



Odlingssystemets inverkan på markstrukturen och växtnäringstillståndet - en jämförande studie på Logården

Farming system effects on soil structure and plant nutrient conditions at Logården farm in west Sweden

Examensarbete av:
Björn Roland

Handledare:
Maria Stenberg



Förord

Detta examensarbete är en del av ett projekt med karakterisering av åkermarken i olika odlingssystem på Hushållningssällskapet Skaraborgs försöksgård Logården utanför Grästorp i Västergötland. På Logården bedrivs sedan 1991 ett projekt för utveckling av långsiktigt hållbara odlingssystem. Den del av karakteriseringen som redovisas i detta examensarbete omfattar markens fysikaliska och kemiska status. Dels har jordprover tagits ut och analyserats på laboratorium och dels har mätningar gjorts direkt i fält. Karakteriseringen har finansierats av Stiftelsen Lantbruksforskning.

Examensarbetet, som hänför sig till agronomprogrammet vid Sveriges lantbruksuniversitet (SLU), Uppsala, har utförts vid Institutionen för jordbruksvetenskap Skara, SLU, Skara, och Hushållningssällskapet (HS) Skaraborg.

I första hand riktar jag ett stort tack till min handledare Maria Stenberg (HS och SLU, Skara) som under hela arbetets gång har kommit med synpunkter, litteratur och idéer. Jag vill även tacka Johan Arvidsson och John Löfqvist (Institutionen för markvetenskap, SLU, Uppsala) för hjälp med försöksmetod och resultatbearbetning. Tack också till Johan Lidberg (HS, Logården) för all praktisk hjälp vid fältmätningarna och Olle Karlsson, Andreas Karlsson och Per Ullberg (HS, Skara) för tillverkning av mätutrustning och annan praktisk hjälp.

Dessutom vill jag tacka Johan Ahnström (Institutionen för ekologi och växtproduktionslära, SLU, Uppsala) för hjälp med litteratursökning och Sofia Delin (SLU, Skara) för upplåtande av kontorsrum och dator.

Till sist, ett stort tack till Mats Söderström (Svenska Lantmännen, Lidköping och SLU, Skara) och Johanna Wetterlind (SLU, Skara) för hjälp med resultatbearbetning i ArcGIS, Karl Delin (HS, Skara) för kommentarer och skriftligt material samt Börje Lindén (SLU, Skara) för i första hand språkliga kommentarer.

Innehållsförteckning

SAMMANFATTNING.....	5
INLEDNING	7
BAKGRUND	7
SYFTE.....	7
LITTERATURSTUDIE	9
UTHÅLLIG UTVECKLING.....	9
UTVECKLING AV HÅLLBARA ODLINGSSYSTEM PÅ LOGÅRDEN.....	9
MARKSTRUKTURENS BETYDELSE FÖR VÄXTODLING.....	9
FAKTORER SOM PÅVERKAR MARKSTRUKTUREN	11
<i>Positiva faktorer</i>	11
<i>Negativa faktorer</i>	11
ATT MÄTA MARKSTRUKTUR OCH VÄXTNÄRINGSTILLSTÅND	12
ODLINGSSYSTEMETS INVERKAN PÅ MARKSTRUKTUREN OCH VÄXTNÄRINGSSTILLSTÅNDET.....	12
<i>Plöjningsfri odling</i>	12
Markstruktur	12
Växtnäringsstatus.....	13
<i>Ekologisk odling</i>	14
MATERIAL OCH METODER	15
BAKGRUND OM LOGÅRDEN	15
<i>Beskrivning av de tre odlingssystemen</i>	16
Konventionell odling (A).....	16
Ekologisk odling (B).....	16
Integrerad odling (C)	17
BESTÄMNING AV PROVPLATSER	17
MARKFYSIKALISKA PARAMETRAR.....	18
<i>Vatteninfiltration i markytan</i>	18
<i>Penetrationsmotstånd</i>	20
<i>Mättad vattengenomsläpplighet och skrymdensitet</i>	20
<i>Markstrukturtest</i>	21
VÄXTNÄRINGSFÖRHÅLLANDEN I MARKEN	21
RESULTATBEARBETNING	22
<i>Sambandsanalys</i>	23
RESULTAT OCH DISKUSSION	24
MARKSTRUKTUR.....	24
<i>Vatteninfiltration i markytan</i>	24
<i>Vattengenomsläpplighet</i>	25
<i>Skrymdensitet</i>	26
<i>Penetrationsmotstånd</i>	27
<i>Markstrukturtest</i>	28
VÄXTNÄRINGSTILLSTÅND	31
<i>K-AL</i>	32
<i>P-AL</i>	32
<i>pH</i>	33
<i>Mullhalt</i>	34
SAMBANDSANALYS	36
SAMMANFATTANDE DISKUSSION OCH SLUTSATSER.....	39
MARKSTRUKTURPROBLEM I DET INTEGRERADE ODLINGSSYSTEMET.....	39
VALL OCH STALLGÖDSEL POSITIVA FÖR MARKSTRUKTUREN.....	40
JORDARTSVARIATIONENS INVERKAN PÅ MARKSTRUKTUREN	41
MÅL OM FOSFORTILLSTÅNDET UPPNÅDDA.....	41
FORTSÄTTA UNDERSÖKNINGAR	41
ABSTRACT	43
KÄLLFÖRTECKNING.....	45

LITTERATUR	45
PERSONLIGA MEDDELANDEN	48
BILAGA 1.....	49
BILAGA 2.....	75
BILAGA 3.....	78
BILAGA 4.....	87
BILAGA 5.....	91

Sammanfattning

På Hushållningssällskapet Skaraborgs försöksgård Logården utanför Grästorp i Västergötland bedrivs sedan 1991 ett odlingssystemprojekt. Syftet med detta är att utveckla odlingssystem som möjliggör uthållig och produktiv livsmedelsförsörjning med minimala negativa effekter på miljön. Hela gårdens areal, ca 60 ha, indelades för detta ändamål i tre delar med olika odlingsinriktningar: konventionell, ekologisk och integrerad odling. För att utvärdera varje odlingssystemets produktion och inverkan på miljön har olika mål satts upp för vart och ett av dem. Ända sedan starten har bland annat odlingsåtgärderna i de olika odlingssystemen dokumenterats väl. I denna delstudie inom Logårdsprojektet redovisas en karakterisering av gårdens markfysikaliska och markkemiska status som utfördes 2003. Efter försöksperioden täckdikades hela arealen.

Den konventionella delen på Logården representerar dagens dominerande odlingssystem i det svenska lantbruket. För att upprätthålla hög produktion och god lönsamhet är plöjning och användning av kemiska bekämpningsmedel och mineralgödsel viktiga grundpelare. Det ekologiska odlingssystemet bedrivs enligt KRAV:s regler, vilket bland annat betyder att varken kemiska bekämpningsmedel eller mineralgödsel används. Att minimera odlingens negativa inverkan på miljön är ett viktigt mål i den ekologiska delen. I det integrerade odlingssystemet eftersträvas en miljövänligare konventionell odling, som innebär att kemiska bekämpningsmedel och mineralgödsel används men i strikt begränsad omfattning. En skillnad mot det konventionella systemet är att miljön sätts framför lönsamheten. För att minska energiåtgången är den integrerade odlingen plöjningsfri.

Fram till år 2000 fanns det grisar på Logården och den stallgödsel som erhöles fördelades på de olika odlingssystemen. Av paktiska skäl tillfördes lite mer fastgödsel i det ekologiska systemet än i de båda andra.

De markfysikaliska undersökningarna innefattade infiltration i markytan, penetrationsmotstånd, vattengenomsläpplighet, torr skrymdensitet, ett visuellt markstrukturtest, kompaktensitet, porvolym, materialvolym samt vattenhalt vid jordprovsuttagningen. Det visuella markstrukturtestet samt mätningarna av vatteninfiltration i markytan och penetrationsmotstånd utfördes direkt i fält under våren 2003. Övriga markfysikaliska parametrar bestämdes på laboratorium, för vilket jordprover togs ut i markskikten 15-20 cm, 25-30 cm och 50-55 cm. De markkemiska undersökningarna innefattade markens kväve-, kol-, kalium-, fosfor-, magnesium-, kalcium-, koppar-, bor- och kadmiuminnehåll samt pH. För detta togs jordprover ut i matjorden och i alven. All provtagning och alla fälttester utfördes på platser som positionsbestämdes med GPS. Därför redovisas resultaten som kartor vilka visar hur respektive parameter varierade på Logården. Att mätningarna utförts på positionsbestämda platser medför att det är möjligt att komma tillbaka efter ett antal år för att undersöka hur markens tillstånd förändrats på respektive provpunkt.

Resultaten från karakteriseringen 2003 visade att både den markfysikaliska och den markkemiska statusen totalt sett var något bättre i det ekologiska odlingssystemet än i de båda andra. Mullhalten i matjorden var högre i det ekologiska systemet, vilket även förde med sig lägre skrymdensitet. På hela gården fanns ett ganska klart samband mellan hög mullhalt och låg skrymdensitet. En anledning till den högre mullhalten i det ekologiskt odlade området är att den inom den delen av gården var högre redan 1991 då projektet startade. Andra troliga orsaker är mer fastgödsel och att grön gödslingsvall återkommit regelbundet i växtföljden. Att stallgödsel och vall är positiva för markstrukturen har redovisats i många undersökningar.

Även markens fosfor- och kaliumtillstånd i matjorden var bättre i det ekologiska systemet än i de andra två. Anledningen till detta är större tillförsel av fastgödsel och mindre bortförsel av växtnäring via skördeprodukter.

Både vatteninfiltrations- och penetrometermätningarna i fält tyder på att centrala matjorden i det integrerade odlingssystemet var relativt kompakt. Även de praktiska erfarenheterna av odlingen på Logården visar att ytinfiltrationen är sämre inom den integrerade delen. Det står oftare vatten där än i de båda andra odlingssystemen. Vid plöjningsfri odling bildas, på samma sätt som vid plöjning, ett kompakt skikt närmast under bearbetningsdjupet. Eftersom det kompakta skiktet vid plöjningsfri odling bildas högre upp i matjorden än vid plöjning, blir jordvolymer som kan ta emot stora vattenflöden mindre. Detta kan leda till minskad ytinfiltration och därmed ökad risk för stående vatten.

Däremot gynnades markstrukturen i nedre delen av matjorden av att marken inte plöjdes. På Logården är vattengenomsläppligheten där betydligt bättre i den integrerade delen än i de båda andra odlingssystemen. I det visuella markstrukturtest som gjordes syntes en ganska tydlig plogsula i de ekologiska och konventionella systemen, medan det i den integrerade delen inte fanns några tecken på att marken var kompakt i nedre delen av matjorden.

Även om erfarenheterna av den plöjningsfria odlingen på Logården inte är helt bra, verkar det finnas potential för den. Många undersökningar uppvisar en positiv bild av hur markstrukturen påverkas av att marken inte plöjs. Det finns förmodligen möjligheter att utveckla den plöjningsfria odlingen på Logården, till exempel genom att testa nya maskiner. Idag finns ett stort utbud av olika maskintyper för plöjningsfri odling. För att minimera risken för bildandet av den kompakta kultivatorsulan är det också viktigt att inte bearbeta jorden när den är för fuktig.

Inledning

Bakgrund

På Hushållningssällskapet Skaraborgs försöksgård Logården utanför Grästorp i Västergötland bedrivs sedan 1991 ett projekt för att utveckla odlingsystem som möjliggör uthållig och produktiv livsmedelsförsörjning med minimala negativa effekter på omkringliggande miljö (Heller, 2002). Hela gårdens areal om ca 60 ha ingår i projektet och är indelad i tre olika odlingsystem: konventionell odling, ekologisk odling och integrerad odling. Logården ligger i ett område med relativt struktursvag mellanlera, vilket medför ett stort behov av odlingsystem som är skonsamma för bland annat markstrukturen.

Hela gården har varit i behov av ny täckdikning och detta är en av anledningarna till att all åker på Logården låg i träda under 2003 och täckdikades. Detta är också början på ett nytt forskningsprojekt på Logården där huvudmålet är att finna lösningar på kväveproblematiken i lerjordar i Mellansverige och med hjälp av detta komma närmare ett samtidigt lönsamt och uthålligt jordbruk. En bättre förståelse av kväveomsättningen i dessa jordar är nödvändig för att minimera kväveförlusterna till luft och vatten. Kunskap om detta ska uppnås genom att dels kontinuerligt mäta kväveförlusterna och dels följa de förändringar i jordens egenskaper som sker i marken i respektive odlingsystem.

Täckdikningen genomfördes med ett dikesavstånd på åtta meter. För att kunna följa avrinning och utlakning inom de enskilda skiftena täckdikades de separat, och en uppsamlingsbrunn för dräneringsvatten anlades för varje skifte. I brunnarna kommer det finnas möjlighet att ta prover för bestämning av till exempel kväveutlakning och innehåll av bekämpningsmedelsrester för respektive skifte. För att även kunna följa förändringarna i marken utfördes i samband med täckdikningen en grundläggande karakterisering av förhållandena i marken med avseende på biologiska, fysikaliska och kemiska parametrar.

Syfte

I denna delstudie inom det så kallade Logårdsprojektet har markfysikaliska och markkemiska parametrar i karakteriseringen av Logården dokumenterats. De markfysikaliska undersökningarna är vatteninfiltration i markytan, penetrationsmotstånd, vattengenomsläpplighet, torr skrymdensitet, ett visuellt markstrukturtest, kompaktdensitet, porvolym, materialvolym samt vattenhalt vid jordprovsuttagningen. De markkemiska undersökningarna innefattar markens kväve-, kol-, kalium-, fosfor-, magnesium-, kalcium-, koppar-, bor- och kadmiuminnehåll samt pH.

Alla undersökningar har gjorts på punkter som positionsbestämts med GPS, och presentation av resultaten sker därför i första hand i form av kartor över Logården som visar hur respektive parameter varierar. De markkemiska egenskaper som undersökts noggrannare har jämförts med de provtagningar som gjordes före Logårdsprojektets start 1991.

Förutom karakteriseringen av markens egenskaper var ett syfte med studien att undersöka samband mellan olika egenskaper i marken. Detta gjordes dels med metoder för geografisk informationsbehandling och dels med hjälp av linjär regression.

En litteraturstudie som behandlar markstrukturens betydelse för förutsättningarna för växtodling har utförts. Även en litteratursammanställning om hur plöjningsfri odling och ekologiskt jordbruk påverkar markstrukturen samt markens växtnäringstillstånd ingår. Tyngd-

punkten i denna studie ligger på det fältarbete som gjorts samt bearbetning och presentation av resultaten från undersökningarna.

Litteraturstudie

Uthållig utveckling

Uthållig utveckling är ett vagt begrepp som har många olika definitioner bland annat beroende på vilket synsätt man har. En grundpelare i ursprungsdefinitionen för uthållighet är att människan ska tillgodose sina nuvarande utvecklingsbehov utan att begränsa kommande generationers utvecklingsbehov (Bouma, 2003). I samband med begreppet hållbar utveckling tas ofta hänsyn till tre olika aspekter: ekologisk, ekonomisk och social uthållighet. Ibland sätts den ekologiska uthålligheten främst på grund av att, om vi inte tar hänsyn till miljön, blir de ekonomiska och sociala värdena irrelevanta den dag den levande världen hotar att gå under.

Enligt en av definitionerna för att bärkraft skall föreligga (hållbar utveckling) måste "...bärkraften ta en form som ryms inom de ramar som ekologin sätter" (Viking Abrahamsson, 1997). Definitionen kan låta diffus men innebär i stora drag att människan ska anpassa sig efter naturens förutsättningar och inte tvärtom. En viktig förutsättning i begreppet uthållighet, som ofta anges, är att vi inte ska ta mer från naturen än vad vi återställer. Ett annat synsätt på hållbar utveckling är, att trots ett nettouttag av naturens resurser idag är utvecklingen hållbar eftersom ny teknik kommer att tvingas fram den dag som resurserna börjar ta slut.

För lantbrukets del kan uthållighet innebära minskad användning av fossila bränslen och minskade uttag av ändliga växtnäringssämnen. Dagens dominerande odlingssystem är helt beroende av ändliga resurser, till exempel olja och fosfor. På Logården innebär begreppet uthållighet att hushålla med naturresurserna. Hur kan dagens odlingssystem utvecklas så att beroendet av dessa resurser minskar eller till och med tas bort? Detta har varit och är en central fråga i projektet på Logården.

Utveckling av hållbara odlingssystem på Logården

En viktig del i utvecklingen av odlingssystemen på Logården är att de ska möjliggöra en produktiv livsmedelsförsörjning, och med detta menas att produktionen ska ha en tillfredsställande ekonomisk bärkraft (Delin, 2003). Detta innebär att målet med ett uthålligt odlingssystem ej får drivas så långt att produktionen ej blir ekonomiskt hållbar.

För att följa upp och kunna utvärdera Logårdsprojektets övergripande mål om utveckling av uthålliga odlingssystem har vissa nyckeltal bestämts för det integrerade och det ekologiska systemet, se tabell 1 (Delin, 2003). Utifrån målsättningarna för respektive odlingssystem och de nyckeltal som valts ut utarbetas bruksmetoder som förhoppningsvis ska ge önskvärt resultat.

Markstrukturens betydelse för växtodling

En god markstruktur är grunden för en väl fungerande odlingsjord eftersom den påverkar så viktiga funktioner som växternas rotutveckling, vattenförsörjning och näringsupptagning (Berglund et al., 2002). Storleken, formen och orienteringen av de aggregat som bildas när jordpartiklar fogas samman utgör grunden för definition av markstruktur (Marshall, 1996). Denna bör således vara gynnsam för odling när aggregaten är formade och sammansatta på ett sådant sätt att växternas utveckling ej hämmas.

Tabell 1. Nyckeltal som används vid utvärdering av odlingssystemen på Logården (Delin, 2003)

Nyckeltal	Önskad nivå	Förklaring
Ekonomiskt netto, TB 3 ¹	> 0 kr/ha	Intäkterna större än kostnaderna
Energieffektivitet	> 6	Skörden ska innehålla minst 6 ggr så mycket energi som energiinsatsen i odlingen
Marktäckningsindex	> 0,8	Marken bevuxen mer än 80 % av året
Bekämpningsmedelsindex/ dosyteindex (endast i den integrerade delen)	< 50 %	Mindre än hälften så många hektardoser som i det konventionella systemet
Ekologisk infrastruktur	> 5 %	Minst 5 % av arealen ska vara avsatt till så kallad ekologisk infrastruktur
Utlakningsbart kväve	< 30 kg/ha	Mineralkväve i marken på senhösten, 0-90 cm, mäts inom referensytorna
Fosfor, P-AL	4 – 12 mg/100 g jord	P-AL mäts inom referensytorna och bör vara i klass III eller nedre hälften av klass IV
Fosforbalans	< 0	Bör vara negativ på grund av höga fosforhalter i marken
Markandning, biologisk aktivitet	-	Ingen fastlagd mätmetod
Markstruktur och packning	-	Ingen fastlagd mätmetod

¹ TB 3 = intäkter (skörd och EU-stöd) – kostnader (utsäde, gödsel, växtskydd, torkning, drivmedel, arbete, maskiner och mark).

En skadad markstruktur medför att vatten- och luftförelserna i marken försämras vilket kan få till följd att växters tillväxt kraftigt hämmas (Marshall, 1996). Under våta förhållanden i jorden drabbas växter av syrebrist och under torra betingelser av torkstress. I en skadad odlingsjord hämmas tillväxten lättare av syrebrist respektive torkstress än i en jord med god struktur (Marshall, 1996). Detta medför att även små skador på markstrukturen kan sänka skörden under ogynnsamma väderförhållanden. Växtnäringstillgängligheten och därmed upptaget av växtnäring påverkas negativt av skadad markstruktur (Arvidsson, 1997). Växtnäringstillståndet i marken är viktigt för växtligheten, men för att växterna ska kunna tillgodogöra sig växtnäringen på ett effektivt sätt krävs även god markstruktur. Trots höga halter av växtnäringsämnen i jorden kan växterna således drabbas av växtnäringsbrist. Gustafson Bjuréus & Karlsson (2002) beskriver förhållandet mellan markens fysikaliska status och växtnäringstillståndet enligt följande: ”Att endast åtgärda växtnäringssituationen rent kemiskt och inte markstrukturen är ofta detsamma som att åtgärda problemets konsekvenser, men inte dess orsak.”

Andra negativa effekter av skadad markstruktur är till exempel ökat dragkraftsbehov vid jordbearbetning, ökat växtnäringsläckage och ökad denitrifikation (Håkansson, 2000). Alla dessa

negativa effekter medför mindre skördar, lägre energieffektivitet, sämre växtnäringssystemnyttjande och är därmed negativt för miljön.

Faktorer som påverkar markstrukturen

Flera grundläggande faktorer påverkar markstrukturen, till exempel klimat, topografi, ursprungsmaterial och kornstorleksfördelning (Cannell & Hawes, 1994). Förutom dessa grundläggande och opåverkbara förutsättningar påverkar även odlingssystemet markstrukturen (Berglund et al., 2002). Genom val av odlingssystem kan man påverka flera faktorer som i sin tur har positiv eller negativ inverkan på markstrukturen. Exempel på sådana är mullhalt, bar ofrusen mark och markbelastning.

Positiva faktorer

Ökad mullhalt i jorden har flera positiva effekter på markstrukturen, till exempel lägre skrymdensitet, högre porositet och ökad aggregatstabilitet (Arvidsson, 1997; Haynes & Naidu, 1998). Tillförsel av såväl organisk som oorganisk gödsel och nedbrukning av växtrester ökar på längre sikt mullhalten i marken och förbättrar därmed markstrukturen (Haynes & Naidu, 1998). Skilda grödor efterlämnar varierande mängder växtrester, och med hjälp av grödval kan man därmed på längre sikt påverka markens mullhalt.

Perenna grödor, till exempel vall, har oftast högre rotproduktion än annuella grödor (Gustafson Bjuréus & Karlsson, 2002). Detta tillsammans med vallväxternas fina rotsystem, som har andra positiva effekter på markstrukturen, gör att vallodling kan bidra till att förbättra markstrukturen. Flera internationella undersökningar visar att fleråriga vallar ökar markens mullhalt och aggregatstabilitet (Sparling et al., 1992; Haynes, 1999). Studdert et al. (1997) och Chan et al. (2001) drar utifrån odlingssystemförsök även slutsatsen att vall i växtföljden kan medverka till att markkvaliteten behålls och därmed bidra till ett uthålligt lantbruk.

Den bättre porositeten och aggregatstabiliteten genom ökad mullhalt medför att problem med skorpbildning och skador av häftigt regn minskar och att infiltrationskapaciteten och vattengenomsläppligheten gynnas (Haynes & Naidu, 1998).

Negativa faktorer

Den faktor som förmodligen orsakar den största skadan på markstrukturen är belastning av främst maskiner, men även djur kan orsaka strukturskador (Marshall, 1996). Varje överfart medför att marken packas mer eller mindre. Detta leder till minskad porositet och det är främst de grövsta porerna, till exempel maskkanaler och gamla rotkanaler, som förstörs (Håkansson, 2000). Detta för med sig att vattengenomsläppligheten och ytinfiltrationen av regnvatten försämras. Även gasutbytet mellan marken och atmosfären försämras och penetrationsmotståndet för rötterna ökar. Allt detta leder till sämre rottillväxt och försvårat vatten- och växtnäringssystem. Förutom markpackning kan jordbearbetning också medföra snabbare nedbrytning av det organiska materialet, vilket kan leda till instabilare aggregat (Marshall, 1996).

Häftigt regn på bar ofrusen jord kan ge upphov till stora strukturskador i markytan (Heinonen, 1982). När regndropparna träffar markens aggregat slås de sönder, vilket kan resultera i att porer och sprickor slammas igen. När jorden torkar upp bildas ofta en hård skorpa, som kan vara svår genomtränglig för groende frön. Genom växtlighet eller mycket växtrester i markytan skyddas jordens ytliga porer från regndropparnas hårda slag (Heinonen, 1985a). Även snötäckt eller frusen bar mark står emot regndropparnas strukturförstörande verkan.

Att mäta markstruktur och växtnäringsstillstånd

Det finns olika sätt att mäta markstruktur; några av dem är porstorleksfördelning, aggregatstorleksfördelning, vattengenomsläpplighet och penetrationsmotstånd (Heinonen, 1985b). Andra sätt att mäta markstruktur är mängd växttillgängligt vatten, aggregatstabilitet och skrymdensitet (Cannell & Hawes, 1994). För att skapa sig en helhetsbild av markstrukturen kan man utföra en visuell bedömning av jordprofilen i fält. Detta ger inte svar på någon enskilda fysikalisk parameter utan skapar en grov bild av hur markstrukturen är beskaffad (Gustafson Bjureus & Karlsson, 2002).

Vid mätningar av markens växtnäringsstatus är det främst makronäringsämnenen kalium (K), fosfor (P), magnesium (Mg) och kalcium (Ca) som undersöks men bestämning av mikronäringsämnen, främst bor (B) och koppar (Cu), förekommer också. Gödslingsåtgärder i fält är i första hand inriktade på kväve (N), P, K och svavel (S).

Det finns ett behov av enkla och mindre kostsamma alternativ till dagens metoder att undersöka markens förhållanden. Mätning av jordens elektriska konduktivitet kan ge information om hur markförhållandena varierar (Sudduth et al., 2001). Flera undersökningar visar att det finns ett klart samband mellan markens elektriska konduktivitet och lerhalt (Delin & Söderström, 2002; Korsæth & Riley, 2002; Frogbrook & Oliver, 2003). Detta samband gör det möjligt att med en relativt enkel undersökningsmetod uppskatta lerhaltsvariationen i fält.

Odlingssystemets inverkan på markstrukturen och växtnäringsstillståndet

Skadorna på markstrukturen har ökat. Den största orsaken till detta är de senaste årtiondenas förändring inom lantbruket, som har inneburit minskad vallodling och användning av stallgödsel, ökade markskador på grund av större maskiner samt dålig anpassning av bruksmetoderna till lokala förhållanden (Rydberg & Håkansson, 1991). De försämringar av åkermarken som har skett och fortfarande sker är en följd av de intensiva odlingssystem som tillämpas idag, och de går emot målen om uthållig utveckling. För att vända på denna trend krävs förändringar i dagens odlingssystem.

Plöjningsfri odling

Markstruktur

Trots att skrymdensitet visat sig ha ett dåligt samband med rottillväxt och vattengenomsläpplighet, är denna en av de vanligast förekommande parametrarna vid undersökningar av markstrukturen (Cannell & Hawes, 1994; Arvidsson, 1997; Håkansson, 2000). En anledning till att skrymdensiteten dock inte är någon lämplig parameter för att beskriva jordars packningstillstånd är att den optimala skrymdensiteten för grödors tillväxt är olika för skilda jordarter (Håkansson, 2000).

Flera undersökningar har visat att skrymdensiteten i matjordens översta skikt ej påverkas av plöjningsfri odling (Rydberg, 1986; Comia et al., 1994; Etana et al., 2000; Stenberg et al., 2000), medan andra undersökningar tyder på att den ökar något (Kladivko et al., 1986; Rydberg, 1990; Ball et al., 1994; Wiermann et al., 2000). Det är dock fastställt i flera försök att skrymdensiteten i matjordens centrala och nedre del tilltar vid plöjningsfri odling (Rydberg, 1986; Rydberg, 1990; Comia et al., 1994; Etana et al., 1999; Etana et al., 2000; Stenberg et al., 2000). Detta beror på att bearbetningsdjupet är mindre och därmed uteblir luckringen av matjordens centrala och nedre del.

Flera undersökningar tyder på att ej heller vattengenomsläppligheten i matjordens övre skikt påverkas av plöjningsfri odling (Rydberg, 1986; Comia et al., 1994). I försök utförda av Wiermann et al. (2000) var dock vattengenomsläppligheten betydligt större vid plöjningsfri odling och anledningen förmodades vara att plöjning medförde upprepad förstörelse av aggregat och därmed sämre markstruktur. Även Etana et al. (2000) påvisade en tendens till att plöjningsfri odling påverkar vattengenomsläppligheten i markens övre skikt positivt, medan Arvidsson (2001) visade resultat som tyder på motsatsen. Däremot står det klart att vattengenomsläppligheten i matjordens nedre del (25-30 cm) påverkas positivt av att marken inte plöjs (Rydberg, 1986; Comia et al., 1994; Wiermann et al., 2000; Arvidsson, 2001). Anledningen till detta är att det vid plöjning uppkommer en kompakt så kallad plogsula i övergången mellan matjorden och alven. Plogsulan bildas när traktorns hjul packar marken i färan vid plöjningen.

Infiltration i markytan (0-10 cm) tycks inte vara så väl undersökt, men undersökningar av Rydberg (1986) tyder på att den minskar vid plöjningsfri odling. Det konstaterades av Rydberg (1986) också att det på grund av mer homogen struktur, lägre genomsläpplighet i matjordens nedre del och sämre porkontinuitet i plöjda led förekommer en betydande horisontell infiltration. Detta medför svårigheter att enbart genom vertikala genomsläpplighetsundersökningar få en fullständig uppfattning av den totala infiltrationsförmågan. Det omfattande horisontella flödet i plöjda led tyder dock på att de vertikala vattenrörelserna är dåliga. Etana et al. (2000) utförde infiltrationsmätningar där mätcyllindern slogs ner 25 cm i marken och därmed eliminerade det horisontella flödet i matjorden. Resultaten var ej entydiga men det fanns en tendens till att infiltrationen var större i plöjningsfria led. Ball et al. (1994) visade att direktsådd medför mindre infiltration i markytan än plöjning.

Mätningar i försök visar att penetrationsmotståndet i matjordens övre skikt varken påverkas positivt eller negativt av plöjningsfri odling (Comia et al., 1994; Etana et al., 1999; Stenberg et al., 2000). Däremot förekommer skillnader i matjordens centrala och nedre del mellan plöjd och plöjningsfri odling. Typiskt för markmotståndet där marken plöjs är att det ökar ner till centrala matjorden. Därifrån är det konstant eller till och med minskande ned till plogsulan, där det åter tilltar kraftigt. Vid plöjningsfri odling fortsätter ökningen även nedanför centrala matjorden. Från ca 30 cm djup är motståndet oftast likartat i plöjd och oplöjd mark.

Riley et al. (1994) gör följande sammanfattning av vilka effekter plöjningsfri odling jämfört med plöjd odling har på markstrukturen:

- Större skrymdensitet och penetrationsmotstånd i övre och centrala matjorden.
- Mindre vattengenomsläpplighet i markytan.
- I vissa fall högre vattengenomsläpplighet mellan matjorden och alven.
- Lägre luftfylld porositet och luftomväxling.
- Ibland högre vattenhållande kapacitet.
- Större aggregatstabilitet, större maskaktivitet och bättre förutsättningar för god porkontinuitet.

Växtnäringsstatus

De flesta undersökningar visar att plöjningsfri odling ökar halterna av växtnäring i matjordens övre skikt, det vill säga det skikt som bearbetas. Orsaken till detta är bland annat att bearbetningsdjupet är mindre vid plöjningsfri odling och därmed blandas växtresterna in i en mindre jordvolym än vid plöjning. För växtnäringsämnen som rör sig långsamt i jorden, speciellt P, kan ökad växtnäringshalt i matjordens övre del till stor del förklaras av att gödsel sprids på

markytan och sedan brukas ned ytligt (Lindén, pers. medd.). Det är främst P och K som är undersökt och anrikningen är ganska stor i markens översta 10 cm av framförallt K (Rydberg, 1986; Comia et al., 1994). I matjordens nedre del minskar däremot K- och P-halterna. Markens pH tycks inte påverkas av plöjningsfri odling (Rydberg, 1986; Comia et al., 1994; Stenberg et al., 2000).

Även mullhalten i matjordens översta 10 cm ökar vid plöjningsfri odling (Rydberg, 1986; Comia et al., 1994; Etana et al., 1999; Stenberg et al., 2000). Kladivko et al. (1986) uppmätte en ökning med 27 procent i en jord med från början låg mullhalt. I nedre matjorden fastställde Rydberg (1986) och Etana et al. (1999) minskning av mullhalten vid plöjningsfri odling. Andra undersökningar visar däremot att mullhalten i nedre matjorden ej påverkas (Comia et al., 1994; Stenberg et al., 2000).

Ökningen av mullhalten i övre delen av matjorden medför positiva effekter på andra markegenskaper. Enligt flera undersökningar ökar aggregatstabiliteten och orsaken tros i de flesta fall vara högre mullhalt (Kladivko et al., 1986; Rydberg, 1986; Rydberg, 1990; Stenberg et al., 2000). Även mycket små ökningar av mullhalten kan i vissa fall förbättra markstrukturen (Chan et al., 2001). Ökad mullhalt i markytan skulle på många jordar kunna innebära mindre risk för igenslamning och skorpbildning, vilket annars är ett problem vissa år.

Ekologisk odling

I flera studier där man jämfört ekologisk och konventionell odling har växtföljderna i de skilda systemen varit så olika att det är svårt att dra några generella slutsatser av resultaten. I två system som haft ungefär samma produktionsförutsättningar uppmätte både Reganold et al. (1993) och Blakemore (2000) positiva effekter på markstrukturen och växtnäringstillståndet vid ekologisk odling. Dessa undersökningar gjordes dock i Nya Zeeland respektive Australien och representerar därför knappast odlingsförutsättningar som råder i Sverige.

