



# Matjordas økosystem

NORSØK FAGINFO | Nr 2 2016

Norsk senter for økologisk landbruk

Reidun Pommeresche, Norsk senter for økologisk landbruk og Berit Swensen, VitalAnalyse.

Kontakt: [Reidun.pommeresche@norsok.no](mailto:Reidun.pommeresche@norsok.no)

Et yrende liv rundt planterøtter, i veggene på meitemarkganger og rundt organisk materiale i jord er positivt. Hvem gjør egentlig hva i matjorda? Resultater fra forskning på samspill og samhandling i jord ser ut til å viske ut de antatt klare grensene mellom produsenter og konsumenter av organisk materiale i jorda. Bakterier, sopp, smådyr og meitemark er viktige konsumenter i matjordas økosystem, men er de også viktige produsenter av humus og andre organiske stoffer?



*En håndfull god matjord, grynete og lett å smuldre. Hvordan får jorda en slik fin, porøs grynstruktur?  
Foto: Reidun Pommeresche, NORSØK.*

## Innledning

God matjord, også kalt moldjord, kjennetegnes av god grynstruktur (se bildet). Den består av avrunda jordklumper (aggregater, gryn) som henger på røtter og delvis henger

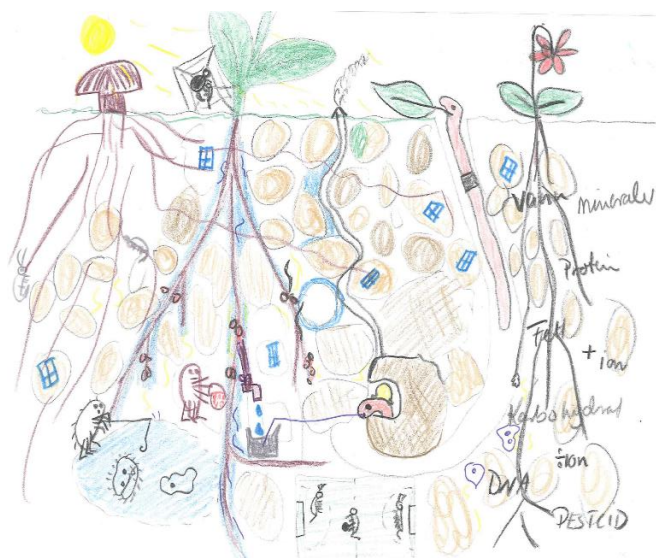
sammen med andre aggregater. Slik grynete jord fungerer som en «levende» svamp. Jordaggregatene (gryna) sveller opp og tørker ut, og når det hele tiden er røtter og jordliv i jorda, forsvinner ikke organisk materiale, mineralpartikler og næringsstoffer så lett bort med regnvann og vind. Grynstrukturen vil raskt forsvinne dersom jorda ikke har plantedekke og jordliv. Dette fordi det er planter og jordliv som produserer det organiske materialet, matjordhumusen, som er limet som holder mineralpartiklene sammen og hindrer jorderosjon. Hvordan omdannes og dannes så organiske stoffer i jordas økosystem?

Vi har mye detaljkunnskap om enkeltstoffer og biodiversitet i jord. Det er likevel en stor utfordring å forstå sammenhengen mellom prosesser og organismer som er involvert i dannelsen og omsetningen av det organiske materialet i jorda (Schmidt mfl. 2011, Philippot mfl. 2013). Her presenteres en forklaringsmodell for hvordan organisk materiale kan sirkulere og noe bli omdannet til «lim» i relativt stabile jordaggregater i matjord.

## Økosystemet i jord

Generelt for økosystem på land, er plantene primærprodusenter av organiske stoffer (karbonholdige stoffer) i systemet. Det er de også for økosystemet i matjorda. De bidrar med store mengder organiske forbindelser som skiller ut fra røttene (roteksudater) mens plantene vokser og driver fotosyntese, samt når røtter og planter dør. Også husdyrgjødsel og kompost er viktig organisk materiale inn i økosystemet i jord. Organisk materiale, dødt og levende, gir energi og næring til mesteparten av jordlivet. Noen få alger og mikroorganismer i jord har klorofyll og er primærprodusenter, men de fleste trenger organisk materiale som energikilde.

