

Prosjektrapport

Alternative områder for bruk av slam utenom jordbruket. Forprosjekt

- Litteraturstudium
- Potensiale for alternative bruksområder i Norge
- Vurderinger i forhold til slamregelverket
- Produkttyper og kravspesifikasjoner til ulike bruksområder
- Forslag til demonstrasjonsprosjekter

NORVAR-rapport

Norsk VA-verkforening

Postadresse: Vangsveien 143, 2300 Hamar

Besøksadresse: Vangsveien 143, Hamar

Telefon: 62 52 86 50

Rapportnummer:
77-1997

Dato:
25.06.1997

Antall sider (inkl. bilag)
78

Tilgjengelighet:
Åpen: x
Begrenset:

Rapportens tittel:

**ALTERNATIVE OMRÅDER FOR BRUK AV SLAM UTENOM JORDBRUKET.
FORPROSJEKT.**

Forfatter(e):

Kjell Terje Nedland, Aquateam A/S.

Ekstrakt:

Et litteraturstudium om alternativ slambruk i utlandet er gjennomført. De mest interessante bruksområdene var bruk av slam til revegetering av ikke-produktive områder, bruk i innarbeidingsområder, bruk i skogbruket og i treplantasjer, bruk i hagebruk og som dyrkingsmedium på grøntområder, utvinning av olje fra slammet, og bruk av slam i mursteins- og betongprodukter.

Erfaringer er innhentet om alternative bruksområder for slam i Norge, og det er gjort mye for å bruke mer slam på grøntarealer de siste årene. Det reviderte regelverket der slamforskriften og gjødselvereforskriften er forsøkt samordnet, er gjennomgått med hensyn på slambruk.

Til slutt er det vist hvordan anleggseiere som vil satse på alternativ slambruk kan gå frem for å få til et vellykket resultat. Fem satsingsområder der man kan få brukt en del slam hvis forholdene blir lagt til rette for det, er plukket ut og foreslått som demonstrasjonsprosjekter.

Emneord, norske:

Avløpsslam, grøntområder, alternativ bruk, erfaringer.

Emneord, engelske:

Sewage sludge, green areas, alternative use, experiences.

Andre utgaver:

Førord fra NORVAR

I de siste årene har det enkelte steder på Østlandet vært problemer med å få avsetning på slam fra rensanleggene. På Vestlandet har man problemer med for mye husdyrgjødsel som gjør markedet for bruk av slam meget begrenset. I Sør-Trøndelag, på Hedemarken og i Akershus har man problemer med for mye tungmetaller i jordbruksjorda sett i forhold til slamregelverket, slik at slam ikke kan spres i enkelte områder. Deponering av slam skal ikke lenger foregå og heller ikke forbrenning er tillatt av myndighetene. På denne bakgrunn ble det våren 1996 igangsatt et spleiselagsprosjekt blant anleggseiere med betydelig støtte fra SFT og fra NORVARs Slamgruppe.

Følgende anleggseiere har deltatt i spleiselaget:

- Tønsbergfjorden Avløpsutvalg (TAU).
- Arendal kommune
- Bergen kommune
- I.V.A.R.
- Ullensaker kommune
- Lillehammer kommune
- Hadeland og Ringerike Avfallsselskap
- Oslo vann- og avløpsverk (OVA)
- Ålesund kommune
- FREVAR
- MOVAR
- Trondheim Bydrift

Utredningsarbeidet og rapporteringen er gjort av Kjell Terje Nedland, Aquateam A/S.
Prosjektet har også fått nyttige bidrag fra Oddvar Haveraaen (NLH) og Olav Holdhus (Jordforsk).

NORVAR vil takke alle bidragsytere til prosjektet og håper vi kan få til konkrete demonstrasjonsprosjekter slik som forprosjektet her foreslår. Vi ber om at de som besitter idéer og erfaringer på dette området kontakter NORVAR, slik at vi kan få grunnlag for oppfølging av forprosjektet. Vi vil benytte fagtreff i NORVARs Slamgruppe til å formidle kompetanse/erfaringer fra gjennomførte prosjekter.

25.06.1997

Steinar K. Nybruket

Innholdsfortegnelse

Sammendrag og anbefalinger	6
1 Innledning	10
2 Litteraturstudie. Alternativ bruk av slam i andre land	11
2.1 Bruk av slam til revegetering av ikke-produktive områder	12
2.2 Bruk av slam på innarbeidingsområder	14
2.3 Bruk av slam i skogbruket	16
2.3.1 Bruk i vanlig skogbruk	16
2.3.2 Bruk i treplantasjer	18
2.3.3 Forsøk med energiskogproduksjon i Sverige	19
2.4 Bruk av slam i hagebruk og i dyrkingsmedier	20
2.5 Pyrolyse av slam for å utvinne olje	22
2.6 Bruk av slam til murstein, sement og betongheller	23
2.7 Bruk av slam som brennstoff i sementovner, asfaltverk og kullkraftverk	25
2.8 Utvinning av proteiner, vitaminer, metaller, fosfor, fellingsskjemikalier, karbonkilde osv. fra slammet	25
3 Erfaringer med forsøk i Norge	26
3.1 Bruk av slam til revegetering av ikke-produktive områder	26
3.1.1 Dueknipen-prosjektet	26
3.1.2 Bruk av slam i pukkverk og grustak	28
3.2 Bruk av slam i skogbruket	29
3.2.1 Starmoen i Elverum	30
3.2.2 Forsøksfelt på Løten, Hedmark	31
3.2.3 Nøtterøy, Vestfold	31
3.2.4 Urvassmoen i Gjerstad, Aust-Agder	32
3.2.5 Gravdal i Bjerkreim, Rogaland	32
3.3 Bruk av slam i dyrkingsmedier	33
3.3.1 Demonstrasjonsfelter ved Alvim og Øra renseanlegg	33
3.3.2 Bruk av hygienisert og anaerobt stabilisert slam til dyrkingsmedium langs ny riksvei i Fredrikstad	34
3.3.3 Bruk av hygienisert og anaerobt stabilisert slam til dyrkingsmedium i Sarpsborg	35
3.3.4 Bruk av hygienisert og anaerobt stabilisert slam til dyrkingsmedium i Moss	36
3.3.5 Lagring av hygienisert og anaerobt stabilisert slam og knust kvist for bruk i dyrkingsmedier i Akershus	36
3.3.6 Bruk av tørket slam fra SNJ til forskjellige formål	37
3.3.7 Bruk av kompostert/langtidslagret slam i dyrkingsmedier i Ålesund	38
3.3.8 Bruk av slam i dyrkingsmedium i Trondheim	38

3.4	Bruk av ublandet slam på grøntområder	39
3.4.1	Bruk av hygienisert og anaerobt stabilisert slam på grøntområder i Moss	39
3.4.2	Bruk av slam i ferdigplen	39
3.4.3	Bruk av lagret råslam på veiskråninger i Ullensaker	40
3.4.4	Bruk av slamkompost på veiskråninger i Drammen	40
3.4.5	Bruk av anaerobt stabilisert slam på veirabatter i Porsgrunn	40
3.4.6	Bruk av slamkompost av ingeniørvesen, parkvesen og veivesen i Kristiansand	41
3.4.7	Bruk av tørket slam til forskjellige formål på Jæren	42
3.4.8	Bruk av kompostert slam på grøntområder i Ålesund	43
3.5	Bruk av slam i gjødselprodukter	43
4	Potensiale for alternative bruksområder for slam i forskjellige regioner i Norge	44
4.1	Østfold	44
4.2	Oslo og Akershus	44
4.3	Hedmark	44
4.4	Oppland	45
4.5	Buskerud	45
4.6	Vestfold	45
4.7	Telemark	46
4.8	Aust-Agder	46
4.9	Vest-Agder	46
4.10	Rogaland	47
4.11	Hordaland	47
4.12	Sogn og Fjordane	47
4.13	Møre og Romsdal	47
4.14	Sør-Trøndelag	48
4.15	Nord-Trøndelag	48
4.16	Nordland	48
4.17	Troms	48
4.18	Finnmark	49
4.19	Disponering av slam i 1995	49
5	Bør slamforskriften og gjødselvareforskriften mykes opp for å gjøre alternativt slambruk lettere?	51
5.1	Nytt regelverk gjeldende fra 27.09.96 (slamforskriften) og 1.10.96 (gjødselvareforskriften)	51
5.1.1	Regelverk	51
5.1.2	Kommentarer	53
5.2	Bruk av slam i dyrkingsmedier	53
5.2.1	Regelverk	53
5.2.2	Kommentarer	54
5.3	Bruk av ublandet slam på grøntarealer	54

5.3.1 Regelverk	54
5.3.2 Kommentarer	54
5.4 Bruk av slam i gartnerier	54
5.4.1 Regelverk	54
5.4.2 Kommentarer	54
5.5 Bruk av slam i skogbruket	55
5.5.1 Regelverk	55
5.5.2 Kommentarer	55
5.6 Bruk av slam i eng	55
5.6.1 Regelverk	55
5.6.2 Kommentarer	55
6 Demonstrasjonsprosjekter for alternativ bruk av avløpsslam	56
6.1 Hvilke alternative bruksområder for slam skal man satse på?	56
6.1.1 Krav til slam som skal brukes på grøntarealer	56
6.1.2 Potensiale for bruk av slam til ulike formål	59
6.2 Fremgangsmåte for å lage dyrkingsmedier	61
6.3 Fremgangsmåte ved bruk av slam til revegetering av ikke-produktive landområder	63
6.4 Fremgangsmåte ved bruk av slam til ferdigplen	65
6.5 Fremgangsmåte ved bruk av slam i alpinanlegg og hoppbakker	66
6.6 Fremgangsmåte ved bruk av slam på fotballbaner og golfbaner	67
6.7 Fremgangsmåte ved bruk av slam til dyrking av energiskog	69
7 Forslag til videre arbeid	70
8 Referanser	72

Sammendrag og anbefalinger

Alternativ slambruk i utlandet.

Vi har gjennomført et litteraturstudie der vi har sett på alternativ slambruk i utlandet. Konklusjonen på litteraturstudiet er at alternativ slambruk ikke er kommet så svært langt i utlandet, og at det er jordbruket som er den største mottaker av slam. Det er imidlertid gjort en del forsøk med alternativ slambruk, og i USA og Storbritannia brukes en del slam til produksjon av dyrkingsmedium (vekstjord) og i skogbruket.

Det er gjort svært mange forsøk med bruk av slam til revegetering av ikke-produktivt land, bl.a. etter gruvevirksomhet. Erfaringene med bruk av slam er meget positive, men dette har likevel ikke ført til at mye slam blir brukt på denne måten, bl.a. fordi det er vanskelig å få dekket utgiftene til slamspredningen. I Philadelphia i USA og i South Wales i Storbritannia brukes det imidlertid store slammengder til dette formålet.

I Aalborg, Malmö og flere steder i USA har man etablert innarbeidingsområder hvor store slammengder legges ut og pløyes ned i jorda. Det dyrkes gress eller nytteplanter på områdene, og det er mulig å ta ut jorda etter noen år og bruke den til dyrkingsmedium. På områdene som er omtalt i litteraturen har man ikke brukt slamjorda til andre formål etterpå, men benyttet områdene til permanent slamlagring.

I USA og Storbritannia har man arbeidet en del med bruk av slam i skogbruket, og det er utarbeidet veiledere til dette formålet begge steder. Det største problemet med å spre store mengder uavvannet slam i skogbruket, er ammoniumlekkasje til grunnvann og overflatevann i områdene. Dette medfører at man ikke bør tilføre mer enn maks. 200 m³ uavvannet slam eller 50 tonn avvannet slam pr. ha. Slammet har en langvarig positiv virkning på treveksten, men rekreasjonsverdien av områder hvor det blir spredt slam, blir sterkt forringet ved bruk av en slik slamkvalitet.

Slam egner seg meget bra til gjødsling av frøplanter i treplantasjer. Tilsetning av slam kan skje hvert 3. til 5. år ved produksjon av ung trevirkeskog (28-årsskog), men det bør ikke tilsettes slam til skog yngre enn 8 år fordi trærne da får økt konkurranse fra annen vegetasjon. Forsøk med energiskogproduksjon i Malmö på 1980-tallet viste at man fikk betydelig økt treproduksjon ved tilsetning av slam, og mest ved bruk av uavvannet slam. Det ble vasket ut til grunnvannet noe mer nitrat, fosfor og tungmetaller fra slamfeltet enn fra kontrollfeltet i området, mens tungmetallopptaket i trærne ikke endret seg ved slamspredning.

I USA satser man stort på kompostering av slam til bruk i dyrkingsmedier. Slike dyrkingsmedier selges til privatpersoner og anleggsgartnere, og noe brukes også til produksjon av prydplanter. Når salter som kan redusere planteveksten blir skyllet bort fra slamjorda, egner den seg utmerket til dyrking av prydplanter. I England har man også gjort svært positive erfaringer med bruk av slam i dyrkingsmedier for prydplanter, golfbaner og parkarealer, og Thamesgro solgte i 1989 100.000 m³ dyrkingsmedium med slamtilsetning (20 vekt-%) i London-området.

Det er i Frankrike, Canada og Australia gjort forsøk med pyrolyse av slam for å utvinne dieselolje og fyringsolje fra slammet. Varmeverdien i oljen ligger rundt 35 MJ/kg, og man får omdannet mellom 20 og 50% av det organiske stoffet i slammet til olje, og får i tillegg noe kull og gass. Det vil nå bli bygd et fullskalaanlegg for utvinning av olje fra slam i Australia.

I 1980-årene ble det gjort forsøk med mursteinproduksjon med slamtilsetning i Maryland, USA. Pilotskala forsøk var vellykkede, og man brukte steinene til flere bygninger, gangveier og avløpsledninger. Problemet var å få samordnet mursteinsproduksjonen og slamproduksjonen, og det ble derfor med forsøkene i USA. I Port Elizabeth i Sør-Afrika har man imidlertid laget murstein med avløpsslam i kommersiell skala (27 mill. murstein pr. år). Det brukes inntil 30% slam i steinene, og man sparer 69% av oljen til brenningen av steinene fordi det organiske stoffet i slammet også utvikler varme. Slamsteinene er også 20% lettere enn vanlige steiner, så man kan også spare transportkostnader. Det var problemer med lukt i området rundt fabrikkene og pipebranner, før man fikk installert en slamfyrt etterbrenner for avgassene fra mursteinsproduksjonen.

I Singapore har man i pilotskala prøvd flere forskjellige bruksformer for slam i bygningsindustrien. Man prøvde tørket slam og aske fra slamforbrenningsanlegg i murstein, med rimelig bra resultat. Man prøvde også å bruke utråtnet, avvannet slam i sementproduksjon, men dette var ikke så vellykket. Bruk av aske fra forbrenningsanlegg i betong var derimot mer vellykket. I Nagoya i Japan bruker man aske fra slamforbrenning til å lage permeabel veistein, som slipper gjennom overflatevann dersom man høytrykksspyler dem med jevne mellomrom.

I Sveits blir tørket slam brukt som brennstoff i sementovner. 2-5% slam kan uten problemer tilsettes brunkull i kullkraftverk. Det er også mulig å ekstrahere mange produkter fra slammet, og det som er mest aktuelt er å utvinne fellingsskemikalier og fosfor, eller bruke slammet som karbonkilde ved nitrogenfjerning på renseanleggene.

Norske erfaringer med alternativ slambruk.

I Norge er det de siste årene gjort mange erfaringer med alternativ bruk av slam. I Dueknipenområdet i Kristiansand ble et rekreasjonsområde revegetert med slamkompost etter at røykutslipp fra Falconbridge hadde ødelagt jordsmonnet der. Gressetableringen ble svært vellykket, men man var uheldig med treplantingen året etter, da flere treplanter ble kvalt av for stor gressvekst.

Det er også brukt noe slam til revegetering av nedlagte massetak flere steder i Norge..

I forbindelse med prosjektet "Bruk av slam i skogbruket" fra 1989 til 1991 ble slam lagt ut på flere felter, men man har ikke fulgt opp disse feltene etter 1991, og verken skogbruket eller SFT virker særlig innstilt på å bruke store slammengder i norsk skogbruk. Resultatene fra forsøkene som ble utført i dette prosjektet var at det lå godt til rette for å bruke avvannet slam i skogbruket i ca. 4-5 cm tykkelse ca. 30 år før sluttavvirking, men man ønsket helst tørket slam. Aktuelle skogtyper er furu- og blandingsskog på lav-, bærlyng- og tørrere deler av blåbærskogtypene. Aksept hos samfunnet generelt er imidlertid et sentralt spørsmål ved anvendelse av avløpsslam i skogbruket, og med de norske ferdselsrettighetene i utmark må man i tilfelle utvikle slamprodukter som ikke er til sjenanse for allmenn ferdsel i områdene.

I 1992 blandet man stabilisert (utråtnet) hygienisert og lagret slam fra Alvim og Øra renseanlegg med forskjellige typer mineraljord og laget demonstrasjonsfelter utenfor renseanleggene. Det ble plantet forskjellige busktyper og gress i et rutesystem, og fagfolk vurderte veksten av plantene fra 1992 til 1994. Konklusjonen fra prosjektet var at man må lagre utråtnet slam i ett år uten vendinger, eller seks måneder med to vendinger for å få opptørket slam som smuldrer lett. Alle dyrkingsmediene med slam ga god vekst, og slammet ga forbedret jordstruktur og evne til å holde på vann. Frigivelsen av nitrogen vil imidlertid variere fra slamtype til slamtype.

I Sarpsborg og Fredrikstad har man av slammet fra renseanleggene laget dyrkingsmedium hos to private firmaer, og man har brukt denne vekstjorda med godt resultat langs riksvei 109, til en golfbane og til flere andre formål. I Moss har parkvesenet gode erfaringer med å bruke slam fra Fuglevik renseanlegg i dyrkingsmedium eller direkte i parkanlegg. I Ski har en anleggsgartner gjort forsøk med blanding av knust hageavfall, utrátnet og for det meste hygienisert slam og delvis sand som ble lagt ut i ranker i 2 år. Konklusjonen fra dette forsøket var at det er viktig å legge opp rankene under tørre værforhold. En blanding av slam, kvist og sand lagt opp under tørre forhold i 3 meter høye ranker vil kunne bli god vekstjord etter ett års lagring uten vendinger. Jorda bør imidlertid såldes før bruk.

I Ullensaker kommune la man ut råslam som hadde vært lagret et halvt år på en veiskråning, men her fikk man problemer med lukt før gresset grodde til. I Drammen brukte man kompostert kalkfelt slam langs innkjøringen til byen fra sør (Kobbervikdalen). I Porsgrunn la man ut 1.100 m³ aerobt, termofilt forbehandlet og anaerobt stabilisert slam som delvis var lagret, langs riksvei 354 ved Kulltangbrua. Slammet ble lagt ut i 20-30 cm tykkelse og ble overdekket med duk og bark, eller med 5-10 cm matjord.

I Kristiansand komposteres slammet fra to av tre renseanlegg i byen og brukes til veiformål, og etterspørselen har til nå vært større enn tilbudet. Tørket slam fra Sentralrenseanlegg Nord-Jæren har blitt brukt til sprøytesåing av veiskråninger, banedekke på idrettsplass, torvtak, dyrking av hekkplanter og granplanter, leplanting, vegetering av steinfylling og plenlegging. Stort sett har forsøkene vært vellykkede, men det er vanskelig å finne bruksområder som kan ta imot store mengder tørket slam.

I Ålesund er kompostert kalkfelt slam brukt av parketaten i byen, som lager dyrkingsmedium av komposten. Komposten er også brukt til å dekke en golfbane og en slalåmbakke. I Trondheim har en lokal anleggsgartner fått en kontrakt på å lage dyrkingsmedium av 3.000 tonn pasteurisert og anaerobt stabilisert slam pr. år. Også her har man gode erfaringer med tilsetning av slam i dyrkingsmedier.

Slam kan også brukes ved produksjon av ferdigplen, og det er forsøk i gang med å lage slambaserte gjødselprodukter som kan konkurrere med handelsgjødsel i jordbruket.

Alternativ slambruk og slamregelverk i Norge.

I 1995 ble 6,9% av slammet i Norge disponert på grøntarealer ifølge offisiell statistikk, mens 8,3% ble brukt til annet enn jordbruk, skogbruk, deponi, grøntområder eller mellomlager (antakelig mest til toppdekke på fyllplass). Telemark og Vest-Agder brukte over 40% av slammet dette året på grøntområder, mens Nordland og Hordaland brukte over 40% til "annet".

Det nye slamregelverket gjeldende fra 27.09.96 består av slamforskriften og gjødselvarerforskriften. Kravet til tungmetallinnhold i slammet er skjerpet for både jordbruksarealer og grøntområder. For å lage dyrkingsmedium av slammet kommer man inn under gjødselvarerforskriften, og man må ha tillatelse fra Landbrukstilsynet for å selge eller gi bort dyrkingsmedium hvor det inngår slam. På grunn av en feil i den nye gjødselvarerforskriften har man ikke lov til å legge ut mer enn 5 cm dyrkingsmedium, og dette skal blandes inn i jorda på stedet. Landbrukstilsynet har valgt å tolke dette slik at det kan legges ut dyrkingsmedium tilsvarende 5 cm rent slam, og at man ikke behøver å blande mediet inn i massene på stedet. I private hager, parker o.l. har man ikke lov å bruke mer enn 4 tonn TS/daa pr. 10 år av dyrkingsmedier i kvalitetsklasse I, 2 tonn TS/daa pr. 10 år i kvalitetsklasse II, mens man på andre grøntområder kan legge ut 5 cm slam, eller dyrkingsmedium tilsvarende 5 cm rent slam.

Hvilke områder innenfor alternativ slambruk bør man satse på?

Det mest nærliggende er å bruke slammet på grøntarealer dersom man ikke kan bruke alt slammet i jordbruket. Man bør imidlertid bruke så mye slam som mulig i jordbruket, fordi man må bearbeide slammet i større grad til grøntarealsektoren, hvis man ikke har kompostert eller tørket slammet i utgangspunktet. Utråtnet, våtkompostert eller langtidslagret slam må lagres så lenge at det blir opptørket og jordlignende, og dette medfører økte kostnader. På grøntarealsektoren vil man også møte konkurranse fra kompostert våtorganisk avfall og fra torv. Skal man satse på dette markedet lønner det seg å samarbeide med kommunale etater eller private firmaer som opererer på dette markedet allerede, for å unngå å lage et produkt som ikke egner seg til det man skal bruke det til. Det er f.eks. svært viktig å lage et produkt uten lukt, med godt omsatt slam og med riktig nitrogeninnhold i forhold til behovet til plantene som skal dyrkes på området.

Det stilles spesifikke krav til produktet ved bruk til forskjellige formål, og det er ikke alle områder som egner seg like bra til bruk av avløps slam. De feltene som etter vår mening egner seg best, er:

- produksjon av dyrkingsmedier (vekstjord)
- revegetering av områder uten vegetasjon (landskapssår)
- ferdigplenproduksjon
- alpintraséer og hoppbakker
- idrettsanlegg, fotballbaner og golfbaner
- dyrking av energiskog

På disse feltene har vi beskrevet hvordan anleggseierne kan gå frem for å finne ut om dette er brukbare disponeringsmåter, og hvordan man konkret kan få til slik disponering. Vi foreslår at man starter demonstrasjonsprosjekter innenfor disse bruksområdene. Tidligere urapporterte norske erfaringer bør rapporteres slik at andre som ønsker å satse på samme bruksområde kan lære av erfaringene.

Forslag til videre arbeid.

Vi foreslår at anleggseiere eller andre som har idéer til konkrete demonstrasjonsprosjekter, tar kontakt med NORVAR, og at man forsøker å få satt i gang så mange slike prosjekter som mulig. Arbeidet med organisering og rapportering av de ulike prosjektene må imidlertid finansieres på en eller annen måte, og da er spleiselag med delfinansiering fra anleggseiere og eventuelle andre interessenter (SFT, Miljøverndepartementet; SND, fylkenes næringsfond) den mest nærliggende vei å gå.

1 Innledning

I de siste årene har det enkelte steder på Østlandet vært problemer med å få avsetning på slam fra renseanleggene. På Vestlandet har man problemer med for mye husdyrgjødsel som gjør markedet for bruk av slam meget begrenset. I Sør-Trøndelag, på Hedemarken og i Akershus har man problemer med for mye tungmetaller i jordbruksjorda i forhold til slamregelverket, slik at slam ikke kan spres i enkelte områder. Samtidig varsler SFT restriksjoner på deponering av avløpsslam, og man er svært restriktive med å godkjenne forbrenning av slammet. Flere fylker har allerede satt forbud mot deponering av slam. Alt dette gjorde det nødvendig å undersøke andre muligheter for disponering av slam. Våren 1996 startet NORVAR derfor et spleiseprosjekt for å forbedre kunnskapene om alternativ slamdisponering (utenom jordbruket). Det ble bevilget midler til prosjektet fra SFT, NORVARs slamgruppe og anleggseierne TAU, Arendal kommune, Bergen kommune, IVAR, Ullensaker kommune, Lillehammer kommune, Hadeland og Ringerike Avfallsselskap, Oslo vann- og avløpsverk, Ålesund kommune, FREVAR, MOVAR og Trondheim Bydrift.

Hensikten med dette forprosjektet har vært å kartlegge status i Norge og i utlandet når det gjelder alternativ bruk av avløpsslam og vurdere hva som skal til på de enkelte potensielle bruksområdene for å legge til rette for større anvendelse av avløpsslam. Det er opprettet en styringsgruppe for prosjektet bestående av representanter for de som har finansiert prosjektet. Vi har også fått innspill til prosjektet fra Oddvar Haveraaen, Norges Landbrukshøgskole, Institutt for skogfag og fra Olav Holdhus, Jordforsk.

I forprosjektet har vi gjennomført et litteraturstudie med utgangspunkt i internasjonale databaser, og vi har samlet inn erfaringer fra alternativ slambruk i Norge. Vi har gjennomgått de fylkesvise slamplanene for om mulig å hente idéer til alternativ slambruk der. Vi har sett på regelverket for bruk av slam med fokus på hvordan disse reglene fungerer i praksis, og vi har laget forslag til fremgangsmåte for å få satt i gang demonstrasjonsprosjekter som kan heve kunnskapsnivået vårt ytterligere på dette området.

2 Litteraturstudie. Alternativ bruk av slam i andre land

I dette kapittelet har vi sett på bruk av slam utenom jordbruket i andre land. Også i utlandet er det jordbruket som er den største avtaker av slam, og det er gjort relativt lite for å bruke slam på andre måter, bortsett fra en del forsøksvirksomhet. Det er gjort mange forsøk med bruk av slam til revegetering av ikke-produktivt land, men få store prosjekter. Innarbeiding av slam ved å pløye det ned i jorda i store mengder er benyttet i Aalborg og Malmø. I USA og Storbritannia brukes en del slam i skogbruket, og det lages dyrkingsmedier av slam. Det er også gjort forsøk med pyrolyse av slam for å utvinne olje fra slammet, og bruk av slam i murstein og annen bygningsstein.

I EU ble i 1991/92 40% av slammet kjørt til fyllplass, 37% ble brukt i landbruk, 11% ble brent, 6% ble dumpet i havet, 2% ble benyttet til kompost, jordforbedringsmidler osv., mens 4% ble benyttet til andre formål (Hall, 1994). I USA blir ca. 33% av de 5,4 mill. tonn avvannet slam som produseres, resirkulert (EPA, 1995). 22% av alt produsert slam blir brukt i landbruket, 1% i skogbruket, 3% til markoppbygging av ødelagt land, 3% i parker og idrettsanlegg, og 4% blir solgt eller gitt bort til private.

Tungmetallinnholdet i kommunalt slam har sunket betraktelig de siste 10-20 årene som følge av mer oppmerksomhet rundt industriutslipp. Dette skulle tilsi at man nå kunne bruke mer slam i jordbruket enn tidligere. I USA har Environmental Protection Agency (EPA) tatt konsekvensen av dette, og anbefaler nå at slam som overholder de amerikanske tungmetallkravene blir resirkulert. Disse grenseverdiene er satt med utgangspunkt i risikovurderinger som viser at med det lavere tungmetallinnholdet i slammet nå ikke er noen fare for helse og miljø ved bruk av slam i jordbruket. Grenseverdiene ligger på et nivå som er 2,5 til 20 ganger høyere enn de nye grenseverdiene i Norge (høyest for kvikksølv og kadmium) (EPA, 1994).

EPA har vurdert 14 forskjellige eksponeringsveier for tungmetaller og organiske miljøgifter fra landbruksområdene til planter, dyr og mennesker, og satt grenseverdiene på et nivå som ikke gir større eksponering for utsatte grupper enn internasjonale regler tillater. Man har i tillegg undersøkt helseeffektene av praksisen for slamspredning før de nye reglene ble innført, og funnet minimale påvirkninger fra slammet som er spredt. Dette store undersøkelsesmaterialet viser at slam brukt etter reglene, selv med mye større forurensninger enn det er i dagens slam, representerer liten fare for helse og miljø (Logan, 1995). Størstedelen av studiene viser positive effekter av tilsetningen på jordsmonnet og avlinger av jordbruksprodukter og hagevekster, og forbedret revegetasjon på ødelagte landområder.

EPA regner med at tungmetaller som blir tilført landbruksområdene i stor grad blir værende i det øverste sjiktet i jorda, og at det er bare i de første årene at en liten del blir opptatt i plantene som dyrkes der. Man har ikke sett det som noe mål i seg selv å hindre oppkonsentrering av tungmetaller i jordsmonnet. Enkelte land i Europa (Nederland, Finland og Sverige) har gått den motsatte veien, og satt krav til tungmetallinnhold i slam som skal brukes i jordbruket, på basis av at det ikke skal skje en akkumulering av tungmetaller i jorda. Det vil si at det ikke kan tilføres mer tungmetaller enn det som blir opptatt i plantene som dyrkes på stedet eller som transporteres bort med avrenningsvann. Dette prinsippet gjør at mesteparten av slammet ikke klarer å tilfredsstille tungmetallkravene, eller må spres i så små mengder at det ikke er interessant å bruke slam i jordbruket.

I Tyskland har det vært en stor opinion mot slamspredning i jordbruket tidlig på 1990-tallet, mens det i Sverige og Danmark nå er slik, bl.a. som følge av noen negative oppslag i

massemedia, at man har blitt relativt pessimistisk til bruk av slam i jordbruket. Det synes nesten som om jo strengere regler man får for tungmetaller og andre miljøgifter i slammet, jo vanskeligere blir det å få avsetning på slam som overholder de strenge reglene pga. oppmerksomheten rettet mot slam som et negativt produkt. Når også næringsmiddelbedrifter (Sverige, Tyskland) nekter å ta imot jordbruksprodukter fra områder hvor det er spredt slam med lavt tungmetallinnhold, blir det vanskelig å få til noen fornuftig bruk av slam i jordbruket.

Man ønsker også i noen europeiske land (Sverige, Danmark, Tyskland, Nederland) å redusere mengden organisk avfall i fyllinger, og dette vil også gjøre at det vil bli vanskeligere å få levert slam til deponier. Kostnadene ved deponering forventes også å øke kraftig, slik at denne disponeringsmåten vil bli stadig mindre attraktiv.

I fremtiden forventer man derfor at det i EU vil bli problemer med både levering til jordbruket og til fyllinger, slik at man for år 2005 antar at fyllingsandelen vil synke til 17%, at forbrenning av slam vil øke til 38%, mens resirkulering av slam vil stå for 45% av disponeringen (inklusive jordbruk) (Hall, 1994). Dette vil gjøre det viktig å utvikle andre disponeringsløsninger enn dem som har vært mest brukt til nå.

