

Norsk landbruksforskning

Norwegian Agricultural Research

Supplement No. 17 1994

Soil properties and earthworm
activity in silt loam and clay
soils in conversion from
conventional to organic
farming systems in Norway



Forskningsparken i Ås, Infosenteret, Ås, Norge
The Science Park at Ås, Infosenteret, Ås, Norway

NORWEGIAN JOURNAL OF AGRICULTURAL SCIENCES

Norwegian Journal of Agricultural Sciences fills a need created by the folding of Scientific Reports of the Agricultural University of Norway and Research in Norwegian Agriculture for a forum for publishing Norwegian research with international interest within the following areas: Aquaculture, Animal Science, Soil Science, Agricultural Engineering and Technology, Natural Resources and Environment, Food Technology, Crop Science, Forestry, Economics and Society Planning.

Managing Editor, Arnstein Bruaset

Subject Editors

Even Bratberg Unni Dahl Grue Rolf Horntvedt
Rolf Enge Svein Skøien

Editorial Board

Ragnar Bærug, Agricultural University of Norway,
Department of Soil Science
Sigmund Huse, Agricultural University of Norway,
Department of Biology and Nature Conservation
Ådne Håland, Særheim Research Station
Karl Alf Løken, Agricultural University of Norway,
Department of Agricultural Engineering
Toralf Matre, Agricultural University of Norway,
Department of Animal Sciences
Einar Myhr, Agricultural University of Norway,
Department of Agricultural Engineering
Nils K. Nesheim, Agricultural University of Norway,
Department of Economics and Social Sciences
Sjur Spildo Prestegard, Norwegian Agricultural
Economics Research Institute
Ragnar Salte, Institute of Aquacultural Research
Martin Sandvik, Norwegian Forest Research Institute
Hans Sevatdal, Agricultural University of Norway,
Department of Land Use Planning
Arne Oddvar Skjelvåg, Agricultural University of
Norway, Department of Horticulture and Crop
Science
Anders Skrede, Agricultural University of Norway,
Department of Animal Sciences
Grete Skrede, Norwegian Food Research Institute
Nils Standal, Agricultural University of Norway,
Department of Animal Sciences
Kjell Steinsholt, Agricultural University of Norway,
Department of Dairy and Food Industries
Arne H. Strand, Agricultural University of Norway,
Department of Dairy and Food Industries
Hans Staaland, Agricultural University of Norway,
Department of Biology and Nature Conservation
Asbjørn Svendsrud, Agricultural University of Norway,
Department of Forestry
Geir Tutturen, Agricultural University of Norway,
Department of Agricultural Engineering
Sigbjørn Vestrheim, Agricultural University of
Norway, Department of Horticulture and Crop
Science
Kåre Årsvoll, Norwegian Plant Protection Institute

PUBLISHER

The journal is published by Infosenteret, The Science Park at Ås, N-1430 Ås, Norway, Norwegian Journal of Agricultural Sciences (ISSN 0801-5341) is published four times a year, each issue containing approximately 100 pages. Four issues comprise one volume. Annual subscription NOK 500,-. Subscribers receive supplement issues free of charge, but these can also be ordered separately through the publisher.

REFEREE

All papers submitted for publication will be sent to one or more competent referees.

CORRESPONDENCE

All Correspondence, editorial or otherwise, should be addressed to the The Science Park at Ås, Infosenteret, N-1430 Ås, Norway.

The drawing on the cover: Kjell Aukrust

ISSN 0801-5333

Norsk landbruksforskning

Norwegian Agricultural Research

Supplement No. 17 1994

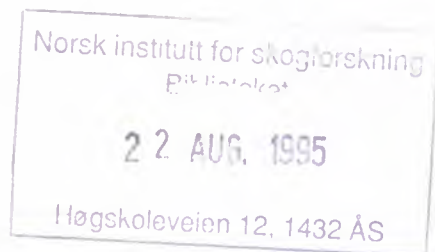
TROND KNAPP HARALDSEN
Holt forskingsstasjon

TORE E. SVEISTRUP
Holt forskingsstasjon

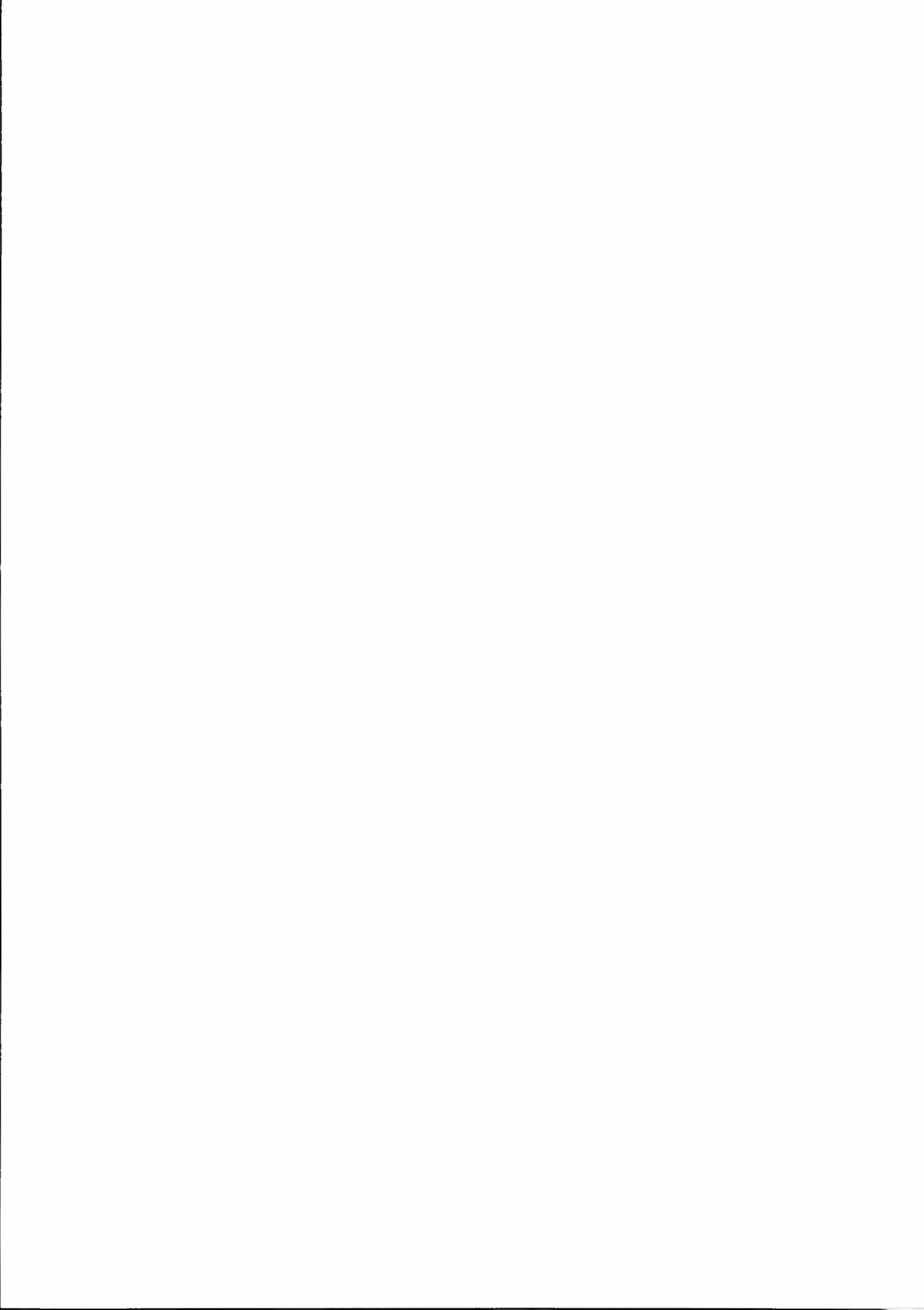
FREDDY ENGELSTAD
JORDFORSK, Senter for jordfaglig miljøforskning

Jordegenskaper og meitemark
i leirjord ved omlegging til
økologiske dyrkingssystemer
i Norge

*Soil properties and earthworm
activity in silt loam and clay
soils in conversion from
conventional to organic
farming systems in Norway*



Norges landbrukshøgskole, Fag tjenesten, Ås, Norge
*Agricultural University of Norway, Advisory Service, Ås,
Norway*



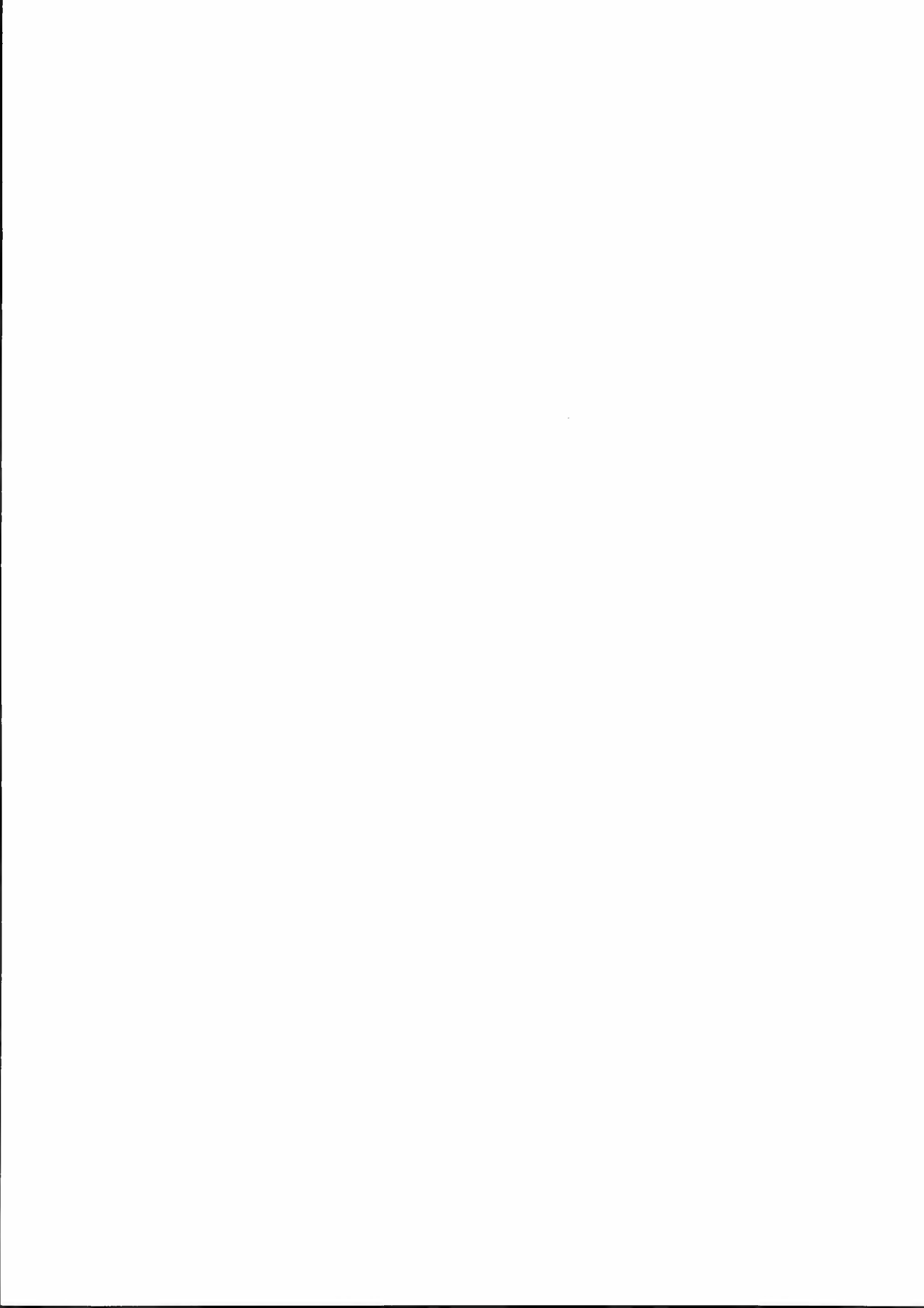
Abstract

Haraldsen, T.K., T.E. Sveistrup & F. Engelstad 1994. Soil properties and earthworm activity in silt loam and clay soils in conversion from conventional to organic farming systems in Norway. Norsk landbruksforskning. Supplement No. 17: ISSN 0802-0914.

A detailed investigation of soil morphology, soil physical and chemical properties, earthworm channels and earthworm species was carried out at three sites in southern and central Norway: Landvik (Grimstad), Agricultural University of Norway (Ås), and Kvithamar (Stjørdal). The sites will be used for experiments in organic farming systems. The soils at all sites were of marine origin; silt loam at Landvik, and silty clay loam and silty clay at the Agricultural University and at Kvithamar respectively. Below the plough layer, roots were restricted to tubular pores and cracks between aggregates. The highest biomass of earthworms was found at Landvik, where *Aporrectodea longa* was the dominant species. Both at the Agricultural University and at Kvithamar the dominant species was *Aporrectodea caliginosa*. The soil at Landvik was very uniform both in physical and chemical soil properties. There was some variation in soil texture at the Agricultural University, but only small variations in soil physical and chemical properties. The clay soil at Kvithamar had a very uniform texture. The topsoil showed some variation in organic C content. In that soil the sloping parts had half the content of soil on the flat parts.

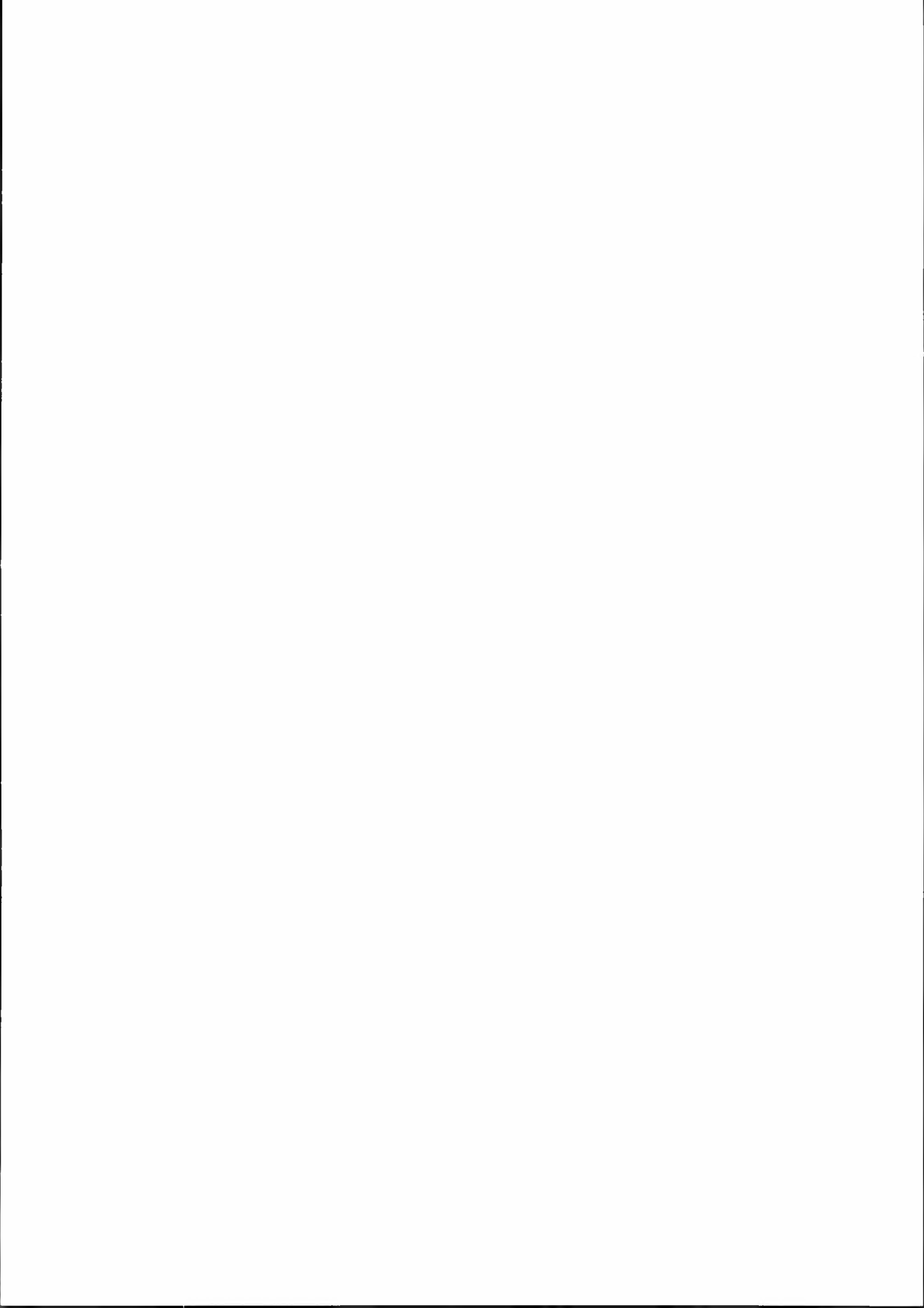
Key words: Earthworms, macropores, soil chemical properties, soil morphology, soil physical properties.

