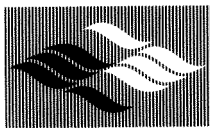


Enkle rensemetoder

Tekn.lic. Peter Balmer
Sivilingeniør Svein Stene Johansen
Norsk institutt for vannforskning
Sivilingeniør F.B. Christensen
A/S Hjellnes & Co.
Sivilingeniør J.J. Garmann
A/S Hjellnes og Høstmark



pra

Prosjektkomiteen for rensing av avløpsvann.

Sats, Grafisk Kontor, NTN
Omslag: NIVAs tegnekontor
Ombrekking og trykking hos Reclamo
ISBN 82-90180-04-7
Copyright Prosjektkomiteen for rensing av avløpsvann

PROSJEKT RENSING AVLØPSVANN – PRA

I Stortingsproposisjon nr. 90 "Tilråding fra Industridepartementet av 10. april 1970", godkjent ved kongelig resolusjon samme dag, la Industridepartementet fram forslag til en bevilgning på 5,0 mill. kroner for 1970, som en første bevilgning for et flerårig forskningsprogram for rensing av avløpsvann. Forslaget grunnet seg på Ressursutvalgets innstilling nr. 1 som ble avgitt 3. juli 1969.

For at det faglige grunnlag for utbygging av avløpsanlegg skulle kunne bedres, konkluderte Ressursutvalget med at det måtte skje en utvidet forskningsinnsats for å finne fram til effektive transportmetoder og tilfredstillende metoder for rensing av avløpsvann.

En foreløpig tidsramme ble satt til seks år og kostnadene beregnet til omlag 30 mill. kroner.

St.prp. nr. 90 ble vedtatt av Stortinget og forskningsprogrammet kunne settes i verk. Forskningsprogrammet fikk navnet

PROSJEKT RENSING AVLØPSVANN som forkortes PRA

Det ble opprettet en ad hoc komite, prosjektkomiteen for et forskningsprogram for rensing av avløpsvann, for å vurdere og prioritere forskningsprosjekter.

Prosjektkomiteen har delt inn forskningsprogrammet i følgende 6 delområder:

1. Avløpsvannets mengde og sammensetning.
2. Rensing av avløpsvann og slambehandling.
3. Bruk av terrestriske resipienter for disponering av avløpsvann og slam.
4. Transportsystemer.
5. Utslipp av forurenset vann i resipienten.
6. Industriens avløpsproblemer.

En har i størst mulig utstrekning forsøkt å konsentrere innsatsen på forsknings- og utredningsoppgaver som vil gi resultater som kan anvendes på kort sikt.

De prosjekter som hittil har blitt prioritert er listet på omslagets side 3.

Prosjektkomiteen gir ut et informasjonsblad, PRA-INFORMASJON, samt såkalte brukerrapporter.

Forespørsel om PROSJEKT RENSING AV AVLØPSVANN kan rettes til PRA-komiteens sekretariat v/overing. John Hatling, Statens forurensningstilsyn, Postboks 8100 Oslo-dep., Oslo 1, tlf. (02) 41 88 60.

Forespørsel om PRA-INFORMASJON og BRUKERRAPPORTER rettes til sivilingeniør Paul Liseth, Ph.D., I/S Miljøplan, Maries vei 20, 1322 Høvik, tlf. (02) 53 88 89.

Brukerrapporter bestilles hos Liv Jansen, Norsk institutt for vannforskning, Postboks 333, Blindern, Oslo 3, tlf. (02) 23 52 80.

Innhold

FORORD

SAMMENDRAG

1.	RISTER	9
2.	SILER	15
2.1	Anvendelse	15
2.2	Teknisk beskrivelse	15
2.2.1	Spaltesilen	15
2.2.2	Roterende siler og skivefiltre	20
2.3	Driftserfaringer	22
2.3.1	Driftserfaringer fra Kvernevik kloakkrenseanlegg	27
2.3.2	Driftserfaringer fra forsøksdrift i Onsøy kommune	35
2.3.3	Driftserfaringer fra eksisterende renseanlegg	35
2.3.4	Sammendrag – driftserfaringer	40
3.	KVERNER	43
4.	SANDFANG	45
4.1	Sandfangets oppgave og plassering	45
4.2	Teori	45
4.3	Sandfangstyper	46
4.3.1	Dypsandfang	46
4.3.2	Langsandfang	47
4.3.3	Rundsandfang	49
4.3.4	Luftet sandfang	49
5.	SEDIMENTERING	51
5.1	Sedimenteringsbassengets oppgave og plassering	51
5.2	Teori	51
5.3	Dimensjonering	53
5.4	Utforming av sedimenteringsbassenger	54
6.	SLAMAVSKILLERE	57
7.	DISPONERING AV RIST- OG SILAVFALL, SAND OG SLAM	59

FORORD

Prosjekt "PRA 2.4 Enkel behandling av avløpsvann" er utført av rådgivende ingeniører A/S Hjellnes & Co. etter oppdrag fra Norsk institutt for vannforskning, NIVA, som ble tildelt PRA-midler for oppdraget.

Hensikten med prosjektet var å gi en oversikt over enkle rensemetoder for fjerning av sedimenterbare stoffer og flytestoffer.

I 1975 ble det igangsatt forsøksvirksomhet for silanlegg i Bergen, og utgivelsen av brukerrapporten ble utsatt i påvente av forsøksresultatene.

Forsøkene i Bergen ble utført ved Kvernevik kloakkrenseanlegg av rådgivende ingeniører A/S Hjellnes & Høstmark. Oppdragsgiver har vært Bergen kommune og Statens forurensningstilsyn,

SFT. Forsøksresultatene og driftserfaringer er sammenfattet i kapittel 2.3.1.

Brukerrapporten er basert på projektrapporten og forsøksresultatene og er utarbeidet av tekn.lic. Peter Balmer og sivilingeniør Svein Stene Johansen, NIVA, sivilingeniør Finn B. Christensen, A/S Hjellnes & Co samt sivilingeniør Jan J. Garmann, A/S Hjellnes og Høstmark, Bergen. Produsenter og leverandører har bidratt med tekniske opplysninger og figurmateriale.

Brukerrapporten henvender seg til alle som har behov for en kortfattet oversikt over enkle rensemetoder for fjerning av sedimenterbare stoffer og flytestoffer fra kommunalt avløpsvann.

Oslo, Februar 1976

Svein Stene Johansen
Redaktør

Sammendrag

Rapporten gir en sammenstilling av de metoder en kjenner for enkel behandling av kommunalt avløpsvann, rister, sandfang, siler, slamavskillere og sedimenteringsbasseng (mekanisk renseanlegg). Rist og sandfang kan være aktuelt som enkel behandling, i første rekke ved midlertidige anlegg, men normalt vil silanlegg, slamavskillere eller sedimenteringsbassenger være de aktuelle anleggstyper. Ved valg av metode er det mange forhold det skal tas hensyn til: de viktigste er driftssikkerhet, anleggs-, drifts- og vedlikeholdskostnader, behov for tilsyn samt slammengder og slamegenskaper. For siler er det forsøkt å gi en beskrivelse av det utstyr som markedsføres i Norge. Nytt utstyr kommer imidlertid fortløpende på markedet, og det utstyr som er beskrevet i rapporten kommer sannsynligvis til å forandres, alt ettersom fabrikantene gjør nye erfaringer. Før en kjøper utstyr må en derfor alltid skaffe seg kjennskap til de tilbud som fins på markedet.

Alle metoder for enkel behandling av avløpsvann gir en beskjeden rensing med hensyn til de parametre (suspendert stoff, organisk stoff, næringssalter) som en normalt bruker for å måle renseanleggs effektivitet.

Enkle rensemetoder vil derfor være aktuelt å bruke bare der hvor en har gode resipientforhold og rensekravene er fjerning av sedimenterbart stoff og flytestoffer. Ved en vurdering av rensesvnen til ulike typer anlegg og utstyr, er det derfor i første rekke svnen til å avskille sedimenterbart stoff og flytestoffer som bør tillegges vekt.

Med rister kan en avskille grovere partikler, filler og større gjenstander som fins i avløpsvannet. En del filler o.l. vil imidlertid alltid passere en rist, og avhengig av utslippets plassering kunne forårsake sjanse.

Med sandfang avskilles de lett sedimenterbare stoffene (hovedsakelig sand og kaffegrut) i

avløpsvannet. En kombinasjon av rist og sandfang kan derfor gi en god beskyttelse mot gjentetting av en utløpsledning. Hoveddelen av det organiske sedimenterbare materialet (slammet) i avløpsvannet passerer imidlertid rett gjennom et sandfang.

I luftede sandfang med hensiktsmessig utforming kan en stor del av flytestoffene i avløpsvannet holdes tilbake.

I silanlegg er det primært hulldiametere eller avstanden mellom spaltene og størrelsen på partiklene i avløpsvannet som bestemmer den rensesgrad en oppnår. Som eksempel kan nevnes at ved forsøk i Bergen kunne siler med spalteåpning 0.75 mm avskille ca. 30%, og en sil med åpning 0.2 mm kunne avskille ca. 85% av det sedimenterbare stoffet i avløpsvannet.

Med slamavskillere og sedimenteringsbassenger kan en ved skikkelig drift oppnå en nærmest fullstendig avskilling av sedimenterbare stoffer og flytestoffer.

Rister og sandfang gir små mengder avfall som er såpass tørt at det kan håndteres som fast avfall. Det vil normalt kunne deponeres sammen med annet fast avfall. Ved silanlegg får en større slammengde, 0,1 – 0,3 l per person og døgn. Det har en halvflytende til fast konsistens (5 – 15% tørrstoff). Konsistensen på slammet vil være avhengig av silanleggets utforming (hvor mye avløpsvann som følger med slammet) og drenering av oppsamlingsbeholderene for slam.

Ved slamavskillere får en større slammengder, ca. 1 – 2 l per person og døgn. Slammet er flytende og vil når det tas ut fra slamavskilleren lukte vondt. Slamavskillere tømmes sjelden mer enn 1 – 2 ganger per år, og det er derfor forholdsvis store volumer som skal tas hånd om ved tømning. Ved mekaniske renseanlegg vil en ut fra sedimenteringsbassengene få omtrent de samme slammengder som fra slamavskillere. Slam tas normalt ut hver, eller annen hver dag.