Foreløpig er det i USA og Japan man har kommet lengst med alternativ bruk av slam. I Europa har man foreløpig gjort lite for å utvikle nye måter å bruke slam på, bortsett fra å lage toppdekke på nedlagte gruveområder eller bruke slam i skogbruket. Ut fra tilgjengelig litteratur er det følgende disponeringsmetoder som har vært prøvd utenom bruk av slam direkte i jordbruket:

- Bruk av slam til revegetering av ikke-produktive områder (gruver, massetak, industriområder osv.)
- Bruk av slam i innarbeidingsområder
- Bruk av slam i skogbruket
- Bruk av slam i hagebruk og dyrkingsmedier
- Pyrolyse av slam for å utvinne olje
- Bruk av slam til murstein, sement og betongheller
- Bruk av slam som brennstoff i sementovner, asfaltverk og kullkraftverk
- Utvinning av proteiner, vitaminer, metaller, fosfor, fellingskjemikalier, karbonkilde osv. fra slammet

I det følgende vil vi gå gjennom en del resultater fra internasjonal litteratur på disse feltene.

2.1 Bruk av slam til revegetering av ikke-produktive områder

Det er gjort en lang rekke positive forsøk med bruk av slam for å revegetere ikke-produktive områder, som f.eks. nedlagte gruveområder eller massetak. I Philadelphia i USA blir det brukt store slammengder til å revegetere 450 ha gruveområder i nærheten av byen. I South Wales i Storbritannia brukes det også store slammengder for å revegetere kullgruveområder.

Det er mange nedlagte gruveområder i Europa og USA som det er svært vanskelig å få etablert nytt plantedekke på som følge av manglende matjordlag, lav pH i jorda, og metallforurensninger. På slike felter er det gjort en lang rekke positive forsøk med bruk av

slam, både i USA (Guerin, 1981, Murray et. al., 1981, Sopper & Murray, 1981, Jones, 1982, Sewell, 1982, Sweigard & Ramani, 1983, Metcalfe, 1983, Pietz et. al., 1983, Olesen et. al., 1983-84, Sopper & Seaker, 1984, Voos & Sabey, 1987, Joost, et.al., 1987, Sopper, 1988, Sopper, 1989, Aguilar et. al., 1993, Marx, Berry & Kormanik, 1993), Storbritannia (Byron, 1989, Atkinson et. al., 1991, Bending, 1995) og Tyskland (Werner et. al., 1989, Bargsten, 1995). Det er også andre landområder som kan være ødelagt, f.eks. av masseuttak av sand, grus eller stein, overbeiting, oppmudring av sand, deponier eller industriforurensning.

Avvannet slam eller slamkompost legges ut i store mengder (fra 30-40 tonn TS/ha opp til 200 tonn TS/ha, enkelte steder også betydelig mer) etter at pH i jorda er hevet til ca. 7,0 med jordbrukskalk. Det trengs ca. 1.000 kg nitrogen pr. ha for å oppnå en varig effekt på vegetasjonen på slike steder, og dette tilsvarer ca. 35 tonn TS/ha ved 3% nitrogen i slammet. For å oppnå gode langtidseffekter bør det tilsettes 100 - 200 tonn TS/ha (Bayes et.al., 1989). Til revegetering bør det brukes kompost, kalkslam (Orsa-metoden) eller dyrkingsmedier, eller slam kan injiseres i jordlaget på stedet, om slikt finnes. Det er også brukt 150 tonn/ha tørket slam i Wales med meget godt resultat (Bending, 1995).

Ryaverket i Gøteborg brukte i løpet av ti år før man lagret slammet i nedlagte gruver, mer enn 300.000 m³ avvannet, utråtnet slam tilsatt 200 kg CaO og 400 kg CaCO₃, til revegetering (Balmér, 1988). Slammet ble bl.a. brukt til støyvoller, landskapsutforming og toppdekke på mudderhauger. Tre meter høye slamvoller med et topplag av kompost laget av slam og bark er tilsådd og benyttet til landskapsutforming på golfbaner og skytebaner. 50.000 m³ elvemudder ble tørket i en lagune og tildekket med 90.000 m³ slam. På toppen ble det lagt ut kompost, og området ble tilsådd med gress. Dette området lå bare 200 meter fra et rekreasjonsområde, og det kom noen klager under oppfyltingen av området, men etter tilsåing kom det ikke flere klager.

Så godt som alle prosjekter der det er tilsatt store mengder avløpsslam til ikke-produktivt land, har vist seg å være vellykkede. Vegetasjonen i slike områder har tatt seg kraftig opp etter slamtilsetningen, og vegetasjonen blir mye bedre ved slamtilsetning enn ved tilsetning av torv og kunstgjødsel. Dette har sammenheng med at organisk stoff i slammet bidrar til å bedre jordstrukturen og bedre jordas evne til å holde på fuktighet. Slammet inneholder også en del organisk bundet nitrogen som blir frigitt til plantenæring over flere år ved hjelp av en langsomtgående mineraliseringsprosess i jorda.

Som følge av dette blir det i liten grad vasket ut nitrogen og tungmetaller gjennom regn- og infiltrasjonsvann. Flere forsøk viser sogar at slamtilsetning reduserer utvaskingen av disse stoffene fra områder med dårlig plantevekst før slamtilsetningen (Sopper, 1988, Sopper, 1989), og at infiltrasjons- og grunnvannet er bakteriefritt og nesten har drikkevannskvalitet. Ved utlegging av avvannet slam eller kompost blir normalt nitratkonsentrasjonene i infiltrasjonsvannet under 10 mg NO₃-N/l (krav til drikkevannskvalitet), men ved utlegging av uavvannet slam er det rapportert opptil 34 mg/l i de par første månedene etter slamtilsetningen. Det er mye mer jordbakterier og sopp (som er positive for jordomsetningen) i områder som har fått tilsatt slam, enn i områder som har fått tilsatt torv og kunstgjødsel. Det er heller ikke funnet tungmetaller i husdyr som har gresset på områder som har fått tilført store slammengder.

Det har vist seg at slammet fremdeles har hatt effekt på ødelagte landområder 18 år etter slamspredningen (Marx, Berry & Kormanik, 1993). Veksten på slike områder med slamtilsetning blir normalt minst dobbelt så stor som på felter med kunstgjødsettilsetning, og trær på områdene er rapportert å ha opptil 10 ganger mer biomasse enn trær på felter med kunstgjødsel etter 25 år. Næringsinnholdet i jorda på slike slamfelter er også betydelig høyere enn på kunstgjødselfelt, der næringen normalt forsvinner etter få år.

På tross av de mange positive forsøkene som er gjort med tilsetning av slam til ikke-produktivt land, er det få steder der man virkelig har brukt slam i stor skala for å tildekke slike områder. Unntaket er i Philadelphia i USA der man bruker 60.000 tonn slamkompost årlig for å restaurere 450 ha gruveområder i nærheten av byen. Som en følge av dette ble Philadelphia den første byen i USA som sluttet å dumpe slam i havet. I South Wales i Storbritannia har British Coal Opencast inngått samarbeid med Welsh Water og Wessex Water for å kunne restaurere gamle kullgruveområder med avløpsslam.

Årsakene til at man i liten grad har benyttet slam til restaurering av ikke-produktivt land, er en skepsis til bruk av slam både fra gruveselskaperenes side og fra allmennheten. Dessuten ligger slike ikke-produktive landområder ofte langt fra nærmeste renseanlegg, slik at transportkostnadene blir store. Det er som regel ikke kontinuerlig tilgang på slike områder de fleste steder, slik at man i liten grad kan satse på slik slamanvendelse som et hovedalternativ for slamdisponeringen. Det kan likevel lønne seg å undersøke om det finnes slike områder i nærheten av renseanlegget, og prøve å få til en avtale med eierne om revegetering med slam.

2.2 Bruk av slam på innarbeidingsområder

I Aalborg har man lagt ut store mengder avvannet råslam som pløyes ned i jorda på et 12 ha stort område nær hovedrenseanlegget siden 1982. I Malmø har man siden 1991 hatt et 3 ha stort innarbeidingsområde for anaerobt stabilisert, avvannet slam der man har fulgt nøye opp med analyser av jordsmonn, grunnvann og planter. Det er svært lite utlekking fra innarbeidingsområder, og denne slamdisponeringsmetoden kan være økonomisk gunstig enkelte steder.

Innarbeidingsområder kan defineres som områder der slam blir blandet inn i jordsmonnet i store mengder. Dette er vanligvis bare en deponeringsmetode for slammet, og det dyrkes vanligvis ikke annet enn gress på slike områder. Imidlertid er det også en mulighet å skave av maljordlaget fra slike områder etter noen år, og bruke dette som andre dyrkingsmedier til grøntområder o.l. Innarbeidingsområdet kan da karakteriseres som en "sludge farm" eller slamgård. Innarbeidingsområdet blir da en slags langtidslagring av slammet, som vil gi et stabilisert og bakteriefritt slam etter flere års lagring.

Et ideelt innarbeidingsområde har følgende egenskaper (VAV, 1989):

- Avstanden til renseanlegget er kort, og tilfartsveiene bra.
- Grunnvannsnivået ligger lavt eller beskyttes av ugjennomtrengelig leire eller fjell.
- Avstanden til følsomme overflateresipienter, grunnvannsmagasiner og bosteder er akseptabel.
- Området bør være flatt.
- Jorden bør ha tilstrekkelig vanngjennomtrengelighet, høy ionebyttekapasitet samt pH over 6,5 (sannsynligvis må det kalkes med jevne mellomrom).
- Området bør ligge i rimelig nærhet av en spillvannsledning, slik at overflatevannet fra området kan dreneres til et renseanlegg.

Aalborg kommune har i årene 1982-87 lagt ut ca. 1.340 tonn TS/ha-år delvis stabilisert, avvannet slam fra Renseanlæg Øst på et 12 ha stort innarbeidingsområde (Kristensen & Sørensen, 1988). Slammet pløyes ned i jorda og tilsåes med gress, og hver parsell tilsettes slam ca. hvert halvannet år. Det har ikke vært tatt ut jord fra området.

Det har vært gjort årlige undersøkelser for å kartlegge forurensningen fra området. Området består av et postglasielt leire- og gytjelag over sand. Området blir drenert, og det blir tatt prøver av pH, organisk stoff, nitrogen, fosfor, kalsium, natrium, klor og tungmetaller i drene- og grunnvann i området samt av jordsmonnet og avlingen. Etter 12 års slamutlegging på området konstaterer man at det ikke har vært forurensning fra området som følge av slamdeponeringen. Under 1 meters dybde er det ikke økte næringsstoffkonsentrasjoner, og under 0,5 meters dybde er det ikke økte tungmetallkonsentrasjoner i forhold til kontrollfeltet. Fosfor og tungmetaller fra slammet blir værende i det øverste jordlaget, mens noe nitrogen forsvinner til luften. Det forventes heller ikke å oppstå forurensninger fra området så lenge man samler opp drene- og grunnvannet og renses dette.

I Malmö kommune har man fra 1991 brukt et 3 ha stort område til innarbeiding av 100 og 200 tonn TS/ha-år anaerobt stabilisert og avvannet slam fra Klagshamn renseanlegg (Fådmår, Nilsson & Ohlsson, 1993). Slammet spres to ganger pr. år, og pløyes ned i jorda. Også her er det drenerør som samler opp drene- og grunnvannet fra området, og det er gjort ca. 20.000 enkeltanalyser av næringsstoffer, tungmetaller og organiske miljøgifter i slam, jord, drene- og grunnvann og avling. Av organiske miljøgifter er det analysert på alle 70 stoffene som er med i SIs liste over "Priority pollutants", men bare 20 av disse ble funnet i slammet. Det ble fokusert spesielt på PAH, PCB, toluen, nonylfenol og ftalater (DEHP).

Resultatet av undersøkelsen er at konsentrasjonene av organiske miljøgifter i jord og grunnvann er svært små og ofte neglisjerbare. Etter 2 år er det ikke noen lekkasje til grunnvannet. Det er ikke påvist nonylfenol, PCB, toluen eller DEHP verken i jord, grunnvann eller avling. Det eneste stoffet man tydelig kan påvise i ulike ledd, er PAH, som har en konsentrasjon på ca. 2 mg/kg TS i slammet, 0,1-0,2 mg/kg TS i jorda, mens man som for de andre stoffene ikke finner PAH i grunnvannet eller avlingen. Innholdet av kadmium og kvikksølv i jordas øverste 30 cm har økt til det dobbelte, men under denne sonen (30-60 cm) er ikke innholdet økt. Det er ikke funnet økt innhold i grunnvannet, mens avlingen har tatt opp en mindre mengde kadmium, men ikke kvikksølv. Fosfor bindes i de øverste 30 cm av jorda, mens noe nitrogen og klorid lekker til grunnvannet.

Avlingen som er brukt på området, består av hvete, rug, raps og raigrass, og områder med vegetasjonsdekke har en bedre omsetning av næringsstoffer og organiske miljøgifter, samt mindre overflateavrenning og lukt enn felter uten vegetasjon. Jordas bæreegenskaper blir dårligere når så store slammengder spres på et område, og man er ikke sikre på om man kan fortsette spredningen i flere år. Erfaringene til nå tilsier at man bør spre slammet på stubben av forrige års avling og blande den inn i jorda med dyptgående pinneredskap. Deretter bør man pløye og bearbeide med fres e.l., før tilsåing. Erfaringene tilsier at innarbeiding kan være en økonomisk realistisk slambehandlingsmetode, spesielt hvis man senere kan bruke jorda fra området til golfbaner, grøntområder og ikke-produktive områder.

Det er også mulig å dyrke nyttevekster på innarbeidingsområder, selv om dette er mindre vanlig. I Springfield, Illinois, har man hvert år spredt 14 tonn TS/ha med stabilisert slam over et 47 ha stort innarbeidingsområde, og maisproduksjonen på dette området er 42% større enn på et kontrollområde (Sewell, 1982). Nitratnivået i grunnvannet i området har økt i årene med slamtilsetning, men overholder fremdeles drikkevannsstandarden (10 mg/l). I Fort Collins, Colorado, er det laget en 15 ha stor Resource Recovery Farm hvor uavvannet, stabilisert slam injiseres i grunnen (Houck, 1987). Grunnvannet holdes innenfor området ved et sinnrikt kanalsystem, og det dyrkes mais til dyrefôr på stedet. Slamtilsetningen styres etter nitratkonsentrasjonen i grunnvannet, slik at denne holdes under drikkevannsstandard. Mineraliseringen av nitrogen i jordmonnet går raskere enn antatt, og dette gjør det nødvendig å begrense slamtilsetningen eller avvanne slammet før tilsetning.

2.3 Bruk av slam i skogbruket

I USA, Canada og Storbritannia brukes en del både uavvannet og avvannet slam i skogbruket, og det er utgitt veiledere for bruken. Det har også vært gjort positive forsøk med bruk av stabilisert slam i treplantasjer i USA og Canada, og i energiskogproduksjon bl.a. i Danmark og Sverige.

2.3.1 Bruk i vanlig skogbruk

Slamspredning kan øke veksten ved nyplantning i skog og på treplantasjer. Også i etablert skog har slam en positiv virkning for treveksten, men slamspredning vil også forringe rekreasjonsverdien av skogen. Det bør ikke spres mer slam enn at grunnvannet i området overholder drikkevannskrav for nitrat.

De landene som i første rekke har arbeidet med bruk av slam i skogbruket, er USA, Canada og Storbritannia. I disse landene er det gjort mange forsøk med bruk av slam i skogbruket, og det er også laget veiledere for dette både i USA og Storbritannia.

En samlerapport som tar for seg mange forsøk med tilførsel av slam til skogområder i USA (Marx et.al., 1993), konkluderer med at slamspredning kan øke veksten ved nyplantning i skog og på treplantasjer. Ved å bruke slam i skogbruket istedenfor i jordbruket, blir uheldige stoffer i slammet holdt utenfor næringskjeden. Det er gjort svært mange forsøk med slamtilsetning til skog over hele USA, og disse viser gjennomgående at slamtilsetning øker veksten av både trær og undervegetasjon. Vekst av gress og busker kan enkelte steder bli så stor at det hindrer veksten av små trær, slik at det er nødvendig å rydde denne i etableringsfasen. Det er også rapportert at slamtilsetning kan føre til mindre sykdommer på trærne. Næringsstoffene i jorda beholdes i opptil 18 år etter slamspredningen, mens man på tilsvarende felter med kunstgjødsel taper næringsstoffene etter få år. Det er også rapportert at trekvaliteten ikke forringes av økt vekst, selv om egenvekten kan gå noe ned.

I Storbritannia har man funnet ut at 11% av slammet kan brukes i skogbruket om man transporterer det maksimalt 32 km. I staten New York i USA har man funnet at det er store nok skogområder til å kunne nytte alt slammet fra staten, selv om slammet spres i så små mengder at grunnvannet i området til enhver tid holder drikkevannskvalitet. Man har laget en matematisk modell for hvor mye slam som kan tilsettes uten at grunnvannet får mer enn 10 mg/l $\text{NO}_3\text{-N}$ etter slamspredning. Ifølge denne modellen kan det ikke tilsettes mer enn 1,4-2,7 tonn TS/ha·år (70-135 kg N/ha·år) for å være sikker på at grunnvannet til enhver tid oppfyller dette kravet (Haith et. al., 1992). Det er imidlertid vanlig å spre opptil 100-200 tonn TS/ha·år.

Ulempene med bruk av slam i skogbruket er i første rekke at rekreasjonsverdien av skogsområdene blir forringet, og at det kan oppstå nitratlekkasje til grunnvannet ved for stort slamforbruk. Store mengder slam med mye tungmetaller kan føre til utlekking fra området, men undersøkelser viser at tungmetallene bindes godt i jordsmonnet så lenge pH ikke blir for lav.

Den engelske Forestry Commission (Wolstenholme et. al., 1992) fastslår at forskning har vist at man ved slamtilsetning får minst like god vekst som ved kunstgjødsettilsetning, og at man i enkelte tilfeller slipper å benytte plantevernmidler for å holde lyng borte fra feltene med furu. Slammet virker som et jordforbedringsmiddel som tilfører næringsstoffer, forlenger vannets oppholdstid, øker penetrerbarheten for trerøttene, og bedrer jordstrukturen.

Mest aktuelt er det å bruke slam på lyngheider, jernholdig jord og sandjord, mens leirbunn, dyp torv eller tynne såler egner seg mindre bra. Alle treslag hvor manglet på næringsstoffer i jordsmonnet er begrensende for veksten, vil ha godt av slamtilsetning, men foreløpig er det sitkagran, alminnelig furu, corsicansk furu, bøk, or og poppel som har vært forsøkt med gode resultater.

Forestry Commission anbefaler at man ikke tilsetter mer enn 1000 kg N/ha i løpet av etableringsfasen, og opptil like mye i trefasen (etter ca. 25 år). Det bør ikke tilsettes mer enn 200 m³/ha uavvannet slam eller 50 tonn avvannet slam/ha hvert år, hvilket tilsvarer ca. 400 kg N/ha. I trefasen bør det gå minst tre år mellom hver slamtilsetning. Det kan brukes uavvannet eller avvannet slam i etableringsfasen, mens uavvannet slam er mest hensiktsmessig etter at trær er etablert i området.

Følgende momenter er av betydning for valg av område hvor slam kan spres:

- Fare for vannforurensning (avhengig av terrengforhold, geologi, avstand til vannkilder, spesielt drikkevann, jordtype, grad av vegetasjonsdekke, og vegetasjonstype.
- Verneverdi av skogen
- Avstand til naboer
- Rekreasjons-/sportsbruk av skogen
- Tilgjengelighet for spredningsutstyret
- Avstand til nærmeste renseanlegg som kan levere slam

Helningen på områder som tilføres slam i Storbritannia bør ikke være større enn 25°, eller 15° etter pløying. I USA har man satt grensen til 8% helning for uavvannet slam (<20% TS), og 15% for avvannet slam (Haith et.al., 1992). Spredning av slam i skogområder vil ofte føre til større vekst av gress og ugress på bekostning av andre planter som kan være verneverdige (Wolstenholme et. al., 1992). Man bør bruke stabilisert slam i områder som ligger i nærheten av boligområder eller områder som brukes til rekreasjon og sport. Det bør ikke tilsettes mer slam enn at maksimale tungmetallverdier ligger under kravet i US Sludge Regulations 1989.

I USA kan det ikke spres slam nærmere skogsbilveier og viltbiotoper enn 20 meter, eller nærmere enn 50 meter fra en brønn eller annen vannkilde (Haith et.al., 1992). Slammet bør spres i vekstsesongen, og aldri på snødekt eller frosset grunn. Slam må ikke tilføres i regnvær, om kraftig regnvær er meldt eller om grunnen er vannmettet eller nær vannmettet. I USA må grunnvannsnivået i området til enhver tid stå minst 60 cm under terrengnivå. Heller ikke i sterk vind bør det spres slam. På avskogede områder bør slammet spres minst en uke før man kultiverer jordbunnen.

Uavvannet slam kan spres med traktor med tankvogn på avskogede områder. Irrigasjonskanoner kan brukes til spredningen, mens Forestry Commission ikke anbefaler injeksjon av slam (Wolstenholme et. al., 1992). Et senere paper (Bending, 1995) viser til svært gode erfaringer med slaminjeksjon i jordsmonnet. Avvannet slam kan spres med gjødselspreder. Det er viktig å ta hensyn til at ikke skogbunn og røtter ødelegges av tungt utstyr ved spredningen.

Man bør sette opp skilt ved de vanligste adkomstene til skogen om at det er brukt slam til gjødsling av skogen. Slamspredningsområdet må merkes med plastbånd og skilt som viser at her er det spredt slam, og som ber folk om å ikke gå inn i området. Skiltene og plastbåndene tas ned etter tre måneder dersom det er brukt stabilisert slam, og etter seks måneder dersom det er spredt ustabilisert slam. Undersøkelser har vist at fekale bakterier i

Åpent hedelandskap tilsatt ustabilisert slam går ned til normalt bakgrunnsnivå i løpet av tre uker. I en etablert skog går bakterienivået ned til nær normalt bakgrunnsnivå i løpet av tre måneder etter spredning av uavvannet og ustabilisert slam (Wolstenholme et. al., 1992).

Det må tas prøver av tørrstoff, organisk stoff, pH, total nitrogen, ammonium, fosfor og tungmetaller i slammet som brukes. Det bør tas prøver av eventuelt overflatevann i nærheten av spredearealet før og etter spredning. Jordprøver tas før første slamtilsetning, og hvert tiende år under slamspredningsperioden. Det måles pH og tungmetaller i en blandprøve av flere stikkprøver fra de øverste 15 cm av jorda.

Et spesielt forsøk ble gjort i Canada hvor slam ble spredt i store mengder (opptil 160 tonn TS anaerobt stabilisert slam/ha) under høyspennledninger for å øke produksjonen av gress og buskvekster på bekostning av trær (Grenier & Couillard, 1990). På denne måten ville man prøve å redusere behovet for å beskjære trær under ledningene. Det viste seg også at opptil 100% av trær mindre enn 10 cm døde som følge av slamspredningen, men at trær som var høyere enn 100 cm i liten grad ble ødelagt av slamspredningen. Tvert imot vokste trær som overlevde spredningen mer enn i kontrollfeltene. Slam med ca. 10% TS ga større dødelighet for trær enn slam med 2% TS, og dette skyldes muligens mekaniske skader på mindre trær ved slamspredningen. Konklusjonen på undersøkelsen var at den var av for kort varighet (en vekstsesong) til at man kunne trekke sikre konklusjoner.

2.3.2 Bruk i treplantasjer

Stabilisert slam egner seg meget bra som gjødsel til frøplanter, selv om enkelte forsøk viser dårligere resultater enn andre. I Danmark dyrker man piletrær til energiskog med tilsetning av fortykket slam.

I Quebec, Canada prøvde man tilførsel av uavvannet, anaerobt stabilisert slam til frøplanter av lerketrær i sandjord på et gartneri (Couillard & Grenier, 1989). Det ble tilsatt fra 0,6 tonn TS/ha til 10,9 tonn TS/ha tilsvarende fra 25 til 450 kg N/ha. Etter fem måneders vekst viste samtlige slamfelt større vekst enn kontrollfeltet som var uten noen tilførsel av næringsstoffer. Størst slammengde ga størst vekst: 3,5 ganger større høyde, 2,1 ganger større diameter og 11,4 ganger større biomasse enn i kontrollfeltet, mens selv beskjedne slammengde ga tydelige vekstforbedringer. Konklusjonen var at slam egner seg meget bra til gjødsling av frøplanter, og at det ikke var noen veksthemmende stoffer i stabilisert slam som hindret treveksten.

På samme sted sådde man frø fra tresorten tamarack (*Larix laricina*) i sandjord tilsatt forskjellige mengde anaerobt stabilisert, uavvannet slam (Coillard, 1995-96). I noen forsøk ble slammet spredt på overflaten, og i andre injisert 10 cm ned i grunnen. Antall slamspredninger og tilsatte slammengder varierte mellom forsøksfeltene. Total nitrogentilførsel til trærne med slammet hadde som forventet effekt på veksten av plantene, sammen med antall spredninger. Flere slamspredninger ga bedre resultat enn en spredning, når de totale nitrogentilførslene var de samme. Slamtilsetning under overflaten var noe bedre enn slamtilsetning på overflaten, men forskjellene var ikke signifikante.

I USA dekker treplantasjer et totalt landområde på 3.430 ha, og produserer 2-3 milliarder frøplanter hvert år (Marx et.al., 1993). I Florida ble det tilsatt 136 tonn tørket slam/ha til "slash pine" frøplanter, og disse ble større enn med standard kunstgjødsettilsetning. I Maryland brukte man siktet kompost av slam og kvist for å produsere høykvalitets "hardwood" frøplanter. Seks typer bartrær og to typer popler ble to til tre ganger høyere og produserte to til fem ganger mer biomasse i en blanding av 1 del slam med 3 deler jord, enn i jord alene.

I et annet forsøk med fem forskjellige slamtyper i mengder på 34 og 68 tonn TS/ha på frøplanter av loblolly pine, viste de fleste slamtypene dårligere resultater enn kunstgjødselfeltet (Marx et.al., 1993). Mye av slammet som ble benyttet, hadde ukjent alder, og kan ha vært lagret så lenge at mye av nitrogenet var forsvunnet. Opptaket av kadmium og sink i plantene var omtrent 1% av metallinnholdet i jordsmonnet, og var merkelig nok ikke størst i felter med mest tungmetaller i tilsatt slam.

Bruk av uavvannet slam tilsatt i mengder med nitrogeninnhold tilsvarende inntil 400 kg N/ha er en effektiv gjødsling av "loblolly pine" dyrket i treplantasjer til papirindustri og trevirke (Marx et.al., 1993). Økt produktivitet i skogen går ikke ut over miljøet (vannforurensning) eller kvaliteten på trevirket. Tilsetning av små uavvannede slammengder etter 8 til 10 år og 12 til 14 år for skog til papirproduksjon vil redusere voksetiden for skogen. Tilsetning til ung trevirkesskog (28-års skog) kan foretas hvert 3. til 5. år. Slamtilsetning til skog yngre enn 8 år anbefales ikke fordi trærne får økt konkurranse av annen vegetasjon som hindrer treveksten.

I Skagen i Danmark har man siden 1990 kjørt en vesentlig del av slammet fra kommunens to renseanlegg ut på en energiskogplantasje ved Hjørring (Skøtt, 1997). Slammet spres som fortykket slam i kjøreveier mellom radene med piletrær. 6 m³ slam pr. dekar spres to ganger pr. uke i vekstsesongen, og i vintermånedene mellomlagres slammet. Hvert tredje år blir trærne høstet og brukt som flis til oppvarmingsformål.

2.3.3 Forsøk med energiskogproduksjon i Sverige

I Malmø gjorde man forsøk med energiskogproduksjon i 1980-årene. Konklusjonen fra forsøkene var at slamgjødsling kan gi like bra avling som kunstgjødsling. Noe nitrat og fosfor ble vasket ut til grunnvannet, og det ble også høyere innhold av tungmetaller i grunnvannet.

I Sverige ble det i 1980-årene gjort to forsøksprosjekter med bruk av slam i energiskogproduksjon, begge satt i gang i Malmö. Det ene forsøket på Skabersjö Gods fra 1982 til 1988 undersøkte miljøeffektene og slammets innvirkning på veksten (Hasselgren, 1990), og det andre på Näsbyholms Gods fra 1983 til 1989 var et demonstrasjonsprosjekt for å få praktiske erfaringer med energiskogdyrking (Edafoss, 1990).

Man anså at energiskogproduksjon kunne bli aktuelt på atskillige 100.000 ha landbruksareal i Sverige i dette århundre, og ville undersøke forurensningsvirkninger og produksjonspotensiale ved bruk av avløpsslam som gjødself. I det første prosjektet på Skabersjö Gods ble det etablert to forsøksfelter. Det ene ble gjennomført i liten skala ved renseanlegget i Klagshamn med to Salix-arter (vannpil og rødpil) fra 1982 til 1985, med 5, 10 og 20 tonn TS/ha-år, eller totalt 20, 40 og 80 tonn TS/ha i hele forsøksperioden. I det andre prosjektet ble en annen Salix-art (kurvpil) dyrket på et 750 m² stort område fra 1983 til 1988 med 2,5 og 12,5 tonn TS/ha-år eller totalt 15 og 75 tonn TS/ha. Det ble brukt anaerobt stabilisert og avvannet slam fra Klagshamn renseanlegg i Malmö.

Vannpilbestanden ga en avling på 5 tonn TS stammeved/ha-år på uggjødset mark, 7-8 tonn TS stammeved/ha-år ved gjødsling med 5-10 tonn TS avvannet slam/ha-år, og 18 tonn TS stammeved/ha-år ved våtslamgjødsling med 20 tonn TS/ha-år. Den store forskjellen på avvannet og uavvannet slam skyldtes først og fremst at uavvannet slam har større direkte veksttilgjengelig ammoniuminnhold. Man opplevde ikke samme vekstrespons med slamtilsetning til rødpil, hvilket ble forklart med at dette treslaget ikke liker seg i så store næringskonsentrasjoner eller er mer lavproduktiv enn vannpil.

I storskalaforsøket produserte korgpilbestanden de første tre årene 5 tonn TS stammeved/ha-år uten gjødsling, og 12-13 tonn TS stammeved/ha-år ved slamgjødsling. Den gjødslende bestanden hadde flere produktive skudd og gav en jevnere tilvekst enn kontrollfeltene. På grunn av blant annet manglende vanntilførsel, ble tilveksten i andre vekstperiode (år 4-6) ikke like bra. Man konkluderte likevel med at slamgjødsling kan gi en biomasseproduksjon på nivå med konvensjonelt dyrket energiskog. Slammengder på opptil 20 tonn TS/ha-år kan tillempes uten negative effekter på etableringen og utviklingen av Salix. Energiskogen kan effektivt nyttiggjøre seg tilførte næringsemner fra slammet, og selv så små tilførsler som 3-5 tonn TS/ha-år gir viktige makro- og mikronæringsstoffer bortsett fra kalium, som må tilføres i lengre tidsperspektiv selv med store slammengder.

Man kunne ikke registrere forskjell i tungmetalloptak i trærne mellom slamgjødsling og u gjødsling bestand. Relativt omfattende slamtilførsel kan skje uten at tungmetallinnholdet i trærne når toksiske nivåer. Salix tar opp 5-10 ganger mer metaller fra jorda enn barskog, og opptaket er relativt uavhengig av metallkonsentrasjonene i jorda. Salix vil på grunn av det store metalloptaket kunne brukes til å fjerne tungmetaller ad biologisk vei fra forurensede områder.

pH i jorda ble senket 0,3-0,4 enheter ved slamtilsetning, mens markens organiske innhold og dermed evnen til å holde på vann økte. Fosfor- og nitrogenkonsentrasjonene i de 60 cm av jordsmonnet som ble undersøkt, økte proporsjonalt med slammengdene. Tungmetallene ble bundet til organisk stoff i overflatelaget av jorda. Noe nitrat og fosfor ble vasket ut til grunnvannet gjennom den siltige sanden på stedet, og konsentrasjonene av nitrat i grunnvannet økte fra 0,5 (uten slam) til 12 mg $\text{NO}_3\text{N/l}$ med stigende slamtilførsel, mens konsentrasjonene av fosfor lå på 0,5-1,0 mg P/l, hvilket var 3-6 ganger høyere enn kontrollfeltet. Grunnvannskonsentrasjonene av kobber, bly og kvikksølv ble stort sett fordoblet ved slamtilførselen, mens konsentrasjonene av nikkel, sink og mangan var 3-5 ganger så høye som i kontrollfeltet. Kadmium ble ikke funnet over deteksjonsgrensen (5 ppb).

