

park & anlegg

Temahefte: Jord til grøntanlegg
- sammensetning, egenskaper
og vekstenes vitalitet

FAGBLADET FOR GRØNTANLEGGSSSEKTOREN



Norsk Gartnerforbund

Schweigaardsgt 34 F, 0191 Oslo
Tlf. 23 15 93 50

Redaktør:

Ole Billing Hansen
tlf. 48 07 56 41
oleb@gartnerforbundet.no

Abonnement:

Eldbjørg Merkesdal
tlf. 92 88 98 99
eldbjorgm@gartnerforbundet.no

Abonnementspris kr 690 pr. år
Studentpris kr 250 pr. år

Medlem i



Grafisk produksjon:

Media Digital AS
Dronningens gate 3, 0152 Oslo
kontakt@mediadigital.no
Tlf: 21 62 78 00

Trykk:

Merkur Grafisk AS
Stansev. 9, PB 25 Kalbakken, 0901 Oslo
Tlf. 23 33 92 00 - Fax 23 33 92 16



INNHold

- 4 Jordegenskapene er nøkkelen til varierte grøntanlegg
- 8 **Anleggsjord – produsert for bruk i grøntanlegg**
- 12 Organiske avfallsmaterialer i grøntanlegg og anleggsjord
- 17 Spesielle grøntanlegg krever spesialjord
- 20 **Dyrkingsmediet avgjør artssammensetning og vekst på torvtak**
- 24 Jordanalyser – et viktig hjelpemiddel for å sikre god plantevekst
- 28 pH – en viktig parameter for plantevekst
- 32 **Mikronæringsstoffer – nødvendige, men i små mengder**
- 37 Svovel – det glemte makronæringsstoff
- 39 Mangelsymptomer – hvordan kan de se ut?
- 44 Kalking er ofte et nødvendig tiltak i sur jord
- 47 **Undergrunnsforholdene på norske gravplasser – eksempler fra Trondheim**



Forsiden: Vekst og trivsel i anleggsjord i Dronning Eufemias gate i Oslo. Foto: Trond Knapp Haraldsen

Innholdsfortegnelse for tidligere årganger av park & anlegg: www.parkoganlegg.no
Følg oss på nettsiden og Facebook: [@parkoganleggfagblad.no](https://www.facebook.com/parkoganleggfagblad.no)

FORORD

Under et FAGUS-seminar om jord i grøntanlegg i februar 2015 var seniorforsker Trond Knapp Haraldsen og professor Tore Krogstad blant foredragsholderne. Ettersom de fleste utøvere i grøntanleggssektoren er opptatt av temaet jord og mange finner temaet vanskelig, ble foredragsholderne og redaksjonen raskt enige om at temaet burde belyses mer inngående i park & anlegg. Krogstad og Haraldsen sa seg interessert i å forfatte en serie artikler om jordrelaterte problemstillinger for fagbladet.

Artikkelserien ble planlagt høsten 2016, og artiklene i denne samlingen ble publisert i park & anlegg fra utgave 10/2016 til 10/2017. I artiklene presenterer seniorforsker Trond Knapp

Haraldsen i NIBIO og professor Tore Krogstad ved NMBU oppdatert kunnskap av stor nytteverdi for grøntanleggssektoren. Vi har inntrykk av at interessen for dette fagstoffet har vært stor. park & anlegg utgir derfor i samarbeid med NIBIO og NMBU artikkelsamlingen som et eget hefte. I heftet er artiklene organisert tematisk og i en litt annen rekkefølge enn da de sto på trykk i fagbladet. Heftet er blitt en kortfattet «lærebok» som vi håper vil være til nytte i utdanning og oppdatering av fagfolk i alle ledd av grøntanleggssektoren.

Redaksjonen retter en stor takk til forfatterne for betydelig innsats og overbevisende punktlighet i formidlingen av dette fagstoffet.

*Oslo, 7. februar 2018
Ole Billing Hansen
Redaktør*

Jordegenskapene er nøkkelen til **varierte grøntanlegg**

I naturen er variasjonen i plantesamfunn mellom områder en direkte respons på vekstbetingelsene. Når en skal etablere grøntanlegg, må en kjenne til hvilke begrensninger som er viktige for å oppnå at den planlagte vegetasjonen etablerer seg.

TEKST: TROND KNAPP HARALDSEN¹ OG TORE KROGSTAD² FOTO: TROND KNAPP HARALDSEN

¹ NIBIO, Norsk institutt for bioøkonomi, Divisjon for miljø og naturressurser, Ås
² Norges miljø- og biovitenskapelige universitet, Fakultet for miljøvitenskap og naturforvaltning, Ås



Figur 2. Reinrose (*Dryas octopetala*) på kalkrik forvittringsjord i Troms. Foto: Tore Krogstad

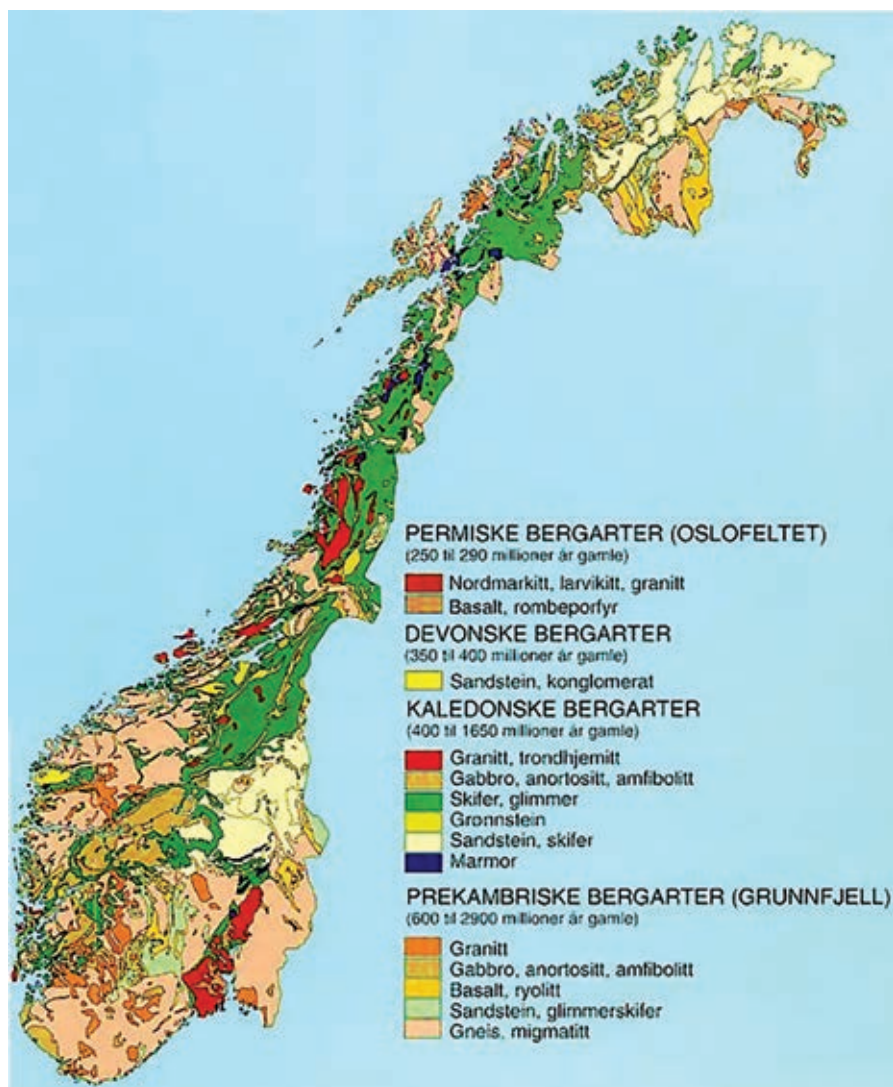
I naturen er det en naturlig seleksjon av planter tilpasset de voksebetingelsene og den næringstilgangen vokseplassen har. Her spiller både klimatiske egenskaper og jordsmonnsforholdene en stor rolle. I tidligere artikler har vi omtalt generelle krav til jordegenskaper som trengs for å oppnå god etablering av grøntanlegg

(Haraldsen & Krogstad 2017a), men også pekt på at spesielle grøntanlegg krever egnet jord for å oppnå tilslag av ønskede arter (Haraldsen & Krogstad 2017b).

Geologien gir viktig informasjon

I naturen er det ofte en klar sammenheng mellom mineralogien i berggrunnen og

jordsmonnet, og hvilke arter som har etablert seg. Figur 1 viser et berggrunnskart over Norge. Det gir i grove trekk god informasjon om hvilke bergarter som dominerer i ulike regioner. Selv om det var stor transport og avsetning av løsmasser i forbindelse med isavsmeltingen under og etter siste istid for ca. 10.000 år siden, vil



Figur 1. Berggrunnskart over Norge. Kilde: Norges Geologiske Undersøkelse (NGU)

jordsmonnet i store deler av landet være preget av berggrunnen på stedet eller i nærområdet. Mange steder finnes bart fjell eller svært tynt jorddekk over fjell. Forvittringsjorda på slike steder har kjemiske egenskaper med næringsinnhold direkte koblet til berggrunnen. Andre steder med mektige leiravsetninger er jordsmonnet ikke i samme grad preget av berggrunnen på stedet, men av berggrunnen på det stedet avsetningene er transportert fra.

Rik eller fattig på næring

Ut ifra det geologiske berggrunnskartet ser vi store områder i sørøstre, sørlige og nordvestre del av landet preget av grunnfjellsbergarter (prekambriske bergarter).

Dette gir et næringsfattig jordsmonn ofte preget av sandig morenemateriale. I området fra sør for Oslo nordover til områdene ved Mjøsa har vi Oslofeltet, som er en innsunket del av jordskorpen og som har en spesiell geologi preget av en rekke ulike bergartslag over grunnfjellet. Berggrunnen er næringsrik og består av skifere, kalkstein og silt- og sandsteiner fra kambro-silurperioden, samt permiske bergarter av vulkansk opphav med blant annet basalter, porfyrr og granitt. De grønne områdene på kartet fra Trøndelag og nordover består blant annet av næringsrike kambro-silur bergarter med stort innslag av skifer og glimmer, og med innslag av marmor og kalkforekomster i

delar av Nordland og Troms. Denne variasjonen i geologi setter et sterkt preg på jordsmonnet og på vegetasjonen som naturlig vokser der (Figur 2, 3 og 4).

Liten forvitring og stor utvasking

Det aller meste av naturlig jordsmonn i Norge er surt og næringsfattig. Et kjølig klima med mye nedbør fører til liten kjemisk forvitring og mye utvasking. I slikt



Figur 3. Lyng- og lavvegetasjon på næringsfattig podsoljordsmonn i grunnfjellsområdet i sørøst-Norge. Foto: Tore Krogstad

jordsmonn, som er dominert av jordsmonntypen podsol, er lyngvegetasjon av typene blåbærgranskog og blåbærbjørkeskog vanlig. Men i mer næringsrik jord med brunjordspreg er pH høyere og vegetasjonstypene vesentlig mer næringskrevende med både bregner, urter og høystauder. Når naturlig jord blir brukt i grøntanlegg, vil informasjon om hva som vokser i jorda fra naturens side være til god hjelp i valg av vegetasjon som passer til jordsmonnet. Det er ofte et samspill mellom jordsmonn og vegetasjon som en vil ha stor glede av å lære seg å kjenne.

Naturlig jordsmonn og uønskede stoffer

Naturlig jordsmonn kan inneholde uønskede stoffer som tas opp i plantene og i verste fall virker giftig og veksthemmende. I en del jordsmonn er det forhøyet nivå av flere typer tungmetaller, som er å betrakte som naturgitte egenskaper. For grøntanleggsplantene selv betyr det lite om de tar opp uønskede stoffer, så fremt det ikke påvirker etablering og vekst. Men dersom hage/parkavfall i ettertid skal inngå i en kompost eller jordblanding som brukes som vekstjord for spiselige vekster, kan de uønskede stoffene transporteres inn i de spiselige

delene av plantene. Derfor er det viktig i størst mulig grad å unngå jord som inneholder uønskede stoffer også i grøntanlegg. Vi vil gi et par eksempler på slike jordsmonn.

Alunskiferjord

Den kanskje mest særegne av denne typen jordsmonn er alunskiferjord, som er dominert av bergarten alunskifer. Denne bergarten er å finne i den kambriske lagrekken i kambro-silurbergarter i Oslofeltet, og jordsmonnet av bergarten blir nærmest svartfarget. Det har vært særlig fokus på alunskifer som årsak til radongass i bygninger, forårsaket av uran i berggrunn og jordsmonn. Sammen med uran er det også forhøyet nivå av tungmetaller som kadmium, kobber, nikkel og sink, men også arsen. Av disse stoffene er det særlig kadmium som blir tatt opp i planter og kan være problematisk, mens innholdet av kobber og sink kan være nyttig, siden disse stoffene er mikronæringsstoffer. Selv med høye konsentrasjoner av arsen i alunskiferjordsmonn, blir dette stoffet i liten grad tatt opp av planter.

Alunskifer inneholder ofte pyritt, et jerndisulfid (FeS_2) som ved oksidasjon i luft danner svovelsyre og er sterkt forsurende i jorda. Pyritt vil derfor kunne løse ut tungmetaller fra skifermaterialer på grunn av sterkt sur reaksjon. I rotsonen i alunskiferjordsmonn vil pyritt og andre sulfider for lengst ha oksidert, og jordlagene har såpass høy pH at røttene utvikler seg normalt. I slike jordlag vil en kunne se at det har foregått sterk kjemisk forvitring av mineraler, noe som vises ved brune og gulbrune fargeflekker i den ellers mørke jordmassen (Figur 5). I dypere liggende jordlag av løsmasser med alunskifer vil det være større sannsynlighet for å finne pyritt og andre sulfider, som kan oksidere hvis slikt materiale kommer nær jordoverflaten.

Naturlig tungmetallforurensning

Det er flere steder rapportert om naturlig tungmetallforurensning i jordsmonnet. Dette er ofte svært lokalt og begrenset seg til små arealer. Dersom en ser områder uten vegetasjon eller med unaturlig vegetasjon, for eksempel små områder kun med gras, er det et tegn på steder hvor en normalt



Figur 4. Storbregnebjørkeskog på næringsrik brunjord på kambro-silur berggrunn. Foto: Tore Krogstad

forventer flere arter, er det et tegn på at det kan være høye konsentrasjoner av tungmetaller i jorda. Smyle er et svært tolerant gras som tåler høye konsentrasjoner av metaller. Jord fra slike områder må analyseres for tungmetaller, og man bør unngå slik jord til grøntanlegg eller som jord i jordblandinger, dersom innholdet er høyt. Anrikning av tungmetaller i jordsmonn kan indikere at det finnes malmmineraler i berggrunnen, og det er heller ikke uvanlig å finne indikasjon på tungmetallforurensning på gamle fyllinger fra historisk gruvevirksomhet. I mange typer avganger fra gruve drift forekommer ulike tungmetaller i såpass høye konsentrasjoner at det ikke vil bli etablert normal vegetasjon.

I Trøndelag er det vanlig å finne jordsmonn med forhøyet nivå av tungmetallene nikkel og krom, men opptaket av disse stoffene i planter er likevel normalt liten. I det norske regelverket for forurenset grunn legges det vekt på helsebaserte risikovurderinger ut ifra inntak av jord direkte (Hansen & Danielsberg 2009). Risikoen for jordmiljøet og krav til dyrkingsjord, skog, utmark, friluftsområder og verneområder er ikke dekket av vurderingene til Hansen og Danielsberg. Det er derfor viktig å undersøke egenskapene til jordmasser også

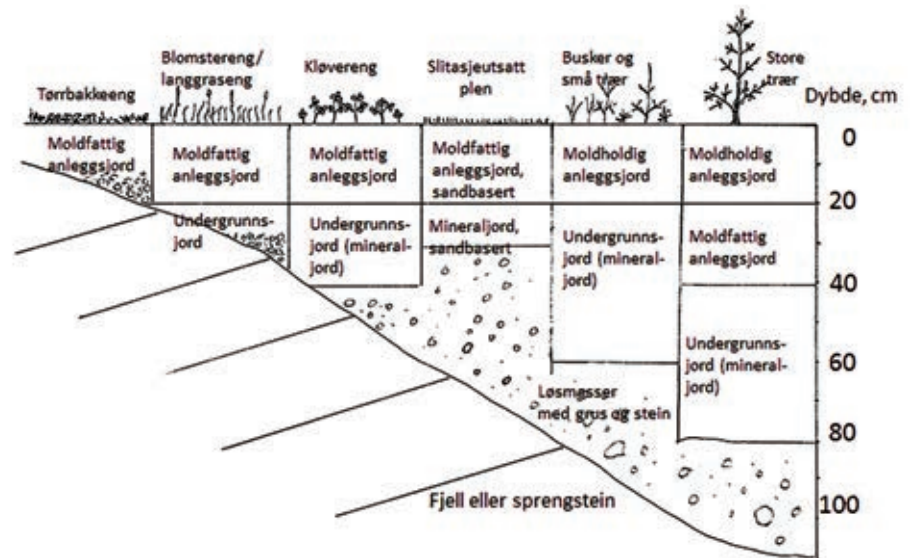


Figur 5. Undergrunnslag i aluskiferjordsmonn med høy pH og tydelige tegn på sterkt forvitrede mineraler. Foto: Trond Knapp Haraldsen

utenfor områder der en normalt regner at det kan være forurensset jord.

Jordoppbygning til naturlignende grøntanlegg

I mange planer fra landskapsarkitekter blir det forutsatt etablert ulike naturlignende vegetasjonssamfunn. Det kan være forskjellige varianter av blomstereng, tørrbakkeeng, kalkeng, fukteng, små skogholt, og ikke minst forskjellige varianter av våtmark. For å oppnå det planlagte vegetasjonssamfunnet må en kjenne til de faktorene som i sterkest grad favoriserer de artene en ønsker å få fram. På dette området synes det å være stor kunnskapsmangel blant planleggere, og angivelsen av jordkrav er ofte lite spesifikke – i retning av «mager jord». Våre erfaringer tilsier at en må ta både fysiske og kjemiske faktorer med i betraktning i tillegg til å vurdere klimaforholdene på stedet. Det er alltid lurt å undersøke jordegenskapene på områder der en har naturlig vegetasjon av den typen



Figur 6. Oppbygning av jordsmonn til forskjellige vegetasjonssamfunn.

en ønsker å etablere. Et sandbasert dyrkingsmedium med lavt moldinnhold vil kunne fungere godt i nedbørrike områder med årsnedbør på over 1500 mm, men vil selekttere sterkt for tørketolerante arter i områder med 750 mm årsnedbør eller mindre. Langs kysten har en ofte skjellsand innblandet i sand i strandavsetninger. Da ender en opp med et dyrkingsmedium med høy pH og stort innhold av kalk. Med et slikt utgangspunkt vil det være hensiktsmessig å velge arter som er etablert naturlig i slike masser. Arter som naturlig vokser i strandenger, vil egne seg godt.

Motsatt vil det være fåfengt å etablere surjordsplanter i områder med kalkrikt jordsmonn, og etablering av rododendron i områder der jordsmonnet er dominert av kambro-silurbergarter anbefales ikke,

uten at en også skaffer til veie egnet dyrkingsmedium for surjordsplanter.

Ulike vegetasjonstyper har også forskjellig rotutvikling, og det kreves dypere jordsmonn for å få busker og trær til å trives enn urter. Ved å variere tekstur, moldinnhold, næringsinnhold og dybde av ulike jordlag, kan en legge til rette for et mangfold av vegetasjonssamfunn (Figur 6). ■

Referanse

Hansen, H.J.; Danielsberg, A. 2009. Tilstandsklasser for forurensset grunn. SFT, TA 2553/2009, 27 s.

Anleggsjord – produsert for bruk i grøntanlegg

Vekstresponsen hos plantene er ofte en god indikator på jordkvaliteten. I naturen er egenskapene til jorda en viktig faktor i konkurransen mellom arter. Når en skal etablere grøntanlegg, bør en være opptatt av jord som egner seg til de vekstene som er planlagt.

TEKST: TROND KNAPP HARALDSEN¹ OG TORE KROGSTAD²

1) NORSK INSTITUTT FOR BIOØKONOMI, DIVISJON FOR MILJØ OG NATURRESSURSER, ÅS

2) NORGES MILJØ- OG BIOVITENSKAPELIGE UNIVERSITET, INSTITUTT FOR MILJØVITENSKAP, ÅS



Figur 1. Sortering av gravemasser i jordproduksjonsanlegg. Foto: Trond Knapp Haraldsen

I denne artikkelen gir vi en innføring i bakgrunnen for kravspesifikasjoner for anleggsjord som gir forutsigbar etablering av grøntanleggsplanter. Det finnes ingen samlet oversikt over årlig omsatte volum av anleggsjord i Norge, men markedet er stort. Det er mange aktører som er tilbydere av slike dyrkingsmedier, og det er betydelige kvalitetsforskjeller.

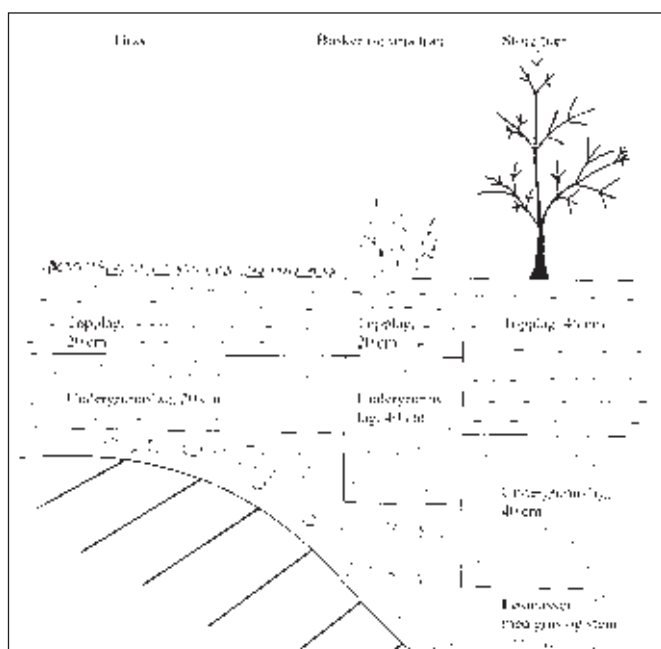
Ulike produksjonsprinsipper

Anleggsjord kan lages med mange forskjellige råvarer, og basert på forskjellige prinsipper:

Soldet jord er framstilt av gravemasser fra forskjellige utbyggingsprosjekter, der stein og blokk er utsortert. Jorda kan være blandet med torv, kompost, sortert sand eller steinmel for å oppnå gode egenskaper som dyrkingsmedium.



