

omgivningen. Detta utnyttjas för fosforreduktion genom algodling samt i modifierade aktivslamprocesser. Vid första metoden odlas algkulturer i avloppsvatten i grunda öppna dammar. Metoden fordrar gynnsamt klimat och har främst tillämpats i Skåne. Utförda försök visar att processbetingelserna och resultaten är mycket varierande och svårförutsagda.

Adsorptionsmetoder

Genom kombination och vidareutveckling av kända principer har man i USA utformat en speciell metod, som ger utomordentligt rent vatten. Biologiskt behandlat avloppsvatten fälls med aluminiumsulfat och polyelektrolyter, filtreras i speciella djupfilter och slutbehandlas i kolonner fyllda med aktivt kol. Det renade vattnet uppfyller ur alla synpunkter mycket höga krav. Den första fullskalanläggningen byggdes 1965 vid Lake Tahoe i Kalifornien med en kapacitet på 9 500 m³/dygn, motsvarande ca 20 000 anslutna personer (jfr Tekn. T. 1965 s. 1172). Fosforhalten i det från adsorptionskolonnen kommande vattnet är 0,07—0,3 mg/l. Vid reningen reducerades grumligheten och bakteriehalten i hög grad.

Obehandlat avloppsvatten kan även renas genom filtrering och adsorption i bäddar av aktivt kol. Man uppnår en hög fosforreduktion (93—99 %). I laboratorieskala har vissa andra adsorptionsmedel, t.ex. aktiverad aluminium- och magnesiumoxid, också visat god fosforreducerande effekt.

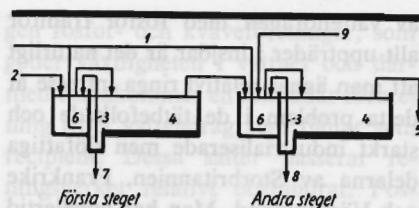


Fig. 2. Biologisk och kemisk rening av avloppsvatten enligt Attisholz; 1 tillförsel av luft, 2 tillförsel av orenat avloppsvatten, 3 returslam, 4 sedimenteringsbassänger, 5 avgående renvatten, 6 luftningsbassänger, 7 överskottsslam, 8 kemiskt slam, 9 tillsats av Al-sulfat.

Kemiska fällningsmetoder

Vid kemisk fällning avlägsnas orto- och polyfosfater genom tillsats av kemikalier. Begreppet "fällning" används här ej i vedertagen bemärkelse. Förutom utfällning spelar nämligen reaktioner av typen adsorption och komplexbildning en väsentlig roll. Kemisk fällning kan användas i anslutning till aktivslamprocesser av konventionell eller modifierad typ eller utan föregående biologisk rening, "direktfällning". I kombination med konventionell aktivslamrening kan fällningen antingen utföras i luftningsbassängen, "simultanfällning", eller efter klarbassängen, "efterfällning". Simultanfällningen ger ett blandslam av kemiskt och biologiskt slam. Vid blandslammets rötning har man inte konstaterat någon påtaglig utlösning av fosfor då aluminiumsulfat användes som fällningsmedel. En aktivslamanläggning ger normalt ett renvatten innehållande 15—30 mg/l suspenderat organiskt material. Efterfällningsmetoden erbjuder en enkel möjlighet att avlägs-

na huvuddelen av dessa "restflockar". Även antalet bakterier och ägg från inälvsmaskar i vattnet reduceras avsevärt.

Såsom fällningsmedel användes främst salter av aluminium, järn och kalcium, vanligen i form av aluminiumsulfat, järn(III)klorid eller kalciumhydroxid. Tillsats av polyelektrolyter är även tänkbar för att minska tillsatsen av metallsalter.

Vid utfällning med kalk är renings-effekten tämligen hög; man kan reducera halten totalfosfor till under 0,5 mg/l i det renade vattnet. En nackdel vid fällning med kalk är, att pH i utgående vatten är högt (10—11). Metoden ger stora mängder slam, som dock relativt lätt kan avvattnas i konventionella slamförtjockare. Blandar man fällningsslammet och slammet från det biologiska steget erhålles en påtaglig förbättring av det biologiska slammets förtjockningsegenskaper.

Med järn(III)klorid som fällningsmedel kan totalfosforhalten sänkas till 0,2—0,5 mg/l vid en tillsats av ca 150 mg FeCl₃ per liter (34 mg/l Fe) avloppsvatten. Det bästa resultatet erhålles vid ett pH-värde av 7—8. Fällningen utgöres huvudsakligen av svår-

lösligt järn(III)hydroxidfosfat. Slammet är voluminöst och svårt att avvattna. Vid dess rötning frigörs dessutom fosfor.

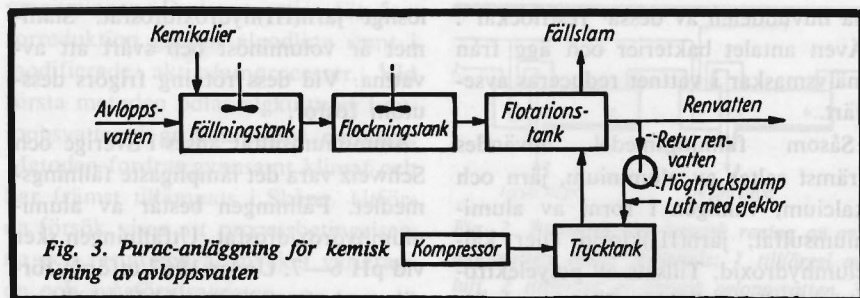
Aluminiumsulfat anses i Sverige och Schweiz vara det lämpligaste fällningsmedlet. Fällningen består av aluminiumhydroxidfosfat. Utfällningen sker vid pH 6—7. Under 1967 utförda försök med efterfällning vid Eolshalls reningsverk har preliminärt visat, att en tillsats av 130 mg aluminiumsulfat per liter (11 mg Al/l) reducerar fosforhalten med 95 %, motsvarande en fosforhalt i utgående vatten av 0,3—1,0 mg/l.

