Kalkning

Ved tildeling af kalk ændres populationssammensætningen af jordens bakterier og svampe. Forholdet mellem bakterier og svampe ændres, da mere neutral jord øger bakteriepopulationen, mens det reducerer svampepopulationen. Når bakterier nedbryder organiske materiale frigives næringsstoffer, som fremmer væksten af andre jordstrukturforbedrende organismer²⁴. Nogle bakterier kan også producere extracellulære polysakkerider, som har en bindende egenskab i jorden^{25,26}. Når svampe nedbryder organiske materialer vil svampehyferne, sammenflettes og inkorporere jordpartikler og aggregater, og gør jorden mere stabil. En gruppe af svampene, arbuskulær mykorrhiza svampe, AMF, udskiller glomalin, som er et hydrofobt materiale, og det 'klistrer' jordpartiklerne sammen²⁷. AMF populationen øges ved mere neutraliserende forhold.

²⁴ Holland, J. E., Bennett, A. E., Newton, A. C., White, P. J., McKenzie, B. M., George, T. S., Pakeman, R. J., Bailey, J. S., Fornara, D. A. & Hayes, R. C. 2018. Liming impacts on soils, crops and biodiversity in the UK: A review. *Science of the Total Environment*, 610, 316-332.

²⁵ Burns, R. G. & Davies, J. A. 1986. The microbiology of soil structure. *Biological Agriculture & Horticulture*, 3, 95-113.

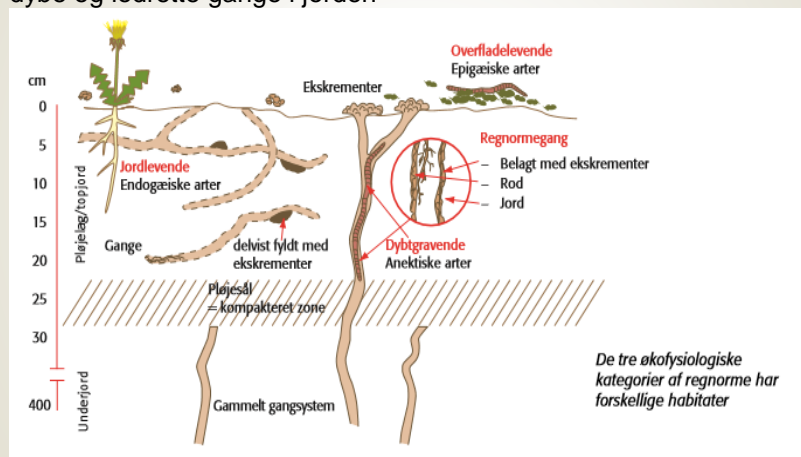
²⁶ Haynes, R. J. & Naidu, R. 1998. Influence of lime, fertilizer and manure applications on soil organic matter content and soil physical conditions: a review. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 51, 123-137.

²⁷ Gianinazzi, S., Golotte, A., Binet, M. N., Van Tuinen, D., Redecker, D. & Wipf, D. 2010. Agroecology: the key role of arbuscular mycorrhizas in ecosystem services. *Mycorrhiza*, 20, 519-530.

5.2 Øg regnormebestanden

Regnorme har en række vigtige funktioner i jorden. Regnorme aktiviteter, som gravning, fouragering og fordøjelse, har alle en påvirkning på jordens struktur²⁸. Regnormene bygger et omfattende gangsystem i jorden, som er med til at sikre et godt luftskifte i jorden. Gravning af regnormegange giver en direkte udvidelse af jordens makroporesystem, som rodsystemet kan udvide sig i og jordvæsken kan drænes gennem. Gravning har en betydelig påvirkning på jordens porøsitet. Regnormene indtager og fordøjer jordpartikler og organiske partikler, som bliver bundet sammen i regnormenes fordøjelsessystem. De kommer ud i den anden ende, og danner grundlag for dannelsen af stabile aggregater^{29,30,31, 32}

Der findes 3 typer af regnorme: Overfladelevende (epigæiske), som lever i løvlaget oven på jorden, Jordlevende (endogæiske) som laver vandrette gange i jorden og Dybtgravende (anektiske) som graver dybe og lodrette gange i jorden



[Regnorme – Den frugtbare jords arkitekter](#) (FiBL & SEGES, 2017)

²⁸ Sharma, D. K., Tomar, S. & Chakraborty, D. 2017. Role of earthworm in improving soil structure and functioning. *Current Science*, 113, 1064-1071.

