Grunderna i regenerativt jordbruk

I enlighet med Sitras finansieringsavtal publiceras i detta dokument för öppen användning det råmaterial och annat skriftligt innehåll som BSAG har producerat med Sitras finansiering inom ramen för Onlinekursen i regenerativt jordbruk. Materialen publiceras, med begränsningarna nedan, enligt villkoren i Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Det material som ska publiceras inom ramen för projektet som Sitra har finansierat innehåller inte tredje parts immaterialrättigheter. Därför omfattar inte licensen ovan fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Not för användaren: Innehållet i detta dokument motsvarar onlinekursens innehåll i augusti 2021 och det uppdateras inte. Onlinekursens innehåll uppdateras regelbundet an efter som ny information eller behov att korrigera uppkommer. Det uppdaterade innehållet finns här: https://reaktoreducation.com/fi/courses/fi-regen-farming/overview/

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Innehåll

Kapitel 1 Regenerativt jordbruk 4
I. Jordbrukarens betydelsefulla arbete idag och i framtiden 4
II. Regenerativa gårdar handlar helhetsmässigt 14
Kapitel 2 Marken 23
I. Den livsviktiga marken 23
II. Markens egenskaper 28
III. Jordhälsa 51
Kapitel 3 Mångfald 56
I. Biodiversiteten bildar ett nätverk med flera dimensioner 56
II. Mångfalden kan förbättras med små steg 61
Kapitel 4 Kolet, vattnet, klimatet 74
I. Kolet 74
II. Vattnet 83
III. Klimatet 92
Kapitel 5 Sätt åkern i skick 101
I. Att identifiera problemen 101
II. Balanserad växtnäring 118
III. Förbättring av vattenhushållningen 126
IV. Förhindrande av markpackning 136
Kapitel 6 Maximera fotosyntesen, mikroberna och skyddet 153
I. Jordförbättring och kolbindning med hjälp av växtföljden 153
II. Fånggrödor, bottengrödor och växter med djupa rötter samt kvävefixering 169
III. Allelopati – växternas kemiska växelverkan 179
Kapitel 7 Markförbättring med hjälp av yttre insatser 187
I. Stallgödsel från husdjursproduktionen 187
II. Organiska jordförbättringsmedel 192
Kapitel 8 Minimera störningen 197
I. Minimera markbearbetningen 197
II. Växtskydd 210
Kapitel 9 Fördjupa dig i de valfria ämnena 226
I. Skogsjordbruk 226
II. Ökning av den biologiska mångfalden 239

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

III. Produktionsvallar 249
IV. Regenerativ odling av grönsaker, rotfrukter och bär 267
V. Regenerativt jordbruk på torvåkrar 276
VI. Uppgifter 282
Kapitel 10 Beakta ekonomin 284
I. Strategisk ledning av gården 284
II. Ekonomisk styrning 289
III. Kolmarknader 308
Kapitel 11 Mät och observera 317
I. Mät 317
II. Observera 331
Källorna som använts för kursen 347

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Kapitel 1 Regenerativt jordbruk

Det regenerativa jordbrukets kärna är en mark i gott skick som producerar en så stor och säker skörd som möjligt med så små insatser som möjligt. En välmående mark gynnar odlaren, miljön och hela samhället på flera olika sätt.

I. Jordbrukarens betydelsefulla arbete idag och i framtiden

En mark i gott skick är det regenerativa jordbrukets kärna. Ser man till att marken mår bra, kan man med mindre insatser få större och säkrare skördar av utmärkt kvalitet. Följaktligen blir marken också kolinlagrande. En välmående mark gynnar odlaren, miljön och hela samhället på flera olika sätt. Flera odlare har redan börjat implementera regenerativa jordbruksmetoder på sina åkrar, så som minimering av jordbearbetning och ett äkta växttäcke.

Odlarna är säkert intresserade att komma igång med det samma och ta reda på vilka olika åtgärder som förbättrar de egna åkrarnas bördighet. Vi inleder trots allt med att presentera grunderna för regenerativt jordbruk. I det här kapitlet söker vi svar bland annat på frågor kring varför jordbruket borde vara regenerativt och vilka metoder som ingår i det.

Framför allt innebär regenerativt jordbruk en möjlighet att producera mat lönsamt, och samtidigt säkra framtida produktionsinsatser (1.

Betydelsen av livsmedelsproduktionen för vårt samhälle är enorm; alla behöver mat att äta, också i morgon. Bland annat på grund av vår livsmedelssäkerhet och spårbarheten av matens ursprung, är det viktigt att vi har tillgång till inhemsk mat också i fortsättningen.

Jordbruket har redan i en längre tid tampats med en svag lönsamhet, men lyckligtvis är det fullt möjligt att ändra på denna riktning. Jordbruksproduktionen har potential att agera som föregångare på många olika sätt. Ett bra sätt att förbättra lönsamheten är att införa eller öka

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

användningen av regenerativa jordbruksmetoder på gårdarna.

Bild 1. Jordbrukaren Riitta Lehtinen har funderat på hur hon kunde utnyttja metoder inom regenerativt jordbruk. Bild: Marjo Aspegren

Vid regenerativ odling försöker man hitta metoder som producerar högre skördar till lägre kostnader, eller åtminstone till samma pris som tidigare. Det är viktigt, eftersom dessa metoder inte bara är bra för att de bland annat förbättrar markstrukturen, men eftersom de också ska leda till en ekonomiskt lönsam verksamhet. Man måste kunna livnära sig på det.

– Jordbrukaren Riitta Lehtinen, Mieko-Liski gård, Tammela.

Grunden för allt jordbruk, samt odlarens viktigaste tillgång, är en åker i gott skick. Regenerativa odlingsmetoder utnyttjar naturens egna processer och bygger på naturens kretslopp. Det handlar alltså inte om ett projekt med ett bestämt slut, utan en process som ständigt förnyar sig själv. I denna process förbättras åkerns bördighet, och med tiden stärks också dess förmåga att anpassa sig till förändrade väderförhållanden. Åkern kan också odlas på ett sätt som försämrar dess bördighet med tiden. Således drabbas också åkermarkens resiliens, dvs. förmågan att motstå och återhämta sig från förändringar.

Resiliens är en viktig del av en regenerativ framtid. Det syftar på ett visst ekosystems, till exempel en åkers, förmåga att tåla olika störningar och därefter återhämta sig. Ett resilient ekosystem stärks och till och med förbättras som en följd av olika störningar. Åkern, odlaren och hela samhället behöver resiliens.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

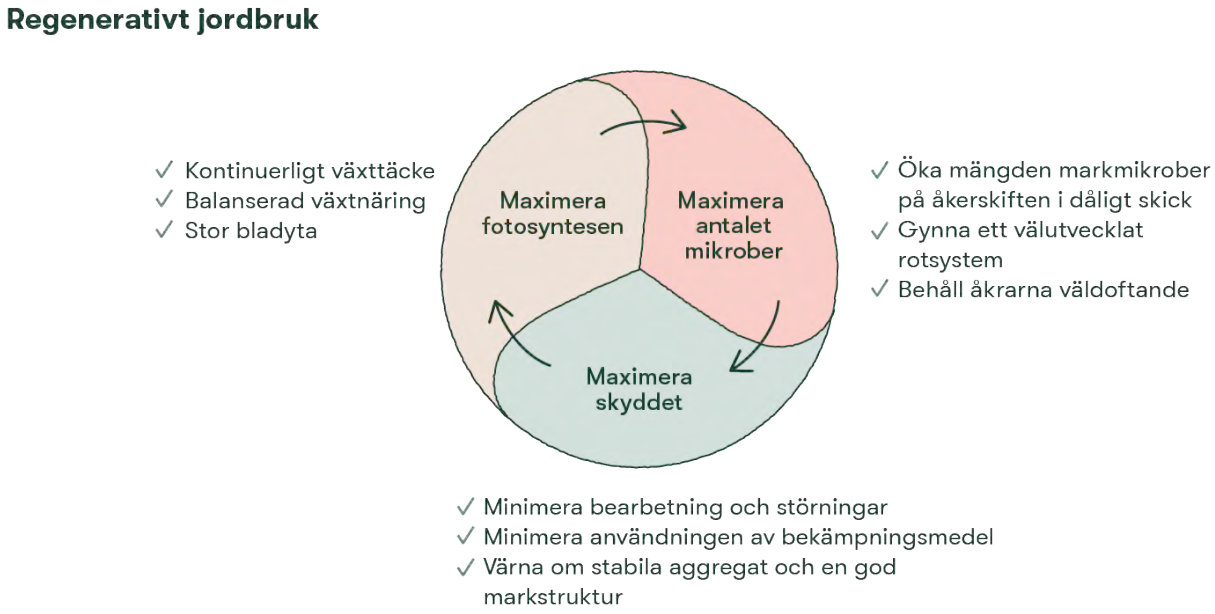


Bild 2. Regenerativt jordbruk är i all enkelhet ett smart sätt att odla, eftersom det bara har tre grundläggande principer. Följer man principerna kommer markens bördighet, odlingssäkerheten och miljön påverkas positivt: Maximera fotosyntesen, maximera antalet mikrober och maximera skyddet. Bild: Tuomas Mattila.

Uppgift 1.1 Är du redan bekant med termen regenerativ?

Regenerativ innebär processer i ständig förnyelse

Ja/Nej

Regenerativ innebär en förbättring som görs på en gång

Ja/Nej

Uppgift 1.2 Är du bekant med termen Regenerativt jordbruk?

Är det ett sätt att utöva livsmedelsproduktion som stärker hela jordbruksekosystemet?

Ja/Nej

Är regenerativt jordbruk ett certifierat sätt att odla?

Ja/Nej

Regenerativa jordbruksmetoder kräver modernisering av maskinerna på gården.

Ja/Nej

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Termen *regenerativ* betyder förnyande. Förnyelse innebär utveckling, vilket i sin tur innebär förändring. Att leva i en värld där saker ständigt förändras kan kännas jobbigt ibland. Ibland kan tanken om att allt var bättre förr också dyka upp. Tanken i sig är inte helt fel heller, men sanningen är att förändring är något som pågår hela tiden, och så har det alltid varit.

Förändring kan orsaka rädsla för det okända, men det kan också betraktas som en möjlighet till att förnyas och utvecklas. Framtidens livsmedelsproduktion kombinerar kunskaper som tidigare visat sig vara fungerande med nya insikter.

Bild 3. Mathias Weckström är odlare på Pargas gård i Raseborg. Gården har dikor och den producerar också vallar och bl.a. spannmål. Bild: Anne Nordling.

Se Mathias video: Kolbindning och matproduktion samtidigt 01:37

Regenerativt jordbruk är också hållbart

Under en längre tid har man strävat efter att odla åkrarna *hållbart*, alltså på ett sätt som inte försämrar jordhälsan. I praktiken betyder det att man inte försämrar markens förmåga att producera skördar, bevarar mullhalten och ser till att vattenhushållningen och markstrukturen är i gott skick. Trots de goda avsikterna försämras jordhälsan i åkrarna med tiden.

Skillnaden mellan regenerativt och hållbart jordbruk är, att man förutom att bevara det som finns, också rättar till möjliga brister och skapar nytt. Regenerativt jordbruk innebär metoder som ger nytt liv åt *ekosystemet*, och det baserar sig på god jordhälsa (2

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Regenerativt jordbruk skapar de bästa möjliga förhållandena för den kommande växtsäsongen, samt förbättrar jordhälsan och skördarna.

Bild 4. Under de senaste åren har växtsäsongerna varit utmanande på olika sätt runt om i hela landet. Men med rätt metoder kommer åtminstone en del av skörden alltid att lyckas. Bild: Sanna Söderlund.

Uppgift 1.3

Hur har jordbruket förändrats under din livstid? Hurdana förändringar har du märkt av under de senaste växtsäsongerna?

Kolinlagrande jordbruk är en del av regenerativt jordbruk

Många kan tolka det som om kolinlagrande jordbruk och regenerativt jordbruk innebär samma saker. *Kolinlagrande jordbruk* är en del av regenerativt jordbruk, vars mål alltid också är att lagra in kol i marken.

Termen kolinlagrande jordbruk används för att betona odlingsmetodernas kolinlagrande funktion.

De finska åkrarna är förhållandevis unga, vilket betyder att kollagren i dem i princip är stora. Behovet för att bevara kolet i marken är större i Finland, än till exempel i Sydeuropa, där kolhalten

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

i åkerjorden är låg. Det här beror på att kolet i åkerjorden där har försvunnit till följd av en långvarig och intensiv odling samt erosion. (3

Kol kan dock lagras i marken, men att öka kollagren i åkermarken betydligt är en tidskrävande process. Jordarterna är också olika sinsemellan i frågan om hur mycket kol de kan lagra in, eller om behovet främst är att bevara det kol som den redan innehåller.

På ett år går det inte att se stora förändringar i storleken på kollagret. Med hjälp av årtionden av mätningar och beräkningar vet man olika kolinlagrande åtgärders storleksklass, men det är fortfarande inte möjligt att exakt säga vilka metoder som leder till hur mycket kolinlagring i marken, eller hur länge det lagrade kolet stannar i marken. Det finns ett stort behov för snabbt framskridande forskning i åkerjordens kolinlagring.

Som tur vet vi redan en hel del om kolinlagrande jordbruk. Det man med säkerhet kan säga är att vissa odlingsåtgärder ökar kolflödet till marken (4. Dessa åtgärder leder till positiva effekter för markens bördighet och kolinlagringen i marken.

Exempel: Om markens skrymdensitet är 1,3 kg/l, väger ett 20 cm tjockt matjordsskikt på en hektar åker 2600 ton och har 2,3 % kol, dvs 59,8 t C/ha. Om 1 % av detta bryts ned årligen motsvarar det 598 kg C/ha. Om kolflödet är lägre än detta minskar mullhalten gradvis tills nedbrytningen motsvarar kolflödet (4

Det är viktigt att inse, att även om alla växter binder kol medan de växer, så ökar inte den bestående mängden kol i marken vid odling av vilka växtarter som helst. Med skörden bortförd kol stannar inte i marken och ökar därmed inte kollagret.

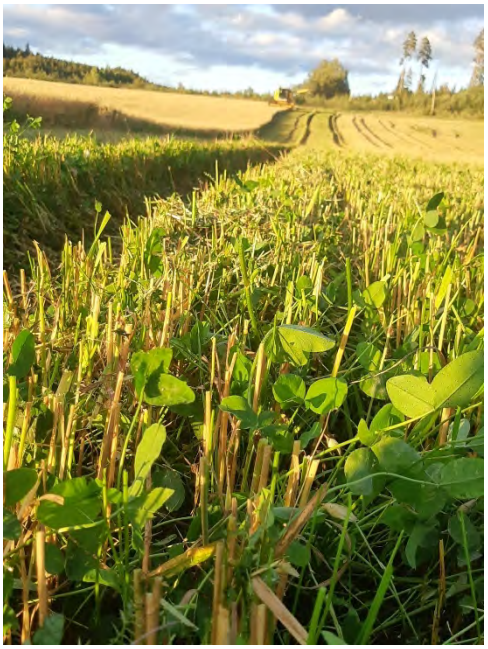
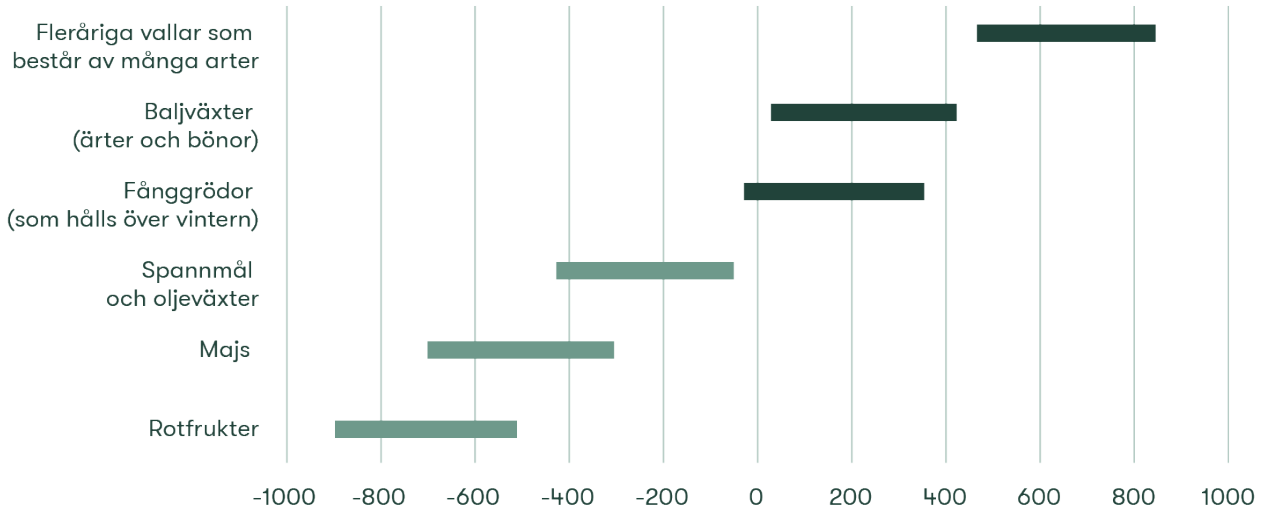


Bild 5. Fånggrödor skyddar marken och står för att assimileringen på åkern fortsätter efter skördandet av odlingsgrödan. Bild: Eliisa Malin

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Olika odlingsväxters kolbalans (kg/ha under ett år)



Källa: https://llg.sachsen-anhalt.de/fileadmin/Bibliothek/Politik_und_Verwaltung/MLU/LLFG/Dokumente/04_themen/agraroekologie/2017_humusversorgung-_web-st_.pdf

Bild 6. Siffrorna kommer från långvariga fältstudier i Tyskland och hänvisar till det organiska material som lagras i marken länge (5. Siffrorna beskriver variationsbredden av kolbalansen vid odling av olika grödor. Kolbalansen påverkas av dels kolflödet från växtligheten till marken, dels nedbrytningen.

Kolinlagrande jordbruk betyder inte att man på en gång borde förändra de egna odlingsmetoderna fullständigt och inskaffa nya, dyra maskiner. Marken bearbetas och sås fortfarande, fast på ett lite annorlunda sätt än förr. Som i all odling, är målet också inom kolinlagrande jordbruk att uppnå så stora skördar och växtmassor som möjligt.

Kolinlagrande jordbruk utnyttjar naturens egna processer på bästa möjliga sätt. Det är också viktigt att åtgärderna övervägs enskilt inför varje situation och för varje skifte eller del av skifte. Så här tjänar odlingen markens välmående på bästa möjliga sätt och möjliggör samtidigt en god skörd. Kolinlagrande jordbruk förbättrar mullhalten, sköter om den mikrobiella mångfalden i marken och binder kolet och matjorden i åkern.

De planetära gränserna överskrids

Det som sker i ens närmaste omgivning är det viktigaste för var och en, men det är också nyttigt att se på saker i ett större perspektiv. Forskare som studerar biosfärens hållbarhetsfenomen vid Stockholm Resilience Center i Sverige, har definierat nio viktiga faktorer som sätter gränser för hur mycket vår planet tål. Dessa kallas för planetära gränser (6.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

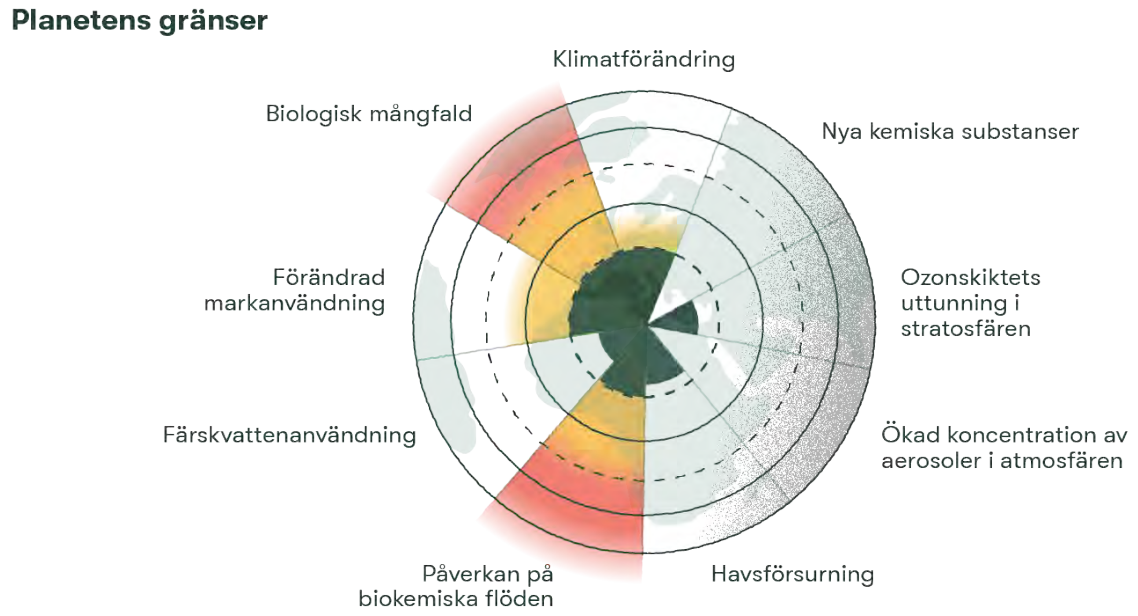


Bild 7. De planetära gränserna omfattar nio olika delområden.

Att definiera de planetära gränserna entydigt är inte lätt på grund av deras inbördes förhållanden. Eftersom vi inte vet hurdan helhetsmässig påverkan klimatförändringen, förlusten av mångfald och försvinnandet av enskilda arter har på vår planet, är det motiverat att försöka stanna kvar på en nivå som inte överskrider de planetära gränserna. För vissa faktorer har gränserna redan överskridits, men korrigerande åtgärder är fortfarande möjliga. (6

Globalt sett står vårt livsmedelssystem inför ett brett spektrum av ekologiska, ekonomiska och sociokulturella *hållbarhetsutmaningar*. De allvarligaste exemplen på ekologiska hållbarhetsutmaningar är klimatförändringen, förlusten av biologisk mångfald och stora förändringar i kväve- och fosforkretslopp.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Ett slutet näringskretslopp

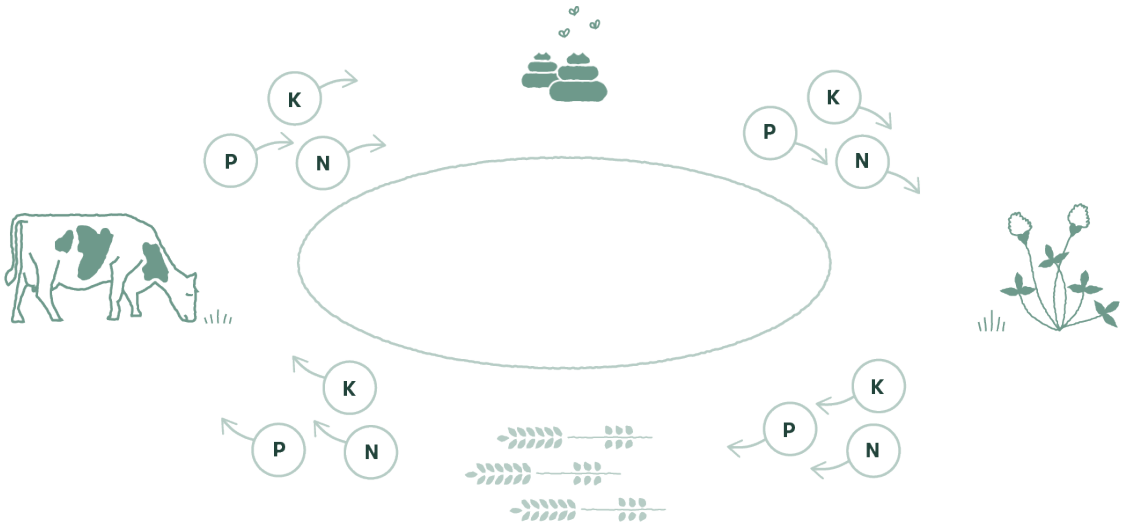


Bild 8. Den sociokulturella hållbarheten och livsmedelsproduktionens transparens kan förbättras till exempel genom att gynna lokala aktörer inom regenerativt jordbruk. Samtidigt stärks den lokala ekonomin och slutna näringscykler. Bilden visar en sluten näringscykel. Bild enligt källa 7.

Ekonomiska och sociokulturella hållbarhetsutmaningar inbegriper låg lönsamhet inom jordbruket, bristande livsmedelssäkerhet, oetisk och ensidig livsmedelsproduktion, ökad efterfrågan på livsmedel i och med befolkningstillväxten och frågor relaterade till människors näring.

Regenerativt jordbruk erbjuder lösningar på hållbarhetsutmaningarna genom att hejda klimatförändringen och hjälpa till att anpassa sig till den. Detta baseras på det faktum att regenerativa odlingsmetoder binder kol i marken. Kolet i sin tur förbättrar markstrukturen och åkerns produktivitet.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Bild 9. Ett exempel på stödandet av lokala producenter och konsumtion av högklassig mat. Pekkola gårdsbutik serverade glass gjord på fårmjölk sommaren 2020. Bild: Marjo Aspegren.

Ibland stöter man på frågan om vad vi här i Finland kan göra för hela jordklotet, eftersom vi är ett litet land. Svaret är att vi kan göra massor. Finska forskare och andra sakkunniga inom jordbruk, såsom jordbrukare, är ofta exceptionellt högutbildade. Således kan vi producera forskningsdata av hög kvalitet och fungera som ett exempel för andra länder.

Vi lever av världens nordligaste jordbruksmark, vilket gör oss till en skicklig, uthållig och samarbetskunnig grupp. Vi kan också påverka vår egen livsmedelssäkerhet och våra medborgares, vår närmiljös och våra produktionsdjurs välmående.

Regenerativt jordbruk tryggar framtiden

Coronapandemin, som bröt ut våren 2020, väckte en bred diskussion om den finska livsmedelssäkerheten och livsmedelssystemets resiliens. Hur ska vi klara oss i en värld, där ett tidigare okänt virus plötsligt för hela mänskligheten i undantagstillstånd? Lyckligtvis är vi i Finland kapabla att förbereda oss väl på undantagstillstånd.

Regenerativt jordbruk bjuder på mångsidiga möjligheter att förbättra vårt livsmedelssystem, eftersom det främjar säkerheten på olika sätt. Förutom att det stärker åkermarkernas förmåga att producera skördar i extrema väderförhållanden, förbättrar det också odlarnas självförsörjning genom att minska på mängden nödvändiga bränsle- och gödselutgifter.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Bild 10. På gården Setälä-Eerola har man börjat implementera regenerativt jordbruk i stor skala. Jordbrukaren Jari Eerola anser att lönsamheten är en viktig drivkraft när man tar i bruk regenerativa odlingsmetoder. Bild: Sanna Söderlund

Regenerativt jordbruk, där åkerodling och djurhållning lever i symbios och där organiska näringsämnen återvinns som gödsel, är i högsta grad mångnyttigt. Åkrarnas goda bördighet ger en buffert samtidigt som den upprätthåller förmågan att producera skördar. Detta betyder att man har behov för betydligt färre kemiska insatser, vilket främjar hela livsmedelskedjans funktionsförmåga vid olika krislägen.

- Jordbrukaren Jari Eerola, Setälä-Eerola gård, Tavastehus

Uppgift 1.4

Vad svarar du på frågan om vad Finland som ett litet land kan göra?

II. Regenerativa gårdar handlar helhetsmässigt

Alla typer av gårdar kan vara regenerativa, oavsett storlek, plats eller produktionsriktning. En gård som odlar enligt de regenerativa jordbrukets metoder kan inte klassificeras enligt ett visst produktionssätt. För att beskriva verksamheten kan man säga att den präglas av ett

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

helhetsmässigt tankesätt eller ett *holistiskt* perspektiv. Regenerativa jordbruksmetoder kan implementeras både i konventionell och ekologisk odling.

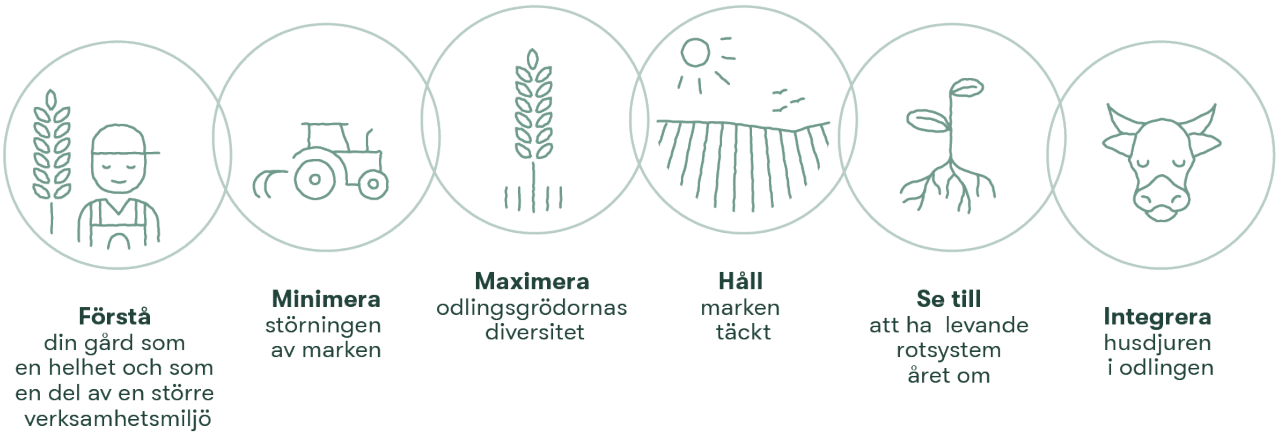


Bild 11. Det viktiga är att odlaren strävar efter att förstå jordbruksarbetet som en helhet och väljer passande åtgärder enligt varje situation. Förutom att man måste fundera på vad man gör, måste man också tänka på varför och hur man gör. Bild enligt källa 8.

Bild 12. Jordbrukare Nina Långstedt strävar efter att ha ett holistiskt perspektiv på jordbruket. Bild: Anne Nordling

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Jag gick verkligen ”all in” för regenerativa metoderna för tre år sen. Jag blev jätteinspirerad av en kurs som jag gick på med en tysk lärare. Han är nu min rådgivare i dom här frågorna. Vi behöver lära oss att se på den stora helheten och tänka mera på holistiska metoder. – Jordbrukare Nina Långstedt, Krämars gård, Ingå.

Vi behöver lära oss att se på den stora helheten och tänka mera på holistiska metoder.

Även små åtgärder kan leda till betydande resultat. Till exempel kan genomtänkta val av grödor, optimering av jordbearbetningen och välplanerade förbättringsåtgärder på åkrarna ha en stor inverkan på markens bördighet och skördenivån.

Att förbättra markens bördighet är ett långsiktigt arbete. Å andra sidan kan en god markstruktur förstöras på ett ögonblick med felaktiga åtgärder och dålig timing. Kör man på en våt åker med tunga maskiner kan man få till stånd skador som inte repareras av sig själv. När marken packas kan växtrötterna inte växa optimalt. Därtill försämras markorganismernas levnadsförhållanden, luftvolymen blir otillräcklig och vattnet kan inte lagras. Markpackning leder snabbt till problem som tar en lång tid att lösa.

På regenerativa gårdar utnyttjar man naturens egna ekosystemtjänster effektivt. De viktigaste av dessa är fotosyntesen och kolbindningen, vattnets och näringsämnenas kretslopp och pollineringstjänsterna.

Pollineringstjänsterna är av stor betydelse, eftersom tre fjärdedelar av alla växtarter som odlas i världen är beroende av insektspollinering eller drar nytta av det. Bland finska grödor är till exempel bovete helt beroende av insektspollinering. Pollinering gynnar i hög grad också bondbönor, rybs, raps, kummin, klöver, jordgubbe, äpple, hallon, vinbär och buskblåbär. De viktigaste vilda pollinatörerna är bin och humlor, vars ekonomiska värde globalt sett är i samma storleksklass som honungsbinas. (9

Vilka är metoderna inom regenerativt jordbruk, och hur kan man komma igång?

Det är viktigt att odlaren känner sina åkrar väl. Man brukar börja med regenerativt jordbruk genom att bekanta sig med varje skifte enskilt. På det sättet kan man bilda en uppfattning om möjliga markpackningar och andra faktorer som försämrar markstrukturen. Spaden är ett behändigt hjälpmedel, och det lönar sig att alltid ha den med sig i traktorn eller bilen.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Bild 13. Jordbrukarna Piia och Petri Jokela säger att det är väldigt beroendeframkallande att iaktta åkermarken. För tretton år sedan hade Piia inte trott att hon skulle köra omkring med en spade i bakluckan för att få se om det finns mask i jorden. Bild: Sanna Söderlund.

Läs mer om Jokela gård

Det är ganska enkelt att värdera markstrukturen i samband med jordbruksarbetet. Det räcker med att gräva en grop och analysera det som gömmer sig i marken. Frisk åkerjord doftar gott och är rik på organiskt material. Man kan också observera markstrukturen genom att ta upp en jordkoka i handen, fälla den och se på vilket sätt den går sönder. Välmående åkerjord består av runda gryn, som lätt faller isär. Markens infiltreringsförmåga kan i sin tur testas genom att mäta hur snabbt vatten absorberas.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Bild 14. Välmående åkerjord är luftigt och består av runda gryn. Bild: Sanna Söderlund

Mot regenerativt jordbruk

När du bekantat dig med tillståndet i dina egna åkrar kan du börja prova eller öka på regenerativa odlingsmetoder. Åtgärderna måste vara väl planerade och ske vid rätt tidpunkt, eftersom alla metoder inte kan tas i bruk på alla skiften.

Förbättringen av jordhälsan börjar med grunderna. Först måste man försäkra sig om att åkerskiftets dränering fungerar. Ifall nack- eller täckdikena inte fungerar, måste man åtgärda problemen. Annars går de pengar som investeras på att finjustera jordhälsan förlorade.

Först efter att dräneringen är i skick kan man börja förbättra markstrukturen. Markpackningar kan åtgärdas till exempel genom *biologisk-mekanisk djupluckring*, alltså genom att kombinera alvluckring med odling av växter med djupgående rotsystem. Maskinernas däck bör också kontrolleras och maskintrafiken minimeras.

En mångsidig växtföljd och *ett äkta växttäcke* förser markorganismerna med både näring och skydd. De tillför marken organiskt material och fortsätter att assimilera långt efter att huvudgrödan mognat. Fånggrödor binder matjorden, minskar på erosionen och tar upp överflödiga näringsämnen.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Vallar kan i sin tur användas som gröngödsel, foder eller för bete. Hållbar skötsel av betesmarkerna bidrar till en effektiv kolinlagring i marken. Betande idisslare har betydande positiva effekter på ekosystemets mångfald. (10

Bild 15. Gödslingen på Piias och Petris gård baserar sig på gröngödslingsvall och starka växtbestånd. Den största framgången här är att få skörd varje år – en bra skörd, konstaterar Piia och Petri. Bild: Sanna Söderlund

I regenerativt jordbruk *störs jorden fysikaliskt och kemiskt så lite som möjligt*. Marken bearbetas lätt och bearbetningen sker endast då marken är torr. Också växtskyddet minimeras och bekämpningsmedlen som används borde helst vara oskadliga. Odlaren blir tvungen att ompröva sin attityd gentemot andra växter än odlingsväxter på sina åkrar.

En del jordbrukare strävar efter att finna icke-kemiska metoder för att undvika konkurrensen mellan vilda växter och odlingsväxter.

Också växter som anses vara ogräs gynnar odlingsmarken. De ökar den biologiska mångfalden i åkrarna och står för alternativ föda för växtätare. Dessutom föredrar åkerfåglar och skadedjur vissa ogräs framför odlingsgrödorna. En sådan växt är svinmållan, som skinnbaggarna äter hellre än morot. (11

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Vi vet också att betande nötkreatur deltar i ogräsbekämpningen, eftersom exempelvis kalvar och kor gärna äter yngre tistlar och ogräsmållor.

Bild 16. Växtekolog Minna Kosonen från Naturresursinstitutet (Luke) har sett närmare på svinmållor, som anses vara skadliga ogräsväxter, och nyckelpigorna som förekommer i dem. Ogräsmållorna är kända konkurrenter till odlingsväxter och de gillar kväve. Kosonen fann att ogräsmållorna lockar till sig en hel del nyckelpigor och intresserade sig för fenomenet. Högst sannolikt hade de samlats där på grund av bladlössen, men kanske det är så att själva växten döljer en egenskap som lockar nyckelpigor till sig? Bild: Sanna Söderlund.

Sammanfattningsvis består kärnan i regenerativt jordbruk i att förstärka jordhälsan genom att öka mullhalt, rötter, vattenhållningsförmåga, fotosyntes, mångfald och skydd. När åkermarken mår bra, kan man med hjälp av regenerativa jordbruksmetoder uppnå en hållbar och produktiv markstruktur samt goda skördar. Vägen går alltid från bergets botten upp till toppen: först ser man till grunderna och först sen är det dags att finjustera.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Tio steg mot regenerativt jordbruk.

Förbättra åkerns skick för högre skörd

Regenerativa jordbruksmetoder är:

Se till att åkrarna har ett växttäcke under hela året. Marken grönskar under alla årstider med hjälp av fång- och bottengrödor samt vall och höstspannmål.

Minimera jordbearbetningen. Stör marken mekaniskt så lite som möjligt, och bearbeta den alltid vid rätt tidpunkt.

Använd organisk gödsel och jordförbättringsmedel. Använd stallgödsel, fibrer och andra organiska gödselmedel.

Minimera användningen av bekämpningsmedel. Välj förebyggande växtskydd och undvik bekämpningsmedel. Blir du tvungen att använda dem, välj ämnen som stör markbiologin så litet som möjligt.

Främja mångsidig växtföljd. Inkludera vall, höstspannmål samt botten- och fånggrödor i växtföljden på åkrarna. Ifall dessa redan finns i växtföljden, fundera på ifall det går att ta in flera arter.

Utnyttja de mest kolbindande betesmetoderna och rotationsbete. Planera betet noggrant för att undvika överbetning. Låt djuren beta också på kulturlandskap.

Använd dig av skogsjordbrukets metoder för att öka kolinlagringen och den biologiska mångfalden. En vindskyddsremsa tvärs genom åkrarna hjälper pollinerare och naturliga fiender till skadedjur i deras arbete. Exempelvis havtorn kan planteras på erosionsbenägna strandområden för att förankra marken.

Tillsätt biokol i åkermarken. Biokol är hittills en föga utnyttjad jordförbättrare på grund av dess svårtillgänglighet och dyra pris. Biokolets förmåga att förbättra markstrukturen och lagra in permanent kol är dock i en klass för sig.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Öka antalet fleråriga växter. Se till att utöka mångfalden av växtlighet på och runt omkring åkerskiftena.

Kolbindande jordbruk på torvmarker. Förhindra kolutsläpp med hjälp av fleråriga vallar i växtföljden. De minskar behovet av jordbearbetning. Minska nedbrytningen av torv genom att hålla grundvattennivån tillräckligt hög, men tänk samtidigt på odlingsperspektivet. Det lönar sig att hålla torvåkrarna växttäckta så mycket som möjligt, helst med vall.

Uppgift 1.5

Vilka regenerativa jordbruksmetoder använder du på din gård och vilka skulle du vilja prova på? Studerande som inte har tillgång till en egen gård kan fundera på vilka metoder kunde införas i jordbruksarbetet som sker inom ramen för utbildningen, samt på de metoder som intresserar dem överlag. Du kan också fundera på hurdana erfarenheter du har av dessa metoder.

Exempel på metoder: Minimering av jordbearbetningen, fast gödsel och annat organiskt material, mekanisk ogräsbekämpning, biologisk-mekanisk djupluckring, mångsidig växtföljd, fång- och bottengrödor, växter med djupgående rotsystem, vallar som förbättrar jordhälsan, andra fleråriga växter, höstspannmål, äkta växttäcke året om, rotationsbete, metoder som hör till skogsjordbruk, kolbindande jordbruk på torvmarker.

Uppgift 1.6

Vilka faktorer begränsar ibruktagandet av regenerativa jordbruksmetoder på din gård?

Uppgift 1.7

Vilka är dina studiemål för den här kursen? Hur kommer dina färdigheter att kompletteras i och med kursen?

När du ställer upp mål får du mer ut av onlinekursen. Du kan hålla koll på dina målsättningar medan studierna fortskrider: Uppnår du dem? Borde de ändras eller kompletteras?

Fundera på hur du kan använda dina nya kunskaper för att utveckla ditt yrke, din gård och dina åkrars välmående. Skriv upp minst tre mål på papper och ha den på en synlig plats.

Kapitel 1 är skriven av:
Sanna Söderlund ja Eliisa Malin, BSAG

Kapitel 1 är översatt av:

Anne Nordling, BSAG

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Kapitel 2 Marken

För jordbrukaren är marken den absolut viktigaste medarbetaren, eftersom åkern står för skörden. Utan markens olika funktioner skulle det inte existera något liv på jorden i den form vi nu känner till det. Exempelvis skulle det nästan inte finnas några assimilerande växter alls.

I. Den livsviktiga marken

Du går på marken otaliga gånger om dagen, men hur ofta tänker du på hur viktig marken är för våra liv? Marken är grunden för många förnybara naturresurser och nästan allt liv. Det här kapitlet presenterar basfakta om marken, dess sammansättning och dess biologiska, fysikaliska och kemiska egenskaper.

Bild 1. Eftersom marken vanligtvis är täckt av växtlighet eller bebyggelse, kan vi inte se den hela tiden. Det är ändå väldigt nyttigt att lära känna världen under markytan lite bättre. Bild: Sanna Söderlund

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Marken producerar ekosystemtjänster

Marken står för ett flertal livsviktiga tjänster för oss människor, våra husdjur och otaliga arter på vår planet. Dessa kallas för ekosystemtjänster. Ekosystemtjänsterna som produceras av marken är en följd av markfunktioner, varav de viktigaste för jordbruket är: (1

1. Att producera biomassa. Marken möjliggör produktionen av grödor samt skogsbruket. Följaktligen är det också en förutsättning för att kunna utöva livsmedelsproduktion och skogsbaserad industri.

2. Rengöring och lagring av vatten. Marken renar vatten och reglerar vattenresurserna – inklusive vårt dricksvatten. Den upptar och lagrar vatten, och tar bort skadliga ämnen från det.

3. Klimatreglering och kolinlagring. Marken reglerar klimatet och lagrar kol. Den minskar växthusgasernas negativa effekter i atmosfären genom att lagra kol, och genom att reglera mängden växthusgaser som bildas i marken. Livsmedelsproduktionen kan påverka kolinlagringen genom att välja rätt odlingsmetoder.

4. Att upprätthålla den biologiska mångfalden och skapa livsmiljöer. Marken upprätthåller biologisk mångfald och bjuder på livsmiljöer åt en mängd olika organismer.

5. Återvinning och lagring av näringsämnen. Näringsämnen som frigörs från gödselmedlen upptas och omvandlas i marken så att växterna kan använda sig av dem. Marken i sig står också för en del näringsämnen. Marken upprätthåller också funktioner som binder näringsämnen från luft och vatten. Tack vare dessa funktioner kan näringsämnen cirkulera och lagras i marken, vilket gör dem tillgängliga för växter. Speciellt viktigt är detta i åkermarken för att grödorna skall frodas.

Förutom tjänster inom jordbruket, står marken också för vårt välbefinnande på flera andra sätt. Välkända exempel är trädgårdsskötsel och friluftsliv, som har flera positiva effekter på vårt psykiska välmående. En mångsidig mikrobflora gynnar människokroppen, eftersom kontakt med markens acinetobakterier kan balansera immunförsvaret och därigenom förebygga allergier. (2

Uppgift 2.1

Av de markfunktioner som presenterades ovan, vilka är de viktigaste för dig? Det finns inget rätt eller fel svar på frågan. Fundera vidare på ifall det finns någon funktion som man kunde avstå från och vad det i sådana fall skulle innebära för livsmedelsproduktionen.

- Att producera biomassa
- Rengöring och lagring av vatten.
- Klimatreglering och kolinlagring.
- Att upprätthålla den biologiska mångfalden och skapa livsmiljöer
- Återvinning och lagring av näringsämnen.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Markfunktionerna är nära sammankopplade. Växter producerar biomassa och syre, upptar koldioxid ur luften och lagrar kol i marken. För att må väl behöver växterna i sin tur en väl fungerande mark som grogrund. Marken ger växterna luftig jord att växa i, lagrar och förser växterna med vatten och näringsämnen, samt ger näring och skydd för olika markorganismer som främjar växternas välbefinnande.

Vissa markfunktioner är fortfarande föga kända.

Det finns antingen inte sätt att mäta funktioner kvantitativt, eller så är resultaten av mätningarna en förenkling av verkligheten på många sätt. Således har bara ett fåtal forskare velat uppskatta marktjänsternas ekonomiska värde. I stället för att definiera markens ekonomiska värde, är det förnuftigare att försöka förstå den centrala roll marken spelar som grunden för allt liv och därmed också jordbruket.

Under de senaste decennierna har forskning relaterat till markfunktioner ökat stadigt. I och med klimatförändringen har intresset för kolbindning i åkermark ökat ännu mer, eftersom markens förmåga att fungera som kolsänka förstås allt bättre numera. Jordbrukare har naturligtvis alltid förstått sig på mullhaltens betydelse för markbördigheten.

Marken är nödvändig för produktionen av nästan all mat. Endast fem procent av maten produceras på annat sätt. Dessa fem procent inkluderar fisk och skaldjur, vattenbruk, alltså hydroponisk odling, vilket innebär till exempel vertikal odling samt luft-, alltså aeroponisk odling, som kan användas till exempel vid potatisodling. (3, 4

Marksammansättning

Vår planet är en dynamisk och levande enhet vars funktioner upprätthålls av marken. Men vad består marken av egentligen?

Med marken syftar man till det marktäcke som täcker berggrunden på de ställen berggrunden inte är synlig. Marktäckets tjocklek kan variera från ett mycket tunt jordlager till ett lager på hundratals meter. Marken består av en blandning av fast material, vatten och ämnen lösta i vattnet, luft och markorganismer. Det fasta materialet i marken består av *mineraler* och *organiskt material*. Tillsammans med berggrunden bildar marken *jordskorpan*. (5

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

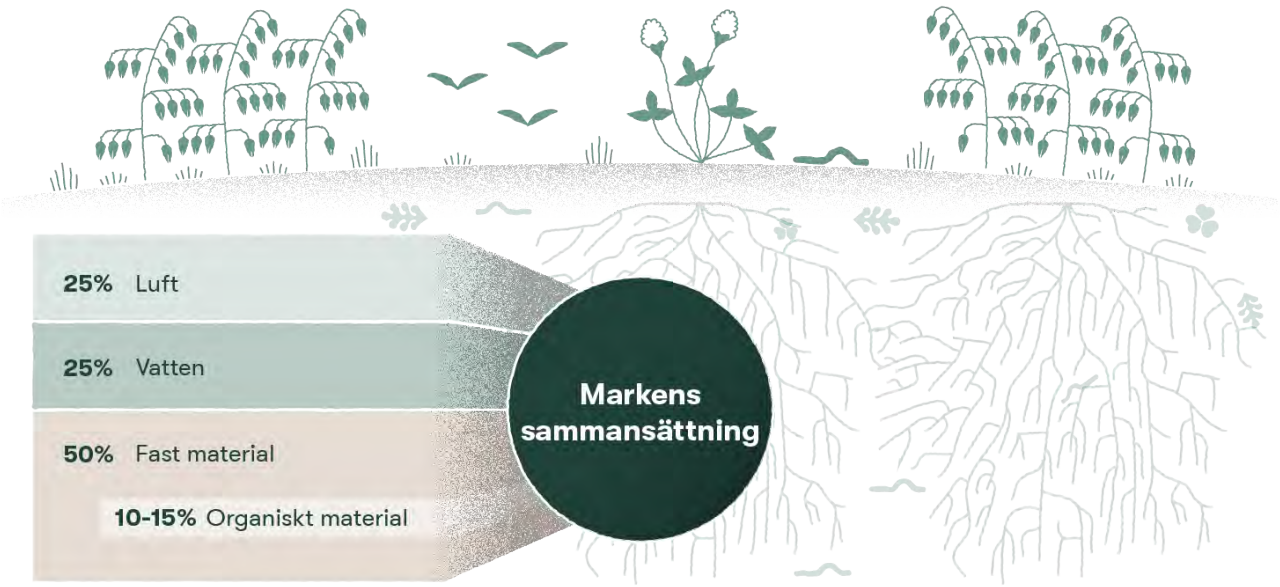


Bild 2. En mark i gott skick innehåller 10 - 15 % organiskt material. Mineraljordar innehåller ungefär hälften så stor andel.

Markens egenskaper varierar på olika håll i världen. I Finland är marken alldeles speciell, eftersom berggrunden ligger relativt nära marken. Upptill 14 % av landytan består av bar berghäll, eller berg täckt av ett tunt jordlager. (6 Cirka åtta procent av Finlands totala yta består av åkermark, eller 2 300 000 hektar, vilket motsvarar ungefär arealen av Kajanaland. (7 Av EU: s totala landareal är 39 % jordbruksmark. Ungern och Danmark är ledande i EU med de största andelarna: mer än 50 % av dessa länders areal består av jordbruksmarker. Därtill är den finska marken också relativt ung, högst 12 000 år gammal. I tropikerna kan marken vara till och med miljoner år gammal. (8

Markens gaser och vätskor rör sig i dess porer. Porstorleken varierar, från mikroskopiskt små utrymmen mellan partiklarna, till flera centimeter breda sprickor. Porerna är mycket viktiga för att vatten och luft ska kunna lagras och transporteras i marken. Växter kan dra nytta av vattnet i porerna under torka. Syret i de luftfyllda porerna är viktigt för rötternas och markorganismernas fysiologiska funktioner och nedbrytningen. I porerna transporteras också kvävgas till kvävefixerande bakterier.

En välmående jordmån är som en tvättsvamp: den håller kvar och förser växterna med vatten under en lång tid.

Alltför stora porer, såsom sprickor, kan inte hålla kvar vatten, utan det rinner rakt igenom. De är dock viktiga för gasutbytet. Markens vattenhållningskapacitet är en viktig egenskap. Torr mark är vattenavvisande till en början, precis som en alldeles torr rengöringsduk. Torr mark kan inte uppta regnvatten omedelbart, vilket kan leda till att vattnet bildar små strömmar på markytan som för med sig värdefull matjord. Detta sker särskilt på marker med tät yta och låg mullhalt, vilket försämrar markens förmåga att bevara en tillräcklig fuktighet mellan regnen.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Åkermarker som innehåller tillräckligt organiskt material ger däremot det bästa skyddet för växterna mot extrema väderförhållanden. En välmående jordmån är som en tvättsvamp: den håller kvar och förser växterna med vatten under en lång tid. (5

VISSTE DU ATT?

Det organiska materialet i marken nedbryts i olika takt. En del bryts ned snabbt, medan andra tar årtionden att bryta ned. När det organiska materialet hamnar i marken, börjar markorganismerna bryta ned det omedelbart för att kunna uppta näring ur det. Daggmaskar spelar en central roll i transporten av organiskt material till markens djupare skikt. Det organiska materialet bryts ned i mindre partiklar och transporteras till olika skikt i marken tillsammans med markorganismer och vatten. Största delen av kolet i det organiska materialet mineraliseras, dvs förvandlas till koldioxid vid cellandning och frigörs i atmosfären.

Det finns mer kol lagrat i marken än i all vegetation och atmosfären sammanlagt (9. Förutom mängden lagrat kol, är det också viktigt att ta hänsyn till att marken binder och avger kol ständigt.

Bild 3. Det är möjligt att påverka klimatförändringen genom livsmedelsproduktionen: genom att fokusera på markens bördighet kan man främja kolinlagringen i marken. Bild: Sanna Söderlund

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

II. Markens egenskaper

Marken har olika egenskaper: *biologiska, fysikaliska och kemiska*. Alla dessa påverkar markens förmåga att utföra en mängd olika uppgifter, som till exempel att lagra kol, rena vatten och upprätthålla biologisk mångfald.

De olika egenskaperna i marken påverkar varandra i hög grad. Till exempel har mängden organiskt material, dvs mullhalten, en betydande effekt på markens biologiska, fysikaliska och kemiska egenskaper. (5

Markens biologiska egenskaper

Biologiska faktorer som påverkar marken är bland annat *växtrötter* och *rotutsöndringar*, *markorganismer*, *mikrober* och *organiskt material*. Växter och djur producerar organiskt material som formas och bryts ned av markorganismer.

De biologiska faktorerna bidrar till att markens ytskikt förvandlas till levande matjord. Markens biologiska egenskaper är en följd av de levande organismernas processer.

Markorganismerna har ett antal grundläggande behov: skydd, föda, vatten, syre och utrymme. Marken skyddar organismerna från till exempel temperaturväxlingar och torka. Porerna skyddar små organismer från större rovdjur och bakterier kan klamra sig fast på partikelytorna för att inte sköljas bort. Organismernas föda består av organiskt material.

Tillräcklig fuktighet är viktigt för alla organismer, men för mycket fukt kan leda till skadlig syrebrist. Vatten och luft behöver utrymme för att kunna flöda i marken, men utrymmet är också viktigt för organismerna. I tät mark finns inget utrymme för rötterna att växa, vilket leder till att utvecklingen av rotsystemet försämras. När de grundläggande behoven uppfylls ger markens biologiska faktorer i gengäld god jordhälsa, aggregatstabilitet, näringstillförsel, markstruktur, växthälsa och kolbindning.

Organiskt material, som består av växt- och djurrester samt levande och döda mikrober, spelar en viktig roll både för växternas tillväxt och kolinlagring.

Halten av organiskt material kan med rätta betraktas som en avgörande beståndsdel i marken. Det påverkar odlingsegenskaperna genom att förbättra markstrukturen, markens vattengenomsläpplighet och förmåga att hålla kvar vatten och näringsämnen, samt dess förmåga att fungera som en buffert mot förändringar i pH.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

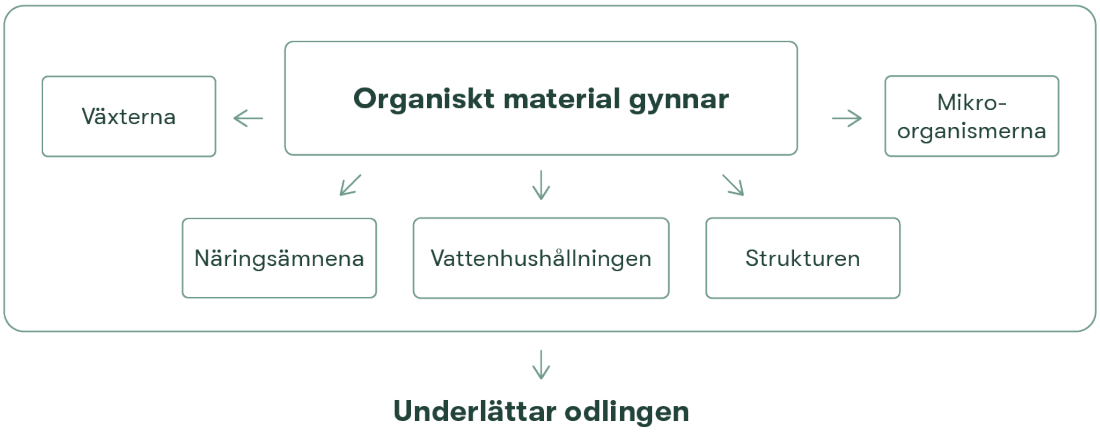


Bild 4. Inverkan av det organiska materialet Bild enligt källa 10.

Organiskt material spelar en central roll i regenerativt jordbruk, där målet är att förbättra markens funktionsförmåga och jordhälsa. Eftersom organiskt material binder vatten flera gånger sin egen vikt, förhindrar det torka och jämnar ut temperatursvängningar. God vattengenomsläpplighet minskar igenslamning och erosion. Åkermarker som är rika på organiskt material, har god jordhälsa och är biologiskt aktiva erbjuder utmärkta arbetsförhållanden, inte bara för jordbrukaren utan också för mikroorganismer och olika daggmaskar, maskar och leddjur. De biologiska faktorerna bidrar till att markens övre skikt bildar levande matjord.

Bild 5. Daggmaskarna utgör den mest synliga delen av markorganismernas färggranna skara. Det lönar sig att observera deras förekomst i åkermarken eftersom mängden daggmaskar är ett tecken på god jordhälsa. Bild: Eliisa Malin

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Det finns olika sätt att öka det organiska materialet i åkern. Ett sätt är att använda olika typer av biomassa, som till exempel gröngödslingsvall, som tillsätts i marken. Alternativt kan man också tillsätta färsk eller förädlad stallgödsel samt jordförbättringsmedel. Dessa består oftast av kompost och biprodukter från pappers- och cellulosaindustrin. Också vallar, växter med djupa och rikliga rötter och en planerad växtföljd ökar mängden organiskt material i åkermarken.

Det är också viktigt att se till att det organiska materialet stannar i marken, alltså att förhindra att det organiska materialet bryts ned till koldioxid.

Tilläggsmaterial: Se professor Kristina Lindströms föreläsning om markens mikrober.

Förhållandet mellan kol och kväve påverkar frigörelsen av kväve

Åkermarkens naturliga kol-kväve förhållande är vanligtvis 10–16:1. De små arbetarna i marken behöver också kol och kväve i ett visst förhållande för att bryta ned organiskt material.

Kol-kväveförhållandet av organiskt material som hamnar i marken påverkar nedbrytningen av organiskt material, eftersom markorganismer använder kol i sin energiproduktion och kväve för att bygga upp sina celler.

Mikroorganismerna behöver en mängd kol som är 25 gånger större än mängden kväve. Om det finns mer kol i förhållande till kväve, binds kvävet i mikroorganismerna och frigörs för växternas bruk så småningom. Finns det mindre kol, kan det leda till att det finns mera kväve än mikroorganismerna kan förbruka. I sådana fall kan kvävet antingen användas av växterna eller frigöras i marken, varifrån det kan urlakas i vattendragen eller friges i atmosfären.

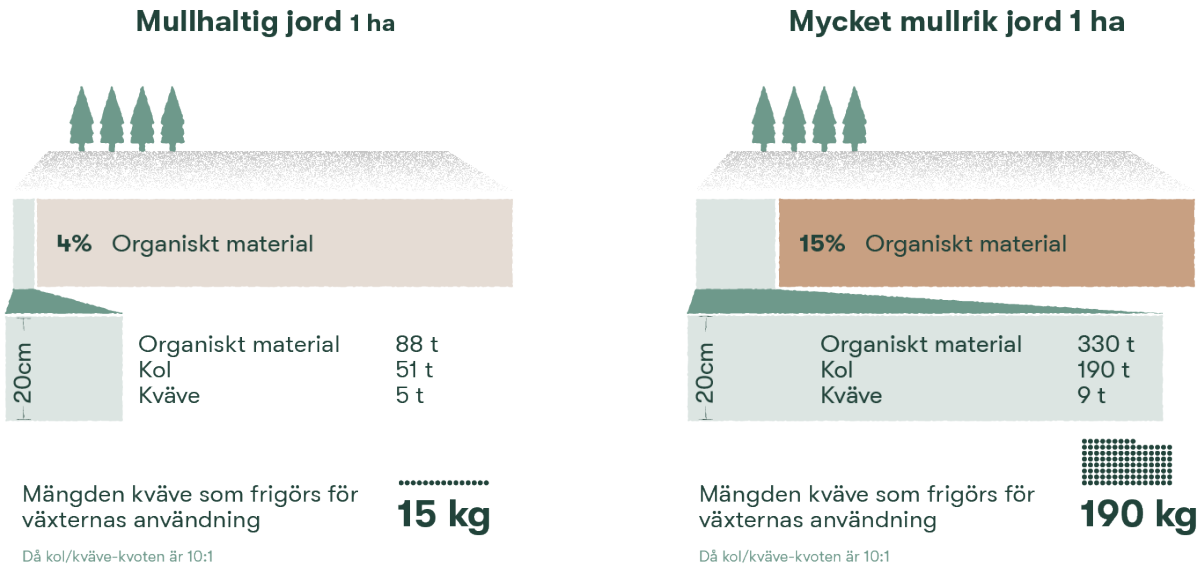


Bild 6. En ökning av mullhalten påverkar positivt mängden kväve som frigörs för växternas bruk. Bild från källa 11.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Markorganismerna är gratis arbetskraft

Under stövelavtrycket lever otaliga markorganismer av vilka en del är synliga med bara ögat och en del mikroskopiskt små. Daggmaskar, spindlar och gråsuggor är några av de mer synliga arterna, medan protozoer, svampar och bakterier utgör en osynlig men mycket talrik grupp.

Mulljord		Mår
1 100 000	Protister	3 000 000
34 000	Rundmaskar	100 000
520	Småringmaskar	380
3	Daggmaskar	-
1000	Hoppstjärtar	1400
1600	Kvalster	16 200
19	Gråsuggor	-
18	Tvåvingslarver	18
5	Skalbaggar	10
4	Spindlar	9
1	Enkelfotingar	-
1	Dubbelfotingar	-
1	Klokrypare	-

Bild 7. Under en stövel i storlek 42 finns en mängd markorganismer. Bild från källa 12.

Markorganismerna lever i de olika skikten i marken och rör sig på olika sätt. Daggmaskarna kan gräva sig djupt ner, organismer med ben tar sig fram där det finns utrymme för dem mellan markaggregaten, och de encelliga samt rundmaskarna simmar omkring i markvattnet. De några centimetrarna som utgör markens ytlager är det mest livliga skiktet, men det finns också liv på flera meters, till och med kilometers djup. (6 Bekanta närmare med olika organismer i artikeln Markorganismer.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Tilläggsmaterial: Markorganismer

Rundmaskarna, alltså *nematoda*, är väldigt små och uthålliga djur. Dessa maskarter lever överallt i hela världen: det finns rikligt av dem i marken var som helst. Gräver man i finsk åkermark kan man hitta tusen olika arter av rundmaskar. Det finns cirka 200 000 kända arter av rundmaskar.

Bild: Pertti Eloranta

Storleken på våra inhemska rundmaskar varierar mellan en halv millimeter till några millimeter. Rundmaskar livnär sig på flera olika typer av näring. Eftersom de är så talrika spelar de en mycket viktig roll för ekosystemets funktion.

Olika hoppstjärtar. Den största är den 3 millimeter långa brokhoppstjärten. Bild: Veikko Huhta.

Hoppstjärtarna bor i marken och är mindre än fem millimeter långa. Med sina sex ben och sin tvådelade kroppsbyggnad liknar de insekter, men de är olika på många andra sätt. Alla har till exempel inte ögon och de genomgår inte en fullständig metamorfos från ägg till larv, puppa och slutligen fullvuxet djur.

Det finns ett stort antal olika hoppstjärtar och de lever i markens olika skikt. Hoppstjärtarna är föda för insekter, spindeldjur, fåglar och vissa däggdjur. Själv äter de bland annat svampmycelier och kan därmed bidra till att bekämpa svampsjukdomar.

Mikrober i sin tur äter hoppstjärtarnas avföring, så ju fler av dem det finns, desto mer mikrobiell aktivitet finns det. Det finns dock också hoppstjärtar som kan orsaka mera skada än nytta då de äter bakterier och andra hoppstjärtars ägg. Vissa växtätande arter kan till och med skada skörden.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Kvalster som lever i dynga. Bild: Veikko Huhta.

Kvalstren i marken utgör en mycket varierande och nyttig art. De kan vara allt från växtätare till rovdjur. De har åtta ben och tillhör spindeldjuren och deras storlek varierar från en tiondels millimeter till tre millimeter. Kvalstren bryter ned organiskt material och gödslar marken.

Käken tillhör ett rovkvalster. Bild: Veikko Huhta.

Dvärgspindel. Bild: Veikko Huhta.

Spindlar är skickliga rovdjur som äter allt de lyckas fånga, men de är också viktig föda för andra arter. Alla spindelarter som lever i marken bedövar sina offer med gift. Efteråt lindar spindeln in sitt offer i matsmältningsenzymer för att sedan avnjuta sin måltid i vätskeform.

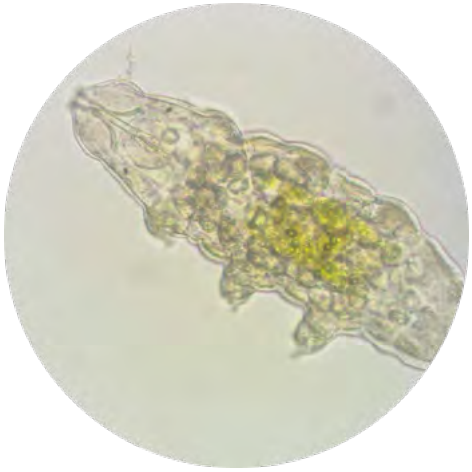
Det lever spindlar i åkermarker, fastän de är färre till antalet än spindlarna i skogsmarkerna. Detta beror på de mera ostadiga levnadsförhållandena i åkermarkerna. Man kan hitta vargspindlar samt täckvävar- och dvärgspindlar i åkrarna.

Rutklokrypare. Bild: Annika Uddström.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

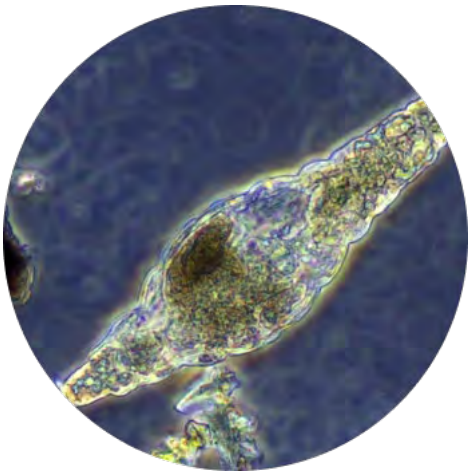
Trögkrypare är ena riktiga överlevare. De lever i alla slags miljöer och tack vare förmågan att övergå till ett stadium av djup dvala kan de klara av att leva i extrema förhållanden. De överlever den absoluta nollpunkten, olika giftiga kemikalier, torka, trycksvängningar samt stark röntgen-, ultraviolett- och gammastrålning.

I marken kan de vara antingen växtätare eller rovdjur och de hugger till sig byte eller växtceller med en stilettförsedd snabel.



Trögkrypare av familjen *Macrobiotidae*. Bild: Tiia Nikupaavola.

Hjuldjur är 0,1 till 0,5 mm långa planktondjur som lever i marken. Det finns ett stort antal hjuldjur i marken, upp till 500 000 individer per kvadratmeter. I Finland har dessa inte alls utforskats. Hjuldjuret livnär sig på levande partiklar som innehåller bakterier och protozoer.



Hjuldjur. Bild: Pertti Eloranta.

Mikrober, såsom bakterier, svampar och arkéer, är mycket viktiga för markens ekosystem. De sköter om en hel del uppgifter som andra markorganismer inte kan klarar av. Även om mikroberna som bryter ner organiskt material är markens allra minsta invånare, så finns det så många av dem, att deras totala biomassa utgör mer än tio gånger den totala vikten av alla djur på planeten.

Gråsuggor är egentligen skaldjur som vandrat upp på land. Dessa fjortonbenade ovala djur väljer sin livsmiljö noggrant och de är känsliga för torka. De trivs heller inte i alltför sur jord. Gråsuggor kan bli upp till 2 cm långa.

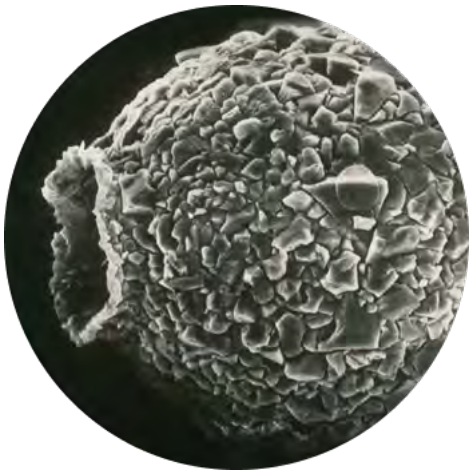
Trichoniscus pusillus. Bild: Annika Uddström.

Daggmaskar bearbetar markstrukturen. Daggmaskens rörelser luckrar upp marken och dess avföring bildar tåliga markpartiklar. De vanligaste typerna av daggmaskar i åkrarna är stor daggmask, åkerdaggmask och stor lövdaggmask. Den stora daggmasken gräver sig lodrätt ner i markens djup och deras gångar gör marken luftigare och fungerar också som vattenkanaler. Åkerdaggmasken lever tämligen nära markytan och livnär sig på organiskt material samtidigt som den luckrar upp matjorden. Lövdaggmasken lever i sin tur helt vid markytan.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Småringmaskar är cirka tre centimeter långa ljusa maskar som lever i markens ytskikt. De spelar en viktig roll som nedbrytare av organiskt material och återvinnare av näringsämnen.

Småringmask, Bild: Petri Kuhno.



En skalamöba som lindat sig i sandkorn. Bild: Pertti Eloranta.

Protozoer i finsk jordmån harinte utforskats alls och därför känner vi inte till mycket om dem. Det finns dock en hel del att forska kring dessa organismer: det finns säkert hundratals arter av dem och på bara en kvadratmeter finns det miljarder individer. Även om vi inte vet mycket om protozoer, har de säkert en viktig roll i näringsnätverket redan på grund av deras stora mängd. En del protozoer äter bakterier, vilket begränsar deras antal. Encelliga protozoer som lever i markvattnet är amöbor, ciliater och flagellater.

Mykorrhizor eller svamprötter hjälper växterna med att utveckla markens bördighet. Svamprötterna bildar en symbios mellan växten och svampen. Det finns vanligtvis alltid glomeromycota, eller mykorrhitzasvampar i de finska åkermarkerna, men deras antal och arter varierar.

Hur mykorrhizan fungerar beror alltid på omständigheterna. De flesta växter ingår ett symbiotiskt förhållande med svampen genom att låta svampens myceler växa runt växtens rötter samt in i och mellan rotcellerna. Svampen får näring av växten i form av assimileringsprodukter. Svampens mycel utökar växtens rotsystem genom att växa sig längre än rothåren på växten och genom att komma åt mindre porer än rothåren. Detta förbättrar växtens närings- och vattenupptagningskapacitet.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

De mest talrika av de osynliga arbetarna i marken består av encelliga bakterier, bakterieliknande arkéer, trådformiga mikrosvampar och encelliga svampar, alltså jäst. Vissa svampar kan tillsammans med växter bilda en mykorrhiza, eller svamprot, vilket har stor betydelse för växterna och livet i marken. Växten och svampen lever i symbios tack vare mykorrhizan: svamparna frigör, samlar upp och transporterar näringsämnen effektivt och får assimilationsprodukter i utbyte av växten. Mykorrhizan gör växtens rotsystem större och effektivare. (13

Markorganismerna är viktiga när de lever, men också när de dör. Studier har visat att död svamp- och bakteriemassa utgör en betydande del av markens permanenta kol. På basen av dessa resultat har man framfört att det finns en så kallad mikrobiell kolpump i marken som bryter ner organiskt material och främjar kolinlagringen. (14

Jag är tränaren och åkrarna är spelare i mitt lag

– Jordbrukaren Tommi Hasu, Gården Luomu Mattinen, Kouvola

Bild 8. Tommi Hasu på gården LuomuMattinen i Kouvola är van vid att kontrollera skicket i åkrarna regelbundet. Bild: Eliisa Malin.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Läs mer om gården LuomuMattinen och Tommi Hasus tankar

Växter och djur bildar ett interagerande nätverk, markens näringsnätverk, där energi och näringsämnen cirkulerar. Varje art har sin specifika uppgift i nätverket. Tillsammans bearbetar de marken och förbättrar dess struktur, lagrar kol och förser växter med näringsämnen. Mångfalden och mängden markorganismer hjälper till att bekämpa växtsjukdomar och skadedjur.

Bild 9. Markens näringskretslopp

Markens näringsnätverk kan jämföras med ekosystemet på vår planet. Bägge systemen kräver balans, annars fungerar inte de livsviktiga processerna felfritt. Ifall någonting hamnar i obalans, uppstår problem som på lång sikt påverkar allt.

Om exempelvis rundmaskarnas levnadsförhållanden blir för ensidiga, kan mängden nematoder bli för stor. Odlaren kan då råka ut för stora förluster, och globalt sett kan de minskade skördarna leda till ekonomiska förluster på upp till hundra miljarder euro. Genom att diversifiera växtföljden och främja rundmaskarnas artrikedom hålles nematoderna i schack. På så sätt kan man skydda vete, jordgubbar och potatis. (15

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

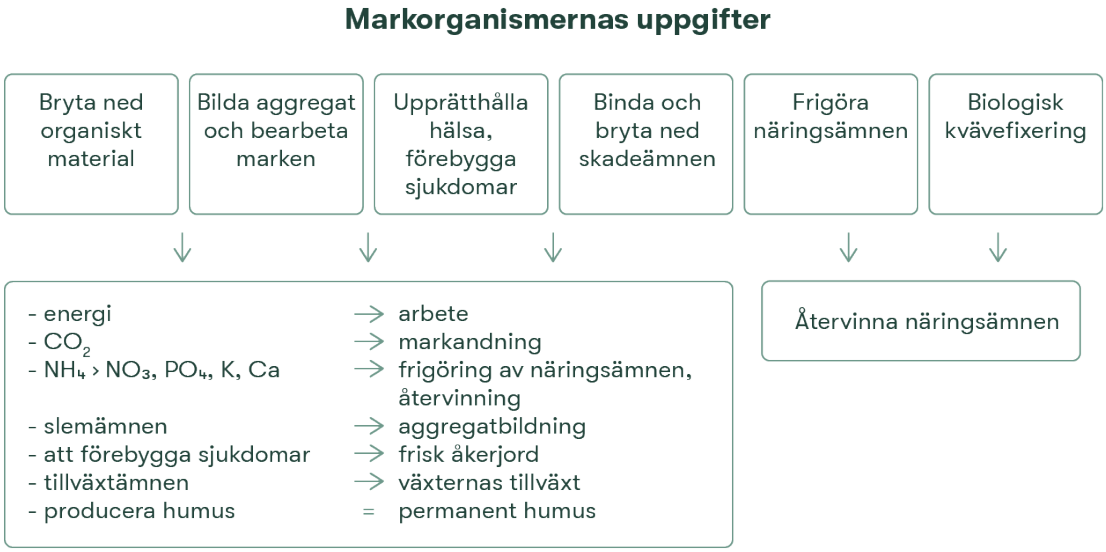


Bild 10. Markorganismernas uppgifter. Bild enligt källa 10.

Den biologiska mångfalden i marken är en central faktor i stävjandet av klimatförändringen och anpassningen till den. Den förbättrar åkerns bördighet och hjälper därmed till att lagra kol, hindra erosion och öka skördesäkerheten. Jordbrukarens främsta uppgift är att förståndigt sköta om sin arbetskraft i marken. Som en brukare av jorden.

Uppgift 2.2

När du känner och ser på åkerjorden, hur kan du bedöma om det är en välmående mark där näringsnätverket fungerar?

Välj det eller de alternativ du tror är rätt:

God doft/Mörk färg/Svampmycel/Lätt och grynig struktur/Vassa gryn

Markorganismerna återvinner ämnen, som är bundna till växt- och djuravfall, tillbaka till naturens kretslopp. När organismerna modifierar och bryter ned organiskt material, förändras materialets egenskaper och dess näringsämnen kan upptas av växter.

Markorganismerna luckrar upp, transporterar, bryter ned materialet och använder det som föda. Till exempel kan daggmaskar årligen producera upp till tiotals ton maskgödsel per hektar – helt gratis. Mängden motsvarar ett några millimeter tjockt lager av näringsrik åkermark.

Bakterier och svampar utsöndrar slemämnen, som förstärker markens aggregatstruktur.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Organiskt material som modifierats av markorganismer kan hållas kvar på ytorna av olika partiklar i marken (14. Det organiska materialet som fastnat på partikelytor binder samman markpartiklar och främjar aggregatbildning. Organiskt material som finns inne i markens aggregat är skyddade från vidare nedbrytning. Därtill reglerar organismernas biologiska aktivitet växthusgaser och bevarandet av organiskt material i marken. (16

Effektiva kvävefixerande bakterier

Rhizobium-bakterierna lever i symbios med baljväxternas rotknölar. De kan binda atmosfärisk kvävgas till en form som växter kan använda genom biologisk kvävefixering. Det förutsätter att marken intill rotsystemet är luftigt och att kvävgasen kan komma fram till knölarna. Växterna får kväve av bakterierna och i gengäld får bakterierna socker som näring av växterna. Till exempel är klöverns, ärternas och andra baljväxters kvävefixerande bakterier effektiva kvävefixerare. Rödklöver kan binda upp till 150–250 kg kväve per hektar och per år, ärtor ca 50–150 kg. Marken berikas av kväverikt organiskt material från baljväxternas rester.

En ökning av mikrobiell biomassa främjar kolinlagringen. Markens permanenta kol består av död mikrobiell biomassa som är bundet till mineralernas yta eller som ligger innanför grynstrukturen, där den skyddas från nedbrytning. (4

Visste du att?

Aktiv nedbrytning förhindrar förekomsten och spridningen av vissa växtsjukdomar. Detta beror på att mikroorganismer på rötterna kan fungera som en barriär mot patogener. Till exempel har svampen *Trichoderma harzianum* visat sig förhindra spridning av lackskorv på potatis (17. Vissa mikroorganismer producerar också ämnen som sprids till växterna och ökar deras resistens. Dessutom kan mikroorganismer producera ämnen som främjar växternas tillväxt, såsom tillväxthormoner.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Bild 11. Åkerns aktiva mikroorganismer bryter ned organiskt material snabbt. Här har markorganismernas aktivitet testats genom att begrava ett par bomullskalsonger i åkern i några veckor. Bild: Eliisa Malin.

Mykorrhizor eller svamprötter hjälper växterna med att utveckla markens bördighet. Svamprötterna bildar en symbios mellan växten och svampen. Det finns vanligtvis alltid glomeromycota, eller mykorrhitzasvampar i de finska åkermarkerna, men deras antal och arter varierar.

Hur mykorrhizan fungerar beror alltid på omständigheterna. De flesta växter ingår ett symbiotiskt förhållande med svampen genom att låta svampens myceler växa runt växtens rötter samt in i och mellan rotcellerna. Svampen får näring av växten i form av assimileringsprodukter. Svampens mycel utökar växtens rotsystem genom att växa sig längre än rothåren på växten och genom att komma åt mindre porer än rothåren. Detta förbättrar växtens närings- och vattenupptagningskapacitet.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Arbuskulär mykorrhiza

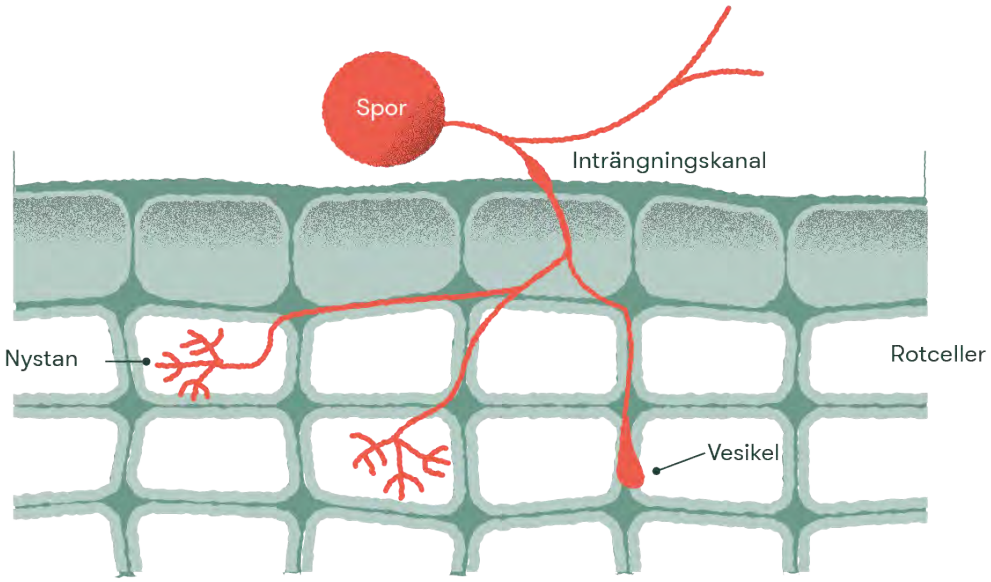


Bild 12. Arbuskulär mykorrhiza. Bild enligt källa 16.

Svampar upptar till exempel fosfor från marken och löser upp det och gör det växttillgängligt. Svampmycel står för transporten av flera andra näringsämnen till växterna, såsom magnesium, zink, koppar, kalcium, järn och vatten. I utbyte får svamparna kolhydrater som bildats från växternas assimilation. Mykorrhizan kan också skydda växten från stressfaktorer såsom torka, marksurhet, sjukdomar, skadedjur och tungmetaller.

Det uppskattas att mer än 90 procent av alla växter bildar svamprötter. Av grödorna fattas svamproten huvudsakligen endast från korsblommiga växter och mållor. Kvävefixerande växter är i synnerhet effektiva med att bilda svamprotsymbioser.

Det finns två olika typer av mykorrhizasvampar: yttre *ektomykorrhizor* och *endomykorrhizor* som växer in i växtrötterna. Slemämnena, som utsöndras på endomykorrhizasvampens yta, fungerar som ett lim: de binder samman jordpartiklar, organiskt material, växtrester, bakterier och svampar till jordaggregat. (16

Visste du att?

Fånggrödor har väldigt stora rotsystem och de främjar mikrobernas levnadsförhållanden i åkermarkerna. Många fånggrödor bildar symbios med en svamp. Fånggrödorna förbättrar markens vattenhållningskapacitet och aggregatstruktur just på grund av att svamparna utsöndrar klibbiga slemämnen. (16, 26

Svamparna spelar också en viktig roll i produktionen av matjord. Nedbrytarsvampar, eller saprofyter, är en del av markens näringskedja. Markpackning och olika störande mekaniska eller

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

kemiska ingrepp försvårar tillväxten för nyttiga svampar och bereder således utrymme för patogener. En mark i gott skick innehåller en riklig mängd olika mikrober, som till exempel bakterier, svampar, arkéer och protozoer. Tack vare dem finns det mindre utrymme ock konkurrensmöjligheter för växtpatogener. Detta minskar behovet av kemiskt växtskydd. (16

Uppgift 2.3

Varför kan man betrakta organiskt material som den mest centrala egenskapen i marken? Hur inverkar det?

Välj det eller de alternativ du tror är rätt:

det förbättrar odlingsegenskaperna/förbättrar markstrukturen/håller kvar näringsämnen/fungerar som en buffert mot förändringar i pH/förbättrar vattenhållningsförmågan

Uppgift 2.4

Vilka markorganismer stöter du på oftast i dina åkrar. Välj tre.

Uppgift 2.5

Förstärker markmikrobernas slemämnen markstrukturen?

Ja/Nej

Markens fysikaliska egenskaper

Markens fysikaliska egenskaper påverkas primärt av *kornstorleksfördelningen* i jorden och av *markstrukturen*. Kornstorleksfördelningen beskriver mineralpartiklarnas fördelning i olika storleksklasser (Tabell 1).

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Tabell 1. Kornstorleksfördelningen och namnen på jordarterna

Jordarterna

Kornets diameter (mm)	Jordart, förkortning
< 0,002	ler, L
0,002 – 0,006	finmjäla, FMj
0,006 – 0,02	grovmjäla, GMj
0,02 – 0,06	finmo, FMo
0,06 – 0,2	grovmo, GMo
0,2 –0,6	finsand, FSa
0,6 –2	grovsand, GSa
> 2	grus, Gr

Markstrukturen formas av fasta partiklar, dvs. de minerogena beståndsdelarna, och organiskt material som bildar olika strukturer tillsammans med porutrymmena mellan dem.

De minsta partiklarna i marken är lera, och har alltså en diameter under 0,002 mm. Lera har en betydande effekt på flera markegenskaper, såsom vatten- och näringsabsorbering och kolinlagring. Effekterna beror särskilt på partiklarnas minimala storlek, men också på de reaktiva ytorna.

När markstrukturen bildas fungerar markpartiklar i olika storlekar som byggstenar. Tillsammans med organiskt material, rötter, bakterier och svampmycelernas slem bildar dessa partiklar *markaggregat*. Lerhalten i marken påverkar på vilket sätt aggregatstrukturen formas, speciellt i grova och organiska marker, vars aggregatbildning är porös (27.

I Finland varierar jordarterna och klimatförhållandena i olika delar av landet, vilket påverkar jordbrukarens arbete. Till exempel i ler- och mjäljordar packas marken lätt, och det kan vara svårt att åtgärda markpackningarna. Markpackningen försvagar också vattenhushållningen, bördigheten och den biologiska aktiviteten i marken.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

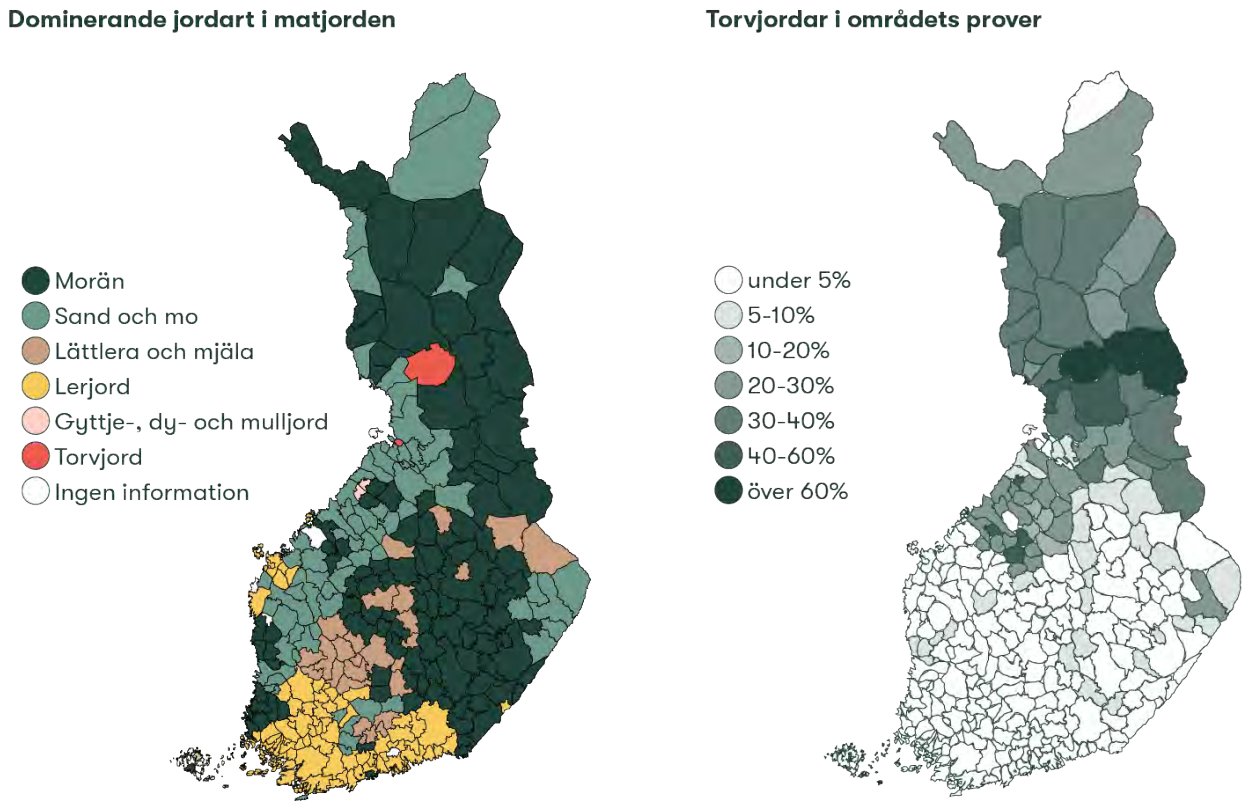


Bild 13. Den dominerande jordarten i matjorden Markkarteringstjänstens insamlade material (Resultatmagasin, tuloslaari.fi) från år 2011–2015 och torvjordarnas andel år 2005–2009 i det insamlade materialet (28. Den mest allmänna jordarten i de finska åkrarna är mineraljord, men ju längre norrut man kommer, desto vanligare blir de organogena jordarna.

Klassificering av jordarter och odlingsegenskaper

Mineraljordar namnges efter kornstorleken. Jordarterna motsvaras av mineralpartiklarnas storleksklasser (tabell 1). *Organiska jordarters* klassificering baseras på mängden och kvaliteten av organiskt material.

Innan kornstorleken undersöks, delas mineraljordarna upp i *osorterade* och *sorterade* jordarter. Morän är den mest allmänna jordarten i Finland och den klassificeras som osorterad eftersom den består av en blandning av nästan alla kornstorlekar. Sorterade jordar klassificeras efter jordart i *grova jordar*, dvs. grus, sand och grovmo och i *fina jordar* dvs. finmo, mjäla och lera.

Jordar vars *mullhalt*, alltså innehåll av organiskt material, överskrider 20 % kallas organiska jordarter. Jordar vars koncentration av organiskt material överskrider 40 % kallas torvjordar.

Vid markkartering bestäms jordtypen sensoriskt. För en mer exakt definition utförs mekanisk markanalys i laboratorium och jordarten bestäms med hjälp av jordartstriangeln (bild 14).

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Jordartstriangeln

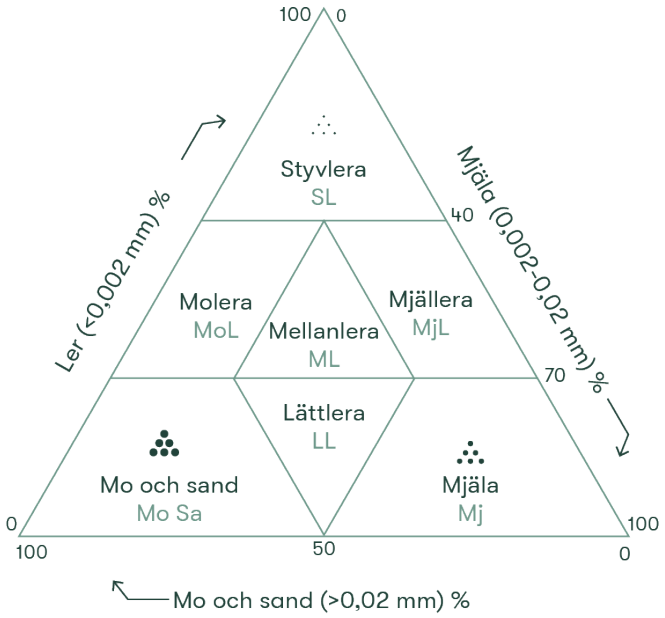


Bild 14. Jordartstriangeln används för att namnge jordarterna i Finland. Först måste jordarten i jordprovet bestämmas med hjälp av en mekanisk jordanalys. Definieringsarbetet börjar från sidan som indikerar lerhalten. Triangeln visar att redan en lerhalt på 30 % räcker till för att definiera en jordart som lerjord. Bild enligt källa 5.

Jordarter och odlingsegenskaper:

Sand och mojordar är luftiga och har en lucker struktur, men de kan inte hålla kvar näringsämnen och vatten i större utsträckning. Sandjord är fattigt på näringsämnen och det är känsligt för torka. Det uppstår ingen tjäle i sandjord. Det torkar lätt, och vattnets kapillära stigning är dålig. Mojord är däremot väl lämpat för växtproduktion på grund av dess fysikaliska egenskaper. Vattnets kapillära stigning är speciellt god i finmo. Vattnets kapillära stigning är ett fenomen där vatten binds till porväggarna och lyfts på så sätt upp från grundvattenzonen till jordytan.

Lättlera klassificeras som sin egen jordart inom jordbrukets klassifikationssystem. Den hamnar utanför klassificeringen någonstans mellan mo och mjäla. Vattnets kapillära stigning är snabb.

Mjäla har dåliga fysikaliska egenskaper för växtproduktion. Mjäla slammar och bildar skorpa lätt, vilket hindrar växternas groddar från att komma upp ur jorden. Mjäla är avsevärt mer känsligt för erosion än jordarter som innehåller sand och lera. En stabil aggregatstruktur minskar risken för igenslamning och skorpbildning. I mjäljordar uppstår små porer som håller kvar vatten och hindrar en alltför snabb urlakning.

Lerjordarnas lerpartiklar har en stor specifik yta, dvs. en stor yta i förhållande till sin vikt. Lerpartiklar har också många ytor som binder vatten, näringsämnen och organiskt material. Vatten och luft rör sig långsamt i lerjord eftersom porerna mellan lerpartiklarna är små och porsystemen som bildas av dem blir komplexa. När lerpartiklar bildar jordaggregat blir markstrukturen mer lucker, vilket underlättar vattnets och luftens rörelser i marken.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Organogena jordar bildas när nedbrytningen av växtmaterial i marken är långsammare än ansamlingen av växtmaterial. Förhållanden som gör nedbrytningen långsammare är väta och kyla. De organiska jordarnas kolutsläpp är stora, eftersom det organiska materialet som ackumulerats i dem under årtusenden bryts ned i och med markanvändning.

Fysikalisk markbördighet är en term som används för att beskriva markstrukturen och markens syre- och vattenhushållning.

Problemen i den fysikaliska markbördigheten visar sig ofta som problem i den kemiska markbördigheten, alltså som brist på näringsämnen. Växterna får inte tillräckligt med näringsämnen eftersom marken är packad eller lider av dålig dränering. (29

Markens kemiska egenskaper

Det sker kemiska reaktioner mellan olika grundämnen i marken. Kemi spelar därför en mycket viktig roll när det gäller markegenskaper, eftersom till exempel näringsämnen är grundämnen.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Bild 15. Det enklaste sättet att få information om den fysikaliska markbördigheten är att observera matjorden och växtligheten. Det lönar sig också att gräva gropar och se hur marken ser ut under ytan. Det är viktigt att sensoriskt observera de egna åkrarna för att kunna bilda sig en uppfattning om markens bördighet. Bara genom att se på åkrarna och känna på markstrukturen kan man få mycket information om eventuella problem med vattenhushållningen och markstrukturen. På basis av dessa observationer kan man till och med klassificera åkerskiften. Observationerna kan också ge en uppfattning om behovet av noggrannare mätningar. Bild: Eliisa Malin

En molekyl är en grupp kovalent bundna atomer. Till exempel är vatten, eller H2O, en molekyl som består av två väteatomer (H) som är bundna till en syreatom (O).

En jon är en elektriskt laddad atom eller molekyl.

En katjon är en positivt laddad jon.

En anjon är en negativt laddad jon.

pH-värdet anger markens surhet. Ju fler vätejoner det finns i markvattnet, desto lägre är markens pH och desto surare är marken.

Berggrunden består av olika bergarter. Bergarter i sin tur består av olika mineraler, som är markens utgångsmaterial. Stenmaterialets mekaniska finfördelning kallas fysikalisk vittring. När den kemiska sammansättningen av mineraler förändras, handlar det om kemisk vittring. De mineraler som bildas som ett resultat av vittring kallas lermineraler. Markens mineraler kallas också för dess minerogena beståndsdelar.

Varje mineral har sin egen kemiska sammansättning. Markens egenskaper formas också således av mängden och kvaliteten av olika mineraler. Ur mineralerna i marken frigörs joner som växter använder som näringsämnen. På detta sätt påverkar mineralerna markbördigheten direkt. Den finska berggrunden består huvudsakligen av sura bergarter, så vår mark är naturligt sur.

Mineralernas kemiska sammansättning avgör också hurdana reaktioner som förekommer på mineralpartiklarnas ytor. De viktigaste reaktionerna i marken är näringsämnenas bindning på partiklarnas ytor. Typen och antalet ytor som binder näringsämnen, avgör markens förmåga att lagra näringsämnena från gödselmedlen och organiskt material.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Bild 16. En spade jord.

Termen för markens förmåga att binda och avge näringsämnen kallas *katjonbyteskapacitet*. Ju mer finfördelad markstrukturen är, desto större förmåga har den att binda näringsämnen. Också mängden organiskt material ökar katjonbyteskapaciteten. Då marken har en hög mullhalt fungerar den som ett batteri laddat med näringsämnen.

Markens kemiska bördighet kan undersökas med hjälp av *markkartering* och räknare för katjonbyteskapacitet. Det finns en räknare ***här***.

Då man undersöker markbördigheten lönar det sig inte att spara på pengar eller ansträngningar, eftersom det mest informativa resultatet uppnås genom att samla jordprover noggrant, utan att förbise delproverna.

I allmänhet bör grundanalysen kompletteras med en omfattande bestämning av spårämnen och glödgningsförluster. Glödgningsförlust indikerar mängden organiskt material i marken. Det är också möjligt att undersöka lagrade näringsämnen i matjord och alven.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

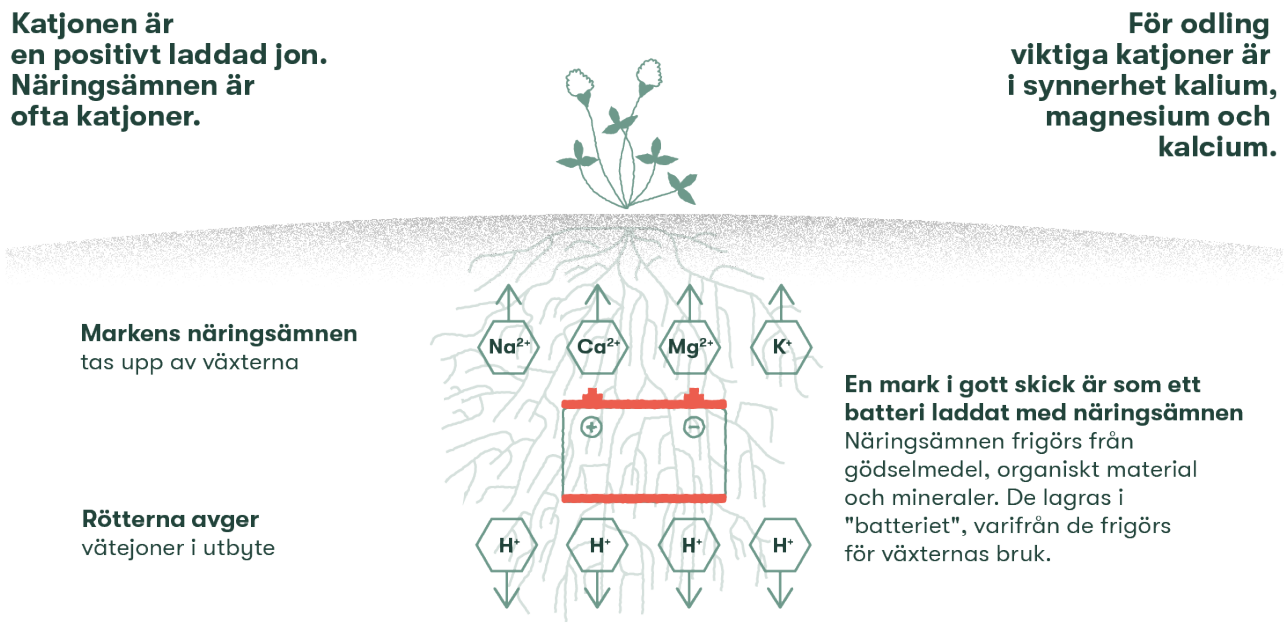


Bild 17. Katjonbyteskapacitet. Bild enligt källa 11.

Katjoner är positivt laddade joner och anjoner är negativt laddade joner. Joner kvarhålls på jordpartiklarnas ytor genom elektrisk attraktion. Exempel på katjoner som finns i marken är kalcium (Ca2+), magnesium (Mg2+) och kalium (K+). De är alla viktiga grundämnen för växtnäring. Den vanligaste katjonen i marken är kalcium, som också bidrar till markens struktur.

Katjonbyteskapaciteten hjälper oss också att förstå markens försurning. När marken försuras, ersätts näringskatjonerna på partikelytorna av vätejoner. Då urlakas näringskatjonerna och kan inte längre användas av växterna.

Då marken har en hög mullhalt fungerar den som ett batteri laddat med näringsämnen.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Markens pH inverkar på ämnenas löslighet och växternas tillväxt

pH_{H20}		
< 4,5	Väldigt sur	Växter börjar uppvisa aluminiumförgiftningssymptom
4,5 - 5,0	Mycket sur	
5,0 - 5,5	Ganska sur	
5,5 - 6,5	**Litet sur**	**Den optimala pH-zonen för de flesta växter**
6,5 - 7,5	Neutral	Risken för spårämnesbrist växer
> 7,5	Basisk	

Bild 18. Bild enligt källa 30.

Markens surhet är kanske den mest kända kemiska egenskapen i marken. Surheten i marken reglerar reaktionerna och egenskaperna i marken samt förhållanden mellan dem. För att få reda på surheten i marken mäter man pH-värdet, antingen i laboratorium eller med pH-remsor som finns tillgängliga i apotek och trädgårdsaffärer.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

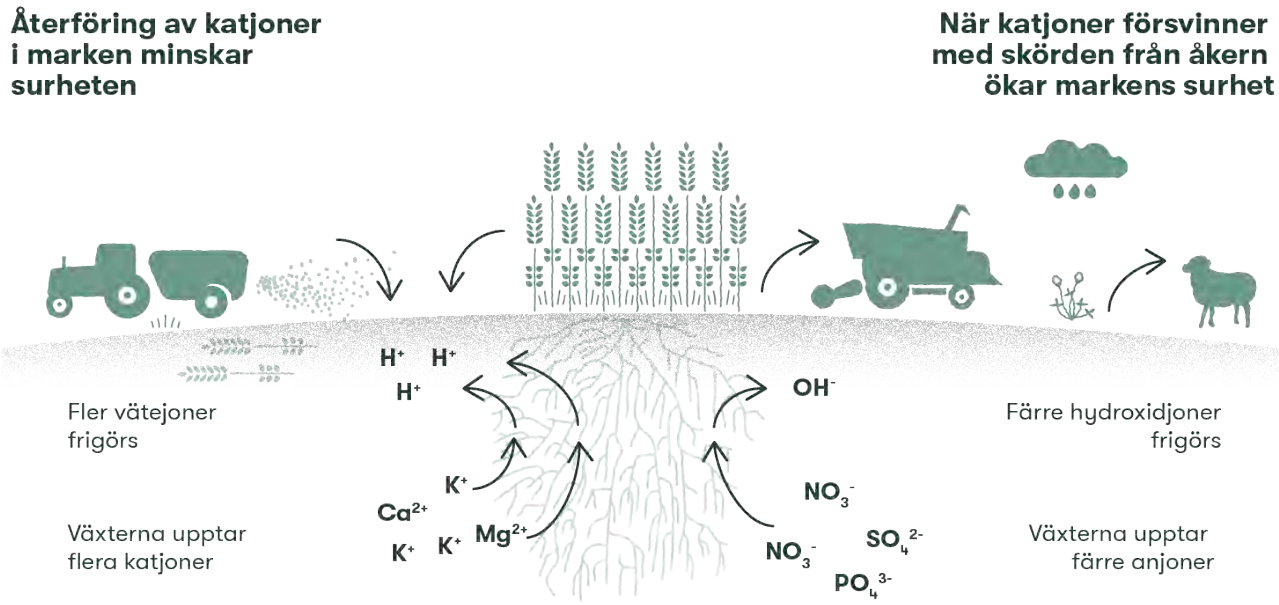


Bild 19. En förenklad modell av faktorer som inverkar på marksurheten. För att bibehålla den elektriska balansen måste växter utsöndra joner med samma tecken när de upptar näringsämnen från jorden. När växter tar upp katjoniska näringsämnen från marken och utsöndrar ömsesidigt positivt laddade vätejoner (H+), sjunker pH och det bildas surhet i marken. En del katjoner försvinner permanent från marken vid skörden. Å andra sidan kan vissa katjoner återvända till marken med växtrester. Man kan minska marksurheten, dvs. höja pH-värdet, med hjälp kalkningsmedel. Kalkningsmedel frigör hydroxidjoner (OH-), som neutraliserar H+-joner genom en kemisk reaktion som bildar vattenmolekylen H2O. Bild enligt källa 31.