I det andre prosjektet på Näsbyholms Gods ble et område på ca. 1 ha tilsådd med to Salix-arter (klon 77683 og 77083). Man testet nedskjæring av skudd kontra ikke nedskjæring, samt et mindre forsøk med kjemisk ugressbekjempelse. Det ble sådd 30.000 planter pr. ha. Det ble spredd 5 tonn TS avvannet slam/ha før utplantning og etter første avling (etter 3 år). Det ble også spredd 200 kg kalium/ha som kalisalt før tilplantning, og 800 kg kalksalpeter/ha 2. og 4. året etter beplantning. Det ble produsert drøyt 8 tonn TS stammeved/ha-år (variasjon fra 7 til 9), og dette blir ikke sett på som spesielt bra. De klonene som ble brukt i forsøket, har siden blitt utkonkurrert av andre. Beskjæring av skuddene er verken økonomisk eller biologisk forsvarlig, ettersom stammevedproduksjonen gikk ned ved beskjæring. Ugressbekjempelse blir normalt utført de første to årene. Ytterligere ugressbekjempelse etter første avling (etter tre år) ga bedre vekst i andre avling (etter seks år).

2.4 Bruk av slam i hagebruk og i dyrkingsmedier

I USA lages det store mengder dyrkingsmedium av kompostert slam, og også i Canada og Storbritannia brukes mye slam i dyrkingsmedier. Slam egner seg også til dyrking av pryddplanter når slamjorda først vaskes med rent vann for å vaske ut metallioner.

I noen land har man satset en del på kompostering eller tørking av slam for bruk i dyrkingsmedier som kan selges på det private markedet. Både i Europa og Nord-Amerika er det blitt mindre akseptabelt å ta ut store mengder torv fra myrer for å lage

dyrkingsmedium, fordi det begynner å bli få slike myrer igjen, og fordi man ødelegger verdifulle naturområder på denne måten. Bruk av kommunalt avløpsslam istedenfor eller i tillegg til torv i dyrkingsmedier gir i mange tilfeller mye bedre produkter enn torvproduktene som er i salg i dag. Problemet er at myndigheter i mange land legger store restriksjoner på hva slike slamblandinger kan brukes til, og hva som skal til for å kunne selge dem.

I Nederland lagte man i 1988 "black soil" av 32 % av det kommunale slamm, og dette produktet som var en blanding av avvannet, stabilisert slam og sand, torv, halm o.l., kunne da omsettes fritt innen jordbruk, hagebruk, grøntområder osv. når det overholdt kravet til maksimalt tungmetallinnhold for slike produkter (Dirkzwager, 1991). På grunn av for mye tungmetaller i jorda i Nederland, har man nå satt så strenge begrensinger på hvor mye slam som kan tilføres landbruket, at denne disponeringsmuligheten er så godt som forsvunnet. De samme strenge kravene har man satt til "black soil", og i nærmeste fremtid vil ikke "black soil" bli tillatt i det hele tatt i Nederland (Matthews, 1996).

I USA har man gått motsatt vei og oppmuntret til resirkulering av slam til landområder. Kompostering av slam er blitt en storindustri, og dyrkingsmedier med slam selges i stor skala. Det er ca. 130 komposteringsanlegg i USA, og salget av kompost går stort sett meget bra (Water Environment Federation, 1994). Montgomery County Composting Facility har levert kompost til plenene utenfor Det hvite hus, og selger også kompost til publikum. I Lockport, New York, har man et reaktorkomposteringsanlegg som behandler 55 tonn avvannet slam pr. døgn.

I Maine er det 13 slamkomposteringsanlegg som selger 53.000 m³ kompost årlig til en pris mellom \$1,70 og \$8,40 pr. m³ (Matthews, 1996). I Philadelphia legger man ut slamkompost på spesielle steder i byen hvor de som ønsker å benytte seg av denne gratis jorda, kan hente den selv, og tiltaket er mektig populært blant hageeiere og mindre anleggsgartnere. The Hampton Roads Sanitary District i Virginia selger 17-21.000 m³ Nutri-Green kompost årlig til entreprenører, hagesentre og publikum i bulk eller 20 kg sekker for mellom \$6,70 og \$12,50 pr. m³. Seattle leverer slam til et privat firma som komposterer og selger 10% av slamm fra regionen. Boston by har satset på et tørkeanlegg for slam som behandler alt slamm fra byen og 42 kommuner i nærheten (Hasback, 1991). I New York City tar et tørkeanlegg som drives av JWP Enviro-Gro Technologies imot nesten halvparten av byens slam og markedsfører det som handelsgjødsel (planlagt ferdig i 1993).

I Canada markedsfører Berlie Technologies 4.500 tonn/år tørket slam fra to kommunale renseanlegg som Triple-R organic fertilizer. (Gies, 1995). Mesteparten av produktet er solgt til industrien som lager jord- og gjødselprodukter til plener, hager og gartnerier.

I England fant Liverpool University i en undersøkelse på Stockley Park Heathrow at avløpsslam ga bedre vekst for et bredt utvalg av busker, trær, planter og gress enn andre organiske tilsetninger (Panter & Hawkins, 1990). Som et resultat av disse forsøkene brukte man 90.000 m³ avvannet slam tørket i hauger til å lage jord til en golfbane og parkarealer i området. Den beste måten å lage et slikt jordprodukt på, er å blande tørt avløpsslam med siktet jord. Dette ble gjort i Harefield, Middlesex, og et gressdekke ble raskt etablert på området.

Som en følge av disse gode resultatene bestemte Thamesgro Land Management Ltd. seg for å satse på å selge dyrkingsmedium (vekstjord) med slam. Markedet i Londonområdet ble anslått til 400.000 m³ pr. år, og i 1989 solgte firmaet 100.000 m³ med 1/5 anaerobt stabilisert, avvannet og opptørket slam (Panter & Hawkins, 1990). På det engelske markedet er det mye dårlige dyrkingsmedier, og bare ca. 5% oppfyller kravene som stilles til landskapsformål. Mange anleggsgartnere klager også over problemene de får med manglende næringsstoffer, manglende evne til å holde på fuktighet, ugress, for kompakt

jord eller forurensninger i jorda. Thamesgro tilbyr tre forskjellige jordkvaliteter med forskjellig tungmetallinnhold, og legger stor vekt på kvalitetssikring av produktene. Selskapet er vel etablert i markedet, og satser på å bli markedsleder ved hjelp av kvalitetskontroll og volumsalg.

Slamkompost egner seg også til pærer. En studie viste at slik kompost blandet inn i jorda før tilsåing forbedret veksten og fargen på pæren betydelig, og at man i liten grad behøvde å tilsette kalk og kunstgjødsel i flere år etter etableringen. (Grove Teates, 1982).

For å få aksept for produktene hos publikum, er informasjon alfa og omega. Det er derfor svært viktig at publikum vet om eksisterende regelverk på området, kvaliteten på produktet som tilbys, og at bruk er det klart mest bærekraftige alternativet i forhold til deponering eller forbrenning (Logan, 1995). Høykvalitets slamkompost brukt i gartnerier har vist at produksjonskostnadene kan reduseres og gi planter som er likeverdige eller bedre enn de som er dyrket i andre medier (Grove Teates, 1982). Jord er en kostbar innsatsfaktor for gartnerier som dyrker prydplanter, og store mengder slamkompost ville kunne brukes på dette markedet.

US Department of Agriculture har gjort en rekke forsøk med sikket kompostert slam som tilsetning til jord for dyrking av prydplanter (Shanks & Gouin, 1984). Resultatene viser meget gode resultater for lilje, Poinsetta og Chrysanthemum med 1/3 kompost når jorda først blir skyllet med vann for å få bort salter som kunne redusere planteveksten. I England utførte University of London tilsvarende undersøkelse med bruk av 1/3 kompost av slam og halm, 1/3 torv og 1/3 Vermiculite (Lopez-Real et.al., 1989). Også denne jorda ble skyllet først med 4-5 ganger volumet med vann. Konklusjonen var at mediet egner seg meget bra til å dyrke et vidt spekter av planter, og at plantene i stor grad var likeverdige med planter dyrket i torvbasert jord. Slamkomposten hadde større egenvekt, lavere evne til å holde på fuktighet, lavere ionebyttekapasitet, mer oppløste salter og mer næringsstoffer enn torven. Ved å blande med torv og Vermiculite ble plantene generelt bedre enn i vanlige dyrkingsmedier. I tillegg viser litteraturen at slamkompost kan redusere jordbundne plantesykdommer. Det er likevel ofte vanskelig å få profesjonelle gartnere til å bruke slam pga. muligheter for lukt og dårlig reklame dersom jordas opprinnelse skulle oppdages.

2.5 Pyrolyse av slam for å utvinne olje

Det er gjort pilotforsøk i Canada, Australia og Japan med pyrolyse av tørket slam for å utvinne olje. Det første fullskala anlegget for utvinning av olje fra slam vil bli bygget i Perth i Australia i 1997-98.

Ved å forbrenne slam uten tilstedeværelse av oksygen, produseres bl.a. olje som kan brukes som en vanlig dieselolje eller fyringsolje. I 1980-årene har tyske ingeniører gjort betydelige fremskritt i forståelsen av hvordan slam kan omdannes til olje. I Canada oppvarmet man tørket slam til 300 - 350°C i oksygenfri atmosfære i 30 minutter i laboratorieforsøk fra 1985 til 1990 (Campbell, 1990). Forsøkene ga 18-27% olje og 50-60% kull. Laboratorieforsøk utført av Degremont i Frankrike viste at oppvarming til mellom 200 og 300° C ved atmosfæretrykk og tilsats av bitumen og aromatiske oppløsningsmidler, ga olje av 40 til 60% av det organiske stoffet i slammet. Oljens varmeverdi var 35,6 MJ/kg (Milot et.al., 1989).

I Canada og Australia har man gjennomført prøvekjøringer av et 1 tonn/dag pilotanlegg for avvanning, tørking og omdanning av slam til olje (Campbell, 1990). Tørket slam blir oppvarmet til opptil 450°C under atmosfæretrykk i en oksygenfri atmosfære i 20 minutter, og man får et utbytte på 22-46%. Varme verdien i oljen er 33-38 MJ/kg. Mest olje får man fra råslam, og mindre fra utrånet slam, og mest olje fås ved temperaturer mellom 400 og

450°C. I tillegg får man 40-66% kull med varmeverdi mellom 7 og 23 MJ/kg, samt 3-12% gass med varmeverdi mellom 2 og 9 MJ/kg.

Man sammenlignet kostnadene ved å bygge et fullskala oljeutvinningsanlegg med kapasitet 65 tonn/dag med 4 eksisterende canadiske forbrenningsanlegg med kapasitet fra 36 til 67 tonn/dag, og fant at prisen på slambehandlingen ble betydelig lavere ved oljeutvinning (CAD 240/tonn TS mot CAD 350-1040/tonn TS for forbrenningsanleggene). Med en forventet oljepris på CAD 0,30/l, ville kostnadene bli kun CAD 138/tonn TS.

I Japan bygde man et pilotanlegg for oljeutvinning av 500 kg/d avvannet råslam (mekanisk-biologisk slam) ved 270-300°C og 6-12 MPa trykk i 0-60 minutter (Itoh et.al., 1992). Anlegget gikk kontinuerlig i mer enn 700 timer uten problemer. Organisk materiale ble omdannet til 40-53% tungolje. Varme verdien av oljen var 38 MJ/kg. Prosessen ble beregnet til å gi mer energi enn den brukte.

Det første fullskalaanlegget for utvinning av olje fra slam vil bli bygd i Perth i Australia i 1997-98. Kapasiteten på anlegget er 30 tonn TS/døgn, og kontrakten er på \$22 mill. (Water Quality Int., 1997). Slammet blir avvannet til 28% TS og deretter termisk tørket til 95% TS. Det tørkede slammet blir oppvarmet indirekte i fravær av oksygen slik at ca. 50% av slammet fordampes. Dampen blir kondensert ved hjelp av vannspray, og olje blir separert fra vannet i en plateseparator. I en ny reaktor blir oljen igjen fordampet og raffinert til dieselolje som brukes til å produsere elektrisk kraft til drift av renseanlegget og eventuelt til salg. Det blir også bygget en ovn som skal forbrenne kull, gass, oljeholdig vann, ristgods og sand for å varme opp damp til tørkeanlegget for slam. Man regner med å produsere 300 liter olje pr. tonn slam, og dette er nok til å spare \$500.000 pr.år i driftskostnader på anlegget. Anlegget er forventet å være i drift til år 2040 og vil avskrevet over så mange år kunne bli en lønnsom investering.

2.6 Bruk av slam til murstein, sement og betongheller

I Maryland i USA ble det gjort pilotforsøk med bruk av avvannet slam i mursteinproduksjon i 1980-årene. I Port Elizabeth i Sør-Afrika produseres det murstein med slamtilsetning i kommersiell skala. I Singapore er det gjort flere forsøk med tilsetning av slam til bygningsmaterialer, mens man i Nagoya i Japan bruker aske fra slamforbrenningsanlegg til å produsere permeable betongheller.

I USA brukes det ca. 100 milliarder murstein pr. år (Alleman, 1987). Hvis man kunne tilsette 300 g avvannet slam med 25% tørrstoff til hver murstein, vill man kunne bruke 750.000 tonn TS/år til dette formålet. Dette tilsier at ca. 25% av slammet i USA kunne brukes til mursteinsproduksjon. I løpet av 1980-årene gjorde Maryland Clay Products i Beltsville, Maryland, forsøk i pilotskala og fullskala med tilsetning av avvannet slam til leiren som ble brukt til å produsere murstein. Mursteinene brennes i ovner ved opptil 1.000°C, slik at alt organisk stoff blir forbrent.

I pilotskala ble det prøvd mellom 16 og 50% tilsats av slam, og mursteinen hadde samme utseende, overflate og lukt som de normale steinene. Med mindre enn 30% slamtilsetning overholdt også mursteinene kravene i de amerikanske tekniske standarder. Mursteinene hadde bedre vannabsorpsjon enn normale murstein, og veide 15% mindre ved 30% slamtilsetning. Det ble prøvd flere slamtyper, og fargen på steinene varierte med fellingskjemikalietypen som var brukt på renseanlegget. Jernfelt slam ga en dyp, rød farge, mens kalkfelt slam ga et kremaktig overflateskum på steinene.

Det ble produsert ca. 50.000 murstein med slamtilsetning, og steinene ble markedsført som "Bio Bricks". I Washington ble ytterligere 500.000 murstein laget av 120 tonn avvannet slam (Hasback, 1991). Flere bygninger og andre byggverk (f.eks. gangveier og avløpsledninger) ble bygd av steinene. Problemet med denne måten å benytte slam på, er at det ofte er vanskelig å samordne mursteinsproduksjonen og slamproduksjonen. I Washington kunne bare en liten del av slammet brukes til mursteinproduksjon. Aske fra en forbrenningsovn nær San Francisco blir imidlertid brukt i mursteinproduksjon med godt resultat, og det blir billigere enn å deponere asken.

En undersøkelse i USA (Alleman et.al., 1990) viste at de fleste tungmetallene (utenom kvikksølv) ble bundet helt til mursteinene og ble ikke spredt med avgassene fra tørkeovnene. Mursteinene overholdt også de amerikanske kravene til fiksering av tungmetaller i steinene ved syretilsetning.

I Port Elizabeth i Sør-Afrika har man i flere år brukt avvannet avløpslam til å lage murstein i kommersiell skala (Slim & Wakefield, 1990). Slammet er først våtoksidert ved 168°C og 2,2 MPa trykk, og deretter avvannet til ca. 35% TS. Opptil 30% slam kan brukes ved mursteinsproduksjonen uten problemer, og slamtilsetningen fører også til at man sparer olje til fyring ettersom slammet i steinene forbrenner og utvikler varme. Slam ble også prøvd som direkte varmemedium, men dette førte til problemer med for mye aske i ovn og pipe, og ble forlatt. Fra 1983 av ble alt slammet fra Fishwater Flats Water Reclamation Works brukt til mursteinsproduksjon. Man bruker 30% slam i vanlige murstein, og 5 og 8% i fasademurstein. Det produseres 27 millioner murstein pr. år.

Tilsetning av slam til mursteinene førte til lukt av brent organisk stoff i området rundt fabrikkene, og avleiringer av slam i pipen førte til gjentatte pipebranner. Det ble derfor installert en slamfyrte etterbrenner for avgassene fra ovnen, som varmet opp avgassene til 700 til 750°C. Dette reduserte lukten og utslippene fra pipen betraktelig.

I Singapore gjorde man forsøk med tørket slam som ble blandet med leire og knust før man laget murstein ved å brenne steinene ved 1.080°C i ca. 24 timer (Matthews, 1996). Opptil 40% tørket slam kunne brukes i mursteinene, men overflaten av steinene var ujevn pga. at slampartiklene var brent vekk. Det ble også prøvd å bruke aske fra et slamforbrenningsanlegg, og inntil 50% aske kunne brukes i slik murstein. Steinene laget med aske hadde bedre styrke enn steinene laget med tørket slam. Ved opptil 10% aske var steinenes styrke like god som for normal murstein.

I Singapore gjorde man også forsøk med tilsetning av 10-40% anaerobt stabilisert og avvannet slam til rødleire for å produsere lettvektsaggregater ved 1.050 til 1.080°C i mursteinsovner (Tay & Show, 1992). Aggregatene (<20 mm) ble brukt som grovmateriale sammen med sand og Portlandsement i 100 mm lettbetongkuber. Egenvekten på lettbetongen lå på ca. 640 kg/m³, hvilket tilfredsstiller kravene til lettbetong (<880 kg/m³). Slamtilsetningen gir høyere porevolum som igjen gir bedre isoleringsevne og bedre brannmotstand enn standard lettbetong. Også kravene til 7-døgns og 28-døgns styrke ble oppfylt for samtlige prøver.

Tay & Show (1992) undersøkte også om anaerobt stabilisert og avvannet slam kunne brukes i sementproduksjon. Ovnstørket slam ble blandet med kalksteinspulver i forskjellige blandinger og malt. Deretter ble det brent ved forskjellige temperaturer i fra 1/2 til 6 timer. Sement med 50% slam brent ved 1.000°C ga det beste resultatet. Denne sementen har noe for høyt innhold av SiO₂ og litt for lavt innhold av SO₃ i forhold til standardkrav til sement. Pozzolaniaktiviteten i slamsementen er også lavere enn kravene i standarden ASTM C618. Bare sementen laget av slam som er brent i 4 timer overholder kravene til

28-døgns fasthet etter ASTM C91 for Masonry Cement. Det gjenstår mer arbeid før man kan si om slam egner seg som bestanddel i sement.

En annen mulighet som ble uttestet i Singapore, var om pulverisert aske fra slamforbrenningsanlegg kunne brukes som fyllstoff i betong (Matthews, 1996). Tilsetning av opptil 40% aske hadde ingen innflytelse på segresjon, svinn eller vannabsorpsjon i betongen. Betongen var lettere å arbeide med som følge av at noe av sementen var byttet med aske. Tørketiden var lenger med aske, men innenfor kravene i British Standard BS12. Foreløpig har ingen av forsøkene i Singapore ført til at man har laget fullskala anlegg.

I Nagoya i Japan har man siden 1988 brukt en del av asken fra byens slamforbrenningsanlegg til å lage permeable betonghellere (Kamata, 1990). Aske, sand og leire i forholdet 3:6:1 er sammen med polymerer mikset, tørket og presset ved et trykk på 100 kp/cm². Deretter blir produktet brent ved 1.100°C i en tunnelovn. Betonghellene er uten fargetilsetning rødbrune og ser omtrent ut som vanlige murstein. De blir imidlertid produsert i fem farger: mørkegrå, lysegrå, hvit, grønn og beige. Styrken på hellene er 100-150 kp/cm². Permeabiliteten i de ferdige hellene er større enn 0,01 cm/sek, hvilket er kravet til permeable materialer. Betonghellene brukes derfor til å lage fortau som slipper gjennom regn og snø uten at overflaten blir glatt, eller at det dannes sølepytter. Porene i hellene tettes imidlertid igjen, men kan spyles opp med vann under høyt trykk.

2.7 Bruk av slam som brennstoff i sementovner, asfaltverk og kullkraftverk

Slam kan brukes som brennstoff i sementovner, asfaltverk og brunkullkraftverk.

I Sveits blir tørket slam brukt som brennstoff i sementovner (Steiner, 1990). Dette var i 1990 også under utprøving i Bayern. I et fullskalaanlegg i Föhrste/Alfeld i Bayern ble tørket slam også prøvd som brennstoff i asfaltverk, for å undersøke utslipp av dioksiner og andre skadestoffer. Det er også vist i Nordrhein-Westfalen at en tilsats på 2-3% slam til brunkull kan brukes uten problemer i brunkullkraftverk. Dette tilsvarer ca. 100.000 tonn TS/år i brunkullkraftverk i Tyskland (Schenkel & Butzkamm-Erker, 1990). Imidlertid er det lite som tyder på at man på kort sikt vil bruke store slammengder i slike forbrenningsprosesser.

2.8 Utvinning av proteiner, vitaminer, metaller, fosfor, fellingsskjemikalier, karbonkilde osv. fra slammet

Det mest interessante så langt å ekstrahere fra slammet, er fosfor, fellingsskjemikalier og karbonkilde til denitrifikasjon.

Det er mulig å ekstrahere mange stoffer fra slammet. Det synes imidlertid ikke som om slik utvinning av nyttige stoffer fra slammet er særlig utbredt. Dette skyldes antakelig at det er kostbart å bruke slammet til slike formål, og at slammengdene i liten grad blir redusert. Det er imidlertid mulig å utvinne f.eks. fosfor fra slammet, og dette vil man etter hvert forsøke på slambehandlingsanlegget i Helsingborg der Kemira og Alfa Laval driver forsøk med hydrolyse av slam. Resirkulering av fellingsskjemikalier er en annen mulighet som er i bruk, bl.a. på HIAS i Hamar og i Helsingborg. Det er også mulig å bruke hydrolysert slam som karbonkilde, og også dette vil man forsøke etter hvert på HIAS og i Helsingborg.

3 Erfaringer med forsøk i Norge

Det er etter hvert gjort mange erfaringer med bruk av slam utenom jordbruket, og mange kommuner, anleggsgartnere og veikontorer bruker nå slam i dyrkingsmedier.

3.1 Bruk av slam til revegetering av ikke-produktive områder

Det er gjort noen få forsøk med revegetering av uproduktive områder i Norge. Det mest kjente er Dueknipen-prosjektet i Kristiansand. Det er også brukt noe slam til revegetering av nedlagte massetak i Oslo-området og Kristiansand.

3.1.1 Dueknipen-prosjektet

I Kristiansand ble et parkområde som var ødelagt av industrirøyk revegetert ved hjelp av kompostert kalkfelt slam. Gressetableringen ble meget vellykket, men treplantingen ble mindre vellykket på grunn av sterk gressvekst. Det ble målt noe mer organisk stoff, nitrogen, nikkel, kobolt, sink og mangan i avrenningsvannet fra området etter slamutleggingen.

Det er såvidt oss bekjent bare rapportert fra ett prosjekt med revegetering av ikke-produktivt land i Norge: Dueknipenprosjektet i Kristiansand der kompostert slam fra Holskogen komposteringsplass ble brukt til å gresskle et friluftsområde som var ødelagt av SO_2 - og tungmetallutslipp fra Falconbridge Nikkelverk (Andersen, 1990, Eik, 1992). Utleggingen av slamkompost på ca. 4 daa ble gjort i august 1989. På ett felt ble det bare lagt ut slamkompost, mens det på et annet felt ble kalket og gjødslet før komposten ble lagt ut. På et tredje felt ble det bare kalket og gjødslet.

Slamdekket areal ble umiddelbart tilsådd med en gressblanding. Tre uker senere var hele arealet irrgro. Neste sesong vokste det imidlertid mye ugress på feltene, og dette medførte merarbeid med å holde vegetasjonen nede. I juni 1990 plantet skolebarn ca. 600 toårige pluggplanter (treplanter som har vokst i pottar i 2 år), vesentlig furu og gran, men også noe lerk. Etter plantingen kom en tørkeperiode på ca. 2 måneder. Treplantene ble helt overgrodd med gress, og uten tilgang på lys og luft til treplantene var det mange av dem som døde.

Det ble målt innhold av organisk stoff, næringsstoffer og tungmetaller i avrenningsvannet fra området. Det var noe mer organisk stoff i avrenningsvannet mellom utlegging og etablering av gressdekke, men deretter var nivået som før slamspredningen. Nitrogeninnholdet steg også noe like etter kompostutleggingen, men det var aldri mer enn 10 mg $\text{NO}_3\text{-N/l}$ i avrenningsvannet. Det ble ikke registrert høye fosforkonsentrasjoner etter kompostutleggingen.

Slamkomposten som ble brukt, inneholdt lite tungmetaller i forhold til jordsmonnet på stedet. Dette er vist i tabell 3.1.

Tabell 3.1 Innhold av tungmetaller i slamkomposten (mg/kg TS) sammenlignet med jordsmonnet på stedet (middelverdier).

Tungmetall	Slamkompost (middel)	Jordsmonn (middel)
Kadmium	0,5	39
Bly	22	127
Kvikksølv	1,7	0,5
Nikkel	37	2.432
Sink	286	28
Kobber	94	1.256
Krom	18	6,0
Mangan	129	31
Kobolt	4,0	45

Det ble målt noe mer nikkel, kobolt, sink og mangan i avrenningsvannet fra området etter slamutleggingen, mens det ikke var økning i konsentrasjonene av kadmium, bly, kvikksølv, kobber og krom. Økningen i sink- og mangankonsentrasjonene var moderate, og konsentrasjonene lå under grenseverdiene for drikkevannskvalitet. Nikkelinnholdet ble fordoblet til 200 µg Ni/l (<25 µg Ni/l i upåvirket drikkevann), mens koboltinnholdet økte 5 ganger til 20 µg Co/l (<1 µg Co/l i upåvirket drikkevann). Resultatene indikerer at tungmetallene er sterkt bundet i det organiske materialet i slamkomposten. Det var lite tarmbakterier i komposten som ble lagt ut (60 termotolerante koliforme bakterier pr. g og ingen Salmonella), og det høyeste bakterieinnholdet i avrenningsvannet ble målt 70 dager før kompostutlegging.

Landskapsarkitekt Kjellaug Eik (Eik, 1992) foreslår at det tas et initiativ til vitenskapelig utprøving og undersøkelser av artsvalg for plantebruk på slamkompost av ulike typer. Opplegget bør vinkles mot systematisk utlegging og oppfølging av prøvefelt i konkrete anlegg.

Eik mener at avløpsslam med fordel kan brukes på følgende grøntområder:

- Jordforbedringsmiddel for friområder som er næringsfattige, sure eller har skrint jorddekke.
- Røvegetering av steintipper fra kraftverksutbygging eller andre større tekniske inngrep.
- Reparasjonsarbeider på veiskråninger, industriarealer, fjellskjæringar etc.
- Gressarealer for trafikkanlegg.
- Dekking av akebakke/skibakke/alpinanlegg.
- Gressdekke for perifere parkanlegg/grøntanlegg som ikke er oppholds- og lekearealer med intensiv bruk.

Produktkrav/garanti:

- Luktfri
- Fri for søppel, store partikler som barkbiter og trefliser og uomsettbare gjenstander som plast, jern, metaller etc.
- Fri for olje, kvikksølv etc.
- Jordstruktur som matjord, tørr og lett å bearbeide.

- Avsluttet gjæringsprosess, uten varmeutvikling.
- Må kunne holde på fuktighet.
- Må ha næringsinnhold og pH tilpasset plantevekst.

Arealkrav:

- Tilgjengelighet for bil som har sidetipp.
- Mulig maskinadkomst for areal som må bearbeides.
- Minst mulig vedlikeholdskrevende arealer.
- Areal som skal slås jevnt må ha fall $<1:3$
- Areal som skal slås et par ganger i året må ha fall $<1:2$
- Utlegging ikke under maks. flomvannstand for vann/elv.
- Utlegging kan eventuelt skje fra blandebil/kanon.

Lagtykkelse:

- Minimum 10 cm for jordforbedring. Gressdekke trenger 20 cm godt vekstmedium, busker 40 cm og trær 60 - 100 cm avhengig av type.
- Revegetering på arealer med næringsrike og avmattede steinmasser, tykkelseskrav ca. 10 cm.
- Avdekking av friområde/akebakker med tynt jorddekke/stubber og steiner bør utføres med 20 - 30 cm tykkelse.

Aktuelle vegetasjonsdekker:

- Gress: Frøblanding for akebakker, eventuelt iblandet blomsterfrø, frøblanding for naturområder, eventuelt iblandet trefrø, eller frøblanding for parkarealer, gressdekker for jevn klipping.
- Busker.
- Trær.

Miljøkrav/hensyn:

- Sikkerhet/renslighet ved transport i boligområder.
- Avstand til boligbebyggelse.
- Ikke avrenning/utrasing mot boligområder, lekeplasser etc.
- Ikke avrenning, gjødseleffekt i vann, elver og bekkedrag.

3.1.2 Bruk av slam i pukkverk og grustak

Det er brukt noe slam til revegetering i Ringknuten Pukkverk (Kristiansand), Vinterbro Pukkverk (Ås) og Oslo Pukkverk. Det er et stort potensiale for bruk av slam i nedlagte massetak, og pukkverk kan også brukes til mellomlagring av slam, og til blanding av dyrkingsmedier med slam.

Anaerobt stabilisert avløpsslam er brukt til dekkning av nedlagte massetak i flere norske pukkverk (Dugstad, 1996). I Ringknuten Pukkverk i Kristiansand har man dekket deler av pukkverket med slam fra kommunen, og etablert vegetasjonsdekke med meget godt resultat. Det samme har man gjort i Vinterbro Pukkverk. Oslo Pukkverk har også dekket et lite område med slam, og her lagret man en periode slam i pukkverket, og blandet det med andre masser til vekstjord som ble brukt i private hager. Der har man sluttet med dette, men det er stor interesse blant eierne av pukkverk å samarbeide med renseanlegg om bruk og lagring av slam.

Totalt tas det ut 50 millioner tonn grus og stein pr. år, hvilket tilsvarer ett lastebillass pr. innbygger. Det avdekkes ca. 2 mill. m² massetak i Norge hvert år, og like mye skal tildekkes etter endt masseuttak. Hvis vi dekket alt dette med 5 cm slam, ville vi kunne bruke 100.000 m³ slam til dette formålet, eller ca. 1/4 av årlig slamproduksjon i hele landet. Imidlertid er det stor forskjell mellom massetakene når det gjelder behov for overdekkingsmasser. Noen har tilstrekkelige masser selv, mens andre kan trenge slam for å få et plantedekke til å vokse på stedet.

I grustak og pukkverk har man både lagringsplass, masser, maskiner og sikteutstyr, og det kan derfor være lønnsomt å lage dyrkingsmedier i samarbeid med en lokal pukk- og grusleverandør. Pukk- og grusleverandørenes landsforening er interessert i samarbeid med NORVAR og renseanleggene om slambruk og slamlagring.

