

Praktisk opplegg av frilandskompostering

Av Bjørn-Erik Haugan og Jens Erik Pettersen

Bjørn-Erik Haugan er sivilingeniør fra NTH og arbeider som forsker ved NIVA.

Jens Erik Pettersen er sivilingeniør fra NTH og er ansatt i Statens Forurensningstilsyn (SFT).

Frilandskompostering omfatter utlegging av slam, opptørking og vending som setter komposteringsprosessen i gang. Metoden er egnet for små og mellomstore kloakkrenseanlegg.

Metoden er areal- og tidkrevende, men krever små kapitalkostnader og enkelt driftsutstyr. Metoden er følsom overfor stor nedbør og underlaget på plassen, men kan under gunstige betingelser gi et produkt med gode bruksegenskaper og akseptabel hygienisk kvalitet.

- Gjøre slammet komposterbart gjennom opptørking til TS ca. 30%
- Gjennomføre komposteringen under tilstrekkelig lufttilførsel.

Komposteringen søkes gjennomført med minimum innsats av spesialutstyr, idet metoden er tenkt som et alternativ for Norges mange små renseanlegg. Metoden forutsetter snarere en tilgang på arealer enn på kapital til investeringer i driftsutstyr. Komposteringen kan drives med maskiner som alt finnes i alle kommuner.

Slam med minst 30% tørrstoff kan komposteres

Som beskrevet i andre artikler i dette nr. av VANN er kompostering en biologisk nedbrytning av organisk materiale under tilførsel av oksygen (luft). Kompostering av slam kan gi et sluttprodukt som har gode egenskaper som vekstmedium, og et lavt innhold av parasitter, virus og ikke-sporedannende bakterier. Kompostering gir varmeutvikling, og en kan registrere temperaturer høyere enn 70°C under gode forhold.

Forutsetningene for kompostering er normalt ikke til stede etter avvanning av kloakkslam idet tørrstoffinnholdet (TS) fortsatt er for lavt; under 30 prosent.

Målsettingen med frilandskomposteringen er dermed todelt:

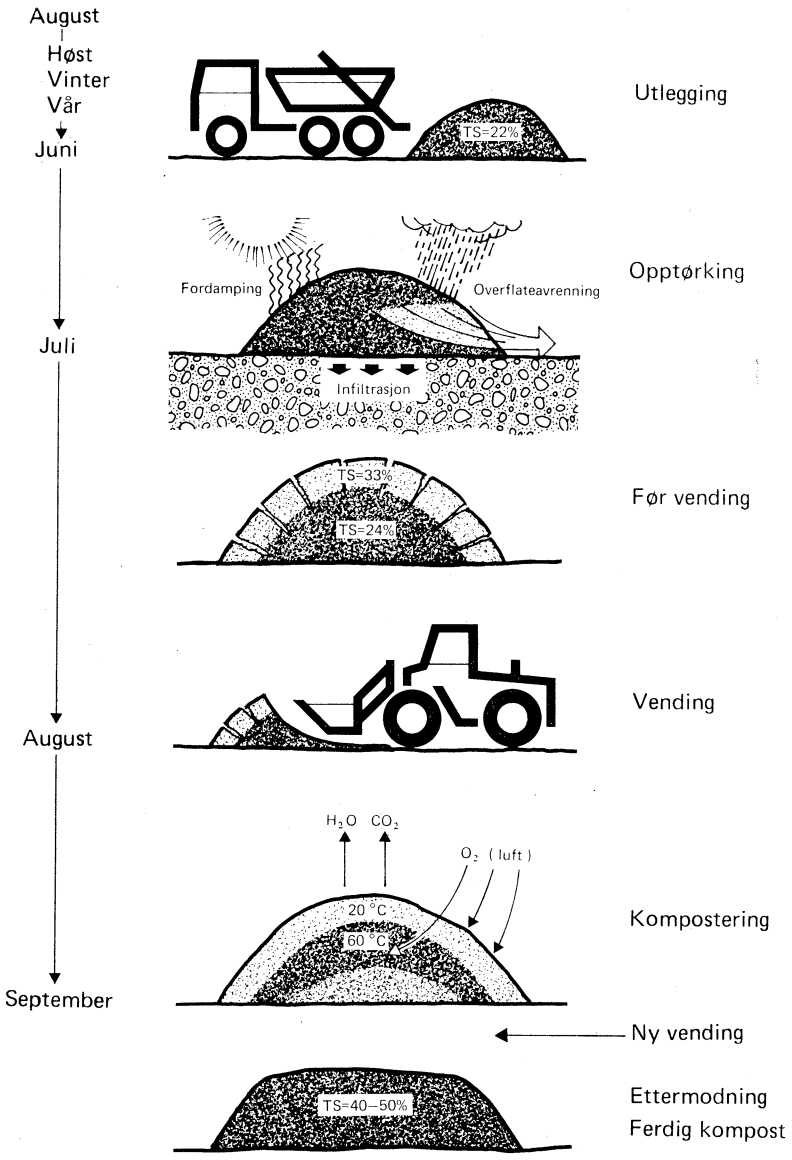
Frilandskompostering krever rikelig oksygentilgang til slammet