Många olika faktorer påverkar markens surhet. Marken surhet ökar till exempel på grund av växtrötternas katjonupptagning samt vid mikrobers och växtrötters andning. Däremot kan man minska markens surhet genom att tillsätta kalkningsmedel och organiskt material.

Idealt är att åkermarkens pH är 6,1–6,5 för mineral- och mulljordar, och 5,5 för torvjord, dvs. en aning surt. För sur jord ökar urlakningen av vissa näringsämnen och försämrar därmed markbördigheten. Vissa växtnäringsämnen är selektiva då det kommer till markens pH-värde. Ifall pH-värdet inte är passligt kan det hända att näringsämnena inte frigörs från partikelytorna och då kan växterna inte använda dem.

Surheten reglerar också de biologiska processerna i marken. Svampar trivs bättre än bakterier i sur mark, vilket gör att näringsämnen i organiskt material frigörs långsammare. Dessutom försämrar surheten den biologiska kvävefixeringen och aktiviteten hos de slemproducerande bakterierna som upprätthåller aggregatstrukturen.

III. Jordhälsa

Åkrarnas goda jordhälsa är en förutsättning för livsmedelsproduktion och en av jordbrukets viktigaste resurser. Skördenivåerna och jordbrukets miljöpåverkan är direkt beroende av odlingsåtgärderna och jordhälsan. Skördesäkerheten, lönsamheten och självförsörjningen

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

påverkas också av jordhälsan. Jordhälsa har fått mera uppmärksamhet numera på grund av att växtperioderna under den senaste tiden varit så varierande. Oväntade och extrema väderförhållanden har ökat i och med klimatförändringen.

Bild 20. Regniga vintrar, översvämningar och torka utmanar jordhälsan. Bild: Jarmo Markkanen.

Många finska åkrar skulle gynnas av en förbättring av jordhälsan. De vanligaste problemen är markpackning och bristfällig vattenhushållning. Det lönar sig inte att köra på våta åkrar med stora och tunga maskiner, eftersom det leder till markpackning. Att åtgärda problemen kräver mycket planering och tid. Många odlare funderar febrilt på hur de kan förbättra sin jordbruksmark. Att förbättra jordhälsan innebär ett långsiktigt arbete. Det handlar dock inte om en omöjlig uppgift. Även på kort tid kan man göra en hel del och fördelarna mångdubblas med åren.

Genom att investera i de egna färdigheterna och förbättringen av jordhälsan förbereder man sig för framtidens livsmedelsproduktion.

Att den bördiga matjorden försvinner på grund av erosion är en stor förlust för odlaren. När den näringsrika matjorden hamnar i vattendrag orsakar den övergödning och grumlighet, så detta är inte heller bra ur miljösynpunkt. En bra lösning på dessa problem är att förbättra markens jordhälsa och kombinera det med ett ständigt växttäcke. Dessa skyddar åkermarken mot erosion och gynnar markorganismerna.

Jordhälsan försvagas ofta också av en minskning av mullhalten i marken. Mullhalten minskar om inte tillräckligt med växtrester eller andra kolflöden återförs till marken i förhållande till mängden kol som frigörs i atmosfären i samband med nedbrytningen. För att förbättra mineraljordars

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

mullhalt krävs systematiskt arbete. Man måste alltså samtidigt öka kolflödet och begränsa nedbrytningen av kol till koldioxid. På torvmarker måste men med olika medel kontrollera koldioxidutsläppen som uppstår vid nedbrytningen av torv.

Lyckligtvis kan odlaren själv påverka jordhälsan rätt mycket, utan att det kräver stora investeringar. Det är viktigare att analysera och följa med hur åkrarna mår samt planera de kommande åtgärderna utförligt. (11

Ju snabbare man åtgärdar jordhälsan, desto snabbare kan man vänta sig att få goda resultat. Det är viktigt att analysera skicket på grödorna och åkrarna samt planera de kommande åtgärderna utförligt. (11 Även om åkrarna producerar en riklig skörd, lönar det sig att undersöka varje skifte regelbundet så att man i god tid kan hitta möjliga förändringar som försämrar markens bördighet. En spade, skörde- och täckdikeskartor, satellitbilder, teknologiska hjälpmedel och de egna sinnena är viktiga redskap för observation av åkermarker.

Bild 21. Sirkku Puumala och Patrick Nyström odlar Verkatakkila gård i Vichtis. Bild: Kimmo Syväri.

Se Patricks video: Förbättrad jordhälsa ger bättre skörd (0:53)

Man får energi av att se hur man kan påverka jordhälsan. Att man inte bara är underkastad väderförhållandena. — Jordbrukare Sirkku Puumala, Verkatakkila gård, Vichtis

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Åkrarnas jordhälsa är summan av flera faktorer. Man kan förbättra åkrarnas skick bland annat genom att göra växtföljden mångsidigare, öka organiskt material, gödsla balanserat och enligt behov, hindra markpackning och välja rätt sätt att bearbeta marken.

Det är bra att komma ihåg att även om odlaren varken kan påverka väder, platsen där gården ligger eller jordarten i åkrarna, så har odlaren ändå flera möjligheter att påverka allt annat. Det känns meningsfullt och givande att ta hand om markens bördighet när ens egna val spelar en så stor roll.

Checklista för att förbättra jordhälsan

Ta hand om jordhälsan. Den påverkar skördesäkerheten, jordbrukets lönsamhet, självförsörjning och miljöpåverkan.

1. Red ut och åtgärda problemen med vattenhushållningen.
2. Observera åkrarna med hjälp av spade, skörde- och täckdikeskartor, satellitbilder, teknologiska hjälpmedel och de egna sinnena.
3. Främja en mångsidig växtföljd och välj olika typer av grödor.
4. Hindra att markpackning uppstår, kör inte på åkern när det är vått. Lägg märke till maskinernas tyngd, däcktryck och planering av åkertrafiken.
5. Välj ändamålsenliga metoder för bearbetning.
6. Förse åkermarken med ett kontinuerligt växttäcke, det skyddar mot erosion och gynnar markorganismerna.
7. Öka mängden organiskt material, det är det enda sättet att öka mullhalten i mineraljordar.
8. Använd olika metoder på torvmarker för att stävja koldioxidutsläppen som uppstår vid nedbrytningen av torv.
9. Gödsla marken balanserat och efter grödornas behov.
10. Minimera störningen av åkerekosystemet.

Uppgift 2.6

Fundera på dina åkrar, i vilket skick är de? Hurdana åkrar odlar du på? Ifall du inte har en egen gård kan du använda gården på din läroanstalt, eller göra uppgiften tillsammans med en bekant jordbruksföretagare med hjälp av följande frågor:

- Finns det flera olika jordarter på dina åkrar?
- Vilken är den huvudsakliga jordarten i dina åkrar?
- Förekommer det problem med jordhälsan på dina åkrar?
- Underhåller du dräneringen årligen?
- Finns det markpackning i dina åkrar?

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

- Hur sköter du om den kemiska bördigheten i åkern?
- Gör du något för att öka markens biologiska bördighet på din gård?
- Vad vill du lära dig om att förbättra markens bördighet på denna onlinekurs?

Kapitel 2 är skriven av:

Sanna Söderlund, Jenni Jääskeläinen, Eliisa Malin, BSAG

Kapitel 2 är faktagranskad av:

Specialforskare Helena Soinne, Naturresursinstitutet

Kapitel 2 är översatt av:

Anne Nordling, BSAG

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Kapitel 3 Mångfald

Biologisk mångfald innebär flera olika fördelar. Den skyddar odlingsväxter mot olika störningar och sköter om jordhälsan på många olika sätt. Det är lätt att öka den biologiska mångfalden på gårdarna, både under och över markytan.

I. Biodiversiteten bildar ett nätverk med flera dimensioner

Jordbrukarna arbetar i samarbete med naturen och upplever kontinuerligt dess mångfald vid sidan av sitt arbete. Många utför olika åtgärder för att värna om mångfalden på sina gårdar. För en del odlare är det arbetets salt, för andra ett trevligt komplement, men för hela jordbruket är biologisk mångfald ett livsvillkor.

Markens artrika organismer tar hand om markens välmående på flera sätt, medan mångfalden ovan jord i sin tur ger odlingsväxterna skydd mot olika störningar. Kan man få större skördar med hjälp av mångfald? Är det farligt om en eller flera arter försvinner? Hurudan är mångfalden på min gård och hur kan jag öka mångfalden? Bland annat dessa frågor försöker vi besvara i detta kapitel.

För att beskriva den biologiska mångfalden används också begreppen biodiversitet och i Finland också *naturens mångfald*. Den kan beskrivas som ett nätverk i flera dimensioner som sträcker sig från nordpolen till sydpolen och från underjorden ända upp till atmosfärens yttre sfärer. (1

Ett nätverk av biologisk mångfald

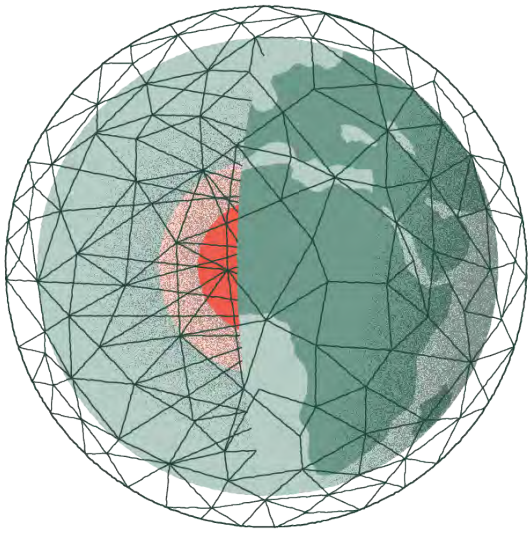


Bild 1. Nätverket av biologisk mångfald sträcker sig till världens alla hörn.

I nätverket av biologisk mångfald är alla organismer på ett eller annat sätt kopplade till varandra och därför också beroende av varandra. Av denna orsak har olika störningar i ekosystemet långt gående effekter. Människan har också förbindelse med alla andra organismer via detta nätverk. Människans ställning jämfört med många andra arter är speciell, då vi påverkar naturen på ett exceptionellt omfattande sätt.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Begrepp inom biologisk mångfald

Organism avser vilken som helst växt, djur, svamp eller encellig livsform, en individ av en särskild art.

Art är en grupp som består av individer, vilka åtminstone i princip kan föröka sig på ett sådant sätt att också avkomman är fertil.

Population avser en grupp organismer av samma art, vilka lever på samma område.

Ekosystem är en helhet som består av olika arters populationer och deras livsmiljö.

Naturligt urval innebär, att de individer som är minst lämpade för sin omgivning gallras bort, medan de bättre anpassade individerna bevaras och förökar sig, varvid de alleler de bär på blir allmännare.

Genetisk mångfald ökar i populationerna genom det genflöde som kommer från andra populationer.

Indikatorart är en art som ger information om livsmiljöer genom att förekomma eller saknas.

Nyckelart är en art som kraftigt påverkar andra arter i sin livsmiljö.

Främmande arter eller invasiva arter är arter som har kommit annanstans ifrån. Den främmande arten har spridit sig till området för egen kraft, medan den invasiva arten är hämtade av människor.

Mera information om olika organismer finns på adressen laji.fi/sv.

Mångfalden är *multifunktionell*. Detta innebär att mångfald skapar nytta på flera olika sätt på vår planet. Den påverkar människans hälsa och välmående på ett övergripande sätt. (2 Dessutom är de *ekosystemtjänster*, så som pollinering och markens funktioner som den biologiska mångfalden erbjuder, sådana nyttor som gör det möjligt att leva på vårt jordklot. Naturen har också ett egenvärde som inte är beroende av om den är till nytta för människan eller inte.

Biologisk mångfald är nyttig för människan på många olika sätt

- KOST. Mångfalden skapar diversitet i vår kost. Utan insekternas pollineringstjänster skulle kosten vara ensidig och bestå främst av spannmål och potatis. (3
- MIKROFLORA. Mångfalden är också till nytta för människans mikroflora (mikrober). Vi behöver biologisk mångfald också i vår kropp, eftersom en ensidig mikroflora predisponerar för kronisk inflammation, typ 2 diabetes samt hjärt- och kärlsjukdomar. En ensidig mikroflora försvagar också immunförsvaret. En rik mikroflora förebygger allergier och astma. (4
- PSYKISKT VÄLBEFINNANDE. Forskningen har gett lovande resultat som visar att naturen främjar vårt psykiska välbefinnande. Forskning kring mångfaldens effekter på vårt psykiska välbefinnande är dock tillsvidare inte alltför omfattande. (5

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

- ESTETISK OCH KONKRET NYTTA. Naturen producerar också estetisk nytta till exempel i form av vårdade kulturmiljöer eller havsnaturens upplevelser. Dessutom producerar naturen konkret nytta, så som svampar, bär, vilda örter, fisk och vilt. (6
- AFFÄRSVERKSAMHET. Nyttan av mångfalden kan ta en mängd olika skepnader för företagare. En jordbrukare har till exempel nytta av pollineringstjänster och organismerna i marken, medan mångsidiga naturmiljöer är en förutsättning för affärsverksamheten för producenter av turismtjänster. (5, 3

Naturen strävar efter balans och då den rubbas strävar den till balans igen. En försämring av den biologiska mångfalden rubbar balansen och försämrar *resiliensen* dvs. förmågan att hantera förändring. En försämring av den biologiska mångfalden är ett stort hot, vars följder vi inte kan förutse. Det är till exempel omöjligt att veta på vilket sätt en arts försvinnande påverkar det biologiska nätverket. Av denna orsak är det motiverat att värna sig mot en försämring av mångfalden hellre än att låta arter dö ut och se vad som händer.

Uppgift 3.1

Begrunda på vilket sätt mångfalden påverkar ditt och din omgivnings välbefinnande. Räkna upp tre saker.

Nyttorna vi får av den biologiska mångfalden är besvärliga ur den synpunkten att ingen äger dem. Eftersom till exempel pollineringstjänsterna eller de vilt växande växternas kolbindning inte har någon ägare, har de inte heller någon ekonomisk marknad. Eftersom mångfalden kan utnyttjas av alla, minskar det på lusten att göra satsningar för dess bevarande – det går inte att göra affärsverksamhet av det. Ansvaret för värnandet om mångfalden ankommer alltså på samhället och till stora delar på markägarna. (7

Mångfalden effektiverar tillväxten

Den biologiska mångfalden är lätt att påverka i jordbruksomgivningen, såväl positivt som negativt. Många odlare utför olika åtgärder för att öka och värna om mångfalden på sin gård. Mångfald i jordbruksmiljön kan observeras på väg- och dikesrenar, kring gamla byggnader och på gamla gårdsplaner, naturvårdsåkrar, betade vårdbiotoper och åkrarnas skogsholmar. Man kan också öka mångfalden genom en mera mångsidig växtföljd, till exempel med hjälp av fånggrödor och vallar med många växtarter.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Bild 2. En nässelfjäril på en kirskål och en pärlemorfjäril i flykt. Bild: Marjo Aspegren.

Man kan öka mångfalden med hjälp av ängar, stenhögar, död ved, risgärdesgårdar och genom att tillämpa olika metoder från skogsjordbruket: häckar, alléer som fungerar som vindskydd, skyddsremsor och skogsbeten. Den biologiska mångfalden i marken kan ökas permanent invid annars odlad areal med hjälp av obearbetade remsor antingen som skalbaggsåsar eller åkerrenar. Mångfald bland marklevande organismer är också en del av den biologiska mångfalden.

Mångfalden av markorganismer är avgörande för upprätthållandet av åkermarkens funktioner.

Då markens biota är mångsidig, fungerar nedbrytningen och därmed också näringsämnescirkulationen aktivt. Organismerna bryter ned organiskt material och frigör näringsämnen till växterna och växterna bildar å sin sida kolföreningar i marken genom sin assimilation. Dessutom är markens motståndskraft mot olika sjukdomar och extrema förhållanden desto bättre, ju mångsidigare livet är under markytan.

Det ovanjordiska ekosystemets mångfald har en stark koppling till mångfalden under jord. Växterna lever i växelverkan med andra organismer. Nyttiga bakterier och svampar på olika växters blad och rötter bildar föreningar, vilka kan främja växternas skydd eller deras näringsupptagning. (8 Till exempel bakterier i *Rhizobium*-släktet kan binda kväve ur luften, vilken växterna kan utnyttja för sin tillväxt. Dessa kvävefixerande bakterier lever i tät växelverkan med rotsystemet av vissa växter, så som bondböna, ärt och klöver.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Bild 3. Vallar med många arter skapar mångfald både ovanför och under markytan, vartill de främjar kolinlagring i marken. Bild: Sanna Söderlund.

Blandningar av flera arter ger odlingssäkerhet i varierande förhållanden; någon art klarar sig alltid, även om förhållandena skulle vara ogynnsamma. Baljväxter som ingår i vallblandningar lockar pollinerare och ger dem näring. (9 Baljväxterna har också konstaterats ge skördeökning i vallblandningar. (10 I ett globalt perspektiv är *trädjordbruk*, där man kombinerar trädbestånd med jordbruk, en källa till större mångfald och bättre odlingssäkerhet. (11, 12

VIDEO: Vid Jenas universitet i Tyskland har man forskat i mångfaldens effekter under en lång tid. Se en video (8:55) i ämnet.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Mångfaldens effekter på skörden

1. Mångfald förbättrar pollineringstjänsterna och kontrollen av skadegörare, markens bördighet och vattenhushållning. (13
2. Ju större mångfalden är ovanför och under markytan, desto bättre tål marken olika externa förändringar och hot. (13
3. Blandbestånd producerar bättre skördar än monokulturer, eftersom kompanjonsväxter stöder varandras tillväxt. Ett gammalt exempel är klätt, som främjar vetets tillväxt. (8
4. En mångfald av pollinerare främjar högre skördenivåer. (14
5. En mångfald av pollinerare kan minska mängden skador som orsakas av skadeinsekter: de naturliga fienderna håller skadedjursbestånden i schack. (15
6. Vallar som består av flera arter har konstaterats ge större skördar än vallar med ensidiga artsammansättningar. (9, 16
7. Mångfaldens positiva effekt på skördenivån kan konstateras också då skördens kvalitet beaktas vid bedömningen. (12, 16

II. Mångfalden kan förbättras med små steg

Jordbruket har stor betydelse för den biologiska mångfalden. Då man räknar från satellitbilder, är så mycket som 40 procent av landytan i jordbruksanvändning. Det är en stor andel, eftersom återstående 60 procent innehåller bland annat tundra med sin permafrost samt alla öken- och bergsområden.

Jordbruket producerar praktiskt taget all näring för människor och husdjur. (17 Odlarna är i den lyckliga situationen jämfört med andra medborgare, att de på ett konkret sätt kan påverka den biologiska mångfalden via den mark de förvaltar. Man kan göra mycket för den biologiska mångfalden med små åtgärder. Det lönar sig att betrakta gården som en helhet, varvid många små åtgärder bildar en imponerande helhet.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Odlingen är mångsidig på Ilpo Markkolas gård i Hämeenkoski

Bild 4. På Ilpo Markkolas gård bidrar också våtmarker som har byggts för att fånga upp näringsämnen till mångfalden. Bild: Sanna Söderlund

GÅRDEN I ETT NÖTSKAL:

Ilpo Markkola odlar havre, vete, råg, korn och maltkorn på sin strax under 30 hektar stora gård.

Dessutom har han planterat några hundra fruktträd på sin mark, bland annat äpple, päron och plommon. Han prövar också på blåbärstry, blåbär och hallon. Under byggnad finns också en humleodling för nygrundade Kosken Mallas behov. Målet är att det skulle finnas produkter att sälja från gården under alla tider på året.

VILKA TANKAR VÄCKER MÅNGFALD HOS DIG?

"Jag gillar fåglar, pollinerare och maskar och vi har mycket av dem alla. Allting fick sin början för 12 år sedan, då jag märkte att vi har rapphönor här. De gillar att åkrarna har ett växttäcke. Jag letar upp tofsvipornas bon före vårbruket. Vi kör inte över dem. Fåglarna trivs då de har mat. De bildar ett sådant omlopp, att deras antal korrelerar med antalet pollinerare. Fruktträden och trädgårdsväxterna är också beroende av pollinerare.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Då det finns näring i marken finns det också mikrobverksamhet. Min uppgift är att bygga upp humus och binda kol, så att odlingsmarkens tillstånd blir bättre. Om det är mångfald, så är det så. Jag försöker göra det här tillsammans med naturen – ibland lyckas jag, andra gånger inte. Naturen är en listig partner."

I jordbruksmiljöer kan man öka den biologiska mångfalden på många olika sätt. Alla kan börja med små åtgärder, så som genom att låta bli att slå dikesrenar eller lämna remsor obesprutade, så att det kan utvecklas en mångfald av insekter och växter. Det är till exempel också en liten men nyttig åtgärd att lämna vall intill skogsholmar. Även små skogsholmar är viktiga element för att öka åkernaturens mångfald. På motsvarande sätt ger stenhögar och stengärdsgårdar både skydd och näring åt ett flertal olika organismer.

Bild 5. Jordbrukarna Sirkku Puumala och Patrick Nyström, Vichtis. Bild: Kimmo Syväri

Vi beslöt oss för att lämna vall på en remsa med svag produktivitet i kanten på skiftet, bara för att öka på mångfalden.

– Jordbrukarna Sirkku Puumala och Patrick Nyström på gården Verkatakkila, Vichtis

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Åkerrenar är oaser av mångfald. Redan en smal åkerren kan ha en anmärkningsvärt rik växt- och insektsartrikedom. Åkerrenarnas mångfald kan också förbättras genom att beså dem med fröblandningar som särskilt är framtagna för ändamålet.

Bild 6. Honungsfacelian bjuder på näring för pollinerare i skalbaggsåsen. Bild: Sanna Söderlund

Det är nyttigt för såväl odlaren som åkerns organismer att anlägga en s.k. *skalbaggsås* (även *beetle bank*) på stora åkeröppningar. Skalbaggsåsar är inte så kända i Finland, men i till exempel Storbritannien har man redan länge tillämpat metoden för att öka mångfalden på stora åkerfält. Med hjälp av skalbaggsåsar sprider sig skadeinsekternas naturliga fiender lättare ut på åkern. De erbjuder också föda för fåglar. Eftersom skalbaggsåsar minskar behovet av kemisk bekämpning av skadegörare, leder de till ekonomiska inbesparingar.

Till sin form är skalbaggsåsen en ås som ligger litet högre än omgivningen. Den besås med en lämplig växtblandning, som innehåller till exempel honungsfacelia, gräsväxter och prästkrage. Honungsfacelian är särskilt nyttig, eftersom den lockar till sig en stor variation av insekter. De utgör i sin tur föda för åkernaturens fåglar. På skalbaggsåsen kan man också låta åkerrenens typiska växter förekomma, eftersom flera naturliga fiender till skadegörare gillar till exempel hundloka.

Då man förbättrar levnadsvillkoren för en art på gården, drar många andra arter också nytta av det. Många jordbrukare berättar om sina erfarenheter av vissa djurarter ända sedan barnsben.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Bild 7. Jordbrukaren Kalle Kivelä, Salo. Bild: Kalle Kivelä

Jag minns hur det som barn fanns ofantligt mycket nyckelpigor i spannmålslassen. Vi lät dem gå på handen och då man lyfte armen flög de i väg. För några år sedan vaknade jag upp till att nyckelpigorna inte längre finns och började följa med deras antal. Nu ler jag varje gång jag ser en nyckelpiga. Hoppas vi kan få dem att öka.

– Kalle Kivelä, på gården Alaspää i Salo

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Rapphönan vittnar om stor mångfald

Bild 8. Rapphönan är en art som vittnar om stor mångfald. Rapphönan behöver skydd och näring på åkern. Bild: Arto Juvonen.

Rapphönan är en av jordbrukarnas favoriter. Rapphönan var tidigare ett viktigt vilt då den var talrikare, men numera är arten trängd då tegdiken och lador har försvunnit från åkerlandskapet.

Rapphönan förekommer i Finlands södra delar och i de västra kustregionerna. Arten har gått från livskraftig till nära hotad inom rödlistningen av arter, eftersom stammen har försvagats av jakt och förändringar i åkerlandskapet. (18

Rapphönornas livsmiljöer kan enkelt förbättras genom att bedriva ett mera mångsidigt åkerbruk och genom att se till att det finns ett växttäcke under alla tider på året. Obesprutade remsor i åkerrenarna och oslagna viltremsor av en maskinbredd på stora åkerskiften förbättrar rapphönornas levnadsvillkor avsevärt. På dessa remsor kan man så olika blandningar, vilka innehåller högvuxna solrosor och honungsfacelia som lockar insekter.

Rapphönornas möjligheter att överleva vintern förbättras också av att tröska spannmålen i lång stubb och av odling av höstsådda grödor. Plöjda åkrar är mest skadliga för rapphönan, medan växttäckta åkrar bäst stöder rapphönans överlevnad.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Pollinerarna utför ett livsviktigt arbete

Tre fjärdedelar av världens odlingsväxter är beroende av pollinering eller har åtminstone nytta av pollinering. (19 En del av växterna självpollineras också, men då kan skörden bli liten eller av dålig kvalitet. Av de finländska odlingsväxterna är till exempel bovete helt beroende av insektpollinering, men till exempel bondböna, jordgubbe, kummin, vinbär och raps har också betydande nytta av den. Till exempel rybsen har lidit av brist på insektpollinering, vilket i delar av Finland redan har lett till sämre skördar i brist på pollinering. (20, 21

Det lönar sig att planera växtföljden också med tanke på pollinerarna, eftersom de behöver blommande växter under hela växtperioden. Det lönar sig inte att så växter som blommar samtidigt med skördeväxten i närheten av odlingen för att pollineringen ska lyckas så bra som möjligt.

Viktiga pollinerare

Honungsbi: Honungsbiet producerar honung utöver pollineringstjänster. Man kan flytta bon till åkerkanten enligt behov, men ändå behövs också vilda pollinerare. Honungsbiet pollinerar inte alla odlingsväxter lika effektivt och det finns inte tillräckligt många bon för att placeras vid alla åkerrenar. Bland vilda insekter är vilda bin de viktigaste pollinerarna och deras ekonomiska värde globalt är av samma storleksordning som honungsbiets. Honungsbin står för en fjärdedel av pollineringsbehovet i Finland.(5

Solitärbin: Vilda bin som lever i mindre samhällen än honungsbin.

Humlor: Det finns flera arter av humlor. Denna ludna och runda pollinerare är ett arbetsamt och ihärdigt djur, som effektivt för pollen från en blomma till en annan. Humlorna är särskilt viktiga för djupa blommor, eftersom vissa arter av humlor har specialiserat sig för pollinering av dem med sin långa tunga.

Andra vilda pollinerare: Bland andra vilda pollinerare finns till exempel fjärilar, steklar, parasitsteklar, blomflugor, skalbaggar, myror och getingar.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Bild 9. Honungsbi på honungsfacelia. Bild: Sanna Söderlund.

Under de senaste åren har det talats mycket om insekter på grund av pollinerardöden. Pollinerarna har med säkerhet minskat åtminstone i västra Europa och Nordamerika, men problemet begränsar sig sannolikt inte enbart till dessa områden. För närvarande finns det dåligt med information om pollinerarsituationen från andra delar av världen, men då man följer med förändringarna i deras livsmiljöer kan man anta, att situationen håller på att försämras.

Orsaken till pollinerardöden är inte klar. Utöver försämrade livsmiljöer har man misstänkt neonikotinoider, vilka används som bekämpningsmedel inom odling av bland annat oljeväxter. Användningen av neonikotinoider är förbjuden i Finland. Andra misstänkta orsaker är bekämpningsmedlens effekter på åkerrenarnas växtlighet men också på pollinerarnas orienteringsförmåga, förökning och immunförsvar. (3

Fysikern Albert Einstein påstås ha sagt att mänskligheten har fyra år av livstid kvar om pollinerarna försvinner.

Optimistiskt tänkt behöver vi aldrig bevittna huruvida påståendet är sant eller inte, eftersom medvetenheten om pollinerarnas betydelse ökar hela tiden och samtidigt ökar åtgärderna för att förbättra deras levnadsförhållanden. I varje fall finns det skäl till oro och därför ska alla tänkbara metoder för att trygga pollineringstjänsterna också i framtiden utnyttjas.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Vad i pollinerarnas ställe?

Värdet på det arbete som pollinerarna utför är 426 miljarder euro per år. (22

Om pollinerarna inte skulle utföra det arbete som de normalt utför, finns tre alternativ: (3

- **Man avstår från odling av insektpollinerade växter och övergår till själv- och vindpollinerade växter.** Detta leder till en ensidigare och ohälsosammare kost, mera växtsjukdomar, sämre markbördighet på grund av ensidigare växtföljder, större problem med skadegörare och växtsjukdomar.
- **Man hittar på nya sätt att pollinera växterna, så som robotbin.** Vi har ingen aning om vilka miljöeffekter dylika pollineringsrobotar kunde ha under sin livscykel.
- **Man tillämpar mänsklig pollinering**. En person hinner pollinera blommorna på 5–10 fruktträd under en arbetsdag. Med finländsk lönenivå skulle pollineringen av en hektar äppelträdgård komma at kosta inemot 10 000 euro. Hur mycket skulle äpplen kosta?

Uppgift 3.2

Vilken eller vilka odlingsväxter lider mest av pollinerardöden?

Vårdbiotoper tryggar biologisk mångfald i framtiden

Vårdbiotoper är inte enbart en kvarlämning från en förgången tid, utan de är också en del av framtidens levande jordbruk.

Vårdbiotoperna har fått sin början för hundratals år sedan, varvid det uppstod unika ekosystem av organismer på ängarna som betades eller slogs. Till sin naturtyp är de olika ängar, torrängar, svedjeskogar, hagmark, hedar och skogsbeten. (23

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Bild 10. Vårdbiotoperna är fortfarande i behov av aktiv skötsel, eftersom deras i många fall hotade djurliv behöver en mångsidig och låg växtlighet för att klara sig. Bild: Eija Hagelberg.

Skötsel av vårdbiotoper innebär slåtter eller bete. Det lönar sig att återställa igenvuxna vårdbiotoper, eftersom deras jordmån kan innehålla en värdefull fröbank av ängsväxter.

Vårdbiotoper kännetecknas utöver lågvuxen växtlighet av exceptionellt rik och mångfaldig artrikedom. Växterna är i huvudsak örter och de kommer från skogar och ängar. I Finland består de mest synliga vårdbiotoperna av trädbevuxna naturbeten och ängar, så som strandängar, vilka på många håll betas. Trädbevuxna vårdbiotoper kan identifieras utgående från trädens och buskarnas antal och växtsätt. På gamla beten kan trädbeståndet vara lägre och förgrenat, då de betande djuren har betat ned dem i plantstadiet. Ljusälskande buskar så som hassel och degbär kan vittna om att området tidigare har varit öppet. Stora växter så som nässla, hallon och hundloka tyder på att området har eutrofierats, då skötseln av vårdbiotopen antingen har upphört eller varit bristfällig. (24

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Bild 11. Betande djur sköter om mångfalden. Bild: Marjo Aspegren.

Visste du att?

De betande kreaturens gödsel bidrar också till större mångfald. Dyngbaggar som lever i och av gödseln bryter ned kreatursgödseln på åkrarna. Deras arbete är oerhört värdefullt: I Förenta staterna har man uppskattat värdet på deras arbete till 324 miljoner euro per år.

Betesgång ökar mångfalden

Man kan främja biologisk mångfald med betesgång. De vårdbiotoper som har uppstått exempelvis till följd av betesgång är verkliga mångfaldsbanker, vilka man kan upprätthålla och förbättra med hjälp av betesgång. Dessutom är avbetning ofta det enda sättet att sköta om steniga och ojämna vårdbiotoper med sällsynta växter. Betesgången gör också landsbygdsmiljön mera mångsidig.

Tillståndet hos sällsynta strandängar kan också förbättras med hjälp av avbetning. Om stränderna inte betas av, växer de igen. Täta vassar minskar på den biologiska mångfalden, medan betesgång förbättrar bland annat hotade fågelarters levnadsvillkor. (25

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Bild 12. Jordbrukaren Riitta Lehtinen berättar om de positiva effekterna av betesgång: Betesgången främjar åkerns mångfald. Därtill förbättrar det djurens välmående, och planeras det väl så är det en effektiv kolinlagrande åtgärd. Bild: Marjo Aspegren

Uppgift 3.3

Finns det vårdbiotoper på din gård eller tidigare vårdbiotoper som kunde återställas? Kunde du främja mångfalden med hjälp av vårdbiotoper på din gård?

10 steg mot större mångfald på åkrarna

- Gynna äkta växttäcke och lämna växttäcke på sådana områden, där du vet att det förekommer fågelarter som lever på odlade marker.
- Gynna stubb av skyddssäd och den vall som växer upp under den, eftersom den hör till de bästa livsmiljöerna för flera organismer i det vintriga åkerlandskapet.
- Använd fång- och bottengrödor och bearbeta åkern först på våren.
- Sträva till att lämna större enhetliga grönområden än bara dikesrenarna kring diken med hjälp av till exempel naturvårdsåkrar eller skyddszoner.
- Slå inte åkeröppningens alla dikesrenar under samma år.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

- Grunda viltåkrar till exempel i form av smala jordbruksskiften på större skiften eller längs skogskanter, där du vet att viltet rör sig.
- Lämna obesprutade remsor längs med åkerkanterna.
- Berika växtföljden med nya odlingsväxter, fånggrödor och blandade grödor.
- Bygg skalbaggsåsar, vilka ger skydd för bland annat skadegörarnas naturliga fiender.
- Kartlägg gårdens vattenområden och utnyttja lämpliga fåror, naturliga svackor och gamla marktäktsgropar för byggande av våtmarker och andra vattenbassänger. De bidrar till mångfalden och hejdar näringsämnen, vartill de vid behov kan utnyttjas för bevattning.

Enligt den ursprungliga källan 24.

Uppgift 3.4

Vilka metoder i listan ovan kunde du tänka dig att prova på på din egen gård? Välj två metoder som du inte provat på tidigare. Fundera på vilka skiften de skulle gynna den biologiska mångfalden allra mest. Om du inte har en egen gård, fundera på frågan utgående från gården på din läroanstalt eller hos en bekant jordbrukare.

Kapitel 3 är skriven av:

Sanna Söderlund, BSAG

Kapitel 3 är faktagranskad av:

Specialforskare Mikko Kuussaari, Finlands miljöcentral

Kapitel 3 är översatt av:

Thomas Antas

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Kapitel 4 Kolet, vattnet, klimatet

Kolet, vattnet och klimatet är nära hopkopplade. Kolet är ett centralt grundämne för allt liv på jorden. På åkern är kolet viktigt för att odlingsväxterna ska växa, men finns det alltför stora mängder av det i atmosfären accelererar klimatförändringen. Klimatförändringen påverkar i sin tur kolets naturliga kretslopp, samtidigt som den också påverkar vattnets kretslopp.

I. Kolet

Kolet, livets grundämne

Alla organismer som lever på jordklotet innehåller kol. Ungefär hälften av växternas och nästan en femtedel av människornas massa utgörs av kol. Grundämnet kol (C) är en grund för liv. Utan kol skulle till exempel åkrarna inte ge skörd. På rätt plats är kolet alltså ett oerhört betydelsefullt grundämne. Medaljens baksida är att för mycket kol i atmosfären påskyndar klimatförändringen. Klimatförändringen förändrar i sin tur kolets naturliga kretslopp, samtidigt som den också påverkar vattnets kretslopp.

Till all lycka kan man med rätt odlingsåtgärder påverka kolinlagringen i marken, och på så sätt hjälpa till att minska överbelastningen av koldioxid i atmosfären. I det här kapitlet fördjupar vi oss i kolets kretslopp. Vi studerar också hur det hänger ihop med vattenhushållningen, klimatet och jordbruket.

Trots att det finns mycket kol i världen är allting ändå inte täckt av sot och koldamm. Det här beror på att kolet lätt bildar föreningar med andra grundämnen. Egenskaperna hos de här föreningarna skiljer sig avsevärt från rent kol.

När den minsta beståndsdelen i grundämnet kol, kolatomen, förenar sig med två syreatomer, bildas en förening som kallas koldioxid (CO_2) (1. Koldioxid är en växthusgas, som i för stora mängder i atmosfären gör att klimatförändringen sker snabbare.

Kolet cirkulerar ständigt mellan olika lager. Kolets kretslopp delas in i ett snabbt och ett långsamt kretslopp.

Det snabba kretsloppet består av kolflödena mellan atmosfären, oceanerna, havsbottnarnas ytsediment, vegetationen, marken och vattendragen. I atmosfären blir en enskild koldioxidmolekyl endast kvar i några år, men i vegetationen, marken och en del av havens lager kan kolet bindas i hundratals eller upp till tusentals år. (2, 3 Huvuddelen av det kol som är bundet i havens ytskikt och vegetation återgår ändå med tiden till atmosfären som koldioxid.

Kollagret och dess förändringar

Kollagret och dess förändringar beskrivs med termerna *biomassa, lager, kolsänka, kolbindning, fotosyntes (assimilation), kolutsläpp* och *kolkälla*.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

När kolflödet till marken ökar, ökar kollagret upp till en viss nivå. Ökningen fortsätter ändå inte i all evighet, utan i något skede når man ett jämviktsläge.

Markens mättnad av kol kallas kolmättnad. Det betyder att en ökning av tillförseln av kol inte längre ökar på kollagret. Kolmättnad uppstår ofta i markens ytskikt, som tar emot det största kolflödet. Kollagret kan då ännu ökas till exempel genom odling av djupt rotade växter, så att kolflödet också riktas till de djupare markskikten. (5

Det långsamma kretsloppet har att göra med sediment och sedimentära stenar (3, som bildar jordklotets största kollager. De kan lagra kolet i 10 000 år eller mer.

Kol överförs från det långsamma kretsloppet till det snabba i samband med vulkanisk aktivitet, kemisk nedbrytning, erosion och förbränning av fossila bränslen. Kol överförs från det snabba kretsloppet till det långsamma i relativt små mängder, till exempel i samband med bildande av sediment på havsbottnen. Industrialiseringen av samhället har dock lett till en ökad användning av icke förnybara eller fossila bränslen, och till följd av detta har stora mängder fossilt kol frigjorts från det långsamma kretsloppet till det snabba (2.

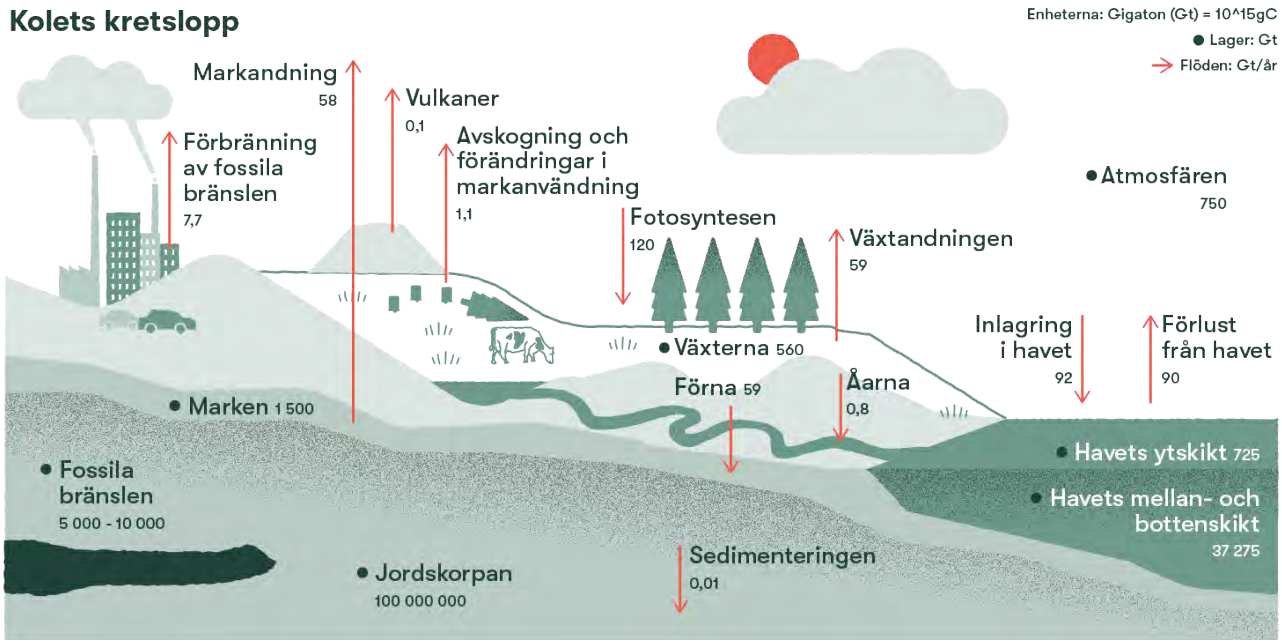


Bild 1. Kolets kretslopp. Bild enligt källa 4.

Uppgift 4.1

Välj rätt storlek på kollagret (Gt)

Växtligheten

560, 750, 1 500, 5 000–10 000, 38 000, 100 000 000

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Atmosfären

560, 750, 1 500, 5 000–10 000, 38 000, 100 000 000

Fossila bränslen

560, 750, 1 500, 5 000–10 000, 38 000, 100 000 000

Marken

560, 750, 1 500, 5 000–10 000, 38 000, 100 000 000

Havsvattnet

560, 750, 1 500, 5 000–10 000, 38 000, 100 000 000

Sedimentära stenar

560, 750, 1 500, 5 000–10 000, 38 000, 100 000 000

Marken är ett stort kollager

I markskiktet som sträcker sig till 1–2 meters djup lagras uppskattningsvis 1 500–2 400 gigaton kol. Det motsvarar 300–500 gånger de årliga kolutsläppen från fossila bränslen.

Marken innehåller tre gånger mer kol än den totala mängden i hela atmosfären.

Markens *organiska* eller *organogena material* består av växter, mikrober och djur som lever eller är i olika stadier av nedbrytning. Det kol som är bundet till det organiska materialet kallas *organiskt kol*.

Kolet blir en del av det organiska materialet genom assimilationen. När växterna binder kol från atmosfären blir kolet en beståndsdel i de kolhydrater de producerar. Det organiska kolet utgör cirka hälften av det organiska materialets massa.

Markens aggregatstruktur har en central roll i nedbrytningsprocessen, eftersom kolet bevaras länge i aggregaten och på mineralernas ytor.

Visste du att?

Om man tittar på hela planeten är markerna i Finland förhållandevis unga. Därför har de en hög kolhalt. Det är av primär betydelse att vi försöker hålla kvar kolet i åkrarna. Metoderna för regenerativ odling stöder bevarandet av markens kolhalt och hjälper till att lagra kol när det är möjligt.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Beständigheten hos kolet i marken påverkas av det organiska materialets nedbrytningshastighet, som är varierande. Snabbt nedbrytbart eller *labilt organiskt material* bryts ned på månader eller år, medan permanent eller *stabilt organiskt material* kan bevaras i marken i upp till hundratals år.

Det organiska materialet får en stabil form när föreningar och mikrobmaterial som bryts ned reagerar med mineralerna i marken. Processen ger upphov till kemiska bindningar, som skyddar det organiska materialet från nedbrytning. Markens aggregatstruktur har också en central roll i nedbrytningsprocessen, eftersom kolet bevaras länge i aggregaten och på mineralernas ytor. Lermineralerna är betydelsefulla för bildandet och stärkandet av aggregatstrukturen. Därför skyddar lermaterialet också det organiska materialet från nedbrytning. Markens kolhalt bestäms alltså av skillnaden mellan det kol som flödar till marken och det som försvinner därifrån. (5

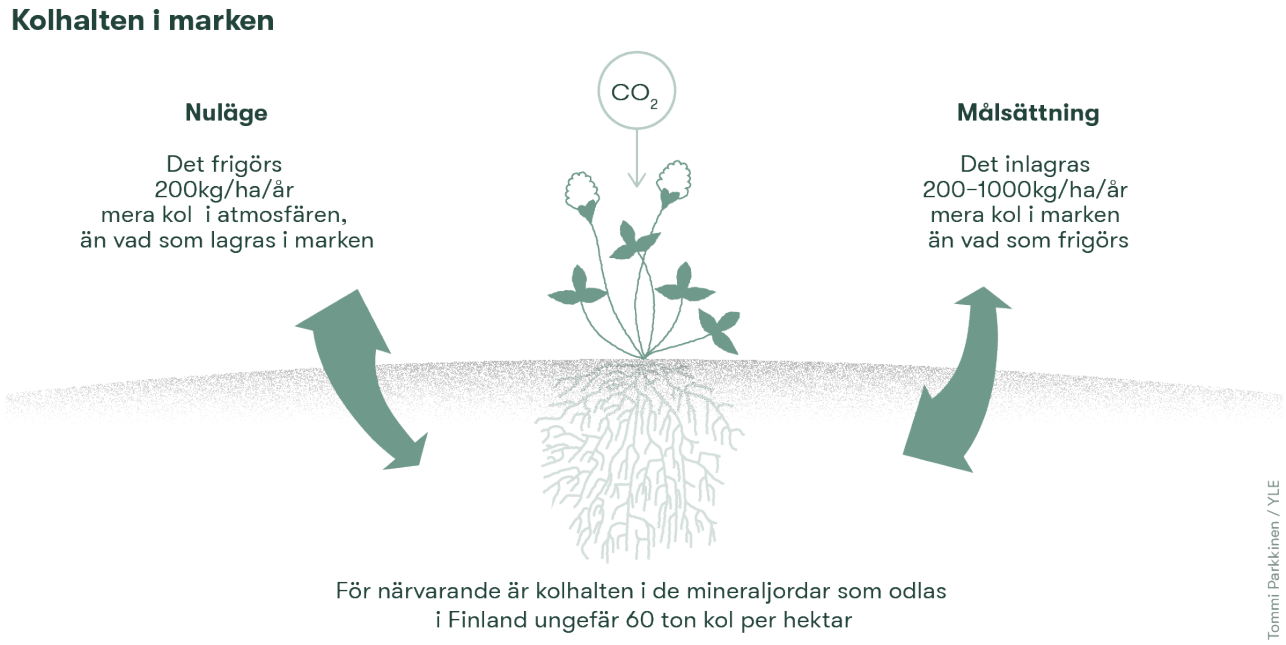


Bild 2. Kolhalten i marken.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Bild 3. På bilden Mathias Weckström med sina nötkreatur. Dött växtmaterial, växtsekret, animaliskt avfall och organiska gödselmedel ökar mängden kol i marken. Samtidigt leder nedbrytningen av organiskt material samt erosionen och avrinningen till att kol försvinner från marken. Bild: Anne Antman

Se videon: Kolbindning är en väldigt lätt sak 01:56

Organiskt och oorganiskt kol

Utöver det organiska kolet innehåller marken oorganiskt kol, som förekommer som beståndsdel i karbonatmineraler. Lagren av oorganiskt kol finns till största delen i områden med torrt klimat. De här områdena täcker 35 procent av jordens yta. (6

I Finland innehåller berggrunden däremot nästan inga karbonatmineraler alls, och således inte heller något oorganiskt kol. I Finland är markens totala kolhalt densamma som halten organiskt kol. Globalt sett har det oorganiska kolet ändå en egen roll.

Det organiska materialet – och således den totala mängden kol i marken – påverkas av klimatet, markmineralerna, växtmaterial som hamnar i marken samt av markanvändningen.

Halten av organiskt kol i marken varierar stort mellan olika delar av världen. Ett svalt och fuktigt klimat samt finfördelade mineraler i marken gynnar kolinlagringen i marken. I Finland innehåller till och med mineraljordarna förhållandevis mycket kol. I vårt nordliga klimat har vi dessutom rikligt med organogena jordar. I torvjordarna är halten organiskt kol över 40 procent, och även i mulljordarna över 20 procent.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Förändringen i markanvändning

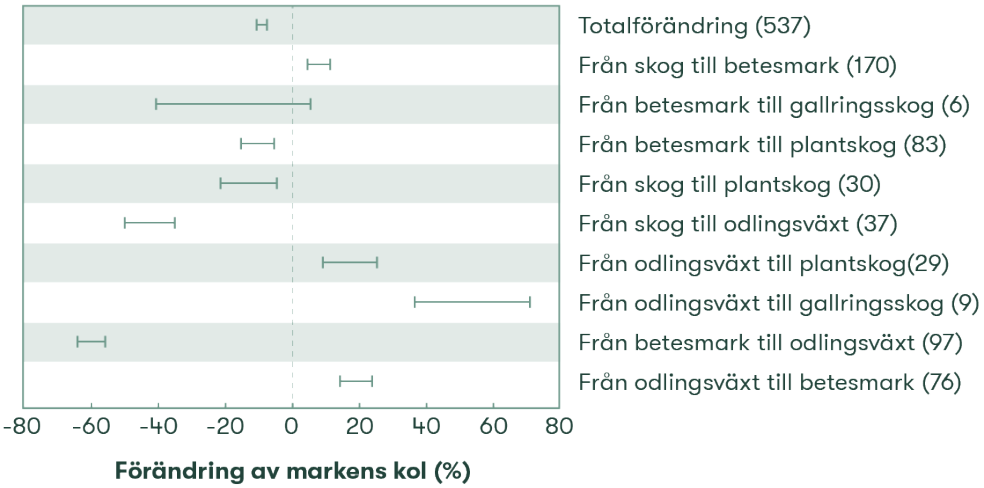


Bild 4. Den förändrade markanvändningens inverkan på kollagret är välkänd. Bilden visar värden från en internationell metaanalys, som beskriver hur de olika ändringarna i markanvändningen antingen ökar eller minskar på markens kollager. De här storskaliga förändringarna bör tas i beaktande när man ställer upp mål för åkrarnas kolbindning. Förändringarna i markanvändningen påverkar också i hög grad möjligheterna att uppnå de nationella målen för kolbindningen. Bild enligt källa 7.

Markanvändningen och förändringarna i den påverkar markens kollager. När man planerar åtgärder för regenerativ odling bör också förändringarna i markanvändningen planeras noga. Röjning av skog till åker minskar exempelvis markens kollager med upp till 40 procent från det ursprungliga, medan ändring från skog till betesmark i sin tur ökar kollagret. Ändring från åker till skog eller bete ökar också kolhalten. (5, 7

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Jyri-Pekka Lemettinen strävar efter att maximera kolinlagringen på sin boskapsgård Jokinotko i Keitele

Bild 5. Jyri-Pekka Lemettinen och lammen. Bild: Sanna Söderlund.

Jyri-Pekka är husbonde i tredje generationen på gården, där man föder upp Herefordnöt och får. Gården har cirka 90 hektar åker i ekologisk odling, huvudsakligen vallar med många arter.

Jyri-Pekka upplever det som viktigt att skydda naturens mångfald, måna om djurens välbefinnande och sträva efter att göra gården kolnegativ. Betesgången hjälper till att uppfylla allt det här.

Jag har nu varit med i Carbon Action-projektet i ett par år, och försöker med hjälp av betespraxis maximera kolbindningen i marken. Många har vant sig vid att se nötkreaturen som miljö- och klimatbovar, men vi försöker nu vända på steken helt och hållet. I betesgången främjar vi betescirkulation, så att djuren flyttas från ett skifte till nästa så snabbt som möjligt och vallen fortsätter att växa bra. På det här sättet borde mängden kol som vallen binder bli så stor som möjligt.

Personligen har jag fått otroligt mycket energi för odlingen och djuruppfödningen genom Carbon Action-projektet och de olika betes- och kolbindningsförsöken. Och det, om nånting, är väldigt viktigt.

– Husbonden Jyri-Pekka Lemettinen, Jokinotko boskapsgård, Keitele

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Mikroberna och kolet

Markmikroberna påverkar kolets kretslopp på två motsatta sätt. Förutom att de frigör koldioxid till atmosfären genom nedbrytningsprocessen utgör de också en stor del av markens permanenta kollager. (8 Mikroberna tar alltså upp en del av det kol som hamnar i marken och använder det för att bygga upp sin egen biomassa. Det resterande kolet andas de ut som koldioxid.

Effektiviteten i mikrobernas kolanvändning beskriver hur stor andel av kolet mikroberna själva binder. Ju effektivare kolanvändningen är, desto mindre är koldioxidutsläppen från marken och desto mer kol är bundet i den mikrobiella biomassan. När mikroberna dör kan kolet som bundits i deras biomassa bindas vidare till markmineralerna, och på så sätt bli en del av markens permanenta kollager.

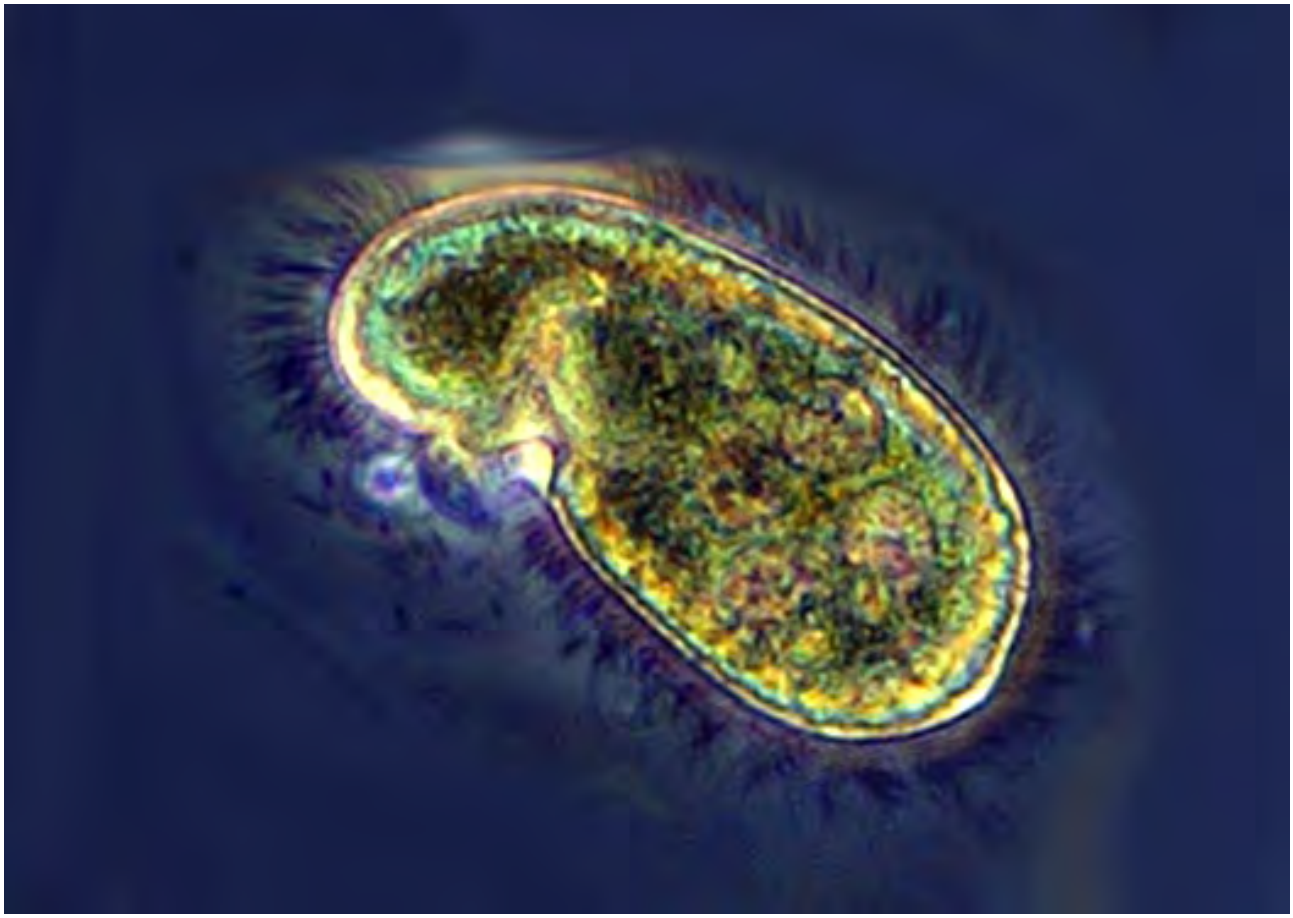


Bild 6. Enligt vad vi vet idag utgörs en betydande del av markens långvariga kolföreningar av just död mikrobiell biomassa (5. Bilden visar ett flimmerdjur. Bild: Pertti Eloranta.

Hur stor andel av kolet i den döda mikrobiella biomassan som blir kvar i marken permanent beror på många faktorer. Åkerns fuktighetsförhållanden spelar exempelvis en roll för bildandet av permanent kol. Jordarterna och markens aggregatstruktur har också betydelse för processen. Även mikroflorans sammansättning påverkar bildandet av permanent kol. I vissa undersökningar har man kommit fram till att mikroberna använder kolet effektivare i marker där organismsamhället består av en större andel svampar än bakterier. (5

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Mikrofloran ändras i takt med förändringar i markanvändningen. Om åkerns jordhälsa försämras kan mikrofloran bli mer bakteriedominerad. Det här har också en negativ inverkan på svamparna i marken, som är viktiga med tanke på bildandet av permanent kol. (8

För närvarande forskas det mycket kring mikrobernas inverkan på markens kol. Inom en nära framtid kan vi därför vänta oss information om hur vi genom praktiska odlingsåtgärder kan påverka effektiviteten i mikrobernas kolanvändning. Det kan till exempel antas att en mångsidig växtföljd gynnar tillväxten av en mångsidig mikroflora som använder kolet effektivt. Det behövs ändå mer grundforskning innan man kan ge närmare rekommendationer om behandlingen av jordbruksmarkerna. (5

Begreppet *mikrobiell kolpump* beskriver hur den döda mikrobmassan och mikrobernas ämnesomsättningsprodukter påverkar markens permanenta kollager. Enligt teorin regleras kollagret av *priming*- och *entombingfenomenen.*

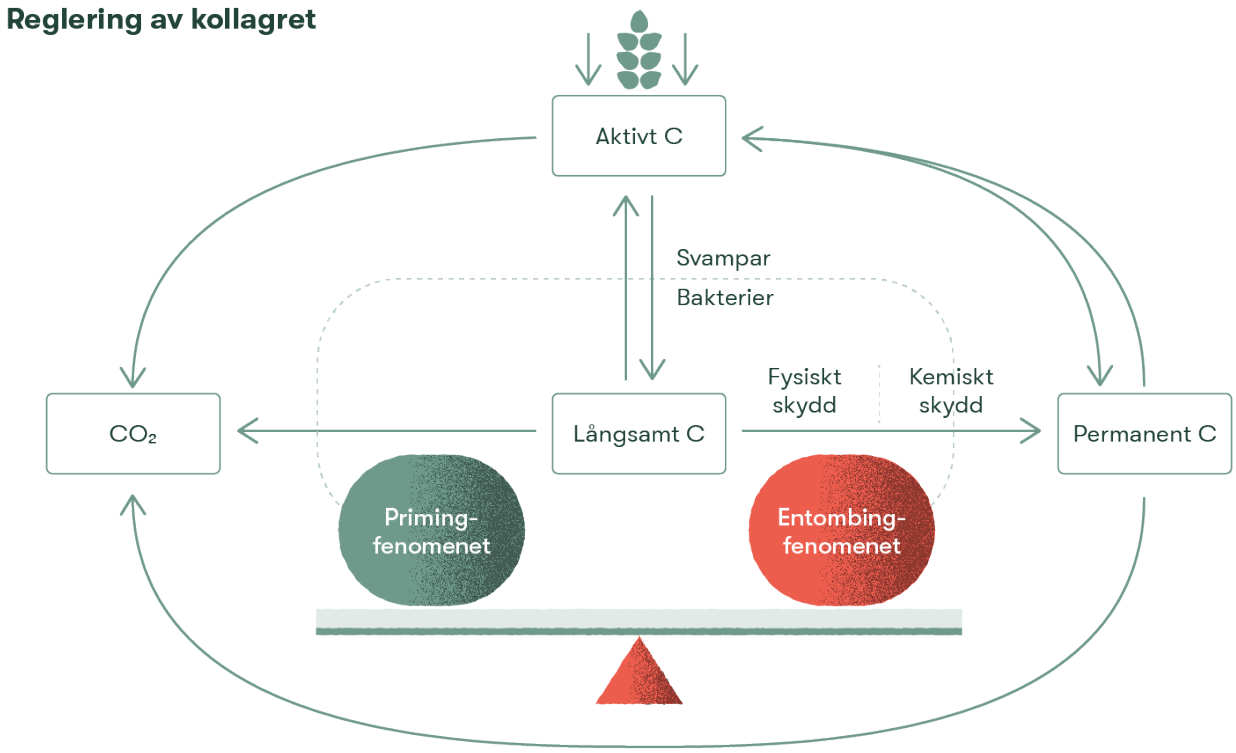


Bild 7. Kollagrets reglering, enligt källa 8.

Fenomenet **priming** syftar på att kolföreningar som är lättillgängliga för mikroberna ökar nedbrytningen och därmed mängden kol som frigörs från marken. (5 Till exempel gröngödsling påskyndar primingfenomenet i och med att mängden lätt nedbrytbart organiskt material ökar.

Fenomenet **entombing** beskriver i sin tur den stabilisering av kolet som sker till följd av mikrobernas verksamhet. Det innebär alltså att organiska kolföreningar mumifieras i mikrobmassan och ökar markens kollager. (8 Genom att ta hand om jordhälsan kan man förbättra markens svampflora, som spelar en viktig roll för bildandet av permanent kol.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Uppgift 4.2 Välj rätt alternativ.

Kolet i marken

- är alltid organiskt, alltså organogent
- är alltid oorganiskt
- kan vara organiskt eller oorganiskt

Finfördelade mineraler främjar kolinlagringen eftersom

- det består av mikrober
- lermaterial har en stor mängd mineralytor som binder kol, vilket främjar aggregatstrukturen
- det binder kol till karbonatmineralerna

II. Vattnet

Vatten är en förutsättning för matproduktion. Åkrarna behöver tillräckligt med vatten, men ändå inte för mycket. Odlaren kan inte bestämma hur ofta eller hur kraftigt nederbörden kommer, men genom att välja rätt odlingsmetoder kan man underlätta åkrarnas anpassning till såväl torka som för mycket nederbörd.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

En regnig vinter

Skötseln av marken är ett långsiktigt arbete, och det är lätt hänt att markstrukturen skadas av odlingsåtgärder eller åkertrafik. Här berättar några odlare vilka åtgärder det lönar sig att satsa på och vilka man ska undvika. Grundförbättring av åkrarna och växttäcke vintertid lyftes fram som de viktigaste åtgärderna med hjälp av vilka åkrarnas vattenbelastning kan hanteras.

Bild 8. Under regniga höstar och vintrar kan näringsämnen och matjord, som odlaren med stor möda skött om, spolas ut i vattendragen med ytavrinningen. Bild: Eliisa Malin

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Bild 9. Niko-Matti Laninkinen från Loimaa anser att det är speciellt viktigt att odlingsåtgärderna sker i rätt tid och att växtföljden är bra. Bild: Sanna Söderlund

Om du plöjer i vilket före som helst och kombinerar det med ensidig växtföljd kan du räkna med problem.

– Niko-Matti Lankinen, jordbrukare, Oripää

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Bild 10. Näringsämnena förvaras bättre i en obearbetad åker än i en bearbetad åker, säger Markku Suomi från Letala.

De skördade växternas rötter fungerar som vertikala täckdiken.Om marken bearbetas på hösten förlorar man den här effekten, och förstör också maskarnas gångar som också fungerar som rutter för vattnet.Det är viktigt att maskarna inte skadas och att deras levnadsförhållanden inte påverkas innan vintern kommer.Markbearbetningen stör markmikroberna och förstör svampmycelet som är viktigt med tanke på jordhälsan: i synnerhet mykorrhizasvampen, som gynnar en långvarig kolbindning i marken.Näringsämnena hålls också bättre kvar i en obearbetad åker än i en bearbetad, vilket gynnar både odlaren och miljön

– Markku Suomi, jordbrukare, Letala

Uppgift 4.3

Vilketdera har gett dig mer bekymmer på dina åkrar under de senaste åren: torka eller för mycket vatten? Ifall du inte har egna åkrar, beskriv situationen på åkrarna på din läroanstalt eller hos en bekant jordbrukare.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Den blå planeten

Har du någonsin tänkt på att du själv till mer än hälften består av vatten? Vattnet förenar allt levande, eftersom alla celler är fyllda med vätska. Vatten är en grundförutsättning för liv.

Bild 11. Den mänskliga bosättningen har redan i årtusenden koncentrerats kring vattnet, exempelvis vid stränderna kring Östersjön, vilket också det vittnar om vattnets betydelse. Bild: Sanna Söderlund

Jorden kallas den blå planeten, eftersom jordklotet faktiskt är blått när man ser på det från rymden. Ungefär 70 procent av jordens yta täcks av hav. Om jordklotets yta skulle vara helt jämn, utan höjdskillnader, skulle planeten täckas av ett vattenskikt på 2,5 kilometer. Endast 3 procent av jordklotets vatten är sötvatten. Merparten av sötvattnet finns i fast form i glaciärer och inlandsis. Det sötvatten som är tillgängligt för människan utgör bara cirka en procent av allt vatten på planeten. (9

Vattnets kretslopp eller *den hydrologiska cykeln* beskriver hur vattnet lagras och förflyttas mellan olika förråd. Det största vattenförrådet finns i världshaven, som innehåller hela 97 procent av jordklotets vatten. I flytande form finns vattnet också i vattenreservoarer på fastlandet och i marken. I atmosfären lagras vattnet i form av vattenånga. I fast form finns det i snö- och istäcket samt i tjälen i marken.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

BEGREPP FÖR VATTENTRANSPORT

Nederbörd beskriver mängden vatten som faller ned på jordytan per yt- och tidsenhet.

Avdunstning beskriver vattnets övergång från fast eller flytande form till vattenånga.

Avrinning beskriver den vattenmängd som till följd av nederbörd eller snösmältning transporteras vidare antingen som avrinning till vattendrag, ytavrinning via vattenfåror i markens ytskikt eller grundvattenavrinning via grundvattnet till vattendrag.

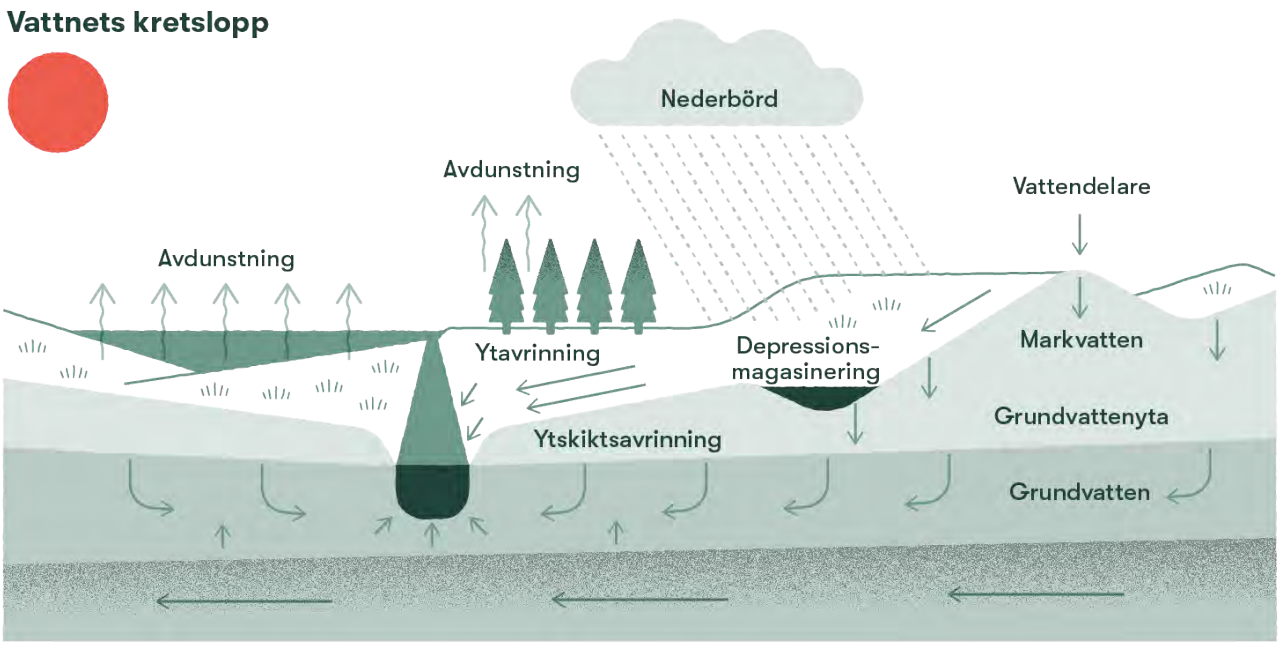


Bild 12. Vattnet transporteras mellan olika reservoarer med hjälp av nederbörd, avdunstning, avrinning och förflyttelse av fukt i atmosfären. (10 Bild enligt källa 10.

Marken består av både en *vattenomättad* och en *vattenmättad* zon. Den senare kallas *grundvattenzon*. Den omättade markzonen fungerar som en port mellan atmosfären och grundvattnet: via den filtreras en del av regnvattnet ner i grundvattnet, och en del av grundvattnet återgår via markens ytskikt tillbaka till atmosfären.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Markprofilens vattenzoner

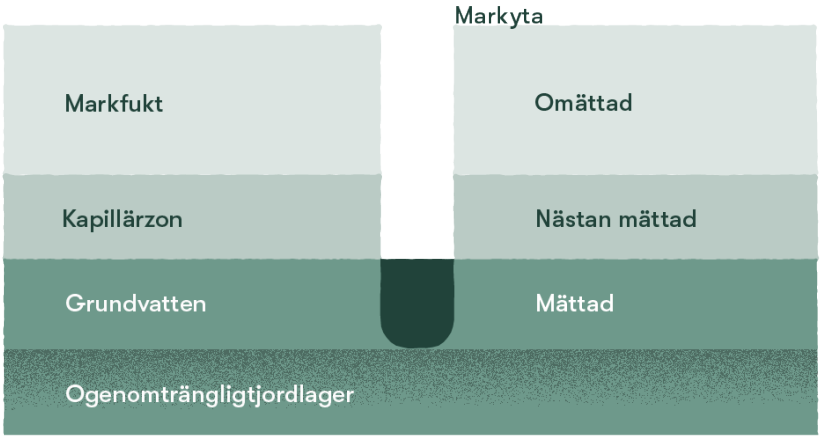


Bild 13. I grundvattenzonen är markens porer helt fyllda med vatten. I den omättade zonen är bara en del av porerna fyllda med vatten. Vattenhushållningen i den omättade zonen har betydelse för bland annat växternas tillväxt och näringsupptagning, markens värmehushållning samt för transporten av närings- och övriga ämnen till yt- och grundvattnet. (11 Bild enligt källa 10.

Växterna och vattenupptagningen

Växterna tar upp vatten ur marken med sina rötter. Vattnet tränger in i cellerna i växtens rothår genom osmos, dvs. genom ett halvgenomsläppligt membran. På samma gång utjämnas skillnaderna i koncentration, eftersom vattnet alltid rör sig från lägre till högre koncentration. Eftersom växtens cellvätska har en högre koncentration än vattnet i marken, kan vattnet tränga in i cellen genom osmos.

Osmosen orsakar ett tryck i cellen, som i sin tur ger upphov till turgor, dvs. saftspänning. Tack vare turgor och cellväggar som fungerar som stödstruktur i växtcellerna kan också späda växter hållas upprätt. Om växten inte får tillräckligt med vatten från marken vissnar den och förlorar sin stadga. Bevattning med saltvatten och överdriven gödsling leder också till att växten vissnar. Vattnet i marken får då en högre koncentration än växternas cellvätska, vilket göra att vattnet börjar röra sig bort från växten.

Från växternas blad avdunstar vatten upp i luften. På bladen finns speciella klyvöppningar som växten kan öppna och stänga för att reglera avdunstningen. Via klyvöppningarna tar växten också upp den koldioxid den behöver. En växt som lider av torka stänger klyvöppningarna på bladen för att vattnet inte ska kunna avdunsta. Då minskar också assimilationen.

Vattenbehovet varierar mellan olika växter. Djupt rotade växter med vaxyta på bladen klarar av torka bäst. I varm väderlek ökar växternas vattenkonsumtion, och även vinden ökar

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

vattenavdunstningen. Med tanke på vattenupptagningen är det inte heller optimalt om marken är för våt, eftersom rotsystemet då lätt drabbas av syrebrist.

Den omättade zonen i marken är ytterst viktig för växterna. Markens biogeokemiska flöden, inklusive vattenflödet, sker i dess porer av olika storlek. Viktigast för växterna är de medelstora porerna, eftersom de håller kvar vatten som kan användas av växterna. I de stora porerna hålls vattnet kvar bara några dagar, även om markstrukturen är god.

När marken blir våt binds vattnet först i de små och slutligen i de stora porerna. Vattnet rör sig då inte fritt i porsystemet utan binds som kapillärvatten.

Kapillärvatten är vatten som stiger upp från grundvattenzonen till den omättade zonen i marken med hjälp av kapillärkrafterna. Tack vare den kapillära stigningen kan växterna också under torra perioder ta upp vatten från grundvattenzonen.

Finare jordarter har högre kapillaritet (kapillär stighöjd) än grövre jordarter, men stigningen sker ju långsammare, desto finare jordarten är. Lerjordar är därför torkkänsliga, eftersom den kapillära stigningen inte hinner ersätta avdunstningen från det snabbt upptorkande ytskiktet (10,11.

Jordbruket och vattnet

Vatten är ett existensvillkor för matproduktionen. Jordbruket använder 70 procent av världens sötvattenresurser. Skillnaderna mellan olika områden är dock stora, eftersom jordbruket i Europa och Mellanasien konsumerar 36 procent av sötvattenresurserna, medan motsvarade tal i Sydasien är 91 procent. (12

Visste du att?

Globalt sett har Finland stora vattenresurser, men vi utnyttjar bara cirka tre procent av dem. Enligt ett internationellt ”vattenfattighetsindex” är Finland i fråga om vattenhushållningen det rikaste landet i världen när man granskar vattenresurserna, vattenförsörjningen, vattenanvändningen, miljöfrågorna och de socioekonomiska aspekterna på vattenförsörjningen. (13

När löst jordmaterial transporteras med erosionen till vattendragen orsakar jordbruket en belastning av fasta partiklar. Erosion uppstår främst till följd av regn och regndropparnas energi.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Bild 14. I Finland uppstår erosionen oftast när regnet eller snösmältningen ger upphov till ytavrinning. Till följd av klimatförändringen förväntar man sig dock att regnens omfattning och styrka kommer att öka också i Finland. Bild: Sanna Söderlund.

En god struktur och jordhälsa i åkermarken minskar effektivt näringsbelastningen på vattendragen. På samma gång underlättas transporten av överflödigt vatten från ytjorden till de djupare markskikten. Växtlighet minskar ytavrinningen av vatten och näringsämnen, binder näringsämnen och främjar tack vare rotzonen vattenabsorptionen i marken. (14

En för stor näringsbelastning leder till eutrofiering av vattendragen. Med *eutrofiering* avses en ökning av vattendragens primärproduktion, vilket syns som en ökad algblomning. Eutrofieringen hotar mångfalden av organismer i vattendragen och ökar syreförlusten, och de eutrofierade vattendragen kan inte heller längre användas av människor.

Fosforbelastning uppstår när fosfor urlakas från åkrarna, antingen som partikelfosfor som är bundet till fasta partiklar eller i löslig form.

Plöjd mark har en högre erosionsrisk än oplöjd mark, och i synnerhet partikelfosfor urlakas lättare från plöjd mark.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Lätt bearbetad åker eller åker med växttäcke har i sin tur en högre risk för urlakning av löslig fosfor. Här är dock erosionen mindre, vilket minskar den totala fosforurlakningen. (14

Kvävebelastning uppstår när kväve i nitratform urlakas från åkern till ett vattendrag. Rikligt regn genast efter gödslingen kan också leda till urlakning av ammoniumkväve som ytavrinning i ett vattendrag. Växterna tar upp det kväve de behöver i just nitrat- eller ammoniumform. (15 Det kväve som växterna kan utnyttja har alltså samma form som det urlakningskänsliga kvävet. Kvävet får sin lösliga form genom mineralisering som sker i marken. Urlakningsrisken påverkas av kvävemineraliseringens dåliga tajmning – växterna behöver rikligt med kväve i början av växtperioden, medan det mesta av mineraliseringen sker i slutet av växtperioden. (14

Lyckligtvis kan man med passliga åtgärder dämpa såväl näringsavrinningen som erosionen. Dessa åtgärder är samtidigt det regenerativa jordbrukets åtgärder. Exempelvis växttäcke på åkrarna vintertid och skötsel av jordhälsan är effektiva åtgärder också med tanke på vattendragen.

III. Klimatet

Genom vår användning av jordbruksmarkerna kan vi märkbart påverka klimatet. Förutom de bromsande åtgärderna är det också viktigt att vi förbereder och anpassar oss. För odlarnas del märks klimatförändringen för närvarande i form av förändrade väderleksförhållanden. I Finland ger det varmare klimatet, förutom längre växtperioder, också vinterregn, torkperioder och extrema väderfenomen, som odlaren måste lära sig att leva med.

En mångsidigare åkeranvändning är en bra buffert mot de varierande väderfenomenen. Åkeranvändningen kan göras mångsidigare på många sätt – förutom att ta in nya växtarter i växtföljden kan man också utnyttja olika art- och sortblandningar. Vi kan också anta att det föränderliga klimatet gör de ogynnsamma effekterna av en ensidig odling ännu större i framtiden.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Markens roll när det gäller att bromsa klimatförändringen är känd och erkänd. Vid klimatmötet i Paris 2015 presenterade Frankrike 4/1000-initiativet, vars målsättning är att öka markens kollager med fyra promille, dvs. 0,4 procent årligen. (16 Finland har också förbundit sig till initiativet.

Bild 15. Att förbättra markens bördighet är en förutsättning för livsmedelsproduktionens lönsamhet och kontinuitet, säger Eliisa Malin på Vierelä gård i Vichtis. Bild: Aleksi Lumme

"Genom att förbinda sig till 4/1000-initiativet har Finland som sin politiska riktlinje fastställt att man vid markanvändning ska beakta klimatförändringen och påverka den via kolbindningen. De personer och företag som förvaltar markområden är i nyckelposition när det gäller att uppfylla den här målsättningen. Den största påverkargruppen är jordbrukarna.4/1000-initiativet är en bra målsättning som hjälper oss att komma igång med kolbindningen och utvecklingen av den finländska produktionen till ett föredömligt och lönsamt klimatarbete. Varken mer eller mindre än vår fortsatta matproduktion ligger i vågskålen. Därför finns det ingen tid för motsättningar."

- Jordbrukare Eliisa Malin, Vichtis

Växthuseffekten

Jordklotets atmosfär fungerar som glastaket på ett växthus. Den släpper in solens strålning till markytan men hindrar samtidigt jordklotets värmestrålning från att försvinna ut i rymden.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Växthuseffekten gör det möjligt att leva på jordklotet. Utan den skulle medeltemperaturen på jordklotets yta vara -18°C, när den tack vare växthusgaserna är 14°C. Den naturliga växthuseffekten håller temperaturen på en gynnsam nivå för liv.

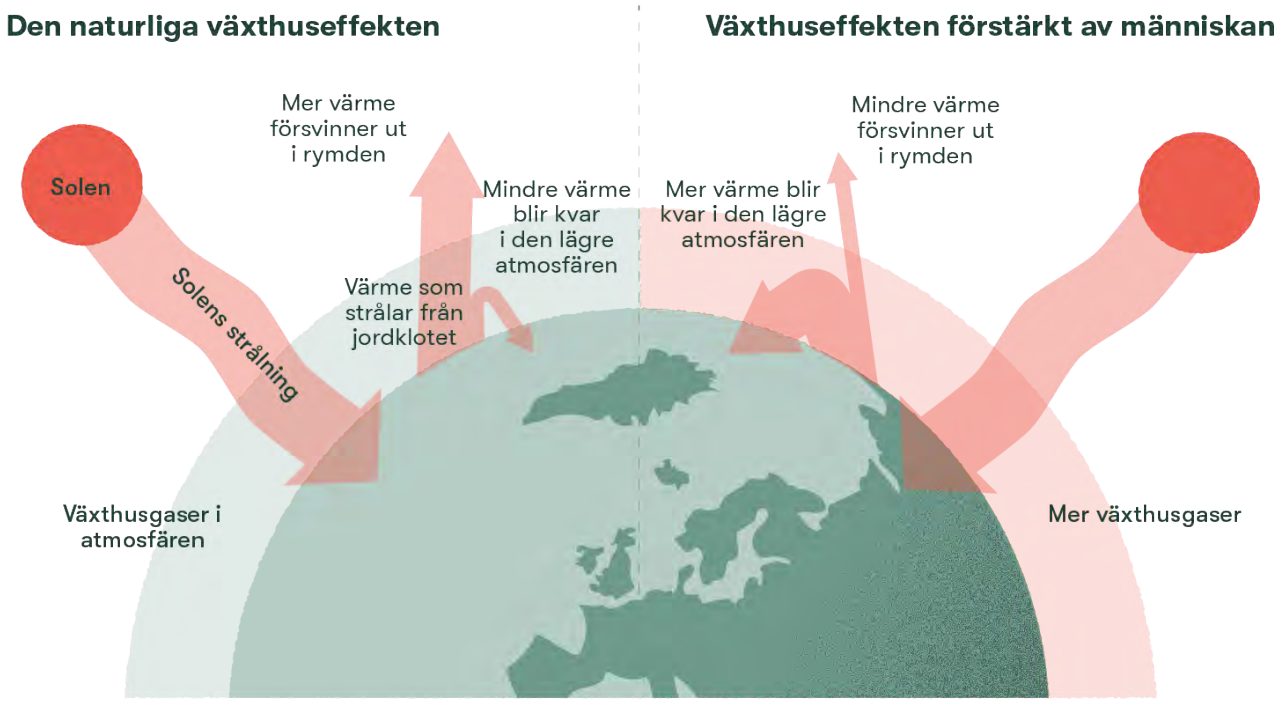


Bild 16. Den naturliga växthuseffekten upprätthåller en gynnsam miljö för liv på jordklotet. När mängden växthusgaser i atmosfären blir för stor försvinner mindre värme och klimatet på planeten blir varmare. Bild enligt källa 17.

För närvarande släpps en för stor mängd växthusgaser ut i atmosfären, vilket gör att klimatet på jordklotet uppvärms för mycket – och förändras i många avseenden. Förändringen syns bland annat i form av högre havsnivåer och krympande glaciärer. Också regnmängderna förändras, vilket på en del ställen leder till ökad torka och på andra ställen till översvämningar.

Sedan 1800-talets slut har jordklotet redan värmts upp med nästan en celsiusgrad. Den temperaturhöjning som skett sedan mitten av 1900-talet beror till största delen på utsläppen av växthusgaser från mänsklig aktivitet. Om utsläppen fortsätter att öka i nuvarande takt kan den tilltagande växthuseffekten höja jordklotets temperatur med upp till 2–6 grader före slutet av detta århundrade. (3 Med nuvarande nivå överskrider klimatuppvärmningen den kritiska gränsen på 1,5 grader redan 2030–2052. (18

Växthusgaserna

Av de växthusgaser som förekommer naturligt i atmosfären är vattenånga (H_2O), koldioxid (CO_2), metan (CH_4), dikväveoxid (N_2O) och ozon (O_3) de viktigaste.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Koldioxid är den överlägset viktigaste klimatuppvärmaren av de växthusgaser som produceras genom mänsklig aktivitet. Största delen av koldioxidutsläppen härstammar från användningen av fossila bränslen såsom olja, stenkol och naturgas. Utsläpp orsakas också av skövling av i synnerhet tropiska skogar och av andra förändringar i markanvändningen.

Metan är efter koldioxid den näst viktigaste källan till utsläpp av växthusgaser som är orsakade av människan. På molekylnivå är metan en kraftigare växthusgas än koldioxid, men mängden i atmosfären är mindre och halveringstiden är relativt kort. Metan bildas vid nedbrytning av organiskt material i syrefattiga miljöer, t.ex. på risfält, i myrar, i våtmarker samt i tarmsystemet hos idisslare. Ungefär två tredjedelar av metanutsläppen produceras genom mänsklig aktivitet. Som en följd av klimatförändringen frigörs stora mängder metan när permafrosten i arktiska områden smälter.

Dikväveoxid, dvs. kväveoxidul eller lustgas, är en betydande växthusgas. Den finns i liten mängd i atmosfären, men halveringstiden är lång och uppvärmningseffekten hög. Dikväveoxid bildas i marken när nitrater, bland annat kvävegödsel, nedbryts. En tredjedel av dikväveoxidutsläppen härstammar från mänsklig aktivitet – till stor del jordbruk. De övriga två tredjedelarna har naturligt ursprung och är främst en följd av mikrobverksamheten i marken och haven.

Vattenånga är den viktigaste av de naturliga gaserna som orsakar växthuseffekt. Vattenånga släpps också ut till följd av mänsklig aktivitet, men utsläppen har knappt alls någon ökande inverkan på den totala mängden vattenånga i atmosfären. Det här beror på vattnets snabba kretslopp. Vattenmolekylerna blir inte kvar länge i atmosfären utan faller snabbt tillbaka till markytan.

En annan växthusgas i atmosfären är *ozon*, som skyddar jordklotet från solens ultravioletta strålning. I för höga halter är ozon giftigt för växter och djur. Merparten av ozonet i atmosfären finns i mellanatmosfären, stratosfären, där mängden har minskat till följd av ozonnedbrytning. Det här har haft en lätt avkylande effekt på klimatet. I den lägre atmosfären, troposfären, har ozonmängden i sin tur ökat, vilket inverkar uppvärmande på klimatet. Ozonet i troposfären bildas när oxider, kolmonoxid och kolväten från bland annat bilavgaser reagerar med syre i kombination med solljus.

Halogenerade kolväten är kraftiga växthusgaser, men de förekommer i så små mängder att deras totala inverkan på växthuseffekten är liten. Utsläppen av de här gaserna uppstår bland annat från industrin. CFC-gaserna, dvs. freonerna, som hör till de halogenerade kolvätena och innehåller klor förstör ozonskiktet och bidrar på så sätt till en ökad växthuseffekt (3.

Visste du?

Den **uppvärmande effekten** (GWP, Global Warming Potential) är olika för olika växthusgaser. **Koldioxidekvivalenter (CO2-ekv.)** används för att beräkna den totala klimatuppvärmande effekten för olika utsläpp av växthusgaser.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Jordbrukets utsläpp

Utsläppen av växthusgaser från jordbruket är svåra att beräkna entydigt eftersom de rapporteras inom olika sektorer. Exempelvis utsläppen från åkerröjning räknas till sektorn markanvändning, förändrad markanvändning och skogsbruk (LULUCF-sektorn). Jordbruksmaskinernas energiförbrukning räknas i sin tur till energisektorns utsläpp.

Energisektorn svarade för 74 procent av utsläppen av växthusgaser i Finland 2019. Jordbrukets andel var 13 procent, industriprocesser och produktanvändning stod för 10 procent och avfallssektorn för 3 procent.

Utsläppen från jordbrukssektorn i Finland uppgick 2019 till totalt 6,6 miljoner ton koldioxidekvivalenter. Till utsläppen räknas:

- metanutsläpp från husdjurens matsmältning, gödselhantering och bränning av växtrester på åkern
- dikväveoxidutsläpp från gödselhantering, odlingsmarker och bränning av växtrester som på åkern
- koldioxidutsläpp från kalkning och ureagödsling

Dikväveoxidutsläppen från marken orsakade 55 procent, husdjurens matsmältning 31 procent och gödselhanteringen 11 procent av sektorns totala utsläpp. (19

Torvjordarna producerar 60 procent av utsläppen av växthusgaser från det finländska jordbruket, trots att torvjordarnas andel av hela åkerarealen bara är 13 procent. (20

Extrema väderfenomen

Klimatförändringen kan inte längre stoppas helt, men den kan och måste bromsas. En minskning av utsläppen av växthusgaser har en central roll för dämpningen av klimatförändringen. Skötseln och ökningen av kolsänkor är också av central betydelse. För att vi ska kunna undvika de värsta följderna måste klimatuppvärmningen begränsas till 1,5 grader, i enlighet med klimatavtalet från Paris. (21

Även om klimatförändringen inte längre kan stoppas helt måste vi sträva efter att förbereda och anpassa oss för dess följder, som att de extrema väderfenomenen blir allmännare. Här har jordbruket en viktig roll.

Eftersom det föränderliga klimatet påverkar utövandet av jordbruk är vi tvungna att anpassa oss till förändringarna. På så vis kan matproduktionen tryggas också i framtiden.

Klimatet i Finland har redan värmts upp: sedan slutet av 1800-talet har årsmedeltemperaturen stigit med cirka två grader, och uppvärmningen har varit kraftigast under vintrarna. (3

Till följd av de allt varmare vårarna under de senaste 30 åren börjar växtperioden tidigare. Spannmålssådden har tidigarelagts med i genomsnitt tre dagar i östra Finland, sex dagar i norra

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Finland och nio dagar i västra Finland. Enligt prognoserna kommer man före århundradets slut att kunna så upp till en månad tidigare än idag.

Man har tänkt sig att det varmare klimatet och allt längre växtperioderna kommer att öka skördarna i Finland och övriga Norden. Dessutom har man antagit att möjligheterna att ta i bruk nya odlingsväxter och sorter kommer att gynna jordbruket på våra nordliga breddgrader. Klimatförändringen medför dock en mängd utmaningar, som kan motverka den eventuella nyttan genom att sänka avkastningen.

Klimatförändringen gör det nordliga klimatet varmare och fuktigare och ger större variation i väderleksförhållandena. Torkperioder, störtregn och översvämningar har en direkt negativ inverkan på skördarna. De ökade regnen kan försvåra vårsådden och leda till att den tidigarelagda växtperioden inte kan utnyttjas. Dessutom ökar riskerna för erosion och näringsurlakning när nederbörden och flödena ökar och vintrarna blir mildare. Många växtsjukdomar gynnas också av fuktiga förhållanden.

Uppgift 4.4

Hur har växtperioderna förändrats under din tid som jordbrukare?

Uppgift 4.5

Uppgift att fundera på: Hur påverkar de förändrade väderleksförhållandena dina odlingsbeslut?

De växtarter och växtsorter som nu odlas är anpassade för en kort växtperiod och ett milt klimat. Dagarnas längd förändras inte i Norden, men de långa dagarna i kombination med högre temperaturer försnabbar utvecklingsrytmen hos de odlingsväxter som ger fröskörd. En längre växtperiod kan alltså påverka odlingen i många olika riktningar.

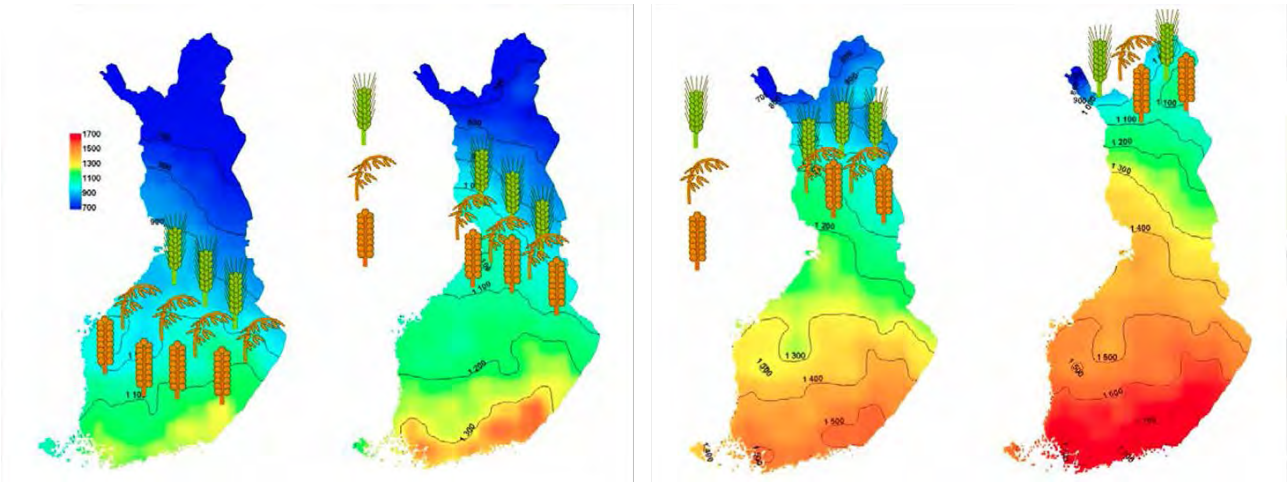


Bild 17. Olika spannmålsväxters växtzoner i takt med att klimatuppvärmningen. Prognosen visar hur situationen ser ut om temperaturen stiger 3–4 grader. Bild enligt källa 22.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

De förlängda växtperioderna skapar möjligheter för ett mångsidigare urval av odlingsväxter. Som stöd för odlingen behöver vi växtförädling, eftersom de nuvarande sorterna inte är de mest ändamålsenliga i våra framtida växtförhållanden. Vissa växtarter och växtsorter klarar också av väderfenomenen bättre än andra.

Torka under växtperioden försämrar avsevärt skördeproduktionen hos åkergrödorna. Även om nederbörden förutspås öka i Finland kommer nederbörden till största delen under vintern och hösten. Regnet kommer nödvändigtvis inte när växterna behöver det. Det förutspås också att regnen i allt större utsträckning kommer att falla som störtregn. Den ökande regnmängden svarar alltså inte mot växternas fortlöpande vattenbehov.

Odlingsväxterna drar nytta av den längre växtperioden främst på våren, om såningsförhållandena är tillräckligt goda. Förlängningen av växtperioden in på hösten gagnar inte nödvändigtvis odlingsväxterna i någon större utsträckning, men ger olika växtskadegörare mer tid att frodas.(22 Vi kan därför också förvänta oss större variationer i skördarnas kvalitet och mängd (23

Nya odlingsväxter som gör sitt intåg i Finland kan föra med sig nya skadegörare. En längre växtperiod gynnar också ogräsväxterna, som kan öka i mängd och artmångfald. I fråga om kontrollen av växtskadegörarna är bekämpningsmedel ändå inte det enda alternativet. Vid sidan av biologiska bekämpningsmetoder blir skadeförebyggande och behovsbaserad bekämpning allt viktigare. Mångsidig växtföljd har också en viktig roll. (22

Även om klimatförändringen kan skapa nya möjligheter för jordbruket i Finland krävs det oundvikligen anpassning för att vi ska klara oss genom förändringarna. Det är utmanande att försöka fastställa vilka ekonomiska kostnader klimatförändringen medför i jordbruket. Den förlängda växtperioden kan öka jordbrukets intäkter, men riskerna till följd av de förändrade väderleksförhållandena kan å andra sidan leda till högre kostnader. Växtperioden varierar också mellan olika områden, och intäkterna och kostnaderna fördelas därför inte jämnt (23

För att förbereda sig för och anpassa sig till förändringen måste gårdarna anpassa sitt urval av odlingsväxter, sköta om marken väl och ta kontroll över vattenhushållningen. (22,24

Vattenhushållningen kan effektiviseras till exempel genom förnyande av åkrarnas dränering, skötsel av markstrukturen samt växttäcke vintertid på åkrarna med hjälp av höstsådda grödor, växtföljd eller botten- och fånggrödor.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Bild 18. Anpassningen till klimatförändringen kräver mod att prova på nya odlingsmetoder och -växter. Här växer bondböna och hirs tillsammans på Naturresursinstitutets försöksskifte i Jockis. Bild: Sanna Söderlund

Den regenerativa odlingen erbjuder gårdarna många goda metoder för att anpassa sig till klimatförändringen. Genom att förbättra markens bördighet med kolbindande och mångsidig odling kan odlaren dels förbättra odlingssäkerheten, dels minska jordbrukets negativa miljöpåverkan. Odlaren hjälper då också till att bromsa klimatförändringen.

Uppgift 4.6

Hur förbereder du dig och din gård på de förändrade odlingsförhållandena i framtiden? Vad skulle du ännu kunna göra? Du kan ta hjälp av listan nedan:

1. Jag håller växttäcke vintertid på åkrarna
2. Jag tar in nya växtarter i växtföljden
3. Jag utnyttjar olika art- och sortblandningar
4. Jag gör odlingen mångsidigare med hjälp av botten- eller fånggrödor
5. Jag förnyar åkrarnas dränering
6. Jag tar hand om markstrukturen
7. Jag anlägger mångfaldsremsor

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Kapitel 4 är skriven av:

Veera Naukkarinen, Sanna Söderlund, Jenni Jääskeläinen, BSAG

Kapitel 4 är faktagranskad av:

Forskare Jussi Heinonsalo, Helsingfors universitet

Kapitel 4 är översatt av:

Mats Norrholm

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Kapitel 5 Sätt åkern i skick

Grundprinciperna för ett regenerativt eller förnyande jordbruk är att maximera assimilationen, maximera skyddet och maximera mikroberna. I detta kapitel fördjupar vi oss i de egna jordbruksskiftens grundläggande kondition och lär oss identifiera och analysera olika problem som gäller jordhälsan.

I. Att identifiera problemen

I detta första kapitel fördjupar vi oss i att identifiera, studera och analysera olika problem som gäller jordhälsan.

Vi söker lösningar på bland annat följande frågor:

- Hur vet jag vad det är för fel med min åker?

- Hur kan jag förbättra åkerns vattenhushållning?

- Hur undviker och reparerar jag markpackning?

Jordhälsa sammanfattar den inbördes växelverkan mellan olika faktorer i marken som bevarar åkerjordens goda kvalitet och gör det möjligt att odla den.

I praktiken betyder det att odlingsjorden har en lucker eller porös struktur och innehåller lagom mycket syre och vatten. Dessutom innehåller åkerjord som har god jordhälsa tillräckligt mycket organiskt material som förser mikroberna med näring. På ett bra skifte förekommer inte svår packning, och inte heller någon plog- eller bearbetningssula. Då har också växternas rötter möjlighet att växa fritt i matjordslagret och kan nå ända ner till markens djupaste skikt. Lucker matjord som doftar källare erbjuder odlingsväxterna utmärkta växtförhållanden.

Delar av kursen kräver tillgång till åkerskiften för att kunna utföras. På kursen kommer deltagarna att bland annat planera växtföljder, testa observationsmetoder på åkern och prova på olika sätt att förbättra jordhälsan. Den som inte har egna jordbruksskiften kan använda till exempel den egna läroanstaltens skiften eller skiften som odlas av en bekant jordbruksföretagare.

Uppgift 5.1

Välj TRE skiften som är så olika som möjligt sinsemellan. Alla skiften behöver inte vara i dåligt skick, men om man haft problem med jordhälsan på gården kan det vara nyttigast att granska just sådana skiften. Det viktigaste urvalskriteriet är jordbrukarens eget behov av att bekanta sig närmare med jordhälsan på skiftena i fråga.

Numrera skiftena du valt ut (1,2,3), skriv upp namnen på dem. Skriv en kort motivering till varför du valt ut skiftet, har skiftet något problem?

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Problemen bör identifieras så att de kan åtgärdas

Det krävs både kunnande och långsiktigt arbete för att bevara och förbättra jordhälsan. Åkerjorden ska tåla dagens omväxlande väderförhållanden med allt från torka till slagregn, och samtidigt producera goda skördar. Också markpackning, problem med åkerns vattenhushållning och ensidiga växtföljder leder till att åkrarnas jordhälsa försämras. Då flera problem anhopas på samma skiften påverkas skiftenas avkastningsförmåga och skördesäkerhet.

Det är viktigt att satsa på att analysera, följa upp och planera åtgärderna på åkern. Nyttan av dessa åtgärder kommer att växa med åren. Lyckligtvis är det ändå jordbrukaren själv som ansvarar för jordhälsan på sina åkrar. Man kan göra mycket för att förbättra jordhälsan med årliga odlings- och iståndsättningsåtgärder.

För att kunna rätta till olika problem på våra åkrar måste vi först ställa oss vissa frågor. Samtidigt som vi hittar svaren på frågorna, får vi också fram orsaken till problemen.

Bild 1. Genom att ställa frågor till dig själv kan hittar du lösningar till åkerns problem. Oftast är det mest fruktsamma att lösa problemen tillsammans med andra jordbrukare. Bild: Aleksi Lumme.

Ett bra sätt att börja ta reda på saker är att ställa fem varför-frågor.

Till exempel:

1. Det står vatten på åkern. Varför?
2. Dräneringen fungerar inte. Varför?

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

3. Täckdikets utfallsöppning är tilltäppt. Varför?
4. Det växer vide och mycket annan vegetation på stället. Varför?
5. Utfallsöppningarna har inte underhållits och nackdikena är ogrävda. Varför?

Svar: Vi har inte haft tid och en bra plan att arbeta efter.

Lösning: Vi behöver en plan och ta oss tid att för att underhålla dikessystemen.

Uppgift 5.2

Ställ dig själv fem frågor om ett av de skiften du valt, enligt modellen ovan.

Frågorna kan gälla åkerns torrläggning, skördenivå, markpackning eller vilket annat problem som helst som du stött på på ditt skifte. I detta skede kan du vara tvungen att besvara någon av frågorna med vet inte. Ingen fara, webbkursen Grunderna i regenerativt jordbruk hjälper dig att hitta en lösning också på dessa frågor.