Trond Knapp Haraldsen
Holt Research Station,
P.O. Box 2502
N-9002 Tromsø, Norway



INNHOOLD

	Page
INNLEDNING	7
MATERIALE OG METODER	8
Beskrivelse av de undersøkte områdene	8
Opplegg for jordundersøkelser	11
Fysiske og kjemiske analysemetoder	13
BESKRIVELSER AV JORDEGENSKAPER OG MEITEMARKAKTIVITET	14
Beskrivelse av jorda på Østre Voll ved Norges landbrukshøgskole, Ås	14
Beskrivelse av jorda på Apelsvoll forskingsstasjon, avd. Landvik	22
Beskrivelse av jorda på Kvithamar forskingsstasjon, Stjørdal	29
DISKUSJON	38
SAMMENDRAG	40
LITTERATUR	41



INNLEDNING

Utgangspunktet for etableringen av dyrkingssystemforsøk i Norge var NLVF-utredning 156 (NLVF 1992). I nevnte utredning ble det trukket opp følgende mål for etablering av dyrkingssystemforsøk og forskning innenfor disse:

- å utvikle og forbedre driftsmåter (dyrkingssystem)
- å få større kunnskaper om biologiske samspill i landbruksøkosystem for på det grunnlaget bidra til å utvikle økonomiske og miljømessige gode driftsmåter
- se på landbruksarealene som økosystem og beskrive karakterene ved det

Det nasjonale forskningsutvalget for økologisk landbruk oppnevnte en arbeidsgruppe for å utarbeide forslag til hvordan slike dyrkingssystem skulle etableres og drives i Norge. Arbeidsgruppas rapport ble lagt til grunn for valg av steder og opplegg for dyrkingssystem (Haraldsen 1993). Dyrkingssystemforsøk ble bestemt etablert på tre steder med forskjellig klima, jordsmonn og driftspraksis. Disse var: Østre Voll ved Norges landbrukshøgskole, Ås, Apelsvoll forskingsstasjon, avd. Landvik ved Grimstad, og Kvithamar forskingsstasjon, Stjørdal. Nærmere beskrivelse av disse stedene og hvilke dyrkingssystemer som skal undersøkes, er omtalt av Haraldsen (1993). Steinshamn & Haraldsen (1993) gir en oversikt over dyrkingssystemforsøk i Europa, og metodikken i de norske dyrkingssystemene i Norge blir sett i forhold til tilsvarende forsøk i utlandet.

Før dyrkingssystemene skulle settes i drift, var det nødvendig å gjennomføre en omfattende registrering og kartlegging av fysiske, kjemiske og biologiske forhold i jorda, samt undersøkelser av ugrastilstanden. Det ble tatt utgangspunkt i et dansk opplegg for startkarakterisering (Heidman 1988). Dette opplegget ble vurdert å være for omfattende og kostnadskrevende. Ved vurdering av det norske opplegget ble det lagt vekt på de ulike parametrene biologiske betydning, kostnadene med undersøkelsene og tilgjengelig kompetanse og utstyr for å gjennomføre startkarakteriseringen.

Målene med startkarakteriseringen var:

- å få kunnskap om utgangsposisjonen for viktige parametre
- å få et grunnlag for å plassere forsøk på systemforskningsarealene
- å øke vår generelle kunnskap om jordsmonnegenskapenes arealmessige variasjon

Denne rapporten gir en samlet oversikt over resultatene fra jordundersøkelsene ved Østre Voll, Norges landbrukshøgskole, Apelsvoll forskingsstasjon, avd. Landvik, og Kvithamar forskingsstasjon.

MATERIALE OG METODER

Beskrivelse av de undersøkte områdene

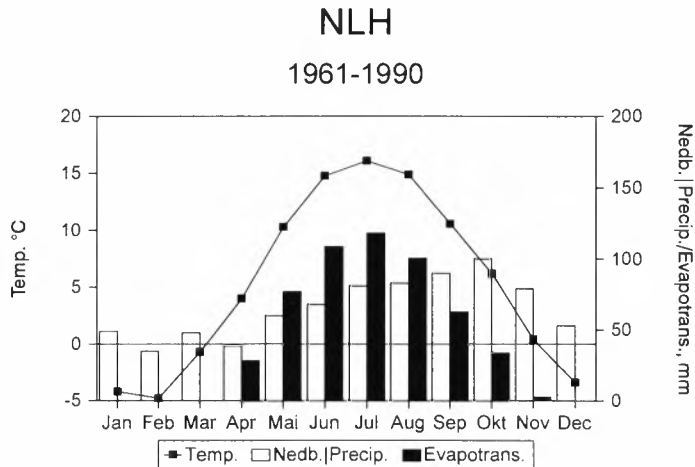
Østre Voll, Norges landbrukshøgskole, Ås

Dyrkingssystemforsøket er etablert på garden Østre Voll i Ås, som ligger rett sør for Vollebekk ved Norges landbrukshøgskole. Hele arealet ligger mellom 68 og 74 m o.h. Området ligger under marin grense og består av marine leiravsetninger. Nord for området ligger en morenerygg som tilhører "Åsmorenen" (Skjeseth 1975).

Jorda på det undersøkte området er av Semb (1975) karakterisert som sand- og grusholdig leire og litt stein- og grusholdig middels stiv leire med ishavsléire som opphavs-materiale. Naturlig dreneringsgrad varierte mellom ikke fullt selvdrenert og dårlig drenert.

Det undersøkte området er lokalisert til skiftene 24-30 og omfatter 43 dekar. Skiftene ble delt i en referansedel (50x30 m) og en forsøksdel (om lag 50x70 m).

Måned- og årsgjennomsnitt for nedbør og lufttemperatur i perioden 1961-1990 framgår av figur 1. Gjennomsnittlig årlig jordtemperatur i 50 cm dybde er beregnet til 6,4°C, 1°C over gjennomsnittlig årlig lufttemperatur, og for sommermånedene juni, juli og august til 14,7°C, 0,6°C under lufttemperaturen i samme periode i henhold til Soil Survey Staff (1975). Dette gir i Soil Taxonomy (Soil Survey Staff 1975) et *Cryic*¹ jordtemperaturregime.



Figur 1. Klimadata for NLH, Ås,; lufttemperatur og nedbør (1961-90) og potensiell evapotranspirasjon (Thornthwaite)

Figure 1. Climatic normals for Ås; air temperature and precipitation (1961-90) and potential evapotranspiration (Thornthwaite)

¹Cryic: Gjennomsnittlig årlig jordtemperatur lavere enn 8°C og for månedene juni, juli og august lavere enn 15°C på jord uten organisk topplag

Jordas fuktighetsregime (Soil Survey Staff 1975) er beregnet ut fra klimadata fra Ås ved hjelp av Newhall Simulation Model (van Wambeke et al. 1986). Beregnet etter denne modellen blir den potensielle evapotranspirasjon (Thornthwaite) for månedene mai-august 405 mm. Nedbørsnormalen i de samme månedene er 292 mm. Dette gir et nedbørunderskudd på 113 mm i normalår fordelt med 17 mm på mai, 41 mm på juni, 37 mm på juli og 18 mm på august. Heldal (1975) oppgir potensiell evapotranspirasjon på 360 mm for perioden mai-august og nedbørunderskudd i månedene mai-juli.

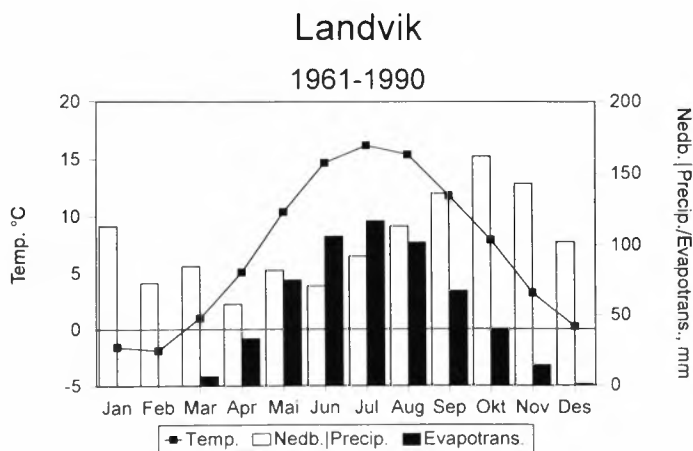
Apelsvoll forskingsstasjon, avd. Landvik, Grimstad

Dyrkingssystemet ved Apelsvoll forskingsstasjon, avd. Landvik i Grimstad, er etablert på teigen Fjæringa som omfatter skiftene Øvre- og Nedre Fjæringa. Skiftene ligger om lag 15 m o.h. Kwartærgeologiske undersøkelser viser at teigen faller innen et område med silt/leirrike og sandholdige lag (Jansen 1981, 1988). Arealet dekker 10,2 dekar. Ut fra tidlige undersøkelser (Ekeberg & Njøs 1970 og Hole & Solbakken 1986) og befaringer høsten 1992, hadde en funnet at jorda på arealet var rimelig ensartet med liten variasjon i naturlig dreneringsgrad, moldinnhold og tekstur. Den dominerende jordtypen på arealet er Hommedal siltig lettleire, ufullstendig til dårlig drenert havavsetning, men en mindre del av Nedre Fjæringa utgjøres av Fjæringa siltig lettleire, ufullstendig til dårlig drenert havavsetning (Hole & Solbakken 1986). Begge disse jordtypene har en viss lagdeling med høyere leirinnhold i dypere lag.

Siden omløpet i dyrkingssystemet som skal undersøkes på Landvik er seksårig, ble teigen Fjæringa delt i seks. Hver av disse seks skiftene ble videre delt i en referansedel og en forsøksdel. Referansedelen dekker et areal på 0,5-0,8 daa, mens forsøksdelen er 1,0-1,5 daa på de ulike rutene.

Måned- og årsgjennomsnitt for nedbør og lufttemperatur i perioden 1961-1990 framgår av figur 2. Jordtemperaturen i 50 cm dybde er beregnet da måleperiodens lengde er for kort til gi sikre gjennomsnittstall. Gjennomsnittlig årlig jordtemperatur er beregnet til 7,9°C, 1°C over gjennomsnittlig årlig lufttemperatur, og for sommermånedene juni, juli og august til 14,8°C, 0,6°C under lufttemperaturen i samme periode i henhold til Soil Survey Staff (1975). Dette gir i Soil Taxonomy (Soil Survey Staff 1975) et *Cryic* jordtemperaturregime, på overgangen til *Mesic*². Dersom temperaturnormalen 1931-1960 hadde blitt brukt som beregningsgrunnlag, ville jordtemperaturregimet blitt *Mesic* (tabell 1).

² Mesic: Gjennomsnittlig årlig jordtemperatur 8-15°C, og større forskjell mellom jordtemp. vinter og sommer enn 5°C.



Måleperiode for nedbør | Period of measurements for precip.: 1961-1987

Figur 2. Klimadata for Landvik; lufttemperatur og nedbør (1961-90) og potensiell evapotranspirasjon (Thornthwaite)

Figure 2. Climatic normals for Landvik; air temperature and precipitation (1961-90) and potential evapotranspiration (Thornthwaite)

Tabell 1. Klassifikasjon av jordtemperaturregime ut fra lufttemperaturdata

Table 1. Classification of soil temperature regimes from air temperature

Normalperiode Period of normals	Lufttemp. gjennomsn. året Mean air temp. Year		Jordtemp. gj.sn. (50 cm) [*] året Mean soil temp. (50 cm) [*] Year		Temp. regime [*] Temp. regime [*]
		jun.-aug. June-Aug.		jun.-aug. June-Aug.	
1931-60	7,1	16,0	8,1	15,4	Mesic
1961-90	6,9	15,4	7,9	14,8	Cryic

^{*} Soil Survey Staff (1975)

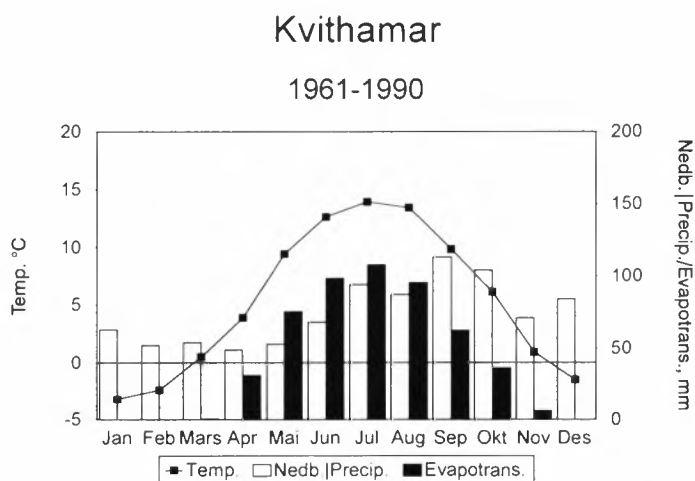
Jordas fuktighetsregime (Soil Survey Staff 1975) er beregnet ut fra klimadata fra Landvik ved hjelp av Newhall Simulation Model (van Wambeke et al. 1986). Dette programmet gir en potensiell evapotranspirasjon (Thornthwaite) for månedene mai-august på 400 mm, mens den i perioden 1967-90 fra fri vannflate er målt til 329 mm på stasjonen (pers. medd. T. Aamlid). Nedbøren i de samme månedene er 358 mm. For månedene juni og juli gir dette et nedbørunderskudd på 35 og 25 mm etter van Wambeke et al. (1986) og 22 og 2 mm etter målinger på stasjonen. De andre sommermånedene har i normalår nedbøroverskudd.

Kvithamar forskingsstasjon, Stjørdal

Det undersøkte området ligger på skifte 8 og 9 på garden Bakken, Kvithamar forskingsstasjon, Stjørdal, og omfatter om lag 18 dekar. Skiftene 8 og 9 ble begge delt i tre, slik at det ble seks skifter. Disse ble videre delt i en referanse- og en forsøksdel. Området ligger

mellom 20 og 25 m o.h. Jorda på Kvithamar ligger i et område med sammenhengende marine avsetninger av siltrik leire (Reite 1983). Innenfor det undersøkte området har Solbakken (1987) beskrevet to leirjordtyper. Begge hadde naturlig dårlig drenering og besto av siltig mellomleire. I forsøkninger ble en type med høyt moldinnhold i ploglaget (svært moldrik) funnet, mens det på rygger og i hellende terreng ble beskrevet en jordtype med moldholdig ploglag.

Måned- og årsgjennomsnitt for nedbør og lufttemperatur i perioden 1961-1990 framgår av figur 3. Gjennomsnittlig årlig jordtemperatur i 50 cm dybde er beregnet til 5,2°C, 1°C over gjennomsnittlig årlig lufttemperatur, og for sommermånedene juni, juli og august til 12,6°C, 0,6°C under lufttemperaturen i samme periode i henhold til Soil Survey Staff (1975). Dette gir i Soil Taxonomy (Soil Survey Staff 1975) et *Cryic* jordtemperaturregime.



Figur 3. Klimadata for Kvithamar (Værnes); lufttemperatur og nedbør (1961-90) og potensiell evapotranspirasjon (Thornthwaite)

Figure 3. Climatic normals for Kvithamar (Værnes); air temperature and precipitation (1961-90) and potential evapotranspiration (Thornthwaite)

Jordas fuktighetsregime (Soil Survey Staff 1975) er beregnet ut fra klimadata fra Værnes ved hjelp av Newhall Simulation Model (van Wambeke et al. 1986). Beregnet etter denne modellen blir den potensielle evapotranspirasjonen (Thornthwaite) for månedene mai-august 377 mm. Nedbørsnormalen i de samme månedene er 302 mm. Dette gir et nedbørsunderskudd på 75 mm i et normalår fordelt med 22 mm på mai, 31 mm på juni, 14 mm på juli og 7 mm på august.

Opplegg for jordundersøkelser

Metodikken for jordundersøkelsene er gjort rede for av Haraldsen (1993). Hovedtyngden av undersøkelsene ble konsentrert om referansedelen og delt i tre detaljeringsnivå (fig. 4):

Nivå 1.