²⁹ Lee, K. E. 1985. *Earthworms: Their Ecology and Relationships with Soils and Land Use*, Sydney, Academic Press

³⁰ Lee, K. E. & Foster, R. C. 1991. Soil fauna and soil structure. *Australian Journal of Soil Research*, 29, 745-775.

³¹ Haynes, R. J. & Naidu, R. 1998. Influence of lime, fertilizer and manure applications on soil organic matter content and soil physical conditions: a review. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 51, 123-137.

³² Holland, J. E., Bennett, A. E., Newton, A. C., White, P. J., McKenzie, B. M., George, T. S., Pakeman, R. J., Bailey, J. S., Fornara, D. A. & Hayes, R. C. 2018. Liming impacts on soils, crops and biodiversity in the UK: A review. *Science of the Total Environment*, 610, 316-332.



Man kan få et indtryk af regnormebestanden i marken ved at lave en test med sennepspulver. Se fakta-ark herom.
Foto: Annette V. Vestergaard, SEGES

Der er en række muligheder for at fremme regnormebestanden i marken. Pløjning kan reducere regnormebestanden betragteligt, og kraftig rotorharvning endnu mere. Hvis det er muligt bør intensiv jordbearbejdning holdes på et minimum i marts/april og september/oktober, hvor regnormene er mest aktive. Hvis jorden er kold eller tør søger regnormene længere ned i jorden, og vil tage mindre skade i forbindelse med jordbearbejdningen. Pløjning kan reducere regnormebestanden med 25 procent og roterende redskaber med op til 70 procent³³

Jordpakning gør det svært for regnorme at gennemtrænge jorden. Undgå pakning af jorden, se kapitel 3.

Et sædskifte med græs, efterafgrøder og plantedække om vinteren, halmnedmuldning og tilførsel af organisk gødning giver næring til regnormene. Ensidige sædskifter med bare marker reducerer antallet af levesteder og mangel på organisk stof underminerer fødegrundlaget for regnormene.

Ved tildeling af kalk opnås en øget størrelse og aktivitet hos jordens regnormebestand^{34,35,36}. Regnorme i tempereret klima trives bedst ved en mere neutral pH-værdi, og i sure jorde kan regnormene gå i diapause, ligesom de gør under tørre forhold.

En jord, der har en bestand af regnorme, giver sammenlignet med en jord uden regnorme 25 procent højere udbytter i en gennemgang af videnskabelige artikler³⁷.

³³ Alfred Berner et al. 2016. The Basics of Soil Fertility.

³⁴ Haynes, R. J. & Naidu, R. 1998. Influence of lime, fertilizer and manure applications on soil organic matter content and soil physical conditions: a review. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 51, 123-137.

³⁵ Holland, J. E., Bennett, A. E., Newton, A. C., White, P. J., MCKenzie, B. M., George, T. S., Pakeman, R. J., Bailey, J. S., Fornara, D. A. & Hayes, R. C. 2018. Liming impacts on soils, crops and biodiversity in the UK: A review. *Science of the Total Environment*, 610, 316-332.

³⁶ Ferreira, T. R., Pires, L. F., Wildenschild, D., Heck, R. J. & Antonino, A. C. D. 2018. X-ray microtomography analysis of lime application effects on soil porous system. *Geoderma*, 324, 119-130.

³⁷ van Groeningen et al. Earthworms increase plant production: a meta-analysis. *Sci. Rep.* 2014

På lang sigt opbygges der en sund jord med en god krummestruktur og omsætning af organisk materiale. Og der opbygges et kanalsystem i jorden til gavn for planternes rødder, som også sikrer luftskifte og vandinfiltration, som har en positiv effekt på planterødder og det mikrobielle liv i jorden igen til gavn for planterne, som får stillet næringsstoffer til rådighed.