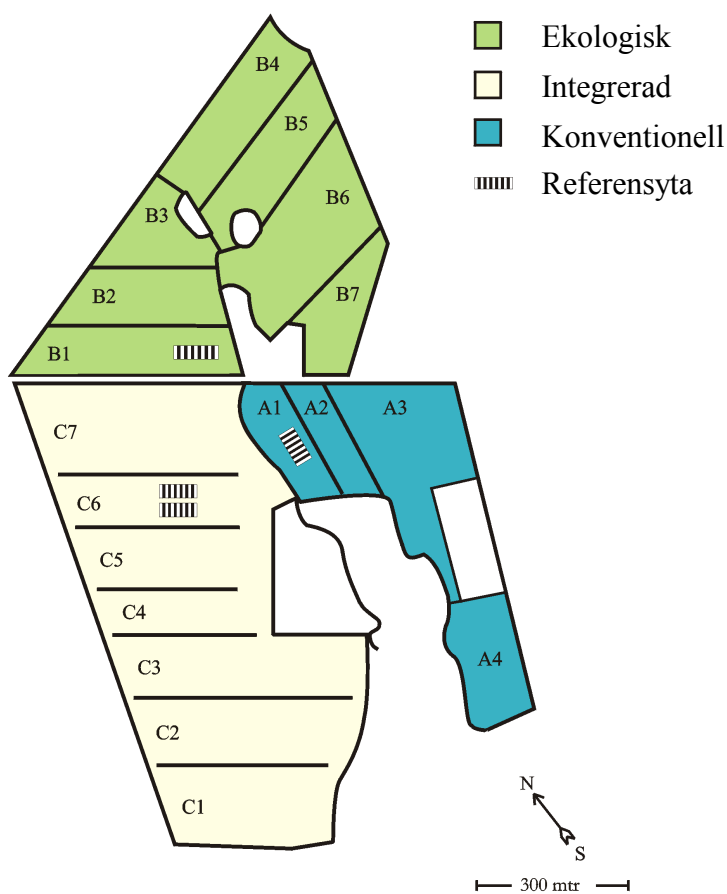
I en svensk undersökning från 2002, där ekologisk odling jämfördes med konventionell odling, kom man till slutsatsen att det inte var någon genomgående skillnad mellan odlingsystemen med avseende på deras påverkan på markstrukturen (Ehrnebo, 2003). Undersökningen baserades på ett försök som startade 1987 och båda odlingsystemen var sedan starten kreaturlösa. I undersökningar i Finland (Palojärvi et al., 2000) och Danmark (Schønning et al., 2002), där ekologisk och konventionell odling jämfördes i praktisk odling, skilde sig de båda odlingsystemen inte åt så mycket med avseende på påverkan på markstrukturen och växtnäringstillståndet. Palojärvi et al. (2000) konstaterade att det var betydligt större skillnad mellan de olika platserna som undersöktes än mellan odlingsystemen.

Både Palojärvi et al. (2000) och Schønning et al. (2002) konstaterade också att inslag av vall och tillförsel av organisk gödsel påverkar markstrukturen och växtnäringstillståndet mer än vad odlingsystemet gör. En annan studie i Danmark, där ekologisk odling med en varierad växtföljd och tillförsel av stallgödsel jämfördes med konventionell odling med en ensidig växtföljd, visade att den mer varierade ekologiska växtföljden medförde högre mullhalt i marken och därmed bättre markstruktur (Munkholm et al., 2001). De ovan refererade undersökningarna tyder på att inslaget av vall och stallgödsel har större betydelse för markstrukturen än om marken odlas konventionellt eller ekologiskt.

Material och metoder

Bakgrund om Logården

Figur 1 visar en karta över Logården och indelningen i de tre olika odlingssystemen: konventionell (A), ekologisk (B) och integrerad (C) odling. Före 1991 drevs hela gården konventionellt och det rådde inga skillnader i brukningssätt mellan de tre olika delarna (Lidberg, pers. medd.). Fram till år 2000 fanns grisproduktion på Logården och gödseln (fastgödsel och urin) spreds i alla tre odlingssystemen. Av praktiska spridningsskäl tillfördes det dock mer fastgödsel till den ekologiska delen än till de andra två systemen.



Figur 1. Karta över Logården som visar uppdelningen i de tre odlingssystemen: konventionell (A), ekologisk (B) och integrerad (C) odling (Delin, 2003).

Ända sedan projektets start har driften i respektive system dokumenterats noggrant. Detta inkluderar såväl grödor som alla insatser på respektive skifte. Parallellt med detta görs varje år inventeringar av förekomsten av ogräs och skadegörare samt årliga undersökningar av markens egenskaper i fyra referensytor, vardera en i A och B och två i C (figur 1). Resultaten från inventeringarna och markundersökningar finns dokumenterade av bland annat Delin (2003).

Beskrivning av de tre odlingssystemen

Konventionell odling (A)

Med konventionell odling menas här odling med sedan 50-talet traditionell odlingsteknik där både kemiska bekämpningsmedel och mineralgödsel ingår som en viktig del. I Logårdsprojektet ska den konventionella delen representera det vanligaste odlingssystemet inom svenskt lantbruk idag och därmed också fungera som referens gentemot de andra två systemen. Odlingen sköts som på andra växtodlingsgårdar i området, och insatser görs i enlighet med rekommendationer som ingår i Hushållningssällskapets HIR-rådgivning.

Växtföljden domineras av höstvetete och havre med oljeväxter och baljväxter som avbrottsgrödor, och det ingår ingen träda i växtföljden (tabell 2). Både P- och K-halten i marken är relativt hög på grund av den stallgödsel som spridits tidigare. Därför har det inte tillförts vare sig P eller K som mineralgödsel och målet har varit att sänka fosforhalten i marken. Jordbearbetningen är traditionell med plöjning, harvning och sådd med konventionell såmaskin. Vid behov utförs dock sådden med en jordbearbetande såmaskin.

Jordarten i matjorden (0-30 cm) i referensytan inom det konventionella odlingssystemet bestämdes 1991 och befanns då vara mullfattig mellanlera med en lerhalt på 28 %. Mjåla- och moinslaget var 31 respektive 29 %.

Ekologisk odling (B)

Den ekologiska odlingen bedrivs enligt KRAV:s regler vilket bland annat betyder att varken mineralgödsel eller kemiska bekämpningsmedel används. Växtföljden (tabell 2) är utformad så att den så mycket som möjligt förebygger problem med ogräs och skadegörare.

Tabell 2. Växtföljder i de tre odlingssystemen till och med 2002 (Delin, 2003)

År	Konventionellt (A)	Ekologiskt (B) 1992 – 1996	Ekologiskt (B) 1997 -	Integrerat (C) ¹ 1992 – 2000	Integrerat (C) ¹ 1992 -
1	Ärter/Havre	Ärter	Åkerböna	Ärter	Åkerböna
2	Höstvetete	Höstvetete	Höstvetete/havre + insådd	Höstvetete/vårvete + insådd	Höstvetete/vårvete + insådd
3	Havre	Åkerböna	Träda/grön-gödsling	Havre (fräs-sådd)	Träda/grön-gödsling
4	Höstvetete	Havre	Höstraps	Höstvetete	Träda/grön-gödsling
5	Vårraps	Vicker	Åkerböna	Vårraps	Höstraps
6	Höstvetete	Höstvetete + insådd	Höstvetete/vårvete + insådd	Höstvetete + insådd vitklöver	Höstvetete + insådd vitklöver
7	Havre	Grön-gödsling	Träda/grön-gödsling	Havre (fräs-sådd)	Havre (frässådd)
8	Höstvetete	Råg	Råg	Rågvete	Rågvete

¹ Fram till år 2000 tillämpades två olika växtföljder parallellt, vilket innebar att vissa år i växtföljden delades skiftena.

Eftersom det inte längre finns tillgång till stallgödsel, sker kväveförsörjningen till största delen genom odling av kvävefixerande grödor. Genom att marken hålls bevuxen så stor del av året som möjligt minimeras riskerna för växtnäringsförluster, erosion och markpackning, vilket är viktiga mål i odlingsystemet.

Jordbearbetningen är i stort sett likadan som i den konventionella delen, förutom att stubbearbetning tillämpas för att bekämpa ogräs i det ekologiska systemet. Jordbearbetning för bekämpning av ogräs blir ofta en avvägning mellan en effektiv ogräsbekämpning och att minimera antalet överfarter för att minska energiåtgång och kväveförluster. Mekanisk ogräsbekämpning tillämpas, både genom harvning i stråsåden och radhackning i åkerböarna.

Jordarten i matjorden (0-30 cm) i referensytan inom den ekologiska delen bestämdes 1991 och visade sig då vara något mullhaltig mellanlera med en lerhalt på 37 %. Mjåla- och moinslaget var 32 respektive 23 %.

Integrerad odling (C)

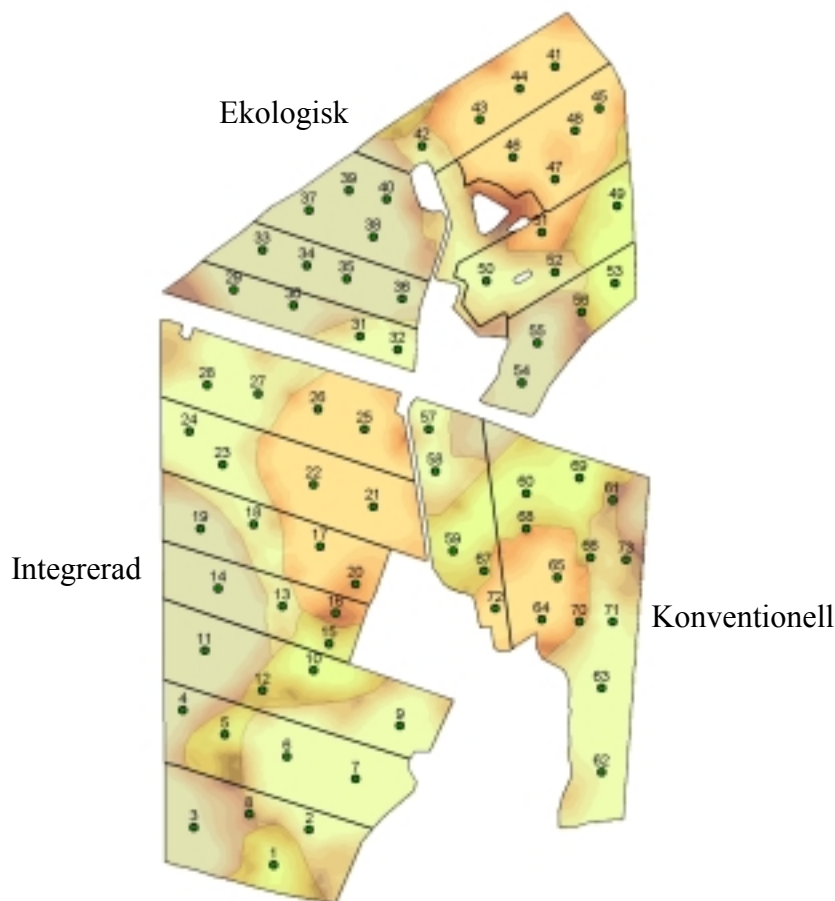
Syftet med den integrerade odlingen är att bedriva en miljövänligare konventionell odling. Den integrerade växtföljden (tabell 2) är utformad på ungefär samma sätt och med ungefär samma mål som den ekologiska, det vill säga förebyggande mot ogräs och skadegörare och odling av kvävefixerande grödor. Som komplement används mineralgödsel och vid behov kemisk bekämpning.

Ett led i att minska energiåtgången i den integrerade delen är att den odlats helt plöjningsfritt sedan starten 1991. Den mesta jordbearbetningen har utförts med kultivator till 10-15 cm djup och sedan harvning samt sådd med konventionell såmaskin. Även här har en jordbearbetande såmaskin använts vid behov. Andra typer av såstekniker, till exempel frässådd och kultivatorsådd, har provats med lite olika resultat. Målsättningen har varit att eventuella skördeminskningar i det integrerade odlingsystemet jämfört med det konventionella skulle täckas av lägre produktions- och insatskostnader.

Jordarten i matjorden (0-30 cm) inom en av referensytorna i det integrerade systemet bestämdes 1991 och visade sig då utgöras av något mullhaltig mellanlera med en lerhalt på 27 %. Mjåla- och moinslaget var 30 respektive 34 %.

Bestämning av provplatser

Provplatserna för både de markfysikaliska och -kemiska undersökningarna valdes ut med hjälp av mätningar av markens elektriska konduktivitet med EM38 (Geonics Ltd, Kanada), topografi och fosforinnehåll (P-AL i matjorden 1991). Med hjälp av dataprogrammet FuzME (Minasny & McBratney, 2002) bearbetades dessa tre parametrar så att en zonindelning av Logården kunde göras på basis av parametrarna. Mätning av markens elektriska konduktivitet och zonindelning utifrån mätningarna har visat sig användbar vid uttagning av platser för jordprovtagning (Dampney et al., 2003; Frogbrook et al., 2003; Zimmermann et al., 2003). Zonindelningen på Logården skapades så att förhållandena inom varje zon blev relativt likartade, och provplatser valdes ut på homogena ytor för att få representativa prover. På Logården valdes fyra punkter ut per skifte, totalt 73 st, vilket motsvarar lite drygt ett prov per ha (figur 2).



Figur 2. Zonindelning, representerad av de olika färgerna i figuren, gjord på basis av mätningar av markens elektriska konduktivitet, topografi och fosforinnehåll. 73 provplatser valdes med några undantag ut där förhållandena är homogena (figur från Mats Söderström, Svenska Lantmännen).

Vid undersökningarna i fält och vid uttagningarna av jordprover för markkemiska och –fysikaliska analyser skilde sig typen av vegetation på de olika skiftena. På de flesta odlades ettåriga grödor (spannmål, oljevaxter och åkerböna) under 2002 medan det var ett- eller tvåårig grön gödslingsvall på några skiften. Där det odlades spannmål hade även gräs satts in under våren 2003. Ingen mark i undersökningsområdet jordbearbetades efter skörden 2002.

Markfysikaliska parametrar

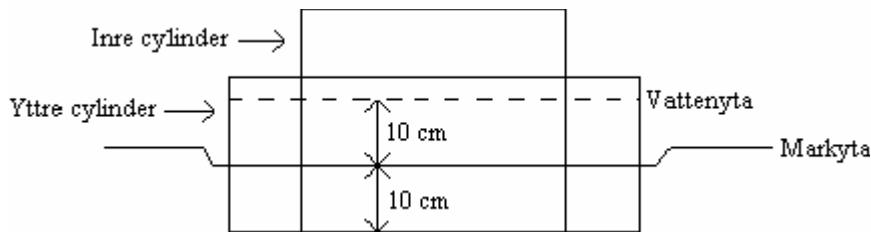
Vatteninfiltration i markytan

Infiltrationsmätningarna i markytan utfördes enligt Arvidsson (pers. medd.) Vid undersökningarna användes två stålcylindrar, en större och en mindre. Deras dimensioner anges i tabell 3, och i figur 3 illustreras mätningarna. Syftet med den större (yttre) cylindern var att förhindra att horisontellt vattenflöde skulle störa mätningarna, som gjordes i den inre. För varje mätning slogs de två cylindrarna ner till 10 cm djup i markytan.

Vid mätningens början fylldes båda cylindrarna med vatten upp till 10 cm ovanför markytan. Efter 5 minuter gjordes den första avläsningen genom att avståndet mellan vattenytan och cylinderns övre kant mättes. Efter 10 och 15 minuter gjordes ytterligare avläsningar. Sedan utfördes liknande mätserier med början 20, 40 och 55 minuter efter mätningens början.

Tabell 3. Cylindrarnas dimensioner

	Yttercylinder	Innercylinder
Diameter, cm	57	36
Höjd, cm	23	35
Godstjocklek, mm	1	3,2



Figur 3. Illustration av infiltrationsmätningarna i markytan.

Vid starten av varje mätserie och mellan mätserierna hölls vattennivån på ca 10 cm ovanför markytan för att gradienten inte skulle variera för mycket. Under hela mättiden hölls vattennivån i den yttre cylindern på ungefär samma nivå som i den inre cylindern. Detta gjordes för att gradienten skulle vara lika i de båda cylindrarna och det horisontella flödet därmed bli minimalt.

Under perioden 25/3 – 23/4 2003 utfördes två infiltrationsmätningar på varje provplats (figur 4). Mätytorna valdes ut så att de inte hamnade där marken störts genom körning med traktorgrävare i samband med tidigare jordprovtagningar. För att inte växtlighet skulle påverka mätningarna avlägsnades det översta markskiktet, 3-4 cm, inklusive eventuell grässvål, varvid strävan var att ta bort så lite jord som möjligt men ändå avlägsna den växtlighet som fanns. Vid borttagningen eftersträvades även att bevara så mycket som möjligt av mätytans naturliga struktur.



Figur 4. Bild från mätningarna av vatteninfiltration i markytan.

Konduktiviteten (K) beräknades enligt följande (Löfqvist, pers. medd.):

$$q = K * d\psi / dz$$

$$K = q * dz / d\psi$$

K = konduktiviteten (cm h⁻¹)

q = uppmätt flöde vid mätningarna i fält (cm h⁻¹)

dψ = skillnad i tryckpotential mellan vattenyta och cylinderns nedre kant (cm)

dz = avståndet mellan markytan och cylinderns nedre kant (cm)

Vid mätseriens start, när vattennivån är 10 cm ovanför markytan, är dψ 20 cm men värdet minskar successivt när vattnet sjunker undan. För att ta hänsyn till att dψ sjunker har det genomsnittliga värdet under mätserien använts vid beräkningarna av konduktiviteten. dz motsvarar det djup som cylindern slagits ner till, det vill säga 10 cm. Vid beräkningarna har i normala fall k-värdet beräknats på basis av infiltrationen under en mätperiod, det vill säga 10 minuter. Vid flöden större än två cm under de fem första minuterna under mätperioden har dock detta värde använts och vid flöden mindre än tre mm under mätperioden har mätperioden förlängts.

Penetrationsmotstånd

Penetrationsmotståndet mättes med en penetrometer av typ ”Bush soil penetrometer SP1000” (Findlay, Skottland; Anderson et al., 1980). Penetrometern består av ett spjut, som på spetsen har en sensorförsedd kon, vilken mäter motståndet när spjutet trycks ner i marken. Konen på den penetrometer som användes vid mätningarna har diametern 10,1 mm. På varje provplats gjordes tio stick ned till 50 cm djup. Mätningarna gjordes under perioden 28/4 – 7/5 2003. Före och även under mätperioden regnade det rikligt, vilket medförde att markfuktigheten blev hög och relativt likartad i de tre olika systemen. Mätningarna inom den ekologiska delen gjordes dock när det var lite torrare och efter det att marken täckdikats, vilket kan ha medfört en del markpackning och därmed ha orsakat något osäkra resultat. Torra förhållanden ökar friktionen mot penetrometers kon och spjut och därmed uppmäts ett större penetrationsmotstånd än vid fuktigare förhållanden. Penetrometers kon var mer sliten vid mätningarna i den ekologiska delen och även det ökar friktionen mot spjutet.

Mättad vattengenomsläpplighet och skrymdensitet

Till mätningarna av mättad vattengenomsläpplighet och skrymdensitet användes cylindrar med 50 mm höjd och 72 mm innerdiameter vilket ger en totalvolym på 203,575 cm³. Två cylindrar togs ut på vardera av marknivåerna 15-20 cm, 25-30 cm och 50-55 cm på varje provplats. Cylindrarna vägdes och vattenmättes därefter på laboratorium. Vid ett tryck på 0,10 mvp mättes sedan vattengenomsläppligheten under 1 timme (Andersson, 1955). Denna bestämdes även efter att jordproverna varit vattenmättade i 24 timmar. Genomsläppligheten beräknades enligt Darcys lag (Marshall, 1996):

$$v = Q / A$$

v = konduktiviteten (cm h⁻¹)

Q = vattenflödet (cm³ h⁻¹)

A = arean som vattenflödet passerar (cm²)

För att beräkna skrymdensiteten torkades jordproverna i 105°C och vägdes. Uttagningen av prover i fält gjordes under november-december 2002 (figur 5). Analyserna utfördes vid Institutionen för markvetenskap, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.



Figur 5. Bild från cylinderuttagningen november-december 2002.

Markstrukturtest

För att få en allmän bedömning av några jordprofiler på Logården utfördes ett markstrukturtest (bilaga 1) som utvecklats av Berglund et al. (2002). I detta görs en visuell bedömning av profilens olika skikt, jordart, täthet, aggregatstruktur, maskförekomst, rotutbredning, infiltrationsförmåga och förekomst av porer. På Logården utfördes testet på fyra olika platser i mitten av maj 2003, dels på en representativ plats i respektive odlingssystem och dels i en sedan 1991 permanent vall i det integrerade systemet. På de tre andra ställena odlades havre 2002, och fånggröda eller grön gödslingsgröda såddes in till 2003.

Växtnäringsförhållanden i marken

På varje provplats togs jordprover ut på 10-20 cm respektive 50-55 cm djup med hjälp av jordborr. I den konventionella delen togs proverna ut i december 2002 och i de ekologiska och integrerade delarna i maj 2003. Analyserna utfördes vid Institutionen för markvetenskap, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala. Proverna analyserades med avseende på innehåll av N, P, K, Ca, Mg, Cu, B, aluminium (Al), kadmium (Cd) och kol (C). Härtill gjordes en mätning av pH.

För bestämning av P-AL, K-AL, Ca-AL och Mg-AL extraherades 5 g torkad jord i 100 ml AL-lösning enligt Egnér et al. (1960). Provet skakades i 90 minuter och filtrerades. K bestämdes sedan med flammfotometer, P med ammoniummolybdatreagens samt Ca och Mg med ICP-OES. För P-HCl, K-HCl och Cu-HCl extraherades torkad jord i 2 M saltsyralösning (HCl) i kokande vatten i två timmar. P och K bestämdes sedan på samma sätt som efter AL-extraktionen. Cu mättes med ICP. Al-AS fastställdes genom att skaka 5 ml torkad jord med 100 ml ammoniumsufatlösning (AS) i 60 minuter. Provet filtrerades och Al bestämdes med ICP. För analys av B kokades 12,5 g torkad jord i 25 ml destillerat vatten i 15 minuter. Provet kylades sedan och B mättes med ICP. Cd analyserades genom totaluppslutning av jord i koncentrerad salpetersyra. Provet späddes därefter med salpetersyra och Cd bestämdes med ICP-OES. Total-C och total-N fastställdes med ett LECO[®] CNS-2000-instrument. pH mättes i destillerat vatten.

Total-C omräknades till mullhalt genom att dividera med 0,58. P-AL, K-AL, mullhalt och pH redovisas i rapporten medan resterande analysresultat återfinns i bilaga 5.

Resultatbearbetning

Syftet med studien var att karakterisera försöksgården. Eftersom undersökningen inte var uppbyggd som ett vanligt försök med slumpvis utplacerade upprepningar kan andra förutsättningar än odlingssystemet, till exempel jordart och topografi, skilja sig mellan de olika systemen och därmed påverka markstrukturen och växtnäringstillståndet. Vid en jämförelse mellan de tre odlingssystemen kan därför ingen variansanalys av resultaten utföras. De skillnader mellan odlingssystemen som redovisas i undersökningen kan ej säkerställas statistiskt men de kan ändå visa på tendenser.

Resultaten av de olika markanalyserna, undantaget penetrometermätningarna, bearbetades i dataprogrammet ArcGIS, version 8 (ESRITM, USA). För markstrukturparametrarna användes ett medeltal av de två mätningarna av respektive parameter på varje provplats. Med hjälp av dessa medelvärden för respektive provplats gjordes interpoleringsberäkningar för att beräkna värden på parametern även mellan provplatserna. Som interpoleringsmetod användes blockkriging (Johnston et al., 2001).

Vid interpoleringsberäkningar uppskattas värden på parametern på ett stort antal platser mellan de uppmätta provplatserna. Även på provplatserna beräknas ett nytt värde där hänsyn tas till uppmätta värden på kringliggande provplatser. I de fall det fanns geografiska trender inom gården på parametern togs dessa bort före interpoleringsberäkningarna och adderades efter beräkningarna till de beräknade värdena. Det finns ett antal statistiska mått på hur väl de uppskattade värdena liknar de verkligt uppmätta (Johnston et al., 2001):

- *Mean prediction error (MPE)* = medeltal av de uppskattade värdenas avvikelse från de verkligt uppmätta värdena. Tar hänsyn till om det uppskattade värdet är högre eller lägre än det uppmätta. Är ett mått på skillnaden mellan medelvärdet av de uppskattade värdena och medelvärdet av de verkligt uppmätta värdena. Bör vara så nära noll som möjligt.
- *Root-mean-square prediction error (RMSPE)* = medeltal av de uppskattade värdenas avvikelse från de verkligt uppmätta värdena. Eftersom kvadratsumma används vid beräkningarna beräknas den faktiska variationen. Bör vara så nära noll som möjligt.
- *Average standard error (ASE)* = ett mått på hur mycket de uppskattade värdena varierar i förhållande till variationen i de verkligt uppmätta värdena. Ju närmare ASE är RMSPE desto mer lika är den uppskattade variationen den verkliga variationen. Bör vara så nära RMSPE som möjligt.
- *Mean standardized prediction error (MSPE)* = *prediction error/standard error* för varje enskilt värde. Samma mått som MPE med den enda skillnaden att MSPE är oberoende av skalan på parameterns värde. Bör vara så nära noll som möjligt.
- *Root-mean-square standardized error (RMSSE)* = *RMSPE/ASE*. Är ett mått på hur nära ASE är RMSPE. Om kvoten är >1 har variationen underskattats vid beräkningarna, och är kvoten <1 har variationen överskattats. Bör vara så nära ett som möjligt.

Beräkningarna i ArcGIS redovisas i form av kartor som visar hur respektive parameter varierar i fält. Till varje karta visas de statistiska mått som beskrivits ovan.

Förutom presentation av resultaten i kartform redovisas de som medelvärden i de olika odlingssystemen. Eftersom provplatserna inte är helt regelbundet fördelade inom de tre områdena representerar proverna olika stora areor. För att ta hänsyn till detta vid beräkningar av medeltal skulle varje prov kunna viktas med dess influensarea, enligt Thiessens polygoner (Söderström, pers. medd.). Bedömningen har dock gjorts att detta förmodligen inte har så stor betydelse vid denna undersökning och därför har någon sådan beräkning inte utförts.

Sambandsanalys

Sambandet mellan olika markparametrar, fysikaliska och kemiska, undersöktes dels genom linjär regression i Excel (Microsoft®, USA) och dels med hjälp av ArcGIS. I sambandsanalyserna användes resultat från hela gården; det vill säga att det gjordes ingen skillnad mellan de olika odlingssystemen. Vid sambandsanalysen i ArcGIS mellan två parametrar användes de interpoleringskartor som tidigare framställts. Den ena parameterns karta indelades i fem till ytan lika stora klasser, där klass 1 motsvarade den femtedel av kartan som hade lägst värde på parametern och klass 5 avsåg den femtedel av kartan som hade högst värde på parametern. För den andra parametern beräknades ett medeltal inom respektive klass för den första parametern. På det sättet undersöktes om det fanns ett positivt eller negativt samband mellan de två parametrarna.

Resultat och diskussion

Markstruktur

I tabell 4 visas medeltal för vatteninfiltration i markytan samt vattengenomsläpplighet och skrymdensitet i de olika marknivåerna i respektive system. Data för varje enskild analys på samtliga provpunkter redovisas även i bilagorna 2 och 3.

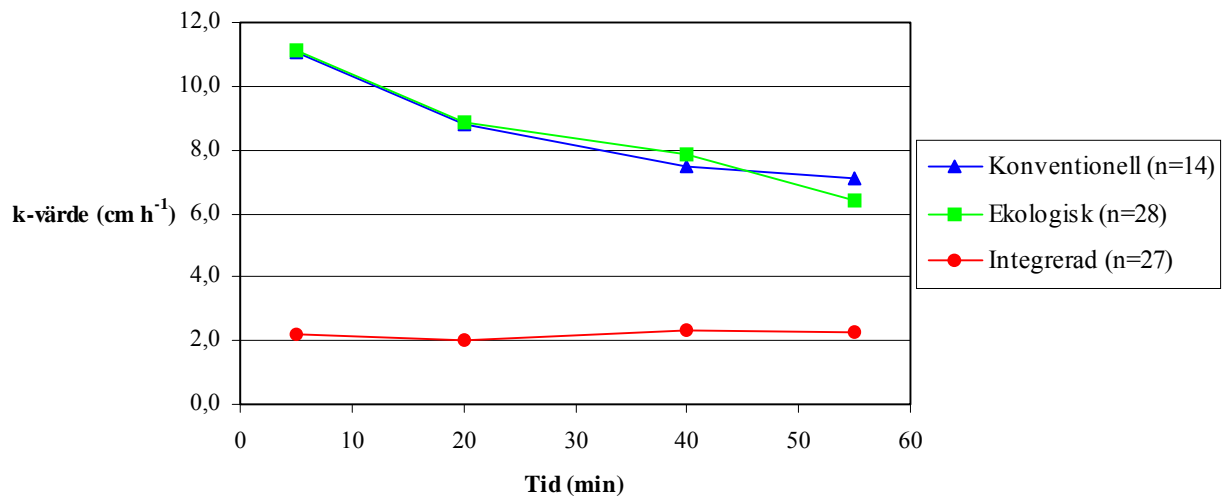
Tabell 4. Medeltal för de undersökta parametrarna på de olika marknivåerna i respektive system. Standardavvikelse och antal observationer (n) redovisas inom parentes

Parameter	Konventionell	Ekologisk	Integrerad
Infiltration i markytan, cm h⁻¹	7,11 (4,9) (n=14)	6,40 (6,4) (n=28)	2,29 (7,4) (n=27)
Vattengenomsläpplighet, cm h⁻¹			
15 - 20 cm	1,69 (2,3) (n=11)	3,59 (8,3) (n=28)	4,56 (9,8) (n=25)
25 - 30 cm	1,50 (4,1) (n=11)	1,99 (3,9) (n=28)	3,57 (7,5) (n=25)
50 - 55 cm	0,75 (1,2) (n=11)	0,91 (3,3) (n=28)	0,97 (3,0) (n=25)
Skrymdensitet, g cm⁻³			
15 - 20 cm	1,53 (0,06) (n=14)	1,44 (0,06) (n=28)	1,54 (0,06) (n=26)
25 - 30 cm	1,56 (0,06) (n=14)	1,48 (0,07) (n=28)	1,55 (0,08) (n=26)
50 - 55 cm	1,53 (0,09) (n=14)	1,50 (0,09) (n=28)	1,52 (0,08) (n=26)

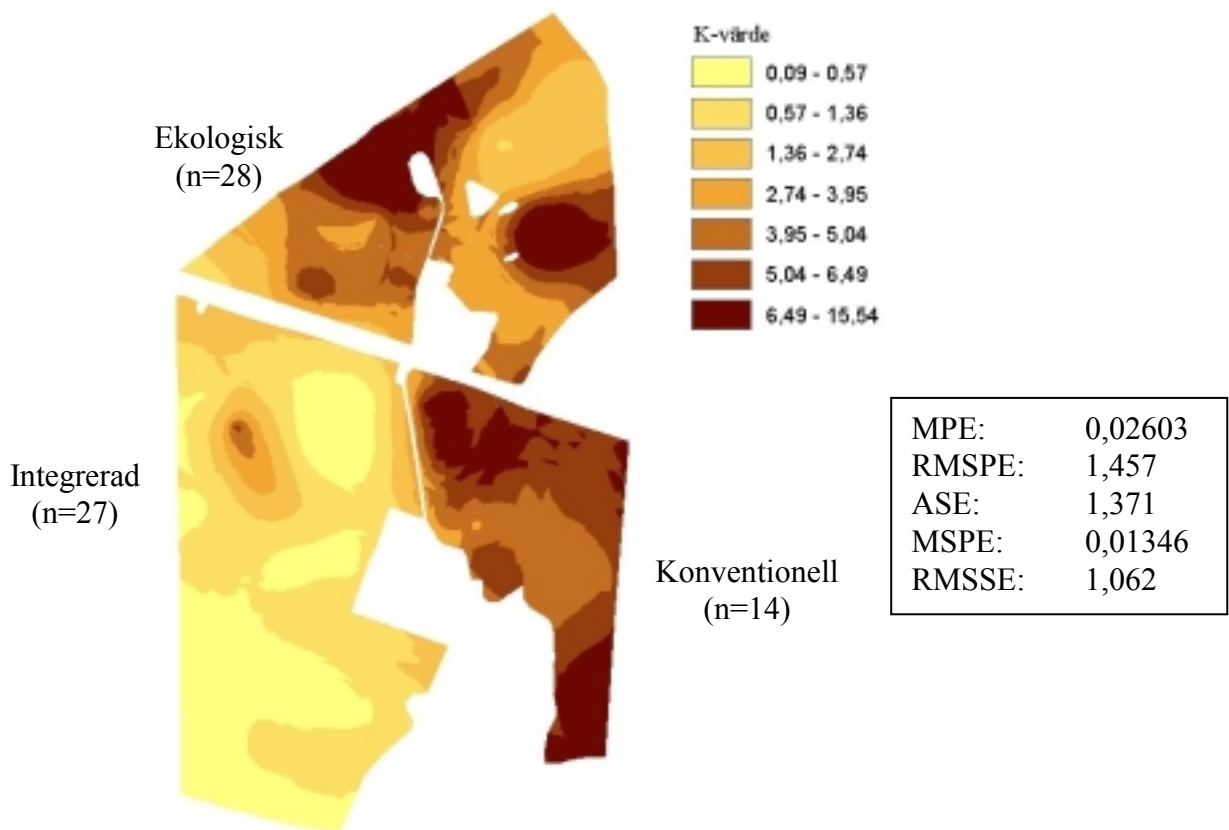
Vatteninfiltration i markytan

Figur 6 visar hur infiltrationen i markytan i respektive system förändrades under hela mätperioden; ett medeltal för alla punkter i varje system har använts. Till skillnad från den konventionella och den ekologiska delen var infiltrationen i den integrerade delen nästan oförändrad under mätperioden, vilket tyder på att marken där från början var mer vattenmättad. Undersökningarna i den integrerade delen gjordes tidsmässigt mellan undersökningarna i de andra systemen, vilket innebär att det förmodligen inte var några yttre förutsättningar som påverkade resultaten. Dessa redovisas också i bilaga 2.

