

For å bevare det biologiske mangfoldet i jorden må vi starte med å tenke på at vi omgås levende organismer også når vi behandler den svarte jorden...

Biologisk mangfold bestemmes i stor grad av mangfold av levesteder!

Norsk senter for økologisk landbruk, NORSØK, er et forskningsinstitutt og et nasjonalt kompetansesenter innen økologisk landbruk. NORSØK ligger til i Tingvoll kommune på Nordmøre.

Rapporten kan bestilles hos:

Norsk senter for økologisk landbruk
6630 Tingvoll

Tlf: 71 53 20 00
Fax: 71 53 20 01

E-post: norsok@norsok.no
Internettside : www.norsok.no



ISBN 82-7687-098-8

Fauna i landbruksjord

-mangfold av virvelløse dyr
og deres funksjoner



Reidun Pommeresche

Norsk senter for
økologisk landbruk



NORSØK

2000

*Forsiden: Over 500 000 små dyr kan finnes i jorden under en skosåle!
I tillegg finnes millioner av bakterier og sopp.*

**Ansvarlig for rapporten: Reidun Pommeresche
Akwareller: Ira Ivanova**

**Norsk senter for økologisk landbruk, NORSØK
november 2000**

ISBN 82-7687-098-8

Forord

Ved Norsk senter for økologisk landbruk (NORSØK) bygges det opp kompetanse innen feltet biologisk mangfold, blant annet om virvelløse dyr på og i jordbruksjord. Reidun Pommeresche har utarbeidet denne rapporten som en del av denne kompetanseoppbyggingen. Rapporten er basert på et litteraturstudium. Hensikten er å presentere en del temaer angående livet i jordbruksjord, med hovedvekt på jordfaunaen i lys av økologisk landbruk. Bakerst i rapporten finnes en ordliste som vil være nyttig for den som er lite kjent innen fagområdet.

Økt kunnskap om livet i jorden, øker mulighetene for en bedre forvaltning av det naturlige mangfoldet i norsk landbruksjord og bidrar til interessant og nyttig kunnskap for utviklingen av økologisk landbruk. Dette ved å belyse hvilke konsekvenser økologisk landbruk har på biologisk mangfold. Videre hvordan bevaring og utnyttelse av biologisk mangfold kan medvirke til mer robuste og varierte produksjonssystemer, samt større avlinger. Forvaltning og bruk av biologisk mangfold vektlegges i strategisk plan for NORSØK og ses på som et viktig fagfelt for økologisk landbruk i fremtiden.

Tingvoll 2000

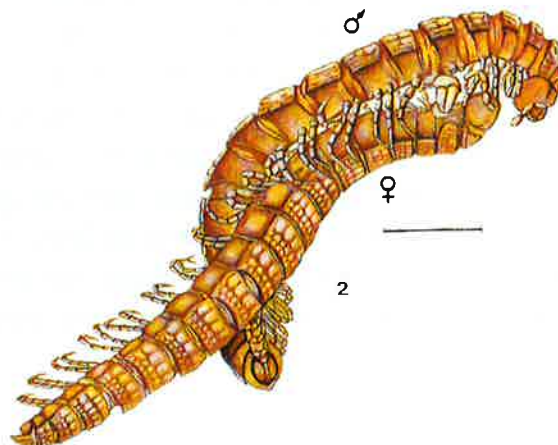
Einar Lund



**"It is just as wrong to deny that there are patterns where they exist,
as to find patterns where there are none" (Andrén et al. 1999)**

Innhold

Innledning	5
Hvorfor er jordfaunaen så lite kjent?	6
Hvilke grupper av dyr består jordfaunaen av?	6
Encellede dyr (Protozoa)	7
Nematoder (Nematoda)	8
Leddormer (Annelida)	10
Bløtdyr (Mollusca)	12
Mangefotinger (Myriapoda)	12
Krepsdyr (Crustacea)	13
Edderkoppdyr (Arachnida)	13
Seksfotinger (Hexapoda)	15
Insekter (Insecta)	17
Hvilke funksjoner har biologisk mangfold i jord?	18
Jordsmonnet som økosystem	19
Funksjonelle grupper	20
Jordlivets funksjoner	21
Fruktbar jord	24
Hva påvirker biologisk mangfold av dyr i jord?	25
Er det høyere biologisk mangfold av virvelløse dyr i økologisk jordbruk enn i konvensjonelt?	27
Jordbrukspraksis og biologisk mangfold	28
Forvaltning av biologisk mangfold	31
Ordforklaringer	33
Referanser	35



You have to change direction
if you don't want to end up
where you are going (Kinesisk ordtak)

Innledning

Livet i naturen påvirkes av dagens landbrukspraksis. Bruk av kunstgjødsel og planteverngifter, samt intensiv drift har medført at vi finner giftrester og uheldige konsentrasjoner av gjødselsalter i jord, vann og mat. Jordbearbeiding med tunge maskiner har medført problemer med jordpakking, endret sammensetningen av jordlivet og har redusert den biologisk initierte strukturen i jorden. Videre er utvasking og avrenning av næringsstoffer negative effekter av dagens intensive landbruk.

For å drive et økologisk landbruk med målsetning om å forvalte naturressursene uten skadelige virkninger på miljøet, sikre genetisk mangfold og artsrikdom og bevare jordens fruktbarhet på lang sikt, trengs imidlertid mer kunnskap. Utfordringer ligger i å finne frem til driftsmåter som tar mer hensyn til og som gjør mer bruk av biologisk mangfold i ulike sammenhenger enn tilfellet er i dag. Potensialet for å forvalte naturen og dens biologiske mangfold er kanskje større i norsk landbruk enn i andre land. Blant annet fordi man her ennå har store arealer med "naturlig" vegetasjon og fordi ikke alle deler av landet er egnet til intensiv jordbruksdrift.

Hvorfor er livet i jorden av interesse i denne sammenhengen? Livet i jorden (edafonet) er helt avgjørende for omdanning og sirkulasjon av organisk materiale og næringsstoffer. Innen økologisk landbruk er jordlivets aktiviteter i forhold til planternæring ekstra viktig da kunstgjødsel ikke brukes. Jordlivet omdanner organisk materiale, bakterier fikserer nitrogen fra luften og sopp og bakterier lever i symbiose med planterøttene. Med mulighet for å ha opptil 1000 kg jordliv pr. dekar, representerer jordlivet store ressurser av medhjelpere som jordbrukeren kan få nytte av. Livet i jorden har imidlertid flere funksjoner enn å omdanne organisk materiale, eksempelvis er jordlivet ansvarlig for naturlig rensing av vann og jord, og for dannelse av stabile jordaggregater. Matjorden er en av våre mest verdifulle ressurser. Hvordan er det med jordlivet i dagens jordbruksjord?

Hensikten med denne rapporten er å presentere en del temaer angående livet i og på landbruksjord, mest om den frittlevende og symbiontiske delen av jordfaunaen og i mindre grad den parasittære. Rapporten gir en oversikt over hvilke grupper av virvelløse dyr (evertebater) som kan forventes å være i norsk jordbruksjord, ulike prosesser som foregår og hvilke funksjoner ulike grupper av dyr har. Videre diskuteres begrepet biologisk mangfold og knyttes opp mot mangfoldet av evertebrater i jordbruksjord. Eksempler på effekter av ulike driftsformer og jordbrukspraksis på biologisk mangfold i jordbruksjord presenteres. Målet er også å belyse mulige fordeler ved å ha en "levende jord", samt å presentere utenlandsk og norsk litteratur om jordfauna.

Hvorfor er jordfaunaen så lite kjent?

Flere faktorer medvirker til at undersøkelser av dyrelivet i jorden er vanskelige og tidkrevende:

- Tilgjengelighet - dyrelivet er skjult i hulrom i og mellom jordpartikler
- Størrelse - dyrene i jorden er ofte små (de fleste under 1mm)
- Mengder - mange arter og stort individantall
- Taksonomi - tidkrevende og vanskelig å bestemme dyrene til artsnivå
- Litteratur - litteratur om tidligere studier er spredt og vanskelig tilgjengelig
- Prioriteringer - lite midler til jordfaunaforskning

De best undersøkte gruppene av jordlivet tilhører organismer som forårsaker skader og sykdom på planter, samt nitrogenfikserende bakterier, sopp og meitemark. Et stort artsantall jordorganismer, særlig mikroorganismer, er ennå ikke kjent eller dårlig kjent. I Norge er jordfaunaen i naturlige økosystemer undersøkt i flere sammenhenger, men faunaen i jordbruksjord er, med delvis unntak av meitemark og nematoder, dårlig dokumentert. I dagens forskningsaktiviteter er betydningen av biologiske faktorer for jordfruktbarhet og interaksjoner mellom mikroorganismer i jord og planter minimal.

Hvilke grupper av dyr består jordfaunaen av?

Jordfaunaen omfatter strengt tatt de dyrene som lever ned i selve jorden, men ofte inkluderes også dyr som lever oppå bakken, slik som edderkopper, biller, skruketroll o.l. (Eisenbeis & Wichard 1985, Lee & Pankhurst 1992). Bakterier, alger og sopp inngår normalt ikke i definisjonen av jordfauna, men de er en veldig viktig del av jordlivet (edafonet), både for omdannelse av organisk materiale og som viktig føde for jordfaunaen. Disse minste organismene kan også sees på som "jordens plankton" (jmf. plankton i vann), noe som hele den høyere dyre og planteverdenen er avhengig av.

I dette kapitlet gis en oversikt over de vanligste dyregruppene som inngår i jordfaunaen på våre breddegrader, inkludert noe om dyr som lever mer på markoverflaten (epigeiske arter). Navn og omtrentlig størrelse (lengde) på en del av faunagruppene er gjengitt i Fig. 1. Det fins noe litteratur på hvor mange arter av ulike evertebratfamilier som fins totalt i Norge (DN rapport 1992,1999; Aakra 2000), men lite om hvor mange og hvilke arter som er knyttet til jordbruksjord.

Encellede dyr, nematoder, spretthaler, meitemark, småleddmark og flere middarter er vanlig å finne i overflaten og nede i jorden. Edderkopper, biller og andre insekter lever vanligvis oppå jorden og i vegetasjonen, men man kan også møte dem i meitemarkganger og andre ganger i jorden. Det fins en del arter insekter som har larvestadier i jorden, men som lever sine voksne liv over jorden (eksempelvis en del fluer, mygg, stankelbein og biller).

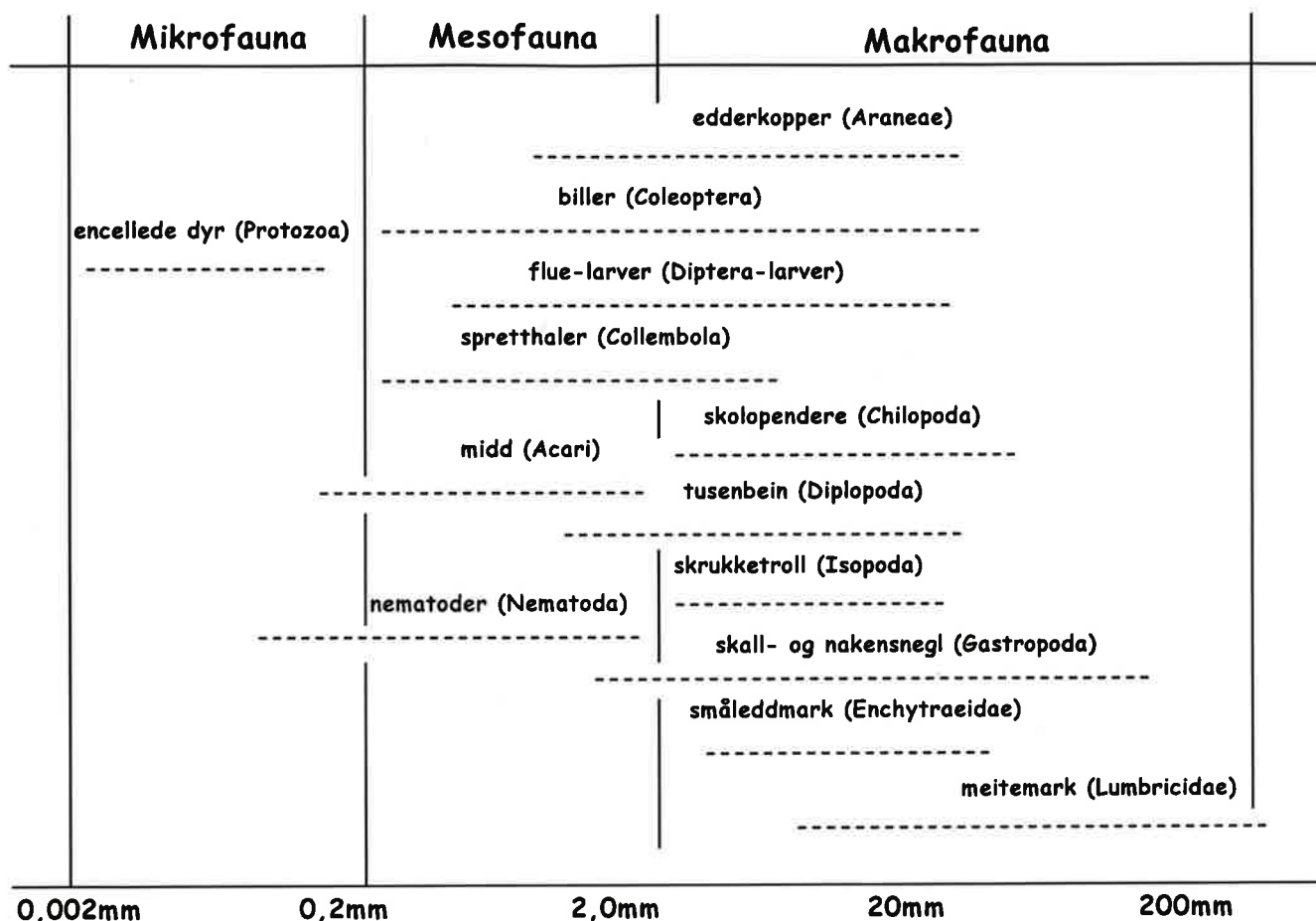


Fig.1. Omtrentlig størrelse (lengde) av ulike grupper virvelløse dyr tilknyttet jord. (Figur omarbeidet etter Eisenbeis og Wichard 1985).