Læs mere om de vigtige regnorme i "[Regnorme – Den frugtbare jords arkitekter](#)" (FiBL & SEGES, 2017 - Dansk udgave)

6 SIKRING AF OPTIMALT KALK- OG NÆRINGSSTOFNIVEAU

Kalkning influerer på mange agronomiske forhold i jorden og påvirker derved både jordbiologi, -fysik og -kemi. Kalkvirkningen er specielt udtalt i forhold til lerjordens funktioner. Nogle af disse effekter er:

- pH-ændring
- Næringsstofftilgængelighed for afgrøden
- Mineralisering af kvælstof
- Fordeling af aggregat størrelse
- Udtørningsgrad
- Jordvolumen, infiltration og hydraulisk konduktivitet
- Pore størrelsesfordeling
- Aggregatstabilitet
- Jordstyrke

Dette kapitel omhandler kalkningsstrategier og en beskrivelse af nogle af kalkens vigtige effekter for jorden.

6.1 Vedligehold af jordens reaktionstal

Optimale niveauer for reaktionstal (Rt) kan ses i vejledningen "Vurdering af jordens frugtbarhed". Generelt bør jordens reaktionstal opretholdes, således at det ligger i det optimale interval. Det gøres typisk ved at kalke hvert 3.-5. år med 2-3 ton jordbrugskalk pr. ha. Reaktionstallet bør kontrolleres hvert 5.-7. år ved systematisk udtagning af jordbundsanalyser. Reaktionstallet varierer meget indenfor den enkelte mark. Derfor anbefales det i marker med varierende jordbundsforhold eller forskellig dyrkningshistorie at få prøverne udtaget positionsbestemt med én eventuelt to prøver pr. ha i et systematisk grid og efterfølgende kalke positionsbestemt. En detaljeret plan for kalkning kan beregnes af planteavlskontorene ud fra programmet Mark-AnalyseOnline.

Reaktionstallet falder typisk med 0,3 enheder over en femårig periode, hvis reaktionstallet er relativt højt som udgangspunkt (over 6,5), men kun med 0,1-0,2 enheder, hvis reaktionstallet er lavt. En betydelig ændring i jordens reaktionstal tager således mange år.

Kalkning ved lave reaktionstal

Hvis der måles et lavt eller især kritisk lavt reaktionstal i forhold til jordtype og afgrødevalg, skal reaktionstallet hæves til det optimale niveau. Lave og især kritisk lave reaktionstal forekommer ofte ved ompløjning af vedvarende græs, under ryddede hegn og lignende og på arealer, der generelt har været i dårlig kultur. Specielt ved køb af jord, til forpagtninger mv. anbefales det at få udtaget jordprøver, for at undgå at blive overrasket af lave reaktionstal på markerne eller pletter i markerne.

Indtil reaktionstallet er hævet, skal man undgå at dyrke afgrøder, der er følsomme for lavt reaktionstal, og helt specielt bør man undgå at dyrke afgrøder, hvor dyrkningsomkostningerne er høje, så manglende udbytte

har store økonomiske konsekvenser. Ved reaktionstal under 5,5 - 6,0 bør man således foretrække havre frem for vårbyg, vinterrug frem for vinterbyg eller -hvede, græs frem for majs og så videre.

Ved meget lave reaktionstal skal der tilføres store mængder kalk for at få reaktionstallet op på det tilstræbte niveau. Se tabel 8.

Tabel 8. Nødvendig kalktilførsel for at hæve reaktionstal til tilstræbt niveau ved måling af lave reaktionstal. Det er forudsat, at det er afgrøder med middel krav til reaktionstal, og at indholdet af organisk stof i jorden er normalt.