Figur 2. Stående vann i 15 cm tykt lag av anleggsgjord over komprimert lag av leire og sprengstein. Foto: Tore E. Sveistrup



Figur 3. Oppbygging av topplag og undergrunnsjord til ulike typer grøntanleggsplanter. Fra Haraldsen og Pedersen 2001a

Blandinger av sand, torv og kompost er anleggsgjord som kan være både rene sand/torv jordblandinger og varianter med innblanding av kompost.

Torvfrie jordblandinger av steinmel og kompost er laget

utelukkende av avfallsfraksjoner (steinmel fra pukkverk og komposter fra avfallsanlegg). Noen av disse jordblandningene er iblandet sortert sand eller annet naturlig mineralsk jordmateriale.

Uansett type råvarer brukes det sorteringsanlegg (Figur 1) for å skille ut grus, stein, grove røtter og trebiter fra jorda.

Vektlagte egenskaper

Egenskapene til anleggsgjord basert på de tre hovedgruppene kan være ganske forskjellige. Når en skal vurdere anleggsgjord, legger en vekt på følgende egenskaper:

- Håndterbarhet; smuldring, klumpdannelse
- Erosjonsrisiko; infiltrasjonsevne, tilslemming av overflaten
- Vannledningsevne, vannlagringsevne, drenering
- Næringstilstand og surhetsgrad; næringsfrigjøring, saltinnhold, behov for gjødsling og kalking
- Evne til å motstå tråkk, kjøring og komprimering

For å fungere godt som dyrkingsmedium må de fysiske, kjemiske og biologiske egenskapene være slik at plantene utvikler seg normalt og får normal rotutvikling. I grøntanlegg brukes både ettårige og flerårige vekster, urter og lignoser. Disse kan ha ulike krav til dyrkingsmediet og ikke minst forskjellig rotsystem. Derfor må en se på vekstenes totalbehov for dyrkingsmedium, altså: Hvor mye jord trenger plantene for å utvikle normalt rotsystem vertikalt og for trær også horisontalt?

Mangelfulle standarder

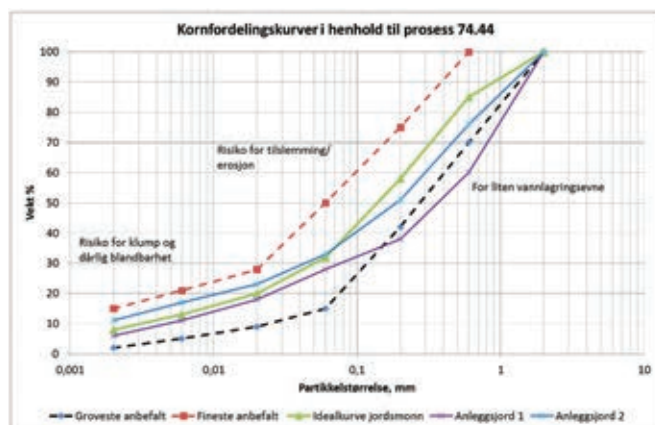
Norsk Standard 2890 (Standard Norge 2003) omhandler deklarasjon og merking av ulike typer dyrkingsmedier og jordforbedringsmidler. Punkt B3 angir hvilke analyser som skal benyttes for å deklare anleggsgjord. Standarden er en ren deklarasjonsstandard. Den sier ikke noe om kvaliteten til dyrkingsmediene. Den sier heller ingen ting om hvordan analysene skal tolkes. Norsk Standard 3420 K (Standard Norge 2011) beskriver hvordan anleggsgartnerarbeider utføres. Det som omhandler dyrkingsmedier, er beskrevet i KB 2 med tilhørende underpunkter. Kravet om at vekstmediets mineralbestanddel skal inneholde maksimalt 50 % knust stein, steinmel (KB2.2 b2), er i samsvar med forskningsbasert kunnskap. Derimot er angivelsene av tykkelser på vekstjordlag, angitt i Tabell K1, verken forankret i forståelse av vekstmedienes fysiske egenskaper eller plantenes behov for rotutvikling. Det eneste som er riktig angitt i denne tabellen, er tykkelsen av vekstjordlag til green og grasbane på 30 cm, noe som i praksis er tykkelsen over drengslaget.

I de fleste typer grøntanlegg tar en sikte på å legge ut selv-

Tabell 1. Krav til egenskaper til mineraljord, anleggsjord moldfattig og anleggsjord moldholdig.

Jordtype	Fraksjon, mm	Enhhet	Mineraljord	Anleggsjord moldfattig	Anleggsjord moldholdig
Største partikkel		mm		20	
Maks. grus av jordmassen	>2	% av massen	20	20	20
Krav til leir	<0,002	% < 2 mm	2-15	2-15	2-15
Idealverdi leir	<0,002	% < 2 mm	5-12	5-12	5-12
Krav til leir+silt	<0,06	% < 2 mm	15-50	15-50	15-50
Idealverdi leir+silt	<0,06	% < 2 mm	25-40	25-40	25-40
Organisk materiale (glødetap, korrigert)		% av tørrstoff	<1	1-3	4-6
pH			5,5-7 (7,5*)		
K-AL		mg/100 g	<15	7-15	15-50
P-AL		mg/100 g	<7	5-15	10-30
Mg-AL		mg/100 g	4-15	6-15	6-15
Na-AL		mg/100 g	<5	<10	<15
Bruksområde			Mineraljord, undergrunnslag	Nedre del av rotsone for trær/busker, ekstensive grasarealer	Øvre del av rotsone for trær/busker, pryddplantefelt, plen

*Dersom pH er i området 7-7,5, må jorda i tillegg deklarerer for løselig Mn og Zn, samt titrerbar alkalinitet.



Figur 4. Kornfordelingskurver for anleggsjord etter krav i prosess 74.44. Statens vegvesen 2015

drenerende masser og bygger opp jordsmonnet slik at det ligner forholdene vegetasjonssamfunnene har i naturen. I mange prosjekter er det levert et 15 cm tykt topplag av anleggsjord til plen. Uansett om undergrunnen er hardpakket leire og sprengstein eller gjennomtrengelig materiale, oppstår en da overmetning av vann i regnrrike perioder (Figur 2) og tørkestress i perioder med lite nedbør. Det er enda verre når en legger ut 10 cm anleggsjord i hellende terreng og håper å få etablert grasbakke. Ved første kraftige regnskyll blir jorda overmettet, og massive erosjonsskader vil da oppstå fordi det kommer mye mer vann enn det som kan lagres i topplaget.

Kravspesifikasjoner

Selv om det er mest grasrøtter i de øverste 10 cm av jorda, har gras

ofte røtter til 30-40 cm dybde. Når de fysiske forholdene er gode, kan kortklipt plen gras ha røtter helt ned til 70 cm dybde. Ved etableringen av grøntanlegg på Fornebu ble det stilt krav både til egenskapene til jordblandingene og til oppbygning med topplag og undergrunnslag av definert kvalitet (Figur 3). Dette konseptet er videreutviklet i ulike prosjekter i Statens vegvesen og kravspesifikasjoner for jord ved planting av trær (Solfjeld og Solfjeld 2012). Generelle krav til anleggsjord, prosess 74.44, ble utviklet av Statens vegvesen (2015).

Det er etter hvert flere jordprodusenter som kan levere anleggsjord i henhold til kravspesifikasjonene i prosess 74.44. Kravene er laget med utgangspunkt i at jorda skal være selvdrenerende, ha tilstrekkelig vannlagringsevne under normale nedbørsforhold og inneholde tilstrekkelige mengder næringsstoffer (Tabell 1). Tilveksten forutsettes i hovedsak styrt av tilgangen på tilført nitrogen gjennom gjødsling (se kolonnen Anleggsjord moldholdig).

Kornfordeling

I tillegg til at det er angitt teksturkrav i Tabell 1, skal også anleggsjord ha en kornfordelingskurve innenfor angitt intervall (Figur 4). Figuren viser kornfordelingskurver for to typer anleggsjord. Anleggsjord 2 har tekstur sandig lettleire og ligger godt innenfor det anbefalte området, og er et typisk eksempel på en jordblanding basert på steinmel. Når steinmel er eneste mineraljordmateriale, får vi jord med for høyt innhold av grov sand kombinert med silt. Det gir uheldige fysiske og kjemiske egenskaper. Forsøk med etablering av grøntanleggsplanter i dyrkingsmedier med steinmel som eneste mineraljordmateriale har gitt dårlig tilslag og tilvekst (Figur 5).



Figur 5. Forsøksfelt med steinmel og kompost med dårlig tilslag av plantede busker og trær. Foto: Trond Knapp Haraldsen

Standardjord eller spesialjord?

Siden norske standarder er til liten hjelp for å vurdere hva som er egnet og uegnet som dyrkingsmedium til forskjellige typer grøntanlegg, bør en benytte seg av kravspesifikasjoner

som har vist seg å gi god etablering. Det beste grunnlaget en har til nå, er beskrevet i Statens vegvesens prosesskoder, prosess 74.44 (Statens vegvesen 2015). Sammenholdt med anbefalingene om jorddybder i Solfjeld og Solfjeld (2012) og beskrivelsene som ble lagt til grunn på Fornebu (Haraldsen og Pedersen 2001a), har en et godt grunnlag for å sette opp kravspesifikasjoner som gir mulighet for etablering av velfungerende grøntanlegg.

Dessverre viser det seg at en del planleggere lager anbudsgrunnlag med anvisninger om jordblandinger som har innbyrdes motstridende krav, og til dels krav som gir jordblandinger svært uheldige egenskaper. Det er for eksempel ikke mulig å lage en torvfri jordblanding med pH <7 med hage/parkkompost som eneste tillatte organiske komponent. Da måtte en ha tilgang på et topplag av sur skogsjord som mineraljordmateriale.

Foredle lokale jordressurser

Det er nå mange jordprodusenter som har fått utviklet jordblandinger som tilfredsstiller kravene i prosess 74.44, og det er mulig å komme fram til gode blandinger med utgangspunkt i ulike materialer som hovedråstoff. Jordblandinger utelukkende basert på steinmel og kompost oppnår verken tilfredsstillende kornfordelingskurve eller pH innenfor angitt

intervall. I mange tilfeller har en tilgang til en del jordressurser i anleggsområdet, og det kan ofte være hensiktsmessig å foredle disse lokalt med innblanding av steinmel og kompost. Kombinasjon av sur skogsjord, steinmel og produkter basert på organisk avfall har vist seg å gi dyrkingsmedier som egner seg til etablering av så vel gras som busker og trær (Haraldsen og Pedersen 2001b).

Referanser

- Haraldsen, T.K.; Pedersen, P.A. 2001a. Fra flyplass til grønne parker. Håndbok for massehåndtering på Fornebu. Jordforsk rapport 57/01. 16 s.
- Haraldsen, T.K.; Pedersen, P.A. 2001b. Utprøving av Franzefoss vekstjord. Resultater fra vekstforsøk med raigras og grøntanleggsplanter. Jordforsk rapport 108/01.
- Solfjeld, I.; Solfjeld, E. 2012. Etablering av trær. Statens vegvesens rapporter nr. 89. (Finnes på www.vegvesen.no.)
- Standard Norge 2003. Dyrkingsmedier, jordforbedringsmidler og jorddekkingsmidler. Varedeklarasjon, pakking og merking. Norsk Standard NS 2890, 2. utgave juni 2003.
- Standard Norge 2011. Beskrivelsestekster for bygg, anlegg og installasjoner. Del K. Anleggsgartnerarbeider. Norsk Standard NS 3420-K:2011.
- Statens vegvesen 2015. Prosesskode 1. Standard beskrivelse for vegkontrakter. Hovedprosess 1-7. Håndbok R761. (Finnes på www.vegvesen.no.)

Organiske avfallsmaterialer i grøntanlegg og anleggsjord

Organiske avfallsmaterialer inneholder både resirkulerte næringsstoffer og organisk materiale. De egner seg både som ingrediens i anleggsjord og til innblanding i stedlig jord ved etablering av grøntanlegg, men kontroll med doseringen er viktig.

TEKST: TROND KNAPP HARALDSEN¹ OG TORE KROGSTAD² FOTO: TROND KNAPP HARALDSEN

¹ NIBIO, Norsk institutt for bioøkonomi, Divisjon for miljø og naturressurser, Ås
² Norges miljø- og biovitenskapelige universitet, Fakultet for miljøvitenskap og naturforvaltning, Ås



Horisontal utvikling av bjørkerøtter i kompost tilført som jordecke.

I denne artikkelen tar vi opp variasjonen i kjemiske og fysiske egenskaper mellom ulike typer behandlet organisk avfall og peker på forhold en må være oppmerksom på for å oppnå god etablering og unngå forurensning.

Naturlig toppsjikt

Det er økende etterspørsel etter vekstmedier som ikke inneholder torv, og organiske avfallsmaterialer vil i mange tilfeller være et

bedre alternativ i anleggsjord og vekstmedier til grøntanlegg. I grøntanlegg ønsker vi å lage vekstmedier som ligner på forholdene plantene har i naturen. Naturlige jordsmonn har alltid et toppsjikt med mye organisk materiale. Toppsjiktet kan være tynt eller tykt, klart eller utydelig avgrenset nedover mot undergrunnen. I topplaget blir råtnende plantemateriale som legger seg på bakken dratt ned i jorda, blandet med mineralske

stoffer og omsatt til ulike humusformer: mold, råhumus og torv (se faktaboks).

Mengden av organisk materiale i jord blir angitt i ulike klasser, som vist i Tabell 1.

Topplaget i grøntanlegg

Topplaget i grøntanlegg skal ha tilsvarende funksjon som «matjordlaget» i dyrka jord, og de fleste grøntanleggsplanter vil trives med organisk materiale som mold i

Mold er dannet ved at mikroorganismer og jordfauna har finfordelt det organiske materialet og blandet det med mineralmateriale. Naturlig mold består derfor i stor grad av ekskrementer av ulike jorddyr (som meitemark, spretthaler, midd og insektlarver). Det er disse ekskrementene som gir moldjorda god grynstruktur. I naturen finnes mold oftest i lauvskog på finkornige jordarter.

Råhumus er svært vanlig i barskog. Den er mindre nedbrutt enn mold og ligger som et tydelig sjikt over mineraljorda. I råhumus spiller ulike sopper en viktigere rolle enn jordfaunaen i nedbrytningen.

Torv blir dannet ved delvis nedbryting av moser og andre våtmarksplanter. Nedbrytingen foregår uten tilgang på oksygen (anaerobe forhold). Både råhumus og torv er sure humustyper med lite innhold av næringsstoffer. De vil bli brutt ned videre hvis miljøforholdene ligger til rette for det.

Matjord er en folkelig betegnelse på dyrket jord med høyt moldinnhold. Et matjordlag er blitt til gjennom langvarig jordarbeiding, gjødsling og kalking, og ved at meitemark og andre jordorganismer har omsatt råtnende planterester til humus og næringsstoffer som plantene kan utnytte.

topplaget. Surjordsplanter finnes ofte i jordsmonn der topplaget har råhumuskarakter, og utfordringen med surjordsplanter er at de krever surt organisk materiale i topplaget. I de fleste naturlige økosystemer i Norge er tilgangen på nitrogen den faktoren som sterkest begrenser tilveksten. Det er derfor

ikke vanlig å se kritiske mangler av andre næringsstoffer i naturen. I motsetning til i konstruerte plantesystemer som et grøntanlegg, vil det i naturen være en naturlig seleksjon av planter tilpasset de voksebetingelsene og den næringstilgangen vokseplassen har. Hvor høyt moldinnhold som er

Tabell 1. Inndeling i moldklasser basert på organisk innhold.

Betegnelse på moldklasse	Organisk innhold (vekt-%)
Moldfattig	0-3
Moldholdig	3-6
Moldrik	6-12
Svært moldrik	12-20
Mineralblandet mold	20-40
Organisk jord	>40

vanlig i naturlige jordsmonn avhenger av biologisk produksjon og nedbrytningsforholdene. Det er høyere moldinnhold i jord i nedbørrike strøk langs kysten enn i innlandsdistrikter, men også økende moldinnhold med høyde over havet opp til tregrensa. I de fleste tilfeller vil et moldholdig topplag egne seg godt i grøntanlegg. Noen planteslag krever mer moldrik jord, mens det i andre tilfeller er hensiktsmessig med så lavt moldinnhold som 1-2 % (moldfattig jord).



Forsøk med vannverkslam og avløpsslam i ulike blandingsforhold.

Aktuelle organiske avfallsmaterialer

Mens torv og råhumus er sure og næringsfattige, er mold mer næringsrikt og har svakt sur, nøytral eller svakt alkalisk reaksjon. Ved valg av egnet organisk avfallsmateriale må en kjenne til egenskapene til de forskjellige materialene for å velge riktig mengde og type til formålet. En må også kjenne til regelverket for bruk av organiske avfallsmaterialer, gjødselvarselskriften (Landbruks- og matdepartementet 2003). Denne forskriften er under revisjon og blir sendt ut på høring i høst. Det er derfor viktig å sette seg inn i endringene som er foreslått og gjerne nytte muligheten til å gi innspill på endringsforslagene under høringsprosessen.

Kompost

Den vanligste behandlingsmåten for organisk avfall er en aerob prosess, det vil si kompostering. Kompostenes egenskaper blir sterkt preget av materialene som behandles. I denne artikkelen gir vi en oversikt over egenskapene til de ulike typene kompost.

Barkkompost er gran- eller furubark som er omsatt ved nedbryting med tilgang på oksygen. Denne komposttypen har svakt sur til nøytral reaksjon og inneholder lite næringsstoffer. En skal imidlertid være klar over at bark inneholder mye større mengder av mangan enn andre typer planterester. Mangan er et mikronæringsstoff som

endrer løselighet ettersom forholdene i jorda er reduserende eller oksiderende. Det er vel kjent at manganforgiftning kan forkomme ved bruk av barkkompost som ikke er tilstrekkelig aerobt behandlet. Det er derfor angitt at løselig mangan skal deklarerer i slike produkter i henhold til punkt C.8 i NS 2890 (Standard Norge 2003).

Hage/parkavfallskompost er oppkuttete kvister, plenklipp, visne potteplanter og lignende som er omsatt ved aerob nedbrytning. Slik kompost inneholder de samme plantenæringsstoffene som plantematerialet som var utgangspunkt for komposteringen, men meste parten av nitrogenet har gått tapt som ammoniakk og andre gasser under behandlingen. Denne komposttypen har relativt lavt innhold av organisk materiale og kan som oftest karakteriseres som mineralblandet mold. Det gjør at en bør dosere mengden kompost etter innholdet av fosfor og kalium, slik at nivået av disse stoffene blir passende i vekstmediet. Dosering med sikte på å bruke denne typen kompost for å oppnå moldholdig topplag vil føre til overdosering av næringsstoffer i forhold til plantenes behov. Hage- og parkkompost kan også brukes som jorddekkemateriale når den er i kvalitetsklasse 0. Da vil en typisk få horisontale røtter av trær i overgangssonen mellom kompostlaget og underliggende mineraljord på lignende måte som med mold i naturen (Bildet side 54).

Matavfallskompost er sortert husholdningsavfall som er kompostert sammen med strukturmateriale (bark eller hage- og parkavfall). Denne komposttypen er ofte ganske næringsrik og preget av matvarene som er kompostert. Noen avfallsanlegg tilsetter lesket kalk under komposteringsprosessen, og den ferdige komposten blir derfor kalkrik med høy pH. Denne typen kompost bør doseres etter virkningen av nitrogen og fosfor, slik at en oppnår passende mengder av disse næringsstoffene i vekstmediet. Matavfallskompost har som regel svært lavt innhold av tungmetaller, men den kan inneholde betydelige mengder salt (NaCl). Saltinnholdet vil påvirke elektrisk ledningsevne når slik kompost blir blandet inn i vekstmedier.

Hestegjødselkompost er hestegjødsel og flis som er kompostert. Hestegjødsel kan også være kompostert sammen med andre materialer, som halm, hage- og parkavfall samt andre typer planterester. Når denne komposten er moden, har den vanligvis større innhold av næringsstoffer og organisk materiale enn hage/parkkompost. C/N-forholdet bør være under 30 og helst lavere enn 25 for at virkningen skal være god. Hestegjødselkompost egner seg minst like

godt i grøntanlegg som hage- og parkkompost. Mattilsynet kan kreve at det kan dokumenteres at hestegjødselkomposten er tilstrekkelig varmebehandlet og at det ikke inngår materiale som kan representere smitte av floghavre (jfr. floghavreforskriften og gjødselwareforskriften, Landbruks- og matdepartementet 2003, 2015).

Kompost av grønnsakavfall er kompostert av planterester. Potet- og grønnsakpakkerier har mye avfall som kan komposteres sammen med grovt hage- og parkavfall eller bark som strukturmateriale. Slik kompost har oftest lavt innhold av tungmetaller og god balanse av næringsstoffer, omtrent tilsvarende det som er i plantematerialet. Utfordringen med denne typen kompost er at materialet som komposteres kan inneholde sykdomssmitte og farlige planteskadegjørere (jfr. Forskrift om planter og tiltak mot planteskadegjørere, Landbruks- og matdepartementet 2000). Ved god kompostering ved en så høy temperatur at alt materialet blir varmebehandlet kan slik kompost egne seg godt til bruk i grøntanlegg.

Slamkompost er avløpsslam som er blandet med strukturmateriale (bark eller hage- og parkavfall) og omsatt ved nedbryting med tilgang på oksygen. Egenskapene til slamkompost varierer mye og har sammenheng med egenskapene til avløpsslammet (fellingsskjemikalier og eventuell tilsetning av kalk) og hvilket strukturmateriale som er benyttet. Noen typer slamkompost har høyt C/N-forhold, noe som medfører at det blir svært begrenset tilvekst. Andre typer har lavt C/N-forhold og inneholder betydelige mengder løselig



Vekstforsøk med organiske avfallsmaterialer til raigras. Pottene med fast bioest og misvekst på grunn av sinkmangel er midt i bildet. Til venstre for disse står pottene med vermikompost av samme opphavsmateriale med voldsom tilvekst.

fosfor. Siden spennvidden i egenskaper mellom ulike typer slamkompost er så stor, er det viktig å skaffe seg oversikt over egenskapene til den typen en planlegger å bruke eller som er blandet inn i anleggsjorda en planlegger å kjøpe.

