

RAPPORT LNR 3913-98

**B**ruk av bark for  
vitalisering av skrinn jord  
og opparbeiding av nye  
jordbruksarealer

<b>Hovedkontor</b> Postboks 173, Kjelsås 0411 Oslo Telefon (47) 22 18 51 00 Telefax (47) 22 18 52 00	<b>Sørlandsavdelingen</b> Televeien 1 4890 Grimstad Telefon (47) 37 29 50 55 Telefax (47) 37 04 45 13	<b>Østlandsavdelingen</b> Sandvikaveien 41 2312 Ottestad Telefon (47) 62 57 64 00 Telefax (47) 62 57 66 53	<b>Vestlandsavdelingen</b> Nordnesboder 5 5008 Bergen Telefon (47) 55 30 22 50 Telefax (47) 55 32 88 33	<b>Akvaplan-NIVA A/S</b> 9015 Tromsø Telefon (47) 77 68 52 80 Telefax (47) 77 68 05 09
--	---	--	---	---

Tittel Bruk av bark for vitalisering av skrinne jord og opparbeiding av nye jordbruksarealer	Løpenr. (for bestilling) 3913-98	Dato 1998, 10.28
	Prosjektnr. Undernr. O-95158 -	Sider Pris 40 -
Forfatter(e) Norgaard, Erik Guttormsen, Gunnar, Planteforsk Ugland, Torleiv Næss, Planteforsk Leidal, Sigbjørn, Aust-Agder Forsøksring	Fagområde Landbruk	Distribusjon ÅPEN
	Geografisk område Aust-Agder	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Fylkeskommunen i Aust-Agder, Landbruksavdelingen Fylkesmannen i Aust-Agder, Miljøvernnavdelingen Rygene-Smith & Thommesen	Oppdragsreferanse Brev av 22.06.95 (J.nr.: 770/95/GEM)
---	--

## Sammen drag

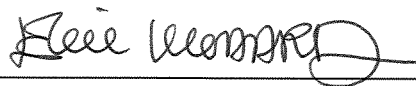
Prosjektet *Bruk av bark for vitalisering av skrinne jord og opparbeiding av nye jordbruksarealer* er gjennomført for å 1) dokumentere omdanningen av bark lagt ut i lag på opp til 1 meters tykkelse på skrinne jordarealer 2) dokumentere kvaliteten i sigevann fra barkmassene og eventuelle endringer i sigevannskvaliteten over tid 3) foreslå rutiner ved bruk av bark for vitalisering av skrinne jord og opparbeiding av nye landbruksarealer. Etter kun 2 år er omdanningen av barken beskjedent. Sigevannet inneholder høye konsentrasjoner med organisk stoff, mens mangankonsentrasjonene er moderat høye. Nitrogeninnholdet og med noen unntak fosforinnholdet er gjennomgående lave. Det er foreløpig ikke observert endringer av hverken TOC, Mn eller Tot-N i bekkevann som fører fra lokaliteten. Konsentrasjonene av bly og kadmium i barken har vist seg å være lave. Produksjonen av raigras har vært noe lavere enn forventet, noe som kan forklares med tørre sommere, spesielt i 1997 og mangelfull vanning. Dyrking på bark krever gjødsling utover jordas behov p.g.a. et høyt overskudd av karbon i forhold til nitrogen og fosfor. Vannings- og gjødslingsstrategier må legges opp i samarbeide med fagfolk og tilpasses type produksjon og kvaliteten i det aktuelle toppdekket. Barklag på opptil 1 meter bør kunne anvendes for vitalisering av skrinne jord, dersom dette ikke kommer i konflikt med grunnvannsbrønner og / eller sårbare resipienter. Risikoen for avrenning av organisk stoff synes å være størst, spesielt i en innledende periode på 2-3 år. Når barken plasseres på løsmasser forventes ulike partikler, f.eks. mangan- og jernoksyder samt biomasse som er dannet ved nedbrytning av organisk stoff, å kunne holdes tilbake fra vannstrømmen. For å få til en mest mulig effektiv omdanning av barken og for å utnytte barkens potensiale som vannreservoar anbefales at tykkelsen på toppdekket ikke overskrider 15 cm.

## Fire norske emneord

1. Bark
2. Resirkulering
3. Avrenning
4. Jordforbedring

## Fire engelske emneord

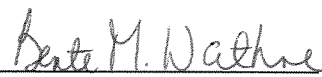
1. Cork
2. Recycling
3. Seepage
4. Soil conditioner



Norgaard, Erik

Prosjektleder

ISBN 82-577-3501-9



Wathne, Bente

Forskningsjef

**Bruk av bark for vitalisering av skrinn jord og  
opparbeiding av nye jordbruksarealer**

## Forord

Prosjektet *Bruk av bark for vitalisering av skrinn jord og opparbeiding av nye jordbruksarealer* er satt i gang med bakgrunn i ønsker fra landbruket om å bruke bark i ulike produksjonssammenhenger og fra forurensningsmyndighetene om å få bedre kunnskap om barken som forurensningskilde som grunnlag for å vurdere om det kan forsvares å legge ut bark i noe tykkere lag enn hva som ofte anbefales i dag (< 20 cm).

Prosjektet er gjennomført som et samarbeide mellom næring (Rygene-Smith & Thommesen og grunneier, Lars Torp), forskningsinstitusjoner (NIVA-Sørlandsavdelingen, Planteforsk og Aust-Agder Forsøksring) og forvaltningen (Landbrukskontoret i Grimstad og Fylkesmannen i Aust-Agder v/landbruks- og miljøvernavdelinger).

Gjennomføringen av prosjektet har vært avhengig av tett kontakt og en vesentlig arbeidsinnsats fra grunneier Lars Torp i Reddal. Det rettes derfor en spesiell takk til ham.

Grimstad, 28. oktober 1998

*Erik Norgaard*

---

# Innhold

<b>Sammendrag</b>	<b>6</b>
<b>1. BAKGRUNN</b>	<b>9</b>
<b>2. INNLEDNING</b>	<b>10</b>
2.1 Bark som kilde til organisk materiale	10
2.2 Bark som kilde til nitrogen, fosfor og andre sentrale plantenæringsstoffer	10
2.3 Bark som vannreservoir	11
2.4 Bark som kilde til miljøgifter	12
<b>3. MATERIALER og METODER</b>	<b>13</b>
3.1 Beskrivelse av forsøksfelt	13
3.1.1 Forbehandling av forsøksfelt	14
3.2 Beskrivelse av barkkvalitet	14
3.3 Etablering av forsøksfelt	14
3.3.1 Utlegging av bark	14
3.3.2 Gjødselstrategier	14
3.3.3 Etablering og drift av lysimetre	15
3.4 Prøvetaking	16
3.4.1 Vannprøver	16
3.4.2 Prøver fra barklag og massene under barklag	16
3.4.3 Prøver av biomasse	16
3.5 Analyser	17
3.5.1 Kommentarer til parametervalg	17
<b>4. Resultater og diskusjon</b>	<b>18</b>
4.1 Nedbørmengder i prosjektperioden	18
4.2 Analyser av jordvann	19
4.2.1 pH	20
4.2.2 Organisk karbon (TOC)	21
4.2.3 Mangan	22
4.2.4 Nitrogen	24
4.2.5 Fosfor	25
4.2.6 Kommentarer og prosessbeskrivelse for mineralisering av bark	26
4.3 Bark og jordprøver	28
4.3.1 pH	28
4.3.2 Glødetap	28
4.3.3 Tørrstoff	28
4.3.4 Kjeldahl-N	29
4.3.5 Fosfor	29
4.3.6 Mangan	29
4.3.7 Tungmetaller	29
4.3.8 Kommentar	29
4.4 Avling 1996	31

---

4.5 Kløverandel 1996	31
4.6 Avling 1997	33
4.6.1 1. Slått	33
4.6.2 2. slått - 25/7 1997	33
4.6.3 3. slått 15/9 1997	34
4.6.4 Kommentarer	35
4.7 Vanning 1997	36
4.7.1 Kommentar til vanning	37
<b>5. Konklusjoner</b>	<b>38</b>
<b>6. Oppfølging av forsøksfeltet</b>	<b>39</b>
<b>7. Referanser</b>	<b>40</b>

---

## Sammendrag

Formålet med prosjektet *Bruk av bark for vitalisering av skrinne jord og opparbeiding av nye jordbruksarealer* er formulert i 3 punkt:

1. Prosjektet skal dokumentere omdanning (humifisering) av bark lagt ut i opp til 1 meters tykkelse på skrinne jordarealer.
2. Prosjektet skal dokumentere kvaliteten i sigevann fra tykke barklag (opp til 1 meter) og endringer i kvalitet over tid. Eventuelle negative miljøkonsekvenser skal avdekkes.
3. Med bakgrunn i resultater og erfaringer skal prosjektet gi grunnlag for å utarbeide rutiner for bruk av bark for vitalisering av skrinne jord og opparbeiding av nye landbruksarealer.

I regi av prosjektet er det lagt ut bark i tykkelser på opp til 1 meter på et område på 25 da. i Reddal. Området ligger på en morenerygg dekket med skrinne, sandig jord. Behovet for tilførsel av humus ble vurdert å være stort. I forbindelse med etablering av dyrkingsarealet ble store mengder med jord såldet for å fjerne stein.

Barken ble lagt ut i lag på 0.5 til 1 m. Såldet jord i tykkelser på ca. 15 cm ble brukt som topplag. Tykkelsen av bark ble valgt ut fra ønsker om

- at hele barkmengden skal kunne omdannes til jord ved aerobe prosesser over en rimelig tidsperiode (innen 5 – 10 år)
- at barken etter noen tid skal spille en positiv rolle som vannreservoir og dermed begrense bondens vanningskostnader
- at prosjektet skal gi informasjon om miljøpåvirkning og eventuelle miljøkonsekvenser ved landbruksproduksjon på tykke barklag
- at barkvolumene som eventuelt kan anvendes på denne måten også skal ha "verdi" som en mulig løsning når treforedlingsindustrien må finne alternative disponeringsmuligheter for denne ressursen

Et areal på i underkant av 5 da. ble delt i 4 og undergitt ulik behandling:

1. Ingen tilsats av gjødsel (barkdybde = 0.5 m)
2. Normal gjødsling (barkdybde = 1 m)
3. Normal gjødsling + 25% N i tillegg (barkdybde = 1 m)
4. Normal + slam + 25% N (barkdybde = 1 m)

I hvert av disse forsøksfeltene ble det gravd ned 3 lysimeterstasjoner for innhenting av vannprøver i grunnen, 20 cm under barklaget.

Det ble også tatt ut 0-prøver av barkmassene i 2 dyp og fra grunnen under barklaget i samtlige felt.

I tillegg til barkfeltene ble det etablert et kontrollfelt uten barklag, hvor det ble innhentet tilsvarende prøvemateriale.

Vannkvaliteten i bekkeløp som renner ut fra hver sin ende (nord-sør) av dyrkingsfeltet i Reddal viser ingen tegn på å være påvirket av sigevann fra barkmassen.