Skriv i ditt essäsvar namnet på skiftet, problemet du vill lösa, samt fem varför-frågor och deras svar. Vilka slutsatser kommer du till?

Bedömningen av jordhälsan bör göras som en helhet. Man måste lära känna åkerns nuvarande jordhälsa för att kunna planera och rikta förbättringsåtgärderna rätt. Det bästa sättet att skaffa sig kunskap om jordhälsan är genom att kombinera jordbrukarens egen långa erfarenhet av åkrarna med olika observationsmetoder. Goda hjälpmedel är till exempel täckdikningskartor, flygfoton och satellitbilder, skördekartor, observationer av växtligheten, spadtest, markkarteringsresultat och test av markens vattengenomsläpplighet. En del av observationerna kan göras vid sidan av de normala odlingsåtgärderna.

Bedömningen av åkerns jordhälsa är ett helhetsmässigt arbete. Den arbetstid som används för att identifiera problemen ger ändå god utdelning.

Det enklaste sättet att skaffa sig kunskap om markens fysikaliska bördighet är genom att göra observationer av matjorden och växtligheten, gräva gropar och bedöma marken sensoriskt också på andra sätt. En åker kan ha en god kemisk bördighet, men om aggregatstrukturen på ler- och mjäljordar är svag kan åkern ändå vara mycket känslig för erosion och markpackning. Under torrare år kan man se, att åkern inte tål rikliga regn trots att markstrukturen i åkerjordens bearbetningsskikt är god, eftersom det finns skikt med dålig vattengenomsläpplighet djupare nere i marken.

Markens kemiska bördighet kan kartläggas med hjälp av markkarteringsanalyser och en räknare för katjonbyteskapaciteten. Det här är ett arbetsskede där man varken ska spara på arbete eller pengar. Genom att noggrant samla in täckande jordprov med tillräckligt många delprov får man det bästa och mest informativa resultatet. Det lönar sig att komplettera grundanalysen åtminstone med täckande spårämnes- och glödgningsförlustanalyser. Utöver det kan man om man vill låta bestämma nivåerna av näringsreserver i matjorden och alven.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Obs! Basfakta om markens kemiska, fysikaliska och biologiska egenskaper hittar du i kapitlet ”Marken”!

Att fundera på: Vilka verktyg brukar du använda för observationer av åkerns jordhälsa? Vilka av de följande verktygen har du använt? Finns det något du skulle vilja lära dig använda?

- Observation av växtligheten
- Observation av markstrukturen
- Kartor och satellitbilder
- Noggrann analys av jordprover
- Jag antecknar mina egna iakttagelser och jämför dem med åtgärderna
- Digitala appar

Observationer av markstrukturen

Observationerna av åkerjorden kan göras sensoriskt och med hjälp av olika kartor och flygbilder. Kartor och flygbilder ska gärna också granskas överlappande för att få fram så exakta uppgifter om möjligt om problemställen på åkerskiftena och om täckdikenas funktion.

Den visuella observationen görs till exempel genom att följa med och studera växternas tillväxt och förekomsten av ogräs och växtsjukdomar. Dessutom görs iakttagelser av markytan, och i samband med åkerbruket görs iakttagelser av markens sätt att reagera på åtgärderna. Det man studerar är markstrukturen, daggmaskarnas, rötternas och mikrobernas aktivitet och markens naturliga egenskaper, såsom jordarten och mullhalten. Man fokuserar i synnerhet på rötternas tillväxt, eftersom deras djuptillväxt och växtsätt berättar mycket om markens struktur.

Den bästa tidpunkten för att göra sensoriska iakttagelser är då marken är fuktig, varken våt eller torr, och rötterna fortfarande kan urskiljas tydligt, till exempel efter tröskningen, före höstbearbetningen. Också högsommaren är en bra tid att göra iakttagelser, då är nämligen rötterna i stark tillväxt. På spannmålsåkrar är den optimala tidpunkten omkring tre veckor före tröskningen, på potatis- och sockerbetsåkrar i början av augusti, på vallar strax före den andra slåttern och på betesvallar hela perioden mellan juni och september (1.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Bild 2. Iakttagelserna av markytan kan gälla markens förna, maskhål, förekomsten av mossor och svampar samt ytans hårdhet eller mjukhet. Förnan skyddar marken mot vattnets avdunstning, erosion, ytslamning och skorpbildning. Förnan ska studeras och dess tjocklek mätas. Ett tecken på förekomsten av daggmaskar och andra organismer i marken är de fåglar som flyger efter markbearbetningsredskapen på våren. Bild: Sanna Söderlund.

Metoder för sensorisk bedömning

Den enklaste formen av sensorisk bedömning går ut på att från midjehöjd släppa ner en uppgrävd jordkoka på marken eller något annat slätt underlag. Sättet på vilket kokan går sönder avslöjar markstrukturen. Det lönar sig nog ändå att satsa litet mera på den sensoriska bedömningen.

De vanligaste av de metoder som tagits fram för sensorisk bedömning är Kvalitetstest för åkerjord och MARA (eng. VESS). MARA-testet går ut på att man med spade gräver en grop av en viss storlek, och iakttar och poängsätter den uppgrävda jordkokans skiktning. Skiktningen visar de olika marklagrens densitet (täthet) och aggregatstruktur. De bästa aggregaten är 2–6 mm stora, runda och porösa (klass 5). Sådana aggregat uppkommer genom biologisk aktivitet, dvs. genom rötternas och markmikrobernas aktivitet. Mark av dålig kvalitet har släta, kantiga och kompakta aggregat som är stora, med en diameter på 7–10 centimeter (klass 1). Mellan dessa klasser finns ett stort

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

antal aggregat med olika storlek och form och olika porositet, s.k. halvaggregat. I MARA-testet ingår också ett fälltest.

Bild 3. Åkerjorden studeras skikt för skikt med hjälp av ett MARA-kort. Bild: Sanna Söderlund.

Den viktigaste delen av kvalitetstestet för åkerjord är gropobservationerna. Det går ut på att man gräver en ca 40 centimeter djup grop i marken och med ögon och fingertoppar gör iakttagelser av markens struktur och biologiska funktioner. Dessutom kan man göra olika kompletterande mätningar, till exempel av markandningen och vattenuppsugningen samt masktest.

Vid alla sensoriska bedömningar studeras åkerns ytskikt och dess kvalitet, vilket har stor inverkan på markfunktionerna, såsom vattenuppsugningen, gasväxlingen, erosions- och slamningsbenägenheten och broddskjutningen.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Bild 4. Nina Långstedt är jordbrukare på Krämars gård i Ingå. Hon har jobbat mycket med att förbättra sina åkrars jordhälsa de senaste åren. Bild: Anne Nordling.

Markstrukturen har nog blivit bättre. Det sägs också att man uppnår goda resultat på bara några år. Det gör det väldigt intressant och hoppfullt att fokusera på jordhälsa, eftersom man ser snabba resultat.

– Jordbrukare Nina Långstedt, Krämars gård, Ingå.

Jordhälsan syns från traktorhytten

Markens brukningsegenskaper avslöjar mycket om markens struktur och näringstillstånd. Till exempel ger kompakt jord hårt dragmotstånd vid markbearbetning. Traktorns drivhjul slirar alltid lite då traktorn sätter igång med att dra. Bearbetningen förvärrar markpackningen ifall drivhjulen slirar alltför mycket. Ju mindre dragmotståndet är, desto bättre är också markens struktur. Det är dock bra att komma ihåg att olika jordarter innebär olika dragmotstånd. Också markfuktigheten och arbetsdjupet påverkar dragmotståndet.

Markens brukbarhet påverkas också av jordarten, näringsinnehållet, markens mullhalt och grundtorrläggningen. Till exempel leder för stora mängder natrium och/eller kalium till att marken blir hård och försämrar dess brukbarhet. För mycket magnesium försämrar för sin del jordaggregatens stabilitet, medan åter överflödigt kalcium gör marken för porös. Kraftig dammbildning är ett tecken på att markstrukturen försämrats och aggregatstabiliteten är svag (2. Det kan också vara ett tecken på alltför kraftfull bearbetning, som gör att markstrukturen

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

sönderfaller vilket leder till vinderosion. Om det regnar kraftigt på en alltför finbrukad jord innan brodden kommit upp kan det bildas en hård jordskorpa.

Bild 5. Uppvirvlande damm kan vara ett tecken på försvagad aggregatstabilitet. Under torra vårar kan det vara omöjligt att undvika att det dammar. Bild: Sanna Söderlund.

Växterna berättar

Växtarterna berättar om variationer i jordhälsan. Genom att göra iakttagelser av växternas tillväxt kan vi upptäcka skillnader i till exempel växternas färg, broddens täthet och variationerna i tillväxten på olika delar av åkern. Genom att räkna broddtätheten och följa med hur växternas tillväxt varierar kan vi följa med jordhälsan. Metoderna ger oss en god uppfattning om skillnaderna mellan olika delar av åkern och om åkerns bördighet, torrläggningens funktion och markstrukturen. Som stöd för iakttagelserna av växternas färg kan du till exempel använda färgkort, olika mobilappar och SPAD-mätare.

Åkertistel, åkermolke och måra är tre växtslag som visar att det förekommer markpackning på åkern. Om man också hittar ranunkelväxter på åkern finns det anledning att misstänka att marken är vattensjuk. Förekomst av måra, maskros och syror (*Rumex*) kan vara tecken på att kalciumhalten är för låg. (3

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Genom att följa med ogräsens tillväxt och förekomst kan du få en vink om markens bördighet och markens näringsinnehåll eller -brister.

Bild 6. Exempelvis en förekomst av åkermolke kan vara ett tecken på problem med jordhälsan. Bild: Eija Hagelberg.

Öka mullhalten i marken

Mullhalten är en av de viktigaste faktorerna som inverkar på jordhälsan. Att öka mullhalten är utmanande, eftersom det redan krävs en stor mängd organiskt material för att upprätthålla den befintliga halten. Bearbetning av åkern tär på mängden dyrbar matjord och orsakar kolutsläpp. Körning med tunga maskiner med för högt däcktryck på våta eller fuktiga åkrar orsakar markpackning. Att åtgärda markpackningen är arbetsamt och kräver en hel del planering.

Du kan förbättra markens mullhalt genom att:

- Tillsätta organiskt material: genom mångsidigare växtföljd, mångsidigare val av odlingsväxter och fång- och bottengrödor.
- Ta in i växtföljden vallväxter eller specialgrödor med djupt och stort rotsystem i växtföljden.
- Sprida ut kreatursgödsel, fibrer och andra fraktioner från industrin. Vid spridningen ska man beakta de näringsämnen de innehåller.
- Endast bearbeta marken vid konstaterat behov, tillräckligt och vid optimal tidpunkt.
- Öka användningen av växttäcke vintertid och med tillräckligt täta bestånd.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Uppgift 5.3

Ökning av mullhalten

Mängden organiskt material (t OM/ha) kan på mineraljordar beräknas utifrån mullhalten på ett skifte genom att multiplicera mullhalten med jordmaterialets massa per hektar (2000 t/ha). Mängden organiskt material kan omvandlas till kollager med en koefficient på 0,58. Till exempel, när mullhalten på ett skifte är 9 procent, är mängden organiskt material: 0,09 x 2000 t/ha = 180 t OM/ha.

Kollagrets storlek: 180 t OM/ha x 0,58 = 104 t C/ha.

Kollagret minskar varje år i och med nedbrytningen av det organiska materialet. Om kollagret minskar med 1% per år till följd av nedbrytningen, minskar mängden kol i skiftet årligen med 104 t C/ha x 0,01 = 1,04 t C/ha/år.

För att bibehålla mullhalten måste samma mängd kol som bryts ned tillsättas i åkern. Växtrester innehåller 40 procent kol, varav 80 procent bryts ned till koldioxid och 20 procent stannar i åkern där det fyller på kollagret. Mängden växtrester som behövs för att bibehålla mullhalten i exemplet får man reda på genom att räkna:

1,04 t C/ha/år / 0,4 = 2,61 t växtrester/ha/år.

2,61 t C/ha/år / 0,2 = 13,05 t växtrester/ha/år.

Med andra ord, för att bibehålla skiftets mullhalt på 9%, måste 13,05 ton växtrester per hektar tillsättas varje år.

Vill man öka mullhalten på skiftet med exempelvis 0,4 procentenheter, måste man öka mängden växtrester på följande sätt: (1 + 0,4) x 13,05 ton växtrester/ha/år = 18,27 ton växtrester/ha/år.

Beräkna utifrån exemplet hur mycket växtrester som skulle behövas om man ville öka mullhalten i exemplets skifte med en procentenhet.

6,6 ton/19,3 ton/26,1 ton/42,7 ton

Varifrån kan man då få mängden växtrester som behövs? Spannmålets växtrester består av rotsystem och halm, vars kolflöde till marken motsvarar uppskattningsvis 1,7 x avkastningsnivån. Med hjälp av fånggrödor får man en mängd växtrester som motsvarar ca 2 x storleken på fånggrödornas torrskörd. För de bästa fånggrödorna motsvarar detta till och med 4 ton växtrester/ha/år. Mängden växtrester som ackumuleras från vallar till mark motsvarar i medeltal 2 x årets största slåtterskörd. När det kommer till gröngödslingsvallar lägger man också till mängden vallmassa som slagits till marken.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Bild 7. Spaden är fortfarande ett viktigt redskap för odlaren som sköter om sina åkrar. Bild: Sanna Söderlund.

Åtgärder som förbättrar jordhälsan

Torrläggning av åkern

En fungerande torrläggning eller dränering är grunden för jordhälsa. Nackdiken och utfallsdiken ska hållas öppna och man ska följa med deras vattenflöde.

Underhållet av täckdikena ska skötas:

- Är utfallsöppningarna öppna?
- Fungerar uppsamlingsbrunnarna?
- Är dräneringshöjden tillräcklig?
- Är vattenflödet tillräckligt, dvs. 1 liter/sekund/hektar?

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

- Finns det träd på dikesrenarna som står för nära täckdikena? Träd ska tas ner eller deras rotsystem skäras av på ca 15 meters radie från täckdikena
- Kom ihåg att kontrollera grundvattennivån på skiftet och undersök dräneringshöjden med en uppgrävd grop.
- Effektivera dräneringen vid behov, kontakta en täckdikningsplanerare.

Bild 8. Mathias Weckström från Pargas gård i Raseborg står vid sin rågåker i slutet av november. Bild: Anne Nordling.

När vattenhushållningen fungerar, så då fungerar också kalkningarna och gödslingarna. Man går snabbt miste om allt det här, om inte vattenhushållningen funkar. Det här är viktiga saker.

– Jordbrukare Mathias Weckström, Pargas gård, Raseborg.

Med tanke på torrläggningen är det viktigt att också beakta åkerns ytform och sänkor. Kan vattenhushållningen förbättras till exempel genom att plana ut ojämnheter på åkern?

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Kontroll av packningsrisken

Förhindrande av markpackning är, efter torrläggningen, den näst viktigaste åtgärden för att förbättra jordhälsan.

Du kan minska packningsrisken genom att fästa uppmärksamhet vid följande faktorer:

1. Rätt tidpunkt för arbeten på åkern
2. Maskinernas vikt, val av däck, däcktryck och tillräckligt däckmontage
3. Traktor-maskinekipagets balans
4. Traktorns frontvikter, behövs de?
5. Bogserade arbetsmaskiner
6. Planering av trafiken på åkern, skulle fler anslutningar vara till nytta?
7. Sammanslagning av mindre skiften till större skiften och skiftenas form
8. Vallgräs på infarten till åkern, trafiken förläggs till växttäckta områden
9. Riktningen för sådd och bearbetning och vändningen på ändtegarna, användning av bromsen trycker på och packar marken.
10. Genomtänkt bearbetning vid rätt tid, sparsamt men behovsanpassat; bearbetningen luckrar marken väl i lämpliga fuktighetsförhållanden och myllar in växtrester.
11. Utveckling av vårbearbetningstekniker för behandling av vintertida växttäcke
12. Genomtänkta skiftesvisa åtgärder
13. Biologisk-mekanisk djupbearbetning vid rätt tidpunkt, där alvluckring kombineras med växter med djupt rotsystem.
14. Biologisk bearbetning genom att öka användningen av bottengrödor och vall eller inslag av andra växter med djupt rotsystem som produktionsgrödor i växtföljden.
15. Tillsättning av jordmaterial, organisk jord, lera eller grov marksubstans

En bra räknare för beräkning av däckstrycket och uträkning av yttrycket

Markkartering

Målet med markkarteringen är att förbättra markens bördighet och höja skördenivåerna. Det är klokt att utnyttja markkarteringsresultaten noggrant och så mycket det bara går. Det lönar sig att göra markkarteringen ordentligt, ta representativa prov och utnyttja resultaten för att undersöka och analysera markens näringstillstånd så noggrant som möjligt.

Det lönar sig att alltid ta proven vid samma årstid, helst på hösten, innan den föregående markkarteringen går ut. Då har du tid att planera och skaffa produktionsinsatser.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Provtagningen ska planeras enligt åkrarnas storlek och beskaffenhet. På stora skiften behövs flera än ett prov per skifte. Minimiantalet prov för att få miljöersättning är 1 prov/5 ha, men det lönar sig att noga planera hur många och var proven ska tas, utgående från skiftets egenskaper. Genom att rikta provtagningen till vissa punkter till exempel på basis av en skördekarta, jordarten, mullhalten och åkerns ytform kan du precisera åtgärderna.

Bild 9. Det lönar sig att vara noggrann vid provtagningen. Ta tillräckligt många delprov och gör en omfattande analys. Bild: Eliisa Malin

Det lönar sig att utöver grundanalysen låta göra spårämnesanalys och bestämma glödgningsförlusten av varje skifte som är i odling. Ett par gånger under sin karriär bör jordbrukaren låta göra en analys av näringsreserverna i bearbetningsskiktet. Av alven bör tas ett eget prov och -bestämning, särskilt om jordarten är en annan än i matjordsskiktet. Dessutom bör man undersöka markens biologiska aktivitet och låta göra en noggrann jordartsanalys.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Analys av markkarteringsresultaten

- Huvudnäringsämnen N, P, K
- Binäringsämnen Ca, Mg, S
- Spårämnen Mn, B, Cu, Zn, Na, Fe, Cl, Mo

Vid markkarteringen lönar det sig att undersöka markens katjonbyteskapacitet, pH, mullhalt genom bestämning av glödgningsförlusten, jordartsklassificering och näringsämneshalter (bördighetsklasser och näringsämnesförhållanden). Det lönar sig att jämföra resultaten av växt- och foderanalyser av bestånden med de skiftesvisa markkarteringsresultaten.

Om man tycker det är svårt att tolka resultaten lönar det sig att samarbeta med en expert vid tolkningen och användningen av resultaten. Då får man störst nytta av den värdefulla undersökningen och hittar de viktigaste förbättringspunkterna när det gäller markens kemiska bördighet.

Uppgift 5.4

Granska på de skiften du valt om Ca-, Mg- och K-nivåerna och bördighetsklasserna är tillräckliga och förhållandena mellan näringsämnena är på rätt nivå? Använd dig av markkarteringens tolkningsanvisningar.

Näringsreserver

Om näringsreserverna är tillräckliga kan växter med djupt rotsystem utnyttja näringsämnen och frilägga dem så att de kan användas också av andra växter. Näringsreserverna minskar behovet av Ca-, K-, Mg- och P-gödsling samt kalkning. Nivån av näringsreserverna och utbytbara näringsämnen kan höjas med lämpliga kalknings- och jordförbättringsmedel och gödselmedel. Näringsreservernas tillgänglighet förbättras av bland annat god markstruktur, höjning av pH-värdet, bearbetning, omväxlande växtföljd samt bottengrödor.

Binäringsämnen och spårämnen

Det finns många orsaker till att granska markens pH, av vilka en är pH-värdets inverkan på växternas upptagning av spårämnen. För högt pH stör till exempel upptagningen av mangan och bor. Spårämnena påverkar växternas övervintring, sjukdomsresistens, skördens kvalitet och mängd.

Åtgärder för korrigering av brist på binäringsämnen och spårämnen:

- Görs på basis av en omfattande växtanalys och skiftesvis markanalys.
- Nivåerna av binäringsämnen och spårämnen korrigeras i första hand genom tillsats av binäringsämnen och spårämnen till marken.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

- Behovet av spårämnesbladgödsling ökar när växten inte får de näringsämnen den behöver från marken.
- Det är viktigt att förbättringsåtgärderna följs upp genom iakttagelser av beståndet och kontrollmätningar.
- Uppföljning av de korrigerande åtgärderna med nya markkarteringsprov.

Förbättring av markens biologiska bördighet

För att vi ska kunna förbättra markens biologiska bördighet måste vi först definiera utgångssituationen. Markens fysikaliska förhållanden ska vara i skick för att man ordentligt ska kunna fokusera på att förbättra markbiologin. Man kan iaktta den biologiska bördigheten genom att studera vegetationens skick och rotsystem. Samtidigt bedömer man dräneringssystemens skick och undersöker skiftets odlingshistorik.

Åtgärder som förbättrar markens biologiska bördighet är:

- Så mångsidigt urval av växter på skiftena som möjligt, enligt gårdens produktionsinriktning
- Ökad användning av blandbestånd
- Maximering av den biologiska kvävefixeringen
- Insådd av en riklig blandning av bottengrödor med mångsidigt rotsystem
- Införande av höstgrödor och växter med djupt rotsystem i växtföljden
- Mellangrödor som bidrar till fler gröna veckor
- Fler gröna veckor, dvs. minimering av höstbearbetningen, utnyttjade av fånggrödor
- Samarbete mellan produktionsinriktningar, byte av skiften
- Ändamålsenlig användning av växtskyddsmedel
- Tillsats av organiskt material
    - Stallgödsel
    - Behandling av stallgödseln med mikrobprodukter
    - Biprodukter från industrin
    - Förflyttning av grönmassa och tillsats av torv (Specialgrödor)
    - Separat tillsats av bakterier och mikrober
    - Förflyttning av daggmaskar
    - Fermenteringsprodukter, avkok och teer
    - Mikrobtillsatser och biostimulanter

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Bild 10. Daggmaskstestet är ett användbart verktyg, eftersom daggmaskar är goda indikatorer för jordhälsa. Det kan vara bra att upprepa daggmaskstestet årligen och följa utvecklingen av antalet daggmaskar när iståndsättningsarbetet fortskrider. Bild: Sanna Söderlund

Verktyg för undersökning av jordhälsan:

Daggmaskstest: Ett sätt att observera antalet daggmaskar på en åker är att snabbt gräva en spadgrop på 20 cm x 20 cm x 20 cm och räkna daggmaskarna i den. Det måste ske hastigt, annars hinner daggmaskarna gräva sig djupt ner i marken. Det är en god idé att göra några gropar per skifte för att få en bättre uppfattning om situationen på hela skiftet. Det lönar sig att gräva groparna när åkermarken är fuktig och daggmaskar är aktiva nära markytan. Vid torka kan daggmaskarna gräva sig djupt ner i marken och gå i en slags dvala. Genomsnittet för finländska åkrar är 111 daggmaskar per kvadratmeter, dvs. cirka fyra daggmaskar per spade (20 cm x 20 cm x 20 cm jordkoka) (4.

Mara-kort: Mara-kortet används för att undersöka markstrukturen vid utgångsläget och för att följa med förbättringsåtgärderna. Ladda här ner Mara-kortet.

Kartmaterial: Till exempel Google Earth, Sentinell Playground, Peltolohkot.fi, täckdikningskartor och flygbilder, olika skördekartor och kostnadsbelagda jordbruksapplikationer.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Katjonsbyteskapacitet-verktyg

Använd räknaren för katjonsbyteskapacitet för att analysera dina markkarteringsresultat: Katjonsbyteskapaciteten indikerar markens förmåga att hålla kvar näringsämnen, samt deras mängd och förhållande på markpartiklarnas ytor.

Mätare för absorbtionshastigheten, till exempel en bottenlös kastrull

Den bottenlösa kastrullen trycks ner i marken. I kastrullen hälls 100 mm vatten varefter man tar tid, hur länge det räcker tills vattnet sugits upp av marken (5.

Uppgift 5.5.

Bedöm jordhälsan på åkerskiftena du valt ut för kursen. Gör bedömningen skilt för varje skifte. Ge varje påstående ett skolvitsord mellan 4–10. Räkna till slut medeltalet av dina vitsord skilt för varje skifte och skriv dem i svarslådan. Fundera till slut på om du är nöjd med helheten och om det är stor skillnad på vitsorden för påståendena, vad kan det bero på?

Åkerns jordhälsa

Påstående

1. Vattenhushållningen på åkern är i skick och den underhålls: Dräneringen fungerar och vattnet rinner bort från åkern snabbt

2. Du har på skiftet förberett dig för torka t.ex. genom att ta tillvara överskottsvattnet eller reglerad dränering

3. Du följer upp och upprätthåller mängden organiskt material i åkermarken (organiska jordförbättringsmedel, stallgödsel)

4. Du kontrollerar markstrukturen, markorganismernas aktivitet och mängden daggmaskar med hjälp av spadtest eller i samband med bearbetning

5. Du funderar på åkertrafiken, maskinvikt och däcktryck och undviker markpackning

6. Du använder dig av gröngödsling eller grönträda på skiftet

Skriv vilket medeltal du fick för vilket skifte i lådan. Är du nöjd med ditt resultat?

II. Balanserad växtnäring

Med gödsling förbättrar man växternas tillväxt och ökar skörden, men hur påverkar den kolbindningen? En balanserad och behovsbaserad gödsling gynnar kolbindningen, men för mycket kväve och fosfor kan ha en negativ effekt och minska markens kollager till följd av den ökade mikrobverksamheten.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Växtens behov

Växterna använder åtminstone 21 olika näringsämnen för sin tillväxt (6. Näringsämnena har olika uppgifter i växten, och de flesta av dem är essentiella: om näringsämnet inte finns att tillgå avtar tillväxten. Brist på olika näringsämnen orsakar typiska bristsymptom hos växten (Tabell 1). Bristsymptomen framträder dock först när bristen är allvarlig. Med tanke på växtens hälsa och avkastningsförmåga borde näringsämnena hållas på en sådan nivå att inga bristsymptom framträder.

Den bästa översikten av näringssituationen får man med en växtanalys, som förutom bristerna också visar överskotten.

Näringsämnena står också i växelverkan med varandra. Exempelvis konkurrerar de katjoniska näringsämnena (NH4-N, Ca, Mg, K) sinsemellan, liksom också de anjoniska (NO3, P, S) (7. Näringsbristen kan också bero på ett överskott av något annat näringsämne, vilket stör växtens näringsupptagning. Det mest kända exemplet på det här är magnesiumbrist till följd av för stor kaliumgödsling, vilket leder till betesförlamning hos husdjuren: för mycket kalium på ett bete sänker växternas magnesiumhalter till en nivå som är skadlig för djuren. Exempelvis kan ett rikligt maskrosbestånd öka kaliummängden i fodret för mycket.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Näringsämnenas betydelse i växten

Näringsämne och dess typiska halt i växten	Betydelse i växten	Bristsymptom	Inverkan på kolinlagringen
N 1-6%	Beståndsdel i aminosyror och nukleinsyror	Äldre blad gulnar	För mycket kväve minskar markens kollager, kväve binds i det permanenta organiska materialet.
P 0,2-0,5%	Energi-ämnesomsättning, nukleinsyror, del av cellhinnan	Äldre blad blir rödfärgade	Minskar mängden rotsekret för mikroberna, brist försämrar rottillväxten.
K 2-4%	Vattenreglering, näringstransport, lagring av sockerarter, bildande av cellulosa	Kanterna på äldre blad gulnar och dör	
S 0,15-0,5%	Beståndsdel i aminosyror, reduktionsreaktioner, växtens försvarsreaktioner, fröproduktion	Gulfärgning	Binds i det permanenta organiska materialet.
Ca 0,5-1,5%	Förstärkning av cellväggar, cellernas längdtillväxt, pollen	Tillväxtstörningar på toppknoppar och rotspetsar (böjning, vridning)	Deltar i bildningen av lerhumuskomplex. Kalkning ökar mikrobaktiviteten.
Mg 0,15-0,4%	Klorofyll, energi-ämnesomsättning, del av enzymer	Bladnerverna framträder på äldre blad	
B 1-6 mg/kg enhjärtbladiga 20-70 mg/kg tvåhjärtbladiga	Meristemets funktion, pollinering, bildande av lignin, cellväggar, kommunikation	Tillväxtstörningar på toppknoppar och rötter, misslyckad blomning, olika växter uppvisar olika symptom.	Ökar mikrobaktiviteten.
Mn 10-50 mg/kg	Del av enzymer, oxidations-reduktions-reaktioner, pollinering	Ljusa fläckar mellan bladnerverna, svag tillväxt.	
Zn 15-50 mg/kg	Vattenreglering, del av enzymer, stärkelseämnesomsättning	Ljusbruna fläckar med bruna kanter. Små blad, korta internoder.	
Cu 2-20 mg/kg	Energi-ämnesom-sättningens enzymer	Bladspetsen dör, bladen rullar ihop sig.	
Mo 0.01-5 mg/kg	Nitratreduktion, kvävebindning	Äldre blad gulnar fläckvis, påminner om kvävebrist.	
Fe 50-70 mg/kg	Del av enzymer, oxidations-reduktions-reaktioner	Bladnerverna framträder på yngre blad, bladen gulnar slutligen helt.	

Tabell 1. De olika näringsämnenas uppgift i växten, typiska bristsymptom och inverkan på markens kolbindning. För rörliga näringsämnen (N, P K, Mg, Mo) framträder symptomen på äldre blad när

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

växten överför näringen från äldre blad till yngre, vilket anges separat i tabellen. För de övriga näringsämnena framträder symptomen på hela växten eller på yngre blad. (7

Läs mera om balanserad växtnäring.

Uppgift 5.6

Kombinera följande symptom med rätt näringsbrist

Bladnerverna framträder på äldre blad

N, S, Cu, B, Mg

Bladspetsen dör

Zn, B, Cu, Mo, Fe

Misslyckad blomning

N, B, K, Mg, P

Svag tillväxt

P, K, Mn, Mg, Zn

Uppgift 5.7

Para ihop näringsämnet eller -ämnena med deras betydelse i växten

Växtens försvarsreaktioner

Zn, S, Mg, Ca, Cu

Klorofyll

Mg, N, Mo, Fe, P

Pollinering

Ca, Mo, Mn, B, Cu

Näringstransport

N, P, K, Zn, Fe

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Gödslingens ekonomi

Gödslingen är också en ekonomisk faktor. Med gödslingen eftersträvar man att höja skördens kvalitet och mängd, så att meravkastningen blir större än gödslingskostnaden. Skörderesponskurvan och lagen om den avtagande meravkastningen är därför nyttiga hjälpmedel i tankearbetet (bild 12). Vid låga gödslingsnivåer ger gödslingen en stor skörderespons, som i allmänhet överskrider tilläggskostnaden för gödslingen. När gödslingsnivån höjs ger samma tilläggsmängd en mindre skördeökning. Till slut täcker inte skördeökningen längre kostnaden för tilläggsgödslingen, och då är det inte längre ekonomiskt förnuftigt att höja gödslingsnivån. Också efter den här punkten ger tilläggsgödslingen en högre skörd, men sänker den totala lönsamheten i odlingen. (8

Bild 11. Det lönar sig att hålla kvalitetsmålen i åtanke när man optimerar gödslingen, men också när man planerar åkertrafiken. Åkerekosystemet och växtligheten bör störas så lite som möjligt. Bild: Sanna Söderlund

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Skörderesponskurvorna är problematiska vid gödslingsplaneringen av två orsaker. För det första kan samma material ge flera olika kurvor. I bild 13 ger den böjda kurvan en mycket högre optimal gödslingsnivå än kurvan som bildas av två räta linjer. För det andra får växten näring också från marken, så beroende på åkern och åkerns interna variation befinner man sig redan i utgångsläget någonstans på kurvan. Det finns dels åkrar där tilläggsgödsling aldrig blir lönsam, dels åkrar där allt kväve som växten behöver måste tillföras via gödslingen. Precisionsodling och behovsbaserad tilläggsgödsling blir allt vanligare och leder utvecklingen i rätt riktning, eftersom de möjliggör en ekonomiskt optimal gödsling på varje del av åkern.

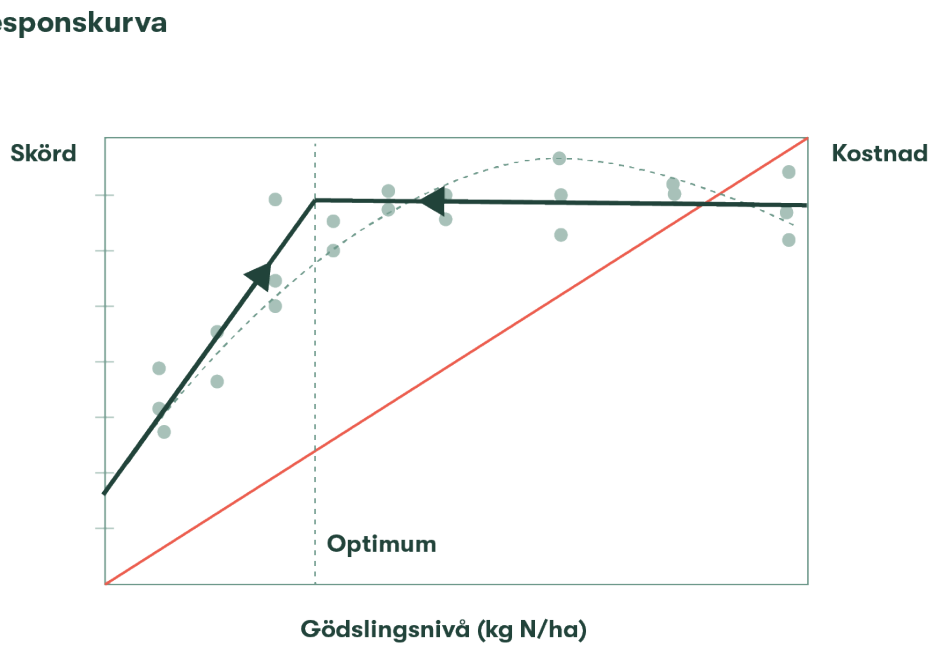


Bild 12. Skörderesponskurvan är ett nyttigt hjälpmedel i tankearbetet. Skörden ökar upp till en viss nivå av tilläggsgödsling, varefter ökningen avtar eller stannar upp helt. Den mest ekonomiska gödslingsnivån är den där avståndet mellan de två kurvorna är som störst (dvs. den punkt efter vilken skördeökningen inte täcker kostnaden för tilläggsgödslingen). Ritad utgående från källa (9, de gröna strecken visar skörderesponsen beräknad på två olika sätt, det orangefärgade strecket visar gödslingskostnaden.

Är kväve till nytta eller skada för kolbindningen?

När man i tiderna började använda kvävegödslingsmedel tänkte man sig att kvävegödslingen ökar markens mullhalt, eftersom ett gödslat bestånd också producerar mer växtrester. Långliggande försök visade dock att gödslingen också ökar nedbrytningen av markens kollager, i synnerhet i de lägre markskikten. (10 Nettoeffekten bestäms av kvävegödslingens mängd i förhållande till växternas näringsbehov.

Det överflödiga kvävet transporteras djupare ned i marken och påskyndar nedbrytningen (10. En växt som växer bra producerar å andra sidan mer växtrester, som dessutom är av bättre kvalitet

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

med tanke på mikroberna och som på ett effektivare sätt påverkar mullhalten. På basis av forskningen rekommenderas därför att man gödslar balanserat (alla näringsämnen), undviker överflödig kvävegödsling (neutral kvävenivå) samt använder organiska gödselmedel och stallgödsel (11.

I Finland har man nu lyckats sänka den positiva kvävebalansen (gödslingen - det som bortförs med skörden) från en nivå på 80 kg/ha i början av 1990-talet till ca 60 kg/ha (12. Överflödigt kväve är ett problem med tanke på markens kolbindning (10, samtidigt som det är en bortkastad produktionsinsats.

Preciserad kvävegödsling och lagring av kväve utanför växtperioden med hjälp av fånggrödor är viktiga metoder för att förbättra kolbalansen.

Viktiga näringsämnen: svavel, kalcium och bor

I gödslingen har vi länge fokuserat på kväve och fosfor. Med tanke på kolbindningen finns det hittills mindre uppmärksammade näringsämnen som är lika viktiga, såsom svavel, kalcium och bor.

Svavel (S) är en del av markens mullhalt. Svavelbrist kan leda till försämrat bildande av organiskt material. Svavel urlakas årligen och bortförs från åkern i synnerhet med proteingrödorna. En gödslingsnivå på 20–40 kg S/ha/år är tillräcklig för att upprätthålla svavelnivåerna. Om man vill öka markens kollager med 1 000 kg C/ha, binder det här kollagret också cirka 14 kg S/ha (13.

En del av svavlet kan inlagras genom att man förhindrar urlakning av svavel till exempel med hjälp av fånggrödor, men med tanke på näringsbalansen förutsätter en höjning av mullhalten en positiv svavelbalans. En tillräcklig svavelgödsling förbättrar också växternas kväveutnyttjande och minskar kvävegödslingens hämmande effekt på kolinlagringen.

Kalcium (Ca) tillförs i marken främst via kalkning. Kalkningen har samma typiska effekter som kvävegödslingen på kolet i marken (14. Å ena sidan förbättrar kalkningen växternas tillväxt och rotsystemets funktion. Å andra sidan har den en kraftigt påskyndande effekt på mikrobverksamheten och nedbrytningen som sänker mullhalten.

Kalkningens nettoeffekt beror på om den snabbare nedbrytningen kompenseras av den ökade tillväxten. På basis av forskningsöversikter ökar kalkning av mineraljordar kolinlagringen, i synnerhet på lerhaltiga jordar. Från mullrika och organogena jordar finns det färre forskningsresultat. I de finländska bördighetsanalyserna är pH-klassificeringen baserad på åkerns mullhalt. Ju högre mullhalt, desto lägre pH rekommenderas. I väntan på noggrannare forskningsresultat är det här också en bra utgångspunkt med tanke på kolbindningen.

Bor (B) används i mycket små mängder av växterna, men är ett essentiellt växtnäringsämne för bland annat rotsystemets utveckling, kvävefixerande växters nodulbildning samt för vissa strålsvampar i marken. Bor är också en delfaktor för gruppkommunikationen mellan bakterierna. Borgödsling har konstaterats öka mängden mikrober och enzymaktiviteten i marken med cirka 30–50 % (15.

Borbrist är mycket allmän på de finländska åkrarna. Enligt Eurofins Markkarteringstjänsts resultatmagasin uppvisar 55 % av de analyserade proverna borbrist. Bor har dock bestämts i bara

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

cirka 6 % av proverna, så i verklighet kan bristen vara betydligt allmännare. Bor är känsligt för urlakning. För att upprätthålla halterna krävs 1–2 kg B/ha med 3–6 års mellanrum, beroende på urlakningshastigheten och markens förmåga att hålla kvar bor.

Kolbindningens inverkan på gödslingsbehovet

Förutom kol (C) innehåller markens organiska material kväve (N), fosfor (P) och svavel (S) i rätt så enhetliga förhållanden, ungefär C:N:P:S 100:8:2:1,4 (13. Om åkrarnas mullhalt har sjunkit i en takt på 200 kg C/ha/år, har cirka 16 kg kväve, 4 kg fosfor och 3 kg svavel frigjorts för växterna.

Om man vill vända mullhaltens utveckling så att åkern binder till exempel 600 kg C/ha/år, vänds också näringsämnenas inlagringsriktning. För 600 kg C/ha krävs också cirka 48 kg kväve, 12 kg fosfor och 8 kg svavel. I jämförelse med utgångsläget motsvarar förändringen ungefär den mängd näringsämnen som bortförs med spannmålsskörden.

Att gödsla åkern enbart för kolbindningens skull är inte ekonomiskt förnuftigt. Å andra sidan måste näringsämnena gå via växterna och mikroberna för att kolet ska bindas. Den vettigaste näringskällan för en höjning av mullhalten är markens egna näringsreserver och en minskning av urlakningen.

Djupt rotade odlingsväxter och fånggrödor kan omvandla näringsämnen så att de kan användas av följande odlingsväxt. Dessutom ger nedbrytningen av dem näring åt markmikroberna och ökar mullhalten. Det näst mest kostnadseffektiva sättet att tillföra kol och näringsämnen i marken är att öka användningen av stallgödsel och organiska jordförbättringsmedel.

I idealläget behövs ingen ökning av gödslingen för att öka mullhalten. I det enklaste fallet binder ett näringsfattigt jordförbättringsmedel lösligt kväve i marken och tvingar de kvävefixerande växterna att binda ännu mer kväve. Om det finns lagrat fosfor, och längre ned i marken svavel, kan växterna återvinna de här näringsämnena för att öka mullhalten.

På många åkrar har man ändå inte det här idealläget: för en höjning av mullhalten krävs en ökad tillförsel av näringsämnen utifrån, samt en effektivare kanalisering av de redan tillförda näringsämnena till höjningen av mullhalten.

Ta i beaktande

- bestäm spårämnena, gödsla balanserat, kom ihåg svavel i gödslingen
- kalka mineraljordarna, i synnerhet lerjordarna
- anlägg nollrutor och maxrutor, bedöm hur mycket kväve som frigörs från marken
- undvik överflödig kvävegödsling, utnyttja delade gödselgivor och precisionsodling
- ta reda på växtens näringsbehov genom växtanalys
- förhindra näringsförlust och utnyttja överflödiga näringsämnen för att höja mullhalten t.ex. med fånggrödor

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

III. Förbättring av vattenhushållningen

I det här avsnittet funderar vi på hur odlaren kan observera och optimera vattenhushållningen i sina åkrar. De viktigaste sätten att förbättra vattenhushållningen är att förbättra åkerns vattengenomsläpplighet, ytform och dränering.

Åkermarkens vattenhushållning

Grundtorrläggning

Den odlade åkerarealen i Finland har grundtorrlagts åtminstone en gång. De tidigare arbetstopparna inföll 1892–1939 (400 000 ha) samt 1940–1966 (1,1 milj. ha).

Ett fungerande nätverk av vattenfåror i ett område skapar förutsättningar för en effektiv och god lokal dränering och markanvändning. Enligt prognoserna kommer behovet av en effektiv markdränering att kvarstå även när klimatförändringen framskrider. I samband med projekt för att förbättra grundtorrläggningen bör man beakta och utreda alternativ för att utnyttja vattenfårorna till mer än att bara leda bort överflödigt vatten. Det här inbegriper att ta kontroll över vattnet samt hur det fördröjs och lagras. På så vis skapar man bredare förutsättningar för att kunna utnyttja vattnet också under växtperioden. I torrläggningsprojekten bör man också beakta miljöns mångfald samt fiskerihushållningens eventuella behov.

Varje vattenfåra är individuell, och alla iståndsättningsåtgärder lämpar sig inte överallt. I samband med iståndsättningsåtgärderna bör man alltid också fundera på hur de normala skötsel- och underhållsåtgärderna enkelt kan utföras i fortsättningen.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Bild 13. Jordbrukare Patrick Nyström från Vichtis har jobbat mycket med åkrarnas vattenhushållning. Bild: Kimmo Syväri.

Se videon: Dikesrensning återbetalade sig snabbt på Verkatakkila gård (0:45)

Lokal dränering

Den lokala dräneringen, i det här fallet täckdikningen, är på många åkerområden en grund på vilken man har kunnat bygga upp ett produktivt jordbruk och trygga den finländska matproduktionen. Täckdikningen är ändå inte allena saliggörande, utan behöver kompletteras med rätt markskötsel med tillhörande växtrotation och odlingsteknik för att åkern ska fungera optimalt.

Nyttan med täckdikningen är oemotsäglig, och baserar sig för odlarnas del ofta på mångårig erfarenhet och normalt underhåll och utveckling av verksamhetsmiljön. Varje ny eller förbättrad täckdikning är i sig också en miljögärning.

Bild 14. Med täckdikning och fungerande markstruktur kan man minska ytavrinningen, och därigenom kontrollera erosionsproblemen. I lerjordar däremot kan stora mängder fasta partiklar avrinna också via täckdikena från lerjordar. Bild: Sanna Söderlund

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Det är också viktigt att ha kontroll över produktionsinsatserna och utnyttja dem så effektivt som möjligt i produktionen. Utgående från åkerområdenas jordarter och lämpliga höjdskillnader kan den grundläggande täckdikningen effektiviseras eller kompletteras med till exempel reglerbar dränering.

Den positiva effekten av reglerbar dränering till exempel i samband med radodling har gjort den till ett lönsamt komplement till den grundläggande täckdikningen. Den reglerbara dräneringen kan för vissa objekt också ge möjligheter till underbevattning och återanvändning av avrinningsvatten.

Genom att på rätt sätt ta kontroll över vattnet i såväl utfallsdiken som täckdikade åkerområden kan man trygga växtförhållandena under växtperioden till exempel i samband med längre torkperioder. Förutom att fördröja och ta kontroll över vattnet kan man dessutom påverka fuktigheten i alven. I sättningskänsliga jordarter kan sättningen minskas, vilket ger en långsiktig nytta för det kapital som är bundet i åkermarken.

Kontrollerad fördröjning av vattnet kan minska erosionsskadorna.

Åkerdräneringens problem och åtgärder för att lösa dem

Toppåren inom åkertäckningen inföll under 1950–1970-talen. Sedan dess har jordbruksverksamheten förändrats när det gäller såväl maskinerna som de maskinkedjor som används. Till följd av den här förändringen motsvarar den tidens täckdikningar inte till fullo dagens jordbruksproduktions behov.

Åkrarna måste ständigt anpassas till de föränderliga produktionsförhållandena, också när det gäller tidsanvändningen i verksamheten. För att åtgärda ett problem med dräneringen måste man alltid först utreda vad det beror på.

Till täckdikenas normala skötsel- och underhållsåtgärder hör att kontrollera funktionen hos utlopp och brunnskonstruktioner samt deras kringfyllnadsmaterial, men även nackdikenas skick. Det här grundläggande underhållet kan jämföras med att man byter motorolja i en traktor enligt servicerekommendationen.

Rost orsakar att rostfällning samlas i dräneringsrören. Systemen planeras i allmänhet som undervattenssystem och utrustas med separata spolningskonstruktioner. Utöver dessa kan det ännu vid behov krävas särskilda spolningsåtgärder för att avlägsna rostfällning.

På organogena åkerjordar beror de vanligaste problemen i anslutningen till dräneringen i huvudsak på slitage, sättning och packning av åkermarken. Sättning av åkerns yta leder till att de anlagda täckdikena i något skede så att säga stiger upp till ytan, och dräneringseffekten upphör. I sådana fall kan problemet oftast inte åtgärdas på något annat sätt än att åkrarna dikas på nytt.

En försämring av dräneringseffekten som beror på markpackning kan, upp till en viss gräns, korrigeras genom kompletteringsdikning. Om marken är svårt packningsskadad och det har bildats till exempel ett ogenomträngligt skikt på 50–70 cm djup, finns det skäl att överväga en ny dikning av området.

Vid mer avgränsade fuktiga områden eller sänkor kan anläggning av nya grusögon eller dräneringsfilter vara till hjälp.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Som en första åtgärd för att förbättra dräneringen kan man till exempel använda tubulering, som tillfälligt hjälper ytvattnet att tränga ned till de underliggande täckdikeskonstruktionerna.

Täckdikningens mål

Täckdikning är en långsiktig investering med en brukstid som åtminstone sträcker sig till följande generation. Ett täckdikningsprojekt är en kedja som består av:

1. täckdikningsplanering med beaktande av gårdens produktionsinriktning samt eventuella behov i fortsättningen
2. dräneringsmaterial (rör, brunnar, anslutningar) samt dräneringsgrus av god kvalitet
3. ett yrkesskickligt täckdikningsteam
4. skötsel och underhåll av täckdikena samt yrkesskicklighet i odlingsverksamheten

Det grundläggande syftet med täckdikningen är inte obekant för någon, men täckdikningen kan också ses som ett medel för att förbättra eller upprätthålla värdet på kapitalet, dvs. åkermarken. Det kapital som är bundet i marken mår bra och förräntar sig när man tar hand om det.

En kort minneslista för täckdikesunderhållet

1. Försäkra dig om att täckdikeskartorna är i gott förvar
2. Markera utloppen med t.ex. orangefärgade plogkäppar
3. Kontrollera t.ex. i samband med vårbruket att utloppen fungerar
4. Åtgärda dräneringsproblemen genast, annars växer de sig ofta större
5. Intressera dig för dräneringsanläggningarna även om allt skulle fungera bra
6. Förutse vad som är på kommande och förbered dig för kostnaderna

Se videon: Täckdikning är viktigt (0:35)

Det är vanligt med funktionsstörningar i täckdiken

Den största delen av åkrarna i Finland är täckdikade men det är mycket vanligt med funktionsstörningar i täckdiken. Av de provskiften som undersöktes inom ramen för OSMO-projektet (Kompetens för markvård) konstaterades funktionsstörningar i täckdikningssystemet på 40 procent av skiftena.

Det är bra att kartlägga torrläggningsproblemen med hjälp av ett problemlösningsschema. I schemat går man från detaljer som lätt kan granskas och korrigeras till allt svårare frågor (bild 15).

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Problemlösningsschema för dräneringssystem

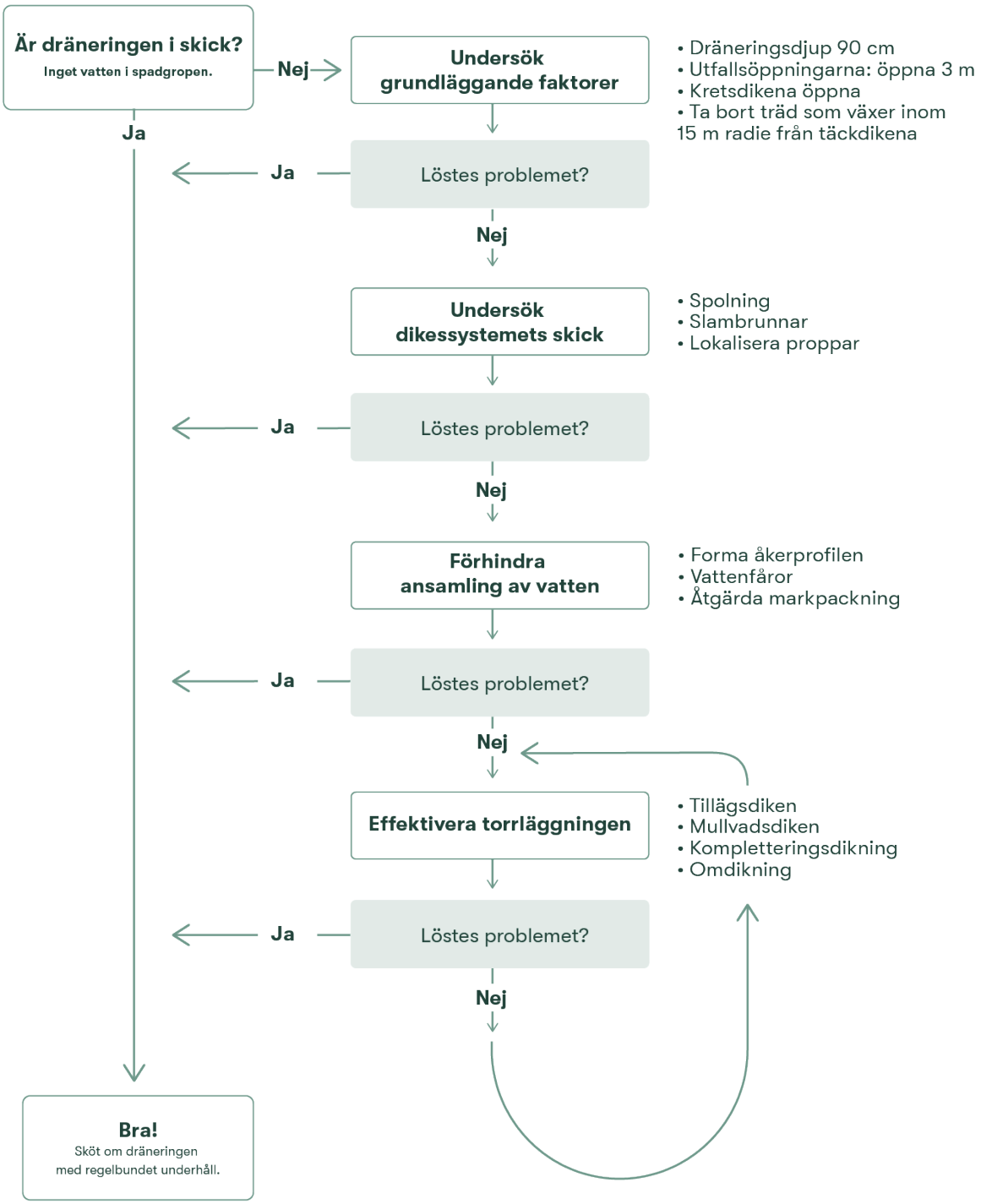


Bild 15. Problemlösningsschema för dräneringssystem.

Kontrollera först grundfaktorerna: kan vattnet rinna bort från åkern, och kommer det överflödigt vatten till åkern? Är dräneringshöjden mellan utfallsdikets vattennivå och de lägsta ställena på åkern ca 90 cm, dvs. kan åkern överhuvudtaget torrläggas?

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

I täckdikessystemet bör man till först lokalisera och granska utfallsöppningarna. Täckdikningsföreningens arkiverade täckdikeskartor är ett utmärkt hjälpmedel för att hitta utfallsöppningarna. Om utfallsöppningen fungerar ska det gå att sticka in ett böjligt rör eller en rensspiral ca 2–3 meter in i öppningen. Oftast finns rotproppar och andra problem med utfallsöppningen nära utfallsrörets ända.

Överflödigt vatten kan också rinna in på åkern på grund av sänkor, pölar, proppar eller för grunda nackdiken. Om det är blött på något ställe av åkern och det finns träd inom 15 meters radie från täckdiket är det skäl att granska röret för att se om där finns rotproppar.

Även om utfallsöppningarna och nackdikena konstaterats fungera kan det finnas proppar i rören. Om åkern är klart mycket blötare ovanför ett visst ställe på täckdiket kan man hitta orsaken till problemet genom att gräva fram röret nedanför det ställe där man tror proppen finns och försiktigt gräva sig vidare uppströms. Om det rinner vatten från hålen i rören finns proppen nedströms.

Genom att spola täckdikena kan man försäkra sig om att rören är hela. Slambrunnar i täckdikningssystemet ska rengöras regelbundet.

Om täckdikningen fungerar men det fortfarande finns blöta ställen på åkern kan ytvattenflödet avledas. Ytvattenflödet kan göra att det rinner upp till 800 millimeter vatten till svackorna vid en regnmängd på 50 millimeter, vilket är mer än vad också en välfungerande täckdikning kan svälja.

Genom att eliminera markpackning kan man minska ytavrinningen och förhindra upplagring av överflödigt vatten.

Uppgift 5.8

Ta fram täckdikeskartorna för åkerskiftena du valt ut för den här kursen och undersök dem.

Hurdant dikesmellanrum har skiftet? När är skiftet täckdikat? Har det gjorts kompletteringsdikning, spolning av täckdikena eller andra åtgärder, till exempel mullvadsdiken? Behandla varje skifte du valt separat i ditt svar. I ditt svar, skriv åtminstone namnet på skiftet och året då det täckdikades. Beskriv dikesmellanrummet och skriv upp ytterligare observationer kring täckdikningen.

Bli av med pölarna genom formning av åkerns yta

Våta svackor på åkern kan bero på problem med täckdikningen, men ofta är det åkerns ytformer som är problemet. I finare jordarter och torvjordar kan vattengenomsläppligheten vara dålig, och det överflödiga vatten som kommer med ytavrinningen kan vara mer än vad marken klarar av. Under det vattensjuka ytskiktet kan en torvjord till och med vara mycket torr, men luften kan inte ta sig bort därifrån, vilket gör att ytvattnet inte sugs upp av jorden. När de vattensjuka svackorna packas i samband med bearbetnings- och skördearbeten förvärras problemet ytterligare. Utöver

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

att det här medför praktiska odlingsproblem reduceras nitratkväve i våta och syrefattiga förhållanden till dikväveoxid (N2O), som är en kraftig växthusgas.

Problemet med pölar kan lösas genom formning av åkerns yta så att man antingen jämnar ut åkern eller leder bort vattnet. Körning av fyllnadsjord är ett effektivt och förmånligt sätt, t.ex. om det utförs en dikning i närområdet så att lös jord finns att tillgå. Mindre och grundare gropar kan jämnas ut med en utjämningsharv eller en justerbar frontsladd på en bogserad harv. För grundligare behandling av mer krävande skiften kan man anlita en entreprenör med en GPS- eller laserstyrd planeringssladd.

Ytan kan antingen formas så att man jämnar ut svackorna eller så att vattnet kan ta sig bort från dem. Vattenfåror medför dock en klar erosionsrisk, så man bör vara noggrann i fråga om deras placering och lutning. En lämplig lutning för att undvika erosion är så liten som 1:500.

På mull- och torvjordar, i synnerhet i norra Österbottens kustregion, gör den djupa tjälen och torvmulljordarnas förmåga att bromsa uppvärmningen fortfarande öppna diken till ett konkurrenskraftigt alternativ. Breda tegar på cirka 25 meter formas så att de är tydligt välvda, vilket gör att inget ytvatten lägger sig och ett grundare dikesdjup är tillräckligt för att dränera åkern. De för området typiska sura sulfatjordarna talar också för ett grundare dräneringsdjup.

Ibland räcker en förbättring av markstrukturen och ytformerna ändå inte till, och då krävs en effektivisering av dräneringen. Det gamla dikesmellanrummet är kanske dimensionerat för en växtföljd med vall, där marken inte har varit lika utsatt för packning. Om åkerns vattengenomsläpplighet är nedsatt behövs det fler diken, eller så måste markens vattengenomsläpplighet förbättras på något annat sätt.

Ett alternativ till kompletterings- och nydikning är att anlägga mullvadstäckdiken till stöd för den gamla dikningen. Mullvadstäckdiken passar bäst på lerjord. Det är bra att hålla i minnet att mullvadstäckdikena ska dras i gruslagret ovanför täckdikena.

För att mullvadstäckdiken ska fungera krävs ofta att täckdikenas gruslager kompletteras. Kompakt lerjord kan kräva ett dikesmellanrum på ca två meter, så också vid förnyad täckdikning kan det vara skäl att anlägga ett rejält gruslager med 20–40 meters mellanrum, vilket gör det möjligt att anlägga mullvadsdiken senare.

Uppgift 5.9

Fundera på följande frågor gällande det åkerskifte du valde att granska i de tre föregående kapitlen: Svara med några meningar.

I hurdant skick är skiftenas vattenhushållning? Lider växterna av torka eller väta? Hur kan skiftenas vattenhushållning förbättras? Vilka är skillnaderna mellan de skiften du valt gällande de olika delarnas upptorkning? Bildas det vattenpölar på något ställe efter hårda regn?

Lider beståndet av torka på något ställe av skiftet? Varför?

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Metoder som förbättrar vattenhushållningen

Jordbrukaren kan påverka vattenhushållningen på olika sätt. Påverkningsmöjligheterna framgår enkelt då vi följer med en vattendroppes väg genom åkerekosystemet. I de följande avsnitten behandlar vi olika åtgärder med vilka jordbrukaren kan påverka vattnets kretslopp på sina åkrar.

Med åkerns vattenhushållning menas det sätt på vilket vatten lagras och rör sig i åkerjorden. Målet vid förbättrandet av vattenhushållningen är att hålla åkerns fuktsituation på en god nivå med tanke på växterna och de marklevande organismerna.

Dålig genomsläpplighet hindrar markandningen (bild 16). En del av det vatten som tillförs till åkern stannar i växttäcket och i växtresterna på åkerns yta. Om regnet är kraftigare än åkerns uppsugningsförmåga samlas vattnet först i håligheter i marken.

När håligheterna fyllts rinner det överflödiga vattnet bort i form av ytavrinning. Om åkern har en sådan ytform att vattnet inte kan rinna bort bildas det vattenpölar på åkern, och bara en del av regnvattnet sugs upp av marken. Det vatten som sugits upp fyller åkerns vattenförråd tills åkerns vattenhållningsförmåga - fältkapaciteten - är mättad.

Därefter rinner det överflödiga vattnet ner till djupare markskikt och leds till sist bort från åkern genom täckdikena. Om åkerns vattengenomsläpplighet är låg eller om täckdikessystemets torrläggningseffekt är otillräcklig, kan vatten stanna kvar i markprofilen och fylla markens luftporer under en lång tid.

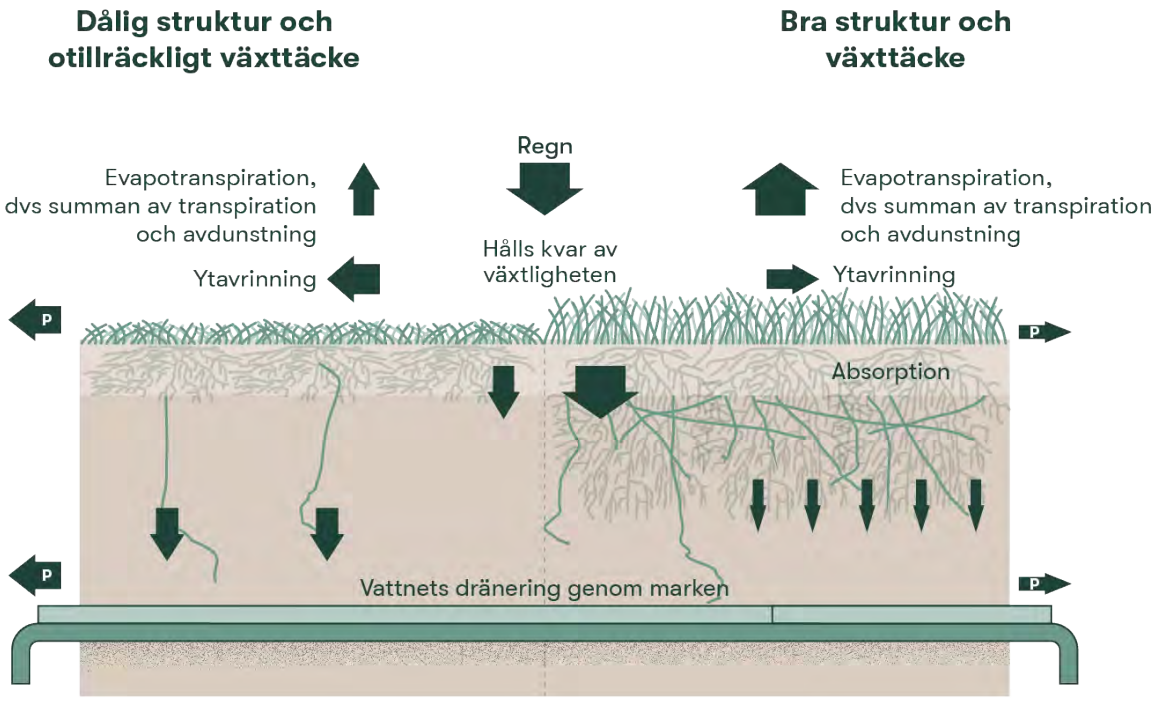


Bild 16. Hydrologiska faktorer på åkermark: till vänster en åker som är i dåligt skick, till höger en åker som är i gott skick. En mark i gott skick har en stor vattenhållningskapacitet. Ytavrinningen, fosforläckaget och vattenavrinningen via täckdikena är större från åkrar som är i dåligt skick.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Allt vatten är inte nyttigt för växterna. Om marken innehåller mer vatten än vad den förmår hålla fast i de små porerna (*vattenhållningsförmåga*), fyller vattnet de stora luftporerna och försämrar åkerns gasväxling.

Å andra sidan rinner det vatten som lagrats i de stora porerna ganska snabbt bort när regnet upphört, och kan utnyttjas av växterna bara under några dagar. När detta *sjunkvatten* har runnit bort befinner sig åkern i *fältkapacitet*, och växterna använder det vatten som är lagrat i marken för sin tillväxt.

Växterna kan ändå inte tillgodogöra sig allt tillgängligt vatten. De kan till exempel inte tillgodogöra sig det vatten som är lagrat i de minsta markporerna. Växterna kan torka marken fram till den så kallade *vissningsgränsen*. Skillnaden i vattenmängd mellan markens fältkapacitet och vissningsgräns kallas för markens *tillgängliga vattenkapacitet*. Den beskriver mängden vatten som är tillgängligt för växterna i marken.

Begrepp

Fältkapacitet = åkerns naturliga förmåga att lagra vatten

Vattenhållningsförmåga = andel vatten som är lagrat i de små markporerna

Vissningsgräns = den undre gränsen för den vattenmängd som växterna kan utnyttja

Tillgänglig vattenkapacitet = den mängd vatten som växterna kan tillgodogöra sig

Sjunkvatten= det vatten som lagrats i de stora porerna och som snabbt avlägsnar sig

Man kan öka den tillgängliga vattenkapaciteten genom att höja markens mullhalt och förbättra dess struktur. Markens vattenhållningsförmåga kan också höjas med hjälp av biokol, men biokol är ännu svår att få tag på. Den effektivaste metoden att öka den tillgängliga vattenkapaciteten är ändå att se till att växternas rötter obehindrat kan nå ner till det djupaste markskiktet (mera information: Förhindrande av markpackning).

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Vattnets upplagring i marken

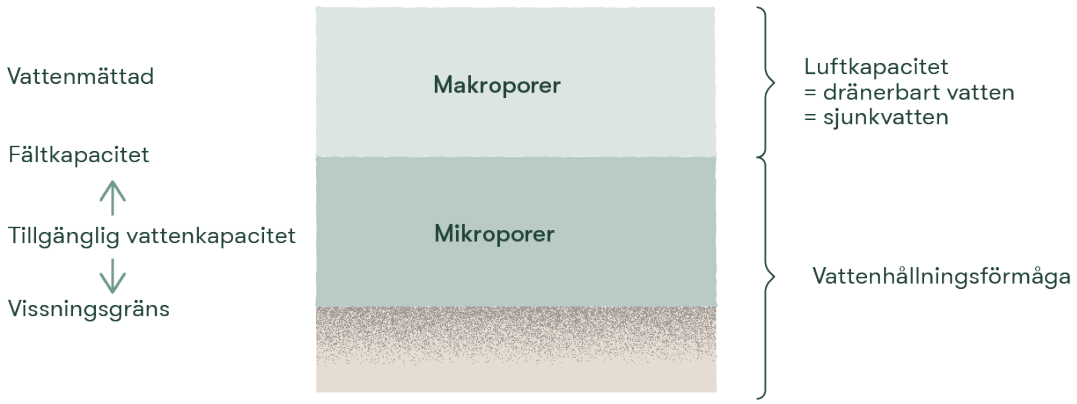


Bild 17. Olika mängder vatten upplagras i marken på olika sätt. Markens vatten- och luftporer bestämmer vattenhållningsförmågan och åkerns upptorkningshastighet.

Regnvattnet och avdunstningen

För att bilda sig en uppfattning om vattenhushållningen är det viktigt att iaktta regnvattnets rörelser och avdunstningen. Det sista kapitlet i onlinekursen kommer att gå in på det praktiska inom ämnet.

Man kan inte påverka regnmängden, men man kan påverka den mängd vatten som absorberas av marken. Man kan inte lagra in mera vatten i åkern ifall vattenreserverna redan är fulla. Växande växter kan avdunsta ca 20–25 millimeter vatten i veckan, medan en bar jord endast avdunstar ca fem millimeter i veckan.

Övervintrande växter (höstsäd, vall, fånggrödor) avdunstar vatten effektivt på våren och skyddar marken mot ytslamning. Det gör också att åkern inte blir vattendränkt i samband med vårregnen. Avdunstningen upphör när beståndet mognar.

Fånggrödor som är insådda under spannmålen kan hålla marken torrare under skörden och inför markbearbetningen. Växternas avdunstning är också viktig med tanke på utsläppen av näringsämnen, eftersom vatten som avdunstat inte kommer att avrinna och transportera ut näringsämnen till vattendragen.

Uppgift att fundera på:

Hur många veckor av växtperioden saknar dina åkrar avdunstning från växterna? Varför? Hur djupt ner når växternas rötter, dvs. från och med vilket djup torkar de marken?

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

När det finns för mycket vatten på åkern (bild 17) är markens luftporer fyllda. Växternas rötter lider av syrebristen i marken, om det vattenmättade markskiktet sträcker sig ända ner till matjordsskiktet. Vattennivån regleras genom dränering som avlägsnar vattnet från luftporerna och säkerställer att det finns ett djupt, syrerikt jordskikt för växterna.

Bild 18. Att det bildas en aggregatstruktur i lerjordar är en förutsättning för matjordens goda vattengenomsläpplighet och därmed också rötternas syretillförsel. En god aggregatstruktur tål vatten och tryck och förebygger igenslamning och skorpbildning. Om aggregatstrukturen är svag, går marken sönder av regn och den slammas igen och det bildas en skorpa på ytan. Samtidigt blir vattenabsorptionen långsammare och marken förblir våt. Aggregatstrukturen är desto starkare, ju mera organiskt material det finns i marken. Bilderna visar aggregatstrukturens hållbarhet under väta när jordproverna varit mättade med vatten under fyra veckor. Till vänster god aggregatstruktur, till höger dålig. Bilder: Helena Soinne

Oftast strävar man efter att vattenytan inte stiger högre än till 60 centimeters djup. Då ska de egentliga dikena ligga djupare än detta, och allt djupare ju glesare dikesmellanrummet är i förhållande till markens vattenledningsförmåga.

Å andra sidan kan det särskilt på organogena marker vara skäl att undvika för djup dränering, eftersom syrerika markskikt också ökar nedbrytningen av organiskt material. Då åkern har jämn och god torrläggning kan ett torrläggningsdjup på bara 30–35 centimeter vara tillräckligt.

IV. Förhindrande av markpackning

Växterna växer inte ordentligt i packad mark, och ger då inte heller någon skörd. I detta avsnitt går vi igenom markpackningens fysik, och olika metoder för att undvika markpackning genom växtföljd, maskinkedjor och val av däck på jordbruksmaskinerna.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

En mark med god markstruktur består till hälften av fasta partiklar och till hälften av luft och vatten. Det tomma utrymmet består av olika stora porer som lagrar vatten och transporterar luft och vatten. En tillräcklig mängd sammanhängande porer är en central faktor för en fungerande odlingsjord. När marken blir skadligt packad minskar antalet porer och sambandet mellan porerna bryts. Det som var en porös marklabyrint förvandlas till en ostrukturerad ansamling av markpartiklar där det är svårt för luften, vattnet och de marklevande organismerna att röra sig.

Markpackning är i princip ett enkelt fenomen: om marken belastas hårdare än dess belastningstålighet klarar av, pressas marken ihop tills belastningståligheten åter är lika stor som belastningen. I praktiken kan vi inte exakt veta hur stor markens belastningstålighet eller belastningen är. Genom att studera dessa två faktorer kan vi ändå skapa oss en bild av packningsriskerna och minska dem.

Packningsriskerna kan minskas på många olika sätt, och det lönar sig att fundera över vilka metoder som passar just på den egna gården. I tabell 2 ställs ett antal relevanta frågor som man kan besvara för att gestalta packningsriskerna och de korrigerande åtgärderna på gårdsnivå.

Faktorer som påverkar markpackningen på gårdsnivå

Faktor	Inverkan på markpackningen
Jordarter och torrläggning	Hur tunga lass håller marken? I olika fuktighetsförhållanden? Torkar åkern jämnt?
Växtföljd	Hur effektiv maskinkedja behöver man för att utföra odlingsåtgärderna vid rätt tidpunkt? Under vilka tider av året rör man sig på åkern? Hur mycket daggmaskar och rötter finns det i marken?
Bearbetningssystem	Hålls rotkanalerna hela? Hur djupt ner kan marken packas? Hur tunga maskiner behövs för att lyfta eller dra bearbetningsredskapet?
Maskinkedja	Används samma maskiner för alla arbetsskeden? Med vilka maskiner är packningsrisken störst?
Däckmontage	På hur många däck fördelas maskinernas tyngd? Hur lågt kan däcktrycket vara? Hur jämnt fördelar sig däcktrycket på marken?
Däckmontage	Med vilka däcktryck rör man sig på åkern? Justeras trycket enligt arbetet? Är maskinerna balanserade?

Tabell 2. Faktorer som påverkar markpackningen på gårdsnivå

Uppgift 5.10

Fundera igenom frågorna i tabell 2. beträffande de skiften du valt. Skriv upp de faktorer som enligt din uppfattning packar marken mest.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Markpackning: förhållandet mellan belastningen och markens hållfasthet

Med allt ensidigare växtföljder och allt tyngre maskiner har markpackningen ökat betydligt under de senaste decennierna. De allt tyngre maskinerna har ökat belastningen på åkern, när samtidigt den minskade andelen vall i växtföljden har försämrat markens hållfasthet. Genom att åtgärda dessa samma faktorer (växtföljden, tidpunkten för arbetena och maskinernas vikt) kan man också minska markpackningen.

Åkerns hållfasthet avgörs i första hand av jordarten och fuktighetsförhållandena, men också växternas rötter kan öka hållfastheten.

Marken är känsligast för packning när den är fuktig. Då är luftporerna tomma och vattenporerna fortfarande vattenfyllda. Belastningen på marken leds kraftigt vidare och de tomma luftporerna pressas lätt ihop.

Vattendränkt jord packas inte eftersom alla porer är fyllda med vatten. Också kruttorr mark har en stark, valvliknade struktur. Tyvärr är marken också lättast att bearbeta när den är ”lagom fuktig”, dvs. i det skede då luftporerna är tomma medan det ännu finns fukt i marken. I detta skede smulas jorden sönder vid rullningsprov och reder sig bra, så vårbruket inleds oftast i det skede när risken för markpackning är störst.

För att undvika markpackning i sådana förhållanden bör maskinerna vara lätta och däckens yttryck lågt (0,4 bars däcktryck). I torra förhållanden kan man använda större däcktryck.

VIDEO: Rätt däck och däcktryck är viktigt

En grov tumregel för packningsrisken är, att belastningen på marken bör vara högst hälften av markens förkonsolideringstryck. Med förkonsolideringstryck menas den största belastning marken redan utsatts för. Enligt tumregeln skulle till exempel det största tillåtna däcktrycket på mojord vara 0,75 bar på fuktig jord och 0,85 bar på torr jord. På molera skulle det största tillåtna däcktrycket vara 0,5 bar på lagom fuktig jord och 1,25 bar på kruttorr jord. Områdena på bild 20 visar situationer där däcktrycket borde vara under 0,5 bar eller där trycket kan vara över 1,0 bar. Denna grova uppskattning ersätter ändå inte en noggrannare planering med till exempel Terranimo-verktyget.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

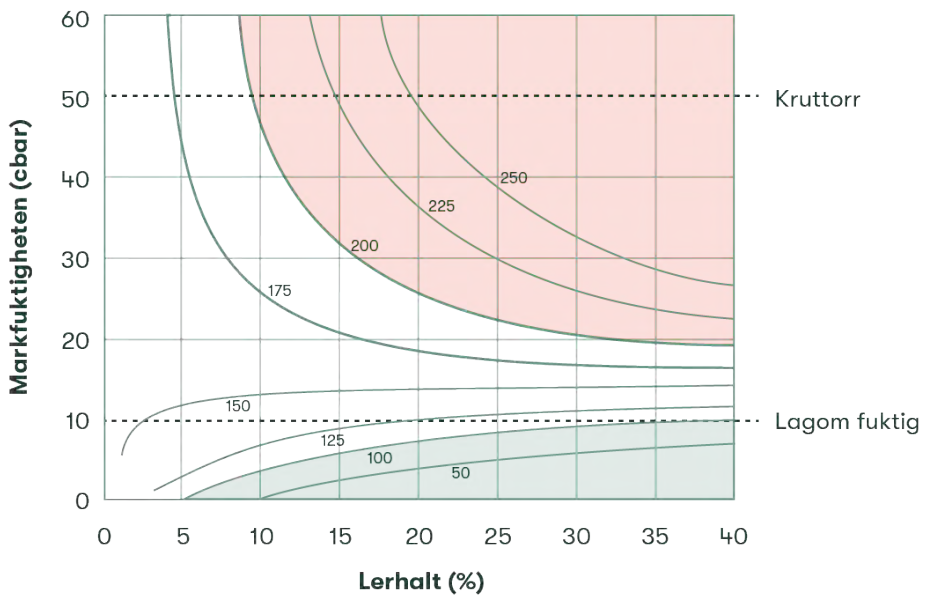


Bild 19. Skillnaden i hållfastheten hos torr respektive fuktig jord är störst på lerjord.

Att fundera på: *Bekanta dig med Terranimo-verktyget. Gå in på sidan* www.terranimo.world *och testa hur olika faktorer inverkar på skiftets packningsrisk. Välj ur din maskinpark en traktor och ett arbetsskede vars uppgifter du matar in i räknaren. Vad lade du märke till? Fundera på vad du kan ändra på för att minska packningsrisken.*

Växtföljdens inverkan på markpackningen

Om växtodlingen består av ensidig spannmålsodling är det bråda tider under vårbruket och vårsådden. Under de senaste decennierna har den ökade gårdsstorleken och det minskade antalet jordbrukare lett till att det behövs mer arbetseffekt per jordbrukare. Man har skaffat sig allt större jordbruksmaskiner. Däckteknologin har inte hängt med i utvecklingen. Kombinationen av allt tyngre maskiner och våt mark är ödesdiger för markstrukturen.

Mångsidigare växtföljd minskar packningsrisken. Om växtföljden kompletteras med till exempel vall som såtts in i skyddssäd, höstoljeväxter och höstspannmål, slipper man vårbruket under tre års tid. Samtidigt minskar den vårsådda arealen så att man hinner så i god tid, med mindre maskiner. Dessutom är det billigare att köpa bra lågtrycksdäck till mindre maskiner än till tunga jordbruksredskap. Genom att ändra växtföljden kan man påverka packningsriskerna och härigenom betydligt påverka gårdens ekonomi.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Ett exempel på växtföljdens inverkan på maskinpark

Om man på en gård med 100 hektar odlar enbart korn och sådden bör göras under sex dagars tid och bearbetningen baserar sig på plöjning, ytplanering och två harvningar, behövs för vårbruket tre traktorer, av vilka den största ska ha en effekt på minst 190 hästkrafter. Om man i stället går in för en femårig växtföljd som innehåller vall, höstraps, råg, bondböna och havre, minskar bearbetningsbehovet, man kan använda mera tid för vårsådden och den vårsådda arealen minskar med 60 procent. Då hinner man bra utföra arbetena med en traktor på ca 80 hästkrafter.

Odlingssystemets inverkan på markpackningen

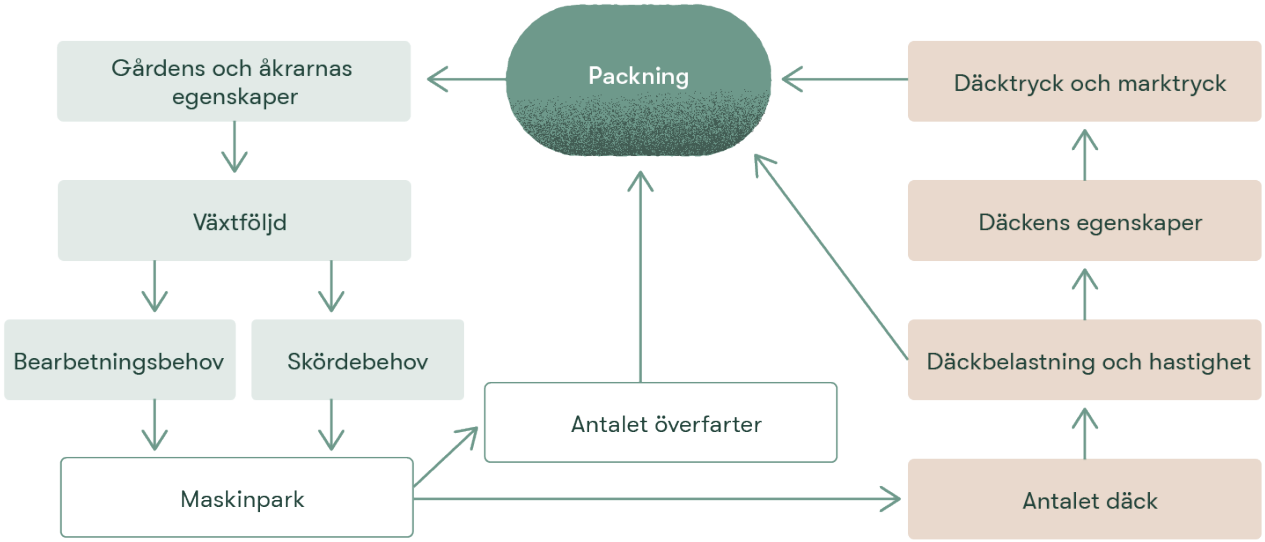


Bild 20. Odlingssystemets inverkan på markpackningen.

Tidpunkten för tunga arbeten

Enligt schemat över markens fuktighet och hållfasthet (bild 19) ska de tunga arbetsskedena göras vid en tidpunkt när marken är kruttorr. I finländska förhållandena sker upptorkningen av åkrarna enbart genom avdunstning långsamt, för en snabbare torkning krävs också den avdunstning som sker via växtligheten. Till exempel torkar råg eller höstrybs effektivt upp marken på våren. Om dessa används som övervintrande fånggrödor minskas packningsrisken på våren. Ännu effektivare sker markens upptorkning med hjälp av vallar.

Växterna torkar upp marken endast när de växer. När beståndet är moget upphör avdunstningen.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Det leder tyvärr ofta till att åkern vid tiden för höstbruket har hunnit bli våt igen på grund av regn efter skörden. I värsta fall har regnet kommit före skörden, varvid också skördemaskinerna har packat den fuktiga jorden. Man får marken att hållas torrare genom att efter skörden odla antingen en fånggröda som såtts in som bottengröda eller en snabbväxande fånggröda som såtts efter skörden.

Åkern är torrast efter vall- och höstsädsskörden, i slutet av juli eller början av augusti. Då är särskilt lerjordens hållfasthet så hög att man kan utföra tung markbearbetning, transportera dikesjord, genomföra ytforming av åkern och sprida jordförbättringsmaterial. Om man också hinner sprida stallgödseln under den torra tiden behöver man inte tömma gödselförrådet på hösten eller våren när marken åter är som känsligast för markpackning.

En växtföljd i vilken det ingår höstgrödor och vall minskar packningsrisken på våren, möjliggör användningen av en lättare maskinpark för vårbruket och öppnar nya möjligheter för grundförbättring av åker som exempelvis dikesrensning, utjämning av åkerytan och spridning av jordförbättringsmaterial under den torra tiden.

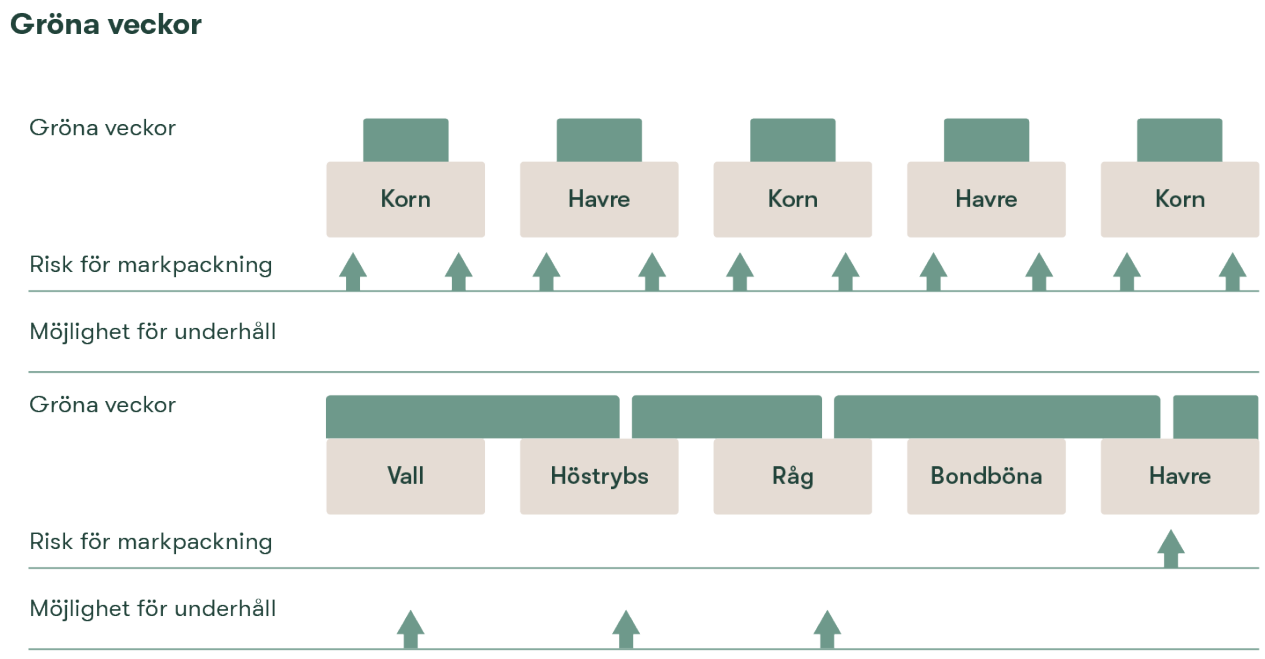


Bild 21. Växtföljdens inverkan på packningsrisken.

Att bedöma och minska den packningsrisk som maskinkedjan orsakar

Packningsrisken kan minskas också genom att förse arbetsmaskinerna med fler däck (parhjul och boggiemontage) och genom att skaffa däck där man kan använda lägre däcktryck. Ett bra verktyg för att planera reduceringen av trycket mot markytan är ett schema över packningsrisken (bild 22). Där har man ritat in packningsriskerna med olika hjullast och olika däcktryck. Genom att placera in uppgifterna om olika jordbruksmaskiner (olika axlar, olika arbetssituationer) i schemat får du en

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

uppfattning om vilka maskiner som medför de största riskerna och hur lågt däcktrycket borde sänkas för att man ska undvika risker.

Uppgift 5.11

Hurdan däckutrustning har dina maskiner? Använder du parhjul och sänkt däcktryck? Om inte, varför? Berätta om två maskiner, t. ex. en traktor och en tröska.

Schemat över packningsrisken är ett bra verktyg när man ska börja uppdatera däcken. Med schemats hjälp kan man gestalta hur låga däcktryck som kan användas med respektive belastnings- och däckkombinationer. Senare kan däckalternativen kartläggas med hjälp av däcktillverkarnas tekniska manualer (till exempel det tryck som vissa däckmodeller kräver vid olika belastning och körhastighet). Vid valet av däck ska ändå också beaktas dimensionerna och rotationsegenskaperna för att de nya däcken ska passa ihop med de andra däcken och ha rum att fungera på arbetsmaskinen. I materialet för OSMO-projektet finns flera exempel på val av däck.

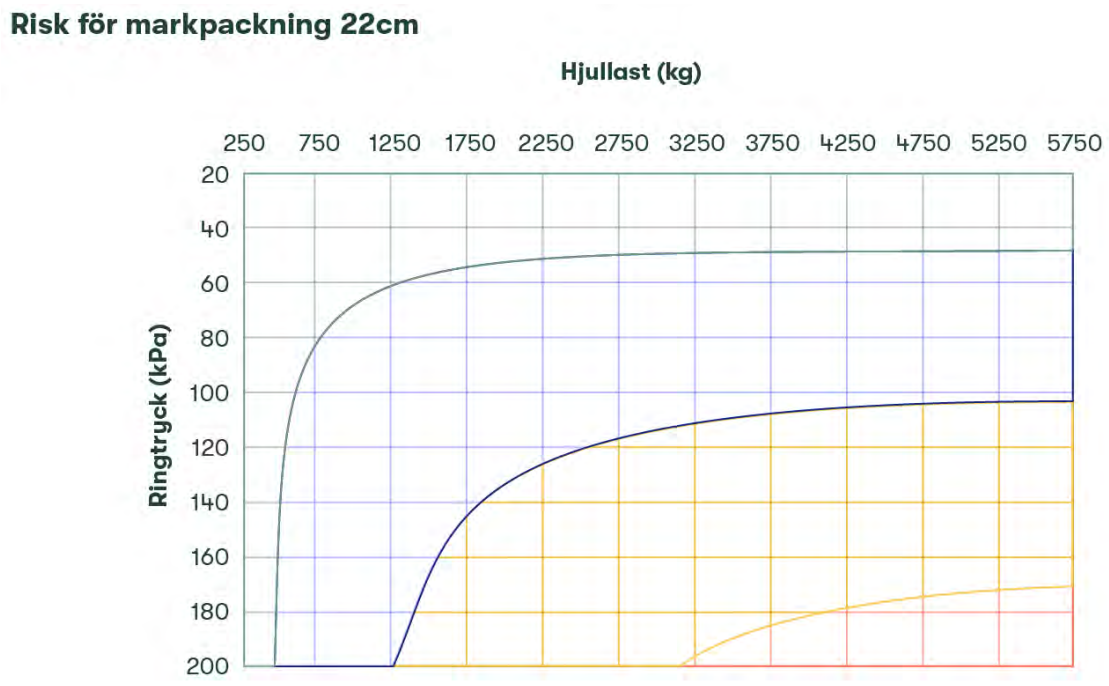


Bild 22. Packningsrisken vid olika hjullast och olika däcktryck (grön = låg risk på fuktig mark, blå = risk på fuktig mark, gul = risk alltid utom på kruttorr mark, röd = kör inte på åkern eller använd permanenta körspår).

Att utgå från maskinkedjan är särskilt ändamålsenligt om gården använder olika maskiner och olika typer av maskiner (bild 23). Förutom packningsrisken lönar det sig att också beakta

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

maskinernas arbetsbredd och den areal som packas. I vissa fall går det inte att minska packningen tillräckligt enbart genom att uppdatera däckutrustningen. Då kan det vara klokt att anlägga gemensamma körspår för sina maskiner för olika arbetsskeden, och förenhetliga maskinernas arbetsbredder (bild 23).

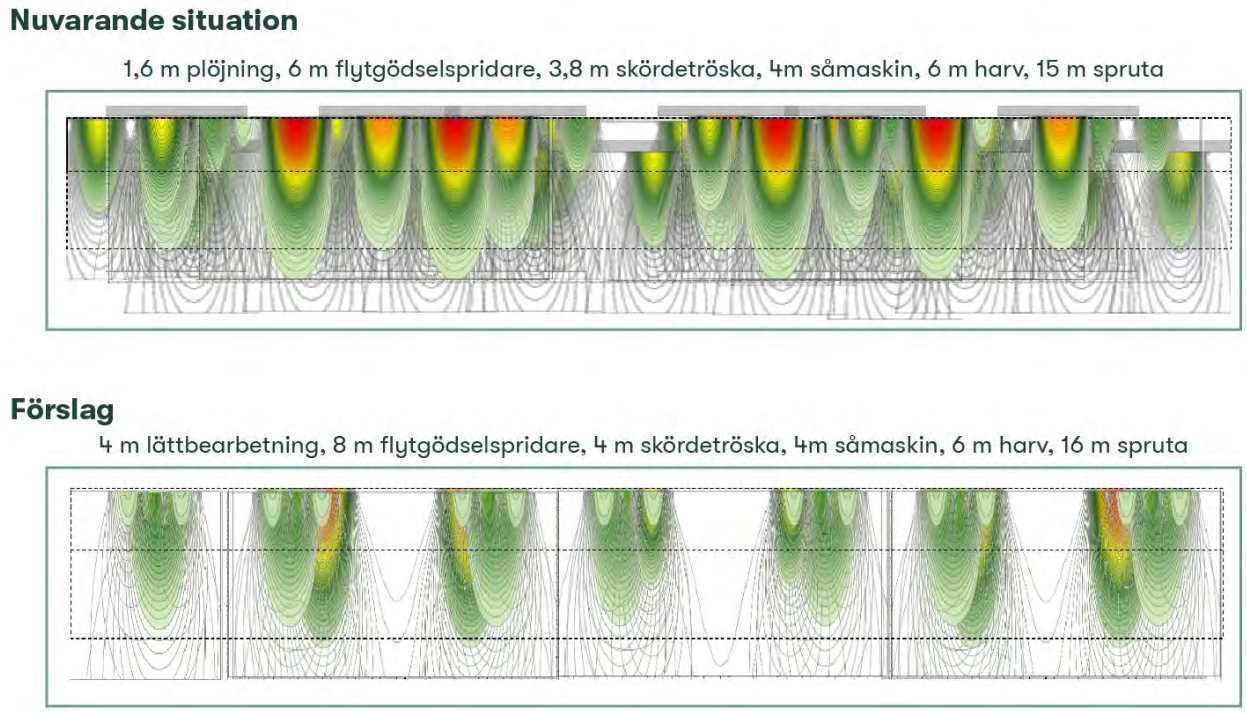


Bild 23. För en maskinkedja som studerades kunde man minska den markpackande effekten betydligt genom att ändra arbetstekniken och passa ihop arbetsmaskinernas bredder med varandra.

Terranimo-modellen kan användas också i slutskedet av valet av däck (bild 24). Olika däck fördelar trycket mot marken på olika sätt, så de kan ha olika markpackande effekt trots att vikten och trycket är desamma. Om man lyckas med valet av däck borde belastningen vara lägre än markens uppskattade hållfasthet.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

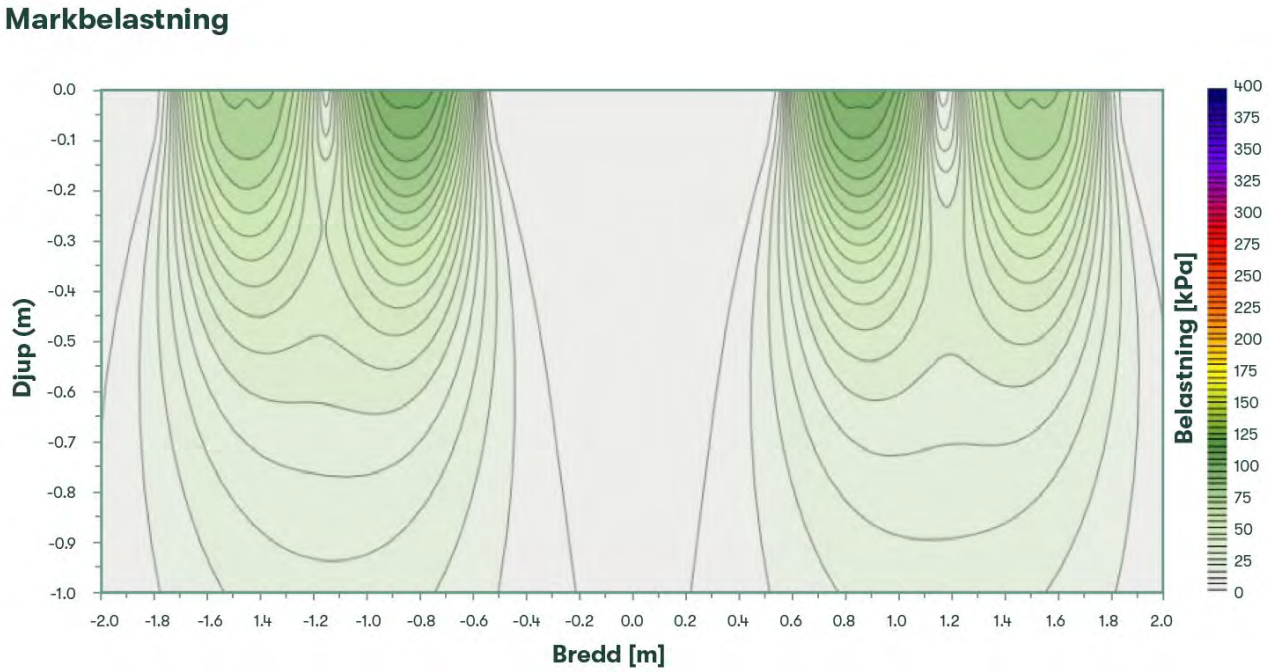


Bild 24. Två olika typer av däck schematiskt framställt med parmontering i Terranimo-modellen. För de inre däcken är tryckfördelningen skarpare och den markpackande effekten når djupare ner i marken.

Även om jordbruksmaskinerna blir större går det att undvika markpackning. För att man ska hitta metoder för att minska packningen som passar för den egna gården krävs ändå att hela odlingssystemet ses över. Hur kan man minska belastningen på marken? Och hur kan man öka markens hållfasthet? Om planeringen lyckas får man en hållbarare växtföljd och sannolikt också en förmånligare maskinkedja.

Djupluckring

Ibland kan ett markskikt vara så hårt packat att växterna inte kan ta sig igenom det. Då är det skäl att bryta skiktet mekaniskt genom djupluckring. På grund av risken för återpackning ska djupluckringen göras i vall eller kort före sådden av en gröda med djupt rotsystem.

Luckring möjliggör strukturförbättring

Det finns veterligen inga långvariga erfarenheter av mekanisk-biologisk djupluckring med moderna alvluckrare i Finland, men de erfarenheter man har av några års försök är lovande. Resultaten visar att det med biologisk-mekanisk djupluckring går att reparera både naturlig packning och packning som uppkommit genom ensidig växtodling, körning med tunga maskiner och växtodlingsåtgärder som gjorts när marken varit för våt. Gröngödslings- och skördegrödornas rötter kan då växa ut till ett större område i den porösa marken och tillgodogöra sig större reserver av vatten och näring.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Djuprotade växter kan tillgodogöra sig markens naturliga näringsförråd på flera tiotals centimeters djup och till exempel föra upp fosfor till markens ytskikt till de ettåriga skördegrödornas rotzon.

Vattnet tar sig igenom den luckrade marken vilket förhindrar ytavrinning och erosion, och kommer obehindrat ut i täckdikena. Å andra sidan kan man anta att mer vatten också hålls kvar i marken och är tillgängligt för växterna under torrperioder. När vatten hålls kvar i marken i skydd av markens aggregatstruktur är marken också tåligare mot packning än när vattnet befinner sig fritt i marken.

Den effektiverade rottillväxten tillför också marken mer organiskt material än i en packad jord, vilket ökar markens mullhalt. Detta förbättrar jordhälsan ytterligare genom att bland annat förbättra markens förmåga att hålla kvar vatten och näringsämnen samt dess mikrobaktivitet och aggregatbildning.

Växter med djupt och kraftigt rotsystem har en viktig roll när det gäller att eliminera skadlig markpackning. Växterna stabiliserar den luckrade markens struktur och fortsätter att förbättra markstrukturen. Följaktligen är det viktigast att djupluckringen görs vid en sådant tillfälle att marken är aggregatbildande ända ner till bearbetningsdjupet, vallen är i god tillväxt och åtgärden inte skadar vallen nämnvärt. Om de här tre villkoren inte uppfylls är det bättre att skjuta upp djupluckringen till ett annat år. Senast efter djupluckringen ska man se över odlingsåtgärderna och skapa sig rutiner som bevarar den goda markstrukturen.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Bild 25. För att uppnå bästa resultat måste djupluckringen ske under goda förhållanden i en växande vall med många arter. Bild: Juuso Joona

Att identifiera behovet av djupluckring

Innan man utför djupluckring bör behovet av luckring konstateras genom iakttagelser av markstrukturen. Penetrometer, spade och kniv är de viktigaste mätinstrumenten för detta.

Mätning med penetrometer lyckas bäst när markens fuktighet är vid fältkapacitet, dvs. när marken innehåller maximal vattenmängd. Då går det lätt att hitta de packade jordlagren i marken. Rottillväxten har konstaterats försvåras kraftigt när penetrometermotståndet överstiger 2 MPa.

Det åskådligaste sättet är att göra ett groptest med spade och samtidigt kontrollera hur växtrötterna har det. Då får man en bra uppfattning om markstrukturen och kan också studera markprofilen och rötternas utbredning vid gropens kanter. Ofta kan bearbetningssulan urskiljas med blotta ögat, men du kan använda en slidkniv som verktyg. Genom att dra lätt med knivspetsen vertikalt längs gropens kant upptäcker du sulan på det ställe där knivspetsen strävar efter att styras utåt från väggen. I samband med iakttagelserna är det viktig att fundera över orsakerna till packningen och sträva efter att förhindra packning i fortsättningen.

Ämnet studeras i praktiken i den sista delen av Grunderna för regenerativt jordbruk: Mät och observera

Mekanisk luckring hjälper växterna att fortsätta arbeta

Djupluckringen av marken kan göras med hjälp av växter eller med maskiner. Fleråriga växter med djupt rotsystem såsom blålucern, rödklöver och andra klöverarter samt rörsvingel passar bra som skörde- eller gröngödslingsvallar. Ett- och tvååriga växter med kraftigt rotsystem såsom rättika, cikoria, vicker eller sötväppling kan odlas som fånggrödor efter tidigt skördade skördegrödor eller som ettåriga gröngödslingsbestånd.

Vid mekanisk djupluckring med alvluckrare tränger maskinen med sina glest placerade bett ända ner till alven. Alvluckraren bryter marken och lyfter den samtidigt uppåt utan att ändå röra om markprofilen. Vid mekanisk luckring försämras markens bärförmåga betydligt, beroende på vilken typ av maskin som används.

Det viktigaste är att stabilisera markstrukturen efter luckringen. Detta kan göras biologiskt med hjälp av djuprotade växter.

Jord som inte stabiliserats efter luckringen är känslig för återpackning, som kan ske ända ner till luckringsdjupet. Risken är stor särskilt om luckringen efterföljs av vårbruket.

Genom att kombinera mekanisk luckring med biologisk luckring skapar vi möjligheter för en effektiv djupluckring. Kombinationen stabiliserar samtidigt markstrukturen så att den håller för åkertrafik. Huvudrollen innehas av djuprotade växter som vi hjälper mekaniskt med maskiner.

Det säkraste sättet med tanke på riskerna med luckringen är att utföra alvluckringen i ett första årets gröngödslingsbestånd som etablerats som bottengröda. Då kan tidpunkten för luckringen anpassas så att förhållandena är optimala och vallbeståndet stabiliserar markstrukturen efter

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

behandlingen. Ett annat alternativ är att luckra marken mekaniskt innan man sår en djuprotad höstoljeväxt. Ytterligare ett exempel är att djupluckra efter att ha skördat skyddssäden från ett bestånd av tvåårig sötväppling som såtts som bottengröda. Med tanke på hur länge luckringseffekten varar är de här två alternativen ändå sämre än luckring i gröngödslingsvall och förbundna med en risk att alven återpackas.