Även kartan från interpoleringsberäkningarna (figur 7) visar att infiltrationen i markytan generellt sett var mindre i den integrerade odlingen än i de odlingsystem som plöjts.



Figur 6. Infiltrationens (cm h^{-1}) förändring med tiden i respektive system.

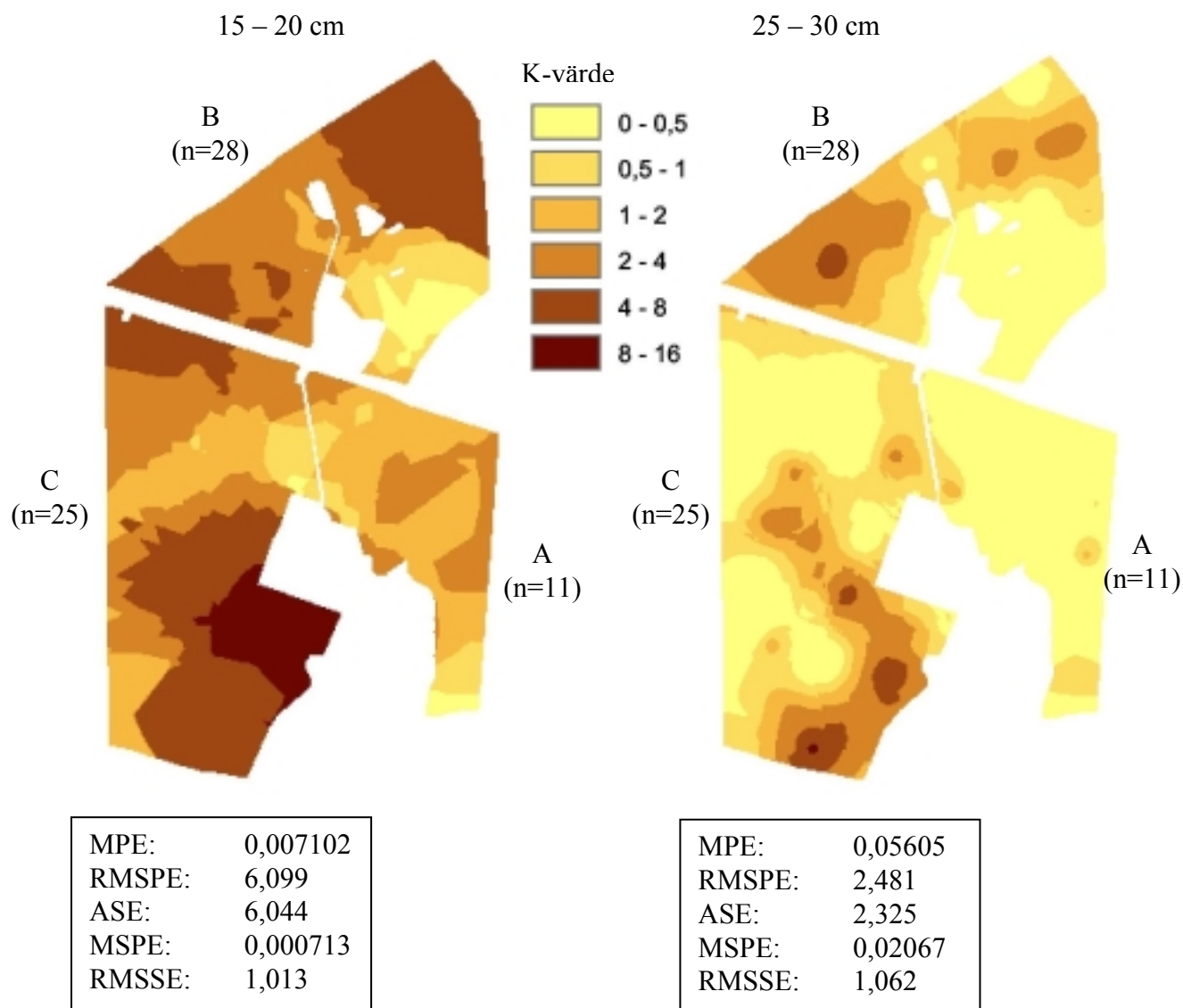


Figur 7. Karta över variationerna i infiltrationen (cm h^{-1}) i markytan på Logården. Mörka områden indikerar stor infiltration och ljusa områden liten infiltration.

Vattengenomsläpplighet

Figur 8 visar hur vattengenomsläppligheten (efter 1 h vattenmättnad) i skikten 15-20 cm och 25-30 cm varierade på Logården. Skillnaderna mellan systemen var inte så stora men i båda skikten fanns en tendens till att genomsläppligheten generellt sett var något lägre i den konventionella delen. En jämförelse mellan figur 7 och 8 visar på en tendens att där infiltrationen

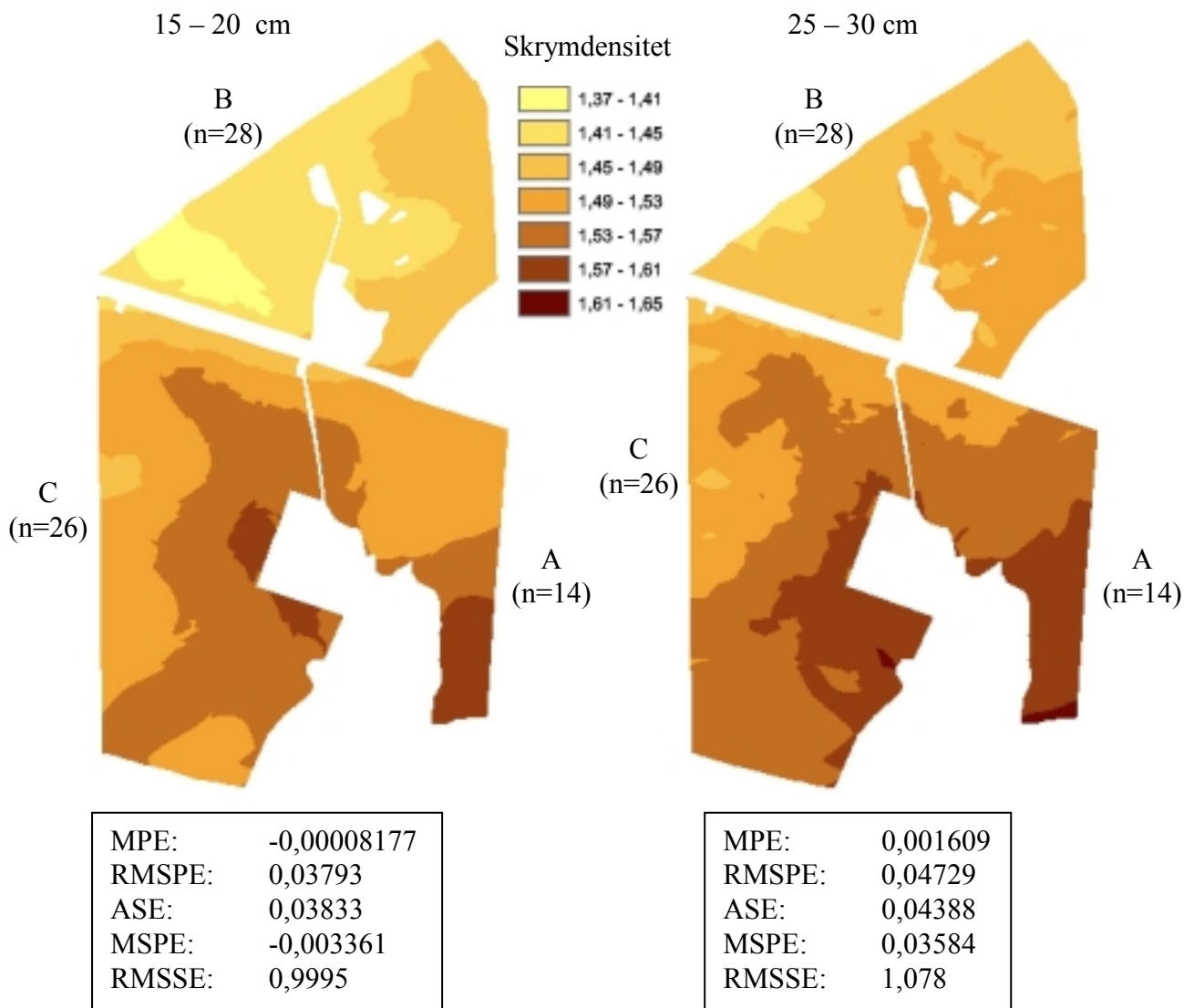
i markytan var dålig var vattengenomsläppligheten i skiktet 15-20 cm bättre och tvärtom. Resultaten redovisas även i bilaga 3.



Figur 8. Vattengenomsläpplighet (cm h^{-1}) i skikten 15-20 cm och 25-30 cm på Logården.

Skrymdensitet

I figur 9 visas hur skrymdensiteten i skikten 15-20 cm och 25-30 cm varierade på Logården. I båda skikten syns tydligt att skrymdensiteten var störst nära gårdscentrum. Anledningen till detta är förmodligen att det har varit fler körningar där med maskiner och att vid till exempel gödsling har lassen varit som tyngst nära gården. Detta har medfört att marken har packats i högre grad nära gården. I båda skikten var skrymdensiteten mindre i den ekologiska delen än i de andra två systemen. Om även detta är en effekt av att detta område ligger längre från gårdscentrum eller om det är en effekt av odlingsystemet är svårt att säga. Skillnaden är dock markant, vilket även visas av medeltalen för respektive system (tabell 4). Skrymdensiteten i de båda skikten tycks inte ha påverkats av att marken har plöjts eller inte. Den är visserligen något högre i skiktet 15-20 cm i den plöjningsfria (integrerade) delen än i den konventionella delen och något lägre i skiktet 25-30 cm men skillnaderna är små. Resultaten redovisas även i bilaga 3.



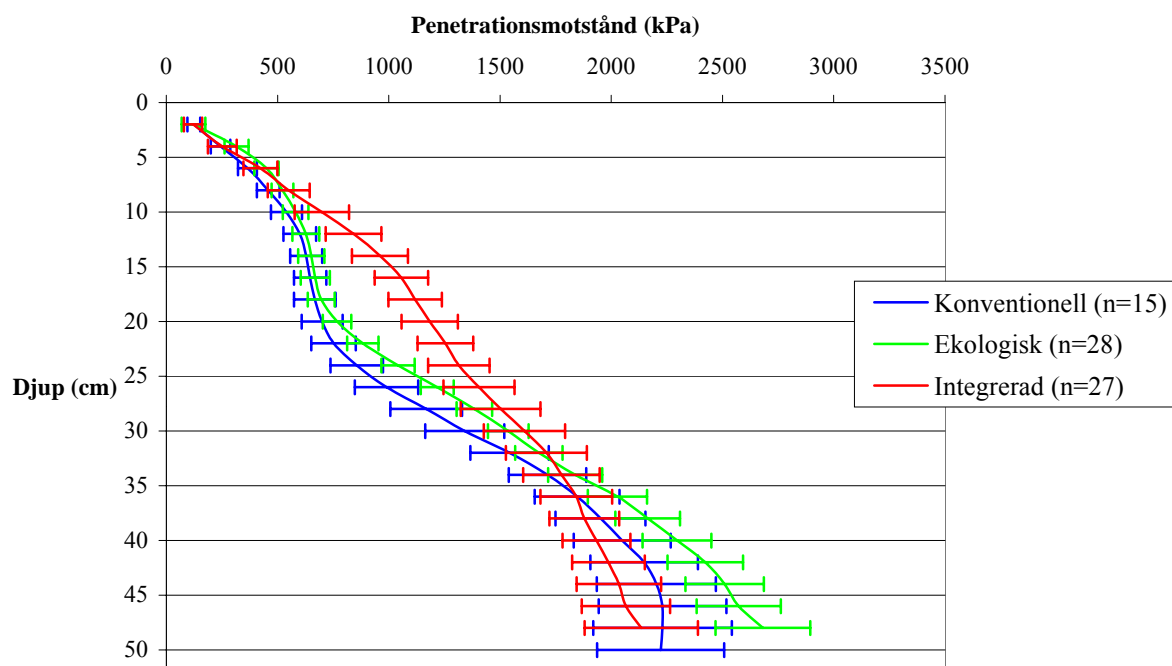
Figur 9. Skrymdensitet (g cm^{-3}) i skikten 15-20 cm och 25-30 cm på Logården.

Penetrationsmotstånd

Resultatet av mätningarna med penetrometern redovisas som medeltal av data från respektive odlingssystem (figur 10). Eftersom undersökningarna i det ekologiska systemet utfördes vid torrare förhållanden och penetrometerns kon var mer sliten än vid mätningarna i den konventionella och den integrerade delen, har mätvärdena från det ekologiska systemet korrigerats. Korrigeringen bygger på antagandet att motståndet i mätningarnas översta punkt (2 cm djup) är oberoende av odlingssystemet. Alla mätvärden i den ekologiska delen adderades därför med en konstant så att motståndet i den första punkten (2 cm djup) blev lika i de tre systemen. Det är med korrigerade värden i den ekologiska delen som data från undersökningarna med penetrometern visas i figur 10. Resultaten redovisas även i bilaga 4.

De små skillnader som förekom mellan ekologisk och konventionell odling var förmodligen en effekt av att mätningarna utfördes under lite olika förhållanden; troligtvis var det ingen större skillnad i penetrationsmotstånd mellan de två systemen. Skillnaderna mellan de plöjda systemen och den plöjningsfria delen stämmer dock väl överens med litteraturuppgifter (Comia et al., 1994; Etana et al., 1999; Stenberg et al., 2000). Plöjningsfri odling medför packning av jorden i matjordens nedre del, och detta syns i kurvan för penetrationsmotståndet i det

integrerade systemet. I de plöjda systemen ökade penetrationsmotståndet kraftigt med tilltagande djup från ca 20 cm, medan ökningen var mer konstant i den plöjningsfria delen.



Figur 10. Penetrationsmotstånd (kPa) 0-50 cm i de olika odlingssystemen. Motståndet registrerades på varannan cm djup. Felstaplarna visar standardavvikelse.

Markstrukturtest

Resultaten från de markstrukturtest som utfördes redovisas i tabellerna 5-8. Mellan de två odlingssystemen med plöjning framkom inga stora skillnader. I det konventionella systemet (tabell 5) var plogsulan mycket tydlig och över denna fanns även ett tydligt halmskikt. Plogsulan tycktes vara ett hinder för rötterna eftersom det fanns en liten ansamling av horisontella rötter strax över denna, som i sig själv var kompakt med svagt utvecklad struktur. Vid infiltrationsmätningen i testet rann det vatten på plogsulan, vilket även det är ett tecken på svagt utvecklad struktur. Plogsulan i det ekologiska systemet (tabell 6) var inte riktigt lika tydlig. Med avseende på struktur i matjorden och alven föreföll de båda profilerna vara ganska lika, förutom att det var något mer maskar och porer i profilen i det konventionella systemet.

I profilen i det integrerade systemet (tabell 7) förekom ingen plogsula mellan matjorden och alven. Gränsen mellan matjord och alv var ändå tydlig men uppfattades inte som något kompakt skikt. I övrigt var rotutbredningen i matjorden inte lika stor som i de plöjda systemen, medan alvens struktur föreföll något bättre med till exempel fler maskgångar än i de plöjda systemen.

Markstrukturen i den permanenta vallen (tabell 8) på skifte C4 tycktes på flera sätt vara bättre än i markprofilerna på platserna med öppen växtodling. Matjorden var inte alls lika kompakt utan föll sönder mycket lättare, och i hela profilen förekom det fler porer. Även maskförekomsten och rotutbredningen i hela profilen var bättre än i mark på skiften med öppen växtodling.

Tabell 5. Markstrukturtest utfört på skifte A1 i det konventionella systemet (se figur 1) 2003-05-13. Testet innefattade allmän markbeskrivning, jordart, spadtest, aggregatstruktur, maskförekomst, rotutveckling, porer och infiltrationsförmåga

	Typ av skikt			
	Matjord 0-23 cm	Halmskikt 23-25 cm	Plogsula 25-33 cm	Alv 33 cm -
Allmän markbeskrivning	Ganska kompakt intryck	Mycket tydligt skikt	Tydlig plogsula, aggregaten större och faller inte sönder lika lätt som i matjorden	Rostutfällningar förekommer, annars svagt grå
Jordart	Lättlera			Styv lera
Spadtramp, antal	5			> 7
Aggregatstruktur	Avrundade Måttligt utvecklade Intermediära – grova		Avrundade Svagt utvecklade Grova	Avrundade Måttligt utvecklade Fina
Maskar, antal	9			0
Rotutveckling	Väl genomrotat i översta 10 cm Få rötter		Skiktet hindrar rötter	Mycket få rötter, inga intermediära eller grova rötter Maximalt rotdjup ca 50 cm
Porer	Allmänt förekommande		Få	Få
Infiltrationsförmåga	Mycket hög		Hög	Hög

Tabell 6. Markstrukturtest utfört på skifte B7 i det ekologiska systemet (se figur 1) 2003-05-09. Testet innefattade allmän markbeskrivning, jordart, spadtest, aggregatstruktur, maskförekomst, rotutveckling, porer och infiltrationsförmåga

	Typ av skikt		
	Matjord 0-25 cm	Plogsula 25-30 cm	Alv 30 cm -
Allmän markbeskrivning	Ganska kompakt intryck	Gräns till matjord otydlig, övergång till alv ganska tydlig Lite ”smetigare” än matjorden, faller inte lika lätt sönder	Rostutfällningar allmänt förekommande, annars grå
Jordart	Lättlera		Mellanlera
Spadtramp, antal	> 7		> 7
Aggregatstruktur	Avrundade - skarpkantade Måttligt utvecklade Intermediära – grova		Plattlika Måttligt utvecklade
Maskar, antal	5		0, maskhål förekommer
Rotutveckling	Få rötter		Mycket få rötter, inga intermediära eller grova rötter Maximalt rotdjup ca 70 cm
Porer	Få		Mycket få
Infiltrationsförmåga	Mycket hög	Mycket hög	Medelgod

Tabell 7. Markstrukturtest utfört på skifte C6 i det integrerade systemet (se figur 1) 2003-05-09. Testet innefattade allmän markbeskrivning, jordart, spadtest, aggregatstruktur, maskförekomst, rotutveckling, porer och infiltrationsförmåga

	Typ av skikt	
	Matjord 0-35 cm	Alv 35 cm -
Allmän markbeskrivning	Ganska kompakt intryck, inga tydliga skikt	Rostutfällningar allmänt förekommande, annars gråare med djupet
Jordart	Lättlera	Mellanlera
Spadtramp, antal	7	> 7
Aggregatstruktur	Avrundade - skarpkantade Måttligt utvecklade Intermediära	Avrundade - skarpkantade Måttligt utvecklade Fina
Maskar, antal	8	1, ganska många maskhål
Rotutveckling	Mycket få rötter, inga intermediära eller grova rötter. Ger ett svårgenomträngligt intryck	Mycket få rötter, inga intermediära eller grova rötter Maximalt rotdjup ca 75 cm
Poror	Få	Mycket få
Infiltrationsförmåga	Mycket hög	Mycket hög

Tabell 8. Markstrukturtest utfört i permanent vall vid skifte C4 i det integrerade systemet (se figur 1) 2003-05-13. Testet innefattade allmän markbeskrivning, jordart, spadtest, aggregatstruktur, maskförekomst, rotutveckling, porer och infiltrationsförmåga

	Typ av skikt	
	Matjord 0-30 cm	Alv 30 cm -
Allmän markbeskrivning	Aggregat faller lätt isär	Rostutfällningar allmänt förekommande, annars grå
Jordart	Lättlera	Styv lera
Spadtramp, antal	> 7	> 7
Aggregatstruktur	Avrundade Måttligt utvecklade Intermediära	Skarpkantade Starkt utvecklade Fina
Maskar, antal	12	1, stora maskar förekommer ner till > 80 cm
Rotutveckling	Översta 10 cm väl genomrotat Rötter allmänt förkommande	Inga tunna rötter, få intermediära eller grova rötter Maximalt rotdjup ca 75 cm
Poror	Allmänt förekommande	Få
Infiltrationsförmåga	Mycket hög	Mycket hög

Vid tolkning av resultaten från markstrukturtesten är det viktigt att inte fästa sig vid enskilda moment i undersökningen, utan avsikten är att den ska ge en helhetsbild av profilens markstruktur. Testet är ganska subjektivt och det är flera moment som är svårbedömda, till exempel mängden porer och rötter. Jordartsbestämningen utfördes genom utrullningsprov vilket är en relativt osäker metod för att fastställa lerhalten. I alla fyra markstrukturtest som gjordes bestämdes jordarten till lättlera, vilket inte stämmer med den jordartsbestämning som gjordes

i referensytorna 1991. Enligt dessa analyser var jordarten mellanlera i alla tre systemen. Skillnaden mellan jordartsbestämningarna tyder på att lerhalten har underskattats i utrullningsprovet.

De slutsatser som kan dras efter markstrukturtesterna på Logården är dock att det plöjningsfria odlingssystemet sedan 1991 har medfört att plogsulan försvunnit och att detta i sin tur lett till något förbättrad struktur i alven. Markstrukturtesterna visar också att markstrukturen och det biologiska livet var bättre där det varit permanent vall sedan 1991 än där marken utnyttjats för öppen växtodling.

Växtnäringstillstånd

I tabell 9 redovisas medeltal för K-AL, P-AL, mullhalt och pH för respektive system. Där återges även resultat från den markkartering som utfördes 1991. Alla resultat från de markkemiska undersökningarna redovisas i bilaga 5.

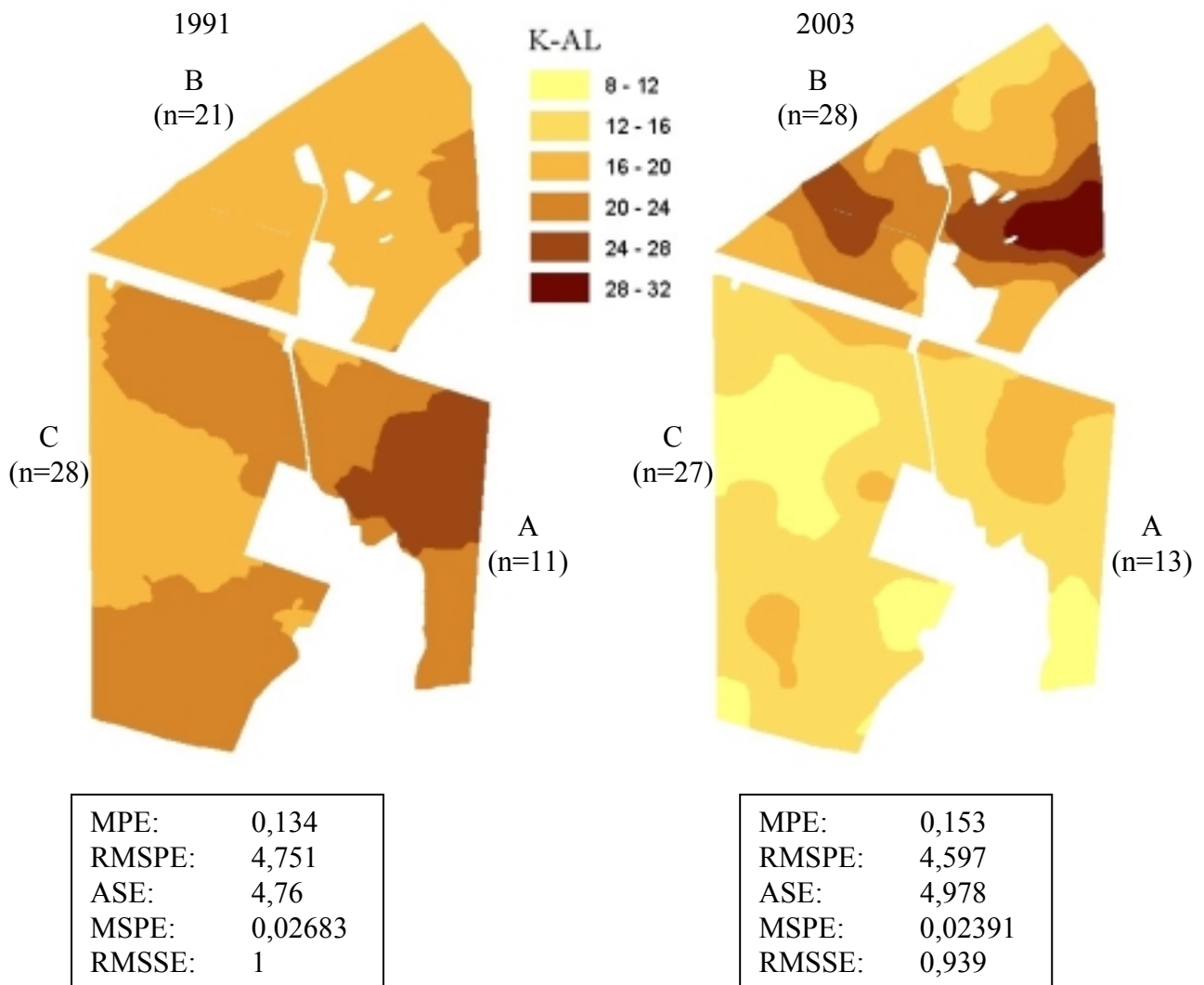
Tabell 9. Resultat av markkarteringsanalyser 1991 och 2003. Vid mätningarna 1991 var provtagningsdjupet i matjorden 0-25 cm. Vid undersökningarna 2003 togs matjordsproverna ut på 10-20 cm djup och alvproverna på 50-55 cm djup. Standardavvikelse och antal observationer (n) redovisas inom parentes

Parameter	Konventionell		Ekologisk		Integrerad	
	1991	2003	1991	2003	1991	2003
K-AL, mg 100 g⁻¹						
matjord	23 (4,8) (n=11)	15 (2,4) (n=13)	19 (3,9) (n=21)	22 (6,6) (n=28)	21 (4,6) (n=28)	13 (3,2) (n=27)
alv		17 (4,0) (n=13)		17 (4,5) (n=28)		17 (4,8) (n=27)
P-AL, mg 100 g⁻¹						
matjord	14,5 (4,5) (n=11)	10,2 (4,4) (n=13)	12,1 (5,8) (n=21)	17,9 (7,1) (n=28)	14,1 (5,9) (n=28)	8,7 (4,9) (n=27)
alv		6,6 (2,7) (n=13)		8,3 (4,2) (n=28)		5,8 (4,2) (n=27)
pH						
matjord	7,1 (0,1) (n=11)	6,8 (0,1) (n=13)	7,0 (0,2) (n=21)	6,7 (0,2) (n=28)	6,9 (0,2) (n=28)	6,9 (0,3) (n=27)
alv		7,3 (0,2) (n=13)		7,5 (0,3) (n=28)		7,3 (0,3) (n=27)
Mullhalt, %						
matjord	1,6 (0,9) (n=4)	2,5 (0,2) (n=12)	2,7 (0,8) (n=7)	3,2 (0,4) (n=28)	2,2 (0,9) (n=7)	2,4 (0,6) (n=27)
alv		0,9 (0,4) (n=13)		0,6 (0,1) (n=28)		0,8 (0,3) (n=27)

K-AL

1991 var markens K-AL-innehåll i klass IV på i stort sett hela gården (figur 11). I de konventionella och integrerade systemen sjönk K-AL till i genomsnitt klass III mellan åren 1991 och 2003. I den ekologiska delen steg däremot K-AL i genomsnitt och orsaken till detta är förmodligen större tillförsel av fastgödsel än i de andra systemen. En bidragande anledning kan vara att bortförslens av kalium via skördeprodukter var mindre. Sänkningen av K-AL var störst i de områden där markens lerhalt är minst.

Att K-AL sjunkit i den konventionella delen stämmer inte överens med de årliga mätningar (1993 – 2002) som utförts i matjorden (0-25 cm) i referensytorna (se figur 1) (Delin, 2003). Där uppvisas ingen trend som tydligt pekar på att K-AL har sjunkit. Däremot överensstämmer analyserna i referensytorna i den integrerade och i den ekologiska delen med resultatet av provtagningarna 2003.



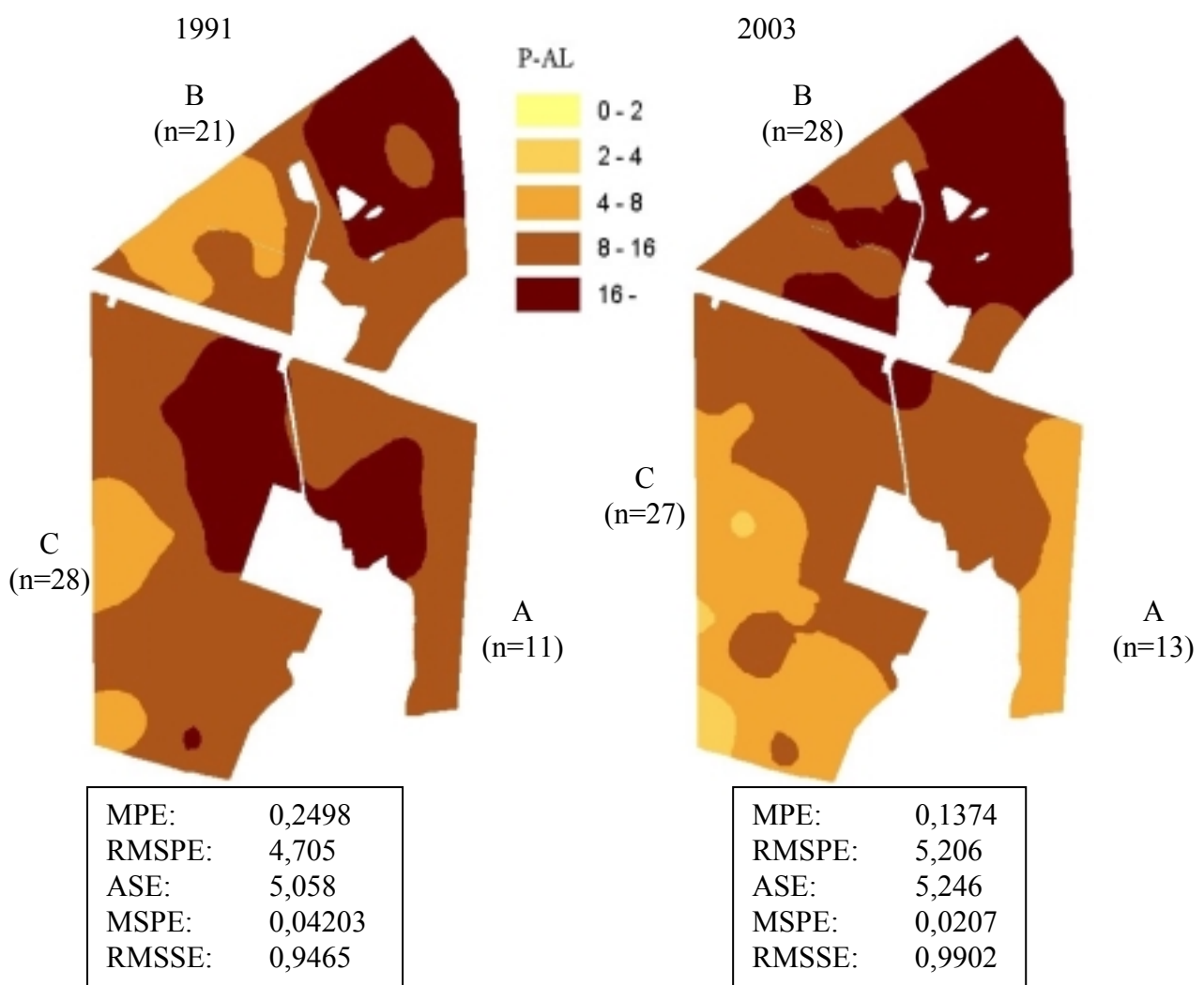
Figur 11. K-AL ($\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$) 1991 (0-25 cm) och 2003 (10-20 cm) i matjorden på Logården.

P-AL

Även om variationerna i P-AL var större än för K-AL vid markkarteringen 1991, så var P-AL-värdena i medeltal då ungefär lika i de tre delarna (figur 12). Huvuddelen av åkerarealen hade då P-AL-klass IV. Markens höga fosforhalt gjorde att ett långsiktigt mål blev att sänka P-AL till mellan 4 och $12 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ (Delin, 2003). Enligt de beräkningar som Delin (2003) gjort av

de årliga fosforbalanserna 1996-2002 i de olika systemen var denna negativ i den konventionella och i den integrerade delen, medan den var positiv i det ekologiska systemet (figur 13). Detta återspeglas i resultaten från markkarteringen 2003. I den konventionella och i den integrerade delen har P-AL sjunkit och det långsiktiga målet uppnåtts (figur 12). I det ekologiska systemet har P-AL däremot stigit och det är förmodligen en följd av den fastgödsel som spridits där och att bortförselelsen av fosfor med skördeprodukter var mindre. Fosforbalansen är differensen mellan tillförd och bortförd fosfor inom de olika odlingssystemen. Tillförselelsen består av fosfor i utsäde och gödsel och bortförselelsen av fosfor i skördeprodukter.

