

Rapport nr. 501/48

**GJØDSEL AV PROBLEMAVFALL FRA  
FISKEOPPDRETT**



PROBLEMAVFALL

## RAPPORT-TITTEL

### GJØDSEL AV PROBLEMAVFALL FRA FISKEOPPDRETT

|               |        |                |             |
|---------------|--------|----------------|-------------|
| RAPPORTNUMMER | 501/48 | PROSJEKTNUMMER | 501         |
| UTGIVER       | RUBIN  | DATO           | Januar 1996 |

#### UTFØRENDE INSTITUSJONER

Tjøtta Fagsenter, Planteforsk (tidligere Tjøtta Forskningsstasjon)  
8860 Tjøtta  
Tlf: 75 04 63 20

Kontaktperson: Ronald Bjøru

#### SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER

Kadaverøs dødfisk fra fiskeoppdrett er uegnet som fôr, men kan komposteres og brukes som gjødsel. Dette prosjektet ble startet for å undersøke om dette er akseptabelt og fordelaktig. Følgende forhold omkring kompostering av ensilert fiskeoppdrettsavfall er undersøkt:

- Hygienisering av sykdomsfremkallende organismer i avfallet
- Kompostens egenskaper som plantenæringsstoff (veksthus- og frilandforsøk)
- Nedbryting av eventuelle rester av antibakterielle stoffer i avfallet (selekterte mikroorganismer)

Både tørrkompostering (reaktor og ranke), våtkompostering og bruk av kvernet og ensilert fiskeavfall direkte på jord, har inngått i forsøkene. Våtkompostering har foregått i lukkede tanker, med ulike blandingsforhold mellom husdyrgjødsel og ensilasje. Nedbryting av antibiotika ved selekterte mikroorganismer er undersøkt ved Norges Landbrukshøgskole. Resultatene viser følgende:

- Våtkompostering av ensilert fiskeavfall sammen med husdyrgjødsel sikrer akseptabel hygienisering
- Våtkompostert ensilasje/husdyrgjødsel gir like gode avlingsresultater som tradisjonelle gjødselslag, og egner seg godt både på åker og eng. Et blandingsforhold på 15-25% ensilasje er optimalt. Med 20% ensilasje er nødvendig gjødselmengde for å tilføre samme mengde nitrogen under  $\frac{1}{4}$  i forhold til ren husdyrgjødsel. Ren ubehandlet fiskeensilasje og tørrkompostert avfall kan også egne seg som gjødsel, men i hovedsak begrenset til åker eller gjenlegg, dvs. ikke grasproduksjon.
- Selekterte mikroorganismer viste en viss modifisering av antibiotikainnholdet, men ikke i en slik grad at metoden foreløpig kan anbefales for avfall med antibiotikarester.

Det var et poeng at metoden skulle kunne koples til annen gjødselhåndtering og utstyr på gårdsbruk, og dessuten være økonomisk fordelaktig, både for oppdretter og gårdbruker. Til nå har oppdrettere betalt 50-70 øre/kg for leveranse av dødfiskensilasje til gårdbrukere med eksisterende våtkomposteringsanlegg, dvs. en besparelse på over 70 øre i forhold til leveranse til sentralt mottaksanlegg.

Tilgang på ledige spredearealer synes ikke å være noen begrensende faktor ved våtkompostering av dødfiskensilasje fra oppdrett. Et gårdsbruk på 200daa. har normalt ledig areal for å kunne ta 140 m<sup>3</sup> ensilasje.

Stiftelsen RUBIN  
Pirsenteret, Brattøra Telefon 73 51 82 15  
7005 Trondheim      Telefax 73 51 70 84

STIFTELSEN  
**RUBIN**  
Resirkulering og utnyttelse av  
organiske biprodukter i Norge

# **GJØDSEL AV PROBLEMAVFALL FRA OPPDRETTSNÆRINGEN**

RONALD BJØRU  
PLANTEFORSK TJØTTA FAGSENTER

## FORORD

Dokumentet er sluttrapport for prosjektet «Jordforbedringsmiddel av problemavfall fra fiskeoppdrett» (RUBIN-prosjekt nr. 501). Prosjektet er bygd opp med en rekke delelementer knyttet til behandlingsprosesser, hygienisering, medisinholdig avfall, virkning på plantevekst og anvendelighet i landbruket.

Rapporten har som målgruppe næringsutøvere innen fiskeoppdrett og landbruk, forvaltningsorgan og veiledere som arbeider med problemer knyttet til avfall fra oppdrettsnæringen og utnyttelsen av det.

Deler av resultatene er tidligere presentert i statusrapporter og artikler i tillegg til en rekke foredrag for forvaltning, politikere, FoU-miljø, oppdrettere og gårdbrukere.

Prosjektet er gjennomført ved Tjøtta fagsenter, Norsk institutt for planteforskning (Planteforsk) med forsker Ronald Bjøru som prosjektansvarlig. Forskingstekniker Kolbjørn Nesjan har vært fast prosjektmedarbeider.

Følgende delelementer er utført av våre samarbeidspartnere i prosjektet:

Fureneset fagsenter v/ dr.scient Samson Øpstad: Vekstforsøk i drivhus.

Institutt for bioteknologifag (IBF), NLH v/ forsker Jon Fr. Hansen: Forsøk med modifisering av antibiotikainnhold.

Veterinærinstituttet v/forsker Yngve Torgersen: Hygienisering av patogene organismer.

Holt analyselaboratorium, Planteforsk Holt forskingssenter: Analyse av næringsinnhold og jordprøver.

I tillegg til sluttrapport er det utarbeidet følgende delrapporter:

Statusrapporter for prosjektet 1992 og 1993

Sluttrapport fra delprosjekt ved IBF: Hansen, J.F., Strange Vognsen, A.L. og Bjøru, R.: "Isolering av mikroorganismer som kan nedbryte, eventuelt modifisere oksolinsyre, flumequin og tribrissen". (1995)

Veileder om våtkompostering av fiskeavfall (under utarbeiding)

Prosjektet er finansiert av stiftelsen RUBIN og Planteforsk v/ Tjøtta fagsenter.

## INNHOOLD

|   | Side |
|---|------|
| 1 OPPSUMMERING OG KONKLUSJONER                    | 5    |
| 2 BAKGRUNN OG PROBLEMSTILLINGER                   | 7    |
| 3 KRAV TIL BEHANDLING OG PRODUKT                  | 8    |
| 4 BEHANDLINGSPROSESSER                            | 10   |
| 4.1 Metoder                                       | 10   |
| 4.1.1 Generelt                                    | 10   |
| 4.1.2 Ensilering av avfall                        | 10   |
| 4.1.3 Våtkompostering                             | 10   |
| 4.1.4 Tørrkompostering                            | 11   |
| 4.2 Resultater                                    | 12   |
| 4.2.1 Sammensetning av ensilasje og husdyrgjødsel | 12   |
| 4.2.2 Våtkompostering                             | 13   |
| 4.2.3 Tørrkompostering                            | 16   |
| 4.3 Diskusjon                                     | 17   |
| 4.3.1 Våtkompostering                             | 17   |
| 4.3.2 Tørrkompostering                            | 18   |
| 5 VEKSTFORSØK                                     | 19   |
| 5.1 Metoder                                       | 19   |
| 5.1.1 Generelt                                    | 19   |
| 5.1.2 Veksthusforsøk                              | 19   |
| 5.1.3 Frilandsforsøk                              | 20   |
| 5.2 Resultater                                    | 21   |
| 5.2.1 Veksthusforsøk                              | 21   |
| 5.2.2 Frilandsforsøk - grønnfôr                   | 23   |
| 5.2.3 Frilandsforsøk - eng                        | 24   |
| 5.3 Diskusjon                                     | 27   |
| 5.3.1 Våtkompostert fiskeavfall                   | 27   |
| 5.3.2 Tørrkompostert fiskeavfall                  | 27   |
| 5.3.3 Rein fiskeensilasje                         | 28   |

|   | side |
|---|------|
| 6 HYGIENISERING   | 29   |
| 6.1 Ensilering  | 29   |
| 6.2 Kompostering  | 29   |
| 6.3 Diskusjon   | 30   |
| 7 ANTIBIOTIKAHOLDIG AVFALL - FORSØK MED<br>NEDBRYTNING    | 31   |
| 8 EGNETHET FOR LANDBRUKET. PRAKTISKE FORHOLD.<br>ØKONOMI. | 33   |
| 8.1 Tilgjengelig spredeareal                              | 33   |
| 8.2 Praktiske forhold med våtkomposteringsprosessen       | 34   |
| 8.3 Økonomi   | 35   |
| 9 KONKLUSJON  | 37   |

## 1 OPPSUMMERING OG KONKLUSJONER

Avfall i form av dødfisk har i endel år hatt et betydelig omfang, samtidig som myndighetene har innført strengere restriksjoner på anvendelse av avfallet.

Med aktiviteter både innen landbruk og fiskeoppdrett ble Tjøtta fagsenter (tidligere Tjøtta forskingsstasjon) tidlig opptatt av problemet og mulighetene for anvendelse av avfallet i landbrukssammenheng som gjødsel/jordforbedringsmiddel. Fiskeavfall er svært næringsrikt og kan sees på som en ressurs som kan utnyttes lokalt. For oppdrettsnæringen er det viktig at avfallet blir forsvarlig behandlet ut fra de krav myndighetene setter, samtidig som løsningen på avfallsproblemet blir rimeligst mulig.

De behandlingsprosesser som ble utprøvd tok utgangspunkt i kravene til hygienisering, samtidig som vi ville få fram et produkt landbruksnæringen er tjent med. Både tørrkompostering, våtkompostering og bruk av kvernet og ensilert fiskeavfall direkte har inngått i forsøkene. Produktene fra de ulike behandlingsprosesser ble brukt videre i vekstforsøk på ulike plantekulturer både på friland og i veksthus. Forsøkene viser at våtkompostering gir sikrest hygienisering av avfallet, samtidig som produktet er velegnet som gjødsel og har videst bruksområde på landbruksarealer. Fiskeavfallet bør samkomposteres med husdyrgjødsel.

En del gårdsbruk har allerede anskaffet våtkomposteringsanlegg med tanke på kompostering av husdyrgjødsel, og det er mest naturlig å knytte avfallsbehandling til gårdsbruk som har egne komposteringsanlegg og ledig spredeareal. Et blandingsforhold på 15-25 % fiskeavfall i forhold til husdyrgjødsel synes optimalt både ut fra prosessens forløp og for den næringsmessige sammensetning for plantene. Både for prosessens forløp og som plantenæring er en innblanding på 10-40 % akseptabelt.

Rein, ubehandla fiskeensilasje og tørrkompostert avfall kan også egne seg som gjødsel dersom de hygieniske krav er tilfredsstillt. Disse avfallstypene egner seg imidlertid best i åker eller gjenlegg. Hverken disse gjødselslag eller våtkompostert fiskeavfall kan foreløpig anbefales til poteter eller grønnsaker.

Veterinærmyndighetenes minstekrav i en behandlingsprosess for fiskeoppdrettsavfall er i hht. "Avfallsbehandlingsforskrift" varig inaktivering av ILA-agens og *Aeromonas salmonicida* subsp. *salmonicida* (furunkulosebakterien). Forsøk bl.a. gjennom dette prosjektet viser at begge inaktiveres eller drepes både i en ensileringsprosess der pH kommer ned i 4,0 eller lavere, og ved en varmebehandling på 50°C i 5 min. Våtkomposteringsprosesser både i prosjektet og i storskala (Val landbruksskole) viser at en ved innblanding av fiskeavfall i en komposteringsprosess lett tilfredsstiller et slikt temperaturkrav.

Under og etter en medisinerings vil opptatt dødfisk inneholde rester av antibiotika. Det er strenge restriksjoner på anvendelsen av slikt avfall siden dagens antibakterielle stoffer er svært stabile og vanskelig nedbrytbare. Som en del av prosjektet ble muligheten for reduksjon av medisininnholdet i dødfisk utprøvd. Forsøk viste at komposteringsprosessen ikke hadde virkning på antibiotikainnholdet. Forsøk med selekterte mikroorganismer, som en kunne forvente hadde evne til nedbrytning, viste en viss modifisering av antibiotika-inn-

holdet. Virkningen var imidlertid ikke god nok til at metoden kan anbefales anvendt etter dagens regelverk. Med den helsetilstanden som rår i fiskeoppdrett i dag er også dette problemet betydelig mindre enn for noen år tilbake. For nye medikament vil det være miljøkrav, bl.a. med hensyn til nedbrytningsegenskaper.

Tilgang på ledig spredeareal synes ikke å være noen begrensende faktor for våtkompostering av oppdrettsavfall. Normalt vil et gårdsbruk på 200 daa. med kun grovfôrbasert husdyrproduksjon ha rundt 100 daa. ledig spredeareal. Siden en kan spre våtkompost i en mengde som tilsvarer 1,4 m<sup>3</sup> fiskeensilasje pr. daa. ledig spredeareal, vil et slikt gårdsbruk kunne ta 140 m<sup>3</sup> (eller tonn) ensilasje. For å få håndtert 1000 tonn fiskeensilasje på denne måten trengs 7 gårdsbruk av denne størrelsen.

Kystfylkene vil ha nok spredeareal for den aktuelle mengden dødfisk. F.eks. er det i hvert av fylkene Nordland og Møre og Romsdal nok ledig spredeareal til å ta hånd om over 300 000 tonn fiskeensilasje i landbruket.

Oppdrettsnæringen kan oppnå betydelige besparelser ved å inngå leveringsavtaler for dødfisk med lokale bønder framfor levering til sentralanlegg. En vanlig pris har vært 50-70 øre pr kg levert ensilasje til gårdbruker. Dette vil bety en besparelse på minst 70 øre pr. kg ensilasje, i hvert fall for ensilasje av kadaverøs dødfisk. Mange vil oppnå en tilsvarende besparelse også for ensilasje av «god» dødfisk. Et oppdrettsanlegg med 25 tonn dødfisk vil dermed kunne spare nesten 20 000 kroner på denne måten.