3.2 Bruk av slam i skogbruket

Det er forbudt å bruke slam i skogbruket i Norge. Det er likevel gjort et forskningsprosjekt, "Slam i skogbruket" i 1989-91 for å se nærmere på bruk av slam i skogbruket. Konklusjonen var at slam egner seg til bruk av spesielt utviklede slamprodukter, spesielt i furumarker med lav eller middels bonitet, og helst i skog med alder over 35 år. Bruk av slam i skogbruket vil kunne føre til protester fra friluftsjakter.

I 1989-91 ble det utført et prosjekt i regi av SFT med tittelen "Slam i skogbruket". Hensikten med prosjektet var at SFT ønsket å få erfaringer med bruk av slam i skogbruket i Norge, for siden å kunne ta stilling til om man skulle tillate slam i skogbruket eller ikke. Rapporten fra prosjektet (Øyen, 1991) har ikke oppsummert de forsøkene som ble satt i gang i Norge i forbindelse med prosjektet, men kommer med en del anbefalinger og synspunkter rundt bruk av slam i norsk skogbruk. Disse kan oppsummeres slik:

- Utenlandske erfaringer og norsk kunnskap om jordbrukskjemii og bruk av mineralgjødseil tilsier at skog egner seg til bruk av spesielt utviklede slamprodukter.
- Skogfaglig er det snakk om å utvikle et slamprodukt til en akseptabel kostnad. Skogbruket ønsker et slam med høyt tørrstoffinnhold (minst 30% tørrstoff, helst tørket slam), nitrogen, kalsium og organisk stoff.
- Det er en stor utfordring å oppnå aksept i samfunnet og i skognæringen for at avløpsslam kan tilføres skogen.
- Den begrensende faktoren ved spredning av slam er nitrogen, som vil kunne vaskes ut til grunnvannet om man sprer for store mengder slam. Det er imidlertid ikke funnet overflateavrenning ved tilrådelig tilførte slammengder, selv umiddelbart etter regnvær. Det er ikke mulig å angi maksimal nitrogenmengde for tilførsel til norsk skog uten norske forsøk. I Danmark er maksimal tilførsel av nitrogen med slam til skog satt til 500 kg pr. ha pr. 10 år.

- Forsøk med avløpsslam har vist utholdende vekstøkning på trær i skogen, i motsetning til bruk av kunstgjødning, som kun har virkning i få år. Humusinnholdet i jorda har økt, og dette har gitt økt jordbiologisk aktivitet.
- Tungmetallinnholdet i norsk slam er mye lavere enn i slam brukt i utenlandske forsøk. Resultater fra utlandet viser at tungmetallene i stor grad bindes til det øverste jordmonnet, og i liten grad opptas i planter. Det er funnet noe mer tungmetaller i sopp og i lever og nyre på vilt, men ikke over faregrensene, og med lokale variasjoner etter geologiske og klimatiske forhold. Det er ikke funnet anrikning av tungmetaller i bær.
- De mest aktuelle skogtypene for bruk av avløpsslam i Norge er furumarker med lav og midlere produktivitet (lavfurutyper, bærlyngtyper og blåbærtyster). Det er også aktuelt å vurdere bruk av slam i bjørkeskog og i produksjon av energiskog på tidligere åkermark.
- Tilførsel av avløpsslam er best egnet for skog med alder over 35 år, og med høyde over 12 meter. Det er registrert 50% økt volumvekt, og 12% lavere densitet etter slamspredning (basert på ett forsøk med treslaget Douglas Fir). Et forsøk med slam på vindsortert, glasifluviat sandavsetning tilplantet med furu ved Elverum viser at veksten 11 år etter slamspredning fremdeles er betydelig høyere enn på et tilsvarende felt med kunstgjødningstilsetning. Gjennomsnittlig plantehøyde er 50% større enn på ubehandlet mark. Slamtykkelsen ved spredning var 5 cm (ca. 50 tonn/ha), og var 4,5 cm etter 11 år, og slammene inneholder fremdeles nitrogen i tillegg til at en vesentlig del nitrogen er frigjort og sirkulerer i økosystemet. I dette forsøket påviser forfatteren også svekket kvalitet på trevirket ved anvendelse av avløpsslam på plantefelt.
- Aksept hos samfunnet generelt er et sentralt spørsmål ved anvendelse av avløpsslam i skogbruket. Aksept generelt kan oppnås, men når slam skal spres i nærheten av den enkelte, blir det vanskeligheter ("not in my backyard"). Ett av prøvefeltene som var planlagt i prosjektet (Prestebakken i Halden), måtte skrinlegges pga. naboprotester. Aksept og vilje til å ta ansvar hos sentrale politikere er avgjørende. Det tilrådes å satse mye på informasjon mot allmennheten for å oppnå aksept. Dette må skje på et faglig grunnlag.
- 3.9.1990 hadde man i forbindelse med dette prosjektet et møte med Norges Jeger- og Fiskerforbund (NJFF), Naturvernforbundet, Friluftslivets Fellesorganisasjon (FRIFO), Norges Skogeierforbund og WWF - Norge. På møtet ble det uttrykt enighet om at man bør få mest mulig resirkulasjon av organisk stoff og næringssalter, og aksept for at skogbruket bør kunne utnytte ressursene i avløpsslam. Dette betinger en høy slamkvalitet, og at det ikke innføres ferdselsrestriksjoner i skogen. NJFF og FRIFO skriver i uttalelser etter møtet at man ser et klart behov for forsøks-/demonstrasjonsfelter for spredning igangsettes i stor skala, men at man i utgangspunktet er positiv til tanken om utnyttelse av foredlet avløpsslam som gjødselprodukt i skogbruket.

Prosjektet "Slam i skogbruket" stoppet fordi SFT ikke lenger ville være pådriver for arbeidet, og fordi den nye forskriften satte forbud mot bruk av slam i skogbruket (Øyen, 1996). Skogbruket er likevel interessert i å bruke foredlet slam til gjødning, og man har penger til å utføre forsøk med slam, hvis bare NORVAR og SFT tar initiativet til slike forsøk. I Sverige har man utviklet gjødning basert på tørket slam med tilsetningsstoffer, som ser ut som elgmøkk, og som ingen turgåer ville reagere på i skogen.

3.2.1 Starmoen i Elverum

Feltet hvor det var lagt ut avvannet råslam i 1979, ble befart i 1991, og det var fremdeles mye tilgjengelig plantenering i slamfeltet. Avvannet slam kan legges ut i

eldre skog (ca. 30 år før sluttavvirking) i 4-5 cm tykkelse, på områder uten mye ferdsel.

I forbindelse med prosjektet "Slam i skogbruket" foretok Norsk institutt for skogforskning (NISK) en befaring på Starmoen i Elverum, der det i 1979 ble lagt ut råslam fra HIAS på en vindsortert, glasifluvial sandavsetning hvor det hadde vært skogbrann i 1976 (Solbraa, 1991). Det ble lagt ut gjennomsnittlig 4,5 cm slam, og plantet furu på feltet. Etter 12 vekstsesonger var gjennomsnittlig høyde på trærne 3,1 meter på slamfeltet, mot 2,0 meter for planter på kontrollfelt uten slam. Slammet inneholdt fremdeles mye plantenæringsstoffer og en del tungmetaller, men det er bare små anrikninger av disse i mineraljorden under slamdekningen i forhold til kontrollfeltet uten slam. Nitrogenvirkningen av slammet ser ut til å være svært langvarig, da det etter 12 år er en betydelig nitrogenreserve i slamlaget, og betydelige mengder også blir resirkulert gjennom trærnes biomasse (nåler - røtter).

Slammet har ikke gitt synlige skader på vegetasjonen. Denne har imidlertid forandret seg til mer kravfulle planter. Lite av nitrogenet i slam er lettløselig (25%). Deler av det lettløselige ($\text{NH}_4\text{-N}$) bindes sterkt av det organiske materialet i slammet. Dette gir liten utvasking av nitrogen, samtidig som det meste av frigivelsen skjer ved høyere temperaturer. I eldre bestand med godt utviklet rotsystem vil derfor utnyttelsesgraden bli svært høy, og nitrogenlekkasjen liten. Spredning av slam i eldre bestand stiller derfor små krav til humusetykkelse før slamtilførsel sammenlignet med lettløselige gjødselslag.

Solbraa (1991) konkluderer med at bruk av slam i nyplantet skog gir sterk vekst på et uheldig stadium i trærnes liv, og fører til dårligere kvalitet på trevirket. Det bør imidlertid ligge godt til rette for å bruke slam på eldre skog. Slammet bør tilsettes i 4 - 5 cm tykkelse (40 - 50 tonn/ha) en gang ca. 30 år før sluttavvirking. Aktuelle skogtyper er furu- og blandingsskog på lav-, bærlyng- og tørrere deler av blåbærskogtypene. Solbraa mener videre at slam er ypperlig egnet som gjødsel i skogbruket, og at det i Norge finnes store skogsområder som det er lite ferdsel i og som derfor vil kunne gjødsles uten store konflikter med friluftslivet. Det er ingen faglige vurderinger som tilsier at slam ikke skal kunne brukes i skogbruket, da slam utlagt på fornuftig vis både gir bedre vekst i skrinne skogsområder, og svært lite tap av næringsstoffer og tungmetaller fra områdene (Solbraa, 1996).

3.2.2 Forsøksfelt på Løten, Hedmark

I forbindelse med "Slam i skogbruket"-prosjektet ble det sommeren 1991 lagt ut stabilisert og hygienisert slam fra Alvim renseanlegg på et forsøksfelt i Løten, tilsvarende 150 og 300 kg N pr. daa. Ved befaring 16 måneder etter utlegging var det få synlige merker etter slamtilførselen på feltet med 150 kg N/daa. Noen tørre slamklumper var synlige, fordi slamspredningen skjedde med grep. Feltet med 300 kg N/daa hadde tydelige rester av lyse, mosevokste slamklumper. Vegetasjonsendringen var mer utpreget med mørkere grønn farge og mer gressvokst. Slammet var luktfritt og hadde jordkonsistens.

3.2.3 Nøtterøy, Vestfold

En gardbruker på Nøtterøy gravde i 1990 ut en vanningsdam. Overskuddsmassen (undergrunnsleire) ble lagt ut på et 30 daa areal, og det ble brukt slam fra TAU til å danne vekstsjikt på toppen av området. Området ble deretter tilplantet med skog. Det er ikke gjort noen undersøkelser i området etter plantingen (Bjørn Halvorsen, 1996).

3.2.4 Urvassmoen i Gjerstad, Aust-Agder

Aust-Agder forsøksring gjorde i 1992 et forsøk med utlegging av slam på Urvassmoen i Gjerstad kommune (Aust-Agder Forsøksring, 1996). Feltet ligger 101 m.o.h. på morenejord med tyttebærskog. Furubestanden på stedet var i hogstklasse IV (20 - 30 år til avvirkning). Slammet ble spredd maskinelt med en ombygd Fjærrås sandspreder fra Gittmark i Lillesand. Det ble spredd slammengder tilsvarende 0, 100 og 200 kg N/daa av utråtnet slam fra Knarrdalstrand r.a. og kalkbehandlet slam fra Elstrøm r.a i et rutenett med 17 x 8 m ruter. 100 kg N tilsvarer 6 tonn slamtørrestoff utråtnet slam, og 7 tonn slamtørrestoff kalkbehandlet slam. Slammet ble lagt oppå bakken, og prøver av P, K, N, Zn, Al og Cd i jordsmonnet under slammet viste at det bare var pH i jorda som forandret seg de tre første årene etter slamspredning. pH økte fra 5,15 til 6,7 på felt med kalkbehandlet slam. Det er ikke tatt prøver av infiltrasjons- eller grunnvann i området.

Det har ikke skjedd forandring i vegetasjonstypen i henhold til vegetasjonsklassifiseringssystemet, men det har kommet til nitrogenkrevende arter som geiterams, bringebær og selje, mest på felter med størst slamtilførsel. Det er tatt prøver av næringsstoffer og tungmetaller i sopp og tyttebær som vokste på et område med kalkbehandlet slam tilsvarende 100 kg N/daa. Det er imidlertid ikke tatt prøver i kontrollområde uten slamtilførsel, og det er derfor ikke mulig å si om slammet har gitt endrede mengder i sopp og bær, og mengdene er oppgitt i mg pr. kg tyttebær eller sopp, og ikke pr. kg tørrestoff. Man har konkludert med at det kan synes som om det er høye verdier i sopp, men at sopp har meget lav tørrestoffprosent. Det er heller ikke målt vekst av skogen i prøvefeltene.

3.2.5 Gravdal i Bjerkreim, Rogaland

Hensikten med prosjektet var å finne ut om utråtnet og tørket slam fra Sentralrenseanlegg Nord-Jæren brukt som startgjødsling kunne ha en positiv effekt på veksten ved nyplantning av ulike treslag (Ohr, 1996). I tillegg er det prøvd ut relativt store slammengder for å teste om de ulike treslagene har en toleransegrense og for å kunne registrere eventuell økt avrenning av forurensende stoffer. Området er delt i fire ulike felt:

1. Tre plantesoner med slamtykkelse på henholdsvis 15 cm, 7,5 cm og uten slam. Feltet ble anlagt 1995/96 for å måle vekst, toleranse og avrenning. Samlet areal: 1.200 m². Tresorter: sitkagran, vanlig gran, engelmanngran, vanlig furu, silkefuru og japansk lerk.
2. Normal overflategjødsling for små grantrær (0, 2 og 4 cm slamtykkelse). Feltet ble anlagt våren 1995.
3. Store mengder overflategjødsling (8 cm og 5 cm) til seks ulike tresorter for å registrere skadevirkninger på planter og avrenning. Feltet ble anlagt tidlig på våren 1994.
4. Planting av sitkagran, furu og lerk med eller uten slampellets i plantehullene. Feltet ble anlagt våren 1995 for å måle vekst og toleranse.

Alle feltene ligger i nedslagsfeltet til Øvre Baglitjern. Jorda består av morene med et humuslag på ca. 50 cm på toppen. Det er uvanlig lite fosfor i jorda, og lav pH (ca. 4,7). Prøver av vann og sedimenter tas oppstrøms og nedstrøms tjernet for analyser av næringssalter og tungmetaller. I tillegg tas prøver av undervegetasjon fra selve forsøksfeltet for tungmetallanalyser.

Foreløpige resultater:

Det er for tidlig å evaluere felt 1 og 2. Det ble noen problemer med de store slammengdene i felt 1 fordi det gikk varmgang (antakelig pga. kompostering av uomdannet organisk materiale) i slampelletsen. I felt 3 har teigen med sitkagran vist overraskende god

respons på slamgjødsling. Plantene som fikk slam i plantehullet (omlag 1-1,5 liter pr. plante) hadde i gjennomsnitt mer enn tre ganger så langt årsskudd som plantene som ikke fikk slamtilskudd. Dette kan bety at den flere år lange såkalte "stureperioden" før trærne normalt skyter fart, kan reduseres vesentlig ved startgjødsling med slam.

Prøver av vann og vegetasjon tatt første året etter utlegging (1995), indikerer ingen nevneverdig økt forurensning. Dette vil imidlertid følges videre, med nye prøver i 1996.

3.3 Bruk av slam i dyrkingsmedier

Ved Alvim og Øra renseanlegg ble det gjennomført et forsøk med bruk av stabilisert og hygienisert slam i dyrkingsmedier som ble brukt til å plante trær, busker og gress i utenfor renseanleggene i 1992. Slam fra de samme anleggene er også brukt i dyrkingsmedium langs Rv. 109 i 1996. Tune Utemiljø i Sarpsborg bruker slam fra Alvim i dyrkingsmedium, og Moss og Ålesund kommune lager selv dyrkingsmedium av slam. I Ski har anleggsgartner Tronslien gjort forsøk med blanding av stabilisert slam og knust kvist til bruk i dyrkingsmedie. SNJ har brukt slampelletsen til vekstjord i steinfylling, banedekke på idrettsplass og torvtak. I Trondheim lager Bratsberg Parkanlegg dyrkingsmedie av 3.000 tonn stabilisert, hygienisert slam fra Ladehamneren.

3.3.1 Demonstrasjonsfelter ved Alvim og Øra renseanlegg

Anaerobt stabilisert slam må ligge et år, eller et halvt år med to vendinger, for å få en struktur som gjør det egnet i et dyrkingsmedie. I dyrkingsmedie med slam vokser gress meget bra, mens det er mer variable resultater for busker. Slamfelter og gjødslede felter var omtrent likeverdige både når det gjaldt plantevekst og ugressvekst.

Målet med dette NORVAR-prosjektet var å få bedre kunnskaper om bruk av stabilisert og hygienisert slam på grøntarealer (Thorvik Helgen et.al., 1993, Skaug & Nødland, 1994). Slammet fra Alvim renseanlegg stammer fra mekanisk-kjemisk rensing og er anaerobt stabilisert etter aerob, termofil forbehandling. Slammet fra Øra er også mekanisk-kjemisk og anaerobt stabilisert etter pasteurisering. Slam fra renseanleggene ble lagret i hauger fra tre måneder til ett år i 1991-92. I noen hauger ble det blandet inn bark, og noen hauger ble vendt en eller flere ganger for å se om dette hadde en positiv effekt på omsetningen i haugene. Vinteren 1992 var mild, og det var lite frostdannelse i slamhaugene. Ved vendingene ble det registrert sjenerende lukt fra haugene.

Røstomsetning, skorpedannelse, struktur og lukt ble registrert våren 1992. Både lang lagringstid og vending av slammet har en positiv innvirkning på røstomsetningen og dermed strukturen og lukten. Barktilsetning ga positiv effekt på slammet fra Øra, men ikke på Alvimslammet som i utgangspunktet har en åpnere struktur. For begge slamtypene var det nødvendig å lagre slammet i minst ett år, eller minst seks måneder med to vendinger, for å få et godt omsatt, jordlignende produkt som kunne blandes i et jordharpeverk.

Slam som var lagret lenge nok til å få en jordlignende struktur, ble blandet med forskjellige jordarter til dyrkingsmedier i et jordharpeverk. I tabell 5.1 er vist forsøksopplegget. Hver rute i tabellen representerer et prøvefelt utenfor renseanleggene.

Tabell 3.1 Forsøksopplegget utenfor Alvim og Øra renseanlegg.

100% sand	100% sand + mineralgjødsling	70% sand, 30% slam
100% leire	100% liere + mineralgjødsling	70% leire, 30% slam
50% sand, 50% leire	50% sand, 50% leire + mineralgjødsling	35% sand, 35% leire, 30% slam
50% leire, 50% kompostert bark	50% leire, 50% kompostert bark + mineralgjødsling	30% slam, 30% bark*, 40% leire
50% steinmjøl, 50% kompostert bark	50% steinmjøl, 50% kompostert bark + mineralgjødsling	30% slam, 30% bark*, 40% steinmjøl

* Barken ble blandet i slammet under lagringen i forholdet 1:1.

I tillegg til blandingsene i tabell 3.1, var det også en referanserute med 100% slam utenfor hvert renseanlegg. I hvert prøvefelt ble det plantet 4-6 planter av dvergkrans, krypbarlind og vanlig syrin, og en del av feltet ble beplantet med gress. Plantingen foregikk i mai/juni 1992.

Blandingen i jordharpeverket foregikk i en periode med fint, tørt vær, og blandingen gikk bra. Ved fuktigere værforhold ville det nok blitt vanskeligere å blande inn slammet. Ved utleggingen viste leirjorda seg å ha svært dårlig struktur og var lite egnet for plante- og tilsåingsarbeid. Leire-slamblandingen var også noe klumpete og krevde mye arbeid med utplaneringen. Ellers var dyrkingsmediene egnet for planting/gressetablering.

Plantenes høyde, bredde og tilstand ble registrert i juni 1992, og i juni og august i 1993 og 1994. Også gressvekst og ugressvekst ble registrert. Resultatene var:

- Det er liten forskjell på dyrkingsmediene med 30% slam når det gjelder tilvekst hos plantene. Uten slam (med mineralgjødsel) blir det dårligere vekst når dyrkingsmediet blir for fast (leire og steinmjøl).
- Slammet gir forbedret jordstruktur og bedre evne til å holde på vann.
- Slammet gjør at jorda har næringsreservø, og det trengs ingen gjødsling de første årene etter planting. Hvor raskt næringsstoffene frigis til plantene, og hvor raskt de brukes opp, varierer fra slamtype til slamtype. Slammet fra Alvim renseanlegg frigjorde nitrogen langsommere enn slammet fra Øra renseanlegg. Dette ga seg utslag i dårligere vekst den første sesongen i slamfeltene på Alvim, mens plantene ble gule på Øra tredje vekstsesongen (tegn på nitrogenmangel).
- Stort sett kan man si at veksten var mye bedre i felt med slam eller tilsats av mineralgjødsel, enn i kontrollfeltene. Slamfeltene og de gjødslende feltene var omtrent likeverdige både når det gjaldt plantevekst og ugressproduksjon. Gress vokser kraftig selv i rent slam, og blir kraftig og dyp grønt i felter med slam.

3.3.2 Bruk av hygienisert og anaerobt stabilisert slam til dyrkingsmedium langs ny riksvei i Fredrikstad

Det er brukt ca. 6.000 m³ slam til støyvoller, i skjæringer og midtrabatter og rundt busslommer med meget godt resultat.

I Fredrikstad må FREVAR legge ut pasteurisert, anaerobt stabilisert og avvannet slam i dumper i fyllplassen for å få det så tørt at det kan brukes i jordbruket eller til andre formål. Slammet ligger normalt i ett år, og blir vendt et par ganger, og konsistensen endres i løpet av denne tiden fra deigaktig til oppsmuldet jord. Dette gir et produkt som egner seg meget

bra i dyrkingsmedier, og en lokal entreprenør lager dyrkingsmedier av noe av slammet blandet med andre masser (dårlig sand, leirjord og skrapjord) i forholdet 1:3. Ca. 6.000 m³ slam ble blandet til ca. 18.000 m³ dyrkingsmedium og lagt ut langs den utvidete riksvei 109 mellom Fredrikstad og Sarpsborg, der man brukte det i støyvoller, i midtrabatten og rundt busslommer o.l. Slammet ble blandet med sand og leirjord i en siktetrommel ved hjelp av en hjullaster.

Det var store protester mot selve utvidelsen av denne veien, men det var ingen som merket at det ble lagt ut slam langs veien, så det kom ikke reaksjoner på dette fra noe hold. Det eneste problemet med slamjorda var at den var så luftig og lett å arbeide med at det gikk med mer jord enn normalt. Det ble plantet ca. 6.500 trær og busker langs veien, og sådd gress i slammet. Man regner med mindre døde trær i slamjorda, og gresset må muligens slås noe oftere enn normalt.

Førsteklasses vekstjord koster ca. 120 kr pr. tonn på det private markedet. FREVAR solgte vekstjorda med 1/3 slam for 65-70 kr pr. tonn, og hadde da igjen ca. 5 kr pr. tonn slam når utgiftene til tilslagsmateriale og innblanding var trukket fra. Dette viser at det kan være noe penger å hente på å lage vekstjordprodukter av slammet.

3.3.3 Bruk av hygienisert og anaerobt stabilisert slam til dyrkingsmedium i Sarpsborg

I Sarpsborg lager Tune Utemiljø dyrkingsmedie av 1.000 m³ slam pr. år fra Alvim renseanlegg, og kommunen bruker omtrent like mye.

Alvim renseanlegg har aerob forbehandling og anaerob stabilisering av slammet sitt, og har tidligere kjørt slammet ut i jordbruket. Det har imidlertid vært synkende interesse i jordbruket, og i år har man kun brukt 10-20% av slammet til dette formålet. Kommunen har isteden satsset på å lage dyrkingsmedier av slammet. Slammet mellomlagres 3-4 måneder på Gatedalen fyllplass, og vendes to ganger med hjullaster i løpet av denne tiden (Nilsen, 1996). Deretter blander man 1/3 slam, 1/3 sand og 1/3 matjord i en trommelblander for å lage et dyrkingsmedie.

1.000 tonn slam har vært blandet av en lokal anleggsgartner, Tune Utemiljø. En del av denne jorda har vært brukt til plenlegging, og plenen var grønn og fin allerede etter én uke. Det som er viktig ved bruk av slam i dyrkingsmedier, er at slammet er tørt og lite klistet, fordi man ellers vil få så mye slamklumper som avfall fra jordharpeverket at man må bruke mer slam enn nødvendig. Den første blandingen som ble gjort i Sarpsborg viste tydelig dette (Johansen, 1996). Tune Utemiljø har de siste 6-7 årene brukt minst 1.000 m³ vekstjord pr. år, og man regner med å bruke mer når man kan lage jorda ved hjelp av slam. Det er svært vanskelig å få tak i god vekstjord i distriktet, slik at et produkt som dette vil kunne bli etterspurt.

Sarpsborg kommune kan også ta imot i størrelsesorden 1.000 m³ slam pr. år, og lage vekstjord til eget bruk. Kommunen har noen egne sandtak som man kan bruke i disse blandingene. Hvis man i tillegg kan få Statens Vegvesen til å bruke slam til veianlegg i fylket, vil hele slamproduksjonen på ca. 4.000 tonn slam kunne brukes på grøntarealer. I Sarpsborg kommer man nå til å satse på dette bruksområdet fremfor å satse på jordbruket.

3.3.4 Bruk av hygienisert og anaerobt stabilisert slam til dyrkingsmedium i Moss

Moss kommune lager selv dyrkingsmedie til eget formål av bl.a. slam.

Moss kommune har begynt å lage dyrkingsmedium av sand, leire og slam i et nedlagt gartneri. Her skal man blande jord som kan brukes i plantehull for parktrær. I samarbeid med MOVAR har man også blandet slam med malt bark fra Petterson A/S, men det ble litt for lite luft i denne blandingen. Ved å blande 1/3 slam, 1/3 bark og 1/3 støpesand, har man imidlertid fått et bra dyrkingsmedium. Parkvesenet i Moss mangler god vekstjord, og synes erfaringene med bruk av slam er så bra at man vil fortsette å bruke dette (Nordstett, 1996).

3.3.5 Lagring av hygienisert og anaerobt stabilisert slam og knust kvist for bruk i dyrkingsmedier i Akershus

Forsøk med blanding av stabilisert slam og knust kvist til bruk i dyrkingsmedie i Ski var vellykket. Produktet ble meget bra etter ett års lagring, og en blanding av slam, sand og kvist i like volumdeler lagt opp i 3 m høye ranker i tørt vær vil kunne bli et bra dyrkingsmedie uten vending.

Fagrådet for vann- og avløpsteknisk samarbeid i indre Ostfjord og Næringssjefen i Akershus satte i 1993 i gang forsøk med lagring av en blanding av slam fra Nordre Follo renseanlegg (aerobt, termofilt forbehandlet og anaerobt stabilisert mekanisk-kjemisk slam) og Bekkelaget renseanlegg (anaerobt stabilisert biologisk-kjemisk slam) med knust kvist fra Oslo Renholdsverk. Anleggsgartner Tronslien på Ski har stått for blandingen og vendingen av jordhaugene på Haugland Gård.

Det ble laget et opplegg med 14 forskjellige hauger med forskjellig størrelse og blandingsforhold. 12 hauger inneholdt slam fra Nordre Follo renseanlegg, og to hauger slam fra Bekkelaget renseanlegg. Det ble laget tre forskjellige blandinger av slammet fra Nordre Follo, en med halvparten kvist og halvparten slam, en med 2 deler kvist og 1 del slam, og en med 1 del kvist, 1 del slam og 1 del sand. Bekkelagsslammet ble blandet en til en med kvist. Halvparten av haugene var 1,5 m høye, og halvparten 3 m høye. Dyrkingsmediene ble laget i oktober/november 1994 ved å legge ut slam, kvist og eventuelt sand på bakken og blande med en jordfreser. Halvparten av haugene ble vendt med en hjullaster 7.6.95 og 1.9.95, og alle haugene ble såldet i et jordharpeverk 23. og 24.7.96.

Temperaturen ble målt i noen av haugene, for å se om det oppsto en komposteringsprosess i dem, selv om slammet var stabilisert på forhånd. Temperaturen i haugene med bare slam og kvist steg raskt til mellom 40 og 55°C, men sank til under 10°C etter få uker. På ettersommeren 1995 var temperaturen igjen oppe i ca. 30°C, for så å synke igjen. I haugene som var tilsatt sand, gikk temperaturen opp til ca. 30°C mellom vendingene, mens den forble under 20°C i haugene som ikke ble vendt. Ved vendingen 7.6.96 var det lite omsetning i haugene med sand, mens det var enkelte uomdannede, svarte slamklumper inni haugene med bare slam og kvist. Det var imidlertid stort sett bra struktur i disse haugene, og det ble funnet rød kompostmark i flere av dem.

Det var voldsom ugressvekst på toppen av haugene både i 1995 og 1996, og i 1996 ble haugene sprøytet. Ved såldingen 23. og 24.7.96 var det mye kompostmark i alle haugene, og jordstrukturen var stort sett bra, bortsett fra at jorda i noen hauger var tung, og at det var litt uomdannet slam helt i bunn av noen hauger. Foreløpige konklusjoner er:

- Anleggsgartneren mener at produktet blir et meget godt vekstmedium etter ett års lagring.

- Det vil være av stor betydning for resultatet at opplegging av rankene blir utført under tørre værforhold, og at det tilførte slammet er så opptørket som mulig. Man unngår da store klumper med seigt, "blåleiret" slam som ikke får nok oksygentilførsel under lagringen.
- 1 del slam til 1 del kvist er den beste blandingen, og det er mulig at man ikke behøver å lagre en slik blanding mer enn ett år. Anleggsgartneren mener at en blanding av slam, kvist og sand lagt opp under tørre forhold i 3 meters høyde vil kunne gi god jord etter ett års lagring uten vendinger.
- Det er minst sikterest (ca. 10%) fra små hauger med kvist og slam som har fått 2 vendinger. Fra hauger med sand er det 10-15% sikterest, mens det er 20-25% sikterest fra resten av haugene.
- Det tok ca. 8 timer å snu ca. 400 m³ dyrkingsmedium med hjullaster.
- Det tok ca. 1/2 time å sålde de små haugene (ca. 20-30 m³), og en til halvannen time å sålde de store haugene. Til såldingen ble brukt både traktorgraver og grabb. Såldingen bør skje etter en lang tørkeperiode.
- Dyrkingsmediene overholdt kravene til bakterieinnhold etter slamforskriften. Etter to år var innholdet av Kjeldahl-nitrogen lavt (ca. 0,5-1,0 % av TS i slam/kvistblandinger), det var nesten ikke ammonium igjen og lite fosfor (ca. 0,03-0,05 % av TS i slam/kvistblandinger). Det var imidlertid 2-3 ganger mer ammonium og fosfor etter ett års lagring. Det var bare mellom 10 og 30% organisk stoff i slam/kvistblandingene etter 2 år, hvilket viser at omdanningen har kommet langt.
- Dyrkingsmediene overholder kravet til kvalitetsklasse 1 i gjødsselforskriften, dvs. de kan brukes på både grøntarealer og jordbruksarealer.

3.3.6 Bruk av tørket slam fra SNJ til forskjellige formål

Slampelletts fra SNJ er brukt som del av et dyrkingsmedie på steinfylling, som del av et dyrkingsmedie på en idrettsplass, og til produksjon av torvtak.

Vekstjord på steinfylling

I Stavanger ble det i vår fylt ut en steinfylling i Lundsvågen, og det ble brukt slampelletts fra SNJ for å få organisk stoff til å etablere et plantedekke oppå steinfyllingen (Ohr, 1996). Pelletsen ble blandet 1:1 med jord, og lagt som et vekstjordlag oppå fyllingen. Det ble ikke klaget på lukt ved utleggingen, og de som la det ut, syntes dette gikk greit. Det ble plantet en del 2. sortering planter på feltet, og disse har til dels vokst opp, til dels krepert, uten at dette har noe med slampellettsen å gjøre.