Meitemarkkompost eller vermikompost er organisk

avfallsmateriale der meitemark er benyttet for å øke nedbrytingsgraden og lage et materiale med grynnet struktur. Kompostering med meitemark brukes i Norge som etterbehandling av organiske avfallsmaterialer, siden meitemarkbehandling alene ikke gir tilfredsstillende hygienisering. De fleste typer meitemarkkompost er svært næringsrike og bør doseres etter innholdet av næringsstoffer i mengder tilpasset plantenes behov.

Slam

Mens komposter vanligvis har relativt høyt tørrestoffinnhold og er enkle å blande med andre jordmaterialer, inneholder ulike typer slam og biorester relativt mye vann. Det høye vanninnholdet gjør disse materialene mindre enkle å blande med jord, både i jordproduksjonsanlegg og på bruksstedet. Ved å benytte forblandinger av slammateriale og sand eller steinmel, kan en oppnå jevne jordblandinger med bedre egenskaper.

Avløpsslam er materiale som skilles ut ved rensing av avløpssvann. Det er avvannet og hygienisert. Avløpsslam har generelt svært god nitrogenvirkning, og i en jordblanding (anleggsgjord) bør andelen avløpsslam ikke overstige 10 volumprosent. Fem volumprosent vil ofte gi tilstrekkelig tilvekst. Avløpsslam inneholder også mye fosfor, men tilgjengeligheten av dette varierer avhengig av hvilken type og mengder av fellingskjemikalier som er benyttet i vannrensingen. Kalkbehandlet avløpsslam har høy pH og vil også fungere som et kalkingsmiddel. Ved bruk av slikt slam må en være påpasselig og ikke bruke for mye, slik at pH i voksemediet blir for høy, noe som kan forårsake mangel på enkelte mikronæringsstoffer.

Vannverksslam er finpartikulært, organisk materiale som er skilt ut ved rensing av drikkevann. Slammet er avvannet. Den fysiske konsistensen til vannverksslam ligner

sterkt omdannet torv (H 9-10 etter von Posts skala). Vannverksslam er sammenlignbart med torv når det gjelder innhold av plantenæringsstoffer, men det inneholder fellingskemikalier (aluminiumsalter) og andre tilsetningsstoffer som benyttes under rensingen av drikkevann. Vannverksslam vil binde noe fosfor fra andre kilder, men noen typer slikt slam er tilsatt finmalt kalkingsmiddel som bidrar til å oppheve den sterke bindingen av fosfat til aluminium. Vannverksslam egner seg derfor til bruk i grøntanlegg der en doserer vannverksslammet til ønsket nivå av organisk materiale og tilsetter i tillegg et mer næringsrikt organisk avfallsmateriale. Det utfordrende er da å behandle vannverksslammet slik at det blir blandbart med andre jordmaterialer.

Biorest og biokull

Biorest er materiale som blir igjen etter biogassproduksjon. Det er splittet i flytende og fast fase ved sentrifugering eller ved bruk av mekaniske filtre. Flytende biorest er organisk gjødsel med tilsvarende egenskaper som tyntflytende blautgjødsel. Matavfall inneholder en god del salt (NaCl), og det følger i stor grad den flytende fasen av bioresten. Fast biorest har lignende fysiske egenskaper som avvannet avløpsslam. Den faste bioresten er anriket på fosfor, som er svært løselig dersom utgangsmaterialet er matavfall. Derfor er egentlig bruksområdet for fast biorest likt som for fosforgjødsel. Fordi mange anlegg sliter med konsistensen av fast biorest har en ofte brukt dette materialet i samkompostering med hage- og parkavfall, mens andre har brukt meitemark. Uansett er dette et næringsrikt materiale som har betydelig virkning som nitrogen- og fosforgjødsel. Ved overdosering av fast biorest av matavfall har vi dokumentert sterk misvekst på grunn av sinkmangel (Bilde

side 57). Årsaken er det høye fosforinnholdet i bioresten. Det binder sink i en form som ikke er tilgjengelig for plantene.

En type organisk avfallsbehandling som har vært mye omtalt, er å lage biokull. Biokull blir produsert ved ufullstendig forbrenning, tilsvarende prosessen med å lage trekull. Hensikten med biokull er å kunne lagre organisk materiale i jord uten at det brytes ned og danner drivhusgasser. Foreløpig er det lite biokull tilgjengelig på det norske markedet, men det pågår mye forskning med denne typen behandlet organisk avfall.

Unngå overdosering

I denne artikkelen har vi vist at det er svært stor spennvidde i fysiske og kjemiske egenskaper hos forskjellige typer behandlet organisk avfall. Som vi har pekt på ved omtalen av de ulike materialene, er det svært viktig å dosere ut ifra mengde tilgjengelige plantenæringsstoffer når en skal benytte organiske avfallsmaterialer i grøntanlegg. Dette gjelder også for produsenter som leverer jordblandinger (anleggsgjord). Ut ifra materiale vi har mottatt fra ulike grøntanlegg rundt omkring i Norge, kan vi slå fast at det ofte er brukt for store mengder av næringsrike, organiske avfallsmaterialer. I noen tilfeller har det resultert i misvekst og dårlig tilslag, men et like stort problem er at det medfører en langvarig risiko for utlekking av nitrogen og fosfor til vannkilder. Dersom en ønsker å redusere bruken av torv i anleggsgjord, må en kombinere bruken av næringsfattige og mer næringsrike organiske avfallsmaterialer for å unngå overdosering av næringsstoffer. ■

Referanser

Landbruks- og matdepartementet 2000. Forskrift om planter og tiltak mot planteskadegjørere. <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2000-12-01-1333>

Landbruks- og matdepartementet 2003. Forskrift om gjødselvarer mv. av organisk opphav. <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2003-07-04-951>

Landbruks- og matdepartementet 2015. Forskrift om floghavre. <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2015-06-22-752>

Standard Norge 2003. Dyrkingsmedier, jordforbedringsmidler og jorddekkingsmidler. Varedeklarasjon, pakking og merking. Norsk Standard NS 2890, 2. utgave juni 2003.

Spesielle grøntanlegg krever spesialjord

For de fleste typer grøntanlegg lar det seg gjøre å lage fullgode konstruksjoner med anleggsjord med topplag og undergrunnslag, slik som angivelsene i Statens vegvesens prosesskoder beskriver. Grønne flater for ballspill, regnbed, takhager, surjordsplanter og kalkvegetasjon krever spesielle dyrkingsmedier tilpasset formålet. I denne artikkelen tar vi opp utfordringene ved å lage spesialjord.

TEKST: TROND KNAPP HARALDSEN¹ OG TORE KROGSTAD² FOTO: TROND KNAPP HARALDSEN

¹ Norsk institutt for bioøkonomi, Divisjon for miljø og naturressurser, Ås

² Norges miljø- og biovitenskapelige universitet, Fakultet for miljøvitenskap og naturforvaltning, Ås

Det er stor forskjell i kunnskapsgrunnlaget for de ulike typene spesialjord. Når det gjelder dyrkingsmedier til grasflater for ballspill, finnes det omfattende forskningsbasert dokumentasjon. På den annen side finnes det få studier som dokumenterer hvilke krav kalkvegetasjon må ha for å selektere de riktige artene og unngå at ugrasarter utkonkurrerer dem. Å lage dyrkingsmedier som gir grunnlag for etablering av urterike engsamfunn (blomstereng) er en stor utfordring. Mange av disse vegetasjonsamfunnene er historisk sett etablert gjennom en kombinasjon av jordsmonn og arealbruk (som beiting, slått eller brenning). Blomstereng er derfor en av de grøntanleggstypene som krever mest skjøtsel for å oppnå ønsket vegetasjonsutvikling, fordi denne typen vegetasjon i liten grad representerer stabile vegetasjonssamfunn i naturen.

Grasflater til ballspill

De viktigste kriteriene for grasflater til ballspill er å oppnå rask nedtrenging av vann etter nedbør, kombinert med god evne til å motstå komprimering og tiltetting av vekstmediet. De mest detaljerte og spesifikke beskrivelsene til slike grasflater er utarbeidet til oppbygging av USGA-greener, der en har svært kortklipt gras. Karlsson (1988) har gitt et stort forskningsbidrag til hvordan dyrkingsmediet til grasbaner bør være under nordiske forhold. Angivelsene av krav i Norsk Standard 3420 K til tilsvarende dyrkingsmedier samstemmer ikke fullt ut med angivelsene til Karlsson. Det viktigste prinsippet for slike dyrkingsmedier er å bruke sortert sand over et drenerende lag. Hovedfraksjonen bør være mellomsand,



Figur 1. Parken på Vestre Torg i Hamar er bygd opp på et parkeringshus.

som har en partikkelstørrelse mellom 0,2 og 0,6 mm. Karlsson fant at det jevnt over var brukt sand med for høyt finstoffinnhold og for stort innhold av organisk materiale på store, svenske fotballarenaer, ofte kombinert med for tynt topplag. Derfor anbefaler han at tykkelsen av dyrkingsmediet til grasbaner skal være 30-40 cm, med et absolutt kritisk minimum på 25 cm. Videre angir Karlsson at dyrkingsmediet bør være moldfattig med et moldinnhold på 1 vektprosent eller mindre for å kunne klassifiseres som velegnet til grasbaner. I NS 3420-K er kravet moldinnhold lavere enn 3 vektprosent. På Sørlandet, Vestlandet og i Trøndelag er det

større nedbøroverskudd enn i Sverige, og forskjellen i anbefalt moldinnhold kan medføre problemer med infiltrasjonsegenskapene på norske grasbaner. Et lavere moldinnhold gir bedre infiltrasjon.

Jord til takhager og på lokk

Dyrkingsmedier til takhager og som jordsmonn bygd over bygningskonstruksjoner har mange funksjoner. For det første må dyrkingsmediet egne seg til den typen vegetasjon som er planlagt, og dette byr ofte på utfordringer. De fleste bygningskonstruksjoner er laget ut ifra en maksimal statisk takbelastning, noe som setter klare

begrensninger for vekten av dyrkingsmediet. En annen viktig funksjon er at dyrkingsmediet skal ta opp og lagre nedbørvann, som både plantene skal kunne utnytte og som skal holde tilbake mye av vannet ved ekstreme nedbørepisoder.

Dyrkingsmediet må lages slik at planterøtene får tilstrekkelig oksygentilgang også i de kritiske periodene med ekstremnedbør.

På dette området har det utviklet seg flere retninger for oppbygging av dyrkingsmedier. Noen har satset på lettvektsløsninger, enten basert på organiske materialer eller lette mineralske materialer. Ulempen med organiske materialer er at de brytes ned over tid og endrer både fysiske og kjemiske egenskaper. Når det gjelder mineralske lettvektsmaterialer, er noen lite kjemisk reaktive, mens for eksempel Leca og andre leirbaserte materialer kan ha til dels sterk alkalisk virkning på dyrkingsmediet. Det er derfor viktig å se fysiske, kjemiske og biologiske egenskaper til materialene som nyttes i slike spesialjordtyper, i sammenheng.



Figur 2. Områdene rundt lekeapparatene på Vestre Torg er mest utsatt for tråkk og slitasje.

Evaluerer for å utvikle kunnskap

Siden det er lite forskningsbasert kunnskap å bygge på, er evaluering av anlegg der en kjenner til oppbygningen av dyrkingsmediene, en måte å utvikle kunnskapen på. Som et

eksempel viser vi derfor til Vestre Torg i Hamar, der det er etablert park oppå et parkeringshus (Figur 1). Bedene med busk- og treplantinger har dypere dyrkingsmedium med annen konstruksjon enn dyrkingsmediet



Figur 3. Tørrbakkeeng med dominans av bitterbergknapp i Nansenparken på Fornebu.



Figur 4. Blomstereng (tørrbakkeeng) på taket av Fornebu S kombinert med hauger med annen jord som gir rikere vegetasjon.

til grasplenen. Busk- og treplantingene står over områder med bærende søyler, noe som gir anledning til større statisk last og tykkere jordlag enn områdene mellom søylene. Dyrkingsmediet som ble benyttet til grasplenen, hadde tekstur som mellomsand, men var dårligere sortert enn sand som nyttes til etablering av grasbane. For normal ferdsel i en park ga det tilfredsstillende resultat for grasveksten, mens områdene med sterkest trakk og slitasje nærmest lekeapparatene hadde svakere grasvekst og mer ugras (Figur 2). For å oppnå enda større slitestyrke på de mest trakkutsatte områdene måtte en ha benyttet en konstruksjon tilsvarende grasbaner til ballspill. I denne parken er det etablert vanningsanlegg som betjener både plantefelt og grasareal.

Er varige blomsterenger en utopi?

I de senere år har en fått større forståelse av betydningen av pollinerende insekter som humler og villbier. Det har økt interessen for å etablere blomsterenger. Som nevnt innledningsvis, er de fleste urterike vegetasjonssamfunn sterkt kulturpåvirket, og vegetasjonen endres raskt når en slutter med slått, beiting eller jevnlig nedsviing av vegetasjonen. For å opprettholde et urterikt engsamfunn kreves det derfor skjøtselstiltak. Noen urterike vegetasjonssamfunn er imidlertid dannet på grunn av at vekstforholdene hindrer etablering av mer konkurransesterke arter, og slike er stabile over tid. I anbudsbeskrivelser står det gjerne at en ønsker «mager» jord, i betydningen næringsfattig jord, til blomstereng. I mange tilfeller er det andre faktorer enn næringstilgangen som styrer vegetasjonsutviklingen, og det aller

viktigste er tilgangen på vann. Vegetasjonssamfunn som består av tørketolerante grasarter og urter kan være stabile over tid fordi arter som krever større vannlagringsevne i jorda blir utkonkurrert.

I Nansenparken på Fornebu er det etablert vegetasjonssamfunn som tørrbakkeeng, der ideen er at vegetasjonen skal ligne det som naturlig forekommer i forvittringsjord på koller av kalkstein og skifer i indre Oslofjord (Figur 3). Hovedingrediensen i jordblandingen var steinmel/subbus fra lokalt pukkverk på Fornebu. Samme jordblanding er benyttet til dyrkingsmedium på taket av kjøpesenteret Fornebu S. Der er det etablert lignende vegetasjon som på kalkkollene (Figur 4). Urtene på taket gir grunnlag for lokal honningproduksjon, og senteret har flere bikuber.

Regnbed

– en utfordrende konstruksjon

I byområder med høy arealutnyttelse er det utfordrende når det kommer store nedbørmengder, og høye nedbørintensiteter har de senere år skapt flomepisoder både i Oslo og andre større byer. Takhager og andre konstruksjoner som etablerer vegetasjon på tak, er viktige for å ta opp vann under slike episoder, mens en også har arbeidet med konstruksjoner der en nytter planter i bed der vann samler seg. Basisen for konstruksjonen av regnbed er forståelsen av hydrologi og jordfysikk, kombinert med plantenes krav til dyrkingsmedium i de kritiske periodene med ekstremnedbør. På den ene siden skal plantene ikke drukne under ekstremnedbørepisoder, men det skal samtidig være tilstrekkelig vannlagringsevne i regnbedet til at plantene

klarer seg i perioder med lite nedbør. Dessuten må ikke dyrkingsmediet være så næringsrikt at det oppstår utvasking av næringsstoffer av betydning i periodene med mye nedbør. Vi stiller oss derfor tvilende til rådene om å bruke større mengder kompost i dyrkingsmedier til dette formålet.

Paus og Braskerud (2013) har utarbeidet forslag til dimensjonering av regnbed for norske forhold. Konstruksjonene har gjerne filtermedium som skal fungere som dyrkingsmedium, drenslag, og der massene rundt er tette, er det nødvendig med drensrør. Maksimal vannstand skal reguleres av et overløp, og plasseringen av overløpet må tilpasses de fysiske egenskapene til filtermediet. Det er også viktig at de fysiske egenskapene til filter/dyrkingsmediet og drenslaget passer sammen. Etter hvert som det blir tilgjengelig mer erfaringsmateriale basert på forskningsbaserte studier, er det sannsynlig at en får mer kunnskap om de faktorene som er kritisk viktige for funksjonen til regnbed, både når det gjelder tilbakeholdelse av vann og hvordan vegetasjonen etablerer seg og trives. ■

Referanser

- Karlsson, I.M. 1988. Soil construction, drainage and maintenance for Swedish grassed parks and sports fields. Acta Agriculturae Scandinavica Suppl. 26.
- Norges Standardiseringsforbund 2011. Norsk Standard NS 3420-K. Beskrivelses-tekster for bygg, anlegg og installasjoner. Del K: Anleggsgartnerarbeider.
- Paus, K.; Braskerud, B. 2013. Forslag til dimensjonering og utforming av regnbed for norske forhold. Vann 01/2013:54-67

Dyrkingsmediet avgjør artssammensetning og vekst på torvtak

Tradisjonelle torvtak ble lagt med naturlig mineraljord fra området rundt bygningen, og vegetasjonen på taket ble da ganske lik omgivelsene. Dyrkingsmediene som tilbys til torvtak i dag, er som oftest organiske og har betydelige svakheter.

TEKST OG FOTO: **TROND KNAPP HARALDSEN**, NORSK INSTITUTT FOR BIOØKONOMI, DIVISJON FOR MILJØ OG NATURRESSURSER, ÅS



Foto 1. Tradisjonelt torvtak med undertak av never og vegetasjon av lav, moser og lyng som passer med omgivelsene.

Dagens dyrkingsmedier består enten av torv, blanding av torv og kompost, eller er torvfrie, avfallsbaserte varianter. I denne artikkelen presenteres noen eksempler på forskjellig vegetasjon på slike tak. Vegetasjonen vi finner på torvtak, har klar sammenheng med dyrkingsmediet.

Krav om torvtak

Torvtak er blitt svært populært på hytter i fjellområdene. De fleste kommuner med fjellhytter har angitt spesifikke krav til hvilke materialer som er tillatt på hyttetak. Torvtak står da alltid på listen, og noen kommuner har gått så langt som å angi torvtak som det eneste tillatte. Hva

slags vegetasjon som blir etablert på taket, synes det ikke å være stilt krav om. Når en ser nøyer på hva som faktisk vokser på tak i hytteområdene i fjellet, er det lett å se at variasjonsbredden er stor. Nylagte tak har gjerne voldsom grasvekst og er irrgroenne, mens vegetasjonen på eldre tak minner lite om utgangspunktet.



Foto 2. Grasbevakst torvtak på seter med arter som ligner på vegetasjonen på setervollen.

Denne artikkelen bygger på observasjoner av hyttetak over noen år samt kjennskap til hvordan ulike dyrkingsmedier for torvtak blir framstilt. Det blir ofte fokusert på valg av frøblandinger med ulike arter og sorter, men ved observasjon av hyttetak er det mye som tyder på at valg av dyrkingsmedium har avgjørende effekt på hvilke arter som over tid danner vegetasjonssamfunnet på taket.

Historiske torvtak

Gamle torvtak har et undertak av bjørkenever (foto 1). Det ble lagt med sevjesiden opp, og så ble det lagt grastorv oppå – det første laget med vegetasjonen ned mot bjørkeneveren og det neste med vegetasjonen opp. Selv om det kalles grastorv, var de historiske torvtakene som oftest av moldrik mineraljord, og derfor ganske tunge. Det passet utmerket på laftede hytter og seterhus, som trenger tunge tak for at det ikke skal oppstå sprekker mellom stokkene. Ulempen med bruk av never er at den har relativt kort levetid, om lag 30 år. Fordelen er at en kan ta av dyrkingsmediet på taket, skifte undertak, og legge tilbake dyrkingsmediet. I dag brukes oftest knotteplast, men asfalt eller PVC-membran med sveisede skjøter har lengre levetid.

I mange bygder er det produsenter av mineralbaserte dyrkingsmedier til

torvtak. Det gir tak med lignende kvaliteter som de historiske torvtakene. Disse blir laget av jord på dyrka eller dyrkbar mark. Det har i mange sammenhenger vært stilt spørsmål om omdisponering av slike arealer til produksjon av dyrkingsmedier til grasdekte tak er forsvarlig ut ifra jordvern hensyn. Den største fordelene med mineraljordbaserte torvtak er at grasveksten ligner på områdene omkring (foto 2).

Moderne torvtak

Dyrkingsmedier til torvtak som består av torvmosemateriale (*Sphagnum*) gir lettere tak enn de tradisjonelle, og flere produsenter har laget spesielle puter eller blokker som er lette å legge. Torvmose har stor evne til å ta opp og lagre vann, og slike tak har derfor god vannlagringsevne på tross av at tykkelsen av dyrkingsmediet vanligvis er 15-17 cm. Torvmosematerialet er i seg selv surt og næringsfattig. Det har heller ikke særlig evne til å lagre næringsstoffer. Dyrkingstorv til tak er kalket og tilsatt gjødsel, slik at grasveksten etablerer seg godt etter såing. For å opprettholde grasveksten er det nødvendig å tilføre litt gjødsel årlig. Dersom man ikke gjødsler denne typen torvtak, blir grasveksten dårligere og dårligere år for år. Til slutt er det knapt gras igjen på slike tak, og ulike

moser og andre nøysomme vekster dominerer (foto 3).

Også torvtak som er laget av organiske avfallsmaterialer (komposter) er lettere enn tradisjonelle mineraljordbaserte tak. Flere produsenter reklamerer med at de ikke bruker torv i disse vekstmediene, og folk får dermed inntrykk av at de er spesielt miljøvennlige. Det kan bli stor grasvekst på slike tak og ganske irrgroen farge. Graset fortsetter å vokse godt langt ut på seinhøsten. Dermed bli det lite herdet til vinteren setter inn. Milde vintre der det veksler mellom barfrost, regn og snø i hytteområdene i fjellet er en stor utfordring for overvintring av graset på hyttetak. I slike vintre kan det bli omtrent total utgang av gras på tak der det har stått irrgroen på grunn av stor næringstilgang foregående vekstsesong. Når graset er gått ut, kommer det lett inn næringskrevende ugras som geitrams (foto 4).

Behov for skjøtsel av torvtak

Det er mye lettere å få til stedegen vegetasjon med mineraljordbaserte torvtak enn med torvtak basert på organiske dyrkingsmedier. I noen tilfeller kan tak med lav, nøysomme moser og lyng gå omtrent i ett med vegetasjonen i området rundt hytta (foto 1). I andre tilfeller kan en få grasvekst som ligner på de artene som vokser på en setervoll (foto 2). I disse tilfellene oppnår man et stabilt vegetasjonssamfunn som krever lite skjøtsel og oppfølging.

Når torvmosemateriale er hovedingrediensen i dyrkingsmediet på taket, er det nødvendig med gjødsling for å opprettholde grasveksten. Mange hytteeiere blir lei av dette arbeidet og slutter å gjødsle. Resultatet viser seg etter kort tid med lite tilvekst, som i første omgang reduserer behovet for slått. På sikt blir det imidlertid nesten ikke noe gras igjen, og taket virker ustelt (foto 3).