Encellede dyr (Protozoa)

Protozoa er en stor (ca 80 000 arter i verden), sammensatt gruppe små dyr (< 50 μm), med det til felles at hvert dyr utgjøres av en enkelt celle. Mange parasitter tilhører denne gruppen, men også mange arter er frittlevende. De frittlevende protozoer innbefatter "nakne" rasktvoksende flagellater, amøber og ciliater, i tillegg til mer langsomtvoksende skallamøber. Protozoer spiser alt mulig av passe størrelse; bakterier, alger, andre encellede dyr, små flercellede dyr og dødt organisk materiale (Lagerlöf & Andrén 1978, Ruppert & Barnes 1994). Som de minste dyr i jorden, beitende på bakterier og alger, bidrar de i stor grad til næringsfrigjøring og opprettholdelse av friske mikroorganisme-populasjoner. De er også ganske unike som dyr fordi de har en plastisk form som gjør at de kan "bevege" seg inn og beite i små hulrom i jorden hvor ikke noe annet dyr kommer til. Videre har de en viktig oppgave som fordøyere av cellulose. Som symbionter i drøvtyggers og termitteres mage er de med på å gjøre cellulose tilgjengelig som næring for andre organismer.



Nematoder (Nematoda)

Nematoder finnes som parasitter i dyr, mennesker og planter, men også i store mengder som frittlevende former i jord, i bunnsedimenter i ferskvann og saltvann. Størstedelen av frittlevende nematoder i jord er < 2,5 mm lange og lever i vannfylte porer i jorden (Ruppert & Barnes 1994). De er særlig å finne nær planterøtter, gjerne rundt de minste planterøttene (Wallwork 1976a, McSorley 1997). Det er sagt at nematoder er så tallrike og vidt utbredt at dersom alt annet forsvant ville det likevel være et sammenhengende synlig teppe av disse dyrene igjen. Det er tenkelig når det kan finnes 8 100 - 30 000 000 ind./m² (Magnusson 2000a).



Nematoder er små hvite/gjennomsiktige "markliknende" organismer. Spesielle respirasjonsorganer eller sirkulasjonsorganer er ikke utviklet, utveksling av væsker og gass skjer gjennom kutikula og tarm. Området rundt svelget og munnen, er utstyrt med ulike utvekster (lapper, lober, lameller o.l), munnleder (stiletter, kroker) og sanseorganer (papiller, børster). Selve svelget består ofte av muskulære strukturer som brukes til å suge i seg næring, samt flere ulike kjertler som skiller ut slim og enzymer. Inne i kroppshulen til dyret finnes en langsgående tarm og kjønnskjertler. Mange arter av nematoder består av to kjønn, men formering uten befruktning (partenogenese) og hermafroditter (tvekjønnede) er også å finne (Warwick 1975). Nematoder beveger seg ved å utnytte overflatespenningen i vannfilmen de lever i, de "vriker" seg fremover ved fremdrift.

Nematoder er vanskelige å artsbestemme, så det er vanlig å dele dem inn etter munnmorfologien og dermed klassifisere dyrene etter hva de spiser (Magnusson pers. medd. 1999). Parasittære nematoder lever av verten sin. Ikke-parasittære nematoder spiser mye forskjellig. Noen beiter på sopp eller planterøtter, andre spiser bakterier, organisk materiale, nematoder og små virvelløse dyr (Warwick 1975, Lee & Pankhurst 1992).

Herbivore nematoder omfatter de planteparasittære artene. Munndelene hos disse er en nåleformet stilet (spiss) som brukes til å punktere cellene for å få tak i saften inne i plantecellene (Fig. 2). Ectoparasitter (lever utenpå plantene) holder seg i jorden og spiser på de levende cellene på rotoverflaten, mens endoparasitter (lever inni plantene) trenger inn i røttene/cellene og lever der. Knoll-, løk- og stengelnematoder, rotsårnematoder og ulike cystenematoder er eksempler på herbivore nematoder (Magnusson 2000b).

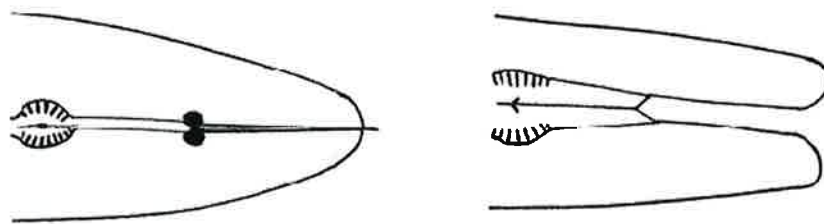


Fig 2. Ulike utforminger av hoderegion med munnleder hos to grupper nematoder. Stiletten vises hos den plantespisende nematoden til venstre, mens den bakteriespisende nematoden til høyre har en "åpen" munn for inntak av føde. (etter McSorley 1997)

Mange nematoder er ikke planteparasitter, men er direkte og indirekte viktige for omdannelse av organisk materiale og sirkulering av næringsstoffer i jord. Nematodenes tilstedeværelse og beiting resirkulerer næringsstoffer fra bakterier, sopp og andre substrater og returnerer disse til jorden slik at de igjen blir tilgjengelige for planterøttene og andre organismer (McSorley 1997)

Bakterivore nematoder beiter på bakterier og munnen er utformet som en "åpen" trakt (Fig. 2).

Fungivore nematoder spiser soppmycel og har en stilet, liknende den til herbivore nematoder, til å punktere cellene i sopphyfene med (McSorley 1997).

Rovnematoder spiser jordlevende dyr av passende størrelse, inkl. andre nematoder. De spiser både planteparasittære og frittlevende nematoder. De har en stilet til å stikke hull i byttet med eller en "tann" som de holder byttet fast med mens de "gnager" hull på det.

Omnivore nematoder har en allsidig diett, bestående av sopp, bakterier og alger (Zunke & Perry 1997).

Artssammensetningen av nematodesamfunn i jord avhenger av vegetasjon og dyreliv ellers på stedet, så vel som jordtype, årstid, jordfuktighetsnivå, mengde organisk materiale i jord og flere andre faktorer.

Leddormer (Annelida)

Meitemark (Lumbricidae)

I Norge finnes 19 arter meitemark (Haraldsen & Engelstad 1998). *Aporrectodea caliginosa* er ofte den dominante arten i kultivert jord, mens generelt er *Lumbricus rubellus* den mest utbredte meitemarkarten i Norge. For opplysninger om utbredelse og levested til de norske meitemarkartene, anbefales litteratur av Stöp-Bowitz (1969) og Haraldsen & Engelstad (1998).



Meitemark har en ytre synlig segmentering med en tilsvarende indre inndeling i segmenter. De har en tynn pigmentert hud (kutikula) og har 8 stive hår (setae) på hvert segment unntatt de to fremste. Blodkarsystem består av lukkede årer og 5 små "hjerter", dyrene "puster" gjennom huden, har ansamlinger av nerver i hoderegionen (ganglier) og i hvert segment har de ekskresjonsorganer (nyrer/nefridider). Meitemarkene mangler øyne, men sanseceller i huden registrerer lys, og dyrene vil trekke seg unna lyskilder. Meitemark beveger seg med peristaltiske bevegelser, noe som gjør at de kan trenge seg gjennom ganske kompakt jord. Disse bølgeliknende bevegelsene skjer ved at sirkulære og langsgående muskler vekselvis trekkes sammen. I tillegg hindrer de stive hårene at kroppen glir bakover når dyrene baner seg veg gjennom strø og jord.

Meitemark er hemafroditter (tvekjønnet) med kjønnskjertler i bestemte segmenter i fremre deler av kroppen. Gjensidig parring sørger for utveksling av genmateriale. Ved kjønnsmoden alder skiller det synlige beltet (clitellum), omtrent midt på dyrene, ut en kokong som befruktede egg legges i. En nyklekket meitemark ser ut som de voksne, bare mindre av størrelse.

Meitemark er omnivore som gruppe. De spiser generelt organisk materiale, som dødt plantemateriale og rester av større og mindre dyr. I tillegg spiser de levende protozoer, nematoder, bakterier, sopp og andre mikroorganismer som følger med jorden de spiser (Edwards & Lofty 1977, Laverack 1963). Noen arter er mer selektive enn andre ved valg av føde. Noen "beiter" på algeteppet som danner seg på den fuktige jordoverflaten.

De kan deles i tre ulike funksjonelle/økologiske grupper etter hvor de lever og hva de spiser (Lavelle et al. 1989). Epigeiske meitemark er rikt pigmenterte, har en mørk, rødbrun farge og er særlig knyttet til komposthauger og sjikt med mye organisk materiale (f.eks. slekten *Eisenia*). De finfordeler løv og er viktige i omdannelsen av organisk materiale, men trives ikke i vanlig jordbruksjord. *Lumbricus rubellus* tilhører også denne gruppen. De graver noen U-formede ganger ned i jorden og er vanligere i jordbruksjord og skogsjord (Haraldsen & Engelstad 1998).

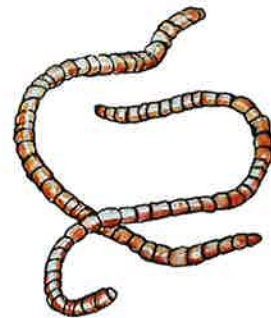
Den andre gruppen meitemark består av mer dyptgravende arter. De spiser dødt organisk materiale som de blander med jord. De lever i ganger som de graver langt ned i

jorden og er utbredt overalt hvor det utvikles moldjord av noe slag. De har en rikt pigmentert rødbrun forkropp, og en mer blekgrå, flat bakkropp. Arter fra slekten *Lumbricus*, eksempelvis den store grå meitemarken *Lumbricus terrestris*, er typiske representanter i denne gruppen. Dyptgravende arter lager vertikale ganger som påvirker vannhusholdningen i jorden, de produserer overflatekast (ekskrementhauger) og frakter organisk materiale fra overflaten ned i jorden (Lavelle et al. 1989).

Den tredje gruppen meitemark kalles endogene meitemarker, er upigmentert og lever dypere nede i jorden. De lever av organisk materiale fra jorden de spiser. Kastene avsettes oftest nede i jorden. Dyrene er rosahvite eller blåaktige i fargen og ligger ofte sammenrullet i nøster i hulrom i jorden. *Aporrectodea caliginosa* er en vanlig endogen art i norsk jordbruksjord. Alle tre gruppene er ikke nødvendigvis representert i alle økosystemer.

Småleddmark (Enchytraeidae)

I Norge er 36 arter småleddmark registrert (Abrahamsen 1968), nesten utelukkende i skoglokaliteter. Det er usikkert hvor mange arter som er knyttet til jordbruksjord og hvor mange arter vi kan forvente å finne i Norge i dag. Småleddmark er mindre iøynefallende enn sin slektning meitemarken. Dyrene er relativt små (1-20mm), noen kan bli opptil 50 mm, de er hvite av farge og gjerne med en svart stripe (tarminnholdet som skinner gjennom huden). De er hermafroditter og de fleste reproducerer seksuelt, selv om ukjønnnet formering forekommer (Didden et al. 1997).



Småleddmark spiser mineralpartikler og organisk materiale, sopp og mikroorganismer (Didden et al. 1997, Lagerlöf & Andrén 1978). Småleddmark grupperes som nedbrytere i jordøkosystemet. Det er usikkerhet om hvor stor del av gruppen som kan betegnes som henholdsvis saprovore, bakterivore og fungivore (50 - 25 - 25% eller 20 - 80 - 0%) (Didden 1993).

Småleddmark finnes i fuktige habitater. Hvor fuktig miljø dyrene finnes i varierer mellom artene. De tåler også surere (lavere pH) jord enn meitemarken. Selv om også småleddmarkene beveger seg ved hjelp av peristaltiske bevegelser og kan fortrenge jordpartikler, bruker de oftest porer og kanaler som allerede er i jorden for å komme seg frem.

Bløtdyr (Mollusca)

Snegler (Gastropoda)

Det er registrert 84 terrestre arter snegl i landet. Mellom 75 og 80 arter har naturlige forekomster i norsk natur, av disse er 13 arter nakensnegl og resten skallbærende. Føden til snegler varierer, noen spiser levende planter, noen dødt plantemateriale, noen spiser alger og sopp, mens andre er altetere (Wallwork 1976a, Ruppert & Barnes 1994).

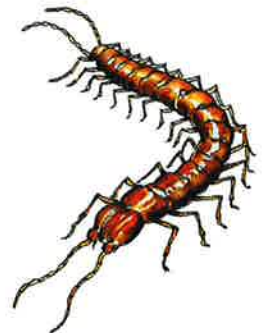


Mangefotinger (Myriapoda)

Alle de fire gruppene av mangefotinger som finnes i Norge er knyttet mer eller mindre til jord (Wallwork 1976a). Dyrene består av hode og en lang leddet kropp med mange føtter. De har vanligvis et par antenner og to samlinger av små punktøyne på hodet. De utveksler gass gjennom trakeer og har et blodkarsystem med et langstrakt "hjerte" bakover i kroppen (Ruppert & Barnes 1994).

Tusenbein (Diplopoder) er representert med 30 arter i Norge. De livnærer seg hovedsakelig av dødt organisk materiale og anses å være viktige nedbrytere (Lagerlöf & Andrén 1978, Wallwork 1976a).

Skolopendere (Chilopoda) er hovedsakelig rovdyr, men spiser også døde dyr. Det er registrert 24 arter skolopendere i Norge. Gruppen deles inn i Lithobiomorpha som hovedsakelig finnes under bark, stein og i strø, og Geophilomorpha som lever nede i jorden og sjelden sees over bakken. Brun steinkryper (*Lithobius forficatus*) er den vanligste arten i Norge.