Attisholz-metoden

En speciell biologisk reningsprocess, som utföres i två steg med "bioflockning" i andra steget har utvecklats av cellulosafabriken Attisholz i Schweiz. Det andra steget i denna process har modifierats till ett kemiskt fällningsförfarande. Luftning utföres i båda stegen som är seriekopplade med var sin sedimenteringsbassäng, fig. 2. I det första steget tillför man avloppsvatten utan föregående försedimentering. En högre slamkoncentration ger kortare uppehållstid än man har vid

Tabell 1. Svenska anläggningar för fosforreduktion

Anläggning	Antal anslutna personer	Rening	Reningsseffekt	
			BS, %	Fosfor %
Akers Styckebruk ..	3 000	Mekanisk och kemisk	70	90
Klägerup	1 000	Mekanisk och kemisk	70	80
Tjustorp	600	Mekanisk, biologisk och kemisk	90	90
Salemstaden	12 000	Mekanisk och kemisk	70	90
Rönninge	4 000	Biologisk och kemisk	90	90
Kungsör	8 000	Mekanisk, biologisk och kemisk	90	> 90



en konventionell aktivslamprocess. Den kemiska fällningen utföres i andra stegets luftningsbassäng och ersätter där sannolikt bioflockningen. Totala uppehållstiden är ca 7 h, dvs. kortare än vid konventionell aktivslamrening (9 h).

I förhållande till en konventionell aktivslamanläggning ger en tvåstegsbiologisk anläggning en väsentligt mindre mängd överskottsslam. Överskottsslammet behandlas aerobt i stabiliseringsstankar.

Under ca 5 år har man utfört försök med Attisholz-metoden såväl i halvt teknisk som i full skala (ansluten folkmängd, inklusive industriell förorening upp till 2 500 personer). Man har uppnått en BS- och fosforreduktion på 90—95 %. I Hinwil, Schweiz, togs hösten 1967 ett reningsverk för 30 000 personer enligt den beskrivna metoden i bruk. Denna anläggning har gett följande resultat: BS₅ i renvattnet 5—10 mg/l, halten P = 0,3—1,0 mg/l samt halten suspenderade ämnen < 10 mg/l. Avloppsvattnet utgöres till 1/3 av kommunalt avloppsvatten och till 2/3 av spillvatten från ett slakteri, som drives tre dagar per vecka.

Ett reningsverk som arbetar enligt Attisholz-metoden för 2 000 personer

startades i februari 1968 i Rönninge söder om Stockholm. Reningseffekten är lika hög som i motsvarande verk i Schweiz.

Direktfällning

Kemisk fällning utan föregående biologisk rening utförs i regel efter mekanisk rening. Parallellt med fosforreduktionen erhålles en BS-reduktion genom utflockning av kolloidalt och suspenderat organiskt material. Direktfällning kan kombineras med en separation av fällningen genom flotation t.ex. i en Purac-anläggning, fig. 3.

Svenska avloppsverk med fosforreduktion

I Sverige finns för närvarande sex anläggningar för fosforreduktion, som arbetar med kemisk fällning i kombination med enbart mekanisk rening eller med både mekanisk och biologisk rening, tabell 1. Ett speciellt förfarande, BFF-förfarandet (av biologisk badd, flockning och flotation) tillämpas bl.a. vid det i februari 1968 startade verket i Kungsör. I Orsa tar man i april 1968 i bruk ett reningsverk där

kalk skall användas som fällningsmedel. Vid övriga verk med fosforreduktion används för närvarande aluminiumsulfat.

Forsknings- och utvecklingsarbete i Sverige

Undersökningar med kemisk fällning av avloppsvatten har företagits på flera platser i Sverige. I en halvstor, transporterbar anläggning som lånats från Attisholz genomfördes under 1967 vid Henriksdals reningsverk försök med fosforreduktion av Institutionen för Kemisk Apparatteknik, KTH. Vid en Al-dosering på 12 mg/l fick man en BS₅-reduktion på drygt 90 % och en lika stor fosforreduktion. Med ekonomiskt bistånd av 1964 års Naturresursutredning har Institutionen konstruerat och byggt en ny tvåstegs-anläggning i vilken studierna av de tekniska möjligheterna för närsaltreduktion fortsättes.

Vid Eolshäls Reningsverk har Stockholms Stads Gatukontor utfört försök med fosforreduktion i full teknisk ska-

la. Man har arbetat med både simultant- och efterfällning, tabell 2. Institutionerna för Vattenkemi samt för Vattenförsörjnings- och Avloppsteknik vid KTH har gjort försök med fosforreduktion i såväl laboratorieskala som i en kontinuerligt driven försöksanläggning (Tekn. T. 1966 s. 975). Vattenbyggnadsbyrån har utfört drift- och laboratorieförsök avseende fosforreduktion i samband med sin planering av Käppalaverket (Tekn. T. 1963 s. 749).

Institutionen för Biokemisk Teknologi vid KTH har genomfört försök i halvstor skala med simultanfällning. Dessa försök, liksom försöken vid Eolshäls tyder på att renvattnets halt av suspenderat material och BS vid simultanfällning ökar vid höga kemikalietillsatser. Vid simultanfällning kan man endast uppnå en mycket måttlig reduktion av fosforhalten. Med hänsyn till effekten av både primär och sekundär förorening kan direktfällning vara ett bättre alternativ än simultanfällning. Vill man nå mycket höga reningseffekter måste man tillgripa biologisk rening och kemisk efterfällning. □

Tabell 2. Försök med fosforreduktion vid Eolshäls reningsverk

Reningsmetod	Kemikalietillsats som Al mg/l	Renvattnets beskaffenhet BS ₅ mg/l	Total-P mg/l	BS-reduktion %	Fosforreduktion %
Aktivslam och efterfällning	6,5	8	1,1	95	85
Aktivslam och efterfällning	7	19	1,8	88	78
Aktivslam och efterfällning	8,5	4	0,6	97	91
Aktivslam och efterfällning	11	8	0,5	94	93
Aktivslam och simultanfällning ..	8,5	28	1,1	69	79
Aktivslam och simultanfällning ..	12	19	1,4	81	75

Slam- behandling

**Förtjockning,
vakuumfiltrering, centrifugering,
lufttorkning,
värmestorkning, filterpressning mm.**



**CIVILINGENJÖRERNA
EBBE HÖKERVALL, STOCKHOLM,
OCH TIBOR NEMETH, GÖTEBORG**

*Ebbe Hökervall är verksam vid Stockholms
Stads Gatukontor och Tibor Nemeth
vid Allmänna Ingenjörbyrå i Göteborg.*

628.336

Man måste ovillkorligen fortlöpande ta hand om och oskadliggöra det slam som avskiljs vid avloppsreningen. Målet för slambehandlingen är att överföra det vid reningen avskilda slammet till en lämplig form för den slutliga disponeringen. Slambehandlingen och disponeringen måste självfallet utföras på ett från teknisk-ekonomisk och hygienisk synpunkt tillfredsställande sätt.

Problemet vid slambehandlingen är främst slammets höga vattenhalt, tabell 1, och svårigheten att avvattna det. Andra problem är slammets benägenhet att lätt råka i förruttnelse samt smittriskerna vid hanteringen och disponeringen.