Jordtype (JB)	JB 1-3	JB 4	JB 6	JB 7
Tilstræbt Rt	6,0-6,3	6,0-6,3	6,3-6,7	6,6-6,9
Målt Rt	Ton jordbrugskalk pr. ha, behov			
4,0	10,7	13,3	20,0	20,0
4,5	10,7	13,3	20,0	20,0
5,0	9,8	10,2	17,5	20,0
5,5	5,7	5,9	10,8	16,6
6,0	1,6	1,7	5,6	8,5
6,5	0,0	0,0	0,0	3,0

Ved tilførsel af kalkmængder på over 4-5 ton på sandjord og over 6-8 ton på lerjord og generelt ved reaktionstal under 5,0 bør kalk tildeles af flere gange. For at få det helt indarbejdet i jorden kan det på pløjede arealer anbefales at tilføre det "på hver side af plovfuren". Dvs. tilføre halvdelen af mængden, indarbejde kalken i jorden ved harvning, og gentage proceduren efter pløjning. Det giver bedst sikkerhed for, at kalken opblandes i pløjelaget. Hvor der ikke jordbearbejdes vil opblanding alene blive baseret på transport af kalk med over-skudsvand ned gennem jordprofilen.

Nedbringning af for høje reaktionstal

Ved høje reaktionstal specielt på sandjord kan der være store problemer med manganmangel og i nogen grad også bormangel. På sådanne arealer kan det være en fordel at nedbringe reaktionstallet. Under markforhold kan reaktionstallet nedbringes ved at anvende ammoniumholdige gødninger. Det kan være i form af svovlsur ammoniak, urea mv., hvor hele kvælstofmængden er på ammoniumform eller flydende kvælstofgødninger, hvor 75-90 procent er på ammoniumform. Her medregnes kvælstof på amidform, som omdannes hurtigt til ammonium i jorden, og på den måde virker forsurende.

Ved konsekvent at anvende rene ammoniumgødninger frem for traditionelle NS- eller NPK-gødninger, hvor kun 50 procent af kvælstof er på ammoniumform, vil reaktionstallet typisk over en femårig periode falde 0,1 enhed mere. Påvirkningen er således ikke ret stor, men kan alligevel betyde meget for mangantilgængeligheden i vækstperioden.

Tilførsel af rent svovl (elementært svovl) kan ligeledes reducere reaktionstallet. Det bruges i havebruget, hvis der f.eks. ønskes etableret surbundsbede.

Kalkning til forbedring af jordstrukturen

Udover at påvirke næringsstoffilgængeligheden har reaktionstal og kalk også indflydelse på jordens struktur. En højt reaktionstal medfører, at en stor andel af de ombyttelige positivt ladede ioner, der er bundet til de negative ladninger på overfladen af lerminerale og humus, er calcium. En høj calciumandel i forhold til en høj andel af natrium, kalium eller magnesium sikrer både, at jordpartiklerne flokkulerer (samles) til mere stabile aggregater, og at jordknolde knuses lettere til mikroaggregater. Det betyder, at det er lettere at skabe et

godt såbed, og at jorden ikke nedbrydes til meget små partikler (dispergerer), der kan tabes ved overfladeafstrømning eller nedvaskes gennem makroporer. Stabile jordaggregater sikrer også mod erosion. Derfor kan tilførsel af kalk også betragtes som et middel til at reducere fosfortabet.

Udover den direkte kemiske effekt på aggregaternes stabilitet medfører et højere reaktionstal også flere regnorme, der påvirker jordstrukturen positivt. Højt reaktionstal fremmer også flere bakterier på bekostning af svampe, og visse bakterier kan danne polysaccharider, der påvirker aggregatstabiliteten i positiv retning. Påvirkningen af jordstrukturen ved at hæve jordens reaktionstal er tilsyneladende ikke belyst særligt godt i praksis. Det er mest relevant at anvende i marker med et lavt indhold af organisk stof og et højt Dexterindeks. Har man marker eller måske især pletter i marken, hvor det er vanskeligt at etablere såbed, fordi jorden er for knoldet, kan man vælge at kalke ekstra her til et reaktionstal på over 7,0. Samtidig kan man forbedre strukturen ved at hæve indholdet af organisk stof.