Bild 26. Efter djupluckringen stabiliserar växter med djupa rotsystem markstrukturen med sina rötter. Klöverns vita rötter har vuxit snabbt då de fått utrymme. Bild: Juuso Joona

Att fundera på: Ingår det växter med djupt rotsystem i din växtföljd? Ifall de gör det, vilka är de och vilka nya kunde du prova på? Ifall de inte ingår i din växtföljd, fundera på i vilken fas av följden du kunde tillsätta dem och vad du skulle vilja veta mera om växterna.

Olika typer av alvluckrare

Det finns i princip två olika typer av alvluckrare: en typ som luckrar hela markprofilen och en typ som skär upp smala rännor i marken. Ett annat sätt att dela in maskinerna är i alvluckrare för stubb som blandar om marken kraftigt och i alvluckrare för vall, som lyfter jorden utan att röra om den. De förstnämnda redskapens luckringsbotten är jämn, medan de två sistnämndas är vågig. De alvluckrare som luckrar markskiktet i sin helhet passar framför allt för djupluckring av vallar genom en engångsbehandling.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

De alvluckrare som skär upp rännor i marken kvarlämnar oluckrade åsar i marken, som gör att markens bärförmåga delvis bevaras. Detta är till fördel på åkrar där marken inte stabiliseras med hjälp av djuprotade växter, som till exempel vid behandling av vissa problemställen under växtperioden eller vid ensidig odling av rotfrukter. Den enklaste formen av den här typen av alvluckrare är mullvadsplogen eller tubulatorn, som ändå inte luckrar marken utan endast bryter bearbetningssulan. De rännor som bildas styr kraftigt vattnets strömning, vilket ska beaktas när man väljer körriktning för luckringen. Riktningen ska leda bort från svackor och mot åsar och kullar och dessutom tvärs över eller snett emot täckdikenas riktning.

En viktig tilläggsutrustning på båda maskinmodellerna är packern, som har till uppgift att jämna ut marken och hålla arbetsdjupet jämnt. Vid luckring av vall är det bra med tanke på arbetsresultatet om maskinen har skivrister som löper framför skären, men särskilt på gröngödslingsvallar är de inte nödvändiga.

Bild 27. Det finns flera olika typer av alvluckrare på marknaden och de kan fungera på mycket olika sätt. Glest placerade, breda skär med smala pinnar (till höger) passar bäst för biologisk-mekanisk djupluckring, eftersom dessa inte söndrar vallens yta för mycket. Skivristerna förbättrar slutresultatet. Bilder: Juuso Joona

Tidpunkten är viktig

Tidpunkten är en ytterst kritisk faktor för att den mekaniska luckringen ska lyckas. Marken ska vara tillräckligt torr för att brytas upp helt igenom. Marken får ändå inte vara för torr, annars bryts den till massiva kokor och då blir också behovet av drageffekt och slitaget på skären oskäligt stora.

I praktiken kan man pröva om fukthalten är den rätta genom att rulla ut ett stycke jord mellan handflatorna. Om jorden inte formas till ett band är marken i alla fall inte för våt. Det viktigaste är att man kontrollerar fuktigheten på det djup som man vill luckra. Om förhållandena under växtperioden inte blir tillräckligt torra är det bättre att skjuta upp djupluckringen till följande år. Luckring som görs vid fel tid, i alltför våt jord, kan packa marken i sidoriktningen så att det inte sker någon luckring vertikalt. I sådana fall kan slutresultatet av djupluckringen vara sämre än situationen var från början.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Uppgift 5.12

Har du någon gång alvluckrat dina åkrar? Under vilken tid på växtperioden gjordes alvluckringen och med en hurdan alvluckrare?

Hade skiftet ett levande växttäcke, stubb eller en bearbetad bar yta?

Svara på dessa frågor och skriv också om dina observationer efter alvluckringen, minskade alvluckringen på markpackningen?

Ifall du aldrig har alvluckrat dina åkrar, fundera på varför och hur du kunde börja.

Arbetstekniken väljs enligt behovet

Vid luckring av gröngödslingsvallar ska vallen ha kommit så bra igång med tillväxten efter slåttern att den tål luckringen utan att ta skada. Efter en lyckad luckring ser man efter några veckor inte längre att något gjorts.

När alvluckrarens arbetsdjup har ställts in så att skären går under bearbetningssulan går det enkelt att köra. Körhastigheten är 3–6 km/h, och det lönar sig inte att öka hastigheten för då blir arbetsresultatet lidande. Det är ju ändå fråga om en åtgärd som utförs bara sällan. Slåtter och krossning av gröngödslingsbeståndet som görs efter luckringen ska göras när förhållandena är goda och med lätta maskiner, och när marken är tillräckligt torr så att det inte sker återpackning. Det luckrade gröngödslingsbeståndet borde helst avslutas i juli-augusti, varefter växtföljden fortsätter med djuprotade höstgrödor, som fortsätter att stabilisera den luckrade marken effektivare än vårgrödor. Den luckrade gröngödslingsvallen kan också avslutas genom lättbearbetning i stället för med traditionell plöjning. Det här rekommenderas särskilt på tunga jordar eftersom det organiska materialet effektivt blandas in i marken vid lättbearbetning. Efter luckringen innehåller marken mycket luft- och vattenporer vilket är till fördel för höstgrödans övervintring.

På svårt packad jord kan det vara omöjligt att luckra tillräckligt djupt med fullt antal skär på alvluckraren. Dragmotståndet kan vara för stort, och slutresultatet kan bli ett fält med massiva kokor eller jordflak med en storlek på flera tiotals centimeter. Då bör man fundera ut en alternativ taktik. Svåra packningssulor måste behandlas med flera olika överfarter, helst under olika år och till och med under olika växtföljder för att marken ska hinna stabiliseras mellan behandlingarna. Vid de senare överfarterna ökas arbetsdjupet tills maskiner kommer ner till det djup man avsett, under bearbetningssulan.

Man kan också minska antalet skär, varvid markprofilen inte blir bearbetad i sin helhet, men maskinen ändå tränger igenom sulan med glesare mellanrum. Det gör det också möjligt för rötterna och tjälen att tränga igenom sulan. Om det uppkommer tjäle kan tjälen smula sönder de obrutna åsarna mellan rännorna. Också i sådana fall kan djupluckringen upprepas senare, i en annan körriktning, så att marken blir luckrad i sin helhet.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

I vissa fall kan sulan vara det bärande skikt som överhuvudtaget möjliggör odling. Då är det inte ändamålsenligt att bryta sulan om den inte stör rottillväxten, gasväxlingen eller vattnets rörelser. I dessa fall är det sulan som tar emot belastningen och förhindrar markpackning i alven

Stort urval av alvluckrare

Det finns många olika modeller av alvluckrare på marknaden med mycket varierande tekniska detaljer. Mekanisk djupluckring baserar sig på fysikaliska och markmekaniska lagar, som man inte kan bryta mot utan att det påverkar arbetets slutresultat.

När man planerar valet av maskin ska man fundera på markens behov och odlingssystemets målsättningar vad gäller luckringen och jämföra dem med de egenskaper maskintillverkaren utlovar. Det bästa är om man kan se hur maskinen fungerar i praktiken eller kan provköra den på sina egna åkrar.

I Finland finns idag redan flera företag som tillverkar och importerar nya alvluckrare, däremot är utbudet av begagnade moderna maskiner litet. I Mellaneuropa har alvluckrare använts redan i flera decennier, det har behövts bland annat på grund av användningen av tunga maskiner, ensidig växtodling och avsaknaden av tjäle, och där finns ett stort utbud av begagnade luckrare.

Alvluckraren är ett redskap som rätt obekymrat också kan köpas via nätet, eftersom maskinen har få rörliga delar och man kan få en bra bild av maskinens skick också med hjälp av foton.

Alvluckrare är en maskin som passar bra att användas gemensamt, och som har låga användningskostnader.

Slitdelarna är visserligen värdefulla, men de behöver för det mesta inte bytas förrän efter flera hundra hektars körning. Alvluckring ger ekonomisk nytta bara på svårt packad mark. Då kan kostnaderna vara rätt höga, men också den förväntade nyttan är stor. Om man har ett odlingssystem där man inte fäster uppmärksamhet vid att förebygga markpackning och alvluckring måste utföras ofta är kostnaderna sannolikt större än nyttan.

Andra användningssätt för alvluckrare

Marken kan också luckras grunt om det till exempel uppkommit ytlig markpackning i samband med skörden eller bearbetningssula efter lätt markbearbetning. Med grund luckring kan man särskilt på lerjord undvika höstbearbetning, särskilt plöjning, och hålla marken täckt med bottengröda över vintern. Just nu undersöks också användningen av alvluckrare för bekämpning av rotogräs, särskilt åkertistel.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Bild 28. På Tyynelä gård testas om man med hjälp av en grund luckring om hösten dels kan frångå höstbearbetning, dels kan bekämpa rotogräs. Bild: Juuso Joona.

Inom vallodling kan man med hjälp av en alvluckrare åtgärda markpackning som uppkommer i samband med skörden. Om skörden sker med en fjärilsslåtter och en självlastarvagn kan man koncentrera den tunga åkertrafiken till ett smalt område. Det här området kan luckras upp genom att regelbundet (dvs. alltid då fuktighetsförhållandena tillåter det) genomföra alvluckring i vallbeståndet efter den första skörden.

Djupluckringens huvudprinciper

1. Studera markens struktur. Om du observerar en svår förtätning, ta redan på hur den ursprungligen uppstått. Förhindra att det uppstår markpackning i fortsättningen.
2. Anlägg ett bra gröngödslingsbestånd som bottengröda för skördegrödan och se till att beståndet övervintrar, vid behov till exempel genom att avleda stående vatten från svackor med hjälp av ytdiken eller mullvadsdiken.
3. När vallen har klarat sig till våren och är i god tillväxt, bistå den mekaniskt, dvs. utför alvluckring med en för ändamålet lämplig maskin när marken är tillräckligt torr.
4. Upprepa vid behov alvluckringen nästa vallår eller vid följande gröngödslingsrotation.
5. Avsluta vallen med en höstgröda och fortsätt att odla skiftet, men återpacka det inte. Studera markstrukturens utveckling.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Kapitel 5 är skriven av:
Eliisa Malin och Sanna Söderlund, BSAG
Iina Haikarainen, ProAgria, Södra Savolax
Pekka Terhemaa och Netta Leppäranta, ProAgria, Södra Finland
Tuomas Mattila, Finlands miljöcentral *
Janne Pulkka, KVVY Tutkimus Oy
Petri Leinonen, Elomestari Ab
Juuso Joona, Tyynelä gård

*Avsnittet Balanserad växtnäring, ”Det är vanligt med funktionsstörningar i täckdiken” i avsnittet Förbättring av vattenhushållningen, från och med mellanrubriken Metoder som förbättrar vattenhushållningen till slutet av samma avsnitt, samt början av avsnittet Förhindrande av markpackning ända till mellanrubriken Djupluckring.

Kapitel 5 är faktagranskad av:
Professori Laura Alakukku, Helsingfors universitet
Tuomas Mattila, Finlands miljöcentral

Kapitel 5 är översatt av:
Mediatjänst Kerstin Holmström Mediapalvelu, Mats Norrholm

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Kapitel 6 Maximera fotosyntesen, mikroberna och skyddet

Inom regenerativt jordbruk vill man maximera assimilation, skydd och mikrober. Dessa kan främjas genom mångsidig växtföljd och rätt val av odlings- och bottengrödor. I detta kapitel bekantar vi oss med mångsidigare växtföljder, fång- och bottengrödor samt den kemiska växelverkan mellan växter.

I. Jordförbättring och kolbindning med hjälp av växtföljden

Ett äkta växttäcke under en så stor del av året som möjligt skyddar marken mot erosion och urlakning av näringsämnen. Dessutom är den gröna växtligheten beredd att assimilera alltid då solen skiner, vilket är fördelaktigt för kolbindningen. Mikroberna trivs också då växttäcket ger dem föda både via rotsystemet och växtrester. Som grädde på moset förbättras markens struktur och mullhalt.

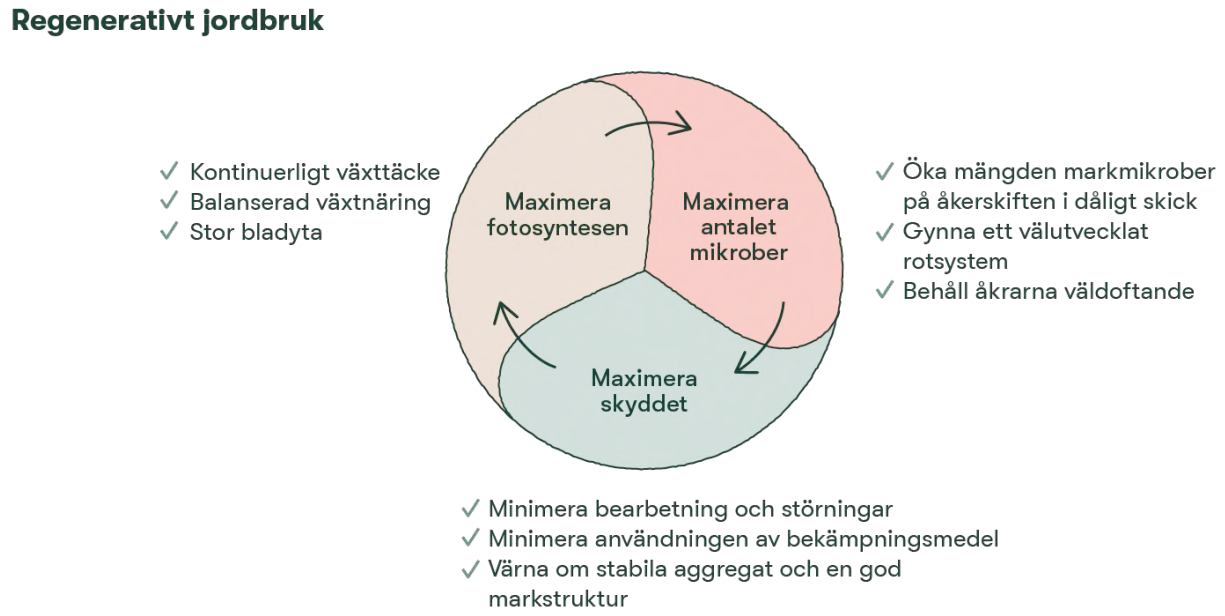


Bild 1. Den regenerativa odlingens grundprinciper matar varandra. Det är fråga om ett positivt kretslopp, där markens mullhalt ökar och markstrukturen förbättras. Bild: Tuomas Mattila.

Äkta, kontinuerligt växttäcke

Äkta, kontinuerligt växttäcke innebär att åkern är täckt av grön växtlighet under en så stor del av året som möjligt. Kontinuerligt växttäcke kan skapas av till exempel fleråriga vallar, höstsådda grödor eller fånggrödor som lämnas kvar över vintern.

Växtlighet som finns på åkern under vintern binder åkerjorden, vilket minskar på erosion, urlakning av näringsämnen och fasta partiklar som når vattendragen. Näringsämnesläckage stör vattenekosystemens funktion och vattendrag, sjöar och hav eutrofieras av den kväve- och

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

fosforbelastning som ackumuleras i dem. Milda och regniga vintrar är särskilt betydande för ökande näringsämnesbelastning. Belastning från fasta partiklar gör vattnen grumliga och leder till att vattendragen slammas och växer igen. En minskning av erosion och näringsämnesurlakning har också en ekonomisk betydelse, eftersom rinnande vatten för bort näringsämnen som behövs för tillväxt på åkern och därmed också pengar som använts för at gödsla åkern.

Äkta växttäcke på åkern under vintern kan också minska åkrarnas koldioxidutsläpp och öka åkerns kollager. Assimilationen och kolbindningen fortsätter så sent under växtperioden som möjligt, då man till exempel sår fång- och bottengrödor under ettåriga, vårsådda växter, så som spannmål, och lämnar kvar dem över vintern. Då man använder höstsådda växter och odlar vallar, startar assimilationen så tidigt som möjligt på våren.

Visste du?

Även om en så stor bladmassa som möjligt efter tröskning är viktig för assimilationen, lönar det sig ändå inte att lämna riktigt riklig växtlighet över hela vintern. En stor växtmassa kan försämra växtbeståndets övervintring och den kan öka näringsämnesurlakningen. Vallar och fånggrödor kan till exempel utnyttjas som foder, bete eller utnyttjas som råvara för biogasproduktion.

Bild 2. Höstsådda grödor så som höstråg är utmärkta alternativ som växttäcke vintertid. Bild: Eija Hagelberg.

Växttäcke under vintern har en viktig uppgift också i framtiden, eftersom medeltemperaturen i Finland förväntas stiga 2–6 °C och regnmängden under vintern öka 10–40 % till år 2100 på grund av klimatförändringen. (1 Detta innebär att vintrarna kan vara kortare och regnigare än tidigare, varvid risken för erosion och näringsurlakning kan öka.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Gröna veckor

Även om kontinuerligt växttäcke är eftersträvansvärt, uppstår det oundvikligen korta avbrott. I det följande ges ett exempel på hur växtföljden kan planeras så at den maximerar de gröna veckorna, dvs. assimilationen.

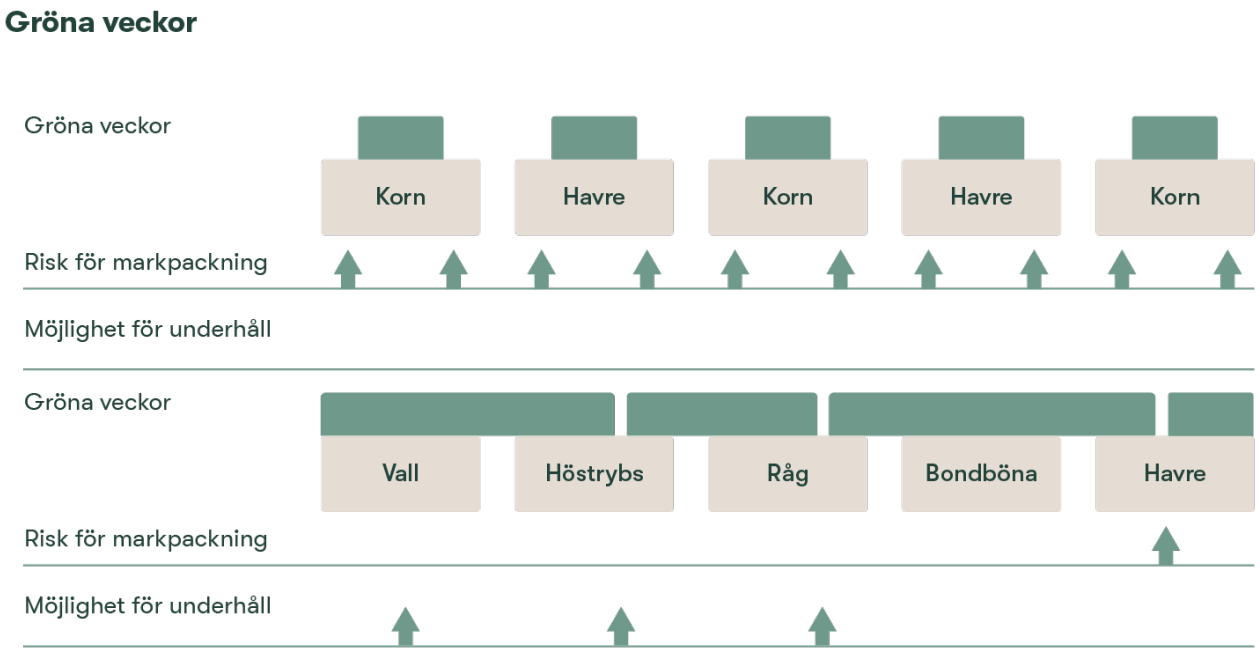


Bild 3. Den övre växtföljden illustrerar en enkel havre-korn-växtföljd. Då finns det assimilerande växtlighet på åkern endast då spannmålen är grön. I den undre växtföljden är de gröna veckornas antal betydligt större. Vallen avslutas under den första hösten och åkern sås med höstrybs. Efter höstrybsen sås råg. Efter rågskörden får spillsäden växa tills man sår bondböna. I samband med sådden av bondböna sås åkern in med italienskt rajgräs som fånggröda, vilken bevaras till följande vår. Sådden av bondböna i rågbrådden skyddar marken mot packningsrisker, eftersom jorden är torrare än vid sådden av havre våren efter det italienska rajgräset. Källa: Tuomas Mattila / OSMO-projektet.

RUSLE 2015 (Revised Universal Soil Loss Equation) är en platsdatabaserad erosionsmodell, framtagen av JRC (Joint Research Center), som beskriver den erosion som regnen förorsakar (t/ha/år). Erosionsvärdet räknas ut genom att beakta regnets erosionseffekt (R), markens erosionsfaktor (K), förnans dämpande effekt (C), sluttningens längd och lutning (LS) samt åtgärder för dämpande eller styrning av erosionsmaterialets rörelser (P). Arbetet med modellen pågår i hela landet, men arbetet är färdigt endast i landets sydvästligaste delar.

RUSLE 2015 -erosionsmodell

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Uppgift 6.1

Bedöm erosionskänsligheten på dina utvalda kursskiften utgående från dina egna erfarenheter och iakttagelser. Begrunda vilka åtgärder du kan vidta för att minska åkrarnas erosionskänslighet. Nämn åtminstone två åtgärder.

Mångsidigare växtföljd

En mångsidig växtföljd är odlarens satsning på framtiden, eftersom den förbättrar och upprätthåller markens bördighet och förbättrar odlingssäkerheten. En mångsidigare växtföljd jämnar ut arbetstoppar och risker, förbättrar gårdens resiliens och den är ekonomiskt lönsam.

En mångsidigare växtföljd förbättrar markens bördighet och effektiverar näringsämneskretsloppet.

En mångsidig växtföljd upprätthåller god markstruktur och ökar diversiteten i rotsystemens struktur. Användning av växter med djupgående och vida rotsystem och odling av vallar samt botten- och fånggrödor tillför organiskt material till marken och förbättrar markens struktur.

Bild 4. Ett väletablerat höstrybsbestånd skuggar ogräs effektivt, tar till vara näringsämnen och skyddar markytan från regn. Till höger ett slutet rybsbestånd, där det inte finns utrymme för ogräs. Bilder: Tero Tolvanen.

Ju mångsidigare urval av grödor, desto mångsidigare är mikrobverksamheten i jorden. Då är nedbrytningen snabbare och näringsämnena kommer snabbare växterna till godo. En god växtföljd utnyttjar också växternas förfruktsvärden.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Tabell över förfruktseffekter

Egenskap	Höstrybs /-raps	Höstsäd	Vårsäd	Vårolje v.	Ärt /Bondböna	Rotsaker	Kummin	Gräsvall	Vall med baljväxter
Organiskt material	+	+	(0)/-	-	-	--	+(+)	++	+++
Aggregatbildning	++	+	-	-	+	--	+	++	+++
Bearbetningsskiktets struktur	++	+	-	-	+	--	+	++	+++
Alvens struktur	++	+	-	-	0	--	++	+	+++
Näringsinnehåll	0	(0)/-	(0)/-	0	++	+	0	++	+++
Frigörande/fixering av kväve i växtmassan	-	--	--	-	+	0(+)	-	+	++
Växtsjukdomar	--	-	(+)-	--	-(-)	--	-(-)	-	--
Skadegörare	-	(0)-	(0)-	-	-	--	-	0	-
Fröogräs	--	-	-	--	-	0	-	++	++
Fleråriga ogräs	0 (+)	(-)	-	--	-	+	-	+	+

+ + positiv effekt 0 obetydlig effekt - negativ effekt

Bild 5. Förfrukten, dvs. den växt som har odlats föregående år kan ha en positiv effekt på den efterföljande grödan. I vissa fall kan den positiva effekten vara i flera års tid. Förfruktens effekter visar sig bland annat som bättre utnyttjande av näringsämnen, mindre växtsjukdomar och bättre markstruktur. Bild från källa 2, uppgifterna uppdaterade av Jukka Rajala 2021.

En mångsidig växtföljd minskar risken för växtsjukdomar. Växelbruk förebygger särskilt växtsjukdomar som övervintrar i marken eller växtresterna. Växelbrukets inverkan på växtsjukdomar är en följd av den effektiverade nedbrytningen på grund av mångsidigare mikrobflora, vartill antalet sjukdomsalstrare som har specialiserat sig på en växtart minskar. En mångsidig växtföljd är också nyttig för bekämpning av ogräs. Bland nyttorna kan man nämna förebyggande av herbicidresistens, bättre möjlighet att bekämpa gräsartade ogräs under de år man odlar tvåhjärtbladsväxter samt vallodlingens minskande effekt på ogräsfröbanken.

En mångsidig växtföljd ska gärna under omväxlande år innehålla enhjärtbladsväxter så som spannmål, tvåhjärtbladsväxter så som olje- och baljväxter, vårsådda grödor, höstsådda grödor samt ett- och fleråriga växter. Odlingsväxterna kan också odlas i blandade bestånd, så att man samtidigt odlar flera växtarter eller -sorter. Utöver själva huvudgrödan kan man variera växtföljden genom att använda fång-, mellan- och bottengrödor. Åkerområdenas mångfald kan berikas och växtföljden göras mångsidigare med gröngödslingsvallar, naturvårdsåkrar, mångfaldsåkrar som anläggs med vilt-, landskaps- eller ängsväxter och fågelåkrar. På åkerskiftena kan man också utnyttja mångfaldsremsor som ingår i odlingsväxtens odlingsareal.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Källa 3 är källa för illustrationerna 6–10.

Växelbruk

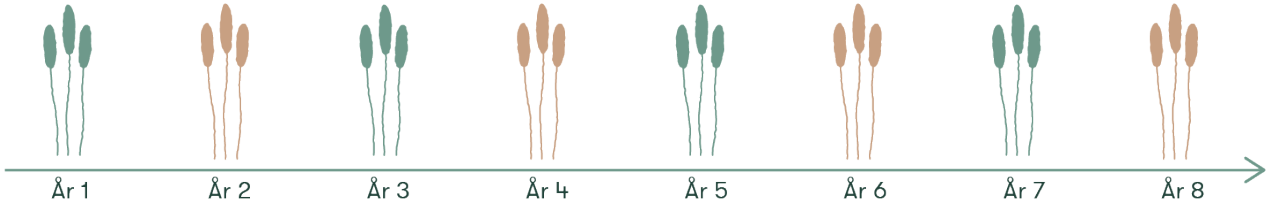


Bild 6. Växelbruk innebär att man turvis odlar minst två odlingsväxter av olika typ, till exempel höst- och vårspannmål så, att samma odlingsväxt inte odlas flera än ett år efter varandra.

Mångsidig växtföljd

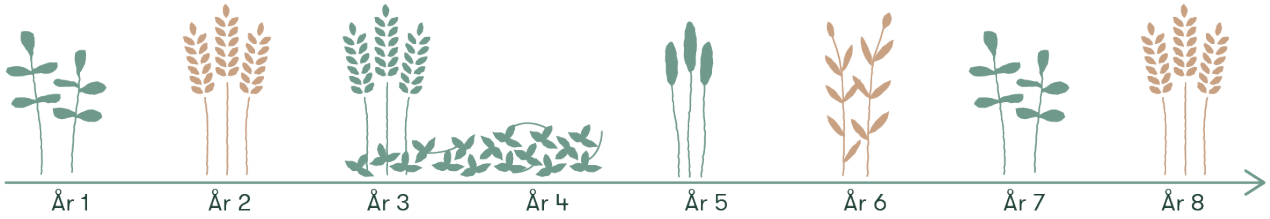


Bild 7. En mångsidig växtföljd består av flera olika typer av odlingsväxter, så som baljväxter, spannmål och oljeväxter. Bottengrödor kan med fördel också ingå i växtföljden. Växtföljden tillämpas planmässigt så, att nyttan av växtföljden blir så stor som möjligt.

Blandade grödor

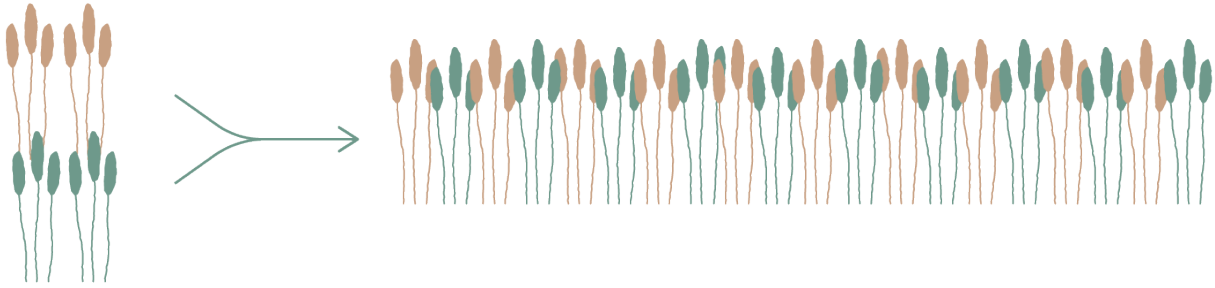
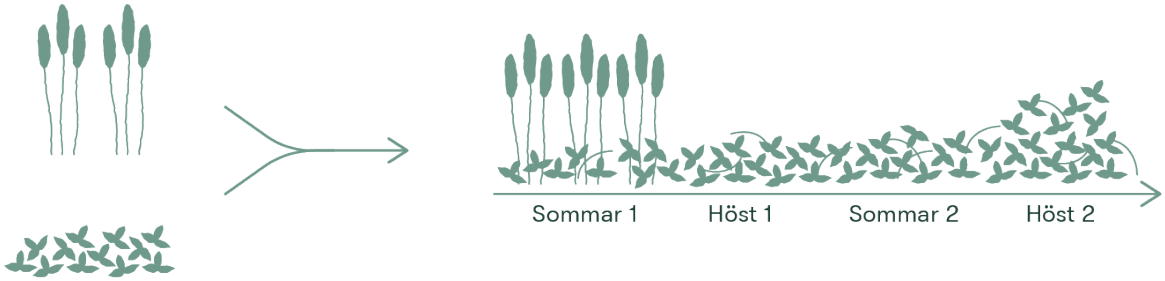


Bild 8. Vid odling i blandade bestånd odlar man samtidigt två olika sorter av samma växt eller två helt olika växtarter och de både sås och skördas samtidigt. Som exempel kan man nämna ärt-havre-blandning som odlas som foder eller blandningar av två olika kornsorter.

Botten-, fång- och gröngödslingsväxter



Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Bild 9. Man kan så en bottengröda samtidigt som man sår en ettårig skördeväxt. Den ettåriga skördeväxtens skörd bärgas den första hösten och bottengrödan lämnas kvar att växa tills den dör av vintern eller bearbetas ner i jorden. Bottengrödan kan också få växa till hösten följande år, varvid den frodiga växtligheten fungerar som gröngödsling. En fånggröda som fångar upp överflödiga näringsämnen kan också sås in efter skördeväxter som skördas tidigt.

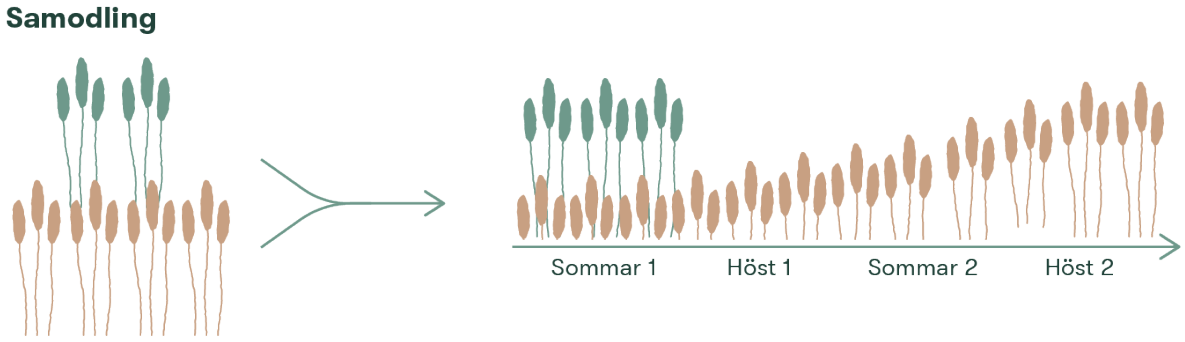


Bild 10. Samodling kan utföras på flera sätt och ett sätt är att så in en höstsådd skördeväxt samtidigt som man sår den ettåriga skördeväxten. Den ettåriga växtens skörd bärgas under den första hösten och den höstsådda växten fortsätter att växa till följande höst. Som exempel på odlingsmetoden kan man nämna insådd av höstrybs eller kummin under tidigt korn. (4

Val av växtarter för en mångsidig växtföljd

För att uppnå en så mångsidig växtföljd som möjligt, lönar det sig att välja sådana växter, som avviker från varandra till sina krav och egenskaper. Urvalet av växter på gården påverkas av åkerskiftenas beskaffenhet, produktionsinriktning, geografiskt läge, gårdens maskinpark, arrondering och den regionala marknaden för olika grödor. Odlaren ska beakta den egna gårdens särdrag vid planeringen av en mångsidig växtföljd. En husdjursgård, en växtodlingsgård och en frilandsproducent avviker till exempel avsevärt från varandra i fråga om att skapa en mångsidigare växtföljd.

Man kan också öka mångsidigheten genom byten av skiften mellan gårdarna. Till exempel grönsaksgårdarnas skiften är i regel i mycket bra skick med tanke på spannmål eller vallar, medan vallodling förbättrar åkrar som är ansträngda av intensiv radodling.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Olika odlingsväxters egenskaper ur växtföljdssynpunkt

Odlingsväxt	Rotsystemets storlek	Kvävegödslings-behov	Mineralisering av näringsämnen från marken	Skuggning som hämmar ogräsens utveckling
Spannmål	-	+ +	+	+
Ärt	+	+	+ +	+ +
Bondböna	+ +	+	+ +	+ +
Klövervall	+ + +	-	+ + +	+ + +
Gräsvall	+ +	+ +	+ +	+ +
Rotfrukter och oljeväxter	+ +	+ +	+ +	+ +

- ingen eller svag effekt
+ liten effekt
++ måttlig effekt
+++ kraftig effekt

Bild 11. Vid planeringen av växtföljden är det bra att begrunda de olika odlingsväxternas egenskaper och behov. Källa: Jukka Rajala 2021.

Skördeväxternas egenskaper i växtföljden

Höstspannmålsslagen har djupare rotsystem än vårsådd spannmål, och de både tar upp och frigör näringsämnen effektivare. Det kväve som höstspannmålen inte har utnyttjat eller lämnat kvar, kan också utnyttjas av följande odlingsväxt. Tack vare sitt större och djupare rotsystem förbättrar höstspannmål också markstrukturen och producerar mera organiskt material till marken.

Odling av höstspannmål lyckas bäst på sådana skiften, vars vattenhushållning är i skick, eftersom grödan inte tål varken stående vatten eller is. Sluttande skiften och mineraljordar är lämpliga, på organogena jordar kan övervintringen vara osäker. Höstspannmål tål vårtorka bättre än vårspannmål tack vare sitt mera omfattande rotsystem.

Oljeväxter har ett djupt och rikt rotsystem som kan bearbeta jorden, men rötterna penetrerar inte förtätningar. Rybsen bekämpar växtsjukdomar hos spannmål. Rybsen har ett gott förfruktsvärde tack vare det kväve som blivit kvar i grödan eller det outnyttjade kvävet, som fungerar som näringskälla för följande odlingsväxt. På grund av risken för växtsjukdomar rekommenderas odling av oljeväxter högst vart femte år.

Rotfrukter bildar ett djupt och omfattande rotsystem och de tar upp näringsämnen under hela växtperioden, ända till sent på hösten. De vittrar också näringsämnen så som kalium från marken. Växelbruk är viktigt för att minska på växtsjukdomstrycket. Potatisfält borde ha en god vattenhushållning och potatisen trivs bäst på lätta mineraljordar vars pH är minst tillfredsställande. Sockerbeta trivs inte på sura jordar och pH borde vara närmare sju.

Kummin är en flerårig odlingsväxt med djupt rotsystem som bearbetar marken och ökar mängden organiskt material i jorden. Kummin är en god förfrukt särskilt för höstspannmål. Åkerns pH borde

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

vara minst 6,3 och kummin trivs bäst på mineraljordar. Det lönar sig att fästa uppmärksamhet vid vattenhushållning och åkerns ytform, eftersom stående vatten kan leda till övervintringsskador.

Vallarnas egenskaper beror på vilka växter som ingår i blandningen. Särskilt rödklöver, rörsvingel och hundäxing bildar ett djupt rotsystem, som bearbetar marken och lämnar en stor mängd organiskt material efter sig. Å andra sidan täcker vitklöverns revor öppningar i vallen och minskar på det tillgängliga utrymmet för ogräs.

Baljväxter så som ärt eller bondböna minskar på kvävegödslingsbehovet både för sig själv och den följande odlingsväxten. Baljväxternas biologiska kvävefixering ökar den biologiska aktiviteten i rotzonen och främjar mineralisering av näringsämnen.

Läs mera om olika skördeväxters egenskaper i växtföljden.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Tilläggsmaterial: Skördeväxternas egenskaper i växtföljden

Höstsäden är djupare rotad än vårsäden och kan därför både ta upp och frigöra näringsämnen i marken effektivare än vårsäden. Kvävet som blir kvar i ett höstsädsbestånd eller inte utnyttjas av växterna kan också utnyttjas av följande odlingsväxt. Tack vare att rotsystemet är djupare och större förbättrar höstsäden markstrukturen och tillför mer organiskt material i marken.

Odlingen av höstsäd fungerar bäst på skiften där vattenhushållningen är i skick, eftersom höstsäden inte klarar av stående vatten eller is. Sådana skiften är t.ex. sluttande skiften och mineraljordar – på organogena jordar kan övervintringen vara osäker. Höstsäden klarar vårtorka bättre än vårsäden tack vare sitt mer omfattande rotsystem.

Höstråg trivs bäst på lätta mineral- och lerjordar. Höstrågen klarar också surare förhållanden, men pH ska gärna vara åtminstone på en nöjaktig nivå.

Höstvete växer bäst på mineral- och lerjordar med pH över 6,2.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Oljeväxterna har ett djupt och rikligt rotsystem som bearbetar marken, men som ändå inte kan tränga igenom förtätningar. Rybsen håller styr på sjukdomar som förekommer i spannmålen. Rybsens goda förfruktseffekt baserar sig på kväve som blivit kvar i beståndet eller inte utnyttjats, och som fungerar som näringskälla för följande odlingsväxt. På grund av sjukdomsriskerna rekommenderas det att oljeväxter odlas på samma skifte högst vart femte år.

Höstrybs och höstraps passar på många jordarter, men bäst fungerar skiften på sluttande mineraljordar där vatten och is inte blir stående under vintern. Odlingen av höstformer av oljeväxter fungerar bäst på skiften där vattenhushållningen är i skick, med pH åtminstone på en nöjaktig nivå.

Vårrybs och vårraps lämpar sig på ett flertal olika jordarter om markstrukturen är god. Vårraps rekommenderas dock inte på organogena jordar. På mineraljordar bör åkerns pH vara minst 6.

Oljelin växer bäst på fuktiga ler- och mojordar. Oljelinet klarar sig också på sura jordar (pH över 5,5), men trivs bäst när pH är över 6. På grund av sitt grunda rotsystem är linet torkkänsligt.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Oljehampa passar på fuktiga och mullrika jordar med pH på 6–7 och en fungerande vattenhushållningen: hampans rotsystem klarar inte av stående vatten.

Rotfrukterna bildar ett djupgående och rikligt rotsystem, som tar upp näringsämnen ur marken långt in på hösten. De vittrar också näringsämnen såsom kalium från marken. För att minska sjukdomstrycket är det viktigt med växelbruk. Potatisen behöver en god vattenhushållning, och lyckas bäst på lätta mineraljordar med pH åtminstone på en nöjaktig nivå. Sockerbetan trivs inte på sura jordar: pH behöver vara närmare 7.

Kummin är en flerårig djupt rotad odlingsväxt som bearbetar marken och ökar mängden organiskt material i marken. Kummin är en bra förfrukt för i synnerhet höstsäd. Åkerns pH bör vara minst 6,3, och kumminet trivs bäst på mineraljordar. Det finns skäl att fästa uppmärksamhet vid vattenhushållningen och åkerns ytformer, eftersom stående vatten på åkern orsakar övervintringsskador.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Vallarnas egenskaper beror på vilka arter som ingår i vallblandningen. I synnerhet rödklöver, rörsvingel och hundäxing bildar ett djupgående rotsystem som bearbetar marken och lämnar kvar rikligt med organiskt material. Vitklövern fyller å andra sidan tack vare sitt krypande växtsätt ut öppningar i vallen och minskar på ogräsväxternas växtutrymme.

Klöver och lusern växer bäst på ler- och mineraljordar med god markstruktur och vattenhushållning, där pH är över 6. I synnerhet blålusern trivs bäst i varma sluttningar, där grundvattennivån är tillräckligt låg.

Gräsväxterna lämpar sig oftast på alla jordarter, men deras torktålighet varierar mellan arterna. Exempelvis klarar djupt rotade arter som rörsvingel och hundäxing bättre av torka än timotej och engelskt rajgräs, som har grunda rotsystem.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Baljväxter, såsom ärt och bondböna, minskar kvävegödslingsbehovet såväl för själva odlingsväxten som för följande skördeväxt. Baljväxternas biologiska kvävefixering ökar den biologiska aktiviteten i rotzonen och främjar mineraliseringen av näringsämnen.

Ärterna är krävande i fråga om växtplatsen och trivs bäst på luckra mo- och molerjordar med god markstruktur. Markens pH bör vara 6,0–6,7. Ärterna tar lätt skada av såväl torka som för mycket vatten.

Bondböna trivs bäst på luckra ler-, moler- och mojordar, där pH är 6,0–7,0. Bondbönan passar inte på torkkänsliga jordar, och på kväverika mulljordar kan mognaden försenas.

Lupin trivs på grova mo- och sandjordar med lågt eller neutralt pH (under 6,3). På lupinskiftena bör vattenhushållningen vara i skick.

Text: Iina Haikarainen, ProAgria Etelä-Savo

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Hur få in vallar i växtföljden på spannmålsgårdar?

Jordhälsan försämras på sikt om man tillämpar en ensidig växtföljd, så som enbart spannmål, vilket i sin tur leder till sämre skördar. Man kan ta in vallar i växtföljden också på spannmålsgårdar och på det sättet förbättra markens struktur och öka mängden organiskt material i marken.

Växtföljden på en spannmålsgård kan innehålla utsädesproduktionsvallar, ett- och fleråriga gröngödslingsvallar och olika typer av grönträdor, så som mångfaldsåkrar som bevaras över vintern. Vallar som tas med i den ensidiga växtföljden på spannmålsgårdar fungerar som *avbrottsgrödor*, vars syfte är att förbättra markens bördighet genom att bryta den ensidiga odlingen för en period på 1–2 år.

Bild 12. Sirkku Puumala och Patrick Nyström betraktar rotsystemet i ett andra årets vallbestånd. Bild: Kimmo Syväri.

Det är egentligen en fånig tanke att man inte kan odla vallar för att man inte har boskap som äter fodret. Vi har nog också boskap, men den finns i marken!
– Jordbrukare Sirkku Puumala, Verkatakkila gård, Vichtis

På spannmålsgårdar kan man också utnyttja skördevallar genom samarbete med kreaturs- eller hästgårdar. Man kan till exempel årligen ta en skörd från skiftet och krossa den andra skörden som gröngödsling. Vallodlingen ger också en möjlighet till odling av höstspannmål, eftersom man kan bearbeta åkern i ett tidigare skede av växtperioden.

Vallodling ökar halten av organiskt material, då vallen lämnar en stor mängd rot- och växtmassa kvar i åkern då den avslutas.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Man kan också påverka växtföljdens gödslingskostnader genom att ta in vallar i växtföljden: de kvävefixerande grödorna i vallblandningarna, så som klöver och lusern, binder atmosfärens kväve och minskar således gödslingsbehovet.

Vallodling i växtföljden förbättrar markstrukturen: växtarter med djupa rotsystem luckrar upp jorden med sina djupa rötter. Då det organiska materialet ökar i marken, ökar också antalet porer i mineral- och lerjordar, varvid markens vatten-, gas- och näringsämneshushållning förbättras. Då förbättras också markens förmåga att hålla vatten och tåla torka.

Under växtföljdens vallår binds det mera kol i marken på grund av omfattande rotsystem, växtmassa som bearbetas ner i marken och på grund av att fleråriga vallar inte bearbetas.

Det enklaste sättet att etablera ett vallbestånd är att så in det under skyddssäd. På det sättet får man ett extra år utan bearbetning samt maximalt växttäcke och maximal assimilation på våren. Etablering av vall som gröngödslings- eller avbrottsgröda avviker inte från etablering av fodervall. Vid valet av växtarter kan man betona ett djupt rotsystem (till exempel rörsvingel i stället för timotej), eftersom man inte behöver bry sig om smaklighet.

Baljväxtvallar har djupa rötter och fungerar bäst som avbrottsgröda på spannmålsgårdar. Olika näringsämnesbehov och djupgående rotsystem gör det möjligt för baljväxter att utnyttja sådana näringsämnen som är otillgängliga för ettåriga spannmålsväxter. Då kvävet tillförs genom biologisk kvävefixering, växer klöver- eller lusernvallar i regel bra också utan årlig gödsling.

Fleråriga vallblandningar

Vallarna ska skötas genom slåtter, krossning eller bete om man inte bärgar skörden. Under växtperioden slås grödan två till fyra gånger i hög stubb. Stubbhöjden borde helst vara 15–20 cm, men absolut över 10 cm. Slåtter bekämpar ogräs och vid slåtter i hög stubb avbryts inte vallblandningens tillväxt på samma sätt som om man slår den i kort stubb. Slåtter föryngrar också beståndet, dvs. den håller vallgrödan i vegetativ tillväxt och maximerar kolbindningen i åkern.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Bild 13. Man kan öka på stubbhöjden till exempel med hjälp av medar som monteras på slåttermaskinen. Bild: Sanna Söderlund.

Se video om en odlares erfarenheter av slåtterhöjd (1:09).

Ettåriga gröngödslingsblandningar

Ettåriga gröngödslingsvallar lämpar sig utmärkt för de år då man utför grundförbättringsarbeten på åkern, varvid en del av växtperioden används för träda, dikning, spridning av markförbättringsmedel eller andra motsvarande åtgärder. Vårspannmål, senap, oljerättika, vickerarter och ärt är snabbväxande alternativ i fröblandningen som skyddar marken och skuggar ogräs, medan gräs och klöver ger återväxt efter slåtter.

Vickerarterna (foder- och luddvicker) är utmärkta ettåriga gröngödslingsväxter. De har god återväxtförmåga om de slås i hög stubb genast i början av blomningen. Vallväxter och klöver i blandningen tryggar en kraftig tillväxt fram till sent på hösten.

II. Fånggrödor, bottengrödor och växter med djupa rötter samt kvävefixering

Fånggrödor är en viktig del av växtföljden på en gård som satsar på åkrarnas produktivitet, hållbarhet och kolbindning. Om vallar inte ingår i gårdens växtföljd, är det viktigt att utnyttja fånggrödor som fortsätter att assimilera efter att den egentliga skördeväxten har bärgats. (5, 6

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

En mångsidigare växtföljd förbättrar jordhälsan. Fånggrödor fungerar utmärkt som ett element i växtföljden och gör nytta för jordhälsan redan under sin första växtperiod. Då man bearbetar in grödan i marken tillförs åkern nytt organiskt material och markens biologiska aktivitet ökar snabbt.

Största delen av den nytta fånggrödorna ger visar sig först under årens lopp och desto starkare, ju oftare man använder fånggrödor i växtföljden. I bästa fall förbättrar fånggrödorna markens bördighet och struktur samt minskar urlakning av näringsämnen, erosion och risken för skadeinsekter och växtsjukdomar.

Bild 14. Fånggrödan skyddar marken mot markpackningen som orsakas av de tunga maskinerna under skörden. Då skördeväxten har mognat stannar fånggrödan kvar i åkern där den växer och assimilerar tills kölden kommer. Bild: Eliisa Malin.

Man ska förhålla sig till fånggrödor som till vilken skördeväxt som helst. Utöver miljönytta och förbättrad jordhälsa kan fånggrödan utnyttjas ekonomiskt som till exempel bete, foder för husdjur, fröskörd eller råvara för biogasproduktion.

Nytta av fång- och bottengrödor

Bland fånggrödornas väsentliga nyttor kan man nämna assimilation och den biomassa som tillför organiskt material till marken och effektiverar kolbindningen. En högre mullhalt leder med tiden

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

till att växterna kan ta upp mera kväve från jorden. Den tid som marken är bar kan förkortas med fånggrödor, vilket är av betydelse för kolbindning och åkerns näringsbalans, då fånggrödorna tar upp näringsämnen och fortsätter assimilera ännu sent på hösten efter att huvudskörden är bärgad.

Fånggrödorna minskar på erosionsrisken och igenslamning av markytan genom at täcka marken just då väderleksförhållandena är värst med tanke på erosion och urlakning. Fånggrödorna avdunstar vatten från marken på hösten och även på våren om grödan övervintrar. Det innebär att marken snabbare torkar upp och samtidigt är skyddad för alltför snabb upptorkning av matjorden. En åker som torkar upp jämnt kan bearbetas tidigare, risken för packningsskador vid bearbetning minskar och groningsfukten bevaras i matjorden.

Fånggrödor kan hjälpa till med att genomtränga och bryta förtätade jordlager. De fungerar särskilt bra ihop med alvluckring. Alvluckring utförs i levande vall eller fånggröda som innehåller växter med tillräckligt djupgående rotsystem. Efter alvluckring ska grödan lämnas att växa ostörd i minst sex veckors tid, så att den hinner utveckla rötter i de djupare markskiktena och stabilisera dem och förbättra grynstrukturen. I bestånd som består av flera växtarter bearbetar olika typer av rotsystem marken tillsammans. Pålrötter som tränger sig djupt och täta rottrådar bearbetar jorden effektivt.

Bild 15. Cikoria är ett bra exempel på växter med djup pålrot som bildar mycket organiskt material och bearbetar marken. Bild: Sanna Söderlund.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Då två eller flera växter växer på samma ställe, leder det oundvikligen till konkurrens om näringsämnen, vatten och ljus. Bottengrödans tillväxt borde vara måttlig tills spannmålen är skördad för att konkurrensen ska vara så liten som möjligt. Enligt litteraturen kan bottengrödor minska huvudgrödans skörd, mycket, litet eller inte alls, beroende på växtarter, odlingsteknik och förhållanden.

Kostnadskalkyl

I de försök med fånggrödor som utfördes inom ramarna för TEHO-projektet (Tehoa maatalouden vesiensuojeluun) bedömde man vilka kostnader fånggrödorna förorsakar för odlaren. Enligt resultaten kompenserade den biologiska kvävefixeringen en del av kostnaderna, men de mera bestående effekterna som förbättrar åkerns allmänna produktivitet kommer så småningom. (6

Användningen av fånggrödor förorsakar kostnader främst genom utsädeskostnader och eventuella anskaffningar av maskiner. Fånggrödor kan sås med en mängd olika maskiner från direktsåmaskin till centrifugalspridare.

Val av fång- eller bottengröda

Huvudprincipen vid val av bottengröda är att den ska tåla konkurrensen från huvudgrödan, men inte växa alltför kraftigt innan huvudgrödan är bärgad. Efter tröskning ska den ändå snabbt fylla utrymmet och assimilera effektivt. Om man vill utnyttja fånggrödan som växttäcke under vintern, maximera assimilation och kolbindning samt förebygga erosion och urlakning, ska fånggrödan tåla köld och vinter och därtill ska den ha ett rotsystem som utvecklas väl. En bra bottengröda blir inte till ett ogräs alltför enkelt och den främjar inte spridning av skadegörare och sjukdomar som drabbar huvudgrödorna.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Tabell över fånggrödor

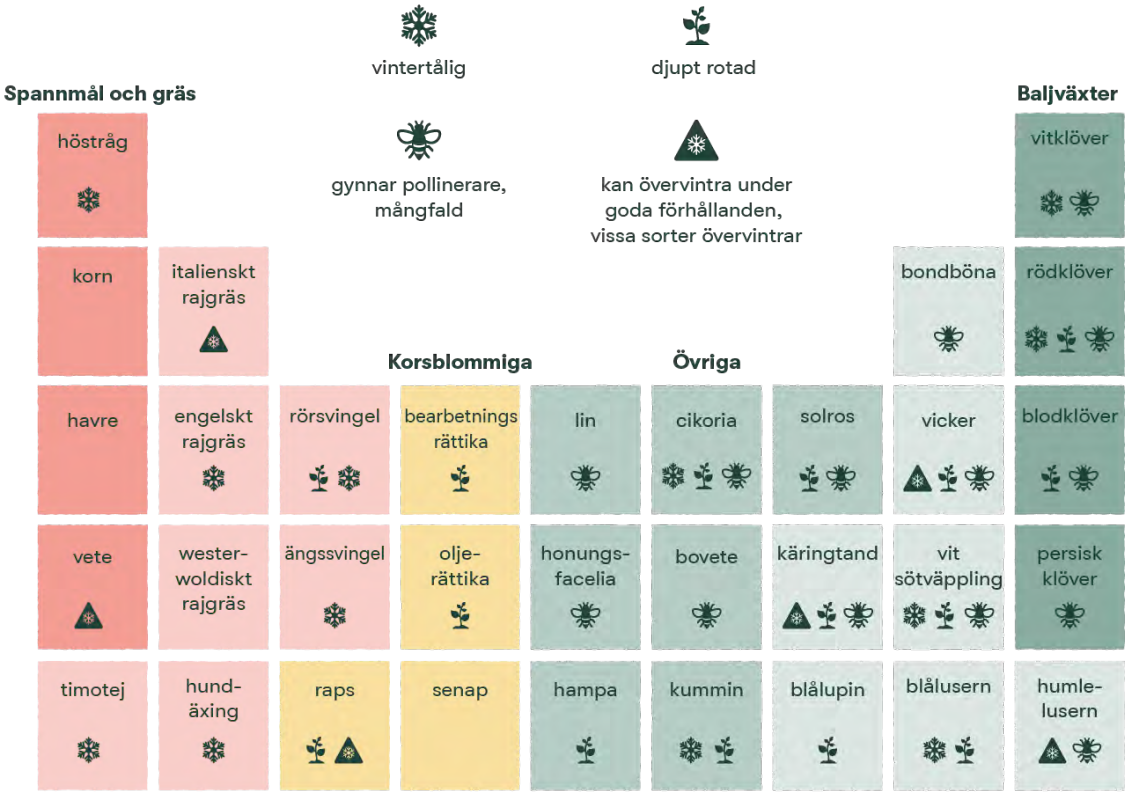


Bild 16. Tabell över fånggrödor. Vid valet av fånggröda kan man utnyttja vidstående tabell, ur vilken man kan välja fånggrödor och kombinationer av fånggrödor som bäst lämpar sig för de egna åkrarna. Tabellen underlättar planeringen av blandningar tillsammans med verktyg för val av fånggröda. Vid val av växter är det skäl att notera, att alla växter i tabellen inte lämpar sig som bottengröda. Bilden från källa 7.

Användningen och nyttan av bottengrödor beror på många faktorer. Först måste man bestämma sig för om man vill fixera kväve från luften eller samla upp kväve från marken eller om en mera mångsidig odling och så småningom bättre jordhälsa är det huvudsakliga målet. [6, 7]

Man kan använda en blandning av italienskt rajgräs och övervintrande timotej om man är rädd för de nackdelar som urlakning av kväve för med sig. Gödslingskostnaderna kan minskas med hjälp av klöver. En blandning av vitklöver och italienskt rajgräs är ett bra val då man samtidigt eftersträvar mångfald, kvävenytta och liten risk för urlakning.

Konkurrensen med skördeväxten kan regleras med hjälp av utsädesmängden. En av odlarens viktigaste uppgifter att skiftesvis följa upp hurudan täthet man uppnår med de använda utsädesmängderna. Om bestånden återkommande är alltför glesa på hösten, ska man öka utsädesmängden eller förbättra såningstekniken. Om beståndet är tätt på hösten och konkurrensen med huvudgrödan har varit hård under sommaren, kan man minska på utsädesmängden.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Se en video på odlarerfarenheter om användningen av fånggrödor: Mångsidig fånggröda betyder mångsidiga rotsystem (1:23).

Blandade grödor är bra också som fånggröda. I en fånggröda som består av flera växtarter samlar de gräsartade växterna upp lösligt kväve samtidigt som klöverarterna fixerar kväve från atmosfären. I bestånd som består av flera arter påverkar inte vädret heller lika mycket. I regel klarar sig alltid någon art då fånggrödan består av flera arter.

Det finns även sådana situationer, i vilka det mest lönsamma är att så 1–3 säkra botten- eller fånggrödor.

Det lönar sig att planera fånggrödans utsädesblandning omsorgsfullt. Väl valda växtarter och -sorter stör i regel inte tröskningen. Det är sannolikare att fånggrödan växer igenom om skördegrödans bestånd blir glest eller misslyckas. Å andra sidan täcker fånggrödan då marken så att det inte finns utrymme för ogräsen.

Du får hjälp med planering och utvärdering av utsädesblandningar för fånggrödor med hjälp av verktyg för val av fånggrödor.

Mera information om fånggrödor får du i Guide om fånggrödor.

Uppgift 6.2

Bekanta dig med tabellen över fånggrödor. Vilken växt passar bäst in på påståendena?

Växten är ett vinterhärdigt gräs med djupt rotsystem.

italienskt rajgräs/timotej/rörsvingel

Växten är en vinterhärdig baljväxt med djupgående rotsystem

blålusern/vit sötväppling/rödklöver

Växten är vinterhärdig, har ett djupgående rotsystem och gynnar pollinerare. Den bildar en djup pålrot.

kummin/honungsfacelia/cikoria

Avslutande av grödan

Tidpunkten då man avslutar fånggrödan påverkar markens temperatur, dess fuktighet, näringsämneskretsloppet och naturligtvis bearbetning och sådd. Då fånggrödan bevaras över vintern har den störst effekt för att minska på näringsämnesurlakning och erosion samt öka kolbindningen.

Nyttan av växttäcke är särskilt påtaglig i södra Finland då de regniga och snöfattiga vintrarna blir allmännare. Av denna anledning är det skäl att noggrant överväga vid vilken tidpunkt grödan avslutas, möjligtvis är man också tvungen att göra olika lösningar på olika skiften.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Grödan kan avslutas mekaniskt eller kemiskt. Det finns en mängd alternativa metoder. På hösten kan grödan utnyttjas som foder, bearbetas och till exempel genast besås med höstsäd eller lämnas att växa till följande vår. Växtligheten kan också störas med en lätt bearbetning eller betesgång. Alternativt kan man plöja ner grödan eller lättbearbeta den på våren. Skördegrödan kan också direktsås i fånggrödan.

Visste du?

Ett intressant sätt att avsluta fånggrödor eller ettåriga sommargrödor är att välta ner grödan och så direkt i den vältade grödan. Här finns en bra video i ämnet. Du kan också söka YouTube-videor i ämnet med sökordet *Crimper Roller*.

Då man sår direkt i fånggrödan ska man se till att fånggrödan är tillräckligt förstörd. I annat fall kan vissa växtarter bli kvar som ogräs eller bilda allelopatiska föreningar och på det sättet förhindra eller hämma skördeväxtens tillväxt. På våren är det aktuellt med etablering av en ny fånggröda samtidigt med skördeväxten eller strax efter bråddskjutning.

Växter med djupgående rotsystem

Det är bra att ta in växter med djupgående rotsystem i växtföljden. De upprätthåller markens struktur och förbättrar skördeväxternas tillväxt i torra förhållanden. Vattenhushållning, jordart och markens bördighet påverkar valet av växter med djupgående rotsystem. Växter med djupa rötter har ett gott förfruktsvärde, eftersom de har skapat kanaler till djupare markskikt för de följande växterna. På det här sättet kan man öka mullhalten djupare i marken och samtidigt öka på de kollager som finns på över 30 cm djup.

Bland växter med djupgående rotsystem kan man nämna *lusernarterna*, vilka hör till vallbaljväxterna. Deras starka rotsystem kan tränga sig genom packad jord till underliggande skikt. Lusernerna växer bäst på mineraljord med god vattenhushållning och högt pH. *Rödklöver* är vår mest odlade vallbaljväxt med djupgående rotsystem. Den är inte lika krävande som lusern, men å andra sidan är dess rotsystem inte heller lika bra som lusernens. *Alsikeklöver* och *vitklöver* har ett avsevärt grundare rotsystem än de ovan nämnda.

På torvmarker begränsas rotsystemens tillväxt i djupled av lågt pH och eventuellt grundvatten. Då måste man nöja sig med växter som har ett grundare rotsystem. Åtminstone måste man pröva hur väl odling av rödklöver eller lusern lyckas innan man går in för att satsa på odling av större arealer. Det samma gäller sura sulfatjordar, särskilt om det svavelhaltiga markskiktet finns på mindre än en meters djup från markytan.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

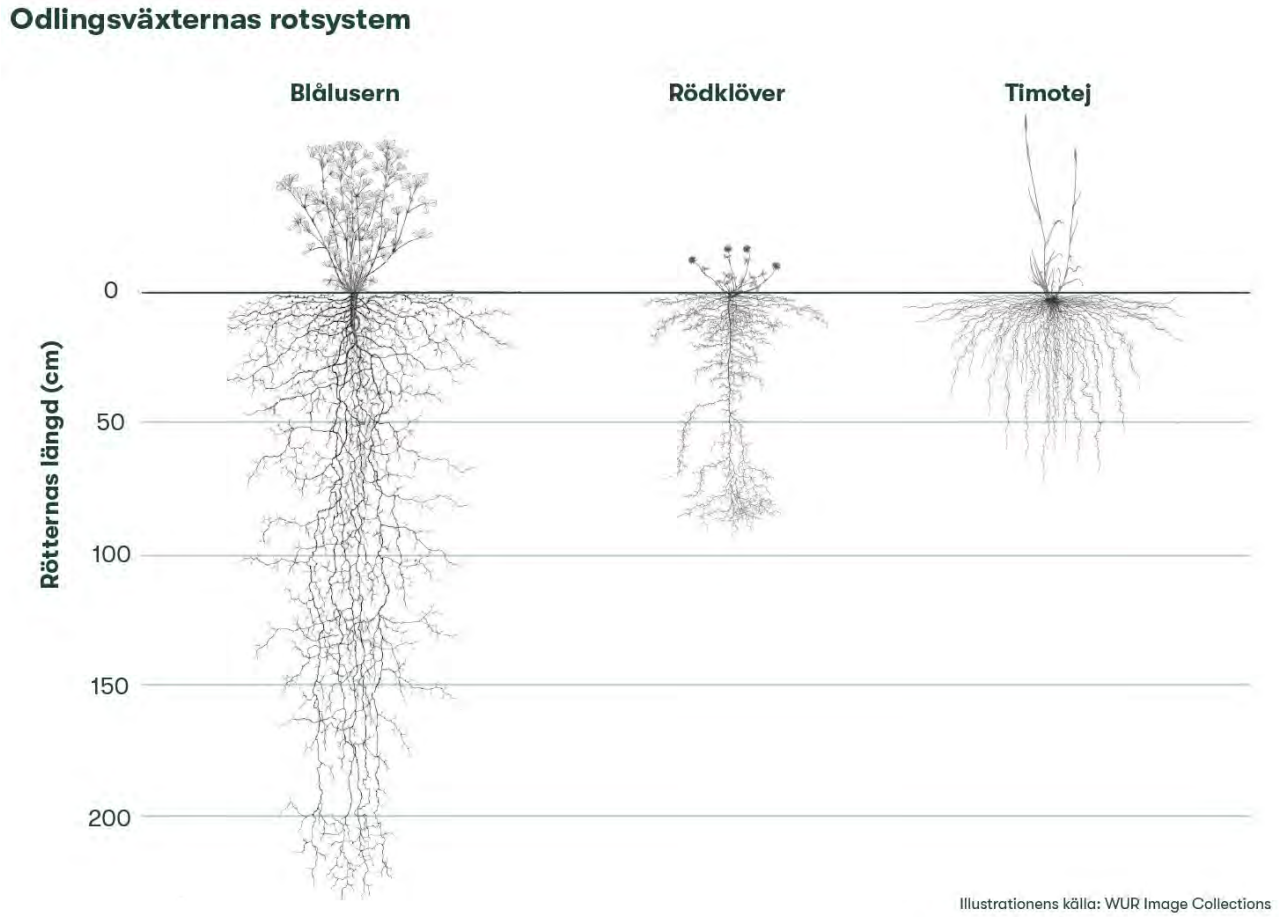


Bild 17. Blålusernens rötter kan i idealiska förhållanden nå ända ner till över två meters djup och rödklöverns rötter till nästan en meters djup. De djupa rötterna tar upp fosfor från de djupare markskikten och förbättrar samtidigt markens bördighet och lagrar kol i de djupa lagren. Som jämförelse timotejens rotsystem, vilket inte ens i idealiska förhållanden når längre än till 60 cm djup. Bildernas källor: blålusern (8, rödklöver (9 och timotej (10.

Vit sötväppling och *gul sötväppling* påminner om lusernerna. Bägge bildar ett omfattande, djupgående rotsystem och ett tätt växtbestånd som producerar en stor massa. Vit och gul sötväppling lämpar sig bra för gröngödsling, men det lönar sig inte att använda dem som ensilage, eftersom de innehåller kumarin som bland annat är skadligt för levern. Sötväpplingarna är tvååriga och under det andra året producerar de frön som enkelt kan bli kvar som ogräs. Under andra året ska man därför slå grödan ofta för att förhindra fröbildning.

Uppgift 6.3 Rötternas längd

I den här uppgiften bedömer vi hur djupt växternas rötter kan nå i idealiska förhållanden. Du kan till exempel bekanta dig med illustrationerna av växternas rötter i Wageningens universitets bildsamlingar (Root Library). Där finns illustrationer av tusentals växters rotsystem. Rotsystemen har tecknats sådana de kunde utvecklas i perfekta förhållanden i porös jord. Om marken är

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

förtätad, växer rötterna inte djupt ner i jorden, utan de börjar växa vågrätt eller så avstannar tillväxten helt.

Gå till följande sida och skriv växtens vetenskapliga namn i sökfältet uppe till höger WUR Image Collections Root System Drawings. Bedöm på basis av illustrationerna hur djupt följande växters rötter kan nå under bästa tänkbara förhållanden. Välj rätt alternativ.

Vete (Triticum aestivum)

60-70 cm/100-120 cm/160-180 cm/260-270 cm

Råg (Secale cereale)

60-70 cm/100-120 cm/160-180 cm/260-270 cm

Solros (Helianthus annuus)

60-70 cm/100-120 cm/160-180 cm/260-270 cm

Korn (Hordeum vulgare)

60-70 cm/100-120 cm/160-180 cm/260-270 cm

Ärt (Pisum sativum)

60-70 cm/100-120 cm/160-180 cm/260-270 cm

Rörsvingel (Festuca arundinacea)

60-70 cm/100-120 cm/160-180 cm/260-270 cm

Majs (Zea mays)

60-70 cm/100-120 cm/160-180 cm/260-270 cm

Sudangräs sköter om marken

Det *sudangräs* som används för markförbättring är en hybrid som har förädlats från sudangräs och durra. Den är en ettårig foder- och gröngödslingsväxt. Den har ett mycket djupgående och fiberaktigt rotsystem som effektivt luckrar upp jorden. Sudangräs bildar en stor biomassa och tål torka särskilt bra. En måttlig kvävegödsling främjar dess tillväxt. Gröngödslingseffekten kan förstärkas genom att odla den tillsammans med en kvävefixerande gröda. [11

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Bild 18. Sudangräs tillsammans med solros, vit sötväppling och vitklöver. Bild: Markku Suomi.

Kvävefixering

Inom åkerodlingen kan biologisk kvävefixering utnyttjas med hjälp av baljväxter. Den biologiska kvävefixeringen sker med solenergi i symbios mellan växten och *Rhizobium*-bakterierna. Dessa bakterier, som bildar rotnoduler på växterna, kan utnyttja kvävet i atmosfären (N2) och överföra det till att användas av växterna. Vid kvävefixeringen ger växten energi till bakterierna, som i sin tur ger ifrån sig överskottskvävet för uppbyggnad av växtens protein. På det här viset byts de sockerarter som bildats vid assimilationen ut till kväve i växtens rotsystem.

Rotnodulerna producerar allt det kväve baljväxterna behöver, och mer därtill. De fleråriga baljväxtvallarna binder mest kväve från atmosfären (50–300 kg/ha), medan ärten är den baljväxt som binder minst (40–80 kg/ha).

Markens vattenhushållning, struktur och bördighet påverkar växtens tillväxt och kvävefixeringens omfattning. Olika baljväxtarter behöver olika slags aktiva *Rhizobium*-bakterier för att bilda symbios. Genom att ympa växterna med rätt sorts bakterie säkerställer man en effektiv kvävefixering.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Från växter med hög kvävehalt, såsom vicker och ettåriga växter, frigörs kvävet snabbt efter tillväxten. Om man har ett rent bestånd av dessa är det bra att försöka tillvarata kvävet snabbt med hjälp av till exempel råg eller rajgräs. Från fleråriga klöverbestånd frigörs merparten av kvävet, cirka 70 procent, under följande år. Därefter frigörs kvävet under flera års tid, så att andelen av den ursprungliga kvävemängden minskar så småningom. När blandningen förutom baljväxter också innehåller gräsväxter frigörs kvävet långsammare och under en längre tid än från ett bestånd med enbart baljväxter. (12

Bild 19. Ärtens kvävenoduler är aktiva när de är ljusröda till färgen. Bild: Sanna Söderlund.

III. Allelopati – växternas kemiska växelverkan

Växterna är utlämnade åt de förhållanden som råder på växtplatsen, men de strävar efter att påverka sin omgivning och övriga organismer på ett sätt som gynnar dem själva. Fenomenet *allelopati* avser växternas kemiska effekt på andra växter och övriga organismer.

Med hjälp av allelopati kan växten konkurrera om tillväxtfaktorer och försvara sig mot skadegörare och sjukdomar, eller skapa en gynnsam växelverkan med andra organismer. Det här väcker till exempel en fråga om huruvida försvarsämnen som isoleras från växterna kunde användas för att vaccinera dem mot sjukdomsalstrare?

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Allelopati

Bild 20. Allelopati är en kemisk egenskap hos växterna, med hjälp av vilken de påverkar varandra och övriga organismer. Effekten kan vara tillväxthämmande eller tillväxtfrämjande. De kemiska föreningar som växterna bildar, allelokemikalierna, överförs till omgivningen genom urlakning, avdunstning, utsöndring från rötterna eller genom att frigöras från växtrester som nedbryts. Markmikroberna kan producera, bryta ned och omvandla dessa kemikalier.

Olika former av allelopati:

1. Allelokemikalierna är kemiska föreningar som produceras av växterna, och som kan hämma groningen och plantutvecklingen hos frön av andra växtarter som finns i marken.
2. Växterna producerar ämnen som kan vara giftiga, hindra matsmältningen eller på något annat sätt störa cellfunktionerna hos växtätare. De här ämnena kan till exempel hindra enzymernas verksamhet och störa hormonerna. På så sätt försvarar sig växter mot att bli uppätna.
3. Från blad som skadats av växtätare kan det avdunsta kemikalier, som i sin tur lockar rovdjuren att äta jordloppor och insektslarver.
4. Växterna försvarar sig mot sjukdomar som orsakas av mikrober genom att sätta i gång försvarsreaktioner på cellnivå och producera försvarsämnen. Mikrober som orsakar sjukdomar är virus, bakterier, svampar eller algsvampar.
5. De kemikalier som utsöndras från rötterna eller frigörs från växtrester påverkar också markens mikroorganismer och deras nedbrytningsverksamhet.
6. Kompanjonsväxterna stöder varandras tillväxt. Ett klassiskt exempel är klättens tillväxtfrämjande effekt på vete.
7. Nyttiga bakterier och svampar som lever på växternas blad och rotsystem producerar också verksamma ämnen, som antingen förbättrar växtens försvar eller främjar deras näringsupptag.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

8. Blommor och mogna frukter utsöndrar ämnen som avdunstar och lockar pollinerare och djur att sprida växtens frön.

Utnyttjande av allelopati i odlingen

Allelopatins möjligheter undersöks som en del av det regenerativa jordbruket, där man strävar efter att minska användningen av syntetiska bekämpningsmedel och sänka produktionskostnaderna. Traditionellt sett har allelopatin kopplats ihop med ogräsbekämpningen, men allt oftare utnyttjas den också för att kontrollera skadegörare och sjukdomar.

Med hjälp av växternas varierande kemiska egenskaper kan man påverka de konkurrerande ogräsväxterna samt mikroberna i marken. Skördens kvalitet och mängd kan försämras om samma växtart odlas år efter år på samma skifte.

Det här fenomenet kan bland annat bero på *autotoxicitet*, vilket innebär att en växt blir kemiskt skadlig för plantor av samma art. Ett mångsidigare urval av odlingsväxter och en varierande växtföljd ger många fördelar, av vilka allelopatin är en.

I kontrollerade växthus- och laboratorieförhållanden har man enkelt kunnat påvisa hur växternas rotsekret och skörderester eller extrakt av dessa kan förhindra groning och plantutveckling. För att allelopatin ska kunna tillämpas på åkern krävs dock mer forskning. Det är bland annat oklart hur allelopatin ska utnyttjas för att ge önskad effekt. Faktorer som påverkar är växternas utvecklingsskede och bildningen av allelokemikalier som är kopplat utvecklingsskedet. Likaså måste markens och mikrobernas inverkan på ämnenas effekt ännu utredas. Utvecklandet av odlingsteknik som utnyttjar allelopatin förutsätter en bättre kännedom om växternas egenskaper och noggrannare observationer under växtperioden än i nuläget.

Vid samodling kan de allelopatiska kompanjonsväxterna bägge vara skördeväxter, eller så kan den andra vara en bottengröda som inte är en egentlig skördeväxt. Den allelopatiska gröda som övervintrar efter att skördeväxten har bärgats kan bearbetas ned i marken före sådden på våren.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Bild 21. Vid samodling är de olika växtarterna i direkt kontakt med varandra, vilket gör att kompanjonsväxten påverkas av de växande rötternas sekret och ämnen som avdunstar från den allelopatiska grödan. Genom forskning kan man klargöra om den lilla mängd allelokemikalier som fortlöpande frigörs från beståndet har önskad effekt. På bilden växer bondböna och havre på Naturresursinstitutets försöksruta i Jockis. Bild: Sanna Söderlund.

Ämnen som frigörs från skörderesterna efter den föregående växten i växtföljden kan påverka markens mikroorganismer samt följande växts groning och tillväxt. Ämnenas verkningstid varierar stort, beroende på deras aggregationstillstånd och nedbrytningskänslighet. En god markstruktur underlättar transporten av ämnena i luftporer och med vatten. För ämnen i gasform kan effekten i marken avta redan efter ett par dagar. En lätt bearbetning fördröjer nedbrytningen av växtmaterial och allelokemikalier, vilket i sin tur kan påverka följande växt i växtföljden. Exempelvis kan en grönträda med fördel bearbetas ned i marken i det skede när mängden allelokemikalier enligt växtens utvecklingsskede är som störst. Allelokemikaliernas effekt kan också ökas genom att man tillför åkern växtmassa utifrån.

Effekten av allelopatin kan vara svår att urskilja från den effekt som kommer från gödsel och bekämpningsmedel. Det finns ändå skäl att försöka dra nytta av växternas aktiva roll i sin omgivning genom att ha många arter i växtföljden.

Odling av samma växtart år efter år på samma skifte kan sänka skördenivån.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

En förklarande faktor till fenomenet kan vara en ackumulering av tillväxthämmande allelokemikalier på åkern och autotoxicitet, dvs. ämnenas skadlighet för växter av samma art.

Ämnen som odlingsväxterna producerar samt deras effekter

Sedan åtminstone ett århundrade tillbaka har det rapporterats om de viktigaste odlingsväxternas och ogräsväxternas inverkan på varandra. En klassificering av växtarterna utgående från bland annat deras kemiska egenskaper kan underlätta placeringen av växterna i växtföljden och vid samodling. Effekten är som kraftigast i början av tillväxten. De unga växterna är ofta känsligare för allelokemikalier, vilket leder till försämrad grobarhet, tillväxthämning eller blekhet hos plantorna. En skördeväxt som kommit bra i gång med tillväxten börjar också skugga sina konkurrenter.

Exempel på grödornas effekter på varandra enligt forskningen

Vete använder fenolföreningar för att försvara sig, men effekten av dem varierar mellan sorterna.

Råg kan som levande växttäcke bekämpa bredbladiga ettåriga ogräs.

Korn producerar basiska och kvävehaltiga *alkaloider* som kan hindra till exempel våtarvens och lommens tillväxt.

Bovetets rotsekret hämmar tillväxten för kvickrot och svinamarant. Bovete har också konstaterats vara en bra förfrukt för vete.

Rörsvingelns cellvävnad kan hysa mikroskopiskt små svampar, som producerar alkaloider. I för stora mängder är de giftiga för boskapen, men i lämpliga mängder försvarar de vallen mot insekter.

Potatis kan växa dåligt efter raps som bearbetats ned i marken på våren. Det är bra att känna till de nödvändiga karenstiderna för sådd efter korsblommiga växter, eftersom deras förfruktseffekt i regel är god. (6 En delorsak kan vara att växterna innehåller ämnen som bekämpar spannmålssjukdomar och ökar mängden markmikrober som konkurrerar med sjukdomarna.

Oljedådra påverkar indirekt linets tillväxt vid samodling. Markbakterierna kan omvandla *glukosinolater,* som avdunstar från oljedådrans blad och innehåller kväve och svavel, till ämnen som hämmar utvecklingen av linets primärrot.

Ogräsväxter som kvickrot, svinmålla, flyghavre, skräppor samt vissa tistlar och ranunkelväxter påverkar de omgivande växterna och försvagar dem. Svinmålla kan hämma tillväxten för majs och sojaböna.

Effekter på insekter och andra växtätare

Skador på växternas blad kan få växten att börja producera ämnen som smakar bittert och försvårar matsmältningen. *Glukosinolater*, som produceras av korsblommiga växter, frigörs från

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

skadade växtceller. Växtcellerna och bakterierna omvandlar dem till ämnen som är giftiga för skadegörarna, och som kan kännas igen på den svaveldoft som är typisk för kålväxterna. Samma dofter lockar till sig insekter som är specialiserade på kålväxter.

Blad som skadats av insekter kan avdunsta terpener, som i sin tur lockar till sig skadegörarnas naturliga fiender. Fenomenet har observerats till exempel i majs, där bladen skadats av fjärilslarver. Skulle dessa växter, som är duktiga på att kalla på hjälp, kunna odlas vid sidan av känsligare grödor?

Allelopatin har av tradition utnyttjats vid grönsaksodling, där ämnen som producerats av kompanjonsväxterna har lockat till sig parasitsteklar, blomflugor och andra rovinsekter som äter upp de egentliga skördeväxternas skadegörare.

Effekter på mikroberna

Glukosinolaternas nedbrytningsprodukter hindrar det ammoniumkväve som produceras av bakterierna från att oxideras till nitrat i marken. Den här effekten kan utnyttjas för att förhindra avrinningen av nitratkväve till vattendragen.

Råg, vitsenap, bovete och solros fungerar bra i radmellanrummen vid morotsodling, eftersom de ökar effekten hos de bakterier som bekämpar svampsjukdomar i marken. (13 Rotsekretet från de här växtarterna ger föda åt de nyttiga bakterierna. Genom att krossa de korsblommiga växterna på åkern före sådden av följande gröda kan man bekämpa växtskadegörare som finns i marken.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Bild 22. Blommande bovete lockar till sig blomflugor som äter bladlöss. Bild: Sanna Söderlund.

Baljväxternas rotsekret, flavonoiderna, är signalmolekyler för de rotnodulbakterier av Rhizobium-släktet som binder kväve från atmosfären. Rotsekreten är, liksom växternas förmåga att skapa kontakt med den arbuskulära mykorrhizan, exempel på kemisk dialog mellan olika organismgrupper. Här handlar det då inte om allelopati, utan om symbios. Gränserna för dessa är flytande, och definieras av människan.

Växternas kemiska interaktioner

Odlingsväxter	Allelopatisk effekt			Användning	
	Bekämpar ogräs	Förhindrar nitrifikation	Gynnar nyttiga bakterier	Kompanjonsväxt	Växttäcke
Spannmål	korn, råg, vete	havre, korn, vete	råg	råg	havre, korn, vete, råg
Korsblommiga	x	x	vitsenap	x	x
Övriga fröskördeväxter	bovete, solros		bovete	bovete	solros, bovete (1–2 t/ha*)
Vallar	rajgräs	rajgräs			

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Tabell 1. Exempel på en tabell som kan göras upp för att samla växternas kemiska interaktioner och planera hur de ska utnyttjas. Genom att idka skogsjordbruk kan man mångdubbla antalet möjliga växter samt deras egenskaper och interaktioner. (14

Uppgift 6.4

Planera två olika mångsidiga växtföljder som kunde användas på din gård. Gör upp planen för dina utvalda kursskiften. Fundera på saken utgående från alla aspekter som har tagits upp i det här avsnittet. Beakta olika odlingsväxter, fånggrödor och växternas allelopatiska effekter, och sträva efter att maximera antalet gröna veckor.

Kapitel 6 är skrivet av:
Iina Haikarainen, ProAgria Etelä-Savo
Erkki Vihonen, ProAgria Etelä-Pohjanmaa
Petri Leinonen, Elomestari Oy
Pirjo Yli-Hemminki, Naturresurscentralen
Sanna Söderlund,
Eliisa Malin och Veera Naukkarinen, BSAG

Kapitel 6 är faktagranskat av:
Specialforskare Hannu Känkänen, Naturresurscentralen (med undantag av avsnittet om Allelopati)

Kapitel 6 är översatt av:
Hela kapitlet ända till stycket ”Kvävefixering”: Thomas Antas
”Kvävefixering” och ”Allelopati – växternas kemiska växelverkan": Mats Norrholm

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Kapitel 7 Markförbättring med hjälp av yttre insatser

Jordhälsan kan förbättras med hjälp av yttre insatser. I det här kapitlet bekantar vi oss med olika slags organiska gödsel- och jordförbättringsmedel samt användningen av dem i det regenerativa jordbruket.

I. Stallgödsel från husdjursproduktionen

Stallgödseln är en värdefull källa till näringsämnen i jordbruket. Den minskar behovet av köpta insatser, och rätt utnyttjad som organisk gödsel ökar den mängden organiskt material och den biologiska aktiviteten i åkern. Stallgödselns egenskaper varierar beroende på djurklass och gödselslag. Torrgödsel innehåller mer organiskt material än flytgödsel och är därför effektivare med tanke på förbättrandet av jordhälsan.

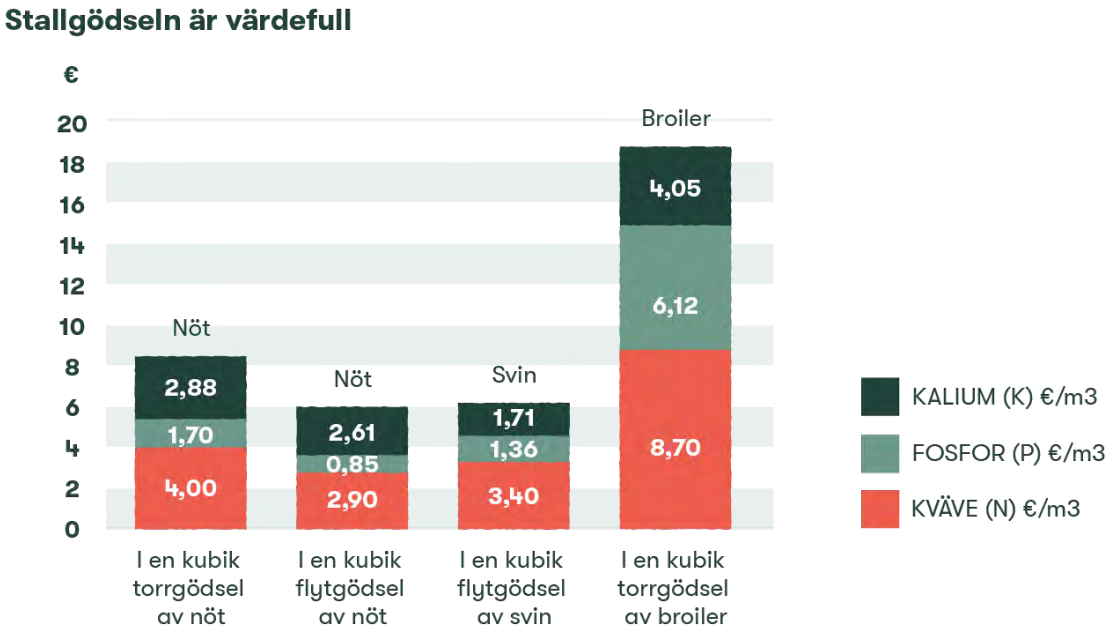


Bild 1. Stallgödseln är värdefull. Den innehåller näringsämnen som är viktiga för tillväxten. När man uppskattar dess värde genom att jämföra mängden näringsämnen i stallgödseln med priserna på konstgödsel i affären, blir värdet per kubikmeter stallgödsel överraskande högt. Med stallgödseln tillförs åkern också organiskt material och mikrober, som inte finns i konstgödseln. Transporten av stallgödseln kostar en del, och användningen av stallgödseln som källa till näringsämnen måste därför övervägas ur många olika synvinklar. Näringsämnenas värde har beräknats enligt följande konstgödselpriser från 2020: K 0,90 €/kg, P 1,70 €/kg ja N 1,00 €/kg (1. Som näringsämneshalter i gödselmedlen har använts uppgifterna i tabell 1 (2. Bilden är bearbetad utgående från källa 3.

Stallgödseln från olika djurslag skiljer sig från varandra till såväl konsistens som halten av näringsämnen. Fjäderfägödsel är till exempel bra med tanke på jordhälsan, men på grund av den höga halten av näringsämnen blir spridningsmängden liten. Hästgödsel är en bra jordförbättrare, men på grund av den låga halten av näringsämnen kan en stor mängd behövas per hektar.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

På husdjursgårdarna används stallgödseln rutinmässigt som växtnäring. På växtodlingsgårdarna används stallgödsel däremot i mycket liten utsträckning. Samarbete mellan husdjursgårdar och växtodlingsgårdar kan vara fördelaktigt för båda parter. Då lönar det sig att göra upp ett skriftligt avtal. Se Avtalsmall för överlåtelse av stallgödsel mellan landsbygdsföretagare.

Stallgödselns halt av näringsämnen kan påverkas dels genom djurens utfodring, dels genom stallgödselns lagring och behandling. Gödselslaget beror i sin tur på vilka behandlingstekniker används i stallet. Det är bra att komma ihåg att stallgödseln är olika på varje gård. Tabellvärdena för stallgödseln är endast riktgivande, och det är därför viktigt att göra stallgödselanalyser på den egna gården när gödslingen planeras.

Tabell 1. De olika stallgödselslagens kalkylmässiga halter av näringsämnen. Uppgifterna i tabellen är hämtade från källa 2.

De olika stallgödselslagens kalkylmässiga halter av näringsämnen

Stallgödselslag	Totalfosfor kg/m³	Lösligt kväve kg/m³	Totalkväve kg/m³	Kalium kg/m³
Fast (torrgödsel)				
Nöt	1	1,1	4	3,2
Svin	2,8	1,2	4,6	2,8
Får och get	1,3	1	4,9	6,5
Häst	0,5	0,4	2,6	2
Höns	5,6	4,2	9,4	4,5
Broiler	3,6	2,7	8,7	4,5
Kalkon	4,4	3,2	8	
Flytande				
Flytgödsel, nöt	0,5	1,7	2,9	2,9
Flytgödsel, svin	0,8	2,2	3,4	1,9
Urin, nöt	0,1	1,5	2,5	4,5
Urin, svin	0,2	1,3	2	1,5

Källor: Förbindelsevillkor för miljöersättning 2020, Livsmedelsverket,
Häkkinen m.fl. 2016 Lannoitteita ja energiaa biomassoista,
Luostarinen m.fl. 2019 Keinoja orgaanisten lannoitevalmisteiden käytön edistämiseen
Jord- och skogsbruksministeriets publikationer 2019:5

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Lagring och behandling av stallgödsel

Alla husdjursgårdar är tvungna att tänka på hur de lagrar och behandlar stallgödsel. Eftersom stallgödsel är en näringskälla som naturligt uppstår genom djurhållning lönar det sig att vara noggrann med att stallgödseln vid lagring behåller sitt gödslingsvärde så bra som möjligt. Var en gödselstad kan byggas och konstruktionskrav för bygget samt dess storlek regleras av nitratförordningen samt djurstallets miljöanmälan och -tillstånd. Gödselstaden får inte byggas på grundvattensområden eller för nära utfallsdiken, vattendrag, sjöar eller havet.

Lagring av gödsel bör ske i gödselstäder som uppfyller konstruktionskraven, men utöver det lönar det sig att fästa uppmärksamhet vid att stallgödseln vid lagring behåller sitt gödslingsvärde. Gödselstaden borde vara täckt så att regnvatten hålls utanför och för att utsläpp av växthusgaser och ammoniak samt lukt är så små som möjligt. (3

Bild 2. Det är också ett bra alternativ att köra stallgödsel längre bort från gårdscentret till en gödselstad för fjärrlagring där gödseln kan stå tills rätt spridningstidpunkt. Bild: Sanna Söderlund.

I Finland behandlas stallgödsel sällan före spridning. Behandling genom separering, kompostering eller rötning kunde ändå göra utnyttjandet av gödselnäringen och det organiska materialet mer effektiv. Mängden ogräsfrön i stallgödseln kan minskas genom kompostering och rötning.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Transportkostnaderna för flytgödsel är höga och dess näringsinnehåll är inte alltid optimalt i förhållande till behovet. En lösning på problemet är separering. Genom separering uppstår en fast fraktion som innehåller mer fosfor och en kvävehaltig vätskefraktion. Då man separerar vätska och fast material från varandra finns en stor del av det lösliga kvävet, som växterna snabbt kan använda, i vätskefraktionen. I den fasta fraktionen finns en stor del av fosforn och organiskt kväve som frigörs långsamt. Om separatorn är tillräckligt effektiv och vätskefraktionen efter separeringen bara innehåller lite fosfor kan det vara möjligt att sprida en större mängd vätskefraktion med kväve på åkrar nära gårdscentret.

Det är ekonomiskt lönsammare att transportera torrfraktionen som är lättare och innehåller mer fosfor till åkrar som ligger lite längre borta. I vissa fall påverkar separeringen inte fördelningen av näringsämnen på ett avgörande sätt, men gör transporten i varje fall mer praktisk.

Man kan separera flytgödsel genom sedimentering, mekaniskt exempelvis med hjälp av skruvpress eller centrifug, eller kemiskt så att man i flytgödseln tillsätter kemikalier som skiljer det fasta materialet från vätskan. Kemisk separering kräver ändå att man pressar det fasta materialet från vätskan, vilket betyder att mekanisk separering är det förmånligare alternativet. Sedimentering kan i praktiken vara möjligt närmast i fråga om flytgödsel från svin.

Separering jämnar ut arbetstoppar och lämnar utrymme i flytgödselbrunnen eftersom fast material avlägsnas. Separering kan utföras konstant eller tidvis eller så kan man anlita en entreprenör som separerar en stor mängd på en gång.

Det är också möjligt att tillägga olika ämnen i flytgödseln för att förbättra dess egenskaper. Till exempel olika strömaterialbinder lösligt kväve och minskar på så sätt kväveförlusten. Behandling med svavelsyra minskar ammoniakutsläppen effektivt, men kan öka utsläppen av lustgas. Flytgödsel kan ocksåberikas med olika näringsrika vätskefraktioner från industrins sidoströmmar.

Olika lerpulver eller biokol, som lagrar näringsämnen, kan också läggas till i gödseln. Den kan också behandlas med flytgödselbakterier som gör att en del av ammoniumkvävet omvandlas till organiskt kväve.

Spridning av gödsel

Vid användningen av stallgödsel bör jordhälsan beaktas ur ett bredare perspektiv än endast utgående från växtens näringsanvändning. Stallgödselns spridningstidpunkt måste övervägas noga för att risken för packning av åkern ska minimeras.

Spridningstidpunkten bör bestämmas utgående från såväl växtföljden som växtperioden: Växtens näringsbehov är väsentligt, men med tanke på en hållbar gödsling bör också jordarten, markstrukturen och skiftets vattenhushållning tas i beaktande för att växten ska kunna utnyttja stallgödseln maximalt.

Spridningstidpunkten påverkar näringsutnyttjandet: risken för näringsämnesförluster ökar avsevärt om spridningen sker tidigt på våren eller sent på hösten. Stallgödseln bör spridas under växtperioden i samband med sådden eller i beståndet, så att växten kan utnyttja näringsämnena på bästa möjliga sätt.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Åkern måste vara snöfri och tillräckligt torr när den gödslas. För att undvika markpackning är det viktigt att man är noggrann med att inte köra med tunga maskiner för tidigt på våren. Flytgödsel och torrgödsel är lika i det avseendet att de båda är gödsel, men i övrigt skiljer de sig ganska mycket från varandra både vad gäller maskiner som används för spridning och behandlingsmetoder.

Spridningen kan utföras med egna maskiner eller flera gårdars gemensamma utrustning. Alternativt kan servicen köpas av en entreprenör. Det är ofta mer ekonomiskt att anlita en entreprenör än att själv införskaffa maskiner om mängden gödsel som ska spridas är liten och maskinerna inte kan utnyttjas i andra sammanhang.

I Finland är säsongen för gödselspridning på våren och försommaren men gödsel får spridas mellan 1.4. och 31.10. Det är också möjligt att sprida gödsel på hösten, men det är klokast att göra det vid etableringen av en ny gröda eller i vallen. Samma tidsperiod gäller också för andra organiska gödselmedel.

Bild 3. Fördelar och nackdelar med olika spridningsmetoder för flytgödsel. Källa (3.

Flytgödsel kan spridas både på åkerns yta och genom att placera den i bearbetningsskiktet. Bredspridning av den rekommenderas inte. Oberoende av hur gödseln sprids ska den alltid bearbetas in i marken inom ett dygn efter spridningen, förutsatt att det inte är frågan om torrgödsel eller flytgödsel som sprids i växtligheten.

För att undvika markpackning rekommenderas att gödseln sprids genom släpslangspridning. På så sätt undviker man att köra ut på åkern med en tung flytgödselvagn. I stället kommer gödseln via slangen direkt ur tanken.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Släpslangspridning kan utföras antingen med slangspridare eller med utrustning som placerar gödseln i marken. Med slang kan man flytta flytgödseln en eller ett par kilometer från behållaren, men bra alternativ för släpslangspridning är också flytgödselbehållare för fjärrlagring som antingen är fasta eller flyttbara.

Se video om spridning av torrgödsel (1.10)

Se video om slangspridning av flytgödsel (0.30)

Se video om släpslangspridning (2.52)

Uppgift 7.1

Bekanta dig med avtalsmallen. Gör upp en minneslista på fem punkter med de saker du tycker är viktigast att beakta för att samarbete kring gödselspridning ska lyckas.

Avtalsmall för överlåtelse av stallgödsel mellan landsbygdsföretagare.

II. Organiska jordförbättringsmedel

Med organiska jordförbättringsmedel avses produkter vars effekt i första hand baserar sig på det organiska materialet, och i andra hand på de näringsämnen som är bundna till det. Med regelbunden användning av organiska jordförbättringsmedel kan man upprätthålla, och till och med höja, mullhalten i åkermarken. Genom att tillföra organiskt material kan man till exempel förbättra markens förmåga att binda näringsämnen och vatten, öka mikrobverksamheten och förbättra aggregatstrukturen i marken och göra den lättare att bearbeta.

För att tillföra en betydande mängd organiskt material krävs oftast upprepade spridningar, i kombination med en mångsidig växtföljd och reducerad bearbetning. För att kunna dra nytta av jordförbättringsmedlen bör man känna till produkternas egenskaper, så att de inte orsakar skada för skördeväxterna. Det väsentliga är att användningen passas in i rätt skede av växtföljden och växtperioden, samt att kompletteringsgödsling görs efter behov.

När målsättningen är att höja mängden organiskt material i marken är det avgörande hur mycket organiskt jordförbättringsmaterial som kan tillföras. Den begränsande faktorn är oftast näringsämnena: det finns antingen för mycket näring i förhållande till begränsningarna eller för lite ur ett växtnäringsperspektiv. I bästa fall är det organiska jordförbättringsmedlets innehåll av näringsämnen och kol i balans så att mängden till och med kan vara mycket stor, upp till hundratals kubikmeter per hektar. Då kan man uppnå en betydande effekt redan med en enda spridning.

Se videon Bördigare mark med hjälp av fiber och stallgödsel (03:17)

Av lagstiftningsmässiga orsaker räknas även gödselpreparat som används som gödselmedel till de organiska jordförbättringsmedlen. Exempelvis hör alla våta och torra fraktioner från reningsverksslam enligt den officiella klassificeringen till gruppen jordförbättringsmedel.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Informationen i det här avsnittet kan inte till alla delar tillämpas på jordförbättringsmedel som används för gödsling, eftersom de kan innehålla en betydande mängd lösligt kväve. Av den orsaken tas de inte upp här.

Som jordförbättringsmedel kan även användas oorganiska jordförbättrare, såsom kalk, gips och biotit.

De organiska jordförbättringsmedlens effekt på den biologiska aktiviteten i marken

Tillförsel av organiskt material ger näring åt markens mikroorganismer, vilket ökar deras aktivitet och mängd. Förändringshastigheten är beroende av det organiska materialets kvalitet: dess kol/kväve-kvot (C/N) och nedbrytbarhet. Gränsen har i allmänhet ansetts ligga vid relationstalet 25, där produkter med högre C/N än så är jordförbättringsmedel och produkter med lägre är gödselmedel. Markmikroberna behöver näringsämnen i ett visst förhållande för att kunna bryta ned det organiska materialet och föröka sig. Innehållet av näringsämnen i de organiska massorna är oftast mångsidigt men det kan till exempel råda brist på svavel, som borde finnas i följande förhållande till kväve och kol: C 100 - N 10 - S 2.

Kvävet i jordförbättringsmedlen är ofta i huvudsak bundet till det organiska materialet i långsamt löslig form. Om kvävenivån är mycket låg kan nedbrytningen av det organiska materialet också leda till att kväve från omgivningen binds i mikrobmassan. Om det finns mer kväve än vad som förbrukas för nedbrytningen av den tillförda massan är detta genast tillgängligt för växterna, känsligt för urlakning och tillgängligt för mikroberna för nedbrytning av det organiska material som redan finns i marken.

Jordförbättringsmedlets egenskaper påverkas också av kolets kvalitet. Jordförbättringsmedlen innehåller såväl lätt som långsammare nedbrytbart organiskt material. Det snabbt nedbrytbara organiska materialet bryts till största delen ned av mikroberna inom några månader, och samtidigt frigörs näringsämnena. Långt nedbrutet eller komposterat material bryts långsamt ned av svamparna. I ligninhaltiga material, såsom halm, vass och trämaterial, är den långsamt nedbrytbara andelen hög.

De vanligaste organiska jordförbättringsmedlen och deras typiska egenskaper

	C/N (kol/kväve-kvot)	Torrsubstans %	Bruksmängd t/ha färskvikt
Bioavfallskompost	10-20	30-45	15-25
Torra fraktioner av rötrester	10-20	20-30	15-30
Kompost av växtrester och stallgödsel	20-30	25-40	20-40
Näringsrika jordförbättringsfibrer	30-50	30-40	30-50
Näringsfattiga jordförbättringsfibrer, vass, hästgödsel	500-1000	30-40	50-100

Tabell 2. De vanligaste organiska jordförbättringsmedlen och deras typiska egenskaper.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Vid den mikrobiologiska nedbrytningen av det organiska materialet frigörs kväve genom att mikroberna utsöndrar överskottskväve i marken. Det här kan ske direkt via en enda artgrupp eller som en kedjereaktion efter att en artgrupp har ätit upp en annan. Kväve frigörs också genom nedbrytning av mikrobmassan och hålls delvis kvar i mumifierade mikrober i marken, vilka enligt de senaste forskningsrönen antas utgöra en stor del av det långvariga kollagret i marken.

När mikroberna bearbetar det organiska materialet utsöndrar de slemämnen. Slemämnena är byggnadsmaterial för en hållbar aggregatstruktur, eftersom de limmar ihop mineralämnen såsom ler-, mjäl- och mopartiklar till runda och porösa biologiska aggregat.

Beakta växtföljden vid tillförsel av organiskt material

Näringsfattiga jordförbättringsmedel, såsom komposterad hästgödsel, nollfiber, vass och torv, lämpar sig bäst att sprida på gröngödslingsvallar, där de håller kvar de näringsämnen som frigörs när vallen slås, krossas eller bryts. Vallen kan med fördel brytas med en grund bearbetning där vallen inblandas, så att den näringsrika vallmassan och det näringsfattiga jordförbättringsmedlet blandas samman och bildar ett bra såningsunderlag för höstgrödorna. Vallen kan brytas på många olika sätt, läs om alternativen i avsnittet Brytande av ett vallbestånd (Kapitel 9: III. Produktionsvallar, publiceras i mars 2021).

Näringsfattiga jordförbättringsmedel kan med fördel spridas före baljväxter eller användas tillsammans med organiska gödselmedel, till exempel flytgödsel.

Bild 3. Näringsfattiga jordförbättringsfibrer kan spridas upp till över 100 kubikmeter per hektar, och det fördelaktigaste är att sprida ut dem i samband med att vallen bryts före sådd av

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

höstgrödor. När stora mängder organiskt material bearbetas ned i marken accelererar mikrobverksamheten mycket kraftigt, vilket tillfälligt kan störa växternas tillväxt. Det borde därför gå några veckor mellan spridningen och sådden. Bild: Juuso Joona.

Näringsrika organiska gödselpreparat och jordförbättringsmedel, såsom kompost, fasta rötrester och näringsrika jordförbättringsfibrer, lämpar sig bäst för spridning på hösten före sådd av höstgrödor. Näringsämnena och det organiska materialet kan då genast utnyttjas av följande växt. Spridning och nedmyllning i stubben är också möjlig, eftersom merparten av de organiskt bundna näringsämnena blir kvar över vintern och kan utnyttjas av följande skördeväxt. Lagringen av näringsämnena kan säkerställas med hjälp av fånggrödor.