Det er først og fremst ensilasje av kadaverøs dødfisk som egner seg til våtkompostering. Også «god» dødfisk kan anvendes på denne måten dersom alternativ hentepris er høy. Antibiotikaholdig dødfisk må disponeres på annen måte (forbrenning eller leveranse til pelsdyrfôr). Biprodukter fra slakting/videreforedling av laksen bør både av økonomiske og ressursmessige grunner utnyttes til fôr.

Selv om veterinærmyndighetenes krav til inaktivering av ILA-agens og furunkulosebakterien er oppfylt, setter de EU-baserte forskriftene om transport og behandlingsanlegg for animalsk avfall idag en stopper for all kompostering av dødfisk, også våtkompostering. RUBIN arbeider imidlertid for å få endret dette.

**Konklusjon: Organisk avfall i form av dødfisk fra oppdrettsnæringen som har gjennomgått en behandling med ensilering/kompostering er godt egnet til gjødsel i landbruket og kan til en viss grad erstatte innkjøpt handelsgjødsel.**

**Spesielt fiskeensilasje som er våtkompostert sammen med husdyrgjødsel har vist gode resultat fra vekstforsøk, tilstrekkelig grad av hygienisering og kan anvendes på de dominerende plantekulturer i kyst-Norge.**



## 2 BAKGRUNN OG PROBLEMSTILLINGER

Avfall fra oppdrettsnæringen i form av dødfisk har i endel år hatt et betydelig omfang. Spesielt i begynnelsen av 1990-årene var avfallsmengdene svært store på grunn av sykdomsproblemene i næringen. Samtidig kom det strenge restriksjoner på deponering av avfallet ved nedgraving. Det ble derfor nødvendig å se på nye løsninger der avfallet ble tatt vare på og helst utnyttet som en ressurs. Landbruket er sannsynligvis den mest aktuelle mottaker av avfall i stor skala. Ferskt avfall kan best nyttiggjøres som fôr til matproduserende dyr, mens avfall som inneholder medisinerester (antibiotika) kun egner seg til pelsdyrfôr, evt. forbrenning. Kadaverøst avfall kan ikke brukes til fôr.

**Problemstillingen ble derfor først og fremst hvordan slikt avfall skulle kunne tas vare på og resirkuleres til landbruket i form av gjødsel eller jordforbedringsmiddel på en forsvarlig måte.**

Det viktigste var derfor å finne en behandlingsmåte for avfallet som:

- ivaretok myndighetenes krav til hygienisering av smittefarlige organismer og til anvendelse av avfall
- ga et produkt som var mest mulig anvendelig for de plantekulturer som er dominerende langs kysten
- ga et gjødselprodukt med akseptabel og dokumentert virkning som plantenæring
- kunne kobles til annen gjødselhåndtering og utstyr på gårdsbruk
- var økonomisk gunstig både for leverandør og mottaker av avfall

I tillegg var det et spesielt problem med antibiotikaholdig avfall. De medisintyper som blir brukt i oppdrettsnæringen har vist seg å være svært stabile i naturen og vanskelig nedbrytbare ved vanlige metoder som ensilering, oppvarming og frysing.

**Prosjektets mål var utprøving av ulike behandlingsmetoder, dokumentere virkningen på farlige smittestoffer og dokumentere gjødselvirkingen på ulike plantkulturer av de ulike produkter som metodene gav. I tillegg ønsket vi å finne mulige metoder til nedbryting av antibiotikaholdig avfall.**

### 3 KRAV TIL BEHANDLING OG PRODUKT

**Veterinærmyndighetene** har to forskrifter å forholde seg til:

"Avfallsbehandlingsforskrift" (fastsatt 17.04.92) krever av metoder for behandling av avfall at de varig inaktiverer *Aeromonas salmonicida* subsp. *salmonicida* (bakterien som forårsaker furunkulose) og smittestoffet som forårsaker infeksjøs lakseanemi (ILA), slik at de ikke kan påvises i 1 gram av avfallet (§ 3.2). Følgende metoder kan nyttes for smittehygienisk betryggende behandling av død fisk, avfall m.m.: Forbrenning til aske, nedgravning på et sted som er godkjent av fylkesveterinæren eller levering til destruksjonsanlegg fylkesveterinæren har godkjent (§ 1).

Veterinærmyndighetenes regelverk er likt over hele landet uavhengig av om området er erklært ILA-fritt eller ikke.

I "Forskrift om transport av animalsk avfall og anlegg som behandler animalsk avfall" (fastsatt 13.07.94) defineres høyrisikoavfall som: «akvakulturdyr som viser kliniske tegn eller som ved slaktning viser patologiske tegn på sykdom som er overførbart til fisk, samt deler av og avfall fra slike dyr». Dødfisk defineres generelt som høyrisikoavfall. Ferskt avfall fra oppdrettsanlegg eller lakseslakteri defineres som lavrisikoavfall.

Forskriften er basert på EU-direktiv.

Et komposteringsanlegg kan ikke motta høyrisikoavfall (§ 21), samtidig skal komposteringen være slik at mulige smittestoffer blir desimert før uttak. Høyrisikoavfall skal behandles i steriliseringsanlegg, destrueres i godkjent forbrenningsanlegg eller destrueres i henhold til offentlige bestemmelser om bekjempelse av smittsomme sykdommer (§5). Samtidig kan distriktsveterinær dispensere fra kravene og tillate destruksjon ved nedgravning. Høyrisikoavfall fra fisk kan også behandles ved særlige anlegg godkjent for dette eller ved anlegg for produksjon av fôr til pelsdyr. (§§ 5,19)

RUBIN arbeider for å få godkjent våtkompostering som behandlingsmetode for dødfisk.

**Landbruksdepartementet og Statens landbrukstilsyn** mener i utgangspunktet at det er ønskelig at landbruket bidrar til resirkulering av organisk avfall. Betingelsen er at avfallet ikke forringer jordas kvalitet, hverken på kort eller lang sikt. Dette medfører bl.a. at avfallet ikke må inneholde skadelige stoffer eller ha egenskaper som kan være negative for brukeren. I tillegg må det ha en klar og dokumentert nytteverdi. Vilårene er hjemlet i «Forskrift om handel med gjødsel og jordforbedringsmidler m.v.», med tilhørende vedlegg om «Kvalitetskriterier for gjødsel og jordforbedringsmidler basert på organisk avfall» fastsatt 22.05.95. Etter dette skal avfallet ha gjennomgått en eller annen form for behandling eller prosessering, f.eks. kompostering, og derigjennom fått en tilfredsstillende hygenisering og stabilisering. I tillegg til opplysning om opphavsmateriale og behandlingsmetode skal det også opplyses om næringsinnhold, surhetsgrad og andre forhold i en varedeklarasjon.

I utgangspunktet er det krav om at fiskeavfall til gjødning/ jordforbedringsmiddel ikke skal inneholde antibiotika som i mengde medfører helse- eller miljørisiko ved bruk.

Medisinholdig avfall er derfor kun brukt i forsøk med nedbrytning av antibiotika og inngår ikke i vekstforsøk o.l.

**Miljøvernmyndighetene**, ved Fylkesmennenes miljøvernmyndigheter, har i «Vilkår for behandling av avfall fra fiskeoppdrettsvirksomhet og slakting av oppdrettsfisk» (hjemlet i Forurensningslovens §§ 16, 18, 28, 32 og 33) gitt forskrifter om oppsamling og anvendelse av fiskeavfall. Hovedreglene er at alle typer avfall skal samles opp og håndteres slik at det ikke oppstår forurensningsmessige ulemper. Dumping i sjø/vassdrag, nedgraving eller brenning er ikke tillatt uten etter særskilt tillatelse. Ensilering, transport og annen behandling av avfall skal foregå slik at det ikke oppstår unødig luktulemp eller fare for smittespredning. Bedriften skal ha tilgang til utstyr med tilstrekkelig kapasitet til å håndtere avfallet. Vilkårene skiller mellom «godt fiskeavfall» (=slakteavfall, fersk, antibiotikafri dødfisk - også sykdomsdød fisk), som skal gjenvinnes, og «dårlig fiskeavfall» (=bedrevet og antibiotikaholdig dødfisk), som inntil videre kan leveres til godkjent nedgravingsplass/ komposteringsplass.

**Fiskerimyndighetene**, ved Fiskerisjefene i fylkene, har krav til avfall og avfallsbehandling som endel av konsesjonsvilkårene. Disse kravene er hjemlet i forskrift om etablering og drift av oppdrettsanlegg. I korthet går kravene ut på: Død eller døende fisk taes opp daglig i sommerhalvåret og annenhver dag i vinterhalvåret. Ved høy dødelighet eller sjukdomsutbrudd skal fisk taes opp daglig (dette er forøvrig også krav fra miljøvern- og veterinærmyndighetene). Dødfisk skal kvernes og syrekonserveres omgående. Andre behandlingsmåter kan godtas dersom det kan dokumenteres like god eller bedre smittehygienisk eller forurensningsforebyggende effekt.

## 4 BEHANDLINGSPROSESSER

### 4.1 Metoder

#### 4.1.1 Generelt

Utgangspunktet for valg av metoder er primært myndighetenes krav til hygienisering som medfører eliminering av de farlige smittsomme sykdommer. Samtidig må praktiske forhold for oppdrettsnæringen, næringsverdi av avfallet og anvendelighet for landbruket ivaretas. Avfallet bør være ensilert før det gjennomgår en varmebehandling som kompostering

Med **ensilering** menes tilsetning av en syre som senker pH i avfallet til pH 3,8 - 4,0. På dette nivå vil bakterieveksten i fiskeavfallet stoppe opp, og massen blir lagringsstabil over lengre tid.

**Kompostering** er en metode for omdanning og nedbryting av organisk materiale ved hjelp av luftkrevende (aerobe) mikroorganismer. I denne prosessen utnytter mikroorganismene energien i avfallet og oksygen, og utvikler varme, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, NH<sub>3</sub> m.m. Hvilke typer mikroorganismer som er aktive avhenger av den temperaturen kompostmassen til enhver tid har.

#### 4.1.2 Ensilering av avfall

All fisk som ble brukt i prosjektet ble kvernet og ensilert. Dette skjedde enten på oppdrettsanlegget med vanlig propellkverning i dødfisk-containerer og med tilsetning av maursyre (3 % tilsetning i forhold til volumet av død fisk) eller, for mindre partier fisk, kverning på grovlaboratoriet før tilsetning av maursyre.

Som en del av prosjektet har vi testet ut egenskapene til rein fiskeensilasje med tanke på bruk av dette direkte som plantenæring. Også ensileringens virkning på hygienisering er undersøkt.

#### 4.1.3 Våtkompostering

Med våtkompostering menes kompostering av organisk masse i væskeform. Komposteringseffekten oppnås ved å piske luft inn i væska slik at de aerobe bakteriene blir aktive. Det skjer samtidig en omrøring av massen slik at hele massen komposteres. Energiinnholdet i det organiske avfallet bestemmer hvilket temperaturnivå som kan nås. Prosessen kan også reguleres ved å regulere lufttilgangen, enten ved hastigheten på luftemaskinen (ejektor) eller ved å kjøre luftemaskinen i intervaller med pauser mellom. Metoden er tatt i bruk av endel husdyrprodusenter for kompostering av vanlig husdyrgjødsel. Rein fiskeensilasje er svært energirik. For en våtkomposteringsprosess er det derfor en fordel å få blandet inn et mer energifattig materiale. Siden prosessen er mest aktuell i jordbruksammenheng der våtkomposteringsanlegg er knyttet til behandling av vanlig husdyrgjødsel, var det mest nærliggende i våre forsøk å samkompostere fiskeensilasjen med husdyrgjødsel av storfè (blautgjødsel).

I forbindelse med forsøkene utført på Tjøtta ble det bygget opp to tanker, hver på 1 m<sup>3</sup> med ejektorer for omrøring og innpisking av luft, og skumkuttere. Luft tilføres ejektor i slange påkoblet rotameter for regulering og registrering av luftmengde. Ejektor er tilkoblet tidsur for styring av gåtid og pause etter et regulerbart program, og styringsenhet for hastighet m.m. Automatisk temperaturregistrering er koblet både til tankene og til luft med utskrivning av temperatur en gang pr time. Tankene tilsettes husdyrgjødsel (blautgjødsel) fra storfebesetninger i nærheten og kvernet og ensilert fiskeavfall fra eget oppdrettsanlegg.

Våtkomposteringsprosessene i forsøket har som regel gått 20-30 dager. Dette er noe lengre tid enn en ville kjørt en vanlig komposteringsprosess for tillaging av gjødsel i praksis. Årsaken er at vi ønsket å se hvordan utviklingen i temperatur, kjemisk innhold og feitt endret seg i løpet av prosessen for senere å vite på hvilket trinn prosessen burde stoppes for å ivareta næringsstoffene best mulig og samtidig oppnå nødvendig hygienisering. Med denne metoden er prosessen kjørt med følgende blandingsforhold mellom hhv fiskeensilasje og husdyrgjødsel (i %): 100/0, 40/60, 35/65, 25/75, 20/80 (flere), 10/90 og 0/100. Årsaken til bruk av flere ulike blandingsforhold ligger dels i å se hvordan selve prosessen forløper, dels i produksjon av gjødsel til vekstforsøk for å se virkningen av ulik mengdeinnblanding og også med tanke på praktisk utnyttelse, idet tilgangen på avfall kan variere mye for ulike bruk.

#### ***4.1.4 Tørrkompostering***

For kompostering av en tørr masse kreves det at fiskeavfallet (ensilasjen) blir blandet med et tørt medium. I våre komposteringsforsøk ble fiskeensilasje blandet med torv utprøvd. I tillegg ble det i vekstforsøk også utprøvd kompostert fiskeensilasje og bark.

En tørrkomposteringsprosess for dette forsøksformål er avhengig av muligheten til å følge en prosess av et gitt materiale fra start til stopp. Det ble derfor konstruert 4 stk. 60 l fermentorer der en hadde kontroll over den "batch" som ble lagt inn mht lufttilgang, temperatur m.m. For å unngå for stor varmeforskjell mellom kjerne og ytterkant i materialet ble fermentorene isolert. Det er koblet til en vanlig luftkompressor for lufttilgang og temperatursonder for automatisk registrering av temperatur. Temperaturen ble registrert både øverst i kompostmassen, nær bunnen og i lufta ut fra kompostmassen, i tillegg til romtemperatur.