Sigevannsmengder og kvalitet (kjemisk sammensetning) i lysimeterprøvene varierer både mellom og innen forsøksfeltene. Stedvis høyt tørrstoff i barklaget kan tyde på at det i noen områder slipper lite vann gjennom barklaget. En annen forklaring på forskjellene kan være at grunnvannet i perioder kan stå høyt i deler av lokaliteten. Dette vil eventuelt resultere i fortykning av sigevannsprøven.

Forurensningspotensialet i bark er størst med hensyn på organisk stoff, målt som TOC samt i noen grad mangan (og erfaringsmessig jern som det ikke ble analysert for). Resultatene fra 1997 kan tyde på at konsentrasjonene av disse parameterene allerede er på retur i sigevannet, spesielt i fra gjødslede felt.

Nivået av TOC og Mn i bekkevannet synes ikke å ha endret seg i fra starten av forsøket. Både mangan og jern vil oksideres til henholdsvis brunstein ( $MnO_2$ ) og jernhydroksid ( $Fe(OH)_3$ ) som i det alt vesentlige holdes tilbake i løsmassene.

Når det gjelder organisk materiale forventes den omsettelige fraksjonen delvis å brytes ned til  $CO_2$  og vann og delvis å omdannes til biomasse som igjen holdes igjen i løsmassene. En ukjent andel inert KOF (organisk stoff som ikke brytes ned) på partikulær form forventes å bli holdt igjen i sand- og gruslaget, mens den inerte oppløste KOF-fraksjonen vil kunne transporteres gjennom morenemassene og eventuelt ut i grunnvannet. Omfanget av en slik transport er usikker.

Resultatene så langt viser at bark i lag på opp til 1 meter ikke representerer store kilder til fosfor- og nitrogenforurensning. For sistnevnte vil den være minimal og en fascinerende hypotese er at barken fungerer som en "absorbent".

Avlingen fra arealet har ligget opp mot og/eller lavere enn anslått normalproduksjon for raigras. Våren 1997 lå det imidlertid an til stor produksjon fra lokaliteten, men tørke og uheldige omstendigheter knyttet til blottleggelse av deler av forsøksfeltet førte til en kraftig uttørking av plantemasse.

Det er iverksatt utbedrelser av forsøksfeltet og bestemt at det skal følges opp med hensyn til differensiert gjødsling, vanning og avlinger også i 1998. Produksjon av raigras vil imidlertid erstattes med produksjon av utvalgte grønnsaker.

I hvilken grad bark fungerer som et vannreservoir er vanskelig å konkludere med på grunnlag av resultater og erfaringer fra disse forsøkene. Siden raigras har relativt grunne rotsystemer kan uttørkingen skyldes at røttene for en stor del kun er etablerte i en dreneringssvak sandjord (toppdekket). På grunn av at tykkelsen på toppdekket har overskredet anbefalte maksimaltykkelser på 15 cm har denne effekten antagelig blitt forsterket. For forsøksfeltene 3 og 4 synes det i tillegg klart at det ble etablert et ekstra dreneringssug på grunn av at sidene av disse feltene ble blottlagt i 1997. Det er mulig at barkens potensiale som vannreservoir



fremkommer bedre over tid etter som massene mineraliseres og synker sammen og etter hvert som rotsystemene etableres i barkmassene. Det er også viktig å holde tykkelsen på toppdekket under 15 cm.

Med bakgrunn i resultater og erfaringer fra prosjektet *Bruk av bark for vitalisering av skrinn jord og opparbeiding av nye jordbruksarealer* er en foreløpig konklusjon / innspill til prosedyre at:

- Omdanningen av bark som ligger i lag på opp til **1 meter** er vist å være minimal i de 2 første årene etter utlegging. Med gjødsling og bearbeiding av barken, bl.a. ved innarbeiding av bark i et topplag på maksimalt 15 cm, forventes imidlertid nedbrytningen å ha kommet godt i gang etter 5 år. Erfaringer fra dyrking på bark tilsier at barklag på 50 - 60 cm kan omdannes til jord i løpet av 5 - 10 år.
- Etablering av bark på opp til **1 meter** bør kunne gjøres i områder med skrinn jord uten stor risiko for forurensning. Gjennom de første årene vil det imidlertid være høye konsentrasjoner med **organisk stoff, jern og mangan** i sigevann direkte under barklaget. Det er indikasjoner på at gjødsling vil binde opp organisk stoff i biomasse, og dermed føre til en raskere reduksjon av konsentrasjonene i sigevann.
- Det må ikke finnes brønner eller følsomme resipienter i umiddelbar nærhet som kan ta skade av forbigående avrenning av organisk stoff og muligens jern og mangan. Det kan være påkrevet å følge opp nærliggende vannresipienter med prøvetaking og analyser av organisk stoff, mangan og jern.
- Den ideelle lokalisering er på løsmasser som vil filtrere sigevannet (morenegrus f.eks). Et alternativ er avskjæring og behandling av sigevann før det når bekk eller andre åpne vannforekomster
- Avlingene fra forsøksfeltet har vært moderate noe som viser at barken må **gjødsles** etter forskrift som utarbeides med basis i analyser av jordprøver. I Reddal fikk barklaget bl.a. en tilleggsdose med kobber (som  $\text{CuSO}_4$ ). Produksjonen av raigras i ubehandlet bark lå for øvrig på ca. 25% av produksjonen i gjødslede barkfelt
- Toppdekkets tykkelse må ikke overstige **15 cm**. Tykkere lag vil vanskeliggjøre innarbeiding av delvis nedbrutt bark i sandjorda. Da sand og skrinn jord holder dårlig på vann, vil tykke lag legge forholdene til rette for tørkeskader simpelthen ved å forhindre at røttene når ned til vannmettet bark
- Da erfaringene så langt inngir usikkerhet om hvorvidt barken har et stort potensiale som vannreservoir, anbefales at det legges opp en vanningsstrategi (sammen med fagekspertise). Spesielt i tilfeller der toppdekket (med skrinn og grovkornet sand) er tykkere enn 15 cm kan det synes som om en egnet strategi vil være hyppig vanning med små mengder.

# 1. BAKGRUNN

Det er stilt spørsmål ved de miljømessige konsekvensene av at tykke barklag legges ut for å opparbeide nytt dyrkingsareal og / eller vitalisere fra før av skrinne jordtyper.

Miljøforvaltningen er i utgangspunktet restriktive med å tillate annet enn utlegging av relativt tynne barkdekker (10-20 cm) som senere eventuelt kan pløyes ned i jorda.

Ved vitalisering av skrinne jordtyper og ved opparbeiding / arrondering av nye produksjonsarealer, kan det imidlertid være behov for tilsetninger av humus utover det som anbefales. Barklag i en viss tykkelse vil også kunne fungere som vannreservoarer. Erfaringene med å bruke bark i slike sammenhenger har vært gode (Norgaard og Ugland, notat 1994).

Det stilles imidlertid spørsmål ved de miljømessige konsekvensene som denne barkbruken kan ha (avrenning og gassavgivelse), og også om bruk av bark som "fyllmasse" er en bærekraftig bruk av en verdifull ressurs.

Bruk av større mengder med bark (karbon) i jordbruksproduksjon, vil nødvendigvis også binde opp en god del fosfor og nitrogen, og dermed kreve gjødsling ut over det som regnes for å være tilstrekkelig for den aktuelle jorda (gjødselbehov beregnes normalt ut fra resultater av jordanalyser).

Med utgangspunkt i oven nevnte er prosjektet *Bruk av bark for vitalisering av skrinne jord og opparbeiding av nye jordbruksarealer* satt i gang i et skrint jordbruksareal like nord for Reddal i Grimstad kommune (Møretrømoen).

Vert for prosjektet er grunneier Lars Torp.

Prosjektet er organisert som et samarbeidsprosjekt mellom NIVA-Sørlandsavdelingen, Aust-Agder Forsøksring, Planteforsk, avdeling Landvik og grunneier.

Tykkelsen på barklaget som brukes på Reddal er satt til 1m (løsvolum). Denne tykkelsen er valgt av flere grunner:

1. At hele barkmengden over en rimelig tidsperiode skal kunne omdannes til jord ved aerobe prosesser (5 – 10 år)
2. At barken etter noen tid skal spille en positiv rolle som vannreservoir og dermed begrense bondens vanningskostnader
3. At prosjektet skal gi informasjon om miljøpåvirkning og eventuelle miljøkonsekvenser ved bruk av større barkmengder
4. At barkvolumene som eventuelt kan anvendes på denne måten også skal ha "verdi" som alternativ løsning når treforedlingsindustrien må finne disponeringsmuligheter for denne ressursen
5. At barken til en viss grad kan brukes ved bakkeplanering

## 2. INNLEDNING

Bark representerer et avfallsprodukt fra produksjon av ulike masser i treforedlingsindustrien. Det dreier seg om store volumer, bare i Vest- og Aust-Agder kan den årlige løsmasseproduksjonen beregnes til mer enn 100 000 m<sup>2</sup>.

Barken bør disponeres slik at den kommer til nytte i jordbruket.

Ved deponering av store mengder kan barken representere en kilde til forurensning av grunnvann, bekker og vassdrag samt luft (kilde til metan og andre flyktige forbindelser).

### 2.1 Bark som kilde til organisk materiale

Bark består av > 90% organisk materiale, og vil derfor kunne representere sårt tiltrengt humus for skrinne jordtyper. Bark bør således kunne inngå som et kjærkomment produkt i jordforbedringstiltak.

En del av det organiske materialet løses lett opp, noe som kan forårsake forurensning i nærmiljøet, f.eks av bekker og vassdrag. Ved trommelbarking av tømmer er det friksjon og store vannmengder som får barken til å løse fra stokken. Denne prosessen resulterer i utvasking av lettløslige komponenter allerede før videre disponering, og dermed en tilsvarende reduksjon av mengdene i sigevannet fra barkmassene i et deponi. I granbark er det opptil 30% (vekt av TS) ekstraherbare stoffer (Solbraa, pers. med. 1996). En stor del av det organiske materialet består av karbohydrater og tanniner (garvesyrer). Sistnevnte kan påvirke pH ved å senke denne til verdier ned mot 4.

Vedstrukturen i bark består av cellulose, hemicellulose og lignin;- de to sistnevnte representerer stoffgrupper som er moderat til tungt nedbrytbare. De gir neppe bidrag av betydning til den vannekstraherbare delen.

I større deponier vil mangel på oksygen gi muligheter for mikrobielle prosesser som fører til dannelse av metan som er uønsket p.g.a. dens rolle som drivhusgass. Det er imidlertid usikkert om de relativt sure forholdene i barkmassene er forenlig med etablering av en effektiv metanogenese annet enn i avgrensede soner.

### 2.2 Bark som kilde til nitrogen, fosfor og andre sentrale plantenæringsstoffer

Innholdet av nitrogen og fosfor i bark er lavt, < 0.5 g N / kg TS og < 0.1 g P / kg TS (Solbraa, 1973, Norgaard og Ugland, 1994). I så små mengder vil disse næringsstoffene være

begrensede når bakterier og sopp skal besørge omdanningen av barkmassen. Dersom barkmassen skal kunne brukes til vekstmedium må den derfor gjødsles tilstrekkelig.

Bark og da spesielt granbark er rikere på kalsium, kalium og til en viss grad også magnesium enn torv som ofte benyttes i jordforbedringssammenhenger (Solbraa, 1973).