- detaljert beskrivelse av jordprofil, med vertikal- og horisontalsnitt
- sjiktvis uttak av prøver til kjemiske og fysiske analyser i ploglag (Ap-sjikt) og underliggende sjikt (B- og C-sjikt)
- registreringer av meitemark i profilet (antall, biomasse, artssammensetning)

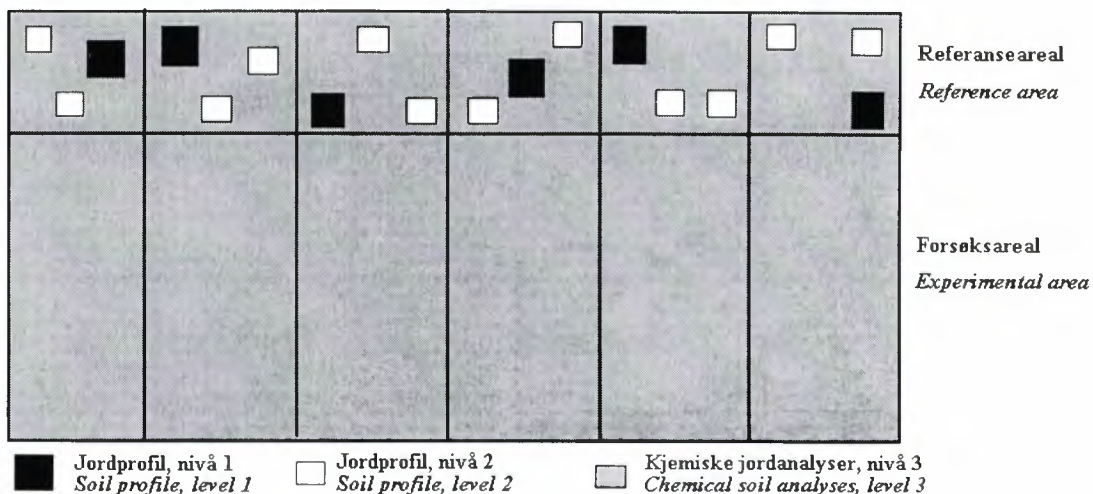
Nivå 2.

- forenklet beskrivelse av jordprofil (småprofil) basert på felt og analysedata
- uttak av prøver til kjemiske og fysiske analyser i to sjikt (ploglag og underliggende lag)
- beskrivelse av meitemark i ploglaget (antall, biomasse, artssammensetning)

Nivå 3.

- kjemiske analyser av matjordlag på referanseareal og forsøksareal

Det ble gjennomført beskrivelse av sju jordprofil på NLH (Voll 1-7) og seks profil både på Landvik (Landvik 1-6) og Kvithamar (Kv 1-6) (opplegg for jordundersøkelser, nivå 1). Det ble tatt ut prøver på 15 småprofil på NLH og 12 småprofil på Landvik og Kvithamar (opplegg for jordundersøkelser, nivå 2). Dessuten ble det tatt ut prøver til kjemiske jordanalyser på hvert skifte på referanse- og forsøksareal (opplegg for jordundersøkelser, nivå 3) (fig. 4).



Figur 4. Skisse av opplegg for jordundersøkelser på dyrkingssystemfelt med seks skifter

Figure 4. Sketch of system for soil investigations at farming system experiments with six great plots

Ved jordprofilbeskrivelsene ble det tatt utgangspunkt i retningslinjer utarbeidet av Sveistrup (1984). I tillegg til standard beskrivelse ble det registrert tubulære makroporer. I kalkulasjon av areal som ble dekket av tubulære makroporer ble følgende gjennomsnittsverdier for porediameter nyttet: fine: 2,5 mm, middels: 5 mm og grove: 7 mm.

Meitemark ble på NLH og Kvithamar registrert på horisontale flater på 50 X 50 cm. Meitemark ble registrert i øvre del av ploglaget (0-10 cm) og nedre del (10 cm - grense mot B-sjikt). I de dype jordprofilene ble også meitemark i undergrunnsjorda registrert der det fantes, mens det i småprofilene bare ble registrert meitemark i ploglaget. På Landvik ble meitemark i ploglaget registrert på horisontale flater på 25 X 25 cm og det ble ikke skilt mellom forekomst av mark i de øverste 10 cm og resten av sjiktet. Under ploglaget ble registreringene gjennomført som for NLH og Kvithamar. Tidspunktet for meitemark-registrering var mai 1993 på Landvik, september 1993 på Kvithamar og oktober 1993 på NLH.

Jordfarge ble bestemt ved hjelp av Munsell fargekort (Munsell 1990) i fuktig (feltkapasitet) og tørr (lufttørr) tilstand. Der ikke annet er angitt, er farge oppgitt for fuktig jord. Fargebestemmelse av tørr jord er utført etter nedknusing.

Ved registreringene på NLH var ploglaget vått under hele feltperioden. For å bestemme konsistens for fuktig jord fra ploglaget, ble derfor jordklumper lagt til avrenning og en viss optørking før bestemmelsen kunne gjennomføres.

Jordprøver fra profilene (nivå 1 og 2) ble tatt ut samtidig med profilbeskrivelsene med unntak av volumfaste prøver fra ploglaget på Landvik. Disse ble tatt ut om høsten etter innhøsting. Alle prøver fra nivå 4 for jordkjemiske analyser ble tatt ut om våren før gjødselspredning.

Fysiske og kjemiske analysemetoder

Kornstørrelsesanalysene ble utført etter pipettemetoden (Elonen 1971). Jordas vannbindings-evne ble bestemt etter standard metode med trykkmembranapparat og materialtetthet i isoproanol/etanolblanding. Porevolum ble beregnet ut fra materialtetthet. Drenerbare porer er for Østre Voll og Kvithamar gitt som differansen mellom vol. % vann ved metning og vol. % vann ved 0,1 bar. Beregningen er her gjort slik på grunn av at oppfukning ga sterk svelling av jorda. Beregning av drenerbare porer som differanse mellom porevolum og vol. % vann ved 0,1 bar ga systematisk for lave verdier og til dels negative verdier. For Landvik forekom ikke tilsvarende svelling og drenerbare porer er gitt som differanse mellom porevolum og vol. % vann ved 0,1 bar. Denne beregningsmåten gir sammenlignbare verdier for drenerbare porer på de ulike stedene. Fysisk nyttbart vann ble bestemt som differanse mellom vanninnhold ved 0,1 og 15 bar for totalt fysisk nyttbart vann og som differanse mellom vanninnhold ved 0,1 og 1 bar for lett fysisk nyttbart vann. Utbyttbare kationer ble bestemt etter Ogner et al. (1975, 1977), organisk karbon ved hjelp av Leco IR 212 Carbon System, total-N som Kjeldahl-N, pH i vann med forhold jord:vann 1:2,5, lettløselige næringsstoffer (AL-løselig) i henhold til Egner et al. (1960) og syreløselig kalium (K-HNO₃) etter Reitemeier et al. (1948).

Jordsmonnet er klassifisert etter Soil Survey Staff (1975, 1992). I dette klassifikasjonssystemet inngår jordfuktighet og jordtemperatur som klassifikasjonskriterier.

BESKRIVELSER AV JORDEGENSKAPER OG MEITEMARKAKTIVITET

Beskrivelse av jorda på Østre Voll ved Norges landbrukshøgskole, Ås

Opphavsmateriale, overflateform og jordart

Hele området består av havavsetninger (ishavsleire) som har en viss innblanding av morenemateriale. Resultater fra jordprofilundersøkelsene er i helhet gjengitt i Sveistrup et al. (1994a).

Før oppdyrking, som fant sted ca. 1830 (pers. medd. Vidar Asheim, Fylkesmannen i Østfold), var hele arealet dekt av bjørkemyr som ble borte i den første del av dyrkingsperioden.

Hele arealet er svakt hellende mot øst (2-6 %) med enkelte flate partier. For de enkelte profilstedene varierte hellingen fra helt flatt ved profil Voll 2 (0 % helling) til svakt hellende ved profil Voll 7 (4 % helling). Ved de andre profilstedene var hellingsgraden 1-3%. Reservearealet sør for det undersøkte arealet har en helling opp mot 12-13%.

Jordsmonnet er nærmest steinfritt. Grusinnholdet var for alle prøver (58 stk) under 12 %, unntatt en som viste 20 %. I de fleste profilene var grusinnholdet høyere i ploglaget enn i underliggende sjikt.

Den dominerende jordarten er mellomleire/siltig mellomleire i ploglaget og med et noe stigende leirinnhold og avtagende sandinnhold med dybden (tabell 7). I ploglaget var jordarten for 19 av 22 prøver mellomleire/siltig mellomleire med et leirinnhold fra 28 til 39 %. De tre resterende prøvene lå enten rett under eller rett over grensa i leirinnhold for å falle i klassen mellomleire. Sandinnholdet var mellom 11 og 25 % for alle prøver, unntatt to. Det var gjennomgående litt høyere sandinnhold i prøvene fra forsøksarealene enn i hovedtyngden av prøvene fra referansearealene. Under ploglaget, i 30-35 cm dybde, var et større antall av prøvene i klassen stiv leire med et lavere sandinnhold enn over. Dette var enda mer utpreget fra 50 cm dybde og nedover.

Hovedprofilene Voll 1, 2 og 7 hadde gjennomgående et noe lavere leirinnhold, spesielt i dybden og et høyere sandinnhold enn de fire andre hovedprofilene.

Dreneringsgrad, grunnvannsnivå og fuktighetsforhold

Jordsmonnet i alle profilene er fra naturens side dårlig drenert. Ved befaring våren 1992 ble det funnet noe variasjon i dreneringsgrad fra dårlig til ufullstendig. Partier med ufullstendig drenert jord finnes på forsøksdelen av arealet. Den første dreneringen med åpne grøfter ble sannsynligvis gjennomført rundt 1830 (pers. medd. Vidar Asheim, Fylkesmannen i Østfold). Hele området er seinere systematisk grøftet med rørgrøfter, og grøftedybden som er 70-85 cm, regulerer grunnvannsnivået. I de profil som ble lokalisert tett inntil grøfter, lå grunnvannsnivået på grøftedybden. I to profil som lå vekk fra rørgrøftene, steg grunnvannet på grunn av kraftig nedbørsperiode, under arbeidet (120 mm i løpet av 11 dager) fra ca 85 cm til 15 og 18 cm. Etter at de kraftige regnværperiodene var over, hadde overflatevann trukket ned i løpet av få timer. Jordsmonnet viste klare trekk på tidvis høy grunnvannstand med grått jordsmonn helt opp til ploglaget og vel utviklede fargeflekker (rustflekker) helt opp til ploglaget.

På grunn av det kraftige regnværet som satte inn samtidig med at arbeidet tok til, var ploglaget vått i alle profilene under jordsmonnbeskrivelsene. Ned gjennom profilet var også sprekkesoner og andre makroporer fylt med fritt vann. Det indre av aggregatene var

derimot bare fuktig da de ikke hadde rukket å bli vannmettet etter en foregående tørr periode. Fuktighetsnivået inne i aggregatene tiltok gjennom arbeidsperioden.

Jordsmonnutvikling og strukturdannelse

Jordsmonnutviklingen var svært lik for alle de 7 beskrevne profilene. Et typisk profil hadde følgende sjiktinndeling:

- | | | |
|----------|-----------|---|
| Ap | 0-25 cm | Mørk brun til mørk grå, moldholdig, mellomleire/siltig mellomleire med sterk strukturutvikling i de øverste 10 cm og moderat i nedre del av ploglaget. Jorda i ploglaget var klebrig og plastisk i våt tilstand. |
| Bwg/BEwg | 25-40 cm | Mørk gråbrun stiv leire/siltig mellomleire med mange fram-tredende gulbrune fargeflekker; moderat utviklet svært grov prismatisk struktur som brytes ned til plate- og/eller blokkstruktur; fast til svært faste strukturaggregater; svært klebrig og plastisk (våt), mange vertikale markganger. |
| Bgt1 | 40-65 cm | Mørk grå stiv leire/mellomleire med mange fram-tredende gulbrune fargeflekker; moderat utviklet svært grov prismatisk struktur som brytes ned til grov platestruktur; svært faste strukturaggregater; svært klebrig og svært plastisk (våt); mange vertikale markganger ned til ca 60 cm dybde; leirfilmer i vertikale porer. |
| Bgt2 | 65-100 cm | Mørk grå stiv leire/mellomleire med mange fram-tredende gulbrune fargeflekker; moderat til godt utviklet svært grov prismatisk struktur som brytes ned til finere prisme- og svært tykk platestruktur; svært til ekstremt faste aggregater; svært klebrig og svært plastisk (våt); enkelte vertikale markganger ned til ca 1 m dybde; leirfilmer på aggregatoverflater. |

Ploglaget varierte fra 23 til 28 cm i tykkelse. I de øverste 10 cm var det en sterk strukturutvikling i partier med mye meitemarkaktivitet, og korn- og grynaggregater dominerende. I de partiene der det var liten meitemarkaktivitet og i nedre del av sjiktet, var strukturutviklingen moderat og avrundet blokk i forskjellig størrelse dominerte. Aggregatene var skjøre til svært skjøre og vil være utsatt for å brytes ned ved ytre påvirkninger som kraftig jordarbeiding, kjørebelastning og av slagregn. Meitemarkaktivitet og rotutvikling var betydelig større i de øvre 10 cm enn i nedre del av sjiktet.

Sjiktene under ploglaget bar preg av et fluktuerende grunnvannsnivå, som har skapt mange og fram-tredende gulbrune fargeflekker i et ellers grått jordsmonn. Fargeflekkene ble større og færre med dybden og jordsmonnet mer grått. Under en kraftig nedbørsperiode som kom mens jordundersøkelsene pågikk, steg grunnvannet i enkelte profil helt opp i ploglaget. Strukturutviklingen i form av grove prismer og til dels videre oppsprekking i plater og skarpkantet blokk, er et resultat av periodevis uttørking av jordsmonnet. Meitemarkaktiviteten har med ganger ned til 60-100 cm bidratt betydelig til poredannelse og

derigjennom drenering av jorda og muligheter for rotutvikling, men i liten grad til strukturutviklingen under ploglaget. Et typisk trekk for jordsmonnet er transport av leir og til dels humuspartikler fra ploglaget og øvre del av B-sjiktet (BEwg) til nedre del av B-sjiktet der det finnes avsatt på aggregatoverflater og i porer. Denne avsetningen av finpartikler nede i profilet fører til et tettere jordsmonn med redusert vanntransport og luftveksling i denne dybden.

Makroporer/markganger

I alle jordprofilene ble tubulære makroporer (meitemarkganger) klassifisert etter diameter på porene og registrert i horisontalsnitt i ca 30 og 45 cm dybde. Antall porer pr m² etter størrelsesklasser og arealdekning i disse snittflatene framgår av tabell 2. Antall makroporer ble også estimert i ploglaget i ca 10 cm dybde, men fuktighetsforholdene gjorde det her ikke mulig å gjennomføre en sikker klassifisering etter størrelsesklasser. Også dypere ned enn 45 cm ble antall makroporer estimert der fuktighetsforholdene ikke hindret dette. Tiltettede makroporer var det ikke mulig å registrere i noen av dybdene på grunn av fuktighetsforholdene.

Tabell 2. Antall tubulære makroporer pr m² på Voll, Norge landbrukshøyskole, etter størrelsesklasse og arealdekning i snittflatene

Table 2. Tubular macropores per m² in soil profiles at Voll, Agricultural University of Norway, in different size classes and covered area

Profil/ sjikt	Dybde cm	1-4 mm	Antall makroporer per m ²		Kamre	Sum alle klasser	Areal makro- porer cm ² /m ²
Profile/ horizon	Depth cm	1-4 mm	4-6 mm	> 6 mm			
			Macropores per m ²			Sum all classes	Area macro- pores cm ² /m ²
		1-4 mm	4-6 mm	> 6 mm	Chambers		
1	BEwg 30	304	72	0	8	384	30
	Bgtl 45	360	280	0	16	656	76
2	BEwg 30	416	94	0	8	518	41
	Bgtl 45	384	216	0	8	608	63
3	Bwg 30	225	95	0	8	328	31
	Bgtl 45	420	170	0	0	590	55
4	Bwg 28	444	204	0	18	666	65
	Bgtl 45	536	160	8	8	712	63
5	Bwg 30	650	370	0	10	1030	108
	Bgtl 45	450	208	0	8	666	66
6	BEwg 28	656	336	0	72	1064	117
	Bgtl 45	504	448	0	8	960	106
7	BEwg 30	504	256	0	8	768	77
	Bgtl 45	576	312	0	23	920	94
Gj.sn./mean							
	ca. 30	457	204	-	19	680	67
	45	461	256	-	11	730	75

I ploglaget varierte antall markganger fra knapt 100 til over 500 pr m². Det er sannsynlig at antallet er underestimert da fuktighetsforholdene gjorde det vanskelig å renske registreringsflatene. Markgangene utgjorde i denne dybden fra knapt 0,1 til 0,5 % av registreringsflatene.