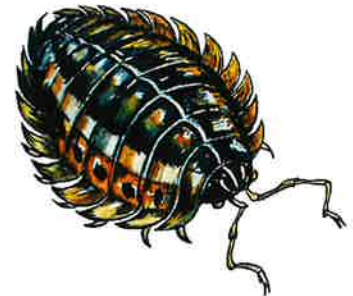
Symphyla kalles "dvergfotoingar" på svensk, er under 1 cm store og likner på miniutgaver av skolopendere. Dyrene er knyttet til jord og strø, og omtrent 160 arter er registrert på verdensbasis (Ruppert & Barnes 1994). Noen arter kan gjøre store skader ved å spise på planter i drivhus, ellers er det ikke funnet noen oversikt over hva de spiser.

Paupoda kalles "fåfotoingar" på svensk, er 0,5-1,5 mm lange, hvite, skolopenderliknende dyr som lever i jord og strø. På verdensbasis er omtrent 500 arter registrert. De fleste spiser sopp eller dødt plantemateriale, mens noen spiser andre smådyr (Ruppert & Barnes 1994).

Krepsdyr (Crustacea)

Krepsdyr omfatter mange dyrearter, hvorav de aller fleste lever i salt eller ferskvann. Dette gjelder også for gruppen Isopoda, hvor noen få arter ha tilpasset seg et liv på land.

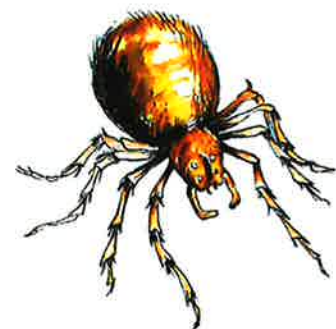
Skrukketroll er saprofager, de spiser dødt organisk materiale, alt fra død ved til kadaver (Wallwork 1976a). Dyrene trenger en viss mengde fuktighet for å overleve og er nattaktive. De er viktige for nedbrytingen av løv og organisk materiale i løvhauger og komposter.



Edderkoppdyr (Arachnida)

Edderkoppdyr skiller seg fra andre leddyr (insekter, skalldyr og mangefotinger) ved å ha ett par chelicerer (kjever) og ett par pedipalper som deler av sin munnutrustning. De har videre 8 bein og mangler antenner. Edderkoppdyr utveksler gass gjennom boklunger og/eller trakeer. Noen av artene i gruppen kan ha ganske avansert utviklet hjerne (eks. hoppeedderkopper). De av edderkoppdyr som er rovdyr starter fordøyelsen av byttet utenfor kroppen. Mens byttet holdes i chelicerene, blir enzymer fordelt med spytt over og inn i byttet, og den halvfordøyde næringen blir slurpet inn. Fire grupper av edderkoppdyr er vanlige i og nær jord i Norge.

Edderkopper (Araneae) er rovdyr med flere ulike strategier for å skaffe seg mat; lage nett, sitte og lure og løpe etter byttet. Edderkopper er nyttedyr som spiser insekter og andre småkryp. Omtrent 550 arter er registrert i Norge (Aakra 2000). Hvor mange som er knyttet direkte til landbruksområder er usikkert. Edderkopper har en todelt kropp og 6-8 øyne. Chelicerene har form som en klo, inneholder gift og brukes til å fange og drepe bytte med. Silke til nettbyggingen kommer fra 6 spinnvorter bak på kroppen.



Vevkjerringer (Opiliones) er hovedsakelig rovdyr, men noen spiser også frukt, frø og sopp. Det finnes 14 arter her i landet. Hos vevkjerringer består kroppen av en sammenvokst bak- og framkropp med antydninger til segmentering. De har lange tynne

bein, med mange små ledd ytterst. Oppå hodet har de to øyne som ofte er plassert på en liten forhøyning. Dyrene har saksefomede chelicerer uten gift, som de holder og knuser byttet med.

Pseudoskorpioner (15 arter) er små (under 8 mm) skorpionliknende dyr som lever i jorden, under bark, på steiner og i mose. De har en sammenvokst bak- og framkropp, hvor bakkroppen er segmentert. På framkroppen har de oftest 4 øyne. Pseudoskorpioner spiser små leddyr som midd og spretthaler (Ruppert & Barnes 1994). Chelicerene er sakseformede og uten gift.



Av Midd (Acari) er det 810 kjente arter i Norge, men et mye høyere tall er sannsynlig, fordi gruppen er relativt dårlig undersøkt.

Midd er små dyr (0,1-2 mm, noen få kan bli opp mot 1 cm) med en sammenvokst for- og bakkropp. Kroppsform og farge varierer betydelig. Voksne midd har 8 bein og særlig det fremste benparet har mange sansehår som registrerer fysisk-kjemiske endringer i omgivelsene. Ytterst på alle gangbein er det normalt 1-3 klør. De fleste arter mangler øyne, men noen kan ha inntil 6 øyne på fremre deler av kroppens overside. I utgangspunktet har de sakseformede chelicerer, men munndelenes totale utforming varierer mye. Bakkroppen og oversiden av forkroppen er utstyrt med en eller flere harde plater, disse reduserer fordamping av kroppsvæske, fungerer som muskelfeste og tjener som beskyttelse mot fiender,

Midd har representanter i nesten alle kjente terrestriske (land), marine (saltvann) og lakustrine (ferskvann) habitater. Midd består av flere grupper hvorav 5 ordener er representert i Norge, og hvor flere arter er tilknyttet jord:

- Mesostigmata - rovmidd (0 øyne)
- Prostigmata - inkl. spinnmidd, hårsekkmidd, gallemidd, fløyelsmidd, vannmidd (0-6 øyne)
- Oribatida - hornmidd (0 øyne)
- Ixodida - flått: 12 arter finnes i Norge, 8 tilhører slekten *Ixodes* (0-2 øyne)
- Astigmata- inkl. skabb, husstøvmidd (0 øyne)

Midd som gruppe viser stor variasjon i diettvalget. Rovdyr, saprofager, plantesugere, snyltetere, kommensialister og parasitter finnes i denne gruppen. En del arter har gjerne svært spesialiserte fødepreferanser og munndelene har ofte form deretter. Mange parasittære midd lever av å suge i seg vertens kroppsvæsker, munndelene er derfor stillettfornede for å kunne stikke hull i vertens hud (eks. hos flått). Mange herbivore midd har munndelene omdannet til en kombinert stikke- og sugemunn, som de stikker inn i planteceller og suger ut innholdet med. Noen av disse er spinnmiddene. Visse arter midd kan ha veldig spesiell diett som mel, tørket frukt, hud eller fjær.

Rovmidd (Mesostigmata) lever i strø og i selve jorden. De fanger små leddyr (inkludert egg og larver), småleddmark og nematoder i jord, strø eller på planter (Lagerlöf & Andrén 1978, Ruppert & Barnes 1994). Rovmiddene får i seg maten på samme måte som edderkopper, de fanger byttet ved hjelp av chelicerene og pedipalperne, deretter sprøyter de fordøyelsesenzymer over byttet og slurper i seg den nesten ferdig oppløste maten.

Hornmidd (Oribatida/Cryptostigmata) spiser sopp, alger, plante- og dyrerester (Ruppert & Barnes 1994). Dyrene er oftest dekket av harde plater av ulike typer. De tåler dermed mer tørke og i noen sammenhenger er det effektiv beskyttelse mot fiender.

Prostigmat (ikke norsk navn) midd har en variert næringsøkologi og spiser planter, sopp, strø, bakterier og små dyr i jorden (Lagerlöf & Andrén 1978).

Den varierte dietten til ulike midd og deres store individantall i jord, gjør dem til viktige ledd i omdannelsen av organisk materiale, og i samspill med andre organismer som føde og beitere.

Seksfotinger (Hexapoda)

Seksfotinger tilhører leddyrene og har generelt tredelt kropp, 6 bein, og mangler eller har 2-4 vinger (Ruppert & Barnes 1994). På hodet er det 2 antenner og de fleste har ett par øyne.

Spretthaler (Collembola)

Det er ca 280 norske arter spretthaler. Spretthaler er små, vingeløse dyr, de fleste noen få mm, men noen få arter kan bli så store som 9-10 mm. Spretthaler som er tilknyttet jordsmonnet er mellom 0,2 og 9 mm lange (Eisenbeis & Wichard 1985). Gruppen er karakterisert av en "hoppegaffel" (furca) på undersiden av bakkroppen, denne hoppegaffelen brukes til å bevege seg med og til å sprette unna farer med (Fig. 3). Hos arter som lever nede i jorden er hoppegaffelen ofte liten eller mangler helt. To ulike kroppsformer er vanlig, en langstrakt og en mer kuleformet (Fig. 3). Leddspretthaler er langstrakte og kroppen er tydelig leddet, mens kulespretthaler har en sammenpresset, butt, nærmest kuleformet kropp, hvor de fleste leddgrenser ikke er synlige.

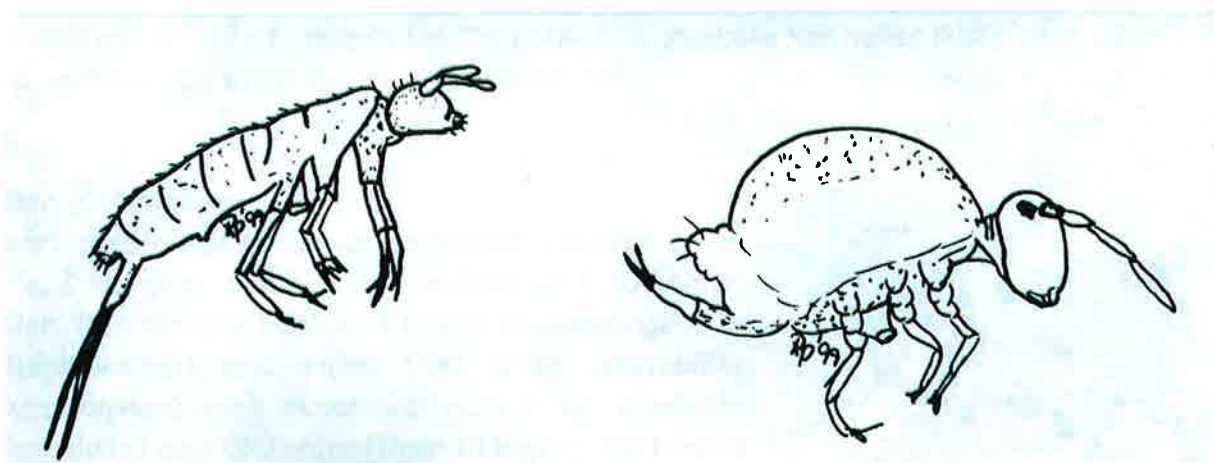


Fig 3. To typiske kroppsformer hos spretthaler i jord. Leddspretthalen til venstre er tydelig langstrakt og leddet (Isotomid kroppsform). Kulespretthalen til høyre er mer sammenpresset, butt og kuleformet, og leddgrensene er ikke synlige (Sminthurid kroppsform). Hos begge gruppene kan du se den karakteristiske hoppegaffelen på bakkroppen.

Både kroppsform og farge varierer. Kroppen kan være farget av hår eller skjell (Chinery 1993). De artene som lever i overflaten og i øvre deler av jorden er ofte størst, har mest pigmenter og har øyne, mens de som lever dypere nede i jorden er hvite/gjennomsiktige og mangler øyne. Noen spretthaler har lange antenner og noen korte antenner.

Gassutveksling skjer gjennom kutikulaen (huden) og over en fuktig indre overflate i en ventral tube (rør), og hos noen få arter gjennom trakeer (Hopkin 1997). Den ventrale tuben er også viktig for regulering av vannbalansen i kroppen.

Spretthaler lever hovedsakelig av sopphyfer og dødt plantemateriale, men noen spiser også bakterier og alger (Lagerlöf & Andrén 1978, Hopkin 1997, Fjellberg pers. med. 2000).

Det er vanligvis 6-8 ulike stadier i spretthalers livssyklus. En nyklekket spretthale ser ut som en miniutgave av voksen, så utviklingen er relativt lite synbar annet enn i størrelse og kjønnsmodenhet. Under normale forhold er det flere generasjoner på ett år.

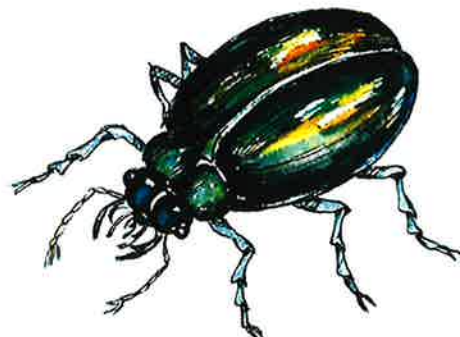
Protura og Diplura er to andre grupper små seksfotinger som er knyttet til jord og som spiser hovedsakelig dødt organisk materiale. De utgjør bare en liten del av jordfaunaen og er heller dårlig undersøkt i Norge.

Insekter (Insecta)

Insekter er også seksfotinger, men evolusjonsmessig har insekter mer synlige og utviklede munndeler enn de mer "primitive" collemboler, proturer og diplurer hvor munndelene er innfelt i munnhulen. De sistnevnte gruppene har heller ikke vinger, eller reduserte anlegg etter vinger, slik insekter har.

Biller (Coleoptera)

Hvert tredje insekt som er beskrevet i verden er en bille. I Norge er det funnet i overkant av 3 300 arter biller. Den største familien i Norge er kortvingebiller (Staphylinidae) med rundt 900 arter, snutebiller (Curculionidae) med rundt 280 arter og løpebiller (Carabidae) med 260 arter (figur til høyre). Kortvinger er stort sett rene rovdyr både som larver og voksne. Løpebiller er rovdyr som larver, men kan som voksne også spise en varierende del planteføde, særlig frø. Snutebiller er rene planteeterer som larver og voksne og kan gjøre en del skade på kulturvekster.



Tovinger (Diptera)

Tovinger er de insektene som vi til daglig kaller fluer, stankelbein og mygg. Mange av larvene til tovingene lever i fuktig jord og komposthauger, hvor de lever av organisk materiale. Noen sees også på som skadedyr, da de spiser levende plantedeler. Usikkert anslag er at over 4 500 arter tovinger finnes i Norge.