I jorda er konsumentene (de som bruker organisk materiale) i hovedsak bakterier, sopper, nematoder, insekter og meitemark. Som et resultat av deres livsprosser dannes det en mengde nye stoffer som skiller ut i jorda. Mikroorganismer og annet jordliv er sentrale i karbonkretsløpet og næringskretsløpene, det er de som utfører mange av de biokjemiske prosessene som lager de ulike stoffene i kretsløpene. Ulike encellede protozoer (ciliater, amøber og flagellater), nematoder og meitemark beiter på mikroorganismene som lever av det organiske materialet. Spretthaler og midd beiter på sopphyfer og planterester, og noen av dem er rovdyr. Det handler om å spise, og å bli spist.



En illustrasjon på at det kan være et yrende liv og samspill i jordas økosystem. Illustrasjon.: R. Pommeresche, NORSØK.

Jorda med alt liv, kan veldig forenklet sammenlignes med et stort «fordøyelsessystem» som hele tiden blander, skiller ut enzymer og bryter ned og omdanner stoffer. I denne prosessen bygges det også opp nye store og små molekyler.

Og det er i dette systemet med planter og jordliv det kan dannes en unik jordstruktur.

Et økosystem hvor oppbygging av organisk materiale er en viktig funksjon, har vi valgt å kalle et «**humusøkosystem**». Det er et økosystem vi kan finne i jord med planter og rikelig tilgang på organisk materiale, samt tilgang på vann og luft.

## Planterøtter er viktige

Primærprodusentene i dette økosystemet er plantene som «binder» karbon i de ulike organiske molekylene de lager via fotosyntesen. De bidrar med store mengder organiske forbindelser som skiller ut fra røttene (roteksudater) mens plantene vokser, og når røtter og planter dør (Olupot mfl. 2010, Brady & Weil 2008).

Dette er stoffer som kan finnes løst i vann som ioner, men også ulike molekyler som karbohydrater, fett, enzymer, aminosyrer, proteiner, glykoproteiner, hormoner o.l. Ved at også organiske molekyler kan tas opp av plantene, og fungere som signalstoffer mellom planter (Neff mfl., 2003, Schimel & Bennett 2004, Jones mfl. 2009, Fan mfl. 2015), virker det som en del stoffer sirkulerer i flere og andre prosesser enn før antatt.



Hvilke typer organiske stoffer og ioner finner vi i denne jordklumpen med kløvereng, og hvem styrer næringstilgangen? Foto: Reidun Pommeresche, NORSØK.

Signalstoffer og plantehormoner kan også produseres av jordorganismer og påvirke både plantevekst og andre organismer (Babikova mfl. 2013). Kan plantene dermed kalles både konsumenter og produsenter av organisk materiale i jord? Styrer plantene hvilke organismer de vil samarbeide med gjennom hvilke organiske stoffer de skiller ut gjennom røttene?

---

## Biofilm rundt røtter og jordpartikler

Mikroorganismene i jorda lever i vannfilmen rundt røtter, sopphyfer, organisk materiale og jordpartikler. Her danner de «biofilmer» - geleaktige tynne lag, som i hovedsak består av bakterier og organiske stoffer som de skiller ut. Sopp, alger og protozoer lever i disse filmene.

Biofilmer er viktige for omdanning av organisk materiale i jord, da organismene i dem skiller ut enzymer som er med på å løse opp dette materialet. Fuktighet, og at materialet dekkes godt, er viktig for omdanningen. Både bakterier og mikrosopp jobber sammen i disse omdanningsprosessene og skiller ut stoffer som kleber sammen partikler og molekyler (Burmølle mfl. 2014). Disse geleaktige lagene bidrar til å holde næringsstoffer, partikler og mikroorganismer i jorda sammen (Burmølle mfl. 2014, Pommeresche 2004).