Problemene ved den endelige disponering er avhengige av i hvilken utstrekning slammet blir viderebehandlet (stabilisert, avvannet).

Alle anlegg med mekanisk utstyr (riste, sandfang, silanlegg og mekaniske renseanlegg) trenger regelmessig tilsyn. For anlegg som rist og sandfang vil et daglig tilsyn hovedsakelig bestå av en sjekk av at alt virker samt å sørge for borttransport av det avskilte materiale (borttransport behøver ikke skje daglig). Mengden av slam som skal transporteres er noe større ved silanlegg, og en vil kunne få et vesentlig merarbeid med rengjøring av silflater. Rengjøringsarbeider vil være avhengig av siltype og av silarrangement. Erfaringer viser at mange steder er spyling med normalt trykk (6–7 kp/cm²) ikke tilstrekkelig, og en må i tillegg ha periodevis rengjøring med høyttrykksanlegg, eller med kjemikaliløsninger.

Mekaniske renseanlegg trenger daglig tilsyn. Arbeidsmengden vil være avhengig av anleggets utforming, f. eks. type slambehandling. Slamavskillere trenger meget lite tilsyn sammenliknet med øvrige enkle rensemetoder.

Anleggskostnadene for ulike typer enkle rensemetoder vil være avhengig av lokale forhold. For silanlegg må en huske at en normalt må pumpe avløpsvannet, at silen trenger et overbygg, iblant en rist, og at en må ha et opplegg for slamhåndtering. Det blir derfor vesentlige kostnader utover selve kostnadene for silen.

Foruten forskjellene i anleggs- og driftskostnader vil de vesentligste faktorer ved valget av metode for enkel behandling av avløpsvann, være hvilke muligheter en har til å disponere de typer slam en får ved de ulike metoder.

1. RISTER

En rist består av parallelle staver i avstand større enn 5 mm som montert i et avløpssystem har til hensikt å samle opp grovere stoffer. Avstanden mellom stavene, lysåpningen, bestemmes ut fra avløpsvannets sammensetning og den effekt som ønskes.

En kombinasjon av rister eller rister og silutstyr kan være en akseptabel behandlingsprosess i de tilfeller hvor det i første rekke settes krav om fjerning av flytestoffer som kan forårsake en forsøpling av resipientens overflate. Rensegraden målt som suspendert stoff vil være meget lav.

Det skilles mellom grovrister med lysåpning større enn 25 mm og finrister med lysåpning 5–25 mm. Rister inndeles også etter form – plane eller buete rister, og etter metoder for fjerning av avfallet – manuelt eller maskinelt rensede rister. De maskinrensede plane eller buete ristene har en riveformet skrapearm som kontinuerlig eller intermittert føres opp langs risteflaten og fører med seg de avskilte stoffer til en oppsamlingsbeholder. I de tilfeller hvor beholderen ikke er plassert ved risten, føres ristgodset bort ved hjelp av transportbånd e.l. Grovrister renses som oftest manuelt ved hjelp av hånddriver.

Maskinrensede rister monteres normalt i en åpen kanal med en vinkel på 45° til 90° med horisontalplanet, med 60° til 80° som det vanlige. Enkelte maskinrensede rister har en semisirkulær ristform. Finrister bør være maskinrensede. Maskinrensede finrister kan tolerere store variasjoner i tilrenningen. Ristene trenger lite tilsyn og vedlikehold.

Manuelt rensede rister danner en vinkel på 30° til 75° med horisontalplanet, med 30° til 45° som det vanlige. Vinkler innen dette området letter rengjøring av risten.

Rister med buet form anvendes vanligvis i kanaler med dimensjoner opptil 1 m dybde og 2

m bredde. Ved større kanaldimensjoner brukes mest plane rister. De aller fleste rister fabrikeres på bestilling og kan derfor tilpasses lokale forhold.

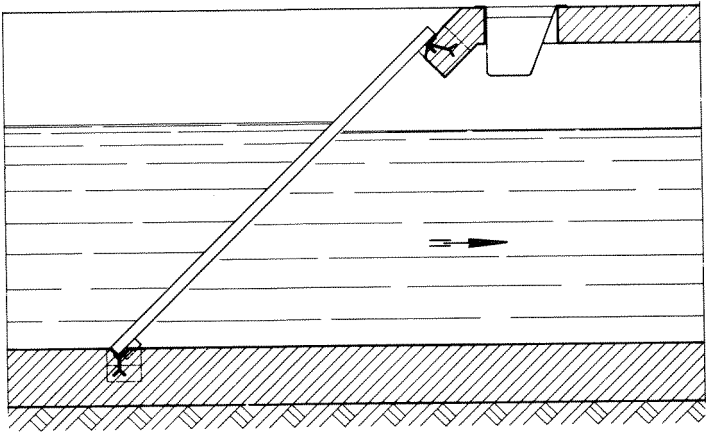
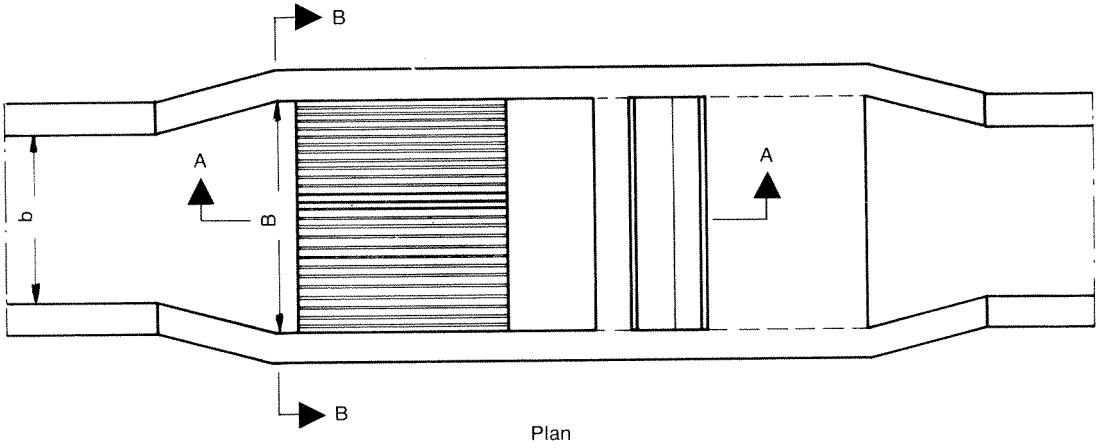
Avløpsvannets hastighet i kanalen umiddelbart foran risten skal ikke være lavere enn for selvrensing av kanalen (0,4–0,6 m/s). Ved små anlegg, hvor tilrenningen i lange perioder er liten, kan det oppstå driftsproblemer på grunn av bunnfelling i innløpskanalen foran risten. For å holde falltapet gjennom risten nede og for å unngå at avskilte stoffer presses gjennom riståpningen, bør vannets hastighet gjennom risten ikke overstige 1 m/s.

Det er ikke blitt utført systematiske målinger av ristgodsets mengde og sammensetning i Skandinavia, men undersøkelser utført i USA viser at det er store variasjoner i den utskilte mengde ristgodset pr. m³ avløpsvann, selv om riståpningen er den samme. Ristgodsmengden er avhengig av

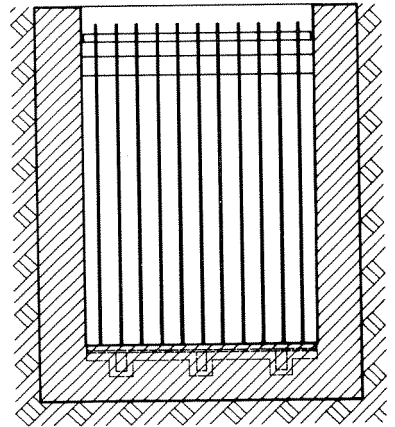
- lysåpning
- vannhastighet gjennom risten,
- avløpsvannets sammensetning,
- ristens form og helning,
- kanalens hydrauliske utforming oppstrøms – risten

Normalt øker ristgodsmengden med minkende lysåpning og vannhastighet for ett og samme avløpsvann. Faglitteraturen og ristprodusenter har anslått ristgodsmengden på finrist til ca. 2–10 l/p. år eller ca. 0,01–0,05 l pr. m³ avløpsvann. Vått ristgodset har et vanninnhold på ca. 80 – 95 prosent. Ved pressing kan vanninnholdet reduseres til ca. 65 prosent.

Grovrister med lysåpning større enn 50 mm har svært liten effekt og bør bare brukes som beskyttelse ved innløp til kanaler, pumpestasjoner etc. Normalt bør det brukes finrister med lysåpning 10–15 mm eller to rister i serie med lysåpning på henholdsvis 20–30 mm og 6–10 mm.



Snitt A - A



Snitt B - B

Fig. 1.1 Händrenset plan rist.