Saksedyr (Dermaptera)

Tre arter saksedyr er kjent i Norge. Saksedyr er først og fremst rovdyr, men spiser også annet organisk materiale.

Hvilke funksjoner har biologisk mangfold i jord?

Hva ligger i begrepet biologisk mangfold? Mange ulike arter? Mange ulike dyr og planter målt i antall individer? Mangfold av genetisk variasjon innen en art? Har det noe å si hvordan artene er fordelt, om det er mange av en art og få av andre eller om de er jevnt fordelt? Er det alltid "best" med høyest mulig biologisk mangfold? Begrepet biologisk mangfold (biodiversitet) kan romme vide og snevre definisjoner alt etter formålet og hvordan man velger å vinkle temaet. Derfor er det viktig å klargjøre hva som menes med begrepet.

En vanlig definisjon på biologisk mangfold er "Antall arter tilstede i et gitt miljø" (Lawrence 1995). En tyngre variant er "Variasjon mellom og innen alle biologiske arter i alle grupper av organismer, det vil si alle planter, dyr og mikroorganismer, samt miljøet, økosystemene og de økologiske prosessene som disse artene og organismene er en del av" (DN-rapport 1992). Det er ikke bare antall arter alene, men også hvilke arter som fins i et økosystem som øker forståelsen av funksjoner og viktigheten av biologisk mangfold (Schulze & Mooney 1994).

Selv om biologisk mangfold har en egenverdi, er det enklere å tilskrive den andre verdier dersom mangfoldet av jordlivet kan påvises å utføre viktige funksjoner. Er det noen funksjoner som utføres bedre, lettere og mer hensiktsmessig ved at man har et mangfold av organismegrupper, i stedet for mange individ av en eller noen få grupper? Dette er det ikke lett å finne et generelt vitenskapelig svar på utfra isolerte undersøkelser. Spørsmålet er likevel høyst relevant.

Noen økosystemer kan fungere med redusert antall arter, men optimal artsdiversitet kan være viktig for overlevelsen til samfunnene i systemet ved endringer i miljøforholdene (Schulze & Mooney 1994). I tillegg er det ikke lett å si med sikkerhet at to arter har eksakt samme funksjon eller at to arter kan erstatte hverandre helt i systemet. Arter trenger ikke være overflødige sett i et langt tidsperspektiv, selv om de ikke har en uerstattelig funksjon utfra dagens kunnskap.

En rolle som kan tillegges biodiversitet i jordsmonnet er å sikre mangfoldet av aktiviteter som skjer i jorden, ikke bare hver enkelt art sin funksjon, men også ulike samspill mellom arter og mellom individer, samt samspill med omgivelsene. Biologisk mangfold påvirker produksjonskapasiteten i systemet (avlingsresultat) ved å omdanne og frigjøre næring fra organisk materiale. Et større mangfold mellom og innen arter og funksjonelle grupper vil lokalt kunne øke den naturlige toleransen og øke resistensen mot stress og forstyrrelser (Giller et al. 1997). Stabiliteten til et system vil kunne øke eller avta ved reduksjon i artsantallet og effektene vil kunne utarte seg forskjellig i tempererte, tropiske og arktiske strøk (Schulze & Mooney 1994).

Biodiversitet har flere funksjoner som er umulig å dokumentere med enkle tall. Det at mange faktorer (inkludert levende enheter) påvirker systemet til ulik tid og i ulik grad, gjør det tid- og ressurskrevende å finne svar på hvilke funksjoner biodiversitet har. I den sammenheng fins det resultater som dagens økologiske og konvensjonelle

jordbrukspraksis kan ha nytte av å ta frem. Dette gjelder resultater og erfaringer i forskningsarbeider fra tidligere forskere som Francé (1911), Rusch (1955), Krasilnikov (1958) og Rush (1968), og nyere som von Haller (1967a,b), Rateaver & Rateaver (1993) og Preuschen (1991). I følge denne litteraturen er humusdannelse og økt jordfruktbarhet et viktig funksjonsresultat av edafonets (jordlivets) mangfold.

Organismene i jorden spiller en avgjørende rolle i planteernæring, som strukturdannere, aggregatdannere, rensere av vann, for avgifting av jorden, som symbionter og sykdomsregulatorer, selv om det er vanskelig å bevise direkte årsak/virkning-forhold i alle sammenhenger. Mye av litteraturen om biologisk mangfold er generell og lite er direkte knyttet til jordsmonnets mangfold. Jordfruktbarhet og planteernæring er i dag overveiende knyttet til kjemiske reaksjoner, så behovet for en mer konkret kunnskap om biologisk mangfold og dets funksjoner er stort.

Jordsmonnet som økosystem

Hvordan skal vi få bedre kjennskap til hva som skjer i jordsmonnet som økosystem? Det å vite hvilke arter som lever i jorden er nødvendig, men hva sier en artsliste alene oss, dersom vi ikke vet noe om artene eller deres funksjoner og ikke vet noe om samspillet mellom artene? På hvilket grunnlag skal vi da ta avgjørelser?

For å utforske forholdet mellom økosystemet jordsmonnet og dets komponenter kan man bruke en analogi i form av hvordan en bil fungerer (Schulze & Mooney 1994). Når vi plukker fra hverandre en bil, ser vi "artslisten", vi ser hvilke deler systemet består av, men vi kan ikke uten videre se alle funksjonene de ulike delene har. For å kunne reparere, endre eller forbedre systemet (jfr. bedre jordkvaliteten), må vi kjenne funksjonene til de ulike komponentene. Noen deler er helt nødvendige for at motoren skal fungere (slangen som forbinder drivstofftank og forgasser), noen komponenter øker funksjonaliteten, men er ikke absolutt nødvendige (eksospotten), noen har en funksjon bare i bestemte situasjoner (airbag, delt bremsevæskesystem, håndbrekket, bilbeltet) og noen komponenter gjør bilen mer attraktiv, men har ikke noe med funksjonen til selve bilen å gjøre (Wunderbaum, lettmetallfelger, bilstereo). Selv om bilen har alle delene intakt vil den ikke fungere dersom de ulike delene ikke er justert i forhold til hverandre. Analogien kan ikke overføres direkte til jordsmonnet som økosystem, da et økosystem er mye mer komplekst og inneholder levende elementer hvis aktivitet ikke alltid kan beregnes. Den illustrerer likevel at ikke alle deler i systemet nødvendigvis har sammen betydning for funksjonen av systemet som helhet. Videre vises viktigheten av visse "sikkerhetsdeler" (airbag, delt bremsevæskesystem). En veldig viktig forskjell mellom bilen og jorden som økosystem, er at de funksjonelle rollene til komponentene i et økosystem kan endre seg avhengig av aktivitetene til nærliggende komponenter. For eksempel kan en art delvis overta funksjoner for en annen via kompliserte tilbakemeldingssystemer.

Levende organismer påvirkes av og påvirker andre organismer og prosesser etter mye mer kompliserte mønstre enn delene i en bil (eks. ulike symbioser). Det trengs en bedre oversikt over hvilke "deler" som finnes i jordøkosystemet (artslistene) og hvordan hver av disse fungerer alene (autøkologi, fenologi, fødestrategier, livssykluser osv.), men også hvordan de fungerer som større helheter, i forhold til hverandre (samspill, symbiose, synøkologi) for å kunne utvikle vårt jordbruk i en retning av mer bærekraftige og multifunksjonelle systemer. Helhetstenking er viktig for å se tingene i en sammenheng utover det enkelte fagfeltet det arbeides innenfor

Funksjonelle grupper

Flere forfattere deler organismer inn i funksjonelle grupper og diskuterer ulike økologiske problemstillinger ut fra slike grupperinger (Moore et al. 1988, Brussaard et al. 1997, Bengtsson 1998, Brussaard 1998). En funksjonell gruppe er en gruppe organismer som har en eller flere funksjoner til felles, eksempelvis plantespisere, nedbrytere og parasitter. En slik gruppering blir ofte gjort på tvers av artsgrensene. En uløst problemstilling er om funksjonelle grupper er tilstrekkelig for å beskrive økosystemprosesser (Schulze & Mooney 1994). Det fins ingen universell inndeling av jordfaunaen i funksjonelle grupper. Noe av grunnen er at karaktertrekkene til en faunagruppe, i forhold til å forutsi effekter på økosystemprosesser, varierer sterkt mellom og innen ulike økosystemer. Videre fordi ulike "tette forbindelser" (eks. sopprot, parasittisme) binder arter mellom ulike funksjonelle grupper sterkere sammen enn innen en funksjonell gruppe. På tross av disse begrensningene, kan inndelinger i funksjonelle grupper belyse årsak/virkning relasjoner, og gi muligheter for å jobbe med flere arter samtidig, sammenliknet med studier på artsnivå (Schulze & Mooney 1994).

Det er også vanlig å dele funksjonelle grupper inn etter organismenes fødevalg. Moore et al. (1988) grupperer leddyr i jorden som predatorer, fungivorer, bakterivorer, detritivorer, herbivorer og omnivorer. Det er imidlertid ikke alltid like lett å avgjøre hvilken slik funksjonell gruppe ulike arter tilhører. Eksempelvis fordi det ikke alltid er lett å dokumentere om smådyrene lever av dødt organisk materiale eller av de tilhørende mikroorganismene. En rhizotron er bygget nede i en eng (England), i denne konstruksjonen er det 34 vinduer (90 cm x 50 cm) som tillater at man ser på et jordprofil ned til 70 cm dyp (Gunn & Cherrett 1993). Observasjon i dette systemet viste at det er vanligere med en variert diett (omnivori) enn tidligere antatt, samt at separate herbivore og nedbrytende næringskjeder ikke kunne pekes ut. Rotsystemet til planter var en viktig matressurs for jordfaunaen. Veldig få grupper av dyr ble observert som spesialister til å fange meso- og makroevvertebrater. Selv antatt rene predatorer, som jordlevende skolopendere, spiste også planterøtter og organisk materiale. Observasjonene tyder på at det er større variasjon i hva dyrene spiser i virkeligheten enn hva laboratorieforskning og studier av tarminnhold hittil har vist.

Jordlivets funksjoner

Økosystemet som finnes i jorden består av mange enheter. Disse er viktige deler av et større kretsløp av organisk materiale (næringsnettverk). I jorden lever den ene av den andre: de store av de små, de små av de mindre og de mindre av de minste, samt de minste av de større. Alger, sopp og bakterier



kan leve av organisk materiale, de ernærer encellede dyr som amøber, flagellater og ciliater. Disse er mat for nematoder og midd, som igjen blir spist av andre midd, nematoder og billelarver. Noen spretthaler, nematoder, småleddmark og midd beiter også direkte på alger, sopp og bakterier. Edderkopper og rovbiller spiser ulike jordlevende dyr av passende størrelse. Hele edafonet (jordlivet), noe dødt og noe levende, samt leire og mineralpartikler, er sammen med planterester næring for meitemarkene. Meitemark er igjen mat for fugler og amfibier som igjen alle ved sin død tjener som næring for de små og minste. Det hele utgjør et intrikat næringsnettverk både i tid og rom, og lite organisk materiale unngår å være innom en eller annen "mage".

Hva med plantene i dette nettverket av interaksjoner? Planterøttene vokser rundt i jorden på "jakt" etter næring og vann. Det er gjennom de tynne rothårene på hårrøttene hvor opptak av næring er størst. Disse tynneste røttene omgis av et mucigel (slimlag) som planten skiller ut og som er samlingspunkt for mange ulike mikroorganismer i jorden. I denne rotsonen finnes et yrende liv av små og større organismer som lever av mucigel og hverandre, og som sammen med planterøttene sørger for å utveksle næring slik at tilgjengelige næringsemner blir "spist". Noen hevder at planterøtter bare kan ta opp næring i form av ioner, mens andre dokumenterer at planterøtter kan ta opp aminosyrer (Näsholm et al. 2000), organiske molekyler, bakteriedeler (Rusch 1968) og hele mikroorganismer (Rateaver & Rateaver 1993; Schanderl 1970)

Midd som spiser dødt organisk materiale er med på å finfordele planterester og øker overflaten slik at det lettere kan omdannes videre av bakterier og sopp. Midd og spretthalers beiting på sopphyfer stimulerer veksten av disse, og dermed soppens fordøyelse av organisk materiale. Mikroorganismer lever på og av ekskrementer fra midd og spretthaler og vi frigi næring til planterøtter. I tillegg passerer soppsporer og bakterier middenes tarm, eller fester seg til kroppsoverflaten og på den måten spres sopp og bakterier rundt i strølaget av midden (Hågvar 1985).

Sammen med bakterivore nematoder er de fungivore nematodene særlig viktige for omdannelsen av organisk materiale. Begge beiter på bakterier og sopp som lever av organisk materiale. Dermed akselererer nematodene omdannelsesprosessen av organisk materiale. Generelt blir 30% av nematodenes fødeinntak brukt av dyrene til opprettholdelse av livet, mens 70% kommer ut som ekskresjonsstoffer i form av $\text{NH}_3\text{-N}$, urea, peptider og aminosyrer. Ett individ beregnes å kunne konsumere 5 000 bakterieceller/minutt. Ved vanlig populasjonsnivå tilsvarer dette 80kg bakterier/daa år, som utgjør 8-12kg N/da år (Magnusson, pers. med. 2000).

Meitemarks appetitt er upåklagelig. Daglig kan de fordøye mat tilsvarende mellom 10 og 30% av sin egen kroppsvekt, mennesket til sammenlikning 3,5% (Edwards & Lofty 1977). Meitemark produserer fra 3-10 tonn ekskrementer pr. daa årlig (Darwin 1881, Hennig 1994). Det er knapt mulig å finne noe organisk materiale som ikke én eller annen art meitemark spiser. De har ingen tyggeredskaper i munnen, men fordøyelsen av maten starter allerede før de spiser den. Maten oversprøytes med slim og enzymer før den inntas og kommer ned i den muskulære kråsen, som elter maten videre ved hjelp av små steiner (Lindholm 1996), før den går ned i tarmsystemet. Mye av meitemarks fordøyelse utføres av de mikroorganismene som følger med jorden og det materialet marken spiser. Med mikroorganismer (delvis symbiotiske) i tarmen, kan markene fordøye cellulose, fikserer nitrogen og produsere aminosyrer (Benckiser 1997).