Torvtak laget av torvfrie dyrkingsmedier med kompostmaterialer kan i utgangspunktet virke å være et godt miljøvalg. Etter noen år er nok mange overrasket over utviklingen på taket. Grasveksten er i første omgang ofte så

stor at slått er helt nødvendig, og overraskelsen er stor når graset er gått ut etter dårlig overvintring og hytta har fått geitramstak i stedet (foto 4). Når det først er kommet inn geitrams på taket, er det nødvendig med slått og fjerning av plantematerialet for å senke overskuddet av næringsstoffer i dyrkingsmediet. I utgangspunktet er flere av disse dyrkingsmediene like næringsrike

mineraljordbaserte variantene nytter i stor grad dyrka eller dyrkbar jord som råstoff, men når de først er lagt på et tak, har de lang levetid og kan legges tilbake på taket etter omlegging av undertak.

Uttak av torv fra myrene tar i praksis ut lagret karbon og setter det inn i sirkulasjon, samt at en fjerner torvmateriale fra myrer. På taket omdannes det organiske

selv med gjødsling. Da må dyrkingsmediet skiftes ut.

Å bruke resirkulert organisk materiale i dyrkingsmedier er i utgangspunktet en god idé. Problemet med de fleste torvfrie dyrkingsmediene som selges til torvtak, er at de er for næringsrike. Det fører til for kraftig grasvekst og påfølgende problemer med kraftigvoksende ugrasarter når graset går ut. Disse dyrkingsmedi-



Foto 3. Torvtak med svært lite gras på torvmosebasert dyrkingsmedium som ikke er gjødslt. Taket på uthuset er lagt seinere og har fremdeles grasvekst.

som blomsterjord, og slikt næringsinnhold passer slett ikke til den nøysomme vegetasjonen som naturlig finnes i hytteområder i fjellet.

Miljøvurderinger

Det er ikke åpenbart hvilke av de ulike typene dyrkingsmedium for torvtak som er mest miljøvennlig. De

materialet i torva til karbondioksid, og torvlagets tykkelse minsker over tid. Dersom en sørger for god grasvekst ved gjødsling, vil grasrøtter armere torva og tap av organisk materiale gjennom nedbrytning av dyrkingsmediet oppveies langt på vei av dannelse av røtter. Likevel må en påregne at dyrkingsmediet over tid blir så tynt at graset ikke lenger trives,

ene har også vesentlig mindre vannlagringsevne enn vekstmediene basert på torvmosemateriale. Potensielt er det betydelig risiko for utvasking av næringsstoffer fra denne typen dyrkingsmedier, og vegetasjonen på torvtak av denne typen ligner minst på nøysom vegetasjon i omgivelsene. Også disse takene har begrenset levetid ettersom det organiske

materialet brytes ned.

Antagelig vil den mest optimale blandingen til torvtak være en blanding av torv, sand og den mengden kompost som passer til å levere passende mengde næringsstoffer til vegetasjonen på taket over flere år. Trolig vil også lette mineralske materialer kunne brukes som ingrediens i et dyrkingsmedium til grasdekte tak.

rukes etter omlegging av undertak.

Torvtak etablert med torvmosemateriale som dyrkingsmedium er de letteste og med størst vannlagringsevne. Denne typen torvtak krever gjødsling for å opprettholde grasveksten. Uten gjødsling blir grasveksten drastisk redusert etter få år, og graset dør etter hvert ut når det ikke er mer næringsstoffer igjen. Dyrkingsmediet krymper over tid på grunn

og fjerning av plantemateriale for å unngå at taket ser ustelt ut.

Enkelte produsenter og miljøorganisasjoner er veldig fokusert på å unngå torv i dyrkingsmedier som skal brukes på hyttetak, mens de i liten grad fokuserer på hvordan vegetasjonen på taket skal utvikle seg. Denne artikkelen viser noen eksempler på at valg av dyrkingsmedium har avgjørende virkning på vegetasjons-



Foto 4. Geitramstak på næringsrikt, kompostbasert dyrkingsmedium.

Konklusjoner

De ulike typene dyrkingsmedier til torvtak gir svært forskjellig vegetasjon på takene. Ut ifra observasjoner av torvtak i hyttefelt i fjellet er det mye som tyder på at det er lettere å oppnå stabile vegetasjonssamfunn på mineraljordbaserte torvtak enn på tak med organiske dyrkingsmedier. Dyrkingsmediet kan gjenb-

av nedbryting av det organiske materialet. Det må skiftes ut eller fornyes ved å legge på mer.

Torvfrie organiske dyrkingsmedier får ofte mye høyere innhold av næringsstoffer enn det graset på taket har bruk for. Derfor oppstår det veldig sterk vekst etter etablering og stor risiko for vinterskader. I praksis krever denne typen torvtak slått

utviklingen på tak. Forholdet mellom dyrkingsmedium og vegetasjon på hyttetak er imidlertid lite belyst i forskningen. Siden torvtak er anbefalt takmateriale i hytteområder i mange kommuner, burde det gis større oppmerksomhet omkring og utføres flere undersøkelser av vegetasjonsutvikling og ulike virkninger på miljøet ved bruk av slike tak. ■

Jordanalyser

– et viktig hjelpemiddel for å sikre god plantevekst

Næringsfattig jord, svært høye konsentrasjoner av næringsstoffer og metaller, eller feil forhold mellom næringsstoffene i jorda vanskeliggjør etablering av et robust og varig plantedekke. Jordanalyser vil påvise dette og være til god hjelp for å lage et godt vekstmedium for plantene.

TEKST: TORE KROGSTAD¹ OG TROND KNAPP HARALDSEN²

¹ Norges miljø- og biovitenskapelige universitet, Fakultet for miljøvitenskap og naturforvaltning, Ås

² Norsk institutt for bioøkonomi, Divisjon for miljø og naturressurser, Ås



Figur 2. Ekstraksjon av jord med AL-løsning løser ut næringsstoffer og gir ekstraktene ulik farge. Foto: Tore Krogstad

I denne artikkelen vil vi ta for oss temaet jordanalyser. Vi vil gi en kort beskrivelse av analysemetodene som brukes for de viktigste makronæringsstoffene, samt gi noen eksempler på reelle analyser av jord fra jordblandinger og grøntanlegg. Til slutt vil vi vise hvordan disse resultatene kan tolkes med tanke på vekstmiljøet i jorda.

Jordanalyser

Kjemiske og fysiske jordanalyser har i mer enn 50 år vært viktige hjelpemidler både for å lage gode jordblandinger og for å sikre balansert gjødsling til planter. I dag er jordanalyser obligatorisk i norsk

landbruk som grunnlag for en gjødslingsplan. Også innen grøntanlegg er jordanalyser blitt et hjelpemiddel for å sikre god og varig planteetablering. Plantene utnytter kun en liten del av det totale innholdet av næringsstoffer i jorda. Jordanalysemetodene baserer seg på svake ekstraksjoner og er lagd slik at de skal etterligne planterøttens funksjon i jorda. I praksis betyr det at vi må ha ulike metoder for ulike næringsstoffer eller grupper av næringsstoffer. De mest reaktive komponentene i jorda er leire, oksider og organisk materiale, og disse har ulike overflateladninger hvor næringsstoffene bindes, avhengig blant

annet av pH. Jordanalysene må derfor være tilpasset disse variasjonene i jorda.

Kornfordeling

Den vanligste fysiske jordanalysen er bestemmelse av kornfordeling, det vil si innholdet av leir, silt og sand. Jordarten (se figur 1) forteller mye om jordas egenskaper, både når det gjelder evnen til drenering og til å holde på vann, muligheter for god rotutvikling og innhold av næringsstoffer. Desto mer leir jorda inneholder, jo mer kaliumreserver har jorda. Kornfordeling er en kostbar analyse, men den er viktig for å karakterisere vekstmediet og er angitt som deklarasjonsanalyse for anleggsjord i NS

2890 (Standard Norge 2003). Kornfordelingen endrer seg ikke med tiden dersom man ikke planerer eller blander inn ny jord.

Prinsippet for de vanligste kjemiske jordanalysene er beskrevet her. For mer detaljert beskrivelse henvises til Krogstad (1992).

Surhetsgrad – pH

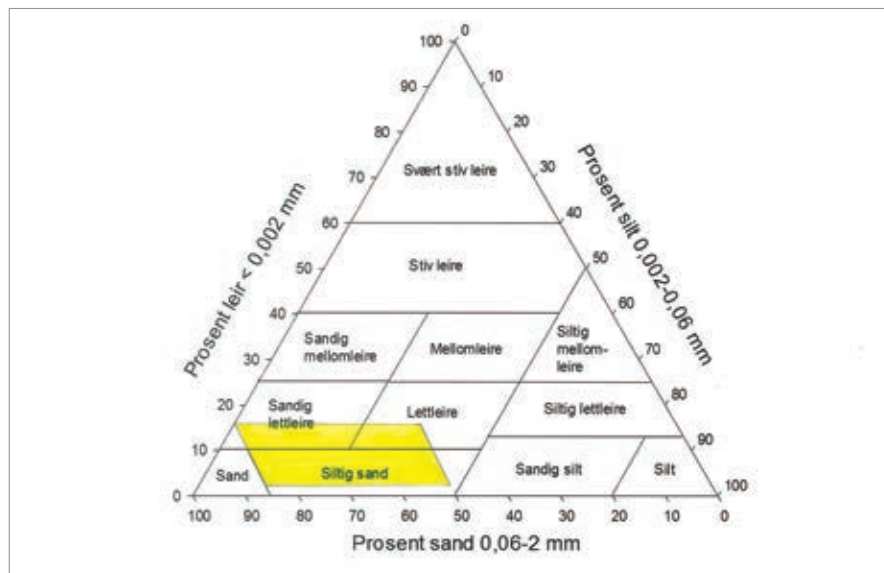
Surheten styrer både hvor sterkt næringsstoffene bindes, plantenes evne til å ta opp næring, rotutvikling og strukturforholdene i jorda. pH er en så viktig faktor for plantevekst at vi vil ta opp temaet i en egen artikkel i kommende utgave av park & anlegg. I de fleste tilfeller vil pH i intervallet 6-7 være optimalt for plantevekst.

Organisk materiale – moldinnhold

Organisk materiale er viktig både for god jordstruktur, næringsinnhold og jordas evne til å holde på fuktighet. En nedre grense for organisk innhold settes ofte til omkring 3 vektprosent for at jorda skal gi gode vekstbetingelser, men det er likevel forskjell på en jord med moldinnhold på 1 og 2 prosent. Innholdet av organisk materiale blir bestemt ved en glødetapsanalyse. Jorda glødes ved 550 °C, og glødetapet er vekttapet i forhold til tørking ved 105 °C. For myrjord vil glødetapet angi moldinnholdet direkte. For mineraljord må glødetapet reduseres med et korreksjonstall for å gi moldinnholdet. Dette er på grunn av at krystallvann bundet i mineralstrukturen blir brent av i glødingen, men ikke ved tørking ved 105 °C. Det er en direkte sammenheng mellom mengde krystallvann og leirinnhold. Desto mer leir jorda inneholder, jo mer må glødetapet reduseres for å gi et mål på organisk innhold. Denne reduksjonen blir gjort av laboratoriet og framgår av analyserapporten som differansen mellom glødetap og moldinnhold. En mer eksakt analyse for moldinnhold er å måle organisk karbon i jord (TOC). Moldinnholdet blir da $TOC \times 1,72$.

Makronæringsstoffer

De fem næringsstoffene fosfor, natrium, kalium, magnesium og kalsium bestemmes etter AL-metoden, som har vært standardmetode i Norge siden 1960. Ekstraksjonsløsningen består av en



Figur 1. Jordartstrekannt med anbefalt tekstur for grønntanlegg markert med gult. Illustrasjon: Statens vegvesen 2015.

blanding med ammoniumacetat-laktat med pH 3,75 (Figur 2). Analyseinstrumentene er blitt videreutviklet siden AL-metoden opprinnelig ble beskrevet, og alle elementene måles i dag på ICP (induktivt koblet plasma emisjonsspektrometrisk analyse) (Figur 3). I analyserapporten angis stoffene som P-AL, Na-AL, K-AL, Mg-AL og Ca-AL.

Metoden egner seg best for sur jord og gir en indikasjon på hva som er lett plantetilgjengelig, det vil si tilgjengelig i en vekstsesong. På planert jord og i under-

grunnsjord med pH høyere enn 7 vil metoden overestimere innholdet av fosfor. Grunnen er at den sure AL-løsningen løser opp mineralet apatitt i jorda, og dermed frigis fosfor. I naturen vil apatitt være stabilt ved høy pH, og fosfor fra dette mineralet vil ikke være plantetilgjengelig. For mineraljord med pH høyere enn 7 bør Olsens metode brukes i stedet for AL-metoden for fosfor.

Mineraljord, og spesielt leirjord, kan ha store reserver av kalium som gir et bidrag til plantene over mange år. Dette bestem-



Figur 3. AL-analyser blir nå gjennomført med ICP (induktivt koblet plasma emisjonsspektrometrisk analyse). Foto: Tore Krogstad

mes som syreløselig K ($K-HNO_3$) – en metode som skal etterligne en langsiktig og naturlig forvitring i jorda. Høyt innhold av leir gir normalt også høyt innhold av syreløselig K. Norsk marin leire er lite forvitret og har betydelige reserver av kalium. En del typer steinmel har også høyt innhold av syreløselig K.

Tolking av jordanalyser

Innholdet av næringsstoffene i jorda eller jordblandingen blir klassifisert i klassene lavt, middels, høyt og meget høyt som vist i tabell 1. Dette gir god informasjon om jordkvalitet relatert til plantevekst og er en bra veiledning om behovet for gjødsel for å oppnå gode vekstbetingelser. Næringsstoffer i klassen lavt indikerer mangel på stoffet, og det er stor fare for misvekst dersom det ikke blir supplert med gjødsel. Næringsinnhold i klasse middels indikerer en jord med balansert innhold av næringsstoffer, mens innhold i klasse høyt og meget høyt indikerer unødvendig høyt innhold av næringsstoffer. Meget høyt innhold av K kan medføre mangel på andre stoffer som Mg og Ca på grunn av antagonistiske effekter. Meget høyt innhold kan også indikere fare for forgiftning og saltskader på røttene.

Eksempler på vurdering av jordanalyser

I tabell 2 vises eksempler på jordanalyser fra jord i grøntanlegg og jordblandinger.

Dette er reelle tall hentet fra situasjoner med brukbare vekstbetingelser, fra situasjoner hvor det er problemer med veksten, og fra jordblandinger som er tenkt brukt i grøntanlegg. Vi kommenterer disse tallene for å vise hva som kan trekkes av konklusjoner med utgangspunkt i slike analyser.

Nr. 1: Dette er en godt balansert jord både med hensyn til organisk innhold, næringsstoffer og pH. Lave verdier for natrium viser at det ikke er saltproblemer i jorda. Dette er en god dyrkingsjord som trenger en normal tilførsel av næringsstoffer gjennom gjødsling.

Nr. 2: Dette er en jord som er rik på skjellsand. Det framgår av høy pH og svært høye verdier for Mg og Ca. Jorda vil ha stor bufferevne mot å senke pH på grunn av mye kalsiumkarbonat ($CaCO_3$). Høy pH kan medføre mangel på mikronæringsstoffer som er bundet sterkt til det organiske materialet. Videre har jorda et høyt saltinnhold (høy Na-AL), noe som viser at skjellsanden ikke er blitt vasket rein for sjøvann. I slik jord blir det ingen spiring før saltet er vasket ut (Figur 4). På sikt vil en slik jord selekttere kalktolerante arter, slik at disse artene dominerer.

Nr. 3: Denne jorda har omtrent samme pH og organisk innhold som nr. 2, men kalsiuminnholdet er vesentlig lavere. Jorda er fattigere på $CaCO_3$, og pH vil derfor synke raskere. Jorda har svært høyt fosforinnhold. Dette er ikke skadelig for



Figur 4. Innblanding av store mengder uvasket skjellsand i anleggsjord resulterte i null spiring før saltet var vasket ut. Foto: Trond Knapp Haraldsen

plantene, men potensialet for avrenning av fosfor er stort og kan medføre eutrofiering av nærliggende vannforekomster. Her er det bare behov for tilførsel av nitrogen, eventuelt nitrogen og svovel, for å oppnå god vekst. Det kan ikke utelukkes at høy pH vil kunne gi problemer med tilgjengelighet av mikronæringsstoffer som sink og mangan.

Nr. 4: Dette er en ekstremt næringsrik jord med høyt innhold av organisk materiale og høy pH. Men det svært høye innholdet av Na-AL og K-AL viser at dette er en jord med så høyt saltinnhold at det ikke kan vokse planter i den. I denne jorda ble det ingen spiring. Det svært høye fosforinnholdet gir potensiell fare for avrenning og forurensing av vannforekomster, og det er brukt langt mer matavfallskompost i denne jorda enn gjødselvarselskriften gir anledning til.

Nr. 5: Jorda har god næringsstatus av K og Mg, og innholdet av organisk materiale er høyt. Men pH er lav, og fosforinnholdet er svært lavt. I denne jorda er det stor risiko for fosformangel. Aluminiumskader på røttene er sannsynlig på grunn av lav pH, noe som reduserer næringsopptaket og fører til dårlig vekst. Her er det både behov for kalking med dolomitt og tilførsel av fosforrik gjødsel for å oppnå god planteetablering.

Nr. 6: Dette er en svært næringsfattig sandjord med lavt innhold av organisk materiale. Jorda har ikke næringsstoffer å

Tabell 1. Klasseinndeling av jordanalyser etter innhold i mg/100 g tørr jord. Dersom volumvekten er mindre enn 1, representerer tallene mg/100 ml jord.

Klasse	1	2	3	4
Innhold	Lite	Middels	Høyt	Meget høyt
P-AL	0 – 4	5 – 7	8 – 14	>14
K-AL	0 – 6	7 – 15	16 – 30	>30
Mg-AL	0 – 2	3 – 5	6 – 9	>10
Ca-AL	<50	50 – 99	100 – 199	>200
K-HNO ₃	<30	30 – 79	80 – 119	>120

Tabell 2. Eksempler på reelle jordanalyser fra grøntanlegg og vekstmedier i mg/100 g tørr jord. Dersom volumvekten er mindre enn 1, representerer tallene mg/100 ml jord.

Jordprøve	Glødetap, %	Vol. vekt, kg/l	pH	P-AL	K-AL	Mg-AL	Ca-AL	Na-AL	K-HNO ₃
1	4,8	1,3	6,3	4	10	7	110	<5	45
2	4,5	1,4	7,7	6	14	129	5611	59	125
3	5,6	1,3	7,8	30	25	18	550	5	80
4	15,8	0,9	7,5	98	173	51	549	172	350
5	25,5	0,8	5,3	1	11	17	73	10	129
6	1,6	1,7	5,7	1	4	2	38	<5	26
7	7,3	1,2	5,5	4	7	4	29	<5	40
8	2,7	1,8	8,5	4	10	36	1500	<4	-

frigi til plantene og har også liten evne til å holde på næring som blir tilført med mineralgjødsel. Tilførsel av resirkulert organisk materiale eller organisk gjødsel anbefales for slik jord. Innblanding av hage/parkkompost eller hestegjødselkompost vil være effektive jordforbedringstiltak.

Nr. 7: På samme måte som nr. 5 er denne jorda næringsfattig, men en viktig forskjell er at jorda inneholder vesentlig mer organisk materiale. Siden næringsinnholdet i jorda er lavt, består trolig det organiske materialet i denne jorda av torv. Det organiske materialet vil bedre jordstrukturen og evnen til å holde på næring og vann. Jorda vil derfor være et bedre egnet dyrkingsmedium enn jord nr. 5 og vil trenge en normal gjødslingsstrategi. pH ligger helt i grenseland for om det er kritisk å kalke eller ikke.

Nr. 8: Jorda er en kalsium- og magnesiumrik undergrunnsleire med høy pH, lavt innhold av organisk materiale og

lite plantetilgjengelig fosfor. Dette er en jord som mest sannsynlig har dårlig struktur; den er kompakt, og det vil være vanskelig å etablere plantevekst. Risikoen for mangel på mikronæringsstoffer er betydelig. Jorda er lite egnet som dyrkingsmedium i grøntanlegg, men kløver og andre belgvekster vil kunne etablere seg i slik jord.

Referanser

- Krogstad, T. 1992. Metoder for jordanalyser. Rapport nr. 6/92, Institutt for jordfag, Ås-NLH. 32 s.
- Standard Norge 2003. Dyrkingsmedier, jordforbedringsmidler og jorddekkingsmidler. Varedeklarasjon, pakking og merking. Norsk Standard NS 2890, 2. utgave juni 2003.
- Statens vegvesen 2015. Prosesskode 1. Standard beskrivelse for vegkontrakter. Hovedprosess 1-7. Håndbok R761. http://www.vegvesen.no/_attachment/61418/binariy/1077236?fast_title=H%C3%A5ndbok+R761+Prosesskode+1+Standard+beskrivelsestekster+for+vegkontrakter.pdf

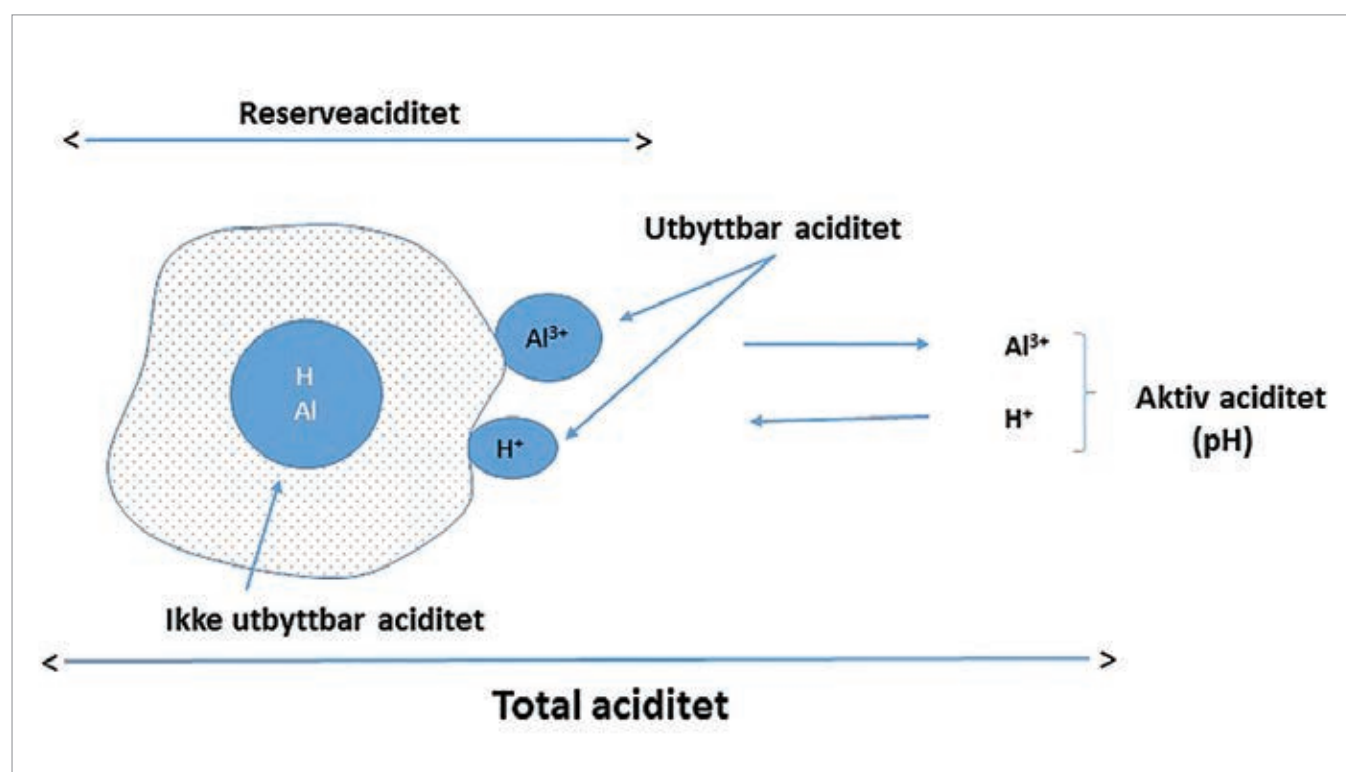
pH – en viktig kjemisk parameter for plantevekst

Ved dyrking av planter snakker vi ofte om hva som er optimal surhet i jorda for å få god planteetablering og god vekst. Surhet måles ved en pH-analyse. Ut ifra denne analysen kan vi si mye om tilgjengeligheten av næringsstoffer, faren for giftvirkning og skade på planterøttene, samt hvilke planteslag som best kan etablere seg og ha gode vekstbetingelser.