I ca. 30 cm dybde varierte antall markganger fra 328 til 1064 pr m² for de forskjellige profilene. I gjennomsnitt var det 680 markganger pr m². I areal utgjorde dette i gjennomsnitt for alle profilene 67 cm²/m², med en variasjon fra 30 til 117 cm²/m². Det utgjorde i gjennomsnitt 0,7 % av snittflata med en variasjon fra 0,3 til 1,2 %. De fine porene (1-4 mm) utgjorde hele 67 % av antallet (457 porer) og 34 % av arealet og middels porer (4-6 mm) 30 % av antallet (204 porer) og 61 % av arealet. Grove makroporer (> 6 mm) ble ikke funnet i denne dybden. Det ble derimot funnet markkamre i alle profil i denne dybden, i gjennomsnitt 19 pr m² og mange av kamrene hadde meitemark (tabell 2).

I 45 cm dybde var antall markganger litt høyere enn i 30 cm dybde. Det gjaldt både for fine og middels meitemarkganger. I et av profilene ble det også registrert et lite antall grove markganger. I gjennomsnitt var det totale antall markganger 730 pr m² og det utgjorde 75 cm²/m², også dette litt mer enn i 30 cm dybde.

I alle profilene avtok mengden av meitemarkganger raskt under 50 cm. I 5 av de 7 profilene (profil 1-5) ble det registrert meitemarkganger ned til 60-70 cm dybde, mens det for profilene 6 og 7 ble registrert markporer ned til ca 1 m. Også i disse profilene avtok antallet raskt under 60 cm dybde. I alle profilene var det under 50 cm dybde forholdsvis flere middels meitemarkganger og færre fine enn høyere oppe i profilet.

Registreringer av meitemark

Det ble i alt funnet fem arter meitemark ved registreringene på Voll. Disse var *Allolobophora chlorotica*, *Aporrectodea caliginosa*, *Aporrectodea longa*, *Aporrectodea rosea* og *Lumbricus rubellus* (tabell 3). *A. caliginosa* var dominerende art og utgjorde 61 % av individene og 67 % av meitemarkbiomassen. *L. rubellus* var også godt representert i materialet. Denne arten utgjorde 14 % både på individ og vektbasis. Både *A. chlorotica* og *A. rosea* var representert med et betydelig antall, men grunnet størrelsen utgjorde de bare en liten del av biomassen (4 % hver). Om lag 10 % av meitemarkbiomassen var fragmenter som ikke kunne bestemmes til art.

Tabell 3. Forekomst og biomasse av ulike meitemarkarter på Voll, Norges landbrukshøgskole
Table 3. Number and biomass of different earthworm species at Voll, Agricultural University of Norway

	A. chlor.	A. calig.	A. longa	A. rosea	L. rubel.	Fragm.	Sum
Vekt/weight, g	5,34	94,68	1,36	6,24	19,72	13,69	141
Vekt/weight %	3,8	67,1	1,0	4,4	14,0	9,7	100
Ant. ind./number	34	206	6	41	46	4	337
Ant./number, %	10,1	61,1	1,8	12,2	13,7	1,2	100

Meitemarkbiomassen var i gjennomsnitt 30 g/m². I småprofil 8 på skifte 27 ble det ikke funnet meitemark, mens det var 72 g/m² levende mark på rute 5 på skifte 26 som største registrerte meitemarkbiomasse. På rutene 25 og 26 var det klart mer meitemark enn gjennomsnittet og det var tilsvarende mindre på rutene 27 og 28. Det var omtrent like stor variasjon i meitemarkbiomasse innen de enkelte skifter som mellom skifter (tabell 4).

Tabell 4. Biomasse av meitemark på de enkelte prøveruter på Voll, Norges landbrukshøgskole
Table 4. Biomass of earthworms at sampling plots at Voll, Agricultural University of Norway

Prøverute	Profil	0-10 cm	Frisk vekt (g/m ²) 10 cm - B-sjikt	B-sjikt	Biomasse gram/m ²
Plot number	Profile	0-10 cm	Fresh weight (g/m ²) 10 cm - B-horizon	B-horizon	Biomass g/m ²
24r	Småp. 1	2,8	5,6		8,4
	Voll 1-93	28,4	5,2	8,8	42,4
	Småp. 2	10,4	8,4		18,8
25r	Småp. 3	37,6	16,4		54,0
	Småp. 4	15,6	4,4		22,0
	Voll 2-93	28,8	16,4	3,2	48,4
26r	Småp. 5	60,4	12,0		72,4
	Småp. 6	28,0	10,4	4,4	42,8
	Voll 3-93	39,2	7,6	6,0	52,8
26f	Småp. 13	31,2	5,6		36,8
27r	Småp. 7	5,6	0,0		5,6
	Voll 4-93	28,0	13,2	4,8	46,0
	Småp. 8	0,0	0,0		0,0
28r	Voll 5-93	3,2	8,8	2,0	14,0
	Småp. 9	3,6	0,4		4,0
	Småp. 10	11,2	7,6		18,8
28f	Voll 7-93	35,2	2,4	2,0	39,6
29r	Småp. 11	17,6	11,6		29,2
	Voll 6-93	22,4	4,0	10,8	37,2
	Småp. 12	12,4	2,4		14,8
29f	Småp. 14	10,8	2,0		12,8
Gjennomsnitt					29,6

Hovedtyngden av meitemarken ble funnet i ploglaget og det var mest mark i de øverste 10 cm. Under ploglaget ble det bare funnet *A. caliginosa* og *A. longa*. Disse ble i stor grad funnet sammenrullet i meitemarkkamre. Artene *A. chlorotica*, *A. rosea* og *L. rubellus* ble hovedsaklig funnet i de øverste 10 cm av jorda.

Rotutvikling

Rotutviklingen var relativt lik for alle profilene. I ploglaget var det markert forskjell i rotutviklingen i de øverste 10 cm sammenlignet med nedre del av sjiktet. Fra 0-10 cm var røttene jevnt fordelt i hele jordmassen og det var i alle profilene svært mange svært fine og fine røtter, og noen middels. I nedre del av ploglaget var rotmengden betydelig mindre, mange svært fine og fine og få middels, og det var en større konsentrasjon av røtter mellom strukturaggregatene (klumper etter jordarbeiding) enn inne i aggregatene.

Under ploglaget var nesten alle røtter lokalisert til de tubulære makroporene, først og fremst meitemarkganger, og til sprekkesoner mellom strukturaggregatene. I sprekkesonene kunne røttene iblant forekomme som rotmatter. Det ble registrert bare svært fine og fine røtter under ploglaget. Fra ploglaget og ned til ca 40 cm dybde var det noen til få svært fine og fine røtter, mens det dypere ned var få svært fine. Nesten all rotutvikling stoppet i samme dybde som meitemarkaktiviteten, dvs. 60-70 cm dybde, men i profil 6 og 7 ble det registrert enkelte røtter ned til vel 1 m dybde.

Organisk karbon

Innholdet av organisk karbon i ploglaget viste liten variasjon mellom forsøks- og referanseareal og innen disse arealene. Gjennomsnittsverdiene på henholdsvis på 2,4 og 2,3 % med variasjon fra 2,0 til 2,5 % (tabell 5). Matjordprøvene fra jordprofilene viste litt større variasjon (tabell 6). Det var en tendens til at innholdet av organisk karbon avtok med økende pløedybde (Sveistrup et al. 1994a). Under ploglaget sank innholdet av org. C til 0,3 og 0,2 %.

Tabell 5. Kjemiske jordanalyser fra ploglag (0-20 cm) på Voll, Norges landbrukshøgskole, største og minste verdi i parentes (referanseareal N=7, forsøksareal N=7)

Table 5. Chemical soil analyses of plough layer (0-20 cm) at Voll, Agricultural University of Norway, maximum and minimum values in parentheses (reference area N=7, experimental area N=7)

	pH g/100g	P-AL g/100g	K-AL g/100g	Mg-AL g/100g	Ca-AL g/100g	K-HNO ₃ %	Org. C %	Tot. N
Referanseareal <i>Reference area</i>	6,6 (6,4-7,0)	7 (7-9)	18 (13-22)	16 (9-22)	270 (200-441)	110 (92-119)	2,3 (2,0-2,5)	0,24 (0,21-0,30)
Forsøksareal <i>Experim. area</i>	6,7 (6,5-6,9)	8 (7-9)	18 (12-22)	13 (7-20)	284 (217-339)	96 (76-117)	2,4 (2,1-2,5)	0,28 (0,22-0,39)

Næringstilstand og surhetsgrad

Ploglaget på hele arealet var svært ensartet med hensyn til næringstilstand og surhetsgrad. Området ble sist kalket våren før undersøkelsene startet, og det ble funnet uoppløste kalkklumper enkelte steder på arealet. pH i prøvene tatt ut om våren lå i området 6,4-7,0 og med tilnærmet samme variasjon på forsøks- og referanseareal. Prøvene tatt ut om høsten i forbindelse med profilundersøkelsene lå om lag en halv pH-enhet lavere. Ca-AL verdiene var 200 eller mer og det var godt i samsvar med pH-verdiene (Sveistrup et al. 1994a). Mengden ombyttbare kationer var i gjennomsnitt 17 me pr 100 g jord. Basemetningsgraden

var i gjennomsnitt 76 % med en variasjon fra 53 til 99 % (tabell 6). Forskjellene i pH i jordprøvene fra vår- og høstuttak og variasjonen i basemetningsgrad kan i stor grad forklares med virkningene av siste kalking og uoppløst kalk. Analyseverdiene for lettløselig fosfor (P-AL) og lettløselig og syreløselig kalium (K-AL og K-HNO₃) viste at tilstanden for alle næringsstoffene var god (klasse 3, Landbrukets Analysesenter) på hele arealet og det var ingen forskjell mellom referanse- og forsøksareal (tabell 5). Tilstanden for lettløselig magnesium (Mg-AL) var meget god til god over hele arealet (klasse 4 og 3). C/N-forholdet lå i området 9 til 10 både på referanse- og forsøksareal.

Tabell 6. Kjemiske jordanalyser fra jordprofiler på Voll, Norges landbrukshøgskole, største og minste verdi i parentes

Table 6. Chemical soil analyses of soil profiles at Voll, Agricultural University of Norway, maximum and minimum values in parentheses

Sjikt	Dybde cm	Ant. prøver	pH (H ₂ O)	Org. C %	Ombyttb. kationer me/100g	Basemetn. %
Horizon	Depth cm	Number of samples	pH (H ₂ O)	Org. C %	CEC me/100g	Base sat. %
Ap	0- 25	22	6,1 (5,8-6,7)	2,0 (1,3-2,5)	17,0 (12,6-21,2)	76 (53-99)
Bwg/BEwg	25- 40	22	6,0 (5,2-6,8)	0,3 (0,2-0,5)	15,5 (8,0-20,9)	77 (30-88)
Bgt1	40- 65	7	6,7 (6,4-6,9)	0,2 (0,2-0,3)	17,9 (16,5-20,1)	90 (85-93)
Bgt2	65-100	7	7,1 (7,0-7,3)	0,2 (0,2-0,3)	16,4 (12,6-18,2)	92 (88-96)

Retten under ploglaget lå pH i området 5,2 til 6,8 og den steg gradvis til i overkant av 7,0 fra ca 70 cm dybde. Basemetningsgraden rett under ploglaget lå på samme nivå som i ploglaget med en variasjon fra 57 til 88 %, med unntak av en prøve på 30 %. Dypere enn 40 cm hadde alle prøvene basemetningsgrad i området 85 til 96 % (tabell 6). Variasjonene i basemetningsgrad under ploglaget ser ut til å ha sammenheng med tekturen. Der det var stiv leire var basemetningsgraden alltid høyere enn 80 %, mens det med høyere sandinnhold og lavere leirinnhold ble større variasjon i basemetningsgraden. Småprofil 15 på skifte 30, som var vesentlig bedre drenert og hadde et mer forvitret B-sjikt enn øvrige profiler, hadde en basemetningsgrad på 30 % i B-sjiktet (letteire, 23 % leir).

Jordas fysiske tilstand

En sammenstilling av fysiske analysedata framgår av tabell 7. Variasjonene i kornstørrelsesfordeling er diskutert under avsnittet *Opphavsmateriale og jordart*.

Tabell 7. Fysiske parametre for de enkelte sjikt på Voll, Norges landbrukshøgskole. Gjennomsnittsverdier og i parentes variasjonsbredden for enkeltverdiene (N=21 (N=22 for kornstørrelsesfordeling) i Ap- og Bwg/BEwg-sjiktene, N=7 for Bgt1- og Bgt2-sjiktene)

Table 7. Physical properties for different soil horizons at Voll, Agricultural University of Norway. Mean values and max./min. in parentheses (N=21 (N=22 for particle size distribution) in Ap and Bwg/BEwg-horizon, N=7 in Bgt1 and Bgt2-horizons)

	Sjikt/horizon			
	Ap (0-25 cm)	Bwg/BEwg (25-40 cm)	Bgt1 (40-65 cm)	Bgt2 (65-100 cm)
<i>Kornstørrelsesfordeling/Particle size distribution</i>				
Sand/sand (vekt/weight, %)	19 (11-36)	13 (5-34)	8 (2-17)	7 (1-13)
Silt/silt (vekt/weight, %)	47 (39-57)	49 (42-60)	48 (46-53)	47 (36-54)
Leir/clay (vekt/weight, %)	34 (24-43)	38 (23-56)	44 (36-51)	46 (35-64)
Jordtetthet/bulk density (g/cm ³)	1,4 (1,3-1,5)	1,6 (1,5-1,7)	1,6 (1,5-1,7)	1,6 (1,5-1,6)
<i>Porevolum/volume of pores (% , v/v)</i>				
Totalt/total	45 (41-47)	37 (34-40)	38 (36-40)	39 (36-42)
Drenerbart/airfilled	8 (5-10)	5 (4- 6)	5 (3- 6)	4 (3- 5)
Som markganger/earthworm channels		0,7 (0,3-1,2)	0,8 (0,6-1,1)	
<i>Fysisk nyttbart vann (vol. %)/Physical available water (% , v/v)</i>				
Totalt/total	23 (19-26)	11 (7-14)	9 (7-11)	9 (8-10)
Lett tilgjengelig/easy available	4 (3- 7)	2 (1- 4)	3 (2- 3)	2 (1- 4)

Jordtettheten i ploglaget var 1,4 g/cm³ med en variasjon på $\pm 0,1$ g/cm³. Det totale porevolumet var i gjennomsnitt 45 % med en variasjon fra 41-47 %. Andelen drenerbare porer varierte fra 5 til 10 % med en gjennomsnittsverdi på 8 %.

Under ploglaget var jordtettheten jevn med liten variasjon mellom de forskjellige sjikt og mellom de forskjellige profil. I gjennomsnitt for alle profil lå den på 1,6 g/cm³ for alle sjikt med en variasjon på $\pm 0,1$ g/cm³ eller mindre. Det totale porevolumet var i sjiktene under ploglaget i gjennomsnitt fra 37 til 39 % for de forskjellige sjikt. Andelen drenerbare porer var i gjennomsnitt 5 % i de øverste undergrunnsjiktene og 4 % i det dypeste. Andel drenerbare porer i undergrunnen varierte fra 3 til 6 %.

Rett under ploglaget (Bwg/BEwg-sjiktet) utgjorde markgangene fra 0,3 til 1,2 % av porevolumet for de ulike sjikt, og i ca 45 cm dybde (Bgt1-sjiktet) fra 0,6 til 1,1 %. I prosent av de drenerbare porene utgjorde dette i Bwg/BEwg-sjiktet fra 6 til 24 %, og i sjiktet under fra 12 til 22 %. Markgangene har en større betydning for jordas egenskaper med hensyn til drenering, luftveksling og rotutvikling enn andelen tilsier da de er kontinuerlige vertikale porer.

Mengden av totalt fysisk nyttbart vann i ploglaget lå i gjennomsnitt på 23 % med en variasjon fra 19 til 26 %. Under ploglaget lå gjennomsnittsverdien på ca 10 %. Fysisk lett nyttbart vann lå i ploglaget på 4 % og dypere ned på 2 til 3 %. Ved å regne ut fra gjennomsnittsverdiene for fysisk nyttbart for de enkelte sjikt og gjennomsnittsverdi for tykkelse på sjiktene, får en total 98 mm vann fysisk nyttbart vann i profilet. En nytter da 65 cm som nedre avgrensning da det alt vesentlige av markganger og rotutvikling stopper i den dybden. Av dette er 21 mm fysisk lett nyttbart vann (Sveistrup et al. 1994a).

For di planterøttenes utviklingsmuligheter er begrenset til åpne og fylte markganger og sprekkesoner, vil plantetilgjengelig vann være mindre enn mengden av fysisk nyttbart vann under ploglaget på dette arealet.

Klassifikasjon

Alle profilene klassifiseres som *Typic Endoaqualfs* (Alfisol) (Soil Survey Staff 1992). Det vil si fuktig til vått jordsmonn med leirnedvasking fra topplaget og anrikning i B-sjiktet i form av leirfilmer på aggregatoverflater og i makroporer. Leiranrikningen fører til redusert vanninfiltrasjonskapasitet for nedre del av B-sjiktet.