Det kanskje viktigste som skjer i meitemarks fordøyelsessystem, er den intime sammenblandingen av mineralsk (uorganisk) og organisk materiale (Lindholm 1996). Forsøk med slekten *Allobophora caliginosa* viste at de fortsatte å ta opp store mengder leirmineraler også når det fantes tilstrekkelige mengder organisk materiale i jorden (Barley 1961), noe som indikerer at det ikke er tilfeldig at meitemarken spiser leire. I den grad blandingen også inkluderer en kjemisk binding mellom de to bestanddelene, dannes partikler med helt spesielle og særegne fysiokjemiske egenskaper, såkalte leirhumus-komplekser. De har vist seg å være viktige for hele den høyere planteverden (Lindholm 1996). Hver mikroskopiske leirpartikkel (som er forvittringsrester fra bergartene rundt) blir omgitt av en geleaktig kappe av organisk materiale.

I jord som bare ble tilført naturgjødsel registrerte Darwin 45 tonn ha/år meitemarkekskrementer som var avsatt på jordoverflaten. 30 tonn ekskrementer ha/år ble funnet på jordbruksjord i Nord-Tyskland (Hennig 1994). Dette betyr at i løpet av ca. 50 år passerer 10-15 cm av matjordlaget gjennom meitemarkmagen.

Meitemarkekskrementene (kastene) inneholder enzymer (proteiner) som protease, amylase, lipase, cellulase og chitinase, som fortsetter å løse opp organiske rester i kastene selv etter at de er blitt avsatt. Dette medvirker til at meitemarkkast er attraktiv næringskilde for mange mikroorganismer, mikroleddyr, nematoder og for planterøttene. Meitemarkkast inneholder flere mikroorganismer, mineraler og organisk materiale i en plantetilgjengelig form, enn jorden rundt dem (Edwards & Lofty 1977). Meitemarken har stor effekt på jordstrukturen, i form av kastene de skiller ut og tunnelene de graver (Haraldsen & Engelstad 1998). Samme forfattere konkluderer videre at det er tydelige vekselvirkninger mellom meitemark og mikroorganismer som ikke bare bringer til veie tilgjengelig næring, men som også stimulerer plantevekst på andre måter. Lettere opptak av vann og næring i planterøtter, er en viktig effekt av meitemarkaktiviteten. Økt porøsitet av jorden gir flere levesteder for midd og spretthaler og kastene er næringsrike vekststeder for sopp og alger som igjen er mat for disse små leddyrne.

Nitrogenrike næringsstoffer avgis ikke bare i ekskrementene til meitemarken, men også utover til hver side. Gjennom nefridier i hvert kroppssegment, skiller dyrene ut nitrogenrike stoffer som urea og ammonium (Ruppert & Barnes 1994). Dertil utsondrer kjertler i huden nitrogenrikt slimprotein som meitemarkgangene kles med og stabiliseres av, og som er en årsak til at planterøttene gjerne tar veien ned i slike ganger (Lindholm 1996). Dette næringsrike tapetet i meitemarkgangene er det første næringsrike substratet planterøttene sine fineste rothår treffer på, dersom de har funnet veien ned i en meitemarkgang. Meitemark fungerer også som tusenvis av små "stempler" som gjennom sin aktivitet opp og ned i gangene sine, pumper luft (O_2 , N_2) inn i jorden og luft (CO_2) ut av jorden.

Hvis vi sammenfatter alle disse aktivitetene, fremstår meitemarken og de andre organismene som en vital del av jordsmonnets økosystem, med funksjoner og funksjonsresultater som ikke kan erstattes av kjemiske eller fysiske hjelpemidler.

Vanligvis beskrives jordfaunaens betydning etter hvilke effekter en type organismer har på omdannelse av organisk materiale, særlig nitrogenforbindelser. Moore et al. (1988) beregnet nitrogenflyten i økosystemet i jorden og kom til at jordfaunaen (encellede dyr, midd, spretthaler og nematoder) står for 37% av nitrogen-mineraliseringen, selv om den totale biomassen av faunaen bare utgjør 2,5% av mengden sammenliknet med de saprofyttiske soppene og bakteriene. Totalt er imidlertid mineralisering utført direkte av jordfaunaen liten sammenliknet med den forårsaket av mikroorganismer (bakterier og sopp) (Paul & Clark 1989). En rekke laboratorieforsøk og feltforsøk viser at jordfaunaen har en stor indirekte betydning for hastigheten og forløpet av omdanning av organisk materiale. Ulike laboratorieforsøk ble gjennomført for å se på spretthalers rolle i omsetningen av organisk materiale i jord (Hopkin 1997). De fleste eksperimentene viste at enzymaktivitet, respirasjon, og raten av næringfrigjøring fra vissent løv ble stimulert av tilstedeværelse av lav til moderat (naturlig i felt) tetthet av spretthaler, altså at omdannelsen går saktere uten spretthaler og at den kan hemmes ved for mange spretthaler.

Uten gjødsling må plantene skaffe seg næring fra omdannelse av organisk materiale, gjennom forvitring av mineraler og fra atmosfæriske avsetninger. Under slike forhold inkorporerer bakterier og sopp mye av den tilgjengelige næringen. For å frigjøre næringen fra disse organismene igjen, er jordfaunaen veldig viktig. Jordfaunaen står generelt for 30-40% av nitrogen mineraliseringen (Verhoef & Brussaard 1990), men under mer næringsbegrensede forhold kan samme tallet komme helt opp i 80% (Didden et al. 1994). Dette indikerer at jordfaunaen har særlig stor betydning der hvor lettløselige næringsstoffer ikke benyttes slik som i økologisk landbruk og i ekstensivt drevet konvensjonelt landbruk.

Fruktbar jord

Jordfaunaens aktiviteter påvirker jordfruktbarhet positivt gjennom omdannelse av organiske materiale, regulering av andre organismer og gjennom dannelse av stabile jordaggregater og ganger i jorden (Lee & Pankhurst 1992, Mäder et al. 1996, Lavelle 1997).

I tillegg kommer resultatet av hele jordlivets aktivitet, nemlig oppbygging av humus i form av stabile organiske og organomineralske forbindelser. Edafonet fungerer som et levende reservoar for proteiner og næringsstoffer som ellers kunne blitt utvasket. Planterøttene er en del av dette edafonet og leter etter sin del av næringsstoffene i kretsløpet.

"Humus ist weder Mineralsubstanz, noch lebende Substanz, weder organischer Abfall, noch Mikrobien, sondern nur eine Ehe zwischen den Zerfallsprodukten ganz bestimmter Kleinlebewesen und erodiertem Mineral. Er ist eine neue biologische Gestalt und hat als solche auch seine eigenen Gesetze" (Rusch 1955)."

("Humus er verken mineralsubstans eller levende substans, ikke organisk avfall eller mikrober, men et "ekteskap" mellom nedbrytingsprodukter fra helt bestemte små levende organismer og eroderte mineraler. Humus er en ny biologisk form og følger sine egne lover")

Samspillet mellom planter, sopp, bakterier og jordfaunaen inkluderer eting av roteksudater, celleinnhold og planterester; beiting på planterøtter, mikroorganismer og sopphyfer; predasjon; symbiose; antibiose; parasittisme og konkurranse (Lee & Pankhurst 1992). Disse interaksjonene påvirker mønstre og hastigheter av omdannelse av organisk materiale, opprettholdelse av jordstruktur, næringsimmobilisering, næringsopptak og vannopptak hos planter (Lavelle 1997). Sammen med abiotiske faktorer som jordmiljøet, særlig fuktighet, temperatur og porøsitet, påvirker de jordfruktbarheten.

Effekten av meitemark på plantevekst er godt dokumentert gjennom pottforsøk og de fleste undersøkelsene indikerer en klar positiv effekt av meitemark på planteveksten. Flere undersøkelser viser at jord med mange meitemark (også selve meitemarkkastene), har mer utbyttbart kalsium, magnesium og fosfor, samt mer tilgjengelig fosfor, enn jord uten meitemark (Edwards & Lofty 1977). Det at meitemark gjør næring tilgjengelig for plantevekst, i tillegg til å grave ganger og lager struktur i jorden medvirker til økte jordfruktbarhet.



Edafonet er en hærskare av levende organismer som forbinder "fysikk" og "kjemi" med hverandre og med biologi. Jordlivet fungerer som et bindeledd mellom liv og død i jorden, som jorden "plankton", og er derigjennom med på å påvirke jordfruktbarheten.

Hva påvirker biologisk mangfold av dyr i jord?

I et forsøk på å forenkle de komplekse sammensetningene av faktorer som påvirker biodiversitet i jord, kan faktorene deles i tre hovedgrupper.

1. Miljø (eks. mikroklimatisk variasjon, pH)
2. Struktur (eks. habitat typer, strukturell variasjon)
3. Mat (eks. biokjemisk variasjon)

Når disse tre hovedgruppene av faktorer kombineres, dannes et spekter av faktorkombinasjoner som gir horisontale og vertikale variasjoner i det biologiske mangfoldet i jorden (Wallwork 1976b) (Fig. 4). Hovedresultatet er at det danner seg mange ulike levesteder som er attraktive for ulike organismer, til ulik tid og i ulik grad.

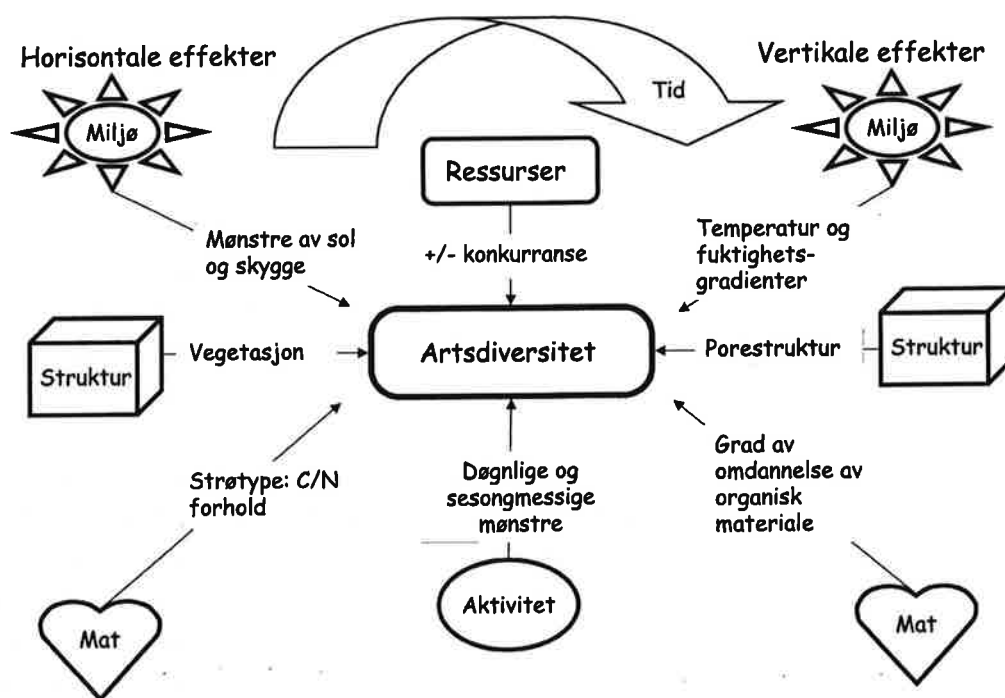


Fig 4. Faktorer som påvirker mangfoldet av arter i jorden. Miljø, struktur og mat som faktorer kan variere både horisontalt og vertikalt i jorden. Tid, aktivitet og ressurser er faktorer som påvirker hele systemet (Omarbeidet etter Wallwork 1976).

1. Horisontale variasjoner i mikroklima er eksempelvis mønstre av sol og skygge og medfølgende temperatur- og fuktighetsvariasjoner. I kontaktflaten mellom luft og

jord/strø varierer mikroklimaet mye mer enn nede i selve jorden. Vertikalt nedover i jorden kan mangel på luftsirkulasjon bli en regulerende faktor. pH er også en miljøparameter som har stor betydning for fordelingen av en del arter både vertikalt og horisontalt.

2. Horisontale, strukturelle påvirkninger viser seg i form av variasjoner i artssammensetning av planter, rotutvikling og jordstruktur. Vertikale strukturelle forskjeller er størst i skog og under flerårige kulturer hvor det kan danne seg et strøsjikt av organisk materiale. Men også nedover i åkerjord vil ulike porestørrelser, ulik pakningsgrad av jorden, type jordaggregater, typer og mengder av meitemarkganger og mengder av røtter påvirke mikrohabitatene. Pløying og annen mekanisk endring av jordstrukturer påvirker tilbudet av levesteder for edafonet både horisontalt og vertikalt.

4. Horisontale og vertikale fordelinger av matressurser og biokjemiske faktorer er essensielle for utbredelsen av jordfaunaen, eksempelvis gjennom type strø, nedbrytingsgrad av organisk materiale, tilgjengeligheten av føde og fødens næringsinnhold. Planterøttenes utbredelse i jordsmonnet er viktig for de organismene som lever langt nede i jorden. Planter bruker solenergi og fører næring og energi langt nedover til livet nede i jordsmonnet.

I tillegg virker tid og biologisk aktivitet inn på forvitring av mineralsk materiale, på omdannelse av organisk materiale, på livshistorier til planter og dyr, samt på utnyttelse av levestedet (Fig. 4).

Hvilken faktor som har størst betydning for artsmangfoldet vil variere mellom artsgrupper. For eksempel vil endring i en bestemt faktor påvirke midd på en annen måte enn meitemark. Ulike arter innen en gruppe vil ha forskjellige preferanser med hensyn til faktorene. Går vi ned på individnivå kan vi finne at for eksempel gravide edderkopperhunner foretrekke å oppholde seg på varmere lokaliteter enn hanner og ikke-gravide hunner.