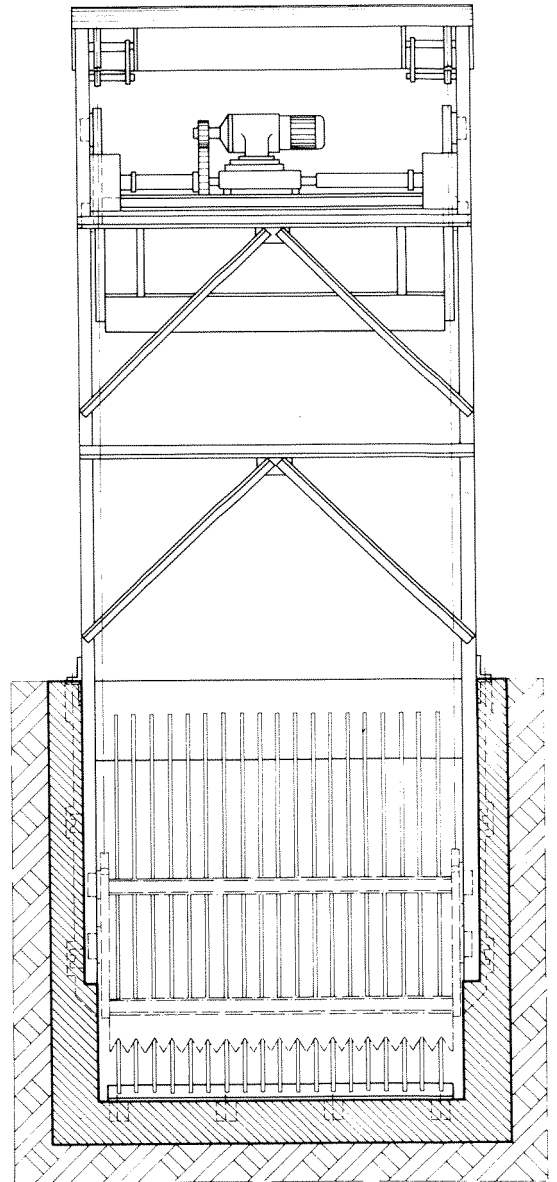
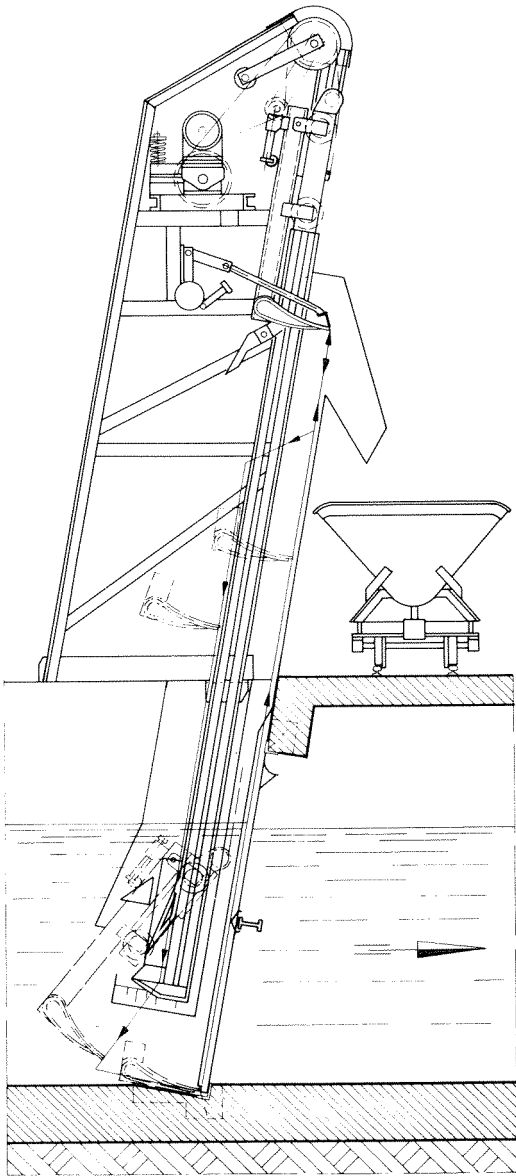


Fig. 1.2 Maskinrenset plan rist.

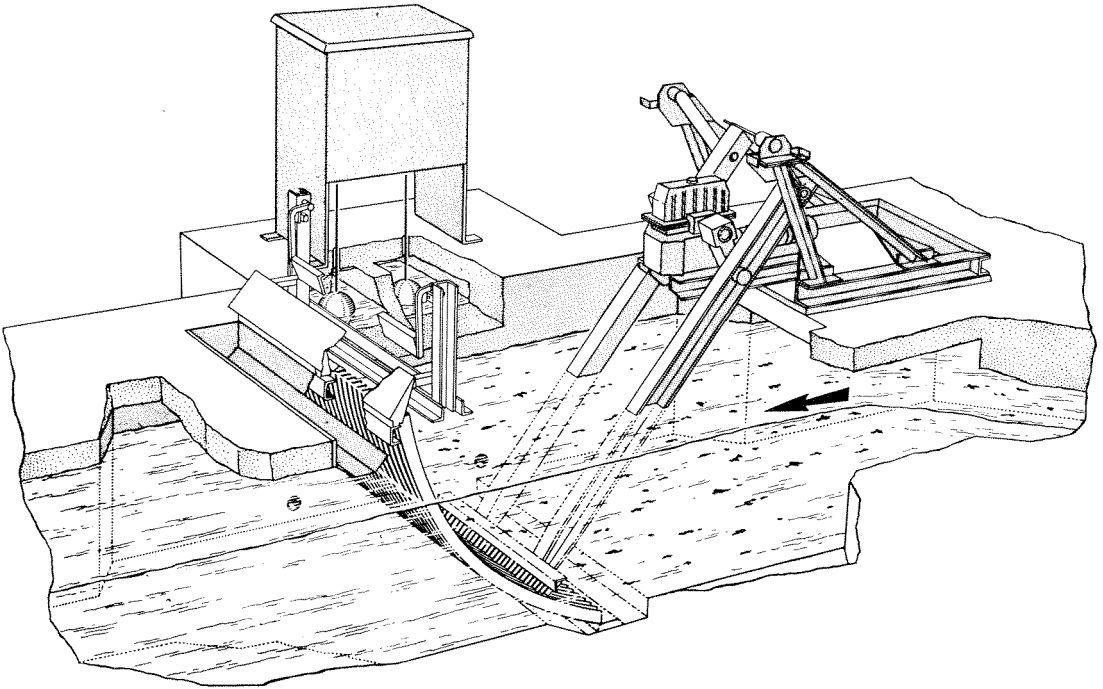


Fig. 1.3 Buet rist med enarmet skrapemekanisme.

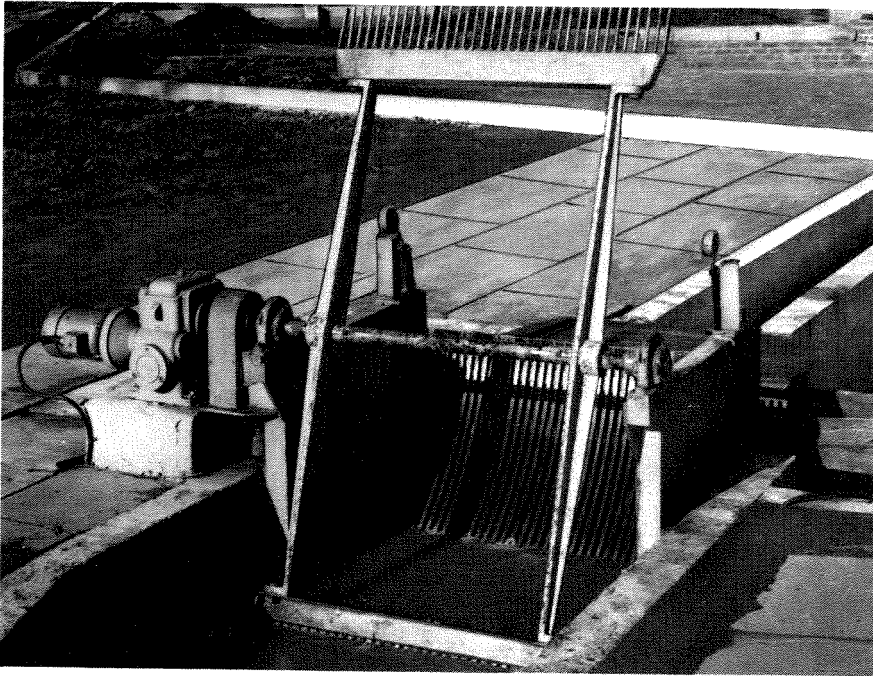


Fig. 1.4 Buet rist med toarmet skrapemekanisme.

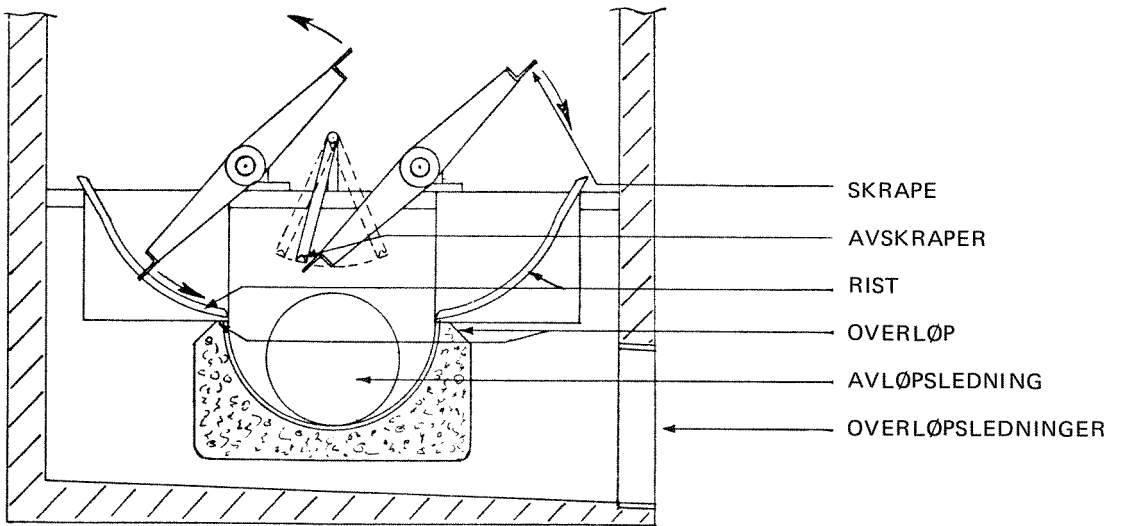
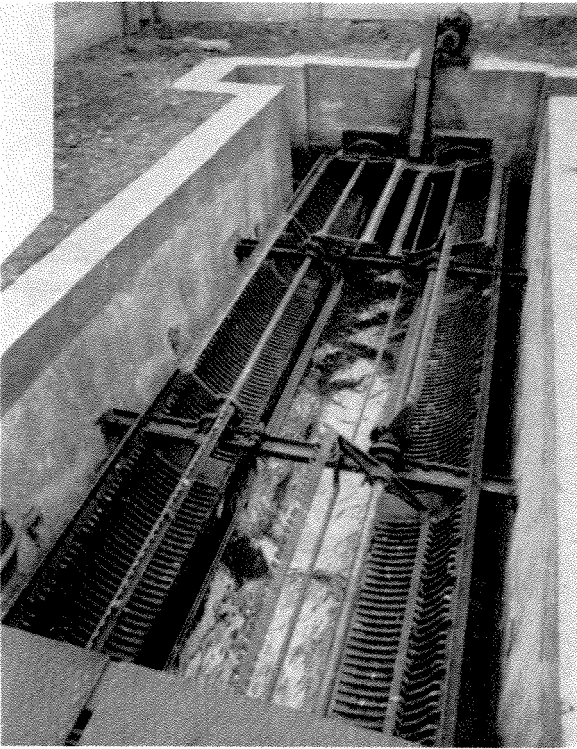


Fig. 1.5 Overløp med buet grovrist.