Beskrivelse av jorda på Apelsvoll forskingsstasjon, avd. Landvik

Opphavsmateriale, områdeform og jordart

Hele området består av havavsetninger avsatt i fjordbasseng. Dette gjenspeiles i lagdelingen i avsetningene, et høyt silt- og finsandinnhold og et varierende leirinnhold. Resultater fra jordprofilundersøkelsene er i helhet gjengitt i Haraldsen et al. (1994).

Området heller svakt mot sørvest og vest. Øvre Fjæringa (ØF) har under 6 % helling, mens det var helling opp mot 8-10 % på deler av Nedre Fjæringa (NF). Hellingsgraden på profilstedene varierte fra 1-2 % for profil 1, til 6 % for profil 6. Ved de resterende profilstedene var det en helling på 3-4 %.

Jordsmonnet var nærmest fritt for grus og stein. I ploglaget var det liten variasjon i leirinnholdet profilene imellom, fra 11 til 16 % (tabell 13). Med denne variasjonen er teksturen i grenseområdet mellom siltig lettleire og sandig silt. Grensen for siltig lettleire er et leirinnhold på 12 % eller høyere.

På *Øvre Fjæringa* var det siltig mellomleire rett under ploglaget og ned til omlag 50 cm dybde, med unntak av to prøvesteder (ØF 25 og ØF 48). Dypere ned var det siltig lettleire/sandig silt. På *Nedre Fjæringa* ble det i alle profil og prøvesteder registrert siltig lettleire i sjiktet under ploglaget og ned til ca 50 cm. Under denne dybden varierte leirinnholdet, men i alle profil ble det registrert lag med siltig mellomleire. Profil 6 skilte seg til en viss grad ut fra resten av jordsmonnet på Nedre Fjæringa med et kontinuerlig lag av siltig mellomleire fra 55 cm og ned til mer enn 1 m.

Dreneringsgrad, grunnvannsnivå og fuktighetsforhold

Jordsmonnet i alle profilene er fra naturens side dårlig drenert. Hele området er systematisk grøftet. Grunnvannsnivået var da beskrivelsene fant sted fra 1,2 m til 2,0 m. På grunn av dette leirlag ned gjennom profilet, viste alle profil tegn på stagnerende oksygenfritt vann i deler av vekstperioden i form av vel utviklede fargeflekker (rustflekker) helt opp til ploglaget og konkresjondannelse i Bg-sjiktet og til dels Cg-sjiktet i 3 av profilene.

Konkresjonene var delvis som tykkveggede rør rundt relikte røtter. Jordsmonnet var fuktig helt fra toppen og ned til sonen påvirket av grunnvannet. Det var skjedd lite uttørring i ploglaget forut for jordundersøkelsene da området var vegetasjonsfritt.

Profil Landvik 6 viste en tendens til bedre naturlig drenering enn de øvrige profilene da fargeintensiteten (chroma) i Bg-sjiktet var litt høyere enn i de øvrige profilene.

Jordsmonnutvikling og strukturdannelse

Jordsmonnutviklingen var svært lik for alle seks profilene. Et typisk profil hadde følgende sjiktinndeling:

Ap	0-30 cm	Svært mørk gråbrun, moldholdig, siltig leitleire med moderat strukturutvikling av blokk og gryn i alle størrelsesklasser.
Bg	30-50 cm	Gråbrun siltig mellomleire med mange fremtredende sterkt brune fargeflekker, noen av fargeflekkene harde (konkresjoner), svakt utviklet struktur av grov/svært grove prismer som lett kunne brytes ned i plate- eller blokkstruktur, mange vertikale markganger.
Cg	50-100 cm	Gråbrun siltig leitleire med mange sterkt brune fargeflekker. Svak tendens til prismatisk struktur som brytes ned til grov og svært grov skarpkantet blokk, noen vertikale markganger i øvre halvdel av sjiktet.

Ploglaget varierte fra 25 til 35 cm i tykkelse. Det var svært løst etter pløying og lett harving, og kan derfor komprimeres gjennom videre jordarbeiding og bli noe tynnere.

I alle profilene var det i ploglaget en moderat strukturutvikling der avrundet blokk av varierende størrelse og gryn dominerte. Mengden av grynaggregater varierte med meitemarkaktiviteten på stedet. Aggregatene var svært skjøre/skjøre og vil være utsatt for å brytes ned ved ytre påvirkning som kraftig jordarbeiding, kjørebeltbelastning og slagregn når det er vegetasjonsfritt.

Under ploglaget var det et Bg-sjikt ned til omlag 50 cm dybde (varierende fra 49 til 57 cm). Strukturutviklingen i dette sjiktet var moderat til svak i alle profilene. Den primære strukturutviklingen var grov og svært grov prismatisk med en varierende grad av videre oppdeling i blokk- og platestruktur og litt kornstruktur. Strukturaggregatene viste en fast til skjør konsistens i fuktig tilstand, avhengig av leirinnhold og meitemarkaktivitet. Klebrigheit og plastisitet i våt tilstand varierte med leirinnhold fra svakt klebrig og svakt plastisk til klebrig og plastisk.

Dypere ned enn 50 cm, i Cg-sjiktet, var det liten eller ingen strukturutvikling med unntak av profil 6 der det var prismatisk og blokkforma struktur. I de andre profilene var det massivt eller en svak oppsprekking i svært grove prismer. Klumper som ble brutt løs, var faste.

I fire av profilene (Landvik 1, 4, 5 og 6) ble det registrert leir og leir/humusbelegg på innsiden av markganger og på aggregatoverflater i sprekkesoner som et resultat av nedvasking av leir og leir/humuskomplekser fra ploglaget. Avsetningene var tykke i øvre del av Cg-sjiktet.

Makroporer/markganger

I alle jordprofilene ble tubulære makroporer og gjenfylte tubulære makroporer klassifisert og registrert i horisontalsnitt i ca 40 cm dybde (Bg-sjiktet) og i ca 60 cm dybde (Cg-sjiktet). Antall porer pr m² etter størrelsesklasser og arealdekning i snittflatene i Bg og Cg-sjiktene framgår av tabell 8. I profil 1 og 4 var siste pløying grunnere enn maksimal pløyedybde. Her ble det utført registreringer også i nedre del av ploglaget, i 30 cm dybde (Ap2). I ploglaget etter foregående høsts pløying var makroporerregistreringer ikke mulig.

Tabell 8. Antall tubulære makroporer pr m² i profilene på Landvik etter størrelsesklasse og arealdekning i snittflateneTable 8. Tubular macropores per m² in soil profiles at Landvik in different size classes and covered area

Profil/ sjikt	Dybde cm	Antall makroporer per m ²				Gjenfylte total	Areal makro- porer cm ² /m ²	
		1-4 mm	Åpne 4-6 mm	> 6 mm	Total		Åpne	Gjenfylte
<i>Profile/ horizon</i>	<i>Dybde cm</i>	<i>Macropores per m²</i>				<i>Filled total</i>	<i>Area macro- pores cm²/m²</i>	
		<i>1-4 mm</i>	<i>Open 4-6 mm</i>	<i>> 6 mm</i>	<i>Total</i>		<i>Open</i>	<i>Filled</i>
1	Bg 38	292	260	12	564	192	72	38
	Cg 60	36	88	12	136	360	25	72
2	Bg 38	492	280	36	808	360	95	72
	Cg 60	172	176	36	384	144	58	29
3	Bg 31	224	212	12	448	228	58	46
	Cg 57	116	208	24	348	172	57	34
4	Bg 40	892	324	88	1312	812	143	162
	Cg 60	664	172	72	908	268	94	54
5	Bg 37	316	152	12	480	632	51	126
	Cg 58	80	140	56	276	80	53	16
6	Bg 40	308	152	36	496	856	59	171
	Cg 60	152	180	40	372	76	59	15
Gj.sn./mean								
	Bg	421	230	33	685	513	80	103
	Cg	203	161	40	404	183	58	37

I nedre del av ploglaget ble det registrert 115 og 248 markganger pr m² i de to profilene. Det utgjør henholdsvis 0,2 og 0,5 % av registreringsflatene (Haraldsen et al. 1994).

I Bg-sjiktet varierte antall åpne tubulære makroporer i de forskjellige profilene fra 448 til 1312 pr m² med et gjennomsnitt på 685. I areal utgjorde dette i gjennomsnitt for alle profilene 80 cm²/m², med en variasjon fra 51 til 143 cm²/m². Det utgjorde 0,8 % av snittflata med en variasjon fra 0,5 til 1,4 %. De fine porene (1-4 mm) utgjorde hele 62 % av antallet (421 porer) og 26 % av arealet, middels porer (4-6 mm) 34 % av antallet (230 porer) og 58 % av arealet (46 cm²/m²) og de grove (>6 mm) 5 % av antallet (33 porer) og 16 % av arealet (13 cm²/m²).

I sjiktet under (Cg) var det totale antall tubulære makroporer lavere. For de fine porene var det er mer enn en halvering. Også for middels porer var det en viss reduksjon mens det for grove var en liten økning. Porene dekket i dette sjiktet et areal som var 25-30 % mindre enn i sjiktet over.

Det ble i gjennomsnitt registrert 513 gjenfylte porer pr. m² i Bg-sjiktet. Det er 3/4 av antall åpne porer i samme sjikt og reduksjonen var størst for de fine porene. I areal er de gjenfylte porene beregnet til å dekke 103 cm²/m², nesten 30 % større areal enn av åpne. I Cg-sjiktet var antall gjenfylte porer 183 pr m² og dekket et areal på 37 cm²/m².

Tubulære porer, både åpne og gjenfylte, avtok raskt under 60-70 cm dybde, men ble registrert ned til 80-85 cm i alle profilene med unntak av profil 6 der de ble registrert helt ned til 110-120 cm dybde.

Registreringer av meitemark

Det ble i alt funnet seks arter av meitemark ved registreringene på Landvik. Disse var *Allolobophora chlorotica*, *Aporrectodea caliginosa*, *A. longa*, *A. rosea*, *Lumbricus terrestris* og *L. rubellus*. *A. longa* og *A. caliginosa* var de dominerende artene. Disse utgjorde 78 % av individene og 66 % på vektbasis. *A. longa* utgjorde alene 41 % av individene og halvparten av total meitemarkbiomasse. Det var også betydelig tilstedeværelse av *Lumbricus*-artene *L. terrestris* og *L. rubellus*. En oversikt over forekomst av de ulike meitemarkartene er gitt i tabell 9. Fragmenter av meitemark som ikke kunne bestemmes omfattet 9,6 %.

Tabell 9. Forekomst og biomasse av ulike meitemarkarter på Fjæringa, Landvik
Table 9. Number and biomass of different earthworm species at Fjæringa, Landvik

	A. chlor.	A. calig.	A. longa	A. rosea	L. terr.	L. rubel.	Fragm.	Sum
Vekt, g Weight, g	1,08	21,02	69,86	0,08	22,92	10,35	13,15	138,5
Vekt % Weight, %	0,8	15,2	50,5	0,1	16,6	7,5	9,6	100
Ant. ind. Number	5	60	66	1	12	17		161
Ant % Number, %	3,1	37,3	41,0	0,6	7,5	10,6		100

Det var stor variasjon i mengde meitemark på de ulike prøverutene. På prøverute ØF 7 ble det ikke funnet meitemark (< 16 individer/m²), mens det var over 200 g/m² levende mark på rutene NF 24, NF 33 og NF 40 (tabell 10).

Hovedtyngden av meitemarken ble funnet i ploglaget. Unntak fra dette er profil Landvik 2 (ØF 36) der fem voksne meitemark ble funnet rett under ploglaget (3 *A. longa*, 1 *A. caliginosa* og 1 *L. terrestris*) og profil Landvik 4 (NF 11) der tre voksne individer av *L. terrestris* ble funnet under ploglaget, en i Bg-sjiktet og to i Cg-sjiktet. En oversikt over biomasse av meitemark på de forskjellige prøverutene er gitt i tabell 10.

Som vist i tabell 10 var det ingen systematiske forskjeller i meitemarkbiomasse mellom Øvre og Nedre Fjæringa.

Tabell 10. Biomasse av meitemark på de enkelte prøveruter på Fjæringa, Landvik
Table 10. Biomass of earthworms at sampling plots at Fjæringa, Landvik

Prøverute	Frisk vekt (g/m ²) ploglag	Frisk vekt (g/m ²) undergrunn	Biomasse g/m ²
<i>Plot number</i>	<i>Fresh weight (g/m²) plough layer</i>	<i>Fresh weight (g/m²) subsoil</i>	<i>Biomass g/m²</i>
ØF 3, Landvik 1	189	2	191
ØF 7	0		0
ØF 15	158		158
ØF 25	78		78
ØF 26	61		61
ØF 29, Landvik 3	184	15	199
ØF 36, Landvik 2	66	51	117
ØF 44	80		80
ØF 48	170		170
Gj. snitt/mean ØF			117
NF 4	10		10
NF 11, Landvik 4	18	44	62
NF 19	50		50
NF 24	200		200
NF 25, Landvik 5	158	0	158
NF 30	54		54
NF 33	227		227
NF 37	77		77
NF 39, Landvik 6	58	12	70
NF 40	242		242
Gj. snitt/mean NF			115

Rotutvikling

I ploglaget var det ingen rotaktivitet på grunn av pløying og jordarbeiding. Under ploglaget ble det registrert rotaktivitet etter tidligere vekst lokalisert til sprekkesonene mellom aggregatene og markgangene, åpne og gjenfylte. I alle sprekkesoner og i de fleste markganger var det rotvekst. Inne i aggregatene var det ingen røtter. Mengden av røtter under ploglaget er derfor på hele arealet bestemt av intensiteten i strukturdannelse og meitemarkaktivitet og varierte for de enkelte profil i henhold til dette.

Rotutvikling ble registrert til samme dybde som meitemarkaktiviteten, det vil si 80-85 cm i alle profil, med unntak av profil 6 der den gikk helt ned til 110-120 cm dybde.

Organisk karbon

Innholdet av organisk karbon i ploglaget viste liten variasjon mellom referanse- og forsøksareal med gjennomsnittsverdier på henholdsvis 3,3 og 3,2 %. Laveste verdi var 2,5 % og høyeste var 3,9 % (tabell 11). Det var imidlertid en gradient med svakt fallende innhold av organisk C fra den øvre delen av Øvre Fjæringa til nedre delen av Nedre Fjæringa. Gjennomsnitt av samtlige prøver fra ploglaget (N=18) på Øvre Fjæringa ga i

gjennomsnitt org. C på 3,5 % (variasjon 2,9-4,2 %) og org. C på Nedre Fjæringa 3,0 % (variasjon 2,5-3,6 %) (N=18). Under ploglaget ned til ca. 50 cm dybde var gjennomsnittsverdien for organisk karbon 0,6 %, og under denne dybden 0,2 % (tabell 12).

Tabell 11. Kjemiske jordanalyser fra ploglag (0-20 cm) på Landvik, største og minste verdi i parentes (referanseareal N=6, forsøksareal N=12)

Table 11. Chemical soil analyses of plough layer (0-20 cm) at Landvik, maximum and minimum values in parentheses (reference area N=6, experimental area N=12)

	pH	P-AL g/100g	K-AL g/100g	Mg-AL g/100g	Ca-AL g/100g	K-HNO ₃ g/100g	Org. C %	Tot. N %
Referanseareal Reference area	6,0 (5,8-6,3)	18 (15-20)	11 (7-14)	5 (4-7)	121 (103-146)	93 (85-113)	3,3 (2,9-3,9)	0,27 (0,25-0,30)
Forsøksareal Experim. area	6,0 (5,8-6,3)	18 (14-23)	12 (9-14)	5 (4-7)	122 (96-166)	92 (78-114)	3,2 (2,5-3,7)	0,27 (0,25-0,33)

Tabell 12. Kjemiske jordanalyser fra jordprofiler på Landvik, største og minste verdi i parentes

Table 12. Chemical soil analyses of soil profiles at Landvik, maximum and minimum values in parentheses

Sjikt	Dybde cm	Ant. prøver	pH (H ₂ O)	Org. C %	Ombyttb. kationer me/100g	Basemetn. %
Horizon	Depth cm	Number of samples	pH (H ₂ O)	Org. C %	CEC me/100g	Base sat. %
Ap	0-30	18	6,0 (5,7-6,2)	3,3 (2,7-4,2)	18,5 (17,3-20,1)	40,4 (29,8-49,8)
Bg	30-50	18	5,8 (5,3-6,4)	0,6 (0,2-1,3)	14,1 (10,0-18,5)	28,9 (13,9-58,2)
Cg	50-100	6	5,8 (5,3-6,5)	0,2 (0,1-0,3)	10,5 (7,8-17,5)	27,7 (10,4-64,2)

Næringsstilstand og surhetsgrad

De kjemiske analyseresultatene viste at ploglaget på hele arealet var svært ensartet både med hensyn til næringsstilstand og surhetsgrad. pH varierte fra 5,7 til 6,3 og hadde en gjennomsnittsverdi på 6,0 både på referanse- og forsøksareal og for alle profilprøvene (tabell 11 og 12).