Dersom man skal si noe generelt om hvilke faktorer som betyr mest, må man oftest ned på artsnivå for å kunne teste hvordan ulike organismer reagerer på ulike faktorer eller hvor de foretrekker å leve. Som eksempel kan nevnes at ulike arter edderkopper ble funnet i klart ulike habitater. Noen arter ble bare funnet i fuktige miljø (myrer) og noen på tørre rabber (røsslyngfuruskoger), mens andre arter hadde en bredere tåleranseevne med hensyn til fuktighet. De ble funnet både på myrer og på de tørre rabbene (Pommeresche 1999).

Er det høyere biologisk mangfold av virvelløse dyr i økologisk jordbruk enn i konvensjonelt?

Flere utenlandske undersøkelser har sett på mangfold av evertebrater i økologisk og konvensjonelt drevne kulturer. Her presenteres kort hovedresultatene fra noen av disse studiene.

Effekter av konvensjonell og økologisk drift på jordlivet, i et 7-årig vekstskifte, ble undersøkt i Sveits. Det ble registrert signifikant høyere biomasse og større tetthet av meitemark, samt flere vertikalt gravende meitemarkarter i de økologiske enn i de konvensjonelle feltene (Mäder et al. 1995). Videre var individtettheten av løpebiller, kortvingebiller og edderkopper (nyttedyr) større i de økologiske feltene enn i de konvensjonelle. Individantall og artsantall av ulike evertebrater (ulike biller, vevkjerringer, hornmidd, skolopendere, skrukketroll, meitemark) var høyere i økologisk enn konvensjonelt drevet jordbruksjord (Mäder et al. 1996, Pfiffner & Luka 1999)

Faunaen i henholdsvis 21 (1987) og 17 (1988) par av danske økologisk og konvensjonelt drevne kornåkre ble undersøkt for arthropodfauna i ulik avstand fra åkerkanten (Hald & Reddersen 1990), (Reddersen 1997). I 1987 var det totalt sett lite bladlus og mye spretthaler, mens det motsatte var tilfelle i 1988. Bladlus og spretthaler utelatt, så viste total tetthet, artsdiversitet og biomasse av arthropoder gjennomgående høyere gjennomsnittsverdier i økologiske enn i konvensjonelle åkre. Forskjellene ble tydeligere da biller (Coleoptera) og tovinger (Diptera) ble undersøkt på familie-, slekt- og artsnivå, hvor alle viste høyere tetthet i økologiske felter. Individtetthet, artsdiversitet og biomassen av arthropoder avtok fra randsonene i åkrene og inn mot midten av feltene, mest i de konvensjonelle feltene.

Meitemark (hovedsakelig *Lumbricus terrestris* L.) var mest vanlig i jorden på integrerte felter sammenliknet med konvensjonelle i Lautenbach, Frankrike (Eltiti & Ipach 1989). Både antall og biomasse av meitemark var opptil seks ganger høyere i integrerte enn i konvensjonelt behandlede felter. Rovmidd (Mesostigmata) hadde også høyere artsdiversitet i integrerte felt. Nematoder viste ulike resultater fra felt til felt. Integrerte systemer viste lavere tetthet av noen planteparasittiske nematoder.

Meitemark-populasjonen var lavere og midd var mer tallrik (flere individer) under økologisk drevet eng i England sammenliknet med konvensjonell (Yeates et al. 1997). I samme undersøkelse var tettheten av nematoder større i økologisk eng. Soppspisende nematoder var to ganger så tallrik (individantall) under økologisk gressmark.

I økologisk drevene potetåkre (Østerrike) ble det registrert flere arter og antall individer av løpebiller enn i konvensjonelle (Kromp 1990).

I Finland ble det funnet flere humler, sommerfugler, villbier og snylteveps på økologiske gårder enn på konvensjonelle gårder. Mengden av fluer og blomsterfluer var ikke signifikant forskjellig i de to driftsformene (Bäckman et al. 1999)

Disse undersøkelsene dokumenterer et høyere mangfold av ulike arter virvelløse dyr i økologiske arealer enn i konvensjonelle og i integrerte sammenliknet med konvensjonelle. Noen arter trives imidlertid best i konvensjonelt drevet jord og noen arter er mer påvirket av andre faktorer enn det som alene gjenspeiler seg totalt i driftsformen.

Jordbrukspraksis og biologisk mangfold

I landbruket fjernes hvert år stor mengde organisk materiale i form av avlinger. Jorden bearbeides mekanisk og tilføres ulike typer gjødsel, som erstatning for uttaket av næring. Sammenliknet med en uforstyrret skogsjord, vil det være helt ulike livsbetingelser for faunaen i jordbruksjord. Intensiveringen av jordbruket medfører ofte større bruk av kjemiske (kunstgjødsel, pesticider) og mekaniske hjelpemidler. I denne sammenhengen er det viktig å se på hvordan ulike driftsformer påvirker edafonet og hvilke effekter ulike faktorer innen driftsformene har på jorden som levested. Jordbruk innebærer variasjon i mengde og grad av jordbearbeiding, type plantedekke, mengde og type ugrasregulering, vanning, gjødsling osv. Det er derfor vanskelig å forutsi den totale effekten en gitt jordbrukspraksis har på jordlivet. Noen faktorer, faktorkombinasjoner, innen driftssystemet påvirker likevel det biologiske mangfoldet mer enn andre. Mange har undersøkt hvordan biologisk mangfold påvirkes når ulike faktorer varieres. Her presenteres noen undersøkelser, hovedsakelig nordiske eller fra land med forhold som ikke er for ulike de norske.

Effektene av jordbrukspraksis på jordfaunaen ble undersøkt i et treårig prosjekt i åtte felt med ulike dyrkingssystemer, 1977-1979 (Andrén & Lagerlöf 1983). Dyrkingssystemene representerte ulike vekstskifter og gjødslingspraksis i svensk landbruk. Ensidig kornskifte ble sammenliket med vekstskifte med flere ettårige vekster, vekstskifte med flerårig graseng sammenliknet med vekstskifte uten, samt systemer med husdyrgjødsel sammenliknet med systemer uten. Effekter på jordfauna av ulike nivå på gjødslingen (lettløselig N, kunstgjødsel), samt effekter av herbicider og fungicider ble også undersøkt. Generelt var det høyere individantall av de fleste undersøkte faunagruppene i jorden under eng enn under ettårige vekster. Videre var det flere individer av de fleste faunagruppene i vekster gjødslet med husdyrgjødsel sammenliknet med kunstgjødsel. Det var bare små forskjeller mellom kontinuerlig dyrking av vårkorn og mer variasjon i de ettårige vekstene. Flere ugrasmidler (herbicider) viste negative effekter på faunaen. Småleddmark responderte veldig positivt på tilførsel av organisk materiale. Spretthaler viste positiv respons på N-gjødsel og fantes i høyt individantall i jordbruksjord. Frittlevende nematoder viste positiv respons på både husdyrgjødsel og kunstgjødsel. Forfatterne konkluderte imidlertid med at prøvetakingstidspunkt, jordtype, plantedekke og intensitet av jordarbeidingen kunne ha større innflytelse på diversitet og individtetthet av jordfauna enn de agronomiske faktorene som ble undersøkt. Denne undersøkelsen viser at det ikke

er enkelt å dokumentere årsak/virkning i komplekse systemer, men den viser også at driftssystemer med langvarig eng i vekstskiftet og uten bruk av herbicider, vil ha høyere antall arter og individer av jordfauna enn driftssystemer med åkervekster og bruk av herbicider.

Jordlivets aktivitet i pløyd/frest byggåker ble undersøkt under ulike driftssystemer i Roskilde (Danmark) (Andersen et al. 1983). 1) Pløying uten fangvekst, etter bygg, 2) Pløying med fangvekst av gul sennep, 3) Fresing uten fangvekst, 4) Fresing med fangvekst av gul sennep. Fresing skadet særlig de mindre artene av meitemark (*Aporrectodea caliginosa* og *A. tuberculata*), mens pløying skadet mer de større artene som *Lumbricus terrestris*. Fangvekst var positivt for alle typer meitemark. Det konkluderes med at meitemark kan fremme biologisk nitrogenfiksering, motvirke denitrifikasjon og fremme omsetningen av fangveksten. Småleddmark (Enchytraeida) og frittlevende nematoder kan ikke erstatte meitemarks virksomhet. Denne undersøkelsen viser at jordarbeiding påvirker sammensetningen av meitemark i jorden. Videre at plantedekket jord er bedre for meitemarken enn svart jord.

Det er i utgangspunktet færre meitemark i myrjord, lynghei- og brakkmarksjord enn i moldjord. I en siltig sandjord i Surnadal (Norge) hvor eng og korn inngikk i vekstskiftet, ble det registrert mellom 50 meitemark/m² og 1200 meitemark/m² (Hansen & Engelstad 1999). Antallet varierte med gjødsling og pakkingsgrad. Bruk av husdyrgjødsel og gylle medførte økt antall og biomasse av meitemark sammenliknet med bruk av NPK-gjødsel i andre undersøkelser fra Norge (Haraldsen & Engelstad 1998).

Jordfaunaen ble undersøkt over fem år i fire ulike systemer: bygg uten tilførsel av nitrogengjødsel, bygg og eng tilført N i form av kalsiumnitrat, og N-fikserende lucerneeng (Lagerlöf & Andrén 1991). Ingen signifikante forskjeller i artssammensetningen eller artsantall av faunaen (Collembola, Protura og Diplura) kunne registreres under de ulike vekster. Individantallet av jordfaunaen var nesten lik i de ulike systemene, ca. 10 000 ind./m² de to første årene, mens senere ble individtallet i engen og særlig lucerneengen høyere enn i byggfeltene. Individtallet varierte ikke i løpet av perioden, og ingen signifikante forskjeller ble funnet mellom ugjødslet og N-gjødslet bygg. Her viser ikke gjødsselforskjellene noen effekt, enten fordi det ikke er noen effekt på de undersøkte dyregruppene, eller fordi metodiske forhold ikke har fanget opp forskjellene.

Det er vanskelig å generalisere effekter av sprøytemidler på jordfaunaen. Dette fordi det fins mange ulike typer sprøytemiddel, og de burde testes på hver enkelt art av jordfaunaen for at effekter skal kunne dokumenteres. Det er også vanskelig å dokumentere samvirkningen av ulike sprøytemidler brukt samtidig eller til ulik tid. Løsemidler og andre hjelpestoffer må også testes, ikke bare de aktive giftstoffene. Videre er det vanskelig å isolere effekter av sprøytemiddel når man arbeider ute i felt. Giftstoffene testes på ulike dyr/arter i laboratoriet, men effektene er ikke uten videre de samme i naturlige omgivelser og/eller for andre dyr i jorden. Effekter av giftene kan for eksempel være direkte død, redusert vekst, endringer i genmaterialet, redusert

reproduksjon og redusert overlevelse. Da de fleste virvelløse dyr i jord har en relativ kort generasjonstid (<1,5 år), vil mange populasjoner ta seg relativt raskt opp igjen (etter vår tidsskala) etter en evt. svekking av populasjonen. Men er dette nødvendigvis ensbetydende med at giften ikke har noen effekt?

I Andrén & Steen (1978) sitt store litteraturstudium om sprøytemidlers innvirkninger på jordorganismer, viste det seg at sprøytemiddel brukt i jordbruk, hagebruk og skogbruk ofte hadde effekter på andre organismer enn målgruppene. Generelt er insektgifter mest skadelige på jordfaunaen, fulgt av soppmiddel og ugrasmidler. Videre var særlig visse sprøytemidler mot sopp (fungicider) med lav giftighet for pattedyr, svært skadelige for virvelløse dyr, særlig for meitemark. For mer informasjon og sideeffekter av sprøytemiddel på jordfauna se Didden et al. (1997), Makeschin (1997) og Larink (1997). Det at det ikke brukes sprøytemidler i økologisk landbruk er dermed positivt for jordlivet.

Høyere bruksintensitet av jordbruksarealer (mht beiting, pløying, sprøyting, gjødsling...), gav lavere artsantall av edderkopper i en stor undersøkelse fra Skottland (Downie et al. 1998, 1999). Bruken av arealene varierte fra intensivt drevne kornåkre, via ulike typer eng til ekstensivt drevne lyngheier. Gårder (Sverige) med relativt små åkrer og et stort antall småbiotoper, inneholdt flere arter sommerfugler enn gårder med bare store åkrer og få småbiotoper (Weibull et al. 2000). Graden av småskala landskapsheterogenitet betydde mer for antall arter og individer av sommerfugler enn selve driftsformen (om det ble drevet økologisk eller konvensjonelt).

Også tilrettelegging av flere ulike typer habitater innen selve åkrene kan gi høyere mangfold av evertebrater. Samplanting, stripeplanting, dekkvekster, noe ugress, jorddekking og redusert pløying gav høyere mangfold av edderkopper (Sunderland & Samu 2000). Særlig "interspersed diversification" (heterogenitet i åkeren) hadde positiv effekt på mangfold av edderkopper.

De fleste undersøkelsene bekrefter at økologisk drift samt integrert konvensjonell drift har positive effekter på jordfauna. Det er imidlertid ikke ensbetydende med at en hvilken som helst økologisk drevet gård har høyere biologisk mangfold enn en konvensjonell gård. Mye avhenger av driftsform og intensitet i driften, men jordtype, klima og tid siden omlegging eller nydyrking har også betydning for hvilket mangfold som finnes. Videre viser studier at klart at habitattyper og -størrelser også er viktig for mangfold av evertebrater.

Det biologiske mangfoldet innbefatter alt levende. Det er derfor ikke så rart at vi med samme skjøtselsmetode (enten økologisk drift eller konvensjonell) ikke kan forvalte alle arter samtidig. Fauna og flora møter imidlertid færre unaturlige utfordringer i økologisk landbruk enn i konvensjonell, da en i økologisk landbruk tar utgangspunkt i biologiske prosesser ved praktiske tiltak og en ikke bruker kunstgjødsel eller giftige plantevernmidler.