Slamtyper

Slam från mekanisk rening kallas primärslam, det från biologisk rening sekundärslam. Det som erhålls vid fosforrening kallas ofta kemiskt slam. Vid simultanfällning får man ett blandslam av sekundärslam och kemiskt slam. Primärslam och sekundärslam måste stabiliseras för att kunna hanteras utan sanitära olägenheter. Det sker vanligen genom rötning, dvs. anaerob jäsnings under ca 30 dygn vid ca 30°C. Vid rötningen reduceras torrsubstansens halt av organiska ämnen till hälften. Det rötade slammet sönderdelas efter rötningen vidare endast långsamt. Det är därför praktiskt taget luktfritt.

Slammet kan också förjäsas aerobt på 10–15 dygn i en slamstabilisator (som i princip är konstruerad som en aktivslamanläggning). Aerob slamsta-

bilisering används i regel endast för sekundärslam. Den användes vidare för slam, som erhålles från reningsverk som arbetar enligt tvåstegsprincipen. Detta slam mineraliseras nämligen relativt långt redan vid själva reningsprocessen.

Slammets struktur

Slammet utgör ett komplicerat kolloidalt system i vilket man kan särskilja kolloidala partiklar med medeldiametern 1 µm, suprakolloidala partiklar med diametrarna 1–100 µm samt aggregat av kolloider. Dessutom innehåller slammet en del inte kolloidala partiklar, såsom sand. Aggregat av kolloider utgör huvuddelen av slammet.

Vattnet i slammet utgörs av cellvattnet som är inneslutet i partiklarna, adsorptionsvattnet som kvarhålls av i partikelytorna verksamma adsorptionskrafter, kontaktvattnet som kvarhålls av invid kontaktytan mellan partiklarna verksamma kapillärkrafter samt yttervattnet som utfyller de stora hålrummen i partikelkonfigurationen.

I ett slam med 1 % torrsubstanshalt utgör yttervattnet ca 80 % av totala vattenhalten. Genom att ta bort yttervattnet kan man öka slammets torrsubstanshalt till 5 % och reducera dess volym till 20 % av den ursprungliga. För att öka torrsubstanshalten ytterligare måste man ta bort adsorptionsvattnet och kontaktvattnet. Det kan ske med mekaniska metoder. Cellvattnet kan endast tas bort genom torkning.

Slambehandlingssystem

Man har i dag huvudsakligen erfarenheter av behandlingen av primär- och sekundärslam. Man använder ofta en kombination av olika processer, tabell 2 och 3.

Förtjockning är en process vid vilken de tyngre slampartiklarna separeras från yttervattnet genom att slammet får sedimentera i en behållare ("förtjockare"). Vattnet dras av vid ytan och slammet i botten. Avgången av yttervatten kan underlättas genom användning av speciella skrapor. Genom förtjockning kan man öka slammets torrsubstanshalt till högst 15 %. Längre gående avvattning kan bl.a. utföras med vakuumfilter, filterpressar och centrifuger. För att underlätta avvattningen kan slammet "konditioneras" med aluminium-, järn- eller kalciumsalter samt med vissa högmole-

kylära polyelektrolyter (syntetiska polymerer). Konditioneringen innebär en koagulering varigenom slampartiklarna sluts samman till större, från varandra avgränsade aggregat.

En klassisk metod att avvattna slam är torkning i torkbäddar eller laguner. Vattenavgången från ytan är givetvis ringa under stor del av året i vårt klimat, varför stora ytor krävs.

Kemiskt slam är betydligt svårare att avvattna än primär- och sekundärslam. Men även för sådant slam förbättras vattenavgivningen genom konditionering med kemikalier. Här kan sannolikt högmolekylära polyelektrolyter få en betydande användning. Denna fråga har ingående studerats vid Institutionen för Kemisk apparat-teknik vid CTH. En omstridd fråga är om kemiskt slam och biologiskt slam skall avvattnas var för sig eller i blandning.

Tabell 1. Slammets mängd och sammansättning

Slammets art	Torrsubstanshalt %	Slamm mängd per person och år	
		vått m ³	torrsubstans kg
Orötat blandslam (primärt och sekundärt)			
från aktivslamrening	5	0,5	26
Rötat blandslam (primärt och sekundärt)			
från aktivslamrening	8	0,2	16
Slam från simultanfällning (kemikaliedos 30 mg/l Fe)	0,62	3,5	22
Slam från simultanfällning (kemikaliedos 12 mg/l Al)	1,4	—	—
Slam från efterfällning (kemikaliedos 30 mg/l Fe)	0,27	5,1	14
Slam från efterfällning (kemikaliedos 11 mg/l Al)	1,8	0,6	11

Tabell 2. Torrsubstanshalt, slamvolym och volymreduktion efter avvattning av orötat blandslam (primärt och sekundärt)

Avvattningsprocess	Torrsubstanshalt %	Slamvolym m ³	Volymreduktion %
Ingen avvattning	5	1	0
Vakuumfiltrering	20	0,25	75
Centrifugering	35	0,14	86
Lufttorkning	40	0,13	87
Värmetorkning	70	0,06	94

Tabell 3. Torrsubstanshalt, slamvolym och volymreduktion efter avvattning av kemiskt slam (fällt med aluminiumsulfat)

Avvattningsprocess	Torrsubstanshalt %	Slamvolym m ³	Volymreduktion %
Ingen avvattning	1,8	1	0
Sedimentering under lång tid	3	0,6	40
Centrifugering	6	0,3	70
Filterpressning	30	0,06	94

Disponering av slammet

Den slutliga disponeringen av såväl biologiskt som kemiskt slam är i dag i stort sett otillfredsställande löst. Som exempel på använda metoder kan nämnas, att torkat rötslam använts för utfyllnad eller som gödsel eller jordförbättringsmedel i jordbruk och trädgårdsbruk. Kuststäder har tippat slam i havet med specialfartyg. Orötat slam kan komposteras tillsammans med hushållssopor. Från hygienisk synpunkt är torkning och bränning den mest tilltalande metoden att bli av

med slammet, men många misslyckanden visar behovet av teknisk utveckling och manar till stor försiktighet vid val av metod. Askan kan användas för utfyllning. För torkning och förbränning används olika typer av torkar och ugnar. Av stor betydelse för ekonomin är möjligheten att använda billigt överskottsvärme t.ex. från en sopförbränningsanläggning (Tekn. T. 1965 s. 1293). Vid slamförbränning måste man räkna med rökgasrening.