2. SILER

2.1 Anvendelse

Siler konstruert for fjerning av partikulære stoffer i avløpsvannet består av perforerte plater, netting eller staver med lys- eller maskeåpning mindre eller lik 5 mm.

I industrien har siler i lengre tid vært anvendt til fjerning eller gjenvinning av stoffer i avløpsvann. Ved rensing av kommunalt avløpsvann har siler hittil bare hatt begrenset bruk.

Siler har lavere – til dels betydelig lavere renseseffekt enn konvensjonell mekanisk rensing ved sedimentering. Silene har derfor sitt bruksområde ved fjerning av partikulært materiale, og ikke ved fjerning av organisk materiale og næringssalter. Ved valg mellom disse ulike silertyper er derfor driftssikkerhet, enkelt tilsyn og vedlikehold generelt viktigere parametre enn renseseffekt.

Anvendelse av siler:

RENSING AV KOMMUNALT AVLØPSVANN

En rekke større renselanlegg, særlig i USA har siler som første rensetrinn. Silene har her erstattet konvensjonelle renseninnetninger som grovrister, sandfang og sedimenteringsbassenger. Siler er dessuten prøvd ved separasjon av flyteslam og større faste stoffer fra råslam, samt fortykning av råslammet før dette føres til råtnetanker.

RENSING AV OVERLØPSVANN

Rensing av overløpsvann fra kombinerte ledningssystemer ved hjelp av silanlegg har vist seg økonomisk attraktivt da alternative muligheter for rensing av store vannmengder koster vesentlig mer.

RENSING AV INDUSTRIELT AVLØPSVANN OG PROSESSVANN

Siler har vært anvendt med gode resultater for produktgjenvinning og som rens tiltak ved utslipp fra slakterier, fiskeforedlingsbedrifter,

frukt- og grønnsakkonserveringsfabrikker og i papir og celluloseindustrien.

Ved graverier anvendes siler for fjerning av hår og hudrester. Innen tekstilindustrien anvendes siler for fiberfjerning, spesielt ved utslipp fra filt- og teppeproduksjon.

Partikkelfjerning for produktgjenvinning og avløpsrensing har vært utført med siler i plast- og gummiindustri, ved glassfiberfremstilling og ved gjødslingsproduksjon.

En sils kapasitet og renseseffekt er avhengig av følgende faktorer:

- Lysåpning eller maskeåpning.
- Silflatens utforming.
- Innløpsarrangement.

Væsken skal fordeles jevnt over hele silens bredde. Større gjenstander kan forårsake ujevn fordeling. En grovrist med lysåpning 25–50 mm bør derfor installeres foran silen.

- Avløpsvannets sammensetning. Avløpsvannets innhold av fett og innhold og form av suspendert stoff er av spesiell betydning.
- Hydraulisk belastning. Lave belastninger over lengre tidsrom bør unngås da dette kan føre til uttørring av stoffer og gjentetting av silflaten
- Silflatens gjentetningsgrad. Effektiv automatisk rengjøring av silflaten vil bedre forholdene.
- Krav til silgodsets vanninnhold.
- Tilført energi ved bevegelige siler.

2.2 Teknisk beskrivelse

2.2.1 Spaltesilen

GENERELT

Spaltesilen er en fellesbetegnelse for en gruppe silertyper som består av skråstilte, ubevegelige silflater med spalteformede åpninger. Avløps-

vannet tilføres direkte fra avløpsnettet og fordeles over silens bredde via et innløpskammer. Herfra renner det via en akselerasjonsplate slik at avløpsvannet tilføres med stor hastighet i plan med silflaten. Vannet nærmest silflaten bryter av og føres gjennom spaltene til et underliggende utløpskammer, mens utskilte partikler blir igjen på siloverflaten. Det meste av væskestrømmen har passert gjennom silflaten på ca. 1/3 av sillengden. Etter dette begynner de utskilte partikler å rulle eller skli nedover. På sin vei avvannes partiklene ytterligere og samles i klumper eller flak før de til slutt faller av silflaten. Det utskilte materialet samles direkte opp i samlebeholdere plassert under silflaten eller føres via transportarrangementet til oppsamlingsbeholdere.

Spaltesilen har to hovedfunksjoner – å oppnå høy separasjon av faste partikler fra en væske, og å oppnå høy reduksjon av utskilte partiklers vanninnhold.

Partiklene eller silgodsets vanninnhold kan reduseres ytterligere ved at samlebeholderne er perforert slik at vann kan dreneres ut av silgodset.

Vanlig lysåpning ved behandling av avløpsvann er 0,3–1,5 mm, avhengig av mengden og konsistensen av suspendert stoff, samt innholdet av fett i avløpsvannet.

På grunn av silflatens helning vil silen teoretisk også kunne fjerne partikler med diametre mindre enn lysåpningen. Normalt vil en stor del av finstoffet bli avskilt sammen med større partikler. Minskes spalteåpningen, reduseres silens hydrauliske kapasitet mens renseeffekten øker.

Av ulemper kan nevnes:

- Nødvendig fallhøyde er minimum 1,0–1,5 m.
- Det må installeres en lavtrykkspumpe når nødvendig fallhøyde ikke er til stede.
- Ved lave belastninger over lengre tid kan silflaten tettes.
- Renseeffekten med hensyn på suspendert stoff er lavere enn for et konvensjonelt sedimenteringsanlegg.
- Silflaten må rengjøres regelmessig.

Fordelene ligger særlig i lave kostnader og beskjedne plassbehov.

Det finnes en rekke firmaer, de fleste amerikanske, som produserer og markedsfører spaltesiler. I Skandinavia markedsføres det i dag flere ulike spaltesiler. Fem av disse er nærmere beskrevet i det følgende. Tabell 2.1 gir en oversikt over spaltesilenes tekniske data.

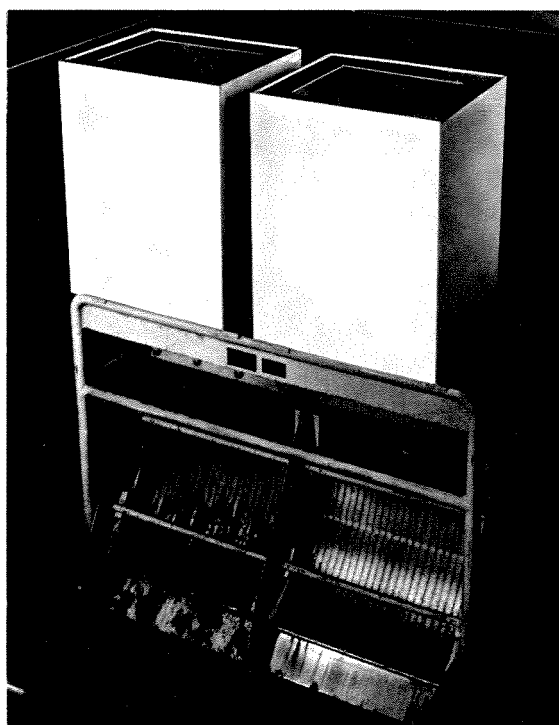
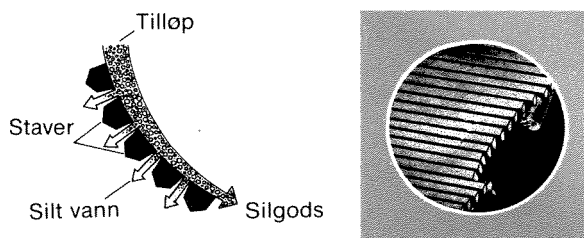


Fig. 2.1 DSM-buesikt.

Tabell 2.1 Tekniske data for spaltesiler

Siltype	Type- beteg- nelse	Hoved- dimensjoner D x B x H m	Spalte åpning mm	Maks. kapa- sitet l/s	Nødv. fall- høyde m	Material- kvalitet (våte deler)	Prisant. eks.MVA Jan.1976 kr	Merknader
DSM-buesikt	Silbredde:							
	0,3 m	—	—	—	—	Syrefast stål	—	
	0,6 m	1,9 x 0,75 x 2,4	—	—	—	Silkasse av	—	
	0,9 m	—	0,7	21	—	vanlig stål,	—	
	1,2 m	2,0 x 1,5 x 3,0	0,7	28	—	sandblåst og	—	
	1,5 m	—	0,7	35	—	malt. Andre	—	
	1,9 m	—	0,7	42	—	materialer kan leveres	—	
Hydrasieve	552 – 18	1,1 x 0,6 x 1,5	1,5	9	1,2	Syrefast og	25.000	Kapasiteten er veiledende og gjelder komm. avløpsvann med tørrstoff < 500 mg/l
	552 – 36	1,2 x 1,1 x 1,6	1,5	19	1,3	rustfritt	31.000	
	552 – 48	1,6 x 1,4 x 2,2	1,5	30	1,8	stål	42.500	
	552 – 60	1,6 x 1,7 x 2,2	1,5	40	1,8		50.200	
	552 – 72	1,6 x 2,0 x 2,2	1,5	50	1,8		58.500	
			Alt.0,25-0,50 0,75-1, 0-1,5					
Hydroscreen	HS – 18	1,0 x 0,5 x 1,4	1,5	11	1,1	Rustfritt stål	—	
	HS – 36	1,1 x 1,0 x 1,4	1,5	24	1,1	Silkasse kan	—	
	HS – 72	1,1 x 1,9 x 1,4	1,5	49	1,3	leveres av glass- fiber-armert plast	—	
Thune- Eurekas spaltesil	TS 5	1,0 x 1,0 x 1,6	0,75	19	1,4	Rustfritt stål	29.000	Silen produse- reses i et modulsystem pr. module- enhet
			Alt.0,125- 0,25-0,5- 0,75-1,5				26.000	
Kason cross-flo	CS-2430-SS	1,5 x 1,2 x 2,1	0,5	11	1,5	Rustfritt stål		
	CS-3630-SS	1,5 x 1,2 x 2,1	0,5	17	1,5	SIS 2333		
	CS-4854-SS	1,9 x 1,5 x 2,7	0,5	27	2,0	Syrefast	36.000	
	CS-6054-SS	1,9 x 1,8 x 2,6	0,5	35	2,0	stål SIS 2343		
	CS-7254-SS	1,9 x 2,1 x 2,6	0,5	44	2,0	mot pris- tillegg		
			Alt.0,25-0,50- 1,00- 1,50					