---

## Mikrobiom - mikrobefunn

Organismen, eksempelvis planten (eller insekter, meitemarken, pattedyret) er kolonisert av komplekse samfunn av mikroorganismer. Opp til flere tusen ulike bakterier og sopper koloniserer planterøtter og blader (Van der Heijden & Hartmann, 2016). Samspill mellom alle planterøttene med hver sine mikrobefunn («microbiomes»), genererer komplekse nettverk av informasjons- og stoff-flyt i jorda. På systemnivå fant forskere eksempelvis at trepartssamarbeidet mellom planterøtter, mykorrhizasopper og bakterier økte plantens biomasse og overlevelse, sammenlignet med når den vokste alene (referanse hos Van der Heijden & Hartmann, 2016). Hvordan plante-mikrobefunnet fungerer innad i hver plante og mellom planter er særlig spennende med hensyn til næringsopptak og plantenes helse (motstand mot jordbårne sykdommer), men også i forhold til dannelse av et mangfold av organiske stoffer i jord. Det kan være stoffer som påvirker jordstruktur, konkurranseforhold og hvilke frø som spirer.

Økt mangfold av mikroorganismer i jorda vil også bidra til at jorda tåler ulike endringer bedre. Dette fordi ulike grupper av mikroorganismer kan komplementere hverandre med hensyn til hvilke funksjoner de har.

---

## Hyfer og røtter holder jorda på plass

Viktige biologiske prosesser som «kitter» sammen jordpartikler er nettverket av klebrige røtter og klebrige sopphyfer (Brady & Weil 2008). Når røttene vokser i bredde og lengde, presses jordpartiklene litt sammen og røtter og nettverk av de enda tynnere sopphyfer kan komme bedre i kontakt med selve jordpartiklene og det organiske materialet. Også når planterøttene veksler mellom å ta opp og gi fra seg væske, vil jord og stoffer feste seg til røttene.

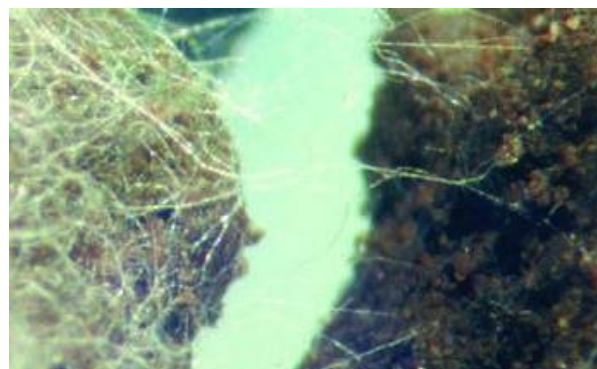
Også bakterier skiller ut ulike klebrige stoffer (organisk «lim»). Ekskrementer og slim fra meitemark, spretthaler, midd og andre smådyr i jorda virker også inn på omdanning og bidrar til å holde jorda på plass.

---

## Glomalin – det viktige limet

Nesten alle planter kan ha mykorrhiza, også kalt sopprot. Sopphyfene danner et samliv med plantenes røtter, og samspillet mellom planter, sopp og jord gjør at flere stoffer og mer vann kan holdes i økosystemet. For stabiliteten av jordaggregatene er soppens produksjon av glomalin viktig.

Glomalin er et glykoprotein som gjør hyfeveggene mer «vanntette», og det finnes mye av det i jord med mykorrhizasopp. Det er klebrig og «limer» sammen jordpartikler til vannstabile aggregater (se referanser i Nichols & Millar 2013, Comis 2002, Brady & Weil 2008).