I stedet for at bruge kalk til at forbedre jordstrukturen kan anvendes gips (calciumsulfat). Fordelen ved at anvende gips er, at det, ikke som kalk, hæver jordens reaktionstal med risiko for mangel på mangan, bor, fosfor mv. Desuden angives gips at have en bedre effekt på jordstrukturen end kalk. I Danmark har tilførsel af gips været anvendt til at afhjælpe problemer med jordstruktur efter oversvømmelse med havvand. Tilførsel af gips sikrer, at natrium bliver ombyttet med calcium på jordkolloiderne og udvaskes. I Finland, Sverige og USA bruges tilførsel af gips til at reducere jorderosion og anvendes som et virkemiddel mod fosfortab. Gips tilføres i en mængde på f.eks. 2 ton pr. ha.

6.2 Hvordan opnås optimale niveauer af næringsstoffer i jord

Udnyttelse af jordens udbyttepotentiale kræver, at afgrøden er tilstrækkeligt forsynet med alle essentielle næringsstoffer. Forsyningen kan ske med tilførte næringsstoffer i det enkelte år og/eller fra jorden. I drivhuse i hydrokulturer baserer man sig alene på ernæring med tilførte næringsstoffer. Men under markforhold skal der være et minimum af tilgængelige næringsstoffer i jorden for at få fuldt udbytte. Det er nødvendigt for at sikre en god rodudvikling, så en god udnyttelse af vand opnås.

Det gælder specielt meget immobile næringsstoffer som fosfor, kobber, zink og delvist magnesium og calcium. Forsyning med meget mobile næringsstoffer som kvælstof og svovl kan i princippet baseres på overvejende tilførte næringsstoffer i det enkelte år. Men i praksis kommer en betydelig del af forsyningen også med kvælstof og svovl fra jordpuljen.

Det bør sikres, at næringsstoffindholdet i jorden ligger på det optimale niveau. I det enkelte år bør gødskes, så dette niveau opretholdes. Det sker ved en tilførsel af de enkelte næringsstoffer, der er i rimelig overensstemmelse med optagelsen af næringsstoffet i afgrøden. Dvs. tilførslen af kvælstof, fosfor, kalium, magnesium og svovl afbalanceres efter det.

Ud fra et stort antal forsøg med næringsstoffer er opstillet en vejledning for optimalt indhold af de enkelte næringsstoffer i jord. Generelt skal tabel 9 læses sådan, at hvis indholdet er "Middel", kan der høstes fuldt udbytte, hvis gødskningen i det enkelte år tilpasses dette niveau. Hvis indholdet er "Lavt", skal indholdet gradvist forøges ved at tilføre en typisk 20-25 procent større næringsstoffmængde end bortførslen. Hvis indholdet i jorden er "Meget lavt" bør indholdet forøges hurtigt evt. ved en éngangstilførsel. Næringsstofferne er dog forskellige i den henseende.

Tabel 9. Tolkning af jordanalyser.

Analyse	Be-tegn.	JB nr.	Klasse					En-hed	1 enhed svarer til (kg/ha)
			Me-get lavt	Lavt	Middel	Højt	Meget højt		
Fosfortal	Pt		< 1,0	1,0 - 2,0	2,1 - 4,0	4,1 - 6,0	> 6,0	10	25
Kaliumtal	Kt	< 4	< 3,0	3,0 - 5,0	5,1 - 8,0	8,1 - 12,0	> 12,0	10	25
Kaliumtal	Kt	> = 4	< 4,0	4,0 - 7,0	7,1 - 10,0	10,1 - 15,0	> 15,0	10	25
Magnesiumtal	Mgt		< 2,0	2,0 - 4,0	4,1 - 8,0	8,1 - 12,0	> 12,0	10	25
Kobbertal	Cut		< 0,8	0,8 - 2,0	2,1 - 5,0	5,1 - 8,0	> 8,0	1	2,5
Bortal	Bt		< 1,5	1,5 - 3,0	3,1 - 5,0	5,1 - 8,0	> 8,0	0,1	0,25
Natriumtal	Nat	> 4	< 2,5	2,5 - 5,0	5,1 - 10,0	10,1 - 15,0	> 15,0	10	25
Zinktal	Znt		< 1,0		1,0 - 3,0		> 3,0	1	2,5
Molybdæntal	Mot		< 2,0		2,0 - 3,0		> 3,0	0,1	0,25
Mangantal	Mnt							1	2,5

* 1 ppm svarer til 1 mg pr. kg jord. Det svarer til ca. 2,5 kg pr. ha i pløjelaget.