DSM-buesikt

Produsent: Dorr-Oliver, Tyskland

Leverandør: J.C. Falkenberg A/S, Drammensveien 126, Oslo 2

Denne silen, fig. 2.1, skiller seg fra andre typer spaltesiler på grunn av silflatens bueform som danner et sirkelsegment. Silen leveres med buelengder tilsvarende sirkelsegmenter på 45°,

50°, 60°, 120° og 300° med varierende radius.

Silen er utviklet i Holland og anvendes i industrien. Silbuer på 45°, 50° og 60° anvendes for separasjon, klassifikasjon eller avvaning av grovere, faste suspenderte stoffer. Væsken tilføres silen ved gravitasjon over et overløpsarrangement tangentialt inn på silflatens øverste del.

For silbuer på 120°, 270° og 300° tilføres væsken under trykk gjennom spesielt utformede dyser. Denne silformen benyttes ved behandling av finere, suspenderte stoffer. Silflaten er bygd opp av horisontale, parallelle staver med et spesielt stavprofil. Stavene er festet til underliggende tverrgående støttestenger.

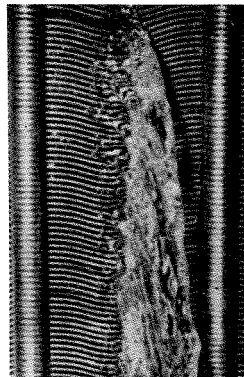
Silbuer på 45°–60° er aktuelle for rensing av kommunalt avløpsvann og leveres i 6 forskjellige størrelser.

Hydrasieve

Produsent: C.E. Bauer, Belgia

Leverandør: Maskin Aktieselskapet Zeta, Drammensveien 39, Oslo 2

Silens, fig. 2.2, funksjon er basert på bruken av parabelformet silflate med tverrgående, kile- og bølgeformede staver eller tråder av rustfritt stål, som er viklet rundt støttestaven. Silflaten er inndelt i 3 plane seksjoner med avtakende helningsvinkel. Stavenes bølgeform skal lede væskestrømmen vekk fra støttestavene og skal således hindre eventuell gjentetting langs disse. Bølgeformen vil dessuten konsentrere væskestrømmen og derved øke væskehastigheten over silflaten. Dette kan ha en positiv effekt ved lav tilrenning.



Stavenes bølgeform samler vannet ved midten av bølgen – borte fra støttestavene.

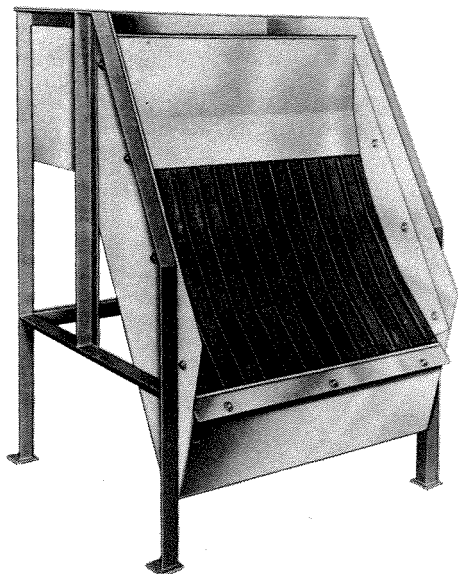
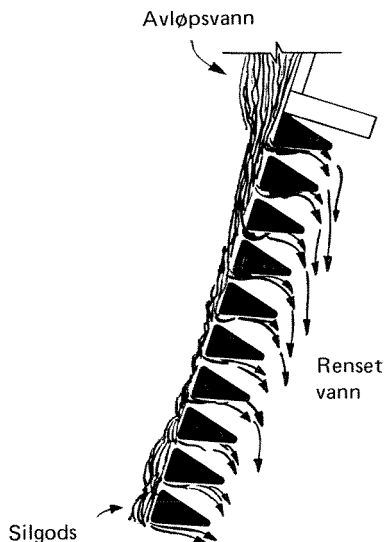


Fig. 2.2 Hydrasieve.



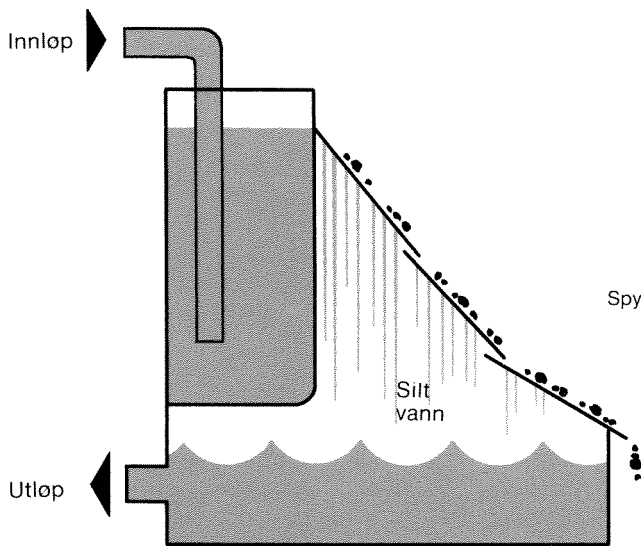


Fig. 2.3 Hydroscreen.

Hydroscreen

Produsent: Hydrocyclonics Corp., USA
Leverandør: A/S Tolu, Bragernes Torg 1 A, 3000 Drammen

Silen, fig. 2.3, er en spaltesil med tverrgående staver som er viklet rundt støttestavene. Silflaten består av 3 overlappende silseksjoner med varierende helningsvinkel. Silseksjonene holdes på plass av tverrgående støtter plassert på silflatens underside. På enden av silflaten er det plassert en justeringsanordning som muliggjør fastspenning og justering av silflaten. Den tredelte utformingen av silflaten gjør det lett å fjerne silseksjonene for rengjøring eller skifte av spalteåpning.

Thune-Eurekas spaltesil

Produsent: Thune-Eureka A/S
Leverandør: Thune-Eureka A/S, postboks 38, 3401 Lierbyen

Silen, fig. 2.4, er nytutviklet. Den er basert på standardiserte silkasser som kan bygges sammen i et modulsystem. De lukkede silkassene skal hindre søl og sprut fra silene. Modulkonstruksjonen muliggjør spesielle inn- og utløpsarrangementer tilpasset hvert enkelt tilfelle. Hver modul er utstyrt for automatisk rensyling av silplaten.

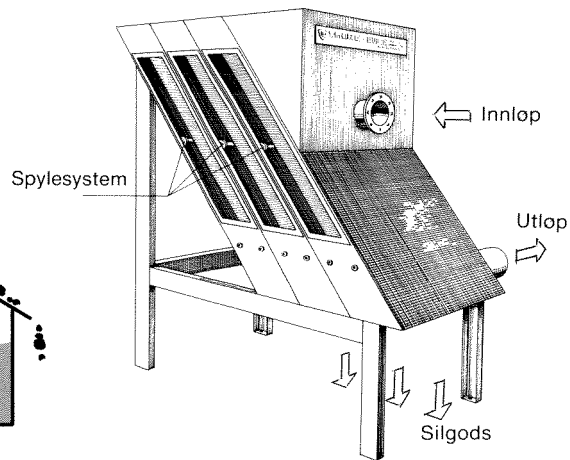


Fig. 2.4 Thune-Eureka spaltesil type TS 5 med 3 moduler og innløpskasse.

Silen produseres med tverrgående, sveisede staver. Flere forskjellige utskiftbare silplater og profilformer er tilgjengelige, og silen kan leveres med variabel helningsvinkel. Selve silflaten kan leveres i flere forskjellige former og er enkel å skifte.

Foruten en standard silkasse kan det også leveres ramme for direkte montering av silen i betongkonstruksjoner. Det leveres også komplette silanlegg (pakkeanlegg) med alle tilhørende komponenter for silgodsbehandling.

Kason cross-flo

Produsent: Kason Corporation, USA
Leverandør: Ingeniør Trygve Elind, Sandviksveien 36, 1300 Sandvika

Silen, fig. 2.5, er en spaltesil med tverrgående staver. Silen har særlig lang akselerasjonsplate for å orientere fibre i strømningsret. Silplatenes helning kan justeres slik at en oppnår optimale forhold i hvert enkelt tilfelle. Silplaten leveres med spalteåpning fra 0,25 mm til 2,5 mm.