Tabell 1 viser innholdet av plantenæringsstoffer i bark og sphagnumtorv (Solbraa, 1973., Ugland og Norgaard, 1994).

**Tabell 1.** Innhold av plantenæringsstoffer i gran- og furubark og i sphagnumtorv (Solbraa, 1973., Ugland og Norgaard, 1994)

Materiale	Mineral						
	Kalsium (Ca)		Kalium (K)		Fosfor (P)		Nitrogen (N)
	g/m <sup>3</sup>	g/kg TS <sup>1</sup>	g/m <sup>3</sup>	g/kg TS <sup>1</sup>	g/m <sup>3</sup>	g/kg TS <sup>1</sup>	g/m <sup>3</sup>
Granbark	1 200	2,48	340	0,51	70	0,16	440
Furubark	395		120		25		310
Torv	150		14		2		450

<sup>1</sup> Ugland og Norgaard, 1995

Et stort underskudd på nitrogen i forhold til omsettelig karbon gjør også at bark kan betraktes som en "nitrogenfelle". Dette bør være en interessant egenskap, da nitrat og ammonium er i ferd med å erstatte svovel-oksydene som de viktigste elementene i den sure nedbøren som faller ned over store deler av Norge.

### 2.3 Bark som vannreservoir

Bark har et totalt porevolum på rundt 94%, og kan ved fri drenering (feltkapasitet) holde på en vannmengde som svarer til 70-75 vektprosent av fuktig masse (Solbraa, 1973). Omtrent 45% av volumet består av luftfylte porer, slik at det er gode muligheter for luftveksling.

Bark fungerer også som et moderat vannreservoir, men vannkapasiteten er noe lavere enn i f.eks sphagnumtorv (Solbraa, 1973).

## 2.4 Bark som kilde til miljøgifter

Bark vil kunne inneholde tungmetaller. I første rekke mangan (Mn) og jern (Fe), men også andre tungmetaller som kobber (Cu) og bly (Pb) kan være til stede i bark. I hvilken grad dette kan representere et miljøproblem er usikkert for mangan og lite trolig for de andre tungmetallene.

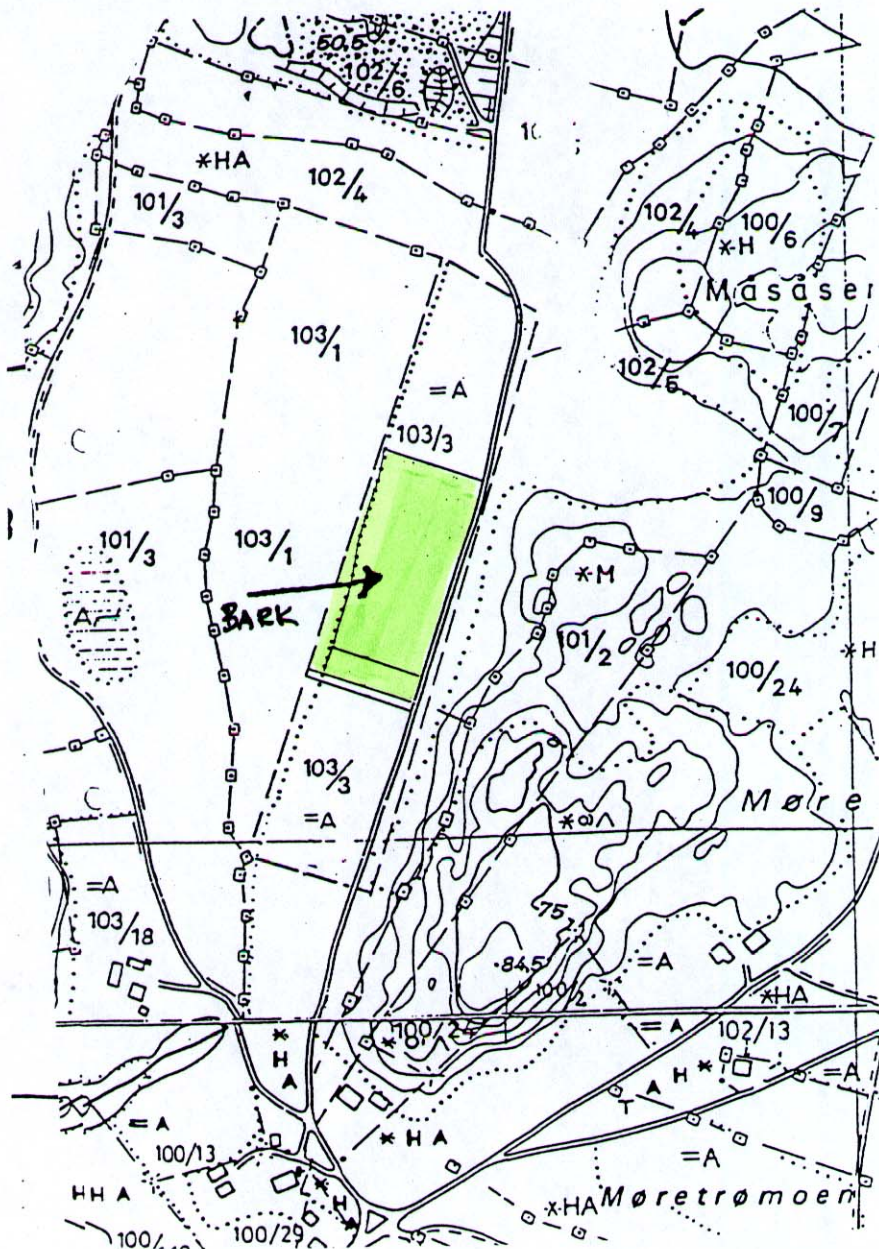
pH i sigevann fra fersk bark ligger på 4.5 - 5.5 og kan derfor føre til pH-nedgang i lokale resipienter.

Fersk og finmalt bark kan også lekke ut vekstregulerende stoffer som i større konsentrasjoner virker spirehemmende på ulike planteslag (Solbraa, 1973)

### 3. MATERIALER og METODER

#### 3.1 Beskrivelse av forsøksfelt

Forsøksfeltet ligger på Møretrømoen og består av en smal morenerygg dekket med en skrinnsandjord med et relativt høyt innhold av stein. Hele arealet er på ca. 25 mål, hvorav noe i overkant av 5 mål er benyttet for en mer inngående dokumentasjon. Kart i figur 1 viser lokalitetens plassering.



Figur 1. Kart over Møretrømoen og forsøksfeltet, merket med grønt (M = 1: 4 250).

Det leder to bekker ut av området, en fra hver ende i nord – sør retning (jfr. figur 1). Avrenning fra forsøksfeltet vil i all hovedsak skje direkte til grunnen og eventuelt først påvirke bekkene etter infiltrasjon gjennom morenemassene. Grunneier, Lars Torp har fra før benyttet en liten del av arealet til dyrking av gulrot og løk med relativt begrenset utbytte. Vanningsbehovet har vært stort, fordi den relativt grove sandjorda holder meget dårlig på vannet.

### **3.1.1 Forbehandling av forsøksfelt**

I forbindelse med etablering av feltet ble all masse fjernet ned til dybder på henholdsvis 0.5 m og 1.0 m. Massen ble såldet for fjerning av stein og grus.

## **3.2 Beskrivelse av barkkvalitet**

Barken som er benyttet i forsøkene er fersk og i all hovedsak fra gran. Barking ved Rygene-Smith & Thommesen skjer ved henhold av tromling under tilførsel av vann, noe som fører til en viss oppdeling og antagelig utvasking av ekstraktivstoff. Barken er relativt fuktig ved utlegging med tørrstoff ned mot og under 20%.

## **3.3 Etablering av forsøksfelt**

### **3.3.1 Utlegging av bark**

Bark fra Rygene-Smith & Thommesen ble utlagt i tykkelser på 0.5 meter i kontrollfelt, og 1.0 meter i felt med ulike gjødselstrategier. Barklaget ble dekket med såldet jord i varierende tykkelser.<sup>1</sup>

### **3.3.2 Gjødselstrategier**

Forsøksarealet ble delt i 4 felt i henhold til ulike gjødselstrategier. Gjødselstrategiene var som følger:

1. Referansefelt med barktykkelse på ca. 0.5 meter uten tilførsler av gjødsel (Ledd 1)
2. Felt med 1 meters barklag og normalgjødsling (Ledd 2)
3. Felt med 1 meters barklag og normalgjødsling + 25% ekstra nitrogen (KNO<sub>3</sub>) (Ledd 3)
4. Felt med 1 meters barklag og normalgjødsling + tilsats av slam<sup>2</sup> (Ledd 4)
5. Kontrollfelt, uten bark

---

<sup>1</sup> Det kan synes som om tykkelsen på toppdekket har vært noe tykkere enn anbefalt maksimaltykkelse på 15 cm i deler av forsøksfeltet.

<sup>2</sup> fra Hølen RA i Vest-Agder

I tabell 2 beskrives gjødselregimene for samtlige forsøksfelt.

På grunn av lave fosforverdier (P-Al) ble det tilført 60 kg superfosfat første år. I løpet av første vekstsesong ga raigraset indikasjoner på kobbermangel, noe som korresponderte med tidligere undersøkelser fra området. Hele feltet ble derfor gjødslet med 5 kg kobbersulfat/da.

**Tabell 2.** Gjødselstrategier på forsøksfeltet på Møretromoen

Behandling	Kalk Grovdolomitt (kg/da.)	Fosfor SUPERFOSFAT (kg/da.)	Nitrogen 18-3-15 (kg/da. - tonn slam-TS/da.)		
			Fullgjødsel ® 18-3-15	KNO <sub>3</sub>	Slam (t TS)
Ledd 1 (Kontroll)	300	0	0	0	0
Ledd 2 (Normal)	300	60	80 vår 70 sommer 35 kg sensommer	0	0
Ledd 3 (+ Nitrogen)	300	60	80 vår 70 sommer 35 kg sensommer	25 vår 20 sommer 10 sensommer	0
Ledd 4 (+ slam)	300	60	80 vår 70 sommer 35 kg sensommer	0	~1,5 <sup>1</sup>

<sup>1</sup> 6 m<sup>3</sup> slam (25% TS) fordelt på 1 da.

### 3.3.3 Etablering og drift av lysimetre

På hvert av feltene samt i et kontrollfelt uten barkdekke ble det satt opp 3 lysimetre i grunnen (under barklaget). For å unngå lyskatalyserte reaksjoner og/eller algevekst ble prøveflaskene tildekket med plastbøtter.

Lysimeterne ble påsatt vakuum med jevne mellomrom og porevannsprøver ble samlet på 2 liters rene glassflasker over en periode på maksimum 3 uker. Med lysåpning på 0,2 µm fungerer filteret som en effektiv barriere mot store deler av mikrobefloraen i jord. Stikkprøver har vist lave bakterieinnhold i prøvene; - mellom 0 og 50 CFU (Colony Forming Units) /ml.<sup>3</sup>

<sup>3</sup> I en enkeltprøve ble det påvist 6400 CFU/ml (som også er et relativt lavt tall)



I forsøket har vi lagt til grunn at lagring av prøvematerialet i prøveflaskene under innsamlingsperiodene (én periode av ca. 3 uker om våren og tilsvarende periode om høsten) ikke bør være forbundet med stor risiko hverken for lys- eller biokatalyserte omdanningsprosesser som kan påvirke resultatene. Dog har vi valgt å kun analysere nitrogen som samleparameter (Tot-N).