TEKST: TORE KROGSTAD¹ OG TROND KNAPP HARALDSEN²

¹ Norges miljø- og biovitenskapelige universitet, Fakultet for miljøvitenskap og naturforvaltning, Ås

² Norsk institutt for bioøkonomi, Divisjon for miljø og naturressurser, Ås



Figur 1. De ulike aciditetsbegrepene i et jord – væske system. Illustrasjon: Tore Krogstad

I denne artikkelen vil vi ta for oss temaet surhet i jord. Vi gir en beskrivelse av begrepet pH, analysemetoder som brukes, og hva som påvirker målingen av pH. Vi beskriver også positive og negative sider av å ha ulik pH i jord og vekstmedier.

Hva er pH?

Definisjonen på pH er den negative logaritmen til konsentrasjonen av

hydrogenioner (H^+) i jordvæska. Jord inneholder mye mer hydrogen enn det som bli målt som pH. For eksempel er organisk materiale bygd opp av strukturer som inneholder hydrogen sammen med karbon og oksygen. I figur 1 er det vist en skisse over hva som inngår i aciditetsbegrepet (surhetsbegrepet) i jord. Det aller meste av surheten i jord omfatter hydrogen og effekten av

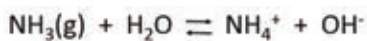
aluminium (Al), som er bundet til jordpartiklene enten som utbyttbar aciditet eller som reserveaciditet. Aluminium påvirker pH ved at ladede aluminiumioner reagerer med vann ved at det binder OH^- og spalter av hydrogen. Dette forblir som H^+ i jordvæska. Det er bare den aktive aciditeten i selve jordvæska som måles som pH. Men på grunn av den kjemiske likevekten som er mellom

jordvæska og det som er bundet på partiklene, kan vi bruke pH som et mål på det som skjer kjemisk på selve partiklene. Endrer vi surheten på partiklene, endrer vi også pH.

Mengden hydrogen som inngår i pH-målingen i jord er liten i forhold til den totale mengden hydrogen. I en skogsjord med pH 5,9 og høgstaudevegetasjon var totalt hydrogen i jorda ca. 10 millioner ganger høyere enn det som ble målt som pH.

Hva påvirker pH?

I tillegg til valg av metode for å måle pH (se egen boks) vil behandlingen av jorda før måling kunne påvirke pH. Standard for jordprøver er å tørke og sikte jorda før pH blir målt. I de fleste tilfeller er dette anbefalt behandling som ikke påvirker måleresultatet, men det finnes unntak man skal være oppmerksom på. Dersom jord med høyt innhold av organisk materiale er sumpig eller vannmettet når jordprøven tas, bør pH måles i vannuttrekk fra den våte jorda. pH-metoden NS-EN 13037 måler pH i en prøve som ikke er tørket. Jord med høyt innhold av ammonium-N og i utgangspunktet nøytral til svakt alkalisk jordreaksjon vil da kunne få målt for høy pH på grunn av at likevekten mellom ammonium-N (NH_4^+) og ammoniakk (NH_3) endres. Ved tørking av slike prøver vil ammoniakk fordampe og pH målt i tørr prøve vil gi lavere pH. Likevekten mellom ammonium og ammoniakk som påvirker pH kan vi forklare ut ifra følgende reaksjon:



I tillegg vil ammonium kunne omsettes til nitrat (NO_3^-) av mikroorganismerne i jorda. Denne prosessen, som kalles nitrifikasjon, frigjør hydrogen-ioner og senker pH etter følgende reaksjon:



Som eksempel kan nevnes at en jordblanding med kompost og mye ammonium-N i utgangspunktet hadde pH 7,8. Etter at mesteparten av det mineralske nitrogenet var nitrifisert, ble pH målt til 6,3. (Begge ble målt i henhold til NS-EN 13037.)



Figur 2. pH-meter med elektrode som viser måling i jord. Foto: Tore Krogstad

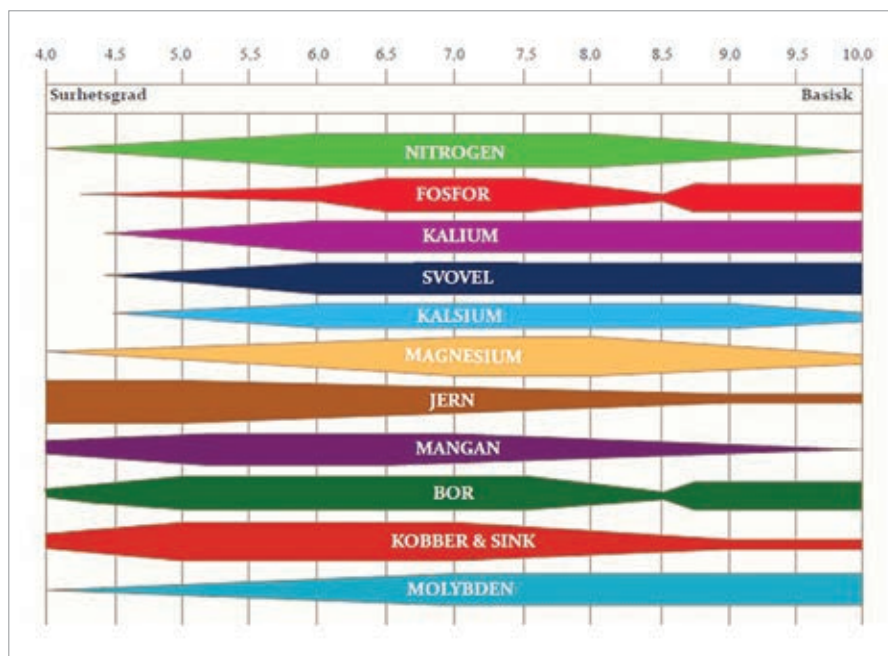
Tørking kan oksidere svovel til sulfat, og pH vil bli målt for lavt når jorda igjen blir fuktet opp. Grunnen er at det blir dannet svovelsyre. Dette er ikke uvanlig å observere ved bruk av utrånet avløpsslam, som kan inneholde betydelige mengder svovel i reduserte sulfidforbindelser.

Bufferevne

Årsakene til høy pH i jord kan variere. Når man måler pH i steinmel, vil man alltid få mye høyere pH enn i sand med tilsvarende tekstur. Det skyldes at det i steinmelet er uforvitrede flater på partiklene der H^+ -ioner i jordsuspensjonen bytter ut metallkationer fra overflaten på steinmelet. Jord som er kalket sterkt, enten ved bruk av kalkbehandlet organisk avfall (kompost/avløpsslam) eller ved innblanding av skjellsand, vil kunne ha overskudd av uoppløst kalk. I slike tilfeller vil det hele tiden løses ut Ca^{2+} og CO_3^{2-} som nøytraliserer H^+ . pH vil da bli vedvarende høy, ofte nær 8. Det er derfor viktig å vurdere pH og jordas bufferevne i sammenheng.

Jordas bufferevne er den evnen jorda har til å motsette seg endringer i pH. Den er i hovedsak bestemt av mengden kalk jorda inneholder (karbonatbuffer) og jordas kationbyttekapasitet (CEC-buffer). Karbonatbufferen vil være aktiv så lenge det finnes

karbonater i jorda som kan nøytraliserer syre. Kationbyttekapasiteten i jorda er først og fremst bestemt av innholdet av organisk materiale og leir, og øker med innholdet av disse. Desto mer kationbyttekapasiteten består av basekationer, det vil si jo høyere basemetningsgraden er, jo større er jordas evne til å nøytraliserer syre ved ionebytting. I et vekstmedium som er svakt surt, vil lavt innhold av organisk materiale og leir gi jorda lav bufferkapasitet, og det trengs lite kalk for å øke pH. Tilsvarende reduseres pH raskt i slik jord. Jord med høyt innhold



Figur 3. Skjematisk oversikt over hvordan tilgjengeligheten av ulike næringsstoffer varierer med pH i jorda. Kilde: Anders Rognlien, YARA

Målemetoder for pH

Den sikreste metoden å måle pH i jord på er ved bruk av elektroder koblet til et pH-meter. Å måle pH med indikatorpapir blir for unøyaktig. Farge og partikler fra jorda gjør det vanskelig å lese av fargen på papirstrimlene riktig, og ulike personer ser dessuten fargenyanser ulikt.

I Norge har standardmetoden for å måle pH vært å slemme 10 ml tørr jord opp i 25 ml de-ionisert vann, la det stå til neste dag, riste opp på nytt og måle pH i den øvre del av væska i begeret. Figur 2 viser et standard pH-meter med en kombinert elektrode slik vi måler pH i jord. I det pH-intervallet dyrkbar jord og vekstmedier normalt befinner seg, er det fornuftig å kalibrere pH-metret med bufferløsninger på pH 4,00 og 7,00. Når jorda har høyere pH enn 7, kan det være hensiktsmessig å bruke bufferløsning med høyere pH for kalibrering.

En skal være oppmerksom på at pH i jord kan måles etter andre metoder enn det som har vært standard norsk pH-målemetode. Eurofins bruker ISO 10390 hvor det tilsettes dobbelt så mye vann (10 ml tørr jord til 50 ml de-ionisert vann). I teorien vil dette medføre en fortykning av jordvæska, og det vil påvirke konsentrasjonen av hydrogen-ioner. En sammenligning av disse to metodene viser at i pH-intervallet 5,5 til 7 er forskjellene små. Men ved lavere og høyere pH kan ISO 10390 avvike med 0,2 til 0,3 pH-enheter. Når pH ved den norske standardmetoden er større enn 7,5, vil ofte ISO 10390 gi verdier som er 0,4-0,5 pH-enheter høyere.

Dersom pH blir målt i en saltløsning, noe som er vanlig ved utenlandske laboratorier, vil avviket i pH sammenlignet med å måle i vann, være betydelig. Det som skjer, er at kationen i løsningen (Ca^{2+} eller K^+) bytter ut noe av den utbyttable aciditeten vist i figur 1, og dermed øker konsentrasjonen av hydrogenioner i jordvæska. Ofte måles pH i en saltløsning 0,5-1 pH-enhet lavere enn om jorda var slemmet opp i vann. Det er derfor svært viktig at man vet hva slags metode som er brukt når pH-resultatene skal vurderes.

av organisk materiale og stort leirinnhold har den høyeste bufferkapasiteten, og det kreves mer kalk for å endre pH. pH er også stabil over lengre tid.

Ca-AL gir en god indikasjon på hvor mye uoppløst kalk det er i jorda. En verdi på 1000 mg pr. 100 g jord viser at det er 1 % løselig kalsium i jorda, og det indikerer betydelige mengder uoppløst kalk.

pH og plantevekst

pH påvirker flere prosesser i jorda som er svært viktige for plantenes vekst og trivsel.

Giftvirkning og rotvekst

pH i seg selv er ikke skadelig for plantene dersom den ikke er ekstremt lav. Den kritiske effekten er hvordan lav pH påvirker løseligheten av aluminium. Dette metallet finnes i jordvæska i ulike former styrt av pH. Ved pH omkring 6,5 og høyere er aluminium felt ut som $\text{Al}(\text{OH})_3$. I denne formen er ikke aluminium skadelig for plantene. Ved lavere pH opptrer aluminium som ladede forbindelser i ulike former og giftighet. Dette går først og fremst ut over rotvekst og opptak av næringsstoffer, blant annet ved at ladede Al-ioner medfører redusert celledeling i rotcellene, nedsetter respirasjonen i røttene og reduserer opptaket av makronæringsstoffene magnesium og kalsium. De mest giftige formene for aluminium opptrer når pH er omkring 5 eller lavere, men Al vil ha negativ effekt på rotvekst også ved høyere pH.

Den negative effekten av Al er størst i mineraljord og øker med økende innhold av leir. Grunnen er at leir inneholder mye Al. Det kreves derfor høyere pH i leirholdig mineraljord enn i en sandjord, som igjen krever høyere pH enn i en organisk jord hvor innholdet av aluminium vanligvis er lavt.

Det beste tiltaket mot Al-forgiftning er å kalke sur mineraljord og å blande organisk materiale inn i mineraljorda. Hvis man bruker kompost i stedet for torv, oppnår man både å øke innholdet av nyttige metallkationer som er plantenæringsstoffer, og man unngår den sure virkningen av torva. Derfor er det oftest lite behov for tilførsel av kalk ved innblanding av kompost i sur jord.

Tilgjengelighet av næringsstoffer

pH påvirker i stor grad tilgjengeligheten av næringsstoffer i jorda. Årsaken er at jordpartiklenes overflateladninger varierer med pH. I sur jord med oksider vil det være et overskudd av positive ladninger. Norsk mineraljord vil alltid ha noe oksider i form av jern- og aluminiumoksider. Dette medfører at i sur mineraljord blir næringsstoffer som har negativ ladning, sterkt bundet. Det gjelder viktige stoffer som fosfor (H_2PO_4^- , HPO_4^{2-}), svovel (SO_4^{2-}) og molybden (MoO_4^{2-}). Kalking av sur mineraljord vil være et tiltak som øker tilgjengeligheten av disse stoffene.

Når pH økes til 6-7 vil både leirpartikler, organisk materiale og oksider samlet sett ha et overskudd av negative ladninger. Det øker bindingen av næringsstoffer som for eksempel magnesium (Mg^{2+}), kalsium (Ca^{2+}) og kobber (Cu^{2+}).

Kommer pH over 7, er det fare for mangel på særlig mikronæringsstoffer på grunn av for sterk binding av disse i jorda, slik at plantene ikke klarer å ta dem opp. Ved høy pH vil det også skje felling i jorda av for eksempel kalsiumfosfat som reduserer tilgjengeligheten av fosfor. Mangan blir ofte felt ut som svært tungløselig MnO_2 når pH overstiger 8,0. Optimal pH for plantevekst settes vanligvis til intervallet 6-7. Figur 3 gir en oversikt over hvordan tilgjengeligheten av ulike næringsstoffer varierer med pH i jorda.

Plantevalg

Ulike planteslag har ulike krav til pH. Det er først og fremst problematikken omkring aluminiumforgiftning som begrenser hva slags pH dyrkingsmediet kan ha. At noen planteslag har større toleranse for lav pH enn andre skyldes først og fremst evnen de har til å avtoksifisere Al i

jordvæska. Aluminium danner lett komplekser med organiske anioner. Planteslag har ulik evne til å skille ut organiske anioner via røttene i form av organiske syrer som oksalsyre, sitronsyre og epletsyre. De plantene som skiller ut mest, har størst evne til å tolerere lav pH på grunn av at de organiske syrene binder Al i jordvæska og dermed reduserer den negative effekten på røttene. Planter som tolererer lav pH, kan også vokse godt ved høyere pH, men man skal da være oppmerksom på faren for mangel på mikronæringsstoffer. Utskilling av organiske syrer vil også binde disse næringsstoffene som komplekser, og det kan være behov for ekstra tilførsel av gjødsel.

Ulike alltidgrønne busker, lyng, roddendron og grasarter er eksempler på planteslag som tolererer lav pH, mens for eksempel kløver og en del urter krever høyere pH. ■

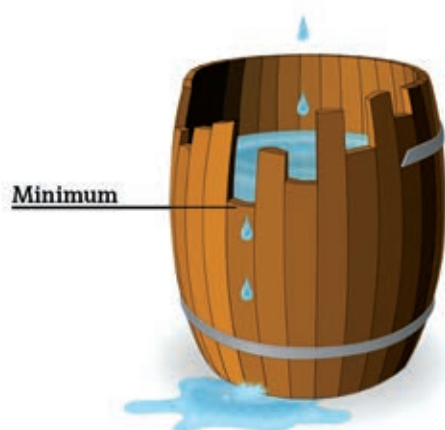
Mikronæringsstoffer – nødvendige, men i små mengder

Mikronæringsstoffene er viktige for å gi en balansert næringstilgang og for å dekke alle nødvendige funksjoner i planten med tanke på god etablering og vekst. De opptrer både som positivt og negativt ladde forbindelser. Forholdene i jorda er derfor av stor betydning for tilgjengeligheten.

TEKST: TORE KROGSTAD¹ OG TROND KNAPP HARALDSEN²

¹ Norges miljø- og biovitenskapelige universitet, Fakultet for miljøvitenskap og naturforvaltning, Ås

² Norsk institutt for bioøkonomi, Divisjon for miljø og naturressurser, Ås

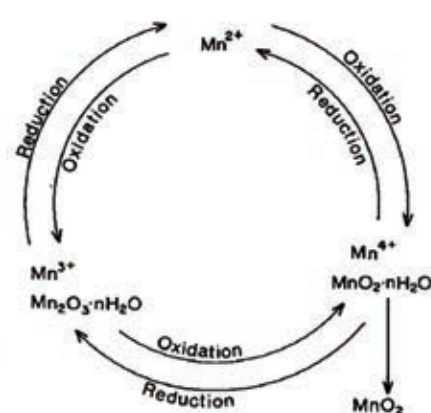


Figur 1. Prinsippet med Justus von Liebig's minimumslov fra 1855.

I denne artikkelen vil vi ta for oss temaet mikronæringsstoffer. Vi vil gi en beskrivelse av de viktigste mikronæringsstoffene, i hvilken form de er tilgjengelig for planter og hvordan tilgjengeligheten er under ulike forhold i jorda. Vi vil dermed vie størst oppmerksomhet til forholdene i jorda i denne artikkelen, mens vi i en senere artikkel tar for oss transport av næringsstoffer i planten og symptomer på mangel.

Hva er et mikronæringsstoff?

Plantenæringsstoffene blir delt inn i de to gruppene makro- og mikronæringsstoffer. Vi har tidligere sett på makronæringsstoffene, som plantene trenger i relativt store mengder. Et mikronæringsstoff er også absolutt nødvendig for plantenes vekst og utvikling, og mangel vil gjøre det umulig for planten å fullføre sin livssyklus. Det betyr at plantenes



Figur 2. Syklus som viser hvordan oksiderende og reduserende forhold påvirker plantetilgjengelig Mn^{2+} i jorda. Etter Mengel og Kirkby 1987.

vekst bli hemmet av det stoffet som er i mangel eller som er vanskeligst tilgjengelig. Dette er kjent som Liebig's minimumslov, og prinsippet er vist i figur 1. Som navnet sier, trengs mikronæringsstoffene i små mengder. Ofte er innholdet av disse stoffene omkring tusen ganger mindre i plantene enn innholdet av makronæringsstoffer. Man må ikke forveksle mikronæringsstoffer med sporstoffer, som kun betyr at det er et stoff som finnes i små mengder, men som plantene ikke nødvendigvis har behov for.

Vi regner følgende grunnstoff som mikronæringsstoffer for planter: Kopper (Cu), sink (Zn), mangan (Mn), bor (B), molybden (Mo), jern (Fe), klor (Cl) og nikkel (Ni). Ikke alle disse er like viktige i all form for plantevekst. Når det gjelder binding i jord og tilgjengelighet for planter, har vi mest erfaringer fra

jordbruksvekster, men prosessene i jorda er de samme uavhengig av planteslag. Vi velger her å fokusere på de stoffene som har mest betydning for planter i grøntanlegg.

Kopper (Cu)

Plantene tar opp kopper fra jorda i hovedsak som et to-verdi ion (Cu^{2+}). Kopper bindes spesielt godt til organisk materiale ved at det enten blir bundet til den negative overflaten på organiske molekyler eller at det danner komplekser med løste organiske forbindelser i jordvæska. Slike løste metallkomplekser kan til en viss grad tas opp, men det forutsetter at røttene har evnen til å spalte av Cu-ionene slik at de kan transporteres videre inn i planten.

Kopper har mange viktige funksjoner i plantene. Det går inn i ulike enzym-systemer, virker inn på fotosyntesen, proteinstoffskiftet, blomsterdanningen og har spesielt innvirkning på pollendannelse og dermed frøsettingen. God kopperstatus har også vist seg å gjøre plantene mer motstandsdyktige mot blant annet spesielle soppsykdommer, som mjøldogg.

I Norge analyseres innholdet av Cu i jord med en ekstraksjonsløsning som er en kombinasjon av EDTA og ammoniumklorid, betegnet som EDTA-løselig Cu. Grenseverdien for mangel er satt til 2 mg Cu/kg jord. Dersom jordanalysen viser en verdi nær mangelgrensen og jorda er rik på organisk materiale med pH høyere enn 6,5, er det viktig å tilføre Cu med gjødsel til spesielt utsatte planteslag.