Siden både fiskeensilasje og torv i utgangspunktet har lav pH viste det seg nødvendig med tilsetning av kalk for å få et miljø som var tilfredsstillende for mikroorganismene. Blandingen som ble laget besto av ca. 25 % (volum) fiskeensilasje og 75 % torv. Materialet ble mekanisk blandet i en sementblander.

I tillegg til tørrkompostering under kontrollerte forhold ble det også gjort en test av mer tradisjonell utendørs kompostering i haug eller ranke. I forbindelse med rankekompostering av sauetalle (hardtrampet sauegjødsel og strø, som regel halm) fra forskingsstasjonens husdyrforsøk knyttet vi dette til prosjektet for å se på hvilke temperaturer som ble oppnådd ved innblanding av fiskeensilasje i tallen. Det ble også lagt en ranke med rein torv innblandet fiskeensilasje. Deler av rankene ble isolert med halm. Det ble lagt plast over

rankene med fiskeensilasje. Det må presiseres at dette forsøket ble sett på som et eksperiment for å få klarlagt om metoden kan egne seg.

Målet var å se om en mer tradisjonell kompostering ville fungere og tilfredsstillende de nødvendige krav til hygenisering, kostnad, anvendelse og om det var en miljømessig forsvarlig metode. De registreringer som ble tatt var temperaturen hhv 50 og 15 cm inn i kompostranken, analyse av næringsinnhold ved start, under komposteringen og før en eventuell anvendelse av komposten.

## 4.2 Resultater

### 4.2.1 Sammensetning av ensilasje og husdyrgjødsel

Fisk, og dermed fiskeensilasje, har et høyt innhold av de viktigste plantenæringsstoffer. Både med tanke på bruk av ensilasje direkte som næringsstoff og som utgangsmateriale for komposteringsprosesser er det tatt en rekke analyser av rein fiskeensilasje for å klarlegge innholdet av de aktuelle næringsstoff og endel andre, relevante bestanddeler. Nedenfor er satt opp en sammenligning mellom gjennomsnittstall av endel viktige plantenæringsstoffer i fiskeensilasje og storfegjødsel. Alle tall er på våtvektbasis.

| Analyserte næringsstoffer:       | Fiskeensilasje | Husdyrgjødsel |
|----------------------------------|----------------|---------------|
| Tørrstoff, % *                   | 27,5           | 5,9           |
| Feitt, %                         | 10,2           | 0,31          |
| Nitrogen (total), %              | 2,13           | 0,25          |
| Fosfor (P), g/kg                 | 2,37           | 0,53          |
| Kalium (K), g/kg                 | 2,27           | 2,00          |
| Magnesium (Mg), g/kg             | 0,37           | 0,36          |
| Kalsium (Ca), g/kg               | 4,47           | 1,00          |
| NH <sub>4</sub> -N (ammonium), % | 0,07           | 0,12          |
| pH                               | 3,8            | 7,1           |
| (Natrium, g/kg                   | 1,3            | 0,2 )         |
| (Klorid, mg/100 g)               | 76 )           |               |

\* I % av prøvene

( ) - baserer seg på en prøve.

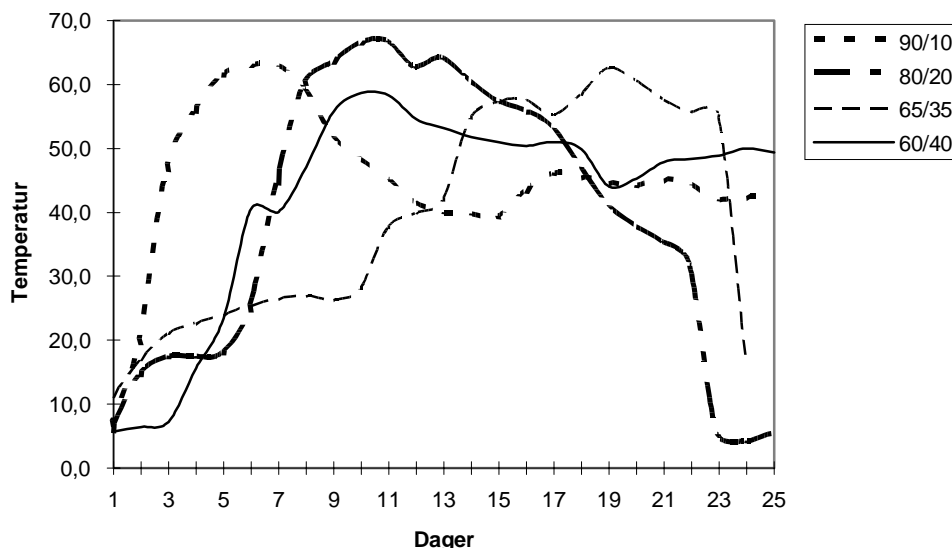
Fiskeensilasje har et høyt nitrogeninnhold (N) - ca. 10 ganger høyere enn vanlig blautgjødning fra storfe. Fosforinnholdet (P) er 4-5 ganger høyere, mens kaliuminnholdet (K) ligger omtrent på nivå med husdyrgjødsel. **1 tonn fiskeensilasje inneholder dermed ca. 21 kg N, ca. 2,5 kg P og vel 2 kg K.** Etter plantenes behov for næring vil forholdet mellom N og P være akseptabelt, mens det er klart for lite K dersom fiskeensilasje skulle nyttes som eneste gjødning eller hvis andelen av fiskeensilasje er høy.

Feitinnholdet i fiskeensilasjen er høy - ca. 10 % mot ca. 0,3 % i vanlig blautgjødning. Det høye feitinnholdet gjør det vanskelig å kunne anbefale ubehandlet fiskeavfall til bruk på jordarter som fra før har vanskelige infiltrasjonsforhold, som myr og leirjord. Samtidig er feitinnholdet årsaken til den varmemengden som oppnås i komposteringsprosessen - det er "energien" til mikroorganismene og medfører en stor aktivitet av disse og dermed en høy temperatur.

#### 4.2.2 Våtkompostering

**Temperaturutviklingen** i våtkomposteringsprosessen viste at selv med en relativt liten innblanding av fiskeensilasje i husdyrgjødsel ble det en markert temperaturstigning. Temperaturen kom under kontrollerte forhold opp i 60-70° C på de våtkomposteringsprosesser som ble kjørt med en varierende andel av fiskeensilasje. Våtkompostering av bare husdyrgjødsel ga en temperaturopp på 45-50°C.

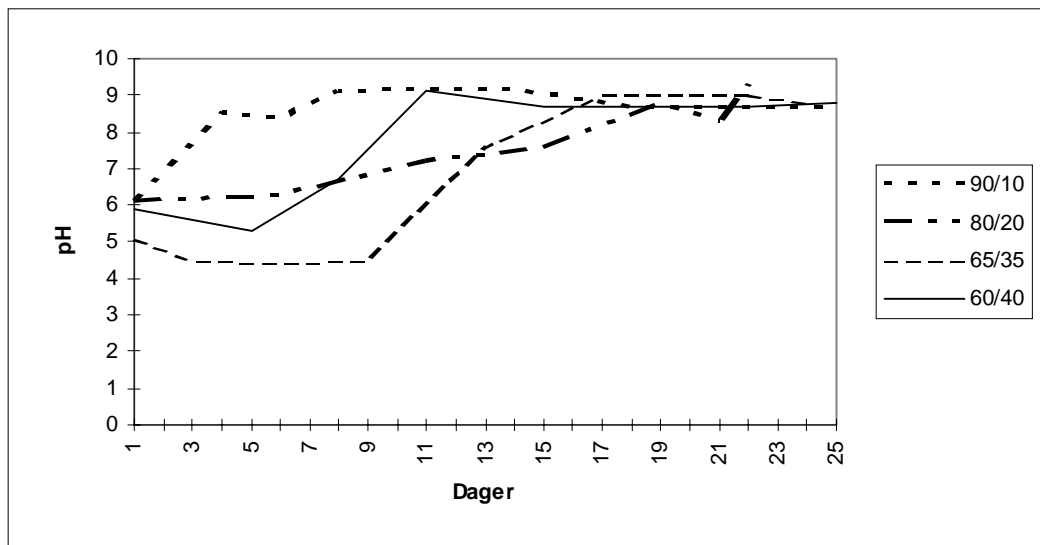
Figuren nedenfor viser temperaturutviklingen i endel prosesser. Forholdet mellom husdyrgjødsel og fiskeensilasje står oppført til høyre for de enkelte temperaturkurver.



Figur 1. Temperaturutvikling i fire våtkomposteringsprosesser

Resultatene samsvarte godt med de temperaturer som ble oppnådd i storskala komposteringsstank i de innledende forsøk til prosjektet utført ved Val landbruksskole (Statusrapport 1993, Rubinprosjektnr. 501)

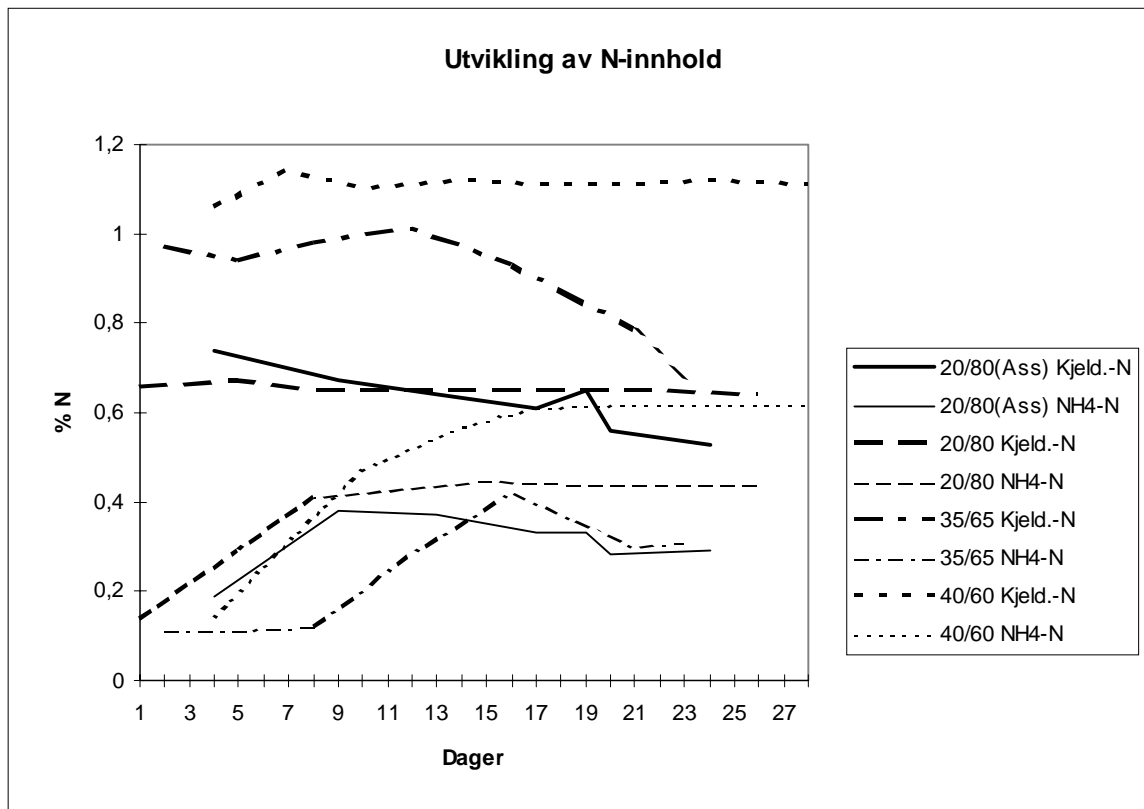
**pH** i utgangsmaterialet for komposteringsprosessene varierte med andelen av fiskeensilasje. Fiskeensilasje har en pH på ca 3,8, mens det for husdyrgjødsel ligger på ca. 7,0. Dette medfører at pH i blandingen blir lavere jo høyere andelen av fiskeensilasje er. For alle blandingsforholdene steg imidlertid pH i løpet av prosessen slik at komposten ved uttak hadde en pH på ca. 9. Utviklingen av pH i prosessen varierte noe. Generelt steg pH noe raskere i samkomposteringsprosesser med lavt innhold av fiskeensilasje.



Figur 2. pH-utviklingen i fire våtkomposteringsprosesser

**Næringsinnholdet** i blandingene ga en økning av nitrogen (N) og fosfor (P) med økende innblanding av fiskeensilasje, mens kaliummengden (K) var stabil. Det som hadde størst interesse var imidlertid hvordan N endret seg gjennom prosessen, både tap av N (i gassform) og omdanning av N. Tap av N viste seg å ha nær sammenheng med temperaturnivå og temperaturutvikling. I de komposteringsforløp der temperaturen oversteg 60° C (63-67° C) var tapet på 20-30 %. I figur 3 er dette blandingene 20/80 (Ass) og 35/65. Størstedelen av tapet kom da i slutten av komposteringsprosessen. I de komposteringsforløp der maksimumstemperaturen var under 60° C (52-59° C) ble det registrert minimale tap. I tillegg ble disse komposteringsprosessene avsluttet mens temperaturen fortsatt var høy (> 50° C). Andelen av N i form av ammonium (NH<sub>4</sub>) steg i løpet av prosessen. Ammonium er N i en form som er lett tilgjengelig for plantene, men som samtidig tapes lett. For de komposteringsforløp som hadde tap av N, var det også en nedgang i NH<sub>4</sub> på sluttet av komposteringsprosessen.





Figur 3. Utvikling av total-N og NH<sub>4</sub> i fire våtkomposteringsprosesser.

Mengden av P og K er stabil i prosessen.