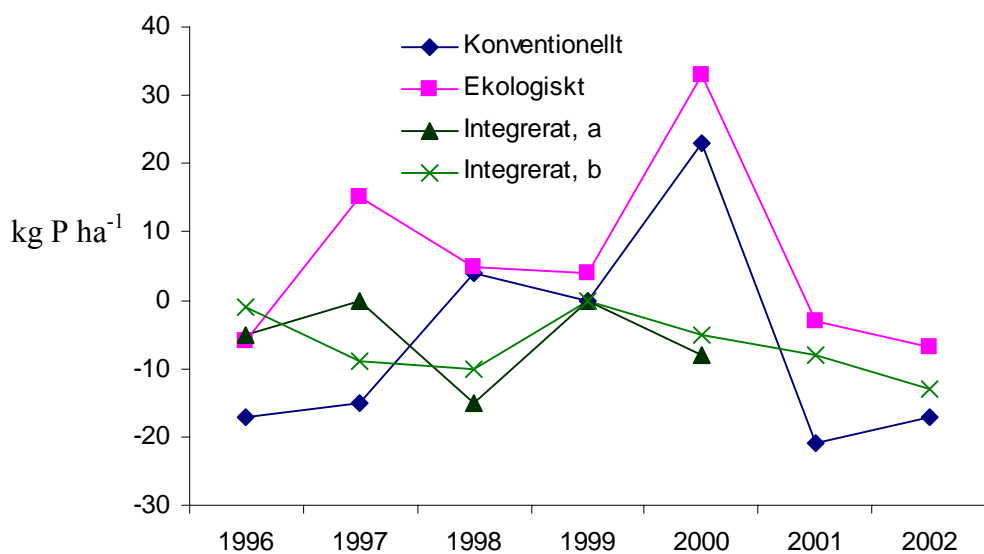
Inte heller för P-AL stämmer mätningarna inom referensytan (se figur 1) i den konventionella delen överens med provtagningarna 2003 (Delin, 2003). I referensytan steg P-AL mellan åren 1993 och 2002, medan värdena i hela den konventionella delen generellt sjönk enligt provtagningarna 2003.



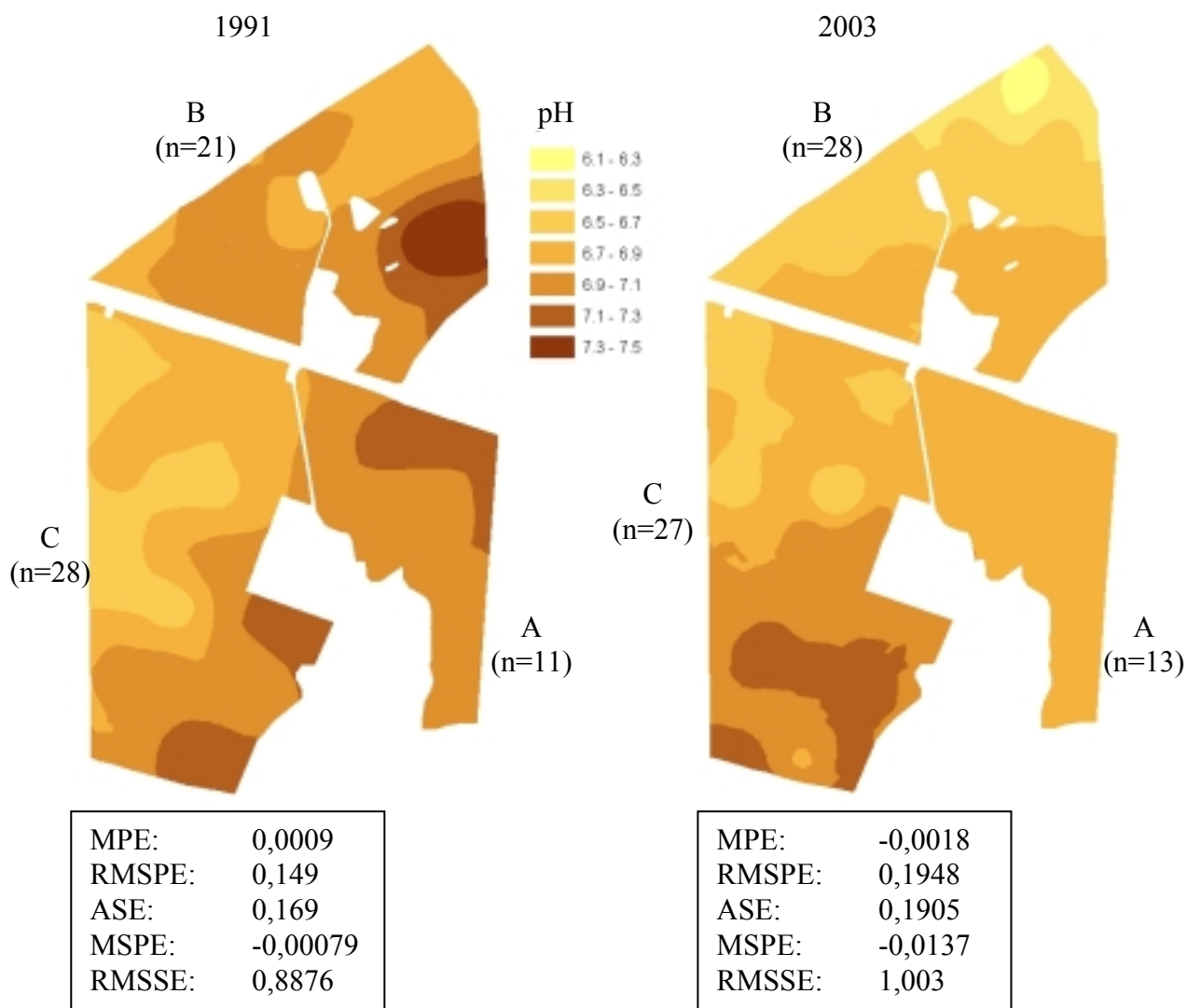
Figur 12. P-AL ($\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$) 1991 (0-25 cm) och 2003 (10-20 cm) i matjorden på Logården.

pH

Figur 14 visar hur pH varierar på Logården. Mellan 1991 och 2003 sjönk pH i både det ekologiska och det konventionella odlingssystemet med 0,3 enheter medan det var oförändrat i den integrerade delen.

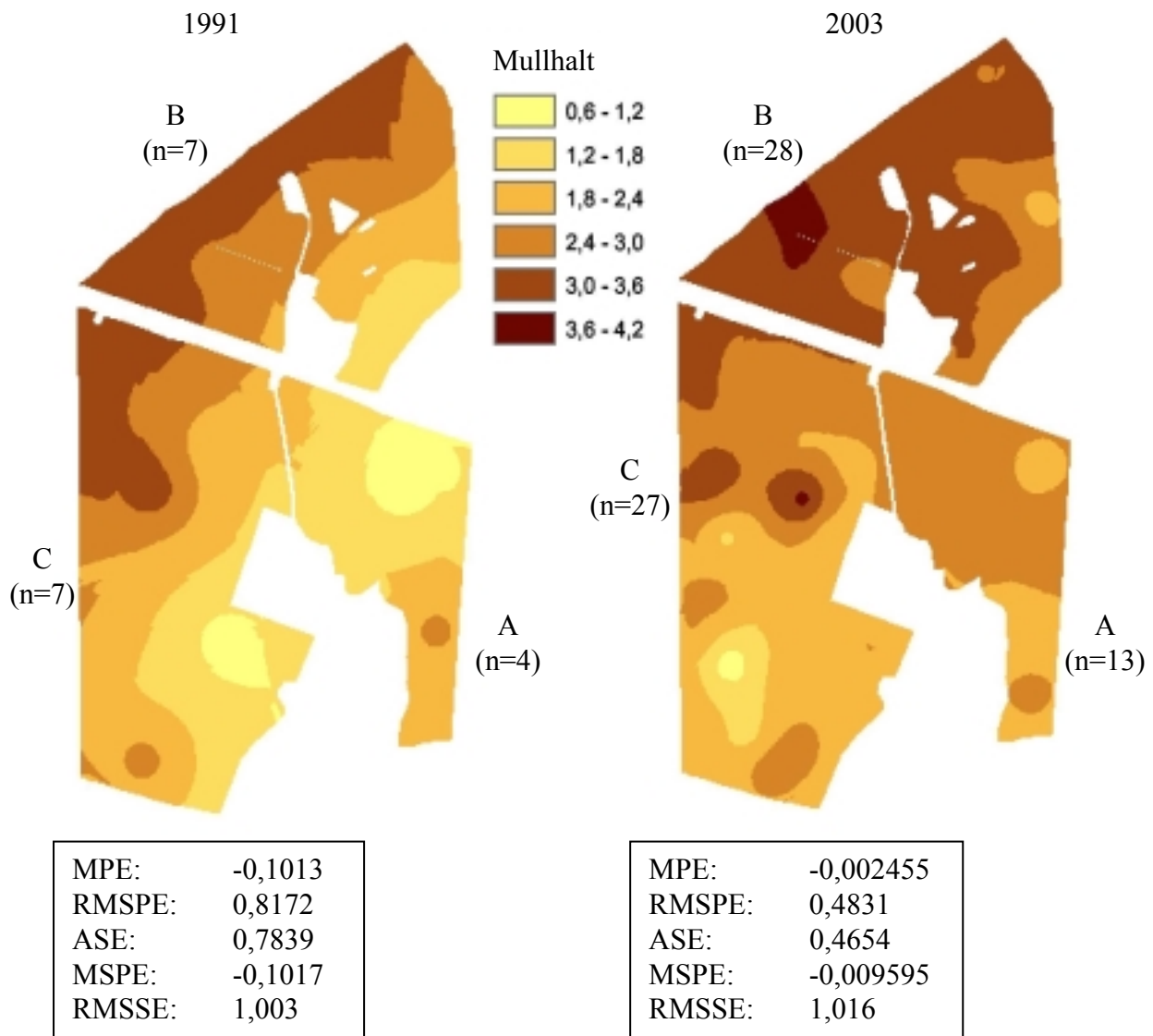


Figur 13. Årlig fosforbalans (kg ha⁻¹), 1996 – 2002, i de olika odlingsystemen (Delin, 2003).



Figur 14. Variation i matjordens pH på Logården 1991 (0-25 cm) och 2003 (10-20 cm).
Mullhalt

I figur 15 visas hur mullhalten i matjorden varierat på Logården.



Figur 15. Mullhaltens (%) variation i matjorden på Logården 1991 (0-25 cm) och 2003 (10-20 cm).

För år 1991 syns tydligt en allmän gradient över variationen i mullhalt. Denna ökar i nordlig riktning genom gården och var i genomsnitt högre i den del av gården som sedan blev ekologisk. Den geografiska gradienten återspeglas även i markkarteringen 2003. Även då var mullhalten högre i den ekologiska delen men det fanns också en tendens till att skillnaden mellan det ekologiska odlingssystemet och de båda andra hade ökat. I kartan för 2003 syns det ganska tydligt att mullhalten är allmänt högre i det ekologiska odlingssystemet. Två förklaringar till detta kan vara att det under 1990-talet tillförts mer fastgödsel till den ekologiska delen och att det i högre grad ingått grön gödslingsvall där. Vid markkarteringen 1991 gjordes enbart fyra analyser i den konventionella delen och vardera sju analyser i de två andra systemen, varför det är ganska stor osäkerhet i kartan för 1991.

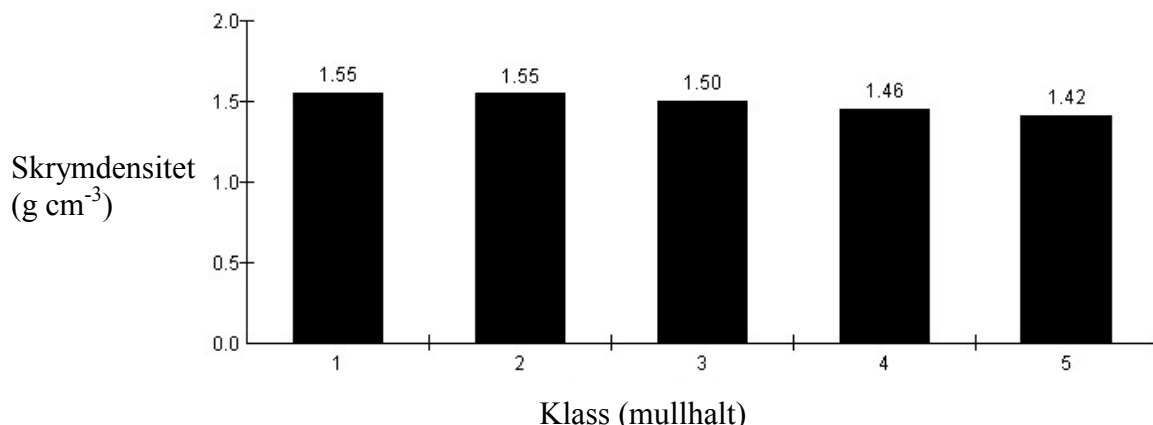
Sambandsanalys

I tabell 10 återges r^2 -värden från den linjära regressionsanalys som gjordes för att undersöka om det finns några samband mellan olika parametrar, både markfysikaliska och markkemiska.

Tabell 10. Samband (beskrivna som r^2 -värden) mellan olika markfysikaliska och markkemiska parametrar. Värden större än 0,3 är markerade med fet stil

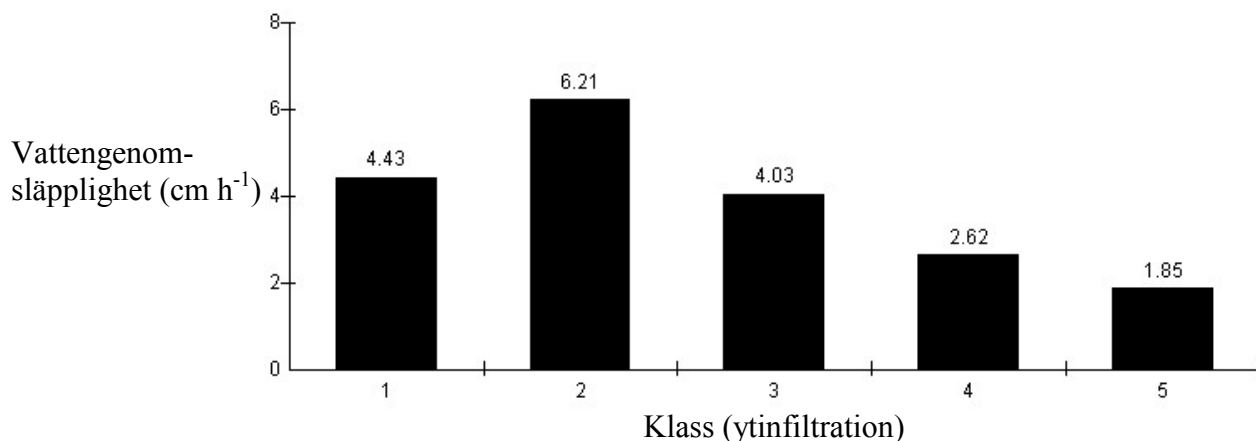
Parameter	Infiltration i markytan	Genomsläpplighet, 15-20 cm	Genomsläpplighet, 25-30 cm	Skrymdensitet, 15-20 cm	Skrymdensitet, 25-30 cm	P-AL, 10-20 cm	K-AL, 10-20 cm	Mullhalt, 10-20 cm
Infiltration i markytan	-							
Genomsläpplighet, 15-20 cm	0,02	-						
Genomsläpplighet, 25-30 cm	0,03	0,16	-					
Skrymdensitet, 15-20 cm	0,06	0,01	0,01	-				
Skrymdensitet, 25-30 cm	0,01	0,05	0,00	0,49	-			
P-AL, 10-20 cm	0,09	0,01	0,02	0,15	0,05	-		
K-AL, 10-20 cm	0,03	0,06	0,01	0,16	0,04	0,38	-	
Mullhalt, 10-20 cm	0,08	0,00	0,01	0,49	0,37	0,13	0,07	-

De intressanta samband som framkommit finns främst mellan skrymdensitet och mullhalt i matjorden. Sambandet är negativt; det vill säga att där mullhalten är hög är skrymdensiteten låg. Sambandet mellan skrymdensiteten i skiktet 15-20 cm och mullhalten i matjorden har ett r^2 -värde på 0,49 och mellan skrymdensiteten i skiktet 25-30 cm och mullhalten i matjorden är r^2 -värdet 0,37. Arvidsson (1997) har tidigare uppmätt r^2 -värden på 0,57-0,73 för samband mellan skrymdensitet och mullhalt. Sambandet syns även i den analys som gjorts i ArcGIS (figur 16). Skillnaden i skrymdensitet mellan områdena på Logården med hög och låg mullhalt är $0,13 \text{ g/cm}^3$.



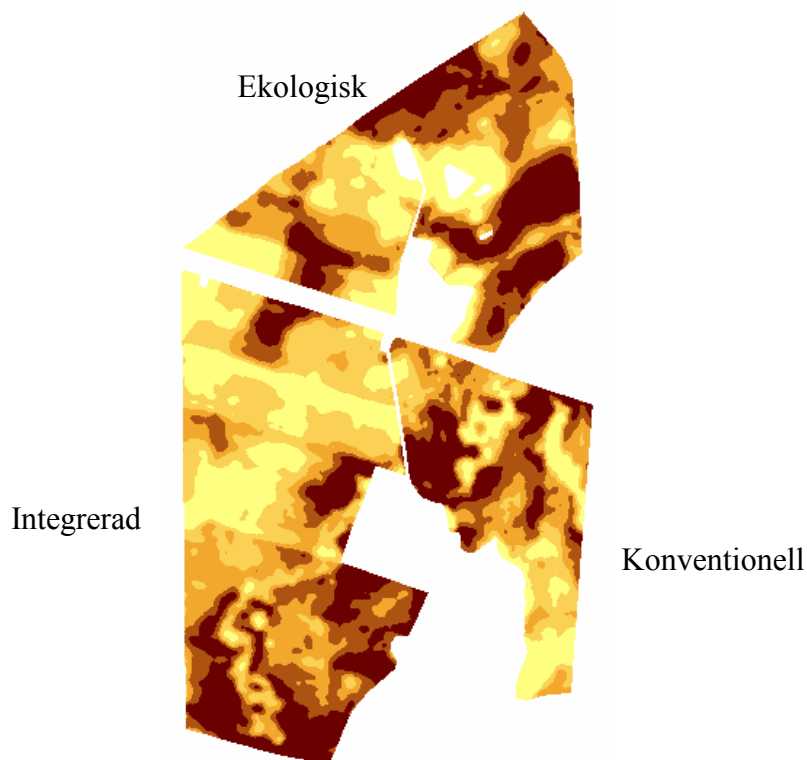
Figur 16. Samband mellan skrymdensitet (g cm^{-3}) i skiktet 15-20 cm och mullhalt i skiktet 10-20 cm. Klass 1 motsvaras av den femtedel av arealen som har lägst mullhalt och klass 5 avser den femtedel av arealen som har högst mullhalt.

Enligt beräkningar i ArcGIS finns det även ett relativt bra negativt samband mellan infiltration i markytan och vattengenomsläpplighet i skiktet 15-20 cm (figur 17). Något sådant samband erhöles dock ej vid regressionsanalysen (tabell 10) där dessa två parametrar gav ett r^2 -värde på bara 0,02. Den troliga anledningen till det låga r^2 -värdet är att det förekom många värden på infiltrationen som var mycket låga (nära 0).



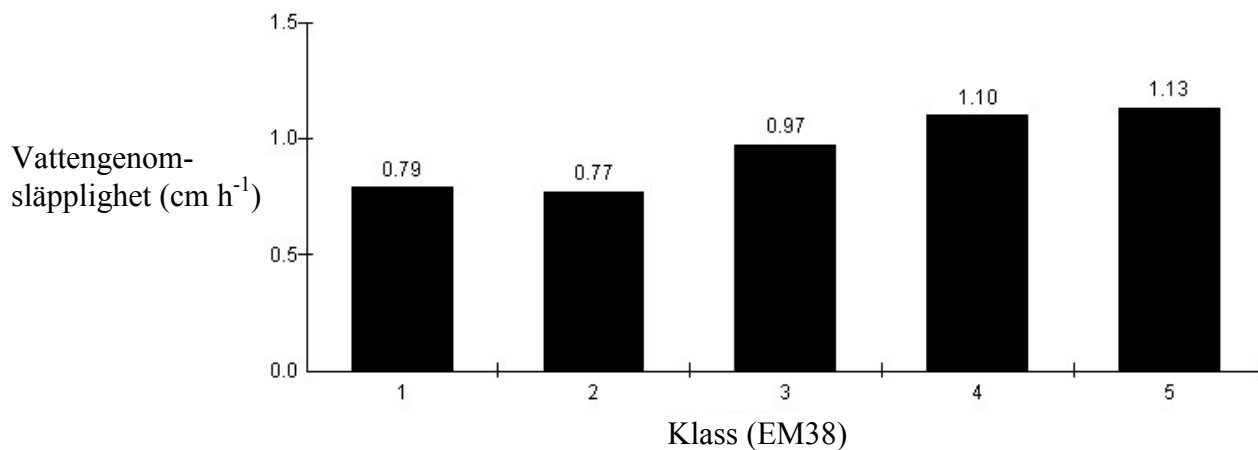
Figur 17. Samband mellan vattengenomsläpplighet (cm/h) i skiktet 15-20 cm och vatteninfiltrationen i markytan. Klass 1 motsvaras av den femtedel av arealen som har minst vatteninfiltration i markytan och klass 5 avser den femtedel av arealen som har störst infiltration.

Även sambandet mellan markens elektriska konduktivitet mätt med hjälp av EM38 under 2002 och resultaten från de studier som redovisas i denna rapport har undersökts. En klassindelning (fem klasser) av resultaten från EM38-mätningarna visas i figur 18.

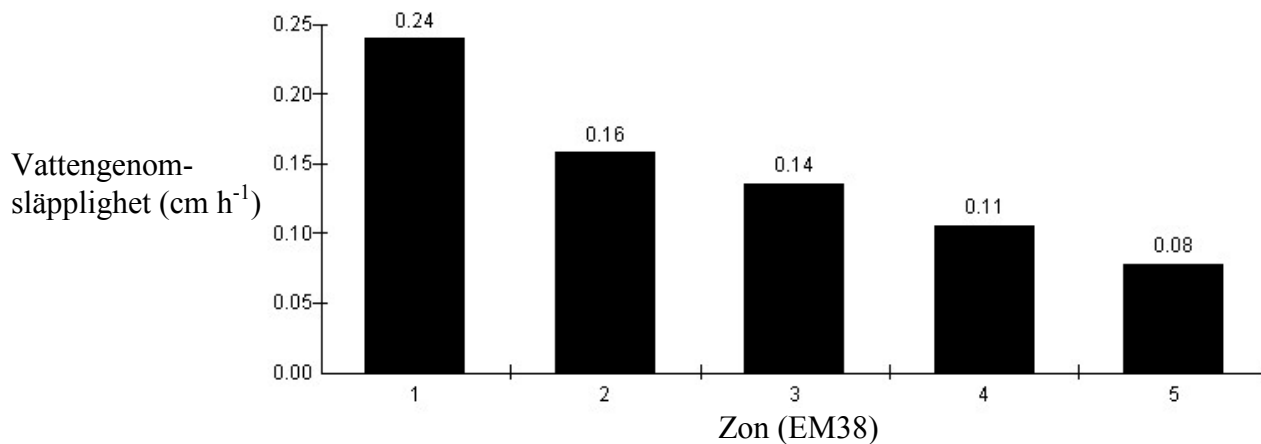


Figur 18. Klassindelning (fem klasser) utifrån mätning av markens elektriska konduktivitet ($S m^{-1}$) med EM38. I figuren återges normaliserade värden.

Figur 19 och 20 visar sambandet mellan markens elektriska konduktivitet och dess vattengenomsläpplighet i skikten 25-30 cm respektive 50-55 cm. I skiktet 25-30 cm var vattengenomsläppligheten liten där den elektriska konduktiviteten var låg medan sambandet var det motsatta i skiktet 50-55 cm.



Figur 19. Sambandet mellan vattengenomsläpplighet (cm h⁻¹) i skiktet 25-30 cm och markens elektriska konduktivitet. Klass 1 motsvaras av den femtedel av arealen som har lägst konduktivitet och klass 5 av den femtedel som har högst konduktivitet.



Figur 20. Sambandet mellan vattengenomsläpplighet (cm h⁻¹) i skiktet 50-55 cm och markens elektriska konduktivitet. Klass 1 motsvaras av den femtedel av arealen som har lägst konduktivitet och klass 5 av den femtedel som har högst konduktivitet.

Sammanfattande diskussion och slutsatser

Även om inga klara slutsatser kan dras utifrån markstrukturundersökningarna på Logården, har vissa tendenser framkommit när det gäller de olika odlingssystemens inverkan på markstrukturen:

- 1) Vatteninfiltrationen i markytan var mindre i det integrerade systemet än i de andra två.
- 2) Penetrationsmotståndet i centrala och nedre matjorden var större i det integrerade systemet än i de andra två.
- 3) Vattengenomsläppligheten i nedre delen av matjorden var sämre i de odlingssystem som plöjs.
- 4) En svag tendens till att vattengenomsläppligheten i centrala matjorden var mindre i det konventionella systemet än i de andra två.
- 5) Skrymdensiteten var lägre i det ekologiska systemet än i de andra två.

Slutsatserna i de tre första punkterna är ganska väntade och stämmer väl överens med litteraturuppgifter. Vid plöjningsfri odling bildas ett kompakt skikt (kultivatorsula) i centrala matjorden (Rydberg, 1986; Ball et al., 1994). Denna bildas ungefär på samma sätt som plogsulan vid plöjning, nämligen att skiktet närmast under bearbetningsdjupet blir kompakt. Eftersom det kompakta skiktet vid plöjningsfri odling bildas högre upp i matjorden jämfört med vid plöjning är den jordvolym som kan ta emot stora vattenflöden mindre. Detta kan leda till lägre infiltrationsförmåga i markytan och därmed stående vatten. Kultivatorsulan medför även att penetrationsmotståndet i markens centrala och nedre del ökar vid plöjningsfri odling (Comia et al., 1994; Etana et al., 1999; Stenberg et al., 2000). Att vattengenomsläppligheten i matjordens nedre del hämmas av plöjning har konstaterats i flertalet undersökningar (Rydberg, 1986; Comia et al., 1994; Wiermann et al., 2000; Arvidsson, 2001) och det visar även studierna på Logården.

En sammanställning av odlingssystemens inverkan på markstrukturen på Logården finns i tabell 11.

Tabell 11. Gradering av odlingssystemens inverkan på olika markfysikaliska parametrar på Logården. Ett plus (+) visar att odlingssystemet har haft positiv inverkan på parametern i jämförelse med hur den har påverkats i de andra systemen

Parameter	Konventionellt	Ekologiskt	Integrerat
Infiltration i markytan	+	+	
Vattengenomsläpplighet		+	++
Skrymdensitet		+	
Penetrationsmotstånd	+	+	
Totalt	++	++++	++

Markstrukturproblem i det integrerade odlingssystemet

Sammanställningen ovan (tabell 11) tyder på att markstrukturen var bättre i det ekologiska odlingssystemet än i de båda andra. Enligt Johan Lidberg (pers. medd.), som är gårdsmästare på Logården, finns de största problemen med markstrukturen på gården i det integrerade systemet. Hans erfarenheter av odlingssystemen är att markstrukturen där inte är helt bra, vilket bland annat yttrar sig i att det lätt bildas skorpa på våren och att det oftare står vatten där än i

de andra två systemen. En annan erfarenhet från det integrerade systemet på Logården är att det ofta är svårt att skapa en bra såbädd, speciellt inför höstsådd. En anledning till detta är att det varit svårt att bruka in alla växtrester med enbart ytlig jordbearbetning. Problemen med gräsogräs har ökat i det integrerade odlingssystemet, och detta är den största anledningen till att man från och med hösten 2003 kommer att behovsplöja fält med inslag av lättare jord ca två gånger i växtföljden. Positiva skördeeffekter av att plöja vissa år i växtföljden har uppmätts i försök (Arvidsson, 2003).

Både de markfysikaliska undersökningar som presenterats här, till exempel infiltration i markytan, penetrometermätningar och markstrukturtest, och litteraturuppgifter tyder på att markstrukturen i matjorden kan skadas vid kontinuerlig plöjningsfri odling. Det är speciellt skiktet strax under bearbetningsdjupet som försämras. Trots de problem som kan uppstå är flertalet av dem som undersökt plöjningsfri odling positiva till denna (Rydberg, 1986; Boersma & Kooistra, 1994; Stenberg et al., 2000; Wiermann et al., 2000). Till exempel konstaterar Stenberg et al. (2000) att plöjningsfri odling förbättrar biologiska och fysikaliska faktorer som är viktiga för ett hållbart jordbruk. Det samlade intrycket från litteraturen är alltså ändå att plöjningsfri odling är positiv för markstrukturen.

Vall och stallgödsel positiva för markstrukturen

Flera undersökta parametrar visar att både markstrukturen och växtnäringstillståndet är relativt bra i det ekologiska odlingssystemet på Logården. En trolig anledning till att både fosfor- och kaliumhalterna i marken är fortsatt höga är att det spridits mer fastgödsel där än i de två andra systemen. En annan orsak kan vara mindre bortförsel av fosfor och kalium på grund av lägre och färre skördar. Att skrymdensiteten och vattengenomsläppligheten är bättre i den ekologiska än i den konventionella delen kan också vara positiva effekter av den fastgödsel som tillförts. Även förekomsten av grüngödslingsvall i den ekologiska växtföljden är förmodligen gynnsam ur markstruktursynpunkt. Positiva effekter av stallgödsel och vall har även konstaterats i andra undersökningar av odlingssystem, till exempel Palojärvi et al. (2000), Chan et al. (2001) och Schönning et al. (2002).

En markstruktureffekt som är trolig i ett plöjt odlingssystem med vall och stallgödsel är att plogsulan inte blir lika starkt utvecklad som i ett system med ensidig stråsådesodling där marken plöjs varje år. En växtföljd där vall sås in med jämna mellanrum medför att marken inte plöjs varje år och därmed får den chans att återhämta sig, medan fortsatt plöjning skulle medföra att plogsulan utvecklas ytterligare. I det ekologiska odlingssystemet på Logården är det grüngödslingsvall två år av åtta. Det finns också tendenser i undersökningarna som pekar på att plogsulan är mindre utvecklad i det ekologiska än i det konventionella systemet. Skrymdensiteten är lägre och vattengenomsläppligheten större i skiktet 25-30 cm i det ekologiska systemet och i markstrukturtestet föreföll plogsulan inte lika kraftigt utvecklad i det ekologiska systemet som i det konventionella.

En annan förklaring till varför skrymdensiteten är lägre i det ekologiska systemet kan vara att det historiskt har varit färre och lättare överfarter med till exempel gödselspridare eftersom det ligger längre från gårdscentrum. Däremot vet vi att sedan omläggningen till ekologisk odling 1991 har stallgödslingen varit mer frekvent i det ekologiska systemet än i det konventionella.

I flera undersökningar med jämförelse av ekologisk och konventionell odling är växtföljderna så olika att det är svårt att dra några slutsatser. I sådana studier är det viktigt att ekologisk odling definieras. Om det är så att ekologisk odling per definition innehåller djurhållning och

därmed organisk gödsel, kan systemet direkt jämföras med konventionell växtodling. Definitionsfrågan medför att det ibland är svårt att avgöra på vilket sätt ekologisk och konventionell odling ska jämföras. Min egen uppfattning är att ekologisk odling utan djurhållning bör jämföras med konventionell odling utan djurhållning, medan ekologisk odling med djurhållning värderas mot konventionell odling med djurhållning.

Jordartsvariationens inverkan på markstrukturen

Olikheter i jordartssammansättningen kan ligga bakom skillnaderna i skrymdensitet, vattengenomsläpplighet och mullhalt mellan det ekologiska odlingssystemet och de andra två. Jordartsanalysen från 1991 visar att lerhalten i den ekologiska referensytan var ca 10 %-enheter högre än i de övriga. Detta kan ha medfört stabilare aggregat och därmed bättre markstruktur. Mjälainnehållet var enligt undersökningarna 1991 ungefär lika i de tre referensytorna. Det finns dock inget i dessa analyser som tyder på att jordartsskillnader var orsaken till den sämre markstrukturen i den integrerade delen.

Jordartsbestämningen 1991 utfördes bara i referensytorna och det är inte säkert att dessa är helt representativa för de olika odlingssystemen. Skiljaktigheterna mellan P-AL- och K-AL-mätningarna i den konventionella referensytan och undersökningarna 2003 kan tyda på att platsen för denna referensyta inte är helt representativ.

Mål om fosfortillståndet uppnådda

De mål som har satts upp om att sänka P-AL till mellan 4 och 12 mg/100 g jord har i stort sett uppnåtts i det konventionella och i det integrerade systemet. Detta medför att man i fortsättningen bör överväga om det behövs tillförsel av fosfor till dessa system för att halterna i marken inte ska sjunka för lågt.

Fortsatta undersökningar

Skillnaderna i skrymdensitet och vattengenomsläpplighet mellan det ekologiska och det konventionella odlingssystemet är intressanta. En bidragande orsak till olikheterna är förmodligen att mullhalten var högre i den ekologiska delen. Är den högre mullhalten i det ekologiska systemet på Logården en effekt av odlingssystemet eller är det så att mullhaltsskillnaden som fanns när gården indelades i de tre odlingssystemen fortfarande var kvar 2003? Jag tror att det sistnämnda har betydelse men även att mullhalten och därmed markstrukturen har gynnats av det ekologiska systemet. En viktig fråga är, hur det konventionella odlingssystemet ska utvecklas så att mullhalten ökar där också.

Under 2003 gjordes även jordartsbestämningar på några av provplatserna på Logården. Analyserna blev dock klara först efter detta arbete var färdigt. Samband mellan jordartens variation på gården enligt analyserna 2003 och de markfysikaliska och -kemiska parametrar som undersökts i detta arbete behöver undersökas för att belysa om jordartsskillnader kan förklara variationen i sådana parametrar.