En kombinasjon av høyt innhold av

organisk materiale og høy pH gjør kopper lite tilgjengelig i jorda. Det er derfor størst fare for koppermangel i slike situasjoner. Marine leirer har normalt et høyt innhold av Cu, og det er sjelden mangel i slik jord. Næringsfattig torv og sandjord er mest utsatt for mangel. Her er utvaskingen stor. I grøntanlegg er det ikke vanlig å observere kobbermangel, og i jordblandinger som inneholder kompost eller avløpsslam, er det noe tilførsel av kobber gjennom det organiske avfallsmaterialet.

Sink (Zn)

Plantene tar opp sink fra jorda som et to-verdi ion (Zn^{2+}). Sink bindes vesentlig svakere i jorda enn kopper, men også her er binding til organisk materiale viktigst. Bindingen øker med økende pH, og som en generell regel kan man si at

konsentrasjonen av sink i jordvæska avtar med en faktor på hundre for hver enhet pH øker med.

I plantene er sink sterkt knyttet til nitrogenstoffsiftet. Mangel på sink hemmer dannelsen av RNA i cellene, noe som fører til nedsatt proteindannelse og opphoping av lavmolekylære nitrogenforbindelser. Sink er også helt nødvendig for at veksthormonet auxin skal bli dannet.

Standardanalysen for sink i jord i Norge baserer seg på to metoder hvor resultatene kombineres for å sannsynliggjøre om det er fare for sinkmangel. I den ene metoden blir jorda ekstrahert med saltsyre (syreløselig Zn). Den andre metoden er å måle titrerbar alkalinitet, som er et mål på jordas bufferevne. Best tilgang på Zn har man dersom jorda har høyt innhold av syreløselig Zn samtidig

som titrerbar alkalinitet er lav.

Sinkmangel opptrer først og fremst i jord som er kalket opp mot 7 eller høyere, og sinkmangel kan opptre på alle jordtyper når pH er høy. Mangel på Zn i sur sandjord skyldes utvasking. Det er sjelden man får sinkmangel på jord med mye leire.

Sinkmangel kan oppstå i jord på grunn av antagonisme med andre næringsstoffer som finnes i store mengder. Høye konsentrasjoner av Cu, Mg og Ca i rotsonen kan hemme opptaket. I tillegg bindes Zn svakere enn disse ionene og kan lett tape i konkurransen om bindingsplasser på jordpartiklene. Dermed blir sink vasket ut av jorda eller ned til for store dybder for planterøttene. Sink kan også danne forbindelser med andre næringsstoffer som reduserer tilgjengeligheten i jorda. Dette gjelder spesielt



Figur 3. Misvekst i en buskplanting – mangler/forgiftning ble avklart ved en kombinasjon av visuelle symptomer, jordanalyser og bladanalyser. Foto: Trond Knapp Haraldsen

dersom det er høye konsentrasjoner av fosfor. Da kan sink felles ut som sinkfosfat. Høye P-AL-tall i jorda vil dermed være et faresignal med tanke på sinkmangel. I artikkelen om jordanalyser (se park & anlegg 3/2017), tabell 2 vil jordprøve 3 og 4 ha så høye P-AL-tall (30 og 98) at man må være oppmerksom på sinkmangel som et mulig problem. Sinkmangel har vært påvist i grøntanlegg der det har vært brukt kalkbehandlet avløpsslam eller slamkompost i dyrkingsmediet.

I enkelte typer torvtak med høy andel kompostprodukter i kvalitetsklasse II har det vært observert sinkforgiftning fordi konsentrasjonen av løselig sink er for høy. Det samme er observert ved nedløp fra galvaniserte takrenner og platetak. Slike områder kan bli helt fri for plantevekst der sinkkonsentrasjonen er høyest.

Mangan (Mn)

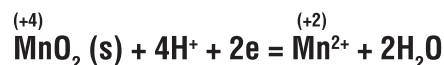
Plantene tar opp mangan fra jorda som et to-verdi ion (Mn^{2+}). I mineraljorda

finnes det meste av Mn som manganoksid, vesentlig som 4-verdig i formen MnO_2 . Det betyr at mangan i denne formen må reduseres til 2-verdig mangan for at plantene skal kunne nytte seg av det. Red/oks-forholdene i jorda er derfor en viktig faktor for tilgjengelighet. I tillegg er pH viktig, da den i stor grad styrer overgangen fra manganoksid til Mn^{2+} . Syklusene som viser overgangen mellom ulike manganformer i jord er vist i figur 2.

I plantene har mangan flere viktige funksjoner, men den viktigste er å virke som en katalysator i enzymsystemene. I fotosyntesen er Mn viktig i spaltingen av vann, og Mn er ellers delaktig i energiomsetningen i planten og i proteinstoffskiftet.

Standardmetoden i Norge for å vurdere faren for Mn-mangel er å ekstrahere jorda i en løsning av 0,05 M $Mg(NO_3)_2$. En analyseverdi på 4 mg Mn/kg jord er satt som grenseverdi for mangel. For mangan er imidlertid jordanalysen bare

en grov pekepinn på risiko for om det kan utvikles mangel eller ikke, fordi både red/oks-forholdene i jorda og pH styrer dette sterkt. En tørr jordprøve på laboratoriet kan ikke gjenspeile red/oks-forholdene som er i felt. Hvordan red/oks og pH styrer plantetilgjengelighet Mn^{2+} er vist i følgende ligning hvor H^+ er en indikasjon på pH:



Faren for Mn-mangel er størst når det er lite Mn^{2+} i jorda. Ut fra ligningen over ser vi at det er tilfellet når pH er høy (lite H^+) og når jorda har god lufttilgang, dvs. oksiderende forhold. Da vil likevekten i ligningen forskyves mot venstre. I praksis vil det si at porøs jord som for eksempel sandjord med høy pH er mest utsatt for mangel. I tillegg vil mangel kunne forekomme på kalkrik jord og på sand og siltrik jord på grunn av utvasking. Å komprimere jorda og å ha noe

høyt vanninnhold er faktorer som bedrer tilgangen på mangan.

Bark inneholder mye mangan, og bark som er vannmettet og anaerob kan inneholde store mengder løselig mangan. Det er vel kjent at barkkompost som ikke har vært tilstrekkelig aerobt behandlet, kan inneholde så mye Mn^{2+} at plantene tar skade når det brukes store mengder av slikt materiale i dyrkingsmedier. Derfor er det angitt deklarasjonskrav i NS 2890 for barkholdige produkter, og mengden løselig mangan skal ikke overstige 0,02 % av kompostens tørrstoffinnhold.

I Bergensområdet regner det vanligvis så mye at det i normale, regnrrike somre ikke er problem med mangantilgjengeligheten (reduserende forhold). Når det i dette området blir en god sommer med langvarige perioder uten nedbør (okside-rende forhold), er det rapportert om store skader i grøntanlegg på grunn av manganmangel. I disse tilfellene er mangelen påvist ved kombinasjon av jordanalyser, planteanalyser og visuelle symptomer. Når alle tre metoder peker i retning av manganmangel, anses mangelen som påvist.

Bor (B)

Bor er det eneste av mikronæringsstoffene som ikke er et metall. Det finnes i flere mineraler i jorda, men løses seint, og vanligvis er det derfor lite bor i jordvæska. Det finnes mye bor i havvann, og jordarter avsatt i havvann, slik som marine leirer, har et høyere innhold enn annen jord. Ved de pH-nivåene vi vanligvis dyrker planter, finnes bor som borsyre i jordvæska, og det er også i denne formen plantene tar opp bor. pH må være godt over 9 før det er like mye ladede borationer som borsyre i jordvæska. Det betyr at bindingen av bor ved høy pH skjer på overflaten til oksider og til leirmineral. Bindingen øker med økende pH, med det resultat at tilgjengeligheten for planter avtar.

Bor har mange funksjoner i plantene. Blant annet øker det aktiviteten til mange enzymer, er viktig for dannelsen av nukleinsyrer og sukker, og påvirker strukturen av cellemembraner, transporten av næringsstoffer gjennom celle-

membraner og dannelsen av lignin. Bor er også viktig for plantens frøsetting. Knolldannelsen på røttene hos belgvekster er avhengig av bor, som dermed er viktig for binding av nitrogen fra lufta hos slike planteslag.

I og med at bor blir tatt opp som borsyre, er standardmetoden for å måle plantetilgjengelig bor i jord å ekstrahere med kokende vann. Alt tilgjengelig bor i jorda er vannløselig. Grenseverdien for mangel er i sandjord satt til 0,3 mg B/kg jord, mens den i leirjord er satt til 0,6 mg/kg. Sand og siltjord er spesielt utsatt for bormangel på grunn av fare for utvasking, næringsfattig torv og kalkrik jord på grunn av binding av borat.

Bor er et mikronæringsstoff med kort avstand mellom det som er behov og det som er giftvirkning. Dersom innholdet i vekstmediet overstiger 5 mg B/kg, kan det gi giftvirkning. I nedbørfattige områder kan en opphopning i topplaget i jorda ha skadelige effekter på plantene.

Det er stor forskjell mellom ulike arter i følsomhet for bormangel, og mangel er ikke vanlig rapportert fra grøntanlegg. Fullgjødsel er tilsatt litt bor, og det bidrar nok til å sikre at grøntanlegg som gjødsles, i stor grad unngår bormangel.

Molybden (Mo)

Plantene tar opp molybden i form av molybdationer (MoO_4^{2-} og $HMoO_4^-$). Dette er det eneste av mikronæringsstoffene som opptrer som et negativt ion i sur jord, og det oppfører seg svært likt fosfor med hensyn til binding. Det vil si at det bindes sterkest i sur mineraljord til oksider. Bindingen avtar når pH øker, så tilgjengeligheten øker når pH øker. Dette er ulikt de andre mikronæringsstoffene.

Molybden er viktig for en rekke enzymprosesser i plantene. Stoffet er svært sentralt som katalysator i prosessen for å redusere nitrat til nitritt. Mangel på molybden fører til opphopning av nitrat og dermed til at proteinstoffskiftet blir forstyrret.

For plantetilgjengelig molybden ekstraheres jorda med Tamms løsning, som er en sur oksalatløsning (pH 3).

På grunn av at bindingsstyrken varierer med pH er det også satt ulike grense-

**Følg
park & anlegg
på hjemmesiden
www.parkoganlegg.no**

verdier i jorda avhengig av pH. Grenseverdiene for mangel ved pH 6, 7 og 8 er satt til henholdsvis 0,20, 0,15 og 0,10 mg Mo/kg jord.

Molybdenmangel er først og fremst knyttet til sur jord med høyt innhold av jern og aluminium. Det vil i praksis si sur, humusfattig sandjord og morenejord. Kalking vil som regel være nok til å fjerne molybdenmangel i slik jord. Torvjord er også utsatt for mangel, i hovedsak på grunn av et molybdenfattig opphavsmateriale.

Jern (Fe)

Plantene tar opp jern som Fe^{2+} . I mineraljord inngår jern i gitteret til ulike mineraler og finnes som utfelt i oksider. I denne formen er det meste som Fe^{3+} og dermed i en form som plantene ikke kan ta opp direkte. Løseligheten av jern er sterkt avhengig av pH, og ved høy pH er det meste av løst jern felt ut som jernhydroksid. I sterkt pakket og vannmettet jord hvor det er reduserende forhold, vil Fe^{3+} bli redusert til Fe^{2+} . Reduserende forhold og lav pH øker innholdet av plantetilgjengelig jern i mineraljord. I torvjord bindes jern ofte så sterkt at tilgjengeligheten blir svært redusert. Jern danner lett komplekser med organiske forbindelser i jordvæska og kan tas opp av røttene i denne formen.

I plantene virker jern som en katalysator på flere viktige funksjoner. Det er viktig for dannelsen av klorofyll og for bl.a. fotosyntese, proteinstoffskifte og symbiotisk binding av nitrogen fra lufta hos belgvekster.

Vi har ingen god jordkjemisk metode for å måle innholdet av plantetilgjengelig jern i jorda. I mineraljord er det ofte så mye jern at det svært sjelden er påvist jernmangel i slik jord i Norge, selv ved høy pH.

Mineralfattig torv har imidlertid ofte et lavt innhold av jern, og her er det ikke uvanlig med jernmangel, særlig når pH er lav. Ved lav pH kan løst jern lett felles ut med fosfor og danne uløselig jernfosfat. Sterk gjødsling med P vil kunne fremme jernmangel i torvjord. Det kan også være antagonistiske effekter ved at sterk gjødsling med K, Mg eller Ca hemmer opptaket av Fe og dermed

fremkaller jernmangel i et vekstmedium som i utgangspunktet har lite tilgjengelig jern.

Generelle kommentarer

Jordanalyser er et vanlig hjelpemiddel til å forutsi fare for mangel av et næringsstoff. For makronæringsstoffene har vi en gradering av innholdet i jorda, et hjelpemiddel som brukes for å balansere tilførselen av gjødsel best mulig. For mikronæringsstoffene, som plantene trenger i langt mindre mengder, er det vanlig å vurdere jordanalysene mot en grenseverdi for fare for mangel.

Selv om næringsstoffene analyseres hver for seg, er det svært viktig at man vurderer tilgjengelighet og fare for mangel ut ifra mengden av alle stoffer. Plantene reagerer på alle næringsstoffer samtidig, og mengden av et stoff i jorda påvirker ofte tilgjengeligheten av et annet. Analysetallene fra laboratoriet er derfor en veileder for innhold i jorda, men i praksis må alle tallene vurderes under ett og sees opp mot hverandre. Et eksempel som vi har påpekt i denne artikkelen, er at innholdet av fosfor i jorda kan påvirke tilgjengeligheten av sink uavhengig av hva analyseresultatene for sink forteller isolert sett.

Det er viktig å huske på at det er plantene som er fasiten når det gjelder vekst og symptomer på at noe er galt. Ideelt sett bør man bruke både jord- og planteanalyser sammen med en visuell vurdering av mangelsymptomer på plantene for sikrest å bestemme årsakene til misvekst og dårlig etablering av plantene (Figur 3). Når jord og planteanalyser tas med tanke på å forklare et vekstproblem, er det viktig at det blir tatt prøver både fra friske og skadede planter, og fra jord med god vekst og jord med dårlig vekst for å ha referansemateriale. Dette gjør det lettere å vurdere hva som er årsaken til problemet. ■

Referanse

■ Mengel, K.; Kirkby, E.A. 1987. Principles of plant nutrition. 4th Ed. International Potash Institute, Bern. 689 s.

Svovel

– det glemte makronæringsstoff

Svovel er et makronæringsstoff som har vært lite påaktet i grønt- anlegg. Det skyldes blant annet at det ikke finnes noen sikker rutinemetode for analyse av plantenytbart svovel i jord.

TROND KNAPP HARALDSEN¹ OG TORE KROGSTAD²

¹ NIBIO, Norsk institutt for bioøkonomi, Divisjon for miljø og naturressurser, Ås - ² Norges miljø- og biovitenskapelige universitet, Fakultet for miljøvitenskap og naturforvaltning, Ås



Figur 1. Misvekst av svovel vises ved bleke unge blader, mens eldre blader på eldre skudd har normal grønn farge. Planteslaget er sargentieple (*Malus toringo* var. *sargentii*). Foto: Trond K. Haraldsen

Fra tid til annen oppstår det misvekst i jord som ut ifra normale deklarasjonsanalyser skulle ha tilstrekkelige mengder tilgjengelige plantenæringsstoffer. I slike tilfeller er visuelle symptomer og bladanalyser nøkkelen for å finne årsaken til misveksten.

I jord og luft

I jorda finnes svovel både i organiske og uorganiske forbindelser. Plantene tar opp svovel gjennom røttene som sulfationer (SO_4^{2-}) og fra lufta som gassen SO_2 gjennom spalteåpningene i bladene. Svovel er et næringsstoff plantene har behov for i omtrent like store mengder som fosfor. I jord er organisk materiale en kilde til svovel ved at det blir brutt ned, og svovelet blir oksidert til sulfat. Dette er en sterkt forsurende prosess. Tidligere kom det mye svovel via nedbør, men etter at det ble mindre sur nedbør, er det også blitt

observert mer svovelmangel hos planter. Dette medfører et større behov for å tilføre svovel med gjødsel for å hindre mangel. I nedbørrike områder vil sulfat raskt bli vasket ut av jorda, og mangel kan oppstå.

Synlige symptomer

Det stilles jevnlig spørsmål om tolkning av symptomer på misvekst. I eksempelet som beskrives her, ble det rapportert om omfattende misvekst hos barlind og andre grøntanleggsplanter rett etter planting. Ut ifra deklarasjonsanalysene av jorda i henhold til NS 2890 (Standard Norge 2003) var det ingen tegn til at det manglet makronæringsstoffer, men jorda hadde høyere pH enn 7,5. Siste års skudd hos barlind var blitt brune og døde, mens andre planter hadde mindre skade (Figur 1). Fordi pH i vekstmediet var høy, kunne årsaken til misveksten være mangel på et mikronæringsstoff.

Årsakssammenhengen er beskrevet nærmere i forrige utgave av park & anlegg (Krogstad og Haraldsen 2017).

Jordanalyser

Det ble tatt jordprøve og analysert for mikronæringsstoffene mangan (Mn), bor (B), sink (Zn) og titrerbar alkalinitet. I tillegg ble det tatt prøve av årsskudd med normal grønnfarge og årsskudd med misvekst. De ble analysert for innhold av plantenæringsstoffer.

Jorda i plantekassene hadde et moldinnhold på 4,8 %, og pH i jorda var 7,7. Når det gjelder AL-løselige næringsstoffer (P, K, Mg og Ca), var innholdet rikelig i forhold til plantenes behov. Erfaringsmessig kan løseligheten av mikronæringsstoffer avta så mye ved høy pH at plantene ikke får tak i stoffene. Jordanalysene ga imidlertid ingen indikasjoner på at det var kritisk lite av

mikronæringsstoffene i jorda. Analysene av jorda ga således ingen sikre indikasjoner på hva som var årsak til misveksten.

Planteanalyser

Analyse av plantemateriale gir et bilde av forholdet mellom næringsstoffer som er tatt opp av plantene. Prøvetaking for å diagnostisere næringsmangel hos barlind er ikke alminnelig, så vurdering av mengden næringsstoffer i plantematerialet må derfor gjøres på bakgrunn av hva som er normalt i andre planter. I vurderingen nytter vi derfor Aasen (1997) som kilde for referanseverdier.

Planteanalysene viser at det var heller høye verdier av sink og mangan i plantematerialet både der veksten var normal og der det var misvekst, og mangel på sink og mangan kunne dermed utelukkes. Hva som er normalt innhold av bor i plantematerialet, varierer mellom planteslag, men verken innholdet av bor i jorda eller visuelle symptomer indikerte bormangel. Innholdet av bor i plantene var heller ikke påfallende lavt.

Det næringsstoffet som det var tydelig mindre av enn hva som trengs for å unngå misvekst, var svovel. Aasen (1997) oppgir at normalt svovelinhold i de fleste planteslag er 0,2-0,5 % av tørrstoffet. I plantematerialet med misvekst var det bare 0,05 %, og ved normal grønnfarge var det 0,15 %. Hos planter som lider av svovelmangel, blir bladene først blekgrønne til gule. Symptomene viser seg først på yngre og unge blader, mens de eldre bladene som regel har normal farge. Ved svovelmangel vil de eldre bladene holde seg levende lenge utover i veksttida, mens de yngre bladene kan visne og dø. I Figur 2 er det vist sterk svovelmangel hos kornplanten bygg, men andre grasvekster viser de samme symptomene.

Minner om nitrogenmangel

Symptomene på svovelmangel ligner på nitrogenmangel, men i motsetning til svovelmangel viser mangel på nitrogen seg først på de eldste bladene på grunn av at mobiliteten til nitrogen er større enn for svovel i plantene. I tillegg til fargesymptomer gir mangel på svovel sterk veksthemming. Både visuelle symptomer og resultatene av planteanalysene ga sterke indikasjoner på uttalt svovelmangel. Svovel er et av de næringsstoffene som det ikke finnes rutinemetoder for jordanalyser, og svovelmangel kan derfor ikke avdekkes ved



Figur 2. Sterk svovelmangel hos planten til venstre hvor de eldste bladene fortsatt er grønne og de yngste bladene er gule, mens planten til høyre er frisk og har god tilgang på svovel. Tilførsel av alle andre næringsstoffer er lik for begge plantene. Arkivfoto: Ivar Aasen

hjelp av vanlige jordanalyser. Dette er nok en av årsakene til at svovelmangel i grøntanlegg har vært lite påaktet.

Rapporter om misvekst som har sammenheng med svovelmangel, kommer spesielt i vekstsesonger med mye nedbør. Det gir forhold for utvasking av løselige næringsstoffer fra jorda. I slike tilfeller vil det være behov for tiltak for å rette opp svovelmangelen.

Tiltak

Den leverte anleggsjorda i vårt eksempel inneholdt betydelige mengder kompost, og det var mer enn tilstrekkelige mengder av løselig P, K, Mg og Ca i jorda. Det var først og fremst behov for tilførsel av nitrogen og svovel. Når pH i tillegg var i høyeste laget, er gjødsling med ammoniumsulfat effektivt. Denne gjødselstypen er surtvirkende og tilfører både nitrogen og svovel. Imidlertid er dette en svært lettløselig og sterk gjødsel, som lett kan gi sviskader dersom den ikke blir brukt forsiktig. For å helgardere kan man bruke Fullgjødsel 12-4-18 mikro som inneholder nesten like mye svovel som nitrogen, og i tillegg andre makro- og mikronæringsstoffer. Fullgjødsel vil gi godt resultat, men vil også tilføre en del næringsstoffer som det i dette tilfellet egentlig var nok av. YaraBela OPTI NS 27-0-0 (4S), som hovedsakelig tilfører plantene nitrogen og svovel, er også en aktuell gjødsel. Der som man bruker Fullgjødsel 12-4-18 mikro

om våren, kan man bruke YaraBela OPTI NS 27-0-0 (4S) ved overgjødning senere i vekstsesongen. Kombinasjon av de to gjødselslagene vil være et godt alternativ til bruk av ammoniumsulfat og er særlig aktuelt når man ikke er sikker på om det er mikronæringsmangler i tillegg til svovelmangel. En ny gjødsel på markedet, YaraBela Sulfan 24-0-0 (6S), inneholder mer svovel i forhold til nitrogen enn YaraBela 27-0-0(4S) og kan være et aktuelt alternativ. Mens Fullgjødsel 12-4-18 mikro leveres både i småsekk og storsekk, blir YaraBela-produktene utelukkende levert i storsekk. For anleggsgartnere og andre som har utstyr for å håndtere storsekker, kan det anbefales å anskaffe et av de omtalte YaraBela-produktene for overgjødning i grøntanlegg etter episoder med mye regn, og når en forventer at det har vært mye utvasking av næringsstoffer fra jorda. ■

Referanser

- Aasen, I. 1997. Mangelsjukdomar og andre ernæringsforstyrrelser hos kulturplanter. Landbruksforlaget. 96 s.
Krogstad, T.; Haraldsen, T.K. 2017. Mikronæringsstoffer – nødvendige, men i små mengder. park & anlegg 16(5):44-48
Standard Norge 2003. Dyrkingsmedier, jordforbedringsmidler og jorddekkingsmidler. Varedeklarasjon, pakking og merking. Norsk Standard NS 2890, 2. utg. juni 2003.