For praktisk bruk er det nyttig å vite innholdet av næringsstoffer i gjødsla. Tabellen nedenfor viser næringssammensetningen i kg i ett tonn av ulike blandingsforhold av fiskeensilasje og husdyrgjødsel etter at blandingen er ferdigkompostert. Verdiene er sammenlignet med verdiene i våtkompostering av kun husdyrgjødsel (0/100):

| Næringsstoffer     | Fiskeensilasje (%)/Husdyrgjødsel (%) |       |       |       |
|--------------------|--------------------------------------|-------|-------|-------|
|                    | 0/100                                | 10/90 | 20/80 | 40/60 |
| Nitrogen (N), kg   | 1,5                                  | 3,6   | 6,1   | 11,1  |
| Fosfor (P), kg     | 0,32                                 | 0,58  | 0,81  | 1,69  |
| Kalium (K), kg     | 2,1                                  | 2,2   | 2,7   | 2,8   |
| Magnesium (Mg), kg | 0,25                                 | 0,29  | 0,29  | 0,45  |
| Kalsium (CA), kg   | 0,74                                 | 1,14  | 1,55  | 1,97  |
| Feitt, kg          | < 1,0                                | 1,0   | 5,2   | 18,0  |
| Tørrstoff, %       | 3,4                                  | 3,9   | 6,6   | 10,9  |
| (Antall prøver     | 4                                    | 1     | 3     | 1)    |

pH for alle disse blandingene lå på 7,0-9,3 for ferdigkompostert masse.

**Feittinnholdet** viste en markert nedgang i løpet av prosessene. Dette var forøvrig ventet ut fra den store mikrobielle aktiviteten. Det som er verdt å merke seg er imidlertid størrelsen på reduksjonen. For 20%/80%-blandingen er reduksjonen kommet ned på nivå med feittinnholdet i vanlig blautgjødning etter 3 uker. Med større andel av fiskeensilasje, og dermed høyere feittinnhold, er det som forventet et høyere nivå, men også her er feittinnholdet svært lavt etter 3 ukers kompostering. Reduksjonen varierte også etter hvor lenge komposteringsprosessen pågikk og omsetningshastigheten, det vil i praksis si temperaturnivået. For de blandinger som i utgangspunktet hadde et lavere innhold av fett (20-30 % innblanding av fiskeensilasje) var reduksjonen i feittinnhold opptil 90-95%. Høyere innblanding av ensilasje og kortere komposteringstid reduserte feittinnholdet med 20-50%.

#### **4.2.3 Tørrkompostering**

Temperaturutviklingen og høyeste oppnådde temperatur var noe forskjellig i fermentorene. Som eksempel nevnes temperaturresultatene i noen tørrkomposteringer.

Fermentor I hadde max temperatur på 54,2° C (i temperatursonden nær bunn: 25,9°), men hadde to markerte topper i løpet av prosessen. Fermentor II hadde en temperaturopp på 66,4° C (bunn: 61,0° C). Samtidig med disse to ble det kjørt to fermentorer med medisinholdig avfall i forbindelse med antibiotikadelen av prosjektet. Høyeste temperaturer som ble oppnådd i disse var: Fermentor III (Tribrissenmedisinert avfall): 62,2° C øverst og 40,3° C nær bunnen; Fermentor IV (oksolinsyreholdig avfall) 59,4° øverst og 61,5° C nær bunnen.

N-innholdet i materialet endret seg lite i prosessen. Kjeldahl-N i de to fermentorene ble målt til hhv 1,65 % og 1,58 % ved start og 1,67 % og 1,66 % etter ca. en ukes lagring etter avslutning. For begge var NH<sub>4</sub>-N andelen 0,06-0,08 % både ved start og slutt, mens den under prosessen lå på 0,55-0,60 %. Normalt skulle en forvente en nedgang i Kjeldahl-N i løpet av prosessen. Ingen eller små endringer kan skyldes endring av volumvekt, eventuelt uttaks- eller analysemetoden. Ut over dette er det vanskelig å gi noen forklaring.

Rankekompost av sauetalle var lagt tidligere og komposteringsprosessen var kommet godt igang for den delen som ikke inneholdt fiskeensilasje. I tillegg til at innblandingen av ensilasje i den etablerte sauetalle-komposten skjedde på et sent stadium, var det en spesiell kald værtype i oktober 92.

Det ble registrert temperatur på flere steder i ranken og på to dyp. Temperaturen i komposten som besto av sauetalle og fiskeensilasje (isolert) lå på ca. 45° C i en periode, mens den etablerte sauetallekomposten (isolert med halm) hadde temperaturer på mellom 55 og 60° på det høyeste. Det var relativt små forskjeller på 15 og 50 cm dyp i den isolerte komposten. En nylagt kompost av torv og fiskeensilasje hadde en jevn temperaturstigning til knapt 40°C etter 20 dager.

## 4.3 Diskusjon

### 4.3.1 Våtkompostering

#### Sammenhengen temperatur/pH/nitrogenomsetning

Temperaturutviklingen er noe forskjellig i prosessene, som figur 1 viser, med en noe raskere stigning i blandingene med lavest innhold av fiskeavfall (10/90 og 20/80) og dermed en tidligere kulminering. Ulikheten ligger sannsynligvis primært i ulik utvikling av pH i prosessene. Ved lav pH - dvs de blandingene med mest ensilasje - vil en både ha et mindre spekter av mikroorganismer og levevilkårene vil være mindre gunstige. Dermed vil effektiviteten være mindre, noe som medfører en noe langsommere temperaturstigning.

Endring av pH i løpet av prosessen kommer primært av omdanning av organisk N til  $\text{NH}_4\text{-N}$ . Dette er en akselererende effekt fordi omdanning til  $\text{NH}_4\text{-N}$  medfører økt pH, samtidig som økt pH påskynder og forsterker dannelsen av  $\text{NH}_4\text{-N}$ .

Temperatur og pH påvirker både forholdet mellom organisk N og  $\text{NH}_4\text{-N}$ , mellom  $\text{NH}_4\text{-N}$  og  $\text{NH}_3\text{-N}$  og tap av nitrogen i form av  $\text{NH}_3\text{-N}$ . For 35/65 % blandingen holdt det totale N-innholdet (Kjeldahl-N) seg relativt stabil i de to første ukene, mens omdanningen til  $\text{NH}_4\text{-N}$  økte ved økning av pH og temperatur. Snaut 2 uker etter oppstart ble det registrert en nedgang i Kjeldahl-N, en nedgang som fortsatte til prosessen ble avsluttet 3 uker etter oppstart og som i første rekke skyldes tap i form av  $\text{NH}_4\text{-N}$  ved høyt pH- og temperaturnivå. For 20/80 blandingene var nedgangen i N-innhold relativt jevnt fordelt over de tre ukene prosessen gikk, eksempelvis gikk den ene fra 0,75 % N-innhold ved start og 0,71 %, 0,64 % og 0,60 % etter hhv 1, 2, og 3 uker. Årsaken til forskjellen ligger sannsynligvis i at pH- og temperaturstigningen startet tidligere, dermed fikk også omdanningen til  $\text{NH}_4\text{-N}$  og tap av ammoniakk en tidligere start og et jevnere forløp. Forløpet av prosessene var dermed noe forskjellig. I alle komposteringen var det en viss reduksjon i nitrogeninnholdet, for de med størst tap opptil 20-30 % reduksjon. Prosessene kunne vært stanset tidligere for å ivareta en større del av næringen og samtidig oppnådd nødvendig grad av hygienisering.

#### Andre forhold

Temperaturutvikling og -nivå avhenger også av andre faktorer. Disse faktorene kan være med og styre temperaturen til ønsket nivå:

- Luftmengden som tilføres - ved tilførsel av luft utover det behovet mikroorganismene har for sin aktivitet kan den ha nedkjølende virkning på prosessen. Motsatt vil for lite luft medføre lavere mikrobiell aktivitet.
- Temperaturen på luft som tilføres - dersom en har forvarming på luften vil dette medføre høyere temperatur i prosessen.
- Forholdet mellom ejektorens gåtid og pausetid - generelt vil en kunne redusere temperaturnivået ved økt pausetid i forhold til gåtid.
- Hastighet på ejetor
- Isolering av tank dersom ønsket er å heve temperaturen i prosessen.

Det er vanskelig å unngå tap av N i gassform under en slik våtkomposteringsprosess der det stilles store krav til høy temperatur for å oppnå nødvendig hygienisering. Dersom en har en lukket tank, eller på annen måte kontroll over lufta som kommer ut fra prosessen, er det

mulig å fange opp en del av tapet. På Tjøtta ble det brukt biofilter under noen av våtkomposteringsprosessene. En analyse av dette biofiltret viste at det i løpet av 4 dager under prosessen fanget opp en god del N i form av  $\text{NH}_4$  (fra 0,02 til 0,20 %). Val landbruksskole har på sin våtkomposteringstank montert både kondenseringsutstyr og biofilter for gassen fra prosessen. Dette ble i første rekke gjort for å redusere lukt, men vil også ha en klar fordel mht. å ivareta nitrogen.

Andelen av fiskeensilasje bør være såpass høy at det blir nok energi (i dette tilfellet feitt) til å oppnå en temperatur som tilfredsstillende kravet til hygienisering. I storskala er det gjort forsøk med ned til ca. 15 % innblanding av fiskeensilasje og oppnådd temperaturer på rundt 60° C. I våtkomposteringstank i våre forsøk ble det oppnådd vel 62° C ved bruk av 10 % fiskeensilasje og 90 % husdyrgjødsel. Dette tyder på at en uten problemer kan gå ned til 10-15 % innblanding og likevel få god nok hygienisering av avfallet.

#### **4.3.2 Tørrkompostering**

Tørrkompostering i fermentor ga tildels akseptable temperaturer, sjøl om variasjonen mellom ulike steder i tankene for noen prosesser var vel stor. Tørrkompostering under kontrollerte betingelser vil imidlertid kreve anlegg som er uaktuelle på gårdsbruk. Erfaringer fra slike anlegg i Norge som har basert økonomien på mottak av avfall tyder på at det er vanskelig å få god nok økonomi i driften. Et slikt anlegg må også basere seg på jevnlig tilførsel av relativt store mengder avfall. Med sterk fall i avfallsmengden som vi har opplevd i de senere år, blir det enda vanskeligere å forsvare driften. Metoden kan imidlertid være aktuell ved behandling sammen med annet kommunalt avfall, f.eks. kloakkslam. Kloakkslam må behandles forskriftsmessig, og utgjør ofte store mengder.

Rankekompostering gav også relativt høye temperaturer. Sikkerheten for å oppnå akseptable temperaturer i hele kompostmassen er imidlertid ikke god nok. Det er dessuten vanskelig å ha kontroll med avrenning fra ranke eller haugkompost. Slik kompostering i hus eller på fast dekke med tak over vil bli uforholdsmessig dyrt. Komposteringsprosessen krever dessuten enten tilgang på sauetalle eller et tørrmedium som torv eller bark.

## 5 VEKSTFORSØK

### 5.1 Metoder

#### 5.1.1 Generelt

Med bakgrunn i de ulike behandlingsprosesser ble det produsert ulike typer gjødsel for å se hvordan plantene utnyttet næringsstoffene og hvordan de ulike gjødseltypene virket inn på avlingsmengde og andre forhold sammenlignet med mer tradisjonelle gjødselslag. Det er gjort vekstforsøk både i veksthus (drivhus) og på friland. Veksthusforsøkene (Fureneset) og frilandsforsøkene (Tjøtta) ble gjennomført i 1992 og 1993.

Vekstforsøkene ble utført med ulike plantekulturer. I hvert forsøk ble ulike gjødseltyper og/eller ulike gjødselnivå sammenlignet. Gjødselmengdene av de organiske gjødselslagene som ble tilsatt ble beregnet ut fra analysetall for Kjeldahl-N (totalinnholdet av organisk nitrogen). Dermed ble det for hvert gjødselnivå tilsatt lik mengde N fra de ulike gjødselslag. Nitrogen ble valgt som standard fordi dette næringsstoffet har mest å si for planteveksten og fordi N i liten grad forekommer direkte tilgjengelig for plantene i jordsmonnet. En vil derfor få det sikreste utslag på planteveksten ved å variere tilført mengde N. For handelsgjødsel som ble valgt til sammenligning (18-3-15) ble tilført gjødselmengde beregnet ut fra opplyst N-innhold i gjødsel (18 %).

Avlingsmengde og tørrstoffprosent av avlingen ble notert. Følgende registreringer ble gjort i veksttida: Spiretidspunkt og dekningsgrad, farge på plantene (indikerer eventuell mangel på næringsstoff), vekstfrodighet, busking, legde, skyting og aksstørrelse (gjelder bygg). I tillegg ble det tatt jordprøver før og etter forsøket og også tatt ut planteprøver for analyse.

#### 5.1.2 Veksthusforsøk

Veksthusforsøkene ble gjennomført i Kick-Braukmann-potter med tre gjentak av hvert forsøksledd. Jordtypen var ensartet, ren mineraljord av sand/silt-fraksjon. I tillegg til de registreringer som er nevnt ovenfor, ble det i veksthusforsøkene også registrert spirehastighet og vekstkraft først i veksttida. Klimaet i veksthuset skulle illustrere en normal sommertemperatur ved kysten.

Det ble totalt gjennomført 3 veksthusforsøk.

**Veksthusforsøk 1** på bygg (sort: Bamse) omfattet 5 ulike gjødselnivå i tillegg til 0-leddet og følgende gjødseltyper:

Våtkompostert fiskeensilasje (20 %)/husdyrgjødsel av storfè (80 %)  
Tørrkompostert fiskeensilasje og bark (fra Bio-Akva) (ukjent sammensetning)  
Vanlig blautgjødsel fra storfè  
Handelsgjødsel 18-3-15

**Veksthusforsøk 2** på bygg hadde 4 ulike gjødselnivå i tillegg til 0-ledd og følgende gjødseltyper:

Rein fiskeensilasje

Våtkompostert fiskeensilasje/husdyrgjødsel (20 %/80 %)

Våtkompostert fiskeensilasje/husdyrgjødsel (35 %/65 %)

Våtkompostert husdyrgjødsel (100 %)

Tørrkompostert fiskeensilasje (ca. 25 %) og torv (ca. 75 %)

Handelsgjødsel 18-3-15

**Veksthusforsøk 3** hadde raigras som kultur, tre høstetider av raigraset, 5 ulike gjødslingsnivå og følgende gjødseltyper:

Rein fiskeensilasje

Våtkompostert fiskeensilasje/husdyrgjødsel (40 %/60 %)

Våtkompostert fiskeensilasje/husdyrgjødsel (20 %/80 %)

Våtkompostert fiskeensilasje/husdyrgjødsel (10 %/90 %)

Tørrkompostert fiskeensilasje (ca. 25 %) og torv (ca. 75 %)

Vanlig blautgjødsel

Handelsgjødsel 18-3-15

### **5.1.3 Frilandsforsøk**

Forsøkene ble anlagt på ensartete jordtyper med mold/sandblanding. Rutestørrelsene var 3 x 7 m, med et høstareal for hver rute på 1,5 x 5,5 m (for å eliminere kantvirkninger). Kulturene som ble benyttet var ulike grønnfôrblandinger og eng.