En kan grovt regne at kompostering betinger $TS > 30\%$ og $pH < 9$. De viktigste egenskaper for råslam er fremstilt i tabell 1. Sentrifuger er helt dominerende ved norske kloakkrenseanlegg, og slammet vil i utgangspunktet ofte ha TS 20—23%.

Den nødvendige opptørking av slammet skjer gjennom lagring av slammet i friluft i sommerhalvåret. Utlegging av slammet skjer gjennom hele året, men en effektiv opptørking vil først begynne etter vårløsningen. Slammet legges ut i hauger à ett bil (container)-lass (Fig. 1).

Opptørking skjer gjennom fordampning, avrenning på bakken rundt haugene eller infiltrasjon i grunnen.

Figur 1. Faser i frilandskompostering.



Tabell 1. Sammenheng mellom struktur og tørrstoff (TS) i slam.

TS %	Behandlingsprosess	Slamegenskaper
0		Flytende
5	Fortykkning	Pumpbart
10-12		Grøtaktig
15		Siger utover ved deponering. Kan ikke legges ut med henblikk på kompostering.
20		Egnet for utlegging (se fig. 2).
25		Pastalignende, lav porøsitet og luftgjennomtrengelighet, vil gå anaerobt, klebrig, sleipt, hulrom klapper sammen ved deponering/lagring
30	Avvannet slam	Som modellérleire. Smutser ikke, større hulrom og kanaler forblir åpne ved opplagring. Kan undertiden komposteres.
40	Kompostering	Komposterbart forutsatt pH < 9
		Diskrete partikler og klumper. Smuldrer ved påkjenninger. Matjordaktig, spesielt etter kompostering.

En vil under opptørkingen få dannet en tørr skorpe på haugene, mens kjernen i liten grad vil tørke opp. Skorpen vil foruten et høyere TS-innhold også få en annen struktur enn det ferske råslammet. En vil få sprekkdannelse med kanaler inn

i haugene. Skorpen består av harde klumper omgitt av luftfylte hulrom.

Når haugenes tørrstoffinnhold gjennomsnittlig har nådd det ønskede nivå (30%), vendes haugene, og materialet omblandes.

Vanninnholdet i haugene vil raskt fordele seg jevnt i massen, som får det ønskede høyere TS-innhold. Vending og omblending vil i tillegg føre til at massen får en mer porøs struktur. Herved lettes tilførselen av luft til haugenes indre hvor omsetningen skjer.