Banedekke på idrettsplass

Sommeren 1996 laget man et dyrkingsmedium med 10-15% slampelletts til en idrettsplass i Hå kommune på Jæren. Det ble lagt ut et 30 cm lag på deler av idrettsplassen, og det gikk med ca. 150 tonn slam til dette prosjektet (35 tonn slam/daa). Problemet var å få STU til å godkjenne slam som en del av dekket på en idrettsbane, fordi det er laget meget strenge krav til slike dekker. Man fikk til slutt godkjent denne banen som et prøveprosjekt. Interkommunalt vann-, avløps- og renovasjonsverk (IVAR) anser imidlertid dette feltet for å være et interessant bruksområde der man bør lage demonstrasjons- og prøvefelter for å finne den rette resepten på et slikt produkt. Erfaringene så langt er at gresset gror mye bedre på slamfeltet enn på resten av området, og dette har gjort at man har tatt i bruk slamfeltet før resten av anlegget kan brukes.

Torvtak

Det ble brukt noe slampellerts i et dyrkingsmedium som ble lagt ut i former for å lage torvtak som skal brukes til hytter i Sirdalen nord i Vest-Agder. Det er også brukt noe slam til å lage torvtak på en campingplass i Sandnes kommune, med godt resultat.

3.3.7 Bruk av kompostert/langtidslagret slam i dyrkingsmedier i Ålesund

I Ålesund tar Parkvesenet imot all slamkomposten som renseanlegget er i stand til å produsere, og er godt fornøyd med produktet. De blander komposten med sand og skrapjord, og får et bra dyrkingsmedium av dette, som brukes i byens park- og grøntanlegg.

3.3.8 Bruk av slam i dyrkingsmedium i Trondheim

Bratsberg Parkanlegg lager dyrkingsmedie av 3.000 tonn stabilisert, hygienisert og avvannet slam fra Ladehammeren renseanlegg. Erfaringene er gode.

Trondheim kommune har i dag ett mekanisk-kjemisk renseanlegg, Ladehammeren, med en årsproduksjon av pasteurisert, anaerobt stabilisert og avvannet slam på ca. 6.000 tonn/år. På grunn av høyt nikkelinnhold i jordbruksområdene i Trøndelag er det vanskelig å finne bønder som kan ta imot slammet. I 1996 har man fått tak i 500 daa som kan ta imot noe av slamproduksjonen fra anlegget.

I Trondheim utlyste man en anbudskonkurranse for produksjon av vekstjord av 3.000 tonn avløpsslam pr. år (Wasilewski, 1997). Bratsberg Parkanlegg AS vant konkurransen. Når slammet overholder kravene i slamforskriften, er det anleggsgartnerens ansvar å få avsetning på dyrkingsmediene han produserer. Kommunen er godt fornøyd med denne avtalen. Det var imidlertid visse problemer med å få omregulert området som skulle brukes til produksjon av vekstjord med avløpsslam, da Miljø- og utviklingskomiteen i kommunen gikk sterkt imot omreguleringen. Trondheim bystyre vedtok likevel til slutt omreguleringen, og det har ikke vært protester siden mot jordproduksjonen.

Bratsberg Parkanlegg AS legger ut 1/3 slam, 1/3 leire og 1/3 sand i ranker som snus jevnlig med en gravemaskin (Haugen, 1996). Helst bør det ligge 3 - 4 måneder å tørke, men i år gikk vekstjorda ut så fort at man ikke kunne ha det liggende så lenge. Man blander til slutt massene i et jordharpeverk og bruker den på grøntområder/anlegg som firmaet opparbeider.

Man har en søknad om godkjenning inne hos Landbrukstilsynet, og har sendt inn 8 av de 10 produktprøvene som kreves. Man har fått generell tillatelse til å bruke slammet på grøntarealer, men ikke i private hager. Ved utleggingen lukter det litt våronn av jorda første dag, men lukta forsvinner etter dette. Jorda egner seg ypperlig både til å dyrke gress, busker og trær i, og firmaet regner med å kunne bruke mye mer slam etter hvert til dette formålet.

Tidligere brukte man 1/3 myrjord i dyrkingsmediet istedenfor slam. Man har tatt prøver av slik myrjord fra 1 til 3 meter dybde i myra, og denne inneholder 4 ganger så mye bly som slammet. Haugen mener at mye av den matjorda som brukes i private hager og på grøntanlegg inneholder mye mer tungmetaller enn vekstjorda med slam i. Han har også en del skog med til dels skrint jordsmonn, og er interessert i å legge ut et lag med vekstjord her for å undersøke egnetheten for slam i skogbruket. Jorda kunne også brukes i juletreproduksjon ved at man la ut 30 til 50 tonn slam pr. daa og plantet tett med juletrær på området. Ved å klippe av halve årsskuddet om våren vil juletrærne bli tette og fine, og når

trærne er i passelig alder til å brukes som juletrær, kan man la noen stå igjen til vanlig produksjonsskog.

Haugen (1996) mener også at Vegvesenet kunne spare penger på veianleggene ved å la være å skave av matjord, legge den til side, laste den opp og bruke den på veiskråninger og rabatter. Etter hans beregninger vil det bli billigere å la matjorda ligge, og heller kjøpe slamjord til å kle vegskråningene med.

3.4 Bruk av ublandet slam på grøntområder

Stabilisert og hygienisert slam er brukt av parkvesen i Moss og Ålesund, og av veivesen i Drammen, Porsgrunn og Kristiansand. Det er brukt slam ved produksjon av ferdigplen, ved sprøytesåing av veiskråninger, og til dyrking av hekkplanter og leplanter. Det er også i ferd med å utvikles gjødseleprodukter basert på slam.

3.4.1 Bruk av hygienisert og anaerobt stabilisert slam på grøntområder i Moss

Parkvesenet i Moss har brukt slam til mange forskjellige formål med vekslende hell.

MOVAR har i 1995 brukt 961 tonn slam (17% av produksjonen) på grøntområder i Moss kommune. På to store grøntområder i kommunen ble det først lagt ut finknuste tunnelmasser fra NSB-tunneler, og deretter 30 cm fyllmasse og 25 cm slam som ble frest sammen før det ble lagt et lite såsjikt på toppen. På ett anlegg ble det også lagt et lag med vraksteinull over tunnelmassene, men dette ble frest opp i dagen enkelte steder og var ikke så vellykket.

Slammet fra Fuglevik renseanlegg (MOVAR) er aerobt, termofilt forbehandlet og anaerobt stabilisert, og det var lagret i minst tre måneder før utlegging. Slammet var noe seigt og deigete å legge ut, men det gikk greit å blande det med jordharpeverk. Gressveksten på områdene var så god at man måtte klippe områdene 3 -4 ganger så ofte som vanlig, og gresset var grønt og tett. På det ene området var det så tørt under utlegging at det gikk varmgang i slammet med tendenser til selvantennelse. Det er derfor viktig å bruke slam som har vært lagret en stund. Det var litt lukt fra haugene ved opplasting og utlegging, men dette forsvant fort, og man forsøkte å molde slammet ned etter hvert.

Moss kommune hadde også slam i plantekar på Domustorvet, der 30 cm fyllmasse og 25 cm slam ble frest sammen og plantet busker og småtrær i. Disse trivdes også meget bra, bortsett fra i utkanten av kassene der man ikke hadde fått frest slammet godt nok sammen med jorda. Noen av plantene som var havnet i rent slam i utkanten av kassene, sturet noe det første året. Det var også mye ugress i plantekarene, og meldestokken vokste seg 60-70 cm høy i løpet av få uker.

3.4.2 Bruk av slam i ferdigplen

En stor produsent av ferdigplen i Akershus ønsker å bruke slam i ferdigplenproduksjonen. Det er sju produsenter av ferdigplen i Norge.

Det er fem store produsenter av ferdigplen i Østlandsområdet (Seierstad, 1996): Norsk Ferdigplen A/S i Aurskog-Høland, Østfold Gress A/S på Dilling, Vestfold Hage og Anlegg A/S i Sandefjord, Nordre Gjølstad A/S, Kongsvinger og Moen Gress A/S i Sør-Odal. Til sammen har disse et areal på ca. 800 daa med ferdigplen som trenger to år på å bli

salgsklar, dvs. at man selger ca. 400.000 m² ferdigplen hvert år. I år måtte man likevel importere ferdigplen for å dekke etterspørselen, og man forventer at produksjonen vil øke. Dersom man kunne legge ut 5 cm slam før planting, tilsvarer dette 20.000 tonn slam/år, hvilket tilsvarer produksjonen til f.eks. Bekkelaget renseanlegg.

Gjennom NAML har vi funnet frem til to andre anleggsgartnere som lager ferdigplen: Magnus J. Bru på Rennesøy i Rogaland og Torbjørn Nordtiller i Trondheim (se kap. 6.4).

Norsk Ferdigplen har prøvd å legge ut et lag med slam (2 tonn/daa) å dyrke ferdigplenen i, men dette vil man ikke at kundene skal få vite, fordi det er negative følelser til å ha "mannskit" i hagen sin. Det er ikke mulig for dem som kjøper ferdigplen å se om det har vært brukt slam i jorda, men bare å vite dette ville kunne ødelegge salget av plenen. Firmaet har også prøvd å få til et prosjekt med bruk av slam i ferdigplen med støtte fra Akershus Næringsfond, men man fikk ikke denne støtten. Dette området egner seg meget bra til et demonstrasjonsprosjekt der forskjellige slamtyper og mengder prøves på prøvefelter. Norsk Ferdigplen vil gjerne delta i et slikt prosjekt.

3.4.3 Bruk av lagret råslam på veiskråninger i Ullensaker

Lagret råslam ble brukt på en kommunal veiskråning med store luktulempere for naboene, men med fint, grønt gress som resultat.

Avvannet slam fra renseanleggene i Ullensaker blir lagret i et halvt år, hvorav minst tre sommermåneder i påvente av at slambehandlingsanlegget på Sentralrenseanlegg Gardermoen skal bli ferdig. Slammet vendes en gang, men burde egentlig ha vært vendt flere ganger for å kunne brukes på grøntarealer. En leirskråning langs en kommunal vei ble kledd med lagret slam i 1996, og slammet ble liggende en stund uten overdekking. Det ble en del klager fra naboer før man fikk tilsådd arealet, men området ble snart pent og irrigrønt (Tor Halvorsen, 1996).

3.4.4 Bruk av slamkompost på veiskråninger i Drammen

Veiskråningene i Kobbervikdalen sør for Drammen er kledd med slamkompost.

For flere år siden brukte man noe av slamkomposten fra Lindum fyllplass til å dekke veiskråninger og jernbaneskråninger i Kobbervikdalen langs innkjøringsveien til byen fra sør (der denne tar av fra E-18). På Lindum fyllplass komposteres kalkfyllt slam fra Muusøya og Solumstrand renseanlegg med bark eller flis. Prosjektet med utlegging av denne komposten i veiskråninger var vellykket, og disse skråningene er fremdeles grønne og fine. Man har imidlertid ikke fått avsetning på mer slam til veiformål, og helsemyndighetene i byen har forbudt bruk av komposten på grøntarealer på grunn av smittefare. Når heller ikke bøndene i området vil ha komposten, har man problemer med å få avsetning på slammet her.

3.4.5 Bruk av anaerobt stabilisert slam på veirabatter i Porsgrunn

1.100 m³ stabilisert, hygienisert, avvannet slam fra Knarrdalstrand renseanlegg er brukt til veirabatter langs Rv. 354 i Porsgrunn med godt resultat. Slammet er også brukt oppå en steintipp og til plenarealer.

Statens Vegvesen, Telemark, har brukt 1.100 m³ slam fra Knarrdalstrand renseanlegg ved beplantning langs Riksvei 354 ved Kulltangbrua i tettbebyggelsen i Porsgrunn. Slammet fra Knarrdalstrand er aerobt forbehandlet, anaerobt stabilisert og avvannet til 25-30% tørrstoff. På steinfyllingen langs veien ble det først lagt ut skrapmasser, og deretter et 20-30 cm lag med slam som ble dekket med duk og bark, eller 5-10 cm matjord på toppen. Slammet ble delvis tatt fra en lagringsplass der det hadde ligget opptil et halvt år, men noe ble kjørt rett fra renseanlegget.

Det var ikke mer problematisk å legge ut disse massene enn leirjord, og man dekket over alt slammet daglig (Grava, 1996). Det var ikke spørsmål eller klager fra naboer i området. Helsemyndighetene i Porsgrunn godkjente bruken, og kalte slammet "bearbejdede masser fra renseanlegg", for å unngå det negativt ladete ordet slam. Det ble gitt en skikkelig informasjon om slammet til dem som skulle arbeide med det, og utleggingen gikk bra. Det ble plantet busker langs veien, og disse har hatt en normal vekst. Erfaringene fra prosjektet tilsier at kommunen må være aktivt med i planleggingen og oppfølgingen av arbeidene for at slike prosjekter skal bli vellykket. Vegvesenet i Telemark bruker gjerne mer slam til veianlegg, men det er nå god avsetning på slammet fra Skien og Porsgrunn til andre formål.

Porsgrunn kommune har også brukt 500 m³ slam fra Knarrdalstrand til dekke av en steintipp på 20.000 m³ som ble lagt opp ved byggingen av nytt vannverk. Det ble først lagt ut noe blandingsmasser oppå steintippen, og over dette et slamlag med litt matjord på toppen. Det er også laget noen plenarealer av slammet fra renseanlegget, og da har man lagt ut 5 cm slam oppå ferdig planerte masser, og brukt en jordfreser til å blande slammet inn i massene. Dette har også gitt gode resultater (Sigvaldsen, 1996).

3.4.6 Bruk av slamkompost av ingeniørvesen, parkvesen og veivesen i Kristiansand

I Kristiansand har man ikke problemer med å få avsetning på 8.000 tonn slamkompost pr. år til veiskråninger og grøntarealer.

Slam fra renseanleggene Bredalsholmen og Korsvikfjorden har vært kompostert sammen med bark og spon fra Hunsfos fabrikk på Holskogen avfallsplass. Komposten ligger i ranker i fem uker og snus når temperaturen overstiger 65°C. Det har blitt produsert 6 - 8.000 tonn slamkompost pr. år siden slutten på 80-tallet, og mesteparten av dette blir brukt på grøntarealer i kommunen av ingeniørvesenet, parkvesenet og veivesenet (Diesen, 1996). Erfaringene med bruk av slamkomposten er meget gode i ingeniørvesenet. Komposten legges ut i rabatter og veiskråninger, og er grei å arbeide med.

Tidligere var det en del store barkbiter i komposten, men de siste halvannet årene har man siktet komposten før utkjøring. Det eneste problemet er at man må søke for hvert nytt areal man skal bruke komposten på. Dette er svært tungvint, og det fører til at man må bruke andre masser enkelte steder fordi man ikke har tid til å vente på søknadsbehandlingen. Komposten er solgt for 40 kr/m³ for å dekke opplastingskostnadene. Nå skal slam og våt-organisk avfall fra kommunen komposteres av Renovasjonsselskapet for Kristiansandsregionen (RKR) på Støleheia fyllplass, men man har foreløpig ikke fått noe ferdig produkt derfra. Etterspørselen etter slamkompost er imidlertid nå større enn tilbudet i Kristiansand kommune.

3.4.7 Bruk av tørket slam til forskjellige formål på Jæren

Slampelleten fra SNJ er brukt til sprøytesåing av veiskråninger, til gjødsel for hekkplanter og leplanter på Jæren, med blandet hell. Pelletsen egner seg imidlertid meget bra til plen.

Sprøytesåing i veiskråninger

En lokal entreprenør kjørte slampelleten fra Sentralrenseanlegg Nord-Jæren (SNJ) gjennom en kornknuser, og blandet den med gressfrø og vann (Ohr, 1996). Denne blandingen ble sprøytet på vegskråninger istedenfor normal sprøytesåing med kunstgjødsel. Vegvesenet kunne etterpå ikke se forskjell på dette feltet og de som var sprøytet med kunstgjødsel. Vegvesenet var derfor interessert i å bruke mer av denne blandingen, men det gikk med så lite slam (ca. 100 kg/daa) at denne bruksformen ble lite interessant for renseanlegget.

Hekkeplanter

Tørket slam fra SNJ ble lagt ut i ulike mengder og moldet ned på et 3,4 daa stort jordbruksareal med moldfattig sandjord (Ohr, 1996). Forsøket er delt i 5 ledd som gjentas én gang. Det er brukt 30, 60 og 120 tonn slam pr. dekar. 10-20 ulike hekkplanter av løvtrær skal dyrkes, og veksten skal sammenlignes med veksten på et ledd uten gjødsel, og ett ledd med optimal gjødsling med kunstgjødsel. Plantekvaliteten i de enkelte rutene bedømmes av uavhengige fagfolk etter en karakterskala. I tillegg skal det tas ut noen jordprøver for å følge næringstilstanden i jorda.

Plantene viser generelt god toleranse for store slammengder. Det er noe dårligere kvalitet på plantene i leddet med størst slammengde (120 tonn/daa), særlig første året, da mange planter døde. Dette kan skyldes tørkeskade fordi den tørre og hardpakkede pelletsen har endret den fysiske tilstanden i jorda, eller det kan være en form for giftvirkning. Det første er mest sannsynlig, både fordi pelletsen bruker flere år på å smuldre opp, og fordi det ikke er registrert vanlige symptomer på giftvirkning.

Selv om det er tilført relativt store mengder næring (særlig nitrogen) synes det som om plantene i liten grad greier å nyttiggjøre seg dette. Det er ikke bedre planter eller bedre vekst på leddene med slam enn på nullleddet.

Leplanting

I værekspionert område med moldfattig jord er det svært vanskelig å etablere lebelte. Det er lagt ut felt innenfor strandsonen på Bybergsanden på Jæren, både med slampelleten og avfallskompost i ulike mengder for å se om dette kan gi bedre etableringsbetingelser. Forsøket styres av Planteforsk Sørheim. Plantene som ble satt ut i 1995, døde. Etter planen skal det være satt ut nye planter i 1996.

Plen på egne anlegg

IVAR har også brukt slampelleten i egne grøntanlegg som er lagt ut i år. På et anlegg hvor det ble sådd plen i vår, står denne plenen nå grønn og fin, men man kan fremdeles se slampelleten nedi plenen. På Vike renseanlegg ville man lage blomstereng, men gresset vokste så mye at det ikke ble noe blomster i enga.

3.4.8 Bruk av kompostert slam på grøntområder i Ålesund

Slamkompost fra Ålesund er brukt både på golfbane og i slalåmbakke med godt resultat.

Ålesund kommune har et mekanisk-kjemisk renseanlegg med kalkfelling og rankekompostering av slammet med 50% bark og flis. Man har egen rankevender, men har etter hvert begynt å sru haugene med hjullaster og kompostskuff. Komposten leveres usåldet med flis opptil 10 cm til parkvesenet i byen og til vegvesenet. 8 lass kompost ble nettopp brukt til opparbeiding av en golfbane, og man brukte 300 m³ slamkompost til å dekke en 8 mål slalåmbakke med ujevnt underlag. Her jevnet man ut torvlaget og blandet slamkomposten inn i de stedlige massene med en liten gravemaskin, og slammet ble kjørt ut med traktor og henger. Området ble gressådd, og er grønt etter ca. 14 dager.

3.5 Bruk av slam i gjødselprodukter

Agronova AS arbeider med å utvikle en teknologi for produksjon av gjødselprodukter basert på bl.a. slam.

Agronova AS har i samarbeid med Norges Landbrukshøgskole og Norges Forskningsråd utviklet en teknologi for produksjon av avfallsbasert organisk gjødsel for salg i og utenfor landbruket. Metoden hydrolyserer avvannet råslam, og man tilsetter mineralsk nitrogen og kalium før produktet tørkes og pelleteres eller granuleres. Produksjonsmetoden er patentsøkt, og man får ut en organisk-mineralsk gjødsel med 85% tørrstoff og fastsatt innhold av NPK, f.eks. 7-1-3. Prosjektet har pågått i tre år, og man har foreløpig laget tre prototyper i laboratorieskala og skal nå ta stilling til om man skal bygge et pilotanlegg i 1997. Dersom man bestemmer seg for å bygge et fullskala anlegg, vil man kunne bruke inntil 30.000 m³ avvannet slam. Det er imidlertid flere problemstillinger som ikke er helt avklart, bl.a. hvordan slamregelverket vil innvirke på omsetteligheten av et slikt produkt.

4 Potensiale for alternative bruksområder for slam i forskjellige regioner i Norge

De fylkesvise slamplanene fokuserer i liten grad på potensialet for bruk av slam til andre formål enn jordbruket. I 1995 ble det i Norge produsert 92.933 tonn tørrstoff (SSB, 1996), og 6,9% av dette ble brukt på grøntarealer, 8,3% til "annet formål".

4.1 Østfold

Østfold har kommet langt på alternativ slambruk, og vil kunne bruke inntil 3.000 tonn slamtørrstoff pr. år (45% av produksjonen) utenom jordbruket.

Fylkesslamplanen er laget i 1995. Det ble produsert ca. 6.600 tonn slamtørrstoff i fylket i 1994 (Richter, 1996), og det forventes en økning til ca. 7.100 tonn i år 2003. Bare 7% av kornarealet er nødvendig for å kunne spre alt slammet i fylket, men det har vært en del skepsis til å ta imot slam blant bøndene i Østfold. I slamplanen har man anslått et behov på ca. 12.000 m³ dyrkingsmedium pr. år i Østfold i de nærmeste årene, og at ca. 4.000 m³ avvannet slam maksimalt kan brukes til dette formålet. I rapporten "Alternativ slamdisponering i Østfold" (Nedland, 1997) regner vi med at inntil 7.000 m³ avvannet slam (1.750 tonn tørrstoff) pr. år kan brukes på veianlegg og parkanlegg, og inntil 5.000 m³ (1.250 m³ tørrstoff) til vekstjord i nedlagte massetak. Det er imidlertid mange aktører på dette feltet, og det vil bli enda vanskeligere å få brukt store slammengder til dette formålet når det kommer store mengder kompostert våtorganisk avfall på dette markedet.

Som vi ser av kapitlene 3.3.2, 3.3.3 og 3.3.4 er det i Østfold flere private anleggsgartnere og kommunale parkvesen og ingeniørvesen som har fått øynene opp for at man kan lage god jord av avløpsslam, og det er derfor godt mulig at man kan få brukt ca. 1/3 av slamproduksjonen til slike formål. I 1993 brukte man 4% på grøntarealer, mens denne prosenten i 1996 vil bli atskillig høyere.

4.2 Oslo og Akerhus

Man kan bruke inntil 6.500 tonn slamtørrstoff pr. år i grøntarealsektoren (25% av årsproduksjonen) om man satser bevisst på dette området i Oslo og Akershus.

Fylkesslamplanen er laget i 1995. Slammengdene forventes å bli redusert fra ca. 27.400 tonn tørrstoff pr. år i 1993 til ca. 25.700 tonn i år 2003. Det er tre ganger så mye kornareal som det som trengs for å spre alt slammet, men mye slam fra de største renseanleggene kjøres også til bønder i Buskerud og Østfold. Det er også store vei-, jernbane- og flyplassprosjekter som trenger mye vekstjord, bl.a. 50.000 m³ til Gardermobanen, ca. 10.000 m³ pr. år til veiprosjekter i regi av Statens Vegvesen, og 3-4.000 m³ pr. år til Oslo park- og idrettsvesen. Det skulle derfor kunne benyttes inntil 1/4 av årsproduksjonen til slike formål om man satser bevisst på dette og driver bra markedsføring. Det er også interesse for å starte produksjon av vekstjord laget av slam og kvistavfall, og det er et stort behov for slik jord bl.a. hos anleggsgartnere. I 1993 brukte man bare 2,5% av slammet på grøntarealer.

4.3 Hedmark

Det er satset lite på alternativ slambruk i dette fylket.

Fylkesmannen i Hedmark har laget en revidert slamplan i 1996. Vi har hentet følgende tall fra Richter (1996): I 1994 ble det produsert 6.600 tonn tørrstoff, hvorav 20% ble brukt på grøntarealer. Vi vet ikke hva den relativt høye prosentsatsen skyldes. Man trenger bare 12% av kornarealet for å kunne spre alt slammet i fylket. Det største renseanlegget, HIAS, har satset på å ta ut energi og fellingskemikalier, minimalisere slammengdene og legge restproduktet på fyllplass, mens andre anlegg i stor grad satser på jordbruket. Slamproduksjonen vil øke til ca. 7.400 tonn tørrstoff ca. år 2000. Det er i slamplanen ikke sett på bruk av slam utenom jordbruket, bortsett fra at HIAS anbefales å bruke sitt sluttprodukt i vekstjord og ikke deponere det på fylling.

4.4 Oppland

Det er satset lite på alternativ slambruk i dette fylket.

Fylkesslamplanen er laget i 1994. Slammengdene forventes å øke fra 6.900 tonn tørrstoff i 1992 til ca. 8.500 tonn tørrstoff i år 2000. Ca. 20% av kornarealet er nok til å dekke behovet for spredeareal for avløpsslammet fra fylket, og man har foreløpig vært lite opptatt av alternativ slamdisponering. Kun 1% av slammet ble brukt på grøntarealer i 1992. Det er derfor ikke beregnet noe behov for vekstjord i dette fylket.

4.5 Buskerud

I nedre Buskerud arbeides det aktivt for å finne mulige alternative disponeringsmåter for slam.

I dette fylket har Fylkesmannens miljøvernavdeling laget slamplanen i 1995. Slammengdene vil øke fra ca. 8.500 tonn tørrstoff i 1994 til ca. 14.400 tonn tørrstoff i år 2000 (Richter, 1996). I fremtiden vil hele 43% av tilgjengelig jordbruksareal bli brukt til slamspredning dersom alt slammet skulle spres i jordbruket. I 1992 ble ca. 11% av slammet brukt på grøntarealer. Det er ikke klarlagt hvilke grøntarealer som kan være aktuelle for slamspredning, men man har hatt møte med Statens Vegvesen i desember 1994, og vegvesenet har brukt litt slam på enkelte veiparseller i Buskerud. Kommunene i nedre Buskerud gikk sammen om å lage en utredning om mulige anvendelsesområder for slam i området, og her ble det pekt på mange mulige bruksområder (Holdhus, 1996A).

4.6 Vestfold

Veivesenet i Vestfold har ikke vært interessert i å bruke slam til ny E-18, men det skal brukes mye slam i en slalåmbakke i Lardal.

Fylkesslamplanen ble revidert i 1994. Da ble det produsert 3.800 tonn slamtørrstoff i fylket, og dette forventes å øke til ca. 9.000 tonn tørrstoff pr. år i fremtiden (Richter, 1996). Det er mer enn stort nok kornareal til å kunne ta imot alt slammet i fylket. I 1992 ble 10% av slammet brukt på grøntarealer, mens 5% av produksjonen ble brukt til dette formålet i 1993. Dette var stort sett kompostert slam fra Nord-Jarlsberg avfallsselskap.

I slamplanen blir skrotsteinsfyllinger sett på som et aktuelt område for benyttelse av avløpsslam. Det blir anslått at man skal ha vekstjord på ca. 410 daa i forbindelse med utbygging av E-18 i nordre del av Vestfold. Man regner med at 20-30% av slamproduksjonen nord i fylket kunne brukes til dette formålet. Vestfold veikontor har foreløpig ikke villet bruke slam til E-18. I 1997 har Sandefjord renseanlegg fått en avtale om å levere slam til en slalåmbakke på Svarstad skisenter.

4.7 Telemark

I nedre Telemark har man brukt mye slam på grøntarealer, og ca. 1.000 tonn slamtørrestoff pr. år (25% av årsproduksjonen) kan brukes til dette formålet.

Slamplanen for Telemark er laget i 1992. Det er også laget en senere slambruksplan for Nedre Telemark i 1994 av kommunene i regionen i samarbeid med fylkesmannens miljøvernavdeling og landbruksavdeling. Det ble produsert 5.250 tonn slamtørrestoff i fylket i 1991, og dette var forventet å øke til 6.050 tonn tørrestoff ved årtusenskiftet (Richter, 1996). Dette tilsier at hele 75% av tilgjengelig kornareal måtte brukes til slamspredning for å få brukt alt slammet i jordbruket. 17% av slammet ble brukt på grøntarealer i 1991.

I slambruksplan for Nedre Telemark har man anslått at vegvesenet har et årlig behov for ca. 4.000 m³ vekstjord, parkvesen 1.000 m³ og industriarealer 1.000 m³. Ved å regne 50% slamtilsetning til vekstjorda (kun 30% er lovlig etter slamforskriften) og 5-10 cm tykkelse på vekstjorda, kunne 1.050 tonn slamtørrestoff, eller 24% av den totale slamproduksjonen i regionen brukes på grøntarealer. I denne regionen har man også brukt mye slam på slike områder (jfr. kap. 3.4.5).

4.8 Aust-Agder

Det er satset lite på alternativ slambruk i dette fylket.

Slamplanen for Aust-Agder ble laget i 1990. Richter (1996) har anslått slammengdene i 1994 til 1.080 tonn tørrestoff, mens forventet fremtidige slammengder er ca. 4.200 tonn tørrestoff. I dette fylket er det lite kornarealer, og man er derfor nødt til å disponere slammet på andre måter. Det er ikke diskutert konkret hvordan man skal kunne få brukt slammet på andre områder enn jordbruksarealer, og alt slammet gikk til deponi i 1994 (Richter, 1996).

4.9 Vest-Agder

I dette fylket brukes nesten halvparten av slammet på grøntarealer, og man har satset kraftig på dette feltet, spesielt i Kristiansand.

Slamplanen for Vest-Agder er fra 1992. Richter (1996) anslår produksjonen til 6.500 tonn tørrestoff i 1994, økende til ca. 8.300 tonn i år 2000. I Vest-Agder er det lite kornareal, og man har måttet satse mer på alternativ disponering (jfr. kap. 3.4.6). I 1994 ble så mye som 41% av slammet brukt på grøntarealer. Man har satset stort på å få i gang demonstrasjonsprosjekter, og dette har også ført til etterspørsel etter slam på grøntarealer.

4.10 Rogaland

Det er behov for en del vekstjord i fylket, men det har vært vanskelig å finne alternative områder å bruke slam på.

Fylkesslamplanen for Rogaland ble laget i 1995. I Rogaland ble det produsert ca. 3.700 tonn slamtørstoff i 1993, og forventet slammengde i år 2003 er ca. 5.400 tonn tørstoff. Ikke noe slam ble brukt til annet enn toppdekke på fyllplass og deponering i 1993. Slamplanen foreslår følgende mulige bruksområder i et fylke der det er overskudd av husdyrgjødsel: Statens Vegvesen, Rogaland, bruker ca. 8-9.000 m³ vekstjord pr. år, og her kan man blande inn ca. 3.000 m³ avløpsslam, som er ca. 40% av årsproduksjonen i år 2003. Kommunale etater vil også ha behov for vekstjord, og IVAR har satt i gang en rekke demonstrasjonsprosjekter for å få økt avsetning på slammet sitt (jfr. kap. 3.3.6 og 3.4.7). Foreløpig har man i stor grad hatt problemer med slamforskriften og gjødselvarselsforskriften når man har forsøkt nye veier for å få vekk noe slam fra fyllplassen på Sele.

4.11 Hordaland

Det er stort behov for å finne alternative disponeringsløsninger for slam i dette fylket, men foreløpig har man ikke kommet så langt på feltet.

Slamplanen for dette fylket ble laget i 1991. Richter (1996) anslår slammengdene som ble produsert i 1994 til 14.500 tonn tørstoff, økende til 15.200 tonn tørstoff i år 2000. Alt slammet i 1994 ble brukt som toppdekke på fyllplass. I Hordaland er det svært lite kornarealer, så alt slammet må finne alternative anvendelsesområder. Det er lite konkrete forslag til hvordan man skal kunne benytte slammet i fylket, men det er forslag om å bruke noe slam til grøntanlegg i forbindelse med større masseopptyllinger i Bergen. Fritidsseksjonen i Bergen kommune kjøper store mengder jord hvert år, og man har planer om å langtidslagre slammet fra kommunen og bruke det til vekstjord etterpå.