**Grønnfôrforsøk 1** - bygg og raigras - hadde to gjødslingsnivå, ett tilsvarende 10 kg N pr daa. (21 g N pr rute) og ett tilsvarende 20 kg N pr daa. (42 g N pr rute). Følgende gjødseltyper ble benyttet:

Rein fiskeensilasje

Våtkompostert fiskeensilasje/husdyrgjødsel (20 %/80 %)

Våtkompostert fiskeensilasje/husdyrgjødsel (35 %/65 %)

Tørrkompostert fiskeensilasje (ca. 25 %) med torv (ca. 75 %)

Vanlig blautgjødsel, storfè

Handelsgjødsel 18-3-15

**Grønnfôrforsøk 2** - bygg og raps - hadde samme gjødselnivå som grønnfôrforsøk 1 og samme gjødseltyper, bortsett fra vanlig husdyrgjødsel som gikk ut i dette delforsøket.

Det var ingen gjentak av forsøksleddene innen disse to delforsøk. Disse to forsøkene gikk samme år.

**Grønnfôrforsøk 3** - bygg og raigras - hadde en gjødselstyrke for hvert av gjødselslagene som tilsvarte 20 kg N pr daa. Gjødseltypene som ble brukt er de samme som ble benyttet i veksthusforsøk 3, dvs 7 ulike gjødseltyper. Dette forsøket hadde 6 gjentak for hvert forsøksledd, noe som gir en svært god sikkerhet i materialet.

**Engforsøk 1** (Sundekra) ble tilført en gjødselmengde pr rute som tilsvarte 10 kg N pr daa. om våren. Til overgjødning etter førsteslått ble tilført en mengde tilsvarende 5 kg N pr daa. Hvert forsøksledd hadde 3 gjentak. Følgende gjødseltyper ble benyttet:

Rein fiskeensilasje

Våtkompostert fiskeensilasje/husdyrgjødsel (20 %/80 %)

Våtkompostert fiskeensilasje/husdyrgjødsel (35 %/65 %)

Våtkompostert husdyrgjødsel

Vanlig blautgjødsel

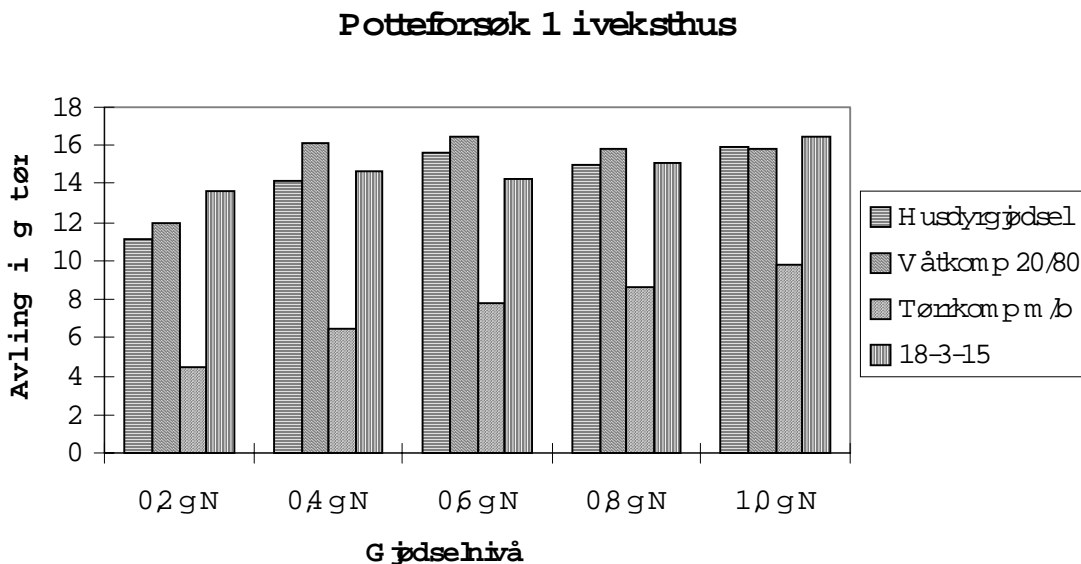
Handelsgjødsel 18-3-15

Året etter ble hver rute i dette forsøksfeltet delt i to. Den ene delen ble tilført samme gjødsel som året før, mens den andre delen ikke ble gjødsla. Formålet var å se på virkningen av akkumulert næring fra året før.

**Engforsøk 2** (Flåta). Dette forsøket ble anlagt i en nyere eng og med litt mindre rute-størrelse enn de øvrige frilandsforsøk: 1,5 x 3,0 m, med et høsteareal på 0,78 x 2,0 m. Gjødselmengden pr rute tilsvarte 13 kg N pr daa. Feltet ble ikke overgjødlet. Avlingsmengden ble registrert ved første- og andreslått. Det ble benyttet samme gjødselslag som i engforsøk 1, bortsett fra våtkompostert fiskeensilasje 35 %, der det istede ble benyttet 40 %.

## 5.2 Resultater

### 5.2.1 Veksthusforsøk (potteforsøk)



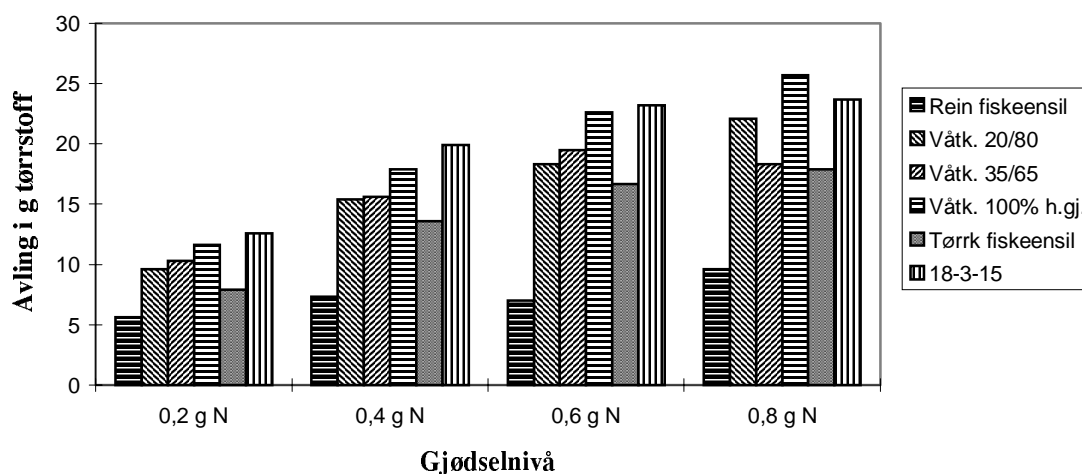
Figur 4. Veksthusforsøk 1. Byggavling ved ulike gjødselslag og gjødselnivå.

**Veksthusforsøk 1:** Responsen på økt gjødslingsstyrke var relativt lav for alle gjødselslag og det var forholdsvis liten forskjell mellom avlingsmengdene for vanlig husdyrgjødsel,

våtkompostert gjødsel med 20 % fiskeensilasje og fullgjødsel. Den største mengden med nitrogen (1,0 g) var rikelig, fargeutviklinga på dette leddet var mørkegrønn/blågrønn for alle disse tre gjødselslaga. Det synes å være en bedre respons og høyere avling på våtkompostert materiale tom 0,6 g N enn for de øvrige gjødselslag. Avlinga på ledd gjødsla med tørrkompostert fiskeensilasje og bark var klart lavest, og det var også forholdsvis dårlig respons på økt gjødsling. Ved noteringer med hensyn til kriterier for vekstkraft, farge og busking var det tydelige tegn som pekte i retning av mindre N-tilgang enn for andre gjødselslag på samme gjødslingsnivå. Dette henger høyst sannsynlig sammen med binding av N, dvs manglende frigjøring pga høyt C/N-forhold.

**Veksthusforsøk 2:** Generelt viser dette forsøket en økt respons på økning i gjødselmengdene sammenlignet med første pottforsøk. Ledd gjødsla med rein fiskeensilasje hadde lavest avlingsnivå og responsen for økt gjødslingsstyrke var også mindre enn for de øvrige gjødsel-typer. Det er lite forskjell mellom de to blandingstypene av våtkompostert husdyrgjødsel og også mellom disse og tradisjonell handelsgjødsel eller våtkompostert husdyrgjødsel. Avlingsnivået på ledd gjødsla med tørrkompostert fiskeensilasje er gjennomgående lavere enn de to våtkomposterte blandingstypene og tradisjonelle gjødselslag, men klart høyere enn rein fiskeensilasje.

### Pottforsøk 2 i veksthus



Figur 5. Veksthusforsøk 2. Byggavling ved ulike gjødselslag og gjødslingsnivå

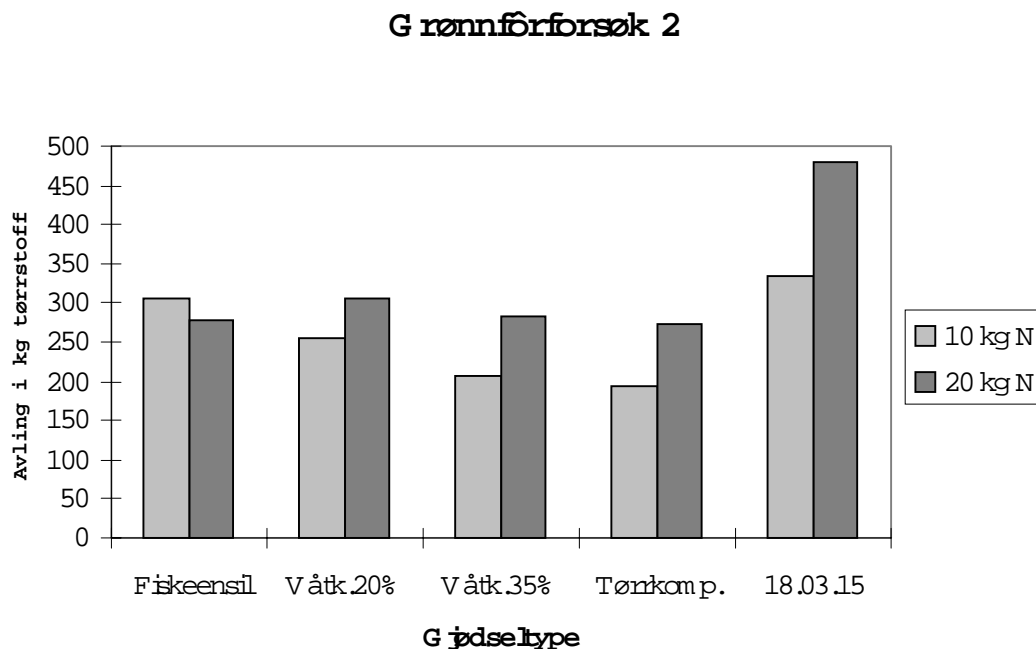
**Veksthusforsøk 3.** Forsøket med raigras og flere høstinger viste relativt små forskjeller i tørrstoffavling mellom de sju gjødseltypene. Eneste signifikante forskjell var mellom fullgjødsel 18-3-15 og tørrkompostert fiskeavfall, der 18-3-15 gav større avlingsmengde enn tørrkomposten. Det var ingen signifikant forskjell mellom 18-3-15 og de andre organiske gjødselslag, og heller ikke signifikant forskjell mellom de organiske gjødselslaga inkludert tørrkompost. Det betyr at rein fiskeensilasje her kom like bra ut som kompostert materiale og husdyrgjødsel.



## 5.2.2 Frilandsforsøk - grønnfôr

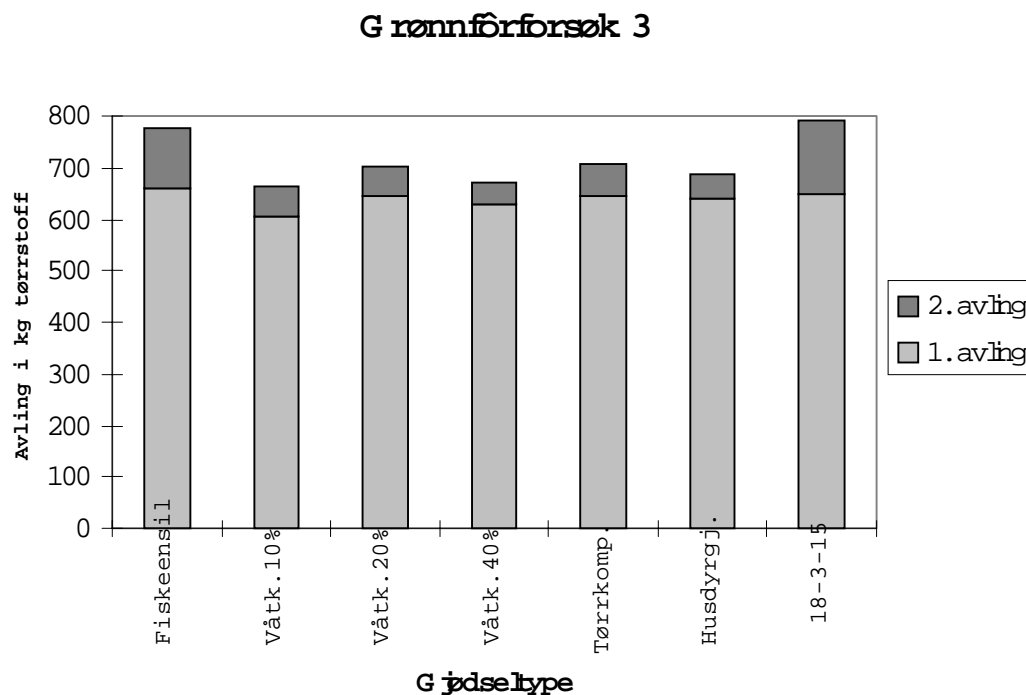
**Grønnfôrforsøk 1:** Resultatene viser god respons både på gjødsling og på økt gjødslingsstyrke av våtkompostert fiskeensilasje/husdyrgjødsel (20/80 %). Samme tendens har også vanlig husdyrgjødsel og handelsgjødsel, selv om vanlig husdyrgjødsel gir lavere avling og lavere avlingsøkning ved økt gjødslingsstyrke. Ved den laveste gjødslingsstyrken gav både rein fiskeensilasje og våtkompostert materiale med høyeste andel fiskeensilasje (35 %) omtrent lik avlingsmengde som de andre gjødseltypene (med unntak av vanlig husdyrgjødsel). En økning av gjødselstyrken gav imidlertid en nedgang i avlingsmengden for disse to gjødselslagene.