Komposteringen vil begynne umiddelbart etter vending forutsatt at slammet er tilstrekkelig tørt. En kan oppnå en betydelig varmeutvikling inne i massen. Overflaten av haugene vil være avkjølt av omgivende luft og vil ikke utsettes for de høye temperaturer en kan måle dypere ned. Omsetningen vil gå raskere der oksygentilførselen er god, men varmetapet samtidig lavt; dvs. i et sjikt ca. 20 cm under overflaten.

For å oppnå en rask omsetning og hygienisering av alt materialet, vil flere vendinger være nødvendig. Gjentatte vendinger vil påny utveksle materiale mellom overflate og kjerne, gi større porøsitet, bedre luft-tilgang og økt omsetningshastighet.

Slammet legges ut i hauger å ett containerlass

Avvannet slam legges ut fortløpende gjennom hele året. Ved utleggingen plasseres slamhaugene i et system som letter adkomsten ved senere vendinger, gir stor overflate for fordamping, og beslaglegger et minimum areal (fig. 2).

Tilkjøring av avvannet slam skjer vanligvis i containere å 5—10 m³. Utlegging skjer i hauger å ett lass. Haugene legges i parvis parallelle rader, forskjøvet 1/2 haugdiameter. En må unngå at haugene overlapper og demmer opp for vann som renner av. En avsetter derfor åpning mellom haugene. Mellom hvert sett av parvis parallelle rader beregnes plass for adkomst med hjullaster, traktor eller annen vende-

redskap. Nødvendig avstand vil være 2—6 m beroende på maskinens størrelse (se avsnitt om komposteringsplassen). For å unngå oppdemming av overflateavrenning, bør radene legges parallelt med terrengets fallretning. Derved kan vann ledes bort i renner i de åpne områdene. En vel planlagt utlegging vil spare driftstimer ved vending, samt redusere mulighetene for driftsproblemer.

Opptøring av slammet tar minst to måneder

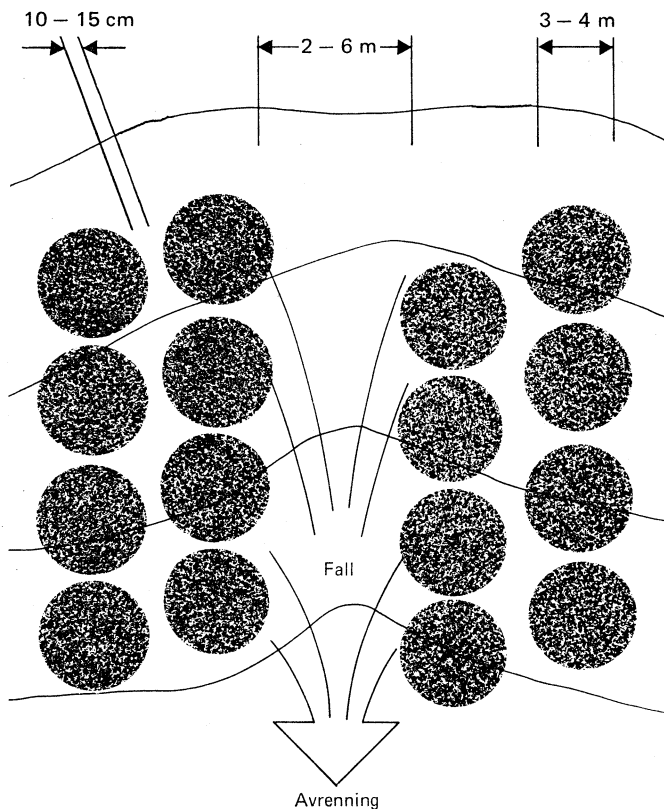
Opptørkingen er helt sentral for å få komposteringen effektiv. En vil i alle fall tilrå at det utføres praktiske forsøk ved renseanlegg der en vurderer frilandskompostering. Spesielt i områder med høyere nedbør, fuktigere eller kaldere klima enn Østlandet, kan bare forsøk avgjøre om en kan få slammet tørt nok.