4.12 Sogn og Fjordane

Det er satset lite på alternativ slambruk i dette fylket.

I dette fylket er det ikke utarbeidet slamplan. Richter (1996) anslår produsert slammengde i 1994 til 1.000 tonn tørstoff, med en forventet vekst til ca. 1.300 tonn ved årtusenskiftet. Også i dette fylket går alt slam i 1994 til bruk på fyllplass. Heller ikke i Sogn og Fjordane er det nok kornareal til å spre slammet, men de relativt små slammengdene utgjør ikke noe stort problem på fyllplassene.

4.13 Møre og Romsdal

I dette fylket vil man kunne bruke alt slammet på grøntarealer om man satser mye på dette feltet.

Del II av slamplan for Møre og Romsdal: Behandling og disponering av kloakkslam, ble utarbeidet i 1996. Richter (1996) har anslått slamproduksjonen til 1.500 tonn tørstoff i 1994, og like mye i år 2000. 5% av slammet gikk til grøntarealer i 1994. I dette fylket er det kun nødvendig å bruke 2% av kornarealet for å få spredd alt slammet i fylket. I Aure kommune komposterer man slammet og bruker det på plenarealer. I Ålesund tar parketaten noe kompostert slam (jfr. kap. 3.3.7 og 3.4.8). Slamplanen antar at

kommunene trenger dyrkingsmedium tilsvarende ca. 10.000 m³ avvannet slam pr. år, mens produsenter av dyrkingsmedium maksimalt kan trenge 1.000 m³ avvannet slam. Anleggsentreprenører og Statens Vegvesen kan bruke inntil 1.250 m³ avvannet slam pr. år, mens private vil kunne ta imot inntil 20.000 m³ avvannet slam. Dersom man får bruke slammet i private hager, og tar ca. 25% av markedet, kan man bruke alt slammet i Møre og Romsdal til disse formålene, men dette vil kreve en stor innsats fra kommunene.

4.14 Sør-Trøndelag

1.000 tonn tørrstoff pr. år skal brukes til å lage vekstjord av i Trondheim.

Slamplanen for dette fylket ble laget i 1992. Produksjonen i 1990 ble anslått til ca. 2.300 tonn tørrstoff, økende til 10.300 tonn ca. år 2000. I dette fylket er det store kornarealer, men på grunn av høyt nikkelinnhold i jorda er det likevel vanskelig å finne egnede spredearealer. Man har derfor begynt å se seg om etter andre anvendelsesområder, og i Trondheim satser man nå på å lage vekstjord i samarbeid med Bratsberg Parkanlegg, som skal ta imot ca. 3.000 m³ avvannet slam pr. år (jfr. kap. 3.3.8). Potensialet for vekstjord er antakelig enda større i dette området, dersom gjødselveforskriften legger til rette for det.

4.15 Nord-Trøndelag

Det er satset lite på alternativ slambruk i dette fylket.

Denne slamplanen ble laget i 1991. Richter (1996) anslår produksjonen av slam i 1994 til ca. 1.900 tonn tørrstoff, og denne forventes å øke til ca. 5.500 tonn rundt årtusenskiftet. 4% av slammet ble brukt på grøntarealer i 1994. Bare 7% av tilgjengelig jordbruksareal er nødvendig for å spre alt slammet i fylket i år 2000 (Richter, 1996). Det er fokusert lite på alternativ slamdisponering til bruk på jordbruksområder i slamplanen.

4.16 Nordland

Det er satset lite på alternativ slambruk i dette fylket.

Fylkesslamplanen er laget i 1994. Det ble produsert ca. 1.250 tonn slamtørrstoff i fylket i 1993, og dette forventes å øke til ca. 1.800 tonn i år 2000. Så godt som alt slammet i fylket disponeres på fyllplass, selv om bare 1% av tilgjengelig jordbruksareal behøver å bli brukt for å spre alt slammet i fylket. Det vil også være mange lokale fyllplasser som skal avsluttes i de kommende årene, og som trenger toppdekke. Dersom slamkvaliteten blir god nok, kan også en del slam benyttes til veianlegg eller kommunale grøntområder.

4.17 Troms

Det er satset lite på alternativ slambruk i dette fylket.

Fylkesmannens miljøvernavdeling har selv utarbeidet slamplanen for fylket i 1993. Richter (1996) anslår slamproduksjonen i 1994 til ca. 600 tonn tørrstoff, økende til 900 tonn ved årtusenskiftet. 5% av slammet brukes i jordbruket, mens resten blir disponert på fyllplass, selv om man bare behøvde å bruke ca. 9% av tilgjengelig jordbruksareal i fylket som

spredeareal for alt slammet i fylket. Det er ikke sett på alternative disponeringsmuligheter i slamplanen for fylket.

4.18 Finnmark

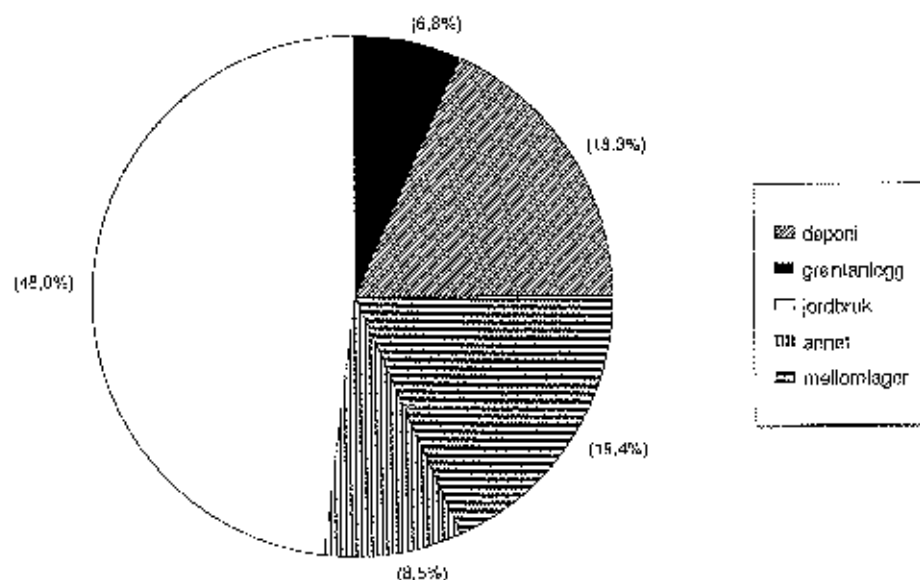
Det er satset lite på alternativ slambruk i dette fylket.

Det er ikke laget slamplan for fylket, men Richter (1996) anslår slammengdene i 1994 til ca. 750 tonn tørrstoff, økende til ca. 1.100 tonn i år 2000. Alt slam blir sannsynligvis disponert på fyllplass i dag. 5% av tilgjengelig jordbruksareal er nok til å spre alt slammet i fylket. Bruk av slam på grøntområder synes mindre aktuelt i fylket.

4.19 Disponering av slam i 1995

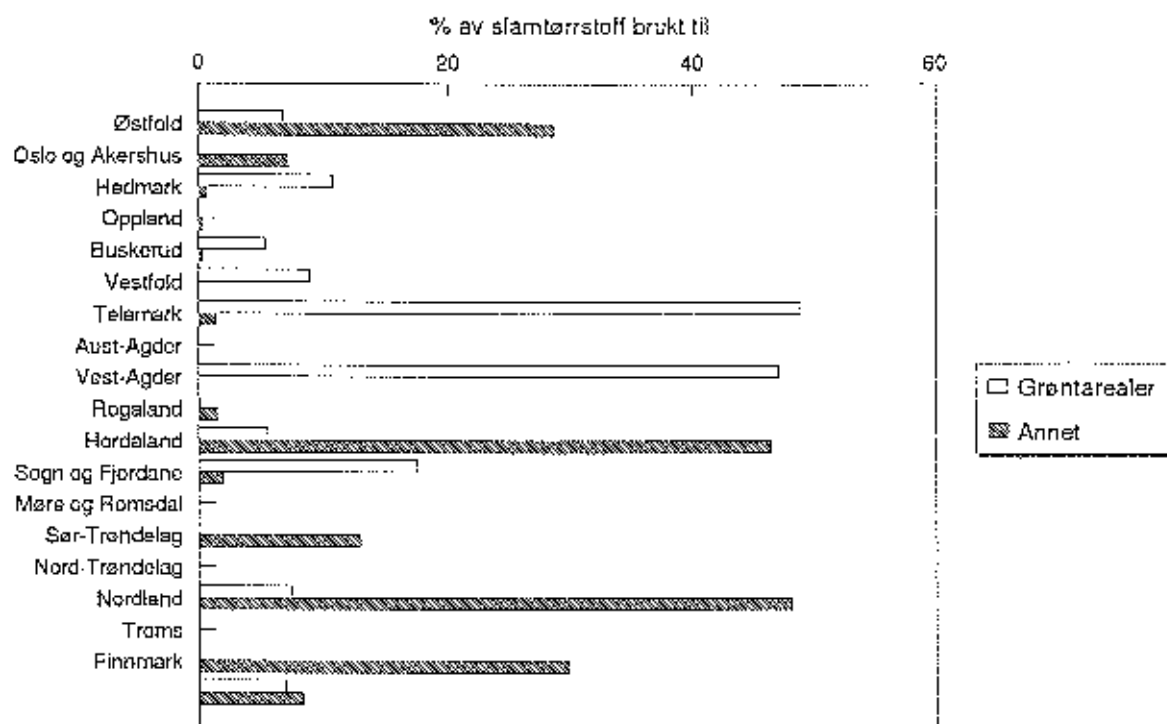
Fra Statistisk Sentralbyrå har vi fått opplysninger om slamdisponering i 1995 (SSB, 1996). Dette året ble det produsert 92.933 tonn slam-tørrstoff i Norge. 6,9% av slammet ble brukt på grøntarealer, og i tillegg ble det brukt 8,3% av slammet til "annet" (figur 4.1). Noe av dette slammet kan vi nok regne med er alternativt disponert, men vi mangler eksakte opplysninger om dette. Dersom vi ser bort fra slammet som gikk til mellomlager, ble 8,5% av slammet brukt på grøntarealer, og 10,1% brukt til "annet" i 1995.

Figur 4.1 Disponering av slam i Norge i 1995



I figur 4.2 har vi vist hvor stor del av slammet som ble disponert på grøntarealer og til "annet" i fylkene i 1995. I Telemark og Vest-Agder har man brukt en stor del av slammet på grøntarealer dette året, mens man i Nordland, Hordaland, Finnmark og Østfold har disponert mye slam til "annet".

Figur 4.2 Fylkesvis bruk av slam til grøntarealer i 1995



5 Bør slamforskriften og gjødselvarereforskriften mykes opp for å gjøre alternativt slambruk lettere?

5.1 Nytt regelverk gjeldende fra 27.09.96 (slamforskriften) og 1.10.96 (gjødselvarereforskriften)

I det nye regelverket kommer avløpsslam og kompost som inneholder avløpsslam inn under slamforskriften, mens dyrkingsmedier med avløpsslam (maks. 30 volumprosent) reguleres av gjødselvarereforskriften. Det kan legges 5 cm rent slam eller dyrkingsmedium tilsvarende 5 cm rent slam på grøntarealer.

5.1.1 Regelverk

Den reviderte slamforskriften ble gjort gjeldende fra 27.09.96, og gjødselvarereforskriften ble gjort gjeldende fra 1.10.96.

Det er ikke gjort store endringer i forskriftene når det gjelder bruk av slam på grøntarealer. De endringene som er av betydning for dette prosjektet, er:

Gjødselvarereforskriftens §1, 2. avsnitt:

Forskriften gjelder ikke for avløpsslam, herunder avløpsslam tilsatt strukturmateriale, eller for ubehandlet og/eller naturlig tørket husdyrgjødsel. Forskriften gjelder likevel for gjødsel, jordforbedringsmidler og dyrkingsmedier med avløpsslam som ingrediens, eller som utelukkende består av slam som har vært gjenstand for teknisk foredling som går utover ordinær hygienisering og stabilisering.

Vedlegg 8 til gjødselvarereforskriften: Kvalitetskriterier for gjødselvarer basert på organisk avfall

Kvalitetskravet til tungmetaller i klasse I er lempet i forhold til høringsutkastet til gjødselvarereforskriften, mens kravene til klasse II og III er de samme som var ute på høring høsten 1995. Følgende maksimum tillatt innhold angitt i mg/kg tørrstoff (totalinnhold), gjelder for avfallsbaserte produkter:

Tungmetall	Kvalitetsklasse I	Kvalitetsklasse II	Kvalitetsklasse III
Kadmium	0,8	2*	5
Bly	60	80	200
Kvikksølv	0,6	3	5
Nikkel	30	50	80
Sink	400	800	1500
Kobber	150	650	1000
Krom	60	100	150

* Frem til 31.12.99 kan produkter med inntil 2,5 mg Cd/kg TS merkes med kvalitetsklasse II.

Det er imidlertid tatt med et nytt avsnitt 2.3 Bruksmuligheter i vedlegg 8 til forskriften:

Kvalitetsklasse I: Kan nyttes på jordbruksareal, private hager og parker med inntil 4 tonn tørrstoff pr. dekar pr. 10 år.

Kvalitetsklasse II: Kan nyttes på jordbruksareal, private hager og parker med inntil 2 tonn tørrstoff pr. dekar pr. 10 år.

Kvalitetsklasse III: Kan nyttes på grøntarealer og lignende arealer der det ikke skal dyrkes mat- eller forvekster. Produktet skal legges ut i lag på maksimalt 5 cm tykkelse og blandes inn i jorda på bruksstedet. Brukt til toppdekke på avfallsfyllinger skal dekkjiktet være maksimalt 15 cm.

Slamforskriftens §2:

Her er tatt med en ekstra setning: Forskriften gjelder også slam tilsatt strukturmateriale.

Slamforskriftens §3:

Under punkt a) er også tatt med: som ingrediens i **organisk gjødse**, jordforbedringsmidler, dyrkingsmedier... (endringen er **uthevet**)

Slamforskriftens §9:

Kravet til tungmetaller i slam er skjerpet. Innholdet av tungmetaller i slam som skal brukes må ikke overstige verdiene i tabellen nedenfor. Verdiene er angitt i mg/kg TS.

Tungmetall	Jordbruksareal, private hager og parker	Grøntareal
Kadmium	2 ¹	5
Bly	80	200
Kvikksølv	3	5
Nikkel	50	80
Sink	800	1.500
Kobber	650	1.000
Krom	100	150

¹ Frem til 31.12.1999 kan slam med kadmiuminnhold på inntil 2,5 mg pr. kg TS brukes på jordbruksarealer.

Slamforskriftens §11:

I slamforskriften er det bare gjort kosmetiske endringer i §11. Det står om bruk av slam på grøntarealer (endringer er **uthevet**):

Ved bruk av ublandet slam på grøntarealer skal slammet være godt omsatt, opptørket og smuldre lett. Det skal legges ut i lag på maksimalt 5 cm tykkelse og blandes inn i jorda på bruksstedet. Ved bruk av slam til toppdekke på avfallsfyllinger skal dekkjiktet maksimalt være 15 cm slam.

I private hager, parker, lekeareal o.l. må slam bare brukes som en del av et dyrkingsmedium.

Det gjelder de samme krav til brukskvalitet for slam som inngår i **organisk gjødsel, jordforbedringsmidler og dyrkingsmedier**, som til slam.

5.1.2 Kommentarer

Det er bra at det er lagt inn en mulighet til å få godkjent "slam som har vært gjenstand for teknisk foredling som går utover ordinær hygienisering og stabilisering" i henhold til gjødselvereforskriften. Dette fordi et produkt som er godkjent av Landbrukstilsynet etter gjødselvereforskriften vil kunne omsettes uten at man må søke om tillatelse i hvert enkelt tilfelle eller etter en godkjent slambruksplan. Imidlertid vil det ikke lenger bli så viktig å få foredlet slammet til et produkt som kan godkjennes etter gjødselvereforskriften, når man får de samme mengdebegrensningene for dette produktet som for rent slam. Den eneste grunnen måtte være hvis slamproduktet overholder kravene i kvalitetsklasse I etter gjødselvereforskriften og skal brukes på jordbruksarealer. Da kan man få spre dobbelt så mye av dette produktet, sammenlignet med rent slam.

De nye mengdebegrensningene for avfallsprodukter som blir godkjent i kvalitetsklasse I og III vil derimot kunne skape en del problemer for dyrkingsmedier (kap. 5.2). Dette kommer vi nærmere inn på under dette kapitlet.

5.2 Bruk av slam i dyrkingsmedier

De som lager dyrkingsmedier må søke om registrering og produktgodkjenning hos Statens Landbrukstilsyn. Etter godkjenning av produktet kan dette brukes i henhold til forskriften uten ytterligere tillatelse fra kommunen der det brukes.

5.2.1 Regelverk

Slam som skal brukes i dyrkingsmedier (vekstjord), må på forhånd være godkjent til dette formål av helsemyndighetene. Den som lager dyrkingsmedier må så søke om registrering og produktgodkjenning av varen på eget skjema til Statens Landbrukstilsyn. Dersom man får godkjent varen, kan denne omsettes fritt i henhold til produktgodkjenningen, så lenge den overholder kravene til tungmetallinnhold. Det blir altså ikke nødvendig å søke kommunen om tillatelse til bruk for hvert område så lenge man har fått en produktgodkjenning av Landbrukstilsynet. Imidlertid må man få en engangsgodkjenning av dyrkingsmediet av kommunen der produksjonen foregår. Den som lager et dyrkingsmedium skal årlig rapportere omsatt mengde produkt.

I henhold til gjødselvereforskriften skal dyrkingsmedier nå kun spres i 5 cm tykkelse og blandes med jorda på stedet. Imidlertid velger Landbrukstilsynet å tolke dette som om det er 5 cm rent slam som tillates, slik at man kan spre 17 cm dyrkingsmedium med 30 volum-% slam på grøntarealer.

I kommentarene til slamforskriften er tatt med at slam ikke bør inngå i innpakkede produkter som eksempelvis selges i forretninger.

5.2.2 Kommentarer

Landbruksdepartementet innrømmer at det skulle ha vært et eget kapittel om dyrkingsmedier i regelverket, men nå er det for sent å endre på dette i denne omgang. Inntil det kommer revidert forskrift, tillater likevel Landbrukstilsynet at man kan legge ut dyrkingsmedium tilsvarende 5 cm rent slam på grøntarealer (dvs. 17 cm dyrkingsmedium med 30 volumprosent slam).

5.3 Bruk av ublandet slam på grøntarealer

Slammet skal i henhold til slamforskriften være godt omsatt, opptørket og smuldre lett. Det skal legges ut i maksimalt 5 cm tykkelse, og blandes inn i jorda på bruksstedet. Det kreves tillatelse fra kommunen der slammet skal legges ut.

5.3.1 Regelverk

Når det brukes ublandet slam på grøntarealer, skal slammet i henhold til slamforskriften være godt omsatt, opptørket og smuldre fett. Det legges ut et lag på maksimalt 5 cm tykkelse og blandes inn i jorda på bruksstedet. Ved bruk av slam til toppdekke på avfallsfyllinger skal deksjiktet være maksimalt 15 cm slam. I private hager, parker, lekeareal o.l. må slam bare brukes som en del av et dyrkingsmedium (se kap. 5.2). Ved bruk av slam må bruker eller slamprodusent/leverandør ha tillatelse fra kommunen. Tillatelse til bruk kan gis som enkelttillatelse. I de tilfeller det er utarbeidet slambruksplan, kan tillatelsen gis for inntil 10 år om gangen.

5.3.2 Kommentarer

Regelverket legger opp til at man må søke kommunen om tillatelse til å spre slam i hvert enkelt tilfelle. For grøntområder blir dette svært komplisert, fordi man får en langvarig godkjennelsesprosess for hvert lite område. For kommuner som ønsker å bruke slam på egne grøntarealer, lønner det seg da å utarbeide en slambruksplan for alle grøntområdene i kommunen. Det samme gjelder ved bruk av slam på store vei- eller jernbaneanlegg. Man kan også få godkjent et forediet slamprodukt etter gjødselvereforskriften (kap. 3.2.1), for å unngå å måtte søke om tillatelse for hver spredning.

5.4 Bruk av slam i gartnerier

Det må ikke brukes slam i gartnerier, og dette tolker Statens Landbrukstilsyn som drivhus.

5.4.1 Regelverk

I slamforskriften står det at slam ikke må brukes i gartnerier.

5.4.2 Kommentarer

Det er ikke definert hva som menes med gartnerier. Er for eksempel planteskoler som dyrker prydvexter også gartnerier? NORVAR har skrevet brev til myndighetene for å få avklart dette spørsmålet. Landbrukstilsynet velger å definere gartnerier som steder der produksjonen skjer i drivhus. Det skulle derfor være mulig å bruke slam på planteskoler.

5.5 Bruk av slam i skogbruket

Det er ikke tillatt å bruke slam i skogbruket, uten etter dispensasjon fra regelverket (f.eks. ved forskning).

5.5.1 Regelverk

I slamforskriften er ikke bruk i skogbruket tatt med. Det står ikke spesifikt at bruk i skogbruket ikke er tillatt, men skogbruket er heller ikke tatt med i definisjonen av disponering av slam.

5.5.2 Kommentarer

SFT presiserer at slam ikke er tillatt å bruke på områder som ikke er nevnt i slamforskriften. Det er dermed ikke tillatt å bruke slam i skogbruket. Det må i tilfelle søkes spesielt om dispensasjon til f.eks. forskningsprosjekter. Ut fra uttalelser fra forskningsmiljøene i skogbruket, er bruk av foredlet slam (høst tørket slam) aktuelt som gjødsel/jordforbedring i skogbruket. Det burde derfor være interessant å få mer forskning og utvikling innen denne sektoren, slik at man eventuelt senere kan ta dette med i slamforskriften som et bruksområde. Ved utplanting av trær vil det f.eks. kunne være aktuelt å ha noe opptørket slam i plantehullene som en "matpakke" for trærne, eller opptørket slam kunne spres ca. 30 år før sluttavvirkning f.eks. i skrinne furuskogsområder. I områder med overskudd av vekstjord kunne det også være interessant å legge ut 5 cm vekstmedie med 30 volumprosent slam på skrinne skogsområder, og tilplante med f.eks. gress. Dette er imidlertid ikke tillatt etter slamforskriften.

Bruk av slam til dyrking av energiskog er også et interessant område innen skogbruket, og det vil også kunne være aktuelt å dyrke juletrær i slam. Slike treplantasjer vil ikke komme inn under normalt skogbruk, og vi regner derfor med at det er mulig å bruke slam til disse formålene. Hvilke mengderestriksjoner som gjelder for slik produksjon (2 tonn slamtørrestoff pr. dekar pr. 10 år eller 5 cm slam) er usikkert.

5.6 Bruk av slam i eng

Det er ikke tillatt å spre slam i eng, heller ikke med injiseringsutstyr.

5.6.1 Regelverk

I slamforskriften står det at slam ikke må spres i eng.

5.6.2 Kommentarer

Forbudet mot bruk av slam i eng skyldes at man er engstelige for at beitede dyr skal spise slammet og dermed få i seg tungmetaller, organiske miljøgifter, og eventuelt tarmbakterier. Imidlertid finnes det i dag injiseringsutstyr som kan sprøyte slammet ned i jordsmonnet under engen. Ifølge SFT kan dette ikke heller tillates innenfor gjeldende regelverk.

6 Demonstrasjonsprosjekter for alternativ bruk av avløpsslam

Grøntarealsektoren og dyrking av energiskog er de mest aktuelle områder for demonstrasjonsprosjekter, men man må regne med høyere kostnader her enn ved bruk i jordbruket. Det kan lønne seg å finne samarbeidspartnere som kjenner området slammet skal brukes på, og som kan dosere slammet i riktig mengde.

6.1 Hvilke alternative bruksområder for slam skal man satse på?

Aktuelle prosjekter er veianlegg, revegetering av ikke-produktivt land, parkanlegg, badeplasser og idrettsanlegg, kirkegårder, energiskog og vekstjordproduksjon.

Sammenstillingen av erfaringer med bruk av slam til forskjellige formål (se kapittel 2 og 3) viser mange mulige veier å gå. I dette prosjektet ønsker vi å peke på de feltene der det vil kunne brukes store mengder slam uten at man i stor grad må videreforedle slammet fra det produktet vi får fra renseanleggene. Det er da først og fremst grøntarealsektoren som blir interessant, men også dyrking av energiskog dersom regjeringen følger opp satsingen sin på biobrensel.

6.1.1 Krav til slam som skal brukes på grøntarealer

Det kreves slam som er stabilisert og hygienisert, og som er tørt og oppsmuldret, på grøntarealer. Det må tas hensyn til nitrogenvirkningen av slammet ved beregning av slammengder, og de fleste steder vil slam som en del av et dyrkingsmedie være best egnet.

På bakgrunn av erfaringene som er gjort til nå i Norge er det et potensiale for større slambruk på grøntarealer. Større bruk krever imidlertid også større innsats for å markedsføre og demonstrere produktkvaliteten til slammet. Erfaringer til nå indikerer også at man må forvente å videreforedle slamproduktet før det eventuelt kan brukes på grøntarealer. Hvor mye videreforedling som kreves avhenger av hvor godt slamprodukt man har i utgangspunktet, og hva slamproduktet skal brukes til. Generelt kreves et mer foredlet produkt på grøntarealer enn det som kreves i jordbruket. Dette tilsier at man bør satse mest mulig på bruk i jordbruket, og ha bruk på grøntarealer som en reserve dersom man ikke kan finne nok jordbruksarealer å spre slammet på, eller man ikke klarer å overholde tungmetallkravene for jordbruksanvendelse.

På grøntarealsektoren vil man også i større grad enn i jordbruket støte på konkurrenter. Tradisjonelt har man brukt torv som organisk materiale i denne sektoren, men etter hvert vil også andre avfallsprodukter som kompostert hageavfall, våtorganisk avfall og avfall fra næringsmiddel- og treforedlingsindustrien, komme på markedet. Dette tilsier at markedet for avfallsbaserte produkter på grøntarealsektoren etter hvert i stor grad vil bli et kjøpers marked, hvor man ikke kan forvente å få dekket de ekstra kostnadene som videreforedling av slamproduktet krever. I utgangspunktet blir produkter som inneholder avløpsslam i større grad enn andre avfallsprodukter møtt med skepsis i markedet, fordi avløpsslam er følelsesmessig belastet. Grøntarealmarkedet krever også i stor grad markedsførings- og salgskompetanse for å få mest mulig igjen for de ekstra behandlingskostnadene. Det vil derfor kunne lønne seg å inngå samarbeidsavtaler med aktører som allerede arbeider i dette markedet, som jordprodusenter, anleggsgartnere, utbyggingsselskaper og hagesentra.

Hvilke slamprodukter egner seg på grøntarealsektoren? Slammet må være stabilisert og hygienisert, det må være tørt og oppsmuldret, og det må ikke ha sjenerende lukt. I praksis betyr dette at tørket og godt omsatt kompostert slam egner seg bra, mens utrånnet, våtkompostert eller langtidslagret slam må gjennomgå en uttørring for å tilfredsstille disse kravene. En blanding med knust kvist, torv eller skrapjord og sand eller leire med lagring 6 - 12 måneder vil kunne gi et bra produkt. Slam som er tilsatt mye kalk, som kalkfelt slam eller slam behandlet etter Orsa-metoden, vil til enkelte formål måtte blandes med andre slamtyper, fordi man ikke er interessert i en for sterk pH-hevende effekt i produkter til grøntarealer. Ønskelig innhold av Ca er ca. 3% av tørrstoffet i slike produkter, mens de nevnte kalkslamtypene normalt inneholder 15 - 25% Ca. Kompostert kalkfelt slam er imidlertid brukt på grøntarealer med godt resultat både i Kristiansand, Drammen og Ålesund (se kap. 3 3.7, 3.4.4, 3.4.6 og 3.4.8).

Ved bruk av slam på grøntarealer er det viktig å vite hva man gjør. Det er stor forskjell på nitrogenvirkningen til forskjellige slamtyper, og man må tilsette slammet i en mengde som står i forhold til den nitrogenmengden som plantene trenger. Utrånnet og opptørket slam har en nitrogenvirkning første året som tilsvarer ca. 0,5 kg gjødsel-N/m² (Vigerust, 1995). Med 30 m³ slam pr. dekar (10 cm dyrkingsmedium med 30 volum-% slam) svarer det til en gjødselmengde på 15-18 kg nitrogen pr. dekar, som er omtrent optimalt ved legging av plen. Gjennomsnittlig innhold av totalnitrogen for denne slamtypen er 2,5% av tørrstoffinnholdet; med høyere eller lavere analysetail endres gjødselvirkningen tilsvarende.

Planter som er i vekst hele sommerhalvåret, f.eks. gress, utnytter nitrogenet i slammet godt og kan i stor grad ta opp nitrogen etter hvert som det blir frigjort. Ved lengre tids lagring av slam og ved gode forhold for omsetning i lagret slam, tapes nitrogen. Derfor er det vanskelig å forutsi nitrogenvirkningen. På grøntarealer er det alltid ønskelig å følge med i veksten og gi tilskudd der en ser at veksten er for svak.

Fosforinnholdet i slam fra kjemisk felling er meget høyt, og fosformengden som tilføres grøntarealer overgår plantenes behov i flere år fremover. Resultatene fra forsøkene til Planteforsk med bruk av avløpsslam i jordbruket i årene 1994-96 viser at fosforet er lettest tilgjengelig ved bruk av kalkslam, men at ukalket slam også har fosforgjødsleegenskaper (Ekeberg, 1997).

Kaliuminnholdet i slam er lavt, og dette blir lett vasket ut, særlig ved stor nedbør (Vigerust, 1995). Aktuelle mengder slam på grøntarealer dekker behovet første året, mens man for de følgende årene bør ta utgangspunkt i behovet til vekstene.

Det er i prinsippet to forskjellige måter å benytte slam på grøntarealer på:

- som en del av et dyrkingsmedium
- ved utlegging av slammet direkte på stedet med innblanding i jorda som er der fra før.

Normalt vil man de fleste steder foretrekke å legge ut et dyrkingsmedium, fordi det ofte vil være forbundet med mye arbeid å frese slammet inn i de underliggende massene, da disse ofte er hardpakkede med mye stein i. På noen områder kan det imidlertid være aktuelt å legge ut godt omsatt og opptørket slam direkte.

På gressdekte områder vil det også være behov for vedlikehold av jorda med tilførsel av nytt organisk stoff, såkalt "toppdressing", som består av 1-2 cm med f.eks. slam som legges oppå gressdekket. I Norge er dette lite benyttet bortsett fra på områder som er utsatt for mye slitasje, som fotballbaner, golfbaner, badeplasser og mye brukte parkområder. Selv om slam i utgangspunktet ville kunne møte behovet for organisk stoff

på slike områder, er dette lite aktuelt på grunn av slamforskriftens krav om at slam skal blandes inn i massene på stedet. Imidlertid vil man kunne bruke dyrkingsmedier inneholdende slam også til dette formålet.

I tabell 6.1 er listet opp de mest aktuelle bruksområdene utenom jordbruket for foredlet avløpsslam, med tilhørende krav som stilles til produktene.

Tabell 6.1 Aktuelle produkttyper og kravspesifikasjoner til ulike bruksområder for slam.