Bäst är om den slutliga disponeringen kan ske kontinuerligt. Har man blott en säsongsmässig avsättning för slammet, t.ex. då slammet används

som gödsel i jordbruket, måste man ordna tillräckliga lagringsmöjligheter. Ett avbrott i borttransporten av slam kan om lagringsmöjligheterna är otillräckliga få katastrofala följder för vattenreningen. Känsligast är storstädernas reningsverk.

Tyvärr måste man konstatera att de metoder man i dag utnyttjar för slambehandling är relativt outvecklade. Det är därför av största vikt att betydande ansträngningar görs för att lösa slam-

behandlingsproblemet på ett teknisk-ekonomiskt och miljömässigt riktigt sätt. Behovet av effektiva metoder ökar i framtiden. Vid kemisk fällning erhåller man nämligen en väsentlig ökning, ofta en fördubbling, av totala slammängden. Att man i dag inte kan presentera helt tillfredsställande slambehandlings- och -disponeringsmetoder får dock inte hindra, att man inför fosforreduktion genom kemisk fällning vid avloppsverken. □

Slam
Avloppsslam som
gödsel och
jordförbättringsmedel



PROFESSOR SYEN E. JANSSON, UPPSALA
professor i växtbälgslära vid Lantbrukshögskolan

Att använda slam

Avloppsslam som gödsel och jordförbättringsmedel



PROFESSOR SVEN L. JANSSON, UPPSALA
professor i växtmäringslära vid Lantbrukshögskolan

628.381

Avloppsslam är ett av de viktigaste råvarorna för produktion av livsmedel. Det är en rik källa på näringsämnen och har en hög vattenhalt. För att kunna använda slam som gödsel och jordförbättringsmedel måste det först behandlas för att minska halten vatten och öka halten på näringsämnen. Detta görs genom olika metoder som sedimentering, centrifugering och filterpressning. Den slutliga dispositionen av slammet beror på dess innehåll på näringsämnen och på vilka regler som gäller i den region där slammet ska användas. I vissa fall kan slammet användas som gödsel direkt, medan i andra fall måste det först behandlas för att minska halten på vissa ämnen som exempelvis tungmetaller. Det är viktigt att ha koll på de regler som gäller i den region där slammet ska användas, för att undvika eventuella problem.

Avloppsslam är ett av de viktigaste råvarorna för produktion av livsmedel. Det är en rik källa på näringsämnen och har en hög vattenhalt. För att kunna använda slam som gödsel och jordförbättringsmedel måste det först behandlas för att minska halten vatten och öka halten på näringsämnen. Detta görs genom olika metoder som sedimentering, centrifugering och filterpressning. Den slutliga dispositionen av slammet beror på dess innehåll på näringsämnen och på vilka regler som gäller i den region där slammet ska användas. I vissa fall kan slammet användas som gödsel direkt, medan i andra fall måste det först behandlas för att minska halten på vissa ämnen som exempelvis tungmetaller. Det är viktigt att ha koll på de regler som gäller i den region där slammet ska användas, för att undvika eventuella problem.

Tabell 2. Effektivitet av olika metoder för att minska halten vatten i avloppsslam. (Uppgifter från Lantbrukshögskolan i Uppsala)

Avfallningsmetod	Vattenhalt i %	Effektivitet i %	Volym i m ³
Ingen avfallning	98	0	100
Sedimentering under lång tid	95	3	100
Centrifugering	90	8	100
Filterpressning	80	18	100

Disposition

Den slutliga dispositionen av slammet beror på dess innehåll på näringsämnen och på vilka regler som gäller i den region där slammet ska användas. I vissa fall kan slammet användas som gödsel direkt, medan i andra fall måste det först behandlas för att minska halten på vissa ämnen som exempelvis tungmetaller. Det är viktigt att ha koll på de regler som gäller i den region där slammet ska användas, för att undvika eventuella problem.

Avloppsslam är ett av de viktigaste råvarorna för produktion av livsmedel. Det är en rik källa på näringsämnen och har en hög vattenhalt. För att kunna använda slam som gödsel och jordförbättringsmedel måste det först behandlas för att minska halten vatten och öka halten på näringsämnen. Detta görs genom olika metoder som sedimentering, centrifugering och filterpressning. Den slutliga dispositionen av slammet beror på dess innehåll på näringsämnen och på vilka regler som gäller i den region där slammet ska användas. I vissa fall kan slammet användas som gödsel direkt, medan i andra fall måste det först behandlas för att minska halten på vissa ämnen som exempelvis tungmetaller. Det är viktigt att ha koll på de regler som gäller i den region där slammet ska användas, för att undvika eventuella problem.

För att odlingsmarkerna skall kunna nyttjas för produktion av livsmedel, djurfoder och industriråvaror måste de tillföras växtnäring och ämnen med markförbättrande egenskaper. Sådana ämnen finns i allt organiskt avfall, skörderester, stallgödsel, avloppsslam och sopor. Den ekologiskt riktiga dispositionen av tätorternas avfallsprodukter är enligt min mening att inordna dem i det biologiska kretslopp som har marken, grödorna, husdjuren och människorna som huvudled.

Avloppsslammets värde

Av de olika slags slam som erhålls vid avloppsverken (Tekn. T. 1968 s. 368 och 371) är det partiellt (på torkbäddar) torkade rötslammet bäst studerat.

Rötslammets gödselvärde kan fastställas genom vegetationsförsök samt beräknas med ledning av dess kemiska sammansättning och priset på handelsgödsel och kalkningsmedel. Sedan 1966 pågår inom Lantbrukshögskolans Riksförsöksprogram en fältmässig prövning av rötslam från några svenska tätorter.

Vegetationsförsöken har visat att rötslam av "genomsnittskvalitet" har kväve-, fosfor-, mikronäringsämnes- och kalkverkan som är överlägsen stallgödsels. Även i mullbildande förmåga har rötslammet hävdat sig väl gentemot stallgödsel. Dess kaliumverkan är däremot klart underlägsen stallgödsels.

Med ledning av sammansättningen kan slammets växtnäring- och kalkvärde beräknas till 50 kr. per t torr-

substans. Strikta normer saknas för att beräkna dess jordförbättrande verkan. Det är enligt min mening motiverat att uppskatta denna till ett lika stort belopp. Slammets totala värde skulle då bli ca 100 kr. per t torrs substans.

Rötslammets användning

Den normala användningen för rötslam i jordbruket är att nedbruka det under vår, sommar (på träda) eller höst. Givorna bör motsvara 5—10 t/ha torrs substans per ha och tillförseln bör upprepas en gång vart fjärde till åttonde år, dvs. en gång under växtföljdsomloppet. Vid sådan "kontinuerlig" tillförsel bör riktvärdet vara 1 t/ha torrs substans per år. För jordförbättring kan engångsgivor på 50—100 t/ha torrs substans med fördel användas.