Opptørking av slammet skjer gjennom fordamping, avrenning på overflaten og ved infiltrasjon i underlaget. I tillegg til vanninnholdet i det utlagte slammet vil vind, sol, nedbør, lufttemperatur og fuktighet påvirke opptørkingen og nødvendig lagringstid.

Overflateavrenningen vil kunne fremstå som et driftsproblem ved komposteringsanlegget. Dersom en komposterer på et drenerende underlag, må infiltrasjon av sterkt forurenset slamvann underkastes vanlige vurderinger vdr. avstand til drikkevannskilde og vassdrag. Slamvannet vil ha høyt innhold av finfordelt stoff, og vil etterhvert tette porene i de fleste typer drenerende underlag. En bør dermed beregne å ta hånd om en betydelig mengde forurenset overvann.

Under normale nedbørforhold på Østlandet må en beregne å lagre slam produsert gjennom ett år fra juli til juni året

Figur 2. Utleggingsystem og arealbruk



etter, opptørring gjennom juli og august, og kompostering fra august til oktober. Det er likevel klart at en under gunstige klimaforhold kan kompostere slammet etter kortere opptørring enn de minimum 2 mnd. en har funnet å måtte beregne. Slam med spesielt høyt tørrstoffinnhold ($TS > 25\%$) vil forandre kortere opptørringstid, og en er mindre utsatt i sommere med høy nedbør. Slam fra avvanning i moderne silbåndpresser vil i gunstige fall ha både høyt TS-innhold og

en porøs struktur. Slammet vil iblant kunne kompostere etter liten eller ingen opptørring.

En må under alle omstendigheter planlegge å lagre slam produsert høst, vinter og vår for kompostering på ettersommeren.

Nedbøren i hele opptørringsperioden er av betydning, men spesielt kraftig nedbør i de siste 2-3 uker før 1. vending vil kunne gi problemer med å få komposteringen startet.

Vending av slammet starter komposteringen

Konkret betyr dette: Bryte opp klumper og blokker i den tørre massen, blande våt og tørr masse, «heve» massen, dvs. lage en mer porøs og luftig struktur.

Vending må skje etter noen dager med tørt oppholdsvær. En beregner at komposteringen kan ta 2—3 mnd. For å dra nytte av sommeropptørkingen og unngå høstnedbør og frost, vil 1. vending av slammet best skje i perioden 1. august til 15. september. En må gi akt på lokale klimaforhold. En kan derfor ikke forhåndsbestemme vendingstidspunktet nøyaktig, men må avvente en egnet værperiode i det angitte tidsrom. Når kompostering er kommet igang og temperaturen stiger, vil normale mengder nedbør ikke stoppe prosessen. Forutsatt vending i august kan en kompostere slam som er lagt ut senest tidlig i juni. En vender da en hel årsproduksjon.

Vending kan skje med redskapstyper som finnes i alle kommuner. Egnet er hjullaster, traktor med lasteapparat eller gravemaskin. Effekten i omblandingen er mer avhengig av maskinføreren enn av hvilken maskin som benyttes.

Ved vendingen sparer en mye maskintid om haugene er lagt ut i et mønster som fig. 3. En ser at ved bruk av hjullaster må en avsette større mellomrom mellom haugene enn ved bruk av gravemaskin. Til gjengjeld vil en hjullaster arbeide ca. 3 ganger raskere.

Typisk tidsforbruk (netto) ved vending av ett slamlass (vekt før opptørking ca. 6 tonn).

12—14 tonns hjullaster	
(CAT 950)	1—1½ min.
Gravemaskin (Brøyt X-2)	3—5 min.

Ved første vending med frontlastende kjøretøy vendes parvis haugrekkene mot hverandre og legges opp i en ranke. Ranken blir liggende på samme plass som haugene lå. Hjullaster/traktor arbeider på skrå. En får ved arbeid med en haugrekke mothold i den parallelle. Massen løftes opp og ristes ut av skuffen for å sikre god omblanding. Vending er illustrert i fig. 3.