Det bör bli en central fråga inom projektet att försöka ta reda på varför det varit och är problem med markstrukturen i det integrerade systemet på Logården. Frågan är om jordarten på Logården inte är lämplig för plöjningsfri odling eller om maskinparken inte är helt anpassad för detta odlingssystem. Idag finns ett stort utbud av olika maskintyper för plöjningsfri odling och att testa sådana kan vara ett led i att utveckla det integrerade odlingssystemet på Logår-

den. Beslutet att plöja vissa år för att se hur behovsanpassad plöjning påverkar markstrukturen är ett exempel på detta. För att minimera risken för bildandet av den kompakta kultivatorsulan är det också viktigt att marken inte bearbetas när den är för fuktig.

Mätningar av markens dragkraftsmotstånd vid jordbearbetning skulle kunna ge ytterligare kunskaper om hur markstrukturen varierar i de olika odlingssystemen. Andra frågor som kan undersökas är om strukturkalkning med bränd kalk kan ge bättre markstruktur på Logården.

Abstract

On the research farm Logården near Grästorps in west Sweden investigations of different cultivation systems have been carried out since 1991. The aim of the project is to develop cultivation systems allowing for long-term persistent, sustainable and productive food production in combination with a minimum of negative impacts on the environment. For this, this 60-ha farm has been divided into three different cultivation systems: conventional farming, organic farming and integrated farming. To evaluate the production and environmental impact of each cultivation system some multi-objective parameters have been used. Since 1991 the cultivation methods in each system have been well documented. This study describes investigations of soil physical and chemical parameters performed in 2003. A comprehensive reconstruction of the drainage system was carried out after the investigations.

The conventional cultivation system at Logården represents the dominating farming methods in Sweden today. To achieve high production and profitability ploughing and the use of mineral fertilizers and agrochemicals are important. The organic system follows the rules established by the major national control system for organic farming in Sweden (KRAV), which excludes the use of mineral fertilizers and agrochemicals. An important aim of the organic cultivation at Logården is to minimize the negative effects on the environment. The goal of the integrated cultivation system at Logården is to develop cultivation practices that are less harmless to the environment than conventional farming. Environment considerations are more important than profitability. Mineral fertilizers and agrochemicals are used but to a more limited extent than in conventional cultivation. Moreover, the integrated cultivation system is ploughless in order to minimize energy inputs.

Until 2000 Logården had pig production. The pig manure was applied in all three cultivation systems. For practical reasons more manure was spread in the organic part than in the other two systems.

The investigations in 2003 included soil physical properties, such as water infiltration rate in soil surface, penetration resistance, hydraulic conductivity, dry bulk density, particle density, total porosity, particle volume, soil moisture content. Moreover, a visual soil structure test was carried out. Investigations of water infiltration rate in the soil surface, penetration resistance and the visual soil structure test were made in the spring of 2003. For the other soil physical parameters, cylindrical soil cores were taken out from the 15-20, 25-30 and 50-55 cm soil layers. Furthermore, soil chemical analyses were made including total Nitrogen, total Carbon (used to calculate soil organic matter contents), Potassium, Phosphorous, Magnesium, Calcium, Copper, Boron, Cadmium and pH. For this, soil samples were taken in the top- and subsoil (10-20 cm and 50-55 cm soil depth respectively). All investigations were made on points positioned with GPS and the results are therefore presented as maps showing spatial variability at Logården. Positioning also makes it possible to return to the same points to investigate changes over time.

The investigations in 2003 indicate that both soil physical and chemical properties at Logården were somewhat better in the organic cultivation system than in the other areas. This especially refers to soil organic matter contents and bulk density. There was a strong relationship between high soil organic matter contents and low bulk density in all three cultivation systems. Higher concentrations of soil organic matter in the organic part at Logården already

in the beginning of the project in 1991 might explain some of the differences found in 2003. Moreover, larger applications of animal manure as well as grassland in this crop rotation may have contributed to the relative large soil organic matter content. The positive effects on soil structure of animal manure and pasture is well documented in many investigations. Also the potassium and phosphorous content in the topsoil was higher in the organic cultivation system than in the other areas. The reasons for this are probably more application of animal manure and lesser removal of plant nutrients with yield products.

The investigations of both the water infiltration capacity and the penetration resistance indicate that the central topsoil in the integrated cultivating system is rather compact. Low surface water infiltration rates in this system are also known from practical experience at Logården. Similar to ploughed soils, ploughless tillage may lead to the development of a compacted layer just below the cultivation depth. Compared with ploughed soils, this compacted layer is developed closer to the soil surface in a ploughless tillage system and therefore the soil volume capable to catch large water flows becomes smaller. This may lead to a reduced infiltration capacity and, in turn, to the emergence of surface water.

However, the soil structure in the lower topsoil was favoured by ploughless tillage. At Logården, the hydraulic conductivity was considerably higher in the lower topsoil in the integrated cultivation system than within the farming ploughed areas. The visual soil structure test showed a rather sharp plough pan in the conventional and organic farming areas but no such compacted layer in the integrated system.

Even if there are some problems with ploughless tillage at Logården, it seems that this cultivation form has the possibility to improve soil physical conditions. Many investigations show positive effects of ploughless tillage on soil structure. At Logården, such a development may be promoted, for example, by testing new machines. To minimize the compaction of the central topsoil, it is also important to avoid soil tillage under too moist conditions.

Källförteckning

Litteratur

- Anderson, G., Pidgeon, J.D., Spencer, H.B. & Parks, R. 1980. A new hand-held recording penetrometer for soil studies. *Journal of Soil Science* 31, 279-296.
- Andersson, S. 1955. Markfysikaliska undersökningar i odlad jord. VIII. En experimentell metod. *Grundförbättringar* 8, 35-44.
- Arvidsson, J. 1997. Soil compaction in agriculture – from soil stress to plant stress. *Agraria* 41, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.
- Arvidsson, J. (red). 2001. Jordbearbetningsavdelningens årsrapport 2000. Rapporter från jordbearbetningsavdelningen 101, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.
- Arvidsson, J. (red). 2003. Jordbearbetningsavdelningens årsrapport 2002. Rapporter från jordbearbetningsavdelningen 104, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.
- Ball, B.C., Lang, R.W., Robertson, E.A.G. & Franklin, M.F. 1994. Crop performance and soil conditions on imperfectly drained loams after 20-25 years of conventional tillage or direct drilling. *Soil & Tillage Research* 31, 97-118.
- Berglund, K., Berglund, Ö. & Gustafson Bjurés, A. 2002. Markstrukturindex – ett sätt att bedöma jordarnas fysikaliska status och odlingssystemets inverkan på markstrukturen. *Avdelningsmeddelande 02:4*, Avdelningen för lantbrukets hydroteknik, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.
- Blakemore, R.J. 2000. Ecology of earthworms under the “Haughley experiment” of organic and conventional management regimes. *Biological Agriculture and Horticulture* 18, 141-159.
- Boersma, O.H. & Kooistra, M.J. 1994. Differences in soil structure of silt loam Typic Fluvaquents under various agricultural management practices. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 51, 21-42.
- Bouma, J. 2003. Sustainability in Nordic agriculture. *Nordic Agriculture in Global Perspective*, proceedings of the NJF's 22nd Congress, 1 - 4 July 2003 in Turku, Finland. Tampere, Finland.
- Cannell, R.Q. & Hawes, J.D. 1994. Trends in tillage practices in relation to sustainable crop production with special reference to temperate climates. *Soil & Tillage Research* 30, 245-282.
- Chan, K.Y., Bowman, A.M., Smith, W. & Ashley, R. 2001. Restoring soil fertility of degraded hardsetting soils in semi-arid areas with different pastures. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 41, 507-514.

- Comia, R.A., Stenberg, M., Nelson, P., Rydberg, T. & Håkansson, I. 1994. Soil and crop responses to different tillage systems. *Soil & Tillage Research* 29, 335-355.
- Dampney, P.M.R., King, J.A., Lark, R.M., Wheeler, H.C., Bradley, R.I. & Mayr, T.R. 2003. Automated methods for mapping patterns of soil physical properties as a basis for variable management of crops within fields. *Precision Agriculture*, proceedings of the 4th ECPA Conference in Berlin, Germany. Wageningen, Holland.
- Delin, K. 2003. Logårdsprojektet 1992-2002. HS-rapport 1/2003, Hushållningssällskapet Skaraborg, Skara.
- Delin, S. & Söderström, M. 2002. Performance of different methods for mapping soil data with soil electrical conductivity. Implementation of Precision Farming in Practical Agriculture, NJF Seminar no. 336, 10-12 June 2002 in Skara, Sweden.
- Egnér, H., Riehm, H. & Domingo, W.R. 1960. Untersuchungen über die chemische Bodenanalyse als Grundlage für die Beurteilung des Nährstoffzustandes des Böden II. Chemische Extraktionsmethoden zur Phosphor- und Kalium-bestimmung. *Kungliga Lantbrukshögskolans Annaler* 26, 199-215.
- Ehrnebo, M. 2003. Odlingsystemets effekt på markstrukturen – undersökning av ett konventionellt och ett ekologiskt odlingsystem. *Meddelande från jordbearbetningsavdelningen* 42, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.
- Etana, A., Håkansson, I., Zagal, E. & Bučas, S. 1999. Effects of tillage depth on organic carbon content and physical properties in five Swedish soils. *Soil & Tillage Research* 52, 129-139.
- Etana, A., Rydberg, T. & Håkansson, I. 2000. Markfysikaliska studier i långliggande försök med reducerad jordbearbetning. *Rapporter från jordbearbetningsavdelningen* 97, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.
- Frogbrook, Z.L. & Oliver, M.A. 2003. Exploring the spatial relations between soil properties and ElectroMagnetic Induction (EMI) surveys using statistical and geostatistical methods and the implications for management. Programme book of the joint conference of ECPA – ECPLF, Berlin, Germany. Wageningen, Holland.
- Frogbrook, Z.L., Oliver, M.A. & Derricourt, K.E. 2003. Exploring the spatial relations between soil properties and ElectroMagnetic Induction (EMI) and the implications for management. *Precision Agriculture*, proceedings of the 4th ECPA Conference in Berlin, Germany. Wageningen, Holland.
- Gustafson Bjuréus, A. & Karlsson, J. 2002. Markstrukturindex – utvärdering av en metod för att bedöma odlingsystemets uthållighet och jordarnas fysikaliska status. *Avdelningsmeddelande* 02:2, Avdelningen för lantbrukets hydroteknik, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.
- Haynes, R.J. 1999. Labile organic matter fractions and aggregate stability under short-term, grass-based leys. *Soil Biology and Biochemistry* 31, 1821-1830.

- Haynes, R.J. & Naidu, R. 1998. Influence of lime, fertilizer and manure applications on soil organic matter content and soil physical conditions: a review. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 51, 123-137.
- Heinonen, R. 1982. Jordens igenslamning och förhårdnande. Speciella skrifter 12, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.
- Heinonen, R. 1985a. Soil management and crop water supply. Fourth edition. Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.
- Heinonen, R. 1985b. Markstrukturbildningens teori. Fakta mark – växter 27, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.
- Helander, C-A. 2002. Farming System Research, An approach to developing of sustainable farming systems and the role of white clover as a component in nitrogen management. *Agraria* 334, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.
- Håkansson, I. 2000. Packning av åkermark vid maskindrift. Rapporter från jordbearbetningsavdelningen 99, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.
- Johnston, K., Ver Hoef, J.M., Krivoruchko, K. & Lucas, N. 2001. Using ArcGIStm Geostatistical Analyst. GIS by ESRItm. Redlands, USA.
- Kladivko, E.J., Griffith, D.R. & Mannering, J.V. 1986. Conservation tillage effects on soil properties and yield of corn and soya beans in Indiana. *Soil & Tillage Research* 8, 277-287.
- Korsæth, A. & Riley, H. 2002. Relations between electrical conductivity, soil texture and SOM content: Experiences with EM38 on morainic soil in SE Norway. Implementation of Precision Farming in Practical Agriculture, NJF Seminar no. 336, 10-12 June 2002 in Skara, Sweden.
- Marshall, T.J., Holmes, J.W. & Rose, C.W. 1996. *Soil Physics*. Third edition. Cambridge University Press.
- Minasny, B. & McBratney, A.B. 2002. FuzME version 3.0, Australian Centre for Precision Agriculture, The University of Sydney, Australia.
- Munkholm, L.J., Schønning, P. & Petersen, C.T. 2001. Soil mechanical behaviour of sandy loams in a temperate climate: case studies on long-term effects of fertilization and crop rotation. *Soil Use and Management* 17, 269-277.
- Palojärvi, A., Alakukku, L., Martikainen, E., Niemi, M., Vanhala, P., Jörgensen, K. & Esala, M. 2000. Soil biological, chemical and physical properties in fields under different management systems. *DIAS* 38, 109-113. Tjele, Danmark.
- Reganold, J.P., Palmer, A.S., Lockhart, J.C. & Macgregor, A.N. 1993. Soil quality and financial performance of biodynamic and conventional farms in New Zealand. *Science* 260, 344-349.

- Riley, H., Børresen, T., Ekeberg, E. & Rydberg, T. 1994. Trends in reduced tillage research and practice in Scandinavia. In: Carter, M.R. (red.), Conservation tillage in temperate agroecosystems, 23-46. Lewis Publishers.
- Rydberg, T. 1986. Markfysikaliska och markkemiska effekter av plöjningsfri odling i Sverige. Rapporter från jordbearbetningsavdelningen 70, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.
- Rydberg, T. 1990. Effects of ploughless tillage and straw incorporation on evaporation. *Soil & Tillage Research* 17, 303-314.
- Rydberg, T. & Håkansson, I. 1991. Jordbearbetning – dess bidrag till uthålliga, resurssnåla och miljövänliga odlingsystem. I: Global resurshushållning – konsekvenser för svenskt jordbruk. Lantbrukskonferensen 1991. SLU Info Rapporter 176, 66-71.
- Schønning, P., Elmholt, S., Munkholm, L.J. & Deboz, K. 2002. Soil quality aspects of humid sandy loams as influenced by organic and conventional long-term management. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 88, 195-214.
- Sparling, G.P., Shepherd, T.G. & Kettles, H.A. 1992. Changes in soil organic C, microbial C and aggregate stability under continuous maize and cereal cropping, and after restoration to pasture in soils from the Manawatu region, New Zealand. *Soil & Tillage Research* 24, 225-241.
- Stenberg, M., Stenberg, B. & Rydberg, T. 2000. Effects of reduced tillage and liming on microbial activity and soil properties in a weakly-structured soil. *Applied Soil Ecology* 14, 135-145.
- Studdert, G.A., Echeverria, H.E. & Casanovas, E.M. 1997. Crop-pasture rotation for sustaining the quality and productivity of a typic Argiudoll. *Soil Science Society of America* 61 (5), 1466-1472.
- Sudduth, K.A., Drummond, S.T. & Kitchen, N.R. 2001. Accuracy issues in electromagnetic induction sensing of soil electrical conductivity for precision agriculture. *Computers and Electronics in Agriculture* 31, 239-264.
- Viking Abrahamsson, K. 1997. Naturresurser och hushållning. I: Sörlin, S. (red), Human-ekologi, naturens resurser och människans försörjning, 207-258. Stockholm.
- Wiermann, C., Werner, D., Horn, R., Rostek, J. & Werner, B. 2000. Stress/strain processes in a structured unsaturated silty loam Luvisol under different tillage treatments in Germany. *Soil & Tillage Research* 53, 117-128.
- Zimmermann, H.L., Plöchl, M., Luckhaus, C. & Domsch, H. 2003. Selecting the optimum locations for soil investigations. Precision Agriculture, proceedings of the 4th ECPA Conference in Berlin, Germany. Wageningen, Holland.

Personliga meddelanden

Arvidsson, Johan. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för markvetenskap, Avdelningen för jordbearbetning, Box 7014, 750 07 Uppsala.

Lidberg, Johan. Hushållningssällskapet Skaraborg, Logårdens egendom, 467 92 Grästorp.

Lindén, Börje. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för jordbruksvetenskap Skara, Box 234, 532 23 Skara.

Löfqvist, John. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för markvetenskap, Avdelningen för jordbearbetning, Box 7014, 750 07 Uppsala.

Söderström, Mats. Svenska Lantmännen, 531 87 Lidköping.

HUR MÅR DIN JORD?

instruktioner till

Markstrukturtest i fält



Markstrukturtestet finns publicerat i
Markstrukturindex -
ett sätt att bedöma jordarnas fysikaliska status och odlingsystemets inverkan på
markstrukturen

Kerstin Berglund, Örjan Berglund och Anna Gustafson Bjuréus

Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala. Avd. f. lantbrukets hydroteknik,
Avdelningsmeddelande 02:4

Innehållsförteckning

Hur mår Din jord?	5
Vad är Markstrukturtest i fält?	7
Vad är markstruktur?	7
Varför är markstrukturen viktig?	7
Vad påverkar markstrukturen?	8
Markstrukturtestets beståndsdelar	9
Att komma igång	17
När?	17
Var?	18
Hur?	19
Testinstruktioner	21
Grävning av testgröp	21
1. Spadtest och maskförekomst	23
2. Allmän markbeskrivning med jordartsbestämning	26
3. Strukturbeskrivning	31
4. Rotutveckling	34
5. Porer	35
6. Markens vattengenomsläpplighet	37
Vad gör jag nu?	39
Odlingsåtgärdernas inverkan på markstrukturen	40
Referenser	41
Bilaga 1. Översikt samt Slutsatser - åtgärder	
Bilaga 2. Protokoll	

Hur mår Din jord?

Innan Du tar Dig an Markstrukturtestet kan det vara lämpligt att ställa en första diagnos på hur Din jord mår genom att besvara frågorna i vidstående formulär. Många av frågorna går att besvara utan att man varit ute och grävt, medan andra kräver att man tar med sig spaden ut i fält!!! Kopiera gärna upp ett formulär för varje skifte. Till varje fråga finns det tre svarsalternativ att välja på. Alternativen har graderats enligt följande:

Rött alternativ = Oj, här behövs det krafttag för att förbättra markstrukturen!!

Gult alternativ = Här finns det en del att göra åt markstrukturen!

Grönt alternativ = Mycket bra markstruktur! Bibehåll den!

Fråga	Svarsalternativ (ringa in det alternativ som passar)		
	Rött	Gult	Grönt
1. Har matjorden bra struktur och fint bruk?	Kokig, pulvrig, massiv eller skiktad	En del smuliga (granulära) aggregat syns	Porösa granulära aggregat
2. Har matjorden hög mullhalt? (mörk färg)	Matjorden har samma färg som alven	Matjorden är något mörkare än alven	Matjorden är mycket mörkare än alven
3. Har jorden tät skikt?	Tydligt tät skikt, tydlig plogsula, rötter böjer av	Något kompakta skikt, rotllivväxt lite hämmad	En spade glider lätt ner förbi beredningsdjup
4. Är det lätt att bearbeta jorden?	Många överfarter och stort dragkraftbehov	Medel	Lättbearbetad jord, litet dragkraftbehov
5. Finns det rikligt med daggmaskar?	Inga daggmaskar	Några daggmaskar och maskgångar	Många daggmaskar, och maskgångar
6. Finns det växtrester och bryts de ned?	Inga växtrester eller tar lång tid att bryta ned	Lite växtrester långsam nedbrytning	Växtrester i alla nedbrytningstadiet, jordlukt, sot doft
7. Är grödor och ogräs friska och frodiga?	Hämmad tillväxt, missfärgning, ojämna bestånd	Något ojämn tillväxt, lite missfärgning	Frisk, frodig och jämn gröda
8. Utvecklas växtrotterna bra?	Dålig rotllivväxt, gulbruna eller svampiga rötter	En del finrötter, de flesta friska	Frodiga, friska, vita rotsystem
9. Infiltrerar vatten snabbt?	Stående vatten kvar länge efter lätt regn	Vattnet rinner undan sakt, lite pölar	Inga pölar efter stora regn eller bevattning
10. Finns det tillgängligt vatten för grödan?	Torr jord, kräver tät bevattning	Medelgod vattentillgång	Rätt mängd vatten tillgänglig vid rätt tillfälle

Vad är Markstrukturtest i fält?

Markstrukturtest i fält är ett antal enkla fälttester som sammantaget ger en beskrivning av markens strukturtillstånd. Testerna är ett redskap för dig att lära känna dina odlingsjordar bättre. Du kan lätt utföra dem på egen hand och de kräver ingen specialutrustning. Det kan dock vara trevligt och lärorikt att göra fälttesterna tillsammans med andra lantbrukare och/eller rådgivare. Genom att regelbundet utföra testerna håller du markstrukturen under uppsikt och märker effekterna av dina odlingsåtgärder. Utifrån detta kan du även utveckla en långsiktig strategi för att förbättra markstrukturen på dina åkrar.

Vad är markstruktur?

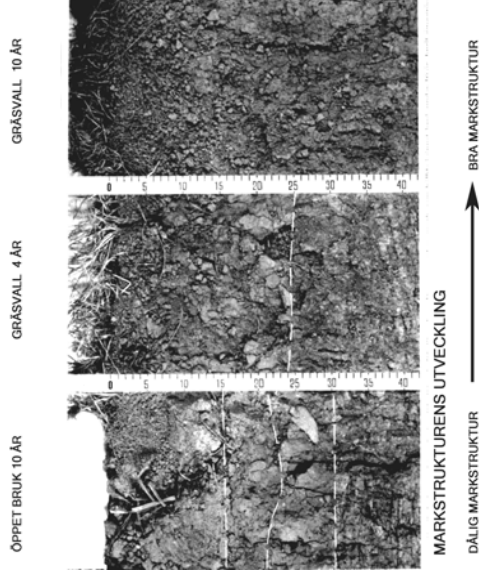
Markstruktur kan definieras som det sätt olika slags markpartiklar är lagrade och förbundna med varandra. Strukturen beskriver alltså hur marken är uppbyggd. Markpartiklar är primära jordpartiklar, sammansatta eller sekundära partiklar (=aggregat), humus, döda växtrester mm.

Varför är markstrukturen viktig?

En god och stabil markstruktur är grunden för en väl fungerande odlingsjord. En **strukturenskadad jord** har sämre vattengenomsläpplighet och dräneringsegenskaper, osäkrare grödetablering, sämre rotutveckling, vattenförsörjning och växtnäringstillgång, större bearbetnings- och dragkraftsbehov samt större skördevariation mellan åren. För att uppnå ett odlingssystem som är hållbart långsiktigt är markstrukturen av central betydelse. I en **jord med god struktur** kan rötterna utvecklas fint och försörjningen av näring och vatten fungerar bra liksom luftbytet i marken. Detta leder i sin tur till säkrare och högre skördar och därmed ökad lönsamhet.

Vad påverkar markstrukturen?

Markstrukturen påverkas av naturliga faktorer som tjäle, uppblötning och upptorkning, flora och fauna samt av brukarens åtgärder och andra mänskliga influenser. Strukturen förändras under året och över åren i olika grad för skilda jordar, odlingssystem och väderleksförhållanden. I regel är förändringarna störst i markens ytlager och avtagande med djupet. Odlares kan påverka markstrukturen med mer långsiktiga grundförbättringsåtgärder som tex dränering samt med de årliga åtgärder som utförs. I figur 1 illustreras hur man med odlingssystemet kan påverka markstrukturen i en gynnsam riktning.



Figur 1. Markstrukturens utveckling i en styv lera. I profilen med öppet bruk kan man se det senaste plöjningsdjupet på 15 cm djup, ett tidigare plöjningsdjup på 22 cm och gränsen mot alven på 30 cm djup. Strukturen är kokig i matjorden och den övre alven är klart skiktad. Efter 10 år med gräsvall är strukturen likformigt utformad genom hela matjorden och aggregaten är granulära och porösa (efter Wiklert, 1962).

Markstrukturtestets beståndsdelar

Markstrukturtestet består av följande delar:

- spadtest och maskförekomst
- allmän markbeskrivning och jordartsbestämning
- strukturbeskrivning
- rotutveckling
- porer
- markens vattengenomsläpplighet

Nedanstående avsnitt beskriver bakgrunden till testerna och vad de säger om markstrukturen.

Spadtest

När man gräver märker man att spaden möter olika mycket motstånd i olika markskikt allt eftersom förutsättningarna varierar. Att gräva i jorden ger därför god information om markstrukturen och förtiade zoner, och visar på de förutsättningar växten har att etablera ett gott rotsystem. Om det är svårt att gräva så är det oftast svårt för rötterna att ta sig fram!

Faktorer såsom jordart och markfukt, grävarens vikt och styrka; spadens utformning etc. påverkar resultatet. Det blir därför ett ganska grovt mått på markens strukturstillstånd. Låt en och samma person utföra testet, använd en bestämd spade, osv. Det bör vara fuktigt i marken. Är marken mycket torr vid tillfället kan det vara stenhårt att gräva även i jordar med bra struktur.

Maskförekomst

Maskfrekvensen är ett bra mått på den biologiska aktiviteten i marken och indirekt på markstrukturen. Daggmaskarnas framfart skapar gångar för andra markdjur och vertikala makroporer som är viktiga för infiltrationen av av vatten och luftbytet i marken. De finfördelar växtmaterial för det djupare ner i marken. Många av de större porerna i marken är maskhål. Rötter, speciellt pårötter, följer gärna maskgångarna nedåt i profilen och gynnar jordens liv djupt nere i marken.

Mark som bearbetats av daggmaskar har större porvolym, ökad vattenhållande kapacitet, mer vattenslabila aggregat och högre infiltrationshastighet än sådan som inte bearbetats av maskar. Minskad bearbetning gynnar daggmaskarna.

Att räkna daggmaskar fungerar bäst när marken är fuktig. När den är torr söker sig maskarna djupare ner i marken.

Allmän markbeskrivning

Markprofilen är ett tvärsnitt (i djupledd) av marken. Dess utseende, med matjord, eventuella täta skikt (t.ex. plogsula) och alv, varierar beroende på markens grundförutsättningar (jordart mm) och odlings-systemets utformning. Genom att göra en allmän markbeskrivning kan man få en överblick över markens aktuella förutsättningar som växtplats.

Jordens **färg** är ett av dess centrala kännetecken. Färger skiftar beroende på berggrund och mineral som den bildats ur. Med ökad mullhalt blir jorden mörkare. Även markfukt ger jorden en mörkare nyans.

Det är viktigt att lägga märke till **tätare skikt**, såsom plogsula, och hur pass svårt det är för rötterna att tränga igenom. Utöver plogsulan brukar såbäddsberedningens djup visa sig tydligt, ibland även djupare harvningar. Om markskiktet stoppar rötternas framfart spelar det ingen roll hur bra marken är under detta. Ytterligare problem med täta skikt är att vatten inte kan rinna undan. Då kan syrefattiga lager uppkomma, där växten kan få syrebrist och för växten giftiga ämnen kan bildas.

Hur bra **halmen** blandats in i matjorden och hur väl den bryts ner speglar markens funktion. Är strukturen god så är halmen väl inblandad i matjorden. Växtrester finns då i alla nedbrytningssstadier och de har en frisk doft.

Jordartsbestämning

Jordarten har stor betydelse för markens strukturegenskaper. Stabiliteten hos strukturen och aggregaten ökar normal med stigande ler- och mullhalt.

Jordarten bestäms utifrån jordens utseende, och formbarhet (mineraljordar). Jordartsbestämningen är grov, men ändå väl värd att utföra. Den ger dig en fingervisning om jordartens variation med djupet och mellan olika gropar. Den blir således ett nyttigt redskap när du analyserar resultaten från de övriga markstrukturtesterna och ditt odlingssystems inverkan på strukturen.

Mullhalten är av stor betydelse för markstrukturen och anges i den klasser som finns i tabell 1. Man kan bedöma mullhalten efter jordens färg: ju mörkare jord desto högre mullhalt. Vid samma mullhalt ser dock en finare jord alltid mörkare ut än en grövre. Man kan finna ledtrådar i topografin, t.ex. har man i svackor vanligtvis en fuktigare miljö, där en viss anrikning av organiskt material sker. Vanligtvis har matjorden tydligt högre mullnehåll än alven. En exakt bedömning av mullhalten är svår att göra i fält och i testet görs därför bara en enkel bedömning av om matjorden har samma färg som alven, är något mörkare än alven eller är mycket mörkare än alven.

Tabell 1. Mullhaltsschema (Ekström, 1927 & Jordartsnomenklatur, 1953)

Benämning (förkortning)	Halt org mtrl (%)
Mullfattig (mf)	<2
Något mullhaltig (nmh)	2-3
Måttligt mullhaltig (mmh)	3-6
Mullrik (mr)	6-12
Mycket mullrik (mkt mr)	12-20
Mineralblandad mulljord (t ex sa M)	20-30
Mulljord (M)	>30

Strukturbeskrivning

Man skiljer på enkelkormsstruktur, massiv/kokig struktur och aggregatstruktur.

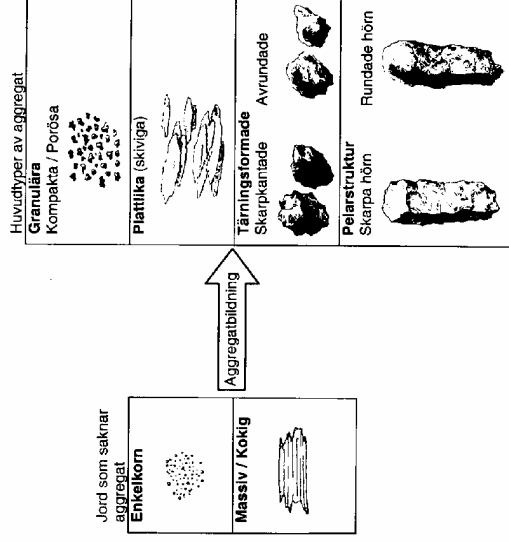
Enkelkormsstruktur. Om de primära partiklarna (enkelkornen) i en jord inte är bundna till varandra sägs marken eller skikten ha enkelkormsstruktur. Grus- sand- och mojordar har vid normala mullhalter i regel sådan struktur. Ofta även grovmjälajordar. Enkelkorjordar har en lös, mjuk eller spröd konsistens där över hälften av jorden är i form av enskilda mineralkorn.

Massiv/kokig struktur. I mark eller skikt där hela jordmassan eller delar av den hänger samman utan sprickor eller andra synliga hålrum sägs strukturen vara *massiv*. Massiv struktur finner man i matjorden och övre delen av alven på packningsskadade lerjordar men också i djupare delar av lerjordsprofiler (såplera, blålera). Plojning, harvning mm på en torr lerjord med massiv struktur kan ge upphov till jordkakor, och man får då en *kokig* marksstruktur.

Aggregatstruktur. Aggregat bildas huvudsakligen i kolloidrika jordar, dvs. jordar som innehåller ler och/eller humus. Även grövre jordarter kan ha aggregatstruktur, men då krävs närvaro av ler och mull. En mark eller ett skikt i marken som uppbyggs av aggregat sägs ha aggregatstruktur.

Aggregaten i en jord har oftast olika storlek, form och stabilitet. I regel varierar dessa egenskaper med djupet. Graden av aggregatutveckling beror på hur väl aggregaten håller ihop och hur vidhäftningen är aggregaten emellan. Mindre, porösa aggregat vittnar oftast om god marksstruktur, under förutsättning att aggregaten även är stabila när de utsätts för regn och belastning. Om jorden har aggregatstruktur bedöms aggregatens **storlek** och **stabilitet**.

Det kan även vara intressant att bedöma aggregatens **form**, för att få en ytterligare mer detaljerad bild av aggregaten. Det ingår inte i testet men beskrivs nedan.



Figur 2. Aggregatbildning ur enkelkorns- och massiv/kokig struktur (efter Foth, 1990 & Soil Survey Staff, 1975).

Granulära aggregat är aggregat av mineralkorn och mullsubstans och bildas främst i majjorden. De är oregelbundna, runt formade och ca 1-10 mm stora. Aggregaten är motståndskraftiga mot erosion. Porösa granulära aggregat genomkorsas av fina porer, och vittnar om en god miljö för markdjur och rötter.

Tärningsformade aggregat består mest av mineralkorn och är ca 1-10 cm i diameter. De har släta ytor och ingen mångfald av olikstora porer mellan aggregaten. Ofta ligger de tätt tillsammans som pusselbitar och lämnar inte mycket utrymme över till rötter, luft osv. Ju mindre aggregaten är desto närmare granulär struktur är de.

Plattlika (skiviga) aggregat består främst av mineralkorn, som bildar ca 1-10 mm tjocka vågräta plan i jorden. De finns framför allt djupare ner i marken (alv) men kan även förekomma i t.ex. plogsula

Pelaraagregat består främst av mineralkorn, och bildar olika tjocka, lodräta ca 10-20 cm långa pelare i jorden. De bildas under upptorknings- och tjälningprocesser.

Vilken aggregatform som kännetecknar bra markstruktur beror bl.a. på jordarten. På lerjordar anses granulära och porösa aggregat gynnsamma, och skarpkantade eller pelarlika och kompakta aggregat kännetecknar dålig struktur. På sandjordar, däremot, faller porösa granulat lätt isär till enkelkorn. Där kan större och mer kompakta aggregat vara stabilare och mer fördelaktiga. På gyttejordar bildas stabila skarpkantade pelaraagregat naturligt och ger på dessa jordar goda odlingsförutsättningar. På alla jordar är uttalad skorpbildning ogynnsam.

Rotutveckling

Rotsystemets utseende kan ge mycket värdefull information om det strukturtillstånd jorden befinner sig i. Rötterna bör om möjligt kunna breda ut sig utan knickar, utan hinder i vägen. Omvägar kostar energi som annars kunde ha lagts i rotknölar eller axens kärnor. Ju finare rotsystemet är och ju djupare det går, desto mer kan växten prestera, och desto större blir skörden. Samtidigt skapas goda förutsättningar för nästa skörd eftersom rötternas organiska substans fördelas jämnt i jorden. När rötterna sedan dör efterlämnar de hålrum och kanaler som utnyttjas av markorganismer, nästkommande grödas rötter samt luft och vatten.

Olika grödor har olika typer av rotsystem. Huvudsakligen särskiljs två typer: Enhjärtbladiga växter (gräs, spannmål) som har två rotsystem, djupgående frörötter och ytliga kronrötter, och tvåhjärtbladiga (oljeväxter, betor) som har en kraftig djupgående pålrot.