Tilførsel af husdyrgødning

Husdyrgødning er den største gødningskilde i Danmark og indeholder alle essentielle makro- og mikronæringsstoffer og kan dermed anvendes til at opgødske en udpint jord. I tabel 10 ses typiske indhold af kvælstof, fosfor og kalium i forskellige husdyrgødningstyper.

Tabel 10. Indhold af næringsstoffer i typiske husdyrgødninger (gennemsnit af analyser af gødning til landsforsøg)

Gødningstype	Pct.	kg pr. t					
	Tørstof	Total kvælstof	Ammonium kvælstof	Fosfor	Kalium	Svovl	Magnesium
		Total-N	NH ₄ -N	P	K	S	Mg
Kvæggylle	8	5	3	0,7	3	0,5	0,7
Svinegylle	5	5	4	1,2	2	0,3	0,4
Fast gødning	20	6	2	2,0	3		
Dybstrøelse	30	10	2	1,5	10		

I det følgende gennemgås betydningen af enkelte næringsstoffer.

Fosfor

Det er vigtigt at vurdere jordens indhold af tilgængelig fosfor, når jordens frugtbarhed og dyrkningspotentiale skal vurderes. Det skyldes, at det er forbundet med store omkostninger at hæve jordens fosforindhold, hvis det er for lavt i forhold til afgrødernes behov. Samtidig viser markens fosforindhold, om tilførsel af gødning over en lang årrække har været i balance med bortførslen af næringsstoffer fra marken.

Fosfor er et næringsstof, som både kan optræde i for høje og for lave mængder i jorden. Jordens tilgængelige fosformængde, her målt som fosfortallet (Olsen-P), er en konsekvens af forholdet mellem tilført og bortført mængde fosfor over en lang årrække, fordi tabet af fosfor fra rodzonen er kvantitativt lavt (typisk 100-500 gram pr. ha pr. år). Fosfor i jorden er meget immobilt. Det betyder, at alt fosfor skal optages inden for få mm fra roden. Derfor betyder rodudviklingen i sig selv også meget for afgrødens fosforforsyning. Afgrøden optager typisk kun 10-15 procent af det tilførte fosfor. Det betyder, at den tilgængelige mængde fosfor i jorden skal være på et vist niveau for at sikre fuldt udbytte. Man kan ikke basere sig alene på fosfor tilført fra gødning samme år. Generelt skal man tilstræbe et fosfortal på over 2,0. På sandjord med dårlig rodudvikling skal man tilstræbe et fosfortal på minimum 3,0, mens man på en velstruktureret lerjord godt kan høste fuldt udbytte ved fosfortal under 2,0. Generelt stiller forårssåede afgrøder lidt højere krav til fosfortallet end efterårssåede afgrøder. Rækkeafgrøder som kartofler, roer og majs stiller lidt højere krav end bredsåede afgrøder.

Ved tilstrækkeligt høje fosfortal kan man vælge at tildele fosfor for flere år ad gangen. Men normalt anbefales en tilførsel hvert år ca. svarende til bortførslen af fosfor.

Ved meget lave fosfortal skal fosfortallene hæves. Selvom 1 enhed i fosfortallet svarer til 25 kg fosfor pr. ha, skal der langt mere end 25 kg fosfor til at hæve tallet 1 enhed. Mængden afhænger af jordtypen, men typisk er der tale om 150-200 kg fosfor pr. ha.

Hvis fosfortallet er i niveauet 1,0, som kun forekommer på meget udpinte jorder, kan en engangstilførsel af fosfor komme på tale. Men normalt vil man foretage opgødsningen til det ønskede niveau over flere år, f.eks. ved at tilføre dobbelt så meget fosfor, som afgrøden bortfører. Ved et fosfortal på 1,0 kan man tilføre 75 kg fosfor pr. ha i første år og supplere med 40 kg P pr. år i de kommende 5 år. Hvis der fjernes 20 kg fosfor med afgrøden om året, vil fosfortallet sandsynligvis ende i niveauet 2,0. Ved engangstilførsler af fosfor vil man typisk vælge billige fosforkilder som affaldsprodukter eller fiberfraktion af husdyrgødning. Tilførslen af fosfor og fosforholdige produkter skal ligge indenfor det tilladte i forhold til lovgivningen.