*Sopp i jord er med å binde sammen jordpartikler. Bildet viser sopphyfer som vokser på hvert sitt jordaggregat, men som også vever og knytter de to aggregatene sammen. Foto: K. Ritz, European Atlas of Soil Biodiversity.*

Derfor er det bra med mest mulig mykorrhizasopp i landbruksjord. Økt glomalinproduksjon kan også være viktig for å lagre karbon i jord, fordi det inneholder 30-40 % karbon og ikke omdannes så raskt (Comis 2002).

---

## Meitemarken har flere oppgaver

Meitemark «forener» de lite bevegelige mikroorganismene, sopphyfer og sporer med organisk materiale ved å blande jord og organisk materiale. Ved at mikroorganismer lever inni og utenpå meitemarken, og i jorda som meitemarken spiser, vil de kunne flyttes rundt i jorda. Det er også spennende teorier om at det dannes unike «leir-humuskomplekser» i meitemarkens fordøyelsessystem, i et samspill med mikroorganismer (Edwards & Bohlen 1996).

Meitemark er også avhengig av mikroorganismer for å kunne fordøye organisk materiale. Mikroorganismer som lever på planterester gjør disse mykere og lettere for meitemarken å spise. Marken mangler tenner, men har en krås til å knuse og blande mat og jord med, og som

mennesker har de masse mikroorganismer i tarmen som bidrar i fordøyelsesprosessen.



*Nærbildet av en meitemarkgang gjennom en jordklump, sett fra siden av (i sirkelen). Mørkere farger (mer organisk materiale) på den jorda som meitemarken har laget veggene i gangen sin av, det er i hovedsak meitemarkskitt og slim som den skiller ut. Du ser også røtter som vokser i veggen på meitemarkgangen. Foto: Reidun Pommeresche.*

Ekskrementer (kast) fra meitemark, spretthaler og midd er «pelletert» næringsrik jord som danner et godt utgangspunkt for oppbygning av grynstruktur i jorda. Ekskrementene er også næringsrik mat for både planterøtter og mikroorganismer. Mikroorganismer som bakterier og sopp er videre mat for spretthaler og midd. Meitemarkekskrementer kan svulle ganske mye opp når det er fuktig og de fungerer derfor som et viktig lager av vann. De større og mer permanente gangene til meitemarken er viktige for å infiltrere regnvann, utveksle gasser i jorda og for rotvekst i tett jord (Edwards 2004).



*Meitemarken spiser jord med mikroorganismer og planterester. Ekskrementer (kast) fra gråmeitemark på bildet til venstre er ett døgn gammel. Bildet til høyre viser forstørrelsen av tørket meitemarkkast. Merk de avrunda formene, laget i meitemarkstarmen, samt litt ulike farger og en del små og større porer. Foto: Reidun Pommeresche.*

## Samspill innen gitte rammer

Det finnes utrolig mye litteratur om diversiteten blant jordorganismer, biologiens mulige betydning for dannelse og omsetning av «soil organic matter» (SOM) og hva som skjer av stoffutvekslinger i og rundt planterøttene (eks Schmidt mfl. 2011, Philippot mfl. 2013, Jeffery mfl. 2010). Felles er at planterøtter og organismer lever i en sammenheng og i omgivelser som kan variere mye over små avstander, som vannforhold, næringstilgang, mikroklima, pH osv.

Rundt planterøtter, i meitemarkganger og nær organisk materiale i jordaggregatene, er det «hot spots» for aktivitet og mikroliv i jorda. På detaljnivå kan det være helt ulike forhold på ulike steder langs de ytterste par centimeter av en planterot, eller inni og utenpå en liten partikkel med jord. Videre er det stor forskjell på hva som skjer dersom en rot har mykorrhiza eller ikke. Dette gjør det umulig å samle alle enkeltforsøk og resultater til en forståelig og logisk sammenhengende forklaringsmodell. Vi kommer neppe til å forstå i detalj hva som foregår, men kanskje svaret på hvordan vi skal forvalte matjorda vår ikke ligger i detaljene?