Grund och inblandande bearbetning ger maximal nytta

Vid förflyttning och spridning av stora massor gäller det att se till att marken inte packas. Spridning av jordförbättringsmedel på våren och sent på hösten, när marken är packningskänslig, borde därför undvikas. Av samma orsak är det fördelaktigt att ta emot organiska jordförbättringsmedel och lagra dem i batteri på vintern när marken är frusen. Det gäller också att fästa uppmärksamhet vid stukornas placering och lastning.

För att de organiska jordförbättringsmedlen ska ge maximal nytta i skördeväxternas rotzon bör de bearbetas ned grunt (max. 15 cm) i marken och blandas in effektivt. När stora mängder organiskt material tillförs i åkern måste man beakta att växternas tillväxtstart kan störas. Det här beror på att kväve från omgivningen binds i mikrobmassan eftersom den mikrobiologiska aktiviteten accelererar direkt efter spridningen.

Organiska jordförbättringsmedel myllas i allmänhet ned i marken. Efter nedmyllningen borde man vänta på att situationen i marken stabiliseras före sådden, vilket beroende på produkten tar från några dagar upp till cirka en vecka. Spridningen av organiska jordförbättringsmedel kan upprepas med några års mellanrum utgående från näringsbalansen, främst fosforbalansen. Produkternas tillverkare bör kunna tillhandahålla exakta bruksanvisningar.

Mångsidig nytta under flera års tid

De flesta näringsrika organiska jordförbättringsmedel ger med en enda spridning närings- och mikronäringsämnen i lager för flera års behov, men behöver kompletteras med kväve i löslig form på våren eller försommaren. De organiska jordförbättringsmedlen fungerar således bra som grundgödsel, där kväve frigörs långsamt under hela växtperioden och ersätter en delad kvävegiva.

Engångskostnaden för spridning av organiska jordförbättringsmedel på åkern är några hundra euro per hektar, och beror till största delen på produkternas transportavstånd. Själva produkterna är mycket förmånliga, och värdet av de långsamt lösliga näringsämnen som de innehåller täcker ofta största delen av kostnaderna. Värdet på den jordförbättrande effekten beror på markens utgångsskick och förhållandena under växtperioden. Den förbättrade förmågan att hålla kvar vatten och den ökade mikrobaktiviteten kan till exempel ge en betydande skördeökning under en

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

torr växtperiod. Odlingskostnaderna kan också sjunka tack vare att marken är lättare att bearbeta samt minskat sjukdomstryck och gödslingsbehov.

Satsningen på tillförsel av organiskt material är långsiktig, och det tar flera år innan odlaren ser resultaten. Genom upprepad användning av organiska jordförbättringsmedel ackumuleras nyttan och effekterna blir uppenbara. Med hjälp av organiska jordförbättringsmedel kan man också öka markens kollager och motverka klimatförändringen, vilket odlaren i framtiden kan få ersättning för.

Uppgift 7.2

Gör upp en femårig jordförbättringsplan med organiska medel för alla dina tre kursskiften. Använd dig av olika slags organiska medel, såsom stallgödsel, träfiber, biokol och växtmassor. Fler idéer får du från JÄRKI FAKTA: KRETSLOPPSGÖDSEL och JÄRKI FAKTA: KOLFÄLLA.

Kapitel 7 är skrivet av:
Juuso Joona, Tyynelä gård
Erkki Vihonen, ProAgria Etelä-Pohjanmaa
Sanna Söderlund och Eliisa Malin, BSAG

Kapitel 7 är faktagranskat av:
Specialforskare Sari Luostarinen, Naturresurscentralen

Kapitel 7 är översatt av:
Mats Norrholm

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Kapitel 8 Minimera störningen

Att störa marken så lite som möjligt hör till grundprinciperna för regenerativt jordbruk. Det innefattar bland annat att reducera jordbearbetningen och minimera användningen av växtskyddsmedel.

I. Minimera markbearbetningen

Hur kan vi reducera bearbetningen?

I regenerativt jordbruk är bearbetning en viktig odlingsåtgärd, genom vilken vi kan bygga upp och förstöra. Att samordna den regenerativa odlingens övriga mål med bearbetningen är inte alltid lätt. Om vi i produktionen strävar efter att maximera mängden grönt växttäcke på åkern, går det inte att bearbeta när och hur som helst. Det kan finnas mera växtrester än tidigare på åkrarna, varvid bearbetningsutrustningen måste lämpa sig för nermyllning av växtrester utan risk för stockningar. Markförbättringsvallar passas in i växtföljden, varvid brytningen av dem ställer sina egna krav.

Bearbetning bör utföras endast vid behov och det lönar sig att sätta mål för den. I värsta fall kan bearbetningen leda till att aggregat förstörs och erosion samt packningsrisker förorsakas. I bästa fall kan mikrobverksamheten stödjas och en bra grogrund för grödor skapas.

Genom bearbetning kan faktorer som begränsar tillväxten avlägsnas, såsom att bekämpa ogräs och avlägsna packningsskador. Bearbetningen av jorden borde utföras så att risken för att packa marken och skada svamprötter eller daggmaskar minimeras. Tidpunkten och metoden för bearbetningen bör väljas rätt även med avseende på markens vattenhushållning. För våt jord får inte bearbetas och å andra sidan får marken inte torka upp för mycket vid bearbetning.

Reducerad bearbetning är en viktig del av att förbättra markens bördighet och främja mullhalten i marken. Den bör passas in vid rätt tidpunkt och med val av rätt redskap som en del av förhållandena och odlingssystemet. Bearbetningens grundprinciper bör alltid hållas i minnet då åtgärder planeras. Genom bearbetningen påverkas nedbrytningsverksamheten, näringsämnenas placering i djupled, luftporerna och vattenhushållningen, såsom vattnets infiltration, avdunstning och kapillaritet.

En bearbetning stör också alltid marken, men genom att minimera bearbetningen, dvs. genom att minska dess intensitet – upprepningar, effekt och djup – kan nackdelarna minskas och fördelar uppnås jämfört med en kraftigare bearbetning och ibland till och med jämfört med ingen bearbetning.

Målet för all bearbetning är att sträva efter att avlägsna faktorer som begränsar växtens tillväxt och att utveckla markstrukturen. Då bearbetningen minimeras kan bearbetningsdjupet begränsas till markens ytskikt, till cirka 10 cm djup. Bearbetningsdjupet bestäms dock av avsikterna med bearbetningen, såsom mängden växtrester eller djupet på rotsystemen för de växter som skall elimineras eller läget för den packningsskada som skall korrigeras.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

För mikrobverksamhetens del är en grundare bearbetning ofta bättre. Ju mera biologiskt aktiv jord det finns, desto djupare kan bearbetningen ske med så små störningar som möjligt. Visserligen störs svampmycelierna alltid mera av en bearbetning som går djupare än en grundare bearbetning.

En minimibearbetning samlar växtrester i markens ytskikt och förbättrar ytskiktets egenskaper. I en biologiskt aktiv jord nedbryts växtrester snabbare och daggmaskarna transporterar dem till djupare jordlager. Som minst kan en bearbetning bestå av att skrapa markytan med avsikten att sprida ut växtresterna jämnt och få markmikrober att fastna vid dem för att påskynda nedbrytningen.

Bild 1. Jordbrukare Tony Hydén har gått in för regenerativa odlingsmetoder på sin gård i Lovisa. Bild: Dennis Storhannus.

Se en video där jordbrukare Tony Hydén berättar hur reducerad bearbetning påverkat hans lerjordar (1:04)

En bearbetning bör alltid anpassas till behovet

Tidpunkten för en bearbetning och bearbetningssättet påverkas av:

- Åkerns upptorkning och eventuell slamning
- Ca:Mg förhållanden, Na, K samt mullhalt
- Markpackning, befintliga packningsskador och att undvika nya
- Aggregatstabilitet
- Naturlig bearbetning: torka, tjäle

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

- Effekt av växternas rotsystem
- Daggmaskar och andra markorganismer

En bearbetning kan som minst bestå endast av att sprida skörderester i marken och att få frön från tröskningsspill, ogräs och fånggrödor att gro på ett mycket grunt bearbetningsdjup. I videon tallrikharvas rågens halmrika stubb och bottengrödor till cirka tre centimeters arbetsdjup. Se video om grund bearbetning (00:32).

Val av tidpunkt och anpassning till de rådande förhållandena

Jordart, markstruktur och mullhalt inverkar på behovet av bearbetning och tidpunkten för den. På en tät, mullfattig jord med dålig struktur ger en reducerad bearbetning oftast inte ett bra slutresultat, eftersom jorden inte smulas sönder tillräckligt eller är för fuktig för att bearbetas. På dylika jordar väljer man ofta höstplöjning, vilket ytterligare försvagar markstrukturen. På lerjordar smular tjälen effektivt sönder jorden, på mo- och mjäljordar sjunker strukturen ihop under vintern.

På mullrika jordar är det fuktområde inom vilket bearbetningen lyckas bredare än i de mer mullfattiga jordarna, eftersom vattnet är bundet till markpartiklar och inte förekommer som fritt vatten i marken. På dessa jordar kan en lätt bearbetning snarare försvåras av avsaknad av dragmotstånd, varvid bearbetningsredskap med fasta pinnar, så som harvar och kultivatorer, inte skär sönder växtresterna utan bearbetningsredskapet kan bli som en kratta. En bra aggregatstruktur eller en lätt, grov jordart möjliggör även en grundbearbetning på våren, då även växtrester som vintern smulat sönder stör mindre.

Om ett levande växttäcke vintertid eftersträvas, borde höstbearbetningen utföras så tidigt att ett nytt täckande bestånd ännu hinner växa upp efter den. I praktiken borde bearbetningen göras före mitten av augusti. Sådd av fång- eller täckgrödor är också möjligt i samband med bearbetningen.

Uppgift 8.1

Välj nedan vilka omständigheter som inverkar på tidpunkten för en bearbetning.

Alternativ: Daggmaskar och andra markorganismer/Aggregatstabilitet/Tjäle/Jordart

Stort teknologiurval

För reducerad bearbetning finns det ett utbud av flera olika teknologier, vilka visserligen kan användas även i strid med tidigare nämnda principer. De vanligaste lättbearbetningsredskapen är kultivatorer, lätta och tunga tallriksredskap och -harvar, spadrullharvar samt kombinationer av dessa. Redskap med kraftuttag kan också användas enligt principerna för reducerad bearbetning, men det är viktigt att komma ihåg ett grunt bearbetningsdjup och så låga varvtal som möjligt.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Även inom redskapstyperna finns det betydande skillnader beroende på deras tekniska lösningar, såsom tallriks-/pinnstorlek, -typ och -täthet.

Tabell 1. Grova regler för val av lättbearbetningsredskap. Tabell: Juuso Joona 2020.

Grova regler för val av lättbearbetningsredskap

Val av redskap	Lätt jord	Tung jord	Mycket växtrester
Kultivator			
Smala spetsar	✓		✓
Breda spetsar		✓	
Två axlar		✓	
Över två axlar	✓		✓
Tallriksredskap			
Lätt, små släta tallrikar	✓		
Tung, stora tandade tallrikar		✓	✓

Tallriksredskap blandar jorden effektivt samt spjälkar växtrester och passar sålunda utmärkt för dessa ändamål (Bild 1). Däremot åstadkommer de inte alltid en full genomskärning av bearbetningsbotten och kan packa den genom friktion.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Bild 2. Tunga tallriksredskap har stora (d > 50 cm) tandade tallrikar, vilka släpper igenom och spjälkar rikligt med växtrester. Efterharven bakom tallrikarna effektiverar inblandningen och nedmyllningen av växtrester, vilket är till fördel i en bearbetning före sådd. En lätt ribbvält krossar jordkokor och packar marken bara lätt. Bild: Juuso Joona.

Det finns många variationer av kultivatorer på basis av typ av pinnar och spetsar. Om avsikten är att blanda jorden och bekämpa ogräs, kan en kultivator med fjädrande pinnar och smala spetsar fungera på lätta jordar, men på tunga jordar krävs det oftast en kultivator med styva pinnar och breda spetsar för att åstadkomma genomskärning (Bild 2). Inställning av redskapen har en avgörande betydelse för slutresultatet. Arbetsdjup och -jämnhet, stödhjul, dragpunkter och även slitage på spetsar inverkar på slutresultatet.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Bild 3. Hur spetsarna har genomskurit marken kommer fram genom att granska bearbetningsbotten. På bilden har tistlarna smidigt väjt för ett fjädrande gåsfotsskär. På lerhaltiga jordar garanterar en styv spets en bättre effekt mot djuprotade växter. Bild: Juuso Joona.

Axlarnas antal och höjd på kultivatorerna inverkar på hur effektivt redskapet tränger igenom markytan och bearbetar marken (Bild 3). Ju fler axlar, desto effektivare bearbetning. Då deras antal växer ökar genomträngligheten och effekten. Även såmaskiner kan ha bearbetande element eller en såenhet kan var påbyggd på bearbetningsredskapet. Kultivatorer och harvar har smultit samman till mångfunktionella stubbharvar, med vilka det går att skapa en jämn såbädd och att höstbearbeta. En framgångsrik användning av dem förutsätter dock en bra markstruktur.

Se video om jordbrukare Tony Hydéns speciella harv (2:22)

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Bild 4. En treaxlad kultivator med vingspetsar genomskär bearbetningsbotten och blandar jorden effektivt. En piggvält lyfter växtrester och rötter till ytan med en lucker jord som följd. Bild: Juuso Joona.

Stora skillnader i efterredskap

Det finns betydande skillnader i redskapens efterredskap. Avsikten med dem är ofta att jämna ut och sortera jorden eller växtrester samt återpacka den bearbetade ytan. Mången lösning fungerar, men behovet av packande efterredskap såsom packare kan i våra förhållanden ifrågasättas. Många lättbearbetningsredskap har utvecklats i Mellaneuropa för att mylla ner en stor mängd växtrester i lätt jord genast efter skörd för att försnabba nedbrytningen och för att få spillfrön att gro, så att sådd av en höstgröda är möjligt inom några veckor efter skörden. Då är en lätt återpackning av ytskiktet för att uppnå en tillräcklig täthet befogad.

Nackdelarna med tunga packare är störst i fuktiga förhållanden. Då det finns lite växtrester och marken är fuktig under tiden för höstbearbetning ökar den packningsrisk som packaren förorsakar. Tunga, trepunktsmonterade packare är vanligen placerade långt från traktorns bakaxel och förorsakar en stor belastning på bakhjulen på vändtegarna, varvid risken för markpackning ökar. Sålunda är så lätta maskiner som möjligt, till exempel ribbvält, samt bogserbara maskiner att rekommendera även för att undvika markpackning (Bild 5).

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Bild 5. Bogserbara bearbetningsredskap minskar belastningen på traktorns bakaxel, men är ofta långa till konstruktionen. Bild: Juuso Joona.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Bild 6. På Tyynelä gård har i åratal använts lättbearbetningsredskap utrustade med ribbvält, men för några år sedan gick de över till att använda en piggvält (doppelsternwalze). På bilden gårdens husbonde Juuso Joona. Bild: Sanna Söderlund.

Vår piggvält har cirka 20 centimeter långa piggar på två, i diameter olika stora valsar. De luckrar upp marken efter kultivatorn och lämnar växtrester, i synnerhet de svårbekämpade ogräsens långa rötter, på ytan. Den bearbetade jorden blir mycket lucker och luftig. Den verkar aktivera mikrobverksamheten kraftigt. Nedbrytningen av växtrester och antalet daggmaskar är större än tidigare. Även markens aggregatstruktur har utvecklats och på våren har det varit lättare att bearbeta. Detta kan även påverkas av att det i en lucker jord finns gott om plats för vatten och tack vare detta kan tjälen i ytan ytterligare luckra upp marken.

– Jordbrukare Juuso Joona, Tyynelä gård, Joutseno

Kan en vall brytas genom lättbearbetning?

Fleråriga vallar bryts ofta kemiskt och med plöjning så att den stora mängden växtrester inte skall störa etableringen av följande bestånd. Denna praxis har drivits på av den såningsteknik med släpbillar som använts, och inte av knapphet i metoder för vallbrott. Ibruktagandet av

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

såningsteknik med bättre genomsläpplighet för växtrester tillsammans med utvecklingen av lättbearbetningsredskap har gjort det möjligt att även bryta vallen icke-kemiskt och plöjningsfritt.

Vid plöjning begravs det av vallen förbättrade ytskiktet och en stor mängd växtrester i ett lager i nedre delen av plöjningsskiktet och jord med sämre struktur kan stiga till ytan. Det kunde vara mera lönsamt att lämna kvar vallen för att förbättra ytskiktet och vara till nytta för följande grödas groning och tillväxt.

Aktivera mikrobverksamheten

Genom att blanda in en stor mängd av vallens växtmassa i markens ytskikt eventuellt kombinerat med tillsats av gödsel eller organiskt jordförbättringsmedel kan mikrobverksamheten påskyndas. På det viset kan man också sätta fart på bildningen av nya jordaggregat. Växtrester och jordaggregat bildar ett bra avdunstningsskydd på markytan. Avdunstningsskyddet håller marken fuktig, vilket får ogräs att gro och hindrar en vall som skall brytas från att gå i viloläge. Samtidigt blir det fukt kvar i marken som säkerställer att den sådda grödan gror jämnt.

En plöjningsfri vallbrytning bör förberedas genom att krossa vallmassan före den första bearbetningen, helst ungefär en vecka före, varvid beståndet hinner börja växa och förbruka sin reservnäring. Avsikten med bearbetningsomgångarna är att helt och hållet skära av växterna just under deras tillväxtpunkt samt att spjälka och blanda växtresterna till några centimeter långa strimlor. Detta kan lyckas med den första körningen om redskapet har något spjälkande organ såsom tallrikar. I annat fall är det skäl att utföra den första körningen med ett tallriksredskap eller en tallriksharv, vertikal eller horisontal jordfräs till några centimeters arbetsdjup. Denna körning skär marken i skivor och spjälkar växter vilket också minskar kultivatorns stockningskänslighet.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Bild 7. Den första körningen av vallbrytningen görs mycket grunt så att vallens yta spjälks exempelvis med en kultivator med smala spetsar, tallriksredskap, vertikal jordfräs eller som här med en kultivator som har en rad med tallrikar längst fram. Bild: Juuso Joona.

Se videon Vallbrott med kultivator, första körningen (0:10). Video: Juuso Joona.

De följande bearbetningarna görs med en genomskärande kultivator cirka 2–3 cm djupare än den föregående körningen. Varje körning upprepas när växterna eller målväxten har uppnått sin kompensationspunkt, dvs. det tillstånd då den har använt sin reservnäring till att börja växa och håller på att igen börja samla näring genom assimilation.

Vanligtvis räcker 1–3 kultiveringar för att försvaga vallen och de svårbekämpade ogräsen. Detta betyder att åtgärden räcker i sin helhet 2–6 veckor. Efter den sista bearbetningen är marken oftast färdig för sådd och lämplig för sådd av höstbestånd. Det är dock skäl att minnas att flera körningar utgör en risk för markstrukturen, särskilt om bearbetningsmaskinen är effektiv, marken är för fuktig eller marken kommer åt att packas.

Tidpunkten är viktig

Vid sidan om vallbrytningen är ett mål ofta också att bekämpa fleråriga rotogräs. Det här är viktigt i synnerhet på dåliga vallar och det bör beaktas framför allt vid val av tidpunkt för åtgärderna. Då är det bra att känna till målväxtens tillväxtrytm och angripa dess svagheter. Vid långvarig, återkommande bearbetning är tiden med öppen mark ändå flera veckor. Därför lönar det sig att överväga användningen av detta bearbetningssätt noggrant. Med avseende på bekämpning av svårbekämpade ogräs lönar det sig att satsa på ett vallbestånd som lyckas bra, eftersom det konkurrerar med ogräsen mycket bättre än bearbetning och förorsakar inte marken så mycket störning som en långvarig, återkommande bearbetning gör.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Att bryta vallen utan plog och att bekämpa ogräsväxter genom träda kan vara tidskrävande, och det kan leda till att perioder med bar mark förlängs. Det kan således ta flera veckor, till och med månader, innan höstgrödan etableras, så det är skäl att etablera ett ettårigt mellanbestånd med flera arter. Även etablering av vårsäd för tröskning eller som helsädesensilage att bärgas kan komma i fråga, vilket även möjliggör att som bottengröda etablera en vall vars skörd bärgas. Om de vanligaste svårbekämpade ogräsen är mjölktistel och kvickrot, kan tidpunkten för vallbrottet förläggas till högsommaren så att brytningen blir färdig just före sådd av höstgrödor. Även denna metod innebär att arbetet inleds redan vid månadsskiftet juni–juli.

Vid plöjningsfri vallbrytning spelar en bra, genomskärande kultivator med vingspetsar en avgörande roll. Den bör ha styva pinnar som inte viker undan ens för de kraftigaste rötterna och breda genomskärande spetsar som har åtminstone 8 cm överlappning. Antalet pinnaxlar inverkar på stockningskänslighet och bearbetningseffekt. Pinnar på flera axlar är mindre känsliga för stockning och finfördelar jorden effektivare än om axlarna är färre.

Av packarna har piggvält-typen visat sig effektiv genom att lämna växterna löst på markytan. Packande packare kan återställa växternas rotkontakt till marken, vilket fördröjer deras död. Även kraftuttagsdrivna hövändare som efterredskap är effektiva, men kräver mycket energi och sänker arbetsresultatet. De är som bäst på lätta, mullhaltiga jordar där trycket av svårbekämpade ogräs är stort.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Bild 8. En treaxlad styvpinnekultivator utrustad med piggvält är ett effektivt redskap för att bryta vallen. På bilden pågår den tredje och sista körningen av en vall med vit sötväppling på mulljord. Bild: Juuso Joona.

Följ hela tiden med resultatet

Vid bearbetning bör motiven för arbetet och förverkligandet av målen hela tiden granskas. Det är nödvändigt att justera tidpunkt och maskiner på basis av detta. På så sätt kan bearbetningens skadliga effekter på markstrukturen minimeras. Hur väl en bearbetning lyckas kan undersökas genom att granska bearbetningsbotten med hjälp av en spade och en borste. Då kommer det fram hur jämnt och plant bearbetningsbottnen är och hur spetsarna har klarat av att skära genom marken. Av bearbetningsbotten syns det också om spetsen har skapat friktion och packat jorden eller rivit den och lämnat botten öppen.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Visste du?

Direktsådd är möjligt även i en mångsidig växtföljd utan bekämpningsmedel mot ogräs. Då är det ofta fråga om sådd i ett ettårigt bestånd av fång- eller mellangröda, vilket vältas med en knäckvält (crimper roller, Messerwalze) omedelbart före sådd då mellangrödan är i blomningsstadiet. Av den vältade växtmassan bildas ett täcke, som skuggar ogräsen och skyddar marken. I undersökningar hittills har denna metod gett bra effekt på ogräsen, men avkastningen hos grödor vars skörd bärgas har på kort sikt blivit lägre än det bearbetade kontrolledet. Metoden utvecklas dock alltjämt och i praktisk odling har konkurrenskraftiga skördar erhållits. [1,2]

Video på Youtube: Direct drilling with the crimper roller at the Tyynelä farm, Finland (03:22)

Uppgift 8.2

Fundera på dina kursskiftens bearbetningshistoria. Hur har de bearbetats under de fem senaste åren? Hurudana problem tror du att bearbetningen har förorsakat? Hur skulle du kunna reducera bearbetningen? Kom ihåg att fundera på hur jordart, växtföljd och val av grödor inverkar på bearbetningsbehovet. Tänk igenom frågorna för varje skifte separat och skriv ditt svar i lådan.

II. Växtskydd

Regenerativt jordbruk strävar efter god jordhälsa och ett balanserat åkerekosystem. I en balanserad omgivning håller förhållandet mellan skadeorganismerna och deras konkurrenter de värsta skadorna i styr. Växter mår bra i en mark rik på näringsämnen och deras biomassa ovan och under jordytan är stor. Vatten- och näringshushållningen är i skick, vilket gör att växten kan bekämpa växtsjukdomar och växtskadegörare, samt återhämta sig från skador. I blandade växtbestånd med stor mångfald är det mer osannolikt att en viss sjukdom eller en viss skadegörare skulle komma åt alla odlingväxter, vilket innebär en högre skördesäkerhet.

I regenerativt jordbruk är målet att minimera störningen av växtbeståndet, marken och åkerekosystemet. Odlaren stöder de naturliga systemen genom sina odlingsåtgärder så, att växtskadegörarna inte utgör ett problem som påverkar skördenivån väsentligt. Därför tar man till kraftigare bearbetning och kemisk bekämpning bara om det är absolut nödvändigt. När man uppnått balans i åkerekosystemet, kan dessa bekämpningsåtgärder minskas avsevärt och i bästa fall kan man avstå från dem helt.

Växtskydd, bekämpningsmedel eller gift?

Växtskyddsmedlen har flera olika namn och det är upp till var och en att själv välja ord utgående från sina egna utgångspunkter och åsikter. På den här kursen använder vi ordet växtskyddsmedel för de kemiska bekämpningsmedlen, eftersom det i nuläget är den officiella och vedertagna termen. Bekämpningsmedlen delas in i antingen växtskyddsmedel eller biocidprodukter enligt användningsändamål. Växtskyddsmedel är ämnen som används inom växtproduktion i åkrar eller trädgårdar för att bekämpa ogräs, för att skydda odlingsväxter mot insekter och andra

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

skadegörare eller för att förhindra växtsjukdomar. Vissa växtskyddsmedel reglerar också växtens tillväxt. Växtskyddsmedel kan också användas efter skörden för att förbättra produkternas hållbarhet. Biocidprodukter som används i livsmedelslokaler och djurstallar innefattar till exempel insekticider (för bekämpning av insekter) och rodenticider (för bekämpning av råttor möss och andra gnagare). Växtskyddsmedlen kan vara syntetiskt framställda, alltså kemiska eller biologiska. (3

Bild 8. Växtsjukdomar är någorlunda lätta att undvika med hjälp av en mångsidig växtföljd. På bilden ser vi havrebeståndet sommaren 2019 på den ekologiska gården Vierelä. Bild: Eliisa Malin.

Växtskydd är en del av odlingstekniken

Användningen av kemiska växtskyddsmedel utgör bara en liten del av växtskyddet. Bekämpningen borde i första hand skötas med andra metoder. Man kan utvärdera behovet av växtskyddsmedlen till exempel med hjälp av tröskelvärden. Trycket som växtskadegörarna utgör påverkas av växtart och -sort, utsädets kvalitet, växtföljden, åkerskiftets egenskaper, bearbetningstekniken, gödslingen och vädret. Man kan minska användningen av växtskyddsmedel avsevärt genom förebyggande metoder, samt genom att utvärdera behovet av bekämpning på basis av observationer och prognoser. Detta kallas för integrerat växtskydd (IPM, Intergrated Pest Management).

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Huvudprincipen inom integrerat växtskydd är att ersätta användningen av kemiska växtskyddsmedel med förebyggande och alternativa bekämpningsmetoder då det är möjligt.

Risken för förekomsten av växtskadegörare och behovet av växtskyddsmedlen minskas genom att se till att man har en god växtföljd, använder ett friskt och livskraftigt utsäde och genom att välja växtarter med största möjliga resistens mot växtsjukdomar. Ifall samma växt, eller till och med växtsort, odlas på stora enhetliga arealer, kan sjukdomar och skadeorganismer spridas snabbt och bestående, när omständigheterna är gynnsamma för dem. Mångsidig odling minskar spridningen av växtskyddsproblemen.

Användningen av växtskyddsmedel regleras av lagar som baserar sig på EU:s ramdirektiv. Som en del av detta direktiv har varje medlemsstat upprättat ett program för hållbar användning av växtskyddsmedel. Alla som använder växtskyddsmedel professionellt måste avlägga en växtskyddsexamen minst vart femte år. I växtskyddsexamen ingår säker hantering av växtskyddsmedel och studier i integrerat växtskydd. Växtskyddsmedel (som är avsedda för yrkesmässig användning) kan endast köpas av en person som avlagt växtskyddsexamen. [4]

Läs mera om växtskydd och tillhörande lagstiftning:

Programmet för hållbar användning av växtskyddsmedel

Handlingsprogram för hållbar användning av växtskyddsmedel II 2018–2022 (PDF)

Tukes: Växtskyddsmedel

Förebyggande åtgärder och växtskydd utan växtskyddsmedel

Växtsort och motståndskraft

För att minimera växtskyddsriskerna är det viktigt att lägga märke till följande saker vid sortval: skörde- och kvalitetsegenskaperna, sortens växttid, stråstyrka och motståndskraft mot sjukdomar. Det lönar sig att prioritera dessa egenskaper enligt förhållandena på de egna skiftena samt observationer från tidigare år.

Ifall mullhalten på skiftet är hög och man har noterat att växten under tidigare år lätt bildar liggsäd, är det viktigt att välja en växtsort med god stråstyrka. Samma princip gäller motståndskraften mot sjukdomar. Val av resistenta sorter är speciellt viktigt också då en god växtföljd inte har förverkligats på skiftet. En mångsidig växtföljd är ett förmånligt sätt att främja åkernaturens biologiska mångfald och minska trycket av sjukdomar och skadegörare på skiftet. Det går att påverka odlingsväxternas konkurrenskraft mot ogräs genom att välja odlingsväxter enligt deras tillväxtsätt och hur de skuggar, samt genom art- och sortval, men beståndets allmänna livskraft är också viktigt.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Jordhälsa

När odlingsväxterna inte är stressade av förhållandena, utan friska och starka, tål de också trycket av sjukdomar och skadegörare bättre. Då skuggar de ogräsväxter mer effektivt och minskar därmed deras negativa inverkan på odlingsväxterna.

God jordhälsa är viktigt, det stärker växternas uthållighet och resistens mot flera olika typer av stressfaktorer.

I en bördig jord, där näringsämnena är i balans, fungerar växternas näringsupptag väl och det ökar växternas motståndskraft mot yttre påfrestningar. Exempelvis bristen på mangan eller överdriven ansamling av nitrat gör växten mera utsatt för skadegörare. Det är viktigt att hitta en balans; både brist på och överflöd av näringsämnen (inklusive mikronäringsämnen) gör odlingsväxter mer utsatta för skadegörare. Effekterna av dessa är ofta patogenspecifika (dvs. beroende på vad som orsakat sjukdomen). En levande och välmående mark är viktig ur växtskyddets synvinkel, eftersom markens egna bakterie- och svampbestånd hjälper till att bemästra spridningen av jordburna sjukdomar.

Tidpunkten för odlingsåtgärderna

Odlingsåtgärdernas rätta tajmning med början från bearbetning eller sådd bildar grundförutsättningen för ett välutvecklat växtbestånd som också bättre tål olika stressfaktorer genom hela växtperioden. Ifall tillväxtstarten misslyckas är det svårt att reparera skadorna i efterhand och växtbeståndet är således mera utsatt för skördenedsättande faktorer.

Det är särskilt viktigt att använda vårfukten så effektivt som möjligt. Då kan odlingsväxternas rötter bilda rotsystem som når djupt ner i markskikten. Detta är viktigt för en effektiv vattenupptagning under de allt oftare förekommande torra förhållandena under den tidiga växtsäsongen. Genom att välja rätt tidpunkt för sådden är det möjligt att undvika åkommor som orsakas av många skadeinsekter, särskilt vid odling av oljeväxter.

Mångsidig växtföljd

Odling av samma växter och närbesläktade växter under flera år i rad på samma skifte ökar växtskyddsproblemen. För att förebygga detta och för att stärka den naturliga bekämpningen är det bra att göra upp en plan för en fungerande växtföljd i samband med odlingsplaneringen. Samtidigt är det värt att notera förfruktsvärdenas nytta samt möjligheten för vår- och höstsådda grödor eller odlingen av fleråriga växter.

Läs mer om växternas förfruktsegenskaper här.

En mångsidig växtföljd är en av de viktigaste, om inte den allra viktigaste metoden för att hålla växtsjukdomar, skadegörare och ogräs på avstånd.

I synnerhet odling av korsblommiga växter, baljväxter, rotfrukter och potatis förutsätter en god växtföljd för att hålla växtskadegörare i schack. Det lönar sig att tillägga så kallade underhållsår i växtföljden, dvs att låta skiftet återhämta sig under minst ett år genom odling av gröngödslingsvall eller motsvarande växtbestånd med flera arter.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Se en video där jordbrukare Tony Hydén berättar om hur de förebygger växtsjukdomar på hans gård (1:57)

Samodling

Om det inte går att genomföra en god växtföljd är samodling ett bra sätt att göra odlingen mångsidigare. Samodling går ut på att man sår två eller flera olika växtarter eller -sorter som en blandning på samma skifte. Tekniken underlättar kontrollen av växtskadegörare och hjälper växterna att utnyttja vatten och näringsämnen mer effektivt, vilket i sin tur stöder produktionen av skörd. Att odla fånggrödor och växter i radmellanrum är ett lätt och förmånligt sätt att öka beståndens mångfald, speciellt ifall det visar sig svårt att lägga till vallar i växtföljden. Man bör planera växtbestånden omsorgsfullt och beakta olika arters växtskadegörare och sorternas varierande sjukdomsresistens.

Bild 9. Bandsamodling i Holland. Bild: Eija Hagelberg.

Samodlingsmodeller

- Blandad samodling (mixed intercropping)
- Radsamodling (row intercropping)
- Bandsamodling (strip intercropping)
- Reläsamodling (relay intercropping)
- Skogsjordbruk (agroforestry)

Samodlingens fördelar:

- effektivare användning av ljus, vatten, växtutrymme, näringsämnen
- utnyttjande av positiva interaktioner växter emellan, till exempel kvävefixering, mykorrhizor

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

- ökning av organiskt material i marken
- mindre tryck av växtsjukdomar, skadegörare och ogräs
- skördesäkerhet, minskning av odlingskänslighet
- förbättring av anpassningsförmågan
- stödjande och förbättrande av den biologiska mångfalden
- säkrar naturliga pollinerares levnadsförhållanden

Se video om hur man kan motarbeta ogräs med hjälp av mellangrödor (1:19)

Växtplats

För att uppnå den bästa skörden är det viktigt välja rätt åkerskifte för rätt odlingsväxt. Detta är också viktigt för växthälsan och bekämpningen av skadegörare. Åkerns egenskaper, jordart, bördighet och läge inverkar på vilka odlingsväxter som lämpar sig för odling på vilket skifte. Skiftenas bördighet inverkar på hur krävande växter man kan odla på skiftena. Genom att beakta jordhälsan på skiftena kan jordbrukaren utöka sina möjligheter att uppnå goda skördar på sina skiften, också av mera krävande växtarter.

Jordbearbetning

Mekanisk jordbearbetning har varit en traditionell metod för minskandet av växtskadegörare. Plöjning begraver patogener som finns i växtresterna djupt i marken och hindrar dem på så sätt från att spridas under den följande växtperioden. Plöjning är dock ett kraftigt sätt att bearbeta marken. Höstplöjningen leder lätt till markpackning och utsätter marken för erosion, stör mikroorganismerna och ökar kolutsläppen. Det lönar sig att tänka sig noga för innan man använder plöjning som bekämpningsmetod. Förutom plöjning finns det också andra mekaniska jordbearbetningsmetoder för ogräsbekämpning.

Ogräsharvning används huvudsakligen för att bekämpa fröogräs hos spannmål, men metoden kan också tillämpas vid odling av ärt, bondböna och oljeväxter. Det går bra att så bottengrödor i samband med ogräsharvningen. Radhackning är en allmänt använd bekämpningsmetod vid odling av sockerbetor och grönsaker. Fördelen med radhackning är att den har lagom stor effekt på ogräs som vuxit sig för stora för att ogräsharvning skulle vara ett bra alternativ. Den har också effekt på rotogräs.

En lätt stubbearbetning som utförs efter att skörden bärgats stör ogräsväxternas utveckling och styckar och lyfter upp fleråriga ogräsväxters jordstammar till markytan. Plöjning begraver jordstammar, frön och växtrester djupt in i marken och gör bearbetningen mer effektiv. Plöjning är ett bra sätt att bekämpa ogräs och växtskadegörare om man bara gör det någon gång emellanåt.

Det lönar sig dock att ersätta plöjning som regelbunden jordbearbetningsmetod med ett lättare alternativ. Fundera på möjligheterna att plöja på våren eller bara delar av skiften. Man kan exempelvis bearbeta en åker så, att man endast plöjer kvickrotstuvorna och utför lättare bearbetning på andra ställen. I ett balanserat, regenerativt åkerekosystem minskar behovet av jordbearbetning med varje år som går.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Vid problematiska fall fungerar träda bäst mot kvickrot och mjölktistel, sämre mot åkertistel och åkerfräken. Träda har en stark inverkan också på fröogräs. Kvick-Finn-kultivatorn används om våren för att bekämpa kvickrot, men det går bra att använda den för andra typer av jordbearbetning.

Genom att kombinera direktsådd, mångsidig växtföljd och odling av fånggrödor, kan man minska ogräsväxternas mängd avsevärt. På engelska kallas detta Conservation Agriculture, CA-odling.

Även om jordbearbetning har använts som växtskyddsmetod, uppnås de bästa resultaten genom marktäckande CA-odling (conservation agriculture). Genom att kombinera direktsådd, mångsidig växtföljd och odling av fånggrödor, kan man minska ogräsväxternas mängd betydligt, vilket också leder till att jordbearbetningen inte lyfter upp nya ogräsfrön till ytan. På så vis kan man minska den kemiska bekämpningen till ett minimum. Ifall man däremot kombinerar direktsådd med odling av endast vårspannmål förvärras ogräsproblemet snabbt och blir svårhanterat. [6

Det lönar sig att fundera på behovet och tajmingen av trädan noggrant. Genom att låta åkern ligga i träda under sommaren kan man störa ogräsväxter och förbereda marken för odling av höstgrödor. Det lönar sig att låta marken stå bar under en så kort period som möjligt. Att bränna ogräsväxterna är en alternativ bekämpningsmetod som görs precis innan grödan etablerar sig.

Konkurrens

En välmående odlingsväxt som växer i ett lagom tätt bestånd är det bästa skyddet mot ogräsväxter, sjukdomar och skadegörare. Huvudgrödans goda tillväxt skuggar ogräsväxterna och försämrar deras levnadsvillkor. Därför är det viktigt att med hjälp av olika odlingstekniska åtgärder gynna grödans tillväxt, så att den är steget före ogräsväxter, patogener och skadegörare.

Sjukdomsbekämpning med växtskyddsmedel med bred effekt kan förändra konkurrenssituationen för mikroberna som lever på växtytan. Preparatet fungerar inte lika effektivt på alla patogener, vilket kan leda till en stor ökning av vissa patogener. Man kan öka konkurrensen genom att ta hand om jordhälsan och utöva en mångsidig odling. Med hjälp av dessa främjar man markmikroberna, som i sin tur håller patogenmikroberna i schack.

Biologisk bekämpning

Naturen söker en viss balans som uppstår när relationerna mellan olika organismer etableras. Till exempel uppstår växtsjukdomsepidemier bara ibland, eftersom spridningen av patogener hindras av andra organismer i åkerekosystemet och många abiotiska faktorer såsom klimateffekter. Balansen i ekosystemet är känslig och den rubbas lätt till exempel av mänsklig aktivitet. Man kan säga att biologisk bekämpning förekommer av sig själv i naturen. Människan har lärt sig att känna till och använda dessa naturliga bekämpningsmetoder och att stödja deras funktion. [7

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Bild 10. Människan kan inverka på spridningen av skadegörare med hjälp av omsorgsfull planering, mångsidig växtföljd och genom att främja biologiska bekämpningsorganismer. Bild: Sari Peltonen.

Biologisk bekämpning kan delas i två olika kategorier. Ett sätt är att dra nytta av naturens egna antagonister: insekter, svampar eller andra organismer som förhindrar spridning av skadegörare eller växtsjukdomar. I det här fallet är det upp till människan att skapa förutsättningarna som stöder den naturliga bekämpningen i åkerekosystemet.

En mångsidig odlingsmiljö upprätthåller mångfalden av organismer och mikrober, vilket också stöder förökningen och överlevnaden av ett flertal skadeorganismers naturliga fiender. De naturliga fienderna framträder i grödorna oftast lite efter de egentliga skadegörarna. Därför bör kemiska växtskyddsmedel mot skadeinsekter minimeras och senare bekämpningsbehandlingar undvikas.

Vid odling lönar det sig att främja levnadsvillkoren för skadeinsekternas naturliga fiender genom mångsidiga bestånd, åkerrenar och mångfaldsremsor. De naturliga fienderna kan sprida sig på ett avstånd på cirka 100 meter, vilket är anledningen till att det på över 100 meter breda basskiften kan vara bra att inrätta skalbaggsåsar eller andra mångfaldsremsor som en del av det integrerade växtskyddet. De fungerar också som skyddsområden för rovinsekter och pollinerare.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Naturliga fiender stannar ofta över vintern på samma skifte som grödan har vuxit på, så det lönar sig att satsa på de naturliga fiendernas överlevnad och ökning för nästa växtsäsong. Detta innebär till exempel att minska kraftig jordbearbetning på skiftet i fråga och att tajma användningen av bekämpningsmedel på rätt sätt.

I en annan metod för biologisk bekämpning tillsätts en organism som bekämpar en specifik patogen eller skadeinsekt i beståndet. Bra exempel på detta hittar man till exempel bland odlingsmetoderna inom växthusproduktion. Rovkvalster, antagonistiska bakterier och svampar, parasitsteklar och nematoder är redan välkända organismer som används inom biologisk bekämpning.

Fångstväxter

För att minimera effekten av skadegörare kan man så remsor med fångstväxter runt eller intill åkern. Skadeorganismerna övervintrar vanligtvis i förna som ligger i kantzonen mellan åker och skog, varifrån de tar sig till åkern på våren när det blir varmt.

Remsan med fångstväxter lockar skadegörare att stanna kvar och deras frammarsch avstannar. Skadegörare kan sedan bekämpas mekaniskt eller kemiskt på remsan. På det här sättet behöver man inte behandla hela odlingsområdet. Remsor med fångstväxter används speciellt för bekämpning av skadegörare på korsblommiga växter, de består då ofta av olika oljeväxter och kål. Se video om hur jordbrukare Tony Hydén använde rybs som fångstväxt vid odlingen av raps (0:59)

Pollinerare och bekämpning av skadegörare ur ett helhetsmässigt perspektiv

Grunden för hållbart växtskydd, Integrated Pest Management (IPM), fokuserar på att skydda grödorna från skadegörare, sjukdomar och ogräs. Integrerad bekämpning av skadegörare beaktar inte pollinerare separat, men dess mål att minska användningen av bekämpningsmedel gynnar också pollinerare i viss utsträckning.

Pollinerare och bekämpning bör dock ses ur ett helhetsmässigt perspektiv, eftersom bekämpningen av skadegörare har en inverkan på pollinerare och därmed på de ekosystemtjänster pollinerarna står för i odlingen. En del av de nyttiga rovinsekterna är också pollinerare i ett annat utvecklingsstadium.

Integreringen av pollinerare och bekämpningen av skadegörare erbjuder odlaren nya möjligheter att maximera skördarna. [8] Detta integrerade tillvägagångssätt kallas på engelska *”integrated pest and pollination management”* (IPPM). Begreppet är inte pinfärskt, men det har inte gjorts stora mängder forskning i ämnet ännu. Det finns dock ett behov för en mera helhetsmässig granskning i ämnet.

Växtskyddsmedel kan vara skadliga för pollinerare, men när man använder dem med IPM-metoderna och riskerna i åtanke, kan man utöva bekämpning av skadegörare och ta hand om pollinerare samtidigt. [9]

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Pyramid för integrerat växskydd och hantering av pollinering

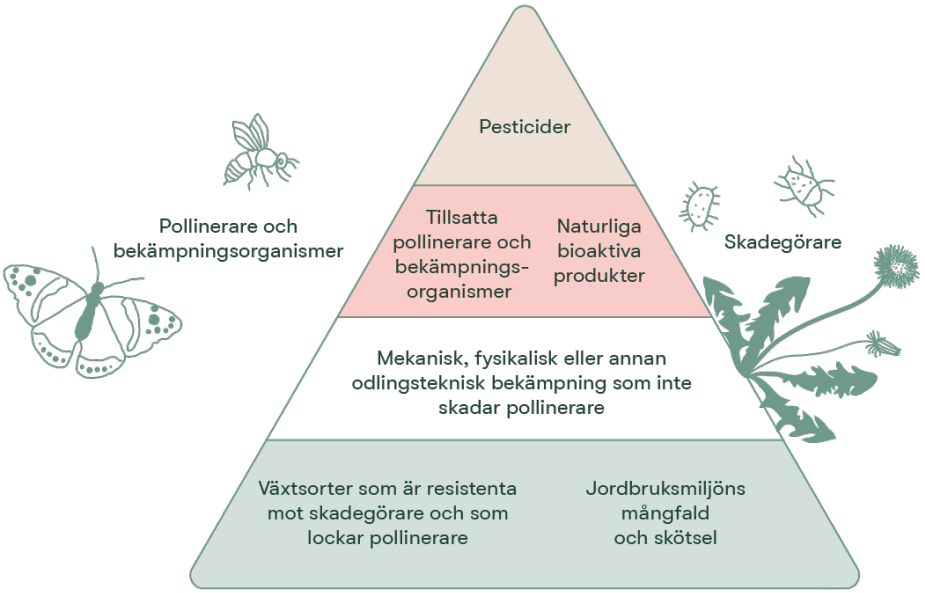


Bild 11. IPPM-pyramiden visar vägen från botten till toppen: åkerekosystem som gynnar pollinerare och bekämpar skadeinsekter utgör grunden och endast som en sista utväg på toppen av pyramiden används kemiska bekämpningsmedel. Bild från källa 8.

Kemisk bekämpning enligt behov

För att värdera behovet av kemisk bekämpning använder man observationsmetoder, bekämpningens tröskelvärden samt prognossystem. På detta sätt kan man undvika onödiga behandlingar och rikta åtgärderna tidsmässigt rätt för att uppnå störst nytta och orsaka minst skada.

Vid användningen av växtskyddsmedel bör man alltid sträva efter att använda rätt preparat vid rätt tidpunkt och se till att man använder preparaten endast vid behov och på ett omsorgsfullt sätt. På så sätt kan man försäkra sig om ämnets effektivitet och minska risken för att ämnet skadar miljön. Specificerad användning av växtskyddsmedel kräver identifiering av målet för bekämpning och val av det mest effektiva men samtidigt det minst miljöskadliga ämnet.

Det finns stora skillnader bland växtskyddsmedlen i hur skadliga de är för organismer som inte ingår i deras bekämpningsmålgrupp. Till exempel, vid bedömningen av effekterna av 63 aktiva ämnen berodde 95% av den totala skadan på vattenorganismer på användningen av fem aktiva ämnen: fluazinam, aklonifen, metiokarb, pendimetalin och prokloraz. [10] Av dessa är exempelvis skadorna på vattenorganismer som orsakas av användningen av fluazinam cirka 2,3 miljoner gånger större per kilo än klormekvatklorid, som används som tillväxtregulator, och inte heller är problemfri. Av dessa aktiva ämnen är metiokarb och prokloraz inte längre tillåtna.

Informationen om att ett växtskyddsmedel innebär liten risk baserar sig ofta på forskning och kunskap som hela tiden utvecklas. Exempelvis finns det å ena sidan mycket motstridiga

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

forskningsdata om de negativa effekterna av ett av det mest allmänna växtskyddsmedlet, glyfosat. Å andra sidan uppdateras forskningsdata hela tiden.

Ett säkert tillvägagångssätt för att minska skadorna av växtskyddsmedel är att använda dem endast när det är alldeles nödvändigt och minska användningen av dem så mycket som det ekonomiskt sett är möjligt.

Bedömningen av ogräsväxternas skadlighet startar med kunskap om ogräsarterna i skiftet. Viktigast är att förhindra spridningen av ogräs (fröbank, fleråriga härdar av rotogräs). Ett bra sätt att bekämpa ogräs är en snabb tillväxtstart och ett starkt bestånd. Grödorna kan således konkurrera ut ogräset. Lite ogräs påverkar inte nämnvärt skörden.

Bekämpningströsklar

Användningen av växtskyddsmedel bör alltid basera sig på identifierade behov. Detta förutsätts redan i principen för det integrerade växtskyddet. Det i sin tur kräver att man gjort anteckningar över observationerna från skiftena som ligger till grund för de utförda växtskyddsåtgärderna.

Besluten om bekämpning bör baseras sig på de observationer som kartlägger förekomsten av skadegörare som ska bekämpas. Detta kan man göra exempelvis med hjälp av olika fällor, eller genom att räkna antalet skadegörare eller skador som de orsakar grödan.

För att kunna säkerställa ett adekvat bekämpningsresultat kan det vara för sent att göra bekämpningsbeslut på basen av sjukdomssymptom i grödan, åtminstone för en del sjukdomar. En sådan sjukdom är bland annat potatisbladmögel. I dessa fall måste jordbrukaren göra sina egna bedömningar och prognoser och använda prognostjänster. Dessa förutser risken för uppkomsten av sjukdomen genom att analysera väderförhållanden som temperatur, nederbörd och fuktighet samt bearbetningssättet, förfrukten och växtsortens risk för att utveckla sjukdom.

Se en video om hur jordbrukare Tony Hydén använder sig av bekämpningströsklar och behovsanpassar bekämpningen (1:33)

Om växtskyddsmedel måste användas i ett tidigt skede, innebär det en risk för att en betydande del av det hamnar i marken och utsätter de känsliga markmikroberna för ämnet. Det är därför viktigt att bekämpningen av sjukdomar som har konstaterats vara nödvändig sker vid rätt tidpunkt. På så sätt räcker det aktiva ämnets verkningstid länge och ger skydd hela växtsäsongen ut.

Vid ogräsbekämpning baseras beslutet för bekämpning oftast på en bedömning av ogräsväxternas täthet. Det är också viktigt att identifiera ogräsen utifrån deras skadlighet och att bestämma rätt tidpunkt för att bekämpa dem. Man kan förbereda sig för ogräsbekämpning redan under föregående växtsäsong genom att observera vilka ogräs som ställde till problem och ökade ogräsbanken. Dessa ogräsarter kommer sannolikt att vålla problem också under nästa växtsäsong.

Två nyckelfaktorer gäller för ogräsbekämpning: ogrästäthet och grödans utvecklingsstadie. Dessa utgör den kritiska bekämpningstidpunkten och den ekonomiska ogräströskeln. Ofta granskar man ogrästätheten, vilket leder till en förlust av skörden på 5 %. Ogräs som etablerar sig efter spannmålens bestockning minskar inte skördemängden i allmänhet. Däremot kan

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

konkurrenskraftiga grödor ha en betydande ogrästäthet före bestockningen innan skörden minskar.

Till exempel i råg minskar 100 kvickrotsgroddar per kvadratmeter skörden med 8%, men i ärt med 35%. [11] För närvarande är bekämpningströsklar inte lättillgängliga. Om gården har en skördemätare lönar det sig att lämna obehandlade områden i beståndet för att avgöra om bekämpningen ger tillräcklig merskörd. Enbart en jämförelse mellan ställen där det växer ogräs och inte växer ogräs ger inte ett bra resultat, eftersom grödans misslyckande ofta leder till ogräs.

Val av växtskyddsmedel

Om kemiskt växtskydd måste användas, är det bäst att välja den produkt som orsakar minst skada på miljön, förutsatt att man med den uppnår tillräcklig effekt. Graden av skada som orsakas av produkten kan delvis härledas av produktens miljöbegränsningar.

När det gäller växtskydd måste man dock komma ihåg att valet av rätt bekämpningsmetod grundar sig på att säkra mängden och kvaliteten på skörden. Om skörden går förlorad eller kvaliteten lider på grund av otillräcklig bekämpning, orsakar det betydande ekonomiska förluster och svinn av livsmedelsråvaror. Därtill förblir produktionsinsatserna oanvända och riskerar att sköljas ut i miljön. Att fördela användningen av produktionsinsatserna till olika behandlingsgånger, likaså användningen av precisionsodlingsmetoder, minskar denna risk och är därför också viktiga metoder för att hantera växtskyddsrisker.

När du använder ett kemiskt växtskyddsmedel är det viktigt att välja den produkt som är mest effektiv för ändamålet. Som hjälp för att välja rätt ämne finns det olika typer av tabeller över deras effektivitet. Det är viktigt att växtskyddsmedlet byts vid olika besprutningar, alternativt kan man använda blandningar av flera olika produkter vid en besprutning. Om ett växtskyddsmedel av samma typ och effekt används på samma skifte från år till år, kan ogräs och skadedjur utveckla resistens mot detta ämne. Detta märks på ämnets försvagade effekt.

Utrustning

Genom en god spridningsteknik och genom att försäkra sig om att spridningsutrustningen är i gott skick kan man utföra växtskyddsåtgärder på ett tryggt och ändamålsenligt sätt. Enligt gällande lagstiftning bör spridningsredskap testas vart tredje år av en testare som godkänts av Säkerhets- och kemikalieverket (Tukes). Med hjälp av testandet kontrollerar man att sprutan fungerar felfritt. Dessutom måste man alltid kontrollera sprutans skick innan växtskyddsperioden börjar.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Bild 12. Sprutan hålls i gott skick genom regelbundet underhåll och rengöring efter varje användning, och genom att byta sprutmunstyckena minst var tvåhundrade hektar eller vartannat år. Tekniken för växtskyddsbesprutning har utvecklats, vilket har förbättrat möjligheterna att rikta växtskyddsmedlen rätt. Därutöver kan man undvika dubbelbehandling med hjälp av sprutbommens vändtegsautomatik. Bild: Sari Peltonen.

Preciserad användning av växtskyddsmedel i samband med besprutning

Växtskyddsmedel släpps ut i miljön under sprutningen, men direkta utsläpp från gården vid hantering av växtskyddsmedel och påfyllning av växtskyddsprutan är också betydande. De kan orsaka upp till 70–90 procent av vattenföroreningarna. Bara ett gram aktivt ämne kan förorena upp till 10 000 kubikmeter vatten när det transporteras genom marken till vattendrag. Förseglingen på förpackningen kan redan innehålla ett gram aktivt ämne.

Riskerna som ingår i användningen av växtskyddsmedel kan minimeras genom att fundera på hur man själv hanterar bekämpningsmedel och genom att specificera behoven för användning av växtskyddsmedel. Användningen av växtskyddsmedel kan också preciseras under besprutningen. Spridningsredskapets skick testas för att försäkra sig om att besprutningen riktas rätt.

Att undvika besprutning i blåsigt väder eller behandling före regn minskar mängden växtskyddsmedel som släpps ut i miljön och samtidigt kan man försäkra sig om att behandlingen är

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

tillräckligt effektiv. Genom val av rätt munstycke kan man också förhindra vindavdrift. De bästa besprutningsförhållandena råder vanligtvis tidigt på morgonen när luften ännu är fuktig och temperaturen inte är för hög. Om morgnarna är det också ofta tillräckligt vindstilla. Besprutning i blåsigt väder ökar vindavdriften avsevärt. Detta orsakar problem inte bara för andra jordbrukare i närheten, utan också för åkerrenarnas organismer.

Hänsyn till pollinerare vid användning av växtskyddsmedel

Vid registreringen av växtskyddsmedel ska preparatets giftighet för pollinerande insekter och andra leddjur beaktas. Det ska i sådana fall stå ”växtskyddsmedel skadligt för bin och humlor” på förpackningen. Dessa är främst bekämpningsmedel för skadegörare.

Dessa preparat får inte användas för behandling av blommande bestånd eller så är behandlingen av dem tillåtet endast efter binas flygtid mellan kl. 21.00 och 06.00. Det är förbjudet att använda dem på mindre än 60 meters avstånd från bikupor utan biodlarens medgivande.

Sammanfattningsvis rekommenderas det att besprutningar med växtskyddsmedel sker nattetid eller sent på kvällen. Kontrollera också informationen om den bästa tidpunkten för besprutning på försäljningsförpackningen. Besprutning ska aldrig göras på blommande växtbestånd, vilket också innefattar blomningen av ogräs och fånggrödor. Användningen av insektsmedel bör övervägas noga eftersom deras effekter är skadliga för naturliga rovinsekter, pollinerare och hela mångfalden i ekosystemet.

God praxis i besprutningsarbetet

Vid hantering av växtskyddsmedel uppstår de största utsläppen från stänk vid sprutpåfyllning. Överfyllning av sprutbehållaren är en av de vanligaste skadesituationerna vid hantering av växtskyddsmedel. Speciellt stor risk uppstår om en fylld växtskyddsspruta skadas eller om den välter under transport. Det leder till att betydande mängder sprutvätska hamnar i miljön och därigenom i vattendragen.

Påfyllningen av sprutan borde ske på ett begränsat område, helst med betongunderlag som det är lätt att avlägsna stänken från. Om sådant utrymme inte finns tillgängligt minskar risken för miljöpåverkan avsevärt genom att fylla sprutan ute på åkern. Platsen där påfyllningen sker bör dock variera med jämna mellanrum. När man fyller och sköljer ur sprutan bör man hålla tillräckligt stort avstånd till brunnar, vattendrag, sjöar och hav. Fyll inte sprutan med vatten från naturliga vattenförekomster eller på stränder.

Som ett påfyllnings- och tvättområde för växtskyddssprutan kan man bygga en biobädd. Den samlar, lagrar och bryter ned det spillda växtskyddsmedlet. Biobäddar är ganska vanliga i bland annat Sverige och Danmark. Bädden består av olika absorptionsskikt av jord och halmflis där de nedbrytande mikroberna trivs. Nytt material bör läggas till biobädden då och då, och det är bra att förnya materialet helt vart 6–8 år.

Vid sprutningsarbetet är det viktigt att förhållandena är de rätta. På detta sätt minimeras risken för en oavsiktlig spridning av växtskyddsmedel i miljön, och uppnås det bästa bekämpningsresultatet. Sprutningen bör upphöra när man stannar upp eller under svängning. Om sprutan slås på först efter att man kommit i rörelse, uppstår inte stora ansamlingar av ämnet på

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

ett ställe. För att jämna ut mängderna av växtskyddsmedel på hela åkern, kan sköljvattnet spridas över området där besprutningen startade eftersom det brukar få en mindre dos sprutvätska. Vid besprutningsarbete bör man ta hänsyn till säkerhetsavstånden till brunnar, vattendrag, sjöar och hav.

Minska miljöbelastningen vid besprutning av växtskyddsmedel genom att:

- utföra arbetet endast vid vindstilla eller svag vind
- öka droppstorleken (men se till att storleken är ändamålsenlig)
- justera vinkeln för munstycket (0–45°)
- se till att munstycket är luftinjicerat
- sänka höjden på bommen
- sakta ner körhastigheten

Man ska alltid anpassa mängden växtskyddsmedel till förbrukningen så att det inte blir något kvar i sprutan. Har man trots allt kvar av blandningen efter besprutningen är det bäst att sprida ut den på åkern. Den överblivna blandningen ska dock alltid spädas ut innan spridningen. Det är förbjudet att skölja ut rester av växtskyddsmedel i det allmänna avloppsnätverket, i diken, i vattendrag, sjöar eller hav.

De ursköljda förpackningarna bör sorteras på ett säkert sätt i blandavfallet. Det är förbjudet att bränna eller gräva ned förpackningarna och kanistrarna. (12

Uppgift 8.3

Vilka växtskyddsproblem har du stött på de tre skiften du valt?

Hur kunde du minska skadorna som orsakas av dem med hjälp av förebyggande växtskyddsmetoder?

Fundera på frågorna utgående från varje skifte enskilt och skriv in ditt svar i lådan.

Kapitel 8 är skriven av:
Juuso Joona, Tyynelä gård
Sari Peltonen, ProAgria
Eliisa Malin och Eija Hagelberg, BSAG

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Kapitel 8 är faktagranskad av:
Specialforskare Tuomas Mattila, Finlands miljöcentral
Specialforskare Marja Jalli, Naturresusrinstitutet

Kapitel 8 är översatt av:

I. Minimering av jordbearbetningen: Cecilia Bruncrona

II. Växtskydd: Anne Nordling

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Kapitel 9 Fördjupa dig i de valfria ämnena

I det här kapitlet fördjupar vi oss i de valfria ämnena skogsjordbruk, produktionsvallar, grönsaks-, rotfrukts- och bärodling, regenerativ odling på torvjordar och ökning av den biologiska mångfalden. Välj minst två av avsnitten. Uppgifter som är gemensamma för alla finns i slutet av det sista avsnittet.

I. Skogsjordbruk

Skogsjordbruk är en odlingsteknik där man för in produktiva växter med vedstam, alltså träd eller buskar, i ett odlings- och betessystem. Den engelska termen är *agroforestry*. Träden ger ekologisk och ekonomisk nytta samtidigt som de förbättrar odlingssystemets resiliens (motståndskraft) och anpassning till klimatförändringen. Träd kan planteras på åkrar på många olika sätt. När planteringarna planeras är det viktigaste att ta hänsyn till gårdens och jordbrukarens behov. Att träd planteras på åkrar eller längs åkerkanter betyder inte att odlingsjorden tas ur matproduktion eller annan odling. Det är meningen att skogsjordbruket ska ge mernytta.

Att träd planteras på åkern är inte lika med beskogning.

Skogsjordbruk kan bedrivas på åkrar, i skog och i trädgårdar. Odling av svampar samt bär, örter och andra nyttoväxter i skog är ett inslag i skogsjordbruket. Också renskötsel samt att man låter husdjur gå på bete i skog eller på betesmarker där det finns träd, till exempel vårdbiotoper, räknas som skogsjordbruk. Skogsjordbruk är också fruktträdgårdar, bärodlingar, alléodlingar (det vill säga trädrader) och trädbevuxna skyddszoner intill sjöar och vattendrag. Permakulturgårdar som efterliknar naturens verksamhet samt skogsträdgårdar som anläggs på gårdsplaner och där det odlas ätbart räknas likaså in i begreppet skogsjordbruk.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Bild 1. Rader av träd och buskar på åkrar är en form av skogsjordbruk. Bild: Sanna Söderlund.

De många möjligheternas skogsjordbruk

Skogsjordbrukstermer på finska och svenska

Till den nytta som skogsjordbruk ger på åkrar hör vindskydd och erosionskontroll. Samtidigt som träden ger skydd åt odlingsväxterna och marken får nyttoinsekterna sin del av den nytta som växter med vedstam alstrar. De vedartade växternas rötter transporterar också kol djupare ner i marken, därför växer åkerns kolförråd. I Finland har det forskats ganska litet i skogsjordbruk men globalt har forskningen om nyttan som den ger, bland annat kolinlagring, undersökts i stor utsträckning. (Se till exempel 1,2,3,4

Nyttan av skogsjordbruk:

- både vinderosionen och vattenerosionen minskar på åkrar
- vattenkvaliteten i sjöar och vattendrag blir bättre därför att utlakningen av näringsämnen minskar; skogsjordbruket skuggar vattendragen
- utlakningen av näringsämnen hejdas och näringsämnena tas till vara i åkerekosystemet
- näringsämnenas kretslopp blir effektivare i trädens näromgivning
- mikroklimatet i trädens näromgivning förbättras; skydd, skugga

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

- insektspopulationerna blir större → antalet pollinerare ökar och nyttoinsekterna konkurrerar framgångsrikare med skadegörarna
- kol binds
- ekologiska korridorer för vilda djur uppkommer; åkerekosystemets biologiska mångfald gynnas
- produktionsdjurens välbefinnande blir större; betesförhållandena förbättras, fodret blir mångsidigare

Bild 2. Skogsjordbruk kan vara till många slag av nytta för både jordbrukarna och miljön. En form av nytta består i de produkter som fås tack vare skogsjordbruket. Med hjälp av vedartade växter kan man producera bland annat mat, läkemedel, energi och byggmaterial. Bild: Sanna Söderlund.

Produkter som skogsjordbruket ger:

1. Mat: frukter, bär, nötter, svampar, humle
2. Fibrer och örter: nässla, humle, ginseng, andra örter
3. Läkemedel: svampar som odlas i skog, örter och rötter som odlas för läkemedelsändamål

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

4. Bioenergi: pilarter som lämpar sig också för hobbyverksamhet och hantverk, hasselnöt (omtyckt i Sydeuropa), snabbväxande trädslag och trädslag som skjuter mycket skott, för användning som till exempel flis eller klabbar
5. Specialvirke: för industrin, byggare och hantverkare
6. Foder: för djur som går på bete
7. Produktifiering av trädbevuxna miljöer: turism, välbefinnande- och upplevelsetjänster, Greencare

Trädplantering på åker

Planteringen av träd på åker planeras utifrån terrängens form, den befintliga täckdikningen och de ekologiska och ekonomiska behoven. Terrängens form avgör hur trädraderna (alléerna) ska stakas ut om höjdskillnaderna är betydande. Mark som är i gott skick är viktig för att trädens tillväxt ska komma i gång. Därför är det väsentligt för rötterna att förtätningar i marken elimineras. Plantorna planteras på rätt djup och skyddas med nät eller något annat plantskydd. Dessutom täcks marken med till exempel lövträdsflis, plast eller något annat täckmaterial som hindrar växter från att växa inom en radie av ungefär 30 cm omkring trädstammen. Om täckmaterial inte används omkring plantorna behöver ogräset bekämpas upprepade gånger under de första åren, antingen mekaniskt eller kemiskt. Det är viktigt med markberedning eller andra åtgärder som avlägsnar riklig gräsväxtlighet, eftersom trädplantorna i början kan kvävas av andra växter.

Med hjälp av alléer kan man dirigera vattnet i åkerjorden. (5,6 Befintlig eller planerad täckdikning hindrar inte att träd planteras på åker, men trädslagen behöver väljas så att de inte växer in i dikessystemet. Bäst är det därför att gräva fram täckdikeskartorna redan i planeringsskedet.

Vid valet av trädslag ska det beaktas att om träden har djupa eller vattensökande rötter behövs ett ordentligt avstånd till täckdikessystemet, ända upp till 30 meter för de kraftigaste trädslagen. Vid all plantering av träd är det bra med tre meters avstånd till närmaste täckdike. Om ett sådant avstånd inte är möjligt gäller det att dra täckdiken under träden och använda operforerade rör.

När trädbestånd ska anläggas i närheten av diken skapar man skötselstråk med tanke på dikesrensning. I trädrader som löper över åkern kan man efter behov lämna luckor som är så breda att maskinerna ryms i dem, om körstråken kräver det. Då ska man beakta hur vindskyddseffekten förändras.

Läplanteringar, det vill säga vindskyddsplanteringar som består av träd, och trädjordbruk planeras utgående från den befintliga maskinkedjan. Först gäller det att bestämma de bestående körstråken och räkna ut multipler av de viktigaste odlingsmaskinernas arbetsbredd så att de passar in i helhetsbilden. I trädrader som sträcker sig extra långa sträckor tvärs över hela åkern är det på sin plats med luckor. Om åkern sluttar kan permanenta trädrader ange körstråken från år till år, även på ett positivt sätt.

Visste du?

Ekogårdar behöver se upp med det förökningsmaterial som de använder. Konventionellt producerade plantor får under inga omständigheter planteras i åker som det betalas ekostöd för.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Man måste höra sig för om undantagstillstånd, till och med när användning av konventionellt förökningsmaterial är tillåten. (7 Lägg märke till att listan gäller bara frön och vegetativt förökningsmaterial, med vilket menas ympkvistar och sticklingar. Om konventionellt producerade plantor används ska undantagstillstånd sökas och ändringsanmälan göras i god tid före planteringen. (8 Genom ändringsanmälan övergår skiftet till omläggningsskede 1.

Fruktträd kräver mer skötsel än träd som producerar gagnvirke. Beskärning, gödsling, bevattning, skadedjurs- och sjukdomsbekämpning samt bärgning av skörd är de viktigaste arbetena vid odling av fruktträd. När gagnvirke av god kvalitet produceras är plantskydd och ogräsbekämpning i plantstadiet samt stamkvistning i tillväxtstadiet de väsentligaste arbetsmomenten.

I och med klimatförändringen trivs redan ett glädjande urval av födoväxter i Finland. Till exempel klarar sig äpple, päron, körsbär, plommon, nötter, valnötter och många arter av bärbuskar bra. Med rätt sortval kan man anlägga fruktträdgårdar till och med i norra Finland. Exempelvis har ryska fruktträd som förädlats fram i Sibirien klarat sig så långt norrut som i Lappland.

Snabbväxande trädslag som bildar rikligt med stubb- eller rotskott, så som pilarter, asp och björk, kan man odla för att producera bioenergi. Av de sällsynta trädslagen är svart valnöt, ek, masurbjörk, al, alm, ask och lönn lovande, men mer försöksverksamhet och forskning behövs.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Bild 3. Enligt stödbestämmelserna är det tills vidare förbjudet att odla skogsträd på åker. I skog kan man odla bland annat olika rötsvampar, till exempel sprängticka som ses på bilden, samt nässlor, humle och ginseng. Bild: Sanna Söderlund.

Trädjordbruk är ett odlingssystem där skördeväxter odlas i breda korridorer mellan alléer. Träden kan vara till exempel fruktträd eller producera olika råvaror. Här kan du läsa mera om trädjordbruk i Storbritannien.

Bild 4. I trädjordbruket odlas skördeväxter i breda korridorer mellan rader av träd. Bild: projektet AgForward.

En form av skogsjordbruk består i att djur *går på bete* på betesmarker där det växer träd, till exempel i fruktträdgårdar, på vårdbiotoper och i ekonomiskogar. När betesgången genomförs på rätt sätt kan den vårda trädbevuxna miljöer, reglera skogens tillväxt och öka den biologiska mångfalden.

Träd som växer på betet ökar djurens välbefinnande på många sätt. De främjar klöv- och juverhälsan, breddar foderurvalet, jämnar ut lokala temperaturskillnader vid både köld och hetta samt minskar antalet parasiter. Dessutom kan djuren klia sig mot träden.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Bild 5. Manchurisk valnöt i förgrunden. Bild: Iiris Savela.

Som namnet säger ger en läplantering (även kallad vindskyddsplantering)en åkerslätt och skördeväxterna där skydd mot hård vind. Det möjliggör också att nyttoinsekter och pollinerare klarar sig, vilket ökar skördemängden.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Bild 6. Pil och klibbal i en läplantering på åker på Kilpiä gård. Bild: Sanna Söderlund.

Många gånger funderar jordbrukarna på om läplanteringar minskar skörden. Som helhet betraktat minskar skörden inte. Den grafiska framställningen här nedan visar att skördeväxtens tillväxt är svag i trädens omedelbara närhet men att skörderesponsen stiger med ökande avstånd. Störst är skörden i genomsnitt på ett avstånd som är 4–6 gånger läplanteringens höjd. Skörden är då betydligt större än utan träd, över 150 %. Läplanteringar är inte till någon nämnvärd fördel på den sida där vinden ligger på, men på läsidan är fördelen betydande.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Minskas skörden av läplanteringar?

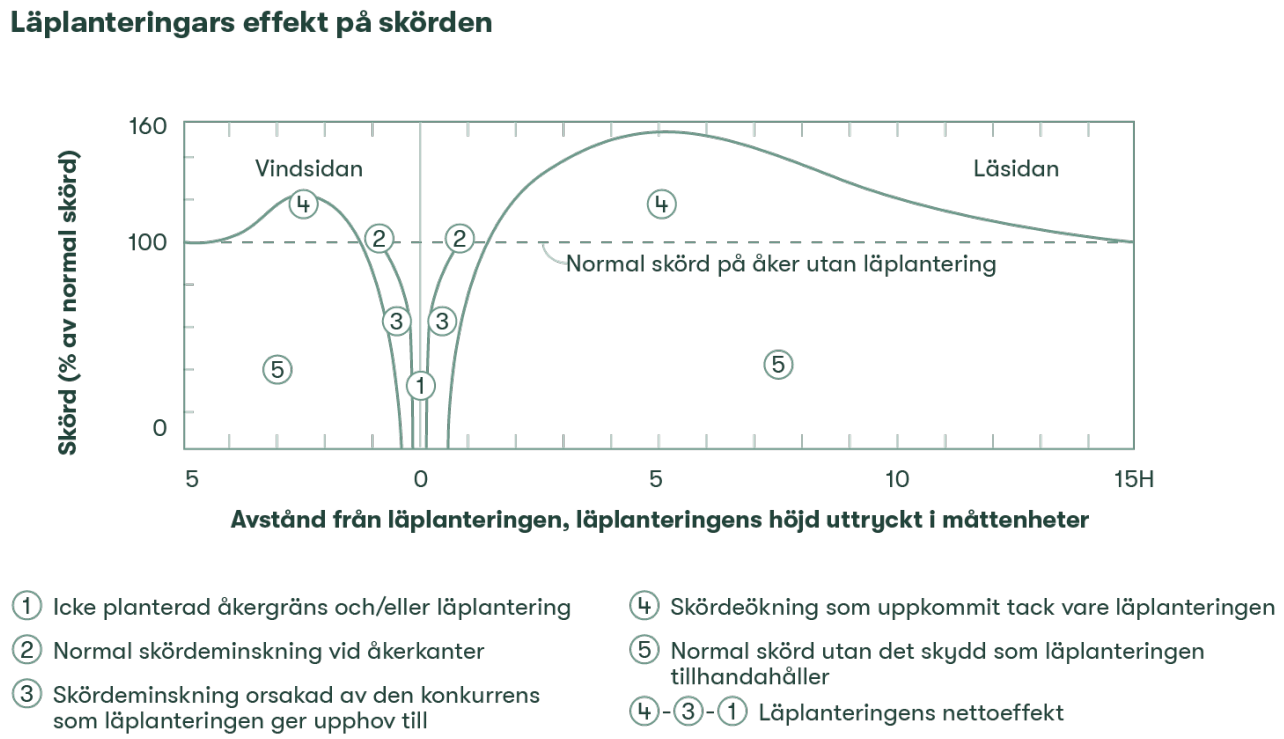


Bild 7. Bild enligt källa 9.

Läplanteringen placeras mot den dominerande vindriktningen. Om åkern är kraftigt sluttande planeras läplanteringen ändå så att den följer höjdkurvan. Det är bra att ha olika arter i läplanteringen, då främjas den biologiska mångfalden samtidigt som läplanteringen förblir tät.

En annan sak som ofta ger anledning till grubblerier är huruvida rötterna växer in i det skikt där skördeväxterna har sina rötter. När rätt metoder används går det inte så. Med hjälp av till exempel alvluckring intill träden dirigeras trädrötterna att söka sig till de djupare skikten i marken. Det här är till fördel för att kolet på så sätt transporteras djupare ner i marken och de djupare belägna vatten- och näringsreserverna utnyttjas. Till den största nyttan av trädjordbruk hör just att åkerarealen utnyttjas effektivare också på djupet och höjden. [10

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Trädrötterna och bearbetad jord

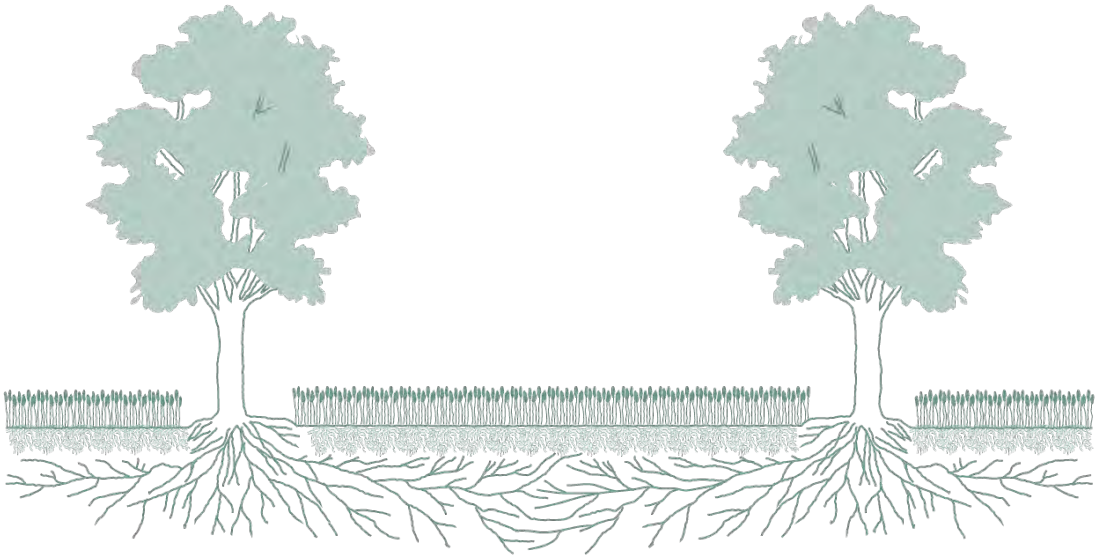


Bild 8. Trädrötterna växer inte in i det skikt där skördeväxterna har sina rötter utan dirigeras genom bearbetning att söka sig djupare ner. Bild enligt källa 11.

Ekonomi

Det är bra att planera skogsjordbrukssystemen så att de svarar på befintliga ekologiska och ekonomiska behov. Kostnaderna för träd som planteras på åker kan man tänka på som en investering, eftersom det ofta gäller att vänta i många år på nyttan av dem och produkterna som de ger. Återbetalningstiden för investeringar i att odla träd på åkrar är lång, men i de sydligare delarna av Europa lönar sig trädjordbruk också ekonomiskt, visar forskningen. De inkomster som skörden vid trädjordbruk ger överstiger gång på gång de inkomster som skulle ha fåtts utan trädodlingen. Kostnaderna består av såväl direkta utgifter som den tid som går till att planera, anlägga bestånd, skydda och sköta plantor samt slutligen bärga och marknadsföra skörden.

I ett SAFE 5-projekt på Europanivå undersöktes 42 olika kombinationer av träd och skörd samt deras markanvändningsförhållande. I det sämsta fallet var produktiviteten 1,0 (densamma som skördeavkastningen vid monokultur) och i det bästa fallet 1,4 (40 procent mer produktiv). Största delen av undersökningsresultaten placerade sig i intervallet 1,2–1,3, vilket betyder att skogsjordbrukssystemen var 20–30 procent mer produktiva än monokulturer. Land Equivalent Ratio (LER) är ett mått på hur stor skördeproduktionen är vid samodling av träd och en egentlig skördeväxt jämfört med monokulturer av samma arter där träden och skördeväxterna växer för sig.

Värdeträd, ätbar skörd och bioenergi breddar gårdens produkturval. Det är klokt att undersöka efterfrågan på marknaden innan man anlägger ett system. Systemet kan planeras också för att tillgodose ens egna behov, då uppkommer inte direkta inkomster men den ekonomiska effekten kommer till synes i att gårdens externa utgifter minskar.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Bild 9. Trädbevuxna skyddsremsor skyddar vattensamlingar och vattendrag mot utlakning av näringsämnen och förser de vattenlevande organismerna med gynnsamma livsmiljöer, men enligt nuvarande stödvillkor är de inte tillåtna. Bild: Sanna Söderlund.

Ur stödpolitisk synvinkel är trädjordbruk en komplicerad sak. I teorin får man på åker plantera sådana vedartade växter som ingår i Livsmedelsverkets lista (12 förutsatt att den planttäthet som anges i stödvillkoren uppnås. Kravet kan leda till ett mycket stort antal jordbruksskiften.

Tills vidare har det inte varit tillåtet att plantera skogsträd på åker, utom när plantskolor anläggs. Trädbevuxna skyddsremsor intill vattendrag har inte varit tillåtna enligt stödvillkoren. I nya CAP (2020) stöds en ökning av skogsjordbrukssystemen i syfte att förbättra ekosystemtjänsterna och jordbrukarnas försörjning, men medlemsstaternas inställning till skogsjordbruk har en stor inverkan på om en sådan verksamhetskultur införs i stödvillkoren. När den här texten skrivs är Finlands ståndpunkt ännu oklar. Om stödvillkoren inte tillåter att träd planteras på åker, men träden skulle vara nödvändiga till exempel med tanke på ekosystemtjänsterna, är det möjligt att koppla loss en viss areal från stödsystemet.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Exempel från ekogården Kilpiä

Ekogården Kilpiä ligger i Pusula i Lojo. Gården etablerade ett skogsjordbrukssystem år 2013, då en läplantering anlades och en äppelträdgård planterades. År 2019 planterades havtorn i blomsterkorridorer, och en äppelträdgård i en sluttning utvidgades med en päronträdgård.

Exempel: Havtorn

Bild 10. Havtorn på Kilpiä gårds åkrar. Bild: Iiris Savela.

Havtorn åtnjuter jordbruksstöd i enlighet med miljöstödsvillkoren. Den planttäthet som krävs är 800 plantor per hektar. (10 Längs jordbruksskiftenas kant anlade vi permanenta obearbetade remsor som följde höjdkurvorna, de ska hejda erosionen och näringsutlakningen samt skapa en mångsidig insektfauna. Skiftena är tre meter breda och deras sammanlagda längd är cirka 460 meter. År 2019 planterades 130 havtornsplantor med fyra meters mellanrum. Skiftenas areal är sammanlagt 0,14 hektar. Förutom havtorn växer där olika gräs- och baljväxter samt vallarter.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Exempel: Kostnader och nytta i samband med läplanteringar

Bild 11. Kragar för mätning av växthusgaser i läplanteringen. Bild: Iiris Mattila.

Tvärs över en åker anlade vi en läplantering med olika pilarter och klibbal. En tre meter bred remsa harvades med spadrullharv och formades med sladd till en bänk samt alvluckrades för att inga förtätningar skulle bli kvar i marken. Till sist täcktes den med bionedbrytbar plast för ogräsbekämpningens skull. Plasten vittrade sönder på två år.

Planteringen gjordes i linje med höjdkurvan så att vattnet inte ansamlas utan sprids till de torra områdena. Pilsticklingar planterades med 30 centimeters mellanrum (Koiramäen pajutalli, 0,3 € per styck) och alar med fem meters mellanrum (skogsvårdsföreningen, 0,5 € per styck). Planteringen tog två–tre dagar, och de första åren användes två timmar per år till att kvista alarna. En flerradig läplantering skulle vara till större nytta ekologiskt sett än en enda rad, men i experimentsyfte gjorde vi så här.

Plantorna skyddades inte, därför har alen skadats lite av rådjur och harar. Träden har i alla fall inte dött på grund av djuren. Somliga pilar har klarat sig bättre än andra. Extra kostnader blev det av att pilrötter trängde in i ett täckdike. På grund av det tog vi bort en del av läplanteringen. Där ska det planteras sibirisk ärtbuske och vinbär.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Tack vare träden har vindhastigheterna i sluttningen minskat betydligt. Vattenerosionen har stannat av och erosionsfårorna har försvunnit. I odlingssystemet ingår också växttäcke vintertid, det bidrar till effekten. Insekterna är många till antalet, och sällsynta humlor påträffas varje år.

Nyttiga länkar:

- EURAF – The European Agroforestry Federation – webbplats för det europeiska förbundet för skogsjordbruk
- AFINET – Agroforestry Innovation Networks – en innovationsgrupp för skogsjordbruk
- AGFORWARD – Agroforestry that will advance rural development – webbplatsen för ett projekt som drevs 2014–2017
- The Soil Association – Agroforestry – Webbinarier, videofilmer och annat material om skogsjordbruk
- Livsmedelsverket – Guider om miljöersättning och miljöavtal
- Kääpä Biotech – ett finländskt företag som tillverkar svampprodukter och upprätthåller ett nätverk för odling av sprängticka

II. Ökning av den biologiska mångfalden

Att öka den biologiska mångfalden i naturen ovan jord hör till principerna för regenerativt jordbruk. Detta är till direkt nytta för odlaren, eftersom en varierande livsmiljö fungerar som en buffert mot yttre hotfaktorer. Exempelvis kan olika växtsjukdomar och skadeinsekter bättre kontrolleras i en sådan jordbruksmiljö där det finns försvarsmekanismer mot deras utbredning. Men biologisk mångfald har också ett värde i sig. Inom många av jordbruksmiljöns artgrupper håller stammarna på att minska. Till exempel har bestånden av fåglar som häckar på öppen mark alltjämt minskat och av dagfjärilarna har de flesta arter minskat i antal (1,2. Odlaren kan hjälpa många artgrupper genom att vidta åtgärder till förmån för dem på sin egen gård.

Bild 1. Utan att störa den egentliga livsmedelsproduktionen kan jordbruksmiljön göras mångsidigare på många sätt. På den högra bilden har biologisk mångfald tagits med som en del av gårdens produktionsverksamhet. Ritningar: Tom Björklund.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Biologisk mångfald är inte lika inom alla jordbruksmiljöer. Floran och faunan och den biologiska mångfalden på stora öppna fält skiljer sig från den på små åkerlappar mitt inne i skogen. Exempelvis trivs rapphönan på stora öppna fält, men det lönar sig inte att söka efter den på små åkerskiften som gränsar till skog. Biologisk mångfald kan vårdas såväl på åkrar som utanför dem. En stor del av jordbruksmiljöns biologiska mångfald är belägen inom åkerns och skogens halvöppna kantzoner. Vårdbiotoper har den största artrikedomen av jordbruksmiljöerna (1.

Olika metoder för att öka den biologiska mångfalden

Den biologiska mångfalden kan inom jordbruket ökas genom olika metoder.

Den första metoden är att vidta åtgärder jämnt på hela gården. Med detta avses att de åtgärder som ökar den biologiska mångfalden inkluderas i odlingsåtgärderna och odlingsplanen. En mångsidig växtföljd, vallar och grönträdor ökar den biologiska mångfalden. Detsamma gör bland andra växttäcke vintertid, användning av fånggrödor och olika odlingstekniker såsom blandade grödor och bandsamodling. Inom valldominerade områden kan den biologiska mångfalden ökas bl.a. genom vallblandningar med flera arter, slåtter av skiften vid olika tidpunkter och ett välplanerat rotationsbete.

Den andra metoden är att odla de produktiva åkrarna så effektivt som möjligt och koncentrera åtgärderna för den biologiska mångfalden till något visst delområde av gården. Då kan en separat naturoas skapas på gården där den biologiska mångfalden får frodas. Till dylika mångfaldsoaser passar i synnerhet sådana områden, där odlingen är utmanande till exempel på grund av topografin. Inom dessa mångfaldsoaser kan många arter också ha nytta av varandra och genom växelverkan bidra till en ökning av den biologiska mångfalden.

Den tredje metoden är att koncentrera sig särskilt på områden utanför åkern och att där vidta rikligt med åtgärder. Att röja skogskanter, anlägga våtmarker, sköta åkerholmar och vårdbiotoper samt att hålla impediment öppna är exempel på detta.

Den fjärde metoden är att rikta andra miljövårdsåtgärder till rätta ställen och där lyfta fram den biologiska mångfalden. Till exempel är långvariga skyddszoner värdefulla områden för den biologiska mångfalden. På våtmarker som anläggs för vattenskyddet kan likaså den biologiska mångfalden effektiveras.

Dessa fyra metoder utesluter inte varandra. I vilket fall som helst lönar det sig att vidta åtgärder på hela gården, till och med då speciellt mycket åtgärder vidtas inom ett visst område.

Underhåll och iståndsättning av livsmiljöer som gynnar nyttoinsekter

Utöver pollinatörerna utgörs nyttoinsekter av bland annat rovinsekter, vars föda består av skadeinsekter som är till förfång för odlingen. Nyttoinsekterna begränsar skadeinsektstammarna på olika sätt. Till exempel lägger en del parasitsteklar sina ägg i skadeinsekterna och efter det gnager parasitstekellarverna på sitt offer inifrån. Vuxna parasitsteklar är pollinatörer, och därför lönar det sig att odla växter för pollinatörer under hela växtperioden för att säkerställa en nyttig larvstam.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Då nyttoinsekter skall stödjas bör hela deras årscykel beaktas. Då deras övervintringsmiljöer, näringsbehov och förökningsplatser är kända, är det lättare att börja göra hela gården insektvänlig. En mångsidig landskapsstruktur på åkerområdena garanterar övervintringsställen och näring för nyttoinsekter. Blommande åkrar, ängar och renar är det viktigaste sättet att hjälpa i synnerhet pollinatörer (3. Salix-arter är förutom livsviktig näring för vårens första pollinatörer, även övervintringsställen för många rovinsekter och -spindlar. Nektarväxter i fröblandningar för vallväxter och fånggrödor erbjuder föda för pollinatörer. Pollinatörer, särskilt humlor med lång tunga, använder baljväxter som föda (4.

Nyttoinsekter kan stödjas till exempel genom att

- erbjuda skyddsplatser och övervintringshåligheter för dem
- lämna obearbetade områden till och med över hela åkern (skalbaggsåsar, permanenta blomsterremsor eller alléer)
- alltid sträva efter att någon växt blommar, till exempel tidigt på våren är Salix en viktig födokälla för pollinatörer
- lämna ett täcke av förna på marken
- använda fånggrödor.

Bild 2. Solexponerade miljöer kan påträffas på södersluttande renar, slänter, berg och torrängar i synnerhet på grova jordarter. Dylika soliga torra miljöer är livsmiljöer för ett flertal insekter och kärlväxter. Deras antal minskar. Att bevara solexponerade miljöer är inte arbetskrävande, eftersom det ofta är fråga om ett område med liten areal. Lämpliga sätt att bevara dem är att hålla dem öppna, att förhindra igenväxning och att frilägga mineraljorden. (5 Bild: Eija Hagelberg.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Skydd och mat åt fåglar

Bild 3. Den extremt utrotningshotade ortolansparven är den art som har uppvisat den kraftigaste tillbakagången i Finland under de senaste decennierna. Den trivs i halvöppna åkerholmar på öppna fält. Forskningsuppgifter tyder på att de mest betydande orsakerna till tillbakagången hittas i artens häckningsmiljöer. Bild: Tuomas Seimola.

En mångsidig jordbruksmiljö fungerar som livsmiljö för ett stort antal fågelarter. Olika arter har olika krav i förhållande till sin livsmiljö och förekomsten av dem inom jordbruksområden varierar också enligt deras årscykel. En del av fåglarna är stannfåglar som stannar på samma platser året runt, andra kommer för att föröka sig under sommaren och en del gör en avstickare i jordbruksmiljöer endast under sina flyttstråk. En del av arterna trivs i halvöppna miljöer, en del på beten, en del i mosaikartade jordbrukslandskap och så vidare. En del av fåglarna använder växter som föda, en del är helt och håller insektätare, en del använder olika föda i ungstadiet och som vuxna.

Med vissa åtgärder kan de flesta fåglarna i en jordbruksmiljö hjälpas: En så mångsidig användning av åkermarken som möjligt, bevarande av trädor och renar, betesgång, växttäcke vintertid och vattenelement såsom våtmarker garanterar ett mångsidigt fågelbestånd. Rådgivare kan hjälpa med planeringen. Såsom för nyttoinsekter är det viktigt att fundera på fåglarnas olika behov vid olika årstider.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Åtgärder för att öka den biologiska mångfalden i en jordbruksmiljö

Anläggning och skötsel av ersättande livsmiljöer

Om gården inte har halvöppna skogskanter, holmar på åkrarna eller renar mellan åkrarna eller längs vattendrag, kan odlaren anlägga så kallade ersättande livsmiljöer, vilka ökar den biologiska mångfalden på gården. Lämpliga platser för dessa är exempelvis vägrenar, kraftlinjer, gårdsplaner och trädgårdar. På dessa ställen kan mångsidiga livsmiljöer uppstå som en följd av mänsklig aktivitet. Lämpliga åtgärder är bland annat sådd av inhemska ängsväxtblandningar, röjning av igenvuxna landskap, slåtter och betesgång. För skötsel av livsmiljöer för speciella arter kan experthjälp anlitas. Det finns inga klara tumregler, utan skötselåtgärderna skräddarsys för det objekt och de arter som särskilt skall hjälpas.

Ersättande livsmiljöer kan också bestå av naturvårdsåkrar och åkrar som såtts in med ängs- och viltväxter. Dessa sätt behövs i synnerhet om ett öppet dike rörläggs eller åkerskiften slås ihop. Med varje förlorad ren försvinner även biologisk mångfald. Genom att anlägga ersättande livsmiljöer kan minskningen av biologisk mångfald som beror på täckdikning av åkrar och andra rörläggningar kompenseras.

Våtmarker och naturenlig grundtorrläggning

Våtmarker anläggs för vattenskyddets, den biologiska mångfaldens, landskapsvårdens och viltvårdens skull. Vattenskydds- och viltvåtmarker har även en mera omfattande positiv effekt på arterna i en jordbruksmiljö (6. Våtmarker erbjuder skydds-, mat- och förökningsplatser för många arter. Även tvåstegsdiken som anläggs i samband med iståndsättning av utfallsdiken och andra åtgärder vid naturenlig grundtorrläggning erbjuder livsmiljöer för många arter. Alla våtmarkselement i en jordbruksmiljö har en positiv betydelse för fåglar och vilt samt för många våtmarksväxter och -djur, vilka har lidit av den omfattade torrläggningen av våtmarker till odlingsmark (1.

Betesgång

Betesgång ökar redan i sig den biologiska mångfalden i en jordbruksmiljö. Dynghögar lockar till sig insekter och växtligheten blir mångsidigare i och med hållbar betespraxis. Om gården inte har egna betesdjur, kan ett samarbete med en kreatursgård eller ett hästtall öppna möjligheter för att få i gång betesgång på den egna gården. Det lönar sig att planera betet så att växtlighetens återhämtningsfaser mellan avbetningsfaserna blir så långa som möjligt (7. På det här viset hålls betesområdet mångsidigt och det finns växtlighet i olika ålder att välja mellan för betesdjuren samt även för bl.a. pollinatörer och fåglar.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Bild 4. Betande boskap skapar biologisk mångfald i en jordbruksmiljö och håller landskapen öppna. Även stengärdsgårdarna i bakgrunden är ur mångfaldens synvinkel värda att bevara. Bild: Eija Hagelberg.

Breda åker- väg- och dikesrenar

Åkerrenar mellan åkerskiften samt mellan åkrar och vattendrag är inte lika artrika som exempelvis vägrenar. Detta torde bero på de åtgärder som vidtas på åkrarna (bland annat gödsling och användning av syntetiska växtskyddsmedel). Att bredda renarna kan förbättra deras biologiska mångfald, vilket även åkerbruket kan dra nytta av i och med livsmiljöer för pollinerande insekter och bättre biologisk bekämpning (4.

Fågelåkrar

Stora gås- och tranflockar upplevs mera som förtret än glädje i synnerhet då fåglarna hittar vägen till broddåkern eller vallen och förstör växtligheten. Fridlysta fåglar åtnjuter lagens skydd och hållbara lösningar till den skadegörelse som de orsakar eftersträvas. Tranor föredrar vidsträckta, upp till 15 hektar stora öppna fält. För gässen räcker det med lite mindre rastplatser, cirka 7–10 hektar stora åkerskiften. (8

Genom att koncentrera fågelåkrar till rastplatser och till de värst utsatta skadeområdena kan skador minskas även på andra håll. Som åtgärd på fågelåkrar har i Finland använts kombinationer av vallar samt korn- och havrebestånd. För att fågelåkrar skall locka till sig gäss och tranor, borde de hellre vara glesbevuxna än täta. För tranor och gäss anläggs skilda bestånd i enlighet med deras föda. Enligt sakkunniga kan även fånggrödor insådda i skyddssäd passa på fågelåkrar.

Tran- och gåsåkrar berör inte alla jordbrukare, men där som dessa fåglar påträffas under flyttningstiden, är ärendet av desto större betydelse. Det vore nödvändigt att hitta lämpliga långvariga rastplatser för fåglarna, så att de lämnade andra åkrar i fred. Utfodring på dessa åkrar gör dem bara mera lockande (8.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Naturvårdsåkrar och trädor

Grönträdor och långvariga naturvårdsvallar är ur fåglarnas synvinkel en värdefull del av jordbruksmiljön. De är ett bättre alternativ för fröätande fåglar än till exempel klöver-timotej-blandningar. Ändå kan mängden insektföda i det senare nämnda vara större än på grönträdor. För många av fåglarna i en jordbruksmiljö borde långvariga trädor inte skötas, utan för fåglarna är det till fördel om där växer grupper av buskar och mindre buskage (9.

På naturvårdsåkrar som har hållits utanför odling på samma plats i minst 10 år har en tämligen mångsidig flora och fauna vanligen redan bildats (1. Långvariga trädor och naturvårdsåkrar är betydelsefulla för ängsfjärilar (10.

Med avseende på den biologiska mångfalden erhålls det bästa slutresultatet då det på samma område finns åkrar insådda under olika år med olika typer av vall- och ängsblandningar samt trädor (11.

Mångfaldsremsor

Mångfaldsremsor kan ingå i odlingsarealen. De är en nyttig åtgärd även för produktionen: det lönar sig att styra trafiken på åkrarna till dem, varvid den egentliga produktionsarealen inte kommer åt att packas av för många körningar med tung utrustning.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Bild 5. Mångsidiga blomsterblandningar erbjuder föda för jordbruksmiljöns arter och ögonfröjd för odlaren. På bilden en mångfaldsremsa mellan ett fårbete och en havreåker. Bild: Mikko Alhainen.

Mångfaldsremsor kan anläggas på åkerkanten antingen genom att där så blom- eller viltfröblandningar eller genom att lämna odlingsgrödan otröskad. Blomsterremsor är en populär åtgärd som används i stor skala i många länder i Europa. I Finland är de ännu inte särskilt populära. Effektiviteten av dem som diversitetsbefrämjare av såväl pollinatörer som många ryggradslösa rovdjur finns det rikligt med vetenskapliga belägg för (1.

I synnerhet på en solexponerad, dåligt avkastande åkerkant som gränsar till en skogskant lönar det sig att så en ängsväxtblandning, som är till betydligt större nytta för den biologiska mångfalden än vad en dålig skörd är för odlaren. Viltvårdsmässiga åtgärder drar även andra arter än viltet nytta av och därför lönar det sig att vidta dem på hela gården. Under hösten och vintern erbjuder otröskade kanter föda och skydd i synnerhet för fåglar och däggdjur.

Bild 6. Blomsterremsor kan också omfatta en så kallad skalbaggsås. I Finland har hittills få skalbaggsåsar anlagts, men på andra håll i Europa finns det mera av dem. En skalbaggsås är till nytta för många artgrupper allt från rapphöns till pollinatörer. Den kan anläggas som en remsa antingen genom att så en ängsblandning på en jämn åker eller genom att i samband med plöjningen skapa en högre vall. Bild: Eija Hagelberg.

Mångfaldsåkrar

Mångfaldsåkrar som har anlagts genom sådd är nyttiga för många olika arter i jordbruksmiljön. Beroende på vilken fröblandning som väljs kan olika artgrupper stödjas. Exempelvis är solrosor i viltblandningar nektarväxter som pollinatörer favoriserar på sensommaren. Utöver viltet drar många fåglar nytta av viltåkrar. Ett av de bästa sätten att öka den biologiska mångfalden i en jordbruksmiljö är fleråriga naturvårdsvallar (1.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Det lönar sig att offra en stund på att planera var mångfaldsåkrar ska placeras. Nyttan av dem för jordbruksmiljöns arter är annorlunda i mitten av stora öppna fält än på avlägsna små åkerskiften. I synnerhet på stora öppna fält skapar de värdefull biologisk mångfald.

Skötsel av vårdbiotoper

Vårdbiotoper är den mest värdefulla livsmiljötypen i en jordbruksmiljö. Deras naturvärden bibehålls endast genom aktiv skötsel, med vilket avses i första hand betesgång, slåtter och röjning. I Finland finns det i dagens läge cirka 30 000 hektar skötta vårdbiotoper, men lämpliga områden för skötsel återstår ännu. (12 För att ordna skötseln kan det vara nödvändigt att samarbeta med boskapsuppfödare, grannar, markägare och entreprenörer inom landskapsvård.

Skötsel av kantzoner och holmar

Kantzoner mellan åker och skog lönar det sig att hålla halvöppna, eftersom många av jordbruksmiljöns och skogens arter trivs i dem. Kantzoner kan skötas genom slåtter och röjning. Skötsel av naturligt mångsidiga kantzoner lönar sig, men dessutom kan kanter huggas upp till halvöppna även i likåldrig skog. Med tiden diversifieras även de. (13

Skötsel av skyddszoner

Skyddszonernas primära funktion är att hindra fasta partiklar och näringsämnen från att urlakas från åkrar till vattendrag, sjöar och hav. Långvariga skyddszoner har konstaterats öka den biologiska mångfalden. För mångfalden är speciellt sydsluttningar de bästa platserna för skyddszoner. En så sen tidpunkt för slåttern som möjligt och betesgång är för den biologiska mångfalden de bästa skötselmetoderna för skyddszoner.

Bekämpning av invasiva främmande arter

Invasiva främmande arter tar livsrum från naturliga arter och rubbar balansen i ett ekosystem. Dylika arter är bl.a. blomsterlupin, jättebalsamin, jätteloka och spansk skogssnigel.

För att bekämpa invasiva främmande arter har det stiftats en lag om hantering av risker orsakade av främmande arter. (14 Invasiva främmande arter kan också hota odlingsområden och även därför lönar det sig att göra sig av med dem omedelbart efter att de har observerats.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Bild 7. Den invasiva främmande arten jättebalsamin sprider aggressivt ut sig bl.a. längs med älvar och tar upp växtyta av ursprungliga växtarter. Det är bäst att förstöra den genom att rycka upp eller skära av den. Uppryckta växter bör sättas i sopsäckar och inte komposteras. Bild: Eija Hagelberg.

Obrukade områden ytterom åker vilka skall hållas öppna

Där det bara är möjligt lönar det sig att i en jordbruksmiljö hålla obrukade områden ytterom åkrar öppna. De är en betydande stöttepelare för den biologiska mångfalden i ett odlingslandskap. Slåtter och skörd förbättrar förutsättningarna för lågvuxna arters trivsel och underlättar bekämpningen av ogräs, såsom åkertistel (15, 4.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Bild 8. Även områden som inte sköts lönar det sig att bevara i odlingslandskapet för mångfaldens skull. Slåtter vid behov håller dem öppna. Bild: Eija Hagelberg.

III. Produktionsvallar

Vallodling

Ledtanken bakom all vallodling borde vara odlingens syfte, dvs. vad man tänker använda växtligheten till. Fodervallarnas syfte är att utfodra djur. Det innebär att valet av växter eller den blandning av växter som odlas ska planeras utgående från de behov som fodrets användare, dvs. husdjuren har. Valet av växter eller blandningen av växter präglas därtill av åkermarkernas kvalitet och odlingszonen som åkrarna befinner sig i.

Användningen av en blandning vallväxter i stället för en enda vallväxt kan vara till fördel för både odling och utfodring. Inom foderproduktion är det mera riskfyllt att satsa på en växt då förhållandena är extrema, men det finns utmaningar också då man använder sig av flera växtarter. Blandningen kan påverka till exempel valet av skördetidpunkt, beroende på vilken växtart som är dominerande på olika skiften då skörden ska bärgas.