Roten kan öka sin tillväxt inom en gynnad del av marken för att kompensera brister i en annan del. För rotens funktion är dess yta avgörande. Ju tjockare rötter desto mindre yta har den och därmed sämre kontaktyta med jorden och dess organismer. **Förtjockade rotspetsar** tyder på att rotens långdrillväxt är hämmad p.g.a. motstånd. Ibland visas detta även med ökad förgrening. Om roten gör en vågrät avvikning tyder detta på att markskiktet är ogenomträngligt.

I en jord med dålig struktur har grödan måttligt eller svagt utvecklade rotsystem, där rötterna företrädesvis växer i sprickor och maskgångar. Lokala förgreningar tyder på täta skikt. Vål utvecklade regelbundet rotsystem är ofta förenat med god jordstruktur. Baljväxternas knölbildning sker endast om det finns tillräckligt med syre i marken. Jämn fördelning av knölar indikerar likformig, gynnsam struktur.

Poror

Alla jordar har ett mer eller mindre sammanhängande system av porer, men det är endast makroporerna man ser med blotta ögat. Dessa kan ha bildats vid aggregeringen av mineralkornen, av gamla rotkanaler, genom daggmaskarnas tunnelbildningar eller som resultat av något annat markdjur. Hålrummen kan också ha bildats genom någon annan jordformande process som t.ex. torksprickor eller vattenrörelser genom jorden.

Ett utvecklat makroporsystem gynnar rotutvecklingen och möjliggör snabba rörelser av vatten och luft. Per m² behövs t.ex. mer än tusen porer större än 1 mm, varav ett hundratal maskhål, för att en lerjord ska fungera bra. Makroporerna medför, om de är sammanhängande, hög genomsläpplighet och infiltrerbarhet för vatten samt möjlighet till snabb avrinning från rotzonen på våren och efter stora regnmängder. Vertikala makroporer ger också möjlighet till stor genomluftning även vid höga vattenhalter och till snabb rottillväxt. Egenskaper som också beror av porstorleksfördelningen och därmed indirekt av strukturen är den vattenhållande förmågan och luftvolymen vid dräneringsjämvikt, vattenhalten vid vissningsgränsen samt kapaciteten för växttillgängligt eller upptagbart vatten.

Rotzonen under en växande gröda måste med tanke på gasutbyte och syreförsörjning ha ett relativt tätt nätverk av luftförande porer. Luftinnehållet bör inte understiga 8-10 vol. % i början av växtperioden samt under och efter regn. På lerjordar i dålig struktur samt finmo och grovmjälajordar understigs ofta kraven.

Markens vattengenomsläpplighet

Markens vattenledande förmåga är ett bra mått på markens strukturtillstånd och dränerbarhet. Genomsläppligheten för vatten bör överstiga 0,1 m/dygn (0,007 cm/min) för att du ska kunna behärska vattensituationen med normal dränering under extrema nederbördsperioder. Genomsläppligheten i åkerjord varierar inom vida gränser pga jordart, klimatets inverkan på strukturen och markens brukande. Genomsläppligheten för vatten kan variera mer än 1000 ggr om man går från en tät lera till sand, eller inom lerorna, från en tät mycket styv lera till en gytjelera. Brukningsinfluenzen kan vara såväl luckrande vid jordbearbetning, som förtätande genom tung maskindrift. Om jordens struktur är grov och dåligt utvecklad kan den inte absorbera allt vatten som passerar profilen. Vattnet rinner förbi och kring jordaggregaten som utsätts för erosion, som täpper till porer och sprickor. Ju bättre struktur, desto jämnare fördelar sig vattnet i profilen och fuktar jorden.

Att komma igång

Det är viktigt att anpassa arbetet med att undersöka markstrukturen till sina övriga sysslor och hålla en ambitionsnivå som känns lagom. Det ska kännas intressant och spännande att göra testerna och inte tråkigt och betungande. Därför är det bättre att göra ett fält per år, än att försöka stressa runt alla fälten på en gång. Utför du testerna på några fält per år kan du lägga upp ett system där du förflyttar dig över fälten och så småningom återkommer till det första fältet för nästa omgång. Allra bäst är naturligtvis att återkomma årligen och verkligen lära känna sin jord och hur den betar sig vid olika årsmånar, med olika grödor och bearbetningar!

När?

Det går utmärkt att utföra testerna när som helst under växtodlingssäsongen. Nedan följer några allmänna råd.

- Testet fungerar bäst när marken är fuktig (men inte blöt).
- Groppgrävning på våren efter vårbruket är relativt lätt. Du kan då få en bra bild av markstrukturen och eventuellt förtätade skikt (t.ex. plogsula).
- Är du speciellt intresserad av att studera grödans rotutveckling, vilket indirekt kan säga en del om markstrukturen, är det bäst att gräva mot slutet av sommaren.
- Om testerna upprepas bör de för att vara jämförbara utföras på fältet vid samma tillfälle i växtföljden, eller åtminstone i samma gröda, och vid samma tidpunkt på året som tidigare testfällena.

Var?

- Du bör helst göra markstrukturtestet på **tre platser** per fält. Groparna bör vara belägna ganska nära varandra, så att de har ungefär samma grundförutsättningar såsom jordart etc. Dessutom slipper du då att bära utrustningen så långt.
 - En testgrop ska vara på en för fältet **representativ plats** och visa fältets generella utseende. Alltså inte där det växer ovanligt bra eller dåligt.
 - En testgrop ska vara på en **extremt dålig plats**. Till exempel vändteg, infart eller annan fläck med mycket köringar. Strukturförhållanden på platsen representerar värsta tänkbara förhållanden.
 - En testgrop ska vara på en **extremt bra plats**. T.ex. ett hörn eller utefter en långsida eller orörd mark på andra sidan diket. Markstrukturen visar på den ideala situation som är eftersträvarvärd.

De två senare groparna fyller en viktig funktion som referensplatser till din fältgrop, vars struktur hamnar någonstans mellan dem. Du kan jämföra resultaten groparna emellan och få en bild av vad som skiljer platserna åt strukturmässigt. Dessutom förändras inte situationen på dessa platser så mycket mellan åren. När du senare återkommer till platsen för att se om strukturen på fältet förändrats, har du samma punkter att relatera fältförhållandena till.

- För att du ska kunna upptäcka förändringar i markens struktur-tillstånd bör du återkomma regelbundet till ungefär samma plats på fältet.
 - Att precis pricka in det ställe du var på sist är inte bra eftersom markprofilen där förändrats av den föregående grävningen.
 - Du bör inte heller vara för långt bort från det tidigare stället, eftersom grundförutsättningarna då kan skilja sig.

Hur?

Det är enkelt att göra testerna (1-6), följ bara instruktionerna i turordning. Att endast göra ett enkelt test kan ge ett missvisande resultat. Man bör helst göra alla huvudtyper av test för att resultatet ska bli rättvisande. I broschyrens tidigare avsnitt förklaras varje test utförligt. Till testerna hör ett *protokoll* (se bilaga) som du fyller i medan de utförs. Kopiera upp ett protokoll till varje grop. Den utrustning som behövs för att göra testerna är enkel och består av sådant som man oftast har hemma i någon form.

Påpekas bör att det viktiga egentligen inte är exakt hur man utför testerna eller det utslag testerna ger, utan att man försöker utföra dem på samma sätt överallt så att resultatet blir jämförbara. Om terminologin känns för formell, använd egna ord för att beskriva jorden!!

Utrustning

- De flesta testen klarar du med följande utrustning (figur 3):
 - spade
 - tumstock
 - kniv
 - penna och protokoll
 - ett föremål med en diameter på cirka 2 mm, och ett med en diameter på cirka 5 mm. Använd t.ex. ståltråd, borrhåts eller dylikt.
- Till infiltrationstestet (test 6) behövs dessutom (figur 4)
 - dunk med vatten (cirka 15 liter per grop)
 - litermått
 - 2 st. Infiltrationsramar (se beskrivning på nästa sida)
 - klocka eller tidtagningsur
 - miniräknare

TIPS! Ta gärna med en kamera att dokumentera med.

Infiltrationsramarna tillverkas lätt av rörstumpar (PVC, stål). Diametern bör vara ca 17 cm och den färdiga längden ca 12 cm. Du behöver två stycken för att testet ska gå snabbare.



Figur 3. Grundutrustning för markstrukturtest.



Figur 4. Extrautrustning för infiltrationstest.

Testinstruktioner

- Ange på protokollets första sida
 - Datum, fältets namn och om det är en bra eller dålig plats.
 - Testgropens läge på fältet, t.ex. väderstreck; nära åkerholme, väg, vattendrag; topografiskt läge såsom höjd/sänka/slätt och slutning/plan mark.
 - Gröda.
 - Markfuktförhållanden vid grävtilfället.

Grävning av testgrop

Gropen är utgångspunkten för markstrukturtesterna du ska utföra. En av gropens väggar kommer att användas för dina undersökningar, den sidan ska hanteras varsamt.



- Innan du börjar gräva måste du bestämma var den gropvägg du planerar att undersöka ska vara.
- Gropväggen bör vara riktad mot solen, så att du har bra ljus när du senare ska göra dina undersökningar.
- Marken måste lämnas helt ostörd på den sida av gropen som gropväggen är. Annars riskerar du att aggregaten i jorden förstörs. Du bör alltså inte gå eller lägga den uppgrävda jorden där etc.
- Gräv nu gropen. Den ska vara
 - minst 50 cm djup, gärna djupare om rötterna sträcker sig längre ned
 - minst 50 cm bred

Redan när du gräver gropen kan du påbörja undersökningen av markstrukturen genom att utföra ett enkelt **spadtest** och undersöka **maskförekomsten**, se test 1.

1. Spadtest och maskförekomst

Båda testerna går att utföra medan testgropan grävs. De fungerar bäst när marken är fuktig.

1a) Spadtest

Gör inte spadtestet alldeles intill gropväggen så att jorden riskerar att spricka upp.

- Ställ spaden på marken och trampa till ordentligt på den. Fortsätt trampa ner spaden tills den är helt nere i marken.
 - Antalet tramp som behövs för att få ner spaden används som indikation på markens struktur (tabell 3).
- Utför testet i matjord, täta skikt såsom plogsula och i alven.



Tabell 3. Samband mellan antal trampningar vid grävning och markstruktur (efter Saavalainen 1987)

Antal trampningar	Markstruktur
0	mycket lucker
1	lucker
2	något lucker
3	något tät
4-5	tät
6-7	mycket tät
>7	extremt tät

TIPS!

Tycker du det är svårt att finna de olika markskikten kan du vänta med detta test och nästa tills du gjort markbeskrivningen (test 2).

1b) Maskförekomst

- Räkna antalet maskar i en spadfull jord (ca 20×20×10 cm) och bedöm frekvensen enligt tabell 4.
- Testet bör upprepas ett par gånger för att öka säkerheten.
- Utför testet i varje markskikt (matjord, täta skikt/plogsula, alv).

Tabell 4. Bedömning av maskfrekvensen (Berglund, pers. medd., 2001)

Antal maskar/spadfull	Beteckning
0 - 1	Dåligt
2 - 5	Hyfsat
6 - 10	Bra
>10	Mycket bra



2. Allmän markbeskrivning med jordartsbestämning

2a) Allmän markbeskrivning

När du grävde gropen smetade spadtagen igen gropväggarna lite. Du bör därför skrapa den gropvägg du valt att titta närmare på med t.ex. en morakniv så att markprofilens karaktärsdrag framträder tydligare innan du börjar med markbeskrivningen.

- Mät med tumstocken hur djupt matjorden sträcker sig, hur tjock plogsulan är (om det finns någon) och var alven börjar.



- Stick med kniven i gropväggen och bänd loss jord för att bedöma var ev. tät skikt/plogsula finns och hur utvecklade den verkar vara: något, medel eller kraftigt.
- Beskriv markprofilens särdrag. Exempel på sådant du kan titta efter är
 - tydliga horisonter, dvs. skikt med olika utseende (notera även om övergången mellan dem är tydliga eller gradvisa)
 - färgskiftningar
 - rostfärgningar (fläckvis eller kring rotkanaler)
 - sprickor (vertikala/horisontella)
 - sten och grus
 - andra tydliga karaktärsdrag.
- Bedöm *halmblandningen* i matjorden och graden av *nedbrytning* enligt tabell 5.

Tabell 5. Schema för bedömning av halmens inblandning i matjorden och halmens nedbrytningsgrad

	Dålig	Medel	Bra
Halm- inblandning	Dålig inblandning, d.v.s. tydligt halmskikt.	Medel	God inblandning av halmen i matjorden.
Nedbrytnings- grad	Dåligt omsatta växt- rester. Sega och gula eller ljusa (oomsatta) eller svarta p.g.a. anaeroba förhållanden. Lukt unket.	Medel	Väl förmultnade växtrester. Frisk lukt.

2b) Jordartsbestämning

Bedömningen av jordart skiljer sig mellan mineraljordar och muljordar, se nedan. Följ den instruktion som passar din jord.

TIPS! Om det har utförts kemisk markartering där någon form av jordartsanalys ingår, kan du ta denna till hjälp vid jordartsbestämningen.

Mineraljordar

Jordarten bedöms dels genom att du tittar på den och dels genom ett enkelt utrullningsprov som beskrivs nedan.

Utrullningsprov: Fukta lite jord och knåda den i handen tills den slutar klibba. Rulla sedan den *svalt* och med *jämnt tryck* mot ett plant underlag eller i handen till en så tunn tråd som möjligt. Trådens tjocklek när den börjar brista indikerar jordarten (tabell 6).



Tabell 6. Schema för jordartsbestämning i fält för mineraljordar (Kungliga Lantbruksstyrelsen, 1965)

Jordart (kornstorlek, mm)	Lerhalt (%), resp. org.halt	Utrullnings- prov (trädjocklek)	Färg i torr tillstånd hos alvjorden
Grus (2-20)	<2	Kan ej rullas	Som rödaktig sand
Sand (0,2-2)	<2	Kan ej rullas	Som rödaktig sand
Moränsand	2-5	Kan ej rullas	Som rödaktig sand
Grovmo (0,06-0,2)	<2	Kan ej rullas	Ljusgrå eller med svag sandfärg
Finmo (0,02- 0,06)	<2	4-6 mm	Ljusgrå
Moränmo	2-5	4-6 mm	Ljusgrå
Mjåla (0,002-0,02)	2-5	4-6 mm	Gråvit
Leriga jordar	5-15	ca 3 mm	Ljusgrå
Lättlera	15-25	ca 2 mm	Ljusgrå
Mellanlera	25-40	1-1,5 mm	Tämligen ljus grå eller ljus rödbrun
Styv lera	40-60	1 mm	Grå, gråbrun eller rödbrun
Mycket styv lera	>60	< 1 mm	Mörkgrå eller mörkt gråbrun

Bestämning av grövre jordarter som mjåla, mo och sand är lättast om du känner till några typiska sådana jordar som du kan jämföra med.

Organogena jordar

Bestäm jordarten efter egenskaper som klibbighet, brottyta o.s.v. enligt tabellen nedan (tabell 7).

Tabell 7. Schema för jordartsbestämning i fält för organogena jordar (Berglund, pers. medd., 2001)

Jordart	Org. halt (%)	Egenskap	Färg hos alvjorden
Gyttje- lera*	1-6% gyttja	Kort brott, grynnig, tärningar, klibbar	Grå, svagt grönaktig,
Ler- gyttja*	6-30% gyttja	Kort brott, klibbar, något elastisk	Grönaktigt gulgrå/blågrå, vitnar vid torkning
Gyttja*	>30% gyttja	Tät, klibbar ej, mindre elastisk	Brun, brungrön, mörknar i luft, men ljusnar åter vid torkning
Kärrtorv- jord	>30% org mtrl	Näringsrik	Gul→svart, beror av förmultningsgrad
Mosstorv- jord	>30% org mtrl	Näringsfattig	Gul→svart, beror av förmultningsgrad

* permanent spräckbildning i alven

3. Strukturbeskrivning

För att bedöma aggregaten kan du skrapa i gropväggen med kniven, bryta isär jordklumpar, smula isär jord i handen o.s.v.

3a) Allmän strukturbeskrivning

- Beskriv markstrukturen allmänt genom att bedöma varje skiktis generella utseende med nedanstående termer.
 - *Enkelkornstruktur*: Jordens primärpartiklar (de grundpartiklar jorden består av) sitter ej ihop i aggregat.
 - *Aggregatstruktur*: Flera primärpartiklar håller ihop till ett aggregat.
 - *Massiv struktur*: Hela jorden hänger samman utan sprickor.
 - *Kokig struktur*: Jorden har åltats och packats samman till stora kokor.

- Tag ett aggregat något mindre än en knytnäve och bryt det i två delar.

- Om aggregat-
ytan är ojämn
och skrovlig
är strukturen
god
- Om ytan är
slät med få
ojämheter är
strukturen
sämre.



3b) Aggregatens storlek

- Beskriv markstrukturen med hjälp av tabell 8.

Tabell 8. Markstrukturbeskrivning för lös (matjord) resp. kompakt (alv) jord (Batey, 1988)

Beteckning	Aggregatens storlek
Lös jord	
S1	Fina 1-6 mm
S2	Intermediära 6-10 mm, få aggregat med upp till 20 mm diameter
S3	Grova 10-30 mm, få aggregat med upp till 50 mm diameter
S4	Mycket grova 30-70 mm
Kompakt jord	
S5	relativt kompakt lager som lätt kan brytas sönder till individuella aggregat som kan placeras in i klasserna S1-S4 (S5.1, S5.2, S5.3 eller S5.4)
S6	kompakt lager som med viss svårighet kan brytas sönder till enskilda aggregat som kan placeras in i klasserna S1-S4 (S6.1, S6.2, S6.3 eller S6.4)
S7	mycket kompakt lager som endast med stor svårighet kan brytas sönder till mindre delar (kokor), fortsatt indelning i storleksklasser ej meningsfull

3c) Aggregatens stabilitet

- Om jorden har enskilda aggregat gör du en bedömning av aggregatstabiliteten enligt tabell 9.

Tabell 9. Bedömning av aggregatens stabilitet (FAO, 1974; Modifierad av Messing, 1985)

Aggregatstabilitet	Beskrivning
Starkt utvecklade	Mycket tydliga aggregat i ostörd jord som hänger svagt samman med varandra. Aggregaten bryts inte sönder när jorden rörs. Mycket lite eller inget material föreligger i enkelkorntstruktur.
Moderat utvecklade	Tydliga aggregat som faller sönder till hela aggregat när jorden rörs. Endast lite jord förekommer i enkelkorntstruktur.
Svagt utvecklade	Knappt urskiljbara aggregat som faller sönder till en blandning av ett fåtal aggregat och jord i enkelkorntstruktur när jorden rörs.

4. Rotutveckling

Sensomaren är bästa tiden om man vill få en bra bild av rotutvecklingen. Gör du testet på våren får du titta på det du finner av fjolårets rötter. Använd ett föremål som är ca 2 mm i diameter och ett som är ca 5 mm att jämföra rötternas storlek med.

4a) Rotsystemets utseende generellt

- Ta en allmän titt på profilen och studera rotsystemets utseende.
 - Verkar det vara lätt eller svårt för grödan att etablera ett jämnt och fint rotsystem?
 - Kan rötterna breda ut sig i matjorden och ta sig nedåt till djupare skikt?
 - Är rötterna förtjockade vid vissa markskikt?
 - Har rötterna knyckar för att de måste undvika hinder (t.ex. tätare markregioner)?

4b) Rotsystemets utseende i detalj

- Ta en representativ yta på cirka 1 dm² (per nivå) på gropens vägg och uppskatta eller räkna rötternas storlek och utbredning (mängd) i matjord, tätt skikt och alv. Bedöm enligt tabell 10 och tabell 11.

Tabell 10. Bedömning av rotstorlek (FAO, 1974)

Rötternas storlek	Diameter
Mycket tunna	<1 mm
Tunna	1-2 mm
Intermediära	2-5 mm
Grova	>5 mm

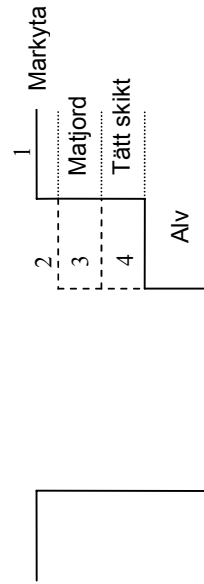
Tabell 11. Bedömning av rotmängd (antal/dm²) (FAO, 1990)

Rotmängd	Mycket tunna eller tunna rötter	Intermediära eller grova rötter
Inga	0	0
Mycket få	1-20	1-2
Få	20-50	2-5
Allmänt förekommande	50-200	5-20
Många	>200	>20

5. Porer

TIPS! Test 5 och 6 (infiltration) som kommer hämstå utför du snabbast och lättast skikt för skikt (se principskiss nedan)

1. Börja med att göra infiltrationstestet (test 6) på markytan.
2. Skapa en plan avsats i matjorden. Gör test 5 och test 6.
3. Skyffla sedan bort matjorden och gör en ny plan avsats där nästa skikt börjar (t.ex. eventuell plogsula) och upprepa testerna.
4. Till sist tar du fram övre alven och utför testerna även där.



Porer

Preparera (med kniven) fram en horisontell yta i jorden (undvik att smeta igen porerna). Du kan även ta upp en större jordklump, bryta itu den med händerna och undersöka den naturliga brottytan. Till porsystemet räknas inte sprickor. Använd ett föremål som är ca 2 mm i diameter och ett som är ca 5 mm att jämföra porernas storlek med.

- Markera 2-4 rutor (10×10 cm). Räkna eller gör en uppskattning av antalet porer av olika storlek (mindre/större än 2 mm) och orientering (vertikala eller horisontella). Det är även värt att notera om några porer är större än 5 mm, då dessa har stor betydelse för markens fuktighet. Om du vill göra en mer noggrann undersökning delar du in porerna i fler storlekar, t.ex. varje mm för porer 1-10 mm stora.

Tabell 12. Bedömning av porer (antal/dm²) (FAO, 1990)

Pormängd	< 2 mm	> 2 mm
Inga	0	0
Mycket få	1-20	1-2
Få	20-50	2-5
Allmänt förekommande	50-200	5-20
Många	>200	>20

6. Markens vattengenomsläpplighet

Markens vattengenomsläpplighet mäts med ett enkelt test som kräver klocka/tidur, tumstock, dunk med vatten (räkna med 15-20 liter per testgrop) och två infiltrationsramar. Mätningarna görs i markytan, centrala matjorden, tätt skikt/plogsula och alven.

1. Tryck ned infiltrationsramarna i marken. Placera dem inte för nära kanten, då kan vattnet via porer läcka ut i gropen.
2. Håll försiktigt i någon liter vatten i vardera ramen och låt det sjunka undan. Försök undvika att ytan slammar igen.
3. Placera tumstocken längs innerkanten på den ena ramen (kallas ram I i protokollet). Håll en liter vatten i ramen. När allt vatten är i ramen startar du tidtagningen och avläser samtidigt vattennivån på tumstocken.
4. Nu ska du mäta hur snabbt vattnet sjunker undan. Det gör du genom att avläsa vattennivån på tumstocken och notera hur lång tid som gått. Gör två avläsningar.
5. Upprepa proceduren för den andra ramen (kallas ram II i protokollet).
6. Räkna ut vattengenomsläppligheten för varje mätning, ram och nivå. Det gör du lätt genom att följa protokollet.
7. Mätvärdena klassas efter tabell 13.



Tabell 13. Klassning av vattengenomsläpplighet i mark (efter Thomasson, 1975)

Genomsläpplighet (cm/min)	Klassning	Dränerings-effekt
Mindre än 0,007	Låg eller mycket låg	Svag
0,007-0,02	Medelgod	God
0,02-0,07	Hög	God
0,07-0,7	Mycket hög	God
Mer än 0,7	Extremt hög	Mycket god

Vad gör jag nu?

När du gjort markstrukturtestet på dina tre gropar tittar du igenom protokollen du fyllt i.

- Fundera över resultatet från varje grop. Titta på vad resultatet i matjord, ev. tätt skikt och alv ger för bild av markstrukturen. Var inte fixerad vid resultatet av ett enskilt test utan försök tolka vad testresultatet i sin helhet pekar mot.
- Jämför testplatsen på fältet med den bra och den dåliga gropen för att få en uppfattning om hur testresultatet förhåller sig till extremlägena. Använd ”**Översikt**” som finns i bilaga 1.

Fundera sedan över följande:

- Är jorden på fältet i god struktur?
- Vilka möjligheter finns för dig att förbättra den?

På nästa sida finns en kort beskrivning av faktorer som kan vara möjliga för dig att påverka i ditt odlingsystem. Diskutera gärna med andra lantbrukare och rådgivare. Skriv ner dina tankar och idéer. Fyll i bilagan ”**Slutsatser – åtgärder**” (bilaga 1).

Odlingsåtgärdernas inverkan på markstrukturen

Strukturen påverkas kort- och långsiktigt av grundförbättrings- och odlingsåtgärder.

- Grundförbättrande åtgärder (långsiktiga engångsåtgärder) är tex
 - Dränering
 - Strukturkalkning
 - Tillförsel av externt organiskt material
 - Alvluckring
- Odlingssystemet har både positiv och negativ inverkan på markstrukturen. Här måste en balans finnas så att de positiva, strukturuppbyggande åtgärderna tar överhanden.
 - *Positiv inverkan* har
 - rötter (välj grödor med bra rotsystem, vall, höst-sådd mm)
 - upptorkning (bra rotsystem ger bra upptorkning)
 - organiskt material (lämna halm, använd stallgödsel osv.)
 - *Negativ inverkan* har
 - barmark (minskas med höstsådd, vall, mellan-grödor, marktäckning osv.)
 - markpackning (minskas med små maskiner, bra viktfordelning mellan axlarna, låga ringtryck och få tunga bearbetningar)
 - många överfarter (ökar risken för att man kör vid ogynnsamma tillfällen)
 - köringar vid våta markförhållanden

Referenser

Litteratur

- Batey, T. 1988. Soil Husbandry. A practical Guide to the Use and Management of Soils. Soil and Land Use Consultants Ltd, Aberdeen.
- Berglund, K., Berglund, Ö. & Gustafson Bjuréus, A. 2002. Marksstrukturindex -ett sätt att bedöma jordarnas fysikaliska status och odlingsystemets inverkan på marksstrukturen. Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala. Avd. f. lantbrukets hydroteknik, Avdelningsmeddelande 02:4
- Ekström, G. 1927. Klassifikation av svenska åkerjordar. Sveriges Geologiska Undersökning, Ser C, No. 345 (Årsbok 20).
- FAO. 1974. Soil Map of the World. Volume 1. Legend. Unesco, Rome. 59 s.
- FAO. 1990. Guidelines for soil description. 3rd ed (rev.). Food and Agricultural Organization of the United Nations, Rome. 21-64.
- Foth, H.D. 1990. Fundamentals of soil science 8th ed. USA: John Wiley & Sons. 28-30.
- Jordartsnomenklatur. 1953. Regler utarbetade av representanter för Kungl. skogshögskolan (O. Tamm), Statens geotekniska institut (W. Kjellman, B. Jakobson), Statens väginstitut (N. von Matern, F. Rengmark, N. Odemark) och Sveriges geologiska undersökning (G. Ekström, E. Fromm, B. Järnefors). Stencil.
- Kungliga Lantbruksstyrelsen. 1965. Kungörelser m. m. Nr 1. Solna. Stencil.
- Saavalainen, J. 1987. Täckdikarens handbok, del II A. Täckdikningens planering. Saljut oy. Finland.
- Soil Survey Staff, 1975. Soil Taxonomy. A Basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Surveys. USDA Handbook No. 436, U. S. Government Printing Office, Washington, D. C.
- Thomasson, A.J. 1975. Soils and field drainage. Soil Survey Technical Monograph No.7.
- Wiklert, P. 1962. Vallen och marksstrukturen. Grundförbättring 15, 15-49.

Personliga meddelanden

- Agr. Dr. Kerstin Berglund. 2001. Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala. Inst. f. markvetenskap. Avd. f. hydroteknik.
- Agr. Dr. Ingmar Messing. 1985. Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala. Inst. f. markvetenskap. Avd. f. biogeofysik.

Bilaga 1

Översikt Datum: Fält:

Markera hur den representativa platsen förhåller sig till den bra och den dåliga platsen.

Mat-	1a	Spadtramp	Dålig plats	Bra plats
jord	1b	Daggmaskar	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	Halmrester	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
3a	Allmän struktur	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
3b	Aggregatstorlek	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
3c	Aggregatstabilitet	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4	Rotsystem	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
5	Porsystem	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
6	Infiltration	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Tätt	1a	Spadtramp	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
skikt	1b	Daggmaskar	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	Halmrester	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
3a	Allmän struktur	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
3b	Aggregatstorlek	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
3c	Aggregatstabilitet	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4	Rotsystem	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
5	Porsystem	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
6	Infiltration	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Alv	1a	Spadtramp	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1b	Daggmaskar	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2	Halmrester	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
3a	Allmän struktur	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
3b	Aggregatstorlek	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
3c	Aggregatstabilitet	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4	Rotsystem	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
5	Porsystem	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
6	Infiltration	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Slutsatser – åtgärder

Titta på resultaten av fälttesterna och läs kapitlet ”Odlingsåtgärdermas inverkan på markstrukturen”. Svara sedan på frågorna nedan.

1. Vad har fälttesterna visat på för likheter mellan den representativa platsen och den **bra** platsen?

.....

2. Vad i mitt odlingsystem **gynnar** markstrukturen?

.....

3. Vad har fälttesterna visat på för likheter mellan den representativa och den **dåliga** platsen?

.....

4. Vad i mitt odlingsystem kan tänkas **försämra** markstrukturen?

.....
.....
.....
.....
.....

Hur kan jag långsiktigt **förbättra** markstrukturen på fältet?

-
.....
-
.....
-
.....
-
.....
-
.....
-
.....
-
.....
-
.....