### **3.4 Prøvetaking**

#### **3.4.1 Vannprøver**

Jordvannsprøver ble innsamlet en gang om våren og en gang om høsten i 1996 og 1997. Innsamling av jordvann i den intensive prosjektfasen avsluttes våren 1998. For beskrivelse av metoden henvises til kapittel 3.3.3.

Det er tatt stikkprøver av bekkeløpene i nord- og sørenden av forsøksfeltet i 1996 og 1997. Prøvene er tatt som stikkprøver for å få indikasjoner på eventuell forurensning som kan knyttes til driften av forsøksfeltet.

#### **3.4.2 Prøver fra barklag og massene under barklag**

I hvert enkelt behandlingsfelt er det tatt ut prøver fra barkmasser i 2 dyp (henholdsvis 0-20 cm og 75-100 cm) samt fra grunnen umiddelbart under barklag. Prøvene for 1996 (startmaterialet) er sendt til Planteforsk's analyselaboratorium på Holt for analyse. Prøvene fra 1997 og 1998 er frosset ned for eventuell oppfølging ved senere anledning.

Vi vurderer at endringene i materialet vil være marginale i de første 2 - 3 årene etter utlegging. Det bør imidlertid hentes ut nye prøver høsten år 2000 og siden hvert 2. år for observasjoner og analyser som beskriver omdanningen av oppdyrkede barklag i tykkelser på opp til 1 meter. Det forventes imidlertid at omdanningen har nådd langt 5 - 10 år etter utlegging.

#### **3.4.3 Prøver av biomasse**

Det er tatt prøver av biomassen fra de enkelte behandlingsfeltene for avlingsregistreringer. Høsterutene er 6 x 8 meter. I 1997 ble hele høsteruter slått og veiet som en prøve. Dette fordi veksten i høsterutene ble vurdert å være jevn og at en videre oppdeling i gjentak ikke ville øke informasjonsmengden.

### 3.5 Analyser

Tabellene under viser hvilke parametere som det er analysert for i henholdsvis vann- og barkprøver.

**Tabell 3.** Oversikt over analyseparametere i vannprøver og prøver av bark/jord

Prøvetype	Glødetap	TS	pH	Kjeldahl-N / Tot-N	Tot-P	TOC	Mn	Cd	Pb
(Pore)vann			✓		✓	✓	✓	✓	✓
Bark/jord	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓

#### 3.5.1 Kommentarer til parametervalg

Den viktigste forurensningen fra bark er organisk stoff, bl.a. i form av vannløslige karbohydrater og ulike garvesyrer (tanniner). I tillegg inneholder barken relativt store mengder med jern og mangan som kan lekke ut som 2-verdige ioner i sur løsning. Vi har valgt mangan som en markør for gjennombrudd til bekk ved siden av TOC.

Siden en del av det organiske materialet som løses ut fra barken er syrer og siden dypere lag av barkdeponier er anaerobe vil sigevannet oftest være surt. Barkdeponier kan derfor være med å forsure bekker og grunnvann.

Det er stilt spørsmål ved om bark kan inneholde tungmetaller som f.eks kadmium og bly.

Når det gjelder næringssaltene nitrogen og fosfor vil bark neppe representere noen stor forurensningskilde. Snarere vil nedbrytning av barken binde opp tilført nitrogen og fosfor i biomasse (oppvekst av bakterier og sopp). Når barkmassen er omdannet og C/N-forholdet er redusert til ned mot og under 20 vil den imidlertid kunne representere et P og N-reservoir. Dette må tas hensyn til i gjødselstrategier når den tid kommer (5- 10 år etter utlegg). Når det gjelder oppfølgingen av barkmineraliseringen følges denne analytisk gjennom reduksjon i glødetap. Visuelle observasjoner vil imidlertid gi viktig informasjon hva gjelder nedbrytningsgraden i barkmassen. Utvikling og utbredelse av rotsystemer i plantematerialet vil også gi verdifull informasjon.

TS i massene vil gi informasjon om barkens evne til å opptre som et vannreservoir. En av fordelene med å tilføre bark til denne typen skrinn jord kan nettopp være funksjonen som et vannlager.

## 4. Resultater og diskusjon

Analyseresultatene fra vår og høstprøvene vurderes hver for seg.

Dette fordi biologiske prosesser og nedbørsmengder vil være forskjellige i de to årstidene.

I vår- og sommerhalvåret forventes sigevannsmengden til grunnen å være lavere enn gjennom høst- og vintersesongen. Dette p.g.a. opptak i og transpirasjon av vann fra planter samt ren fordampning fra jordoverflaten. Avrenning av organisk stoff, total-nitrogen<sup>4</sup> og fosfor forventes å være høyest om høsten og tidlig på våren i forbindelse med store nedbørsmengder og snøsmelting.

### 4.1 Nedbørsmengder i prosjektperioden

Tabell 4 under viser at årlige nedbørsmengder i prosjektperioden totalt sett ligger noe lavere enn for et normalår (1 230 mm). De månedlige variasjonene viser med noen unntak mønsteret for et normalår.

April måned 1998 er imidlertid å anse som nedbørrik, spesielt i forhold til 1996 og 1997 som må betegnes som nedbørfattige. I 1996 og 1997 var også mars nedbørfattig. Disse nedbørfattige vårperiodene har nok influert på sigevannskvaliteten.

---

<sup>4</sup> En eventuell nitrifikasjon (konvertering av  $\text{NH}_4\text{-N}$  til  $\text{NO}_3\text{-N}$  under tilstedeværelse av oksygen) forventes å være høyest vår og høst, da konkurransen fra plantene er mindre og temperaturene fortsatt relativt høye.

---

**Tabell 4.** Nedbør i prosjektperioden (målt i mm på nedbørsstasjonen i Reddal). Perioder med innhenting av prøver er merket med rødt.

Måned	Normalnedbør	1996	1997	1998
Januar	113	127	13	99
Februar	73	117	170	31
<b>Mars</b>	<b>85</b>	<b>23</b>	<b>46</b>	<b>64</b>
<b>April</b>	<b>58</b>	<b>14</b>	<b>28</b>	<b>210</b>
Mai	82	136	53	
Juni	71	111	97	
Juli	92	27	28	
<b>August</b>	<b>113</b>	<b>128</b>	<b>50</b>	
<b>September</b>	<b>136</b>	<b>109</b>	<b>89</b>	
<b>Oktober</b>	<b>162</b>	<b>137</b>	<b>127</b>	
November	143	154	120	
Desember	102	88	146	
<b>SUM</b>	<b>1230</b>	<b>1171</b>	<b>967</b>	

## 4.2 Analyser av jordvann

Jordvann samlet fra lysimeterstasjonene under de ulike forsøksfeltene ble analysert for pH, organisk karbon, nitrogen, fosfor og mangan.

Resultatene presenteres i kapittel 4.2.1 – 4.2.5

### 4.2.1 pH

Tabell 5 viser pH- verdier i prøver hentet fra jordvann umiddelbart (20 cm) under barklaget i de ulike forsøksfeltene på Møretromoen. Verdier under 4.4 i barkpåvirket sivevann er merket med rødt for å indikere verdier lavere enn laveste pH-verdi målt i kontrollfeltet (4.49).

Tabell 5. pH i porevann hentet vår og høst 1996 og 1997

Behand- ling	PH							
	VÅR 96	VÅR 96	HØST 96	HØST 96	VÅR 97	VÅR 97	HØST 97	HØST97
	Snitt		Snitt		Snitt		Snitt	
Ledd 1-I	4,86		4,72		4,68		4,68	
Ledd 1-II	4,82	4,87	4,97	4,84		4,69	4,64	4,63
Ledd 1-III	4,93		4,83		4,69		4,58	
Ledd 2-I	4,57		4,5		4,59		4,67	
Ledd 2-II	4,33	4,42	4,31	4,43	4,22	4,41	4,26	4,47
Ledd 2-III	4,36		4,48		4,42		4,48	
Ledd 3-I	5,18		5,16		5,72		4,99	
Ledd 3-II	5,14	4,92	5,08	4,83	6,87	5,65		4,66
Ledd 3-III	4,44		4,25		4,36		4,33	
Ledd 4-I	5,04		5,23		5,26			
Ledd 4-II	4,35	4,84	4,32	4,76		5,00	4,34	4,49
Ledd 4-III	5,13		4,74		4,73		4,64	
Kontr. I	6,55		5,10		4,67		4,83	
Kontr. II	6,59	6,05	5,27	5,29	4,52	4,61	<b>4,49</b>	4,75
Kontr. III	5,01		5,49		4,63		4,94	
Bekk SØR							5,63	
Bekk Nord							4,51	

Som det fremgår av tabellen ligger pH i det sure området i samtlige jordvannsprøver, inklusive kontrollprøvene. Det er vanskelig å se noen klar trend over tid i vår- og høstprøver hentet under barksjiktene.

Det synes imidlertid som om pH i kontrollprøvene er synkende fra 1996 til 1997.

pH i bekkevannsprøvene er sure, men bekken som renner mot nord som den klart sureste.

## 4.2.2 Organisk karbon (TOC)

Tabell 6 viser konsentrasjoner av organisk stoff i jordvann hentet under barklaget i de ulike forsøksfeltene på Møretrømoen. Ved å multiplisere resultatene med en faktor på ca. 1.4 fremkommer anslag over KOF-verdiene i de samme prøvene.

Tabell 6. TOC i porevann hentet vår og høst 1996 og 1997

Behand- ling	TOC (mg C/l)							
	VÅR 96	VÅR 96	HØST 96	HØST 96	VÅR 97	VÅR 97	HØST 97	HØST97
	Snitt		Snitt		Snitt		Snitt	
Ledd 1-I	499		1100		236		1000	
Ledd 1-II	816	625	949	1076		678	1210	1263
Ledd 1-III	561		1180		1120		1580	
Ledd 2-I	1760		2420		448		840	
Ledd 2-II	4990		5350	3363	2910	1579	4300	2277
Ledd 2-III	2660		2320		1380		1690	
Ledd 3-I	267		644		191		600	
Ledd 3-II	292		503	1442	28,9	640		1480
Ledd 3-III	3130		3180		1700		2360	
Ledd 4-I	535		1370		163			
Ledd 4-II	2970		2680	1672	1020	515	1600	1280
Ledd 4-III	387		965		361		960	
Kontr. I	1,57		3,08		0,5		1,23	
Kontr. II	1,33	1,31	0,5	1,36	0,5	0,5	1,63	1,44
Kontr. III	1,03		0,5		0,5		1,46	
Bekk SØR	5,12							2,54
Bekk Nord	19,8							3,78

Konsentrasjonen av TOC varierer kraftig fra prøve til prøve, noe som kan skyldes flere ting, bl.a. forskjeller i innsamlet prøvel volum som igjen kan forklares ved at:

- 1) tørrstoff i ovenforliggende barklag påvirker barkens evne til å slippe gjennom vann eller
- 2) grunnvannet står høyt og fortynner prøven

Verdier på mellom 1 000 og 5 350 mg TOC/l (1 400 - 7 490 mg KOF/liter) må uansett betraktes som svært høye. Dersom hele den årlige nedbørsmengden vaskes gjennom barklaget vil KOF-konsentrasjonene over representere utslippet fra 1 250 - 6 700 pe. i et normalår<sup>5</sup>.