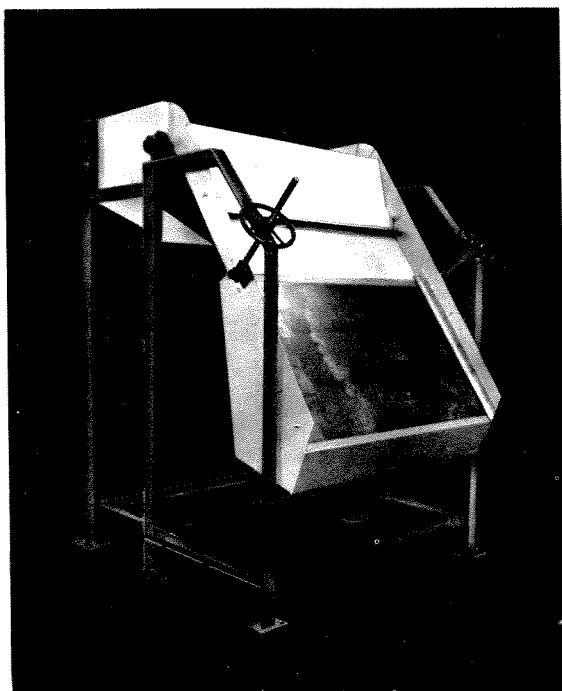


Fig. 2.5. Kason Cross-flo

2.2.2 Roterende siler og skivefiltre

GENERELT

Roterende siler består av en roterende trommel som er åpen i en eller begge ender, og hvor trommelperiferien består av perforerte plater, staver eller silduk. Avløpsvannet ledes vanligvis inn i den ene enden av trommelen og radiallyt ut gjennom silflaten. Utskilt materiale som fester seg til innsiden av silflaten, føres til et oppsamlingsstrau. Silflaten rengjøres ved hjelp av kraftige vannstråler, damp, trykkluft eller børster. I enkelte tilfeller føres avløpsvannet inn radiallyt gjennom trommelflaten og ut gjennom en eller begge endeåpninger eller radiallyt ut gjennom nedre trommelflaten. Tekniske data for roterende siler og skivefiltre er gjengitt i tabell 2.2.

DORRICO fine screen

Produsent: Dorr-Oliver, Tyskland

Leverandør: J.C. Falkenberg A/S, Drammensveien 126, Oslo 2

DORRICO fine screen, fig. 2.6, er en selvrensende trommelsil spesielt utviklet for rensing av kommunalt og industrielt avløpsvann.

Siltrommelen er plassert i en kum på tvers av strømretningen slik at avløpsvannet må passere radiallyt gjennom trommelperiferien og aksialt ut gjennom den ene endeåpningen. Trommelen roterer i strømretningen slik at utskilt materiale føres til den bakre del av kummen hvor det automatisk vaskes av trommelflaten og sedimenterer ned i en slamlomme. Silens selvrensende effekt skyldes at vannet nærmest innsiden av trommelen på grunn av sentrifugalkraften presses ut gjennom den perforerte silflaten like over vannflaten. Flytestoffer vil akkumulere på overflaten over slamlommen. Herfra kan det fjernes ved hjelp av en skumavskiller til en samletank. Det utskilte slammet føres normalt gjennom en kvern og tilbake til avløpsvannet.

Silen krever normalt et falltap på ca. 10–15 cm. Som silflate brukes perforerte stålplater i vanlig, syrefast eller rustfritt stål. Standard hull diameter er 6,5 mm, men det kan også leveres silplater med mindre hull diameter.

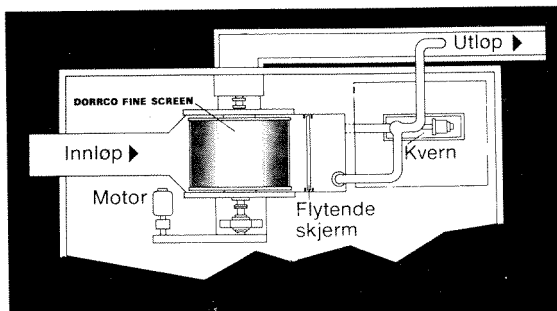
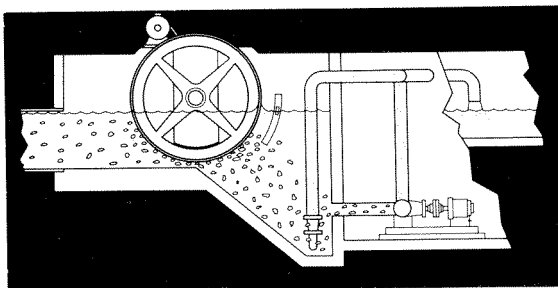


Fig. 2.6. Dorrco Fine Screen.

Tabell 2.2 Tekniske data for roterende siler og skivefiltre

Siltype	Type- beteg- nelse	Hoved- dimensjoner LxBxHxDia. m	Spalte- åpning mm	Maks.	Spyle- vann l/min.	Fall- tap m	Driv- motor kW	Materi- kvalitet (våte deler)	Prisant.	Merknader
				kapa- sitet l/s					eks. MVA Januar 1976 kr.	
Dorrco fine screen	—	0,9x0,9	6,5	130	0	0,15		Vanlig	—	x)
		1,2x0,9	»	180	0	—	—	rustfritt	—	
		1,5x1,2	»	300	0	—	—	eller	—	
		1,8x1,2	»	400	0	—	—	syrefast	—	
		2,1x1,5	»	580	0	—	—	stål	—	
		2,4x1,8	»	900	0	—	—		—	
		3,0x2,1	»	1200	0	—	—		—	
		3,6x2,4	»	1700	0	—	—		—	
	4,2x2,7	»	2200	0	—	—		—		
	4,8x3,3	»	3100	0	—	—		—		
Mikrosil (Crane)	—	0,60 x 1,2	0,76	30	—	0,15-	1,5	Rustfritt	—	
		1,2x1,2	»	60		0,5	1,5	stål	—	
		1,2x1,8	»	90			1,5		—	
		1,8x1,8	»	140			1,5		—	
		2,5x1,8	»	180			1,5		—	
	4,9x3,1	»	470			1,5		—		
Rotosieve	1013-1	2,5x1,0x1,0x0,6	1,0	60	100	0,5	0,4	Rust-	52.400	
	1013-21	1,5x1,0x1,0x0,6	1,0	22	100	0,5	0,4	fritt	45.000	
	1013-80	1,0x0,5x0,8x0,3	1,0	4	100	0,3	0,4	stål	23.000	
	1013-36	2,5x1,0x1,0x0,6	1,0	—	—	0,5	0,4		75.600	
Selecto- strainer		1,2x1,2x0,85x0,45	6,5	78	0	0,25	0,6	Trommel av rust- fritt stål. Silkasse i vanlig stål		x)
Finn- Clean	FCI-2000	1,6x0,4x0,5	1,0	22	4-40	0,3-0,5	0,25	Syrefast	26.310	Inkl. spyling
	FCI-4001	1,8x0,8x0,9	1,0	43	5-50	0,3-0,5	0,25	og rust-	47.775	»
	FCI-4002	2,9x0,8x0,9	1,0	86	10-100	0,3-0,5	0,5	fritt	62.550	»
	FCI-4003	4,0x0,8x0,9	1,0	142	15-150	0,3-0,5	0,5	stål	85.000	»
	FCI-4004	5,1x0,8x0,9	1,0	212	20-200	0,3-0,5	0,8		113.425	»
	FCI-4005	6,2x0,8x0,9	1,0	283	25-250	0,3-0,5	0,8		130,250	»
Roto- strainer	RSA-2512	0,7x1,0x1,1x0,7	0,5	14	0	0,7	0,35	Rust-	39.200	
	RSA-2524	1,1x1,2x1,3x0,7	0,5	28	0	0,7	0,35	fritt	56.000	
	RSA-2548	1,7x1,2x1,3x0,7	0,5	57	0	0,7	0,35	stål	78.000	
	RSA-2572	2,3x1,2x1,3x0,7	0,5	84	0	0,7	0,35		98.000	

x) Spaltåpning = 5 mm regnes som øvre grense for siling av kommunale avløpsvann.

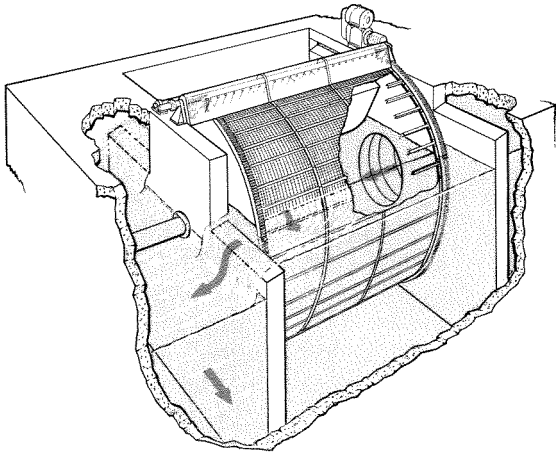


Fig. 2.7 Mikrosil.

Mikrosiler

Produsenter: Crane Environmental Systems Ltd., England. Passavant, Tyskland

Leverandører: Wisbech og Refsum A/S, Tomtegt. 28, 3000 Drammen.

Wetlesen og Roll A/S, Haakon VII gt. 5, Oslo 1

Mikrosilen, fig. 2.7, er i hovedsaken en trommelsil hvor trommelperiferien er delt opp i flere mindre kvadratiske eller rektangulære felter. I hvert felt er det plassert en silduk av vevd rustfri ståltråd med maskevidde varierende fra 23 μm (mikron) og opp til 1,6 mm. Silduken er festet til en ramme som lett kan fjernes fra trommelen for inspeksjon og vedlikehold.

Avløpsvannet føres aksialt inn i trommelen som roterer sakte i en silkum av betong eller stål, går deretter ved gravitasjon radially gjennom silflaten og ut i silkummen. Fra silkummen føres vannet via et overløp til utløpsledningen.

Effektiv neddykket silflate utgjør normalt 60 prosent av total trommelflate. Trommelens rotasjonshastighet kan varieres og styres normalt av en nivåkontroll på innløpet. Forskjellen i nivået mellom inn- og utløp avhenger av den tilførte mengde avløpsvann og konsentrasjonen av

suspenderte stoffer. I de tilfeller hvor det er store nivåvariasjoner i innløpet, må det installeres et bufferarrangement foran innløpet til silen. Trommelens periferihastighet kan varieres.