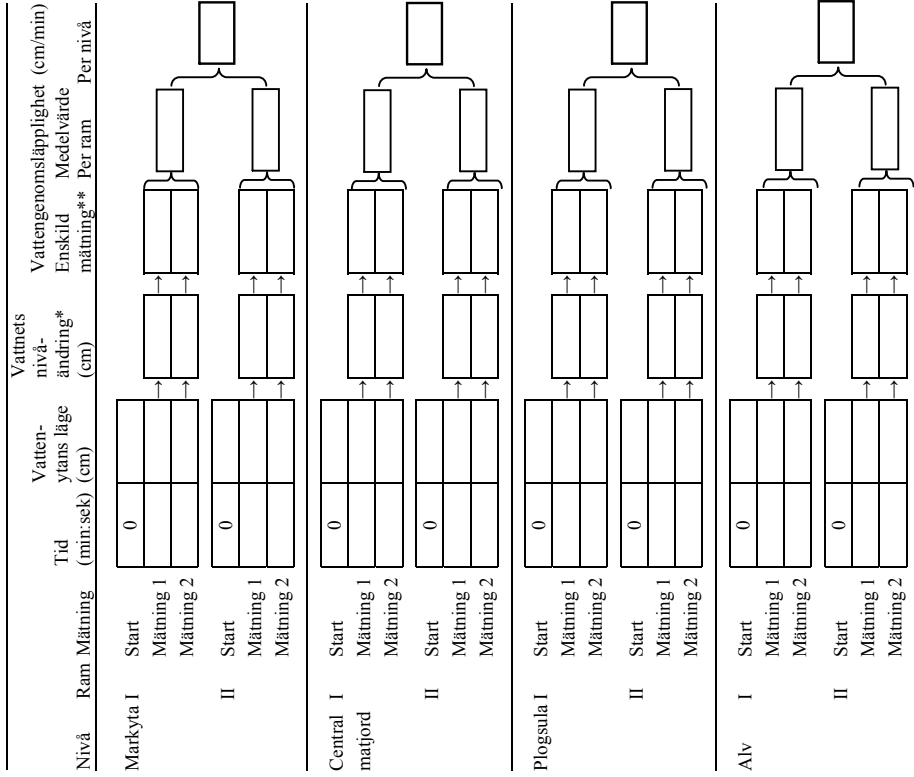
5. Att svara på när du senare återkommer till samma skifte och utför testet igen: **Skilnader** i markstruktur jag märkt jämfört med sist jag utförde ”Markstrukturtest i fält” på skiftet:

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

Anteckningar

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

Markens vattengenomsläpplighet



*Vattnets nivåändring = uppmätt nivå - startnivå

**Vattengenomsläppligheten = vattnets nivåändring (cm) / tiden som passerat (min)

Protokoll för Markstrukturtest i fält

- Datum:** Bra plats Representativ plats Dålig plats/vändreg
- Fält:** Blött

Detaljerad beskrivning av testgroppens läge på fältet: -----

Gröda: Markförhållanden: Torr Fuktigt Blött

2. Allmän markbeskrivning och jordartsbestämning

Djup	Typ av skikt	Allmän markbeskrivning	Jordart
10 cm			
20 cm			
30 cm			
40 cm			
50 cm			
60 cm			

Majjordens multhalt: Mycket mörkare än alven Något mörkare än alven Samma färg som alven

Majjorden är: Svag Medel Kraftig

Plogsulans kraftighet: Svag Medel Kraftig

		3) Strukturbeskrivning			4) Rotutveckling Max rottdjup (cm):		5) Porer		6) Infiltrations- förmåga (cm/min)		
		a) Allmän beskrivning (Ringa in ett eller flera alternativ)		b) Storlek (cm)		a) Allmän beskrivning		b) Storlek och antal		Mark-yta	
				c) Stabilitet						Mat-jord	
1a) Spad- tramp (antal)	1b) Maskar (antal)										
Mat-jord				<input type="checkbox"/> Starkt utvecklade <input type="checkbox"/> Måttligt utvecklade <input type="checkbox"/> Svagt utvecklade							
För-tätat skikt				<input type="checkbox"/> Starkt utvecklade <input type="checkbox"/> Måttligt utvecklade <input type="checkbox"/> Svagt utvecklade							
AIV				<input type="checkbox"/> Starkt utvecklade <input type="checkbox"/> Måttligt utvecklade <input type="checkbox"/> Svagt utvecklade							

Bilaga 2 Vatteninfiltration i markytan

Provplats	Konduktivitet (5 min), cm/h	Konduktivitet (20 min), cm/h	Konduktivitet (40 min), cm/h	Konduktivitet (55 min), cm/h
1 (C)	0.12	0.10	0.12	0.12
1	0.12	0.10	0.12	0.12
2	0.12	0.00	0.00	0.00
2	4.68	4.35	4.68	4.68
3	0.05	0.05	0.05	0.05
3	0.05	0.05	0.05	0.05
4	0.05	0.05	0.05	0.05
4	0.24	0.10	0.12	0.12
5	1.21	0.91	0.73	0.73
5	1.83	1.83	1.52	1.21
6	0.12	0.10	0.12	0.12
6	0.24	0.10	0.12	0.12
7	0.36	0.20	0.36	0.36
7	0.24	0.20	0.24	0.24
8	1.52	1.21	1.21	1.21
8	5.00	4.35	4.68	4.35
9	3.39	3.39	3.71	3.39
9	1.52	0.40	0.24	0.24
10	2.45	2.45	2.45	2.45
10	0.24	0.10	0.24	0.24
11	1.21	0.91	1.10	1.10
11	0.36	0.36	0.36	0.36
13	0.24	0.20	0.24	0.24
13	0.24	0.10	0.24	0.24
14	1.83	1.52	1.83	1.52
14	0.12	0.10	0.00	0.00
15	0.61	0.60	0.36	0.36
15	2.14	2.14	1.83	2.45
16	0.24	0.30	0.24	0.24
16	0.24	0.10	0.24	0.24
17	3.71	2.76	2.76	2.45
17	2.45	1.83	2.14	2.14
18	16.00	14.64	14.83	14.08
18	9.73	8.69	8.34	8.00
19	0.61	0.60	0.61	0.61
19	0.12	0.20	0.12	0.12
20	0.48	0.60	0.36	0.36
20	0.48	0.60	0.36	0.36
21	0.36	0.36	0.36	0.36
21	0.73	0.67	0.61	0.61
22	0.12	0.12	0.12	0.12
22	0.24	0.12	0.00	0.00
23	7.32	6.65	6.32	6.32
23	35.86	36.66	52.68	52.68
24	0.24	0.24	0.24	0.24
24	0.24	0.18	0.12	0.12
25	0.48	0.30	0.12	0.12
25	0.48	0.36	0.24	0.24
26	0.48	0.48	0.48	0.48
26	0.61	0.49	0.36	0.36
27	0.61	0.55	0.48	0.48

Bilaga 2 Vatteninfiltration i markytan

Provplats	Konduktivitet (5 min), cm/h	Konduktivitet (20 min), cm/h	Konduktivitet (40 min), cm/h	Konduktivitet (55 min), cm/h
27	0.73	0.55	0.36	0.36
28	2.45	1.83	1.21	2.45
28	5.00	4.35	3.71	4.03
29 (B)	2.14	1.83	1.21	1.52
29	1.21	0.60	0.91	0.60
30	8.00	6.98	5.00	4.68
30	25.19	20.16	18.73	17.14
31	5.00	3.71	2.76	3.08
31	5.33	3.71	3.39	3.39
32	4.68	3.39	2.45	2.76
32	6.65	5.00	4.03	4.03
33	7.66	7.32	6.65	6.32
33	5.33	4.35	3.71	3.39
34	5.65	5.00	5.00	4.68
34	3.08	2.76	2.45	2.14
35	6.65	5.98	5.00	4.35
35	6.32	5.33	5.00	4.35
36	16.68	10.79	8.34	9.03
36	10.08	8.34	6.65	6.32
37	6.32	5.65	5.00	4.35
37	4.68	4.35	3.39	3.08
38	2.45	1.83	1.83	1.52
38	2.76	2.14	1.83	1.83
39	21.58	21.58	20.16	19.46
39	29.66	18.76	16.00	15.32
40	48.29	37.46	29.66	23.01
40	44.87	42.35	37.46	28.91
41	5.00	4.03	3.71	3.08
41	5.98	7.66	6.98	5.33
42	13.30	11.51	10.79	8.69
42	12.63	9.73	8.69	8.34
43	13.97	12.63	10.08	10.08
43	30.42	23.74	19.53	15.98
44	7.66	6.98	6.65	6.65
44	7.66	6.98	6.32	5.33
45	1.21	1.52	0.60	0.60
45	0.91	0.91	0.60	0.91
46	0.24	0.36	0.48	0.48
46	0.61	0.55	0.48	0.48
47	2.45	2.45	2.14	1.83
47	1.83	1.52	1.83	1.52
48	3.08	2.76	2.45	2.14
48	0.60	0.60	0.60	0.60
49	3.39	2.45	2.45	2.14
49	16.00	12.63	10.43	10.08
50	2.76	2.14	2.14	2.14
50	3.71	3.08	2.45	1.83
51	19.46	19.46	15.98	12.96
51	35.86	23.74	16.75	14.83
52	31.19	29.66	33.50	20.87

Bilaga 2 Vatteninfiltration i markytan

Provplats	Konduktivitet (5 min), cm/h	Konduktivitet (20 min), cm/h	Konduktivitet (40 min), cm/h	Konduktivitet (55 min), cm/h
52	70.59	39.88	42.35	13.97
53	13.97	11.51	9.38	8.34
53	5.65	4.68	4.35	4.35
54	3.71	3.08	2.14	2.45
54	7.66	6.65	5.98	5.65
55	2.45	2.14	2.45	2.14
55	5.98	5.00	4.03	3.39
56	4.03	2.45	1.83	1.52
56	8.69	5.98	5.33	4.68
57 (A)	38.26	31.19	23.01	23.01
57	7.66	7.32	6.65	6.32
58	28.91	21.58	20.87	16.68
58	16.68	15.32	12.96	10.79
59	5.65	5.33	4.68	4.68
59	13.97	11.15	10.43	10.08
61	8.69	6.65	5.33	5.33
61	14.64	8.69	6.98	6.65
62	16.00	10.79	8.34	8.34
62	39.07	25.93	18.06	16.00
63	11.87	11.51	9.38	8.69
63	4.35	3.39	3.08	3.39
64	3.08	2.76	3.08	2.76
64	6.98	6.32	5.65	6.32
65	6.98	5.98	5.65	5.33
65	9.03	6.98	5.65	5.00
66	8.00	7.32	5.98	4.35
66	8.69	6.98	6.65	5.98
67	0.73	0.67	0.61	0.61
67	6.32	5.00	4.68	4.35
69	3.08	2.14	2.14	2.14
69	9.73	8.00	7.66	6.98
71	7.66	6.32	5.65	5.33
71	2.45	1.83	1.21	1.21
72	9.03	7.32	6.32	5.98
72	7.66	6.65	6.32	12.23
73	7.32	6.65	6.65	6.32
73	6.65	5.65	5.00	4.35

Bilaga 3

Prov-plats	Skikt, cm	Vattengenomsläpplighet (1 h), cm/h	Vattengenomsläpplighet (24 h), cm/h	Skrymdensitet, g/cm ³	Materialvolym, vol-%	Porvolym, vol-%	Aktuell vattenhalt, vol-%	Kompakt-densitet, g/cm ³
1 (C)	15-20	4.225	5.266	1.48	57.07	42.93	38.02	2.60
1	15-20	3.597	7.193	1.44	55.29	44.71	39.50	2.60
1	25-30	1.074	0.580	1.45	54.90	45.10	39.79	2.65
1	25-30	33.692	18.078	1.49	56.30	43.70	37.39	2.65
1	50-55	0.025	0.129	1.63	60.59	39.41	31.19	2.69
1	50-55	0.001	0.035	1.62	60.32	39.68	32.80	2.69
2	15-20	0.000	0.000	1.50	57.25	42.75	37.68	2.62
2	15-20	0.025	0.025	1.54	58.96	41.04	37.69	2.62
2	25-30	9.534	2.077	1.53	57.41	42.59	39.09	2.66
2	25-30	0.001	0.000	1.53	57.68	42.32	38.39	2.66
2	50-55	0.001	0.005	1.55	57.50	42.50	41.64	2.69
2	50-55	0.000	0.000	1.57	58.20	41.80	40.54	2.69
3	15-20	4.956	1.878	1.51	57.86	42.14	36.90	2.61
3	15-20	0.031	0.086	1.55	59.36	40.64	37.24	2.61
3	25-30	0.002	0.000	1.54	57.96	42.04	39.23	2.65
3	25-30	0.753	1.767	1.51	57.00	43.00	38.51	2.65
3	50-55	0.002	0.000	1.40	52.07	47.93	40.78	2.69
3	50-55	0.002	0.000	1.47	54.56	45.44	40.76	2.69
4	15-20	2.340	3.079	1.57	59.86	40.14	37.88	2.62
4	15-20	0.415	0.099	1.54	58.79	41.21	38.03	2.62
4	25-30	0.000	0.010	1.53	57.70	42.30	39.47	2.65
4	25-30	0.025	0.025	1.48	56.00	44.00	41.22	2.65
4	50-55	0.001	0.000	1.48	55.21	44.79	44.35	2.68
4	50-55	0.001	0.006	1.53	56.91	43.09	43.92	2.68
5	15-20	0.000	0.037	1.61	60.58	39.42	35.97	2.66
5	15-20	0.074	0.321	1.32	49.68	50.32	44.60	2.66
5	25-30	8.022	5.924	1.45	53.74	46.26	40.28	2.69
5	25-30	0.002	0.029	1.54	57.25	42.75	39.32	2.69
5	50-55	0.006	0.025	1.35	51.65	48.35	45.69	2.62
5	50-55	14.810	8.590	1.59	60.56	39.44	37.61	2.62
6	15-20	0.207	0.395	1.57	59.67	40.33	37.90	2.63
6	15-20	0.015	0.000	1.58	60.13	39.87	37.95	2.63
6	25-30	0.002	0.001	1.59	59.43	40.57	39.63	2.67
6	25-30	0.015	0.012	1.60	59.93	40.07	39.45	2.67
6	50-55	0.002	0.000	1.59	58.84	41.16	39.64	2.70
6	50-55	0.000	0.000	1.56	57.96	42.04	40.36	2.70
7	15-20	44.429	35.543	1.48	55.80	44.20	36.19	2.65
7	15-20	14.810	8.960	1.52	57.42	42.58	37.41	2.65
7	25-30	0.001	0.012	1.47	55.01	44.99	41.11	2.68
7	25-30	23.325	16.105	1.47	54.69	45.31	38.22	2.68
7	50-55	0.272	1.450	1.45	53.82	46.18	38.45	2.70
7	50-55	0.025	0.012	1.46	54.20	45.80	40.43	2.70
8	15-20	0.062	0.019	1.61	61.85	38.15	35.66	2.61
8	15-20	0.000	0.010	1.59	60.91	39.09	37.05	2.61
8	25-30	8.145	5.251	1.74	65.72	34.28	31.40	2.65
8	25-30	0.000	0.000	1.68	63.43	36.57	32.19	2.65
8	50-55	0.006	0.000	1.52	56.54	43.46	40.94	2.69
8	50-55	0.864	0.197	1.51	56.03	43.97	40.02	2.69
9	15-20	25.423	9.163	1.63	61.40	38.60	35.35	2.65
9	15-20	4.121	2.820	1.58	59.67	40.33	35.18	2.65

Bilaga 3

Prov-plats	Skikt	Vattengenomsläpplighet (1 h), cm/h	Vattengenomsläpplighet (24 h), cm/h	Skrymdensitet, g/cm ³	Materialvolym, vol-%	Porvolym, vol-%	Aktuell vattenhalt, vol-%	Kompakt-densitet, g/cm ³
9	25-30	7.240	1.622	1.65	61.52	38.48	35.23	2.68
9	25-30	0.001	0.000	1.64	61.32	38.68	35.23	2.68
9	50-55	8.701	5.183	1.67	61.74	38.26	34.74	2.70
9	50-55	0.025	0.049	1.66	61.56	38.44	36.25	2.70
10	15-20	25.176	6.788	1.54	58.18	41.82	34.29	2.64
10	15-20	1.271	4.073	1.52	57.57	42.43	34.59	2.64
10	25-30	1.987	2.536	1.69	63.24	36.76	31.86	2.67
10	25-30	32.211	10.155	1.64	61.49	38.51	32.89	2.67
10	50-55	0.086	0.012	1.61	59.85	40.15	32.45	2.69
10	50-55	3.445	2.028	1.61	59.90	40.10	32.27	2.69
11	15-20	1.308	0.870	1.47	55.84	44.16	39.16	2.63
11	15-20	0.210	3.975	1.52	57.68	42.32	39.15	2.63
11	25-30	0.089	0.006	1.50	56.35	43.65	41.05	2.66
11	25-30	0.012	0.012	1.53	57.64	42.36	42.25	2.66
11	50-55	0.000	0.000	1.50	56.04	43.96	44.14	2.68
11	50-55	0.358	0.341	1.57	58.56	41.44	38.05	2.68
13	15-20	6.747	2.763	1.60	61.20	38.80	35.79	2.62
13	15-20	0.148	0.658	1.57	59.85	40.15	36.24	2.62
13	25-30	0.136	0.200	1.58	59.47	40.53	35.56	2.65
13	25-30	6.335	4.760	1.58	59.57	40.43	36.18	2.65
13	50-55	1.632	1.750	1.41	52.66	47.34	37.71	2.68
13	50-55	0.321	0.952	1.46	54.59	45.41	39.68	2.68
14	15-20	6.368	2.068	1.56	59.23	40.77	37.03	2.64
14	15-20	0.000	0.000	1.55	58.76	41.24	37.52	2.64
14	25-30	14.365	4.443	1.50	56.43	43.57	35.97	2.66
14	25-30	0.321	0.197	1.53	57.64	42.36	37.32	2.66
14	50-55	0.006	0.001	1.40	52.09	47.91	45.33	2.68
14	50-55	0.000	0.006	1.38	51.43	48.57	45.19	2.68
15	15-20	0.555	0.383	1.57	59.64	40.36	32.81	2.63
15	15-20	33.692	9.309	1.51	57.23	42.77	31.87	2.63
15	25-30	0.987	1.164	1.52	57.26	42.74	34.85	2.66
15	25-30	3.184	3.888	1.61	60.53	39.47	32.83	2.66
15	50-55	9.182	5.800	1.53	57.02	42.98	34.79	2.68
15	50-55	9.904	5.867	1.51	56.50	43.50	35.69	2.68
16	15-20	0.000	0.002	1.64	62.52	37.48	34.01	2.62
16	15-20	0.000	0.000	1.62	61.87	38.13	35.96	2.62
16	25-30	0.086	0.118	1.64	61.82	38.18	34.35	2.66
16	25-30	0.069	0.049	1.64	61.79	38.21	34.75	2.66
16	50-55	0.049	0.025	1.74	64.56	35.44	32.81	2.69
16	50-55	0.001	0.012	1.72	63.79	36.21	32.37	2.69
17	15-20			1.51	58.05	41.95	36.37	2.60
17	15-20			1.48	56.84	43.16	36.76	2.60
17	25-30			1.42	53.57	46.43	37.52	2.65
17	25-30			1.42	53.52	46.48	37.38	2.65
17	50-55			1.51	56.28	43.72	39.40	2.69
17	50-55			1.51	56.27	43.73	38.77	2.69
18	15-20	6.664	6.993	1.48	57.22	42.78	33.80	2.59
18	15-20	0.555	0.148	1.52	58.79	41.21	35.19	2.59
18	25-30	11.213	5.251	1.49	56.53	43.47	35.25	2.64
18	25-30	2.885	5.924	1.52	57.49	42.51	34.21	2.64

Bilaga 3

Prov-plats	Skikt	Vattengenomsläpplighet (1 h), cm/h	Vattengenomsläpplighet (24 h), cm/h	Skrymdensitet, g/cm ³	Materialvolym, vol-%	Porvolym, vol-%	Aktuell vattenhalt, vol-%	Kompakt-densitet, g/cm ³
18	50-55	0.006	0.010	1.55	57.52	42.48	38.22	2.69
18	50-55	0.123	0.029	1.54	57.18	42.82	36.45	2.69
19	15-20	0.346	0.012	1.37	53.29	46.71	42.77	2.58
19	15-20	0.926	0.197	1.45	56.36	43.64	40.12	2.58
19	25-30	0.222	0.272	1.41	53.23	46.77	41.62	2.64
19	25-30	0.148	1.135	1.39	52.79	47.21	42.18	2.64
19	50-55	0.000	0.000	1.40	52.04	47.96	46.12	2.69
19	50-55	0.086	0.049	1.38	51.27	48.73	45.77	2.69
20	15-20	0.025	0.099	1.62	62.03	37.97	36.32	2.61
20	15-20	0.006	0.000	1.59	61.09	38.91	37.13	2.61
20	25-30	0.197	0.568	1.53	57.56	42.44	39.28	2.65
20	25-30	0.173	0.543	1.55	58.52	41.48	37.33	2.65
20	50-55	0.123	0.062	1.51	56.12	43.88	39.92	2.69
20	50-55	0.000	0.000	1.52	56.39	43.61	39.54	2.69
21	15-20	0.000	0.006	1.57	60.79	39.21	39.14	2.59
21	15-20	1.318	0.825	1.60	61.92	38.08	35.18	2.59
21	25-30	9.309	0.499	1.60	60.22	39.78	36.51	2.65
21	25-30	4.542	0.580	1.61	60.63	39.37	36.64	2.65
21	50-55	0.099	0.037	1.50	55.44	44.56	41.64	2.70
21	50-55	0.000	0.006	1.52	56.34	43.66	41.21	2.70
22	15-20	0.010	0.000	1.59	61.45	38.55	36.46	2.59
22	15-20	0.259	0.531	1.53	58.91	41.09	39.25	2.59
22	25-30	0.000	0.000	1.67	63.20	36.80	35.05	2.65
22	25-30	0.025	0.002	1.65	62.40	37.60	36.00	2.65
22	50-55	0.012	0.006	1.50	55.42	44.58	42.92	2.70
22	50-55	0.000	0.000	1.51	55.75	44.25	44.06	2.70
23	15-20	5.307	0.420	1.52	58.84	41.16	39.63	2.59
23	15-20	0.006	0.086	1.53	59.25	40.75	39.88	2.59
23	25-30	0.012	0.002	1.59	60.25	39.75	38.51	2.64
23	25-30	0.280	0.704	1.55	58.59	41.41	38.77	2.64
23	50-55	0.000	0.000	1.53	56.87	43.13	42.23	2.69
23	50-55	0.006	0.006	1.55	57.68	42.32	41.56	2.69
24	15-20	0.000	0.000	1.50	57.55	42.45	42.00	2.60
24	15-20	0.000	0.012	1.53	58.82	41.18	38.29	2.60
24	25-30	0.002	0.002	1.52	57.20	42.80	40.23	2.65
24	25-30	0.006	0.006	1.55	58.39	41.61	38.85	2.65
24	50-55	0.002	0.000	1.46	53.89	46.11	45.03	2.70
24	50-55	0.006	0.006	1.47	54.44	45.56	44.05	2.70
25	15-20	3.801	1.716	1.55	59.78	40.22	39.44	2.59
25	15-20	3.746	0.715	1.53	58.90	41.10	37.88	2.59
25	25-30	0.006	0.405	1.54	58.06	41.94	38.30	2.65
25	25-30	2.174	2.030	1.49	56.20	43.80	-188.04	2.65
25	50-55	0.000	0.000	1.50	55.74	44.26	43.64	2.70
25	50-55	0.006	0.006	1.47	54.49	45.51	43.68	2.70
26	15-20	0.056	0.121	1.57	60.33	39.67	38.15	2.60
26	15-20	0.006	0.143	1.56	59.89	40.11	38.13	2.60
26	25-30	0.191	0.353	1.50	56.43	43.57	39.24	2.65
26	25-30	0.044	0.036	1.52	57.36	42.64	40.17	2.65
26	50-55	0.006	0.000	1.49	55.16	44.84	44.21	2.70
26	50-55	0.148	0.077	1.50	55.74	44.26	43.64	2.70

Bilaga 3

Prov-plats	Skikt	Vattengenomsläpplighet (1 h), cm/h	Vattengenomsläpplighet (24 h), cm/h	Skrymdensitet, g/cm ³	Materialvolym, vol-%	Porvolym, vol-%	Aktuell vattenhalt, vol-%	Kompakt-densitet, g/cm ³
27	15-20	0.077	0.061	1.55	59.43	40.57	38.63	2.60
27	15-20	0.287	0.762	1.55	59.66	40.34	37.53	2.60
27	25-30	0.561	0.042	1.58	59.47	40.53	37.31	2.65
27	25-30	0.481	0.025	1.57	59.37	40.63	37.69	2.65
27	50-55	0.039	0.000	1.49	55.29	44.71	44.81	2.70
27	50-55	0.002	0.002	1.46	54.03	45.97	44.28	2.70
28	15-20	33.322	24.683	1.53	58.92	41.08	38.64	2.60
28	15-20	0.033	0.061	1.55	59.62	40.38	37.84	2.60
28	25-30	1.177	1.728	1.51	56.91	43.09	38.70	2.65
28	25-30	0.444	0.272	1.52	57.28	42.72	37.13	2.65
28	50-55	0.006	0.036	1.49	55.36	44.64	41.31	2.70
28	50-55	0.002	0.002	1.50	55.50	44.50	39.87	2.70
29 (B)	15-20	6.442	0.913	1.33	51.29	48.71	38.39	2.59
29	15-20	8.516	2.592	1.35	52.30	47.70	39.91	2.59
29	25-30	4.602	4.640	1.37	51.81	48.19	40.80	2.64
29	25-30	0.287	0.123	1.46	55.45	44.55	39.38	2.64
29	50-55	3.744	1.086	1.46	54.35	45.65	39.99	2.69
29	50-55	0.860	0.222	1.49	55.34	44.66	40.59	2.69
30	15-20	5.183	4.549	1.41	54.28	45.72	39.11	2.59
30	15-20	10.261	3.672	1.38	53.38	46.62	37.83	2.59
30	25-30	1.123	1.259	1.44	54.41	45.59	37.72	2.64
30	25-30	5.183	2.746	1.46	55.32	44.68	38.02	2.64
30	50-55	0.383	0.346	1.55	57.80	42.20	36.07	2.69
30	50-55	1.774	2.174	1.55	57.76	42.24	34.81	2.69
31	15-20	14.810	10.684	1.25	48.42	51.58	39.08	2.59
31	15-20	1.074	1.752	1.33	51.38	48.62	41.35	2.59
31	25-30	1.899	1.450	1.46	55.34	44.66	37.81	2.64
31	25-30	0.134	0.234	1.50	56.77	43.23	39.06	2.64
31	50-55	0.005	0.000	1.58	58.60	41.40	38.44	2.69
31	50-55	0.002	0.002	1.54	57.11	42.89	38.21	2.69
32	15-20	2.801	3.841	1.42	54.93	45.07	39.19	2.59
32	15-20	3.615	3.841	1.46	56.27	43.73	38.93	2.59
32	25-30	0.494	0.776	1.48	56.25	43.75	38.49	2.64
32	25-30	1.535	3.508	1.43	54.34	45.66	39.68	2.64
32	50-55	0.019	0.000	1.42	52.93	47.07	42.23	2.69
32	50-55	0.000	0.000	1.42	52.84	47.16	43.42	2.69
33	15-20	0.049	0.012	1.44	55.68	44.32	41.92	2.59
33	15-20	0.827	1.567	1.44	55.70	44.30	38.99	2.59
33	25-30	3.561	3.291	1.49	56.27	43.73	39.64	2.64
33	25-30	0.753	22.214	1.46	55.45	44.55	39.41	2.64
33	50-55	0.000	0.000	1.46	54.14	45.86	42.97	2.69
33	50-55	0.001	0.001	1.46	54.29	45.71	41.91	2.69
34	15-20	16.476	5.582	1.31	50.43	49.57	39.18	2.59
34	15-20	0.815	0.629	1.37	53.09	46.91	40.16	2.59
34	25-30	25.917	14.069	1.45	55.04	44.96	40.03	2.64
34	25-30	0.568	0.629	1.44	54.69	45.31	40.88	2.64
34	50-55	0.000	0.000	1.41	52.57	47.43	44.56	2.69
34	50-55	0.000	0.000	1.39	51.68	48.32	45.15	2.69
35	15-20	5.615	7.981	1.45	56.06	43.94	39.39	2.59
35	15-20	0.111	0.457	1.46	56.25	43.75	38.80	2.59

Bilaga 3

Prov-plats	Skikt	Vattengenomsläpplighet (1 h), cm/h	Vattengenomsläpplighet (24 h), cm/h	Skrymdensitet, g/cm ³	Materialvolym, vol-%	Porvolym, vol-%	Aktuell vattenhalt, vol-%	Kompakt-densitet, g/cm ³
35	25-30	0.376	2.903	1.47	55.84	44.16	38.90	2.64
35	25-30	1.049	4.094	1.47	55.78	44.22	39.26	2.64
35	50-55	0.078	0.024	1.53	56.85	43.15	39.09	2.69
35	50-55	0.130	0.037	1.53	56.76	43.24	39.10	2.69
36	15-20	0.002	0.000	1.52	58.51	41.49	38.11	2.59
36	15-20	1.024	2.845	1.48	57.14	42.86	40.02	2.59
36	25-30	0.926	3.001	1.52	57.52	42.48	37.38	2.64
36	25-30	0.086	0.123	1.54	58.16	41.84	38.73	2.64
36	50-55	0.778	1.308	1.52	56.45	43.55	39.26	2.69
36	50-55	0.000	0.000	1.50	55.79	44.21	40.73	2.69
37	15-20	0.444	1.148	1.45	55.81	44.19	40.88	2.60
37	15-20	0.136	0.006	1.46	56.34	43.66	40.01	2.60
37	25-30	5.140	7.001	1.43	53.79	46.21	40.00	2.65
37	25-30	0.383	0.035	1.36	51.27	48.73	40.92	2.65
37	50-55	0.012	0.000	1.52	56.63	43.37	40.18	2.69
37	50-55	0.006	0.693	1.52	56.66	43.34	40.15	2.69
38	15-20	0.296	1.086	1.37	53.09	46.91	41.63	2.59
38	15-20	0.064	0.062	1.48	57.03	42.97	39.51	2.59
38	25-30	0.173	0.691	1.55	58.54	41.46	37.68	2.64
38	25-30	6.550	43.318	1.50	57.01	42.99	36.92	2.64
38	50-55	0.001	0.001	1.46	54.24	45.76	41.60	2.69
38	50-55	0.000	0.000	1.48	54.91	45.09	41.91	2.69
39	15-20	4.661	5.183	1.44	55.56	44.44	37.73	2.60
39	15-20	0.062	0.037	1.46	56.15	43.85	38.32	2.60
39	25-30	2.413	1.481	1.48	55.67	44.33	35.01	2.65
39	25-30	0.901	0.864	1.47	55.49	44.51	36.04	2.65
39	50-55	2.276	2.865	1.49	55.27	44.73	38.18	2.69
39	50-55	0.025	0.000	1.54	57.21	42.79	38.23	2.69
40	15-20	4.269	1.481	1.42	54.43	45.57	35.08	2.60
40	15-20	4.785	1.024	1.35	52.05	47.95	35.17	2.60
40	25-30	6.866	2.268	1.47	55.66	44.34	36.61	2.65
40	25-30	0.019	0.000	1.45	54.56	45.44	37.65	2.65
40	50-55	22.461	16.142	1.44	53.37	46.63	40.44	2.69
40	50-55	0.025	0.000	1.47	54.72	45.28	40.17	2.69
41	15-20	1.412	0.852	1.49	58.16	41.84	34.04	2.57
41	15-20	0.062	0.049	1.45	56.35	43.65	37.57	2.57
41	25-30	0.123	0.099	1.54	58.55	41.45	35.39	2.63
41	25-30	0.074	0.049	1.55	58.84	41.16	35.25	2.63
41	50-55	0.006	0.852	1.68	62.50	37.50	33.01	2.68
41	50-55	0.234	0.284	1.69	63.14	36.86	32.63	2.68
42	15-20	1.759	2.312	1.42	54.67	45.33	38.15	2.59
42	15-20	2.797	1.382	1.38	53.23	46.77	38.04	2.59
42	25-30	0.086	0.012	1.48	56.03	43.97	38.62	2.65
42	25-30	0.284	1.344	1.50	56.48	43.52	37.29	2.65
42	50-55	0.913	1.560	1.53	56.64	43.36	39.13	2.70
42	50-55	0.000	0.025	1.48	54.67	45.33	40.39	2.70
43	15-20	2.962	5.445	1.44	55.52	44.48	37.95	2.59
43	15-20	0.666	1.049	1.43	55.40	44.60	37.93	2.59
43	25-30	3.632	2.560	1.53	57.83	42.17	37.58	2.65
43	25-30	0.000	0.000	1.53	57.78	42.22	37.23	2.65

Bilaga 3

Prov-plats	Skikt	Vattengenomsläpplighet (1 h), cm/h	Vattengenomsläpplighet (24 h), cm/h	Skrymdensitet, g/cm ³	Materialvolym, vol-%	Porvolym, vol-%	Aktuell vattenhalt, vol-%	Kompakt-densitet, g/cm ³
43	50-55	10.490	5.183	1.44	53.31	46.69	40.48	2.70
43	50-55	0.000	0.006	1.45	53.89	46.11	40.38	2.70
44	15-20	1.688	4.728	1.42	54.97	45.03	37.69	2.58
44	15-20	6.738	3.173	1.44	55.69	44.31	36.78	2.58
44	25-30	1.644	4.073	1.37	51.83	48.17	42.12	2.64
44	25-30	1.939	5.035	1.35	51.32	48.68	42.68	2.64
44	50-55	0.000	0.012	1.35	50.11	49.89	45.64	2.69
44	50-55	0.002	0.000	1.35	50.32	49.68	47.61	2.69
45	15-20	2.314	4.443	1.51	58.25	41.75	38.31	2.60
45	15-20	2.576	3.749	1.46	56.32	43.68	37.51	2.60
45	25-30	3.888	4.048	1.53	57.36	42.64	35.79	2.66
45	25-30	4.728	4.119	1.52	57.23	42.77	35.33	2.66
45	50-55	1.172	0.913	1.57	57.82	42.18	37.63	2.71
45	50-55	0.025	0.012	1.60	58.96	41.04	35.96	2.71
46	15-20	5.991	1.373	1.53	58.80	41.20	36.92	2.60
46	15-20	8.793	4.412	1.50	57.85	42.15	36.10	2.60
46	25-30	9.732	4.011	1.54	58.00	42.00	35.53	2.65
46	25-30	0.134	0.555	1.54	58.21	41.79	35.79	2.65
46	50-55	0.000	0.000	1.45	53.85	46.15	44.67	2.70
46	50-55	0.002	0.000	1.48	54.85	45.15	43.25	2.70
47	15-20	7.627	6.993	1.50	56.63	43.37	37.11	2.64
47	15-20	0.926	1.913	1.50	56.73	43.27	37.09	2.64
47	25-30	0.247	3.274	1.62	60.30	39.70	35.78	2.68
47	25-30	0.012	0.074	1.66	61.99	38.01	34.62	2.68
47	50-55	1.429	0.383	1.51	55.61	44.39	40.27	2.72
47	50-55	0.000	0.000	1.48	54.52	45.48	41.17	2.72
48	15-20	58.646	88.117	1.43	54.61	45.39	37.56	2.61
48	15-20	2.415	2.175	1.42	54.48	45.52	37.83	2.61
48	25-30	3.663	7.270	1.40	52.79	47.21	38.04	2.66
48	25-30	5.331	5.368	1.20	45.04	54.96	40.05	2.66
48	50-55	0.002	0.012	1.57	57.81	42.19	39.65	2.71
48	50-55	0.210	0.259	1.48	54.59	45.41	40.08	2.71
49	15-20	0.006	0.000	1.46	54.55	45.45	44.76	2.67
49	15-20	0.000	0.002	1.49	55.85	44.15	43.55	2.67
49	25-30	0.025	0.006	1.45	53.87	46.13	45.53	2.70
49	25-30	3.910	1.135	1.48	54.67	45.33	42.40	2.70
49	50-55	1.521	0.370	1.30	47.50	52.50	49.57	2.73
49	50-55	0.002	0.002	1.30	47.44	52.56	50.36	2.73
50	15-20	0.099	0.074	1.46	56.53	43.47	39.13	2.59
50	15-20	0.037	0.006	1.40	53.98	46.02	44.11	2.59
50	25-30	0.000	0.000	1.42	53.26	46.74	41.07	2.66
50	25-30	0.019	0.004	1.48	55.76	44.24	40.91	2.66
50	50-55	0.000	0.000	1.47	54.18	45.82	42.44	2.72
50	50-55	0.006	0.002	1.51	55.35	44.65	40.78	2.72
51	15-20	0.025	0.210	1.40	53.23	46.77	42.33	2.63
51	15-20	0.002	0.000	1.33	50.58	49.42	42.64	2.63
51	25-30	0.002	0.025	1.48	55.17	44.83	40.88	2.68
51	25-30	0.543	0.074	1.46	54.63	45.37	41.14	2.68
51	50-55	0.148	0.086	1.41	51.94	48.06	45.03	2.72
51	50-55	0.002	0.000	1.40	51.40	48.60	44.40	2.72