<sup>5</sup> Eksemplet beskriver dog en lite realistisk situasjon. De reelle sigevannsmengdene vil være adskillig lavere.

Gjennomgående høyere høstverdier forklares med høyere utvaskingsgrad. Tørre og varme værtyper og en relativt tilfeldig vanningsstrategi (jfr kapittel 5) gjør at barken neppe slipper større vannmengder i vårperiodene.

Trommelbarking av tømmer forårsaker normalt at løsbarken kvitter seg med en del av de lettløslige komponentene, men med tørrstoff i den aktuelle barken fra Rygene-Smith og Thommesen på 20% og lavere, vil det naturlig nok fortsatt være mye ekstraktstoffer igjen. Ekstraktstoffene i sigevannet forventes å nå en topp i løpet av de første 2-3 årene. Etter denne innledende perioden forventes en nedgang i TOC-konsentrasjonen i sigevannet (Solbraa, pers. med. 1996).

Vannprøver fra begge bekkeløpene har TOC-verdier som antyder en svak påvirkning<sup>6</sup>. Om påvirkningen skyldes forsøksfeltet eller har andre kilder kan ikke fastslås med sikkerhet. Det skal imidlertid anmerkes at konsentrasjonene i kontrollfeltet ligger i samme konsentrasjonsområdet som i bekkevannet. En ukjent del av det organiske stoffet i sigevann fra bark vil brytes ned og omdannes av mikroorganismer. På denne måten vil en andel av det organiske stoffet kunne holdes igjen som biomasse i løsmassene under barklaget. Det samme gjelder KOF på suspendert form. Sigevannet vil imidlertid også inneholde løslige organiske forbindelser som er tungt omsettelige. Slike "humusstoffer" vil kunne migrere gjennom løsmassene til grunnvann og videre ut i bekkevannet, og påvirke vannkvaliteten gjennom smak, lukt og farge. Dersom nedbrytbar KOF når åpne bekker vil oppvekst av såkalte sauehaler kunne inntreffe, spesielt ved tilstedeværelse av næringssalter.

Sammenlikning mellom vår og høstprøver synes å vise en avtagende trend for TOC / KOF-konsentrasjonene i porevannet fra Ledd 2, 3 og 4. For Ledd 1, altså prøver fra sigevann under ugjødset bark, synes konsentrasjonen av organisk stoff å være upåvirket. Det presiseres at disse trendene ikke er statistisk signifikante og at forklaringen kan koples til tørkesituasjoner og/eller spesielle situasjoner ved det enkelte lysimeteret. En forklaring på at KOF-konsentrasjoner i sigevannet fra gjødset bark eventuelt skulle vise en synkende tendens, kan være at karbonet i de gjødset arealene brytes ned og bindes opp i biomasse, mens garvesyrene og karbohydratene fra ugjødset masse utnyttes i langt lavere grad p.g.a. nitrogen- og/eller fosforbegrensning. Resultatet av dette er at organisk stoff lekker ut i jordvannet over en lengre periode enn hva tilfellet er fra de gjødset feltene.

#### 4.2.3 Mangan

Tabell 7 viser konsentrasjoner av mangan i jordvann hentet under barklaget i de ulike forsøksfeltene på Møretrømoen.

---

<sup>6</sup> Vårprøven fra bekk som renner i nordlig retning danner et unntak med 19.8 mg C/l som indikerer sterk påvirkning

Tabell 7. Mangan i porevann hentet vår og høst 1996 og 1997

Behand- ling	Mangan (mg Mn/l)							
	VÅR 96	VÅR 96	HØST 96	HØST 96	VÅR 97	VÅR 97	HØST 97	HØST97
	Snitt		Snitt		Snitt		Snitt	
Ledd 1-I	10,7		20,4		8,9		16	
Ledd 1-II	15,6	12,7	20,5	20,8		14	19,2	19,2
Ledd 1-III	11,9		21,4		19,1		22,3	
Ledd 2-I	18,5		25		6		9,1	
Ledd 2-II	37,7	26,8	43,3	30,3	30,1	17,7	29,5	18,8
Ledd 2-III	24,1		22,5		16,9		17,9	
Ledd 3-I	2,5		8,8		5,23		9,3	
Ledd 3-II	7,27	16,1	10,4	20,6	1,34	10,9		15,2
Ledd 3-III	38,6		42,6		26		21	
Ledd 4-I	16,4		35,7		5,24			
Ledd 4-II	31,7	19,7	28	27,7	14,1	8,8	19,8	16,2
Ledd 4-III	10,9		19,3		7,2		12,6	
Kontr. I	0,11		0,05		0,005		0,01	
Kontr. II	0,13	0,12	0,05	0,05	0,005	0,005	0,02	0,02
Kontr. III	0,11		0,05		0,005		0,02	
Bekk SØR							0,05	
Bekk Nord							0,01	

Bark inneholder relativt mye jern og mangan. Typisk vil sigevann fra barkfyllinger ofte være rustfarget, noe som skyldes oksidasjon av toverdige jern til treverdige jern og tilsvarende oksidasjon av toverdige mangan til fireverdige mangan.

Tabell 7 viser svært varierende konsentrasjoner av mangan i jordvann innenfor ett og samme forsøksfelt (1.34 mg/l - 43.3 mg/l). Under kapittel 4.2.2 om TOC ble to mulige forklaringer på dette fenomenet presentert. I tillegg kan innslag av anaerobe (eller aerobe) nisjer i barklaget over bevirke utlaking av mangan i toverdige form (eventuelt tilbakeholdelse som oksid).

I grunnvann ligger normalverdier godt i underkant av 1 mg/l, men kan under anaerobe forhold overstige denne verdien (SIFF, 1987). I overflatevann oppgis normalverdier å ligge i området 0 - 0.185 mg/l, mens tilsvarende for jordvann er oppgitt til 0.055 - 5.5 mg/l. Resultatene i tabell 7 viser med andre ord et sigevann som er sterkt manganpåvirket.

Siden utløsning av mangan og jern skjer i toverdige form tyder forhøyede konsentrasjoner i porevannet på at barklagene over er anaerobe med relativt lav pH. Høyst sannsynlig vil både mangan og jern oksideres og felle ut som henholdsvis brunstein ( $MnO_2$ ) og jernhydroksid ( $Fe(OH)_3$ ) og holdes tilbake (filtreres fra) i avsetningene under barklaget.



Bekkekonsentrasjoner i samme nivå som det vi finner i kontrollprøvene tyder foreløpig ikke på påvirkning fra barkmassene. Tabellen viser ellers at mangankonsentrasjonene i sigevannet fra ledd 2, 3 og 4 synes å avta fra 1996 til 1997. Det vil være viktig å følge opp mangankonsentrasjoner i sigevann og bekkevann fremover for å verifisere nedgangen og eventuelt dokumentere kvalitetsendringer i bekkevannet.

#### 4.2.4 Nitrogen

Tabell 8 viser konsentrasjoner av nitrogen i jordvann hentet under de ulike forsøksfeltene på Møretrømoen.

Tabell 8. Nitrogen i porevann hentet vår og høst 1996 og 1997

Behandling	Nitrogen (mg N/l)							
	VÅR 96	VÅR 96	HØST 96	HØST 96	VÅR 97	VÅR 97	HØST 97	HØST97
	Snitt		Snitt		Snitt		Snitt	
Ledd 1-I	0,37		0,12		2,28		1,77	
Ledd 1-II	0,27	0,30	1,24	0,48		1,19	0,90	4,63
Ledd 1-III	0,27		0,10		0,10		0,90	
Ledd 2-I	5,03		0,10		0,43		0,69	
Ledd 2-II	0,28	1,86	0,10	0,30	0,10	0,21	1,76	4,47
Ledd 2-III	0,26		0,69		0,10		0,90	
Ledd 3-I	1,31		1,42		0,53		0,69	
Ledd 3-II	0,89	1,02	0,89	0,85	0,77	0,47		4,66
Ledd 3-III	0,87		0,23		0,10		0,91	
Ledd 4-I	0,82		0,10		0,67			
Ledd 4-II	0,10	0,52	0,10	0,10		1,13	1,11	4,49
Ledd 4-III	0,64		0,10		1,59		0,90	
Kontr. I	0,70		0,56		0,19		0,10	
Kontr. II	0,28	0,40	0,23	0,36	0,19	0,19	0,09	4,75
Kontr. III	0,23		0,28		0,19		0,14	
Bekk SØR	0,87						0,61	
Bekk Nord	2,2						1,31	

Nitrogenkonsentrasjonene i jordvann under barken i de ulike forsøksfeltene er gjennomgående lave og viser heller ikke dramatiske forskjeller leddene seg i mellom. Det anmerkes imidlertid

at konsentrasjonen i sivevann fra feltet som ikke er gjødslet ligger på samme nivå som sivevann fra gjødslede felt, noe som ikke tyder på overgjødsling.

Det som videre er interessant å merke seg, er at nitrogenkonsentrasjonen i kontrollfeltet avtar fra 1996 til 1997.

Nitrogennivået i bekkeprøvene er moderate; - dog vil konsentrasjoner på rundt 2 mg N/l indikere forurensning. Ut fra resultatene i tabell 8 kan barkfeltet høyst sannsynlig avskrives som kilde til en eventuell nitrogenforurensning.

#### 4.2.5 Fosfor

Tabell 9 viser konsentrasjoner av fosfor i jordvann hentet under barklaget i de ulike forsøksfeltene på Møretrømoen.

Tabell 9. Fosfor i porevann hentet vår og høst 1996 og 1997

Behand- ling	Fosfor (mg P/l)							
	VÅR 96	VÅR 96	HØST 96	HØST 96	VÅR 97	VÅR 97	HØST 97	HØST97
		Snitt		Snitt		Snitt		Snitt
Ledd 1-I	0,27		0,5		0,57		1,02	
Ledd 1-II	0,22	0,21	0,09	0,22		0,36	1,7	1,39
Ledd 1-III	0,14		0,06		0,14		1,45	
Ledd 2-1	0,29		0,26		0,08		0,26	
Ledd 2-II	2,17	0,91	4,11	1,59	3,63	1,41	2,64	1,11
Ledd 2-III	0,26		0,4		0,51		0,43	
Ledd 3-I	0,01		0,01		0,01		0,01	
Ledd 3-II	0,01	2,69	0,01	2,59	0,07	2,28	0,01	1,68
Ledd 3-III	8,05		7,76		6,76		5,02	
Ledd 4-I	0,06		0,01		0,01			
Ledd 4-II	10,6	3,93	8,48	3,79		0,48	2,72	2,27
Ledd 4-III	1,12		2,88		0,95			
Kontr. I	0,01		0,01		0,01		0,01	
Kontr. II	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Kontr. III	0,01		0,01		0,01		0,01	
Bekk SØR								0,01
Bekk Nord								0,01

Verdiene av fosfor varierer svært fra lysimeterstasjon til lysimeterstasjon i barklagte felt.