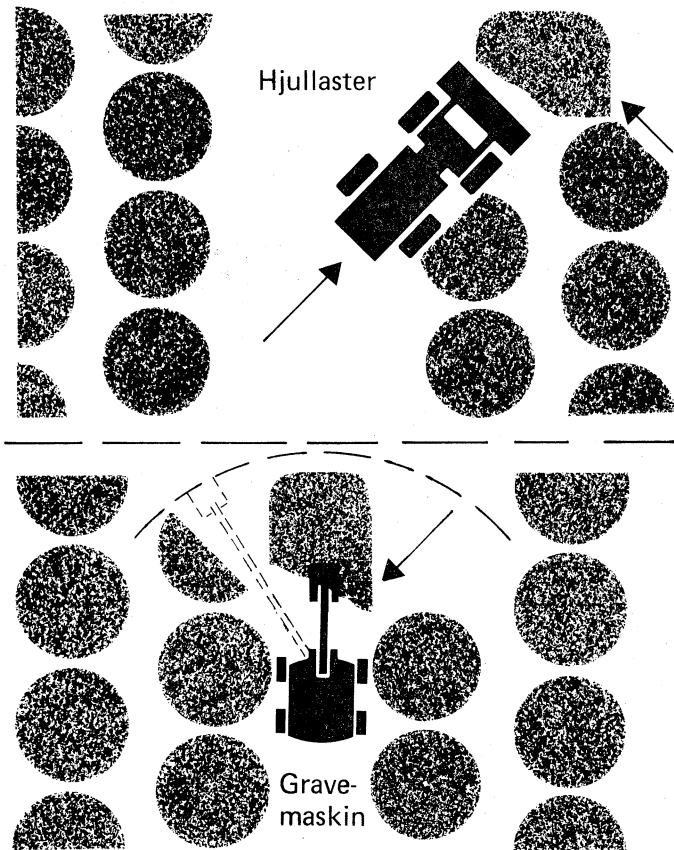
Dersom en benytter gravemaskin bør den åpne gaten ha samme bredde som maskinen. Denne arbeider ved å ta massen fra en haugrad på hver side av gaten og legge opp en ranke i det åpne området. Ny gate åpner seg der haugene lå. Massen ristes ut av skuffen ved opplegging.

Rankene som legges opp bør etter første vending ikke ha større høyde enn 1—1½ m. Dette for å unngå komprimering av massen og hindring av lufttilførselen. Ved neste vending kan rankene gjøres høyere, evt. to ranker vendes sammen til én. Komposteringen vil redusere masse og volum, gjøre materialet mer kornet og porøst og derved muliggjøre kompostering dypere i massen.

De driftsproblemer en lettest kommer ut for ved vending, er: Fastkjøring av vendemaskinen, innblanding av underlaget i massen, og lukt.

Ved kjøring på sleipt eller løst underlag har hjullastere dårlig fremkommelighet. Ved utlegging av slammet passer en derfor på at hjullasteren senere kan foreta vendingene uten å kjøre helt inn i massen. Slam og leiraktig underlag vil ellers meget lett sette seg i dekkmønsteret og forårsake spoling. Problemet reduseres dersom all avrenning effektivt er ledet vekk og gaten mellom haugene er tørr ved vending.

Figur 3. Vending



Dersom dekket på komposteringsplassen ikke er fast opparbeidet kan en risikere innblanding i komposten. Slik innblanding kan virke uheldig, dels ved at mengden nedbrytbart organisk stoff pr. volumenheter avtar, dels ved at det innblandede materiale (leire eller sand) tetter kanaler og porer i komposten.

Råslammet vil ved utlegging kunne avgi noe generende lukt, som imidlertid raskt taper seg i opptøringsperioden. Ved første gangs vending vil en også kunne få generende lukt en kort periode. Komposteringen vil endre luktens karakter senere i prosessen.