Tilgængeligheden af fosfor i gødninger og affaldsprodukter varierer meget. I markedsførte handelsgødninger er tilgængeligheden af fosfor højt, mens det er lavere i råfosfat. Tilgængeligheden af fosfor kan måles i form af andelen af vandopløseligt fosfor (meget tilgængeligt) eller citratopløseligt fosfor. Nye undersøgelser viser, at tilgængeligheden af fosfor i affaldsprodukter bedst måles ved opløselighed i natriumbikarbonat (samme ekstraktionsmetode, som anvendes ved ekstraktion af fosfor i jord ved Olsen-P-metoden). Kommunalt spildevandsslam har en førsteårs virkning af fosfor på 40-80 procent af virkningen i handelsgødning, men effekten kan være stærkt varierende. Ved lave fosfortal skal tilførsel af tungt opløselige fosforkilder evt. suppleres med tilførsel af letopløselige fosforprodukter som f.eks. handelsgødning, husdyrgødning eller som struvit. Til at hæve fosforindholdet i jorden med husdyrgødning skal man bruge fosforholdige husdyrgødninger som fjerkrægødning eller fiberfraktion efter separering af husdyrgødning for ikke at tilføre for meget kvælstof.

Kalium og magnesium

Indholdet af tilgængeligt kalium (Kt) skal vurderes ud fra jordtypen. På grovsandet jord vil kaliumtallet om foråret altid være lavt på grund af udvaskning af kalium i vinterperioden. Her skal afgrødens kaliumtilførsel sikres ved tilførsel af tilstrækkelige kaliummængder til at dække afgrødens behov om foråret.

På lerjord er tabet af kalium ved udvaskning mindre, og her frigives løbende noget af det bundne kalium. Derfor er det sjældent på svære lerjorde at se meget lave kaliumtal.

For kalium er der sjældent behov for engangstilførsler for at hæve kaliumniveauet. Ved lave kaliumtal hæves tilførslen af kalium i det enkelte år, således at der tilføres mere kalium end behovet, og kaliumtallet i jord vil derfor stige.

Ved meget høje kaliumtal specielt ved lave reaktionstal kan det have en negativ indflydelse på jordstrukturen. Det forøger tillige risikoen for magnesiummangel på grund af antagonisme mellem kalium og magnesium. Høje kaliumtal reduceres mest effektivt ved dyrkning af slætgræs uden tilførsel af kalium. Slætgræs kan fjerne mere end 300 kg kalium pr. ha og kan i løbet af bare én vækstsæson reducere kaliumtallet betydeligt. Magnesium forholder sig meget lignende kalium. Ved lave magnesiumtal (under 3,0) vil det ofte være mest hensigtsmæssigt at hæve indholdet ved at tilføre dolomitkalk.

Kobber og mikronæringsstoffer

Af mikronæringsstoffer er det kun kobber, der forekommer i en så lav mængde i jorden, at det kan være udbyttebegrænsende. Det vil forekomme, hvis kobbertallet er under 1,0. Her kan kobbertallet hæves ved tilførsel af 10-20 kg blåsten. Manganindholdet i jord er generelt højt, men det er tilgængeligheden af mangan i jorden, som bestemmer behovet for tilførsel af mangan. Det samme er tilfældet for bor. Indholdet af zink og molybdæn er generelt højt nok til at sikre afgrødernes næringsstofforsyning.

SEGES skaber løsninger til fremtidens landbrugs- og fødevarerhverv. Vi udvikler forretningsmuligheder i tæt samarbejde med vores kunder, forskningsinstitutioner og virksomheder over hele verden. SEGES er en del af Landbrug & Fødevarer F.m.b.A.

SEGES
Landbrug & Fødevarer F.m.b.A.
Agro Food Park 15
DK 8200 Aarhus N

+45 8740 5000
info@seges.dk
seges.dk