De høyeste konsentrasjonene av fosfor finner vi i enkeltstasjoner (4 stasjoner / 13 analyser) fra de gjødslede feltene, ledd 2, 3 og 4 (0.95 - 10.6 mg P/l). I flertallet av stasjonene i de samme leddene (5 stasjoner / 17 analyser) er fosforkonsentrasjoner imidlertid relativt lave (0.01-0.51 mg P/l).

Verdier på mellom 1 og 10 mg P/l vil med utgangspunkt i at årlig nedbør (normalår) vasker gjennom barklaget representere P-utslippet fra 50 - 500 pe.

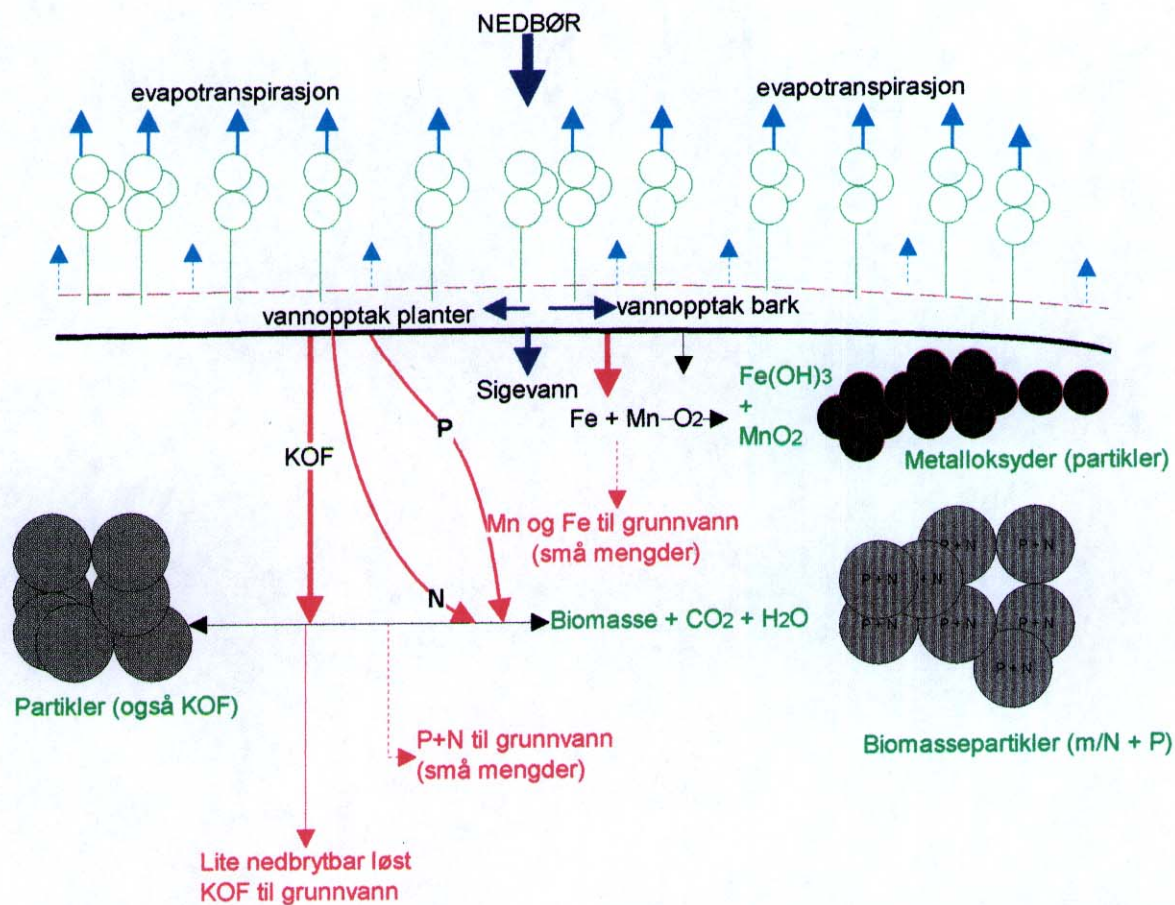
Resultatene i ledd 1 (0.06 - 1.7 mg P/l - n=7) viser at bark er en moderat kilde til fosforforurensning og at de høye konsentrasjonene i enkeltstasjoner fra leddene 2, 3 og 4 antagelig skyldes gjennomslag av gjødsel / gjødselkorn.

#### **4.2.6 Kommentarer og prosessbeskrivelse for mineralisering av bark**

Resultatene så langt tyder på at når omsetningen (mineraliseringen) av bark skjer uten næringssaltbegrensning, vil sigevannet ha en bedre kvalitet i form av lavere konsentrasjoner av TOC / KOF, nitrogen og fosfor enn sigevann fra barklag der mineraliseringen er næringssaltbegrenset.

I figur 2 er ulike prosesser som påvirker sigevannskvaliteten under barklaget vist.

I figuren er vanntransport merket med blå piler. Dimensjoner på pilene antyder et netto tap/opptak av vann over året. Produkter merket med grønt er partikler som kan tenkes tilbakeholdt i morenemassene. Rød farge beskriver forurensning og stiplede linjer for næringssalter og metaller antyder stor grad av usikkerhet. Noe inert løst KOF vil antagelig transporteres gjennom løsmassene og nå grunnvannet.



**Figur 2.** Skjematisk fremstilling av prosesser og reaksjoner som sørger for tilbakeholdelse av partikler, organisk stoff, næringssalter og metallene mangan (Mn) og jern (Fe) i morenemassene under barklaget.

### 4.3 Bark og jordprøver

Det ble tatt prøver av bark i ulike sjikt og av jord umiddelbart under barklaget samt i fra kontrollfelt.

Prøvene ble analysert for:

- pH, TS og glødetap
- Fosfor (HCl-ekstraherbart)
- Kjeldahl-N
- Mangan
- Kadmium og Bly

#### 4.3.1 pH

Resultatene viser at det i prøvene fra barklagene er gjennomgående høyere pH-verdier enn tilsvarende i prøver fra kontrollområdet. Resultatene bekrefter at bark er svakt sur. En synkende tendens fra øvre (0-20 cm) til dypere lag (75-100 cm) kan forklares med synkende redokspotensialer (anoksiske - anaerobe forhold) med dypet og dermed tilstedeværelse av mikrobielle prosesser som bl.a. fører til dannelse av organiske syrer.

#### 4.3.2 Glødetap

Resultatene viser varierende innslag av jord og sand også i prøver fra dypere lag. Ut fra resultatene kan vi trekke den konklusjon at analyse av askeinnhold alene ikke vil gi nødvendig informasjon om mineralsierungsgrad over tid. Dette fordi spredningen av resultater i gjentakene er stor, noe som viser at jordinnblanding forekommer i varierende grad.

Visuelle observasjoner og fotografering bør derfor vurderes som tilleggsundersøkelser.

#### 4.3.3 Tørrstoff

Tørrstoffet i dypere lag ligger på et nivå som tilsier at barken ikke gir slipp på større vannmengder i nedbørfattige perioder, noe som igjen kan forklare spredningen i analyseresultatene.

I følge litteraturen kan barken holde på vannmengder på 70 - 75% av våt egenvekt. TS på fra 29.8 til 41.3% tilsier derfor at barken ved utlegg neppe er en stor kilde til avrenning. Trykk ved maskinell bearbeiding av jorda over vil imidlertid medføre avsig. Det samme vil nedbør og / eller ekstensiv vanning. I produksjonsperioden vil vannforbruk og tap gjennom transpirasjon og ren fordampning resultere i lite eller ingen avrenning.

#### 4.3.4 Kjeldahl-N

Analysene viser at barken i seg selv ikke er en kilde til nitrogenavrenning. Kontrollprøven ligger på samme nivå som analysene av jorda hentet direkte under barklaget.

#### 4.3.5 Fosfor

Analysene viser at barken er en moderat kilde til fosforavrenning (jfr. kapittel 4.6).

#### 4.3.6 Mangan

Bark er en kjent kilde til mangan. Analysene fra barklaget viser da også konsentrasjoner i området 3 - 8 ganger de vi finner i kontrollprøven. Magnusson (1986) opplyser at svensk landbruksjord inneholder 12 - 1 840 mg Mn /kg TS. Grunnen til at mangan (og jern) anrikes spesielt i sigevann fra bark er at barken, p.g.a. mikrobiell omdanning, blir anaerob og sur noe som fører til at toverdige mangan mobiliseres.

#### 4.3.7 Tungmetaller

Når det gjelder tungmetaller er det ikke funnet spor av kadmium i hverken bark eller jordprøver. Det er imidlertid påvist bly i konsentrasjoner på 2-13 mg/kg TS i barken (20-75 cm). Et interessant trekk er at konsentrasjonene i kontrollprøvene ligger på høyere nivåer enn i jordprøvene under barklaget.

I forhold til normalverdier som oppgis for jord (2 - 200 mg/kg TS) synes ikke bark å være en kilde til blyforurensning. Nivåene i samtlige prøver ligger dessuten langt under det som godkjennes i slamforskriften ved bruk på jordbruksareal (80 mg / kg TS) og på grøntareal (200 mg / kg TS).

#### 4.3.8 Kommentar

Det foreslås at det gjennomføres prøvetakinger av bark og jord for visuelle vurderinger og analyser m.h.p. glødetap og pH i fra år 2000, altså etter ca. 5 år.

Behandling	Prøvedyp (cm)	%TS	Aske (% av TS)	pH	Kjeldahl-N (% av TS)	P-HCl (mg/100 g)	Mh (mg/kg TS)	Cd (mg/kg TS)	Pb (mg/kg TS)
Ledd 1 - I	0 - 20	52.3	85.3	6	0.17	36	84	0	11
Ledd 1 - II	0 - 20	45.6	74.8	5.7	0.24	29	191	0	9
Ledd 1 - I	40 - 50	41.2	81.8	5.8	0.16	35	150	0	13
Ledd 1 - II	40 - 50	37.3	84.5	5.5	0.23	33	149	0	9
Ledd 1 - I	Undergrunn	91	99	6.2	0.03	50	39	0	5
Ledd 1 - II	Undergrunn	84.1	96.5	5.4	0.07	30	37	0	10
Ledd 2 - I	0 - 20	44.6	88.9	4.7	0.24	38	147	0	11
Ledd 2 - II	0 - 20	70.1	88.1	5.4	0.13	40	68	0	10
Ledd 2 - I	75 - 100	34.4	39.8	4.4	0.27	26	225	0	7
Ledd 2 - II	75 - 100	34.5	78.4	4.5	0.25	26	232	0	7
Ledd 2 - I	Undergrunn	89.4	99	4.9	0.02	58	68	0	5
Ledd 2 - II	Undergrunn	87.4	96.7	4.9	0.05	45	53	0	8
Ledd 3 - I	0 - 20	63.3	88	5.8	0.13	33	69	0	17
Ledd 3 - II	0 - 20	51.5	88.1	5.3	0.15	35	88	0	10
Ledd 3 - I	75 - 100	34.1	67.9	4.8	0.26	28	261	0	8
Ledd 3 - II	75 - 100	35.2	84.7	5.5	0.26	34	175	0	5
Ledd 3 - I	Undergrunn	86.4	96.7	5.3	0.07	32	37	0	10
Ledd 3 - II	Undergrunn	87.7	98.7	5.2	0.01	54	34	0	4
Ledd 4 - I	0 - 20	60.3	88.1	6.4	0.14	81	165	0	16
Ledd 4 - II	0 - 20	61.5	91.5	6.1	0.14	44	143	0	10
Ledd 4 - I	75 - 100	29.8	54	5.2	0.31	29	317	0	7
Ledd 4 - II	75 - 100	36.8	16.6	5	0.25	32	264	0	6
Ledd 4 - I	Undergrunn	80.5	94.2	5.6	0.07	38	78	0	9
Ledd 4 - II	Undergrunn	92.7	97.6	5.5	0.01	38	78	0	2
KONTROLL	0 - 20	77.8	91.5	4.8	0.2	20	37	0	21