*Det skjer mye i jorda som vi ikke ser og ikke tenker på til daglig. Denne jorda er ekskrementer fra meitemark (kast) og inngangen til en meitemarkgang. Foto: R. Pommeresche.*

## Humusdannelse en økosystemtjeneste

For å bygge opp organiske stoffer/humus og lagre karbonholdige stoffer i jorda, må etter vårt syn økosystemet i jorda forvaltes som en helhet. Plantevekst, jordliv, jordas geologi og kjemi, klima og bondens tiltak henger sammen. I denne modellen kan humus ses på som ulike «dynamiske» organiske produkter som dannes og brukes mer eller mindre hele tiden. Hvor mye av de organiske stoffene finnes til enhver tid i levende planterøtter og jordliv? Hvor raskt og hvilke stoffer som dannes og brukes avhenger av forholdene på stedet og biologien i jorda.

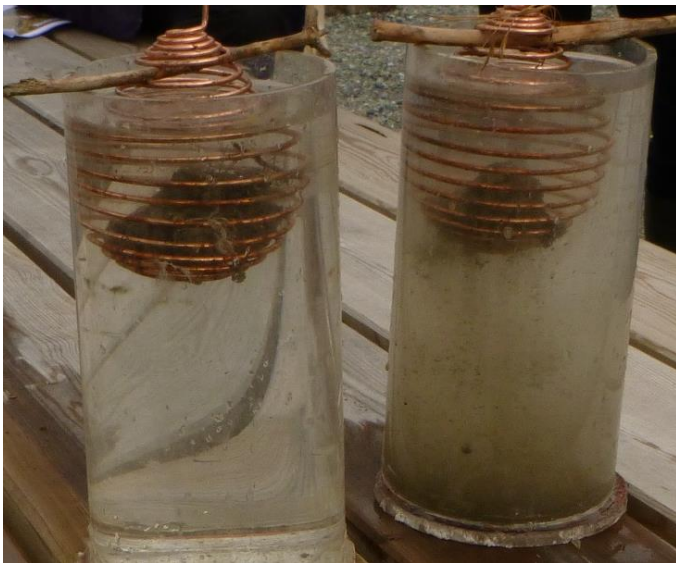
Samspillet mellom de levende organismene avgjør hva som finnes, produseres og brukes, og oppbygd humus og lagring av karbon blir da en økosystemtjeneste som dette økosystemet gir oss. Hele systemet jobber samlet.

En «levende matjord» og mer økosystemtenking er viktig for at jordas økosystem-tjenester, som omdanning av organisk materiale, oppbygging av grynstruktur og humus, rensing av vann, samt lagring av karbon skal fungere ikke bare i naturlige økosystemer, men også i norsk jordbruksjord fremover.

Kanskje den største utfordringen fremover blir å danne en felles forståelse for hvilken betydning biologien har for dannelsen av jordaggregater og oppbygging av organisk materiale i jord? Dersom biologi og økologi er avgjørende, klarer da praktikerne å utvikle eller ta i bruk jordbrukspraksis som tar dette på alvor?

Les Kittredge (2015), Philippot mfl. (2013) eller intervjuet med Christine Jones (Frisch 2015) og bli inspirert eller provosert!

Dette er den andre fagartikkelen i serien av fire om organisk materiale i jord. Hva det er, hvordan det undersøkes og måles, samt praktiske metoder for å forvalte organisk materiale i landbruksjord. Artiklene utgis som NORSØK – FAGINFO og er et samarbeid med prosjektet Økologisk Foregangsfylke «Levende Matjord».



To klumper med jord senket ned i en kolbe med vann. Jorda til høyre er fra åkeren (intensivt drevet grønnsaksareal, siltig lettleire). Jorda til venstre er fra samme jordet, men fra kanten rundt, utenfor selve åkeren, med vegetasjon/ugras og ikke kjøring eller jordarbeiding. Den ene jordklumpen «løses» opp i kontakt med vann, mens den andre ikke gjør det. Hvilken rolle spiller organisk materiale og humus i denne forskjellen? Foto: Reidun Pommeresche.