Forvaltning av biologisk mangfold

Mangfold av levesteder (habitater) på ulike nivåer fremmer biologisk mangfold. Tilgjengelighet av næring og energi til jordfaunaen er avgjørende. Tilførsel av husdyrgjødsel, organisk materiale og kompost vil fremme arter som lever av organisk materiale (ev. beiter på mikroorganismer og sopp som lever av det). Plantedekke, og ikke minst dets rotsystem, har betydning for hvilken jordfauna som fins. Pakking av jorden som følge av kjøring med tunge maskiner gir tett jord og virker negativt på det meste av jordfaunaen. Pløying, intensiv jordarbeiding og ugrasregulering er andre faktorer som påvirker mangfoldet, noen arter tåler det bedre enn andre, men det er generelt få arter som trives under konstante forstyrrelser. Det er snakk om en balansegang, noen forstyrrelser er nødvendig få å drive planteproduksjon. Noe forstyrrelse er også det som kjennetegner de samfunn av planter og dyr som fins i jordbrukslandskapet.

Å registrere nøkkelarter og bevare disse er en vanlig måte å forvalte biologisk mangfold på i naturforvaltningssammenheng. Nøkkelarter kan betraktes som en funksjonell gruppe hvis funksjon ikke kan erstattes av "overskudds" arter (Schulze & Mooney 1994). Det kan være særlig viktig å finne slike arter også i jorden, da mangel på disse artene kan få ekstra store innvirkninger på jorden som økosystem. Det er imidlertid ikke lett å legge kriterier til grunn for generell gjenkjennelse av nøkkelarter, i jord enda mindre enn oppå jorden, da så lite er kjent om mange av artene som lever der. Det kan imidlertid også innebære en fare å bare fokusere på nøkkelarter, da arter som vi i dag ikke ser at har nøkkelfunksjoner, kan komme til å få det i fremtiden, samt arter kan være viktige selv om vi ikke har registrert viktigheten ennå. En slik fokusering på enkeltdeler i en helhet, vil utfra en økologisk tilnærmingssåten lett bli for snever.

"Komplementaritetsprinsippet" er diskutert som metode for å ta vare på en større andel av det biologiske mangfoldet (Sætersdal 1997). Hensikten med dette prinsippet er å velge ut naturområder for bevaring som kompletterer (utfyller, gjør mer fullstendig) hverandre, da med hensyn til artsinventar av planter og dyr, og ikke alene rangere områdene etter høyest artsinventar. Komplementaritetsprinsippet kan også være en måte å tenke på innen forvaltning av biologisk mangfold i landbruksarealer. Ulike driftsformer (økologisk, konvensjonelt, ekstensivt, intensivt og varianter mellom disse ytterpunktene) og ulike produksjoner (husdyrhold, grønnsakdyrking, kornproduksjon osv.) innen samme distrikt kan komplettere hverandre og kan sammen gjøre at vi tar vare på en rekke ulike jordbruksarealer, planter og dyr, da inklusive mangfold av jordliv. Tilsvarende på gardsnivå, vil en allsidig bruk av jorden, etter lokale forhold, medføre flere potensielle levesteder for dyr både i og over jorden. Dette medfører at vi ved å opprettholde en allsidig produksjon, både direkte og indirekte tar vare på en del av vårt biologiske mangfold. Det trengs imidlertid en større allmenn kunnskap om, og forskning på biologisk mangfold i jordbrukslandskapet for å registrere hva vi har av virvelløse dyr og hvordan vi skal forvalte dette mangfoldet. Videre hvordan vi klassifiserer ulike produksjoner med hensyn til biologisk mangfold og kompleksitet.

Under overskriften "Driftsmæssige muligheder for at dyrke jorden i et godt samspil med jordens biologiske liv", fremheves retningslinjer for praktisk forvaltning og bevaring av biologisk mangfold i jorden (Elmholt & Axeelsen 1999). Råd som er aktuelle både på økologisk og konvensjonelt drevne bruk.

Generelt vil det fremme jordens mikroorganismer og fauna å

1. sørge for at et variert vekstskifte inneholder
 - vekster som fikserer nitrogen
 - vekster som fremmer mykorrhizadannelse
 - vekster med velutviklet og dyptgående rotsystem
 - samplantinger
 - flerårige vekster
2. jordbearbeiding når det er nødvendig, redusere den der det er mulig
3. unngå strukturskader, som jordpakking og liknende
4. forsøke å holde jorden plantedekket hele året
5. tilføre organisk materiale (organisk gjødsel, grønn gjødsel, halm) i passe mengder
6. lage et strølag der det er mulig

Det bør også i Norge utarbeides mer konkrete retningslinjer for hvordan økologisk landbruk på best mulig måte kan forvalte biologisk mangfold av dyr og planter. I Sverige er det laget håndbøker for gårdbrukere med råd om hvordan man kan gå frem for å ta vare på og eventuelt øke den biologisk og kulturhistoriske verdien på gården. Jordbruksverket i Sverige har også gitt ut en serie småhefter kalt "Biologisk mangfold och variationer i odlingslandskapet". Videre vil det i år 2001 inngå i regelverket for økologisk landbruk (KRAV) krav om "Skötselplan för natur- och kulturvärden (biologisk mangfold)".

For å få et økologisk jordbruk som tar vare på biologisk mangfold og samarbeider med den ressursen jordlivet, "jordens plankton", er, må flere forklaringsmodeller for planteernæring og sirkulering av organisk materiale bli bedre utarbeidet og brukt, særlig i de tilfeller hvor dagens forklaringsmodeller ikke strekker til. Jeg anser det også som viktig å kontrollere hvor vidt den tradisjonelt antatte "mineralisering", ment en total nedbrytelse av organisk materiale til de enkleste grunnstoffer, virkelig foregår i jordsmonnet, og hvor vidt planter tar opp store molekyler og levende substans gjennom endosytose (Rusch 1968, Rateaver & Rateaver 1993). Videre må forskning innen biologisk mangfold og biologi i jorden bli prioritert også i jordbruksforskningen i Norge.

I Japan og Kina er det siden 1980-årene utviklet en jordbrukspraksis som baserer seg på produksjon av EM, effektive mikroorganismer, som "levende gjødsel" i store volum. Der blir muligheter, men også farer, med kunstig stimulans/oppformering av deler av jordlivet utforsket, noe som ikke skulle forbli upåaktet (<http://www.emro.dk>). Også Lynn Margulis "Endosymbiose" (1995) og Lovelocks "Gaia-teori" (1988) bør studeres for å kunne utarbeide en bærekraftig og strategisk riktig modellforståelse av biologisk mangfold og dets betydning for et fremtidig økologisk landbruk.

Ordforklaringer

Abundans = individtetthet, antall

Antibiose = nært forhold mellom organismer, hvor den ene produserer stoffer som hemmer vekst og utvikling til den andre,

Arthropoder = leddyr; virvelløse dyr hvis lemmer består av flere ledd, de har en ytre kitinøs kutikula som danner et ytre skjelett; eks. insekter og edderkopper

Autøkologi = læren om de biologiske relasjoner mellom en art og dens miljø, økologien til en enkelt organisme/art

Bakterivor = en som spiser bakterier, noen ganger brukt om de som spiser mikroorganismer generelt

Biologisk mangfold = biodiversitet $\cong$ artsantall i et angitt miljø = artsrikhet

Carnivor = en som spiser dyr, er rovdyr eller predator.

Chelicerer = kjever hos edderkoppydyrene

Edafon = flora og fauna i jorden, jordorganismer, alt livet i jorden (fra gresk edaphos = jord, jordbunn)

Endogen = lever i, jordlevende i denne sammenhengen

Epigeisk = som lever i markoverflaten

Evertebrater = virvelløse dyr, dyr som ikke har ryggstøyle

Feedback = tilbakekopling, respons, reaksjon

Fenologi = læren om rekkefølgen i plante- og dyreverdenens årlige rytmer, for eksempel tider for parring, tider for blomstring, tider for sporedannelse

Fungivor = en som spiser sopp

Funksjonell gruppe = en gruppe som har felles funksjon/rolle i et gitt system, eks. plantespisere, kjøttetere, primærprodusenter, nedbrytere, strukturdannere

Habitat = levested, naturlig tilholdssted for en organisme

Herbivor = en som spiser levende planter, eller levende plantedeler

Hyfe = flercellet trådstadium hos sopp, strukturer som utgjør soppmycelet i jorden

Jordfauna $\cong$ dyrene i jorden; protozoer, nematoder, spretthaler, midd, meitemark o.l. og i noen sammenhenger inkl. edderkopper og biller

Jordkvalitet $\cong$ innbefatter optimale tilstander av flere faktorer i jorden; næringshusholdning, renseeffekt, struktur, biologisk aktivitet, humusinnhold og optimal sunnhet av jorden

Jordliv = edafon, alt liv i jorden (inkl. bakterier, sopp, alger, planter og jordfauna)

Kitin = et strukturstoff (polysakkarid) som fins i veggene i soppceller og i huden til insekter, viktig for å danne det ytre skjelettet hos mange virvelløse dyr

Kommensialisme = se symbiose

Leddyr = se arthropod

Makrofauna = en størrelseskategori, i jordfauna sammenheng dyr fra ca 2mm til ca 20cm, se også mikrofauna, mesofauna

Meitemarkkast = ekskrementene til meitemarker, har en spesiell form og struktur

Mesofauna = en størrelseskategori, i jordfauna sammenheng dyr fra ca 0,2mm til ca 2mm, se også mikrofauna, makrofauna

Mikrobivor = en som lever av mikroorganismer

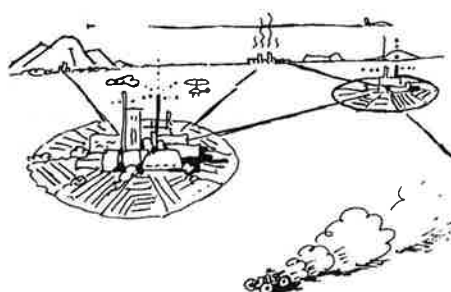
Mikrofauna = størrelseskategori, i jordfauna sammenheng dyr fra ca 0,002 mm til ca 2mm, se også mesofauna og makrofauna

Mikroorganismer = mikroskopiske organismer, så som bakterier, virus, encellede alger og protozoer og mikroskopiske sopper (gjær- og muggsopp)

Morfologi = form og struktur hos en organisme

Mutalisme = se symbiose

- Mycorrhiza = sopprot, samliv mellom planterøtter og bestemte sopper i jorden.
 Nefridie = ekskresjonsorgan hos evertebrater, fungerer som en nyre
 Omnivor = en som spiser både planter og dyr, brukes også om dyr som spiser mye forskjellig
 Parasittisme = se symbiose
 Pedipalper = en benliknende utvekst på hodet, nær munnregionen, hos edderkoppdyr.
 Peristaltiske bevegelser = bølgeliknende bevegelser
 Resiliens = evnen et levende system har til å gjenopprette utgangsposisjonen etter en forstyrrelse
 Samfunn = en samling av planter og/eller dyr som klart kan skilles fra andre slike samlinger, samling av arter i et avgrenset miljø
 Symbiose = nær og oftest nødvendig samliv mellom to ulike arter organismer, ofte brukt for samliv som er til fordel for begge, egentlig kalt mutualisme. Et samliv/symbiose hvor den ene parten nyter godt av situasjonen mens den andre ikke har fordeler eller ulemper kalles kommensialisme. En tredje form for samliv er parasittisme, hvor den ene parten nyter godt av samlivet, mens den andre lider/svekkes
 Synøkologi = læren om ytre faktorerers påvirkning på plante- og dyresamfunn og forholdene innen og mellom slike samfunn
 Saprofag = en som lever av organisk materiale under nedbryting, lever av dødt organisk materiale
 Taksonomi = læren om klassifisering av organismer, systematisering, navngiving
 Traké = de luftfylte rør som utgjør deler av respirasjonssystemet hos noen dyr
 Økologi = læren om forhold mellom organismer og deres omgivelser, samt relasjoner innen ulike arter og mellom organismer
 Økosystem = et helhetlig konsept av levende organismer og deres omgivelser (eks. skog, vann, jordbruksjord), som er relativt selvforsynt med energi og som kan skilles fra et naboøkosystem