**Grønnfôrforsøk 2:** Anbefalt gjødslingsnorm i Nordland for denne kulturen er en total tilførsel på 14 kg N, 3,5 kg P og 14 kg K. Etter dette skulle vi derfor vente en litt lavere avlingsøkning ved økt gjødslingsstyrke i forhold til grønnfôrforsøk I. Dette holdt bare delvis stikk. Rein, ubehandlet fiskeensilasje ga en relativt stor avling ved laveste gjødslingsstyrke, men her som i forrige forsøk gikk avlingsmengden ned ved økt gjødslingsstyrke. Av de øvrige organiske gjødselslag kom våtkompostert materiale med 20 % innblanding av fiskeensilasje best ut, men forskjellen i forhold til 18-3-15 var større her enn i første forsøk. Våtkompostert materiale med høyeste andel fiskeensilasje (35 %) hadde litt lavere avlingsmengde enn 20 % blandingen, men responsen på økt gjødslingsstyrke var lik. Torrkompostert fiskeensilasje og torv hadde laveste avlingsnivå, men forskjellene var små i forhold til de øvrige typer (fig. 6)



Figur 6. Avlingsmengde beregnet pr daa. for grønnfôr (bygg og raps) ved bruk av ulike gjødselslag og to gjødselnivå.

**Grønnfôrforsøk 3:** Materialet fra dette forsøket viste ingen signifikant forskjell i avlingsmengde mellom de sju gjødselslagene som var med i forsøket. Det var store ulikheter i N-innhold i de forskjellige gjødselslag. For å tilføre en bestemt mengde N trengtes det (omregnet til daa.) av våtkompostert 40/60 % 1769 kg, mens vi måtte ha hele 16 665 kg husdyrgjødsel for å få samme nitrogenmengden. (N-innholdet i husdyrgjødsel som ble brukt var litt lavere enn gjennomsnittlig N-verdi i husdyrgjødsel, sannsynligvis pga noe vanninnblanding hos vedkommende gårdbruker). Dette førte til svært ulik mengde av tilført P og K (mengden K varierte fra 2 til 20 mellom to av gjødselslagene). Likevel var ulikhetene i avling små. Størst forskjell var det også her mellom tørrkompost og fullgjødsel, men ikke signifikante forskjeller. (Fig. 7).



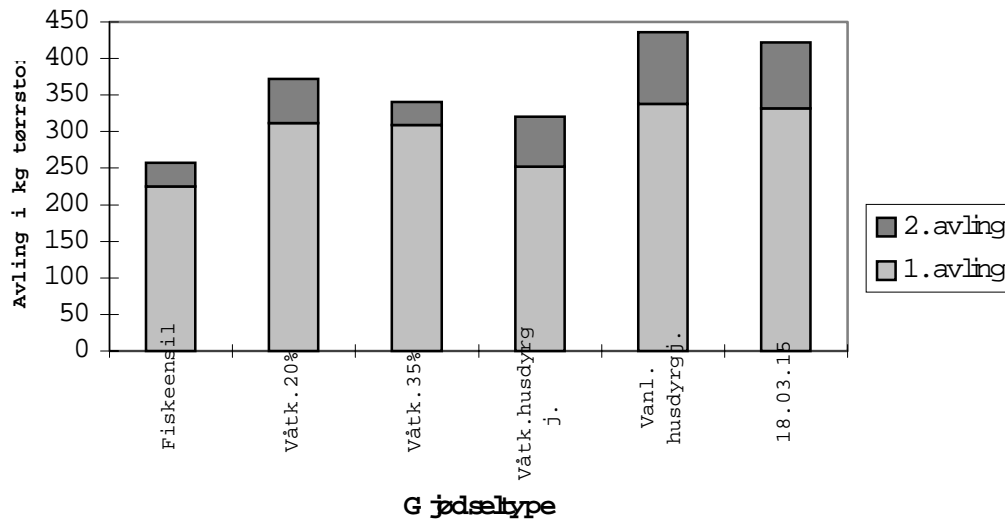
Figur 7. Avlingsmengde beregnet pr daa. for bygg og raigras ved bruk av ulike gjødselslag

### 5.2.3 Frilandsforsøk - eng

**Engforsøk 1:** I tillegg til avlingsregistrering ble det også registrert botanisk sammensetning innenfor hver rute og andre forhold av betydning for resultatet, bl.a. legde. Det viste seg at de rutene som var gjødslet med rein fiskeensilasje hadde tydelige sviskader 2 dager etter gjødsling om våren. Vanlig husdyrgjødsel, handelsgjødsel 18-3-15 og våtkompostert fiskeensilasje/husdyrgjødsel (20/80 %) hadde høyest avlingsnivå til førsteslått. Våtkompostert 35/65 % var klart lavere, mens rein fiskeensilasje gav lavest tørrstoffavling. Etter førsteslått, men før andreslått var tatt, var det i en periode kommet inn et større antall sau som beitet svært mye i forsøksfeltet. Resultatene for andreslått ble dermed forholdsvis usikre.

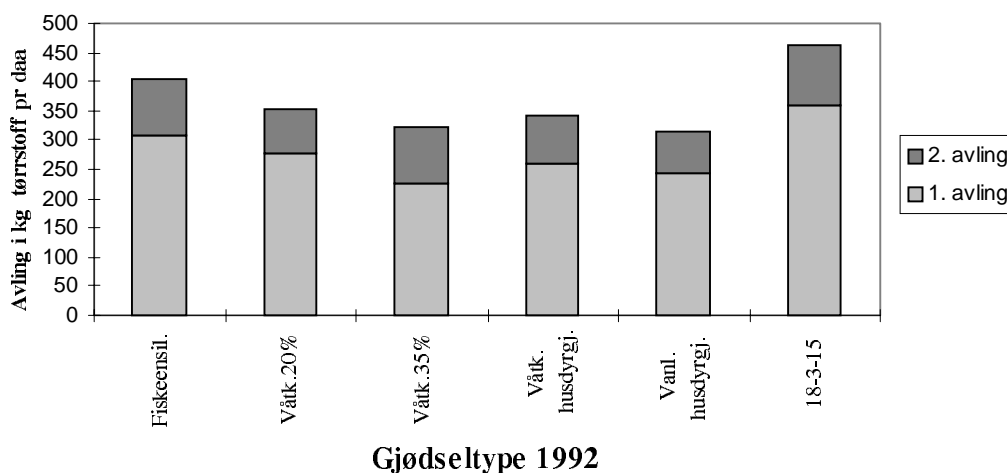
Med forbehold for de faktorer som påvirket andreslått, kom rein fiskeensilasje ut med lavest avling også her - noe lavere enn 35/65 % blandingen. Vanlig handelsgjødsel gav høyeste avling også til andreslått, foran våtkompostert husdyrgjødsel. 20/80 % blandingen kom her i et mellomskikt (fig. 8).

### Engforsøk 1 1992



Figur 8. Avlingsmengde beregnet pr daa. av eng ved bruk av ulike gjødselslag

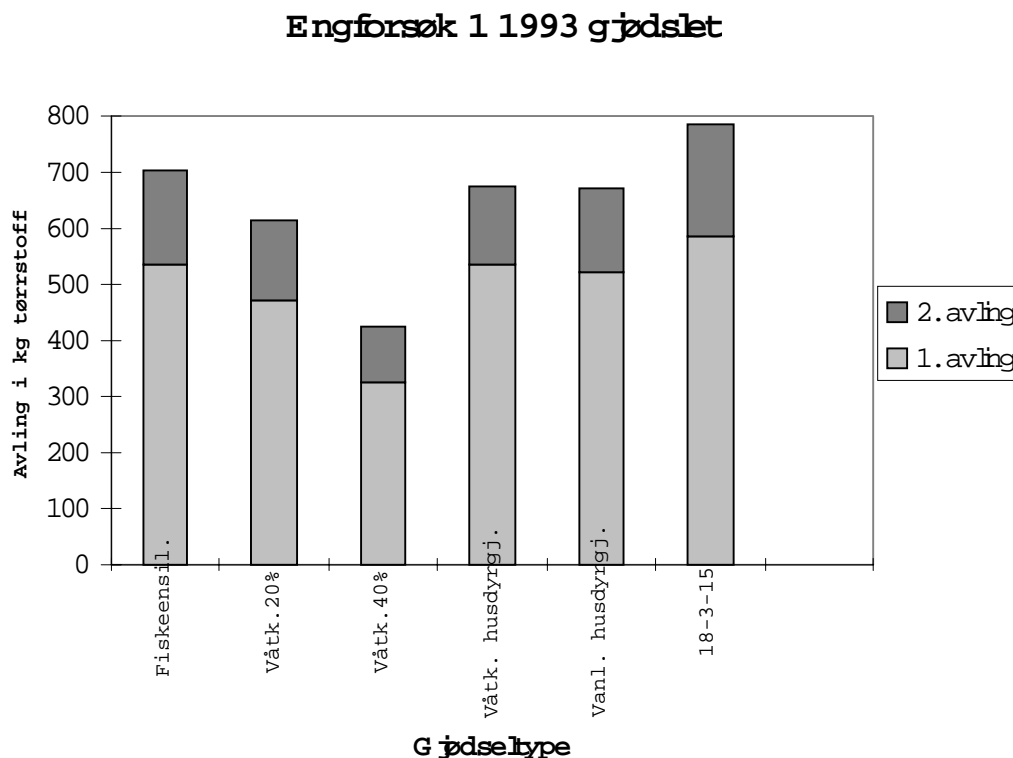
### Engforsøk 1 1993 ugjødslet



Figur 9. Avlingsmengde pr daa i ugjødslet eng året etter gjødsling med ulike gjødselslag

I den delen av forsøket som ikke ble gjødsla året etter gav feltet som tidligere var gjødsla med rein fiskeensilasje stor avling (fig. 9). Det er mulig den lave utnyttelsen av næringsstoffene i dette gjødselslaget året før (pga sviskader) har ført til en større akkumulering av næringsstoffer som ble utnyttet nå, sammenlignet med de øvrige gjødselslag. Den høge avlingen i felt som tidligere var gjødsla med 18-3-15 var imidlertid vel så overraskende.

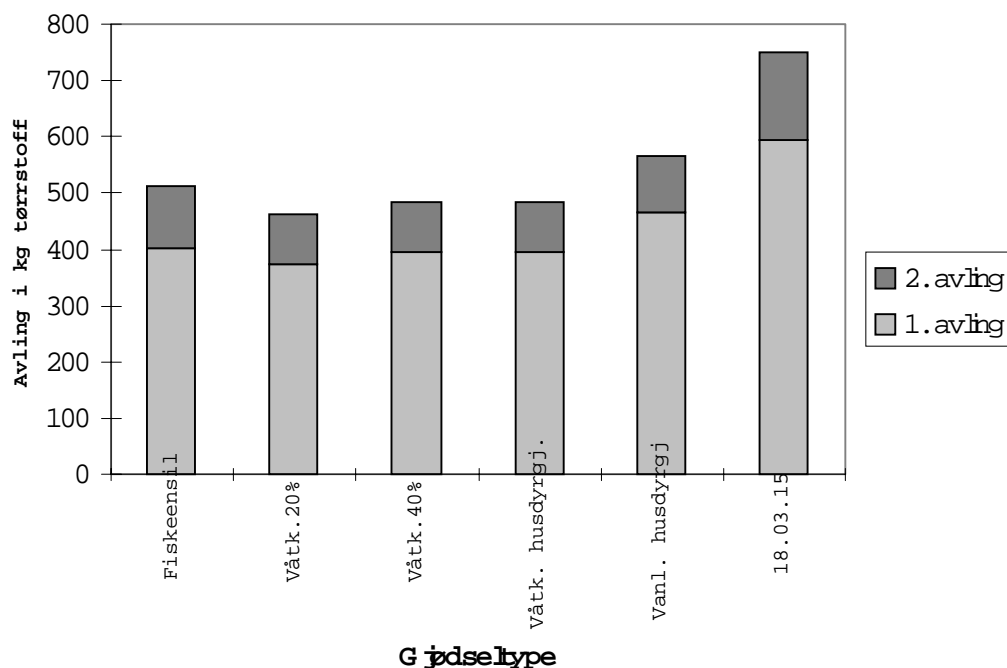
Samme forklaring for fiskeensilasje kan brukes også på de feltene som ble gjødsla med identiske gjødselslag året etter. Våtkompostert med 40 % fiskeensilasje kom her dårligst ut. Mellom de øvrige gjødselslagene var det mindre forskjeller. (Fig. 10).



Figur 10. Avlingsmengden pr daa. i eng gjødsla med ulike gjødselslag to år på rad

**Engforsøk 2:** Resultatene viste små forskjeller mellom gjødseltypene. Som i grønnfôr-forsøk 3 ga handelsgjødsla litt større tørrstoffavling, mens de organiske gjødselslagene var omtrent på samme nivå. Rein fiskeensilasje kom dette året ut fullt på høyde med de øvrige organiske gjødselslag (fig. 11).