Kalsiumtilstanden var jevn og god både på referanse- og forsøksareal. Gjennomsnittsverdien for Ca-AL lå på henholdsvis 121 og 122 (tabell 11). Mengden ombyttbare kationer var i gjennomsnitt 18,5 me pr. 100 g jord. Basemetningsgraden i ploglaget var i gjennomsnitt 40 % med en variasjon fra 30 til 50 (tabell 12). Fosfortilstanden (P-AL) var svært god på hele arealet med unntak av en prøve i klassen god. Tilstanden for lettløselig kalium (K-AL) var middels og for syreløselig kalium (K-HNO₃) god med en enkelt prøve

i klassen middels. Magnesiumtilstanden (Mg-AL) var middels til god på hele arealet. For alle næringsstoffene var det ubetydelige forskjeller mellom forsøks- og referanseareal (tabell 11). C/N-forholdet var 12 både for referanse- og forsøksareal med variasjon fra 9-15. Det var en tendens til høyere C/N forhold på Øvre Fjæringa enn Nedre Fjæringa, henholdsvis 13 og 11 i gjennomsnitt.

Under ploglaget var pH i området 5,3 til 6,5 med en gjennomsnittsverdi på 5,8 ned til 1 m dybde. Basemetningsgraden i Bg-sjiktet var i gjennomsnitt 29 %, med variasjonsområde 14-58 %. I Cg-sjiktet var basemetningsgraden i gjennomsnitt 28 %. I dette sjiktet var det imidlertid stor variasjon fra 10,4 % (silt) til 64,2 % (siltig mellomleire) (tabell 12).

Jordas fysiske tilstand

Ploglaget var ensartet over hele arealet med hensyn til de fleste fysiske parametrene (tabell 13). Det er en viss variasjon i sand- og siltinnhold, men svært homogent med hensyn til leirinnholdet. Jordtettheten var 1,1 g/cm³ med en variasjon på ±0,1 g/cm³. Alle prøver fra ploglaget hadde totalt porevolum på 50% eller mer, med et gjennomsnitt på 53%. Andelen drenerbare porer utgjorde fra 10 til 21% med et gjennomsnitt på 14%.

Tabell 13. Fysiske parametre for de ulike sjikt på Landvik. Gjennomsnittsverdier og i parentes variasjonsbredden for enkeltverdiene (N=18 i Ap- og Bg-sjiktene, N=6 i Cg-sjiktet)

Table 13. Physical properties for different soil horizons at Landvik. Mean values and max./min. in parentheses (N=18 in Ap and Bg-horizon, N=6 in Cg-horizon)

	Ap (0-30 cm)	Sjikt/horizon Bg (30-50 cm)	Cg (50-100 cm)
<i>Kornstørrelsesfordeling/Particle size distribution</i>			
Sand/sand, (vekt/weight %)	26 (14-39)	13 (5-34)	9 (3-19)
Silt/silt, (vekt/weight %)	61 (50-73)	65 (45-77)	75 (65-82)
Leir/clay, (vekt/weight %)	13 (11-16)	22 (14-33)	16 (9-32)
Jordtetthet/bulk density (g/cm ³)	1,1 (1,0-1,2)	1,3 (1,1-1,5)	1,5 (1,4-1,7)
<i>Porevolum/volume of pores (vol.%)</i>			
Total/total	53 (50-58)	49 (40-59)	41 (35-47)
Drenerbare/airfilled	14 (10-21)	11 (3-19)	4 (1- 6)
Som markganger/earthworm channels		0,8 (0,5-1,4)	0,6 (0,3-0,9)
<i>Fysisk nyttbart vann/physical available water (vol.%)</i>			
Total/total	31 (28-33)	26 (19-30)	27 (18-31)
Lett tilgj./easily available	11 (8-13)	8 (3-17)	8 (3-19)

Jorda viste jevnt tiltakende tetthet med dybden og en nedgang i porevolum, både for totalt og drenerbart. Profil Landvik 6 og området omkring skilte seg noe fra resten av området med en lavere andel drenerbare porer.

Under ploglaget utgjorde markganger fra 0,3 til 1,4 % av porevolumet i de ulike profilene. I prosent av de drenerbare porene utgjorde dette i Bg-sjiktet fra 4 til 14 % og

i Cg-sjiktet fra 10 til 25 %. Markgangene har en større betydning for jordas egenskaper med hensyn til drenering, luftveksling og rotutvikling enn andelen tilsier da de er kontinuerlige vertikale porer.

Mengden fysisk nyttbart vann varierte lite i ploglaget. I de dypere lag var det noe mer variasjon, avhengig av kornstørrelsesfordelingen. Ved å regne ut fra gjennomsnittsverdier for fysisk nyttbart vann i de forskjellige sjiktene og gjennomsnittsverdier for tykkelsen på sjiktene, blir det 221 mm fysisk nyttbart vann og 72 mm lett nyttbart vann. Nedre avgrensning er her satt til 80 cm dybde der de fleste markganger og sprekkesoner stoppet (Haraldsen et al. 1994).

Klassifikasjon

Profil 1 til 5 klassifiseres som *Humic Cryaquepts* og profil 6 som *Aquic Cryumbrept* (Soil Survey Staff 1975, 1992). Klassifikasjonen betegner et vått til fuktig jordsmonn med en gjennomsnittstemperatur i 50 cm jorddybde som er under 8°C, et svakt utviklet B-sjikt og et tykt mørkfarget topplag med god strukturutvikling og et innhold av organisk C over 0.6 %. Profil 6 faller i en klasse som er en tanke mindre vått/fuktig enn de andre profilene. Dette har gitt strukturutvikling, meitemarkaktivitet og rotutvikling til en noe større dybde enn i de andre profilene.

Temperaturnormal 1931-1960 viser en middeltemperatur på årsbasis som er 0,2°C høyere enn normalen 1961-1990. Legges normalen 1931-1960 til grunn ved klassifikasjonen, vil temperaturregimet endres fra *Cryic* til *Mesic* og jordsmonnet vil bli klassifisert som *Typic Humaquept* for profil 1-5, og *Typic Haplumbrept* for profil 6.

Beskrivelse av jorda på Kvithamar forskingsstasjon, Stjørdal

Opphavsmateriale, overflateform og jordart

Hele området består av havavsetninger. Dette gjenspeiles i en viss lagdeling i avsetningene, først og fremst med tynne siltlag i leiravsetningen, men også noe variasjon i kornfordelingen ned gjennom profilet i noen av profilene. Resultater fra jordprofilundersøkelsene er i helhet gjengitt i Sveistrup et al. (1994b) og sammendrag av fysiske egenskaper i profilene er gitt i tabell 19.

Det undersøkte området ligger i svakt hellende terreng mot sør. Hellingsgraden varierer mellom de enkelte skiftene. På skifte 8.1 r var det 5-6 % helling mot sør, mens det var tilnærmet flatt både på 8.2 r og 8.3 r. På skiftene 9.1 r, 9.2 r og 9.3 r var det varierende hellingsgrad fra 3-6 % til nærmest flatt. De omkringliggende forsøksareal har omtrent samme hellingsforhold som på referansefeltene.

Jordsmonnet har et lavt grusinnhold, de fleste av prøvene under 5 % og alle under 9 %, og nærmest fritt for stein.

Den dominerende jordarten på arealet er siltig mellomleire. Hovedprofil 4 på skifte 9.1 skilte seg ut med et betydelig høyere leirinnhold, spesielt under ploglaget med stiv- og svært stiv leire (opp til 71 % leir). Alle profilene på skifte 8.1 (hovedprofil 1 og småprofilene 1 og 3) viste at jordarten i ploglaget på dette skiftet har et høyere sandinnhold (8-14 %) og et lavere leirinnhold (overgangen siltig mellomleire/siltig lettleire) enn resten av det undersøkte arealet. De andre profilene hadde en svært ensartet kornfordeling, både ned gjennom profilet og profilene imellom.

Dreneringsgrad, grunnvannsnivå og fuktighetsforhold

Jordsmonnet er fra naturens side dårlig (profil 1 (rute 8.1 r), 5 (rute 9.2 r) og 6 (rute 9.3 r)) eller dårlig til svært dårlig drenert (profil 2 (rute 8.2 r)) og 3 (rute 8.3 r)) med unntak av profil 4 (rute 9.1 r) som var dårlig til ufullstendig drenert. Det meste av ruta med profil 4 lå noe høyere enn resten av landskapet, på en lav rygg. Jordsmonnet viste i alle profil klare trekk på tidvis høy grunnvannstand (fluktuerende) med grått jordsmonn og vel utviklede fargeflekker (rustflekker) helt opp til ploglaget og konkresjonsdannelse i tre av profilene.

Hele området er systematisk grøftet. Ved oppdyrkinga rundt 1885 ble det lagt steingrøfter. Deler av arealet ble grøftet med 8 m avstand i 1965. Våren 1993 ble hele arealet grøftet med 6 m grøfteavstand. Flere generasjoner grøfter, også steingrøfter, ble påtruffet under arbeidet. Grunnvannsnivået var da beskrivelsene fant sted dypere enn 1 m med unntak av profil 2 og profil 3 der den var på 85 cm. Etter ca 25 mm nedbør ble det stående vann i alle profilgropene, unntatt profil 4. Grunnvannsnivået steg til ca 40 til 75 cm. Etter nedbørsperioden var det vann på jordoverflata på skiftene 8.2, 8.3 og 9.2. Det var ikke sunket unna etter 4 døgn. På områder med overflatevann var vegetasjonen forskjellig fra resten av arealet med mye mer frøugras.

Jordsmonnet var fuktig ned til ca 60 cm og dypere ned vått med fritt vann i porer og sprekker.

Jordsmonnutvikling og strukturdannelse

Jordsmonnutviklingen bærer preg av perioden før området ble grøftet og grunnvannet senket: Svak fargeutvikling og en moderat til svak strukturutvikling ned til ca 50 cm.

Jordsmonnutviklingen var svært lik for 4 av de 6 profilene. Et typisk profil hadde følgende sjiktinndeling:

- Ap 0-23 cm Mørk gråbrun, moldholdig siltig mellomleire med moderat strukturutvikling med blokk og noe korn- og grynstruktur; klebrig og plastisk.
- Bgw 23-40 cm Mørk grå siltig mellomleire med noen framtrepende brune til gulbrune fargeflekker; moderat til svakt utviklet svært grov prismatisk struktur som brytes ned til platestruktur; svært faste strukturaggater; svært klebrig og svært plastisk; mange vertikale markganger.
- Cg 40 cm - Mørk grå siltig mellomleire med noen framtrepende brune fargeflekker; moderat utviklet svært grov prismatisk struktur som brytes ned til svært grov platestruktur; ekstremt faste strukturaggater; svært klebrig og svært plastisk; vertikale markganger ned til ca 50 cm dybde.

Profil 1 viste noe avvikende utvikling da jordsmonnet tydelig var forstyrret, sannsynligvis under 2. verdenskrig. Det ble funnet mursteinsrester ned til 75-80 cm dybde. Det er tydelig nystartet strukturutvikling i dette profilet, med den er kommet mye kortere enn i de andre. Profil 4 som lå på en lav rygg, hadde en dypere jordsmonn- og strukturutvikling enn de andre profilene.

Ploglagets tykkelse varierte fra 18 til 28 cm. I de øverste 5 cm, der det var stor

meitemarkaktivitet og god rotutvikling, var strukturutviklingen moderat med middels og fin blokk-, korn- og grynaggregater. I nedre del av sjiktet der meitemarkaktiviteten og rotutviklingen var mindre, var også strukturutviklingen svakere med svakt til moderat utviklet avrundet og til dels skarpkantet blokkstruktur, mest som et resultat av jordarbeidinga. I fuktig tilstand var aggregatene i de øverste 5-10 cm skjøre til svært skjøre og vil være utsatt for å brytes ned ved ytre påvirkninger som kraftig jordarbeiding og kjørebelastning. I våt tilstand var jordmassen klebrig og plastisk. I nedre del av ploglaget, under 5-10 cm, var aggregatene faste.

Under ploglaget var jordsmonnet relativt lite utviklet. Fargeutviklingen var svak. Det var utviklet få til noen framtreddende, brune/gulbrune fargeflekker (rustflekker), fortrinnsvis rundt vertikale porer. Strukturutviklingen var begrenset til grov prismatisk med en horisontal videreopptelling i plater, vesentlig på grunn av sedimentasjonsstrukturer. I 4 av profilene var det utviklet et B-sjikt (Bg eller Bw) mens det i de to profilene med dårligst naturlig drenering (profil 2 og 3) var utviklet et overgangssjikt BC eller at det gikk direkte over i et C-sjikt. Den nedre begrensningen for B-sjiktene var fra 29 til 43 cm dybde. I dette sjiktet ble det i ett profil registrert konkresjoner og i et annet manganbelegg på aggregatoverflater.

I sjiktet under, C-sjiktet, var det enda mindre fargeutvikling enn i B-sjiktet og den prismatiske strukturen var grovere og fastere (ekstremt fast). Også i dette sjiktet var det noen fargeflekker i tilknytning til tubulære porer. I fire av profilene ble det registrert myke konkresjoner. I flere av profilene ble det også registrert leirfilmer (avsatt leir som var vasket ned fra ovenforliggende sjikt) på enkelte aggregatoverflater og i enkelte porer.

Makroporer/markganger

I alle jordprofilene ble tubulære makroporer (meitemarkganger) klassifisert etter diameter på porene og registrert i horisontalsnitt i 25-32 og 40-45 cm dybde, avhengig av pløedybde og sjiktutvikling. I 4 av profilene (1, 4, 5 og 6) ble det også gjort registreringer i ploglaget og for profil 4 også i 70 cm dybde. Antall porer pr m² etter størrelsesklasse og arealdekning i snittflatene framgår av tabell 14. På grunn av fuktighetsforholdene var det ikke mulig å registrere antallet av gjenfylte markganger.

I ploglaget i 15-21 cm dybde, var det stor variasjon i antall markganger i de forskjellige profilene, fra knapt 50 til nesten 500 pr m². Antallet er sannsynligvis noe underestimert på grunn av at halmrester og våt jord etter regnvær vanskeliggjorde opprensningen av horisontalsnittene i dette sjiktet. Markgangene er beregnet å dekke opp til 0,3 % av arealet i registreringsflatene. I profil 4 ble markganger også registrert i 24 cm dybde i ploglaget. Her ble antallet markganger estimert til å være over 1500 pr m², og til å dekke 1,3 % av registreringsflata.

Under ploglaget, i 25 til 32 cm dybde, varierte antall markganger fra 212 pr m² i profil 1 til 1048 pr m² i profil 4. I gjennomsnitt for de seks profilene var det 483 markganger pr. m². Det lave antallet i profil 1 kan skyldes omgravingen som jordsmonnet i dette profilet sannsynligvis var utsatt for ca 50 år siden. Det høye antallet i profil 4 synes å ha klar sammenheng med at dette profilet har en bedre naturlig drenering enn de andre profilene. I areal utgjorde markgangene i dette dypet i gjennomsnitt 41 cm²/m² med en variasjon fra 18 til 102 cm²/m². Det utgjorde i gjennomsnitt 0,4 % av snittflatene, varierende fra 0,2 til 1,0 %. De fine porene (1-4 mm) utgjorde 77 % av antallet (372 porer) og 46 % av arealet og middels porer (4-6 mm) 19 % av antallet (93 porer) og også

46 % av arealet. De resterende 8 % av pore-arealet besto av grove porer (>6 mm) som ble registrert i tre av profilene og markkamre som ble registrert i fem av profilene.

Tabell 14. Antall tubulære makroporer pr. m² etter størrelsesklasse og arealdekning i snittflatene på Kvithamar. For sjikt merket med * er antall porer anslått ut fra mindre flater
 Table 14. Tubular macropores per m² in soil profiles at Kvithamar in different size classes and covered area. For horizons marked with an asterisk the number of pores is estimated from small squares

Profil/ sjikt	Dybde cm	Antall makroporer per m ²			Kamre	Sum alle klasser	Areal makro- porer cm ² /m ²
		1-4 mm	4-6 mm	> 6 mm			
<i>Profile/ horizon</i>	<i>Depth cm</i>	<i>1-4 mm</i>	<i>Macropores per m²</i>		<i>Chambers</i>	<i>Sum all classes</i>	<i>Area macro- pores cm²/m²</i>
			4-6 mm	> 6 mm			
1 Ap	15	12	36	0	0	48	8
Bg	30	164	48	0	0	212	18
Cg	45	204	28	0	0	232	16
2 Cg1	30	336	44	4	8	392	29
Cg1	45	328	44	8	10	390	29
3 BCg	27	352	64	4	36	456	37
Cg	41	196	16	0	20	232	15
4 Bw	21	424	48	8	0	480	34
*Bw	24	1200	300	20	0	1520	128
BCg	32	760	264	24	24	1048	102
BCg	42	576	160	16	0	752	67
*Cg	70	-	-	-	-	500	-
5 *Ap	15	-	-	-	-	300	-
Bw	25	472	52	0	12	536	35
Cgt1	34	256	52	0	28	336	26
Cgt2	45	144	48	0	8	200	18
6 *Ap	15	-	-	-	-	50	-
Bg	26	148	88	0	20	256	27
Cgt1	40	144	4	0	0	148	8
Gj.sn./mean							
Bg/Cg	25-32	372	93	5	13	483	41
Cg	40-45	265	50	3	6	325	25

I 40-45 cm dybde var antall markganger litt lavere enn i sjiktet over. Det gjaldt både for fine og middels meitemarkganger. Grove meitemarkganger ble registrert i to profil og markkamre i tre. I gjennomsnitt ble det registrert 325 meitemarkganger pr. m², som utgjorde 25 cm²/m². Det er om lag 40 % mindre enn i sjiktet over.