To meitemarkinn ganger, en ved hver pinne. I løpet av natten har marken som bor til venstre vært oppå og «tettet» og «lukket døra» til gangen sin, mens den til høyre ikke har gjort det. Begge hullene var åpne dagen før. Foto: R. Pommeresche, NORSØK.

## Referanser

- Babikova, Z. mfl. 2013. Underground signals carried through common mycelial networks warn neighbouring plants of aphid attack. *Ecology Letters*, doi: 10.1111/ele.12115
- Brady, N.C. & Weil, R.R., 2008. *The Nature and Properties of Soils*. Revised fourteenth edition. Perason Education, New Jersey, 973 ss.
- Burmølle, M., Kjøller, A. & J. Sørensen, 2012. An invisible workforce: Biofilms in the soil. S 61-72, I *Microbial Biofilms: Current Research and Applications 2012*. Finnes på Internett.
- Comis, D. 2002. Glomalin- Hiding place for a third of the world's stored soil carbon. *Agricultural Research/ September 2002*.
- Edwards, C. A. 2004. *Earthworm ecology*. CRC Press.
- Edwards, C. A. & Bohlen, P.J. 1996. *Biology and ecology of earthworms*. Chapman & Hall.
- Fan, L. mfl., 2015. Endocytosis and its regulation in plants. *Trends in Plant Science*, 20 (6): 388-397. Finnes på Internett.
- Jeffery mfl. 2010. *European Atlas of Soil Biodiversity*. 129 s. Finnes på Internett.
- Jones, D.L., Nguyen,C. & Finlay, R.D., 2009. Carbon flow in the rhizosphere: carbon trading at the soil-root interface. *Plant Soil*, 321:5-33.
- van der Heijden, M.G.A. & M. Harmann. 2016. Networking in the Plan Microbiome. *PLOS Biology*. På Internett.
- Kittredge, J. 2015. Soil carbon restoration: Can biology do the job? [www.nofamass.org/carbon](http://www.nofamass.org/carbon)
- Neff, J.C., Chapin III, F.S. & Vitousek, P.M., 2003. Breaks in the cycle: dissolved organic nitrogen in terrestrial ecosystems. *Front Ecol Environ* 1(49): 205-211.
- Nichols, K. A & J. Millar. 2013. Glomalin and soil aggregation under six management systems in the Northern Great Plain, USA. *Open Journal of Soil Science* 3, 374-378. Finnes på Internett.
- Olupot, G., Daniel, H., Lockwood, P., McHenry, M. & M. McLeod. 2010. Root contribution to long-term storage of soil organic carbon: theories, mechanisms and gaps. *World Congress of Soil Science*. Finnes på Internett.
- Philippot, L., Raaijmakers, J.M., Lemanceau, P. og W.H. van der Putten. Going back to the roots: the microbial ecology of the rhizosphere. 2013, *Nature Reviews*, 11:789-799. Pdf på nett.
- Pommeresche, H. 2004. *Humussphäre. Humus – Ein Stoff oder ein System?* Organischer Landbau, OLV Verlag, ISBN 3-922201-50-4. 224 s.
- Schimel, J.P. & Bennet, J., 2004. Nitrogen mineralization: Challenges of a changing paradigm. *Ecology*, 85, 591-602.
- Schmidt, M. W. I. mfl., 2011. Persistence of soil organic matter as an ecosystem property. *Nature* 478, 49, 49- 56. På Internett.

Les mer om jordliv, bakterier, sopp, encellede dyr, spretthaler og meitemark i egne temaark som finnes på [www.agropub.no](http://www.agropub.no)

# Matjordas økosystem

Nr 2 | 2016

NORSØK FAGINFO

Ansvarlig redaktør: Turid Strøm

Forfattere: Reidun Pommeresche og Berit Swensen

ISBN: 978-82-8202-018-3

[www.norsok.no](http://www.norsok.no)