Skörden från mångsidiga, blandade vallbestånd är större än från rena bestånd som består av en växtart. Dessutom är den blandade grödans skörd större än skörden från den växtart som har den största skörden i blandningen. Detta beror i huvudsak på att olika växter har olika ekologiska nischer. Inom intensiv vallodling har dock funktionella grupper, så som kvävefixerare och

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

gräsväxter, en större betydelse än antalet arter. På det sättet utnyttjas markens resurser bättre. Dessutom finns det positiva effekter mellan arterna, varvid de kan sporra varandra till bättre tillväxt. (1

Bild 1. Många arter i vallen ger många fördelar. Bild: Sanna Söderlund.

Då man planerar en vallfröblandning ska växtrytmen hos de arter som ingår passa ihop med varandra för att det inte ska bli alltför svårt att fastställa skördetidpunkten. Dessutom ska man beakta att djuren kan välja växter enligt egna preferenser på beten, vilken kan leda till att betesvallarna blir ojämna. Genom ett bra val av växtarter säkrar man en god foderskörd vid varje skördetillfälle. Dessutom möjliggör en bra blandning goda fodervärden i fodret, vilket innebär kostnadsinbesparingar då utfodringen inte behöver kompletteras i lika hög grad.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Gräsväxternas egenskaper

	Timotej	Ängssvingel	Rörsvingel	Engelskt rajgräs	Hundäxing	Rajsvingel	Foderlosta
Växtens egenskaper	Grunt rotsystem, utmärkt skörd vid 1a skörd, populäraste vallgräset	Genomsnittligt rotsystem, god återväxt	Djupt och kraftigt rotsystem, snabb återväxt, luckrar jorden, snabb växtrytm, lämpar sig bäst för vallar som slås 3 gånger	Grunt rotsystem, god återväxt, snabb växtrytm, lämpar sig bäst för vallar som slås 3 gånger	Djupt rotsystem, snabbare växtrytm än andra gräsväxter, snabb återväxt, lämpar sig bäst för vallar som slås 3 gånger	God återväxt	Djupt rotsystem, etablerar sig långsamt, stort frö, snabb växtrytm, lämpar sig bäst för vallar som slås 3 gånger, mångsidig artgrupp
Utfodrings-egenskaper	Smakligaste gräsväxten, bra smältbarhet	God smältbarhet hos återväxten	Smakligheten lider då beståndet blir äldre, rekommenderas inte för beten	God smältbarhet, hög sockerhalt	Smältbarheten minskar snabbt, lämpar sig också för beten	Smältbarheten minskar, relativt dålig smaklighet	Smältbarheten försämras då gräset blir gammalt
Övrigt	God vinterhärdighet	God vinterhärdighet	Tål torka, bildar tuvor vid högre ålder	Sämre vinterhärdighet	Tål torka, kraftig tuvbildning	Sämre vinterhärdighet	Tål torka

Tabell 1. Gräsväxternas egenskaper

Vallbaljväxternas egenskaper

	Rödklöver	Alsikeklöver	Vitklöver	Blålusern	Gullusern
Växtens egenskaper	Djup pålrot, starkt och frodigt bestånd, odlingssäker, tål torka, osäker övervintring på organogena jordarter	Pålrot, trivs på flera växtplatser, också vid lägre pH, grunt rotsystem	Sprider sig med revor, grunt rotsystem	Djupt rotsystem, pålrot, bearbetar jorden, god återväxt, tål torka	Djupt rotsystem, pålrot, mera långlivad och tål surhet bättre än blålusern, klarar sig på krävande växtplatser
Utfodrings-egenskaper	Bra proteinkälla, rekommenderas inte på beten	Rekommenderas inte för hästar, lämpar sig för övriga beten	Bästa klövern för beten, mycket hög proteinhalt,	Bra proteinkälla, smaklig	Bra proteinkälla, smaklig
Övrigt	Lämpas sig väl i blandningar med gräs	Torrare än rödklöver	Låg halt av växtestrogen 2 typer: ensilage- och betestyp	Kräver värme, tål inte surhet, dräneringen ska vara i skick	Tål avbetning, kräver värme, dräneringen ska vara i skick, utmanande tillgång på utsäde

Tabell 2. Vallbaljväxternas egenskaper

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Exempel på vallväxtblandningar:

Utsädesblandningar

Basgräsblandning för ensilagevallar

Timotej	70%
Ängssvingel	25%
Rörsvingel	5%

Sorterna väljs så de lämpar sig för 2 eller 3 skördar

Mångsidig ensilagevallblandning av vallgräs

Timotej	50%
Ängssvingel	20%
Rörsvingel	10%
Engelskt rajgräs	15%
Ängsgröe	5%

Vallfröblandning av många arter

Timotej	30%
Ängssvingel	10%
Rörsvingel	10%
Engelskt rajgräs	12%
Ängsgröe	5%
Gullusern	25%
Alsikeklöver	5%
Vitklöver	3%

Klövervallblandning för ensilagevallar

Timotej	60%
Ängssvingel	20%
Rödklöver	10%
Alsikeklöver	7%
Vitklöver	3%

Sorterna väljs så de lämpar sig för 2 eller 3 skördar

Betesblandning för nötkreatur

Timotej	45%
Ängssvingel	20%
Engelskt rajgräs	20%
Ängsgröe	10%
Vitklöver	5%

Bild 2. Exempel på olika utsädesblandningar.

Det finns färdiga blandningar att köpa eller så gör man blandningar själv. Man kan också skapa en mångsidig blandning genom att blanda olika färdiga blandningar med varandra. Ju längre norrut man kommer, desto mera måste man beakta vinterhärdigheten hos de olika växtarterna. I allra nordligaste Finland är timotej, ängssvingel och rödklöver trygga val. [2

Arter och sorter väljs enligt användningsändamål, vanligtvis så att de lämpar sig antingen för bete eller för två-tre skördar.

"Vi har i alla tider haft väldigt mångsidiga vallblandningar. Vi sår en och samma blandning överallt, men olika växter trivs på lite olika platser. Baljväxterna är foder- och blålucern och röd- och vitklöver och ibland också lite blodklöver och alsikeklöver. Av gräsväxterna är det timotej, ängsgröe, rörsvingel och hundäxing och sådana här. Av rödklöverfröna har det varit flera olika arter. Det har kunnat vara 10–12 olika arter totalt i blandningarna. På det viset säkerställer vi att det är växttäcke överallt."

- Jordbrukare Mathias Weckström, Pargas gård, Raseborg

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Vallarnas kolbindning

De vallar som odlas i Finland är i huvudsak fleråriga. Fleråriga vallars rotsystem kan ge upphov till ett betydande tillflöde av kol på mineraljordar. Europeiska vetenskapsakademin har bedömt att vallodlingen är en viktig metod för kolbindning, eftersom fleråriga vallar har konstaterats upprätthålla markens kollager bättre än ettåriga. [3,4,5]

Vallodlingens kolbindning grundar sig till stora delar på att vallen är flerårig. Det innebär att rotsystemen är mera långlivade och nedbryts långsammare. Då man odlar fleråriga vallar bearbetar man inte heller marken lika ofta jämfört med om man har korta vallväxtföljder. Då man odlar vallar i syfte att binda kol är det särskilt viktigt at fästa uppmärksamhet vid vilka växter det ingår i vallen.

Växter med djupgående rötter binder mycket kol. Med tanke på kolbindningen är det också viktigt att vallväxtblandningarna innehåller vallbaljväxter utöver gräsväxter.

Den odlade växten måste vara odlingssäker. Nyttan blir större, då man väljer växter med stort och djupgående rotsystem bland de odlingssäkra växterna. I finländska förhållanden innebär det införande av rörsvingel av nordlig typ och rödklöver och i vissa fall även lusern i blandningarna. Det är osäkert hur bra mera speciella växtarter klarar sig i blandningarna och det finns inte heller vetenskapliga bevis på förbättrad kolbindning i nordliga förhållanden. Forskning i saken pågår som bäst. [6,7]

Vallskördarna avtar då vallarna blir äldre. Skördeminskningen beror på övervintringsskador, ogräs, förbrukning av näringsreserverna i bearbetningsskiktet samt på växtsjukdomar som drabbar rotsystem och bladverk. Av denna anledning förnyas vallarna i Finland med 3–5 års intervaller. [2]

Plöjning frigör kol som är bundet till markens rotsystem genom att försnabba mikrobernas verksamhet. För närvarande pågår en undersökning för att reda ut hur ofta en vall borde förnyas, för att hitta en balans mellan livskraftig skördeproduktion och kolbindning. Assimilationen upphör då vallen avslutas och därmed upphör kolbindningen i biomassa. Detta innebär att ekosystemet blir en kolkälla. Det forskas också ännu i plöjningens betydelse för kolbalansen i vallodling i nordligt klimat. [8,9]

Slåtterhöjd och kolbindning

Se video på slåtter av vall till två olika slåtterhöjder på Qvidja gård sommaren 2020 (01:05).

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Åkerns kolbalans kan mätas kontinuerligt

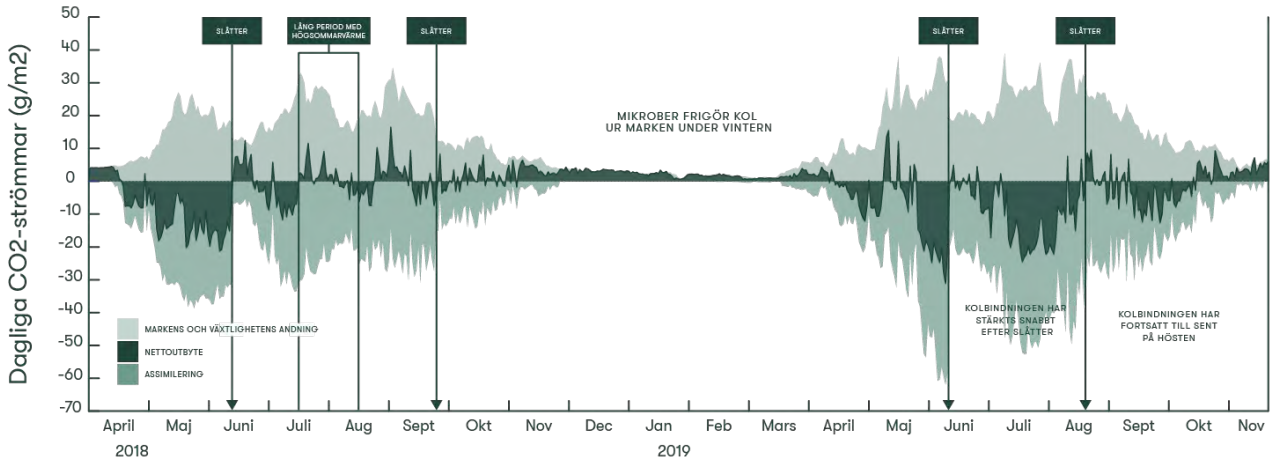


Bild 3. Koldioxidströmmar på ett vallskifte på Qvidja. Under sommaren 2018 (kurvan till vänster) var åkern en kolkälla under en lång tid efter den första slåttern, varvid nettoutbytet var positivt, dvs. kol strömmade från marken till atmosfären. Slåttern utfördes till låg slåtterhöjd på 6 cm. Till höger ser man hur vallen återhämtade sig snabbt efter slåtter 2019. Då var slåtterhöjden 15 cm. Det är en betydande skillnad i assimilationen efter slåttern mellan dessa år, vilket syns bäst av det mörkgröna området. Bild: Laura Heimsch, Meteorologiska institutet.

Forskningen har påvisat att slåtterhöjden påverkar rötternas mängd genast efter slåttern. Den högre slåtterhöjdens fördelaktighet för ökande av kollagret grundar sig på assimilationen som fortsätter oavbrutet efter slåttern och på en större inlagring av kol som den högre vallgrödan kan åstadkomma.

Läs mera om den forskning som utförs på Qvidja gårds åkrar i Carbon Actions blogg: Det handlar inte om vad, utan hur – Slåtterhöjd.

Odling av torvmarker är problematiskt ur kolbindningssynpunkt. Torvmarkerna frigör kol från marken till luften då de brukas. Även om vallarna binder kol, ser det i ljuset av dagens forskning ut som så, att torvåkrar frigör mera kol än den växande vallen kan binda. Vid odling av torvmarker är det dock skäl att notera, att man med hjälp av vallar kan minimera torvåkrarnas kolutsläpp. (10

Anläggning av vall med flera växtarter

Man får goda vallskördar från åkrar vars bördighet, näringstillstånd, pH och vattenhushållning är i skick. En föråldrad uppfattning om att vallar är anspråkslösa grödor lever fortfarande kvar. Visst kan man odla vallar på dåliga åkrar också, men för att nå toppskördar kräver vallarna lika bra jordhälsa som mera krävande växter.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

En beskrivning av de allmännaste gräs- och baljvallväxterna jämte illustrationer och beskrivning för identifikation finns i ProAgria Västra Finlands guide Växter för vallen.

När vallen anläggs, skapar man grunden för kommande skördeår och därför lönar det sig att satsa på anläggningen. Målsättningen ska vara en jämn växtlighet och därmed en god grund för bärgande av skörd under kommande år. Fel som görs vid anläggningen kan sällan eller aldrig repareras utan att förnya vallen.

Det år vallen anläggs ska målet vara ställt vid ett tätt, livskraftigt, rent och härdat vallbestånd som är färdigt att ta emot vintern.

Under den första vintern kan vallbeståndet hotas av vinterväxtsjukdomar, uppfrysning, isbränna och stående vatten. Vid etablering av ett vallbestånd är det inte enbart fråga om att sprida frön på åkern på ett lyckat sätt, utan det är fråga om en serie åtgärder, vilka skapar så goda och gynnsamma förhållanden som möjligt för de sådda växterna och så ogynnsamma förhållanden som möjligt för de faktorer som förstör dem.

Under perioden mellan avslutande av den tidigare vallväxtligheten och etableringen av en ny, kan man utföra grundförbättringsåtgärder på åkern. Under mellantiden utförs kalkspridning, iståndsättning av diken och eventuellt formande av ytan. I samband med etablering av ny vall lönar det sig att utföra en markkartering för att dimensionera kalkning och gödsling rätt under kommande år. I samband med eventuella mellanår och etablering av vallväxtligheten lönar det sig också att fästa uppmärksamhet vid bekämpningen av ogräs, oberoende av om det är fråga om ekologisk eller konventionell odling. Siktet bör i båda fallen vara inställt på att åstadkomma ett vallbestånd som är rent och fritt från ogräs.

Etablering av vall under skyddsväxt

Vallarna etableras fortfarande oftast under en skyddande växt. I regel används spannmål som skyddsväxt, men även ärt eller vicker och blandningar av dessa används. Vid användning av skyddsväxt ska man försäkra sig om att den inte skuggar vallgrödan allt för mycket. Det kan vara utmanande att hitta rätt täthet. I värsta fall kan en alltför tät växtlighet helt eller delvis förhindra vallens etablering. En alltför tät skyddsväxt skuggar vallen och lägger sig lätt, varvid skörden fördröjs. (2

Skyddsväxten bärgas allt oftare som helsädesensilage på grund av att fullfoderutfodringen har blivit allt vanligare. I södra Finland kan man bärga en skörd helsädesensilage och en vallskörd från skiften med skyddssäd som har såtts tidigt. I sådana fall kan man vid behov komplettera vallgrödan efter att helsäden är bärgad för att uppnå en vallgröda av full täthet inför den kommande vintern.

Då man använder sig av skyddssäd borde utsädestätheten för skyddssäden minskas 25–30 procent jämfört med ett normalt spannmålsbestånd, eftersom en större minskning kan leda till ett större ogrästryck. En lämplig såtäthet för havre och korn är 350–375 groende frön/m2 och för vete 490–520 groende frön/m2. Om spannmålen bärgas som helsäd kan man tillämpa 90 procent av full såtäthet.

Det är svårare att fastställa riktvärden för utsädesmängden då man använder sig av blandade grödor. Om det är fråga om en blandning av olika spannmål kan ovan nämnda såtätheter

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

användas som riktlinjer, men det är svårare att fastställa en exakt såtäthet då man lägger till ärt eller vicker eller bägge i blandningarna.

Baljväxter kan lägga sig och det här, samt deras återväxtförmåga, måste man beakta då man använder dem som skyddsväxter. Ärt och vicker stöder sig på spannmål i blandningen, medan bondbönan själv är en stödväxt. Ärt och bondböna har ingen nämnvärd återväxtförmåga, medan vickerarternas återväxt är god om de bärgas tidigt, senast i början av blomningen. Detta kan leda till kraftig skuggning av de fleråriga vallväxterna. Senare, då vickern är i full blom, är återväxten svag och vallväxterna får mera utrymme att förbereda sig för vintern.

Korn är på grund av sin tidighet en bra växt då man använder sig av spannmål som kan tröskas. Då man använder sig av lågväxta kornsorter kan klöverarternas kraftiga tillväxt utgöra ett problem. I värsta fall kan detta leda till att kornbeståndet blir under vallgrödan. I sådana fall är det mycket besvärligt att tröska kornet och i många fall lönar det sig att bärga hela skörden som ensilage. Man kan också så in vallutsädet då skyddssäden redan har nått bråddstadiet och då kombinera med ogräsharvning eller vältning. Risken för genomväxt blir mindre, men under torra somrar kan groningen förskjutas till en alltför sen tidpunkt.

Havre och **vete** har en senare skördetidpunkt, vilket kan ses som en svaghet, då tiden för vallbeståndet att växa till sig inför vintern blir kortare. Havren kan dessutom skugga vallen kraftigt då man använder sig av stora utsädesmängder, vilket leder till glesa vallbestånd.

Etablering av vall utan skyddsväxt

Vallbestånd kan etableras också utan skyddsväxt. Sådden kan utföras vid många tidpunkter under växtperioden. Allmänt taget borde vallen sås före utgången av augusti i södra Finland och senast i början av augusti längre norrut för att vallen ska ha tid att förbereda sig för vintern. Sådd av klöver och lusern rekommenderas inte under sensommaren på grund av deras dåliga vinterhärdighet. På grund av klimatförändringen kan en sådd som utförs senare än tidigare nämndes lyckas riktigt bra, men risken för övervintringsskador ökar märkbart.

Vallar som etableras tidigt på våren utan skyddssäd hotas av vårtorka, mark som torkar ut, och å andra sidan av hårda regn och en igenslamning av ytan. Då etableringen utförs utan skyddsväxt kan ogräs också utgöra ett problem. Ogräsen kan bekämpas kemiskt eller genom slåtter då vallgräsen har 2–3 blad.

Ogräsbekämpning kan också utföras genom slåtter då ogräsen är 20–30 cm höga. Slåttern utförs så att bettet går över vallväxternas toppar. Ogräs som gror på våren bildar i regel inte återväxt, utan de torkar bort. Vallen får i det här skedet mera ljus och ökar sin tillväxt så att nya ogräs inte har utrymme att utvecklas. Då man använder sig av bekämpningsmedel ska särskild uppmärksamhet fästas vid deras karenstider och lämplighet för behandling av de vallbaljväxter som ingår i blandningen.

Såmetod och sådjup

Vallfrön ska sås ganska nära markytan. De små fröna kan inte skjuta sina hjärtblad från stort djup och det leder till att växten dör redan innan den har nått jordytan. Om fröet blir utanpå markytan kan groningen fördröjas avsevärt i torra förhållanden. I värsta fall räcker fukten till för groning,

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

men växten torkar bort i brist på vatten under en torrperiod. I blandningar som består av flera växtarter ska sådjupet fastställas enligt det minsta frö som ingår i blandningen.

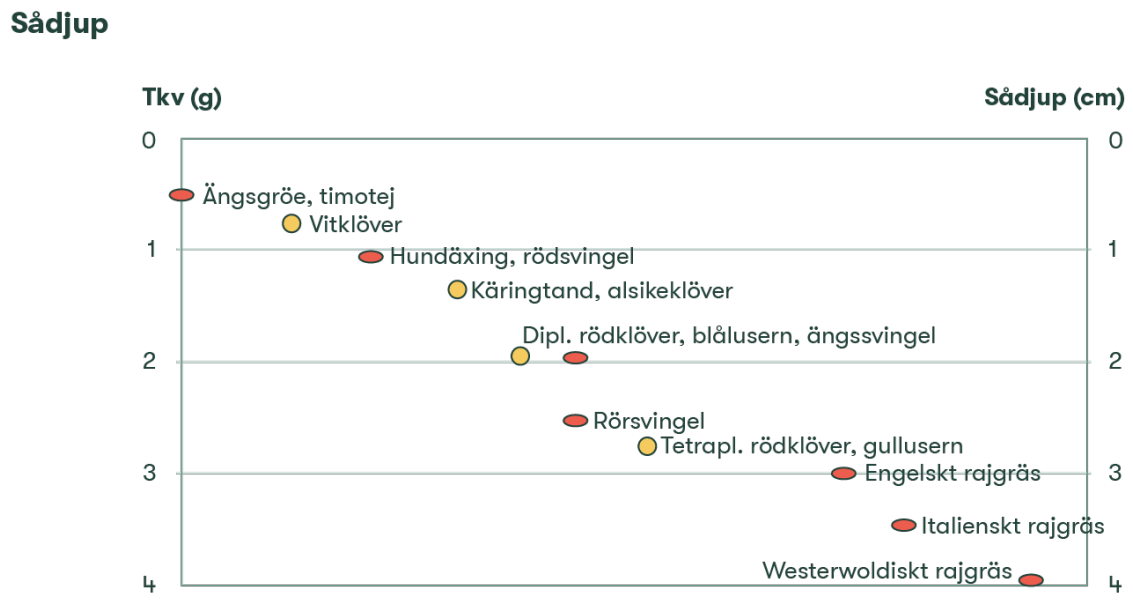


Bild 4. Vallfrönas storlek inverkar på sådjupet. Ju större frö, desto djupare kan man så det.

Vallfrön sås med tillämpande av två metoder, bredsådd och sådd i rader. Sådd i rader kan utföras med en såmaskin för spannmålssådd eller såmaskin som är avsedd för sådd av småfrön. Det finns olika typer av såbillar att få för båda typerna av såmaskin. Billtrycket ska justeras för småfrön och vid behov kan man välta åkern redan före vallfröna sås. På lösa jordarter kan vältning före sådd vara nödvändig.

Radavståndet på såmaskiner för sådd av småfrön är hälften så stort som på spannmålssåmaskiner och utsädesbehållaren är i regel avsevärt mindre. Båda maskintyperna kan användas både för etablering och komplettering av vallar, även om det finns maskinspecifika undantag.

Vid sådd i rader i väl bearbetad lätt jord kan fröet hamna på alltför stort djup, varvid gröningen kan lida avsevärt. Då man sår i rader, bildas ett tomt område mellan raderna, vilket inte fylls under vallåren med de vallväxter som används i Finland. Dessa tomrum är gynnsamma platser för ogräs att sprida sig på. Jämn sådd i rader som ligger på cirka 7 cm avstånd från varandra bildar en jämn gröda, där det finns lite utrymme för ogräs. Med större radavstånd förorsakar avbrott i raderna enkelt relativt stora öppningar på 20–40 cm, där ogräsen lätt slår till.

Bredsådd kan utföras med en separat såmaskin eller med en småfrölåda som har monterats på en spannmålssåmaskin. Från småfrölådan leds vallutsädet med rör mellan såbillarna. I motsats till rådande uppfattning sås fröna ofta i rader också med tillämpande av denna metod. Detta fenomen kan avlägsnas genom att montera en spridarplatta i ändan på frörören, varvid vallutsädet sprids jämnare på åkern.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Bredsående såmaskiner har ofta en harv och med dem sås fröna pneumatiskt mellan harvpinnarna. Dessa maskiner marknadsförs för kompletteringssådd, men de lämpar sig också för etablering av vallar. Maskiner med harvande redskap myllar lätt in vallutsädet i markens ytskikt, vilket effektiverar fröets groning.

Oberoende av såmetod rekommenderas att åkern vältas efter sådd, så att frönas markkontakt säkras.

Man kan se på bredsådd både för *etablering* och *kompletteringssådd*: (2

- Bredsådd kan lämpa sig bra för gårdar på vilka spridning av stallgödsel och andra odlingsåtgärder söndrar vallväxtraderna och skapar öppningar för ogräsen.
- Kompletteringssåddens betydelse finns mera i bekämpning av ogräs och förbättrande av skördens kvalitet än i att öka skördemängden.
- Då det uppstår luckor borde man förhindra ogräs från att växa i dem. I det fall att ogräsen inte klarar av att konkurrera om ljus och näringsämnen, kan ett timotejdominerat vallbestånd kompensera en del av skördeförlusten genom att växa mera på höjden.
- Kompletteringssådd på våren kan också komma till hjälp om den kompletterande växten får tillräckligt tid att växa sig stark innan det gamla beståndet börjar skugga för mycket.
- Om ogräsen redan har tagit över luckorna kan en besprutning mot ogräs till och med minska på skörden, även om skördens smältbarhet, mineralsammansättning eller andra kvalitetsegenskaper ofta blir bättre.

Det är bra att utföra en vältning efter sådd alltid då det är möjligt. På det sättet får frön som finns på markytan eller nära markytan kontakt med marken och eventuella stenar i markytan trycks ned i jorden. Vältningen säkrar att fröna får tillgång till markfukt och främjar på det sättet groningen.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Principbild av sådd i rader och bredsådd

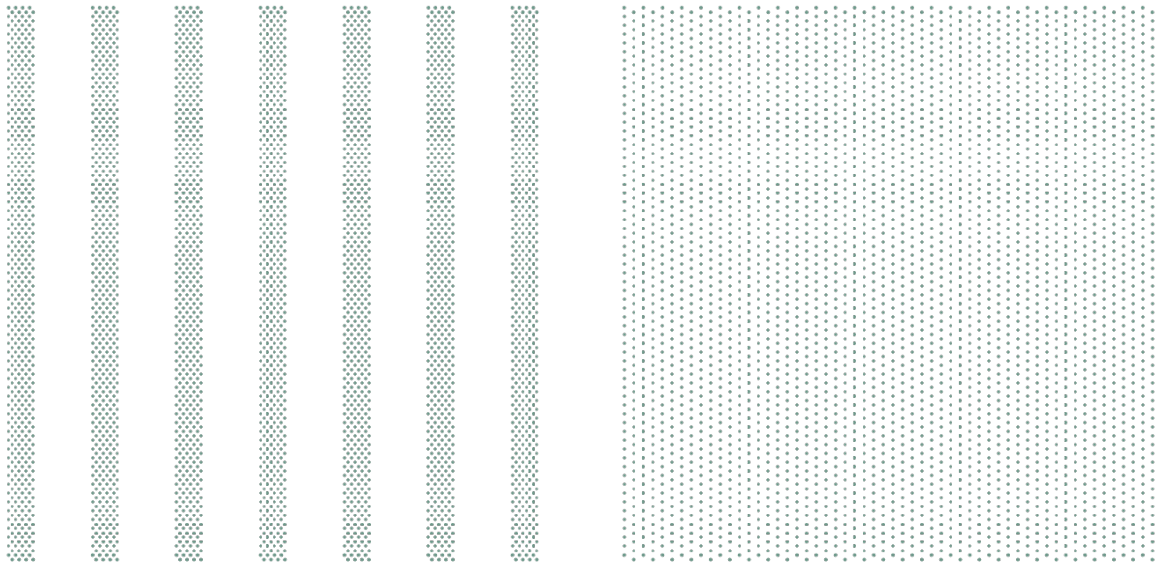


Bild 5. Principbild av sådd i rader och bredsådd. I båda rutorna är den sådda mängden lika stor per kvadratmeter. Sådd i rader lämnar luckor i åkern för ogräsen redan vid sådd.

Bild 6. Vall som är sådd i rader (vänster), där det finns luckor och bredsådd vall (höger). Bilder: Jarkko Storberg.

Kompletteringssådd

En fulltät vall avkastar bäst och innehåller så lite ogräs som möjligt. Vallarna blir glesare under skördeårens gång. Vintrarna kan decimera beståndens täthet med mycket hård hand, men också riktigt torra somrar kan decimera växter med grunt rotsystem.

Visste du?

Den huvudsakliga orsaken till att vallväxter dör under vintern är ofta att energireserverna tar slut innan våren. Vintern är lång i Finland och under vintern hinner det ske allt möjligt. Vatten som har samlats i svackor bildar till exempel ett istäcke. Växtens andning försvåras under isen och det

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

förbrukar energi. Snömögel trivs under snö i tjälfri jord och rajgräs och svingelarterna är känsliga för snömögel. Lusern och klöver lider av olika slags rotsjukdomar, vilka främjas av vissa odlingstekniker. Exempel på sådana tekniker är till exempel placeringsgödsling med stallgödsel, ogräsharvning och högt tryck i däcken.

Ibland kan höstarna vara långa och varma, varvid vallarna växer bra. Då kan den sista skörden tidsmässigt råka olämpligt med tanke på växtens förberedelse inför vintern. Å andra sidan kan en stor växtmassa (över 2000 kg ts/ha) öka förekomsten av snömögel och andra svampsjukdomar. Tiden för vinterhärdning efter lagring av energi kan bli för kort. Då kan härdningen släppa för tidigt, varvid växten dör. Rajgräs och rajsvingel och andra växtarter vars härdning är svag kan börja växa mycket tidigt på våren, men de fryser bort om våren tar några steg tillbaka. (2

Lusernarterna har anpassat sig till inlandsklimat, där hösten är kall men torr. I Finland kan en våt höst och varierande temperaturer försvaga vinterhärdningen. Blålusernen är också känslig för slagning under sensommaren och hösten. Den bästa övervintringen har man uppnått då den sista slåttern har utförts redan under den första veckan i augusti.

Med kompletteringssådd kan man både lappa en vall med luckor och komplettera med kortlivade växtarter som har gått ur vallblandningen. Utsädesmängderna kan variera mellan 7 och 15 kg. Vid kompletteringssådd borde fröna sås så, att fröna kommer i kontakt med marken och får tillräckligt med fukt för att gro. Ytan av gamla vallar kan vara täck av mossa eller växtrester i sådan omfattning att frön som bara kastas på marken inte kan gro, då de inte får kontakt med marken. Därför ska man kontrollera åkerns yta innan man inleder kompletteringssådden och bedöma den egna utrustningens lämplighet för komplettering. (11

Tidpunkt

Kompletteringssådd kan utföras under flera tidpunkter av växtperioden. Om sådden utförs på våren, ska den utföras så tidigt som möjligt. Utsäde som sprids på ytan strax efter snösmältningen kan gro bra. Då sprids utsädet med en liten manuell såmaskin eller centrifugalspridare som har monterats på en fyrhjuling. Då åkern bär en lätt traktor med dubbelmontage är en ogräsharv som försetts med såenhet en ypperlig kombination för kompletteringssådd. Då åkerns bärighet blir bättre kan man använda en såmaskin med skivbillar eller en direktsåmaskin för att ge utsädet god markkontakt.

Under försommaren är vallarnas tillväxt mycket snabb och därför kan kompletteringssådden kvävas under den snabbväxande gamla vallen. Senare under sommaren avtar tillväxten och kompletteringssådden kan lyckas bättre.

Kompletteringssådd under sensommaren kan leda till goda resultat, särskilt på områden där våren sannolikt är torr. Sannolikheten för regn ökar mot hösten och avdunstningen avtar. Då kompletteringssådden förskjuts till senare på hösten blir övervintringen osäkrare. Klöver borde alltid sås före halva sommaren. Det lönar sig inte alls att komplettera lusernbestånd med lusern på grund av deras autotoxiska egenskaper. Blålusernen bildar kemiska föreningar som förstör nya individer av den egna arten. Kompletteringssådd kan lyckas under etableringsåret, men senare är det nästan dömt att misslyckas. (12

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Avslutande av vallbestånd

Vallgrödor är inte eviga i finländska förhållanden. I gynnsammare förhållanden kan vallarna vara mera bestående och ändå ha en god avkastning. På de brittiska öarna kan vallarna ofta vara tio till tjugo år, utan att skördeproduktionsförmågan lider. I våra förhållanden minskar en högproduktiv valls produktionsförmåga årligen. Produktionsförmågan försämras av att vallen blir glesare och av att ogräsen ökar. Vinterskador och sommarens torka tar ner på tätheten och ger samtidigt utrymme för ogräsen.

Vallarna förnyas i regel med 3–5 års intervaller, men de regionala variationerna är stora. Vallen avslutas i regel genom att förstöra den gamla grödan och plöja ner växtmassan på hösten. Det är inte alltid nödvändigt att använda sig av bekämpningsmedel, men då ska avslutandet utföras genom en omsorgsfull plöjning. Plöjningen minskar avsevärt på förekomsten av till exempel kvickrot följande år och myllar effektivt ner växtmassan. I samband med plöjning kan man också sprida torrgödsel, varvid till exempel luktolägenheten kan minimeras. Plöjningen har stor betydelse för etableringen av följande vall, men å andra sidan frigör den markens kolreserver och ökar näringsämnesläckaget till vattendragen, så plöjning är inte den bästa möjliga bearbetningsmetoden. Plöjning skapar förutsättningar för formning av åkerns yta och gör det möjligt att blanda in torrgödsel och kalk i hela plöjningsskiktet.

Slåtter

Vallarnas slås i regel 1–3 gånger under växtperioden i Finland, men på en del gårdar till och med fyra gånger. Antalet skördar beror på gårdens geografiska läge och vallens användningsändamål.

I södra Finland slås ensilagevallarna i allmänhet tre gånger och längre norrut två gånger. Gränsen för tre skördar per sommar har småningom förskjutits norrut i och med klimatförändringen. Där var man ännu på 1980-talet bärgade två skördar, slår man numera vallen tre gånger.

En del av vallens rotsystem dör efter slåtter. Slåtterhöjden har konstaterats ha betydelse för rotdöden, eftersom slåtter i hög stubb bevarar mera rötter än slåtter i låg stubb. På gröngödslingsvallar kan slåtterhöjden vara cirka 50 procent av beståndets höjd. Då minskar inte rotsystemet nämnvärt fastän man slår grödan.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Bild 7. Genom att utföra slåttern på högre höjd kan man uppnå större kolbindning. Återväxten är också snabbare än efter en slåtter i låg stubb. På fotot ett Carbon Action-försöksskifte på Qvidja, där slåtterhöjderna var 15 cm och 6 cm. Bild: Sanna Söderlund.

Slåtter i lång stubb på 10–15 cm har konstaterats ha positiva effekter på återväxten i fodervallar. I torra förhållanden har vallen bättre möjligheter att börja växa igen om slåttern utförs i hög stubb. Hög stubb börjar assimilera snabbare än låg stubb. Dessutom minskar risken för orenheter i fodret avsevärt då stubbhöjden blir högre. Beståndets nedre delar innehåller stor andel strå, varför fodermängden inte minskar väsentligt och den snabba återväxten balanserar upp totalskörden.

Skördemätning

Utvecklingen av ny teknologi så som skördekartor, satellit- och drönarbilder har underlättat mätning av skördens mängd per skifte. Konventionellt har skörden uppskattats i kubikmeter, antal balar, antal lass, energivärde (MJ) och torrsubstanshalt kg/ha. Mätning av skörden i torrsubstans är dock en av de mest etablerade metoderna för mätning av skörden.

För att fastställa torrsubstansskörden behövs skördens färskvikt och halt av torrsubstans. Färskvikten kan vägas från lassen eller balarna med våg. Ett annat sätt att fastställa färskvikten är att mäta lagrets volym och fastställa fodrets volymvikt genom att väga foderkakor på olika ställen i lagret. Ett mera inexakt sätt att fastställa egenvikten är att använda sig av olika tabeller som utgår från fodrets fukthalt och andra faktorer.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Fastställande av torrsubstanshalten utförs i regel i laboratorier, även om det finns anvisningar för olika torkningsmetoder i hemförhållanden. (2

På gårdarna finns tills vidare sparsamt med vågar, vilka lämpar sig för vägning av fordonskombinationer, men de blir hela tiden vanligare. Även om det finns en fordonsvåg på gården är det inte ändamålsenligt att under foderskörden väga alla fordon som kommer till fodersilon. Då kan man väga till exempel vart tionde lass och fastställa mängden foder utgående från det.

Torrsubstansmängden kan också fastställas från foderlagret. Man kan mäta upp foderlagrets storlek med hjälp av måttband och multiplikation. Det är däremot lite besvärligare att fastställa fodrets egenvikt. Volymvikten kan fastställas till exempel från en bit som skärs loss med foderskärare och vägs till exempel i foderblandarvagnen. I så fall måste man ändå mäta bitens storlek. Mätningen ska utföras på flera ställen av foderlagret, eftersom egenvikten är en annan i bottnen av lagret än i ytan. Mängden foder erhålls alltså genom att multiplicera volymvikten med antalet kubikmeter.

Fodrets torrsubstanshalt kan fastställas i laboratorium, varvid det dröjer några dagar innan man får resultatet. Man kan också fastställa torrsubstanshalten i hemförhållanden genom att torka fodret till exempel i en ugn. Då väger man det färska provet vikt och det torkade fodrets vikt. Det är viktigt att ha en exakt våg och metoden kräver både tid och att den som utför provet är noggrann. Utbudet av snabbmätare som skulle ge pålitliga resultat i gårdsförhållanden är litet och mätarnas inköpspris är relativt högt.

Uträkningen av det lagrade fodrets volym

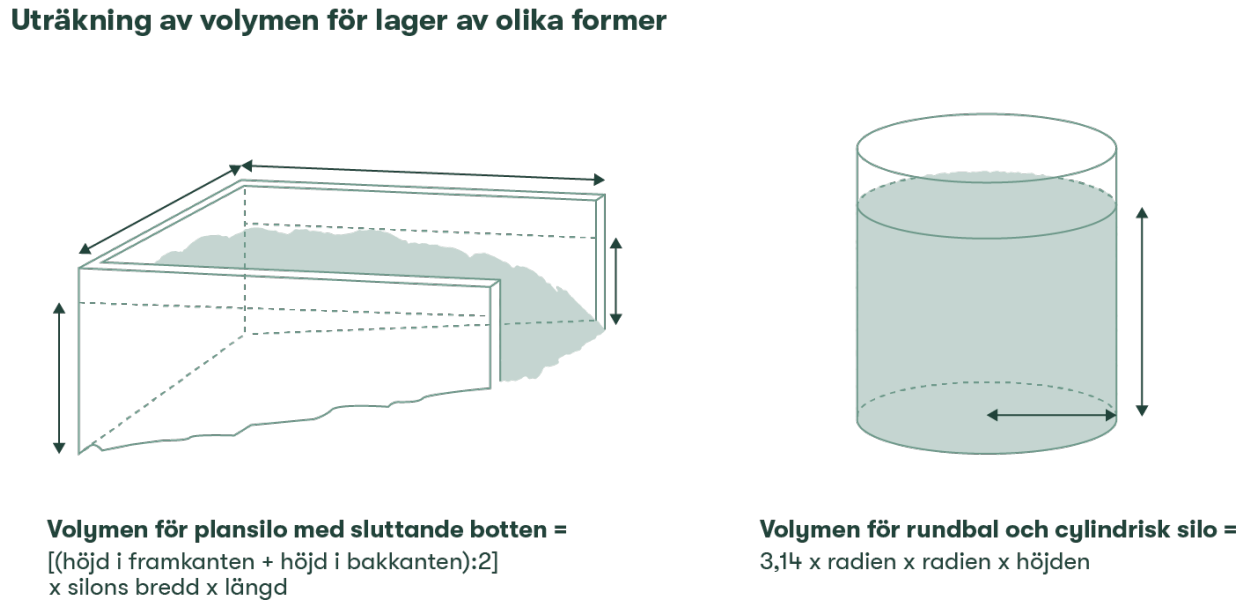


Bild 8. Uträkning av volymen för foderlager av olika former.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Foderlagrets volym räknas ut enligt följande:

längd (m) x bredd (m) x höjd (m) = volym (m^3)

Exempel på uträkning av fodrets mängd: silons längd 40 m, bredd 9 m och höjd 2,8 m

=> foder 40 m x 9 m x 2,8 m = 1008 m^3

Fastställande av torrsubstans (ts): till exempel 100 g färdigt foder sätts in i ugnen (100 grader) och torkas 1–2 timmar, vänd fodret då och då, väg det torra fodrets vikt. Om det torra fodret väger till exempel 38 g, räknas torrsubstansen ut 38 g/100 g = 0,38 = 38 %

Volymvikten (=egenvikt) räknas ut enligt följande:

kakans vikt (kg) / foderkakans volym (m^3) = volymvikt (kg/m^3)

Om fodret till exempel har volymvikt 670 kg/m^3 och torrsubstanshalt 38 %

=> foder i lagret 1008 m^3 x 670 kg/m^3 x 0,38 = 256 636 kg ts

Kolbindande betesgång

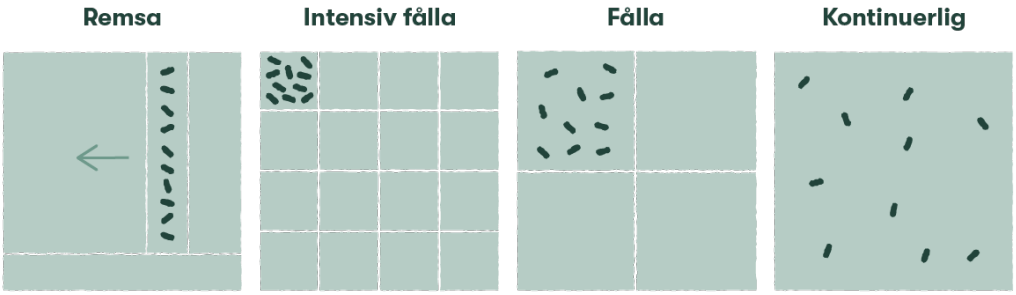
Man kan använda betesgång för att binda kol i marken. Forskning har påvisat att man uppnår den effektivaste kolbindningen genom att tillämpa adaptiva roterande avbetningssystem, vilka på engelska har flera olika benämningar: ’adaptive multipaddock grazing’ (AMP), ’holistic planned grazing’ (HPG), eller ’management intensive grazing’ (MIG). Språkbruket är inte helt etablerat ännu och det finns skillnader i terminologin mellan olika länder. Den svenskspråkiga termen ’rotationsbete’ motsvarar inte till alla delar den engelskspråkiga termen ’rotational grazing’. Dessa termer beskriver avbetningssystem, som innehåller korta avbetningsfaser kombinerat med tillräckligt långa återhämtningsfaser.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Bild 9. Aarne Schildt från Bosgård i Borgå. På Bosgård produceras ekologiskt naturbeteskött. Bild: Dennis Storhannus.

Bekanta dig med Aarne Schildts erfarenheter av kolbindning och betesgång på videon från Bosgård (1:06).

Fyra olika betessystem



Betestryck	25–100 djur/ha	16 djur/ha	4 djur/ha	1 djur/ha
Avbetningsfas	0,5–2 dagar	1–5 dagar	20 dagar	160 dagar
Återhämtningsfas	12–50 dagar	15–75 dagar	60 dagar	0 dagar

Bild 10. Fyra olika avbetningssystem, där djurtätheten är den samma, medan avbetningsrytmen varierar. Illustration enligt källa 13.

Vid betesgång förs kol till marken i form av växtrester, rotsekret och kreatursgödsel. Största delen bryts ner relativt snabbt, men en del blir kvar och höjer markens mullhalt. På betesmarker beror

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

kolinlagringens mängd på växternas rotsystem, rotsystemets förnyelse och den mängd vallskörd som trampas ner på marken.

Växternas rotsekret är lösliga växtrester som växterna utsöndrar mest av då marken har en rik mikrobflora och växterna producerar mycket assimilationsprodukter, men även konkurrens om näringsämnen. Avvikande från annat bärgande av skörden lämnar de betande djuren också sin avföring på betet. I Finland används dock stallgödsel allmänt för gödsling av slåttervallar. På beten har gödseln dock större betydelse för biodiversiteten än på slåttervallar som gödslas med kreatursgödsel.

Betesväxterna har anpassat sig på flera sätt till avbetningen, men deras återhämtning tar tid. Då man vill binda kol i marken väljer man betesmetoder med låg avbetningsintensitet, varvid endast cirka hälften av växternas blad avlägsnas.

Överbetning kan betyda flera saker, men ofta används begreppet för att beskriva en sådan situation, där djurmängden överskrider betets produktionsförmåga och de smakligaste växterna avbetas helt. På engelska kallas detta för ’overstocking’. Begreppet ’overgrazing’ innebär överbetning där växten förlorar sina blad innan den har hunnit återhämta sig. Låga djurtätheter kan leda till dylik överbetning om djuren vistas för länge på samma bete eller betets återhämtningsfas blir alltför kort.

Det lönar sig att hålla några huvudprinciper i minnet vid planeringen av betessystem som binder så mycket kol som möjligt. Då växterna har en tillräckligt stor bladmassa fortsätter betet att assimilera. Växternas rotsystem ska också ges goda förutsättningar att växa och stallgödseln borde spridas jämnt över skiftet. Marken ska förbli lagom sval och fuktig. Följande principer är till god hjälp vid praktisk planering av betesrotationen:

- **Korta avbetningsfaser**. Avbetningsfaserna hålls korta, 1–5 dagar. Man kan tillämpa stripbetning eller dela upp betet med hjälp av lätta stängslen. Betesrotationen ska vara långsammare då tillväxten är långsammare, så att växterna hinner återhämta sig innan ny avbetning.
- **Tillräckligt långa återhämtningsfaser**. Tillräckligt långa pauser mellan avbetningsfaserna försäkrar växternas återhämtning. Långsammare tillväxt kräver längre återhämtning, varför betesrotationen måste anpassas till rådande förhållanden. Återhämtningsfaserna ska dock inte bli alltför långa med tanke på växternas tillväxt och skuggning.
- **Förnyelse av växterna och skydd för marken**. Då man inte avlägsnar en alltför stor andel av växtligheten, har växterna tillräckligt mycket blad för ny tillväxt. På det sättet hålls också marken täckt. Den växtlighet som trampas ner bevarar markfukten och matar markens organismer.
- **Lämplig djurtäthet**. Djurens mängd och avbetningsrytmen ska alltid anpassa till den tillgängliga vallarealen och växternas tillväxt.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Bild 11. Tumblewheel-stängslet gör det möjligt att enkelt flytta på djuren dagligen. Det är också viktigt att beakta att dricksvattnet ska gå enkelt att flytta då betesskiftena byts ofta. Bild: Marjo Aspegren.

Se video på adaptivt bete (AMP) på Qvidja gård (00:45).

En väl genomförd betesgång är ett av de effektivaste sätten att binda kol till marken, men den kan också ha andra nyttor. Genom betesgång kan man förmånligt producera foder av hög kvalitet (om skördenivån är tillräckligt hög, produktionskostnaderna tillräckligt låga eller tillgången på betesmarken är stor). Betesmarker kan också vara livsmiljöer med mycket stor mångfald och stora landskapsvärden. Alla nyttor kan inte uppnås med ett betessystem, så odlaren måste bedöma, vilken syftet med betesgången är. På gården kan det också finnas olika åkrar, skogskanter eller ängar, där olika betespraxis fungerar bäst. Betesgången ska alltså planeras utgående från gården, men också utgående från varje enskilt betesskifte.

IV. Regenerativ odling av grönsaker, rotfrukter och bär

Allmänt om vegetabilieproduktion på friland

Vid rotfrukts- och grönsaksodling utsätts marken ofta för stor påfrestning. Samtidigt är den här produktionsformen sådan att möjligheterna att tillämpa regenerativa odlingsmetoder är goda,

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

eftersom odlingen av den egentliga skördeväxten inte pågår hela växtperioden och eftersom växtföljden hur som helst kräver avbrottsgrödor. Hos bärväxter erbjuder vall i radmellanrummen ett fint tillfälle att binda kol och öka den biologiska mångfalden.

När man odlar på friland behöver man tajma skörden med tanke på marknaden. Ska skörden användas färsk eller lagras för att användas under vintern, eller ska den levereras till livsmedelsindustrin som kontraktsproduktion? Vegetabiliernas inre och yttre kvalitet är viktig förutom renheten. De här målen når man genom att måna om jordhälsan och växtföljden och genom att se till att näringsämnena i marken räcker för alla grödor i växtföljden, att gödslingen och växtskyddet är ändamålsenliga samt att odlingsåtgärderna utförs vid rätt tidpunkt. (1

Odlingen av grönsaker, potatis, sockerbeta och bär koncentreras till skiften med gynnsam jordart som är lätta att bearbeta, bär maskinerna och i bästa fall också har regelbunden form. Avståndet till driftscentrumet och till bevattningskällorna samt skiftets omgivningsförhållanden, till exempel hur sluttningen är riktad och hur mycket skugga en närbelägen skog kastar, påverkar valet av odlingsplats. Det här begränsar gårdens odlingsareal för grönsaker och bär och kan leda till svag växtföljd. En knapp areal som lämpar sig för odling av specialväxter har bidragit till monokulturodling på en del gårdar. Produktionskostnaderna för specialväxter är höga, så valet av åkerskifte spelar en stor roll för lönsamheten.

En välplanerad växtföljd förlänger den tid då marken har ett växttäcke samt ökar det organiska materialet, näringsämnena och den biologiska mångfalden. I allmänhet blir det bara en liten mängd växtmassa (blast, rötter och liknande) kvar på åkern efter odling av ettåriga frilandsgrönsaker. Till all lycka kan man med hjälp av en mångsidig växtföljd öka mängden organiskt material i åkermark.

När växtföljden för specialväxter planeras ska man beakta också sjukdoms- och skadedjursriskerna. Vegetabilier som odlas på friland kan drabbas av flera sjukdomar som förstör skörden antingen på åkern eller i lagret. Nackdelarna som orsakas och förlusterna som uppkommer kan man minska genom en välplanerad växtföljd. Också för hanteringen av skadegörare som lever eller övervintrar i marken är det viktigt att samma gröda inte odlas gång på gång på ett och samma åkerskifte eller på skiften som ligger nära varandra. Förutom odlingsväxterna medför många ogräs en potential för allvarliga lagerskador. Till exempel ökar klöver och penséer risken för lakritsröta som drabbar morot.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Exempel på värdväxter för växtsjukdomar samt växter som vidmakthåller respektive motverkar växtsjukdomar

Sjukdom	Klöver	Stråsäd	Potatis	Kål	Morot	Lök	Purjolök	Ärt	Selleri
Klumprotsjuka	C	C	C	A	C	C	C	C	C
Groddbrand	C	C	B	A	C	C	C	A	C
Gråmögel	B	C	B	B	B	C	C	A	C
Torröta hos korsblommiga växter	C	C	C	A	C	C	C	C	C
Bomullsmögel	A	C	A	B	B	C	C	A	A
Lakritsröta	B	C	C	C	A	C	C	C	A

A : värdväxt B : vidmakthåller C : motverkar

Tabell 1. Exempel på värdväxter för växtsjukdomar samt växter som vidmakthåller respektive motverkar sjukdomar. Källa: Risto Tahvonen

God mikrobaktivitet i marken hjälper odlaren att hantera skadegörare när växtresterna efter bärgningen arbetas in i marken och sönderdelas med till exempel tallriksharv. På så sätt spjälks besvärliga och hårda växtdelar så som kålstjälkar snabbare. På samma gång frigörs ur dem näringsämnen som antingen en fånggröda eller en höstsådd gröda kan ta upp.

I all odling är näringsdepåerna i marken en av de viktigaste faktorerna i en lönsam produktion. Näringsdepåerna kompletteras med årlig gödsling som är anpassad till grödans behov och skiftets bördighetsuppgifter. För att växa behöver växterna olika mängder av näringsämnen. Huvudnäringsämnena är kväve (N), fosfor (P) och kalium (K). Sekundära näringsämnen är kalcium (Ca) och magnesium (Mg), som växterna behöver i mindre mängd än huvudnäringsämnen men i större mängd än spårämnen. Till spårämnena hör bland annat bor (B), koppar (Cu), zink (Zn) och mangan (Mn). (2

Grönsaksåkrarna bearbetas ganska kraftigt för att växtunderlaget ska bli tillräckligt luckert och luftigt. Bearbetning minskar också skadegörarna (till exempel kålfluga, morotsfluga och andra skadeinsekter som övervintrar i marken) och ogräsen. Ibland är det motiverat med svartträda för att bekämpa besvärliga ogräs och skadegörare, men det gäller att planera trädestiden så att den blir så kort som möjligt. På grönsaker och rotfrukter ställs det också ganska stränga kvalitetskrav som gäller form, ytfel och storlek, därför behöver växterna få växa i lucker jord.

Vegetabilierna kan delas in i grupper utifrån odlingstekniken. Rotfrukterna – inklusive potatis och sockerbeta – sås, sköts och bärgas maskinellt. Markens luckerhet är en viktig kvalitetsfaktor. Grönsaker som man planterar, så som kål, pumpa, gurka och sallat av olika slag samt sockermajs och vattenmelon, förkultiveras och planteras maskinellt eller för hand. De skördas mestadels för hand, med undantag för lök som skördas maskinellt.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Vissa växter, bland dem sallat och färska grönsaker som säljs i knippen, har kort växttid. Följden är att det finns plats och tid för fånggrödor, antingen före planteringen eller efter skörden.(3 Oftast odlas ingenting mellan grönsaksraderna, men det är möjligt att odla växter i radmellanrummen och att använda täckmaterial, om det inte stör till exempel maskinell upptagning.

Ökad biologisk mångfald har många fördelar också vid frilandsproduktion av trädgårdsväxter. Blommande remsor samt artrika dikes- och åkerrenar ger skadegörarnas naturliga fiender skydd och föda, förbättrar pollinerarnas levnadsförhållanden och kan avskräcka skadegörare. (4 Det gör att också behovet av kemiskt växtskydd avtar. Det behövs mer forskning om och praktiska erfarenheter av hur man använder blommande växter samt kompanjons- och fångstväxter. Dessutom är det viktigt att välja växterna rätt för att de inte ska vara mellanvärdar för skadegörare eller locka till sig skadegörare.

Om man vill tillföra organiskt material i åkern i form av till exempel kreatursgödsel, träfiber eller andra jordförbättringsmedel passar man på när avbrottsgrödan odlas. När organiska gödselfabrikat och jordförbättringsmedel används ska man beakta deras mikrobiologiska kvalitet och halten av tungmetaller, och dessutom begränsningar som ställs i till exempel nitratförordningen och i samband med miljöersättningen. Återvunna näringsämnen som härrör från kommunalt avloppsslam lämpar sig inte för grönsaks- och bärodling. Särskilda bestämmelser om användningen av dem inom jordbruket finns i förordningen om gödselfabrikat. (5

Åtgärder vid grönsaksodling

Skörden är det skede som anstränger markstrukturen mest vid grönsaksodling. Då förflyttar man stora kvantiteter, och ofta görs det i våta förhållanden på mark som inte är täckt av växtlighet. Värst utsatta för markpackning är skiftenas ändar och de områden där släpvagnar lastas. Största delen av produkterna forslas till lagret i lårar som rymmer en kubikmeter.

Packningsproblemet skulle kunna lösas genom att odla flerårig vall i ändan av skiftena, på lastningsområdena och längs körlederna samt använda lättare utrustning när lårarna förflyttas. Många gånger transporteras lårarna med frontlastare till en släpvagn som har byggts på ett lastbilsunderrede. Då använder hela transportkedjan höga däcktryck, och punktbelastningen under däcken är stor. Odlingsmetoderna bör utvecklas så att packningsrisken minskar. Ett alternativ är att en släpvagn med radialdäck väntar på åkervägen eller på ett vallområde och att man längs en vallremsa forslar lårarna med hjälp av bakre lyftanordningen på en lätt traktor med breddningshjul. Varje gård borde avpassa olika sätt att minska packningsrisken utgående från åkerskiftenas storlek och produktionsvolymen.

Läs mer om däck och reglering av däcktryck i kapitel 5 Sätt åkern i skick, avsnittet Förhindrande av markpackning.

Den areal av tidiga grönsaker som skördas per gång är vanligtvis liten, därför upplevs sådden av fånggröda som ett stort besvär i förhållande till nyttan som den ger. Fånggrödor kan sås på en större areal efter att skörd har bärgats några gånger. Användning av fånggrödor till tidiga grönsaker ger stor nytta eftersom åkern fortfarande innehåller mycket näringsämnen och en stor del av växtperioden återstår. Som fånggröda för grönsaksväxter lämpar sig till exempel korn som dör på vintern, bearbetningsrättika för vissa växters del, vårrybs samt höst- och vårråg. Det är bra

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

att avpassa fånggrödorna till egenskaperna hos de andra växterna i växtföljden. Om korsblommiga skördeväxter ingår i växtföljden rekommenderas inte korsblommiga fånggrödor. Honungsfacelia är ett fungerande alternativ som ökar den biologiska mångfalden, italienskt rajgräs likaså. (6 Från miljösynpunkt bör man ha som mål en blandning av fånggrödor som håller marken grön ännu följande vår. För grönsaker med djupa rötter rekommenderas fånggrödor med grunda rötter, och för grönsaker med grunda rötter rekommenderas fånggrödor med djupa rötter. (7

Frösåutrustning kan kopplas till en tallrikskultivator eller fräs, då kan fånggrödan sås i samband med att växtresterna arbetas in i marken. Frösåutrustningen är alltid startklar under skördetiden, det område där man skördat bearbetas och sås då efter hand som skördearbetet framskrider.

Inom grönsaksodlingen framhävs vallårens betydelse i växtföljden eftersom bärgningen av den egentliga skördeväxten sliter kraftigt på marken. Under vallåren borde man sträva efter ett kraftigt växtbestånd med djupa rötter, marken borde då inte utsättas för bärgning och flytgödselspridning. Vitklöver är det bäst att undvika i avbrottsvallarna, eftersom den lätt blir ett ogräs och på grund av sitt växtsätt med revor är den illa lämpad för att användas i radmellanrummen. Inom grönsaksodlingen gynnas allmänt rätt kortvariga vallar på grund av att knäpparlarverna kan föröka sig under vallår och orsaka stor skada på exempelvis morot och potatis.

Vid samodling odlas två eller flera växtarter samtidigt på ett skifte. Målet är att utnyttja tillväxtfaktorerna så som ljus, näringsämnen och vatten så effektivt som möjligt för att den areal som behövs inte ska vara så stor. Samodling kan dessutom förvilla skadegörare som letar efter sitt mål med hjälp av luktsinnet. Samodlingen kan ske i remsor, i form av växelvisa rader eller genom användning av bottengrödor. Mer forskning om det här och praktiska försök behövs för att lämpliga kombinationer och odlingsmetoder ska fås fram.

I Naturresursinstitutets projekt SUREVEG och FERDISVEG undersöktes samodling av kål och bondböna samt kål och lök. (8 Kålen föreföll att gynnas av samodling med bondböna, men bondbönan växte sämre, så ingen skördenytta uppnåddes totalt. I försöket med samodling av kål och lök påverkades kålskörden mer av gödslingsmetoden än av samodlingen. Löken växte bra under alla förhållanden. Det tekniska genomförandet av samodling är ändå en utmaning. (8

Förbättring av jordhälsan och ökning av mullhalten är långsiktiga projekt. Det är värt att planera dem omsorgsfullt med hänsyn till produktionens specialvillkor och gårdens verksamhet.

Markstrukturen vid odling av bärväxter

Vid odling av bärväxter behöver åkerskiftena inte vara särskilt näringsrika, men vad markstrukturen, vattenhushållningen och luftigheten beträffar är bärväxter förhållandevis krävande. Bäst lämpade för bärodling är sluttande mullrika morän- och mojordsskiften. En odling kan anläggas också på plan mark, förutsatt att den underliggande jordens vattengenomsläpplighet är god. Dessutom kan man med hjälp av till exempel tillräcklig bänkhöjd säkerställa att överloppsvattnet leds bort från det område där rotsystemet finns och på så sätt minska också till exempel risken för rotsjukdomar som är skadliga för jordgubbar.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

I en hög och lucker bänk utvecklas bärväxternas rötter så att de blir kraftiga och breder ut sig, vilket förbättrar bland annat vinterhärdigheten och skördeavkastningen. På kompakta jordar händer det lätt att växtens rotsystem förblir litet och grunt, vilket ökar benägenheten för utvintringsskador. Ett växtbestånd som lider av utvintringsskador är mottagligt också för rotsjukdomar.

Bild 1. I mark med god struktur och i en hög bänk blir jordgubbsplantans rötter kraftiga och breder ut sig, vilket förbättrar övervintringen och förmågan att producera skörd. Bild: Minna Pohjola.

Förfrukter och avbrottsgrödor

På de traditionella odlingsområdena har bär odlats intensivt på samma åkerskiften, och åren mellan bärodlingsåren har varit få. Till exempel rotröta, nematoder och öronvivlar förökar sig till följd av ensidig bärodling och påverkar odlingarnas hälsa. Till följd av den ensidiga odlingen blir också mikrobfloran i marken ensidig och sjukdomsalstrarna, så som svampar och nematoder, ökar i antal. Fenomenet som kallas jordtrötthet försvagar jordhälsan och påverkar bärodlingarnas skördeproduktionsförmåga.

Medan det i Europa tas en eller högst två skördar av samma jordgubbsplantor på friland byts jordgubbsplantorna i Finland av tradition ut först efter 5–6 skördeår. Nu för tiden rekommenderas också hos oss högst tre skördeår för jordgubbar och minst 4–5 år av avbrottsgrödor. Eftersom åtgärder med siktet inställt på att förbättra jordhälsan kan vidtas bara medan avbrottsgrödor

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

odlas är det klart att ett eller två år av avbrottsgrödor inte nödvändigtvis räcker för att kompensera den inverkan på marken som flera års bärodling har.

Jordhälsan framhävs särskilt hos fleråriga buskbär som ger skörd i så mycket som 10–15 år.

Växtföljden och iståndsättning av marken innan en odling anläggs spelar därmed en central roll för att upprätthålla bärväxternas skördeproduktionsförmåga. Hos exempelvis hallon skadas rötterna snabbt av markpackning och av syrebrist som följer av att vatten blir stående på åkern. Växtbeståndets skick påverkas då snabbt.

Fleråriga bär- och fruktväxter planteras ofta i täckmaterial, till exempel plast, väv eller organiskt material som hjälper till att hålla ogräset i schack och bevara fukt i jorden. Plast är ett problematiskt täckmaterial, för bitar och mikroplast lossnar ur den och tar sig ut i omgivningen och vattendragen. Tyvärr finns inte alltid goda ersättande material att tillgå. Bearbetning behövs före anläggandet, men till exempel äppel- och vinbärsodlingar behöver inte bearbetas på flera år efter anläggandet, och växtbeståndet kan bli tiotals år gammalt.

Mellan raderna av buskbär och fruktträd sås i allmänhet flerårig vall, som slås några gånger varje sommar. Det här förbättrar markens bärkraft och minskar packningen, men ofta kör man gång på gång i samma spår mellan raderna. I radmellanrummen är det möjligt att lagra kol.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Bild 2. I radmellanrummen på jordgubbsodlingar sås det ofta lågväxande vall, men man kan också använda halm som täckmaterial för att skydda bären. Halmen sönderdelas dock på ett par år och skyddar inte markytan i radmellanrummen mot uppblötning lika bra som vall. Bild: Minna Pohjola.

Förfrukter och avbrottsgrödor som passar bra ihop med bär är bland annat senap, kålväxter, kortvarig vall och sammetsblomster (Tagetes), och av sädesslagen särskilt havre. Fytotoxiska föreningar som kålväxterna utsöndrar bromsar upp ogräsens groning. Till exempel används vissa arter av senap och rättika under år då jordgubbar inte odlas, de motverkar nematoder och sjukdomar när man krossar växtbeståndet under blomningen och blandar in det i jorden. När växtmaterialet bryts ner i marken frigörs flyktiga föreningar som motverkar växtsjukdomar som sprids via jorden. De här föreningarna är effektiva mot exempelvis vissa arter av *Phytophthora* och *Verticillium*. Sammetsblomstrens rötter åter utsöndrar ämnen som håller exempelvis nematoder borta.

Bild 3. Svampsjukdomar som sprids via jorden, så som kronröta eller rödröta, skadar jordgubbsplantans jordstam och i synnerhet rödröta trivs i kompakt och våt jord. En frisk plantas jordstam är ljus (t.v.) men olika svampsjukdomar (till exempel svampar som orsakar kronröta eller rotröta) skadar jordstammen och påverkar skördeproduktionsförmågan och övervintringen (t.h.). Bild: Minna Pohjola.

Det är bäst att vall som sås i bärodlingar bryts medan den ännu är ung, eftersom särskilt gamla vallar kan medföra att knäpparlarver som förstör bärväxternas rötter ökar i antal. I

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

vallfröblandningar är det bra att ha både arter med djupa rötter och arter med grunda rötter. Om mängden organiskt material ökar blir mikrobfloran i marken mångsidigare, och då krymper sjukdomsalstrarnas livsrum.

Svartträda är det bäst att använda bara i undantagsfall, för att bekämpa till exempel nematoder, öronvivlar eller svampar som orsakar rotröta. Klöver och potatis lämpar sig inte som förfrukt för jordgubbe eller andra bärväxter, eftersom de är värdväxter för till exempel svampar som orsakar rotröta. Vitklöver användes tidigare i radmellanrum, men den är värdväxt för gråmögel.

Bevattning

Ett tillräckligt fuktigt växtunderlag är en förutsättning för en bärskörd av god kvalitet. Bevattning som utförs i rätt tid kan inverka på både skördekvaliteten och i synnerhet skördemängden. Regelbunden bevattning ställer ändå stora krav på markstrukturen, särskilt om odlingen anläggs i lerhaltig jord. Om markstrukturen inte är i sin ordning eller om aggregatstrukturen är svag kan bevattningen slamma upp marken och täppa till markens porer. Vatten som samlas i fördjupningar skadar växtrötterna och gör att växterna lättare utsätts för utvintringsskador. Marken på skiften där man börjar odla bärväxter ska alltså tåla bevattning i flera år.

Jordarter med goda fuktighetsförhållanden lyfter upp vatten i växtrötterna, så att till exempel odlingar på mojord kan klara sig längre utan bevattning än odlingar på lerhaltig jord. Möjligheten att bevattna bärväxter är ändå bra att säkerställa eftersom långa perioder av torka är på väg att bli vanligare. Om man vill sikta in sig på toppskördar av bär är regelbunden bevattning och bibehållen fukt i växtunderlaget av yttersta vikt.

För att nämna ett exempel odlas vinbär i regel på momoränjordar med goda fuktighetsförhållanden till och med utan bevattning, men framför allt under de två första åren efter plantering är det bra att bevattna tillräckligt för att förvissa sig om att plantorna kommer i gång. Jordgubbe och buskblåbär har mycket grunda rötter, och för deras vidkommande behöver man ända till senhösten se till att växtunderlaget är jämnfuktigt. De här bären producerar sällan skörd utan regelbunden bevattning. Vattenbehovet per planta för exempelvis jordgubbe är cirka 40 liter under växtperioden, för vinbär är det 200 liter och för buskblåbär 400 liter. Även om man beaktar den kapillära stigningen i marken, smältvattnen om våren och de ofta oregelbundna regnen under växtperioden är bevattningsbehovet ändå stort.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

ild 4. I anläggningsskedet kan växtligheten mellan vinbärsraderna vara riklig och mångsidig, det lider vinbären inte av. Här har honungsfacelia och persisk klöver tillsatts i en flerårig vallfröblandning med klöver för den biologiska mångfaldens skull. Bild: Tero Tolvanen.

V. Regenerativt jordbruk på torvåkrar

Basfakta om torvåkrar

Som torvåker definieras åker vars halt av organisk substans i matjordslagret är minst 40 procent. Torvåker-begreppet omfattar en enorm mängd mycket varierande odlingsmarker och ett sätt för gruppering är uppdelning i jordar med tunt torvlager (under 60 cm) och jordar med tjockt torvlager (över 60 cm). Ju tjockare torvlager, desto större mängder kol har jorden lagrat. Tjockleken på torvlaget kan man inte bedöma genom att granska åkerns yta. Det enda sättet att utreda saken är att granska marken under åkerytan till exempel genom att gräva eller borra i marken.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Bild 1. På samma åker kan torvlagrets tjocklek variera så att det på ett ställe är mindre än 60 cm och på ett annat mer än 60 cm. Mätstickan på bilden har vita markeringar med 10 cm:s mellanrum. Bilder: Markku Yli-Halla.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

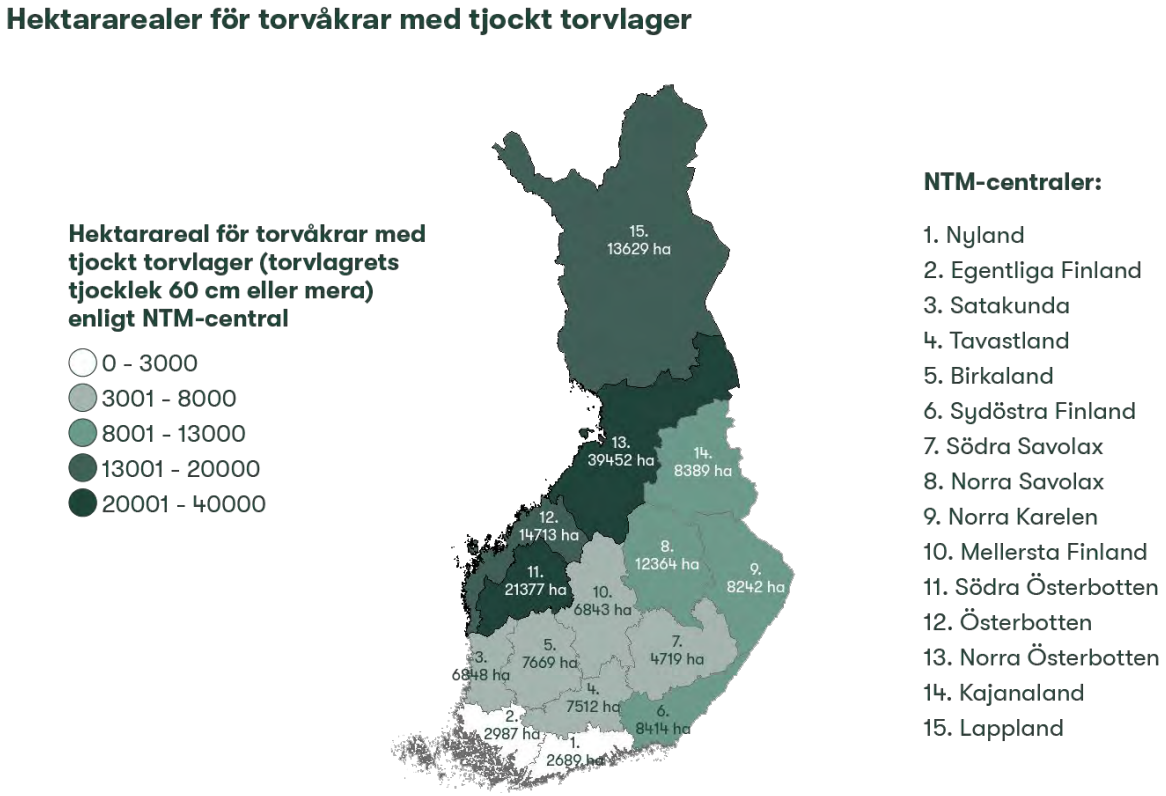


Bild 2. Till antalet hektar finns det mest åkrar med tjockt torvlager i Södra och Norra Österbotten när det i Egentliga Finland och Nyland finns mycket litet av dem. Kartan är redigerad från källa 1.

Under torra växtperioder har torvåkrar visat sig vara en betydande bärande kraft för produktionen tack vare den överlägsna vattenhållningsförmågan. Å andra sidan förorsakar den här egenskapen kombinerat med svag vattenledningsförmåga ofta utmaningar för torvåkrars vattenhushållning och för reglering av vattenytan på täckdikade jordar. Om ytan på en torvåker kommer åt att torka upp för mycket börjar den avstöta vatten varvid regnvatten inte kan absorberas ordentligt i marken. Ifall torvåkern däremot blir alltför våt sker upptorkningen mycket långsamt.

Torvåkrarnas fysikaliska egenskaper förändras småningom under odlingsåren. När man börjar utnyttja en torvjord sjunker marken ihop mycket kraftigt. Odlingsåtgärderna, såsom dikning, kalkning och bearbetning försnabbar jordens mikrobverksamhet varvid nedbrytningen av organogen substans ökar i hastighet. Ju mera finfördelad torvjorden blir, desto mindre blir porerna i marken. Mindre porer betyder igen att vattenledningsförmågan minskar och vattenhållningsförmågan ökar. Därför är det också i odlarens intresse att med hjälp av odlingsåtgärder göra nedbrytningen av organogen substans i torvåkrarna långsammare.

Torvjordarnas miljöeffekter

År 2018 förorsakade odling av torvjordar kalkylmässigt utsläpp på ca 6,3 miljoner ton CO_2-ekv. Man kan jämföra det här med Finlands totala utsläpp av växthusgaser som under samma år var 56,4 miljoner ton CO_2-ekv. Om man från de totala utsläppen subtraherar LULUCF-sektorns

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

nettokolsänka som omfattar markanvändning och dess förändringar samt skogsbruket, är värdet 46,1 miljoner ton CO_2-ekv. Utgående från det här kan man beräkna att odlade torvjordars andel av Finlands växthusgasutsläpp är uppskattningsvis 13,6 procent. (2

Torvåkrarnas klimatbelastning statistikförs årligen och utöver internationella koefficienter används i beräkningen också nationella koefficienter ifall sådana finns tillgängliga. Enligt den jordmånsdatabas som Naturresursinstitutet (Luke) upprätthåller var torvjordarnas andel av Finlands åkerareal år 2011 ungefär 10 procent. (3 I Finland finns det ändå mycket olika sorters torvåkrar och därför berättar åkerarealens och utsläppens sammanlagda mängder inte ännu mycket om skillnaderna mellan olika åkrar. Mängden växthusgasutsläpp korrelerar med torvlagrets tjocklek. Ibruktagning av hållbarare odlingsåtgärder är speciellt viktigt på jordar med tjockt torvlager.

En av de effektivaste metoderna att förhindra kol från att rymmaär att man undviker röjning av nya torvåkrar.

Dessutom kan man överväga återställning av svagt avkastande torvåkrar eller våtmarksodling.

Torvlagrets tjocklek kan också ha en inverkan på växthusgasutsläppen. Noggrannare uppskattningar och slutsatser kräver ändå mera forskningsresultat från jordar med tunt torvlager. De nödvändiga odlingsåtgärderna har en inverkan på utsläppen av växthusgas från torvåkrar och därför forskas det i fenomenet. Dessutom håller man som bäst på att utreda odlingsväxtens och gödslingens samverkan på klimatbelastningen.

Belastning på vattendrag

Den belastning på vattendrag som torvåkrar förorsakar beror till stor del på torvlagrets tjocklek. På basis av forskning hittills verkar det som om att ju tjockare torvlager, desto mera kväve utlakas. På jordar med tunt torvlager kan mängderna kväve som utlakas vara på mycket liknande nivå som på mineraljordar. Andelen upplöst fosfor beror också på torvlagrets tjocklek eftersom fosfor inte binds speciellt väl i organiskt material. Dessutom påverkas utlakningen av fosfor av jordarten nedanför torvlagret. Järnhaltig mineraljord nedanför torvlagret klarar av att binda fosfor varvid vattendragsbelastningen är mindre.

Regenerativa odlingsmetoder för torvåkrar

Det lönar sig att hålla torvåkrar så mycket som möjligt med växttäcke eftersom de näringsämnen som nedbrytningen av organogen substans friger då effektivare fås till växternas användning i stället för att de skulle hamna i luften eller vattendragen. Goda metoder för att öka tiden med växttäcke är att ta med fleråriga vallar samt fånggrödor i växtföljden.

Samtidigt som man ökar tiden med växttäcke minskar bearbetningsbehovet. Minskad bearbetning gör att organogen substans nedbryts långsammare och det hejdar på så sätt frigörelse av kol. Genom att reglera grundvattnets yta kan man påverka hur mycket torv som nedbryts. Organogen substans i torv som är under vatten nedbryts inte eftersom nedbrytning kräver syre. Reglering lyckas dock endast på täckdikade marker. Samtidigt ska man komma ihåg att höjning av grundvattnets yta kan minska åkerns bärighet, sänka markens temperatur samt försämra

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

rotsystemets tillväxtförhållanden. Avsikten med regenerativa odlingsåtgärder är framför allt att förvandla torvjordarnas helhetseffekter så att de blir positiva utan att ändå försvåra odlandet och livsmedelsproduktionen. (4

Bild 3. Dikningen på den här åkern har utförts 20 år före bilden tagits. Att åkerytan sjunkit beror till största delen på att vatten avlägsnats men uppskattningsvis 20 cm torv har också försvunnit. Bild: Kristiina Regina.

Åtgärder som föreslagits till torvåkrar för minskade miljöeffekter

För att minska Finlands utsläpp av växthusgaser borde användningen av torvmarker ändras i en nära framtid. Högst i prioritet gällande förändringar skulle odlingsarealer utanför livsmedelsproduktionen vara. Avslutande av svagt avkastande torvjordars användning för odling och höjning av grundvattnets yta har föreslagits som ett alternativ. I praktiken borde det då finnas vatten naturligt tillgängligt nära åkern.

Enligt forskning skulle höjning av grundvattnets yta ha speciellt stor inverkan på utsläppen från jordar med tjockt torvlager eftersom de ännu innehåller mycket kol och dessutom gör högre grundvatten att torven nedbryts långsammare. Efter höjning av grundvattenytan kunde torvmark också restaureras, efter bedömning från fall till fall. För torvjordar med tunt torvlager och med underutnyttjad kapacitet har också beskogning föreslagits som åtgärd.

Det forskas också i användning av torvjordar för våtmarksodling. I bästa fall kunde våtmarksodling betyda möjlighet till försäljningsduglig skörd om det finns efterfrågan på våtmarksodlade produkter (till exempel bär och läkemedelsväxter) och man får en fungerande produktionskedja. Ämnet omfattar ännu många frågetecken och därför finns det behov av mera forskning och försök.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Torvjordar som används för livsmedelsproduktion finns inte överst på listan över förändringar, men också på dessa torvjordar finns det behov av att öka växttäcke året om. Inverkan av växttäcket på utsläppen preciseras för tillfället med hjälp av forskning vilket betyder att kunskapen om saken ökar under de kommande åren.

Våtmarksodling

Våtmarksodling (engl. *paludiculture*, lat. *'palus'* = kärr) betyder odling på våta torvjordar eller på sådana där grundvattenytan höjts på nytt. Förutsättningen för våtmarksodling är tillräcklig väta som bibehåller det befintliga torvlagret, befrämjar ansamling av torv och upprätthåller ekosystemtjänster som är typiska för naturliga torvmarker.

Utöver minskning av växthusgasutsläppen kan man med våtmarksodling minska de negativa miljöeffekterna i anknytning till dikning av torvjordar och befrämja naturens mångfald. Växter som lämpar sig för våtmarksodling är framgångsrika i våta förhållanden och producerar kvalitets- och mängdmässigt tillräckligt med biomassa som kan utnyttjas, utan att ändå äventyra att torven bevaras (6, 7, 8. Med våtmarksodling kan man uppnå särskilt stora hektarvisa utsläppsminskningar (9.

Våtmarksodlingsväxter kan utnyttjas bl.a. som energiväxter, råvara för industrin, foder till djur, människoföda och som läkemedelsväxter. Exempelvis bladvass bildar växtlighet som breder ut sig vidsträckt och som lämpar sig väl för produktion av biomassa som förädlas till bioenergi.

Biomassa från våtmarksodlingsväxter kan också utnyttjas som byggnadsmaterial. Speciellt kaveldun är en växt lämplig för det här ändamålet tack vare sina goda isolerande egenskaper. För våtmarksodling i mindre skala finns det lovande alternativ bland läkemedelsväxter. (7 Odling av olika bär som växer på myrar erbjuder också sådana möjligheter.

I Finland finns det ungefär 30 000 hektar sådana torvåkrar som inte producerar mat eller foder. Det skulle vara förnuftigt att utnyttja extensivt odlade och svagt avkastande torvåkrar till utsläppsminskning såsom genom att höja grundvattenytan och påbörja våtmarksodling (9. Våtmarksodling lämpar sig speciellt på åkrar med tjockt torvlager på vilka man kan uppnå de effektivaste och långvarigaste utsläppsminskningarna.

Förutsättningen för våtmarksodling är också tillräcklig tillgång till vatten samt att bredvidliggande åkrar inte förorsakas olägenheter av att odlingssättet ändras (1. Att man påbörjar våtmarksodling borde inte heller få leda till röjning av nya torvåkrar (9, 10. Detta finns det skäl att beakta också gällande arrenderad mark; gården som arrenderat åkrarna borde inte vara tvungen att skaffa mera åker genom röjning ifall markägaren påbörjar våtmarksodling på sin åker.

Man kan anse att huvudprodukten vid våtmarksodling är minskade utsläpp, men man kan också uppnå värde för den producerade skörden. Enligt beräkningar som Naturresursinstitutets forskare gjort till exempel gällande odling av tranbär är det fr.o.m. det tredje året möjligt att få större täckningsbidrag än för foderhavre, ifall tranbärsskörden är 1000 kilogram per hektar. För tranbär är det här en rätt låg skördenivå som är möjlig att uppnå. För vissa gårdar kan våtmarksodling av tranbär bli ett ekonomiskt lockande alternativ (10.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Skötsel av torvåkrar som utsläppsminskande våtmarker borde inte sänka odlarens inkomster. Eftersom det inte ännu finns en fungerande marknad för våtmarksodlingsväxter borde ibruktagning av våtmarksodling befrämjas med hjälp av stöd eller nya sorts system för kolkompensation (9. Våtmarksodlingsväxter kunde i och med deras olika användningsändamål innebära många möjligheter till mera utbrett utnyttjande av växterna. Exempelvis älggräs som används i form av läkemedelsväxt finns redan nu i ungefär trettio olika inhemska företags sortiment. Rundsileshår och skvattram (getpors) igen har redan i tiotals år exporterats till Centraleuropa där det finns efterfrågan på de här våtmarksväxterna som växer bra i Finland (11.

Våtmarksodling är en ny odlingsmetod i Finland men den har goda framtidsutsikter. Som term är den t.o.m. inskriven i det aktuella regeringsprogrammet (12. Som bäst pågår också forskning om våtmarksodlingsväxter lämpliga för Finlands förhållanden (13. När kunskapen ökar kan också marknaden för vårmarksodlingsväxter i framtiden vara mycket starkare än för tillfället.

Växter lämpliga för våtmarksodling är till exempel:

- Bladvass
- Kaveldun
- Rörflen
- Vide
- Starrväxter
- Sileshår
- Pors
- Älggräs
- Vattenklöver
- Skvattram (getpors)
- Olika bär

VI. Uppgifter

Du har nu bekantat dig med två valfria ämnesområden. Fundera över hur du kan utnyttja det du lärt dig för åkerskiftena du valt till kursen och planera hurdana åtgärder du förverkligar på skiftena. Om du upplever att de ämnen du valt inte är lämpliga för skiftena i fråga, kan du fundera på saken för några andra skiftens del eller allmänt med tanke på hela gården.

Exempel till stöd för resonemangen: Hur kunde du öka mångfalden, hurdana utsädesblandningar skulle du välja för vallar med flera växtarter, hurdana skogsjordbruksåtgärder skulle du kunna ta i bruk, hur ökar du växttäcketpå dina torvåkrar eller hur skulle du göra växtföljderna mångsidigare på en grönsaks- eller bärodlingsgård?

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Svara för båda kapitlen du valt i de rätta svarsrutorna. Skriv i den omfattning du själv önskar men använd minst 500 tecken per svar.

Uppgift 9.1

Svara på basis av det första kapitlet du valt

Uppgift 9.2

Svara på basis av det andra kapitlet du valt

Kapitel 9 är skrivet av

Iiris Mattila, Kilpiä gård
Eija Hagelberg, Veera Naukkarinen och Sanna Söderlund, BSAG
Jarkko Storberg, ProAgria Västra Finland
Marika Sohlo, ProAgria Uleåborg
Tero Tolvanen, ProAgria Norra Karelen
Minna Pohjola, ProAgria Västra Finland
Marja Kallela, ProAgria Södra Finland
Mirja Tiihonen, ProAgria Södra Savolax

Kapitel 9 är faktagranskat av

Direktör Sari Iivonen, Ekoinstitutet
Specialforskare Mikko Kuussaari, Finlands miljöcentral
Forskarna Arja Mustonen och Sanna Kykkänen, Naturresursinstitutet
Forskare Timo Lötjönen, Naturresursinstitutet
Äldre forskare Terhi Suojala-Ahlfors, Naturresursinstitutet

Kapitel 9 är översatt av

Skogsjordbruk: Heidi Rustanius
Ökning av den biologiska mångfalden: Cecilia Bruncrona
Produktionsvallar: Thomas Antas
Regenerativ odling av grönsaker, rotfrukter och bär: Heidi Rustanius
Regenerativ odling på torvåkrar: Eva Björkas (Svenska lantbrukssällskapens förbund)
Uppgifter: Eva Björkas (Svenska lantbrukssällskapens förbund)

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Kapitel 10 Beakta ekonomin

Jordbrukaren får ofta fundera på utvecklingen av sin gård: är det värt att utvidga, specialisera sig eller fortsätta som förut? De regenerativa jordbruksmetodernas effekter märks redan på kort sikt, men särskilt på lång sikt ser man effekterna i hela jordbruksföretagets konkurrenskraft.

I. Strategisk ledning av gården

Införande av regenerativ odling innebär alltid en utveckling, och i vissa fall även utvidgning och specialisering. I det här sammanhanget ska man komma ihåg att jordbruksverksamheten utöver det viktigaste kapitalet, dvs. jordbruksmarken, också måste bära de övriga kapitalkostnaderna och avkastningskraven i företaget. Varje jordbruksföretag är en helhet av olika delområden och resurser.

Åtgärderna och investeringarna för att förbättra jordhälsan är de viktigaste objekten för planering och kalkylering inom den regenerativa odlingen. En åker i gott skick ger förutsättningar för en god skörd av bra kvalitet. Åkerns grundläggande skick kan också ses som en slags försäkring mot de extrema fenomen som kan förekomma under växtperioden. Grundförutsättningen för en lönsam verksamhet är att intäkterna är högre än produktionskostnaderna. På så sätt säkerställer man också en rimlig återbetalningstid för genomförandet av investeringar och olika åtgärder. Regenerativ odling kräver inte alltid stora investeringar – det går också att komma igång på ett bra sätt med små medel.

I stället för att effektivisera utnyttjandet av en viss del av kapitalet bör man hela tiden se till helheten.

I jordbrukets verksamhetsmiljö, där effekterna av strukturutvecklingen och klimatförändringen framträder såväl globalt som lokalt, måste jordbruksföretagaren ha ledarkompetens och en strategi som tar förändringarna i beaktande. Förändringar i företagets omgivning kräver förmåga att kunna anpassa sig snabbt och hitta nya lösningar och verksamhetssätt. På så sätt säkerställer man produktiviteten och lönsamheten på lång sikt. Den höga kapitalintensiteten i jordbruket ställer sina egna krav på investeringarna och valet av utvecklingsriktning när teknologin utvecklas, vilket möjliggör nya och effektiva verksamhetssätt. I ett konkurrenskraftigt jordbruksföretag förenas produktion, ekonomi och ledarskap. I ett sådant företag utnyttjas också resurserna optimalt och kostnadseffektivt.

Framtidsutsikterna måste i fortsättningen bedömas ur flera olika perspektiv för att ge stöd för beslutsfattandet. Ett jordbruksföretag ska formulera sin vision, sin strategi och sina målsättningar samt beskriva hur företaget vill se ut i framtiden. Dessutom ska man bedöma möjligheterna och hoten i anslutning till företagsverksamheten, samt sannolikheten för att riskerna förverkligas.

Företagandet utgår ofta från företagarens personliga målsättningar. Det kan t.ex. handla om en passion att få någonting betydelsefullt till stånd, en strävan efter ekonomisk nytta eller vinst, eller en pliktkänsla när det gäller att driva släktens företag vidare. I många fall är det en kombination av alla eller flera av dessa faktorer.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Bild 1. För att framgångsrikt leda ett jordbruksföretag krävs kontinuerligt lärande, förbättring och intresse för den egna branschen och åkrarnas jordhälsa. Att samtidigt leda och arbeta i jordbruksföretaget kräver också flexibilitet, uthållighet och ork i arbete. Genom att lära sig tillsammans får man nya krafter och idéer för utvecklande av företaget. Bild: Eliisa Malin.

Även om företagarens utgångspunkter och motiv varierar, finns det skäl att bestämma en riktning för det egna företaget som korrelerar med de egna intressena och målsättningarna. Riktningen är den vision som styr in företagaren på ny mark och tänder en gnista för företagandet.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Strategiasta tahtotila ja askelmerkit yrityskokonaisuuden johtamiseen

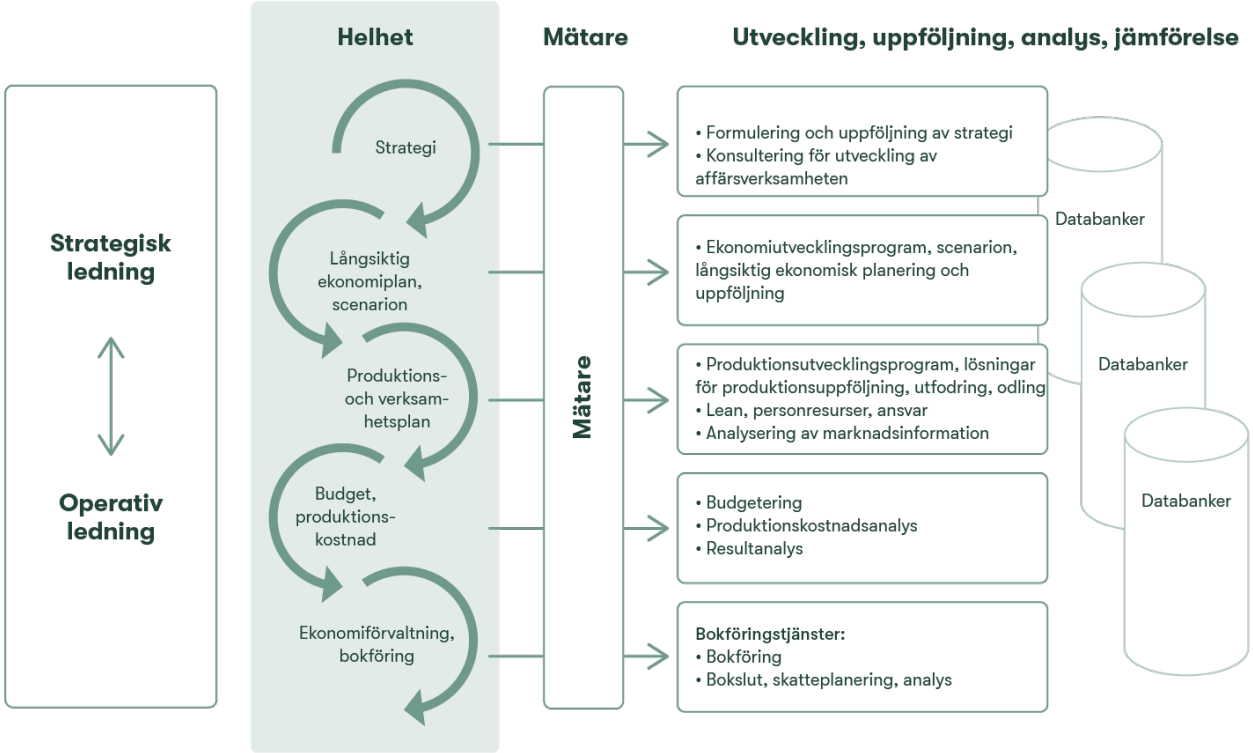


Bild 2. För att kunna greppa gårdshelheten behöver man verktyg och ett fast ledarskap. Det är viktigt att skapa sig en bild av hur de olika verktygen, nyckeltalen och mätarna förhåller sig till varandra. Bild: Ari Nopanen, ProAgria 2020.

Jordbruksföretagets långsiktiga mål och hur de ska uppnås skrivs vanligtvis ned i en strategi. Strategin överförs i ekonomiska termer i form av en långsiktigt ekonomiplan och simuleringskalkyler. Helheten spjälkas upp i produktions- och verksamhetsplaner på års-, månads-, vecko- och dagsnivå, och de anställda får handledning i hur planerna ska genomföras. Uppföljningen av strategin och verksamhetsplanen utgår från en högkvalitativ bokföring och ekonomiförvaltning. Informationen från produktionsprocesserna kopplas till helheten och utnyttjas för produktions- och ekonomiuppföljningen i form av täckningsbidrags- och produktionskostnadskalkyler. Likviditetssituationen följs så nära i realtid som möjligt med hjälp av en budget, där utfallet från bokföringen uppdateras regelbundet.

Företagshelhetens konkurrenskraft ska mätas på alla nivåer. Mätarna väljs företagsvis så att de beskriver utfallet av företagets verksamhet på bästa möjliga sätt, och gör det enkelt för företagaren att leda företaget. Databankerna ger möjlighet till jämförelsedata och benchmarking.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Uppgift 10.1

Fyll i frågeblanketten nedan om nivån på din ledning av företagshelheten. Hur väl beskriver påståendena dig och/eller ditt jordbruksföretag? Mobilanvändare: den interaktiva blanketten stöder inte mobilanvändning, så poängen måste antecknas för hand och räknas manuellt.

Kartläggning av nivån på ledningen av företagshelheten

Om dina svar gav en totalsumma på över 60 poäng är nivån på ledningen av företagshelheten och dig själv högre än genomsnittet.

Om totalsumman av svaren ligger under 60, finns det ingen orsak till oro. Du har alla möjligheter att utveckla verksamheten inom många olika delområden. Det är alltid bäst att börja där påverkningsmöjligheterna och effekterna är som störst. Inom de här delområdena får du troligtvis också den största ekonomiska effekten. Du kan med fördel begära hjälp av sakkunniga för utvecklingen.

Anteckna kortfattat i rutan nedan vilka poäng du fick. Motsvarade resultatet dina egna förväntningar? Vilka faktorer finns det skäl för dig att fästa särskild uppmärksamhet vid i fortsättningen?

Strategin underlättar beslutsfattandet

En strategi hjälper dig att snabbt fatta rätt beslut. En skriftlig strategi är enkel att återkomma till, och ger betydande mervärde t.ex. i finansieringsförhandlingarna med banken. När strategin formuleras gör man en så noggrann analys som möjligt av nuläget i företaget och dess omvärld. Därefter ställer man upp mål för en tidsperiod på 5–10 år och definierar vilka ”matcher som måste vinnas”, eftersom de hindrar eller bromsar uppfyllandet av målen. Utan framgångsfaktorer hos företagaren eller i företaget, antingen sådana som redan finns eller som kan skaffas, vinner man inga matcher. Uppgörandet av strategin innefattar vanligtvis 1–3 alternativa realiseringsmodeller, genom vilka målsättningarna kan uppfyllas. Riskerna och lämpligheten för de olika alternativen bedöms med hjälp av kalkyler och scenarioanalyser. Efter att det bästa alternativet har valts ut gör man upp en affärsplan med riskanalys och mer ingående kalkyler.

Regenerativ odling utgår från en strategi

Införandet av regenerativ odling är ett strategiskt val i jordbruksföretaget, och bör grunda sig på en noga övervägd strategi. På så sätt undviker man felinvesteringar, och får en tillräcklig ekonomisk ersättning för den eventuella risken.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Bild 3. Införandet av regenerativ odling kan medföra stora investeringar, men det kan också göras med befintliga resurser eller ett effektivare utnyttjande av resurserna. Frukterna av en god planering plockas så småningom i form av en lönsam produktion. Bild: Emma-Maria Anttila.

Strategiprocessens förlopp

1. Definiera jordbruksföretagets och företagarens värdegrund. Vilka är de yttre ramarna när det gäller företagets framtid? Vad är du inte beredd att förhandla om?
2. Identifiera drivkraften. Vad är det du vill så mycket att det är viktigare än allt annat? För att uppnå de här sakerna är du beredd att ge avkall på andra önskemål. Det här blir din strategiska drivkraft.
3. Definiera missionen. Varför finns företaget till? Vilken är företagets ”högre uppgift”?
4. Analysera verksamhetsmiljön och dess mikro- och makrofaktorer. Skapa en bild av den verksamhetsmiljö företaget ska anpassas för att verka i. Skissa upp de alternativa framtidsutsikterna på ett konkret sätt.
5. Analysera nuläget i företaget. Var är du nu? Hur går du vidare, och med vilka resurser? Hur är det med lönsamheten i produktionen, den ekonomiska ställningen, kompetensen och orken, arbetskraften och ledningspraxis? Gör en djupanalys av företagets nuläge och verksamhetssätt.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

6. Skapa en vision. Vart är du på väg? Hur ser ditt företag ut efter 5–7 år?
7. Fundera på dina strategiska teman. Genom strategiska teman styrs företagarens arbete till de uppgifter som företagaren och de anställda ska satsa på i fortsättningen.
8. Upprätta en färdplan och välj vilka mätare som ska följas. Färdplanen berättar vilka skeden jordbruksföretaget ska gå igenom för att uppnå sin vision och uppfylla sina strategiska mål. Den delar in arbetet i faser, sätter tidtabellen för de stora åtgärderna och håller företagaren på rätt spår.
9. Verkställ planen för genomförandet med stöd av sakkunniga, och säkerställ att strategin överförs till handling och uppfyllda målsättningar.
10. Följ upp genomförandet av strategin med de mätare som fastställdes under processen.

En lyckad strategi förändras kontinuerligt i takt med förändringarna i verksamhetsmiljön. Uppföljningen av strategin, resultaten och verksamhetsmiljön måste ske fortlöpande.

Från strategi till praktisk handling

Strategin omsätts i praktisk handling genom att man gör upp ett investeringsprogram och ställer upp ungefärliga resultatmål för de kommande åren. Dessutom krävs, i synnerhet när verksamheten utvidgas, ofta en utveckling av personalledningen samt kompetens inom finansiering och ekonomi - riskbedömningen inte att förglömma. De strategiska valen förutsätter att jordbruksföretagaren har kompetens att leda förändringen.

II. Ekonomisk styrning

En grundläggande förutsättning för företagsverksamhet är att lönsamheten, likviditeten och soliditeten upprätthålls kontinuerligt. Den ekonomiska framgången i ett jordbruksföretag beror på lönsamheten, men för att verksamheten ska kunna fortgå måste likviditeten och soliditeten vara i balans.

En jordbruksföretagare måste själv ta på sig flera olika roller i sitt företag. En av de mest centrala är rollen som ekonomichef, med ansvar för den ekonomiska styrningen och administrationen av företagshelheten.

En jordbruksföretagare behöver ha tillgång till all data som samlas in i företaget för att kunna fördjupa sig i de ekonomiska realiteterna, produktionsnivåerna och effektiviteten, möjligheterna i verksamhetsmiljön, hoten och de risker som påverkar företaget. Företagaren kan inte stöda sitt beslutsfattande på data som inte finns, eller som är oklar och sporadisk. I ett företag samlas data in från många olika källor, och konkurrenskraften är beroende av hur man lyckas med att få ut den väsentliga informationen ur dataströmmarna. När det här kombineras med en ständigt föränderlig verksamhetsmiljö behöver man allt bättre metoder och kompetens för att förutspå det kommande, liksom också förmåga att styra affärsverksamheten i den riktning som fastställts i strategin.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Vad är konkurrenskraft?

Konkurrenskraft är förmågan att producera skörd med lägre kostnader än övriga producenter, eller uppnå en högre total avkastning med samma kostnader. Det kan också vara en förmåga att bättre än andra reagera på förändringar på marknaden. Ur den regenerativa odlingens perspektiv inbegriper en god konkurrenskraft också resiliens, dvs. förmågan att hantera förändringar och anpassa sig till dem.

Det är förståeligt att alla jordbruksföretagare inte upplever siffror och ekonomiska frågor överlag som det mest meningsfulla i företagsverksamheten. I så fall kan det vara värt att utlokalisera ekonomiförvaltningen, och också annars överväga hur man så smidigt som möjligt kan följa och planera ekonomin. Bäst fungerar det i samarbete med ett team av sakkunniga som stöder odlaren, och som kan bestå av t.ex. en bokförare, en sakkunnig inom ekonomi och produktion samt en sakkunnig inom strategisk ledning. Ekonomin och produktionen samt utvecklingen av företaget kan inte hanteras separat, utan bör ses som en helhet där man utnyttjar den samlade sakkunskapen inom varje delområde. Genom sparringen med teamet utvecklas företagarens kompetens inom ekonomi och företagsledning, och intresset ökar. Den ekonomiska styrningen måste kännas meningsfull.

En målsättning för ekonomistyrningen är att leva i företagets framtid. Det gäller att försöka se hur ekonomin i mitt företag enligt olika mätare ser ut i morgon, nästa vecka, nästa månad, nästa räkenskapsperiod eller om 5–10 år. Man borde dessutom skapa sig framtidsbilder utifrån flera olika scenarion, eftersom det i en osäker omgivning är omöjligt att veta vilket scenario som slår in, eller ens är mest sannolikt. Affärsstrategin lever sida vid sida med den ekonomiska analysen, och de historiska uppgifterna om utfallet i företaget fungerar som kompass och ger ingångsvärden för simuleringarna.

Det finns exempel på företag som gör kontinuerliga scenarioberäkningar. Med hjälp av dem kan företagaren, om en viss omständighet förverkligas, vidta rätt åtgärder och få en ekonomisk nytta. Den tid och de pengar som används för scenarioberäkningen kan då betala sig flerdubbelt tillbaka.

Utan mätare är det svårt att fungera som jordbruksföretagare. Det gäller att veta vad man eftersträvar, med vilka metoder man kan nå dit samt hur utvecklingen och resultatet kan följas upp.

De långsiktiga målen baserar sig oftast på en strategi, enligt vilken man plockar ut de mätare som ska följas. Helheten följs upp med en bokföring så nära i realtid som möjligt, och vid sidan av den ger budgeten stöd för prognostiseringen av de kommande periodernas likviditet.

Till ekonomichefens roll hör alltså betydligt mer än att bara hålla koll på siffrorna. I den accentueras synen på företaget som en helhet, där de ekonomiska och de reella processerna är kopplade till varandra. Arbetet sker också i olika tidsperspektiv, då man följer upp resultatet i den tidigare verksamheten, följer med nuläget i företaget och gör upp scenarion för framtiden. När man börjar iaktta sitt eget jordbruksföretag ur ett dylikt helhetsperspektiv blir sannolikheten för

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

att de uppställda målen ska uppnås genaste betydligt större. Dessutom blir arbetet intressant, givande och mycket lärorikt.