I alle profil unntatt profil 4, avtok mengden av meitemark raskt under 50 cm. I profil 4 var det markganger ned til 80-90 cm dybde og så mange som ca 500 pr m² i 70 cm dybde.

Registreringer av meitemark

Det ble i alt funnet sju arter meitemark ved registreringene på Kvithamar. Disse var *Allobophora chlorotica*, *Aporrectodea caliginosa*, *Aporrectodea rosea*, *Dendrodrilus rubidus*, *Lumbricus castaneus*, *Lumbricus rubellus* og *Lumbricus terrestris* (tabell 15). *A. caliginosa* var dominerende art med 64 % av individene og utgjorde 56 % av meitemark-biomassen. Den andre arten med stor betydning var *L. rubellus*. Den utgjorde 21 % av alle individene og 34 % av biomassen. Den tredje arten som fantes spredt over hele feltet, *A. rosea*, utgjorde 13 % av individene, men bare 5 % av biomassen. *A. chlorotica* og *D. rubidus* var representert med 3 eksemplarer hver, mens det bare ble funnet et eksemplar av *L. castaneus* og *L. terrestris*.

Tabell 15. Forekomst og biomasse av ulike meitemarkarter på Kvithamar
Table 15. Number and biomass of different earthworm species at Kvithamar

	A. chlor.	A. calig.	A. rosea	D. rubi.	L. cast.	L. rubel.	L. terr.	Fragm.	Sum
Vekt, g Weight, g	0,8	71,8	6,5	0,2	0,1	43,0	2,2	3,3	127,9
Vekt, % Weight, %	0,6	56,1	5,1	0,2	0,1	33,7	1,7	2,5	100
Ant. ind. Number	3	307	62	3	1	102	1		479
Ant. % Number, %	0,6	64,1	12,9	0,6	0,2	21,3	0,2		100

På Kvithamar ble det bare funnet meitemark i ploglaget og klart mest i de øverste 10 cm. Det ble funnet meitemark på alle registreringsrutene. I gjennomsnitt var det en meitemark-biomasse på 30 g/m² med variasjon fra 4-68 g/m² (tabell 16).

Det var omtrent like stor variasjon i meitemarkbiomasse innen de enkelte skifter som mellom skifter (tabell 16). På skifte 9.2 r hadde alle registreringsrutene mer mark enn gjennomsnittet, mens det på skifte 8.3 r hadde alle registreringsrutene mindre enn gjennomsnittet.

Rotutvikling

Rotutviklingen var relativt lik for de forskjellige profilene med unntak av profil 4 der rotutviklingen var noe dypere. Dette profilet var noe bedre drenert enn de andre.

Ploglaget hadde en tredeling med hensyn til rotutvikling:

- Fra 0 til 3-7 cm Svært mange svært fine og fine røtter, i enkelte profil også middels røtter, jevnt fordelt i hele jordmassen.
- Fra 3-7 til ca 10 cm Mange svært fine og mange til noen fine røtter, jevnt fordelt i jordmassen.
- Fra ca 10 til 23 cm Noen til mange svært fine røtter med en større konsentrasjon av røtter mellom aggregatene (klumpene) enn inne i aggregatene.

Tabell 16. Biomasse av meitemark på de enkelte prøverutene på Kvithamar
 Table 16. Biomass of earthworms at sampling plots at Kvithamar

Prøverute	Frisk vekt (g/m ²) 0-10 cm	Frisk vekt (g/m ²) 10 cm - B-sjikt	Biomasse gram/m ²
Plot number	Fresh weight (g/m ²) 0-10 cm	Fresh weight (g/m ²) 10 cm - B-horizon	Biomass g/m ²
8.1 r Småp. 1	32,8	1,6	34,4
Kv 1-93	12,0	2,0	14,0
Småp. 3	2,0	2,0	4,0
8.2 r Småp. 4	4,8		4,8
Kv 2-93	11,2		11,2
Småp. 6	54,0	0,8	54,8
8.3 r Småp. 7	3,6		3,6
Småp. 8	22,4		22,4
Kv 3-93	15,6		15,6
9.1 r Småp. 10	40,8	2,4	43,2
Kv 4-93	16,4	10,0	26,4
Småp. 12	56,8	6,8	64,8
9.2 r Småp. 13	38,4	10,8	49,2
Kv 5-93	61,6	7,2	68,8
Småp. 15	17,2	17,2	34,4
9.3 r Småp. 16	17,6	2,0	19,6
Småp. 17	22,8		22,8
Kv 6-93	46,4		46,4
Gjennomsnitt/mean			30,0

Under ploglaget var røttene lokalisert til tubulære makroporer, først og fremst meitemark-ganger, og til sprekesoner mellom strukturaggregatene. Det ble registrert bare svært fine og fine røtter. Med unntak av B-sjiktet i profil 4 der det var noen røtter, var det i alle profiler få røtter under ploglaget. Nesten all rotutvikling stoppet i samme dybde som meitemarkaktiviteten, dvs. ca 50 cm dybde med unntak av profil 4 der røtter ble registrert ned til 80-90 cm dybde.

Organisk karbon

Innholdet av organisk karbon i ploglaget varierte fra 1,9 til 6,8 % (tabell 17 og 18). Det var spesielt to ruter (8.1 og 9.1) som skilte seg ut med et innhold på om lag det halve av gjennomsnittet for de resterende fire rutene. På rute 8.1 viste gjennomsnittet av fem prøver 2,4 % med en variasjon fra 2,1 til 3,0 %. På rute 9.1 var gjennomsnittet av fem prøver 2,7 %. Her var variasjonen relativt stor fra 1,9 på det tørreste partiet oppe på ryggen til 4,1 % på det fuktigste partiet ved siden av ryggen. For de resterende fire rutene varierte innholdet av org. C fra 3,5 til 6,8 % med en gjennomsnittsverdi på 5,0 %. Innholdet av organisk karbon varierte med topografisk plassering i landskapet og fuktighetsforholdene i jorda.

Tabell 17. Kjemiske jordanalyser fra ploglag (0-20 cm) på Kvithamar, største og minste verdi i parentes (referanseareal N=6, forsøksareal N=6)

Table 17. Chemical soil analyses of plough layer (0-20 cm) at Kvithamar, maximum and minimum values in parentheses (reference area N=6, experimental area N=6)

	pH	P-AL g/100g	K-AL g/100g	Mg-AL g/100g	Ca-AL g/100g	K-HNO ₃ g/100g	Org. C %	Tot. N %
Referanseareal <i>Reference area</i>	5,8 (5,7-5,9)	7 (6-10)	9 (8-11)	13 (12-14)	179 (135-222)	254 (183-290)	4,4 (2,8-6,4)	0,36 (0,22-0,49)
Forsøksareal <i>Experim. area</i>	5,8 (5,6-5,9)	7 (5-9)	9 (7-12)	12 (11-15)	164 (96-226)	243 (170-278)	4,0 (2,2-6,4)	0,32 (0,17-0,55)

Tabell 18. Kjemiske jordanalyser fra jordprofiler på Kvithamar. Gjennomsnittsverdier og i parentes variasjonsbredden for enkeltverdiene

Table 18. Chemical soil analyses of soil profiles at Kvithamar. Mean values and max/min in parentheses

Sjikt	Dybde cm	Ant. prøver	pH (H ₂ O)	Org. C %	Ombyttb. kationer me/100g	Basemetn. %
<i>Horizon</i>	<i>Depth</i> cm	<i>Number of</i> <i>samples</i>	<i>pH</i> (H ₂ O)	<i>Org. C</i> %	<i>CEC</i> me/100g	<i>Base sat.</i> %
Ap	0-23	18	5,9 (5,7-6,1)	4,2 (1,9-6,8)	24,1 (13,1-33,6)	53 (27-71)
Bgw	23-40	18	6,4 (6,0-6,8)	0,5 (0,2-1,2)	10,8 (7,1-16,1)	69 (45-78)
Cg	40-	6	7,0 (6,7-7,4)	0,3 (0,2-0,4)	10,2 (8,6-14,4)	79 (72-88)

Næringsstilstand og surhetsgrad

Ploglaget var ensartet med hensyn til næringsstilstand og surhetsgrad over hele arealet. pH varierte fra 5,6 til 5,9 (tabell 17), og det var ingen forskjell mellom referanse- og forsøksareal. Det var heller ingen forskjell i Ca-AL-verdiene mellom referanse- og forsøksareal, henholdsvis 179 og 164 (tabell 17). Mengden ombyttbare kationer var i gjennomsnitt 24 me pr. 100 g jord med en variasjon var 13-34. Denne variasjonen var korrelert med moldinnholdet. Basemetningsgraden var i gjennomsnitt 53 % (tabell 18). Den var gjennomgående lavere på skifte 9 enn på skifte 8. Dette har trolig sammenheng med kalking. Verdiene for lettløselig fosfor (P-AL) viste god til middels fosfortilstand på hele arealet. AL-verdiene varierte fra 5 til 10 med en gjennomsnittsverdi på 7. Tilstanden for lettløselig kalium var middels på hele arealet med K-AL-tall fra 7 til 12 og en gjennomsnittsverdi på 9. Kaliumreservene var svært gode på hele arealet med verdier fra 170 til 290 og med en gjennomsnittsverdi på 249. Magnesiumtilstanden er meget god på hele arealet med unntak av en prøve fra rute 8.1 som var middels (Mg-AL verdi på 5). Gjennomsnittlig Mg-AL-

verdi for hele arealet var 13 med en variasjon fra 11 til 15. C/N forholdet lå i området 12 til 13 både på forsøks- og referansearealet (tabell 17).

Retten under ploglaget ned til ca 40 cm var pH fra 6,0 til 6,8 og steg til rundt 7,0 dypere ned. Basemetningsgraden rett under lå i området 45- 78 % og dypere enn 40 cm over 70 % i alle profilene. Mengden ombyttbare kationer lå fra 7-16 me pr. 100 g jord (tabell 18).

Jordas fysiske tilstand

En sammenstilling av fysiske analysedata framgår av tabell 19. Variasjonene i kornstørrelsesfordeling er presentert under avsnittet *Opphavsmateriale og jordart*.

Tabell 19. Fysiske parametre for de ulike sjikt på Kvithamar. Gjennomsnittsverdier og i parentes variasjonsbredden for enkeltverdiene (N = 18 i Ap- og Bgw-sjiktene og N = 6 i Cg-sjiktet).

Table 19. Physical properties for different soil horizons at Kvithamar. Mean values and max./min. in parentheses (N = 18 in Ap and Bgw-horizon, N = 6 in Cg-horizon)

	Sjikt/horizon		
	Ap (0-23 cm)	Bgw (23-40 cm)	Cg (40-ca 70 cm)
<i>Kornstørrelsesfordeling/Particle size distribution</i>			
Sand/sand (vekt/weight %)	4 (2-14)	2 (0- 5)	1 (0- 3)
Silt/silt (vekt/weight %)	63 (59-70)	63 (59-71)	57 (29-64)
Leir/clay (vekt/weight %)	33 (21-40)	35 (26-55)	42 (34-71)
Jordtetthet/bulk density (g/cm ³)	1,2 (1.0-1.4)	1,7 (1.4-1.8)	1,7 (1.6-1.7)
<i>Porevolum/volume of pores (% , v/v)</i>			
Totalt/total	50 (44-56)	35 (30-46)	37 (35-41)
Drenerbart/ airfilled	9 (6-14)	5 (2- 8)	5 (3- 6)
Som markganger/ earthworm channels		0,4 (0.2-1.0)	0,3 (0.1-0.7)
<i>Fysisk nyttbart vann (vol.%)</i>			
<i>Physical available water (% , v/v)</i>			
Totalt/total	31 (23-37)	13 (8-27)	10 (3-14)
Lett tilgjengelig/easy available	5 (3- 7)	3 (2- 6)	3 (1- 8)

Jordtettheten i ploglaget var i gjennomsnitt 1,2 g/cm³ med en variasjon $\pm 0,2$ g/cm³. Under ploglaget (Bwg- og Cg-sjiktet) var jordtettheten i begge sjikt i gjennomsnitt 1,7 g/cm³ med en variasjon på $\pm 0,1$ g/cm³, med unntak av hovedprofil 1 (skifte 8.1) der jordsmonnet var forstyrret. Her var jordtettheten 1,4 g/cm³. Alle prøvene fra skifte 9.1, som gjennomgående hadde bedre drenering enn resten av arealet, viste for alle prøvene lavere jordtetthet enn gjennomsnittet.

Det totale porevolumet i ploglaget var i gjennomsnitt 50 % med en variasjon fra 44 til 56 %. Skifte 8.1 hadde lavere verdier enn resten av arealet. Under ploglaget var porevolumet i gjennomsnitt 35 og 37 % i respektive Bgw- og Cg-sjiktene med en variasjon fra 30 til 46 %. Her skilte resultatene fra skifte 9.1 og fra hovedprofil 1 seg ut med spesielt høye verdier. Andelen drenerbare porer var i ploglaget i gjennomsnitt 9 % med en

variasjon fra 6 til 14 %, og i de underliggende sjikt 5 % med en variasjon fra 2 til 8 % regnet ut fra 1 m dreneringssug (0,1 bar).

Jorda i området har i nedbørrike perioder et lavere dreneringssug, noe som også gir en lavere andel drenerbare porer. I ploglaget vil et dreneringssug 0,5 m gi en andel drenerbare porer på 7 %, og ved 0,2 m dreneringssug 5 %. Under ploglaget vil et dreneringssug på 0,5 m gi 4 % drenerbare porer og ved 0,2 m 2 %.

Markgangene utgjorde fra 0,2 til 1,0 % av porevolumet i 25-30 cm dybde og fra 0,1 til 0,7 % i 40-45 cm dybde. I prosent av de drenerende porene, målt ut fra dreneringssug på 1 m, utgjorde markgangene fra 4 til 20 % i 25-30 cm dybde og fra 2 til 14 % i 40-45 cm dybde.

Den totale mengden av fysisk nyttbart vann i ploglaget var i gjennomsnitt 31 % med en variasjon fra 23 til 37 %. I Bwg-sjiktet var gjennomsnittstallet 13 % og i Cg-sjiktet 10 %. Lett tilgjengelig vann for plantene lå i ploglaget i gjennomsnitt på 5 % og i sjiktene under på 3 %. Ved å regne ut fra gjennomsnittsverdiene for fysisk nyttbart vann for de forskjellige sjiktene og gjennomsnittsverdiene for tykkelsen på sjiktene, får en totalt 103 mm fysisk nyttbart vann og 20 mm lett nyttbart vann. Da det alt vesentlige av rotutvikling og meitemarkganger stopper i om lag 50 cm dybde, er denne dybden nyttet som nedre begrensning (Sveistrup et al. 1994b). I praksis vil plantetilgjengelig vann under ploglaget være vesentlig mindre enn fysisk nyttbart vann. Dette er fordi planterøttenes utviklingsmuligheter er begrenset til markganger og sprekkesoner.

Klassifikasjon

Jordsmonnet på arealet er klassifisert i henhold til Soil Survey Staff (1992). Det er i de fleste år i deler av vekstsesongen vannmettet, har en gjennomsnittstemperatur i 50 cm jorddybde som er under 8°C og en svak eller ingen sjiktutvikling under ploglaget. Profil 2 som ikke har utviklet diagnostiske jordsmonnsjikt under ploglaget, klassifiseres som *Typic Cryaquent*, mens profilene 3, 4, 5 og 6 som har noe sterkere jordsmonnutvikling, klassifiseres som *Typic Cryaquepts*. Profil 1 der jordsmonnet ble omgravd for omlag 50 år siden, klassifiseres på grunn av dette som *Udarent*.