Rötslammet kan hålla sjukdomsalstrare, såsom patogena bakterier och bandmaskägg. Det bör därför ej användas för gödsling av grönsaksodlingar eller för sommargödsling av betesmarker.

Användningen av andra slamtyper

Användningen av torkbäddsavvattnat rötslam i jordbruket är ingen idealisk lösning av tätorternas slamdisponeringsproblem. Användning av vått rötslam är förmånlig för reningsverken från den synpunkten att de då inte behöver vidta några anordningar för

torkning av slammet. Användningen av vått slam i jordbruket innebär emellertid att man transporterar 20—25 t vatten per ton transporterad torrs substans. Av denna anledning kan vått slam endast transporteras kortare sträckor, t.ex. med tankbil. Vid användning av vått slam tillvaratar man de ammoniumsalter som eljest går förlorade vid slammets torkning. Mängden av dem motsvarar 1—2 kg N per ton vått slam.

Genom vakuumfiltrering eller centrifugering av vått rötslam får man fram produkter med ungefär samma halt torrs substans, gödsel- och jordförbättringsvärde som torkbäddstorkat slam. Använder man kalk som konditioneringsmedel vid avvattningen, kommer produkten att hålla några hundra kg kalk per t torrs substans. Det ger slammet karaktären av kalkningsmedel och inskränker dess användning till kalkbehövande marker.

Värmetorkat rötslam (med 70—90 % torrs substanshalt) är en lätthanterlig, lagringsduglig produkt vars användning ej är begränsad till reningsverkets närmaste omgivning. Per ton torrs substans har produkten samma värde som torkbäddstorkat rötslam. Om temperaturen hålls tillräckligt hög under tillräckligt lång tid vid torkningen får man en från hygienisk synpunkt riskfri produkt.

Kemiskt slam (Tekn. T. 1968 s. 371) innehåller fosforbindande föreningar av järn eller aluminium. Används sådant slam i jordbruket (enbart eller tillsammans med annat slam) kan metalljonerna binda en del av den fosfor som finns i marken och i det tillförda

slammet samt göra detta mindre tillgängligt för växterna. Preliminära undersökningar tyder emellertid på att olägenheterna härigenom ej är allvarliga.

Orötat slam kan bl.a. på grund av smittrisen inte användas i jordbruket utan att torkas vid tillräckligt hög temperatur. Orötat slam kan emellertid med fördel komposteras tillsammans med sopor. Temperaturen i komposten blir i regel tillräckligt hög för att man skall få ett från hygienisk synpunkt invändningsfritt jordförbättringsmedel med goda mullbildande egenskaper.

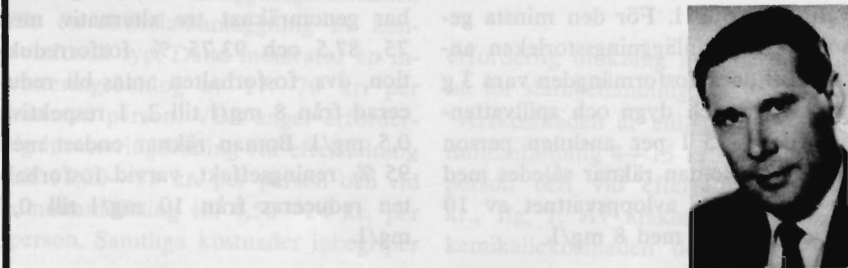
Slutord

Utbyggnaden av reningsverk har aktualiserat intresset för avloppsslammets användning som gödsel- och jordförbättringsmedel. Denna ekologiskt riktiga distributionsform framstår i många fall som ekonomiskt konkurrenskraftig gentemot övriga dispositionsmetoder. I den mån reningsverken framställer koncentrerade och lätthanterligare slamprodukter bör de kunna räkna med att få något betalt för slammet av förbrukarna.

I relation till den odlingsmark som kan ta emot slam är och förblir tätorternas produktion av slam obetydlig. För att avloppsslammet skall kunna få en allmän användning i jordbruket måste reningsverkens kontinuerliga produktion av slam koordineras med växtodlingens diskontinuerliga slamkonsumtion. Denna koordinering erbjuder en rad problem av organisatorisk och annan art, som dock ej synes mig olösliga. □

Vad kostar fosforreduktion?

**Vi har råd: investeringen
blir högst 300 Mkr,
årskostnaden 125 Mkr.**



CIVILINGENJÖR CURT LINDER, SOLNA
direktör i AB Bonnierföretagen

628.3.003.1 : 546.18

[illegible]

Kostnaderna för fosforreduktion har behandlats i ett par svenska utredningar 1967. Den ena har gjorts av Bengt Boman vid KTH:s Institution för Kemisk Apparatteknik på uppdrag av SKR-STF:s Kommitté för Vattenrening. Den andra utredningen har gjorts av Bengt Gustafsson och Nils Westberg vid Vattenbyggnadsbyrån (VBB) på uppdrag av dåvarande Vatten- och Avloppsbyrån vid Väg- och Vattenbyggnadsstyrelsen.

Förutsättningar

I båda utredningarna förutsätts att fosformängden i avloppsvattnet är 4 g per ansluten person och dygn, inklusive ekvivalent industriell förorening. Boman räknar med en spillvattenmängd av 400 l per person och dygn, VBB med 500 l. För den minsta genomräknade anläggningsstorleken antar VBB dock fosformängden vara 3 g per person och dygn och spillvattenmängden 375 l per ansluten person och dygn. Boman räknar således med en fosforhalt i avloppsvattnet av 10 mg/l och VBB med 8 mg/l.

Tabell 2. Kostnad för fosforreduktion vid fällning med ferriklorid eller kalk (Boman)

Anläggningsstorlek, antal anslutna personer	Total kostnad Fällningsmedel ferriklorid kr/år	per person Fällningsmedel kalk kr/år
4 000	23,20	15,70
10 000	22,70	15,20
50 000	19,80	12,30
100 000	18,90	11,40
500 000	17,80	10,30

Man har i båda utredningarna förutsatt att fosforreduktionen utföres i anslutning till en konventionell aktivslamanläggning. Boman har endast räknat med efterfällning, VBB med såväl simultan- som efterfällning. VBB har genomräknat tre alternativ med 75, 87,5 och 93,75 % fosforreduktion, dvs. fosforhalten antas bli reducerad från 8 mg/l till 2, 1 respektive 0,5 mg/l. Boman räknar endast med 95 % reningseffekt, varvid fosforhalten reduceras från 10 mg/l till 0,5 mg/l.