## Engforsøk 2 1993



Figur 11. Avlingsmengde beregnet pr daa. i eng gjødslet med ulike gjødselslag

### 5.3 Diskusjon

Forsøkene var i stor grad sammenfallende, med noen variasjoner i resultat som for frilandforsøkene del kan skyldes variasjoner mellom år.

#### 5.3.1 Våtkompostert fiskeavfall

Forsøkene viser at fiskeavfall våtkompostert med husdyrgjødsel gir like gode avlingsresultat som tradisjonelle gjødselslag og kan erstatte disse. Ved svært høy innblanding av fiskeensilasje (35-40 %) kan det bli for lavt innhold av kalium for enkelte jordarter. I et av forsøkene ga våtkompostert materiale med høy andel fiskeensilasje noe dårligere respons på økt gjødslingsstyrke enn våtkompost med lavere innhold av fiskeensilasje, og tradisjonelle gjødselslag. Dette var imidlertid ikke statistisk sikkert.

#### 5.3.2 Tørrkompostert fiskeavfall

Tørrkompost ble brukt i pottforsøk og åkerkulturer (grønnfôrvekster). Tørrkompost egner seg relativt dårlig til spredning på eng og har slik et klart mindre bruksområde i jordbruksammenheng. Resultatene viste at tørrkompost i veksthusforsøkene kom ut med lavere avlingsresultat enn de øvrige gjødselslag. Årsaken ligger sannsynligvis i sterkere binding av N i tørrkompost. Spesielt for kulturer med kort veksttid som bygg vil lettligjengelig N,

som i 18-3-15, gi en betydelig raskere og bedre virkning enn organiske gjødselslag. Vekstmediet i pottene var rein mineraljord av sand/silt-fraksjon. Dermed var det heller ikke tilgjengelig N i jordsmonnet fra før, slik det er på friland. I grønnfôrforsøkene kom tørrkompost bedre ut og lå her på linje med andre organiske gjødselslag.

### **5.3.3 Rein fiskeensilasje**

Rein, ubehandla fiskeensilasje viste et noe varierende resultat første forsøksår. I veksthusforsøk 2 hadde den klart lavest avlingsnivå. Det lave avlingsnivået i første engforsøk skyldes sannsynligvis sviskader ved bruk av ensilasjen i for tørt vær. En bør derfor være forsiktig med å bruke fiskeensilasje direkte på eng. Andre forsøksår var imidlertid fiskeensilasje fullt på høyde med andre organiske gjødselslag, både i veksthus og friland. I dette veksthusforsøket ble det benyttet en kultur med lengre vekstsesong. Den sannsynlige årsaken til bedre vekst her er at organisk bunden N i fiskeensilasjen over tid ble lettere tilgjengelig for plantene. Åker og gjenlegg der en får direkte nedmolding av gjødsla kan egne seg godt til rein fiskeensilasje. Flerårige kulturer eller kulturer med lang vekstsesong vil også nyttiggjøre seg denne gjødseltypen bedre. Bruk av kun ensilasje år etter år eller på kaliumfattig jord vil føre til for lav K-tilførsel til plantene.

## 6 HYGIENISERING

### 6.1 Ensilering

I samarbeid med Veterinærinstituttet har vi undersøkt overlevelse av *Aeromonas salmonicida* subsp. *salmonicida* (furunkulosebakterien) i ensileringsprosessen. Kvernet dødfisk-materiale som innholdt ca.  $1 \times 10^8$  *A. salmonicida* subsp. *salmonicida* ble ensilert. Tre dager etter ensilering ble det tatt ut prøve for analyse (analysert 4 dager etter). Prøven var da negativ. Ved normal ensilering blir derfor furunkulosebakterien relativt raskt drept.

I forsøk er det registrert at ILA-agens blir drept etter 1 døgn ved pH 4,0 i ensilasjen (Yngve Torgersen, Veterinærinstituttet, pers.medd.).

IPN-virus ble tidligere brukt som indikator på hygienisering. Det ble da forutsatt at en inaktivering av IPNV også medførte med stor sikkerhet en inaktivering av ILA-agens. Våre undersøkelser omfattet derfor i utgangspunktet også IPN. Forsøk har vist at IPN-viruset ikke blir tilstrekkelig inaktivert i en ensileringsprosess.

### 6.2 Kompostering

For kontroll av komposteringens virkning på patogene bakterier og virus ble *Aeromonas salmonicida* subsp. *salmonicida* og IPN-virus tilsatt og forsøkt kvantifisert før, under og etter en våtkomposteringsprosess (i samarbeide med Veterinærinstituttet). Det viste seg at tilgjengelig metodikk ikke godt nok klarte å identifisere *A. salmonicida* subsp. *salmonicida* i blandingsfloraen. Det var også visse problemer med IPNV. Etter avtale med Veterinærinstituttet ble det derfor sendt en prøve av våtkomposteringsmassen som deretter ble auto-klavert og tilsatt *A.s.* subsp. *salmonicida* og IPNV. Prøven ble deretter varmebehandlet ved en temperatur som en til vanlig vil oppnå ved våtkompostering, 55° C. Resultatet av forsøket var at *A. salmonicida* subsp. *salmonicida* ble drept etter ett døgn ved denne temperaturen.

For undersøkelse av *A.salmonicida* subsp. *salmonicida* i tørrkompost satte også Veterinærinstituttets analysemetodikk begrensninger og forsøkene måtte derfor avbrytes uten resultat. Veterinærinstituttet konkluderer imidlertid med at selv med de metodebegrensninger som foreligger kan en fastslå at *A. salmonicida* subsp. *salmonicida* var drept etter 1 døgn ved 55°C. Ved senere invitroforsøk var smitten drept ved 50°C i ett minutt.

Med forbehold for begrensninger som ligger i metodikk og materialets sammensetning ble det for IPNV registrert 99 % inaktivering etter 7 dager. IPN-viruset overlever minst 1 time ved 60° C i cellekultur.

Fra tidligere visste man at ILA-agens er inaktiv etter 10 min. ved 55° C. Nyere forsøk har vist at ILA-agens er inaktiv ved 50°C i 5 minutter, eller ved 55°C i ett minutt (Yngve Torgersen, pers.medd.)

For frilandskompostering (rankekompost) er det gjort for få undersøkelser til å si noe med sikkerhet. Resultatene tyder imidlertid på at metoden *kan* oppnå akseptable temperaturer. Den krever imidlertid tilstrekkelig lufttilgang i massen, god isolering for at hele massen skal bli gjennomvarm og tildekking for å unngå avrenning fra massen og nedkjøling ved store nedbørmengder. Sikkerheten for at en oppnår tilstrekkelig temperatur i hele massen er imidlertid ikke god nok til å anbefale metoden som varmebehandling for en hygienisering

### 6.3 Diskusjon

For veterinærmyndighetene er det av stor betydning hvilken bruk avfallet skal ha. Ved bruk til gjødsling/jordforbedring er det relativt små muligheter for gjensmitte - det eneste kan være tilsig til nærliggende vannkilder. Veterinærmyndighetene har derfor i praksis godkjent at godt ensilert materiale (pH 3,8 - 4,0) brukes direkte, men da etter en godkjenning av distriktsveterinær/fylkesveterinær (Fylkesveterinæren i Nordland). Sikkerheten for god hygienisering av avfallet er imidlertid større ved både en ensilering og varmebehandling gjennom kompostering enn ved bare ensilering. Primært anbefaler derfor veterinærmyndighetene idag at avfallet får en varmebehandling på 55° C i 2 døgn. Denne temperaturen tar knekken på både ILA- og furunkulosesmitte uavhengig av kvaliteten på ensileringa. Denne temperaturen har det ikke vært problem å nå opp i ved de våtkomposteringsforsøkene vi har kjørt til nå, siden det bare trengs en relativt liten andel (10 %) energirikt avfall for å sikre tilstrekkelig temperaturstigning.

En tørrkompostering av fiskeavfall under kontrollerte forhold, dvs. i reaktor eller fermentor, vil normalt også nå nødvendig temperatur for hygienisering. Slike anlegg vil imidlertid ikke være aktuelle på gårdsbruk, både pga. pris og fordi gjødsla som produseres har klart mindre anvendelsesområde enn våtkompostert gjødsel. En kompostreaktor må baseres på en relativt stor og stabil avfallstilgang og på annen anvendelse av produktet. Ranke/frilandskompostering kan oppnå tilstrekkelig temperaturer, men sikkerhet for dette og kontrollmulighetene er mindre. Også her vil sluttproduktet ha mer begrensede anvendelsesmuligheter.

Forskriftene som regulerer spørsmål knyttet til avfall synes å sprike noe mellom de aktuelle forvaltningsorgan. Også innenfor samme etat - veterinærmyndighetene - er det delvis mangel på samsvar mellom de to forskriftene etaten har å forholde seg til. Den EU-baserte forskriften om transport og behandling av animalsk avfall legger restriksjoner på kompostering som behandlingsmetode for visse typer fiskeavfall. Imidlertid har våre forsøk klart vist at de patogene organismene (furunkulose og ILA), som veterinærmyndighetene anser som farlige i hht. avfallsbehandlingsforskriften, blir drept både i en ensileringsfase og i en kompostering med tilstrekkelig høy temperatur (50-55°C). En våtkomposteringsprosess skulle sikre at denne temperaturen blir oppnådd, samtidig som hele massen gjennomvarmes, når det tilsettes minst 10 % ensilasje. Dette er vist både i forsøkene på Tjøtta og i storskaladrift ved Val landbruksskole.



## 7 ANTIBIOTIKAHOLDIG AVFALL - FORSØK MED NEDBRYTING

Oppdrettsnæringen har i det siste tiåret brukt antibakterielle stoffer av typen quinoloner. De mest vanlige har vært oksolinsyre, flumequin og Tribriksen (Tribriksen består av komponentene trimethoprim og sulfadiazin). Disse medikamenter er svært motstandsdyktige mot nedbrytning når de ikke inngår i en normal fordøyelsesprosess i levende fisk. Det er blitt reist sterke innvendinger mot deponering eller utnyttelse av dødfisk som inneholder rester av antimikrobielle stoffer på grunn av risiko for resistensutvikling ved innblanding i jord eller kompost.

Idag finnes det ikke annen kjent destruksjonsmåte for slikt avfall enn forbrenning ved høy temperatur. Som en del av prosjektet var det et mål å prøve å finne andre metoder for nedbrytning av antibiotikaholdig avfall der en kunne utnytte avfallet som en ressurs lokalt, og som samtidig var rimeligere for oppdrettsnæringen.

For å undersøke komposteringens virkning på nedbryting ble det tørrkompostert medisinholdig avfall med både oksolinsyre og Tribriksen. Forsøkene viser at sulfadiazindelen av Tribriksen blir brutt ned i ensileringsfasen, mens trimethoprimdelen er stabil. Resultatene viste ingen nedgang i innholdet av oksolinsyre etter tørrkompostering. Våtkompostering av oksolinsyreholdig materiale har gitt samme resultat.

Fra før er det kjent at mikroorganismer kan åpne og bryte ned tildels kompliserte molekylstrukturer. Det ble tatt ut materiale fra ensilasje, kompost og gamle deponier hvor det har blitt benyttet medisinert avfallsfisk. Formålet var å se om en fra dette materialet kunne selektere mikroorganismer som hadde evnen til nedbryting av de aktuelle antibakterielle stoffer.

Institutt for bioteknologifag (IBF) ved Norges Landbrukshøgskole fikk i oppdrag å selektere og isolere organismer fra dette materialet, og undersøke om noen av de aktuelle organismene hadde virkning på nedbrytning av medikamentene. Arbeidet er rapportert i rapporten "Isolering av mikroorganismer som kan nedbryte, evt. modifisere, oksolinsyre, flumequin og tribriksen" (Jon F. Hanssen, 1995).

IBF isolerte bakterier, gjær- og hyfesopper fra materialet. Noen av isolatene vokste i medier med høye konsentrasjoner av oksolinsyre og Tribriksen (100-200 µg/ml). Vekstforløpet til organismene i kulturene med oksolinsyre og Tribriksen var lite påvirket av disse stoffene. Bakterietall i kompost og deponier med medisinert avfallsfisk er likt med det som er funnet for annet organisk avfall innblandet i jord. De undersøkte bakterieisolatene er grampositive stavbakterier, noen av dem er sporedannende. Gjærsoppene kan tilhøre gruppen Candida. Det er observert pseudomycel hos enkelte av gjærisolatene.

IBF konkluderer sine undersøkelser med:

«Testing av oksolinsyre- og flumequin-nedbryting ble utført. Vi fant nedgang i oksolinsyre- og flumequin-innhold i enkelte av kulturene. Isolatene som ble testet var alle gjærsopper. Vi har funnet fra 10 til 35 % reduksjon av oksolinsyre og 9 til 44 % reduksjon av flumequin i kulturene. Det er ikke påvist nedbrytningsprodukter i forbindelse med HPLC-analysen av oksolinsyre og flumequin.

En kan ikke med sikkerhet si ennå om nedgangen i oksolinsyre- og flumequinkonsentrasjonen hos isolatene er reell eller skyldes dannelse av stabile komplekser som ikke blir ekstrahert, og derved ikke påvist ved HPCL.

Dersom en skal gå videre med idèen om kompostering av organisk materiale innblandet medisinert død fisk, må den utføres under kontrollerte betingelser. Temperaturen under komposteringen må ikke overstige optimal veksttemperatur for de aktuelle gjærsoppene. Vekstforholdene må tilpasses disse gjærsoppene slik at de ikke utkonkurreres av andre organismer. (--) En praktisk løsning kan være at en eventuelt komposterer medisinert død fisk på tradisjonell måte med temperaturoppgang. Dersom en finner at konsentrasjonen av antibakterielle stoffer er så høy i massen at komposten ikke kan brukes som vanlig jordforbedringsmiddel etterkomposteres denne med utvalgte organismer.»