DISKUSJON

Jorda som er undersøkt på Østre Voll, Norges landbrukshøgskole, SFL Apelsvoll, avd. Landvik og SFL Kvithamar er alle steder marin leirjord. Leirinnholdet varierer, og på Landvik er det siltig lettleire/sandig silt, på Kvithamar siltig mellomleire, og på NLH siltig mellomleire/mellomleire og stiv leire. Naturlig dreneringsgrad er hovedsakelig dårlig på alle feltene. Alle feltene har noe veksling mellom flate partier og helling opp mot 6-10 %. Kvithamarfeltet har to markerte terrassenivåer med flate partier mellom. De tre feltene representerer ulike klimasoner med forskjellig karakteristikkk. På NLH er det vanlig med nedbørunderskudd i mai, juni og juli. På Landvik er nedbørunderskuddet i mai og juni lite i normalår og årsmiddeltemperaturen høyere og vekstsesongen lengre enn på NLH og Kvithamar. Kvithamar har lavere sommertemperatur enn NLH og Landvik, mindre nedbørunderskudd i mai og juni enn NLH og betydelig mer høstnedbør.

De sju undersøkte jordprofilene på Østre Voll, Norges landbrukshøgskole, viser at jordsmonnutviklingen var svært ensartet. Både i ploglaget og under ploglaget er det noe variasjon i teksturen. Ifølge Semb (1975) er det flere jordtyper innen arealet. Vi har påvist at teksturen i ploglaget varierer mellom siltig mellomleire/mellomleire og stiv leire, og at det under ploglaget er variasjon mellom lettleire, siltig mellomleire/mellomleire og stiv leire. Alle beskrevne profiler hadde samme profilutvikling og fikk ensartet klassifisering i det amerikanske systemet, *Typic Endoaqualfs*. Denne typen jordsmonn er karakterisert ved leirnedvasking. Også Semb (1975) observerte avsetning av finmateriale på sprekker og meitemarkganger dypere enn 70 cm på denne jordtypen. Jorda på referansearealet, rutene 24 r - 29 r, har gjennomgående høyere leirinnhold enn 30 % både i ploglag og underliggende lag. Dette stemmer overens med jordtype 15 som er definert av Semb (1975). To småprofil, et på rute 30 r og et på rute 26 f, hadde mindre leirinnhold enn 30 % i ploglag og underliggende lag. Som beskrevet av Semb (1975) representerer disse profilene en annen jordtype med hovedsakelig lettleire i de øverste 50 cm. Et småprofil på rute 29 f og hovedprofil Voll 7 (rute 28 f) hadde samme egenskaper som profilene på referansearealene. Dette viser at forsøksarealet er å betrakte som et kompleks mellom to jordtyper. Jordtyper med lettleire i toppen vil normalt ha noe større nyttbar vannlagringsevne, være mindre plastisk enn stivere leire, ha noe bedre strukturutvikling og bedre jordarbeidingsegenskaper enn jordtyper med mellomleire over stiv leire (Sveistrup & Njøs 1984). Analyser viser imidlertid at forskjellene i fysiske egenskaper i vårt prøvemateriale er forholdsvis små. Jordtypen med mellomleire over stiv leire er svært plastisk og klebrig når den er våt, og har stort trekraftbehov. Således vil partier av forsøksarealet være noe mindre følsomt for valg og tidspunkt og utstyr for jordarbeidning enn referansearealet.

Den undersøkte jorda på Landvik har ensartet profilutvikling og jevne fysiske- og kjemiske egenskaper. Ploglaget er svært mørk gråbrunt, har et innhold av organisk C på 3,3 %, og moderat utviklet struktur av avrundet blokk og gryn. Ifølge det amerikanske klassifikasjonssystemet (Soil Survey Staff 1992) kan ploglaget karakteriseres som en *Umbric* epipedon. Hole & Solbakken (1987) har beskrevet to jordtyper innenfor det undersøkte området. Begge jordtypene har siltig lettleire i ploglaget og er dårlig drenert. Jordtypen Hommedal siltig lettleire er beskrevet med siltig mellomleire i Bg-sjiktet og jordtypen Fjæringa siltig lettleire med silt i Bg-sjiktet. Begge jordtypene har sandig silt/silt i Cg-sjiktet. Våre undersøkelser viser at teksturen i Bg-sjiktet varierer mellom siltig lettleire og siltig mellomleire og Cg-sjiktet består av silt/siltig lettleire. Uavhengig av teksturen er

jordsmonnutviklingen svært ensartet. Med unntak av profilet Landvik 6 som har siltig mellomleire både i Bg- og Cg- sjiktene, representerer de øvrige profilene en og samme jordtype. Utbredelsen av jordtypen som profil Landvik 6 representerer er svært begrenset slik at jorda på feltet for dyrkingssystemforsøk må sies å være svært jevn.

Det er liten variasjon i kornstørrelsesfordeling i den undersøkte jorda på Kvithamar. Både ploglag og undergrunnsjord består hovedsakelig av siltig mellomleire. På rute 8.1 r var det siltig lettleire i ploglaget, og ett avvikende profil med vesentlig høyere leirinnhold ble funnet, men jorda med stiv leire hadde liten utbredelse. På det undersøkte området har Solbakken (1987) funnet to jordtyper. Våre funn er i overensstemmelse med dette. Forskjellen mellom jordtypene er moldinnholdet i ploglaget. I hellende terreng og på rygger var innholdet av organisk karbon 2-3 %, mens på flatere partier i forsøkninger var innholdet av org. C 3-7 %. Denne variasjonen ga seg utslag i høyere kationbyttekapasitet og lavere jordtetthet i ploglaget der innholdet av org. C var størst, men ellers var det ingen forskjeller i kjemiske- og fysiske egenskaper. Ved feltregistreringene observerte vi at det ble stående overflatevann flere dager etter kraftig regnvær på de flate partiene med høyt moldinnhold. På skifte 9 er det innslag av begge jordtyper på alle referanse- og forsøksruter med jordtypen med lavt moldinnhold øverst mot nord og jordtypen med lavt moldinnhold nederst mot sør. På skifte 8 er det jordtypen med lavt moldinnhold på rute 8.1, mens rutene 8.2 og 8.3 har jordtypen med høyt moldinnhold.

Dyrkingsegenskapene til jorda kan langt på vei forklares ut fra rotutvikling og hvilken evne jorda har til å lede vekk overflatevann. På Kvithamar var rotutviklingen grunnest, ned til ca. 50 cm dybde, og på Landvik dypest, ned til 80-85 cm dybde. Jorda på NLH kom i en mellomstilling med rotutvikling ned til 60-70 cm. Jorda på Kvithamar merket seg også ut med færre og grunnere meitemarkganger enn de to andre stedene. Observasjonene under feltarbeidet viste at jorda på NLH hadde betydelig større evne til å lede bort overflatevann enn jorda på Kvithamar.

På de tre stedene ble det funnet meitemarksamfunn bestående av fem til sju arter. Gjennomgående arter, som ble funnet alle steder, var *Aporrectodea caliginosa*, *Aporrectodea rosea*, *Allolobophora chlorotica* og *Lumbricus rubellus*. På Landvik var det dyptgravende arter som *Aporrectodea longa* og *Lumbricus terrestris* som dominerte. Funn av store meitemarkganger (> 6 mm) som gikk ned mot 1 m var tydelige tegn på aktivitet av *L. terrestris*. Funnene av *A. longa*, *L. terrestris* og *A. chlorotica* på Landvik representerer første dokumenterte funn av disse artene i Agder-fylkene. Observasjonen av *A. chlorotica* på Kvithamar er første funn av denne arten nord for Oslo-området (Stöp-Bowitz 1969).

Det var vesentlig mer meitemark på Landvik enn på Kvithamar og NLH. Resultatene er imidlertid ikke sammenlignbare siden registreringene på Landvik skjedde om våren, mens undersøkelsene på Kvithamar og NLH foregikk om høsten.

Både på NLH og Kvithamar var *A. caliginosa* dominerende art, som utgjorde over 60 % av alle individer. Meitemarkbiomassen var 30 g/m² begge steder. Etter en våt sommer ble alle meitemarkene på Kvithamar funnet i ploglaget, og mest i de øverste 10 cm. På NLH var det også mest mark i de øverste 10 cm, men mark ble funnet ned til 50 cm i enkelte profil. På NLH hadde det vært en lengre tørr periode før undersøkelsen startet. Selv om meitemarkbiomassen var lik på Kvithamar og NLH, var det vesentlig flere meitemarkganger på NLH og de gikk også dypere. Dette kan tyde på at det har vært større meitemarkbiomasse og aktivitet på NLH tidligere. Begge steder har det i de siste årene vært drevet uten bruk av husdyrgjødsel.

SAMMENDRAG

I forbindelse med omlegging til økologisk drift, er det gjennomført detaljerte undersøkelser av jordsmonn og meitemarksamfunn ved SFL Apelsvoll, avd. Landvik (Grimstad), Østre Voll, Norges landbrukshøgskole (Ås) og SFL Kvithamar (Stjørdal). De undersøkte lokalitetene vil bli nyttet til dyrkingssystemforsøk i økologisk landbruk. Jordundersøkelsene ble gjennomført i det første året i omleggingsprosessen til økologisk drift. Forsøksområdene ble delt i referanse- og forsøksareal. Mest detaljerte jordundersøkelser ble gjort på referansearealene.

På alle forsøksstedene var det dårlig drenert leirjord; siltig lettleire/sandig silt på Landvik, siltig mellomleire/mellomleire på Østre Voll, NLH og siltig mellomleire på Kvithamar. Jorda på Landvik var svært ensartet både når det gjelder kjemiske- og fysiske egenskaper. På NLH var det noe variasjon i kornstørrelsesfordeling med siltig mellomleire/mellomleire og stiv leire i ploglaget. Noen partier med lettleire i topplaget fantes på forsøksarealene. Selv om det var noe variasjon i kornstørrelsesfordeling innen feltet, var det svært ensartede kjemiske egenskaper og forskjellene i fysiske egenskaper var forholdsvis små. Feltet på Kvithamar hadde hovedsakelig siltig mellomleire både i ploglaget og i undergrunnen. Dette feltet hadde noe vekslende topografi med flate partier mellom terrasser. Jorda på de flate partiene hadde om lag dobbelt så høyt moldinnhold som på partiene med hellende terreng.

Under ploglaget var det på alle tre feltene rotutvikling bare i meitemarkganger og i sprekkesoner mellom strukturaggregatene. Rotutviklingen var dypest på Landvik og grunnest på Kvithamar, mens NLH kom i en mellomstilling.

Det ble funnet fem til sju meitemarkarter på hvert sted. Meitemarkartene *Aporrectodea caliginosa*, *Aporrectodea rosea*, *Allolobophora chlorotica* og *Lumbricus rubellus* ble funnet på alle de tre stedene. På Landvik var det dyptgravende arter som *Aporrectodea longa* og *Lumbricus terrestris* som dominerte. Både på NLH og Kvithamar var *A. caliginosa* dominerende art.

ETTERORD

Denne undersøkelsen omfatter resultater fra jordundersøkelser i forbindelse med startkarakterisering av arealer for dyrkingssystemforsøk i økologisk landbruk. Forskingen innen dyrkingssystemforsøk er et samarbeid mellom Statens forskingsstasjoner i landbruk, Norges landbrukshøgskole og Norsk senter for økologisk landbruk. Norges forskningsråd har bidratt med midler til igangsettingen av denne forskningen og deltagende institusjoner har lagt inn mye egeninnsats.

LITTERATUR

- Egner, H., H. Riehm & W.R. Domingo 1960. Untersuchungen über die Chemische Boden-Analyse als Grundlage für die Beurteilung des Nährstoffzustandes der Böden. Kungl. Lantbrukshögs. Ann. 26: 199-215.
- Ekeberg, E. & A. Njøs 1970. Physical analysis of soil profiles from Landvik, Norway. Meld. fra NLH 49 (10). 11 s.
- Elonen, P. 1971. Particle-size analysis of soils. Acta Agralia Fennica 122. 122 s.
- Haraldsen, T.K. 1993. Dyrkingssystemforsøk i økologisk landbruk. Forslag til retningslinjer for undersøkelser i Norge. SFFL Faginfo 8. 21 s.
- Haraldsen, T.K., T.E. Sveistrup & F. Engelstad 1994. Dyrkingssystemer i økologisk landbruk. Startkarakterisering, jordundersøkelser på Apelsvoll forskingsstasjon, avd. Landvik. Statens forskingsstasjoner i landbruk, Holt forskingsstasjon, trykk 3/94.
- Heidman, T. 1988. Startkarakterisering af arealer til systemforskning. I. Forsøgsarealer, måleprogram og metoder. Tidsskrift for Planteavls Specialserie. Beretning nr. S 1958. 89 s.
- Heldal, B. 1975. Klimaet i Ås. I Semb, G. Jorda i Ås. Beskrivelse til jordbunnskart over Ås herred, Akershus fylke: 30-44. Landbruksforlaget, Oslo.
- Hole, J. & E. Solbakken 1986. Jordsmonnkartlegging på Landvik, Grimstad kommune, Jordsmonnrapport 11/1986, Jordregisterinstituttet, 63 s.
- Jansen, I.J. 1981. Aust-Agder, Grimstad, jordartskart BP008-10.
- Jansen, I.J. 1988. Landvik fra istid til nåtid. Liv i Landvik 5: 288-297.
- Munsell color 1990. MacBeth division of Kollmorgen instruments corporation.
- NLVF 1992. FoU innafor økologisk landbruk. NLVF-utredning nr. 156. 75 s.
- Ogner, G., A. Haugen, M. Opem & B. Sørli 1975. Kjemisk analyseprogram ved Norsk institutt for skogforskning. Meddr. Norsk inst. skogforsk. 32: 207-232.
- Ogner, G., A. Haugen, M. Opem & B. Sørli 1977. Kjemisk analyseprogram ved Norsk institutt for skogforskning. Supplement I. Meddr. Norsk inst. skogforsk. 33: 87-101.
- Reite, A.J. 1983. Stjørdal, kvartærgeologisk kart 1621 I, M 1:50 000. Norges geologiske undersøkelser.

Reitemeier, R.F., R.S Holmes & I.C. Brown 1948. Release of nonexchangeable potassium by greenhouse, Neubauer and laboratory methods. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 12: 158-162.

Scheffer, F. & P. Schachtschabel 1982. Lehrbuch der Bodenkunde. 11., neue bearbeitete Auflage von P. Schachtschabel, H.-P. Blume, K.-H. Hartge & U. Schwertmann. Stuttgart: Enke. 442 s.

Semb, G. 1975. Jorda i Ås. Beskrivelse til jordbunnskart over Ås herred, Akershus fylke. Landbruksforlaget. 183 s.

Skjeseth, S. 1975. Geologien i Ås. I Semb, G. Jorda i Ås. Beskrivelse til jordbunnskart over Ås herred, Akershus fylke: 19-29. Landbruksforlaget, Oslo.

Soil Survey Staff 1975. Soil Taxonomy. U.S. Dep. Agric. Handbook No. 436 Washington. 754 s.

Soil Survey Staff 1992. Keys to Soil Taxonomy, 5th edition. SMSS technical monograph No. 19. Pocahontas Press, Inc., Blacksburg, Virginia. 556 s.

Solbakken, E. 1987. Jordsmonnkartlegging på SF Kvithamar og Værnes prestegård, Stjørdal kommune. Jordregisterinstituttet, Ås. 79 s.

Steinshamn, H. & T.K. Haraldsen 1993. Dyrkingssystemforsøk i økologisk landbruk. I Borch, H. (red.) Metoder for forskningen i økologisk landbruk. SFFL Faginfo 13: 10-18

Stöp-Bowitz, C. 1969. A contribution to our knowledge of the systematics and zoogeography of Norwegian earthworms (*Annelida Oligochaeta: Lumbricidae*). Nytt Mag. Zool. 17: 169-280

Sveistrup, T.E. 1984. Retningslinjer for beskrivelse av jordprofil. Jord og Myr 8 (2): 30-77.

Sveistrup, T.E. & A. Njøs 1984. Kornstørrelsesgrupper i mineraljord. Revidert forslag til klassifisering. Jord og Myr 8 (1): 8-15

Sveistrup, T.E., T.K. Haraldsen & F. Engelstad 1994a. Dyrkingssystemer i økologisk landbruk. Startkarakterisering, jordundersøkelser på Østre Voll, Norges landbrukshøgskole. Statens forskingsstasjoner i landbruk, Holt forskingsstasjon, trykk 4/94.

Sveistrup, T.E., T.K. Haraldsen & F. Engelstad 1994b. Dyrkingssystemer i økologisk landbruk. Startkarakterisering, jordundersøkelser på Kvithamar forskingsstasjon. Statens forskingsstasjoner i landbruk, Holt forskingsstasjon, trykk 5/94.

van Wambeke, A., P. Hastings, M. Tolomeo 1986. Newhall Simulation Model. A BASIC program for the IBM PC. Dept of Agronomy, Cornell University Ithaca, NY 14853. 37 s.