Tabell 1. Kostnad för fosforreduktion vid fällning med aluminiumsulfat (Boman)

Anläggningsstorlek, antal anslutna personer	Anläggningskostnad		Kapitalkostnader	Kemikalier
	total	per person		
	Mkr.	kr.	kr/år	kr/år
4 000	0,28	70	22 000	31 000
10 000	0,5	50	39 000	78 000
50 000	1,64	33	127 000	391 000
100 000	2,7	27	209 000	782 000
500 000	8,4	17	650 000	3 910 000

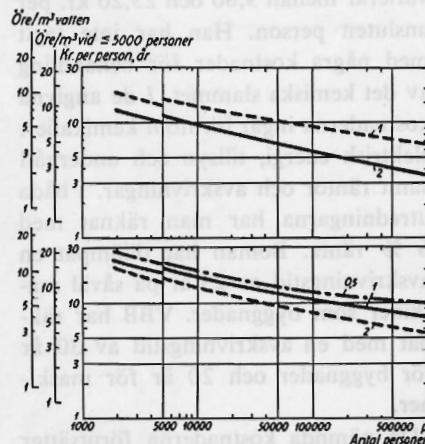
VBB förutsätter att aluminiumsulfat används som fällningsmedel vid reningsverk för upp till 100 000 anslutna personer under det att klorerat Fe(II)sulfat används vid större verk. Boman har genomräknat exempel med aluminiumsulfat, Fe(III)klorid och kalk som fällningsmedel.

I utredningarna varierar anläggningsstorleken från 4 000—500 000 anslutna personer, tabell 1 och 2 samt fig. 1.

Investerings- och årskostnader

Merkostnaden för de maskiner och byggnader som erfordras för att möjliggöra efterfällning anges av Boman till ca 20 % av anläggningskostnaden för en aktivslamanläggning av konventionell typ. Detta motsvarar en investeringsökning av 17—70 kr. per ansluten person. VBB anger erforderlig investeringsökning vid efterfällning till 18,20—53 kr. per person och vid simultanfällning till 4,50—24 kr. per person. Samtliga kostnader inbegriper

Fig. 1. Kostnader för närsaltreduktion, upp till simultanfällning, nedtill efterfällning; resthalten 0,5 kan fordra polymertillsats, vilket medför en merkostnad av 0,5—2 öre/m³ (VBB).



erforderlig utökning av anläggningarna för slambehandling.

Årskostnaden är enligt VBB vid simultanfällning 4—15 kr. per ansluten person och vid efterfällning 6—21 kr., fig. 1. Av årskostnaderna utgör kemikaliekostnaden den största pos-

ten, 26—67 %. Kostnaden för behandling av det kemiska slammet är den näst största posten. Den uppgår till 16—36 %. De av Boman beräknade årskostnaderna, tabell 1 och 2, varierar mellan 9,60 och 23,20 kr. per ansluten person. Han har inte tagit med några kostnader för behandling av det kemiska slammet. I de angivna kostnaderna ingår förutom kemikalier, elektrisk energi, tillsyn och underhåll samt räntor och avskrivningar. I båda utredningarna har man räknat med 6 % ränta. Boman har tillämpat en avskrivningstid av 25 år på såväl maskiner som byggnader. VBB har räknat med en avskrivningstid av 30 år för byggnader och 20 år för maskiner.

De nämnda kostnaderna förutsätter att en konventionell aktivslamanläggning utökas med ett efterföljande fällningssteg. Lägre kostnader kan med all säkerhet påräknas, om reningsanläggningen redan från början konstrueras för fosforreduktion. De nya reningsmetoder, som redan börjar vinna insteg, medger en rening inklusive fosforreduktion till investeringskostnader, som endast ligger obetydligt över vad konventionella anläggningar för höggradig rening i dag kostar.

Vi har råd med fosforreduktion

Med hjälp av de redovisade kostnaderna kan man beräkna vad en allmänt tillämpad fosforreduktion skulle betyda samhällsekonomiskt. Vi förutsätter härvid en fosforreduktion till ca 0,5 mg/l för att vi skall ernå önskad begränsning av den sekundära föroreningen samt att efterfällning av avloppsvattnet utförs med aluminiumsulfat som fällningsmedel. Den anslutna folkmängden till de biologiska reningsverken med fosforreduktion antas vara 6 milj. personer och den genomsnittliga anläggningsstorleken motsvara 20 000 personer. Vid denna anläggningsstorlek är enligt VBB den specifika investeringskostnaden 38 kr. per person och årskostnaden 16 kr. per person. Den erforderliga merinvesteringen för fosforreduktion blir då totalt 228 Mkr. och årskostnaden 96 Mkr. Även om man räknar in en säkerhetsmarginal blir investeringen av storleksordningen 300 Mkr. och årskostnaden 125 Mkr. Detta är belopp som måste anses överkomliga med hänsyn till värdet av de tillgångar vi vill skydda. □