Normalt benyttes 1,0 mm maskevidde for rensing av kommunalt avløpsvann. Silen går kontinuerlig eller styres automatisk av en nivåkontroll.

Det finnes i dag mikrosilinstallasjoner for rensing av overløpsvann. Problemene i forbindelse med rensing av avløpsvann er fremdeles såpass store at det hittil ikke eksisterer permanente anlegg av denne typen. Erfaringer fra prøveinstallasjoner i USA og Sveits viser imidlertid at en slik anvendelse er mulig, men at det er visse driftsproblemer som må løses før en slik anvendelse vil være driftsmessig og økonomisk forsvarlig.

Roto-sieve

Produsent: VVS-Utrustning AB, Sverige

Leverandør: Thorolf Gregersen A/S, Tollbugt. 34, Oslo 1

Silen, fig. 2.8, består av en langsomt roterende, perforert trommel. På trommelflatens innside er det montert en plate som danner en spiral fra innløps- til utløpssiden. Avløpsvannet føres sentralt inn i trommelens ene endeflate gjennom et spesielt formet innløpsrør og går radially ut gjennom den nedre og første delen av den perforerte trommelperiferien til et underliggende trau. Herfra føres det rensede vann bort gjennom et utløpsrør i bunnen av trauet. Det utskilte materialet føres mot trommelens utløpsende ved hjelp av den spiralformede platen. Under transporten avvannes det utskilte materialet ytterligere. Trommelen heller svakt mot innløpsenden.

Trommelen roterer på kulelagrede, sentral-smurte hjul av aluminium med en hastighet av 10, 16 eller 25 omdr./min. Den perforerte trommelflaten rengjøres kontinuerlig av et roterende børstearrangement med nylonbust. Silflaten spyles intermitterent eller kontinuerlig av et spylearrangement festet i hele silens lengde. Silen leveres med heldekkende skvett skjerm av glassfiberarmert kunststoff.

Roto-strainer

Produsent: Hydrocyclonics Corp., USA
Leverandør: A/S Tolu, Bragernes Torg 1 A, 3000 Drammen

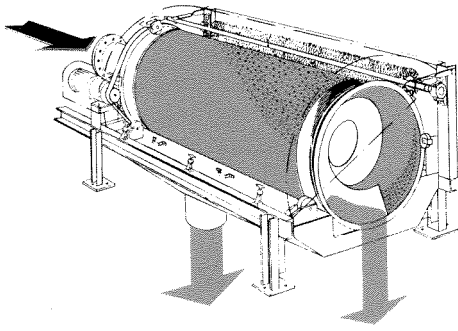


Fig. 2.8 Roto-Sieve.

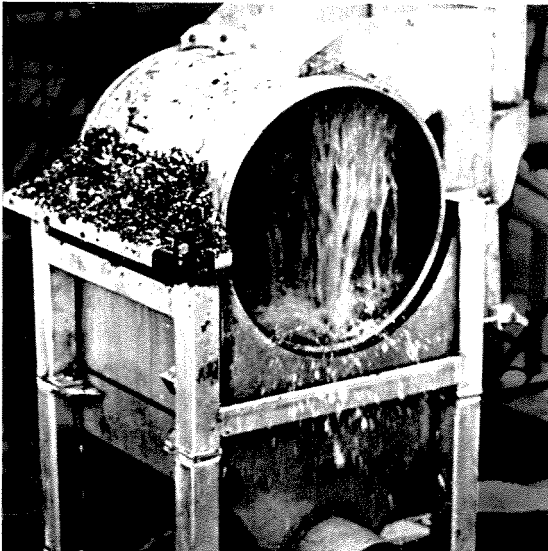
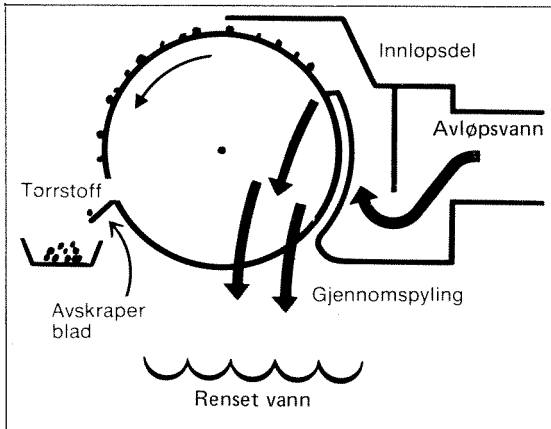


Fig. 2.9 Roto-strainer.

Dette er en sakte roterende trommelsil bestående av en silkasse med inn- og utløpsarrangement, drivmotor og siltrommel. Fig. 2.9

Avløpsvannet tilføres silen via en innløpskasse montert på baksiden av siltrommelen, slik at silflaten danner øverste delen av kassens ene langside. Herfra føres vannet radially gjennom siltrommelen og radially gjennom den nedre delen av trommelflaten til en underliggende utløpskasse. Avskilte stoffer føres på trommelens overflate til motsatt side hvor de ved hjelp av en avskraperplate føres til et oppsamlingssystem. Silflaten består av en kontinuerlig kileformet stav som er viklet i en spiralform rundt trommelens periferi og sveiset til langsgående støttestaver montert parallelt til trommelens akse. Trommelens rotasjonshastighet kan varieres fra 1 til 10 omdr. pr. min.

Det karakteristiske ved denne silen er at den nedre delen av siltrommelen kontinuerlig rengjøres av det rensede avløpsvannet. Man oppnår således en form for selvrensende effekt. Silen skal derfor normalt ikke ha behov for spylevann. Det frittfallende vannet vasker silflaten ren for stoffer som sitter mellom stavene, og som ikke er fjernet av avskraperplaten. Således forhindres en oppbygging av faste stoffer på silflaten, og gjentettingsproblemet reduseres.

Silen anvendes i dag til enkel behandling av kommunalt avløpsvann og til forbehandling av avløpsvann og slam innen renseanlegg. Silen anvendes innen flere grener av industrien.

Silen leveres med spalteåpninger i området 0,25 mm til 2,5 mm. Normal spalteåpning for avløpsvann bør være 0,25–0,75 mm. Det foreligger få data om silens rensesgrad ved behandling av kommunalt avløpsvann. Produsenten har oppgitt et torrstoffinnhold på opp til 25% for silgodset. Normalt antas denne verdi å ligge på ca. 15%.

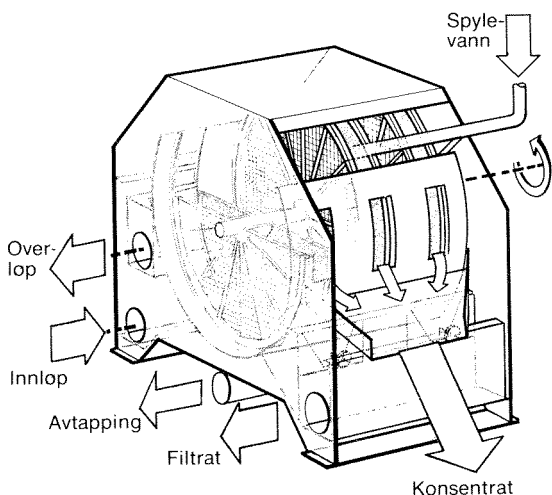


Fig. 2.10 Purac skivefilter.

Purac skivefilter

Produsent: AB Purac, Sverige
 Leverandør: Purac A/S, Wm. Thranesgt. 84 B/, Oslo 1.
 Tolu A/S, Bragernes Torg 1 A, 3000 Drammen

Purac skivefilter, fig. 2.10, består av et antall roterende, sirkulære silskiver. Skivene er festet på en horisontal aksel gjennom sentrum og innebygd i et sylindrisk silkammer av stål. Silskivene arbeider parvis, dvs. vannet som skal renses, føres inn radially mellom de vertikaltstilte skivene gjennom en åpning på silkammerets innløpsside. Silens arbeidsprinsipp kan lettest sammenliknes med en kanal hvor sideveggene består av et filtermedium som det forurensete vannet strømmer igjennom. Den partikulære forurensning fanges opp av filtermediet og holdes tilbake i kanalen hvor den stadig konsentreres. Strømretningen på det tilførte avløpsvannet og silskivens rotasjonsretning fører det gradvis fortykkede slammet mot en utløpsåpning på motsatt side av innløpsåpningen. Fra utløpsåpningen føres slammet ved hjelp av gravitasjon direkte ned i en oppsamlingsbeholder.

Etter å ha passert silskiven føres vannet fra silkammeret inn i utløpskammeret som er plassert på motsatt side av innløpskammeret. Silen arbeider normalt med et maksimalt falltap på 0,5 m. Skivens rotasjonshastighet kan varieres i området 4–12 omdr. pr. min. Silen leveres med

flere ulike maskeåpninger, normalt benyttes 0,2 x 0,2 mm ved rensing av kommunalt avløpsvann. Maksimal belastning er $40 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$, normalt $25\text{--}30 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$. Det anbefales å plassere silen etter grovrist og sandfang.

Selectostrainer

Produsent: Environment Equipment Division, FMC Corp., USA
 Leverandør: Argo A/S, Jaktlia 1, 1345 Østerås, Bærum

Silanlegget, fig. 2.11, består av en rektangulær ståltank som er delt i et innløps- og et utløpskammer. På tvers av innløpskammeret er det plassert en roterende trommelsil. Mellom de to kamrene er plassert et overløpsarrangement. Avløpsvannet føres ved gravitasjon radially gjennom den perforerte trommelflaten og ut gjennom den ene endeåpningen, den andre er lukket. Det brukes normalt en hull diameter lik 6,5 mm. Siltrommelen er av rustfritt stål.

De større partikulære stoffene i avløpsvannet holdes tilbake på yttersiden av trommelen og føres ut av vannet ved hjelp av trommelens roterende bevegelse og ett sett rivetenner som stikker ut av trommelflaten. Når de utskilte stoffene passerer trykkflaten, presses rivetenene inn i trommelen og en del av de organiske stoffene presses gjennom silen. Det som blir liggende igjen skraper av trommelen og ned på et transportbånd ved hjelp av en spesiell gummirulle som roterer i motsatt retning av trommelen. Transportbåndet løfter de utskilte stoffene opp til en oppsamlingsbeholder.