**Tabell 10.** Fysiske og kjemiske kvaliteter i prøver hentet fra bark- og jordmasser fra forsøksfeltene på Møretromoen. Prøvene er hentet fra 1) øvre bark/jordsjikt (0-20 cm), 2) nedre barksjikt (75 - 100 cm / 40 - 50 cm) og 3) undergrunn (under barkdekke)

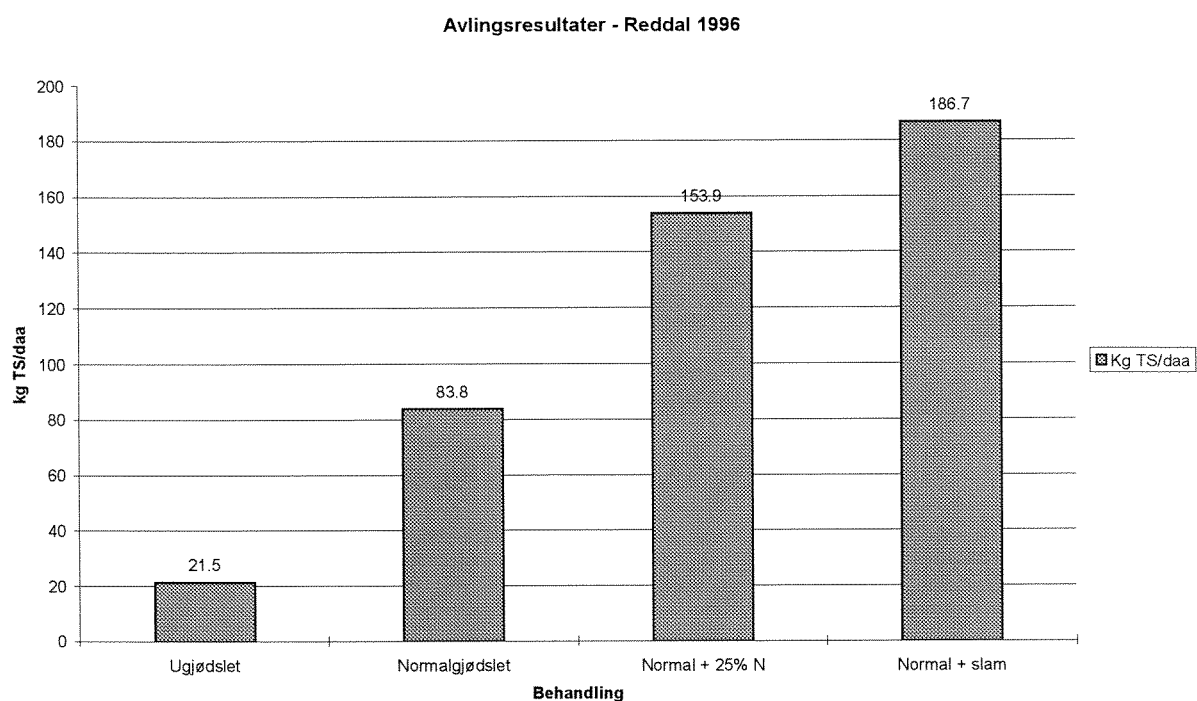
## 4.4 Avling 1996

På grunn av sen utsåing, noe dårlig vanning og at det viste seg å være kobbermangel i feltet, ble det i 1996 bare høstet raigras en gang fra feltene.

Det er for øvrig benyttet frøblanding FK Engfrø raigras / kløver.

Avlingsresultatene er vist i figur 3 som kg TS/dekar.

Resultatene dokumenterer moderate avlinger samt en klar forskjell mellom ugjødslet felt og de ulike behandlingene. Figuren viser også behovet for tilleggsgjødsling og at slamproduktet fra Hølen RA fungerer som en god nitrogenkilde.

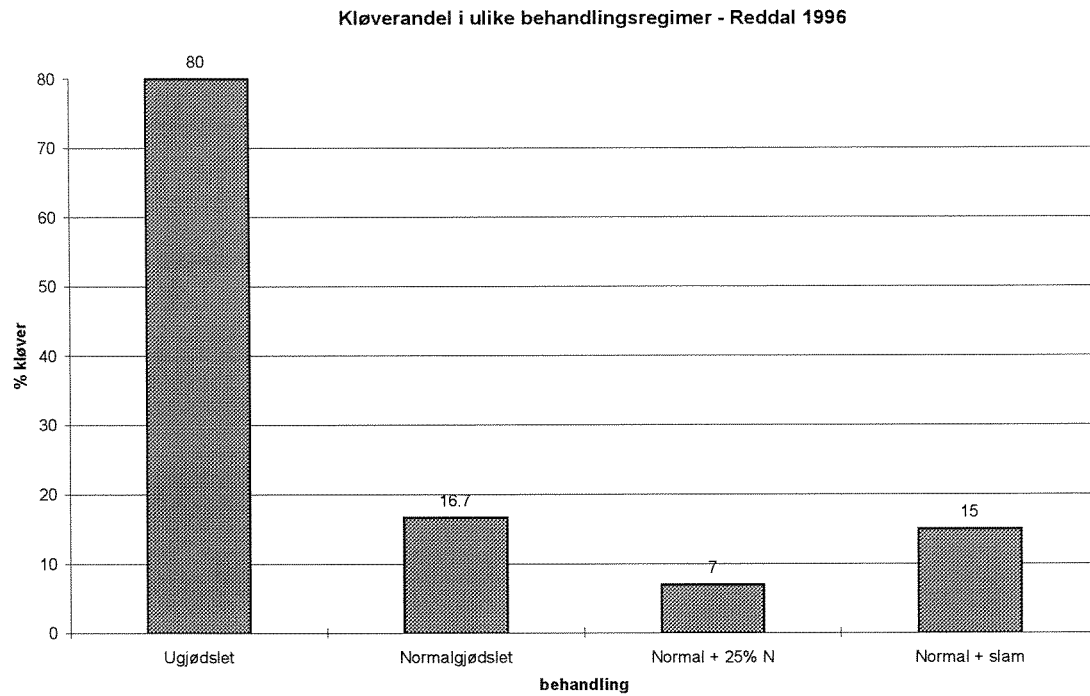


**Figur 3.** Avlingsresultater i kg TS pr. daa fra forsøksfeltene i Reddal (1996)

## 4.5 Kløverandel 1996

Frøblanding fra FK Rogaland-Agder inneholder 5% Milkanova hvitkløver og 5% Rahja rødkløver. Sterk N-forsyning med mineralgjødsel vil redusere aktiviteten til nitrogenfikserende bakterier som lever i symbiose med kløverplanten. Figur 4 viser derfor et forventet resultat med høy dekningsgrad av kløver i ubehandlet felt og lave innslag i de gjødslede feltene; - lavest i feltet som har mottatt tilleggsgjødsel i form av  $\text{KNO}_3$ .





Figur 4. % andel kløver som funksjon av gjødslingsregimer i forsøksfelt

## 4.6 Avling 1997

### 4.6.1 1. Slått

I tabell 11 gjennomgås avlingsresultater fra 1. slått i 1997.

Ledd 4 var antagelig utsatt for uttørking. Dette skyldes at leddet er plassert i hjørnet av forsøksarealet med det som resultat at dreneringssuget øker. Inspeksjon den 23 mai da vannforsyningen var tilstrekkelig ga ingen indikasjon på dårligere vekst i ledd 4.

Resultatene som presenteres i tabell 11 må derfor ikke tolkes som at slambehandlingen fører til dårligere avling enn de øvrige feltene.

Tabell 11. Resultater fra 1. slått i Reddal, den 9/6 1997

Ledd	Avling Kg	Råvekt g	Tørrvekt g	TS %	TS kg/rute	TS Kg/daa
1	13	1412	384	27.2	3,54	74
2	62	2141	656	30.6	19,3	403
2		1593	506	31.8		
3	63	1287	397	30.8	20,3	424
3		1407	468	33.3		
4	37	1509	550	36.4 <sup>1</sup>	13,5	280
4		1024	374	36.5 <sup>1</sup>		
4		1418	514	36.2 <sup>1</sup>		

<sup>1</sup> Høyere TS er med å verifisere inntrykket av tørkeskade på ledd 4.

### 4.6.2 2. slått - 25/7 1997

Tabell 12 viser at ledd 4 fortsatt er utsatt for spesiell sterk tørke.

**Tabell 12.** Resultater fra slått 2 i Reddal, 25/7 1997

Ledd	Avling Kg	Råvekt g	Tørrvekt g	TS %	TS kg/rute	TS Kg/daa
1	15	640	190	29,7	4,6	96
2	34	1580	389	24,6	9,2	192
2		739	218	29,5		
3	34	854	238	27,9	9,2	192
3		1182	314	26,6		
3		1064	294	27,6		
3		743	194	26,1		
4	17	675	213	31,6	5,2	108
4		1015	304	30,0		

**4.6.3 3. slått 15/9 1997****Tabell 13.** Resultater fra 3. slått i Reddal 15/9 1997

Ledd	Avling (Kg)	Råvekt (g)	Tørrvekt (g)	TS (%)	TS (kg/rute)	TS (kg/daa)
1	23,5	793	164	20,7	4,9	102
2	88,5	1168	182	15,6	13,8	288
3	72,5	1048	177	16,9	12,3	255
4	53	1045	173	16,7	8,9	184

#### 4.6.4 Kommentarer

Avlingen fra forsøksfeltene i Reddal (tabellene 10-12) er sammenstilt i figur 5 under.