Årskostnad för fosforreduktion	Investeringskostnad för fosforreduktion	Årskostnad för fosforreduktion	Investeringskostnad för fosforreduktion	Årskostnad för fosforreduktion	Investeringskostnad för fosforreduktion
9,60	16,00	16,00	23,20	23,20	36,00
10,00	17,00	17,00	24,00	24,00	37,00
11,00	18,00	18,00	25,00	25,00	38,00
12,00	19,00	19,00	26,00	26,00	39,00
13,00	20,00	20,00	27,00	27,00	40,00
14,00	21,00	21,00	28,00	28,00	41,00
15,00	22,00	22,00	29,00	29,00	42,00
16,00	23,00	23,00	30,00	30,00	43,00
17,00	24,00	24,00	31,00	31,00	44,00
18,00	25,00	25,00	32,00	32,00	45,00
19,00	26,00	26,00	33,00	33,00	46,00
20,00	27,00	27,00	34,00	34,00	47,00
21,00	28,00	28,00	35,00	35,00	48,00
22,00	29,00	29,00	36,00	36,00	49,00
23,00	30,00	30,00	37,00	37,00	50,00
24,00	31,00	31,00	38,00	38,00	51,00
25,00	32,00	32,00	39,00	39,00	52,00
26,00	33,00	33,00	40,00	40,00	53,00
27,00	34,00	34,00	41,00	41,00	54,00
28,00	35,00	35,00	42,00	42,00	55,00
29,00	36,00	36,00	43,00	43,00	56,00
30,00	37,00	37,00	44,00	44,00	57,00
31,00	38,00	38,00	45,00	45,00	58,00
32,00	39,00	39,00	46,00	46,00	59,00
33,00	40,00	40,00	47,00	47,00	60,00
34,00	41,00	41,00	48,00	48,00	61,00
35,00	42,00	42,00	49,00	49,00	62,00
36,00	43,00	43,00	50,00	50,00	63,00
37,00	44,00	44,00	51,00	51,00	64,00
38,00	45,00	45,00	52,00	52,00	65,00
39,00	46,00	46,00	53,00	53,00	66,00
40,00	47,00	47,00	54,00	54,00	67,00
41,00	48,00	48,00	55,00	55,00	68,00
42,00	49,00	49,00	56,00	56,00	69,00
43,00	50,00	50,00	57,00	57,00	70,00
44,00	51,00	51,00	58,00	58,00	71,00
45,00	52,00	52,00	59,00	59,00	72,00
46,00	53,00	53,00	60,00	60,00	73,00
47,00	54,00	54,00	61,00	61,00	74,00
48,00	55,00	55,00	62,00	62,00	75,00
49,00	56,00	56,00	63,00	63,00	76,00
50,00	57,00	57,00	64,00	64,00	77,00
51,00	58,00	58,00	65,00	65,00	78,00
52,00	59,00	59,00	66,00	66,00	79,00
53,00	60,00	60,00	67,00	67,00	80,00
54,00	61,00	61,00	68,00	68,00	81,00
55,00	62,00	62,00	69,00	69,00	82,00
56,00	63,00	63,00	70,00	70,00	83,00
57,00	64,00	64,00	71,00	71,00	84,00
58,00	65,00	65,00	72,00	72,00	85,00
59,00	66,00	66,00	73,00	73,00	86,00
60,00	67,00	67,00	74,00	74,00	87,00
61,00	68,00	68,00	75,00	75,00	88,00
62,00	69,00	69,00	76,00	76,00	89,00
63,00	70,00	70,00	77,00	77,00	90,00
64,00	71,00	71,00	78,00	78,00	91,00
65,00	72,00	72,00	79,00	79,00	92,00
66,00	73,00	73,00	80,00	80,00	93,00
67,00	74,00	74,00	81,00	81,00	94,00
68,00	75,00	75,00	82,00	82,00	95,00
69,00	76,00	76,00	83,00	83,00	96,00
70,00	77,00	77,00	84,00	84,00	97,00
71,00	78,00	78,00	85,00	85,00	98,00
72,00	79,00	79,00	86,00	86,00	99,00
73,00	80,00	80,00	87,00	87,00	100,00
74,00	81,00	81,00	88,00	88,00	101,00
75,00	82,00	82,00	89,00	89,00	102,00
76,00	83,00	83,00	90,00	90,00	103,00
77,00	84,00	84,00	91,00	91,00	104,00
78,00	85,00	85,00	92,00	92,00	105,00
79,00	86,00	86,00	93,00	93,00	106,00
80,00	87,00	87,00	94,00	94,00	107,00
81,00	88,00	88,00	95,00	95,00	108,00
82,00	89,00	89,00	96,00	96,00	109,00
83,00	90,00	90,00	97,00	97,00	110,00
84,00	91,00	91,00	98,00	98,00	111,00
85,00	92,00	92,00	99,00	99,00	112,00
86,00	93,00	93,00	100,00	100,00	113,00
87,00	94,00	94,00	101,00	101,00	114,00
88,00	95,00	95,00	102,00	102,00	115,00
89,00	96,00	96,00	103,00	103,00	116,00
90,00	97,00	97,00	104,00	104,00	117,00
91,00	98,00	98,00	105,00	105,00	118,00
92,00	99,00	99,00	106,00	106,00	119,00
93,00	100,00	100,00	107,00	107,00	120,00
94,00	101,00	101,00	108,00	108,00	121,00
95,00	102,00	102,00	109,00	109,00	122,00
96,00	103,00	103,00	110,00	110,00	123,00
97,00	104,00	104,00	111,00	111,00	124,00
98,00	105,00	105,00	112,00	112,00	125,00
99,00	106,00	106,00	113,00	113,00	126,00
100,00	107,00	107,00	114,00	114,00	127,00
101,00	108,00	108,00	115,00	115,00	128,00
102,00	109,00	109,00	116,00	116,00	129,00
103,00	110,00	110,00	117,00	117,00	130,00
104,00	111,00	111,00	118,00	118,00	131,00
105,00	112,00	112,00	119,00	119,00	132,00
106,00	113,00	113,00	120,00	120,00	133,00
107,00	114,00	114,00	121,00	121,00	134,00
108,00	115,00	115,00	122,00	122,00	135,00
109,00	116,00	116,00	123,00	123,00	136,00
110,00	117,00	117,00	124,00	124,00	137,00
111,00	118,00	118,00	125,00	125,00	138,00
112,00	119,00	119,00	126,00	126,00	139,00
113,00	120,00	120,00	127,00	127,00	140,00
114,00	121,00	121,00	128,00	128,00	141,00
115,00	122,00	122,00	129,00	129,00	142,00
116,00	123,00	123,00	130,00	130,00	143,00
117,00	124,00	124,00	131,00	131,00	144,00
118,00	125,00	125,00	132,00	132,00	145,00
119,00	126,00	126,00	133,00	133,00	146,00
120,00	127,00	127,00	134,00	134,00	147,00
121,00	128,00	128,00	135,00	135,00	148,00
122,00	129,00	129,00	136,00	136,00	149,00
123,00	130,00	130,00	137,00	137,00	150,00
124,00	131,00	131,00	138,00	138,00	151,00
125,00	132,00	132,00	139,00	139,00	152,00
126,00	133,00	133,00	140,00	140,00	153,00
127,00	134,00	134,00	141,00	141,00	154,00
128,00	135,00	135,00	142,00	142,00	155,00
129,00	136,00	136,00	143,00	143,00	156,00
130,00	137,00	137,00	144,00	144,00	157,00
131,00	138,00	138,00	145,00	145,00	158,00
132,00	139,00	139,00	146,00	146,00	159,00
133,00	140,00	140,00	147,00	147,00	160,00
134,00	141,00	141,00	148,00	148,00	161,00
135,00	142,00	142,00	149,00	149,00	162,00
136,00	143,00	143,00	150,00	150,00	163,00
137,00	144,00	144,00	151,00	151,00	164,00
138,00	145,00	145,00	152,00	152,00	165,00
139,00	146,00	146,00	153,00	153,00	166,00
140,00	147,00	147,00	154,00	154,00	167,00
141,00	148,00	148,00	155,00	155,00	168,00
142,00	149,00	149,00	156,00	156,00	169,00
143,00	150,00	150,00	157,00	157,00	170,00
144,00	151,00	151,00	158,00	158,00	171,00
145,00	152,00	152,00	159,00	159,00	172,00
146,00	153,00	153,00	160,00	160,00	173,00
147,00	154,00	154,00	161,00	161,00	174,00
148,00	155,00	155,00	162,00	162,00	175,00
149,00	156,00	156,00	163,00	163,00	176,00
150,00	157,00	157,00	164,00	164,00	177,00
151,00	158,00	158,00	165,00	165,00	178,00
152,00	159,00	159,00	166,00	166,00	179,00
153,00	160,00	160,00	167,00	167,00	180,00
154,00	161,00	161,00	168,00	168,00	181,00
155,00	162,00	162,00	169,00	169,00	182,00
156,00	163,00	163,00	170,00	170,00	183,00
157,00	164,00	164,00	171,00	171,00	184,00
158,00	165,00	165,00	172,00	172,00	185,00
159,00	166,00	166,00	173,00	173,00	186,00
160,00	167,00	167,00	174,00	174,00	187,00
161,00	168,00	168,00	175,00	175,00	188,00
162,00	169,00	169,00	176,00	176,00	189,00
163,00	170,00	170,00	177,00	177,00	190,00
164,00	171,00	171,00	178,00	178,00	191,00
165,00	172,00	172,00	179,00	179,00	192,00
166,00	173,00	173,00	180,00	180,00	193,00
167,00	174,00	174,00	181,00	181,00	194,00
168,00	175,00	175,00	182,00	182,00	195,00
169,00	176,00	176,00	183,00	183,00	196,00
170,00	177,00	177,00	184,00	184,00	197,00
171,00	178,00	178,00	185,00	185,00	198,00
172,00	179,00	179,00	186,00	186,00	199,00
173,00	180,00	180,00	187,00	187,00	200,00
174,00	181,00	181,			