Kompostering krever flere vendinger

Komposteringen igangsettes ved vending av massen og vil pågå sålenge luft når ned til uomsatt organisk materiale. Omsetningen vil gå raskest i et sjikt ca. 20 cm under overflaten i rankene. Her er varmetapet lite nok til at omsetningen driver temperaturen opp i et gunstig område (50—60°C), og en har likevel god tilgang på luft. Overflaten vil ha varmetap til omgivelsene og rankenes kjerne vil lide av dårlig lufttilførsel. For at all masse skal omsettes i rimelig tid må en derfor ta sikte på å vende flere ganger. Herved økes også sannsynligheten for drap av patogene bakterier og parasitter ved eksponering for høye temperaturer. Hver ny vending vil blande, lufte og «heve» massen og gi en aksellerert kompostering. En kan passende vende med 2 ukers mellomrom og foreta 3—4 vendinger. Hyppigere vendinger vil redusere total komposteringstid, men gi økte driftskostnader. En har funnet store variasjoner i nødvendig komposteringstid ved denne metoden, men kan antyde 2—3 mnd. Slammets TS-innhold ved første vending vil sterkt påvirke hvor raskt prosessen kommer igang. Intensjonen er at komposteringen skal gi en markert temperaturøkning til rundt 60°C i løpet av 3—4 dager etter vending. Den høye temperaturen vil i gunstige fall holde seg i flere uker. En bør likevel vende med angitt intervall for å lufte og omblende materialet. Temperaturen vil falle i forbindelse med gjentatte vendinger, men ta seg raskt opp igjen.

Dersom slammets ved første vending ikke er tilstrekkelig tørt, vil en likevel kunne registrere en viss temperaturøkning. En bør da vente en tid og så vende påny. En må da unngå å legge slammets opp i

høyere ranker enn 1—1½ m. Komposteringstiden vil bli lengre enn angitt om en ikke klarer å heve temperaturen til 50—60°C.

Etter varmkomposteringen bør massen legges opp til ettermodning. En kan da lagre massen i høyere lag, 2—3 m. Kravet til god lufttilgang er ikke lenger avgjørende.

Komposteringsplassen bør ha fast underlag.

Ved frilandskompostering er en spesielt utsatt for klima og årstidsvariasjoner samt variasjon i slamkvaliteten. For å gardere seg mot driftsforstyrrelser må komposteringsplassen planlegges med henblikk på å ta avrenningen i år med stor nedbør. En må da dimensjonere for noe forlenget opptørkings- og komposteringstid (se nedenfor).

Underlaget på plassen bør helst være fast. En må unngå leire, løs sand, jord eller masser som binder vann. Dersom en velger et drenerende underlag må massen være grov og tillate avhøyling av slammets med hjullaster uten å bli revet opp. En kan ellers med fordel legge slam ut på et lag (10—15 cm) med bark. Plassen må helle for å få avledet overvann. Overflaten kan med fordel profileres med renner i fallretningen.

Trass i de beskjedne miljøproblemer en har registrert ved frilandskomposteringen, vil en anbefale at komposteringsplassen anlegges skjermet for innsyn. En bør beregne avstand til bebyggelse som for søppelfyllplasser. Dette av hensyn til såvel lukt som psykologiske faktorer forbundet med kloakkslam. En vil med fordel kunne anlegge komposteringsplassen i forbindelse med rensanlegget eller ved en søppelfyllplass. Begge disse steder vil

en relativt lett finne aksept for miljømessige ulemper rundt komposteringen. Sjøpelfyllplasser bør også ha muligheter til å kople overflateavrenning fra komposteringsplassen inn på behandlingsanlegg for sigevann fra fyllingen. Vanlig toppdekke på fyllplasser er imidlertid ikke egnet som underlag for kompostering.