Bruksområde	Produkttype	Krav til produktet/anbefalt bruksmåte
Veianlegg	Dyrkingsmedium til skjæringer og fyllinger	Sprøytesåing av en blanding av tørket slam, vann og gressfrø i tynne lag oppå utjevnete stedlige masser.
	Dyrkingsmedium til rabatter, støyvoller, busslommer	Dyrkingsmedium av avløpsslam (maks. 30 volum-%), torv og mineraljord, helst med lavt næringsinnhold.
	Slam til skjæringer og fyllinger	Godt omsatt og opptørket slam, freses ned i stedlige masser, maks. 5 cm tykkelse (helst lite nitrogen).
Områder uten vegetasjonsdekke (ikke-produktivt land)	Dyrkingsmedium til vegetasjonsdekke	Blanding av avløpsslam (maks. 30 volum-%) og mineraljord i 10-15 cm tykkelse.
	Slam til vegetasjonsdekke	Godt omsatt og opptørket slam, freses ned i stedlige masser, maks. 5 cm tykkelse.
Offentlige park- og grøntanlegg, badeplasser, ballplasser med naturgress	Dyrkingsmedium til nyanlegg og toppdressing	Blanding av avløpsslam (maks. 30 volum-%), torv og mineraljord uten store partikler. 10-15 cm tykkelse på nyanlegg, 1-2 cm til toppdressing. I parker har man bare lov å legge ut 2 til 4 tonn slamtørrestoff pr. dekar pr. 10 år i henhold til gjødselvarselsforskriften.
Kirkegårder	Dyrkingsmedium til nye gravplasser og toppdressing	Blanding av avløpsslam (maks. 30 volum-%), torv og mineraljord uten store partikler. 10-15 cm tykkelse på nye gravplasser, 1-2 cm til toppdressing.
Fotballbaner med gressdekke	Dyrkingsmedium til avslutningssjikt og til toppdressing	Spesielt tilpasset produkt bestående av ca. 20% slam, ca. 30% torv og ca. 50% finsand. Ca. 40 cm ved nyanlegg/rehabilitering, 1-2 cm til toppdressing.
Golfbaner	Dyrkingsmedium til avslutningssjikt og til toppdressing	Utslagsområder og "greens" krever toppdressing etter spesielle resepter. Slam kan inngå i slike. I tillegg kan slam brukes i dyrkingsmedier til opparbeiding av nye anlegg.
Private hager	Dyrkingsmedium til nyanlegg og toppdressing	Blanding av avløpsslam (maks. 30 volum-%), torv og mineraljord uten store partikler. Maks. 2 tonn tørrestoff pr. dekar pr. 10 år av dyrkingsmedium i kvalitetsklasse II, 4 tonn i kvalitetsklasse I.
Alpinanlegg, hoppbakker, skiløyper	Dyrkingsmedium til nyanlegg, erosjonssikring	Blanding av avløpsslam (maks. 30 volum-%) og mineraljord i 5-15 cm tykkelse.
Prydplanteproduksjon	Dyrkingsmedium	Innblanding av avløpsslam i andre masser for å få et jordprodukt som er tilpasset plantenes behov.
Energiskog	Slam til gjødsling	Avvannet slam som moldes ned i jorda, eller uavvannet slam som injiseres i jorda.
Jordproduksjon	Dyrkingsmedier til behovene nevnt ovenfor	Slammet må enten være godt omdannet og opptørket, eller man må blande det med andre produkter og lagre det til konsistensen er brukbar. Maks. 30 volumprosent slam.

6.1.2 Potensiale for bruk av slam til ulike formål

Det er et stort potensiale for bruk på nye veianlegg, områder ødelagt av naturinngrep, park- og idrettsanlegg, vekstjord- og energiskogproduksjon.

Som det fremgår av tabellen, krever forskjellige bruksområder innen grøntanleggssektoren ulike produkter. Veivesenet har f.eks. basert seg på sprøytesåing av fyllinger og skjæringer, og behovet for organisk stoff i slike blandinger er lite (ca. 100 kg/daa). Det brukes imidlertid betydelige mengder jord til rabatter, støyskjermer og busslommer ved nyanlegg av veier i byer. Veivesenet ønsker ikke at det skal gro for godt på slike steder, så slam bør benyttes sammen med torv til dette formålet. Behovet for slik jord varierer svært fra anlegg til anlegg, bl.a. avhengig av løsmasseforholdene på stedet. Til Rv. 109 mellom Sarpsborg og Fredrikstad ble det brukt ca. 6.000 m³ slam (kap. 3.3.2), og 1.100 m³ til Rv. 354 i Porsgrunn (kap. 3.4.5).

Landområder der vegetasjonsdekket er ødelagt av naturinngrep som masseuttak, skrotsteinsfyllinger, gruveområder og industriområder, vil kunne trenge nytt vegetasjonsdekke. Andre steder er vegetasjonsdekket tatt vare på og legges ut etter ferdig drift. Det har i liten grad vært kjøpt masser til å revegetere slike områder, men hvis miljømyndighetene blir strengere på dette feltet, vil det være et stort potensiale for bruk av slam her. Slammet kan enten legges ut direkte og freses inn i eksisterende masser, eller legges ut som en del av et dyrkingsmedium. Det vil gå med betydelige mengder slam til et slikt revegetasjonsprosjekt, men det er ikke så enkelt å finne frem til de stedene der dette er økonomisk gjennomførbart.

De kommunale park- og idrettsetater har normalt behov for jord til dyrkingsmedium. Kommunene bør iallfall sørge for at denne jorda blir laget av kommunens egne organiske avfallsprodukter. Parketaten og eventuelle andre etater (idrettsvesen, renovasjonsvesen, kirkeverge, skogvesen) bør derfor i samarbeid med teknisk etat og eventuelt private bedrifter finne en måte å organisere dette på som fremmer gjenbruk av ressursene. I parker, lekearealer og idrettsanlegg kan slam kun brukes som en del av et dyrkingsmedium, og ikke legges ut "rent". I Oslo bruker Park- og idrettsvesenet 3 - 4.000 m³ vekstjord (dyrkingsmedium) pr. år, og i mindre bykommuner brukes det ca. 500 - 1.000 m³ vekstjord. Ca. 20 - 30% av denne jorda kan bestå av avløpsslam, avhengig av nitrogeninnholdet og bruksområdet.

Enkelte firmaer har spesialisert seg på resepter til f.eks. toppdekke på fotballbaner eller "greens" på golfbaner. For å komme inn på dette markedet må man ha et samarbeid med disse firmaene. Potensialet er ca. 600 m³ slam pr. nylagt/rehabiliteret fotballbane og ca. 1.200 m³ slam pr. nylagt golfbane. Til toppdressing er det behov for ca. 20 m³ slam pr. fotballbane pr. år, ca. 100 m³ slam pr. golfbane. Svelviksand a/s selger ca. 7.500 m³ jord til idrettsanlegg over hele landet, med et torvinnhold på ca. 1.500 m³, som kanskje delvis kunne erstattes av slam (Holdhus, 1996A).

På det private hagemarkedet er det mest aktuelt å selge dyrkingsmedium i bulk, fordi slam i henhold til kommentaren til forskriften om avløpsslam helst ikke skal inngå i innpakkede produkter som eksempelvis selges i forretninger. Slam skal kun brukes som en del av et dyrkingsmedium i private hager.

Til alpinanlegg og hoppbakker vil slam kunne være positivt til å jevne ut ujevnheter i underlaget og hindre erosjon. Slam på slike steder vil imidlertid kunne føre til stor ugressvekst, og dette er ikke særlig heldig verken for bruken eller utseendet. Ved bruk av slam på slike steder er det meget viktig å samarbeide med lokale naturvernorganisasjoner, for å unngå å få protestaksjoner. I Ålesund brukte man ca. 300 m³ slamkompost på en 8

daa stor slalåmbakke (kap. 3.4.8). I en normal hoppbakke vil man kunne ha behov for 50 - 100 m³ slam dersom man legger dette ut i 5 cm tykkelse.

I skiløyper er det også behov for å jevne ut underlaget for å kunne bruke løypene ved lite snø. Ved slike anlegg ønsker man normalt så lite inngrep i naturen som mulig, så ekstra gjødsel som gir en plantevekst som er unormal for området, er ikke ønskelig. Her vil nok også naturvernere kunne reagere dersom man ikke er varsomme ved planlegging og utføring av slike arbeider. Det vil derfor ikke være aktuelt å legge ut rent slam som blandes inn i stedlige masser, fordi man da får for store terrenginngrep. Dyrkingsmedier som inneholder slam med lite nitrogen vil kunne nyttes i slike traséer, men spørsmålet er om man ikke kan finne bedre bruksformer for dyrkingsmedier enn skiløyper.

Det er ikke lov å bruke avløpsslam i gartnerier i henhold til slamforskriften. Landbrukstilsynet tolker gartnerier til å være produksjon i drivhus. En del busker og trær dyrkes imidlertid utendørs, og det skulle ikke være noe i veien for å bruke slam til slik produksjon. Man måtte da enten legge slam ut over områder der plantene skal dyrkes, og blande det inn i jorda på stedet før man sår planter, eller man kan ha slam eller dyrkingsmedium inneholdende slam i plantehullene. Salgsverdien pr. dekar av disse produktene er relativt høy, slik at bruk av billig næringstilgang i form av slam vil bety relativt lite. Det vil være langt viktigere å få en stabil og kjent næringssammensetning, slik at salgsvaren til enhver tid overholder de nødvendige kvalitetskrav. Det er også et relativt lite volum av slam som kan anvendes til dette formålet.

Til energiskogproduksjon vil det imidlertid kunne brukes store mengder slam, dersom myndighetene virkelig satser på biobrensel. I henhold til forsøk i Sverige (kap. 1.3.3) kan det tilsettes opptil 2 tonn slamtørrestoff pr. dekar pr. år til slik energiskog, slik at man kan bruke 10 ganger så store slammengder på slike områder som på vanlige jordbruksarealer. Dette betinger imidlertid at man får aksept for at dette ikke er jordbruksområder i henhold til slamforskriften.

I Oslo-området produseres det ca. 135.000 m³ vekstjord pr. år (Holdhus, 1996B). Omsetningsvolumet på landsbasis er ikke kartlagt, men mesteparten av jordproduksjonen er lokalisert til større tettsteder og byer. På Vestlandet og i Nord-Norge er det overskudd på vekstjord, mens det er underskudd på Sørlandet, Østlandet og i Trøndelag. Normalt produseres vekstjord av torv, sand og leire, og mye av denne jorda er skrinnet. Noen anleggsgartnere og kommunale parketater har derfor begynt å lage jord som delvis består av avløpsslam (se kap. 3.3), fordi denne jorda gir bedre vekstforhold for gress og planter.

Skal man satse på grøntarealsektoren, vil det etter vår mening lønne seg å satse på jordproduksjon, da man vil kunne bruke dyrkingsmedier med slam til alle de foran nevnte formålene, mens godt lagret slam f.eks. ikke vil kunne brukes i parker, på lekearealer og i private hager. Skal man først lagre slam for å få bedre struktur og mindre lukt, kan man kanskje like godt blande det med sand, leire, torv, skrapjord og/eller knust kvist og lage et produkt som det vil kunne bli etterspørsel etter.

6.2 Fremgangsmåte for å lage dyrkingsmedier

Man trenger samarbeid med aktører i grøntarealsektoren, eller mye maskinelt utstyr (hullaster, jordharpeverk, lastebiler osv.). Et område må reguleres til jordproduksjon, og asfalteres. Det må fås godkjennelse av produktene fra Statens Landbrukstilsyn.

Dyrkingsmedier er ifølge definisjonen i gjødselvareforskriften: Grunnsubstans av naturlige eller kunstige produkter som enkeltvis eller i blanding, uten eller med tilsatte næringsstoffer eller annen tilsetning, skal brukes til dyrking av planter. Dyrkingsmedier er med andre ord det samme som vekstjord, eller det som vi ofte betegner som matjord.

Dyrkingsmedier vil kunne brukes til de fleste formål innen grøntarealsektoren. Å lage dyrkingsmedier vil kreve en del kunnskaper om hva slags produkter som etterspørres, og hvordan man skal gå frem for å lage dem. Spesielt må man være oppmerksom på forskjellene i nitrogenvirkning av forskjellige slamtyper. Det synes imidlertid som en blanding med ca. 20% slam, ca. 30% torv og ca. 50% mineraljord (sand, leire, siktede skrapmasser) vil kunne gi et produkt som vil kunne benyttes på de fleste bruksområder. På enkelte spesielle bruksområder, som fotballbaner og golfbaner, settes det strenge krav til korngradering av tilsatsmaterialet, og skal man satse på slike felter, må man samarbeide med de som har de riktige "reseptene". De anleggsgartnerne som har startet produksjon av dyrkingsmedium med avløpsslam, har blandet inn ca. 30% slam i forskjellige mineraljordprodukter (kap. 3.3.3 og 3.3.8).

Anleggseiere som ønsker å produsere dyrkingsmedium av avløpsslammet sitt, bør samarbeide med aktører som arbeider på grøntanleggssektoren, som en kommunal parketat, en anleggsgartner eller et lokalt massetak som har erfaring med produksjon og bruk av dyrkingsmedier. Alternativt må man ansette egne folk med erfaring innen dette feltet. Jordproduksjon krever også et stort asfaltert område og mye utstyr, som hullaster eller gravemaskin, jordfreser, jordharpeverk og biler til å kjøre bort dyrkingsmediet med.

Vi foreslår følgende fremgangsmåte hvis man ønsker å produsere dyrkingsmedium av slammet:

1. Finn markedspotensialet i området for et dyrkingsmedium basert på avløpsslam. Markedspotensialet vil kunne si om det er lønnsomt å satse på dette feltet, eller om det er overskudd av dyrkingsmedier i området og vanskelige avsetningsforhold. Husk mengdebegrensningene i henhold til forskriftene.
2. Finn ut om kommunen/renseanlegget selv har mulighet og ressurser til å stå for produksjonen av dyrkingsmedium, eller om dette skal settes bort til private.
3. Dersom kommunen selv skal stå for produksjonen, må man finne et egnet område og eventuelt omregulere dette til formålet. Dersom denne plassen kan medføre forurensning eller virke skjæmmende, må man ha tillatelse fra fylkesmannen. Fylkesmannen vurderer i det enkelte tilfellet om plassen er konsesjonspliktig. Det bør være tilgang på mineraljord som kan blandes med slammet på stedet. Området bør ligge et godt stykke fra naboer, da man kan risikere noe lukt ved vending av jorda. Med utrånnet slam i dyrkingsmediet har dette ikke vært noe problem. Man må også bestemme om dyrkingsmediet bare skal brukes til egne formål, eller om man skal selge/gi bort jord til anleggsgartnerne og private. I henhold til gjødselvareforskriften skal Statens Landbrukstilsyn godkjenne produktet, enten man bare skal gi det bort, eller man skal selge det. Mest sannsynlig skal man også ha tillatelse fra landbrukstilsynet selv om man bare skal bruke produktet på egne arealer, men dette er foreløpig ikke helt avklart. Man må også få tillatelse fra kommunen der behandlingsanlegget ligger til å

bruke slammet i dyrkingsmediet, men man trenger ikke tillatelse for hvert område det skal brukes på.

4. Hvis kommunen velger å sette bort produksjonen av dyrkingsmedium til et privat firma, bør man enten sette dette ut på anbud eller lage en avtale med et firma, der dette forplikter seg til å ta imot en viss årlig slammengde til slik produksjon, og der avsetningen av produktet er firmaets ansvar. Det blir da også dette firmaets ansvar å få de nødvendige tillatelser til produksjon og omsetning av produktet, men kommunen vil være en naturlig samarbeidspartner i dette arbeidet, spesielt når det gjelder eventuell omregulering og tillatelse til bruk innen kommunen.
5. Til produksjon av dyrkingsmedium bør man ha et asfaltert areal der sigevannet dreneres til kommunalt avløpsnett eller infiltreres i grunnen. Arealet må være stort nok til at man kan legge ut slammet i ranker, eventuelt sammen med andre innblandingssmasser, og la det ligge der i 3 - 4 måneder dersom man vender rankene 2 - 3 ganger, eller i ca. ett år uten vendinger. Til blandingen kan man bruke en hjullaster eller gravemaskin, eller man kan legge de forskjellige delene av blandingen ut i lag, og blande dem med en jordfreser. Det beste er likevel å bruke en trommelblander til formålet. Deretter legges blandingen opp i ranker. Knust kvist i blandingen vil kunne gi haugene en løsere struktur, men noe av nitrogenet i slammet kan da gå med til nedbrytningen av kvisten. Til vendingen av haugene brukes normalt en hjullaster, men en rankevender vil kunne gi en løsere struktur i haugene. Mineraljorda kan enten blandes med slammet før lagring, eller det kan blandes i et jordharpeverk etter slamlagringen. Uansett vil det være en fordel å sikte dyrkingsmediet i et jordharpeverk før det kjøres ut.
6. Alt slam som skal brukes i vekstmedier, skal overholde slamforskriftens krav til bruk på grøntarealer eller jordbruksområder (private hager og parker). Det må derfor tas prøver av tungmetallinnholdet i slammet som leveres til produksjon av dyrkingsmedium. I tillegg må det tas tungmetallanalyser av det ferdige produktet for å finne ut hvilken kvalitetsklasse dette kommer inn under i gjødselforskriften. Markedsføringsmessig kan det være en fordel å ha et produkt i klasse I, men også jord i klasse II og III kan brukes på grøntarealer. Det kan spres inntil 5 cm slam på grøntarealer, dvs. ca. 17 cm dyrkingsmedium dersom dette inneholder 30% slam.
7. Det bør også tas analyser av næringsstoffer i dyrkingsmediet i henhold til Landbrukets Analysesenters jordprøver: pH, tørrstoff, Kjeldahl-nitrogen, ammoniumnitrogen, nitratnitrogen, organisk stoff, fosfor, kalium, magnesium, kalsium og natrium. Disse prøvene vil gi opplysninger om man trenger å tilleggs gjødsle jorda. Normalt vil jord med avløpsslam inneholde nok næringsstoffer for de første par årene, men her kan det være store forskjeller. Det er derfor viktig å følge med på planteveksten og tilleggs gjødsle etter behov.
8. Dyrkingsmedium laget av avløpsslam bør selges i bulk, da avløpsslam i henhold til kommentarene i slamforskriften helst ikke bør inngå i innpakkede produkter som eksempelvis selges i forretninger. Den som lager slammet bør derfor også ha utstyr for å laste opp og kjøre vekk dyrkingsmediet.
9. For å få markedsført jorda kan man lage demonstrasjonspalter med dyrkingsmedier der man dyrker gress og forskjellige buskvekster som normalt brukes på grøntarealer. Lokalaviser kan også brukes for å få markedsført produktet.

Aktuelle kontaktpersoner ved produksjon av dyrkingsmedier:

Kommunale parkvesen: Bjørn Nordstett, Moss kommune, Drifts- og anleggsetaten, tlf. 69 24 81 60

Tekniske etater:	Tore Nilsen, Sarpsborg kommune, tlf. 69 11 65 94. Jerzy Wasilewski, Trondheim Bydrift, tlf. 72 54 65 45. Ola H. Aasen, Ålesund avløp og renovasjon, tlf. 70 12 19 19.
Anleggsgartnere:	Torkel Haugen, Bratsberg Parkanlegg AS, tlf. 73 83 79 60. André Johansen, Tune Utemiljø, tlf. 69 12 50 80. Per Tronslien, Tronslien AS, tlf. 64 87 22 37.
Statens Landbrukstilsyn	Marit Hauken/Liv Lundby, tlf. 64 94 44 00
Nyttige rapporter:	Produksjon av vekstjord basert på slam og kvistavfall. Fagrådet for vann- og avløpsteknisk samarbeid i indre Oslofjord. Aquateam-rapport 96-086. Kontakt Arne Rosendahl, OVA, tlf. 22 66 40 37. Slam på grøntarealer. Erfaringer fra et demonstrasjonsprosjekt. NORVAR-rapport nr. 28-1993 og nr. 44-1994.

6.3 Fremgangsmåte ved bruk av slam til revegetering av ikke-produktive landområder

Områder uten vegetasjonsdekke i nærheten av renseanlegget bør registreres, og man bør prøve å få til et samarbeid med grunneierne.

Slam kan brukes direkte til revegetering på steder der jorda av ulike årsaker ikke er bra nok til at man kan få etablert plantedekke. Slammet må være godt omsatt, opptørket og smuldre lett, og kan legges ut i 5 cm tykkelse og blandes inn i jorda på bruksstedet. Aktuelle områder er: Nedlagte massetak (grustak, pukkverk), skrotsteinsfyllinger, gruveområder (dagbrudd), steintipper og forbygningsanlegg i forbindelse med vassdragsregulering, eller områder ødelagt av andre naturinngrep. Dersom det ikke er egnede masser på stedet til å blande slammet inn i, kan man også her benytte ferdigprodusert dyrkingsmedium, eller man kan blande slam med annen skrapjord på stedet, og legge ut blandingen. Før man legger ut slam på slike områder, må man ha tillatelse fra kommunen der slammet skal legges ut. Dersom man legger ut et dyrkingsmedie, behøver man ikke slik tillatelse fra kommunen.

Heller ikke ved bruk til dette formålet kan man legge ut ferskt slam som ikke er opptørket, slik at man må la slammet ligge i minst ett år uten vendinger, eller 3-4 måneder med flere vendinger, før man kan bruke det på slike områder. Kalkbehandlet slam vil kunne egne seg godt på slike områder, spesielt ved revegetering av gruveområder med surt jordsmonn.

Nye massetak blir behandlet etter Plan- og bygningsloven, og det vil ofte bli gitt krav om at man etablerer vegetasjonsdekke når man er ferdig med masseuttaket. Man sørger da gjerne for å legge til side jord til dette formålet, hvis dette finnes. En del eldre naturinngrep ligger derimot fremdeles som åpne sår i landskapet, men her er det ikke alltid så lett å få noen til å betale for et eventuelt vegetasjonsdekke. Selv om man tilbyr gratis slam til dette formålet, vil det koste mye penger å legge slammet ut og få etablert et plantedekke, så problemet vil i de fleste tilfellene være å skaffe midler til dette.

Det første man bør gjøre hvis man skal satse på å bruke slam til dette formålet, er å lage en registrering av slike områder uten tilstrekkelig vegetasjonsdekke i distriktet, med opplysninger om hvem som eier områdene, og om det er satt konsesjonsbetingelser for dem som har foretatt naturinngrepet. Man kan da samarbeide med grunneierne og

kommunen for å forsøke å skaffe midler til å lage et vegetasjonsdekke på aktuelle områder. Et demonstrasjonsprosjekt i et mindre område kan være et godt utgangspunkt for å få de involverte mer interessert i løsningen. Demonstrasjonsprosjektet bør ideelt sett følges opp med undersøkelse av avrenningsforhold og plantevekst for å få mer kunnskaper om hvordan man bør gå frem ved slik rehabilitering av ikke-produktive landområder.

Norges Geologiske Undersøkelse (NGU) utgir ressurskart for sand, grus og pukk i målestokk 1:50.000, og man har også laget et grus- og pukkregister for 1994 (NGU, 1995) med katalog over utgitte kart og rapporter. Grus- og pukkregisteret gir en oversikt over grus- og pukkforekomstene i Norge, om de er i drift, nedlagt eller ikke utnyttet, og hvem som eier eller driver dem. Pukk- og grusleverandørenes landsforening har også opplysninger om disse virksomhetene, og man er interessert i samarbeid med renseanlegg og kommuner om revegetering og produksjon av dyrkingsmedier.

I en del områder har vegvesenet liggende gamle skrotsteinsfyllinger uten vegetasjonsdekke. Ved å ta kontakt med vegvesenet i fylket kan man få opplysninger om slike fins, og om det er interesse for å bruke avløpsslam til å revegetere dem. På slike fyllinger vil det ikke være jord å blande slammet med, så det er først og fremst dyrkingsmedier med slam som vil være aktuelt å bruke på skrotsteinsfyllinger. Det burde være mulig å få til et demonstrasjonsprosjekt for å kartlegge om slike dyrkingsmedier med avløpsslam egner seg til et slikt formål, eller om det representerer en forurensningsmessig fare ved at man får utvasking av næringsstoffer, eller erosjon av jorda i bratte helninger.

Norges vassdrags- og energiverk (NVE) trenger masser på to områder: Steintipper og forbygningsanlegg (Kronen Helgestad, 1997). Steintippene er overskuddsmasser fra kraftutbygging, og de er gjerne lokalisert langt til fjells. Den største kraftutbyggingen skjedde i 1970-årene, mens aktiviteten de siste årene har vært mye mindre. Til steintipper har man normalt brukt finmasser fra stedet eller fra grøfterensk i nærheten, men noen tipper i områder med lite finmasser og mye beiting har vært vanskelig å få etablert vegetasjonsdekke på. Problemet her er at transportavstandene for avløpsslam normalt blir store, og at det ikke finnes stedlige masser å blande slammet med. Det er derfor først og fremst dyrkingsmedier med slam som ville være aktuelt på slike fyllinger, og kostnadene for å få avsetning på slammet til dette formålet vil da bli høye.

Forbygningsanlegg er voller som skal hindre flom i vassdrag, og disse ligger ofte i mer befolkede områder. Problemet her er at disse anleggene i perioder vil bli satt under vann, med fare for utvasking av masser og næringsstoffer. NVE har imidlertid et forskningsprogram for vassdragsmiljø der det gis midler til forskning på vegetasjonsetablering av slike forbygningsanlegg. Det skulle derfor være mulig å få midler til et demonstrasjonsprosjekt der man undersøker slammets anvendbarhet til slike formål, spesielt hvis man også kan få delfinansiert et slikt prosjekt fra andre finansieringskilder.

Aktuelle kontaktpersoner ved rehabilitering av ikke-produktive landområder:

Kommunale parkvesen: Kjellaug Eik, landskapsarkitekt, fylkesmiljøvernavdelingen i Vest-Agder, tidligere Kristiansand Park- og Idrettsetat, tlf. 38 07 60 00.

NGU: Peer-Richard Neeb, tlf. 73 90 40 11.

Pukk- og grusleverandørenes landsforenings servicekontor Per Dugstad, tlf. 67 12 48 20.

Statens Vegvesen	Kontakt landskapsarkitekt på fylkesvegkontoret.
NVE:	Are Mobekk, Region Øst-Norge, tlf. 62 51 25 72. Knut Svendheim, Region Sør-Norge, tlf. 33 97 23 05. Ivar Sægrov, Region Vest-Norge, tlf. 57 82 64 90. Tore Sandnes, Region Midt-Norge, tlf. 72 89 50 20. Torbjørn Sneve, Region Nord-Norge, tlf. 76 94 70 64.
Nyttige rapporter:	Dueknipen prosjektet. Miljø- og bruksmessige forhold ved bruk av kompostert slam. Fylkesmannen i Vest-Agder, Miljøvernavdelingen, mai 1992.

6.4 Fremgangsmåte ved bruk av slam til ferdigplen

Produsenter av ferdigplen, eller anleggsgartnere som kan tenke seg å starte slik virksomhet, bør tilbys å delta i et demonstrasjonsprosjekt.

Det er fem store produsenter av ferdigplen i Østlandsområdet (kap. 3.4.2), med en produksjon på ca. 400.000 m² ferdigplen hvert år. I tillegg er det en ferdigplenprodusent i Rogaland, og en i Sør-Trøndelag. Produksjon av ferdigplen foregår ved at man dyrker plenen på jordbruksarealer i to år, før man tar av plenen og selger denne på rull. Plenen brukes på grøntområder, men man kommer i et grenseland mellom jordbruksområder og grøntområder i slamforskriften. Landbrukstilsynet ser imidlertid på ferdigplen som et produkt som kommer inn under grøntarealer, og man vil da kunne tilsette 5 cm slam som blandes inn i jorda på stedet ved etablering av ny ferdigplen hvert annet år. Når man tar bort ferdigplenen, tar man imidlertid bare bort de 3 øverste cm av jorda. En tilsetning av 5 cm nytt slam som blandes inn i jorda på et slikt område hvert annet år, vil etter hvert føre til en opphopning av slam. Det er derfor et spørsmål om man kunne få tillatelse til å legge godt omdannet og opptørket slam ut i et 3 cm lag som ikke blandes inn i jorda, men der man tilsår gress med én gang etter utlegging. Dette burde kunne egne seg bra som et demonstrasjonsprosjekt. Noen produsenter er skeptiske til å bruke slam til slik produksjon, men den største produsenten er svært ivrig for å få i gang et prøveprosjekt med slamtilsetning.

Et viktig spørsmål ved bruk av slam til ferdigplenproduksjon er hvor stor del av næringsstoffer og tungmetaller i slammet som blir tilbake i jorda etter at ferdigplenen er fjernet. Dette er det derfor viktig å få avklart ved et demonstrasjonsprosjekt. Andre viktige momenter er slamtype (ferskt slam, lagret slam eller dyrkingsmedium), utleggingsform, avrenning fra arealene og kvaliteten på ferdigplenen.

For å få til et slikt prosjekt må man ta kontakt med en av produsentene av ferdigplen, og foreslå et demonstrasjonsprosjekt der man også søker støtte fra andre finansieringsinstitusjoner, som f.eks. SFT, fylkets næringsfond og Statens nærings- og distriktsutviklingsfond (SND).

Aktuelle kontaktpersoner ved bruk av slam til ferdigplenproduksjon:

Produsenter av ferdigplen: Knut Seierstad, Norsk Ferdigplen A/S, Aurskog-Høland, tlf. 63 85 01 76.
Johnny Trandum, Østfold Gress A/S, Dilling, tlf. 69 26 17 17/94 28 60 23.

Vestfold Hage og Anlegg, Sandefjord,
 tlf. 33 45 85 71/90 03 01 75..
 Tore Lassen, Nordre Gjølstad A/S, Kongsvinger,
 tlf. 94 23 27 19.
 Moen Gress A/S, Sør-Odal, tlf. 62 96 22 62/94 23 01 42.
 Magnus J. Bru, Rennesøy, tlf. 51 72 41 59
 Torbjørn Nordtiller, tlf. 72 88 78 92

SFT: Sigurd Tremoen, tlf. 22 57 36 67.

SND: tlf. 22 00 25 00.

6.5 Fremgangsmåte ved bruk av slam i alpinanlegg og hoppbakker

De lokale idrettslagene som har alpinanlegg og hoppbakker kontaktes med tanke på demonstrasjonsprosjekter.

Traséene for alpinanlegg dekker som regel store åpne områder. I slike områder er det spesielt viktig å få jevne flater, fordi man da kan starte sesongen med 50 - 70% mindre snø enn på anlegg med ujevne terrengforhold. Det er også viktig å få etablert et tett gressdekke som hindrer erosjon i bratte områder. I alpinanlegg ligger det derfor meget godt til rette for å bruke avløpsslam, både som en del av et dyrkingsmedium, eller rent slam som legges ut i lag på maksimalt 5 cm, og som blandes med eksisterende masser på stedet. I kapittel 3.4.8 er utlegging av slam i en slalåmbakke omtalt. I Sveits og Østerrike er det blitt mer og mer aktuelt med utlegging av organisk materiale i alpintraséene, og det finnes eksempler på at man har spredt tørket slam med helikopter i slike anlegg (Holdhus, 1996B).

Det kan gå med store mengder slam til å vedlikeholde et alpinanlegg, da disse dekker store områder. Slike anlegg burde derfor egne seg ypperlig til demonstrasjonsanlegg for utlegging av slam. I demonstrasjonsprosjekter bør man få klarlagt hvordan man best skal legge ut slammet, og om det må være del av et dyrkingsmedium. Hva slags utstyr egner seg for å legge ut slammet eller dyrkingsmediet, og blir terrenget jevnere etter slamutleggingen? Det vil også være viktig å få testet om slammet egner seg bra som erosjonsdemper, og om det blir avrenning av næringsstoffer fra områdene.