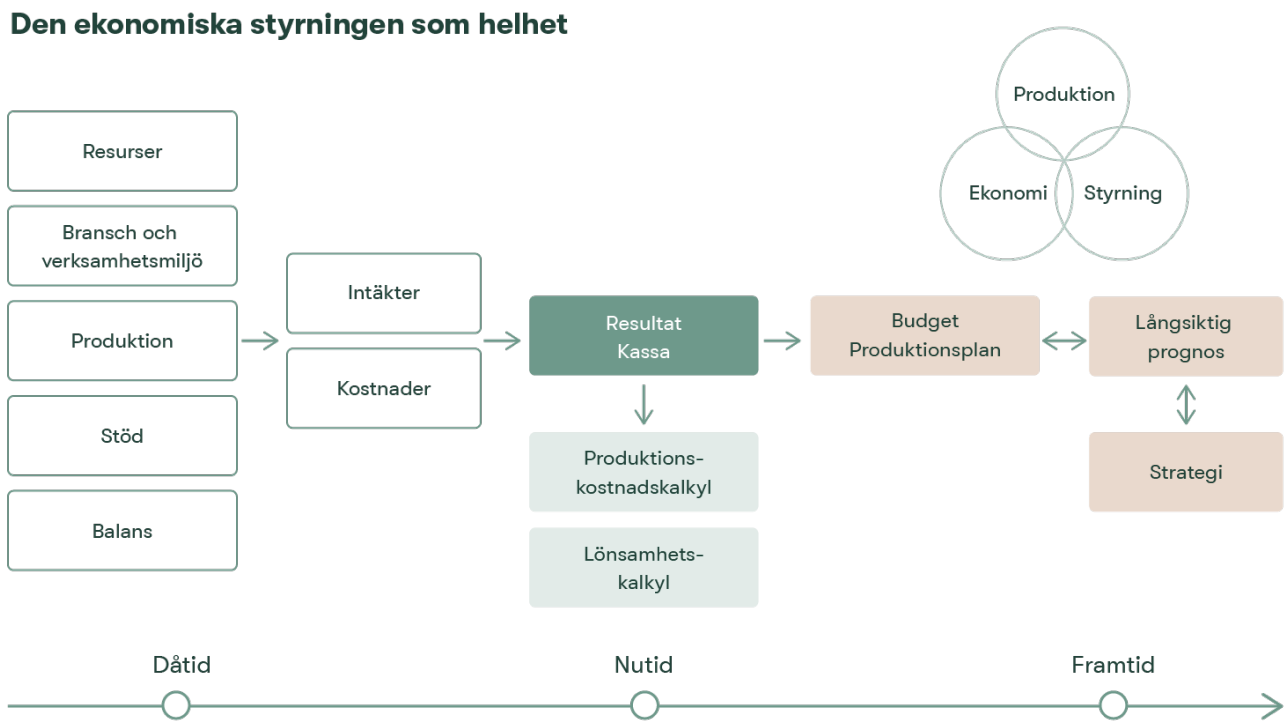


Bild 4. Ekonomistyrningen sker i tre olika tidsperspektiv: dåtid, nutid och framtid. Bild: Ari Nopanen, ProAgria 2020.

Det centrala i nutiden är kassaförvaltningen och resultatet. Varje företag genererar pengar i kassan genom olika slags intäkter. Kassans storlek beror på den valda produktionsinriktningen, effektiviteten, resurserna, situationen i verksamhetsmiljön, stödintäkterna samt balansen. Dessutom påverkas kassans storlek av hur intäkterna och kostnaderna infaller tidsmässigt. I fråga om kassaförvaltningen är tidsaspekten ytterst väsentlig. Om intäkterna och kostnaderna infaller på olika tider kan det uppstå en likviditetskris, trots att verksamheten i sig är ekonomiskt hållbar.

Det viktiga när det gäller balansen är andelarna av eget och främmande kapital, samt om de tidigare räkenskapsperioderna har genererat vinst eller förlust. Det är viktigt att ge akt på förhållandet mellan eget och främmande kapital t.ex. genom att följa med självförsörjningsgraden.

Det är av avgörande betydelse att känna till vilka kostnader som påverkar företagets verksamhet, eftersom de utgör grunden för de ekonomiska beslut som fattas. Kännedom om vilka delar av verksamheten som är lönsamma, mindre lönsamma eller förlustbringande är till hjälp vid utvecklingen av företaget och planeringen av verksamheten.

Alla skeden hänger tätt ihop

Under räkenskapsperioden och efter räkenskapsperiodens slut kan ekonomin granskas t.ex. med hjälp av lönsamhetskalkyler och produktionskostnadskalkyler. Den kommande räkenskapsperioden planeras genom budgetering i kombination med en verksamhets- eller

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

produktionsplan. Planeringen på längre sikt görs i form av en strategi med olika scenarion. Det är fråga om en företagshelhet där produktionen, ekonomin och styrningen går hand i hand.

Lönsamhet, likviditet och soliditet

Grundförutsättningen för ekonomisk framgång på lång sikt är en lönsam produktion, som ger en tillräcklig intern finansiering för företagets verksamhet. Företagets lönsamhet påverkar den interna finansieringen, som är en central faktor för likviditeten.

Lönsamhet = företagets förmåga att generera högre intäkter än kostnader, så att samtliga förverkligade intäkter täcker samtliga produktionskostnader.

Likviditet = företagets förmåga att med sina inkomster betala sina utgifter på kort sikt.

Soliditet = företagets ekonomiska ställning på lång sikt. Soliditeten avser förhållandet mellan eget och främmande kapital, vilket beskriver betalningsförmågan på lång sikt.

Intern finansiering = fås när utgifter, ränteutgifter och skatter dras av från inkomsterna.

Självförsörjningsgrad = förhållandet mellan eget och främmande kapital.

Lönsamhet

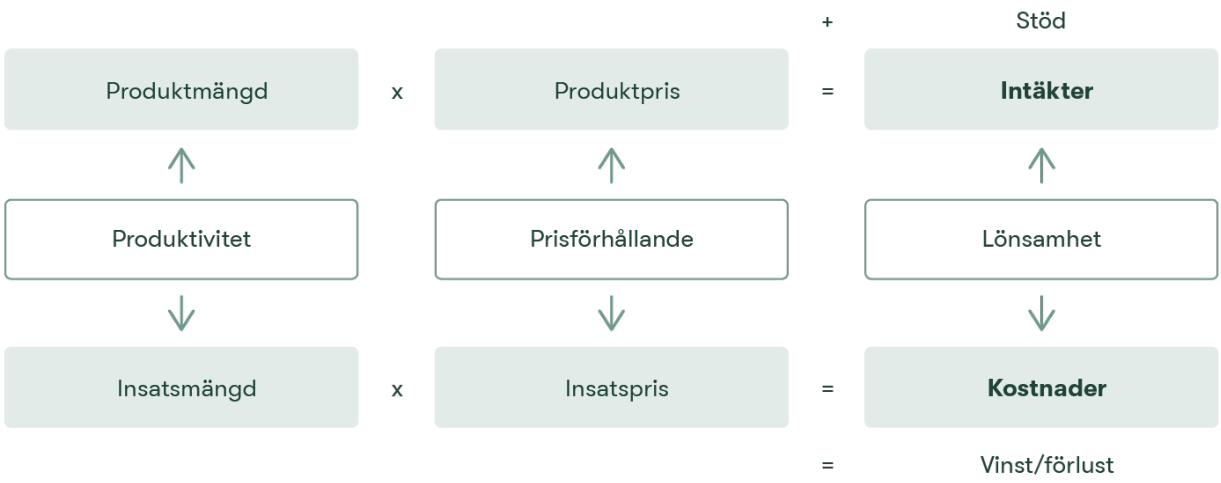


Bild 5. Med lönsamhet avses att de totala intäkterna räcker till för att täcka alla produktionskostnader. Bild: Ari Nopanen, ProAgria 2020.

De totala intäkterna räknas ut genom att produktmängden multipliceras med produktpriset. I intäkterna beaktas dessutom bl.a. stöden. Kostnaderna räknas i sin tur ut genom att den använda insatsmängden multipliceras med insatspriset. Lönsamheten baserar sig på företagets

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

produktivitet samt på prisförhållandet. Företag som har en effektiv verksamhet kan producera samma produktmängd med en mindre insatsmängd eller en större produktmängd med samma insatsmängd. En god produktivitetsnivå är en viktig förutsättning för en lönsam verksamhet. Företagaren kan med sina egna åtgärder i stor utsträckning påverka produktiviteten, och därigenom också lönsamheten.

Prisförhållandet handlar om huruvida de produktionsinsatser som köps in till gården, såsom foder eller gödselmedel, är förmånliga eller kostsamma i förhållande till produktens pris. Om prisförhållandet är dåligt, dvs. produktionskostnaderna stiger utan att produktpriserna stiger, har detta en direkt negativ inverkan på lönsamheten. Förändringar i prisförhållandena påverkar också insatsernas optimala användning och bruksmängder. Företagare kan påverka prisförhållandet bland annat genom sina förhandlingsfärdigheter, det vill säga till vilket pris de lyckas köpa in produktionsinsatser till sitt företag. Prisförhållandet påverkas också av gårdens storlek. Större produktionsmängder och högre produktkvalitet ger möjlighet att få ut ett bättre produktpris, och inköp av stora insatsmängder sänker i sin tur enhetspriset. Företagarens möjligheter att påverka produktiviteten och effektiviteten är dock större än möjligheterna att påverka prisförhållandet.

Likviditet

Likviditeten handlar om att företagets inkomster ska räcka till för att ta hand om utgifterna på kort sikt. När likviditeten är i skick räcker företagets medel kontinuerligt till för att fullgöra betalningsskyldigheterna. På kort sikt är god likviditet en viktigare faktor än lönsamheten. Med god likviditet säkerställer företaget att man vid behov kan utnyttja köptjänster.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Bild 6. Likviditeten gör det möjligt att utnyttja köptjänster även för akuta behov. Bild: Eliisa Malin.

Soliditet

Soliditeten beskriver företagets finansiering på lång sikt. Soliditeten avser förhållandet mellan eget och främmande kapital, vilket beskriver betalningsförmågan på lång sikt. Med eget kapital avses de medel som ägaren har placerat i sitt företag. Företagets lånefinansiering från utomstående aktörer kallas främmande kapital eller skuld. Ju solidare företaget är, desto större är andelen eget kapital i förhållande till lånat kapital. Vid bedömningen av soliditeten måste man ta i beaktande att en svag eller kraftigt varierande lönsamhet i princip förutsätter en högre soliditet än en god eller jämn lönsamhet. Soliditeten kan förbättras genom att man utökar en lönsam verksamhet eller bromsar upp tillväxten i ett företag som växer för snabbt. En ökning av det egna kapitalet t.ex. genom privata insättningar ökar också soliditeten.

Intern finansiering

Den interna finansieringen ska täcka låneamorteringar, privatkonsumtion, investeringar och momsbetalningar. Ju mindre lönsamt ett företag är, desto mindre intern finansiering producerar företaget, vilket i sin tur försämrar likviditeten. Företaget behöver då extern finansiering och

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

tvingas skuldsätta sig, ifall ägaren inte har möjlighet till tilläggsinsättningar. Skuldsättningen försämrar soliditeten, men ibland är också investeringar som försämrar likviditeten motiverade.

Ekonomisk planering

Blankett 2	Resultaträkning	Budget
Jordbruk **Beskattningsresultat**	**Lönsamhet**	**Likviditet**
+ Intäkter	+ Intäkter	+ Inkomster
+ intäktsföring av utj.reserv.	- Kostnader	+ Ränteinkomster
- Kostnader	- Företagarfamiljens lönekrav	+ Försäljning av egendom
- Skatteavskrivningar	-+ Lagerförändring mm.	+ Lyfta lån
- Gjord utj.reservering	= Driftsbidrag	+ Privata insättningar
= Vinst/förlust	- Avskrivningar	- Utgifter
+- Rättelseposter	= Rörelseresultat	- Ränteutgifter
- Räntekostnader	+ Ränteintäkter	- Skatter
= **Jordbrukets resultat**	- Räntekostnader	- Amorteringar på lån
	- Skatter	- Investeringsutgifter
	= Nettoresultat	- Privata uttag
	- Räntekrav på eget kapital	= **Över-/underskott**
	= **Företagarens vinst**	

Bild 7. Den ekonomiska planeringen och uppföljningen kan göras på många olika sätt. Det mest bekanta är säkert skattedeklarationsblankett 2 som görs upp i samband med jordbrukets bokslut. Resultaträkningen ger en bild av företagets lönsamhet, och budgeten beskriver likviditeten. Jordbruksbeskattningen ger möjlighet att utnyttja olika medel för att förändra resultatet, såsom utjämningsreserveringar och avskrivningar. I resultaträkningen beaktas också avskrivningarna som inte betalas ut från kassan, samt förändringar i lager mm. I budgeten och likviditetskalkylen följer man med penningströmmarna till och från kassan. Budgeten är det viktigaste hjälpmedlet för planering och uppföljning av ekonomin på kort sikt. Bild: Ari Nopanen, ProAgria 2020.

Beräkning av nyckeltal

Nyckeltalen för lönsamheten, likviditeten och soliditeten kan enkelt räknas ut t.ex. utgående från den bekanta skattedeklarationsblankett 2 för jordbruk med hjälp av följande formler:

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Från blankett 2 kan man räkna ut

- **Kostnadskvot** = (Korrigerade utgifter / Inkomster totalt) * 100 %
  Korrigerade utgifter = utgifter totalt - avskrivningar - räntor på utjämningsreserveringar
- **Driftsbidrag** = (Inkomster totalt - korrigerade utgifter - eget lönekrav)
  Eget lönekrav = behov av överföring till privathushållet
- **Driftsbidrag %** = (Driftsbidrag / Inkomster totalt) * 100
- **Nettoresultat** = (Driftsbidrag - avskrivningar - räntor - skatter)
  Skatter = förskottsskatter
- **Nettoresultat** % = (Nettoresultat / Inkomster totalt) * 100
- **Finansieringsresultat** = (Nettoresultat + avskrivningar)
- **Finansieringsresulta**t % = (Finansieringsresultat / Inkomster totalt) * 100
- **Kassarest** = (Finansieringsresultat - amorteringar på lån)
- **Kassarest %** = (Kassarest / Inkomster totalt) * 100 < 5 %* > 10 %**
- **Skuld/Driftsbidrag** > 6* < 3**
- **(Skulder/Inkomster totalt) * 100 %** > 200 %* < 100 %**

*svagt resultat, **bra resultat

Du kan räkna ut de motsvarande nyckeltalen för den senaste räkenskapsperioden i ditt eget jordbruksföretag, och därefter också för de två föregående räkenskapsperioderna. På det sättet får du en bild av hur ekonomin har utvecklats i ditt företag under en treårsperiod, utgående från de centrala nyckeltalen. Fortsätt att följa upp ekonomin efter räkenskapsperiodens slut, och sträva efter att göra tätare uppföljningar med t.ex. tre månaders mellanrum.

Investeringarnas betydelse

Utveckling och nya inriktningar i affärsverksamheten innebär ofta investeringar. Om företagets ekonomi i nuläget är på en god nivå innebär övergången till en ny produktionsinriktning eller bransch en mindre risk än om soliditeten och likviditeten är svag. En god ekonomisk ställning gör det möjligt att genomföra mindre investeringar med intern finansiering, och finansiärerna är också mer positivt inställda till större investeringar. Om företaget frångår sin långsiktiga investeringsplan och helt låter bli att investera, stiger investeringsbehovet i något skede till en nivå som inte är hanterbar. En jordbruksföretagare bör planera varje investering noga, beräkna investeringens inverkan på likviditeten och lönsamheten samt budgetera inkomst- och utgiftsströmmarna vid investeringstidpunkten och därefter.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Bild 8. Om en investering eller större anskaffning verkar förnuftig ur flera perspektiv och enligt kalkylerna samt i huvudsak förbättrar företagets lönsamhet, kan det slutliga investeringsbeslutet fattas. I annat fall är det klokast att skjuta upp investeringen eller avstå från den helt. Husdjuren innebär många fördelar för en gård, men investeringarna måste övervägas noga. Bild: Eliisa Malin.

Reservera tillräckligt med tid för investeringsplaneringen

En investering bör ha en rimlig återbetalningstid, och alla investeringar bör föregås av en omfattande planering under tillräckligt lång tid. Genom omfattande riskkalkyler hittar man de gränser för pris- och produktionsfaktorerna inom vilka likviditeten och resultatet får variera utan att den ekonomiska ställningen äventyras. Innan det slutliga investeringsbeslutet fattas måste företagaren hinna stanna upp för att tänka igenom sina känslor inför investeringen.

Finansiärer och övriga samarbetspartner gör sina egna bedömningar av företagarens förmåga att leda den växande enheten. Att genomföra investeringsprocessen, starta upp verksamheten och därefter leda företagsverksamheten med en mångfaldigt större produktion är inte alltid lätt.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Metoder för investeringskalkylering

De centrala verktygen för ekonomisk analys av investeringar är investeringskalkylerna. Med hjälp av kalkylerna kan man jämföra lönsamheten, genomförbarheten och riskerna för olika investeringsalternativ. Syftet med kalkylerna är att ge information som grund för investeringsbeslutet. Det finns många olika slags kalkyler, men här tar vi upp de tre typer som är vanligast och enklast att beräkna. I nuvärdesmetoden och internräntemetoden behöver man diskonteringsfaktorer, som finns färdigt i tabellform för olika räntesatser och tidsperioder. De sakkunniga använder olika slags verktyg och kalkylprogram, där man kan jämföra lönsamheten för olika investeringar samt göra upp en affärsplan för den investering som ska genomföras. Affärsplanen behövs bl.a. för ansökan om investeringsfinansiering från NTM-centralerna och bankerna.

Investeringens återbetalningstid

Återbetalningstiden är en konkret kalkyleringsmetod för att bestämma en investerings finansiella konsekvenser. Med återbetalningstid avses den tid det tar att täcka investeringens anskaffningsutgifter med de inkomster som investeringen genererar. Återbetalningsmetoden förutsätter att företagaren fastställer ett krav för återbetalningstiden, som investeringen ska uppfylla. Investeringsobjektet är godtagbart om återbetalningstiden är kortare än det fastställda kravet.

Exempel. Du köper en ny maskin vars anskaffningsutgift är 40 000 €. Maskinens ekonomiska livslängd är 10 år, varefter maskinens restvärde bedöms vara 5 000 €. Kravet på återbetalningstiden fastställs till 8 år. Den anskaffade maskinen uppskattas ge en årlig nettoinkomst på 5 000 €.

Återbetalningstid för en maskin

År	Investeringsutgift	Nettoinkomst
0	- 40 000	
1		+ 5000
2		+ 5000
3		+ 5000
4		+ 5000
5		+ 5000
6		+ 5000
7		+ 5000
8		+ 5000
9		+ 5000
10		+ 5000

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Maskinens återbetalningstid blir den samma som det fastställda kravet, eftersom anskaffningsutgiften och summan av nettoinkomsterna blir lika stora inom 8 år (anskaffningsutgiften 40 000 € = summan av nettoinkomsterna 40 000 €). Investeringen kan anses som möjlig att genomföra. Om kravet på återbetalningstiden skulle vara kortare än 8 år, skulle investeringsobjektet inte vara godtagbart i enlighet med de fastställda målsättningarna.

Investeringens nuvärde

Nuvärdesmetoden tar hänsyn till förändringen i pengarnas värde över tid, eftersom grundtanken i nuvärdesmetoden är att med hjälp av en kalkylränta omvandla de inkomster och utgifter som investeringen genererar vid olika tidpunkter så att de är jämförbara vid en och samma tidpunkt. Inkomsterna överförs med hjälp av diskontering i allmänhet till investeringstidpunkten, så att de kan granskas sida vid sida med utgifterna. Inkomsterna och utgifterna är då direkt jämförbara sinsemellan.

Exempel. En skördetröska har en anskaffningsutgift på 100 000 €, de årliga nettoinkomsterna under de första 5 åren är 25 000 € och som kalkylräntesats används 5 eller 10 %.

År	Anskaffnings-utgift	Netto-inkomster	Diskonterings-faktor 5 %	Nuvärde	Diskonterings-faktor 10 %	Nuvärde
0	- 100 000					
1		+ 25 000	0,9524	+ 23 810	0,9091	+ 22 728
2		+ 25 000	0,9070	+ 22 675	0,8264	+ 20 660
3		+ 25 000	0,8638	+ 21 595	0,7513	+ 18 783
4		+ 25 000	0,8227	+ 20 568	0,6830	+ 17 075
5		+ 25 000	0,7835	+ 19 588	0,6209	+ 15 523
			Nettoinkomsternas nuvärde, T_0	**+ 108 235**		**+ 94 768**
			Anskaffningsutgift, h	**- 100 000**		**- 100 000**
			Nettonuvärde, NPV	**+ 8 235**		**- 5 233**

Anskaffningen av skördetröskan blir lönsam med en kalkylräntesats på 5 %, eftersom investeringens nuvärde då blir ca 8 200 euro positivt. Redan med 10 % räntesats blir nuvärdet ca 5 200 euro negativt, och investeringen blir då olönsam.

Enligt nuvärdesmetoden bestäms investeringsobjektens interna lönsamhetsordning enligt nuvärdet. Det är värt att granska nuvärdena för olika investeringsobjekt sida vid sida innan det egentliga investeringsbeslutet fattas. Investeringens nuvärde visar på samma gång direkt den ökning av företagets värde (i balansen) som investeringen ger.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Investeringens internränta

Vid beräkning av en investerings internränta söker man efter den räntesats där det diskonterade nuvärdet av investeringens nettoinkomster är lika stort som anskaffningsutgiften. Investeringens nuvärde är då alltså noll. Enligt internräntemetoden är en investering godtagbar om internräntan är minst lika stor som den kalkylräntesats som fastställts som avkastningskrav. Den här metoden för investeringskalkylering ger en procentsats som resultat och beaktar pengarnas värde över tid.

Exempel. Manuell beräkning av internräntan föranleder vissa svårigheter, men genom att pröva sig fram når man ett tillräckligt noggrant resultat. Från exemplet ovan med nuvärdesmetoden och anskaffningen av en skördetröska får vi tillräckliga uppgifter för att beräkna internräntan.

	5% räntesats	10% räntesats
Nettoinkomsternas nuvärde, T_0	+ 108 235	+ 94 768
Anskaffningsutgift, h	- 100 000	- 100 000
Nettonuvärde, NPV	+ 8 235	- 5 233

Med 5 % räntesats är nuvärdet positivt, så vi kan sluta oss till att internräntan är högre än 5 %. Med 10 % räntesats är nuvärdet dock negativt, så internräntan ligger således mellan 5 och 10 %. Om det fastställda avkastningskravet för investeringen är ungefär lika stort kan investeringen ses som lönsam.

Hantering av finansieringsriskerna

Vid större investeringar accentueras behovet av likviditetsplanering och budgetering. Centrala frågor är t.ex. vad det lönar sig och inte lönar sig att investera i, hur länge investeringen kan utnyttjas, vilka investeringskostnaderna är, investeringens inverkan på inkomsterna och utgifterna under och efter investeringen, samt vilken finansiering man ska använda.

För att kunna hantera finansieringsriskerna är det väsentligt att man förhandlar om finansieringen i god tid innan investeringen inleds. I allmänhet finns det skäl att ha en liten buffert i finansieringen för oförutsedda motgångar. Företagets tillväxt och ökningen av produktionen efter investeringen kostar alltid pengar, och det går också åt en del lärpengar.

Vid maskininvesteringar används ofta leasingfinansiering, och en maskin behöver inte nödvändigtvis i något skede vara i gårdens ägo. Maskinanskaffningen ökar då driftsutgifterna, medan köpet av en maskin i sin tur påverka balansen.

En bra strategi bär över svackorna

När ett jordbruksföretag växer, investerar, byter produktionsinriktning och övergår till nya affärsområden hamnar man ofta i ”dödsskuggans dal”. Det här innebär en svacka på 1–3 år i företagets produktion och ekonomi, samt ofta också i företagarens ork. Många företag hamnar

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

typiskt i en svacka till följd av snabb tillväxt, i ett investeringsskede eller i en förändringssituation. Svackorna kan undvikas med en bra strategi och planering.

Beaktandet av osäkerheten är ett viktigt element i den ekonomiska planeringen, eftersom de inkomster som en eventuell investering genererar inte kan prognostiseras exakt. Riskhanteringen är viktig i synnerhet under tiden efter en utvidgning.

Bild 9. Ibland är inte ens en noggrann planering tillräcklig om förväntningarna är för högt ställda, tidtabellen spricker eller det är svårt att hitta duktig och motiverad personal. Ibland går det inte att undvika mindre trevliga överraskningar. Bild: Eliisa Malin.

Den ekonomiska planeringen måste beakta konsekvenserna av investeringsbesluten på lång sikt, vilket gör att förutsägbarheten utgående från den data som finns att tillgå blir lägre än vid planering på kort sikt. Under osäkra förhållanden kan företagaren inte agera lika effektivt som under säkra förhållanden. Investeringsbesluten binder upp företagets resurser för en lång tid framåt, och ett felaktigt beslut kan leda till betydande förluster.

Med hjälp av budgetering och simulering är det möjligt att prognostisera hur ekonomin kommer att utvecklas, och om man dessutom kombinerar det med en beredskapsplan kan riskerna minimeras ytterligare. Det finns också exempel på företag där svackan har blivit ett permanent tillstånd, så att företaget aldrig utvecklas eller når de strategiska målen som planerat. I värsta fall

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

körs likviditeten i botten och företagets tillgångar förbrukas till den grad att man tvingas till företagssanering eller konkurs.

Såg du en ledare i spegeln i morse?

En odlare leder sitt företag varje dag, ofta utan att vara medveten om saken. En kontinuerlig stresskänsla, avsaknad av fritid, felkostnader och missnöjd personal är de första tecken på svårigheter i ledarskapet. Mer långtgående symptom är svårigheter att verkställa beslut i praktiken, oklarhet om företagets utvecklingsriktning, en ostädad gårdsmiljö samt bristande beredskap för snabba omställningar.

Ett systematiskt ledarskap har gett avsevärda förbättringar i det ekonomiska resultatet: arbetet har blivit effektivare, personalen har trivts i sitt arbete och ansträngt sig för att nå de gemensamma målsättningarna och även riskhanteringen har utvecklats.

Det gäller att reservera tid för ledningsarbetet, helst mellan kl. 8 och 16. Det är också värt att ta i bruk dubbel bokföring som ett verktyg för ekonomiförvaltningen. Företagarens eller företagarparets arbetsförmåga och kompetens är ändå de viktigaste resurserna på gården. Ett väl utfört strategiarbete beaktar företagarnas resurser i målsättningarna och skapar förutsättningar för ett lyckligt liv som företagare.

Lär dig mera om holistiskt jordbruk

Holistic Management®, alltså holistiskt jordbruk, är ett ramverk för beslutsfattande, som erbjuder konkreta verktyg för planering och utveckling av verksamheten utgående från gårdens unika situation. Med hjälp av det kan man integrera de olika delområdena inom hållbar utveckling i den dagliga verksamheten på gården. Metoderna inom holistiskt jordbruk har använts runt om i världen i mer än 50 år. Dessa utvecklas ständigt i enlighet med jordbrukarnas behov. Holistiskt jordbruk är ett flexibelt ledningssystem som utnyttjar lokala resurser och skapar välmående för lokalsamhället. Det är fråga om en människocentrerad planeringsprocess som leds av jordbrukaren och utvecklas utifrån dennes behov.

Lär dig mera om holistiskt jordbruk

Förbättrad jordhälsa och iståndsättning av åkrarna ger ekonomisk effekt

Åtgärderna och investeringarna för att förbättra jordhälsan är de viktigaste objekten för planering och kalkylering inom den regenerativa odlingen. En åker i gott skick ger förutsättningar för en god skörd av bra kvalitet. Jordhälsan ska kunna styras på samma sätt som resten av företagsverksamheten.

Centrala investeringar för förbättring av jordhälsan är bl.a. iståndsättning av dikningen, som kan innefatta nackdiken, täckdikning samt reglerad dränering eller underbevattning för att torrlägga

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

eller bevattna åkern. Effektiverad odling och minskad markpackning genom sammanslagning och omformning av skiften skapar möjligheter för att utveckla odlingens lönsamhet ur flera olika perspektiv. Förbättring av bördighetsvärdena och höjning av mullhalten genom tillförsel av organiskt material, val av bearbetningssätt samt korrigering av markpackning ger snabb effekt på avkastningen. Genomförandet av de olika åtgärderna innebär större och mindre investeringar. De ekonomiska effekterna påverkas också av om man använder egna maskiner eller anlitar en entreprenör. Till all lycka är det möjligt att beräkna och bedöma de ekonomiska effekterna av alla åtgärder för att sätta dem i prioritetsordning.

De ekonomiska effekterna av en förbättrad jordhälsa kan enklast planeras och analyseras utgående från en **täckningsbidragskalkyl**, enligt den grundläggande formeln nedan. Utgående från den kan ekonomin bedömas per hektar och för hela åkerarealen.

Täckningsbidragskalkyl

Intäkter
- rörliga kostnader

= **Täckningsbidrag A**
- arbetskostnader

= **Täckningsbidrag B**
- fasta kostnader

= **Täckningsbidrag C**

Täckdikning som exempel

För att fastställa lönsamheten och återbetalningstiden för en täckdikning beräknar man först de totala kostnaderna och kostnaden per hektar för det aktuella täckdikningsobjektet. Ofta är det också möjligt att få investeringsstöd för täckdikningen, vilket kan dras av från de totala kostnaderna. I allmänhet finns det ändå skäl att beräkna kostnaderna såväl med som utan understöd. På det sättet får man en bättre uppfattning om investeringens riskkänslighet.

När hektarkostnaden är klargjord delas den med den valda återbetalningstiden. Täckdikningen ger i bästa fall en effekt som varar i flera tiotals år, men som utgångsläge kan det vara nödvändigt att bedöma återbetalningen t.ex. enligt den lånetid som finansiären beviljar för investeringen. Om vi antar att kostnaden för täckdikningen är 3 500 euro per hektar och återbetalningstiden är 15 år, belastar den produktionskostnaderna med cirka 270 euro per hektar och år när man även beaktar räntekostnaderna för lånet.

Täckdikningen har stor inverkan på åkerns produktionsförmåga: markstrukturen och vattenhushållningen förbättras, arbetenas tidsmässiga placering underlättas samt överlappningarna och packningsrisken minskar. Dessutom ökar åkerskiftets nettoodlingsareal med 5–10 procent till följd av täckdikningen. Den ökade skördepotentialen kan beaktas i intäkterna i täckningsbidragskalkylen, och potentialen utvecklas sannolikt under flera års tid. Täckdikningen ger också en kostnadsbesparing eftersom man kan förbättra skiftets storlek och form, ändra körriktningar och effektivisera maskinanvändningen. Ofta möjliggör täckdikningen också en

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

minskning av produktionsinsatserna. Alla kostnadseffekter bedöms och tas med i täckningsbidragskalkylen som antingen rörliga, arbets- eller fasta kostnader. Därefter ser man om täckningen betalar sig och hur snabbt. Efter det här är det dags att fatta det slutliga investeringsbeslutet samt konkurrensutsätta material och entreprenader.

Andra investeringar för iståndsättning av en åker

På samma sätt som för en täckdikningsinvestering kan man också beräkna lönsamheten och återbetalningen för andra investeringar och åtgärder som påverkar jordhälsan. Hit hör t.ex. alvluckring, anskaffning av breddningshjul, förnyande av bearbetningsutrustningen, sammanslagning av åkerskiften, kulvertering av utfall, utveckling av växtföljden samt planering av åkertrafik och logistik.

Först beräknas de totala kostnaderna för åtgärderna samt kostnaderna fördelade per hektar. Därefter bedömer man avkastningseffekten och eventuella kostnadsbesparingar. Om avkastningsökningen och effekten av kostnadsbesparingarna är större än åtgärdens eller investeringens årliga hektarkostnad är anskaffningen förnuftig. Det är viktigt att komma ihåg att effekterna av så gott som alla åtgärder som förbättrar jordhälsan kommer med flera års fördröjning efter genomförandet, och några snabba vinster gör man knappast på kort sikt. Den största belastningen av investeringar och andra kostnader kommer därför inom 1–5 år efter genomförandet, och först därefter kan man dra nytta av de långsiktiga, positiva ekonomiska effekterna.

Purola och Lehtonen (1 har i sin undersökning beräknat den ekonomiska lönsamheten för korrigering av markpackning. På basis av kalkylerna från undersökningen kan en sanering av åkrarna höja gårdens årliga täckningsbidrag (i genomsnitt under en 30-årsperiod) med 18 €/ha. Saneringsinvesteringens nettonuvärde är således 2,7 procent, och den totala produktionen 3 procent högre än utan saneringen. En korrigering av markpackningen betalar sig alltså tillbaka, men på grund av växtodlingens relativt dåliga lönsamhet är återbetalningstiderna för saneringsinvesteringarna långa. De varierar i genomsnitt mellan 8 och 11 år. Det här innebär att odlaren som har gjort en sanering får tillbaka sina investeringskostnader och förlorade inkomster i inledningsskedet först efter 8–11 år, jämfört med en situation där man inte skulle sanera. Man utgår då från en skördeminskning på 30 procent till följd av markpackningen.

Överlag kan man inte producera stora skördar utan att jordhälsan och markstrukturen är i skick. Investeringens lönsamhet avgörs till stor del av hur åkrarna odlas efter markförbättringsåtgärderna och hur väl den förbättrade produktionspotentialen utnyttjas. En mångsidigare odling kan upprätthålla eller förbättra jordhälsan, samt fungera som ett sätt att sprida riskerna om grödorna är tillräckligt olika.

Uppgift 10.2

Under kursen har vi lärt oss mycket om skötseln av jordhälsan samt olika metoder och arbetsskeden. Arbetet har alltid ett pris. Bekanta dig via länken nedan med

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Arbetseffektivitetsföreningens tabell över kostnader för maskinarbete och statistik över entreprenadpriser 2019.

Sök fram den genomsnittliga entreprenadkostnaden (€, moms 0 %) 2018 för följande arbetsskeden i tabellen. Välj rätt summa.

Spridning av torrgödsel

50,6 €/h 79,8 €/h 92,9 €/h

Sådd av småfrö

35,7 €/ha 55,7 €/ha 76,2 €/ha

Slåtterkrossning av hö och ensilage 300–599 cm

48,0 €/h 67,8 €/h 79,6 €/h

Spolning av täckdiken

32,6 €/h 48,9 €/h 60,5 €/h

Arrenderade åkrar och ägoreglering

Arrenderad mark

Av åkermarkerna i Finland är andelen arrenderade åkrar stor (ungefär en tredjedel) och alltjämt växande i och med jordbrukets strukturomvandling. Markerna som tillhör gårdar som läggs ned kommer inte alltid till salu, utan arrenderas hellre ut, ofta av känslomässiga skäl. Förutom individer kan dödsbon, sammanslutningar eller bolag agera som arrendegivare.

I Finland kan arrendeavtalen vara i allt från ett till t.o.m. tjugo år. De korta arrendeavtalen ärett problem ur markbördighetens synvinkel, eftersom avtalen inte motiverar jordbrukaren att sköta om jordhälsan på åkrarna eller att satsa på deras grundförbättring.

Förbättring av dräneringen, kalkning och andra grundförbättringsåtgärder förblir oftare ogjorda på arrenderad mark än på ägda åkrar. Ur jordbrukarens synvinkel är det markägaren som vinner på grundförbättringsåtgärderna. Eftersom det inte finns garantier på att arrendeavtalen får en fortsättning, är odlarna rädda för att investera i åkrarna för att förbättra skördenivån och jordhälsan.

Grundförbättringsåtgärderna spelar dock en central roll i åkermarkens bördighet och produktivitet. Därför är långa arrendeavtal eftersträvansvärda. I arrendeförhandlingarna måste man framhäva kostnaderna för grundförbättringsarbetet, men också den nytta det medför för åkermarkerna och miljön. Arrendatorn och arrendegivaren kan tillsammans ställa upp mål för

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

iståndsättningen av åkrarna. Det vore bra ifall arrendegivaren kunde beakta de förbättringsarbeten som gjorts av arrendatorn i arrendeförhållandets längd och arrendeavgiften.

Uppgift 10.3

Bekanta dig med bilagan till arrendeavtalet: ”Skötsel av jordhälsa”. Kunde du tänka dig att använda det som en bilaga till dina arrendeavtal? Skulle ett noggrannare avtal förbättra jordhälsan på dina egna arrendeåkrar? Skulle det underlätta samarbetet med arrendegivarna? Fundera på frågorna och skriv svaren i lådan här under.

Ägoreglering

Åkrarna är ofta svårskötta på grund av deras läge i förhållande till driftscentret. En fragmenterad och dålig ägostruktur och strukturomvandlingen av jordbruket gör det svårt att utveckla gårdarna och öka odlingsarealerna. På detta sätt har dålig ägostruktur en inverkan på åkrarnas bördighet och produktionens lönsamhet.

Ägoreglering är fortfarande en sällan använd metod, som kunde utnyttjas för att utveckla jordbrukens ägostruktur och markanvändning. Odlingen kunde underlättas avsevärt genom att samla de utspridda skiftena så att de blir enhetligare och kommer närmare gårdens driftscentrum. Då storleken på skiftena ökar kan man också utnyttja ny teknik mera effektivt. Det underlättar bland annat ibruktagandet av automatstyrning och precisionsjordbruk.

Ägoregleringsverksamhet förutsätter ett tätt samarbete mellan markägare, olika föreningar, lokalbefolkningen, entreprenörer och myndigheter. Nyttorna av regleringen märks på gårdarna snabbt.

Den biologiska mångfalden kan lida av att mängden åkerrenar och tegdiken minskar. Däremot kan man i samband med ägoregleringen anlägga våtmarker eller andra skyddsområden. Regleringen kan dock präglas av en del risker för växtskyddet, så som förekomsten av flyghavre. Att byta från de egna rena åkrarna till grannens åkrar med flyghavre är inte ett lätt beslut, och i värsta fall kan det hindra en fortsatt produktion av utsäde.

Trots dessa utmaningar kan man uppnå miljönytta till exempel i form av mindre koldioxidutsläpp. Trafiksäkerheten ökar då det förekommer färre långsamma fordon på vägarna. Miljönyttorna uppnås genom den förbättrade jordhälsan i mer välskötta åkrar. Att skiftena befinner sig närmare driftscentrum innebär också betydliga inbesparingar för jordbrukaren. Som bäst ger ägoregleringen långvarig nytta både för odlaren och miljön.

Det är skäl att utreda om ägoregleringen påverkar åkerstöden innan man gör beslut om saken.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Att byta skiften

Alltid finns det inte passliga skiften att arrendera eller att köpa. Ägoregleringar är omfattande och svåra processer. De kräver en hel del avtal och planer och erbjuder därför inga snabba lösningar.

Ofta kan lösningen bestå av att byta skiften. Att byta skiften är ett snabbt och enkelt sätt att göra ägostrukturen mer fungerande. Avtalet föds ofta i god anda och den är lätt att häva vid behov. Byte av skiften är en administrativt sett lätt metod för att få odlingarna på rätt typ av marker och närmare driftscentrum.

Bild 10. Mika och Eliisa Malin odlar havre, råg och baljväxter i Vichtis. Betande djur har lånats in på gården från grannens mjölkgård. Bild: Eliisa Malin.

På vår ekologiska gård Vierelä i Vichtis producerades vitlök för livsmedelsbruk i stor utsträckning och som kontrollerad sättlök fram till år 2013. På den tiden fanns det inte tillräckligt med passliga skiften på gården. Som tur kunde vi komma överens om ett skiftesbyte med grannen. Grannen hade ett skifte med finmojord på åstranden, vilket var passande, eftersom bevattning är väldigt viktigt vid odling av vitlök. I utbyte fick grannen bra spannmålsåkrar som låg längre bort från vårt driftscentrum. Nuförtiden äger vi strandskiftena då grannen lagt ned sin jordbruksverksamhet. Den nya samarbetsformen med närliggande gårdar är att låna djur. Kvigorna kommer ut på betesmarkerna och vår verksamhet gynnas av betesgångens nyttor.

–Jordbrukaren Eliisa Malin, Vichtis

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

III. Kolmarknader

Kompensation på basis av kolinlagring i åkermarken

Kolinlagrande jordbruk kan erbjuda ekonomiska incitament för jordbrukare på två olika sätt: 1) som en ökning av skördarna och förbättring av odlingssäkerheten samt 2) pengar som ersättning för producerade kolkrediter. Ekonomer har redan länge utvecklat kolmarknaderna och deras betalningssystem. Avtalen med odlaren kan göras antingen på basis av areal eller på basis av resultat enligt den verkliga mängden inlagrad kol.

I Australien, Kalifornien och Österrike finns det redan kolkompensationssystem riktade till jordbrukare, och dylika utvecklas i flera andra länder. Kompensationssystem utvecklas för tillfället också i Finland som en central del av Carbon Action-forskningen.

När man når det skede där man kan namnge åtgärderna som lämpar sig för kolinlagring, kan man också gå vidare på den ekonomiska sidan. Idag vet man mycket om kolinlagring, men forskningsarbete pågår för att samla mer exakt kunskap i ämnet.

Att skapa ett fungerande kompensationssystem kräver en hel del kunskap. Forskningsbaserad modellering som kontinuerligt uppdateras fungerar som grund för kompensationssystemens utvecklingsarbete. Odlarnas erfarenhetsbaserade kunskap och försöken som utförs på åkrarna är en väsentlig del i utvecklingen av systemet.

Hur kan man få inkomster av kolinlagrande jordbruk?

Det finns en stor mängd frågor som måste tas i beaktande i planeringen av kompensationssystem för kolinlagrande jordbruk. För det första måste man tänka på vem det är som betalar odlaren. Det finns två instanser som potentiellt kunde fungera som betalare:

1. Samhället. Ur ett globalt, EU:s och nationellt perspektiv är det nödvändigt att uppnå klimatmålen och därför har samhället ett intresse i att agera som betalare. En metod kan till exempel vara EU:s gemensamma jordbrukspolitik, alltså CAP-politiken.
2. Företagen. Företag vill gärna visa samhällsansvar eller konkurrera med hjälp av sin verksamhets miljöpåverkan. I det senare fallet minskar företagen sina egna utsläpp så mycket det är möjligt inom ramarna för rimliga kostnader. Efter det måste de köpa utsläppsminskningar av andra aktörer. Flygtrafiken kommer inom de närmaste åren att vara en stor köpare av utsläppsminskningar, eftersom flygtrafiken förbundit sig att minska sina utsläpp. Ifall företagen skulle vara betalare, skulle det leda till en frivillig kolbörs eller kolmarknader, priset på kompensationen skulle grunda sig på efterfrågan och utbud. En försäljningsduglig utsläppsminskning produceras genom att minska utsläppen så att de underskrider basnivån. Med basnivån menas den nivå på utsläpp eller sänka som den rådande CAP-politiken definierar. Tanken är att CAP-politiken utgör ramarna för den normala verksamheten. Åtgärder som vidtas inom CAP kompenseras med jordbruksstöd och det inte är meningen att samma utsläppsminskningar kompenseras två gånger.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Centrala begrepp inom kompensationssystem för kolinlagring

Genom kolinlagrande jordbruk kan man producera antingen utsläppsminskningsenheter eller kolsänkekrediter. I bägge fall lagras kol i marken med hjälp av odlingsmetoder. Dessa enheter behandlas olika på marknaden.

Utsläppsminskningsenhet = enhet, som motsvarar minskning som överskrider baslinjen på 1 t CO_2, alltså en additionell utsläppsminskning. Utsläppsminskningen måste fastställas på något sätt. Industrins utsläppsminskningar kan verifieras av företag som utför verifieringar. Inom jordbruk kan verifieringen komma ifrån forskning som visar på vilka metoder som får kolet att lagras i marken.

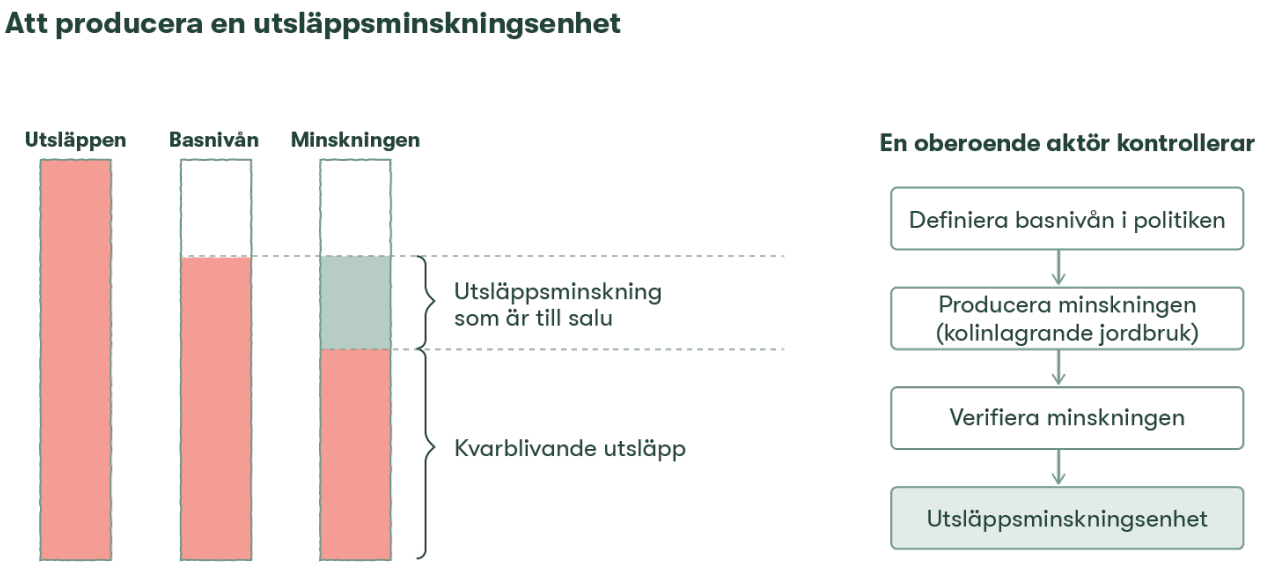


Bild 11. En försäljningsduglig utsläppsminskning produceras genom att minska utsläppen så att de underskrider basnivån. Med basnivån menas den nivå på utsläpp eller sänka som den rådande CAP-politiken definierar. Bild från källa 2.

Kolsänkekredit = enhet som representerar en additionell och permanent utsläppsminskning som överskrider baslinjen med 1 t CO_2.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

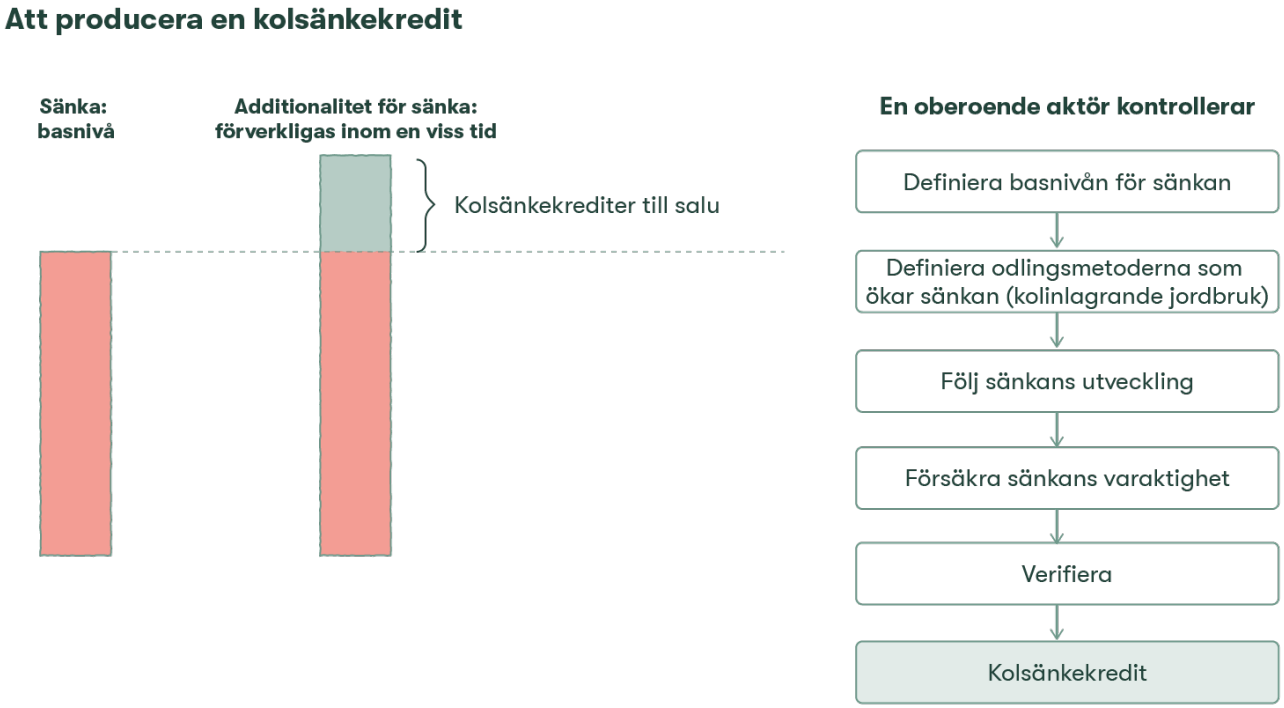


Bild 12. En kolsänkekredit produceras genom att öka det aktuella kollagret över den uppskattade basnivån. Utmaningar för kolsänkekrediter: fördröjning, additionalitet och varaktighet samt osäkerheten gällande dessa. Att producera en kolsänkekredit kräver mer än att man binder ett ton kol. Bild från källa 2.

Baslinje= utvecklingen av jordbrukets kolutsläpp utan riktade eller nya utsläppsminskningsåtgärder

Koldioxidekvivalent = Olika växthusgaser har olika **uppvärmningspotential** (GWP, Global WarmingPotential). **Koldioxidekvivalent** (CO_2-ekv.) används för att beräkna den kombinerade effekten av olika växthusgasutsläpp på klimatförändringen. Vid beräkning av utsläpp uttrycks koldioxidekvivalenterna som en massa så, att effekten av andra växthusgaser har omvandlats till att motsvara uppvärmningseffekten av koldioxid under en 100-årig granskningsperiod. GWP för koldioxid är således 1, medan exempelvis metanutsläpp multipliceras med koefficienten 28 – 34 och dikväveoxidutsläppen med koefficienten 265 – 298. (3

Kol, koldioxid eller organiskt material?

Det ingår en hel del termer i kolinlagrande jordbruk, kolinlagring och kolmarknader som kan kännas svåra, men som man måste behärska för att förstå saken i sin helhet. Bekanta dig med enheterna och begreppen noggrannare i kolterminologin.

Vad krävs på marknaden: hur länge måste kolet stanna i marken?

Det kommer att vara viktigt att kunna definiera hur länge kolet ska stanna i marken för att få en ersättning, när utbetalningen av ersättningar för kolinlagrande jordbruk sätter i gång. Enligt preliminära uppgifter kan kol inlagras i marken under mycket långa tidsperioder, förutsatt att man sköter om att kolet stannar i marken.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Alla kolmarknader grundar sig på relativt långvariga avtal. Avtal som bara omfattar några år räcker inte till. Utsläppshandeln i Kalifornien kräver att kolet lagras i marken i hundra år. System kan också utvecklas så att de beaktar den tid som kolet stannar i marken, och sedan kan man se hur detta kan tas med i beräkningarna. I kortvariga avtal är kompensationen mindre än i långvariga avtal.

I USA har det så kallade kolläckage-fenomenet visat sig vara mycket viktigt: kol får inte läcka ut från andra ställen ifall åtgärder gjorts på en viss åker. Om till exempel odlarens skördenivå sjunker som ett resultat av kolinlagrande jordbruk, är det inte befogat att röja på andra ställen för att uppnå samma skördenivå, eftersom röjning alltid ger upphov till koldioxidutsläpp. Jordbrukaren kan inte röja nya åkrar och motta kompensation för kolinlagring samtidigt, eftersom integriteten inte i sådana fall uppfylls, vilket i sin tur betyder att ersättningen inte är motiverad. I ett annat exempel har spannmålsåkrar omvandlats till vallåkrar i syftet att delta i kolmarknaden. Detta leder till att priset på spannmål stiger och därför röjs nya åkrar upp för att producera spannmål. När kolsänkekrediter tillhandahålls får inte sådana koldioxidläckor uppstå. Att bygga upp kompensationssystemen kräver således stor noggrannhet.

Klimatsmarta kolsänkekrediter

- Additionalitet: kolsänkekrediter utbetalas endast för additionell kolinlagring i förhållande till den godkända referensnivån.
- Mätbarhet: man måste kunna mäta mängden kol som inlagrats från atmosfären på ett noggrant och pålitligt sätt.
- Varaktighet: kolet bör lagras i marken under en lång tid; kolet tenderar att frigöras från sänkan med tiden. Man bör implementera sådana odlingsmetoder som säkerställer en långvarig kolinlagring.
- Verifierbarhet: kolinlagringen måste vara beräkningsmässigt transparent och verifierad av en extern aktör.
- Klimatintegritet (dvs. okränkbarhet): Den producerade kolsänkekrediten bör inte leda till att kolsänkorna minskar någon annanstans.

Ersättning enligt areal eller resultat?

1) Avtal enligt ton

Ersättning €/t C additionell kol i marken och underhållet av det under avtalstiden

Informationskrav:

- kollager/kolinlagringens referensnivå
- kolinlagringen och hur den utvecklas över tid
- sättet som kolinlagringen och dess baslinje definieras på

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

I denna resultatbaserade avtalsmodell börjar man med att mäta mängden kol i marken. Därefter ändrar man odlingsmetoderna så att de lagrar in mera kol. Man låter kollagret växa en viss tid, varpå storleken av kollagret mäts på nytt. Om kolhalten i åkern är låg vid startpunkten och man gör betydande förändringar i jordbruksmetoderna, kan man öka kollagret avsevärt. I ett avtal som grundar sig på en ökning per ton baseras kompensationsbeloppet på den faktiska förändringen. Kolinlagringens additionalitet kan vara intensiv i början, men ökningen saktar av efter en viss tid. Mängden kol i marken uppnår ett jämnviktsläge inom 20 – 50 år. När man gör upp ett avtal är det en god idé att beakta den genomsnittliga årliga ökningen under avtalets löptid, eftersom variationerna mellan enskilda år kan vara stora.

2) Avtal enligt hektar

En standardkompensation betalas ut till jordbrukaren för varje hektar där kolinlagrande jordbruksmetoder implementeras, oavsett mängden kol som faktiskt lagras. I det här alternativet baseras kompensationen på konstruerade modeller som använts för att uppskatta olika metoders kolbindningspotential.

Informationskrav:

- tidigare odlingsmetod
- ny odlingsmetod
- avtalets varaktighet
- ersättningens storlek
- allmän information om det inlagrade kolets mängd (t.ex. baserad på forskning)

Jordbrukare känner till hektarbaserade avtal från bland annat miljöersättningssystemet: stödet betalas inte på basis av resultat utan på areal. Denna avtalsmodell grundar sig på kännedom om att vissa odlingsmetoder lagrar in kol i marken effektivt. Kunskapen baserar sig på modeller som konstruerats med hjälp av forskning. Forskning inom odlingsmetoder och kolets processer utförs aktivt både i laboratorier och ute på åkrar. Ett mål inom forskningen är att hitta effektiva metoder för kolinlagrande jordbruk. Data från olika forskningsprojekt sammanställs till en stor helhet i modellerna som sedan kan ge en uppfattning om den verkliga situationen. Denna typ av modellering görs i Finland av Carbon Action-forskarna. Informationen specificeras hela tiden, men redan med nuvarande forskningsdata är det möjligt att bygga upp en grund för tillvägagångssätt. All ny information ökar den existerande informationen och modellerna utvecklas i takt med att mera information matas in i dem.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Forskning i verifieringen av kolinlagring på Carbon Action-plattformen

Bild 13. Med hjälp av utrustning för virvelkovariansmätning mäts koldioxidens mängd och rörelser vid åkerytan. Bild: Marjo Aspegren.

Kolbindningen i marken, additionaliteten, varaktigheten och kolläckagen måste fastställas genom vetenskapligt gångbara metoder.

Kolinlagring i jordbruksmark kan undersökas till exempel genom analys av jordprover, mätning av temperatur och fukt i realtid, gasutbytesmätningar och fjärranalyser. Lösningarna som uppstår som resultat av Carbon Action-forskningen baserar sig dock inte enbart på konkreta mätningar och resultatanalys. Målet är att skapa ett helhetsmässigt verifieringssystem, som man kan använda för att modellera och förutse kolinlagringen också på sådana områden, för vilka få konkreta mätdata finns tillgängliga.

Målet är att först skapa och testa allmänt giltiga metoder i Finland, och därefter skala upp metoderna så att de fungerar annanstans. Beräkningarna och modelleringen bör baseras på internationellt accepterade och validerade forskningsdata. Modelleringsmetoderna som vidareutvecklas på Carbon Action-plattformen används allmänt i universitet och forskningsinstitut som leder klimatarbetet.

Meteorologiska institutet har utvecklat beräknings- och modelleringsmetoder för att verifiera kolinlagringen i marken i samarbete med ledande internationella toppexperter. Syftet med

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

forskningen är att skapa en helt ny typ av plattform som kan kombinera flera modelleringsmetoder för kolinlagring i en räknare som uppdateras i realtid. Resultaten som produceras på detta sätt kan utvärderas med hjälp av flera modeller, utan att behöva anpassa inmatningsmaterialet individuellt för alla modeller. Den första öppna, referentgranskade vetenskapliga publikationen om informationsinfrastrukturen är redan tillgänglig. Läs publikationen på engelska här.

Vid verifieringen av kolinlagringen har man använt Yasso-modellen som utvecklas på Meteorologiska institutet och andra modeller som lämpar sig för att beräkna åkrarnas kolinlagring (t.ex. BASGRA- och STICS-modeller). Yasso är en dynamisk modell för beräkning av mängden kol i marken, förändringar i mängden kol och heterotrof markandning. Den har bland annat tillämpats på konsekvensbedömningar av markanvändning och klimatförändringen och inventarier (rapporter) för växthusgaser (UNFCCC).

För forskning av regenerativt jordbruk har man utökat Yasso med särdrag som hör till beräkningen av kolinlagrande jordbruk och dess effekter. Man har kunnat berika Yasso med kvävekretslopp och en parameter som använder satellitdata för att definiera vegetationstäcket. Tack vare utvecklingsarbetet som utförts i projektet förstår modellen nu även mätningar av markvärme och fukt. Därmed kan Yasso också användas för att analysera markens mycorrhitzasvampar. Utvecklingsarbetet pågår fortfarande och Yasso kan redan ganska exakt analysera effekterna av markandning och kväve, och länkarna till lokal kolbindning, samt förutsäga resultat över tidsperioder på olika längder.

Fältobservatoriet har utvecklats för att göra kommunikationen om resultaten från verifieringssystemet mera effektivt. Det är en öppen plattform på nätet som framställer mätresultaten från åkrarna visuellt. Förutom gasutbytesmätningar samlas realtidsdata på plattformen med hjälp av satellitdata, fältsensorer, väderprognoser och markanalysdata.

Odlare kan på dessa gårdar själv följa med effekterna av kolinlagrande jordbruksmetoder på skiftesnivå. Därtill publiceras resultaten årligen på Zenodo-servern (sökord ’Carbon Action’). Resultaten visar hur olika skiften beter sig under torka och kraftiga regn, hur växter växer på olika skiften och hur jordbrukare kan utveckla förmågan hos växter och mark att anpassa sig till ett klimat i förändring.

I Fältobservatoriet är forskningsresultaten tillgängliga i realtid, och i framtiden kommer man att konkret kunna följa upp kolinlagringen och effekterna av odlingsåtgärderna på åkrarna. Genom verifieringssystemet är det också snart möjligt att definiera den faktiska mängden kol som är lagrad i åkern och använda denna information till exempel för att beräkna kolkrediter.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Bild 14. Laura Heimsch, doktorand vid Meteorologiska institutet, täcker en kammarmätningsapparat i Qvidja. Bild: Marjo Aspegren.

Lönsamheten av kolinlagrande jordbruk på marknaden

Lönsamheten i att producera kolkrediter beror på flera olika faktorer, som till exempel avtalets varaktighet, kompensationens storlek samt mängden kol som bör inlagras eller mängden utsläppsminskningar.

Ju större utsläppsminskning eller kolinlagring man kan uppnå på lång sikt, desto större avkastning kan man få på kolinlagrande jordbruk. Omfattande odlingsexperiment hjälper till att hitta flera effektiva sätt. Förändringar i markanvändning, som till exempel att lägga ned improduktiva torvåkrar, skapar en hel del utsläppsminskningar.

Ju högre pris per ton inlagrad kol eller minskade utsläpp, desto högre lönsamhet för kolinlagrande jordbruk. Marknadspriset för ett ton inlagrad kol eller en utsläppsminskning beror på många faktorer och är svårt att förutsäga. Mängden inlagrad kol och enhetspriset avgör inte lönsamheten för kolinlagrande jordbruk, utan i slutändan avgör avtalets varaktighet.

När avtalet om produktion av kolkrediter löper ut, finns det risk för att kolet frigörs tillbaka i atmosfären i och med förändrade odlingsmetoder. Klimatfördelarna med ett kortvarigt avtal är lägre än för ett långvarigt avtal, vilket måste beaktas i beräkningsreglerna på marknaden och vid ersättning.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Om de frivilliga kolmarknadernas karaktär

Efterfrågan på kolkrediter uppstår från kompensationen av utsläpp, dvs. då en aktör kompenserar för sina utsläpp genom att skaffa en motsvarande utsläppsminskning från en annan aktör. Utsläppminskningssenheten som förvärvats i kompensationen neutraliserar det orsakade utsläppet. Kompensation är möjlig om lämpliga utsläppsminskningsenheter finns tillgängliga.

Priset på kolmarknaden bestäms av utbud och efterfrågan: hur mycket utbud det finns och hur mycket kompensation som behövs. Osäkerheten i verksamheten ökas av den resulterande höga konkurrensen.

Kolmarknadernas status och tilliten till additionaliteten är centrala för att hållbara system ska kunna uppstå. Status beskriver huruvida koldioxidmarknaden verkligen är additionell i förhållande till statliga förpliktelser. Den som köper måste kunna lita på att kolkrediterna (utsläppsminskningen eller kolinlagringen) verkligen är additionella och att det inte förekommer kolläckage i systemet (på gårds- eller landsnivå).

Jordbruksmark kan potentiellt fungera som en kolsänka och produktionen av kolsänkekrediter för marknaden kan i framtiden vara en del av jordbruksnäringens inkomstflöde. Utvecklingen av mätsystemen är dock en komplicerad process och den kräver att forskare, producenter och potentiella köpare engagerar sig på lång sikt.

För närvarande lönar det sig för jordbrukarna att följa forskningsutvecklingen och den offentliga debatten. Det är värt att aktivt delta i debatten så att jordbrukarnas synvinkel kan beaktas på rätt sätt i utvecklingen av systemen. Det finns flera alternativa metoder och det är värt att investera i utvecklingen av dem.

Även om kolmarknaden utvecklas långsamt och utvecklingsarbetet är svårt, kan odlare som satsar på jordhälsan och kolinlagringen njuta av fördelarna som arbetet medför direkt. Även om det ännu inte är möjligt att sälja kolkrediter från åkrarna, kan de andra nyttorna av kolinlagrande jordbruk märkas omedelbart: den förbättrade jordhälsan, ökade skördenivåer och positiva miljöverkningar.

Kapitel 10 är skriven av:

Ari Nopanen, ProAgria Etelä-Suomi
Eliisa Malin och Eija Hagelberg, BSAG
Layla Höckerstedt, Meteorologiska institutet

Kapitel 10 är faktagranskad av:

Kyösti Arovuori, REINU econ

Kapitel 10 är översatt av:

Mats Norrholm
Stycket ”Holistiskt jordbruk” samt från och med ”Arrendeåkrar och ägoreglering”:
Anne Nordling, BSAG

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Kapitel 11 Mät och observera

Vi kan följa med åkerns tillstånd med hjälp av modern mätteknik, men det är viktigt att också lära sig observera markens bördighet sensoriskt. I det här kapitlet fördjupar vi oss i mätteknik och hur man kan göra olika åkerobservationer i praktiken.

I. Mät

Monitorering av inomfältsvariationen på åkern med hjälp av teknologi

Vi kan följa åkerns tillstånd med hjälp av modern mätteknologi. Teknologin kommer ändå inte inom någon nära framtid att kunna ersätta odlarens egen odlingskunskap. Mätningarna ger odlaren en bättre uppfattning om den rådande situationen på åkern, vilket gör det lättare att fatta rätt beslut. Genom mätningarna kan odlaren också se effekten av de genomförda åtgärderna. En av de viktigaste uppgifterna i inledningsskedet är att bestämma var på åkerskiftet mätningarna ska göras. I det här avsnittet presenteras olika metoder för mätning ovanpå och nere i marken, samt hur de kan kombineras för att utveckla odlingen. I avsnittet nämns olika företag och märken på utrustning som exempel. Det lönar sig dock för odlare att själva bekanta sig med alla tillgängliga tjänster och produkter för att få en helhetsbild av utbudet.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Bild 1. När odlarna diskuterar precisionsodling, smart farming eller digitalteknik pratar de troligtvis inte om precis samma sak. Det som trasslar till diskussionen allra mest är att största delen av det digitala inte alls har något med åkermarken eller med platsspecifik observation och skötsel att göra – till och med våra telefonsamtal är ju numera digitala. Bild: Sanna Söderlund.

Missförstånd uppstår också till följd av att termerna är översättningar av engelskspråkiga uttryck, som ofta redan från början är diffusa. Största delen av jordbrukselektroniken handlar snarare om *automation* än digitalteknik, och automationen har i sig på olika sätt varit en central och oersättlig del av jordbruksarbetet redan i hundratals år. Automatstyrning är exempelvis som sådan inte platsanpassad odling och inte heller en förutsättning för precisionsodling, även om en odlare som fått smak på automatstyrningen knappast mera går med på att avstå från den. En digital eller mekanisk våg i torken ger däremot observationer som kan kopplas till en viss del av åkerskiftet för att därigenom utveckla de platsanpassade odlingsåtgärderna.

Även gamla metoder kan enkelt omvandlas till precisionsodling, och här är markkarteringen ett bra exempel. När ett jordprov samlas ihop från hela skiftet suddas variationerna ut, men prover som medvetet tas på olika ställen kan avslöja någonting väsentligt om situationen på skiftet.

Innan vi går igenom de olika mätteknikerna och metoderna finns det därför skäl att definiera själva ämnet lite noggrannare.

Varför mäter vi?

Den första orsaken till att vi mäter är för att utveckla odlingen. Varje odlare som utvecklar sin produktion strävar efter att odlingen ska bli bättre och hållbarare med tanke på miljön. Förbättringen kan ha att göra med skördenivån, skördens kvalitet eller odlingens lönsamhet.

Varje åker kan på sätt och vis ses som ett problem. När ett toppskifte kontinuerligt ger sju tons spannmålsskördar, är problemet att få ut det åttonde tonnet. Ett annat problem kan vara osäkerhet i fråga om hur nödvändig en viss åtgärd är, och att samma skörd eventuellt kunde produceras mer kostnadseffektivt.

Många odlare har som mål att maximera tillväxten och skörden. När en så stor skörd som möjligt produceras med regenerativa odlingsmetoder maximerar man samtidigt också kolbindningen. Det här förutsatt att det inte samtidigt försvinner mer kol från skiftet än vad som binds. Det organiska kolet förbättrar på samma gång markstrukturen, vattenhållningsförmågan och näringsförråden. I ett större perspektiv kan produktionen av en bra skörd på de befintliga åkrarna minska behovet av att röja ny odlingsmark i fjärran länder.

Genom att mäta får man fram någonting som man inte annars skulle se. Produktionen av åkerväxter är full av faktorer som är svåra att observera, såsom näringssituationen i åkern eller fukthalten i marken.

Den andra orsaken till att vi mäter är vår strävan efter att följa utvecklingen över tid. Fosforhalten sjunker eller stiger så småningom och fukthalten i marken förändras kontinuerligt till följd av avdunstning, nederbörd, avrinning och växternas vattenupptag. Bägge de ovannämnda faktorerna

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

kan åtgärdas på olika sätt, men utan mätningar är det svårt att avgöra om åtgärderna är nödvändiga, för att inte tala om att konstatera effekterna av åtgärderna.

Inomfältsvariationen i växtligheten på en åker är i allmänhet stor, men samtidigt mycket svår att observera. En huvudregel är att en synnerligen svag del av växtbeståndet kan urskiljas med blotta ögat, medan en utomordentligt bra del ser likadan ut som en genomsnittlig. För att identifieringen av områden med olika skördenivå på åkern ska lyckas krävs i praktiken därför alltid teknologiska metoder.

Du kan inte styra det du inte mäter.

Peter Druckers motto om sambandet mellan att mäta och styra passar utmärkt som ledstjärna för en åkerodling som baserar sig på mer än bara gissningar. Om man till exempel vill förbättra skörden på sina skiften, kan man omöjligt veta vad som fungerar eller inte utan att mäta skördenivån.

Druckers motto innehåller också ett annat budskap: enbart mätningen förbättrar ännu ingenting, om den inte leder till förbättrade åtgärder. Ännu skarpare uttryckt lönar det sig inte att mäta sådant som man ändå inte tänker göra någonting åt, eftersom också mätningarna kostar. Själva mättekniken är en investering, men att behandla och dra slutsatser av mätresultaten kräver minst lika stora insatser. Om resurserna inte räcker till för det här, lönar det sig inte heller att skaffa mätutrustningen.

Hur borde mätningarna inriktas?

För att överföra mätningarna till praktiska åtgärder kan man se på inomfältsvariationen i skördenivån. Genom att inrikta mätningarna på de delar av skiftet som man redan vet är utmärkta, genomsnittliga och problematiska kan man jämföra resultaten omgående.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Bild 2. Ett objekt för mätningen kan vara till exempel det tryck som traktorn eller den bogserade utrustningen orsakar på marken. Bild: Sanna Söderlund.

Om man till exempel misstänker att åkermarkens densitet försvårar tillväxten, kan det vara besvärligt att jämföra ett enskilt mätresultat med normvärden i guiderna. Om man gör fler mätningar märker man att resultaten varierar mellan olika delar av åkern, och situationen blir än mer komplicerad. Följande tanke blir att man borde göra ett stort antal mätningar med jämna avstånd, men hur ska kartan över resultaten sedan tolkas?

En bättre metod är att identifiera områden där det växer bra, genomsnittligt och dåligt, och mäta densiteten separat för dessa. Om det visar sig att problemställena har högre densitet än de ställen där det växer bra, har man redan ringat in problemet. Det är också möjligt att de sämre delarnas densitet är jämbördig med de bättre, vilket i sin tur visar att densiteten inte är det primära problemet. Det här resultatet är också nyttigt, eftersom det styr fokus på de väsentliga faktorerna.

Inomfältsvariationen i skördenivå beror på faktorer i marken

För att växa behöver växterna fyra faktorer, förutom att det självfallet är till fördel om de får vara fria från sjukdomar och skadegörare. Ovanpå marken tar växterna till sig 1) solens strålning och 2) gaser (koldioxid och syre). Ur marken tar rötterna upp 3) vatten och 4) näringsämnen. Hela åkerskiftet får samma strålningsdos från solen (med undantag av skuggning från terrängen) och halterna av gaser ovanpå marken varierar inte nämnvärt, vilket betyder att orsakerna till skördevariationen måste hittas nere i marken.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Följande kedja av slutsatser sammanfattar det som vi inledningsvis har antagit:

1. I växtbeståndet finns skördevariationer som inte kan observeras sensoriskt
2. Skillnaderna mellan de bättre och sämre delarna av ett skifte beror på faktorer nere i marken
3. Med hjälp av teknologin kan man identifiera goda, genomsnittliga och svaga områden i växtbeståndet
4. Genom att inrikta mätningarna i marken på de här ställena kan man reda ut vad problemet är

Utgående från inomfältsvariationen i skördenivå kan man ta reda på hur de svaga områdena borde åtgärdas för att bli lika bra som de bästa, eller hur man kan sluta använda onödiga produktionsinsatser på dem. Variationen beror på faktorer nere i marken. Genom att observera växtbeståndet ovanpå marken får man reda på var på åkern mätningarna i marken borde göras. Teknologierna för observation av växtbeståndet och för mätning av markens egenskaper är därför kompletterande och inte konkurrerande.

Observation av växtbeståndet för att identifiera områdena

Genom att reda ut varför någon del av åkern producerar betydligt mer skörd än en annan, kan man alltså få reda på hur den svagare delen borde förbättras. Det första steget är därför att lokalisera de bättre och sämre delarna, och vem kan ge bättre information om den saken än växtligheten själv?

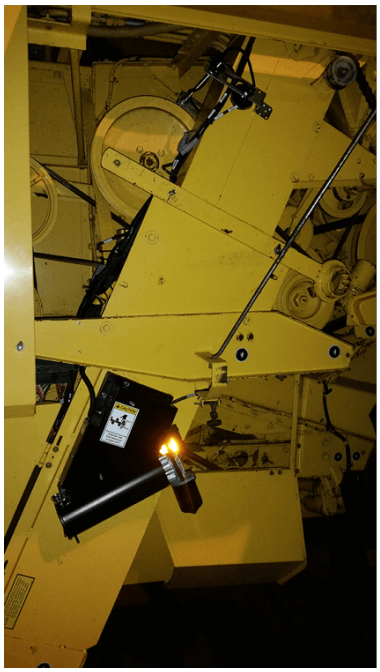
För att identifiera de bästa ställena behöver vi som sagt mätteknologi. Även om all teknik för identifiering av variationen i växtbeståndet sist och slutligen är användbar, finns det väsentliga skillnader mellan de olika metoderna.

Skördekartering

Skördekartering somgenomförs i samband med tröskningen är den överlägset bästa metoden för att mäta inomfältsvariationen, eftersom den bärgade skörden är just det som vi vill producera. Sett i relation till vad en ny skördetröska kostar är 3 000–8 000 euro för en skördemätare ingen orimlig kostnad. Man måste dock komma ihåg att mätningen medför extra arbete i samband med tröskningen, och att materialet dessutom ska behandlas och analyseras.

För att ge sig in på skördekartering måste odlaren ha en sann vilja att testa och experimentera med behandlingar, sorter och inställningar på sina åkrar. Skördekarteringen utgör dock grunden för den precisionsodling som snabbt blir allt allmännare, och där majsodlarna i USA går i spetsen för utvecklingen. Av dem använder redan 80 procent skördekartor som grund för sin odlingsplanering.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.



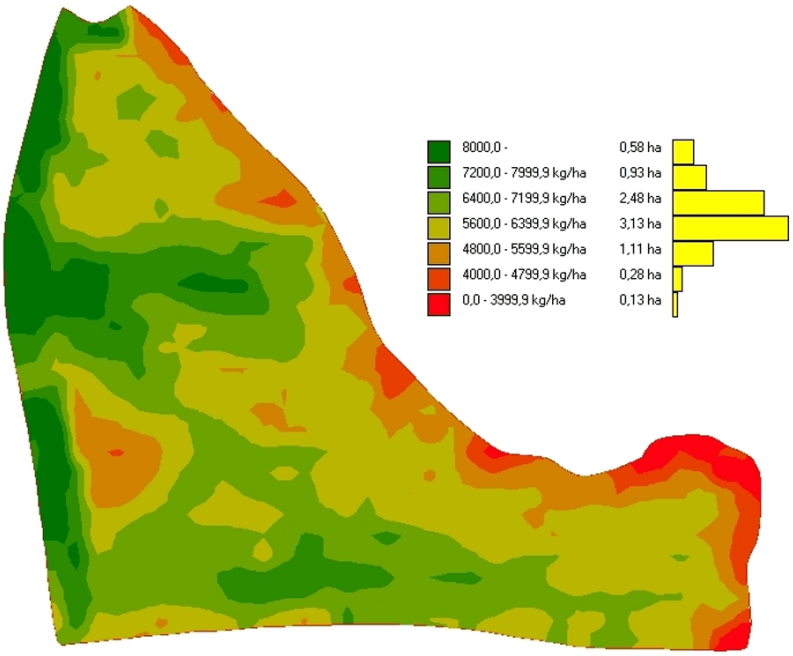


Bild 3. Sensorer som mäter skörden under tröskningen ger de bästa och mest exakta skördekartorna, men förutom den initiala kostnaden måste man också vara beredd på ett extra arbetsskede för mätningen och behandlingen av materialet. Bilder: Johannes Tiusanen.

Satellitbilder

Både grödsensorer och satelliter producerar ett vegetationsindex (NDVI) som baserar sig på hur vissa våglängder i solljuset absorberas i eller reflekteras från växtbeståndet. Klorofyll absorberar mycket av det synliga ljuset. Däremot reflekterar cellstrukturen i bladen bort nära infrarött ljus (NIR). Endast friska växtdelar reflekterar infrarött ljus: torra eller sjuka växter slutar använda sig av det synliga ljuset och börjar i stället absorbera det infraröda ljuset. Genom att jämföra mängden infrarött ljus som reflekteras från vegetationen och mängden synligt ljus, får man en uppskattning om mängden klorofyll, vilket ger en uppskattning om både växtbeståndets storlek och hälsa.

Prismässigt är materialet från den europeiska rymdorganisationens satelliter Sentinel-2 helt oslagbart, eftersom källmaterialet från de skattemedelsfinansierade satelliterna är gratis. *Satellitbilderna* och biomassakartor som sammanställts enligt informationen från det infraröda området kan studeras i gratistjänster som Sentinel Playground. Det finns också många avgiftsbelagda tjänster som baserar sig på samma material, men där materialet har förädlats till en mer lättanvänd form.

Fördelen med den här datakällan är att material redan har samlats in i mer än fem års tid. Det är därför möjligt att gå flera växtperioder bakåt i skiftets historia för att kontrollera om de sämre och bättre ställena är bestående, eller om de varierar enligt förhållandena under växtperioden.

Den bästa metoden för att identifiera avvikande delar av skiftet är att söka fram satellitbilden från den molnfria dag som ligger närmast höjdpunkten för biomassan. För spannmål är det här typiskt flaggbladsstadiet, och för vallväxter dagarna just före foderskörden. När växtbeståndet börjar

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

mogna blir bilderna från det infraröda området snabbt och ojämnt blekare. En bild som har tagits under den frodigaste tiden är därför ett bättre alternativ än en bild från när axgången redan har inletts.

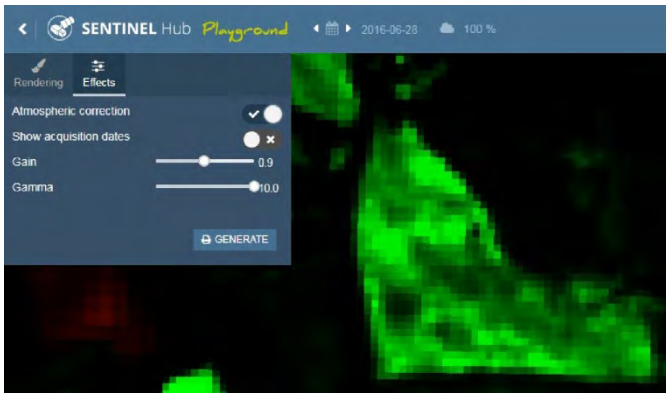


Bild 4. Biomassakartorna från de skattemedelsfinansierade satelliterna Sentinel-2 erbjuder en gratis metod för att identifiera inomfältsvariationen. Förutom att materialet är gratis finns det också att tillgå från flera växtperioder tillbaka. Bild: apps.sentinel-hub.com.

I jämförelse med skördekartering vid tröskningen har satellitbilderna vissa brister. För det första förbättrar en kraftig ogräsväxtlighet biomassan, trots att den sänker skörden. På satellitbilderna kan ogräsväxtligheten inte urskiljas. För det andra kan högsommaren vissa år vara mycket mulen, och de användbara bilderna är då begränsade till början av växtperioden. Trots att beståndet ser bra ut när flaggbladen har kommit fram, finns det ännu många faktorer som kan förstöra skörden. Om bildandet av fröskörd till exempel störs av växtsjukdomar i slutet av växtperioden, beror det här inte på produktivitetsfaktorer i marken.

Spannmålen behöver en betydande mängd vatten ännu när kärnorna mognar, och torka på sensommaren kan därför påverka skördebildningen mycket ojämnt. Inte heller det här kan observeras på biomassabilderna, men genom att kombinera satellitobservationerna med kartan från skördekarteringen kan man identifiera skiftesdelar där potentialen från högsommaren inte förverkligas i skörden. Den här observationen är i vilket fall som helst nyttig. Satellitbildernas kontinuitet över tid samt skördekartornas omutliga exakthet gör att de två teknikerna kompletterar varandra.

Grödsensorer

De optiska utrustningarna befinner sig i gränslandet mellan satellitbilder och skördekartering. Huvuddelen av de *grödsensorer* som monteras på åkerarbetsmaskinerna baserar sig på en motsvarande infraröd fotografering som satelliterna, men kan producera växtbeståndskartor med högre upplösning. Dessutom fungerar de också trots att himlen är mulen.

Den mest kända grödsensorn är N-sensor, som används vid ytspridning av gödsel för att reglera spridningsmängden enligt växtligheten under körning. Trots att N-sensorn ibland uppfattas som en synonym till precisionsodling, är det snarare fråga om automation än ett sätt att identifiera

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

platsspecifika problem på åkern. Om odlaren till exempel anlitar en entreprenör för kompletteringsgödslingen, men inte gör sig besvär att begära och analysera de kartor som produceras, underlättar grödsensorerna inte på något sätt identifieringen av problemställena.

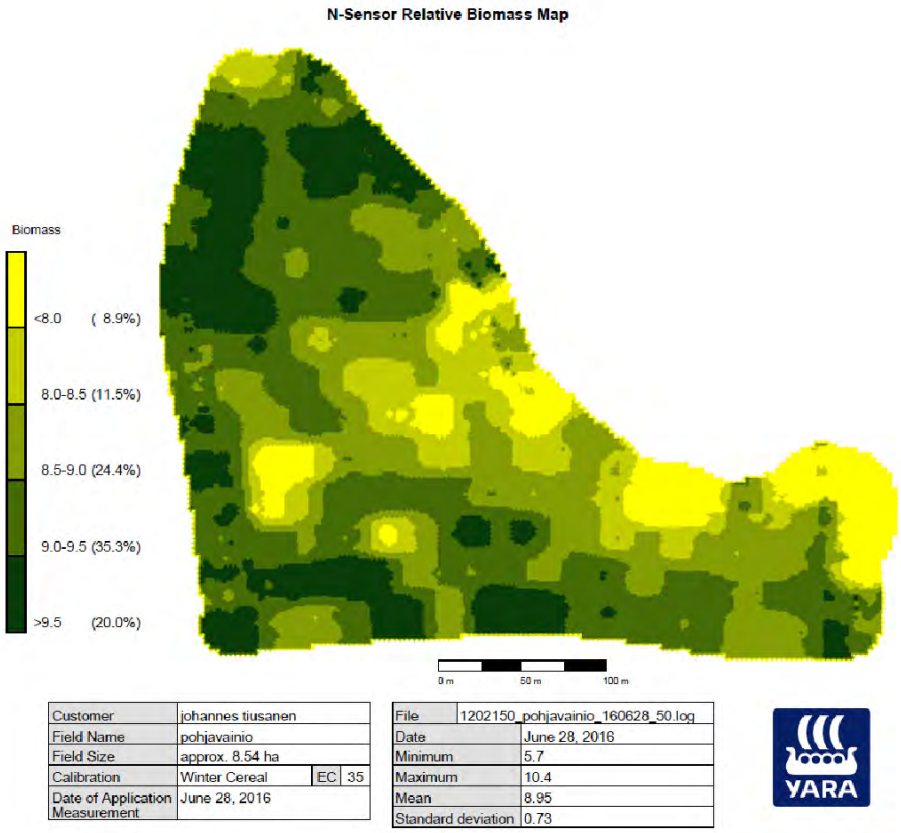


Bild 5. Den platsanpassade kompletteringsgödslingen genererar också en biomassakarta över växtligheten vid spridningstidpunkten. Kartan är lika pålitlig när det gäller att identifiera bättre och sämre områden som den övriga tekniken för optiska observationer av växtligheten. Kartan är nästan identiskt med den ovanstående Sentinel-2-satellitbilden från samma dag. Bild: Martti Yli-Kleemola och Johannes Tiusanen.

Drönare

De *fjärrstyrda drönarna* utgör en brokig och heterogen grupp av utrustning för fotografering av växtligheten. Autonoma robotflygplan är ännu inte tillåtna i Europa. En förmånlig drönare med filmkamera som kostar några hundralappar ger en grov översiktsbild ur fågelperspektiv, medan tyngre utrustning som är avsedd för multispektral kartläggning av stora områden kan kosta tiotusentals euro. Den allmänna uppfattningen är ändå att man på fotografier av det synliga ljusets spektrum endast kan identifiera problemställena, men för att identifiera en god växtlighet behövs observationer av det nära-infraröda området (NIR), som endast är möjliga med specialtillverkade kameror.

För närvarande pågår projekt där man samlar in exakta bilder av växtligheten genom att flyga lågt med en fotograferingshelikopter, och tillämpar maskininlärning för att identifiera de enskilda

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

växternas utseende och deras samband med skördepotentialen. Sådana kommersiella tjänster får vi dock ännu vänta på.

De sämre ställena på ett skifte kan identifieras ungefärligt med blotta ögat, men de bästa ställena ser likadana ut som de genomsnittliga. Skördekartering på tröskan ger den bästa kartan över inomfältsvariationen, men satellit-, grödsensor- eller drönarbilder i det infraröda spektret, som tagits vid höjdpunkten för biomassan eller i flaggbladsstadiet, ger en lika bra bild av växtförhållandena på försommaren. Genom att kombinera skördekartering med fotografering får man dessutom information om på vilka delar av skiftet den slutliga utvecklingen av skörden brukar misslyckas.

Mätningar i åkermarken

Mätningsmetoderna kan grovt indelas i fyra olika grupper: 1) Provtagning, 2) Handmanövrerade mätare, 3) Markskanning och 4) Utrustning för kontinuerlig mätning, dvs. monitorering.

Provtagning

Provtagningen, markkarteringsproverna och den sensoriska bedömningen av jordhälsan behandlas i Kapitel 5 Sätt åkern i skick, avsnitt I. Att identifiera problemen samt nedan i avsnittet II. Observera. Provtagningen och den sensoriska bedömningen av åkermarken blir en del av de platsspecifika observationerna om man, i stället för det prov från hela skiftet som miljöersättningen förutsätter, tar en större mängd markkarteringsprover. Proverna inriktas på de växtplatser som enligt observationer av växtligheten har bedömts som goda, genomsnittliga och dåliga. Av markkarteringsresultaten kan man konstatera om det på de sämre växtplatserna förekommer sådana låga mullhalter eller näringsbrister som inte finns på de bättre platserna.

Om man till exempel noterar att platserna med högre fosforklass ger en bättre skörd, är det här inte enbart ett tecken på att fosforsituationen på de sämre platserna borde förbättras. Det kan också tyda på att det aktuella skiftet ger en god skörderespons av fosfor, vilket kan betyda att också de bättre platserna skulle gynnas av en ännu bättre fosforsituation. Det gäller att vara försiktig i sina tolkningar och diskutera slutsatserna med kolleger och sakkunniga.

Handmanövrerade mätare

Ett nyttigt mätinstrument på åkern är *penetrometern*. Den består av ett speciellt utformat spjut som mäter markens *konindex*, dvs. penetrationsmotstånd, när konen i spjutets spets trycks ner i marken. I sitt enklaste utförande har penetrometern bara en visare som visar det största motståndet. Ett allmänt riktvärde är att om konindex i fuktig mark överstiger 2 MPa, är marken så hård att det försvårar rottillväxten. Detta gäller dock inte för en direktsådd åker, eftersom det i mark som länge varit obearbetad finns stora porer, maskgångar och rotkanaler som går igenom det hårda skiktet.

Bild 6. En mekanisk Imants penetrometer och en elektronisk Fieldscout EC-900. Bilder: NH-Koneet Oy och Ammeenmäki Oy.

En elektronisk penetrometer registrerar automatiskt motståndet på olika djup och registrerar mätningens koordinater med hjälp av satellitbaserad positionsbestämning. Genom att undersöka de växtplatser som har bedömts som goda, genomsnittliga och dåliga kan man lätt ta fram material som visar eventuella skillnader i packningsgrad mellan de bättre och sämre delarna, och på vilket djup packningarna finns. Om packningen är lika stor på de respektive delarna kan den ändå utgöra ett problem i sig, men förklarar inte skillnaderna i skördenivå.

De handmanövrerade *fuktsensorerna* som till exempel TDR-sensorerna är vanliga inom trädgårdsproduktionen och vid skötseln av gräsmattor för idrottsändamål, men används tämligen sparsamt inom frilandsodlingen. En del av de här mätarna är också försedda med satellitbaserad positionsbestämning. Mätarens pris utgör inte ett hinder för att den skulle bli vanligare, men mätningen av ett stort område för hand är ansträngande, och ger dessutom bara en situationsbild av inomfältsvariationen i fukthalt. Fuktsituationen före och efter mätningen förblir höljd i dunkel, och den viktiga rotzonen är svår att komma åt med en handmanövrerad utrustning. En handmanövrerad fuktmätare kan ändå vara användbar till exempel för att kontrollera att åkern torkar upp jämnt på våren, om man misstänker att dräneringen inte fungerar.

Bild 7. Handmanövrerad Fieldscout TDR 150 markfuktmätare. Bild: Ammeenmäki Oy.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Mobil analysteknik för mätning av åkermarkens bördighet är på kommande. En del är så kallade mobila laboratorier, dvs. utrustning för att analysera ett jordprov direkt på åkern utan att det behöver skickas någonstans. Exempel på sådana är Agrocares.com och Nordetect.com. Andra fungerar så att ett mäthuvud trycks ned i marken och analysen sker utan att provet tas upp från åkern, till exempel Chrysalabs.com. Teknologin har utvecklats främst för industriella trädgårdar, där analyser görs dagligen, samt för utvecklingsländer där analysering av proverna på plats i praktiken är det enda möjliga alternativet.

I sporadisk användning är de här utrustningarna ännu inte kostnadseffektiva i jämförelse med att posta några jordprover per år. Inom en nära framtid kan de dock tänkas bli ett verktyg till exempel för växtodlingsrådgivare, som då genom att gå över åkern en gång kan göra en kartering av näringssituationen och mullhalten för de olika delarna. Den största fördelen med den här metoden kommer att vara möjligheten att lägga till mätpunkter redan under arbetets gång vartefter att mätningarna börjar ge information om åkerns platsspecifika egenskaper.

Markskanning

Mätning av markens egenskaper under körning kan göras med en mängd tekniker som länge har utvecklats i forskningsvärlden, men som först nu börjar överföras till den praktiska odlingen. Till skillnad från *telemetrin*, som bygger på satelliter och flygbilder, är *markskannrarna* utrustning som ska köras systematiskt över åkern.

Tre slags skannrar
Ovanför marken: markradar eller spektrometer
Kräver markkontakt: elektrisk ledningsförmåga eller impedansmätningar
Bearbetar marken: skiv- eller mätbill

Genom att regelbundet mäta åkern med markradar får man reda på hur markskikten med avvikande elektrisk ledningsförmåga är placerade på skiftet. En *gammastrålningsspektrometer* kartlägger absorptionen av markens naturliga gammastrålning i ytskiktet på 20–30 cm. Analysen av de båda materialen innefattar alltid provtagning från lämpliga punkter, så att de egenskaper som observerats genom mätningen kan kalibreras mot exakta data om näringsämnen, mullhalt, jordart eller pH. Resultatet blir en karta över variationen hos den faktor som mätts, skillnader i matjordslagrets tjocklek eller urbergets djup.

Impedansmätning är en lite motsvarande mätmetod. Den kan genomföras genom att en mätkälke med hjul som är försedda med metallspetsar dras över åkern. Genom att mäta den elektriska ledningsförmågan mellan spetspar på olika avstånd kan man få motsvarande data om såväl ytjordens som alvens elektriska egenskaper som med en markradar.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Bild 8. Geocartas impedansmätning på en stubbåker. Bild: Johannes Tiusanen.

En markskanner som använder en mätbill kan ha funktioner för att mäta såväl de elektriska som de optiska egenskaperna i marken. Mellan skivorna eller sliderna mäts impedansen på samma sätt som ovan, men den optiska linsen som glider fram nere i marken kan också mäta kemiska egenskaper som motsvarar markens bördighet genom UV-, VIS- och/eller NIR-spektroskopi. En del av maskinerna är också försedda med system som tar jordprover med jämna mellanrum och analyserar dem under körningen.

Bild 9. En Veristech-markskanner i arbete på en stubbåker. Bild: Johannes Tiusanen.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Oavsett vilken teknik man använder är det bra att komma ihåg att markskanningen endast genererar en karta, som i sig inte är till någon större nytta. Om det till exempel visar sig att någon del av åkern har en högre elektrisk ledningsförmåga – är det bra eller dåligt? Är det till skada om någon del har högre lerhalt? Den egentliga nyttan av markskanningskartorna kommer först när man jämför dem med bilder av växtligheten och kan identifiera sambanden.

Monitorering

Mätare i kontinuerlig drift upphöjer mätningarna till en helt ny, mera dynamisk nivå. I stället för att enbart ge ett punktvärde genererar mätningen då en kurva, vars utveckling över tid ger en mycket större förståelse för åkermarkens situation och det som händer nere i marken.

De gårdsspecifika väderstationerna har länge kunnat kombineras med en fukthalts- eller temperatursensor i marken. Exempel på sådana är bland annat Meter Groups sensorer som säljs av Datasense. Av fukthaltskurvan framgår tydligt hur åkern värms upp på våren, hur den torkar upp och blir redo för bearbetning samt huruvida vattentillgången begränsar tillväxten. En enda mätpunkt per gård eller skifte ger ändå ingen bild av inomfältsvariationen.

För att få reda på inomfältsvariationen kan man använda s.k. *loggers*, dvs. dosor som ansluts till marksensorerna och registrerar data. En del av dessa måste tömmas på mätdata manuellt till exempel med Spectrum WatchDog, medan andra är försedda med radio som överför mätdata kontinuerligt. Exempel på en sådan är Onset HOBOnet. Dessa loggers måste oberoende installeras och tas bort två gånger under växtperioden för att möjliggöra åkerarbetena, eftersom monitoreringen ska göras inne i skiftet på ställen som identifierats utgående från växtligheten.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Bild 10. Spectrum WatchDog 1000 logger. Bild: Ammeenmäki Oy.

Genom att gräva ned trådlösa sensorer i marken på ställen som valts utgående från observationer av växligheten kan man kombinera fördelarna hos mätare i kontinuerlig drift och skanningar som ger ett stillbildsliknande resultat, och få en bild av skillnaderna mellan olika delar av åkern i realtid. Sensorerna kan dessutom lämnas kvar i marken i upp till tiotals år utan att de normala åkerarbetena påverkas, vilket gör att arbetskostnaderna för mätningarna faller bort. Åkrar har till och med alvluckrats med hjälp av automatstyrning utan att sensorerna har avlägsnats. En representant för sådana trådlösa sensorer är till exempel Soil Scout.

Sensorer som placerats på olika djup avslöjar bland annat skillnader i vattenuppsugningshastigheten, dikningens funktion, ansamlingen av smältvatten samt packningsrisken på grund av våta förhållanden. Planen för tilläggsgödslingen kan lätt justeras under växtperioden, om mätningarna visar att en del av skördepotentialen redan har förlorats till följd av torka. Temperaturdata kan användas för att tajma vårarbete såsom sådd och vårgödsling. Konstbevattning är så gott som omöjlig att utföra optimalt på basis av väderobservationerna, utan att man har en verklig bild av situationen i marken.

Via en webbtjänst kan mätdata också styras vidare till andra datasystem, förutsatt att de kan ta emot data från mätningarna i marken och kombinera dem med annat material.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

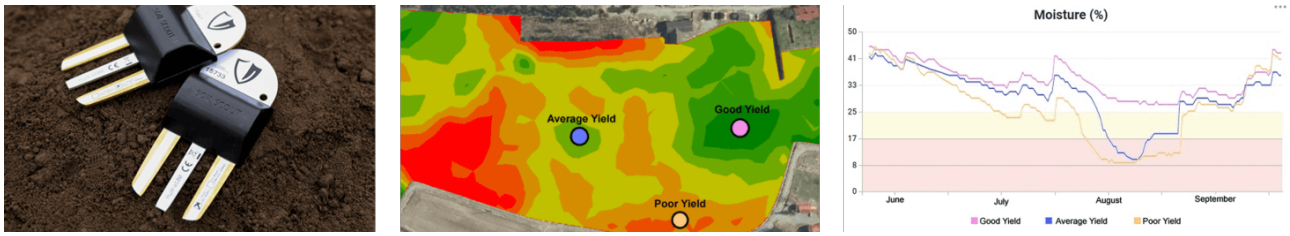


Bild 11. Kurvorna från fukthaltssensorer som på basis av skördekartan har placerats på genomsnittliga, goda och svaga växtplatser visar under växtperioden huruvida fukthalten begränsar tillväxten, om dräneringen fungerar samt om markens ytprofil håller kvar regnvatten. På det aktuella skiftet förklarades den svaga skördebildningen på de svaga områdena av bristen på fukt i juli och augusti. Bilder: Soil Scout Oy.

Man uppskattar att cirka 200 företag runt om i världen år 2021 utvecklar system för administration av gårdsdata, och av dess arbetar cirka hälften med *variable rate application (VRA)*, dvs. inomfältsvariation. Innan hanteringen av inomfältsvariationen kan bli en rutinmässig del av jordbruket på samma sätt som den skiftesvisa markkarteringen, måste dessa företag lyckas skapa en enkel tjänst som automatiskt jämför odlarens alla kartor och material sinsemellan och producerar konkreta resultat som stöd för iståndsättningen av åkern och regleringen av insatserna.

Det här betyder inte att arbetet inte redan nu skulle kunna göras manuellt. Tvärtom: den teknik som här beskrivits är kommersiellt tillgänglig och såtillvida färdig att tas i bruk, att man genom att jämföra resultaten med beståndsobservationer eller skördekartor kan identifiera de allvarligaste problemställena och själv klargöra hur de lämpligast kan åtgärdas. Även om utvecklingen inom en nära framtid kommer att göra den platsspecifika analysen ännu enklare, är det ändå värt att ta itu med det här arbetet så snart som möjligt.

Vissa av de ovannämnda teknikerna kan testas genom entreprenörer, andra kräver i sin tur investeringar i utrustning. Allt utmynnar i analyseringen av resultaten. Det är svårt att på förhand identifiera en enda metod som skulle vara mest kostnadseffektiv. När man som odlare har siktet inställt på framtiden gäller det i stället alltid att fundera på vilken ny teknik som är den *nästa* att prova på.

II. Observera

En central del av åtgärderna för att förbättra jordhälsan är att regelbundet observera åkermarken. Jordhälsan observeras allra bäst genom att man går ut på åkern, iakttar och observerar den sensoriskt samt gör olika små odlingsmetodsförsök. Genom att experimentera tillsammans med andra odlare och jämföra sina erfarenheter når man goda resultat.

Uppgifterna i det här avsnittet görs i huvudsak på åkern, och ska därför göras under växtperioden. När man går ut på åkern kan man ta med sig anteckningsmaterial och dokumentera observationerna på det sätt som fungerar bäst för en själv. Det finns också skäl att ta bilder som stöd för minnet och spara dem på datorn till exempel i de egna odlingsanteckningarna.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Uppgifterna görs enklast på datorn utgående från anteckningarna, men om det känns naturligt att skriva på telefon eller pekplatta kan uppgifterna också göras mobilt.

Det viktigaste är att bekanta sig med uppgifterna som helhet, och därefter planera vilka uppgifter som kan kombineras under samma fältbesök. Det här avsnittet är synnerligen centralt med tanke på arbetet som odlare, och därför värt att sätta tid på.

Om ingenting annat nämns görs alla uppgifter för de tre kursskiften du valde i början. I början av varje uppgift ges praktiska anvisningar för genomförandet, och därefter en kort anvisning som gäller besvarandet av uppgiften. Uppgifterna kan genomföras i vilken ordning man vill.

Nu sticker vi spaden i marken och gräver ner oss i kursskiftenas skick på riktigt!

Odlingsförsök

Den här uppgiften hör inte ihop med dina valda kursskiften.

Planera och genomför ett odlingsförsök i mindre eller större skala. Beskriv både planen och genomförandet i uppgiftsboxarna nedan. Fyll först i planen (11.1) och rapportera senare om odlingsförsöket och resultaten (11.2).

Genomförande av ett odlingsförsök:

Du kan odla odlingsväxter du själv väljer i glasburkar och studera hur rötterna utvecklas, eller genomföra försöket på åkern. Som åkerförsök på en mindre areal kan du till exempel kombinera en fånggrödeblandning med en odlingsväxt, ändra bearbetningssättet eller göra försök med blandbestånd. Ett försök behöver inte omfatta flera hektar – redan några kvadratmeter är en bra början.

Uppgift 11.1

Beskriv planen för ditt odlingsförsök. Berätta vad du vill iaktta och hurdana resultat du förväntar dig.

Uppgift 11.2

Beskriv ditt odlingsförsök och slutresultatet av det. Berätta vad du såg och upplevde samt hurdana resultat du fick.

Observation av växtbeståndets skick

Växtligheten berättar mycket om jordhälsan. Faktorer att observera är bland annat växtbeståndets täthet och täckningsgrad, färg och jämnhet samt höjdskillnader och sundhet.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Bild 12. På det här skiftet är växtligheten ojämn. På en del av skiftet har klövern försvunnit från blandvallen. Bild: Jukka Rajala.

Besök kursskiftena vid en tidpunkt som du själv väljer och observera växtbeståndets skick. Observationer som görs på försommaren kan bli till nytta under den innevarande växtperioden, eftersom det då fortfarande är möjligt att göra korrigeringar. Observationerna under högsommaren är i sin tur värdefulla med tanke på följande växtperiod.

Observera i synnerhet följande faktorer under dina fältbesök:

Ser du färgförändringar eller svag tillväxt i växtbeståndet?
Finns det skillnader i växtlighetens täthet och täckningsgrad?
Finns det höjdskillnader i växtbeståndet?
Finns det skillnader i övervintringen hos de övervintrande grödorna?
Har de olika växtarterna i blandbestånden vuxit jämnt över hela skiftet?
Finns det skillnader i växtlighetens sundhet på olika delar av skiftet?