Referanser

- Aakra, K. 2000. *Provisional list of rare and potential threatened spiders (Arachnida: Araneae) in Norway including their proposed Red List status*. NINA Fagrapport 42: 1-38.
- Abrahamsen, G. 1968. *Records of Enchytraeidae (Oligochaeta) in Norway*. Særtrykk av Meddelelser fra Det Norske Skogforsøksvesen, Nr.89, bind XXV, 216-230.
- Andersen, C., Eiland, F., & Vinther, F. P. 1983, "Økologiske undersøgelser af jordbundens mikroflora og fauna i dyrkningssystemer med reduceret jordbehandling, vårbyg og efterafgrøde", *Tidsskrift for Planteavl*, vol. 87, pp. 257-296.
- Andrén, O. & Lagerlöf, J. 1983, "Soil Fauna (Microarthropods, Enchytraeids, Nematodes) in Swedish Agricultural Cropping Systems", *Acta Agriculturae Scandinavica*, vol. 33, pp. 33-52.
- Andrén, O. & Steen, E. 1978, *Bekämpingsmedlens inverkan på markens organismer. 1. Djurlivet*. Sveriges lantbruksuniversitet, 1-95.
- Bäckman, J.-P. C., Aalto V., Hyvönen T. & Pitkänen M. 1999. "Ökar ekoodlingen biodiversiteten i ett vårsädesfält?", *Forskningsnytt om ekologisk landbruk i Norden*, Nr.2.
- Barley, K. P. 1961, "The abundance of earthworms in agricultural land and their possible significance in agriculture.", *Adv.Agron.*, no. 13, pp. 249-268.
- Benckiser, G. 1997, "Organic inputs and soil metabolism," in *Fauna in soil ecosystems. Recycling processes, nutrient fluxes and agricultural production*, G. Benckiser, ed., Marcel Dekker, New York, pp. 7-62.
- Bengtsson, J. 1998, "Which species? What kind of diversity? Which ecosystem function? Some problems in studies of relations between biodiversity and ecosystem function", *Applied soil ecology*, vol. 10, no. 3, pp. 191-199.
- Brussaard, L. 1998, "Soil fauna, guilds, functional groups and ecosystem processes", *Applied soil ecology*, vol. 9, no. 1-3, pp. 123-135.
- Brussaard, L., Behan-Pelletier, V. M., Bignell, D. E., Brown, V. K., Didden, W., Folgarait, P., Fragoso, C., Freckman, D. W., Gupta, V. V., Hattori, T., Hawksworth, D. L., Klopatek, C., Lavelle, P., Malloch, D. W., Rusek, J., Soderstrom, B., Tiedje, J. M., & Virginia, R. A. 1997, "Biodiversity and ecosystem functioning in soil", *AMBIO*, vol. 26, no. 8, pp. 563-570.
- Chinery, M. 1993, *Insects of Britain and Northern Europe*, 3 edn, HarperCollinsPublishers. 1-320.
- Curry, J. P. & Good, J. A. 1992, "Soil fauna degradation and restoration", *Advances in Soil Science*, vol. 17, pp. 171-215.
- Darwin, Ch. 1881, *Die Bildung der Ackererde durch die Thätigkeit der Würmer*. 1.reprint auf. 1983 edn, März Verlag.
- Didden, W. A. M. 1993, "Ecology of terrestrial Enchytraeidae", *Pedobiologia*, no. 37, pp. 2-29.
- Didden, W. A. M., Fründ, H.-C., & Graefe, U. 1997, "Enchytraeids.", in *Fauna in soil ecosystems. Recycling processes, nutrient fluxes and agricultural production*, G. Benckiser, ed., Marcel Dekker, New York, pp. 135-172.
- Didden, W. A. M., Marinissen, J. C. Y., Vreekenbuijs, M. J., Burgers, S. L. G. E., DeFluiter, R., Geurs, M., & Brussaard, L. 1994, "Soil mesofauna and macrofauna in 2 agricultural systems - factors affecting population-dynamics and evaluation of their role in carbon and nitrogen dynamics", *Agriculture, Ecosystems & Environment*, vol. 51, no. 1-2, pp. 171-186.
- DN-rapport 1992, *Biologisk mangfold i Norge, En landstudie*, Direktoratet for Naturforvaltning 5a 1-101.
- DN-rapport, 1999, *Nasjonal rødliste for truede arter i Norge 1998*. Direktoratet for Naturforvaltning Rapport nr.3. 1-161.
- Downie, I. S., Abernethy, V. J., Foster, G. N., McCracken, D., Ribera, I., & Waterhouse, A. 1998. "Spider biodiversity on Scottish agricultural land.", in *Proceedings of the 17th European Colloquium of Aracnology*, P. A. Selden, ed., Edinburgh, pp. 312-317.
- Downie, I. S., Wilson, W. L., Abernethy, V. J., McCracken, D. I., Foster, G. N., Ribera, I., Murphy, K. J., & Waterhouse, A. 1999, "The impact of different agricultural land-uses on epigeal spider diversity in Scotland.", *Journal of Insect Conservation*, no. 3, pp. 273-286.
- Edwards, C. A. & Lofty, J. R. 1977, *Biology of earthworms*, 2. edition, 309 pp.
- Eisenbeis, G. & Wichard, W. 1985, *Atlas zur Biologie der Bodenarthropoden*, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, Germany.

- Elmholt, S. & Aagaard Axeelsen, J. 1999, "Jordens biologi", i *Natur, miljø og ressourcer i økologisk jordbrug*, FØJO-rapport Nr. 3., Forskingscenter for Økologisk Jordbrug, 51-67.
- Eltiti, A. & Ipach, U. 1989, "Soil fauna in sustainable agriculture - results of integrated farming system at Lauternbach, FRG", *Agriculture, Ecosystems & Environment*, vol. 27, no. 1-4, pp. 561-572.
- EM, Effektive Mikroorganismer, <http://www.emro.dk>, Bok om EM av Teruo Higa; An earth saving revolution 1998.
- Francé, R. H. 1911, *Das Leben im Boden. Das Edafon*. Deukalion.
- Giller, K. E., Beare, M. H., Lavelle, P., Izac, A. M., & Swift, M. J. 1997, "Agricultural intensification, soil biodiversity and agroecosystem function", *Applied soil ecology*, vol. 6, no. 1, pp. 3-16.
- Giller, P. S. 1996, "The diversity of soil communities, the "poor man's tropical rainforest", *Biodiversity and Conservation*, vol. 5, no. 2, pp. 135-168.
- Gunn, A. & Cherrett, J. M. 1993, "The exploitation of food resources by soil meso-invertebrates and macro-invertebrates", *Pedobiologia*, vol. 37, no. 5, pp. 303-320.
- Hald, A. B. & Reddersen, J. 1990, *Fugleføde i kornmarker - insekter og vilde planter*, Miljøstyrelsen, København, 125 s.
- Hansen, S. & Engelstad, F. 1999, "Earthworm populations in cool and wet district as affected by tractor traffic and fertilisation", *Applied soil ecology*, no. 397, pp. 1-14.
- Haraldsen, T. K. & Engelstad, F. 1998, *Influence of earthworms on soil properties and crop production in Norway*, Jordforsk-rapport Nr. 9/98.
- Hennig, E. 1994, *Geheimnisse der fruchtbaren Böden*. Organischer Landbau Verlag. 200 p.
- Hopkin, S. P. 1997, *Biology of springtails (Insecta: Collembola)*, Oxford University Press. 326 s.
- Hågvar, S. 1985, *Spretthaler og midd: to viktige grupper av jordbunnsdyr*. Fauna 38, 63-71.
- Krasilnikov, N.A., 1958, *Soil microorganisms and higher plants*, Moskow 1958, USA 1961.
- [Http://soilandhealth.org/](http://soilandhealth.org/)
- Kromp, B. 1990, "Carabid beetles (Coleoptera, Carabidae) as bioindicators in biological and conventional farming in austrian potato fields", *Biology and Fertility of Soils*, vol. 9, no. 2, pp. 182-187.
- Lagerlöf, J. & Andrén, O. *Markbiologiska undersökningar inom Laxåprojektet. - Faunan i sopslamkompost samt inverkan av kompost på jordbruksmarkens fauna*. Statens naturvårdsverk, 1-44. 1978.
- Lagerlöf, J. & Andrén, O. 1991, "Abundance and activity of Collembola, Protura and Diplura (Insecta, Apterygota) in 4 cropping systems", *Pedobiologia*, vol. 35, no. 6, pp. 337-350.
- Larink, O. 1997, "Springtail and mites: important knots in the food web of soils.", in *Fauna in soil ecosystems. Recycling processes, nutrient fluxes and agricultural production.*, G. Benckiser, ed., Marcel Dekker, New York, pp. 225-266.
- Lavelle, P. 1997, "Faunal activities and soil processes: Adaptive strategies that determine ecosystem function", *Advances in Ecological Research*, vol. 27, pp. 93-132.
- Lavelle, P., Barois, I., Martin, A., Zaidi, Z., & Schaefer, R. 1989, "Management of earthworm populations in agro-ecosystem: A possible way to maintain soil quality?", *Ecology of arable land*, pp. 109-122.
- Laverack, M. S. 1963, *The physiology of earthworms*, ed. Kerkut, G.A. 206 p.
- Lawrence, E. 1995, *Henderson's Dictionary of Biological Terms*, 11. edn, Longman Scientific & Technical.
- Lee, K. E. & Pankhurst, C. E. 1992, "Soil organisms and sustainable productivity", *Australian Journal of Soil Research*, vol. 30, no. 6, pp. 855-892.
- Lindholm, M. 1996, "Intelligensen i naturen," in *Jordens ansikt. Dialoger med en skapende natur.*, Vidarforlaget, pp. 80-88.
- Lovelock, J.E., 1988, *The ages of Gaia*, New York, Norton.
- Magnusson, C. 2000b, *Nematodologi, artikkelsamling PV 231*, Planteforsk, Plantevernet, Ås, 73 s.
- Magnusson, C. 2000a, *Nematodologi, artikkelsamling PV 232*, Planteforsk, Plantevernet, Ås, 73 s.
- Makeschin, F. 1997, "Earthworms (Lumbricida: Oligochaeta): Important promoters of soil development and soil fertility.", in *Fauna in soil ecosystems. Recycling processes, nutrient fluxes and agricultural production.*, G. Benckiser, ed., Marcel Dekker, New York, pp. 173-223.
- Margulis, L. & D. Sagan, 1995, *What is life?*, Simon and Schuster New York.
- McSorley, R. 1997. Soil-inhabiting nematodes - Phylum Nematoda. Internet: http://www.ifas.ufl.edu/~insect/Nematode/soil_nematode.htm, 1-5..
- Moore, J. C., Walter, D. E., & Hunt, H. W. 1988, "Arthropod regulation of microbiota and mesobiota in belowground detrital food webs", *Annual Review of Entomology*, vol. 33, pp. 419-439.

- Mäder, P., Pfiffner, L., Alföldi, Th., Wiemken, A., & Niggli, U. 1995, *Bodenbiologie*, Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrikulturchemie und Umwelthygiene, Liebfeld-Bern, Nr. 21, pp 65-79.
- Mäder, P., Pfiffner, L., Fliessbach, A., von Lützow, A., & Munch, J. C. 1996, "Soil ecology - The impact of organic and conventional agriculture on soil biota and its significance for soil fertility," in *Fundamentals of Organic Agriculture*, vol. 1 T. V. Østergaard, ed., IFOAM, Tholey-Tholey, Germany, pp. 24-46.
- Näsholm, T., Huss-Danell, K. & P. Högborg. 2000. "Uptake of organic nitrogen in the field by four agriculturally important plant species". *Ecology*. 81 (4), 1155-1161.
- Paul, E. A. & Clark, F. E. 1989, *Soil Microbiology and Biochemistry*, 169 p.
- Pfiffner, L. & Luka, H. 1999. *Significans of organic farming for invertebrate diversity- enhancing beneficial organisms with field margins in combination with organic farming*. Unpub. Work.
- Pommeresche, R. 1999, *Diversitet, samfunnsstruktur og habitatpreferanser hos epigeiske edderkopper (Araneae) i ulike vegetasjonstyper innen Geitaknottane naturreservat, indre Hordaland*. Hovedfag UIB, 70 s.
- Preuschen, G. 1991, *Ackerbaulehre nach ökologischen Gesetzen*, 2. utgave 1994, Stiftung Ökologie und Landbau, 354 p.
- Rateaver, B. & Rateaver, G. 1993, *Organic method primer update*, The Rateavers, USA.
- Reddersen, J. 1997, "The arthropod fauna of organic versus conventional cereal fields in Denmark", *Entomological Research in Organic Agriculture* pp. 61-71.
- Ruppert, E. E. & Barnes, R. D. 1994, *Invertebrate zoology*, 6th ed., edn, Sanders College, Philadelphia, 1056 p
- Rusch, H. P. 1955, *Naturwissenschaft von Morgen. Vorlesungen über Erhaltung und Kreislauf lebendiger Substans*, Verlag Emil Hartmann, Switzerland, 252 p.
- Rusch, H. P. 1968, *Bodenfruchtbarkeit. Eine Studie biologischen Denkens.*, 6. Auflage 1991, edn, Karl F. Haug Verlag, Heidelberg, 243 p.
- Schnaderl, H., 1970. Bodenbakterien in neuer Sicht, über die Entstehung von Bakterien aus pflanzlichen Zellen, *Boden und Gesundheit* 68, 7-10.
- Schulze, E. D. & Mooney, H. A. 1994, "Ecosystem function and biodiversity: A summery," in *Ecosystem function and biodiversity*, E. D. Schulze & H. A. Mooney, eds., Springer Verlag, Berlin Heidelberg, pp. 497-510.
- Stöp-Bowitz, C. 1969, "A contribution to our knowledge of the systematics and zoogeography of Norwegian earthworms (Annelida Oligochaeta: Lumbricidae)", *Nytt Mag.Zool.*no. 17, pp. 169-280.
- Sunderland, K. & Samu, F. 2000. "Effects of agricultural diversification on the abundance, distribution, and pest control potential of spiders: a review." *Entomologica Experimentalis et Applicata*, 95/1:1-13.
- Sætersdal, M. 1997, *Utvelgelse av verdifulle områder for biologisk mangfold*, NISK.
- Verhoef, H. A. & Brussaard, L. 1990, "Decomposition and nitrogen mineralization in natural and agroecosystems - the contribution of soil animals", *Biogeochemistry*, vol. 11, no. 3, pp. 175-211.
- von Haller, A. 1967a, "Die unteilbare Gesundheit," in *Die Wurzeln der gesunden Welt*, Gesellschaft Boden und Gesundheit, Germany, pp. 1-66.
- von Haller, A. 1967b, "Landbau und gesunde Welt," in *Die Wurzeln der gesunden Welt*, Gesellschaft Boden und Gesundheit, Germany, pp. 1-66.
- Wallwork, J. A. 1976a, "An introduction to the soil fauna," in *The distribution and diversity of soil fauna*, J. A. Wallwork, ed., London, Academic Press, pp. 1-26.
- Wallwork, J. A. 1976b, "Distribution and diversity synthesis," in *The distribution and diversity of soil fauna*, J. A. Wallwork, ed., London, Academic Press.
- Warwick, L. N. 1975, *The biology of free-living nematodes*, Clarendon Press, Oxford.
- Weibull, A.-C., Bengtsson, J. & Nohlgren E. 2000. "Diversity of butterflies in the agricultural landscape: The role of farming system and landscape heterogeneity" (In prep.).
- Yeates, G. W., Bardgett, R. D., Cook, R., Hobbs, P. J., Bowling, P. J., & Potter, J. F. 1997, "Faunal and microbial diversity in three Welsh grassland soils under conventional and organic management regimes", *Journal of Applied Ecology*, vol. 34, no. 2, pp. 453-470.
- Zunke, U. & Perry, R. N. 1997, "Nematodes: Harmful and beneficial organisms," in *Fauna in soil ecosystems. Recycling processes, nutrient fluxes and agricultural production.*, G. Benckiser, ed., Marcel Dekker, Inc., New York, pp. 85-133.