Bilaga 3

Prov-plats	Skikt	Vattengenomsläpplighet (1 h), cm/h	Vattengenomsläpplighet (24 h), cm/h	Skrymdensitet, g/cm ³	Materialvolym, vol-%	Porvolym, vol-%	Aktuell vattenhalt, vol-%	Kompakt-densitet, g/cm ³
52	15-20	0.518	1.197	1.51	57.56	42.44	38.21	2.62
52	15-20	0.006	0.017	1.41	53.67	46.33	43.19	2.62
52	25-30	0.001	0.006	1.61	60.18	39.82	35.40	2.67
52	25-30	0.136	0.296	1.50	56.32	43.68	40.51	2.67
52	50-55	1.831	0.494	1.66	60.96	39.04	34.81	2.72
52	50-55	0.006	0.017	1.64	60.44	39.56	36.42	2.72
53	15-20	0.012	0.002	1.44	54.51	45.49	43.74	2.64
53	15-20	0.025	0.002	1.45	54.78	45.22	43.61	2.64
53	25-30	0.005	0.000	1.50	55.95	44.05	-214.09	2.68
53	25-30	0.025	0.017	1.50	55.85	44.15	42.83	2.68
53	50-55	0.002	0.002	1.42	52.31	47.69	45.35	2.72
53	50-55	0.000	0.000	1.39	51.14	48.86	44.51	2.72
54	15-20	0.000	0.002	1.50	57.91	42.09	40.62	2.59
54	15-20	0.099	0.136	1.46	56.47	43.53	40.27	2.59
54	25-30	0.000	0.025	1.44	54.50	45.50	41.79	2.65
54	25-30	0.012	0.030	1.45	54.53	45.47	40.97	2.65
54	50-55	0.000	0.000	1.61	59.48	40.52	37.51	2.71
54	50-55	0.000	0.002	1.58	58.29	41.71	38.57	2.71
55	15-20	0.111	0.321	1.48	57.17	42.83	39.91	2.59
55	15-20	0.037	0.002	1.47	56.69	43.31	39.34	2.59
55	25-30	0.006	0.002	1.53	57.74	42.26	39.80	2.65
55	25-30	0.420	0.560	1.51	56.88	43.12	40.12	2.65
55	50-55	0.074	0.012	1.53	56.50	43.50	39.15	2.71
55	50-55	0.000	0.000	1.53	56.45	43.55	40.11	2.71
56	15-20	0.531	1.617	1.47	56.22	43.78	41.26	2.61
56	15-20	0.006	0.069	1.51	57.92	42.08	40.84	2.61
56	25-30	0.006	0.000	1.52	56.81	43.19	42.34	2.67
56	25-30	0.000	0.000	1.55	58.02	41.98	39.82	2.67
56	50-55	0.031	0.004	1.61	59.27	40.73	37.34	2.72
56	50-55	0.012	0.000	1.58	58.05	41.95	38.04	2.72
57 (A)	15-20	0.002	0.002	1.46	55.90	44.10	42.03	2.61
57	15-20	3.136	2.650	1.49	57.03	42.97	40.67	2.61
57	25-30	0.605	0.223	1.39	52.58	47.42	42.57	2.65
57	25-30	0.000	0.004	1.48	55.82	44.18	39.05	2.65
57	50-55	0.000	0.012	1.50	55.89	44.11	40.56	2.68
57	50-55	0.000	0.000	1.51	56.45	43.55	41.82	2.68
58	15-20	0.000	0.000	1.66	63.56	36.44	38.36	2.61
58	15-20	1.279	4.443	1.50	57.32	42.68	42.02	2.61
58	25-30	0.022	0.000	1.59	60.07	39.93	39.37	2.65
58	25-30	0.542	2.245	1.56	59.05	40.95	40.41	2.65
58	50-55	0.033	0.000	1.49	55.64	44.36	43.79	2.68
58	50-55	0.006	0.000	1.48	55.25	44.75	43.08	2.68
59	15-20	0.148	0.006	1.45	55.46	44.54	40.27	2.62
59	15-20	0.136	0.173	1.54	58.73	41.27	40.35	2.62
59	25-30	0.012	0.049	1.58	59.47	40.53	38.55	2.65
59	25-30	17.772	18.142	1.59	59.86	40.14	38.44	2.65
59	50-55	0.000	0.010	1.52	56.74	43.26	39.12	2.68
59	50-55	0.006	0.006	1.52	56.63	43.37	39.41	2.68
61	15-20	6.417	2.636	1.49	56.78	43.22	36.89	2.63
61	15-20	4.147	4.110	1.52	57.93	42.07	38.68	2.63

Bilaga 3

Prov-plats	Skikt	Vattengenomsläpplighet (1 h), cm/h	Vattengenomsläpplighet (24 h), cm/h	Skrymdensitet, g/cm ³	Materialvolym, vol-%	Porvolym, vol-%	Aktuell vattenhalt, vol-%	Kompakt-densitet, g/cm ³
61	25-30	0.000	0.000	1.57	58.87	41.13	39.58	2.66
61	25-30	0.010	0.002	1.51	56.94	43.06	40.79	2.66
61	50-55	0.000	0.000	1.40	52.16	47.84	44.26	2.68
61	50-55	0.007	0.019	1.43	53.19	46.81	43.92	2.68
62	15-20	0.788	1.172	1.57	59.45	40.55	35.31	2.64
62	15-20	0.185	0.062	1.54	58.45	41.55	35.79	2.64
62	25-30	1.960	1.234	1.55	58.18	41.82	35.75	2.66
62	25-30	0.123	0.234	1.52	57.18	42.82	36.97	2.66
62	50-55	1.111	1.061	1.50	56.07	43.93	38.51	2.68
62	50-55	4.007	0.938	1.55	57.96	42.04	37.32	2.68
63	15-20	0.000	0.002	1.67	63.30	36.70	32.91	2.64
63	15-20	0.444	0.889	1.59	60.08	39.92	33.89	2.64
63	25-30	0.074	0.049	1.68	63.29	36.71	33.49	2.66
63	25-30	0.000	0.025	1.65	61.98	38.02	34.38	2.66
63	50-55	3.795	1.921	1.52	56.82	43.18	37.87	2.68
63	50-55	1.567	1.722	1.51	56.40	43.60	37.18	2.68
64	15-20			1.48	56.41	43.59	38.75	2.63
64	15-20			1.47	55.73	44.27	38.32	2.63
64	25-30			1.54	57.88	42.12	38.39	2.66
64	25-30			1.52	57.03	42.97	39.05	2.66
64	50-55			1.51	56.52	43.48	38.73	2.68
64	50-55			1.54	57.39	42.61	38.61	2.68
65	15-20			1.42	54.18	45.82	39.01	2.63
65	15-20			1.48	56.43	43.57	36.48	2.63
65	25-30			1.46	55.02	44.98	39.52	2.66
65	25-30			1.47	55.38	44.62	38.28	2.66
65	50-55			1.65	61.59	38.41	34.32	2.68
65	50-55			1.65	61.73	38.27	35.66	2.68
66	15-20	0.267	0.074	1.55	59.00	41.00	38.25	2.63
66	15-20	5.702	3.491	1.49	56.63	43.37	39.33	2.63
66	25-30	0.000	0.074	1.59	59.95	40.05	38.02	2.66
66	25-30	0.062	0.012	1.56	58.72	41.28	38.28	2.66
66	50-55	0.031	0.062	1.62	60.52	39.48	36.71	2.68
66	50-55	0.015	0.043	1.63	60.92	39.08	36.09	2.68
67	15-20	0.037	0.002	1.58	60.15	39.85	37.32	2.62
67	15-20	0.025	0.000	1.55	59.28	40.72	39.25	2.62
67	25-30	0.000	0.000	1.58	59.62	40.38	39.15	2.65
67	25-30	0.006	0.000	1.58	59.69	40.31	39.34	2.65
67	50-55	0.000	0.000	1.36	50.85	49.15	49.10	2.68
67	50-55	0.037	0.002	1.47	54.83	45.17	45.56	2.68
70	15-20			1.57	59.48	40.52	38.60	2.64
70	15-20			1.60	60.64	39.36	37.89	2.64
70	25-30			1.60	60.00	40.00	37.07	2.66
70	25-30			1.59	59.64	40.36	36.37	2.66
70	50-55			1.49	55.73	44.27	40.50	2.68
70	50-55			1.48	55.32	44.68	40.35	2.68
71	15-20	3.116	3.739	1.50	56.68	43.32	36.77	2.64
71	15-20	0.469	1.481	1.54	58.50	41.50	36.84	2.64
71	25-30	8.463	6.607	1.55	58.35	41.65	36.40	2.66
71	25-30	0.074	0.136	1.57	59.06	40.94	36.25	2.66

Bilaga 3

Prov- plats	Skikt	Vattengenom- släpplighet (1 h), cm/h	Vattengenom- släpplighet (24 h), cm/h	Skrym- densitet, g/cm³	Material- volym, vol-%	Por- volym, vol-%	Aktuell vattenhalt, vol-%	Kompakt- densitet, g/cm³
71	50-55	1.870	1.681	1.52	56.77	43.23	37.81	2.68
71	50-55	2.068	0.654	1.51	56.38	43.62	37.04	2.68
72	15-20	4.147	2.609	1.48	56.10	43.90	37.51	2.63
72	15-20	0.000	0.000	1.59	60.62	39.38	35.63	2.63
72	25-30	0.001	0.000	1.61	60.62	39.38	36.12	2.66
72	25-30	0.000	0.000	1.60	60.23	39.77	34.86	2.66
72	50-55	1.074	0.210	1.57	58.47	41.53	35.47	2.68
72	50-55	0.000	0.000	1.57	58.50	41.50	37.95	2.68
73	15-20	0.000	0.002	1.54	58.57	41.43	37.19	2.63
73	15-20	6.823	3.517	1.47	56.06	43.94	37.89	2.63
73	25-30	0.002	0.000	1.60	60.08	39.92	37.01	2.66
73	25-30	3.313	0.568	1.60	60.23	39.77	37.07	2.66
73	50-55	0.765	0.815	1.71	63.86	36.14	31.24	2.68
73	50-55	0.000	0.012	1.74	64.80	35.20	31.32	2.68

Bilaga 4 Penetrationsmotstånd (N)

Provplats Djup, cm	57 (A)	58	59	61	62	63	64	65	66	67	69	70	71	72	73
2	0.18	0.17	0.13	0.15	0.15	0.16	0.13	0.17	0.16	0.18	0.12	0.13	0.13	0.21	0.27
4	0.38	0.3	0.28	0.31	0.28	0.28	0.36	0.36	0.35	0.27	0.28	0.31	0.26	0.32	0.48
6	0.49	0.5	0.43	0.57	0.39	0.41	0.53	0.48	0.47	0.49	0.41	0.45	0.48	0.52	0.58
8	0.56	0.64	0.49	0.68	0.55	0.54	0.69	0.57	0.55	0.64	0.51	0.67	0.61	0.66	0.68
10	0.62	0.83	0.59	0.8	0.63	0.62	0.74	0.65	0.64	0.77	0.6	0.79	0.81	0.83	0.74
12	0.66	0.92	0.71	0.93	0.71	0.71	0.78	0.75	0.69	0.8	0.72	0.86	0.92	0.93	0.75
14	0.72	0.9	0.75	0.88	0.8	0.78	0.8	0.82	0.69	0.84	0.79	0.84	0.99	1.04	0.77
16	0.83	0.83	0.83	0.87	0.84	0.77	0.87	0.78	0.66	0.97	0.76	0.92	1	1.02	0.81
18	0.91	0.77	0.82	0.91	0.87	0.77	0.88	0.77	0.67	1.05	0.75	1.04	1.06	1.03	0.87
20	0.96	0.92	0.91	0.92	0.87	0.85	0.87	0.8	0.72	1.07	0.73	1.14	1.03	1.05	0.98
22	1.06	1.07	1.02	0.96	0.79	0.92	0.95	0.95	0.79	1.13	0.76	1.2	1.06	1.08	1.1
24	1.16	1.16	1.2	1.13	0.87	0.95	1.07	1.02	1.05	1.23	0.86	1.37	1.27	1.33	1.22
26	1.38	1.28	1.47	1.27	1.03	1.14	1.19	1.1	1.16	1.38	1.04	1.53	1.51	1.6	1.46
28	1.82	1.59	1.69	1.55	1.25	1.32	1.37	1.31	1.31	1.54	1.3	1.69	1.73	1.88	1.71
30	2.07	1.79	1.92	1.87	1.4	1.59	1.6	1.66	1.51	1.71	1.44	1.94	1.88	2.22	1.87
32	2.29	2.1	2.24	2.14	1.76	1.76	1.85	1.94	1.89	1.99	1.62	2.15	2.07	2.5	2.14
34	2.42	2.39	2.53	2.32	2.03	1.95	2	2.27	2.11	2.2	1.89	2.27	2.24	2.68	2.51
36	2.59	2.59	2.82	2.46	2.27	2.21	2.14	2.41	2.29	2.37	1.95	2.41	2.36	2.76	2.82
38	2.63	2.73	3.05	2.56	2.45	2.33	2.3	2.52	2.55	2.49	1.98	2.57	2.57	2.81	2.98
40	2.63	2.84	3.21	2.72	2.61	2.49	2.44	2.69	2.67	2.61	2.1	2.56	2.71	2.9	3.26
42	2.75	2.9	3.38	2.93	2.79	2.69	2.6	2.75	2.77	2.86	2.14	2.59	2.78	2.97	3.5
44	2.88	2.99	3.48	3.05	2.76	2.81	2.56	2.85	2.84	2.88	2.15	2.65	2.9	3.02	3.66
46	2.9	3.0	3.6	3.1	2.7	2.9	2.6	2.8	3.0	2.8	2.2	2.6	3.0	3.1	3.7
48	2.9	2.9	3.6	3.1	2.7	3.1	2.6	2.8	2.9	2.7	2.1	2.6	3.1	3.1	3.8
50	3.0			3.0	2.8	3.0	2.8	3.0	3.0	2.2	2.2	2.6	3.2	3.7	3.7

Bilaga 5

Provplats	Skikt, cm	pH	P-AL	K-AL	Ca-AL	Mg-AL	P-HCl	K-HCl	Cu-HCl	tot-C	tot-N
			mg/100g lufttorrt jord						mg/kg	% av lufttorrt prov	
1 (C)	10 - 20	6.8	10	13.5	297	40.6	75	275	16.1	1.70	0.17
2	10 - 20	7.1	4.2	12.5	278	42.9	45	300	15.6	1.65	0.15
3	10 - 20	7.1	1.4	10	256	54.3	33	290	17.9	1.22	0.11
4	10 - 20	7	3.4	12	251	26	42	320	14.1	1.32	0.12
5	10 - 20	7.4	12	21.5	221	85.3	81	540	19	0.45	0.05
6	10 - 20	7.2	7.4	14	265	43.7	70	365	13.6	1.19	0.12
7	10 - 20	7.2	5	12	278	55.4	51	355	14.9	1.19	0.11
8	10 - 20	7	8	18	237	53.5	67	370	13.2	0.92	0.09
9	10 - 20	7.1	12.8	9.5	262	24.7	71	220	14.5	1.40	0.14
10	10 - 20	6.7	7.6	13.5	190	52.9	64	295	13.1	1.15	0.12
11	10 - 20	6.9	5.6	12.5	252	33.7	65	305	14.3	1.51	0.14
13	10 - 20	7.1	4.7	9.5	233	34.2	63	250	15.5	1.31	0.13
14	10 - 20	6.8	2.8	13.5	330	84.6	53	410	15.8	0.96	0.10
15	10 - 20	7.1	13.1	14	296	27.7	80	315	16.4	1.24	0.12
16	10 - 20	7.1	10.8	10.5	280	33.6	76	260	14.3	1.24	0.12
17	10 - 20	6.3	25.4	13.5	272	12.8	168	185	24	2.21	0.19
18	10 - 20	6.9	9.3	8	257	16.2	64	160	13.7	1.70	0.15
19	10 - 20	6.5	8	11.5	269	39.9	74	240	17.5	1.94	0.18
20	10 - 20	7	12.9	21	261	45.2	90	435	22.4	1.19	0.12
21	10 - 20	6.8	11.2	11.5	229	23.1	83	260	16.8	1.24	0.13
22	10 - 20	6.9	10.8	9	208	27.3	81	210	15.1	1.37	0.13
23	10 - 20	6.6	7.2	11.5	229	37.2	67	225	17.1	1.70	0.16
24	10 - 20	6.7	9.2	14	265	33.8	39	295	16	1.77	0.17
25	10 - 20	6.6	15.8	12.5	241	20.8	109	255	17.1	1.58	0.15
26	10 - 20	6.7	12.8	16	259	34.8	88	365	18.3	1.46	0.14
27	10 - 20	7	13.5	11.5	287	40.2	77	245	15.6	1.55	0.15
28	10 - 20	6.4	6.4	11.5	238	26.1	66	250	15.7	1.76	0.16
29 (B)	10 - 20	6.7	12.9	17	280	47.4	65	315	16.1	1.89	0.17
30	10 - 20	6.8	19.7	22.5	293	42.1	87	295	17	2.03	0.18
31	10 - 20	6.8	23.3	25.5	297	43	90	315	13.9	2.09	0.20
32	10 - 20	6.7	19.7	20.5	276	45	83	315	12.5	1.87	0.17
33	10 - 20	6.7	9.4	20	244	41.9	62	345	11	1.79	0.16
34	10 - 20	6.6	8	25	258	48.5	69	325	11.5	2.18	0.20
35	10 - 20	6.7	15.5	26	244	39.6	73	315	10.4	1.83	0.17
36	10 - 20	6.8	5.8	14	225	41.4	52	290	9	1.52	0.14
37	10 - 20	6.6	20.2	31.5	309	50.5	98	330	13.1	2.43	0.23
38	10 - 20	6.7	22.2	25	302	45	84	360	13.2	1.99	0.19
39	10 - 20	6.5	8.1	15.5	259	32.7	62	285	10.4	1.83	0.17
40	10 - 20	6.7	11.9	25.5	279	43.5	76	340	11.5	1.98	0.19
41	10 - 20	6.1	18.8	10	158	12.4	77	90	4.6	1.69	0.15
42	10 - 20	6.5	11.5	17	259	29.2	76	285	8.1	1.91	0.18
43	10 - 20	6.6	22	14.5	270	38.6	102	300	9.4	2.02	0.19
44	10 - 20	6.3	23.4	18	281	32.7	97	250	10.8	2.06	0.20
45	10 - 20	6.5	22.8	21.5	270	27.4	129	320	12.3	1.98	0.19
46	10 - 20	6.6	18.3	16.5	247	34.2	102	350	10.6	1.74	0.17
47	10 - 20	6.5	15.9	13	218	29.4	119	275	10.3	1.49	0.14
48	10 - 20	6.6	24.6	20.5	274	29	116	345	12	2.08	0.20
49	10 - 20	6.6	16	30	237	73.5	98	570	17.9	1.21	0.12
50	10 - 20	6.8	38	28.5	315	41.7	127	320	10.9	2.06	0.19
51	10 - 20	6.7	25.9	29.5	284	35.6	129	320	12.6	1.99	0.19
52	10 - 20	7	27.8	36	303	37.5	101	395	11.9	1.83	0.17

Bilaga 5

Provplats	Skikt, cm	pH	P-AL	K-AL	Ca-AL	Mg-AL	P-HCl	K-HCl	Cu-HCl	tot-C	tot-N
			mg/100g lufttorrt jord						mg/kg	% av lufttorrt prov	
53	10 - 20	6.9	18.5	32	296	49.2	97	520	18.1	1.73	0.17
54	10 - 20	6.7	10.5	15.5	245	26.6	81	310	12.1	1.74	0.17
55	10 - 20	6.7	12.6	15.5	253	34.6	83	350	11	1.72	0.17
56	10 - 20	6.8	19.2	18.5	271	44.5	101	380	13	1.60	0.16
57 (A)	10 - 20	6.7	18.6	15.5	263	25.8	91	290	11		
58	10 - 20	6.9	13.2	15	252	31.1	82	280	11.8	1.54	0.15
59	10 - 20	6.8	12.3	15.5	246	28.5	89	340	13.6	1.49	0.15
61	10 - 20	6.9	4.6	16	230	51.9	66	410	14.1	1.23	0.13
62	10 - 20	6.8	7	11	249	22.5	63	265	8.7	1.48	0.15
63	10 - 20	6.7	5.6	11.5	199	17.7	63	255	8.8	1.18	0.12
64	10 - 20	6.9	15.5	13	254	21.6	118	305	13.3	1.47	0.15
65	10 - 20	6.8	14.3	20.5	266	20.8	125	360	13.8	1.56	0.16
66	10 - 20	6.8	8.3	15.5	264	28.9	85	355	13.2	1.44	0.14
70	10 - 20	6.9	10.9	15	257	30.7	85	340	14.6	1.44	0.15
71	10 - 20	6.8	5.6	13.5	250	25.8	76	330	15.7	1.52	0.15
72	10 - 20	6.9	9.9	15	219	22.7	91	325	17.6	1.40	0.13
73	10 - 20	6.7	6.3	13.5	242	27.3	85	290	14.6	1.49	0.15
1 (C)	50 - 55	7.2	4.8	16	253	18.2	67	415	13.7	0.67	0.06
2	50 - 55	7.4	3.4	16	212	92.8	49	515	12.6	0.31	0.03
3	50 - 55	7.4	4.1	16.5	235	139	53	470	19.7	0.40	0.03
4	50 - 55	7.1	0.8	15.5	203	85	46	520	13	0.48	0.03
5	50 - 55	7.7	19.5	30	198	103	85	670	18.5	0.49	0.02
6	50 - 55	7.4	3	17	221	84.4	58	520	13.2	0.47	0.04
7	50 - 55	7.5	4.8	16.5	240	111	56	505	11.9	0.44	0.03
8	50 - 55	7.1	8	25	216	65.7	63	545	12.9	0.78	0.06
9	50 - 55	7.7	4.8	12.5	211	70.9	53	375	14	0.53	0.04
10	50 - 55	6.9	4.4	14	139	74	56	335	11.2	1.02	0.08
11	50 - 55	7.1	1.8	15	209	102	51	450	12.3	0.39	0.04
13	50 - 55	7.7	11.6	16	225	105	60	470	17.7	0.31	0.03
14	50 - 55	7	2.1	20	212	106	47	590	13.1	0.53	0.05
15	50 - 55	7.4	2.6	9	237	25.8	50	215	9.9	1.07	0.09
16	50 - 55	7.7	5	8.5	190	67.8	52	220	5.8	0.37	0.03
17	50 - 55	6.7	5.7	21.5	200	47.2	81	460	13.1	0.35	0.04
18	50 - 55	6.9	2.2	16.5	258	108	55	510	19.4	0.53	0.05
19	50 - 55	7.5	4.1	12.5	220	80.9	49	400	16.7	0.29	0.03
20	50 - 55	7.6	13.3	26	238	104	68	640	19.5	0.27	0.03
21	50 - 55	7.5	8.7	12	262	82.5	58	370	18	0.41	0.05
22	50 - 55	7.5	9.9	13	228	115	63	455	14.9	0.37	0.04
23	50 - 55	7.4	9	12.5	215	99.8	62	415	15.5	0.30	0.03
24	50 - 55	7.3	4.6	17	248	101	46	535	12.8	0.55	0.04
25	50 - 55	7.1	2.9	17	288	84.6	43	525	16	0.40	0.05
26	50 - 55	7.2	4.3	19	262	104	54	565	16	0.46	0.04
27	50 - 55	7.6	8.4	17.5	283	119	56	470	19.5	0.43	0.04
28	50 - 55	7.2	2.6	16.5	265	102	43	540	15.7	0.49	0.04
29 (B)	50 - 55	7.5	10.2	16	299	124	55	500	15.6	0.45	0.04
30	50 - 55	7.7	10.5	16	218	116	61	480	13.7	0.25	0.03
31	50 - 55	7.7	8.2	16.5	242	99.6	57	515	14.1	0.32	0.04
32	50 - 55	7.5	5.4	15.5	260	124	42	530	14.7	0.53	0.05
33	50 - 55	7.2	5.1	19	258	117	50	545	15.9	0.44	0.04
34	50 - 55	7.7	8.1	16	277	147	57	505	22.8	0.38	0.04
35	50 - 55	7.6	8.6	16	237	109	52	570	10	0.30	0.03

Bilaga 5

Provplats	Skikt, cm	pH	P-AL	K-AL	Ca-AL	Mg-AL	P-HCl	K-HCl	Cu-HCl	tot-C	tot-N
			mg/100g lufttorrt jord						mg/kg	% av lufttorrt prov	
36	50 - 55	7.8	13	17	279	131	62	570	14.6	0.30	0.03
37	50 - 55	7.9	9.7	20.5	274	145	58	590	20.2	0.38	0.04
38	50 - 55	7.3	10.8	18	318	119	54	500	16	0.31	0.04
39	50 - 55	7.7	10.3	11	216	79.6	68	395	14.2	0.20	0.03
40	50 - 55	7.4	7.4	15	304	115	49	520	18.3	0.34	0.04
41	50 - 55	7.2	3.9	8.5	165	32.9	58	285	18.4	0.13	0.02
42	50 - 55	7.1	2.7	16.5	263	92.5	49	530	20.6	0.40	0.04
43	50 - 55	7.3	7.4	14	278	123	58	515	17	0.33	0.04
44	50 - 55	7.3	3.7	13.5	224	88.5	54	405	16.5	0.27	0.03
45	50 - 55	7.2	5.2	16	289	83	60	555	17.3	0.32	0.04
46	50 - 55	7.1	3.4	20	282	105	50	570	18.6	0.35	0.05
47	50 - 55	7.1	4	18	253	95.9	53	585	19.8	0.38	0.04
48	50 - 55	7.2	4.1	17	296	85.8	51	530	12.6	0.45	0.05
49	50 - 55	8.1	22.6	35.5	241	135	75	695	26.1	0.26	0.03
50	50 - 55	7.6	8	16.5	279	108	56	580	18.4	0.30	0.04
51	50 - 55	7.5	5	23	301	117	51	695	25.8	0.37	0.05
52	50 - 55	7.5	8.9	17	268	85.7	58	585	17.3	0.30	0.04
53	50 - 55	7.8	11.6	20	273	92.5	68	680	19.4	0.35	0.04
54	50 - 55	7.5	8.4	16.5	243	91.4	55	555	17.7	0.30	0.03
55	50 - 55	7.7	12.6	16	250	108	62	575	19.3	0.23	0.03
56	50 - 55	7.7	13.6	15.5	223	96.6	65	505	18.6	0.23	0.03
57 (A)	50 - 55	7.1	4.6	18.5	280	75.8	52	540	18.4	0.62	0.08
58	50 - 55	7.2	4.2	16	294	99.4	51	415	20.8	0.57	0.07
59	50 - 55	7.4	11	17	278	82.6	56	510	24.6	0.40	0.05
61	50 - 55	7.6	7.7	19	225	100	55	550	25.5	0.35	0.05
62	50 - 55	7.1	2.8	14	234	49.8	52	410	15	0.71	0.08
63	50 - 55	7.3	6.7	14	267	59.9	56	460	16.1	0.49	0.06
64	50 - 55	7.3	5.1	14	212	58.5	60	400	17.3	0.35	0.05
65	50 - 55	7.5	7.6	26	257	49.9	70	555	21	0.39	0.06
66	50 - 55	7.5	8	15	256	80.7	63	465	20.8	0.35	0.04
70	50 - 55	7.5	9.7	19	259	88.2	62	600	19.2	0.26	0.04
71	50 - 55	7.2	6.4	15.5	278	65.9	63	425	16.1	0.54	0.06
72	50 - 55	7.4	9.9	18	225	67.1	69	500	20.2	0.28	0.04
73	50 - 55	6.9	2.4	9	214	49.9	62	235	14.5	1.17	0.11

Bilaga 5

Skifte	Provplatser	Skikt, cm	Al-AS mg/100 ml prov	B mg/kg	Cd
A1	57,58,59	10 - 20	0.4	1.0	*
A2	63,64,65,66,70,71,73	10 - 20	0.3	1.0	*
B1	29,30,31,32	10 - 20	0.3	0.9	*
B2	33,34,35,36	10 - 20	0.2	0.8	*
B3	37,38,39,40	10 - 20	0.4	1.1	*
B4	41,42,43,44	10 - 20	0.4	0.9	*
B5	45,46,47,48	10 - 20	0.4	0.9	*
B6	49,50,51,52	10 - 20	0.4	0.9	*
B7	53,54,55,56	10 - 20	0.3	0.9	*
C1	1,2,3,8	10 - 20	0.4	0.8	*
C2	4,5,6,7	10 - 20	0.3	0.6	*
C3	9,10,11	10 - 20	0.5	0.8	*
C4	13,14,15,16	10 - 20	0.3	1.0	*
C5	17,18,19,20	10 - 20	0.5	0.9	*
C6	21,22,23,24	10 - 20	0.4	0.9	*
C7	25,26,27,28	10 - 20	0.6	1.0	*
A1	57,58,59	50 - 55	0.1	0.9	*
A2	63,64,65,66,70,71,73	50 - 55	0.1	0.8	*
B1	29,30,31,32	50 - 55	0.1	0.6	*
B2	33,34,35,36	50 - 55	0.1	0.7	*
B3	37,38,39,40	50 - 55	0.1	1.1	*
B4	41,42,43,44	50 - 55	0.2	0.4	*
B5	45,46,47,48	50 - 55	0.2	0.5	*
B6	49,50,51,52	50 - 55	0.1	0.7	*
B7	53,54,55,56	50 - 55	0.2	0.6	*
C1	1,2,3,8	50 - 55	0.1	0.5	*
C2	4,5,6,7	50 - 55	0.2	0.4	*
C3	9,10,11	50 - 55	0.2	0.5	*
C4	13,14,15,16	50 - 55	0.2	0.7	*
C5	17,18,19,20	50 - 55	0.6	0.8	*
C6	21,22,23,24	50 - 55	0.2	0.7	*
C7	25,26,27,28	50 - 55	0.4	0.5	*

* = Cd-halterna låg under detektionsgränsen, 0,3 ppm

Förteckning över rapporter i serien *Examens- och seminariearbeten utgivna vid Institutionen för jordbruksvetenskap Skara*:

1. Lindgren, L. 1998. Fältmetoder för bedömning av behovet av tilläggsgödsling med kväve till höst- och vårvete. *Field methods for estimation of the need for nitrogen top-dressing to winter and spring wheat*
2. Hessle, A. 1999. Parasitstatus och kontroll av betesburna parasitinfektioner i ekologiska mjölkbesättningar. *Parasite status and control of parasite infections on pasture in organic dairy herds*
3. Bergman, N. 2000. Effekter av KRAV-godkända gödselmedel på skörd och proteinhalt hos vår- och höstvete. *Effects of commercial organic fertilizers, certified in Sweden for organic farming, on yield and protein contents of spring and winter wheat*
4. Löf, A. 2001. Tidiga och sena höstvetesorters kväveutnyttjande och innehåll av kväve i olika växtdelar. *Nitrogen utilisation of early and late winter wheat varieties and nitrogen contents in different plant parts*
5. Olausson, J. 2002. Tidigarelagd brytning av EU-träda före höstrapsådd. *Ploughing at different times of a stubble set-aside field before sowing winter oilseed rape*
6. Petersson, K-J. 2002. Utfodring med helsädesensilage till växande ungnöt. *Feeding whole-crop cereal silage to growing cattle*
7. Bengtsson, J. 2002. Uppfödning av charolaiskvigor med utnyttjande av naturbetesmarker. *Beef production with Charolais heifers using seminatural grasslands*
8. Bengtsson, J. 2002. Hull hos mjölkkor – en studie utförd på åtta ekologiska gårdar i västra Sverige
9. Hallgren, S. 2003. Mineralkväve i marken efter höstraps och efter havre - en fältstudie samt ett inkubationsförsök avseende inverkan av höstraps- och havrehalm på kväveförhållandena i jorden. *Residual mineral nitrogen in the soil after winter oilseed rape and after oats - a field study, and an incubation experiment concerning the effect of oilseed and oat straw on mineral nitrogen in soil*
10. Strömberg, J. 2003. Vitaminet biotin och dess effekt på mjölkavkastning och mjölksammansättning. *Effects of the vitamin biotin on milk yield and milk quality*
11. Roland, B. 2003. Odlingsystemets inverkan på markstrukturen och växtnäringstillståndet – en jämförande studie på Logården. *Farming system effects on soil structure and plant nutrient conditions at Logården farm in west Sweden*

Institutionen för jordbruksvetenskap Skara, som är en temainstitution med mark/växt- och husdjurskompetens, bedriver tillämpad, tvärvetenskaplig forskning. Detta sker bl.a. på försöksstationerna Lanna och Götala samt på gårdar i olika slag av fältförsök. Huvudsyftet med denna forskning är att förstärka den ekonomiska uthålligheten i svenskt lantbruk genom att förbättra avkastning och kvalitet hos våra jordbruksprodukter och samtidigt utnyttja våra naturliga tillgångar på ett miljövänligt och resursbevarande sätt. Forskning, utbildning och information präglas av helhetssyn och sker i nära samarbete med näringsliv, myndigheter och rådgivning.

I serien *Examens- och seminariearbeten* publiceras examensarbeten (motsvarande 10 eller 20 poäng i agronomexamen) och seminariearbeten (motsvarande 5 poäng i agronomexamen) vid Institutionen för jordbruksvetenskap Skara eller i samarbete med andra organisationer.

Examens- och seminariearbetena kan beställas från institutionen, se nedan. Förteckning över samtliga publikationer i institutionens olika rapportserier erhålles kostnadsfritt. Rapporterna finns också tillgängliga på nedanstående internetadress.

Distribution:

Sveriges lantbruksuniversitet
Institutionen för jordbruksvetenskap Skara
Box 234
532 23 Skara
Tel. 0511-67000, fax 0511-67268, e-post: Lena.Ljunggren@jvsk.slu.se
Internet: <http://www.jvsk.slu.se>

Pris: 50:- (exkl. moms)