De fleste unnarenn i hoppbakker er anlagt ved flytting/fjerning av stedeegne masser. Dette blottlegger ofte løsmasser som lett raser ut og eroderer. Det er derfor nødvendig å sikre massene ved f.eks. tilsåing av gress. Det vil også her være viktig å få et jevnest mulig underlag, og avløpsslam skulle kunne egne seg også til dette formålet. Også i hoppbakker vil man kunne bruke rent slam som blandes med stedlige masser, eller dyrkingsmedier med avløpsslam. Det bygges få nye hoppbakker i Norge for tiden, men det vil alltid være behov for vedlikehold av slike bakker.

Ifølge Norges Skiforbund er det et stort behov for organisk stoff i slalåmløyper og hoppbakker, men problemet er ofte finansieringen (Andersen, 1997). Dersom man kan få gratis avløpsslam til dette formålet, vil man være svært interessert i dette. Imidlertid må produktet da markedsføres. En artikkel om emnet i medlemsbladet "Skisport" vil kunne være en glimrende markedsføring av avløpsslam til dette formålet, f.eks. med beskrivelse av arbeidet og bilder fra slalåmbakken i Ålesund (kap. 3.4.8).

Aktuelle kontaktpersoner ved bruk av slam til hoppbakker og alpinanlegg:

Lokale park- og idrettsvesen, hoppgrupper eller alpingrupper.

Eiere av alpinanlegg.

Ålesund kommune, avløp og renovasjon: Ola H. Aasen, tlf. 70 12 19 19.

Norges Skiforbund, Idrettens Hus, Hauger Skolevei 1, 1351 Rud: Alfred Andersen, tlf. 67 15 46 00.

Kulturdepartementet, idrettsavdelingen: K. Felde, tlf. 22 34 80 55.

6.6 Fremgangsmåte ved bruk av slam på fotballbaner og golfbaner

Man kan forsøke å samarbeide med fotballforbundet, golfforbundet og/eller lokale fotballklubber eller golfklubber. Man kan også ta kontakt med Sveiviksand A/S som har spesialisert seg på dyrkingsmedie til slike anlegg. Stivkrampebakterier er ikke et hinder for bruk av slam på idrettsbaner.

Fotballbaner og golfbaner er utsatt for store fysiske påkjenninger i form av høyt marktrykk og direkte mekanisk gresslitasje. Norsk klima setter i tillegg store krav til banearealets kvalitet, spesielt når man starter sesongen tidlig og strekker den langt utover høsten.

Ved nyanlegg av fullgode fotballanlegg kreves et spesielt tilpasset avslutningssjikt på 40 cm. Massen er normalt en spesiell blanding av torv og sand, som noen få firmaer har spesialisert seg på å lage. Disse firmaene leverer masse til fotballbaner over hele landet.

Fotballforbundet er interessert i å benytte større mengder biologisk aktivt materiale for å få en bedre drenering og porøsitet i banedekket, og en kraftigere gressvekst (Holdhus, 1996B). Det er gjort gode erfaringer med dette i Danmark. I Norge er det foreløpig ikke brukt slam på fotballbaner, men IVAR har levert tørket slam til en idrettsbane i Hå kommune på Jæren (kap. 3.3.6).

Ideelt sett bør en høyt belastet fotballbane årlig tilføres omlag 1,5 cm toppdressing spredd i 3-4 operasjoner i løpet av sesongen. Toppdressing som nå benyttes, består av 40 - 60 volumprosent torv og resten fin sand. Fotballforbundet ønsker mer aktivt organisk materiale i toppdressing, for å få et økt mikroliv i jordmassen (bl.a. møltemark). Dette vil både kunne bedre dreneringsevne og porøsitet, og stimulere gressveksten. Det burde være mulig å forsøke blandinger med ca. 20 volumprosent avløpsslam, 30 volumprosent torv og resten finsand. Slammengden må imidlertid tilpasses behovet for nitrogen til gressveksten.

Det er for tiden stor aktivitet når det gjelder bygging av golfanlegg i Norge. Også på dette feltet er det spesialfirmaer som lager sine egne resepter, og til nå har man mest brukt torv og sand i reseptene. Både produsentene og golfforbundet ønsker imidlertid å bruke mer organiske avfallsprodukter både ved anlegg av nye baner, og til toppdressing på utslagsområder og "greens". Disse områdene krever betydelig banepleie, og toppdressing med organiske avfallsprodukter har vist seg å gi positive resultater i utlandet. Foruten golfanlegget som ble bygget ved bruk av avløpsslam i Ålesund (kap. 3.4.8), har også Sarpsborg kommune brukt slam til en golfbane, og Enebakk kommune vil levere slam til en golfbane i kommunen våren 1997.

For å få til et prosjekt med bruk av avløpsslam i dyrkingsmedier som brukes til fotballbaner og golfbaner, vil det lønne seg å ta kontakt med en produsent som leverer dyrkingsmedium til slike formål. Det kan også være aktuelt å samarbeide med et lokalt idrettslag eller golfklubben på stedet, men disse vil ofte kjøpe dyrkingsmedium fra spesialfirmaene. Det vil derfor ikke være så mange renseanlegg som har et slikt firma i nærheten.

Aktuelle problemstillinger ved et demonstrasjonsprosjekt for bruk av slam til fotballbaner eller golfbaner, er:

- Hvor mye slam vil man kunne bruke i slike blandinger, og hva kreves av slammet som skal brukes?
- Vil innblanding av slam i slike produkter føre til bedre baner enn vi har i dag (bedre gressvekst, bedre porøsitet i jorda, bedre tørkestyrke i jorda, bedre slitestyrke)?
- Vil innblanding av slam kunne føre til negative forhold knyttet til bruken av anlegget (f.eks. sleip bane i regnvær, lukt)?

Svelviksand A/S er et firma som har spesialisert seg på å lage dyrkingsmedier til fotballbaner og golfbaner. De ønsker mer aktivt organisk materiale i blandingsene, og har forsøkt med kompost på en del anlegg, bl.a. i Oslo og Drammen. Imidlertid inneholder komposten for grove masser, så firmaet er interessert i å prøve avløpsslam i stedet. Produksjonen av slike dyrkingsmedier ligger på Hønefoss fordi man her har sandforekomster som egner seg til formålet. Det er allerede i gang forsøk på å få til et samarbeid med bedriften om bruk av avløpsslam i disse produktene. Bedriften ville måtte søke Landbrukstilsynet om tillatelse til å produsere slik dyrkingsmedium. Man må også ha tillatelse til å bruke slammet i dyrkingsmediet fra kommunen der dyrkingsmediet skal produseres.

Når det gjelder problematikken rundt stivkrampebakterier, svarer Folkehelse at man ikke behøver å ta hensyn til dette ved bruk av avløpsslam, og at slam kan brukes på alle typer grøntarealer i henhold til slamforskriften og gjødselforeforskriften.

Aktuelle kontaktpersoner ved bruk av slam til fotballbaner og golfbaner:

Lokale fotballklubber/idrettslag/golfklubber

Norges Fotballforbund: Per Ulseth, tlf. 22 02 45 00

Norges Golfforbund: P. Midtvåge, tlf. 67 15 46 00

Svelviksand A/S: F. Gustavsson, tlf. 32 12 31 13

Kulturdepartementet, idrettsavdelingen: K. Felde, tlf. 22 34 80 55

Erfaring med bruk av slam til golfbaner:

Teknisk etat:	Ålesund kommune:	Ola H. Aasen, tlf. 70 12 19 19.
	Enebakk kommune:	Knut Moen, tlf. 64 99 01 00
	Sarpsborg kommune:	Tore Nilsen, tlf. 69 11 65 94

6.7 Fremgangsmåte ved bruk av slam til dyrking av energiskog

Kontakt Norges Landbrukshøgskole, Institutt for skogfag eller en planteskole eller bonde som kan tenke seg å starte slik produksjon. Samarbeid med NORVAR. Søk om midler fra landbruksdepartementet og SND.

Energiskogproduksjon er noe som ikke finnes i Norge, men som er utbredt i en del andre land, f.eks. Sverige og Danmark. Ved energiskogproduksjon plantes hurtigvoksende lauvtrær på et stort areal, og veden brukes til energiformål (f.eks. i varmekraftverk). Etter forsøkene i Sverige anbefalte man å plante ca. 18.000 planter pr. ha og hogge hvert 3. år. Slam tilføres om våren før planting hvert 3. år. I Danmark tilsettes slam i hele vekstsesongen hvert år i egne kjøregater, da trærne utvikler et rotnett som tar opp alle næringsstoffene også under kjøreveiene.

Det kunne være interessant å få til et demonstrasjonsprosjekt sammen med skogbruket om energiskogproduksjon for å samle erfaringer fra norske forhold. Det er flere forhold som trenger avklaring i et slikt demonstrasjonsprosjekt, bl.a.:

- Hva slags tresorter skal man satse på?
- Hvilke vekstsykluser bør man velge?
- Hvor mye slam skal man spre, hvor ofte, og på hvilken måte (uavvannet slam via sprinkleranlegg eller injeksjon, avvannet/tørket slam med gjødselspreder e.l.)?
- Kan energiskogproduksjon lønne seg sammenlignet med tradisjonelt jordbruk/skogbruk?
- Hvordan blir de forurensningsmessige forholdene ved slik produksjon (avrenning, tungmetaller i grunnen)?

For å få til et slikt prosjekt bør man samarbeide med Norges Landbrukshøgskole, Institutt for skogfag, og man bør også søke landbruksdepartementet om midler for å kunne få gjennomført et slikt prosjekt. En annen aktuell finansieringskilde kan være SND. Dette er et svært langsiktig prosjekt, og man kan ikke forvente å få brukt store slammengder på dette feltet før etter minst 7 - 8 år, når demonstrasjonsprosjektet er ferdig. På sikt er imidlertid dette feltet interessant dersom forholdene ligger til rette for slik produksjon i Norge.

Aktuelle kontaktpersoner ved bruk av slam til energiskogproduksjon:

Norges Landbrukshøgskole, Institutt for skogfag: Oddvar Haveraaen, tlf. 64 94 88 80.

Landbruksdepartementet tlf. 22 24 90 90

SND: tlf. 22 00 25 00

7 Forslag til videre arbeid

Den enkelte anleggseier bør sette i gang demonstrasjonsprosjekter på produksjon av dyrkingsmedium eller ferdigplen, revegetering av ikke-produktive landområder, eller bruk av slam i alpinbakker, hoppbakker, på fotballbaner eller golfanlegg. Prosjektene kan eventuelt koordineres og rapporteres gjennom NORVAR.

Denne rapporten oppsummerer forprosjektet med å finne alternative bruksområder for slam. For å komme videre i arbeidet med å få brukt mer slam på de stedene der jordbruket ikke kan eller vil ta imot alt slammet, må anleggseierne, gjerne i samarbeid med NORVAR, arbeide videre med de mest interessante bruksområdene fra dette forprosjektet. Vi vil da anbefale at det blir satt i gang demonstrasjonsprosjekter etter de malene som er skissert i kapittel 5, slik at man kan skaffe seg mer kunnskap om den beste måten å gå frem på ved alternativ bruk av slam.

I første omgang synes det som om grøntanlegg og energiskogsproduksjon er de mest interessante sektorene for anlegg som ikke kan få disponert alt slammet i jordbruket. Bruk av slam i bygningsindustrien er også fullt mulig, men dette betinger kontakt med produsenter som er interessert i å satse på slike produkter. Dersom noen skulle ønske å satse på dette feltet, bør man ta kontakt med aktuelle produsenter og få til et utviklingssamarbeid med disse. Forskningsmidler kan i så fall søkes hos Norges Forskningsråd.

Produksjon av energiskog bør tas opp gjennom NORVAR ved henvendelse til Miljøverndepartementet og Landbruksdepartementet. Dette er som tidligere nevnt et langsiktig satsingsområde.

Når man skal velge demonstrasjonsprosjekter på grøntarealsektoren, bør en velge prosjekter som har størst potensiale. Det vil si prosjekter der en anser at mulighetene er størst for å få brukt store mengder slam uten å måtte bruke altfor store ressurser på å få avsetning på slammet. De områdene som utmerker seg da, er:

- Produksjon av dyrkingsmedium (vekstjord) med slam
- Bruk av slam til revegetering av ikke-produktive landområder
- Bruk av slam i alpintraséer og hoppbakker
- Bruk av slam til ferdigplenproduksjon
- Utvikling av resepter for dyrkingsmedium med slam til fotballbaner og golfbaner

Produksjon av dyrkingsmedium er det allerede flere anleggsgartnere og kommunale etater som har kommet i gang med. På dette feltet kan man samle inn ytterligere erfaringsmateriale fra anleggseiere som har prøvd denne bruksmåten, og fra dem som står for produksjonen av dyrkingsmedium. Man kunne også bruke noe av dyrkingsmediet som allerede produseres på nye bruksområder, og rapportere erfaringene fra disse prosjektene.

Sår i terrenget som bør revegeteres, bør være et interessant område hvor man kan bruke store slammengder, og på dette feltet bør man ta lokale initiativ. Når noen har fått til et samarbeid lokalt, kan man kontakte NORVAR slik at man kan lage et demonstrasjonsprosjekt som gir nyttige erfaringer både for de som utfører prosjektet og for andre som ønsker å bruke slam på samme måte.

I alpintraséer og hoppbakker må det også tas lokale initiativ, og her kan også NORVAR fungere som erfaringsbank. Man har allerede fått erfaringer med utlegging av slam i en

slatåmbakke i Ålesund. Erfaringer fra dette prosjektet kunne rapporteres, og man kunne lage demonstrasjonsprosjekter andre steder.

Når det gjelder bruk av slam til ferdigplen og til dyrkingsmedium til fotballbaner og golfbaner, er det allerede interessenter som ønsker å prøve ut slam i produktene sine. Her gjenstår bare å få til en finansieringspakke og finne egnet slam i nærheten av produksjonsstedene. Disse prosjektene vil være mest interessante for renseanlegg som ligger i nærheten av produsentene, men det er også mulig å transportere spesielle slamtyper (f.eks. tørket slam) til produksjonsstedene dersom slamtypene er spesielt egnet til formålet.

Det foreslås at anleggseiere eller andre som har idéer til konkrete demonstrasjonsprosjekter, sender idéene til NORVAR, og at man forsøker å få satt i gang så mange slike prosjekter som mulig. Arbeidet med organisering og rapportering av de ulike prosjektene må imidlertid finansieres på en eller annen måte, og da er et spleiselag med delfinansiering fra anleggseiere og eventuelle andre interessenter (SFT, Miljøverndepartementet; SND, fylkenes næringsfond) den mest nærliggende vei å gå.

8 Referanser

- Aguilar, R. et. al. 1993 Rangeland Restoration with Treated Municipal Sewage Sludge. Land Utilization and the Environment Conference Proceedings, St. Paul, Minneapolis, Aug. 11-13, 1993.
- Alleman, J.E. 1987 Beneficial Use of Sludge in Building Components. Part I: Concept Review and Technical Background. Interbrick, Vol. 3, No. 2, 1987
- Alleman, J.E. 1989 Beneficial Use of Sludge in Building Components. Part II: Full-Scale Production of Sludge-Amended Bricks. Interbrick, Vol. 5, No. 1, 1989.
- Alleman, J.E., Bryan, E.H., Stumm, T.A., Marlow, W.W. & Hocevar, R.C. 1990 Sludge Amended Brick Production: Applicability for Metal-Laden Residues. Proceedings from Sludge Management Conference, Los Angeles, 1990.
- Andersen, A. 1997 Personlig meddelelse fra anleggssjef i Norges Idrettsforbund.
- Andersen, D.O. 1990 Kartlegging av kjemiske og bakteriologiske forhold i avrenningsvannet fra et forsøksfelt der det er lagt ut kloakkslam som jordforbedringsmiddel. Dueknipenprosjektet. Miljø- og bruksmessige forhold ved bruk av kompostert slam. Rapport 1. Fylkesmannen i Vest-Agder, Miljøvernavdelingen, Kristiansand.
- Arnot, J.M., McNeill, J.D. & Wallis, B.F.J. 1989 Operation Experiences of Sludge Application to Forest Sites in Southern Scotland. In: Alternative Uses for Sewage Sludge . Pergamon Press.
- Atkinson , S.L. et. al. 1991 Evaluation of Composted Sewage Sludge/Straw for the Revegetation of Derelict Land. Land Reclamation 3rd International Conference, University of Wales College of Cardiff, Cardiff, UK, 2-5 July 1991. Elsevier Applied Science, London and New York.
- Aust-Agder Forsøksring 1996 Bruk av kloakkslam i skog. Notat. Grimstad.
- Balmér, P. 1988 Experiences with Limed Sludge as a Top Cover for Landfills. Chalmers Tekniska Högskola, Göteborg, 1988.
- Bargsten, et. al. 1995 Wasserhaltevermögen von Klärschlamm-Kompost-Gemischen und deren Begrünung und Bepflanzung nach Abdeckung von Kalkhalden. Korrespondenz Abwasser, Vol. 42, No. 3, 1995.
- Bayes, C.D., Taylor, C.M.A. & Moffat, A.J. 1989 Sewage Sludge Utilisation in Forestry: The UK Research Programme. In: Alternative Uses for Sewage Sludge . Pergamon Press.
- Bending, N. 1995 Sewage Sludge and Land Reclamation: A Marriage Made in Heaven or Hell? Environmental Managers Journal, Vol. 3, No. 3, 1995.
- Byrom, K.L. 1989 The Potential Value of Sewage Sludge in Land Reclamation. In: Alternative Uses for Sewage Sludge . Pergamon Press.

- Campbell, H.W. 1990 Converting Sludge into Fuel - A Status Report. Proceedings from Sludge Management Conference, Los Angeles, 1990.
- Couillard, D. 1995-96 Dynamics of Municipal Wastewater Sludges on Forest Land. *Journal of Environmental Systems*, Vol. 24, No. 1, 1995-96.
- Couillard, D. & Grenier, Y. 1987 Alternative à la Gestion des Boues. Résiduaires Municipales: Recyclage en Sylviculture. *Sciences et Techniques de l'Eau*, Vol. 20, No.3, 1987.
- Couillard, D. & Grenier, Y. 1989 Forest Management. Trees Respons to Wastewater Sludge Fertilization. *Journal of Environmental Management*, Vol. 28, No. 3, 1989.
- Diesen, T. 1996 Personlig meddelelse renovasjonssjef Tore Diesen, Kristiansand kommune.
- Dirkzwager, A.H. 1991 National Sewage Sludge Policy in the Netherlands (State of Affairs, June 1990). *European Water Pollution Control*, Vol. 1, No. 2, 1991.
- Dugstad, P. 1996 Personlig meddelelse fra daglig leder Per Dugstad i Pukk- og grusleverandørenes landsforening.
- Edafos 1990 Miljøplus og energiskog. Försöksodling med energiskog på Näsbyholms Gods 1983-1989. Slutrapport. Edafos AB, Kivik.
- Eik, K 1992 Kartlegging og vurdering av kompostert kloakkslam som vekstmedium for ulike plantetyper, herunder bartrær og lauvtrær samt ulike grasarter. Dueknipenprosjektet. Miljø- og bruksmessige forhold ved bruk av kompostert slam. Rapport 2. Fylkesmannen i Vest-Agder, Miljøvernavdelingen, Kristiansand.
- Ekeberg, E. 1997 Forsøk med avløpsslam 1994-96. Møte på SFT 19.02.97. Planteforsk/NORVAR.
- EPA 1995 Process Design Manual for Land Application of Sewage Sludge and Domestic Septage. EPA/625/R-95/001. United States Environmental Protection Agency, Center for Environmental Research Information G-72, Cincinnati, USA.
- Fädmyr, S-Å, Nilsson, P. & Ohlsson, T. 1993 Inarbetning ger bättre slam? VAV-Nytt 1/93.
- Gies, G. 1995 Beneficial Use of Biosolids Expands in Canada. *Biocycle*, Vol. 36, No. 3, 1995.
- Grava 1996 Personlig meddelelse anleggsleder Grava i Statens Vegvesen, Telemark.
- Grenier, Y. & Couillard, D, 1990 Control of Arborescent Vegetation below Power Lines with Wastewater Sludge. *Journal of Environmental Quality*, Vol. 19, No. 1, 1990.

- Grove Teates, N. 1982 Marketing Potential for Sludge Related Compost. Hazardous Materials Control Research Institute. Composting of Sludge Symposium, May 25.-26., 1982.
- Guerin, M. R. 1981 Reclamation advances in the Midwest, Coal Mining and Processing, Vol. 18, No. 2, 1981.
- Haith, D.A., Reynolds, J.E., Landre, P.T. & Richard, T.L. 1992 Sludge Loading Rates for Forest Land. Journal of Environmental Engineering Vol. 118, No. 2, 1992.
- Halvorsen, B. 1996 Personlig meddelelse Bjørn Halvorsen, nestleder TAU.
- Halvorsen, T. 1996 Personlig meddelelse Tor Halvorsen, Ullensaker kommune.
- Hart, J.B. & Nguyen, P.V. 1994 Plant and Environmental Interactions. Soil, Groundwater, and Plant Resources in Sludge-Treated Bigtooth Aspen Sampling Ecosystem. Journal of Environmental Quality, Vol. 23, No. 6, 1994.
- Hasbach, A.C. 1991 Putting Sludge to Work. Pollution Engineering, Vol. 23, No. 13, 1991.
- Hasselgren, K. 1990 Användning av kommunalt avloppsslam i energiskogsodling. Slutredovisning av prosjektet Avloppsbaserat energiskogsodling, 1982-1988. Avdeling for VA-teknik, Lunds Tekniska Högskola.
- Haugen, T. 1996 Personlig meddelelse leder for Bratsberg Parkanlegg AS.
- Henry, C.L. & Cole, D.W. 1993 Biosolids Utilization in Forest Land. Soil Science of America Land Utilization and the Environment. Conference Proceedings, St. Paul, Aug. 11-13, 1993.
- Holdhus, O. 1996A Markedsvurderinger for kompost og jordprodukter basert på organisk avfall og slam i Drammensregionen. Fase 1. Jordforsk-rapport nr. 35/96.
- Holdhus, O. 1996B Alternativ bruk av avløpsslam. Jordforsk-rapport, Ås.
- Houck, C.P. 1987 Initial Operations Report of Sludge Farm. Journal of Environmental Engineering, Vol. 113, s. 970, 1987.
- ISWA 1995 Handling, Treatment, and Disposal of Sludge in Europe. Situation Report 1. An overview. ISWA Working Group on Sewage and Water Works Sludge, 1995.
- Itoh, S., Suzuki, A., Nakamura, T. & Yokoyama, S. 1992 Direct Thermochemical Liquefaction of Sewage Sludge by a Continuous Plant. Water Science and Technology, Vol. 26, No. 5/6, 1992.
- Johansen, A. 1996 Personlig meddelelse fra André Johansen i Thune Utemiljø A/S.
- Jones, S.K. 1982 The Revegetation of Contaminated Land. Royal Society of Health Journal, Vol. 102, No. 2, 1982.

- Joost et.al. 1987 Revegetation and Minesoil Development of Coal Refuse amended with Sewage Sludge and Limestone. *Journal of Environmental Quality*, Vol. 16, No. 1, 1987.
- Kamata, O. 1990 The Utilization of Sewage Sludge. *Proceedings from the Sludge Management Conference*, Los Angeles, 1990.
- Kristensen, P.S. & Sørensen, K.B. 1988 Slamdeponering. Renseanlæg Øst. Aalborg kommune. Geodan og Aalborg Universitetscenter, Laboratoriet for miljøteknik, Aalborg mars 1988.
- Kronen Helgestad, A. 1997 Personlig meddelelse Anne Kronen Helgestad, Landskapsarkitekt, NVEs hovedkontor.
- Lavergne, G. 1989 Utilization of Dehydrated Sludge from Marseille's Purification Station in Forestry. In: *Alternative Uses for Sewage Sludge*. Pergamon Press.
- Liteng, K. 1996 Personlig meddelelse Knut Lileng, driftssjef i FREVAR.
- Logan, T.J. 1995 Gaining Public Acceptance for Beneficial Use of Biosolids. *BioCycle*, Vol. 36, No. 12, 1995.
- Lopez-Real, J.M., Witter, E., Midmer, F.N. & Hewett, B.A.O. 1989 Evaluation of Composted Sewage Sludge /Straw Mixture for Horticultural Utilization. *Water Science and Technology*, Vol. 21, No. 8/9, 1989.
- Marx, Berry & Kormanik, 1993 Application of Municipal Sewage Sludge to Forest and Degraded Land. American Society of Agronomy, Soil Science Society of America. *Agricultural Utilization of Urban Industrial By-Products*. ASA Special Publication no. 58, 1993.
- Matthews, P. (ed.) 1996 A Global Atlas of Wastewater Sludge and Biosolids Use and Disposal. International Association on Water Quality. Scientific and Technical report No. 4.
- Metcalf, B. 1984 The use of Consolidated Sewage Sludge as Soil Substitute in Colliery Spoil Reclamation. *Water Pollution Control*, Vol. 83, No. 3, 1984.
- Millot, N., Huyard, A., Faup, G.M. & Michel, J.P. 1989 Sludge Liquefaction by Conversion to Fuels. *Water Science and Technology*, Vol. 21, No. 8/9, 1989.
- Murray, D.T., Townsend, S.A. & Sopper, W.E. 1981 Using Sludge to reclaim Mine Land. *Biocycle*, Vol. 22, No. 3, 1981.
- NGU 1995 Grus- og pukkregisteret 1994 med katalog over utgitte kart og rapporter. NGU Rapport 95.074. Norges Geologiske Undersøkelser, Trondheim.
- Nichols, C.G. 1989 US Forestry Uses of Municipal Sewage Sludge. In: *Alternative Uses for Sewage Sludge*. Pergamon Press.

- Nilsen, T. 1996 Personlig meddelelse Tore Nilsen, Sarpsborg kommune, teknisk etat.
- Nordstett, B. 1996 Personlig meddelelse fra Bjørn Nordstett i Moss parkvesen.
- Ohr, K. 1996 Innspill til prosjektet "Alternativ bruk av slam". Interkommunalt vann-, avløps- og renovasjonsverk (IVAR), Stavanger.
- Olesen, S.E. et.al., 1983-84 The Effects of Sewage Sludge and Lime on Revegetation of Abandoned Brown Coalpits. Recamation and Revegetation Research, Vol. 2, 1983-84.
- Olesen, S.E. & Marh, H.S. 1989 Long-term Effects of Sewage Sludge Application in a Conifer Plantation on a Sandy Soil. In: Alternative Uses for Sewage Sludge . Pergamon Press.
- Panter, K.M. & Hawkins, J.L. 1990 Marked Development for London Sludge. BioCycle, Vol. 31, No. 6, 1990.
- Pietz, R.I. et. al. 1983 Sewage Sludge Application to Calcareous Strip Mine Soil: II. Effects on Corn and Soil. Cadmium, Copper, Nickel and Zink. Journal of Environmental Technology, Vol. 12, No. 4, 1983.
- Richter, A., 1996 Slamdisponering og -produksjon i dag og fram mot år 2000. VANN nr. 1, 1996, s. 76 - 80.
- Seierstad, K. 1996 Personlig meddelelse leder for Norsk Ferdigplen A/S, Høland.
- Sewell, W.J. 1982 Applying Sludge to Dedicated Land, Bio Cycle, Vol. 23, No. 5, 1982.
- Shanks, J.B. & Gouin, F.R. 1984 Compost Suitibility for Greenhouse Ornamental Plants. BioCycle, Vol. 25, No.1, 1984.
- Shenkel, W. & Butzkamm-Erker, R. 1990 Klärschlamm Entsorgung, die neuen Rahmenbedingungen und künftige Entsorgungswege. Korrespondenz Abwasser, Vol. 37, No. 9, 1990.
- Sigvaldsen, L. 1996 Personlig meddelelse Leif Sigvaldsen, driftssjef på Knarrdalstrand renseanlegg.
- Skaug, A. & Nedland, K.T. 1994 Slam på grøntarealer. Erfaringer fra et demonstrasjonsprosjekt. Vekstsesongen 1994. NORVAR-rapport nr. 44 - 1994.
- Skøtt, T. 1997 I Skagen er slammet ikke noget problem. Dansk Bioenergi, februar 1997.
- Slim, J.A. & Wakefield, R.W. 1990 The Utilization of Sewage Sludge in Manufacture of Clay Bricks. Proceeding from the Sludge Management Conference, Los Angeles, 1990.
- Solbraa, K. 1991 Foreløpige betraktninger om resultater fra bruk av kloakkslam på Starmoen i Elverum etter skogbrannen i 1976. Notat av 23.05.91; NISK. Formidlet gjennom Kambi A.S, Elverum.

- Solbraa, K. 1996 Personlig meddelelse Knut Solbraa, NISK.
- Sopper, W.E. 1988 Reclamation of Degraded Land Using Municipal Sewage Sludge. Forest Site Evaluation and Long-term Productivity (University of Washington Press), 1988.
- Sopper, W.E. 1989 Utilisation of Sewage Sludges in the United States for Mine Land Reclamation. In: Alternative Uses for Sewage Sludge . Pergamon Press.
- Sopper, W.E. & Murray, D.T. 1981 City Sludge heals Strip Mine Scars. Waste Age, Vol. 12, No. 9, 1981.
- Sopper, W.E. & Seaker, E.M. 1984 Use of Municipal Sewage Sludge to Reclaim Mined Land. Critical Reviews in Environmental Control, Vol. 13, No. 3, 1984.
- Steiner, A. 1990 Klärschlamm Entsorgung in Bayern. Korrespondenz Abwasser, Vol. 37, No. 9, 1990.
- Sweigard, R.J. & Ramani, R.V. 1983 Environment and Land Conservation - Reclamation of Mined Land. Pennsylvania Academy of Science Report, 1983.
- Tay, J.H. & Show, K.Y. 1992 Reuse of Wastewater Sludge in manufacturing Non-Conventional Construction Materials - An Innovative Approach to Ultimate Sludge Disposal. Water Science and Technology, Vol. 26, No. 5-6, 1992.
- Taylor, C.M.A. & Moffat, A.J. 1989 The Potential for Utilising Sewage Sludge in Forestry in Great Britain. In: Alternative Uses for Sewage Sludge . Pergamon Press.
- Thorvik Helgen, B., Skaug, A., Paulsrud, B. & Nedland, K.T. 1993 Slam på grøntarealer. Erfaringer fra et demonstrasjonsprosjekt. NORVAR-rapport nr. 28 - 1993.
- VAV 1989 Metoder för behandling och avyttring av slam. Teknik - Ekonomi - Miljøkonsekvenser - Framtidsutsikter. Meddelande VAV M66, februar 1989.
- Vigerust, E. 1995 Bruk av slam på grøntarealer. NORVAR Prosjektrapport 53/1995.
- Voos, G. & Sabey, B.R 1987. Nitrogen Mineralization in Sewage Sludge amended Coal Mine Spoil and Topsoils. Journal of Environmental Quality, Vol. 16, No. 3, 1987.
- Wasilewski, J., 1997 Personlig meddelelse fra Jerzy Wasilewski, Trondheim Bydrift.
- Water Environment Federation 1994 Beneficial Use Programs for Biosolids Management. Water Environment Federation, Alexandria, USA.
- Water Quality International 1997 News from Water Quality International, January/February 1997.

- Werner, W. et. al. 1989 Experiences of the Usage of Heavy Amounts of Sewage Sludge for Reclaiming Opencast Mining Areas and Amelioration of Very Steep and Stony Vineyards. In: Alternative Uses for Sewage Sludge . Pergamon Press.
- Wolstenholme, R., Dutch, J., Moffat, A.J., Bayes, C.D. & Taylor, C.M.A. 1992 A Manual of Good Practice for the Use of Sewage Sludge in Forestry. H.M. Stationary Office, London, Forestry Commission Bulletin (ME/44210), No. 107, 1992.
- Øyen, O. 1991 Kloakkslam i skogbruket - status for norske og utenlandske arbeider pr. mai 1991. Kambi - Utviklingsselskapet for skogbruk - skogindustri, Elverum.