Jämför de observationer du gjort av växtbestånden. Om du har tillgång till en skördekarta kan du också jämföra dina observationer med den. Gör minnesanteckningar över dina observationer.

Uppgift 11.3

Skriv ned en beskrivning av dina observationer från kursskiftena utgående från dina minnesanteckningar. Noterade du skillnader mellan och inom skiftena? Fundera på vad de eventuella variationerna inom och mellan skiftena kan bero på.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Bedömning av växtbeståndets täthet

I den här uppgiften bedöms växtbeståndets täthet både med hjälp av en ram och med Canopeo-appen. Bedöm ett av dina kursskiften med hjälp av en ram, men fotografera alla kursskiften med Canopeo.

Bedöm växtbeståndets täthet enligt följande anvisningar: Ett bra verktyg är en kvadratisk ram med måtten 50 x 50 cm. Placera ramen i växtligheten och klipp noggrant av den växtlighet som hamnar inuti ramen med en sax. Om du vill kan du också väga växtligheten.

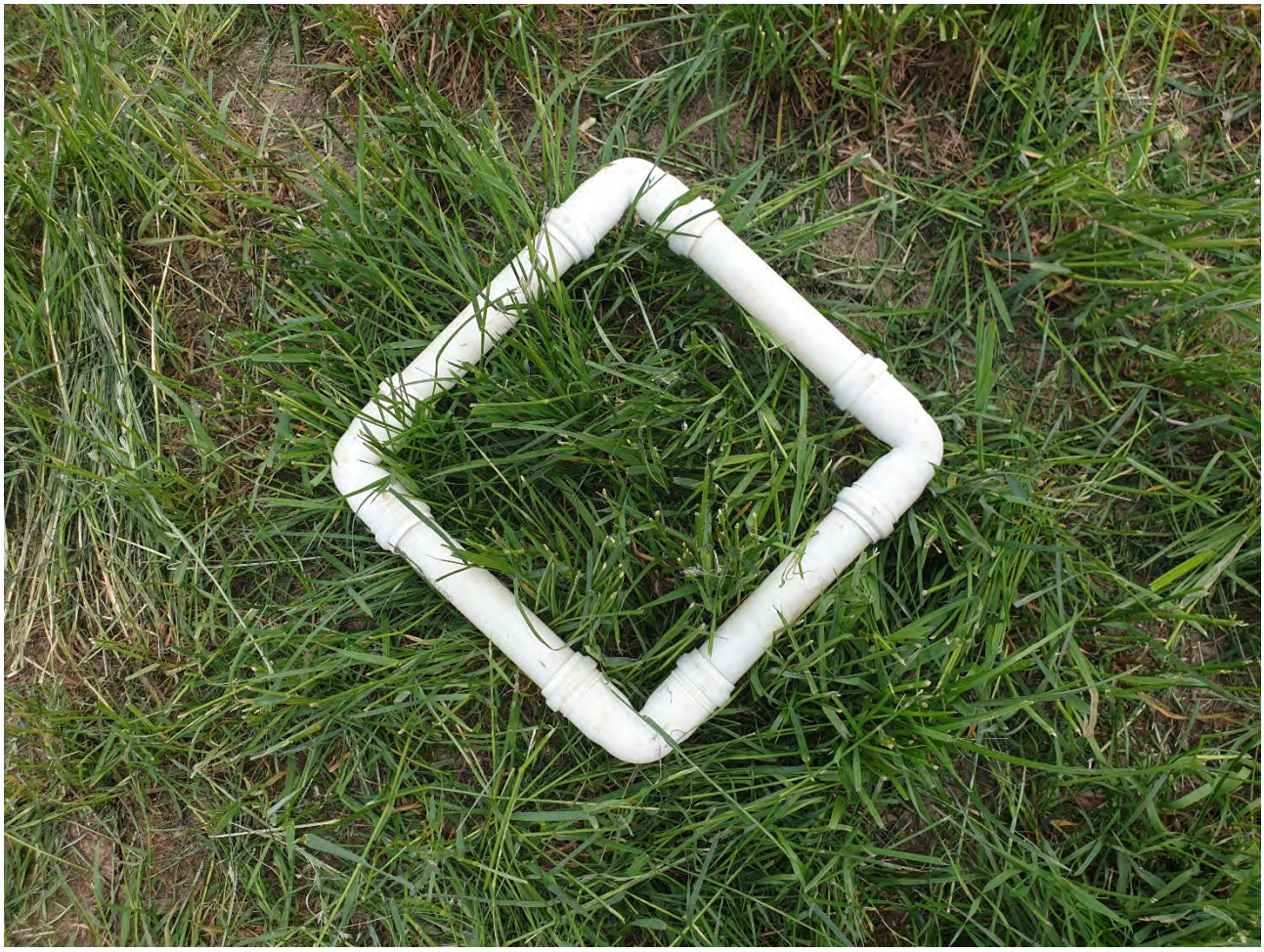


Bild 13. Ramen kan se ut till exempel så här. Den lilla plastramen på 25 x 25 cm på bilden är behändig. För att få med samma mängd växtindivider som med en ram på 50 x 50 cm måste man med den här ramen klippa fyra områden. Bild: Sanna Söderlund.

Fastställ tätheten genom att räkna antalet växtindivider inuti ramen på 50 x 50 cm och multiplicera resultatet med fyra. Då får du reda på antalet plantor per kvadratmeter. Antalet växtindivider jämförs med såmängden. I en optimal situation gror över 90 procent av fröna, men grobarheten kan variera mycket enligt kvaliteten på det använda utsädet. Obs! På en åker där det har såtts en fånggröda räknas fånggrödan och skördeväxten separat.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Förutom med en ram kan växtbeståndets täckningsgrad bedömas med appen Canopeo. Ladda ned appen i din telefon och ta fotografier med den på samma ställen som du räknar ut beståndets täthet med rammetoden. Kom ihåg att ta fotografierna innan du använder ramen. Ta också fotografier av dina övriga skiften och anteckna de procenttal du får. Jämför resultatet från rammetoden med resultatet från Canopeo.

Uppgift 11.4

Besvara följande frågor:

Vilken odlingsväxt växer på skiftet där du gjorde ramtestet?

Hur många växtindivider fick du och hur ser det ut i förhållandet till såmängden?

Hur ser antalet växtindivider i ramuppgiften ut i förhållande till Canopeo-bilden?

Hurdana procenttal fick du på de övriga skiftena med Canopeo?

Masktest

I den här uppgiften observeras antalet maskar i åkern. Undersök masksituationen på varje kursskifte till exempel samtidigt som du gräver en grop som krävs för andra uppgifter, och gräv minst två gropar på varje skifte. Om du vill få en bra uppfattning om masksituationen på hela skiften krävs ett större antal gropar. Groparna bör helst grävas när åkermarken är fuktig och maskarna är aktiva nära markytan. Under torrare perioder kan maskarna söka sig djupare ned i marken och gå i viloläge. Det är också nyttigt att undersöka masksituationen på frodiga dikesrenar. Du kan göra observationerna på de olika skiftena vid olika tidpunkter, men kom ihåg att göra anteckningar som du sedan kan sammanställa i ditt svar.

Börja masktestet genom att med spade snabbt gräva upp en jordkoka på 20 cm x 20 cm x 20 cm, och räkna maskarna i jorden enligt anvisningarna. Det är viktigt att vara snabb, så att daggmaskarna inte hinner rymma ner i jorden längs sina gångar.

När du har grävt upp jordkokan placerar du provet på ett underlag, till exempel en fanerskiva. Smula sönder provet med händerna så att du hittar alla maskar, och räkna hur många maskar det finns i provet. Medeltalet för åkrarna i Finland är 111 maskar per kvadratmeter, vilka motsvarar cirka fyra maskar per spadtag.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Bild 14. Ett spadtag jord borde innehålla minst fyra maskar. Om du inte hittar några maskar alls är situationen verkligt allvarlig. Då gäller det att ta fler prover för att få en heltäckande bild av situationen på skiftet. Om du fortfarande inte hittar några maskar är det värt att fundera på vad det kan bero på, och vad man kan göra för att öka antalet. Bild: Jukka Rajala.

Undersök separat hur många stora daggmaskhål du hittar i gropen efter spadtaget. Observera att det efter växter med pålrot, såsom lusern, kan finnas stora vertikala kanaler i marken, som ändå inte är daggmaskhål.

Det är värt att upprepa det här testet på samma ställe årligen eller med några års mellanrum, för att se om maskarnas antal har ökat till följd av dina åtgärder.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Uppgift 11.5

Observera maskarna på alla dina kursskiften genom att gräva minst två gropar på olika delar av skiftena. Skriv ett kort sammandrag av dina observationer. Hurdana variationer i antalet maskar finns det inom och mellan skiftena?

Klassificera observationerna på dina kursskiften enligt följande skala:
Bra = 4 eller fler maskar per spadtag
Nöjaktigt = 2–3 maskar per spadtag
Dåligt = 0–1 maskar per spadtag

Var något av skiftena klart bättre eller sämre än de andra? Kan du bedöma vad det beror på?

Sensorisk bedömning av markstrukturen (MARA, eng. VESS)

I den här uppgiften bedöms markstrukturen sensoriskt med hjälp av MARA-kortet. MARA-testet går ut på att man med spade gräver en grop av en viss storlek, och iakttar och poängsätter den uppgrävda jordkokans skiktning. Skiktningen visar de olika markskiktens densitet och aggregatstruktur.

Det här är en av de viktigaste uppgifterna under kursen. Gör uppgiften för ett skifte i taget, så att du orkar koncentrera dig och göra en noggrann bedömning av jordprovet.

Jämför markstrukturen mellan olika delar av dina kursskiften och gräv minst två gropar per skifte. Om du vill kan du för jämförelsens skull studera strukturen i en frodig åkerren som länge har varit i vila och jämföra den med dina prover från åkern. Nedan finns anvisningar för provtagningen och användningen av MARA-kortet.

Vad behöver du för att göra ett MARA-test?

Spade och eventuellt ett pliktjärn (ett spett som i vanliga fall används för att hitta täckdiken, men som också går bra att använda för att hitta förtätningar i marken)

Fanerskiva eller plastbit

Kamera

Anteckningsmaterial

Rullmått

MARA-kortet, som du kan ladda ned här och skriva ut innan du beger dig i väg till åkern.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Anvisningar för att ta och analysera MARA-prov:

Välj en lämplig plats för gropen genom att kartlägga åkermarkens täthet på följande sätt: Tryck med spaden i marken på en sträcka på 3–4 meter. Försök att känna efter om det finns tätare och luckrare områden. Ett pliktjärn är också ett bra verktyg för att hitta områden med olika strukturer. För att få bättre insikt i att analysera olika prover lönar det sig att gräva gropar i både täta och luckra områden.

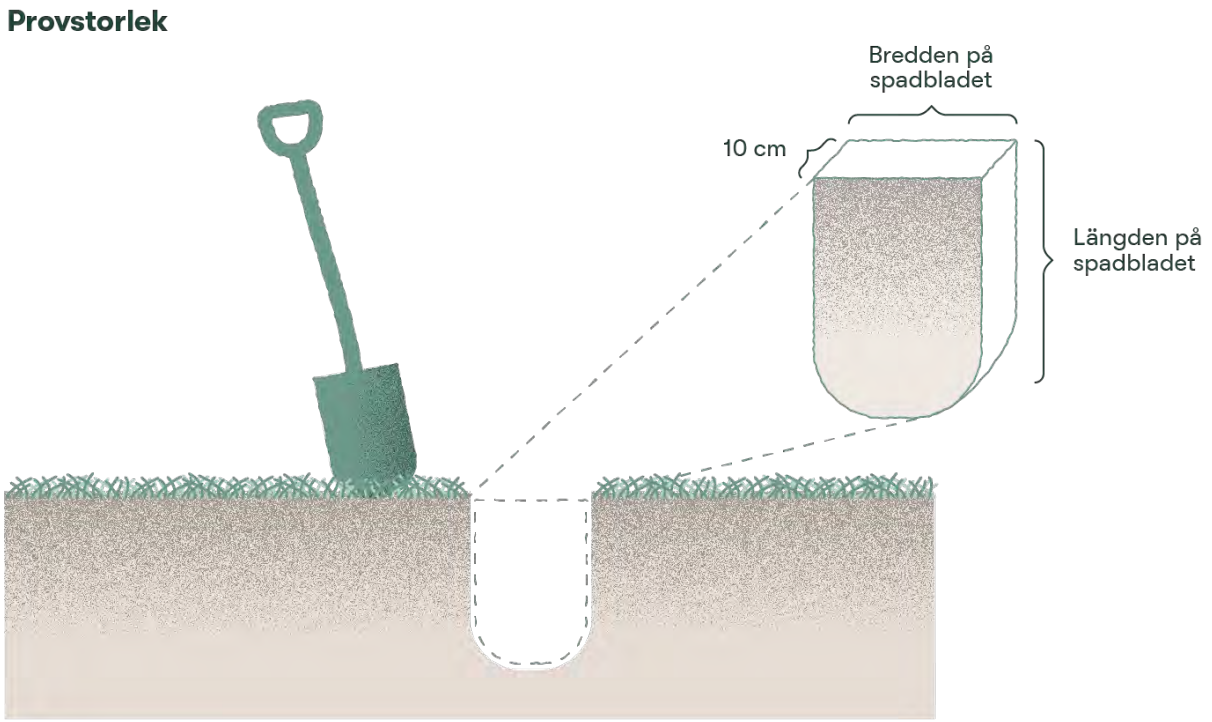


Bild 15. Gropen bör vara minst lika bred och djup som spadbladet.

- Ta ett jordprov ur marken som är lika bred och djup som spadbladet och vars tjocklek är ungefär 10 cm. Fotografera jordproverna ifall du vill dokumentera och följa med förändringarna på lång sikt.
- Häll provet i spaden på en bit faner eller plast.
- Se närmare på provet. Kan du urskilja skikt i provet?
- Bryt jordprovet försiktigt med handen. På vilket sätt faller det sönder? På vilket ställe förändras strukturen? Hurdan doft har provet? En mark i gott skick doftar potatiskällare.
- Känn efter med handen hur lätt jordkokorna smulas ned. Observera också hur rötterna växer och om det finns daggmaskar i kokorna. Du kan också dra en kniv rakt upp längs väggarna i gropen för att känna på vilket sätt tätheten varierar i marken.
- Mät skiktens tjocklek. Uppskatta jordprovets struktur skikt fört skikt med hjälp av bilderna på Mara-kortet.
- Poängsätt de olika skikten enligt anvisningarna på kortet: 5 = mycket bra, 4 = bra, 3 = nöjaktig, 2 = ganska dålig, 1 = dålig.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

- Skriv upp resultaten. Ifall du vill kan du ta foton där man tydligt ser strukturskillnaderna mellan de olika skikten.
- Fäll till slut ner jordprovet från midjehöjd på fanerbiten eller plastet och se hurdana aggregat, klumpar och kokor som bildas då provet landar på ytan. Fäll enskilda klumpar och kokor på nytt. Specificera poängsättningen enligt detta om det behövs.
- Putsa botten i gropen. Finns det maskgångar på botten?
- Gräv gropen ännu djupare och ta ett prov på alven från kanten av gropen. Hurdan är alvens struktur? Använd dig av poängsättningen.

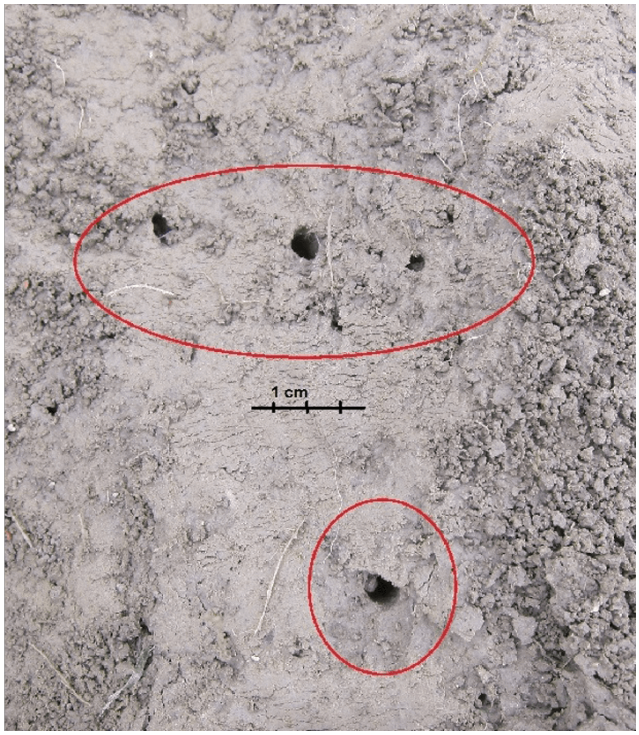


Bild 16. Till vänster markprofilens skikt: det översta skiktet har god struktur, medan det mellersta och det lägsta skiktet är för täta. Till höger daggmaskhål i alven. Bilder: Jukka Rajala (tv.) och Veera Manka (th.).

De bästa aggregaten är små, runda och porösa (klass 5 i MARA-kortet). Dessa aggregat är ett resultat av biologiska funktioner dvs. rotsystemens och markorganismernas aktivitet. Dåliga aggregat är släta, de är också jämförelsevis stora, kantiga och täta (klass 1 i MARA-kortet). Mellan dessa klasser förekommer en hel del olika sorters aggregat med varierande storlek, form och porositet.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Bild 17. Aggregat-observationer. I bilden till vänster är aggregaten små, runda och porösa. I bilden till höger är aggregaten släta, kantiga och täta. Bilder: Jukka Rajala.

När du grävt två gropar per skifte och utvärderat dem enligt MARA-testet, gör ett sammandrag av dina observationer för varje skifte och svara för var och en här under. Fundera på följande frågor:

Vad lärde du dig om jordhälsan på skiftena? Beskriv hurdana skillnader du stötte på angående markstrukturen i de olika delarna av skiftet.

Fanns det täta skikt som stör rotsystemens tillväxt? Om det förekom packningar, vad kan ha orsakat dem? Fundera på omständigheter, maskinkedjor och odlingshistoria.

Som stöd i problemlösningen kan du använda de fem varför-frågorna som introducerades i kapitel 5. Sätt åkern i skick I. Att identifiera problemen.

Uppgift 11.6

Skriv ett sammandrag om skifte 1. enligt anvisningarna.

Uppgift 11.7

Skriv ett sammandrag om skifte 2. enligt anvisningarna.

Uppgift 11.8

Skriv ett sammandrag om skifte 3. enligt anvisningarna.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Att uppskatta aggregatstabiliteten

Det lönar sig att uppskatta aggregatstabiliteten i samband med MARA-testet. För att göra denna uppgift kan du använda dig av ett enkelt flasktest.

När du uppskattar aggregatstabiliteten, sträva efter att skilja på de kantiga aggregaten från de porösa och runda aggregaten. Kantiga aggregat uppstår till exempel då tjälen smular sönder lerjord. Porösa aggregat uppstår som ett resultat av växtrötternas och mikroorganismernas aktivitet.

Enkelt flasktest

Ta med vatten i små flaskor ut på åkern. Välj fyra aggregat i storlek ca 3–5 millimeter från ytskiktet i marken och fäll ner dem i vattenflaskan. Vänta i en minut och rör om en stund och vänta i ytterligare en minut. Se om aggregaten sönderdelas i vattnet eller om de hålls hela. Uppskatta aggregatstabiliteten enligt följande poängskala: stabil = 2 poäng, halvstabil = 1 poäng, sönderfallen = 0 poäng. Upprepa testet för att försäkra dig om resultatens pålitlighet.

Bild 18. Att uppskatta aggregatstabiliteten med hjälp av flasktest. Bild: Jukka Rajala.

Uppgift 11.9

Skriv ett kort sammandrag om resultaten av observationerna kring aggregatstabiliteten.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Rotsystemets tillväxtsätt och täthet

Denna uppgift är en övning i att granska rotsystemet. Gör det på varje kursskifte vid en av groparna, till exempel i samband med MARA-testet, men du kan också göra det skilt för sig. Om du vill kan du ta ett prov på flera olika ställen på skiftet. Försök att välja områden där grödorna växer väl och områden där de växer dåligt. Om du vet var täckdikena går kan du granska rotsystemen vid täckdikena och mitt emellan dem.

Under växtperioden, då växterna är välutvecklade eller på väg att mogna, gräv en grop i åkern som är lika djup som spadbladet. Lösgör en spadfull jord vid gropväggen. Observera växternas rotsystem och på vilket sätt de växer ner från matjorden till alven.

Om huvudroten växer lodrätt ner betyder det att markstrukturen är god nog för växten. Om roten är krokig, vågrät eller förtjockad betyder det att marken är för tät för växten i fråga.

Observera följande saker och skriv upp dem för att svara på frågan i uppgiften:

Hur tätt är rotsystemet? Växer rötterna jämt överallt i marken eller bara på vissa ställen?

Har rötterna spridit sig över ett stort område, har huvudrötterna blivit tvungna att väja för förtätningar? Är rötterna täckta av jord, eller är de bara?

Klyv upp kokor och större klumpar. Växer rötterna också i kokorna och klumparna, eller bara mellan dem?

Det lönar sig att kontrollera ifall de kvävefixerande växterna har rikligt med rotknölar och på vilket sätt de är distribuerade i rotsystemet. Genom att klyva knölarna med en kniv kan man se hur aktiva de är. En aktiv knöl är rödaktig inuti.

Medan du undersöker rotsystemet, fundera också på hur dess tillväxtsätt och riklighet påverkar växternas förmåga att utnyttja näringsämnen och kolbindning. Om du märker skillnader i rotsystemens tillväxt på olika skiften eller på olika ställen på samma skifte, fundera på hur skillnaderna har kunnat uppstå.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Bild 19. I marken på bilden till vänster växer rötterna endast i springorna mellan jordkokorna. På bilden till höger distribueras rötterna utöver hela området i marken. Bilder: Jukka Rajala.

Uppgift 11.10

Beskriv dina observationer om rotsystemen kort. Jämför rotsystemen på de olika skiftena sinsemellan.

Vattnets infiltration och dess beteende i marken

Att iaktta regnvattnets rörelser och avdunstningen är viktigt för att få en uppfattning om vattenhushållningen. I denna uppgift granskas vattnets infiltration på ett kursskifte med hjälp av ett flasktest. Du behöver en liten flaska (0,3–0,5l) med vatten och en spade för att utföra uppgiften. Anvisningarna hittar du i texten ovanför uppgiftsrutan.

Allmänt om vattnets infiltration och avdunstning

Det lönar sig att observera vattnets avdunstning i allmänhet genom att följa med hur marken torkar upp efter regn och efter att snön smälter på våren. Ifall vattenreserverna redan är fulla kan vattnet inte lagras i åkern. Växande växter kan avdunsta ca 20–25 millimeter vatten per vecka, då en bar mark endast avdunstar ca fem millimeter per vecka.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Övervintrande växter avdunstar vatten effektivt på våren och skyddar marken från igenslamning. Detta säkerställer att åkern inte blir genomvåt i samband med vårregnen. Växtbeståndet avdunstar vatten om våren och gör det möjligt för åkern att torka upp tidigare och mera jämt på djupet, vilket förbereder åkern för sådden. Avdunstningen upphör när växtbeståndet mognat.

Markens aggregatstabilitet har en direkt inverkan på vattnets infiltrationshastighet. En mark som lider av igenslamning och skorpbildningn har igentäppta luftporer, vilket leder till att vattnet inte absorberas. I samband med rikligt regn rinner en stor del av vattnet från åkern som ytavrinning. Endast en liten del infiltreras i marken för växternas bruk.

Man kan inte påverka regnmängden, men man kan påverka den mängd vatten som absorberas av marken. Kan marken absorbera regnvattnet, eller blir vattnet kvar i ytskiktet så att de djupare skikten förblir torra? Detta kan man utreda till exempel genom att gräva gropar med spade genast efter regnväder.

Bild 20. På bilden till vänster infiltreras vattnet väl in på djupet. På bilden till höger däremot är vattnets infiltration svag och vattnet bildar ytströmningar. Bilder: Jukka Rajala.

Anvisning för flasktestet

Utför uppgiften under en torr period. Häll en liten flaska (0,3–0,5 l) vatten från låg höjd på åkerytan och se på hur stort område vattnet sprids. Gräv en grop med spade och iaktta hur djupt vattnet absorberas. Vattnet borde spridas på ett område med ca 10 cm i diameter på åkerytan och absorberas ända till botten av matjordskiktet (ca 25 cm). Det lönar sig att noggrant se efter hurdana rutter vattnet tar då det infiltreras. Om vattnet ginar raka vägen djupt ner genom sprickorna i marken får matjordskiktets vattenreservoarer ingen påfyllning. Skriv upp dina observationer.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Uppgift 11.11

Beskriv flasktestet kort. Vad lade du märke till? Motsvarade resultatet dina förväntningar på skiftet i fråga eller på någon del av den?

Granskning av grundvattnets höjd

En otillräcklig upptorkning begränsar förbättringen av markens bördighet och ökandet av skördenivån. Problem med upptorkning kan bero på bristfällig dränering, på en svag markstruktur eller störningar i dräneringens funktion. I denna uppgift är det meningen se efter om vattnet stannar eller stiger upp till matjordskiktet, eller nära intill det. Du kan också granska grundvattennivån med hjälp av ett snabbtest, och du får välja vilketdera test du gör. Uppföljningsuppgiften är dock nyttigare än snabbtesten.

Bild 21. Vattnet försvinner snabbt ur gropen på bilden till vänster, vilket betyder att upptorkningen är tillräcklig. På bilden till höger stannar vattnet i gropen länge, vilket betyder att upptorkningen är otillräcklig. Bilder: Jukka Rajala.

Välj ett av dina kursskiften för denna uppföljningsuppgift och observera grundvattennivån på det. Gräv minst två gropar med ett djup på ungefär 40 cm med spade på olika ställen på skiftet. Gräv gärna ännu flera gropar, både på ställen där det växer bra såväl som dåligt, vid täckdiken och mitt emellan täckdiken.

Lämna kvar groparna i åkern och följ med vattenytans höjd i dem under våta tider på sommaren, under höstsäsongen och när marken inte är i tjäle under vintern. Granska groparna regelbundet. Iaktta dem speciellt några dagar efter regn: hur beter sig vattnet i groparna? Om vattnet stannar i gropen i flera dagar efter regn, är upptorkningen inte tillräcklig. Om vattenytan når matjordsskiktet under flera dagar är det ett tecken på att upptorkningen fungerar mycket dåligt.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Du kan utföra ett snabbtest för att reda ut alvens vattengenomsläpplighet. Det görs genom att hälla vatten i en ca 40 cm djup grop. Eventuella sprickor borde vara igenstängda när man utför testet så att testet ger rätt uppfattning om vattengenomsläppligheten. Uppföljning på lång sikt ger en bättre uppfattning än ett snabbtest om hur åkerns upptorkning fungerar.

Uppgift 11.12

Berätta vilketdera test du valde.

Ifall du gjorde uppföljningen, beskriv dina observationer då du varit ute på åkern någon gång. Hur många dagar efter regn var du ute på åkern, vilken var regnmängden och hur såg det ut på bottnen av groparna?

Om du gjorde ett snabbtest, berätta hur snabbt vattnet absorberades. Motsvarade resultatet dina förväntningar på skiftet i fråga eller på någon del av det?

Kapitel 11 är skriven av:

Docent Johannes Tiusanen, Helsingfors universitet

Specialplanerare Jukka Rajala, Ruralia institutet, Helsingfors universitet

Sanna Söderlund, BSAG

Kapitel 11 är översatt av: Från början till ”Anvisningar för att ta och analysera MARA-prov”:

Mats Norrholm

Från och med ”Anvisningar för att ta och analysera MARA-prov”:

Anne Nordling

Grattis! Du har utfört alla uppgifter i Grunderna för regenerativt jordbruk och du har lärt dig att observera åkrarnas jordhälsa på ett mångsidigt sätt samt söka lösningar på problem.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Källorna som använts för kursen

Kapitel 1: Regenerativt jordbruk

1. FAO, ITPS, GSBI, SCBD & EC. 2020. State of knowledge of soil biodiversity – Status, challenges and potentialities, Summary for policy makers. Rome: FAO. 40 s. https://doi.org/10.4060/cb1929en
2. Hagelberg, E., Wikström, U., Mattila, T. & Joona, J. 2020. Regeneratiivinen eli uudistava maatalous: ruuantuotannon uusi suunta. Baltic Sea Action Group. Nätpublikation. https://carbonaction.org/wp-content/uploads/2020/06/BSAG-Regeneratiivinen-maatalous_FINAL.pdf
3. Ollikainen, M. 2020. HIiliviljelyn talous. Presentation för Carbon Action -pilotgårdar. 8.12.2020
4. Heinonsalo, J., Heimsch, L., Helenius, J., Huusko, K., Höijer, L., Joona, J., Kanerva, S., Karhu, K., Kekkonen, H., Koppelmäki, K., Kulmala, L., Lötjönen, S., Mattila, T., Ollikainen, M., Peltokangas, K., Regina, K., Soinne, H., Wikström, U. & Viskari, T. 2020. Kolguide – översikt över kolet i marken och grunderna i kolbindande jordbruk. Baltic Sea Action Group. 60 s. https://carbonaction.org/wp-content/uploads/2020/06/bsag-hiiliopas-200603-se-digital.pdf
5. Kolbe, H. 2010. Site-adjusted organic matter–balance method for use in arable farming systems. J. Plant Nutr. Soil Sci. 173: 678–691. http://dx.doi.org/10.1002/jpln.200900175
6. Steffen W., Richardson, K., Rockström, J., Cornell, S.E., Fetzer, I., Bennett, E.M., Biggs, R., Carpenter, S.R., De Vries, W., De Wit, C.A., Folke, C., Gerten, D., Heinke, J., Mace, G.M., Persson, L.M., Ramanathan, V., Reyers, B. & Sörlin, S. 2015. Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. Science 347(6223): 1259855 http://dx.doi.org/10.1126/science.1259855
7. BSAG. 2017. Eloisa pelto. Ruokopelto-hankkeen opas muhevampaan maaperään. https://carbonaction.org/wp-content/uploads/2019/05/Eloisa-pelto-Ruokopelto-hankkeen-opas.pdf Baltic Sea Action Group. Publicerad 2017.
8. General Mills 2021. Regenerative Agriculture. https://www.generalmills.com/en/Responsibility/Sustainability/Regenerative-agriculture General Mills. Sparad 21.2.2021.
9. SML 2021. Pölytyksen merkitys ja pölytyspalvelusta sopiminen. https://www.polytys.fi/polytyksen-merkitys-ja-polytyspa/ Suomen Mehiläishoitajain Liitto SML ry. Sparad 21.2.2021.
10. Mattila, T. & Saarinen, P. 2020. Laidunnusopas. Baltic Sea Action Group. 28 s. Tillgänglig också i PDF-format: https://carbonaction.org/wp-content/uploads/2020/12/Laidunnusopas_VALMIS.pdf
11. Torralbaa, M., Fagerholma, N., Burgessc, P. J., Morenod, G. & Plieningera, T. 2016. Do European agroforestry systems enhance biodiversity and ecosystem services? A meta-analysis. Agriculture, Ecosystems and Environment 230: 150-161.

Kapitel 2: Marken

1. LANDMARK 2020. Soil Functions Concept. http://landmark2020.eu/soil-functions-concept/ Hänvisat: 25.9.2020.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

2. Pohjanpalo, V. 2017. Mullan eliöt pitävät meitä terveenä. Helsingfors universitet: Yliopisto-lehti Y/06/17. Hänvisat: 10.12.2020. Tillgänglig på: https://www.helsinki.fi/fi/uutiset/terveys/mullan-eliot-pitavat-meita-terveena

3. FAO 2015. Healthy soils are the basis for healthy food production. http://www.fao.org/soils-2015/news/news-detail/en/c/277682/ Food and Agriculture Organization of United Nations. Publicerad 2015. Hänvisat: 26.10.2020.

4. Caputo, S. 2018. How urban farmers are learning to grow food without soil or natural light. https://theconversation.com/how-urban-farmers-are-learning-to-grow-food-without-soil-or-natural-light-88720 The Conversation. Publicerad 13.2.2018. Hänvisat: 26.10.2020.

5. Hartikainen, H. 2016. Maaperä. I verket: Paasonen-Kivekäs, M., Peltomaa, R., Vakkilainen, P. & Äijö, H. (red.) Maan vesi- ja ravinnetalous. Ojitus, kastelu ja ympäristö. 2:a uppdaterade upplagan. Helsingfors: Täckdikningsföreningen rf. s. 17–72. Tillgänglig i PDF-format: https://salaojayhdistys.fi/wp-content/uploads/2016/05/web_maanvesijaravinnetalous_B5_2016.pdf

6. Huhta, V. & Hallanaro, E.-L. 2019. Elämän ja kasvun lähde. I verket: Huhta, V. & E-L. Hallanaro, E.-L. (red.) Elämää maan kätköissä. Helsingfors: Gaudeamus. s. 11–29.

7. Finlands officiella statistik (FOS) 2020. Utnyttjad jordbruksareal. http://www.stat.fi/til/kaoma/index_sv.html Helsingfors: Naturresursinstitutet. Hänvisat: 9.10.2020.

8. Yli-Halla, M. & Peltovuori, M. 2016. Maannokset ja niiden luokittelu. I verket: Paasonen-Kivekäs, M., Peltomaa, R., Vakkilainen, P. & Äijö, H. (red.) Maan vesi- ja ravinnetalous. Ojitus, kastelu ja ympäristö. 2:a uppdaterade upplagan. Helsingfors: Täckdikningsföreningen rf. s. 43–52. Tillgänglig i PDF-format: https://salaojayhdistys.fi/wp-content/uploads/2016/05/web_maanvesijaravinnetalous_B5_2016.pdf

9. Ciais, P., Sabine, C., Bala, G., Bopp, L., Brovkin, V., Canadell, J., Chhabra, A., DeFries, R., Galloway, J., Heimann, M., Jones, C., Le Quéré, C., Myneni, R.B., Piao, S. & Thornton, P. 2013. Carbon and Other Biogeochemical Cycles. I verket: Stocker, T.F., Qin, D., Plattner, G., Tignor, M., Allen, S. K., Boschung, J., Nauels, A., Xia, Y., Bex, V. & Midgley, P. M. (red.). Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press. s. 465-570. Tillgänglig i PDF-format: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WG1AR5_all_final.pdf

10. Rajala, J. 2006. Maan viljavuus. I verket: Rajala, J. (red.) Luonnonmukainen maatalous. 2:a uppdaterade upplagan. S:t Michel: Helsingfors universitet, Maaseudun tutkimus- ja koulutuskeskus, Julkaisuja no 80. s. 51–102. Tillgänglig i PDF-format: https://www.helsinki.fi/fi/ruralia-instituutti/koulutus/luomutietoverkon-materiaalit#section-100694

11. BSAG. 2017. Eloisa pelto. Ruokopelto-hankkeen opas muhevampaan maaperään. Tillgänglig på: https://carbonaction.org/wp-content/uploads/2019/05/Eloisa-pelto-Ruokopelto-hankkeen-opas.pdf Baltic Sea Action Group. Publicerad 2017. Hänvisat: 17.12.2020.

12. BSAG. 2015. JÄRKI-ISKU 18: Markmyller. Tillgänglig på: https://www.bsag.fi/wp-content/uploads/2019/07/jarki_fakta_18_web-min.pdf Baltic Sea Action Group. Publicerad 2015. Hänvisat: 18.1.2021.

13. Nuutinen, V. & Palojärvi, A. 2018. Mikroorganismernas aktivitet i jordmånen. I verket: Peltonen, S. & Anttila, S. (red.) Håll åkern i skick. Forskning för framåt nr. 36. ProAgria Svenska lantbrukssällskapens förbund. s. 26–29.

14. Heinonsalo, J., Heimsch, L., Helenius, J., Huusko, M.K., Höijer, L., Joona, J.M., Kanerva, S., Karhu, K., Kekkonen, H.R., Koppelmäki, K., Kulmala, L., Lötjönen, S., Mattila, T.J., Ollikainen, M., Peltokangas, K., Regina, K., Soinne, H., Wikström, U. & Viskari, T. 2020. Kolguiden: Översikt över kolet i marken och grunderna i kolbindande jordbruk 1:a upplagan. Carbon Action & Baltic Sea Action Group. Tillgängligt också i PDF-format:https://carbonaction.org/wp-content/uploads/2020/06/bsag-hiiliopas-200603-se-digital.pdf

15. Setälä, H. 2019. Sukkulamadot. I verket: Huhta, V. & E-L. Hallanaro, E.-L. (red.) Elämää maan kätköissä. Helsingfors: Gaudeamus. s. 211–227.

16. Vestberg, M. & Timonen, S. 2018. Rihmankiertämät – kasvien ja sienten erottamaton elämä. Privattryck. s. 356.

17. Wilson, P., Ketola, E., Ahvenniemi, P., Lehtonen, M. & Valkonen, J. 2008. Dynamics of soilborne Rhizoctonia solani in the presence of Trichoderma harzianum: effects on stem canker, black scurf and progeny tubers of potato. Plant Pathology 57: 152–161

18. Kataja-Aho, S. 2019. Hyppyhäntäiset sukulaisineen. I verket: Huhta, V. & E-L. Hallanaro, E.-L. (red.) Elämää maan kätköissä. Helsingfors: Gaudeamus. s. 29–51.

19. Huhta, V. & Penttinen, R. 2019. Punkit. I verket: Huhta, V. & E-L. Hallanaro, E.-L. (red.) Elämää maan kätköissä. Helsingfors: Gaudeamus. s. 51–81.

20. Koponen, S. & Uddström, A. 2019. Hämähäkit, valeskorpionit ja lukit. I verket: Huhta, V. & E-L. Hallanaro, E.-L. (red.) Elämää maan kätköissä. Helsingfors: Gaudeamus. s. 81–111.

21. Calhim, S. & Huhta, V. 2019. Karhukaiset ja rataseläimet. I verket: Huhta, V. & E-L. Hallanaro, E.-L. (red.) Elämää maan kätköissä. Helsingfors: Gaudeamus. s. 227–243.

22. Strömmer, R. 2019. Mikrobit. I verket: Huhta, V. & E-L. Hallanaro, E.-L. (red.) Elämää maan kätköissä. Helsingfors: Gaudeamus. s. 257–280.

23. Vahtera, V. & Uddström, A. 2019. Tuhatjalkaiset ja maasiirat. I verket: Huhta, V. & E-L. Hallanaro, E.-L. (red.) Elämää maan kätköissä. Helsingfors: Gaudeamus. s. 137–163.

24. Haimi, J. 2019. Lierot ja änkyrimadot. I verket: Huhta, V. & E-L. Hallanaro, E.-L. (red.) Elämää maan kätköissä. Helsingfors: Gaudeamus. s. 163–187.

25. Huhta, V. 2019. Alkueliöt. I verket: Huhta, V. & E-L. Hallanaro, E.-L. (red.) Elämää maan kätköissä. Helsingfors: Gaudeamus. s. 243–257.

26. Malin, E. 2020. Guide om fånggrödor. Praktiska råd för utnyttjande av fånggrödor i Finland. Baltic Sea Action Group. Tillgängligt också i PDF-format: https://carbonaction.org/wp-content/uploads/2020/10/Ker%C3%A4%C3%A4j%C3%A4kasviopas_ruotsi_web.pdf

27. Alakukku, L. 2016. Maan rakenne. I verket: Paasonen-Kivekäs, M., Peltomaa, R., Vakkilainen, P. & Äijö, H. (red.) Maan vesi- ja ravinnetalous. Ojitus, kastelu ja ympäristö. 2:a uppdaterade upplagan. Helsingfors: Täckdikningsföreningen rf. s. 53–72. Tillgänglig i PDF-format: https://salaojayhdistys.fi/wp-content/uploads/2016/05/web_maanvesijaravinnetalous_B5_2016.pdf

28. Lemola, R., Uusitalo, R., Hyväluoma, J., Sarvi, M. ja Turtola, E. 2018. Suomen peltojen maalajit, multavuus ja fosforipitoisuus: Vuodet 1996–2000 ja 2005–2009. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus. Helsingfors: Naturresursinstitutet. 209 s. Tillgängligt: http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-326-558-5

29. Mattila, T.J. 2019. OSMO – Osaamista maan kasvukunnon hoitoon projektin video: Fysikaalinen viljavuus ja sen hoito - Osa 1 Kuivatus. Unitube-video. 22:32. Publicerat 2019. https://www.helsinki.fi/fi/unitube/video/d4e430a3-88f8-4235-88fc-05c3579eacff

30. Soinne, H., Kanerva, S., Hartikainen, H., Myllys, M., Palojärvi, A. & Alakukku, L. 2017. Maan happamuus on enemmän kuin pH. Käytännön Maamies 3/2017.

31. AGRIC 2021. Causes of soil acidity. Government of Western Australia. Department of Primary Industries and Regional Development. Agriculture and Food. https://www.agric.wa.gov.au/soil-acidity/causes-soil-acidity?page=0%2C1 Publicerat 17.9.2018. Hänvisat 12.11.2020.

Kapitel 3: Mångfald

1. Vikström, S., Furman, E. & Rantala, S. 2020. Elonkirjo luo ihmiselle elinolot. Mattila, H. (red.) Elämän verkko. Luonnon monimuotoisuutta edistämässä. Helsingfors: Gaudeamus

2. Wall, D.H., Nielsen, U.N. & Six, J. 2015. Soil biodiversity and human health. Nature (London) 528: 69–76.

3. Toivonen, M. 2020. Luonnon palvelut lautasella. Mattila, H. (red.) Elämän verkko. Luonnon monimuotoisuutta edistämässä. Helsingfors: Gaudeamus

4. Virtanen, S. & Kuusipalo, H. 2020. Biodiversiteetti, kestävyys ja terveys. Mattila, H. (red.) Elämän verkko. Luonnon monimuotoisuutta edistämässä. Helsingfors: Gaudeamus

5. Korpela, K. & Pasanen, T. 2020. Biodiversiteetin havaitseminen ja psyykkinen hyvinvointi. Mattila, H. (red.) Elämän verkko. Luonnon monimuotoisuutta edistämässä. Helsingfors: Gaudeamus

6. Viitasalo, M., Blankett, P. & Varjopuro, R. 2020. Merten monimuotoisuus. Mattila, H. (red.) Elämän verkko. Luonnon monimuotoisuutta edistämässä. Helsingfors: Gaudeamus

7. Hiedanpää, J., Kniivilä, M. & Pouta, E. 2020. Talous monimuotoisuuden vaalimisessa. Mattila, H. (red.) Elämän verkko. Luonnon monimuotoisuutta edistämässä. Helsingfors: Gaudeamus

8. Laitinen, P. 1994. Allelopatia – kasvien ja muiden eliöiden biokemiallinen vuorovaikutus: kirjallisuustutkimus. Jokioinen: Lantbrukets forskningscentral. Meddelande 14/1994. 44 s.

9. Schaub, S., Buchmann, N., Lüscher, A. & Finger, R. 2019. Economic benefits from plant species diversity in intensively managed grasslands. Ecological economics 168: 106488. https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2019.106488

10. Kykkänen S., Korhonen P., Mustonen A. & Virkajärvi P. 2020. Effects of increasing plant diversity on yield of grass and grasslegume leys in Finland. I verket: Virkajärvi, P., Hakala, H., Hakojärvi, M., Helin, J., Herzon, I., Jokela, V., Peltonen, S., Rinne, M., Seppänen, M. & Uusi-Kämppä, J. Meeting the future demands for grassland production (Proceedings of the 28th General Meeting of the European Grassland Federation Helsingfors, Finland 19-22 October 2020). Grassland Science in Europe 25: 103–105. Tillgängligt också i PDF-format: https://www.europeangrassland.org/fileadmin/documents/Infos/Printed_Matter/Proceedings/EGF2020.pdf

11. Torralba, M., Fagerholm, N., Burgess, P.J., Moreno, G. & Plieninger, T. 2016. Do European agroforestry systems enhance biodiversity and ecosystem services? A meta-analysis. Agriculture, Ecosystems & Environment 230: 150-161. https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.06.002.

12. Shi, L., Feng, W., Xu, J. & Kuzyakov, Y. 2018. Agroforestry systems: Meta-analysis of soil carbon stocks, sequestration processes, and future potentials. Land Degradation & Development 29(11): 3886–3897. https://doi.org/10.1002/ldr.3136

13. Tamburini, G., Bommarco, R., Wanger, T. C., van der Heijden, M. G. A., Liebman, M. & Hallin, S. 2020. Agricultural diversification promotes multiple ecosystem services without compromising yield. Science Advances 6(45). https://doi.org/10.1126/sciadv.aba1715

14. Isbell, F., Adler, P.R., Eisenhauer, N., Fornara, D., Kimmel, K., Kremen, C., Letourneau, D.K., Liebman, M., Polley, H.W., Quijas, S. & Scherer-Lorenzen, M. 2017. Benefits of increasing plant diversity in sustainable agroecosystems. J Ecol 105: 871-879. https://doi.org/10.1111/1365-2745.12789

15. Tschumi, M., Albrecht, M., Bärtschi, C., Collatz, J., Entling, M.H. & Jacot, K. 2016. Perennial, species-rich wildflower strips enhance pest control and crop yield. Agriculture, Ecosystems & Environment 220: 97-103. https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.01.001.

16. Schaub, S., Finger, R., Leiber, F., Probst, S., Kreuzer, M., Weigelt, A., Buchmann, N., & Scherer-Lorenzen, M. 2020. Plant diversity effects on forage quality, yield and revenues of semi-natural grasslands. Nature Communications 11(1): 768. https://doi.org/10.1038/s41467-020-14541-4

17. Helenius, J. 2020. Ruuantuotanto koettelee luonnon monimuotoisuutta. I verket: Mattila, H. (red.) Elämän verkko. Luonnon monimuotoisuutta edistämässä. Helsingfors: Gaudeamus

18. Hyvärinen, E., Juslén, A., Kemppainen, E., Uddström, A. & Liukkko, U-M. 2019. Suomen lajien uhanalaisuus – Punainen kirja 2019. The 2019
Red List of Finnish Species. Helsingfors: Miljöministeriet & Finlands miljöcentral. 704 s. Tillgängligt också i PDF-format: http://hdl.handle.net/10138/299501

19. Hokkanen, H.M.T., Menzler-Hokkanen, I. & Hokkanen, S.R.K. 2018. Mitä tapahtuu, jos pölyttäjät katoavat? Duodecim 134(13–14): 1340–1344. Tillgängligt också i PDF-format: http://hdl.handle.net/10138/304205

20. Raiskio, S. 2020. E-mail 11.9.2020.

21. Hokkanen, H.M.T., Menzler-Hokkanen, I. & Keva M. 2017. Long-term yield trends of insect pollinated crops vary regionally, and are linked to neonicotinoid use, landscape complexity and availability of pollinators. Arthropod-Plant Interactions 11(3): 449–61. https://doi.org/10.1007/s11829-017-9527-3

22. Kauppinen, J. 2019. Monimuotoisuus. Helsingfors: Siltala. 349 s.

23. Perinnemaisemayhdistys 2020.
Perinnemaisematyypit. Läst 18.9.2020. https://perinnemaisemat.fi/perinnemaisematyypit/

24. Härjämäki, K. 2014. Maatilaluonnon monimuotoisuus: pientareilta pelloille, kedoilta kosteikkoihin. Teho-hankkeen julkaisuja 2/2014. Åbo: NTM-centralen i Egentliga Finland. 60 s. http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-257-934-8

25. Perinnemaisemayhdistys 2020.
Laidunnus. Läst 25.11.2020. https://perinnemaisemat.fi/hoito/laidunnus/

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Kapitel 4: Kolet, vattnet, klimatet

1. NASA 2020. Why is carbon important? https://climatekids.nasa.gov/carbon/ Luettu 23.10.2020

2. Ciais, P., Sabine, C., Bala, G., Bopp, L., Brovkin, V., Canadell, J., Chhabra, A., DeFries, R., Galloway, J., Heimann, M., Jones, C., Le Quéré, C., Myneni, R.B., Piao, S. & Thornton, P. 2013. Carbon and Other Biogeochemical Cycles. Teoksessa: Stocker, T.F., Qin, D., Plattner, G., Tignor, M., Allen, S. K., Boschung, J., Nauels, A., Xia, Y., Bex, V. & Midgley, P. M. (toim.). Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press. s. 465-570. Saatavissa myös PDF-muodossa: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WG1AR5_all_final.pdf

3. Ilmasto-opas 2020. Ilmastonmuutos ilmiönä. https://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/ilmio/-/artikkeli/962d9aa2-e7e3-4df5-89a2-9f1f653e0d4e/ilmastonmuutos-ilmiona.html Viitattu 2.11.2020.

4. GLOBE 2017. Global Carbon Cycle Diagram. The Globe Carbon Cycle project. https://www.globe.gov/do-globe/measurement-campaigns/past-projects/earth-as-a-system-projects/carbon-cycle Julkaistu 2017. Viitattu 22.12.2020.

5. Heinonsalo, J., Heimsch, L., Helenius, J., Huusko, M.K., Höijer, L., Joona, J.M., Kanerva, S., Karhu, K., Kekkonen, H.R., Koppelmäki, K., Kulmala, L., Lötjönen, S., Mattila, T.J., Ollikainen, M., Peltokangas, K., Regina, K., Soinne, H., Wikström, U. & Viskari, T. 2020. Hiiliopas: Katsaus maaperän hiileen ja hiiliviljelyn perusteisiin. 1 painos. Carbon Action & Baltic Sea Action Group. Saatavissa myös PDF-muodossa: https://carbonaction.org/wp-content/uploads/2020/01/BSAG-hiiliopas-1.-painos-2020.pdf

6. Huijin, S., Wang, X., Zhao, Y. J., Xu, M. G., Li, D. W. & Guo, Y. 2017. Relationship between soil inorganic carbon and organic carbon in the wheat-maize cropland of the North China Plain. Plant and Soil 418: 423-436.

7. Guo, L.B. & Gifford, R. 2002. Soil carbon stocks and land use change: A meta analysis. Global Change Biology 8: 345-360.

8. Liang, C., Schimel, J. & Jastrow, J. 2017. The importance of anabolism in microbial control over soil carbon storage. Nature Microbiology 2(8): 17105.

9. National geographic 2020. Freshwater crisis. https://www.nationalgeographic.com/environment/freshwater/freshwater-crisis/ Viitattu 17.12.2020

10. Paasonen-Kivekäs, M., Peltomaa, R., Vakkilainen, P. & Äijö, H. 2016. Maan vesi- ja ravinnetalous - ojitus, kastelu ja ympäristö. Salaojayhdistys ry 2. täydennetty painos.

11. Pajula, H. & Triipponen, J.-P. 2003. Selvitys Suomen kastelutilanteesta. Esimerkkialueena Varsinais-Suomi. Suomen ympäristö 629. Suomen ympäristökeskus ja Lounais-Suomen ympäristökeskus.

12. World bank. 2017. Chart: Globally, 70% of Freshwater is Used for Agriculture. https://blogs.worldbank.org/opendata/chart-globally-70-freshwater-used-agriculture Julkaistu 2017. Viitattu 17.12.2020.

13. Lawrence, Peter & Meigh, Jeremy & Sullivan, Caroline. 2002. The Water Povery Index: an International Comparison. Keele Economics Research Papers. 19.

14. Puustinen, M., Tattari, S., Väisänen, S., Virkajärvi, P., Räty, M., Järvenranta, K., Koskiaho, J., Röman, E., Sammalkorpi, I., Uusitalo, R., Lemola, R., Uusi-Kämppä, J., Lepistö, A., Hjerppe, T., Riihimäki, J. & Ruuhijärvi, J. 2019. Ravinteiden kierrätys alkutuotannossa ja sen vaikutukset vesien tilaan - KiertoVesi-hankkeen loppuraportti. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 22/2019.

15. Koppelmäki, K. 2013. Veden reitit ja muutokset pellolta vesistöön. Uudenmaan ELY-keskus / Raha-hanke.

16. 4p1000 2020. "4 per 1000" initiative. https://www.4p1000.org/ Viitattu 17.12.2020.

17. 7lk Maantieto 2020. KPL 7 Ilmastonmuutos vaikuttaa tulevaisuuteen. https://peda.net/laukaa/sk/oppiaineet/1-yhteiset/bjm/e-materiaalit/7lk-maantieto/st/k7ivtp:file/download/99ace739e09c93710e96c3c1d775acd7f6a89b06/KPL%207%20ILMASTONMUUTOS%20VAIKUTTAA%20TULEVAISUUTEEN%20selkokielinen%20teksti.pdf Tallennettu 18.1.2021.

18. IPCC 2018. Summary for Policymakers. Teoksessa: Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, & T. Waterfield (toim.) Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty. Geneva, Switzerland: World Meteorological Organization. 32 s. Saatavissa: https://www.ipcc.ch/sr15/chapter/spm/

19. Tilastokeskus. 2020. Suomen kasvihuonekaasupäästöt 1990-2019. http://www.stat.fi/static/media/uploads/tup/khkinv/yymp_kahup_1990-2019_2020.pdf

20. PTT. 2020. Haltia, E., Lehtosalo, H., Rinta-Kiikka, S., & Yrjölä, T. Viljeltyjen turvemaiden päästöjen vähennys vaatii radikaaleja toimia. Pellervon taloustutkimus Policy brief 2/2020.

21. UN. 2015. Paris agreement. https://unfccc.int/sites/default/files/english_paris_agreement.pdf

22. Peltonen-Sainio, P. & Hakala, K. 2014. Viljely muuttuvassa ilmastossa – miten peltoviljely sopeutetaan onnistuneesti. TEHO Plus -hankkeen raportti 4/2014. Saatavissa: https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/mtt/mtt/julkaisut/muut/TEHO_Plus_Ilmastonmuutos_esite_suomi.pdf?f=494961&n=11&p=841831&c=18369930

23. Laine, A., Vanhanen, J., Halonen, M. & Sjöblom, H. 2018. Ilmastonmuutoksen aiheuttamat riskit ja kustannukset Suomelle – valikoituja esimerkkejä. Sitra. 47 s.

24. Wirehn, L. 2018. Nordic agriculture under climate change: A systematic review of challenges, opportunities and adaptation strategies for crop production. Land Use Policy 77.

Kapitel 5: Sätt åkern i skick

1. Mattila, T.J., Rajala, J. & Mynttinen, R. 2019. Peltohavaintoja – aistinvarainen tarkastelu maan kasvukunnon mittarina. Helsingfors universitet Ruralia-institutet. Seinäjoki. Raportteja 197. Tillgängligt också i PDF-format: https://helda.helsinki.fi/handle/10138/305223

2. Shepherd, T.G., Stagnari, E., Pisante, M. & Benites, J. 2008. Visual soil assessment field guide. Annual Crops. FAO. http://www.fao.org/3/i0007e/i0007e00.pdf

3. McCaman, J.L. 2013. When Weeds Talk. 116 s.

4. Nieminen, M., Ketoja, E., Mikola, J., Terhivuo, J., Sirén, T., Nuutinen, V. 2011. Local land use effects and regional environmental limits on earthworm communities in Finnish arable landscapes. Ecological Applications 21: 3162–3177.

5. Berglund, K., & Gustafson-Bjuréus, A. 2008. Markstrukturtest i fält. Report. Uppsala. https://pub.epsilon.slu.se/3375/

6. Kirkby, E. 2012. Introduction, Definition and Classification of Nutrients. I verket: Marschner, P. (red.) Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants. 3 upplagan. Academic Press. s. 3–5.

7. Bryson, G.M. & Mills, H.A. 2015. Plant Analysis Handbook. A Guide to Sampling, Preparation, Analysis, and Interpretation of Agronomic and Horticultural Crops. 4 upplagan. Athens, Georgia: Micro-Macro Publishing, Inc.

8. Mattila, T.J. 2019. Lähestymistapoja lannoitussuunnitteluun - kierrätysravinteiden haasteita. Finlands miljöcentrals rapporter. Finlands miljöcentral. https://helda.helsinki.fi/handle/10138/302787.

9. Cerrato, M.E. & Blackmer, A.M. 1990. Comparison of Models for Describing; Corn Yield Response to Nitrogen Fertilizer. Agronomy Journal 82 (1): 138–43.

10. Khan, S.A., Mulvaney, R.L, Ellsworth, T.R. & Boast, C.W. 2007. The Myth of Nitrogen Fertilization for Soil Carbon Sequestration. Journal of Environmental Quality 36 (6): 1821–32. https://doi.org/10.2134/jeq2007.0099.

11. Han, P., Zhang, P., Wang, P., Sun, W. & Huang, Y. 2016. Changes in Soil Organic Carbon in Croplands Subjected to Fertilizer Management: A Global Meta-Analysis. Scientific Reports 6 (1): 27199. https://doi.org/10.1038/srep27199.

12. Luke 2020. Statistikdatabas [Webbsida]. Utveckling av kväve- och fosforbalansen (kg/ha) enligt NTM-central. Växtnäring och År. Helsingfors: Naturresursinstitutet. Tillgänglig på: http://statdb.luke.fi/PXWeb/pxweb/sv/LUKE/LUKE__08%20Indikaattorit__06%20Ymp%c3%a4rist%c3%b6__12%20Typpi-%20ja%20fosforitase/01_Typpi_fosforitase.px/?rxid=a290f7c2-69ab-4cf6-8366-fd5186c09513

13. Lal, R. 2008. Promise and Limitations of Soils to Minimize Climate Change. Journal of Soil and Water Conservation 63 (4): 113A-118A. https://doi.org/10.2489/jswc.63.4.113A.

14. Paradelo, R., Virto, I. & Chenu, C. 2015. Net Effect of Liming on Soil Organic Carbon Stocks: A Review. Agriculture, Ecosystems & Environment 202 (April): 98–107. https://doi.org/10.1016/j.agee.2015.01.005.

15. Bilen, S., Bilen, M. & Bardhan, S. 2011. The Effects of Boron Management on Soil Microbial Population and Enzyme Activities. African Journal of Biotechnology 10 (27): 5311–19. https://www.ajol.info/index.php/ajb/article/view/94296.

Kapitel 6: Maximera assimilation, mikrober och skydd

1. Jylhä, K., Ruosteenoja, K., Räisänen, J., Venäläinen, A., Tuomenvirta, H., Ruokolainen, L., Saku, S. & Seitola, T. 2009. Arvioita Suomen muuttuvasta ilmastosta sopeutumistutkimuksia varten. ACCLIM-hankkeen raportti. Raportteja No. 2009:4. Helsingfors: Meteorologiska institutet. Tillgängligt också i PDF-format: http://hdl.handle.net/10138/15711

2. Rajala, J. 2006. Luonnonmukainen maatalous. 2:a uppdaterade upplagan. S:t Michel: Helsingfors universitet, Maaseudun tutkimus- ja koulutuskeskus, Julkaisuja no 80. s. 51–102. Tillgängligt också i PDF-format: https://www.helsinki.fi/fi/ruralia-instituutti/koulutus/luomutietoverkon-materiaalit#section-100694

3. Peltonen, S. & Toukoluoto, N. 2015. Viljelykiertojen monipuolistaminen. Tieto tuottamaan 141. ProAgria Keskusten Liiton Julkaisuja nro 1142. ISBN 978-951-808-249-4.

4. Känkänen, H. 2014. Viherlannoitusopas. ProAgria Keskusten Liitto. 23 s. Tillgängligt också i PDF-format: https://proagria.fi/sites/default/files/attachment/viherlannoitusopas_2104_kevytsuojattu_1.pdf

5. Aronsson, H., Hansen, E.M., Thomsen, I.K., Liu, J., Ogaard, A.F., Känkänen, H. & Ulen, B. 2016. The Ability of Cover Crops to Reduce Nitrogen and Phosphorus Losses from Arable Land in Southern Scandinavia and Finland. Journal of Soil and Water Conservation 71: 41-55.

6. Känkänen, H., Keskitalo, M. & Riiko, K. 2011. Kerääjäkasvit – tutkimuksesta käytännön kokemuksiin. TEHO-hankkeen Julkaisuja 4/2011. Åbo: NTM-centralen i Egentliga Finland. Tillgängligt också i PDF-format: http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-257-248-6

7. Malin, E. 2020. Guide om fånggrödor. Praktiska råd för utnyttjande av fånggrödor i Finland. Baltic Sea Action Group. Tillgängligt också i PDF-format: https://carbonaction.org/wp-content/uploads/2020/10/Ker%C3%A4%C3%A4j%C3%A4kasviopas_ruotsi_web.pdf

8. Kutschera, L., Lichtenegger, E. & Sobotik, M. 2018. Wurzelatlas der Kulturpflanzen gemäßigter Gebiete mit Arten des Feldgemüsebaues: 7th vol. 2. upplagan. Frankfurt/Main, Germany: DLG-Verlag. ISBN 978-3769008517. Ritning tillgänglig på: https://images.wur.nl/digital/collection/coll13/id/1045/rec/2

9. Kutschera, L. & Lichtenegger, E. 1992. Wurzelatlas mitteleuropäischer Grünlandpflanzen Band 2, Pteridophyta und Dicotyledoneae (Magnoliopsida), Teil 1: Morphologie, Anatomie, Ökologie, Verbreitung, Soziologie, Wirtschaft, 3rd Vol. Stuttgart, Jena, New York: Fischer Verlag. 851 s. ISBN 3-437-30389-9. Ritning tillgänglig på: https://images.wur.nl/digital/collection/coll13/id/514/rec/1

10. Kutschera, L. & Lichtenegger, E. 1982. Wurzelatlas mitteleuropäischer Grünlandpflanzen Band 1, Monocotyledoneae. 2nd Vol. Stuttgart, New York: Fischer Verlag. 516 s. ISBN 3-437-30359-7. Ritning tillgänglig på: https://images.wur.nl/digital/collection/coll13/id/398/rec/1

11. Naturcom. 2021. Sudaninruoho. https://naturcom.fi/tuote/sudaninruoho/ Naturcom. Hänvisat 18.1.2021.

12. Känkänen, H. 2021. Faktagranskning i onlinekursen Grunderna i regenerativt jordbruk. 29.1.2021.

13. Patkowska, E. 2018. Antagonistic bacteria in the soil after *Daucus carota L.* cultivation. Plant Soil Environment 64: 120-125.

14. Khanh, T.D., Chung, M.I., Xuan, T.D. & Tawata, S. 2005. The Exploitation of crop allelopathy in sustainable agricultural production. Journal of Agronomy & Crop Science 191: 172-184

Annan litteratur

- Aalto, K., Anttila, S., Hennola, I. & Peltonen, S. 2019. Ilmastoviisas maatilayritys. Tieto Tuottamaan 145. ProAgria Keskusten Liiton Julkaisuja nro 1163. 104 s. ISBN 978-951-808-279-1.

- Aaltonen, R. & Peltonen, S. 2011. Valkuaisrehujen tuotanto ja käyttö. Tietoa Tuottamaan 134. ProAgria Keskusten Liiton Julkaisuja nro 1108. 96 s. ISBN 978-951-808-216-6.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

- Abdalla, M., Hastings, A., Cheng, K., Yue, Q., Chadwick, D., Espenberg, M., Truu, J., Rees, B. & Smith, P. 2019. A critical review of the impacts of cover crops on nitrogen leaching, net greenhouse gas balance and crop productivity. Global Change Biology 25: 2530-2543. https://doi.org/10.1111/gcb.14644
- Anttila, S. & Peltonen, S. 2017. Peltojen kunnostus. Tieto tuottamaan 143. ProAgria Keskusten Liiton Julkaisuja nro 1153. 96 s. ISBN 978-951-808-268-5.
- Drost, S.M., Rutgers, M., Wouterse, M., de Boer, W. & Bodelier, P. 2020. Decomposition of Mixtures of Cover Crop Residues Increases Microbial Functional Diversity. Geoderma 361: 114060. https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2019.114060
- Ellä, A. & Mäkilä, R. 2020. Växter för vallen. Projektet Aikaa On. ProAgria projektpubliseringar 10. ProAgria Västra Finland rf. Tillgängligt också i PDF-format: https://www.proagria.fi/sites/default/files/attachment/nurmiopas-vaxter.for_.vallen-svenska-2020.pdf
- Hyvärinen, H. 2001. Kasviperäiset biomolekyylit – fenoliset yhdisteet ja terpeenit. Kirjallisuuskatsaus. MTT:n Julkaisuja. Sarja A 100. Jokioinen: MTT. 97 s. Tillgängligt också i PDF-format: http://urn.fi/URN:ISBN:951-729-630-4
- Hyvärinen, H. 2001. Kasviperäiset biomolekyylit – glukosinolaatit. Kirjallisuuskatsaus. MTT:n Julkaisuja. Sarja A 90. Jokioinen: MTT. 72 s. Tillgängligt också i PDF-format: http://urn.fi/URN:ISBN:951-729-593-6
- Känkänen, H. 2019. Viherlannoituksen tehoa lisäävät menetelmät. Viherteho-hanke. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 25/2019. Helsingfors: Naturresursinstitutet. 31 s. Tillgängligt också i PDF-format: http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-326-745-9
- Känkänen, H., Ketola, J. & Valkama, P. 2020. Uusia tuloksia kerääjäkasveista. UusiRaHa-hanke. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 18/2020. Helsingfors: Naturresursinstitutet. 75 s. Tillgängligt också i PDF-format: http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-326-932-3
- Keskitalo, M., Hakala, K., Kuuselä-Veistola, E., Jalli, H., Jalli, M., Jauhiainen, L. & Peltonen, S. 2014. Esikasvin vaikutus viljojen, öljykasvien ja perunan viljelyyn. TEHO Plus -hankkeen julkaisu 4/2014. 28 s. Tillgängligt också i PDF-format: http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-257-993-5
- Kivijärvi, P., Iivonen, S., Hannukkala, A. & Suojala-Ahlfors, T. 2019. Viherlannoitus- ja kerääjäkasvit avomaavihannestuotannossa. Luke Tietokortti. Helsingfors: Naturresursinstitutet. 15 s. Tillgängligt också i PDF-format: http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe201703011903
- Kleemola, J. 2013. Gröngödslingsguide. TEHO Plus-projektets publikation 5/2013. Åbo: NTM-centralen i Egentliga Finland.24 s. Tillgängligt också i PDF-format: https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/95522/TEHO_Plus_Grongodslingsguide_2013.pdf?sequence=2&isAllowed=y
- Koppelmäki, K., Känkänen, H. & Salonen, J. 2016. Luomupeltojen rikkakasvien hallinta peitekasvien avulla – kirjallisuuskatsaus. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 65/2016. Helsingfors: Naturresursinstitutet. 34 s. Tillgängligt också i PDF-format: http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-326-324-6
- Laitinen, P. 1994. Allelopatia – kasvien ja muiden eliöiden biokemiallinen vuorovaikutus. Kirjallisuustutkimus. Maatalouden tutkimuskeskus. Tiedote 14/94. Jokioinen: MTT. 44 s. Tillgängligt också i PDF-format: http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe2014042925286

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

- Lemola, R., Valkama, E., Suojala-Ahlfors, T., Känkänen, H., Turtola, E., Heikkinen J. & Koppelmäki, K. 2014. Fånggrödor – nytta för odlaren och miljön. TEHO Plus-projektets publikation 8/2014. 56 s. Tillgängligt också i PDF-format: https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/102393/TEHO%20Plus%20-hankkeen%20julkaisu%208_2014.pdf?sequence=2&isAllowed=y

- Myllys, M., Gustafsson, M., Koppelmäki, K., Känkänen, H., Palojärvi, A. & Alakukku, L. 2015. Juuristotietopaketti – juuret maan rakenteen parantajina. Ravinnehuuhtoutumien hallinta. RaHa-projektet. NTM-centralen i Nyland. 50 s. Tillgängligt också i PDF-format: http://www.doria.fi/handle/10024/103454

- Nakian, K., Zabaloy, M., Guan, K. & Villamil, M. 2020. Do Cover Crops Benefit Soil Microbiome? A Meta-Analysis of Current Research. Soil Biology and Biochemistry 142: 107701. https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2019.107701

- Peltonen-Sainio P., Jauhiainen L., Honkavaara E., Wittke S., Karjalainen M., Puttonen E. 2019. Pre-crop values from satellite images for various previous and subsequent crop combinations. Frontiers in Plant Science 10: 462https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00462

- Poeplau, C. & Don, A. 2015. Carbon sequestration in agricultural soils via cultivation of cover crops - A meta-analysis. Agriculture, Ecosystems and Environment 200: 33-41.

- Prommer, J., Walker, T., Wanek, W., Braun, J., Zezula, D., Hu, Y., Hofhansl, F. & Richter, A. 2019. Increased microbial growth, biomass and turnover drive soil organic carbon accumulation at higher plant diversity. Global Change Biology 26: 669-681. https://doi.org/10.1111/gcb.14777

- Puustinen, M., Tattari, S., Koskiaho, J. & Linjama, J. 2007. Influence of seasonal and annual hydrological variations on erosion and phosphorus transport from arable areas in Finland. Soil & Tillage Research 93: 44-55.

- Seuri, P. 2016. Palkokasveista on moneksi: valkuaista, viherlannoitusta, maanparannusta. https://www.ilmase.fi/tietopaketit/palkokasveista-on-moneksi-valkuaista-viherlannoitusta-maanparannusta/ Ilmastonmuutokseen varautuminen maataloudessa. Hänvisat 15.1.2020.

- Taiz L. & Zeiger E. 2002. Chapter 13, Secondary metabolites and plant defence. Teoksessa: Taiz L. & Zeiger E. (red.) Plant physiology. 3. upplagan.Sunderland, MA: Sinauer Associates. 690 s. ISBN 0-87893-823-0

- Tirri R., Lehtonen J., Lemmetyinen R., Pihakaski S., Portin P. 2001. Biologian sanakirja. Keuruu: Otava. ISBN 951-1-17618-8

- Vestberg, M. & Timonen, S. 2018. Rihmankiertämät – kasvien ja sienten erottamaton elämä. Privattryck. s. 356.

- Ruokavirasto 2016. Päätukihaun tuet 2016 — Ympäristökorvaus: Ympäristösitoumus. https://ruokavirasto.mobiezine.fi/zine/192/article-3991 Hänvisat 15.1.2020.

- Zou, L. 2015. Crop rotation as a tool towards sustainable barley cropping. Väitöskirja, Maataloustieteiden osasto, Maa- ja metsätaloustieteellinen tiedekunta, Helsingfors universitet. 48 s. Tillgängligt också i PDF-format: http://urn.fi/URN:ISBN:978-951-51-1607-9

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

Kapitel 7: Markförbättring med hjälp av yttre insatser

1. Luke 2021. Kasper – Fosforilaskuri.https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/kasper/pelto/peltopalvelut/fosforilaskuri Naturresursinstitutet. Hänvisat 27.1.2021.
2. Ajosenpää, H., Ajosenpää, T. & Paananen, S. 2020. Lanta tehokkaaseen käyttöön – Lannasta maanparannusta ja ravinteita kasvinviljelytiloille. Maveka-hanke. ProAgria Länsi-Suomi. Tillgängligt också i PDF-format: https://lansi-suomi.proagria.fi/sites/default/files/attachment/maveka-lantaopas-2020-final_v.2.pdf
3. Kotieläintalouden ympäristönsuojeluohje. https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/41550/OH1_2010_Kotielaintalouden_ymparistonsuojeluohje.pdf?sequence=1
4. BSAG. 2014. JÄRKI FAKTA 12: Gödselkraft. Baltic Sea Action Group. Publicerad 2014. https://www.bsag.fi/wp-content/uploads/2019/07/jarki_fakta_12_svensk_web-min.pdf

Annan litteratur

- Fossel, P. 2014. Organic farming – How to raise, certify, and market organic crops and livestock. Minneapolis, Minnesota: Voyageur Press. 175 s.
- Lowenfelts, J. & Lewis, W. 2010. Teaming with Microbes: A Gardener's Guide to the Soil Food Web. Tarkistettu upplagan. Portland, Oregon: Timber Press. 220 s.
- Luostarinen, S., Tampio, E., Berlin, T., Grönroos, J., Kauppila, J., Koikkalainen, K., Niskanen, O., Rasa, K., Salo, T., Turtola, E., Valve, H. & Ylivainio, K. 2019. Keinoja orgaanisten lannoitevalmisteiden käytön edistämiseen. Maa- ja metsätalousministeriön Julkaisuja 2019:5. Maa- ja metsätalousministeriö. Tillgängligt också i PDF-format: http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-453-941-8
- Rajala, J. 2006. Luonnonmukainen maatalous. 2:a uppdaterade upplagan. S:t Michel: Helsingfors universitet, Maaseudun tutkimus- ja koulutuskeskus, Julkaisuja no 80. s. 51–102. Tillgängligt också i PDF-format: https://www.helsinki.fi/fi/ruralia-instituutti/koulutus/luomutietoverkon-materiaalit#section-100694

Kapitel 8: Minimera störningen

1. Kornecki, T.S. & Balkcom, K.S. 2020. Organic Kale and Cereal Rye Grain Production Following a Sunn Hemp Cover Crop. *Agronomy* 10(12): 1913. https://doi.org/10.3390/agronomy10121913
2. Kornecki, TS. 2020. Influence of Recurrent Rolling/Crimping on Cover Crop Termination, Soil Strength and Yield in No-Till Cotton. AgriEngineering 2(4): s. 631-648. https://doi.org/10.3390/agriengineering2040042
3. Evira 2012. Visste du detta om rester av växtskyddsmedel? https://www.ruokavirasto.fi/globalassets/yritykset/elintarvikeala/valmistus/yhteiset-koostumusvaatimukset/kasvinsuojeluainejaamat/kasvinsuojeluainejaamaesite_sv.pdf. Evira, Enheten för produktsäkerhet.
4. Tukes 2021. Växtskyddsutbildning och -examen. https://tukes.fi/sv/vaxtskyddsutbildning-och-examen Säkerhets- och kemikalieverket (Tukes). Hänvisat 11.2.2021.

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

5. Luke 2016. PeltoOptimi -projektet. https://www.opal.fi/sv/peltooptimi-2/ Naturresursinstitutet. Publicerad 2016. Hänvisat 11.2.2021.

6. Nichols, V., Verhulst, N., Cox, R. & Govaerts, B. 2015. Weed dynamics and conservation agriculture principles: A review. Field Crops Research 183: s. 56-68. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2015.07.012

7. Baker, K. & Cook, R. 1974. Biological control of plant pathogens. San Francisco: W.H. Freeman and Company. 433 s.

8. Egan, P.A., Dicks, L.V., Hokkanen, H.M.T. & Stenberg, J.A. 2020. Delivering integrated pest and pollinator management. Trends in Plant Science 25(6): s. 577-589.

9. Biddinger, D.J. & Rajotte, E.G. 2015. Integrated pest and pollinator management — adding a new dimension to an accepted paradigm. Current Opinion in Insect Science 10: s. 204-209.

10. Räsänen, K., Ratilainen, K., ja Kurppa S. 2014. Pesticide usage data for the application of the research to be utilized for IPM actions? Referat och posterpresentation, SETAC Europe 24th årsseminarium, den 11.–15. maj 2014 Basel, Schweiz. Tillgängligt också i PDF-format: https://cdn.ymaws.com/www.setac.org/resource/resmgr/Abstract_Books/SETAC-Basel-abstracts.pdf

11. Melander, B. 1994. Modelling the effects of *Elymus repens* (L.) Gould competition on yield of cereals, peas and oilseed rape. Weed Research 34: s. 99–108.

12. TOPPS 2021. Säker praxis, Säkrare skydd för vatten http://www.topps-life.org/uploads/8/0/0/3/8003583/flyer_se.pdfTOPPS-projektet. Hänvisat 11.2.2021.

Annan litteratur

- Birkás, M. 2014. Book of Soil Tillage. Szent Istvan University Press. 322 s. Tillgängligt i PDF-format: http://www.fazos.unios.hr/upload/documents/Book_of_Soil_Tillage.pdf

- Mattila, T.J. & Rajala, J. 2019. Muokkausjärjestelmän valinta: miksi ja miten maata muokataan? Tietokortti. OSMO – Osaamista maan kasvukunnon hoitoon. Helsingfors universitet & ProAgria. 6 s. Tillgängligt i PDF-format: https://carbonaction.org/wp-content/uploads/2021/04/muokkausjarjestelman-valinta-2019.pdf

- Schriefer, D.L. 2000. From the Soil Up. Greeley: ACRES USA. 274 s.

- Väderstad 2016. Target on Establishment. 51 s. Tillgängligt i PDF-format: https://soilandwater.wildapricot.org/resources/Pictures/Target%20on%20Establishment%202016%20Edition.pdf

Kapitel 9: Fördjupa dig i de valfria ämnena

I. Skogsjordbruk

1. Torralba, M., Fagerholm, N., Burgess, P.J., Moreno, G. & Plieninger, T. 2016. Do European agroforestry systems enhance biodiversity and ecosystem services? A meta-analysis. Agriculture, Ecosystems & Environment 230: s. 150-161. https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.06.002

2. Shi, L., Feng, W., Xu, J. & Kuzyakov, Y. 2018. Agroforestry systems: Meta-analysis of soil carbon stocks, sequestration processes, and future potentials. Land Degradation & Development 29(11): s. 3886–3897. https://doi.org/10.1002/ldr.3136

3. De Stefano, A., Jacobson, M.G. Soil carbon sequestration in agroforestry systems: a meta-analysis. Agroforest Syst 92: s.285–299. https://doi.org/10.1007/s10457-017-0147-9

4. Lorenz, K., Lal, R. Soil organic carbon sequestration in agroforestry systems. A review. Agron. Sustain. Dev. 34: s. 443–454. https://doi.org/10.1007/s13593-014-0212-y

5. Yeomans, P.A. 1985. The Challenge of Landscape: the development and practice of keyline. Sydney: Keyline Publishing PTY. 271 s. Tillgängligt i PDF-format: https://soilandhealth.org/wp-content/uploads/GoodBooks/The%20Challenge%20of%20Landscape.pdf

6. Pavlov, G. 2015. Understanding the Application of Keyline Geometry. Bendigo, Victoria, Australia: Regrarians Ltd. 49 s. Tillgängligt i PDF-format: http://permatronc.ressources-permaculture.fr/Ajoute-des-fichiers-ici/EBOOK_Understanding_the_Application_of_Keyline_Geometry_%5BENGLISH%5D.pdf

7. Livsmedelsverket 2019. Allmänt tillstånd att använda konventionellt förökningsmaterial. https://www.ruokavirasto.fi/globalassets/viljelijat/luomutilat/siemenet-ja-taimet/20210222.tavsiemen.pdf Livsmedelsverket. Sidan uppdaterad 27.3.2019. Hänvisat 11.2.2021.

8. Livsmedelsverket 2021. Blanketter och anvisningar för ekoproduktion. https://www.ruokavirasto.fi/sv/om-oss/tjanster/guider-och-blanketter/foretag/blanketter-och-anvisningar-for-ekoproduktion/ Livsmedelsverket. Sidan uppdaterad 14.12.2020. Hänvisat 11.2.2021.

9. Osorio, R., Barden, C.J. & Ciampitti, I.A. 2019. GIS approach to estimate windbreak crop yield effects in Kansas–Nebraska. Agroforestry Systems 93: s. 1567–1576.

10. Iivonen, S. 2021. Faktagranskning i onlinekursen Grunderna i regenerativt jordbruk. 28.1.2021.

11. Briggs, S. 2012. Agroforestry: a new approach to increasing farm production. A Nuffield Farming Scholarships Trust report. 85 s. Tillgängligt i PDF-format: https://www.nuffieldscholar.org/sites/default/files/reports/2011_UK_Stephen-Briggs_Agroforestry-A-New-Approach-To-Increasing-Farm-Production.pdf

12. Livsmedelsverket 2021. Stödguider, -villkor och -anvisningar. https://www.ruokavirasto.fi/sv/om-oss/tjanster/guider-och-blanketter/jordbrukare/stodguider/Livsmedelsverket. Sidan uppdaterad 5.2.2021. Hänvisat 11.2.2021.

Annan litteratur

- Matila, A. 2006. Träd och buskar på skyddszoner längs åkrar. Jord- och skogsbruksministeriet & Tapio. 16 s. Tillgängligt i PDF-format: https://www.ruokavirasto.fi/globalassets/tietoa-meista/asiointi/oppaat-ja-lomakkeet/viljelijat/tuet-ja-rahoitus/oppaat-ja-esitteet/sv/guide_trad-och-buskar-pa-skyddszoner-langs-akrar.pdf

- Lehmann, L.M., Smith, J., Westaway, S., Pisanelli, A., Russo, G., Borek, R., Sandor, M., Gliga, A., Smith, L. & Ghaley, B.B. 2020. Productivity and Economic Evaluation of Agroforestry Systems for Sustainable Production of Food and Non-Food Products. Sustainability 12: 5429.

-

- Öllerer, K., Varga, A., Kirby, K., Demeter, L., Biró, M., Bölöni, J. & Molnár, Z. 2019. Beyond the obvious impact of domestic livestock grazing on temperate forest vegetation – A global review. Biological conservation 237: s. 209–219.

- Reid, R. 2017. Heartwood – the art and science of growing trees for conservation and profit. Melbourne Books Publishing Pty Ltd. 300 s.
- Raskin, B. & Osborn, S. (red) 2019. The Agroforestry Handbook. Tillgänglig i PDF-format:https://www.soilassociation.org/farmers-growers/technicalinformation/agroforestry-handbook/
- USDA 2021. Riparian Forest Buffers. https://www.fs.usda.gov/nac/practices/riparian-forest-buffers.php Hänvisat 11.2.2021.

II. Ökning av den biologiska mångfalden

1. Hyvönen, T., Heliölä, J., Koikkalainen, K., Kuussaari, M., Lemola, R., Miettinen, A., Rankinen, K., Regina, K. & Turtola, E. 2020. Maatalouden ympäristötoimenpiteiden ympäristö- ja kustannustehokkuus (MYTTEHO). Slutrapport. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 12/2020. Helsingfors: Naturresursinstitutet. 76 s. Tillgängligt i PDF-format: http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-326-919-4
2. Heliölä, J. & Kuussaari, M. 2020. Maatalousympäristön päiväperhosseurannan vuoden 2019 tulokset. Baptria 45: s. 36-44. Tillgänglig på: https://www.ymparisto.fi/paivaperhosseuranta
3. Kuussaari, M., Härmä, O. & Hyvönen, T. 2007. Viherkesantojen merkitys pölyttäjähyönteisille. I verket: Salonen, J., Keskitalo, M. & Segerstedt, M. (red) Peltoluonnon ja viljelyn monimuotoisuus. Maa- ja elintarviketalous 110. Jockis: Forskningscentralen för jordbruk och livsmedelsekonomi. s. 47–69. Tillgängligt också i PDF-format: http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-487-136-5
4. Aakkula, J. & Leppänen, J. 2014. Maatalouden ympäristötuen vaikuttavuuden seurantatutkimus (MYTVAS 3) – Slutrapport. Jord- och skogsbruksministeriets publikationer 3/2014. 267 s http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-453-852-7
5. Erävuori, L., Hyvärinen, M., Laitinen, K., Oksman, S. & Teerihalme, H. 2017. Luonnon monimuotoisuuden kannalta arvokkaat korvaavat elinympäristöt maantie- ja rataverkoilla: Esiselvitys. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 8/2017. Trafikverket. 68 s. https://www.doria.fi/handle/10024/133866
6. Alhainen, M., Niemelä, T., Siekkinen, J., Svensberg, M., Kuittinen, J., Nurmi, J., Väyrynen, H., Väänänen, V-M., Nummi, P., Berndtson, S. & Korkiakoski, P. 2015. Kosteikko-opas. Helsingfors: Finlands viltcentral. 76 s. Tillgängligt också i PDF-format: https://www.slideshare.net/Riistakeskus/kosteikkoopas
7. Mattila, T. & Saarinen, P. 2020. Betesguide. Betesbruk med maximal kolinlagring – hitta dina skiftens kolinlagringspotential. Carbon Action / BSAG. Tillgänglig i PDF-format: https://carbonaction.org/wp-content/uploads/2021/03/BSAG_Betesguide_web.pdf
8. Autio, O., Heliölä, J. & Rinkineva-Kantola, R. 2020. Lintupellot rauhoitettujen lintulajien aiheuttamien satovahinkojen ennaltaehkäisevänä keinona. Rapporter 16/2020. Seinäjoki: NTM-centralen i Södra Österbotten. 46 s. http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-314-858-1
9. Tiainen, J., Rintala, J., Holopainen, J., Piha, M., Seimola, T., Vepsäläinen, V. & Väisänen, R.A. 2007. Linnut maatalousympäristön luonnon monimuotoisuusindikaattorina. I verket: Salonen, J., Keskitalo, M. & Segerstedt, M. (red) Peltoluonnon ja viljelyn monimuotoisuus. Maa- ja elintarviketalous 110. Jockis: Forskningscentralen för jordbruk och livsmedelsekonomi. s. 215–232. Tillgängligt också i PDF-format: http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-487-136-5

10. Kuussaari, M. 2021. Minkälaisilla toimilla voidaan edistää pölyttäjähyönteisten monimuotoisuutta? Föredrag i slutseminariet för LumoVesi-projektet 28.1.2021.

11. Huusela-Veistola, E. 2007. Kesantojen ekosysteemipalvelut: lintujen hyönteisravinto ja tuholaisten luontaiset viholliset. I verket: Salonen, J., Keskitalo, M. & Segerstedt, M. (red) Peltoluonnon ja viljelyn monimuotoisuus. Maa- ja elintarviketalous 110. Jockis: Forskningscentralen för jordbruk och livsmedelsekonomi. s. 34–46. Tillgängligt också i PDF-format: http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-487-136-5

12. Miljö 2019. Vårdbiotoper. https://www.ymparisto.fi/sv-FI/Natur/Naturtyper/Hotbedomningen_av_Finlands_naturtyper/Vardbiotoper/Hotbedomning_av_vardbiotoperMiljöförvaltningens gemensamma webbtjänst. Publicerad 26.6.2019. Hänvisat 11.2.2021.

13. Finlands viltcentral 2021. Kohti riistarikkaita reunoja – vaihettumisvyöhykkeiden hoito https://www.metsakeskus.fi/sites/default/files/vaihettumisvyohykkeiden-hoito-riistakeskus.pdf Hänvisat 11.2.2021.

14. Lag om hantering av risker orsakade av främmande arter 1709/2015. Helsingfors den 30 december 2015. Tillgänglig i elektronisk form på: https://finlex.fi/sv/laki/alkup/2015/20151709

15. Persson, T.S. 1995. Management of roadside verges: vegetation changes and species diversity. Uppsala: Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Ecology and Environmental Research. Report 82. 30 s.

III. Produktionsvallar

1. Nyfeler, D., Haugenin-Elie, O., Suter, M., Frossard, E. & Luscher, A. 2011. Grass-legume mixtures can yield more nitrogen than legume pure sands due to mutual stimulation of nitrogen uptake from symbiotic and non-symbiotic scources. Agriculture, Ecosystems & Environment 140(1-2): s. 155–163.

2. Mustonen, A. 2021. Faktagranskning i onlinekursen Grunderna i regenerativt jordbruk. 27.1.2021.

3. Kätterer, T., Bolinder, M.A., Thorvaldsson, G. & Kirchmann, H. 2013. Influence of ley-arable systems on soil carbon stocks in Northern Europe and Eastern Canada. Grassland Science in Europe 18: s. 47-56. Tillgängligt i PDF-format: https://www.europeangrassland.org/fileadmin/documents/Infos/Printed_Matter/Proceedings/EGF2013.pdf

4. Rasse D.P., Rumpel C. & Dignac M-F. 2005. Is soil carbon mostly root carbon? Mechanisms for a specific stabilization. Plant and Soil 269: s. 341-356.

5. Klumpp, K. & Fornara, D.A. 2018. Carbon sequestration of grassland soils – climate change and mitigation strategies. Grassland Science in Europe 23: s. 509–534. Tillgängligt i PDF-format: https://www.europeangrassland.org/fileadmin/documents/Infos/Printed_Matter/Proceedings/EGF2018.pdf

6. Kykkänen, S. 2021. Faktagranskning i onlinekursen Grunderna i regenerativt jordbruk. 27.1.2021.

7. Chen J., Lærke P.E., Manevski K. & Jørgensen U. 2020. Biomass production and soil carbon and nitrogen content with innovative cropping systems. Grassland Science in Europe 25: s. 466-468. Tillgängligt i PDF-format: https://www.europeangrassland.org/fileadmin/documents/Infos/Printed_Matter/Proceedings/EGF2020.pdf

8. Ammann C., Neftel A., Jocher M., Fuhrer J. & Leifeld J. 2020. Effect of management and weather variation on the greenhouse gas budget of two grasslands during a 10-year experiment. Agriculture, Ecosystems and Environment 292: 106814.

9. Rutledge S., Wall A.M., Mudge P.L., Troughton B, Campbell D.I., Pronger J., Joshi C. & Schipper L.A. 2017. The carbon balance of temperate grasslands part II: The impact of pasture renewal via direct drilling. Agricultural, Ecosystems and Environment 239: s. 132-142.

10. Sihvonen, M. 2020. Nurmen hiilensidonta on tekniikkalaji – tutkimus kirittää ikivanhaa ruoantuotantotapaamme. https://www.luke.fi/nurmen-hiilensidonta-on-tekniikkalaji/ Naturresursinstitutet. Publicerad 14.8.2020. Hänvisat 12.2.2021.

11. Mäkiniemi, K., Seppänen, T. & Kekkonen, P. 2020. Nurmen täydennyskylvön hyvät käytänteet. Suomen maataloustieteellisen seuran tiedote nro 38. https://doi.org/10.33354/smst.89260

12. Ranking, M. 2020. Alfalfa autotoxicity just got more complicated. https://hayandforage.com/article-2907-Alfalfa-autotoxicity-just-got-more-complicated.html Hay & Forage Grower. Publicerad 10.3.2020. Hänvisat 12.2.2021.

13. Mattila, T. & Saarinen, P. 2020. Betesguide. Betesbruk med maximal kolinlagring – hitta dina skiftens kolinlagringspotential. Carbon Action / BSAG. Tillgänglig i PDF-format: https://carbonaction.org/wp-content/uploads/2021/03/BSAG_Betesguide_web.pdf

IV. Regenerativ odling av grönsaker, rotfrukter och bär

1. Seppänen, M., Mäkelä, P., Yli-Halla, M., Helenius, J., Kallela, M., Stoddard, F. & Teeri, T. 2016. Peltokasvien tuotanto. 3. painos. Helsingfors: Utbildningsstyrelsen. 206 s.

2. Suojala-Ahlfors, T., Lumme, I., Salo, T., Uusitalo, R., Kivijärvi, P., Kallela, M., Inkeroinen, H. & Tuononen, M. 2020. Kasvinravinteet avomaanvihannesten tuotannossa: Tuloksia Resurssitehokas vihannestuotanto -hankkeesta v. 2016–2018. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 79/2020. Helsingfors: Naturresursinstitutet. 89 s. Tillgängligt också i PDF-format:http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-076-2

3. Kivijärvi, P., Iivonen, S., Hannukkala, A. & Suojala-Ahlfors, T. 2019. Viherlannoitus- ja kerääjäkasvit avomaavihannestuotannossa. Luke Tietokortti. Helsingfors: Naturresursinstitutet. 15 s. Tillgängligt också i PDF-format: http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe201703011903

4. FiBL 2018. Perennial flower strips – a tool for improving pest control in fruit orchards. Technical guide No. 1096. 16 s. Tillgängligt också i PDF-format: https://ebionetwork.julius-kuehn.de/dokumente/upload/EnglishNeu_Flower-strips-fruit-orchards.pdf

5. Jord- och skogsbruksministeriets förordning om gödselfabrikat 24/11. Ändringar: Jord- och skogsbruksministeriets förordningar 12/12, 7/13, 21/15, 5/16, 12/15 ja 12/18. https://mmm.fi/elaimet-kasvit/lannoitevalmisteet?p_p_id=com_liferay_journal_content_web_portlet_JournalContentPortlet_INSTANCE_FgMyvVx0PEMb&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&_com_liferay_journal_content_web_portlet_JournalContentPortlet_INSTANCE_FgMyvVx0PEMb_languageId=sv_SE

6. Suojala-Alfors, T. 2021. Faktagranskning i onlinekursen Grunderna i regenerativt jordbruk. 26.1.2021.

7. Malin, E. 2020. Guide om fånggrödor. Praktiska råd för utnyttjande av fånggrödor i Finland. Baltic Sea Action Group. Tillgängligt också i PDF-format: https://carbonaction.org/wp-content/uploads/2020/10/Ker%C3%A4%C3%A4j%C3%A4kasviopas_ruotsi_web.pdf

8. Himanen, S. & Kivijärvi, P. 2020. Haasteellinen kaistasekaviljely. Puutarha & Kauppa 24: 18–19. Tillgängligt också i PDF-format: http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe202003097666

Annan litteratur

- Kallela, M., Nissinen, A. & Suojala, T. 2004. Vaihtoehtoja ravinnetalouden ja kasvintuhoojien hallintaan laajamittaisessa luomuvihannesviljelyssä. Maa- ja elintarviketalous 49. Jockis: Forskningscentralen för jordbruk och livsmedelsekonomi. 62 s. https://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/457764/met49.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Kukkonen, S. & Vestberg. M. 2002. Miten lierot liittyvät kasvukuntoon? Puutarha ja Kauppa 19/2002: 8-9.
- Kukkonen, S., Vestberg, M., Tuovinen, T., Parikka, P. & Palojärvi, A. 2005. Esikasvin merkitys mansikan kasvun ja satoisuuden parantajana sekä maan kasvukunnon ylläpitäjänä. MTT:n tutkimusraportti. Forskningscentralen för jordbruk och livsmedelsekonomi. 34 s. Tillgängligt också i PDF-format: http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe2019041812827
- Matala, V. 2006. Mansikan viljely. 3. painos. Puutarhaliiton julkaisuja. Helsingfors: Trädgårdsförbundet rf. 335 s.
- Nissinen, A., Vanhala, P. (red), Salo, T., Lötjönen, T., Outa, P. & Piirainen, A. 2003.Luomuvihannesten viljelykiertojen hallinta. Onko viljelykiertosi nousukierre vai syöksykierre? MTT:n selvityksiä 47. Forskningscentralen för jordbruk och livsmedelsekonomi. 39 s. http://www.mtt.fi/mtts/pdf/mtts47.pdf
- Parikka, P. 2021. Marjakasvien maalevintäiset taudit kuriin. Puutarha & kauppa 1/2021: 24-25.
- Patkowska, E. 2018. Antagonistic bacteria in the soil after *Daucus carota L.* cultivation. Plant Soil Environment 64: 120-125.
- Vestberg, M, Kukkonen, S. & Palojärvi, A. 2002. Maan kasvukuntoa on vaikea mitata. Puutarha ja Kauppa 19/2002: 6-7.
- Vestberg, M, Kukkonen, S., Saari, K., Uosukainen, M., Palojärvi, A., Tuovinen, T., Vepsäläinen, M. & Niemi, M. 2002. Cropping system impact on soil quolity determinants. Agricultural and food science in Finland 11: 311-328.
- Vestberg, M. 2003. Mansikan suuri satopotentiaali luomuviljelyssä johtuu maan biologista ominaisuuksista. Hög skördepotential hos jordgubbe beror på markens biologiska egenskaper. Forskningsnytt 2/2003: 14–15. https://www.helsinki.fi/fi/ruralia-instituutti/koulutus/luomutietoverkon-materiaalit/mansikan-suuri-satopotentiaali-luomussa-johtuu-maan-biologisista-ominaisuuksista
- Vestberg, M., Kukkonen, S., Saari, K., Tuovinen, T., Palojärvi, A., Pitkänen, T., Hurme, T., Vepsäläinen, M., Niemi, M. 2009. Effects of cropping history and peat amendments on the quality of a silt soil cropped with strawberries. Applied Soil Ecology 42: 37-47. https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2009.01.008

V. Regenerativt jordbruk på torvåkrar

1. Kekkonen, H., Ojanen, H., Haakana, M., Latukka, A. & Regina, K. 2019. Mapping of cultivated organic soils for targeting greenhouse gas mitigation. Carbon Management 10(2): s. 115-126. https://doi.org/10.1080/17583004.2018.1557990

2. FOS 2020. Suomen kasvihuonekaasupäästöt 1990–2019. Finlands officiella statistik (FOS). Helsingfors: Statistikcentralen. s. 10 och 34. Hänvisat 19.1.2021. Tillgängligt också i PDF-format: https://www.stat.fi/static/media/uploads/tup/khkinv/yymp_kahup_1990-2019_2020.pdf

3. Luke Ekonomidoktorn 2021.Jordmån Webbtjänst(luke.fi/ekonomidoktorn). Data: Luke Jordmån data. https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/ekonomidoktorn/jordman_klassifikation/period/jordsmansklass_enl_wbr/storomrade/ Naturresursinstitutet. Hänvisat 19.1.2021.

4. Pietola, L. & Joki-Tokola, E. 2020. Klimathållbar odling av torvåkrar. I verket: Aalto, K., Anttila, S., Hennola, I. & Peltonen, S. (red). Klimatsmart jordbruk. Forskning för framåt 37. ProAgria Svenska lantbrukssällskapens förbunds publikationer, serie B 126. s. 40. ISBN 978-9730-808-57-5.

5. Regina, K. 2020. Turvemaiden maaperän päästöt ja niiden vähentämisen perusteet maataloudessa. https://www.luke.fi/sompa/wp-content/uploads/sites/27/2020/11/kristiina_regina_121120.pdfSOMPA-projektets föredrag. Yhdessä kohti luonnonvarojen kestävää käyttöä – ratkaisuja ilmastonmuutoksen hillintään ja luonnon monimuotoisuuden suojeluun 12.11.2020 (seminarium). Hänvisat 12.2.2021.

6. Joosten, H., Tapio-Biström, M.-L. & Tol, S. 2012. Peatlands: Guidance for Climate Change Mitigation Through Conservation, Rehabilitation and Sustainable Use. Mitigation of Climate Change in Agriculture Series 5. 2. upplagan. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 114 s. Tillgängligt också i PDF-format: http://www.fao.org/3/an762e/an762e00.htm

7. Abel, S., Couwenberg, J., Dahms, T. & Joosten, H. 2013. The Database of Potential Paludiculture Plants (DPPP) and results for Western Pomerania. Plant Diversity and Evolution 130 (3-4): s. 219-228.

8. Geurts, J., Oehmke, C., Lambertini, C., Eller, F., Sorrell, B., Mandiola, S., Grootjans, A.P., Brix, H., Wichtmann, W., Lamers, L. & Fritz, C. 2020. Nutrient removal potential and biomass production by *Phragmites australis* and *Typha latifolia* on European rewetted peat and mineral soils. Science of The Total Environment 747: 141102.

9. Berninger, K., Kekkonen, H., Saarnio, S., Lehtonen, H., Regina, K. & Mäkipää, R. 2020. Maatalouden tukijärjestelmää kehitettävä tukemaan viljeltyjen turvemaiden ilmastokestävää käyttöä. Luke Policy Brief 3/2020. Helsingfors: Naturresursinstitutet. 6 s. Tillgängligt i PDF-format: http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-326-994-1

10. Miettinen, A., Koikkalainen, K., Silvan, N. & Lehtonen, H. 2020. Kosteikkoviljelyn päätuote turvepellolla on päästövähennys. Käytännön maamies 10/2020: s. 36-38.

11. Laurila, M. 2018. Kosteikkokasveista uusia elinkeinomahdollisuuksia. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 18/2018. Helsingfors: Naturresursinstitutet. 159 s. Tillgängligt i PDF-format: http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-326-560-8

12. VN 2019. Regeringsprogrammet för statsminister Sanna Marins regering 10.12.2019. Ett inkluderande och kunnigt Finland – ett socialt, ekonomiskt och ekologiskt hållbart samhälle. Statsrådets publikationer 2019:32. Helsingfors: Statsrådet. 216 s. Tillgängligt i PDF-format: https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/161932/VN_2019_32.pdf?sequence=4&isAllowed=y

13. Luke 2021. SOMPA-forskningsprojekt. https://www.luke.fi/sompa/ Hänvisat 11.1.2021.

Kapitel 10: Beakta ekonomin

Licensen omfattar inte fotografier, grafik eller grafer eftersom de skyddas av tredje parts rättigheter.

1. Purola, T. & Lehtonen, H. 2020. Evaluating profitability of soil-renovation investments under crop rotation constraints in Finland. Agricultural Systems 180: 102762.

2. Ollikainen, M. 2020. Hiiliviljelyn talous – kuinka hiiliviljely voisi muuttua tulovirraksi. Carbon Action – webbinarium 8.12.2020.

3. Stocker, T.F., Qin, D., Plattner, G., Tignor, M., Allen, S. K., Boschung, J., Nauels, A., Xia, Y., Bex, V. & Midgley, P. M. 2013. Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press. 1535 s. Tillgängligt också i PDF-format: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WG1AR5_all_final.pdf

Annan litteratur

- Barry, P. J., Ellinger, P. N., Hopkin, J. A. & Baker, C. B. 2000. Financial Management in Agriculture. 6. painos. Danville, Illinois: Interstate Publishers. 678 s.
- Castle, E. N., Becker, M. H & Nelson, A. G. 1987. Farm Business Management: The Decision-Making Process. 3. painos. New York: MacMillan Pub Co. 413 s.
- Debertin, D. 1986. Agricultural Production Economics. New York: MacMillan Pub Co. 366 s.
- Dixit, A. & Pindyct, R. 1994. Investment under uncertainty. New Jersey: Princeton University Press. 468 s.
- Fleisher, B. 1990. Agricultural Risk Management. Boulder & London: Lynne Rierner Publishers. 149 s.
- Harsh, S. B., Connor, L. J. & Schwab, G. D. 1981. Managing the Farm Business. New Jersey: Prentice Hall. 384 s.
- Ollikainen, M. & Lötjönen, S. 2020. Hiilimarkkinat ja taloudelliset ohjauskeinot. I verket: Heinonsalo, J. (red) Hiiliopas – katsaus maaperän hiileen ja hiiliviljelyn perusteisiin. Carbon Action & Baltic Sea Action Group. s. 52–53. Tillgängligt också i PDF-format: https://carbonaction.org/wp-content/uploads/2020/01/BSAG-hiiliopas-1.-painos-2020.pdf
- Ryhänen, M. & Sipiläinen, T. 2018. Maatalousyrityksen johtaminen ja toiminnan kehittäminen. Tuotannon suunnittelu strategisen johtamisen tukena. 2:a uppdaterade upplagan. Helsingfors: Tempest Oy. 237 s. Tillgängligt också i PDF-format: https://doi.org/10.31885/9789529393145