Forsøkene tyder på at de selekterte mikroorganismer har virkning på modifisering av antibiotikainnholdet. Det er forøvrig fortsatt et åpent spørsmål om praktisk gjennomføring av en slik nedbrytning er mulig, og hva kostnadene ved denne metoden blir i forhold til den eksisterende metoden med forbrenning ved høy temperatur. Det er til nå ikke fastsatt grenseverdier for bruk av medisinholdig avfall i gjødselsammenheng. Dersom dette blir aktuelt, bør det vurderes hvorvidt verdiene i blandet avfall kommer under denne grensen.

Inntil videre vil oppdrettsnæringen være best tjent med en minimalisering av medisinert avfall ved å ha nøyaktige sorteringsrutiner under og etter medisinerings, og dermed ha minimalt med «kostbart» avfall. Problemmomfanget er dessuten redusert betraktelig på grunn av betydelig nedgang av sjukdomsutbrudd i næringa. Denne situasjonen kan imidlertid endre seg dersom man får nye sjukdommer i næringen. I framtida vil forøvrig nye antibakterielle medikament bli underlagt krav om bedre miljøegenskaper, bl.a. med hensyn til nedbryting.

## 8 EGNETHET FOR LANDBRUKET. PRAKTISKE FORHOLD. ØKONOMI

### 8.1 Tilgjengelig spredeareal

Jordbruksstrukturen langs kysten er dominert av husdyrhold og dermed hovedsakelig engdrift - i Nordland er ca. 95 % av arealet eng, i Møre og Romsdal ca 90 %. For å kunne ta imot avfall av noen mengder bør en derfor ha en gjødseltype som egner seg til grasmark. Våtkompostert materiale er godt egna og trekker lett ned i jorda uten å danne skorpe. For arealer som pløyes eller harves - åker eller gjenlegg - kan også tørrkompost eller rein fiskeensilasje brukes så lenge de hygieniske og jordbruksmessige krav forøvrig er tilfredsstillt.

Tilgang på ledig **spredeareal** er en begrensning på bruk av organisk gjødsel. Hvor mye spredeareal som er ledig vil variere endel fra gårdsbruk til gårdsbruk avhengig av hvor intensiv drift det er og om det er ikke-grovförbaserte husdyrproduksjoner som gris eller høns. For gårdsbruk som bare driver melkeproduksjon, eller annen grovförbasert husdyrproduksjon, vil det i de aller fleste tilfeller være ledig spredeareal. Hovedregel er at andel **ledig** spredeareal øker jo lengre nord en kommer fordi krav til spredeareal for gjødsel pr dyreenhet er likt for hele landet, mens arealet som kreves til förproduksjon pr dyreenhet øker jo lengre nord en kommer. Fra og med Trøndelag og nordover er som regel ca. halvparten av dyrkajord-arealet på slike gårder ledig for gjødsling med annen organisk gjødsel enn den gården selv produserer. Hvor mange daa. ledig spredeareal en har vil en få opplyst ved henvendelse til det lokale landbrukskontor.

Begrensningen i mengde organisk gjødsel som kan tilføres bestemmes av mengde nitrogen (N) og fosfor (P) i gjødsla. Ut fra de gjennomsnittsverdier vi har funnet i ensilert fiskeavfall for disse næringsstoffene kan det brukes en mengde som tilsvarer ca. **1,4 m<sup>3</sup> rein fiskeensilasje pr. da. ledig spredeareal**. Et gårdsbruk på 200 daa. og kun grovförbasert husdyrproduksjon (melkeproduksjon) vil da normalt ha rundt 100 daa. ledig spredeareal, og kan dermed ta imot ca. 140 m<sup>3</sup> fiskeensilasje. For spredning av 1000 tonn oppdrettsavfall trengs m.a.o. ca. 7 slike gårdsbruk.

Ledig spredeareal ble undersøkt for to typiske kystfylker, Nordland og Møre og Romsdal. Beregningene er basert på areal fulldyrka jord i disse to fylkene, sammenlignet med dyretall og det behov disse har for spredeareal. Differansen mellom totalareal og utnyttet spredeareal gir da ledig spredeareal for annen organisk gjødsel.

Nordland fylke med 425 000 daa. fulldyrket jord har et behov for ca. 195 000 daa. til spredeareal for husdyrene i fylket. 230 000 daa., eller ca. 54 % av dyrka areal, er dermed ledig. Møre og Romsdal fylke med 467 750 daa. fulldyrka areal hadde et dyretall som la beslag på vel 240 000 daa., dvs. ca. 220 000 daa., eller 48 % var dermed ledig spredeareal. Dette betyr at hver av disse fylkene i prinsippet har ledige spredearealer til over 300 000

tonn fiskeensilasje. Det skulle derfor ikke være tilgang på spredeareal som vil være den begrensende faktoren for våtkompostering av fiskeavfall.

Det finnes ingen samlet oversikt over antall og type av komposteringsanlegg i fylkene. For Nordlands vedkommende anslår landbruksavdelingen i fylket antall våtkomposteringsanlegg til 20-25 pr idag. Dersom disse er bygd slik at de egner seg for kompostering av fiskeavfall (se 8.2), og hver gård kan ta imot 140 m<sup>3</sup> fiskeensilasje, betyr dette et potensielt mottak av rundt 3000 tonn ensilasje i eksisterende våtkomposterings-anlegg på gårdsbruk i Nordland.

## 8.2 Praktiske forhold med våtkomposteringsprosessen

Våtkompostering kan gjennomføres på flere måter. Hvilken metode som velges avhenger av de aktuelle bygningsløsninger på stedet, tilgang på avfall og hva en ellers ønsker å oppnå. Tjøtta fagsenter har, i samarbeid med Institutt for tekniske fag, NLH, og Val landbruksskole, under utarbeiding en praktisk veileder i metoden for våtkompostering av avfall. I prinsippet kan komposteringen skje på to måter:

**Porsjonsvis kompostering**, der reaktoren fylles opp og massen komposteres ferdig før reaktoren tømmes (nesten) og massen går i en lagringstum før neste påfylling av reaktoren. Fordelen er at en ved denne metoden ikke trenger egen lagringstank for mottak av avfall, men tilsetter avfallet rett i komposteringstanken. På denne måten fungerer komposteringstanken også som lagertank inntil det er tilstrekkelig masse til å kompostere. En kan kompostere når det er tilgang på avfall og kan evt. også begrense komposteringen til en kortere periode på våren. En kan også velge å samkompostere gjødsel/avfall bare når det er tilgang på avfall og evt. la den øvrige husdyrgjødsel gå ukompostert i lagerkummen.

Det kreves en relativt stor komposteringstank (60-70 m<sup>3</sup>) for å kunne ta imot et lass med avfall og samtidig ha nok tankvolum til husdyrgjødsel som avfallet bør samkomposteres med. Det øvrige komposteringsutstyret (luftemaskin) må også være av en størrelse, tilpasset tankvolumet. Prinsippet med alt inn/alt ut kan medføre usikkerhet for hvordan hver ny komposteringsprosess vil forløpe. En kan redusere usikkerheten noe ved å ha litt masse igjen i tanken fra forrige kompostering slik at en har en "startkultur" når en tilsetter en ny posjon gjødsel/avfall.

**Kontinuerlig kompostering** medfører at reaktortanken tømmes og fylles satsvis (f.eks. én gang pr dag) der den ferdigkomposterte massen går til lagringstummen, mens reaktoren fylles opp igjen med ukompostert masse. Med en oppholdstid for massen på en uke i reaktoren vil en tilsette og ta ut 1/7 av massen hver dag. Ved kontinuerlig kompostering er det nødvendig med en mottakstum/mellomlager for avfall. På grunn av jevnere temperatur i massen gir denne metoden bedre muligheter til utnyttelse av kompostvarmen. En får også en mer stabil kompostering siden en unngår problemer som kan oppstå hver gang en skal starte en ny prosess.

Ved tilsetting av ny masse regner en vanligvis med et temperaturfall på hee massen på ca. 5° C - litt varierende avhengig av temperaturen på inngående masse. Temperaturen i en slik komposteringstank bestemmer en i stor grad selv, slik at en f.eks. kan få et fall fra 65

til 60° eller fra 60 til 55°. Etter 3-4 timer er temperaturen oppe på tidligere nivå igjen, slik at hele massen i løpet av et døgn får ca. 20 timer ved den høyeste temperaturen.

Fiskeensilasje har i slike komposteringsanlegg vist seg å gi en voldsom temperaturøkning med ned i 5 % innblanding av ensilasje i råslam, som både er energifattig og har lavt tørrstoffinnhold (< 1 %). Nødvendig tid for å oppnå tilstrekkelig hygienisering er dermed relativt kort. Også her vil det imidlertid være gunstig å kjøre prosessen lengre for å få redusert feittinnholdet. Temperaturen kan uten problemer gå svært høyt, men pga økende tap av N ved høye temperaturer, bør temperaturen ligge på 55-60°.

Metoden krever jevn tilgang på avfall eller gjødsel som skal komposteres. For nyanlegg kan det også være en løsning at det ikke er gjødselkjeller i tilknytning til husdyrrom, men at en har et lite bufferlager før gjødsla går til kompostering og deretter til en lagringskum. En vil også ha muligheten for å føre den ferdigkomposterte massen i et kammer i tilknytning til mellomlager for avfall (og evt. et tilsvarende for husdyrgjødsel), slik at massen som skal inn til kompostering har fått en høyere temperatur allerede før kompostering.

Hvorvidt en har bufferlager for husdyrgjødsel istedfor uttak fra gjødsellager under fjøs, forvarming av avfall og/eller gjødsel, og evt. utnytter varmeproduksjonen fra komposteringsprosessen til en slik forvarming, vil avhenge av gårdbrukers ønske og tidligere bygningsløsninger. Institutt for tekniske fag ved Norges landbrukshøgskole har i samarbeid med Alfa-Laval utviklet en reaktortype beregnet på kontinuerlig kompostering som egner seg både til denne type avfall og til kloakkslam o.l.

Kompostering i store gjødsellagre, f.eks. under dyrerom eller i store utendørs lagre, er ikke egnet. En slik kompostering vil vanskelig oppnå tilstrekkelig temperatur for hygienisering av avfallet.

Ved kompostering av kadaverøs dødfisk kan det oppstå luktproblemer. Det er da en fordel med tett tank og kontroll med lufta som går ut av komposteringstanken. Avgassene kan kjøres gjennom kondensator/biofilter for reduksjon av luktulempene, slik det er gjort ved Val landbruksskole. RUBIN-rapport 503/52 omhandler dette.

Spredning av våtkompost krever ikke særskilt utstyr, men kan spres med det vanlige gjødselhånderingsutstyret for blautgjødsel.

**Levering.** Ved levering er det ønskelig at oppdretter dokumenterer hva massen inneholder. Avfallet skal være kvernet, ensilert med maursyre (3% av avfallsmengden) og tilsatt antioksydant. Denne prosessen medfører at avfallet får en suppelignende, tyktflytende konsistens med en pH på 3,8 - 4,0. Kverning og ensilering bør helst skje rutinemessig ute på anlegget slik at massen er stabilt lagret. Det er viktig å understreke at renslighet er nødvendig og at levering skjer uten søl. Søl på klær, sko og utstyr vil raskt harskne og gi fra seg lukt. Kar og utstyr brukt til transport bør desinfiseres etter bruk, og før retur til oppdrettsanlegg.

Egnet avfall for levering til denne type anvendelse vil først og fremst være kadaverøs dødfisk. Også «god» dødfisk kan egne seg dersom alternativ hentepris er høyere.

### 8.3 Økonomi

Verdien av fiskeensilasje som gjødsel er beregnet til ca. kr. 200 pr tonn. Dette er utregnet ut fra gjennomsnittlig innhold av N, P og K i rein fiskeensilasje og sammenlignet med pris på handelsgjødsel. Grunnet noe lavere utnyttelsesgrad og tap under behandling kan verdien settes noe lavere, men en verdi på ca. kr. 150 pr tonn kan være realistisk (15 øre pr kg fiskeensilasje). Gjødselverdien er neppe nok som kompensasjon for investeringer og merarbeid. For de oppdrettsanlegg som fram til nå har levert til gårdbrukere har oppdretter betalt 50-70 øre pr kg levert fiskeavfall. Dette har vært gårdsbruk med eksisterende våtkomposteringsanlegg med kapasitet til også å ta endel organisk avfall. For mange oppdrettere betyr dette en besparelse på godt over 70 øre pr. kg dødfiskensilasje i forhold til leveranse til sentralt mottaksanlegg. For gårdbrukere som er i ferd med å bygge om, eller utvide gjødsel-handteringssystem og lager, kan mottak av slikt avfall være et aktuelt alternativ dersom de har oppdrettsanlegg i nærheten og denne prosessen blir en godkjent behandlingsmetode. Fiskeavfall vil da kunne erstatte kjøp av handelsgjødsel.

For fiskeoppdretter vil prisen for å bli kvitt avfallet være avgjørende så lenge avsetningen og den behandlingen avfallet får tilfredsstillende de veterinære og miljømessige krav.

## 9. KONKLUSJON

Organisk avfall fra oppdrettsnæringen i form av dødfisk kan egne seg godt til gjødsel i landbruket. Forutsetningen er at dødfisken gjennomgår en behandling med minimum kverning og ensilering før bruk. En komposteringsprosess etter ensilering vil ytterligere sikre en tilstrekkelig grad av hygienisering.

Vekstforsøk har vist at fiskeavfall i slik form har akseptable til gode egenskaper som plantenæring og ligger på høyde med tradisjonelle gjødselslag som handelsgjødsel og vanlig blautgjødsel fra storfè.

Spesielt har fiskeensilasje som er våtkompostert sammen med husdyrgjødsel, vist gode og sikre resultater fra vekstforsøk, tilstrekkelig grad av hygienisering og har det bredeste anvendelsesområde på de dominerende plantekulturer i kyst-Norge. For de gårdsbruk som har eller er i ferd med å anskaffe egne våtkomposteringsanlegg, og har tilstrekkelig lagringskapasitet, kan mottak av slikt avfall være økonomisk gunstig. Gjødsel kan spres med det utstyret som en allerede har.

Også fiskeoppdretter vil kunne ha økonomiske fordeler av å levere avfallet til gårdbruker ved at dette blir billigere enn leveranse til sentralt mottaksanlegg.