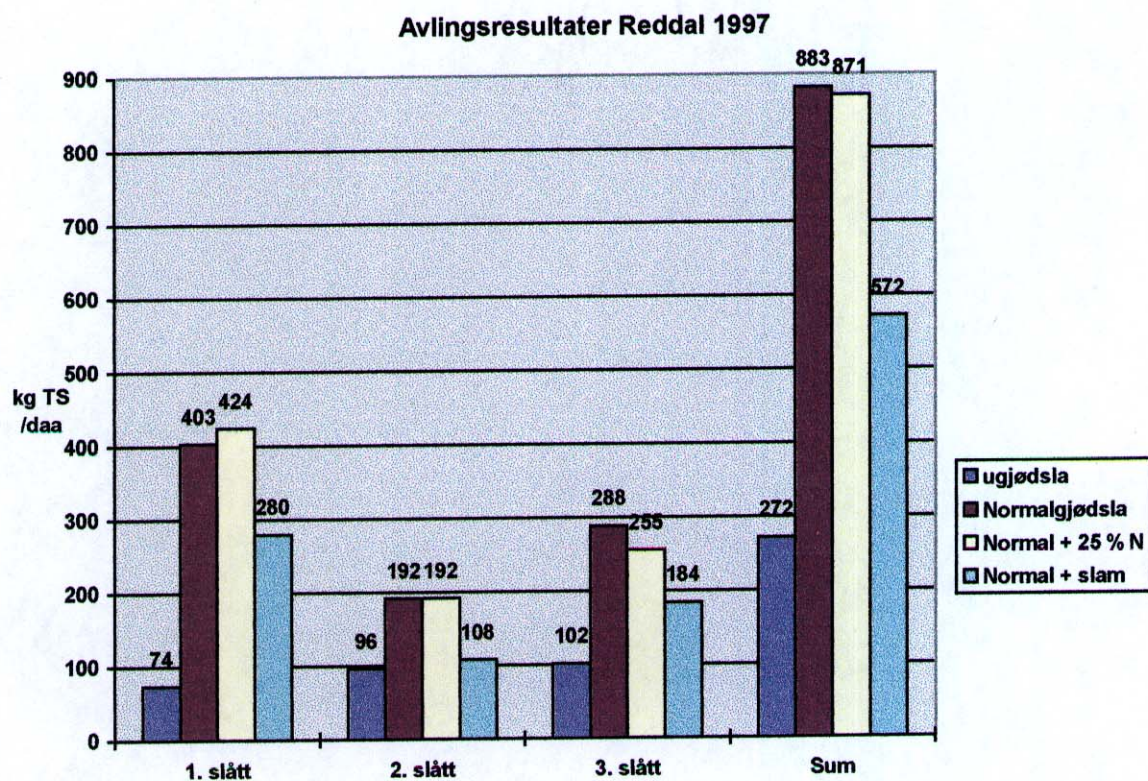
Figuren viser at til å være flerårig raigras må avlingsnivået i forsøksfeltene vurderes å være lavt i forhold til oppnådd praksis andre steder i 1997. Etter vår oppfatning burde avlingene ha ligget på 1 200 - 1 300 kg TS/da. Dette spesielt ut i fra observasjoner av enga tidlig i sesongen, med spesielt kraftig vekst.

Observasjoner i felt og registreringer av unormalt høyt tørrstoffnivå ved 1 og 2. slått gir en klar indikasjon på at det er sterk tørke som har begrenset produksjonen. Det er f.eks normalt å finne ca 16-18 % TS ved 1. slått mens det her ble registrert 30 %. På samme måte er det uvanlig at 3. slått er større enn 2. slått.

I tillegg er ledd 4 (normalgjødsling + slam) og delvis ledd 3 (normal + 25 % N) mer tørkeutsatt enn ledd 1 og 2. Grunnen til dette er at arbeidet med tilfylling av jord / bark ikke er fullført på den siden av forsøksfeltet hvor ledd 4 og 3 ligger. Dermed blir det større dreneringssug og mer tørkeutsatt på denne delen. Imidlertid indikerer observasjoner av ledd 2 at det er svært tørkeutsatt også der feltet ikke lider av mangler (dreneringssug, f.eks).

Ved feltinspeksjon 23. mai var det meget bra vekst, og potensiale til tørrstoffavlinger ved 1. slått ble anslått til 6 - 700 kg TS/daa, altså fullt på høyde med det som oppnås i kronår. På dette tidspunkt var det et akkumulert vannunderskudd på ca 15 mm. Ved slått 2., bare noen uker seinere var det akkumulerte vannunderskuddet 40 mm, og bestanden hadde falt fullstendig sammen på grunn av tørke.

Raigras er kjent for å ha stort vanningsbehov, og vil stagnere i vekst mye tidligere enn grasvekster med mer dyptgående rotsystem. Ut i fra årets erfaringer kan det synes som om barken i fersk tilstand ikke spiller stor rolle som vannreservoir i tørkeperioder. En hovedforklaring kan imidlertid være at rotsystemet ikke er dyptgående og dermed ikke klarer å utnytte vannkilden. Denne effekten forsterkes dersom toppdekket har vært for tykt (> 15 cm). Det kan nemlig synes som om raigraset i all hovedsak har måttet hente vann fra mineraljordlaget, og denne relativt grovkorna jorda har et svært begrenset vannlager, som for øvrig er i samsvar med våre observasjoner av rask degenerering av graset ved akkumulert vannunderskudd, ut over 15-20 mm. Moderat tørkesterk muldrik lettleire tåler til sammenlikning ca 40 mm vannunderskudd før det er nødvendig å vanne. Med andre ord ville en slik jordkvalitet ikke gitt tørkesymptom fram mot 1. slått 9/6. Et toppdekkelag på maksimalt 15 cm. Kunne muligens også ha redusert tørkeskadene.



**Figur 5.** Avling over året fra 4 forsøksfelt i Reddal

#### 4.7 Vanning 1997

I tabell 14 fremkommer vannmengder tilført forsøksfeltet i Reddal gjennom 1997. I tillegg kommer nedbør som for dette året var sparsom (spesielt i vårperioden).

**Tabell 14.** Vanning av forsøksfeltet gjennom 1997

Dato	mm vann
19/6	20
24/7	20
14/8	30
19/8	15

#### 4.7.1 Kommentar til vanning

Torp iverksatte vanning på forsøksfeltet når han drev vanning av tilgrensende kulturer.

Akkumulert vannunderskudd 19/6 var 65 mm (1. slått var 9/6), men kun to dager etterpå kom det 60 mm nedbør. I denne situasjonen skjedde antagelig en utvasking da det er tvilsomt om mineraljordlaget har vannkapasitet på mer enn 30 mm vann totalt.

Den 24/7 ble vannunderskuddet registrert til 55 mm. 2. slått ble gjennomført dagen etter, dvs at det var bra muligheter for gjenvekst etter denne, mot klar vannmangel fram mot både 1 og 2 slått

For perioden 25/7 - 14/8 ble netto fordampning estimert til 50 mm. Etter denne perioden ble forsøksfeltet vannet med 30 mm.

For perioden 14-18 /8 fordampa 13-14 mm. Den 18/8 ble det tilført 15 mm vann. Dette forløpet gir et korrekt vanningsintervall dersom produksjonen skal holdes på et høyest mulig nivå.

Av ovenfor stående følger at det kun er 3 slåttene som har fått noenlunde tilfredsstilt vanningsbehovet, selv om det også i perioden 2/8 til 14/8 er registrert en viss vannmangel.

## 5. Konklusjoner

- Omdanningen av bark som ligger i lag på opp til **1 meter** er vist å være minimal i de 2 første årene etter utlegging. Med gjødsling og bearbeiding av barken, bl.a. ved innarbeiding av bark i et topplag på maksimalt 15 cm, forventes imidlertid nedbrytningen å ha kommet godt i gang etter 5 år. Erfaringer fra dyrking på bark tilsier at barklag på 50 - 60 cm kan omdannes til jord i løpet av 5 - 10 år.
- Etablering av bark på opp til **1 meter** bør kunne gjøres i områder med skrinn jord uten stor risiko for forurensning. Gjennom de første årene vil det imidlertid være høye konsentrasjoner med **organisk stoff, jern og mangan** i sigevann direkte under barklaget. Det er indikasjoner på at gjødsling vil binde opp organisk stoff i biomasse, og dermed føre til en raskere reduksjon av konsentrasjonene i sigevann.
- Det må ikke finnes brønner eller følsomme resipienter i umiddelbar nærhet som kan ta skade av forbigående avrenning av organisk stoff og muligens jern og mangan. Det kan være påkrevet å følge opp nærliggende vannresipienter med prøvetaking og analyser av organisk stoff, mangan og jern.
- Den ideelle lokalisering er på løsmasser som vil filtrere sigevannet (morenegrus f.eks). Et alternativ er avskjæring og behandling av sigevann før det når bekk eller andre åpne vannforekomster
- Avlingene fra forsøksfeltet har vært moderate noe som viser at barken må **gjødsles** etter forskrift som utarbeides med basis i analyser av jordprøver. I Reddal fikk barklaget bl.a. en tilleggsdose med kobber (som  $\text{CuSO}_4$ ). Produksjonen av raigras i ubehandlet bark lå for øvrig på ca. 25% av produksjonen i gjødslede barkfelt
- Toppdekkets tykkelse må ikke overstige **15 cm**. Tykkere lag vil vanskeliggjøre innarbeiding av delvis nedbrutt bark i sandjorda. Da sand og skrinn jord holder dårlig på vann, vil tykke lag legge forholdene til rette for tørkeskader simpelthen ved å forhindre at røttene når ned til vannmettet bark
- Da erfaringene så langt inngir usikkerhet om hvorvidt barken har et stort potensiale som vannreservoir, anbefales at det legges opp en vanningsstrategi (sammen med fagekspertise). Spesielt i tilfeller der toppdekket (med skrinn og grovkornet sand) er tykkere enn 15 cm kan det synes som om en egnet strategi vil være hyppig vanning med små mengder.

## 6. Oppfølging av forsøksfeltet

Produksjonen fra det barklagte arealet i Reddal vil fortsette og dermed gi verdifull informasjon om utbytter, vanningsbehov og eventuelle mangelsymptomer.

Siden omdanning (humifisering) av bark lagt i lag på opp til 1 meter var forventet å ta noe tid, foreslås at det gjennomføres oppfølgende prøvetakinger høsten i år 2000 for vurdering av omdanningsgrad, både visuelt (endring i struktur og utvikling av rotsystem) og gjennom analyser av glødetap.

Den kjemiske oppfølgingen av sigevannet har vist at avrenning av KOF fra barken kan være vesentlig, spesielt umiddelbart etter utlegging. Resultatene kan imidlertid tyde på at denne avrenningen allerede er på retur, spesielt i fra gjødslede felt. Det foreslås at lysimeterstasjonene reetableres våren i år 2000, for gjennomføring av prøvetakinger og analyser som kan dokumentere endringer (forbedringer) i sigevannskvaliteten.

Det foreslås også at det gjennomføres årlige prøvetakinger av bekkevannet for analyse av TOC og eventuelt også jern og mangan.



## 7. Referanser

- Magnusson, M., 1986. Vatten och Vattenkvalitet för bevattning av växter. En litteraturstudie och probleminventering. Sveriges Lantbruksuniversitet. Trädgård 311. Alnarp 1986. ISSN 0347-9668 / SIBN 91-576-2809-2.
- Norgaard, E. og Ugland, N.T., 1994. Bruk av bark for vitalisering av skrin jord og r opparbeiding av nye jordbruksarealer. Sammenstilling av erfaringer med bruk av bark til jordbruksformål i Agder og Telemark. Forprosjekt for Fylkesmannen i Aust-Agder v Miljøvernavdelingen og Landbruksavdelingen, Landbrukskontoret i Grimstad kommune og Rygene-Smith & Thommesen. 17 sider.
- Solbraa, K., 1973. Bark som vekstmedium. Gartnerytt. 63: 576 – 578