ten, 26—67 % Kostnaden för be-
handling av det kemiska slammets är
den näst största posten. Den uppgår
till 16—36 %. De av Boman beräk-
gade årskostnaderna, tabell 1 och 2,
varierar mellan 9,60 och 23,20 kr per
anläggningsenhet. Han har inte räknat
med några kostnader för behandling
av det kemiska slammets. I de angivna
kostnaderna ingår förutom kemikalien,
elektrisk energi, tillfyllnad och underhåll
samt räntor och avskrivningar. I båda
utredningarna har man räknat med
6 % ränta. Boman har tillämpat en
avskrivningstid av 25 år på släta maski-
ner som byggnader. V&B har räknat
med en avskrivningstid av 30 år
för byggnader och 20 år för maski-
ner.

De nämnda kostnaderna förutsätter
att en konventionell aktivslutningslag-
ning görs med en efterföljande full-

Vi har
råd med
fosforredaktionen

Med hjälp av de redovisade kost-
naderna kan man beräkna vad som
mått tillämpad fosforredaktion
betyda samhällsekonomiskt. En
slutet härvid en avskrivning
ca 0,5 mg/l för släta maski-
ner. En begränsning av
föroreningarna som av
avskrivningstid på 25 år
sulfat som förorening
slutna folkordning
reningssättet med
använda vara 4 mg/l
genomsnittliga
motsvara 10-150 personer

anläggningstid 25 år
specifika avskrivningskostnader
per person 0,5 mg/l

- STF är en ideell förening. Högskoleingenjörernas fackliga frågor handhas av Sveriges Civilingenjörersförbund.
- STF är en förening av föreningar. Centralorganisationen STF skall företräda föreningarna i frågor av gemensamt intresse.
- Teknisk Tidskrift är ett polytekniskt nyhets- och informationsorgan för kvalificerade tekniker och ett forum för debatt inom svensk teknik. Den kompletterar på detta sätt de speciella tekniska fackorganen.
- Att STF:s styrelse och kansli har sitt säte i Stockholm är ett historiskt betingat faktum och är praktiskt. Men STF:s uppgifter och ansvar gäller frågor som berör alla kvalificerade tekniker i Sverige oavsett fack eller verksamhetsort.
- STF ställer dagrum med telefon till besökande ledamöters förfogande utan kostnad.
- Nya ingenjörshuset är planerat på affärsmässiga grunder — ledamotsavgifterna skall inte subventionera huset.
- STF-TLI kursverksamhet ingår i föreningarnas ideella verksamhet. Kurserna anordnas till självkostnadspris utan vinst för föreningarna.



- STF är obunden av särintressen. STF erhåller inga ekonomiska bidrag utöver ledamöters avgifter.
- Den samlade teknikerkårens eniga stöd är grunden för att STF skall kunna arbeta effektivt.
- STF vill stödja seriös föreningsverksamhet i Sverige med teknisk anknytning. Ett organiserat samarbete ger en effektiv form för ett ömsesidigt givande och tagande.
- Utomlands finns inga enhetliga ingenjörsutbildningar motsvarande de svenska. Svensk ingenjörstitel kan därför inte översättas till utländsk titel. En god hjälp är ett "pass" på medlemskapet i STF.

Mer om miljövård ?!

Läs den seriösa Teknisk Tidskrift med Ny Teknik.
Drygt 19 000, mest civilingenjörer, gör det
varje vecka.

I Teknisk Tidskrift finns de högt kvalificerade
orienteringarna om den tekniska utvecklingen.
I nyhetssektionen Ny Teknik ges den snabba, lättlästa
informationen från teknikens alla fält.

Ni kan börja prenumerationen när som helst. Ring
eller skriv till prenumerationsavdelningen, Teknisk
Tidskrift, Box 841, 101 32 Stockholm 1. Tfn 08-22 74 40.
Sen börjar vi genast skicka tidningen — och småningom
Er räkning.

Prenumerationspriser:

Teknisk Tidskrift med Ny Teknik	helår	100: —	inkl. oms.
	halvår	52:25	



Utredningen och handlingsprogrammet *Renare vatten!* är första skriften i serien Teknik och samhälle.

Svenska Teknologföreningen är de svenska civilingenjörernas ideella förening, med 17000 medlemmar.

Svenska Kemiingenjörers Riksförening, som svarat för denna skrift, är primärorganisation inom Svenska Teknologföreningen.

Här utreds problemen inom vattenvården, här anges vilka åtgärder som *kan* och *måste* genomföras — snart — av kommunala och statliga myndigheter.

Pris: 10 kr (inkl oms)