Mangelsymptomer

– hvordan kan de se ut?

Plantene har ulike transportmekanismer for forskjellige næringsstoffer.

Symptomer på mangel vil derfor vises ulikt fra stoff til stoff.

Noen symptomer er selektive og svært karakteristiske, men ofte er det et samspill mellom næringsstoffene som gjør det vanskelig å sette en diagnose bare ved å se på visuelle symptomer.

TEKST: TORE KROGSTAD¹ OG TROND KNAPP HARALDSEN²

¹ Norges miljø- og biovitenskapelige universitet, Fakultet for miljøvitenskap og naturforvaltning, Ås
² Norsk institutt for bioøkonomi, Divisjon for miljø og naturressurser, Ås



Unormal vekstform og klorotiske busker. Hva kan dette skyldes? Forklaringen kommer mot slutten av artikkelen. Foto: Trond Knapp Haraldsen

Næringsmangel kan påvises på flere måter. En måte er å analysere jorda eller vekstmediet, slik vi har omtalt i tidligere artikler i denne serien. En annen måte er å se etter symptomer på plantene. Om man kombinerer dette med å ta planteanalyser fra områder hvor mangel viser seg, kan man ofte sette en god diagnose på hva som mangler av næringsstoffer. Ulike planter viser varierende symptomer, og forskjellige næringsstoffer gir

også ulike symptomer på plantene. Det kreves erfaring for sikkert å kunne stille en diagnose på grunnlag av visuelle symptomer. Enkelte symptomer er imidlertid svært karakteristiske og lette å kjenne igjen.

For bedre å forstå hvor ulike symptomer opptrer på plantene og hva man skal se etter, er det nyttig å vite litt om hvordan næringsstoffene blir tatt opp og transporteres i plantene. Vi vil derfor ta

for oss de viktigste næringsstoffene og gi noen eksempler på hvordan ulike symptomer kan se ut. Dette er mest studert i jordbruksvekster, men symptomene er tilsvarende på planter som brukes i grønntanlegg. En utfyllende oversikt over mangelsymptomer finnes i Aasen (1997).

Nitrogen

Nitrogen blir tatt opp gjennom røttene som

ammonium og nitrat. Ammonium blir raskt omdannet til nitrat, som transporteres til bladene. For at nitrat skal kunne benyttes i plantenes stoffskifte, må det omdannes til ammoniakk. Deretter blir det bygd inn i organiske forbindelser. Når det blir mangel på nitrogen, brytes proteinet i eldre blader ned til aminosyrer og transporteres til yngre blader og plantedeler som er i vekst, for å forsyne disse med nitrogen. Dette fører til at klorofyllinnholdet i eldre blader minker og bladene gulner. Bleiking og gulning av eldre blader er klare symptomer på for liten nitrogentilførsel.

Også mangel på kalsium, jern og svovel gir gule og bleike blader. Men symptomer på slik mangel kommer først på de yngste bladene.

Fosfor

Plantene har et aktivt opptak av fosfor, og konsentrasjonen inne i cellene og i ledningsvevet kan være opptil tusen ganger høyere enn i jordvæska. Fosfor tas opp som

fosfationer, i hovedsak i uorganisk form, og blir lett transportert i plantene. Det blir også lett omfordelt mellom ulike plantedeler. Unge blader får fosfor både fra rota og fra eldre blader. Mangel på fosfor fører



Plen med nitrogenmangel og stor andel eldre, visne blader. På de grønne områdene er det lagt på næringsrik kompostjord.
Foto: Trond Knapp Haraldsen

til nedsatt vekst. Danningen av protein reduseres, mens sukkerinnholdet i bladene øker, noe som fremmer danningen av det rød-blå fargestoffet antocyan. Antocyanfarge er et svært typisk symptom på



Fosformangel i bygg og tomat. Rød-blå farge på eldre blader, nedsatt vekst og sterk blågrønn farge, spesielt på tomatplanten, er tydelige mangelsymptomer. Foto: Tore Krogstad



Kaliummangel hos hvitkløver med nekrotiske flekker litt innenfor bladranden. Foto: Tore Krogstad



Magnesiummangel i hvitkløver. Arkivfoto: Ivar Aasen

fosformangel. Planter med fosformangel får derfor ofte en rød-blå farge, særlig på eldre blader og nedre del av stengelen. Plantene ellers har ofte mørkegrønn eller blågrønn farge. Fordi fosfor transporteres lett i planten, opptrer typiske mangelsymptomer først på de eldste bladene.

Kalium

Plantene har et aktivt opptak av kaliumioner (K^+), og det skjer raskt. Det meste av kaliumet tas opp i den vegetative vekstfasen. Det er lett mobilt i plantene og blir ofte omplisert fra eldre til yngre blader. Spesielt grasplanter har et svært sterkt opptak av kalium (luksusopptak), noe som kan føre til hemmet opptak av stoffer som kalsium og magnesium, og dermed fremme mangel av disse.

Kaliummangel fører først til redusert vekst, et symptom som gjelder mangel på mange næringsstoffer. Etter hvert opptrer mer spesifikke symptomer, som klorose og visning av bladspisser og bladrender. Sterk kaliummangel forstyrrer proteinstoffskiftet

hos plantene og fører til danning av giftige aminer som agmatin og putrescin. Opphoping av disse er årsaken til nekrotiske flekker i bladkanten på eldre blader. Hos gran fører kaliummangel til gulfarging av hele nålen. Siste nåleårgang vil være grønn fordi kalium er svært mobilt i treet. På grunn av lett bevegelighet i plantene opptrer mangelsymptomene generelt først på de eldste bladene.

Mangel på kalium fører til slappe planter, saftspenningen avtar og evnen til å tåle tørke svekkes. Plantene blir også mer utsatt for frostskaide.

Magnesium

Magnesium tas opp som Mg^{2+} . Dersom konsentrasjonen av næringsstoffer som kalium, kalsium og ammonium er høy i jordvæska, kan det lett føre til hemmet opptak av magnesium. Stoffet er lett bevegelig i planten og transporteres enkelt fra eldre til yngre blader.

Den viktigste oppgaven til magnesium i

grønne planter er som sentralatom i klorofyllmolekylet. Innholdet er derfor viktig for fotosyntesen. Det første synlige tegnet på magnesiummangel er dermed bleking og gulning av bladvevet på grunn av nedbryting av klorofyllet. Det dannes karakteristiske sjatteringer mellom bladnervene. De utvikler seg etter hvert til klorotiske flekker. På grunn av lett mobilitet i plantene kommer mangelsymptomene først på de eldste bladene.

I kløver skiller symptomene seg fra kaliummangel ved at klorosen utvikler seg rundt bladnervene. Etter hvert opptrer også nekrose i bladkantene.

Magnesiummangel i gras opptrer som svært karakteristiske, klorotiske småflekker, ofte i siksakkformet mønster på tvers av bladene, også kalt tigerstriper.

Kopper

Kopper tas opp aktivt som Cu^{2+} og synes i liten grad å være påvirket av andre næringsstoffer. Dette stoffet er ikke lett bevegelig i planten, og transporten fra eldre til yngre plantedeler går langsomt. Mangel vil derfor først vise seg på de yngste bladene. Den vises oftest som klorose på unge blader og fører til forstyrrelser i den anatomiske oppbyggingen av planten. Dette resulterer i hemmet transport av vann og næringsstoffer, og både stengel og blader får et slapt utseende. Koppermangel kan ofte ligne på tørkeskade. I gras opptrer gulning langs bladkanten på øvre del av bladene, bladene ruller seg sammen på langs til en gulhvitt tråd som etter hvert knekker og henger slapt ned fra den grønne delen av bladet.

Jern

Jern blir aktivt tatt opp som Fe^{2+} eller bundet til organiske molekyler. Det blir sterkt bundet i plantene og kan vanskelig omfordeles mellom eldre og yngre blader. Unge plantedeler er derfor avhengig av stadig tilførsel fra røttene. På grunn av liten mobilitet vil mangel på jern først opptre på unge blader. Ved mangel blir bladplaten klorotisk, mens bladnervene ofte holder seg grønne og sees som grønne striper mot den gulgrønne til gule bladplaten. Ved sterk mangel vil også bladnervene bli klorotiske.



Klorotiske områder mellom blodnervene indikerer magnesiummangel. I dette tilfellet ble magnesiummangelen bekreftet av bladanalyser. Foto: Trond Knapp Haraldsen



Svært typiske symptomer på jernmangel i gras. Foto: Tore Krogstad



Sterk koppermangel i havre. Arkivfoto: Sverre Ingebrigtsen



Sinkmangel i havre. Arkivfoto: Ivar Aasen



Manganmangel på gras og blad av kløver.

Arkivfoto: Ivar Aasen

Sink

Sink blir tatt opp aktivt som Zn^{2+} . Høye konsentrasjoner av næringsstoffer som kalsium, magnesium, kobber og fosfor i jorda rundt røttene hemmer opptaket av sink. I plantene blir sink transportert svært sakte, og en omfordeling fra eldre til yngre blader går seint.

Mangel på sink fører ofte til klorose med blek til hvit farge i bladvevet mellom nervene, små og stive blader samt hemmet strekningsvekst i stengler og skudd. Flekkene kan gå tvers over hele bladet og være gjennomsluktige som smørpapir. Det er kombinasjonen av klorose og unormalt korte årsskudd som gjør at man kan få mistanke om sinkmangel i lignosefelt.

Mangan

Mangan tas opp aktivt som Mn^{2+} . Også for mangan kan høye konsentrasjoner av andre stoffer, spesielt magnesium, hemme opptaket. Når tilførselen av mangan er god, blir det lett transportert til alle organer i aktiv vekst i plantene. Dersom tilgangen er dårlig, går transporten i plantene svært seint.

Mangel på mangan gir helt spesielle og lett gjenkjennelige flekker på bladene. Mangan er blant annet viktig for å opprettholde strukturen i kloroplastene. Det er her fotosyntesen skjer, og disse små, grønne organene i plantecellene er svært følsomme for manganmangel. Nedbrytingen av kloroplastene på grunn av mangel på mangan viser seg som klorotiske flekker på bladene, ofte fordelt som brune til hvite flekker langs med og mellom bladnervene. Symptomene kan ligne på magnesium- og jernmangel, men til forskjell fra magnesiummangel, som oftest viser seg på de eldste bladene først, og jernmangel, som vises på de yngste bladene, kommer manganmangel først til syne på de mellomliggende bladene.

Svovel

Mangel på svovel har vist seg i flere grøntanlegg de seinere år. Slik mangel ble omtalt i forrige utgave av park & anlegg (Haraldsen og Krogstad 2017) og blir ikke tatt med i denne artikkelen.

Forgiftning eller mangel?

Når det er brukt store mengder avløps-slam eller kompost med tungmetallinnhold i kvalitetsklasse III i jordblandinger, kan det oppstå mange forskjellige komplikasjoner. Gjeldende regelverk angir at maksimalt tillatt mengde er 30 volumprosent av slikt materiale i jordblandinger, men våre undersøkelser tyder på at det i flere tilfeller er brukt langt større mengder enn tillatt. Da kan resultatet bli som vist på plantefeltet i bildet på side 42, med

klorotiske planter og unormal vekstform. I slike tilfeller er det ganske åpenbare symptomer på at det er noe alvorlig galt, men det kreves en kombinasjon av visuelle symptomer, jord- og planteanalyser for å avdekke årsakene.

I tilfellet vist på bildet førte forhøyede konsentrasjoner av fosfor, kalium, kobber og sink i tilført anleggsgjord til en rekke biologiske og kjemiske reaksjoner. Kobberforgiftningen i jordsmonnet påvirket rotveksten og forårsaket forstyrrelser i opptaket av andre næringsstoffer. Der plantene hadde gått helt ut, hadde røttene i liten grad vokst ut av rotklumpen. Bladanalyser viste mangel på flere næringsstoffer. Nivåene for kalsium, svovel, magnesium, bor og sink var klart i området for mangel, mens konsentrasjonene av mangan og kobber var i grenseområdet for mangel.

Mangel på kalsium og magnesium var forenlig med de svært høye nivåene av løselig kalium i jorda og tilsvarende høy konsentrasjon i blader. Svovelmangelen var trolig et resultat av at høye kobber- og sinkkonsentrasjoner påvirket mikrobiologiske prosesser i jorda. Dermed ble mineraliseringen av nitrogen og svovel hemmet. Med de høye nivåene for kobber og sink i jorda var det forventet at planteanalysene skulle indikere forgiftning av disse stoffene. Når det i stedet ble funnet mangel, er den mest sannsynlige forklaring svært høyt nivå av løselig fosfor i kombinasjon med høy pH.

Dette eksemplet viser hvor komplisert det kan være å forstå årsakene til misvekst, spesielt når mange faktorer virker samtidig. ■

Kalking er ofte et nødvendig tiltak i sur jord

Forskjellige planter har ulike krav til pH i jorda. Både jorda selv og gjødslingen påvirker surheten. For å sikre god etablering, god overvintring og friske planter kreves det at surheten i jorda er tilpasset plantene som vokser der. Kalking er et viktig hjelpemiddel for å sikre god plantevekst.

TEKST: TORE KROGSTAD¹ OG TROND KNAPP HARALDSEN²

¹ Norges miljø- og biovitenskapelige universitet, Fakultet for miljøvitenskap og naturforvaltning, Ås
² NIBIO, Norsk institutt for bioøkonomi, Divisjon for miljø og naturressurser, Ås



Kalksteinsbrudd: Knust kalkstein gir kalkingsmiddelet kalksteinsmel. Foto: Trond Knapp Haraldsen

Jordas surhet er en av de viktigste faktorene som påvirker planteveksten. Dette ble beskrevet i en tidligere artikkel i denne serien (Krogstad og Haraldsen 2017).

Naturlig jord og anleggsjord

Våre jordsmonn er ofte sure, med pH lavere enn 6. Vekstmedier lagd av naturlige jordsmonn, både mineraljord og organisk jord, må ofte kalkes for å gi optimale vekstbetingelser såfremt det ikke er surjordsplanter som bli brukt i anlegget. Når det gjelder anleggsjord, er det særlig blandinger av sand og torv som har kalkingsbehov. Tidligere var det betydelig forsurenende virkning av sur nedbør både direkte på plantene og på jorda. I dag er

mengden sur nedbør sterkt redusert, og effekten på planteveksten er liten. Den største forsurende kilden i dag i tillegg til jorda selv, er gjødsel, men effekten avhenger både av type og mengde.

På grunn av jordas bufferegenskaper, det vil si evnen til å motsette seg endring i pH, vil kalking ha ulik effekt på ulike jordtyper. Jord som inneholder kalk, vil være bufret mot høy pH så lenge det er kalk i jorda som kan nøytralisere syre. Jord som har høyt innhold av organisk materiale og/eller leire har også høy bufferkapasitet. I slik jord vil pH både gå saktere ned, og det må mer kalk til før å heve pH. Denne jorda er mer robust mot endringer i pH enn en skarp sandjord med lite

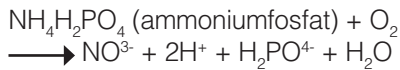
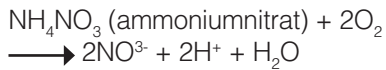
organisk materiale. Slike faktorer er det viktig å ta hensyn til når det skal kalkes.

Effekten av gjødsling på pH i jorda

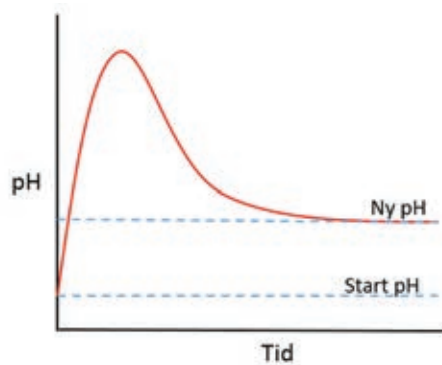
Organisk gjødsel har som oftest høy pH, og innholdet av organisk materiale gjør at den forsurende effekten på jorda reduseres. For eksempel har husdyrgjødsel både av storfe og fjørfe pH som oftest ligger i området 7-8, men pH sier lite om kalkingsvirkningen av slik gjødsel. Forsøk har vist at gjentatt bruk av husdyrgjødsel og annen organisk gjødsel gir svak økning av pH.

Den forsurende effekten er størst ved bruk av ammonium- og svovelholdig mineralgjødsel. I jord med god lufttilgang

vil mikroorganismene omdanne ammonium (NH_4^+) til nitrat (NO_3^-) under avspaltning av hydrogenioner. Denne forsurende prosessen er illustrert i følgende reaksjoner for ammoniumnitrat og ammoniumfosfat:



Begge gjødseltypene produserer like mye syre i form av H^+ for lik mengde gjødsel brukt. Men ser man det mot mengden tilført nitrogen, vil lik mengde tilført nitrogen i form av ammoniumfosfat ha dobbelt så stor forsurende effekt som ammoniumnitrat. Den teoretiske mengden kalk i form av CaCO_3 som trengs for å nøytralisere 10 kg N, vil for ammoniumnitrat være 36 kg og for ammoniumfosfat 72 kg. I praksis trengs mindre mengder både på grunn av planterøttens opptak av ioner og på grunn av jordas bufferegenskaper. I pH-området 5 til 7 vil normal gjødsling med mineralgjødsel i praksis kunne føre til en nedgang i pH på 0,2-0,3 enhet over en femårsperiode. Hvor stor nedgangen i pH blir i praksis avhenger både av mengden gjødsel og typen nitrogengjødsel. Dersom nitrogen i gjødsla er nitrat i stedet for ammonium, vil man ikke få denne forsurende effekten i jorda. I grøntanlegg er det særlig plenarealer som blir gjødslet såpass sterkt at man vil kunne observere nedgang



Figur 1. pH-utvikling over tid etter kalking. Først får vi en rask økning i pH, men etter noen dager eller uker stabiliserer pH seg på det nye, ønskelige nivået. Illustrasjon: Tore Krogstad

i pH på grunn av gjødslingen.

Hva skjer med surheten i jorda når vi kalker?

Med pH måler vi løste H^+ -ioner i jordvannet. Når vi kalker med for eksempel kalksteinsmel (CaCO_3) vil H^+ -ionene i jordvæska raskt bli nøytralisert av karbonationene (CO_3^{2-}) under dannelsen av CO_2 og vann. Ca-ionene vil angripe jordpartiklene og bytte ut sure ioner som H^+ og Al^{3+} . Den sure effekten av dette i jordvannet blir nøytralisert av karbonationene, mens bindingen av Ca på partiklene øker jordas basemetningsgrad. Kalkingen virker altså i to trinn: Først nøytraliseres surheten i jordvannet, noe som er en rask prosess. Samtidig starter en langsommere prosess for å øke jordas basemetningsgrad. Dette er den langsiktige og mer varige, positive effekten av kalkingen. Prosessen er illustrert i figur 1,

som viser at vi først får en rask økning i pH, for deretter at pH etter noen dager eller uker stabiliserer seg på det nye, ønskelige nivået.

Kalkverdi

Kalk er et jordforbedringsmiddel og regnes ikke som gjødsel. Hensikten med kalking er ikke primært å tilføre næringsstoffet kalsium, men å heve jordas pH. Ved valg av kalkingsmiddel må vi vite hvor stor andel av råvaren som har kalkvirkning. For å kunne sammenligne ulike kalkmidler angis kalkvirkningen i form av CaO. Jo høyere tall, desto høyere kalkvirkning.

Kalkverdien er et ubenevnt måltall som forteller hvor mye kalk som løses opp i jorda over et gitt tidsrom. Den er et samlende kvalitetsbegrep som bygger på kalkens totale kalkinnhold multiplisert med oppløseligheten:

$$\text{Kalkverdi} = \text{Totalt kalkinnhold} \times \text{løselighet}$$

Veiledende kalkverdi for de forskjellige kalkmidlene oppgis for ett år og fem år, og skrives 1 år/5 år i varedeklarasjonen. Dersom disse verdiene er like, betyr det at kalken har full effekt det første året og at det ikke blir noen ytterligere virkning etter fem år. Dette gjelder for eksempel Brentkalk som har en kalkverdi på 95/95. Det betyr at en virkning på 95 % allerede er oppnådd etter ett år.

Er kalkverdien 39/54 som i grovdolomitt, betyr det at kalken løser seg seinere. En virkning på 54 % av råvaren er først oppnådd etter fem år.

Virkningsgraden er avhengig av

kornstørrelsen på kalken. Jo finere den er malt, jo større spesifikk overflate har den, og desto raskere virker den i jorda. Grovmalt kalk løses seinere, men over mange år vil samlet effekt på pH i jorda ikke være vesentlig forskjellig mellom finmalt og grovmalt kalk.

Det finnes tabellverk hvor alle kalktypene på markedet er klassifisert med kalkverdi. Ved å dividere kalkprisen på kalkverdien etter fem år, får vi en pris pr. kg virksom kalk. Denne kan brukes til å sammenligne prisen på ulike kalkingsmidler. I tabell 1 er det gitt et eksempel som viser at selv om prisen pr. kg vare er lav, betyr ikke det nødvendigvis at prisen pr. kg CaO, som er det virksomme stoffet, er lavest.

Dersom man har lave magnesiumverdier i jorda (lave Mg-AL-tall, <5 mg/100 g) og man har behov for å kalke, anbefales det å bruke dolomittkalk som inneholder både Ca og Mg. Da vil kalken både være et kalkingsmiddel og gjødsel.

Skjellsand er et mye brukt kalkingsmiddel, spesielt langs kysten. Det er viktig at den er godt avvannet og vasket før bruk for å unngå saltskader på plantene. Skjellsand er et jordforbedringsmiddel og ikke et dyrkingsmedium. I rein skjellsand vil pH holde seg på omkring 8 så lenge det er karbonater igjen i jorda. Den egner seg derfor ikke til å dyrke planter i uten å blande den med annen jord, men det finnes både grasarter og urter som kan vokse godt i slik jord.

Hvor mye kalk skal vi bruke?