Dimensjoneringen av anlegget kan illustreres ved følgende tall *pr. 1 000 p.e.* fra et mek./kjem. rensesanlegg med jernklorid eller aluminiumsulfat:

Slamproduksjon 130 kg (100—150 kg)
tørrstoff/dg
Volum (20% TS) 0.65 m³/dg

D.v.s. 40 containere à 6 m³ pr. år.

Hvert lass beslagegger et areal

(3,5 m x 3,5 m) = 12 m² netto

Plass for adkomst ved vending (se fig. 2).

Gravemaskin ca. 4 m² pr. haug

Hjullaster 8 m² pr. haug

Brutto opptørkingsplass: 16—20 m²/lass.

Opptørkingsplass for en årsproduksjon, 600—800 m².

Dertil må beregnes noe plass for slam som produseres mens komposteringen (2 mnd.) pågår.

Nødvendig areal: 700—1 000 m² pr. 1 000 p.e. avhengig av vendingsredskapen.

Lokale forhold vil bestemme i hvilken grad en må beregne lengre opptørkingstid, annen slamproduksjon etc.

I områder med høyere nedbør enn Østlandet (ca. 1 200 mm/år) bør en inkludere en sikkerhetsmargin ved dimensjonering av arealet.

Overflatevann fra plassen vil være sterkt forurenset og må sikres forsvarlig

behandling. I snøsmeltingen kan en beregne jevn avrenning tilsvarende 20 mm nedbør pr. døgn. D.v.s. avrenningen beløper seg til 20 000 l/1 000 m² flate pr. døgn. Avrenningen skjer på dagtid, dvs. ca. 1 700 l/1 000 m² pr. time.

Et kraftig regnskyll i sommersesongen vil typisk være 10 l/s pr. 1 000 m² og av ½ times varighet. Dette tilsvarer 18 000 l/1 000 m².t. Slike spissbelastninger bør utjevnes med utjevningssjøbasseng før evt. behandling.

Slam med pH høyere enn 9 kan ikke komposteres

Hvis pH er over ca. 9, vil biologisk aktivitet hemmes. pH vil kunne avta ved lagring. Hvorvidt dette gjør slammet komposterbart avhenger av kalkmengden som er brukt og lagringstiden. Felling med kalk eller kalk og sjøvann gir slamproduktet en ikke kan påregne kompostert idet pH er høyere enn 11. Ved kalkstabilisering og kalkkondisjonering tilsettes 10—30% kalk (beregnet på basis av TS). pH er i utgangspunktet høyere enn 11, men vil i enkelte tilfelle kunne komme under 9 ved lagring.

Slam kan avvannes med forskjellige metoder.

Kalk tilsettes ofte for å dempe lukten i selve rensesanlegget, men mengdene er da så små at de ikke hindrer kompostering. Slam fra rensesprosessen inneholder mer enn 95% vann, og en fjerner mesteparten av dette gjennom maskinell avvanning. Struktur og TS i råslammet henger nøye sammen med avvanningsmetoden. Porøsitet og luftgjennomtrengelighet øker med økende TS-innhold.

Slammets konsistens vil kunne endres dramatisk med få % endring i TS. Ta-

bell 1 gir kvalitativt en antydning om slammets egenskaper ved ulike TS-verdier.

Avvanning i sentrifuger gir et slamprodukt som er tett og lite porøst. Typisk kan TS være mellom 20 og 23%. En vil bare unntaksvis kunne kompostere slammet uten lengre tids (3 mnd.) opptørking.

Nye typer silbåndpresser kan i gunstige fall gi slamprodukt med TS høyere enn 25%. Tidligere modeller har ligget i ytelse omtrent som sentrifuger.

Kammerfilterpresser gir $TS > 30\%$. En benytter oftest kalk ved kondisjoneringen, og pH vil ligge høyt (> 11) i kakene. Slammet vil derfor vanskelig kunne komposteres.