I kalkanbefalingene angir man ofte mengde CaO-enheter som trengs for å øke pH i jorda med 0,1 enhet. Det er et system som kan anvendes på alle kalkingsmidler når man kjenner kalkverdien for den kalken som skal brukes. Prinsippet for tallene i tabell 2 er at leirinnholdet og mengden organisk materiale er de dominerende faktorene når det gjelder bufferegenskapene i jorda. Jo mer av disse, desto mer kalk må brukes for å øke pH i jorda. Dette er veiledende tall som kan brukes i pH-området 5,5 til 7. Er man usikker på hvor mye som skal brukes, er det alltid en god regel å bruke litt for lite enn for mye. Dersom pH i jorda blir for høy, er det blant annet fare for at plantene vil mangle mikronæringsstoffer, og det er lite man kan gjøre bortsett fra å bruke forsurende



Særegen vegetasjon: Sand med skjellsand er vanlig på områder langs kysten med strandengvegetasjon. Foto: Trond Knapp Haraldsen

	Kalkverdi	Pris kr/kg vare	Pris kr/kg CaO
Dolomitt, halvbrent	79/79	0,49	0,62
Kalksteinsmel	45/48	0,34	0,70

Tabell 1. Eksempel på utregnet pris pr. kg CaO ved bruk av kalkverdi etter fem år.

		% organisk materiale (OM)			
Jordart		0-3	4-6	7-12	13-20
Sand, siltig sand	<5 % leire	25	30	35	40
Silt	<5 % leire	30	35	40	45
Sand, siltig sand, silt	5-9 % leire	35	40	45	50
Lettleire	10-25 % leire	40	45	50	60
Mellomleire, stiv leire	>25 % leire	40	50	55	65
Mineralblandet moldjord (21-40 % OM)		60			
Organisk jord (41-75 % OM)		75			
Organisk jord (>75 % OM)		90			
Torv, lite omdannet (>75 % OM)		40			

Tabell 2. Mengde CaO i kg pr. dekar for å øke pH i jorda med 0,1 enhet. Kilde: Krogstad, upubl.

gjødsel. Det kan ta mange år å senke pH dersom den er blitt for høy.

Behovet for kalking avhenger både av vekstmediet og hvilke planter som skal vokse i jorda. På grunn av lite aluminium i organisk jord er kravet til kalking mindre enn i mineraljord. Torvjord med pH høyere enn 6 har vanligvis ikke behov for kalking. Har jorda et høyt innhold av kalsium målt som Ca-AL, er også behovet for kalking mindre enn om Ca-AL er lavt.

I flere typer avløpsslam og komposter er det tilsatt kalk under behandlingen. Ved bruk av disse i grøntanlegg er det viktig å vurdere kalkingsvirkningen i tillegg til mengden næringsstoffer og organisk materiale som blir tilført. For å vurdere kalkingsvirkningen av slike materialer kan man grovt regne at når pH er >8,5, kan man multiplisere Ca-AL-verdien med 1,4 og få et estimat på CaO.

Tidspunkt og metode for kalking

Høsten er den beste tiden for å kalke. Da får kalken tid til å reagere i den fuktige jorda gjennom høsten og vinteren, og pH har økt når veksten kommer i gang på våren. Om mulig bør kalken blandes inn i jorda. Dette gir best effekt både på kort og lang sikt. Kalk spredd på overflaten krever regn eller vanning for at virkningen i jorda skal bli god. Tørke vil ofte føre til at kalken blir liggende på jordoverflaten uten effekt.

Tilfør aldri kalk og nitrogenholdig gjødsel samtidig i jorda. På grunn av den umiddelbare pH-økningen er det stor sannsynlighet for at noe av ammoniumet i gjødsla blir omdannet til ammoniakk og går tapt som gass. Nitrogeneffekten i jorda vil dermed bli mindre enn ønsket.

pH bør kontrolleres med ny jordprøvetaking tidligst om høsten året etter at det er kalket. ■



Figur 2. Undersøkelser av jordsmonn i kistegrav på nytt gravfelt på Havstein

Undergrunnsforholdene på norske gravplasser – eksempler fra Trondheim

Undergrunnsjorda på mange gravplasser i Norge består av massiv siltig mellomleire eller andre typer masser med svært høyt siltinnhold. Slike materialer er helt uegnede til kistegravfelt og lar seg ikke drenere.

TEKST OG FOTO: TROND KNAPP HARALDSEN, SENIORFORSKER NIBIO

Ulike dreneringstiltak, som kontakt-drenering har i mange tilfeller vært anbefalt og forsøkt, men resultatet har ikke gitt gravplasser som tilfredsstillende dreneringskravene i gjeldende forskrift. Følgelig er det nødvendig med masseutskifting for å oppnå egnede forhold for nedbrytning av kister med innhold.

Nedbryting

Nedbrytingsforholdene er påvirket av flere faktorer:

- Klima: Temperatur (vekstsesong), nedbør (tørke, nedbørsfordeling, nedbørsoverskudd).
- Jordfysikk: Tekstur, lagdeling, avsetningstype (som bestemmer infiltrasjonsevnen), vannlagringsevne,

vannledningsevne, porestørrelsesfordeling og -kontinuitet, fasthet, bæreevne.

- Jordkjemi: Surhetsgrad, mineralogi, innhold av potensielt løselige makro- og mikronæringsstoffer.
- Biologi: Innhold og kvalitet av organisk materiale i jordsmonnet, mikrobiell flora, jordfauna.

Gravplasser på eldre kirkegårder som ligger på veldrenert, dypt jordsmonn, har som oftest en kombinasjon av disse faktorene som gjør at graver kan gjenbrukes etter 20 til 40 år. Det er svært viktig at det er tilstrekkelig oksygentilgang nede på kistedybden, samtidig som det må være tilstrekkelig fuktighet til å holde i gang biologiske prosesser. I naturlig jordsmonn er det best omsetningsforhold for organisk materiale i det øverste jordlaget, og det avgjørende for funksjonen av kistegravfelt er om det er tilstrekkelig biologisk aktivitet på den dybden i jordsmonnet der en gravlegger kister med lik. Anaerobe forhold gir liten nedbryting av organisk materiale, mens pH, saltinnhold og ikke minst temperaturen er viktige faktorer som påvirker nedbrytningshastigheten (Petersen og Bergersen 2012, Martens et al. 2012, se også Gulden 2014). Det som anses å være gode bevaringsforhold for kulturminner, er altså det motsatte av det man ønsker å legge til rette for på gravplasser for kistegraver.

Kravspesifikasjoner

Det er utarbeidet ulike forslag til kravspesifikasjon for masser til erstatning for problematiske, stedeagne masser på gravplasser (Moe 2011, Stople 2011). Felles for disse er at det er brukt svært grove masser. Det løser åpenbart problemene med at vann blir stående i jordsmonnet. Massene som er brukt av Stople (2011) er beskrevet som bærelagsmasser, 0-22 mm. Teksturen av slike masser er i en jordsmonnssammenheng (Sveistrup og Njøs 1984) å betrakte som grusrik grovsand, der 65-88 prosent av massen består av partikler større enn 2 mm. Slike masser har nærmest ingen vannlagringsevne og vil ikke gi noen form for biologisk aktivitet i dypere-liggende lag. Noen røtter som følger soner med finmateriale nedover, kan finnes i slike masser. Det som likevel kan berge slike konstruksjoner, er nedbøroverskudd og stadig tilførsel av fuktighet. Når slike undergrunnsmasser blir kombinert med et jordlag på toppen, der en skal forsøke å etablere et plantedekke, vil det lett oppstå tørkestress i nedbørfattige perioder. I



Figur 1. Jordprofil med utskiftede masser av grusholdig, siltig grovsand på Tiller.

nedbørrike perioder oppstår derimot overmetning og hengende vann. Slike forhold ble også observert på et felt på Tiller i Trondheim, der man hadde brukt masser av grusholdig, siltig grovsand (Figur 1). Disse massene var komprimert, svært vanskelige å grave i med håndredskap, og hadde ingen rotutvikling.

På Tiller hadde det opprinnelig vært et topplag på 10 cm tykkelse av vekstjord, som i regnrike perioder ble fullstendig vannmettet. Etter å ha doblet tykkelsen av dette laget, ble det mulig å gå over arealet også i nedbørrike perioder.

Feltundersøkelse

Ved en feltundersøkelse 20. oktober 2011 hadde det regnet kraftig siden kvelden dagen før, og det regnet også mye mens undersøkelsen pågikk. Ifølge nærmeste målestasjon hadde det kommet om lag 100 mm nedbør siste 30 døgn, noe som tilsvarer normalen (met.no). Topplaget på Tiller var blitt overmettet av nedbøren, mens de underliggende lagene av grusholdig, siltig grovsand var bare svakt fuktige. Disse massene var imidlertid så kompakte at måleinstrumentet som ble brukt for å måle jordfuktighet, fikk bøyd tinder, og det var rimeligvis ingen rotutvikling i dette laget.

Anbefalinger holder ikke vann

Når en vurderer anbefalingene til Moe (2011) og Stople (2011) og sammenholder dem med resultatene fra

Tabell 1. Kornstørrelsesfordeling til masser på Tiller.

	Sand				Silt		Leir	Grus
	2-0,6 mm	0,6-0,2 mm	0,2-0,06 mm	0,06-0,02 mm	0,02-0,006 mm	0,006-0,002 mm	<0,002 mm	2-20 mm
0-2	39	12	4	4	6	7	2	26

feltundersøkelsene på Tiller (Tabell 1), er det mye som tyder på at anbefalingene ikke holder vann, bokstavelig talt. Det største problemet er at det ikke ser ut til å bli forhold for biologiske prosesser nede på kistedybden. Dermed får man ikke den ønskede nedbrytingen av kiste med innhold. Dette stemmer godt overens med Klingberg (1997), som peker på at verken tette jordarter, dominert av silt og leire, eller visse typer sandjord gir tilstrekkelig nedbryting av gravinnholdet. Mens problemet med de tette jordartene er liten tilgang på oksygen, er problemet i sandjord liten mikrobiell aktivitet på grunn av begrenset vanntilgang og lavt innhold av organisk materiale. Lik i kister i gravkjellere blir i stor grad mumifisert fordi det er for lite fuktighet til å fullføre nedbrytingsprosessene.

Utskifting av jord

Ved masseutskiftingen på Havstein gravplass i Trondheim ble det brukt en jordsmonnmessig tilnærming, basert på erfaringene med at gamle kirkegårder med dypt og veldrenert jordsmonn har fungert til gravlegging i lange tider. Det ble laget en jordblanding av stedege leire og sand fra et nærliggende sandtak. Luftinnhold og vannlagringsevne ble



Figur 3. Grav på Havstein gravplass i masseutskiftet kistegravfelt.



Figur 4. Vertikalt profilsnitt av oppbygd jordsmonn i kistegravfelt på Havstein.

beregnet ut ifra en modell basert på tekstur (Riley 1996). Ved feltundersøkelser på det nye gravfeltet på Havstein i november 2014 (Figur 2) ble det foretatt målinger av rotutvikling og vanninnhold og tatt ut jordprøver for vurdering av om blandingen var blitt i tråd med anbefalingene (Figur 3).

I det nye kistegravfeltet på Havstein ligger det et drekslag på ca. 160 cm dybde, og massen i laget over består av lettleire, som er en blanding av stedege leire og sand. Massen var jevnt over godt blandet, men det fantes noen partier med større leirklumper og noen med sand. På toppen er det et lag anleggsgjord av siltig grovsand, som hadde litt lavere moldinnhold enn planlagt. I gravprofilen utgjorde topplaget 45 cm. Det hadde høyere moldinnhold og mindre finstoff enn i laget under. Røtter av plen gras ble observert ned til 70 cm dybde, og det var jevn fuktighet på om lag 30 volum-

prosent vann i hele profilet ned til 130 cm. Det var ingen tegn til anaerobe soner, og massene i dybden var gråbrune uten fargeflekker (Figur 4). Massene på Havstein fikk ikke helt den sammensetningen som var planlagt, men resultatet ble likevel tilfredsstillende.

Stor kontrast

Kontrasten i egenskaper hos massene på kistegravfeltene på Tiller og på Havstein er svært store, og det er ingen tvil om at anlegget på Havstein fungerer godt som grøntanlegg (Figur 5). Det har også vesentlig bedre funksjoner for nedbryting av organisk materiale i dypere liggende jordlag enn på Tiller. Mens det er utviklet kriterier for hva som er god anleggsgjord til

«GODE BEVARINGSFORHOLD FOR KULTURMINNER ER DET MOTSATTE AV DE EN BØR LEGGE TIL RETTE FOR PÅ GRAVPLASSER FOR KISTEGRaver.»

ulike typer grøntanlegg (Haraldsen 2010, Haraldsen og Krogstad 2017), synes de publiserte anbefalingene for utskifting av masser i kistegravfelt å være laget på svært tynt vitenskapelig grunnlag. Det er også kjent at det er betydelige problemer med jordsmonnfunksjonen på gravplasser rundt om i Norge, og mange steder kan man ikke gjennomføre ny gravlegging etter at festetida er gått ut, fordi kiste med innhold ikke er brutt ned i tilstrekkelig grad. Det er derfor viktig å framskaffe informasjon om hva som er suksesskriteriene for å oppnå god omsetning av gravlagt kiste med innhold, slik at det ikke oppstår uverdige forhold ved oppgraving av ufullstendig nedbrutte rester.



Figur 5. God etablering av grøntanlegg på nytt gravfelt på Havstein.

Forskningsbehov

Det bør gjennomføres en større kartlegging der man søker å få samlet informasjon om reell omløpstid på graver jamført med jordsmonn og klima. På bakgrunn av data fra en spørreundersøkelse rettet mot kirkelige fellesråd og gravferdsetater bør man velge ut noen gravplasser for nærmere undersøkelser. Målet må være å kartlegge egenskaper til jordsmonnet på steder med uproblematisk nedbryting og klargjorte graver etter 20-25 år, områder som er klare til ny gravlegging etter 30-40 år, 50-60 år, samt områder der man ikke kan foreta ny gravlegging.

Resultatene fra en slik jordundersøkelse vil kunne nyttes for å lage mer spesifikke og sikre angivelser av krav til masser som egner seg til bruk i kistegravfelt. Det kan også være aktuelt å anlegge forsøksfelt med opparbeiding av kistegravfelt med anbefalte masser. Her vil det være mulig å følge nedbryting av for eksempel gravlagte griser i kiste. En vil kunne utstyre kiste og jordsmonnet rundt kista med ulike følere og sensorer som kobles til datalogger og registrere faktorer som temperatur, vanninnhold, luftinnhold, red./oks.-forhold og gassammensetningen i jordlufta. ■

Referanser

- Gulden, K.T. 2014. I jord er den havnet, i jord bør den forbli. Bevaring av kulturminner for ettertiden. http://www.bioforsk.no/ikbViewer/page/forside/nyhet?p_document_id=108984
- Haraldsen, T.K. 2010. Vurdering av prosesskoder for jord til grøntanlegg. Bioforsk Rapport 5(165), 29 s.
- Haraldsen, T.K.; Krogstad, T. 2017. Anleggsgjord – produsert for bruk i grøntanlegg, park & anlegg 16(1):14-17.
- Klingberg, H. 1997. Kirkegårdsboka. Forsythia forlag.
- Martens, V.V.; Amundsen, C.-E.; Bergersen, O. 2012. Research on conservation state and preservation conditions in unsaturated archaeological deposits in Oslo. Conservation and Mgmt. of Arch. Sites 14(1-4).
- Moe, S. 2011. Utskifting av masse ved oppgraving av graver. FAGUS Fakta 8(7), 2 s.
- Petersén, A.; Bergersen, O. 2012. An assessment of the status and condition of archaeological remains preserved in situ in the medieval town of Trondheim based on archeochemical investigations conducted during the period 2007-2010. Conservation and Mgmt. of Arch. Sites 14(1-4).
- Riley, H. 1996. Estimation of physical properties of cultivated soils in southeast Norway from readily available soil information. Norw. J. Agric. Sci., Suppl. No. 25, 51s.
- Stople, E. 2011. Utskifting av løsmasser i forbindelse med opparbeidelse av gravlunder. Erfaringer fra Hundvåg gravlund i Stavanger. FAGUS Fakta 8(10), 8 s.
- Sveistrup, T.E.; Njøs, A. 1984. Kornstørrelsesgrupper i mineraljord. Revidert forslag til klassifisering. Jord og myr 8(1):8-14.

Forfatterne



Foto: Torhild Narvestad Anda

Trond Knapp Haraldsen (f. 1961) er utdannet innen jordfag ved daværende Norges landbrukshøgskole (NLH), cand. agric. 1985. I løpet av karrieren som forsker har han vært tilknyttet ulike institutter og forskningsstasjoner, som i dag er en del av Norsk institutt for bioøkonomi (NIBIO). I doktorgradsavhandlingen la Haraldsen i 1990 fram studier av virkninger av jordpakking og bløtgjødsel på luftveksling og infiltrasjonsevne i jordtyper fra Nord-Norge. Haraldsen var tilknyttet Holt forskningsstasjon i Tromsø i perioden 1985-94. Etter avsluttet doktorgrad arbeidet han med avrennings- og erosjonsundersøkelser på jordbruksarealer og fortsatte med slike studier etter at han begynte som forsker ved Jordforsk på

Ås i 1995. Etter at Fornebu ble lagt ned som flyplass, ble Haraldsen engasjert i prosjekter for Statsbygg med å utvikle jordsmonn til grøntområder på Fornebu med spennvidde fra naturlignende vegetasjon til skjøttet park. Dette ble starten på utviklingen av jordblandinger og retningslinjer for egnet jord til ulike typer grøntanlegg. I de senere år har Haraldsen arbeidet med bruk av organiske avfallsmaterialer i jordbruk, grøntanlegg og i jordblandinger. I 2007 ble han bedømt kompetent på professornivå og ble seniorforsker. I formidlingen av fagstoff har Haraldsen nytte av at han i mange år har vært frilansjournalist for lokalaviser.

e-post:
trond.haraldsen@nibio.no

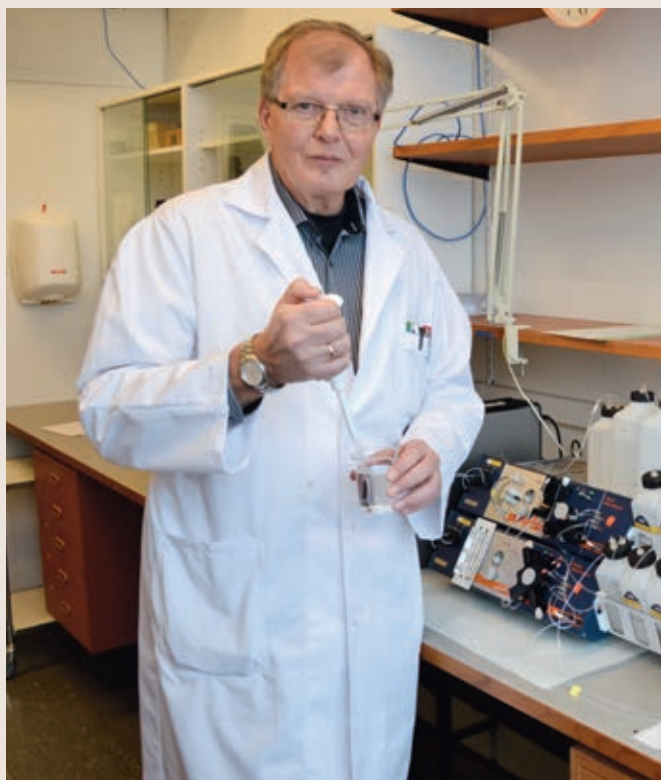


Foto: Trond Knapp Haraldsen

Tore Krogstad (f. 1953) er utdannet cand. agric. fra Norges landbrukshøgskole (NLH) i 1979 og dr.scient. i jordkjemi samme sted i 1982. I doktoravhandlingen presenterte han studier av tungmetallionselektivitet i organisk materiale i jord og hvordan kalking og omdanning påvirket bindingen av ioner. Han har gått gradene innen forskningen, som forsker, førsteamanuensis, og siden 1993 har han vært professor i jordkjemi og planteernæring ved nåværende Norges miljø- og biovitenskapelige universitet (NMBU), Fakultet for miljøvitenskap og naturforvaltning. Krogstads forskning har vært omfattende. Innen planteernæring har fokus i

særlig grad vært knyttet til fosfor og kalium. For å bedre gjødslingsanbefalingene basert på kjemiske og fysiske analyser av jord, organiske avfallsmaterialer og slam har det vært utført omfattende testing av plantetilgjengelighet i laboratorie- og feltforsøk. Han har også gjennomført omfattende forskning på samspillet mellom jord og vann, og hvordan gjødsling og kjemiske prosesser i jord påvirker vannkvalitet i ferskvann. Krogstad er leder for jord- og vannlaboratoriet ved NMBU og har veiledet en rekke masterstudenter og doktorgradsstudenter i årenes løp.

e-post:
tore.krogstad@nmbu.no

park & anlegg

FAGBLADET FOR GRØNTANLEGGSSSEKTOREN

- Landskapsarkitekter • Anleggsgartnere • Landskapsingeniører
- Trepleiere • Planteprodusenter • Studenter og lærlinger
- Forvaltere av grøntarealer og idrettsanlegg i privat og offentlig sektor



park & anlegg har som mål å være en informasjons- og kommunikasjonskanal for utøvere i fagene innen grøntanleggssektoren, mellom de som planlegger, de som bygger, de som vedlikeholder og de som produserer til grøntanlegg.

Velkommen som abonnent eller annonsør i **park & anlegg**, grøntanleggsektorens samlingspunkt.

Ole Billing Hansen, redaktør
Tlf. 48 07 56 41
e-post: oleb@gartnerforbundet.no
www.parkoganlegg.no



Grøntarealer i byer skaper trivsel, helse og godt miljø - men det trengs kompetanse skal anlegget bli vellykket!

NIBIOs avdeling Grøntanlegg og miljøteknologi utvikler og formidler kunnskap om etablering, restaurering og vedlikehold av alle typer grønne arealer i urbane strøk. Vi har forskningsbasert kompetanse på jord, vegetasjon, hydrologi og ulike miljøfag. Vi leverer forsknings- og rådgivningsoppdrag til kommuner og private leverandører og aktører/entreprenører.

Spør oss gjerne om hjelp til ditt prosjekt innen grøntmiljø, sportsgress (turf), jord og vannrensing og fordrøyning.

Kontaktperson: Håkon Borch, hakon.borch@nibio.no.



www.nibio.no



Norges miljø- og
biovitenskapelige
universitet

**9 av 10 får relevant jobb
etter studier på NMBU**



nmbu.no