Overløpsarrangementet mellom inn- og utløpskammeret består av et rett overløp med rist. Overløpet trer i funksjon ved strømstans, eller når tilrenningen blir for stor.

Selectostrainer er spesielt egnet til å fjerne grovere, faste stoffer fra avløpsvannet samtidig som enkelte organiske stoffer presses gjennom silflaten sammen med avløpsvannet. Silen kan betraktes mer som forbehandling før videre rensing enn som egen rensemetode.

Silen er meget kompakt og har høy kapasitet i forhold til silflaten. Det lave falltapet gjør at den kan koples direkte på avløpsledning i vanlige prefabrikerte kumringer av betong med diameter lik 2400 mm.

Sweco Wastewater Concentrator

Produsent: Sweco Inc., USA

Leverandør: K. Malmberg, Storgt. 4, 2000 Gjøvik

Sweco wastewater concentrator, fig. 2.12, er en hurtigroterende, vertikal trommelsil som er spesielt utviklet for rensing av overløpsvann fra kombinerte ledningssystemer. Det oppgis at 90–95% av det tilførte overløpsvann renses før det slippes ut i resipienten, mens den resterende del, konsentratet (5–10%), holdes tilbake for videre behandling.

Silen består av en vertikal trommelsil som er plassert sentralt i en lukket, sirkulær beholder av stål. Siltrommelens øvre ende er lukket mens den nedre ende som er åpen, fører ned til en oppsamlingstank for utskilt materiale. Silen som roterer om en vertikal aksel festet til trommelens øvre endeflate, er inndelt i 18 rektangulære eller 36 kvadratiske silplater som lett kan skiftes ut. Mellom siltrommelens ytterside og beholderen er det et konsentrisk, ringformet utløpskammer for rensed avløpsvann.

Vannet som skal renses, føres inn i silen gjennom en innløpsledning nær bunnen av enheten, opp gjennom sentrum av trommelen og ut

gjennom de stasjonære horisontale distribusjonsplatene. De horisontale platene fordeler og fører vannet mot den øvre delen av silduken. Distribusjonsplatens helning gjør at vannet treffer silflaten med en nedoverrettet hastighetskomponent. Dette, sammen med den hurtige rotasjon av siltrommelen (60 omdr. pr. min), gjør at det forurensede konsentrat føres nedover silflaten samtidig som hoveddelen (90–95%) av vann passerer gjennom silduken. Det utskilte materialet samles i en beholder under siltrommelen og føres ved gravitasjon ut gjennom en 250 mm utløpsledning nær bunnen av enheten. Det rensede vannet samles i et konsentrisk, ringformet kammer på yttersiden av siltrommelen og føres ved gravitasjon ut gjennom en 60 cm x 60 cm åpning i bunnen av utløpskassen på siden av enheten.

Selv om silens egenskaper renseteknisk sett synes lovende, har den flere svakheter som begrenser silens brukbarhet for enkel rensing av avløpsvann. Spesielt konsentratets volum, innvirkningen av olje og fett samt sildukens korte levetid skaper problemer som begrenser bruken av silen ved rensing av avløpsvann.

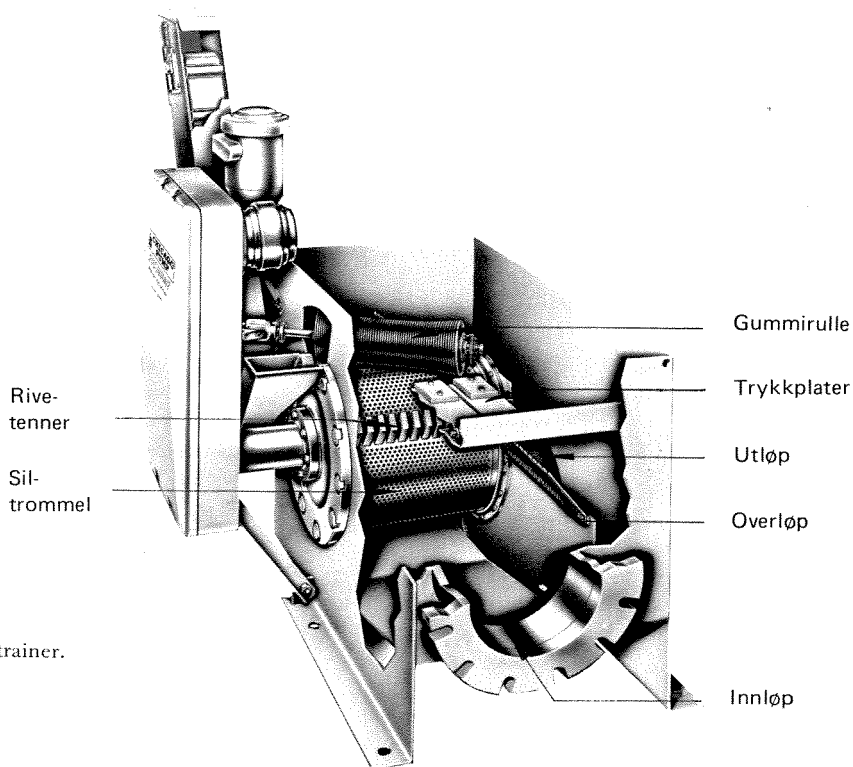
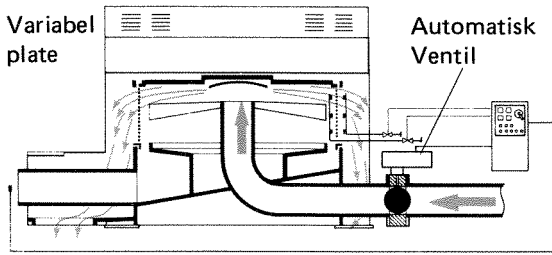
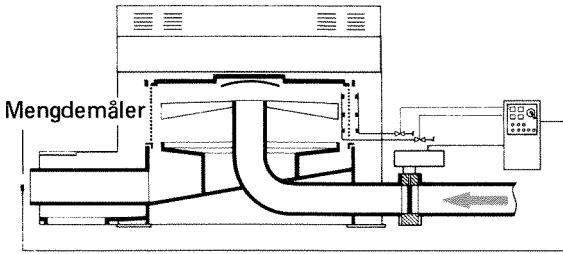


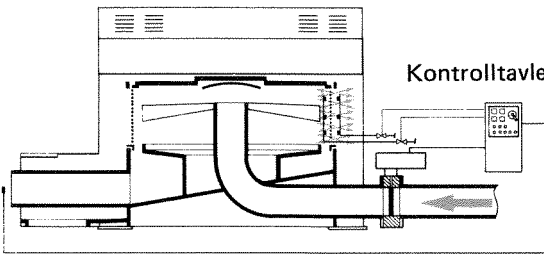
Fig. 2.11 Selectotrainer.



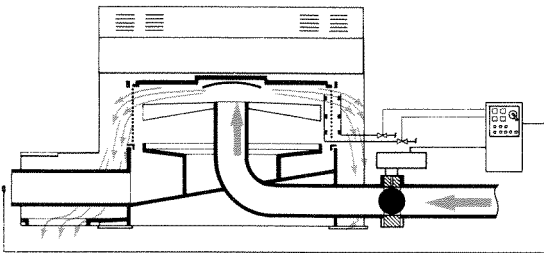
Fase 1. Innløpsventilen åpen: Avløpsvannet tilføres i sentrum og kastes mot den roterende silen.



Fase 2. Innløpsventilen stengt: Når mengden av konsentreret utgjør 5–10% av den totale mengde tilført avløpsvann, stenges innløpsventilen automatisk.



Fase 3. Rengjøring: Silen fortsetter å rotere mens den spyles ren med vann eller damp. Tid for rengjøring er ca 30 sek. Normal gangtid mellom hver spyling er 5 min.



Fase 4. Innløpsventilen åpen: Etter spylingen åpnes innløpsventilen automatisk.

Fig. 2.12 Funksjonsskisse for "Sweco Wastewater Concentrator".

Finn-Clean

Produsent: Finggross oy, Finland

Leverandør: A/S Lorentsen & Wettre, Ensjøvn. 8, Oslo 6

Silen, fig. 2.13, består av en langsomt roterende trommel med slisset perforering. Avløpsvannet ledes inn i ene enden av trommelen og fordeles langs trommelflaten ved ledeskovler. Vannet renner gjennom perforeringen og ut. Slammet blir igjen inne i silen og mates ut med en skrue samtidig som det avvannes.

En nylonbørste ligger inntil trommelen og rengjør slissene. I spesielt vanskelige tilfeller utstyres silen med automatisk spyling.

Finn-Clean har et modulsystem som gjør det enkelt å utvide kapasitet eller skifte siltrommel.

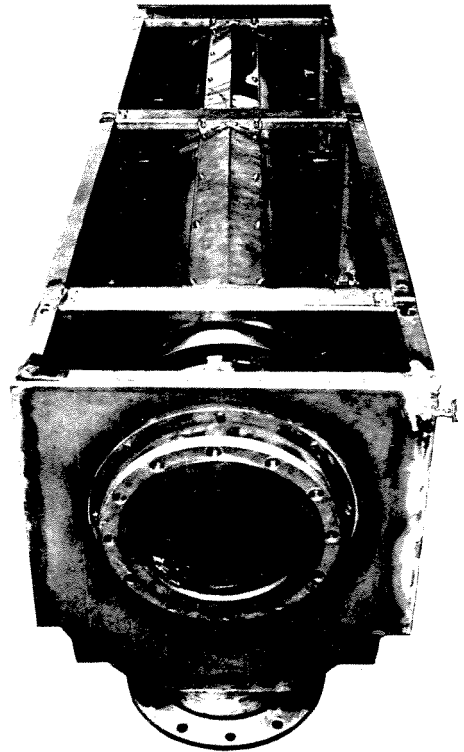


Fig. 2.13. Finn-Clean.

2.3 Driftserfaringer

Det finnes få sammenliknbare driftsundersøkelser av silanlegg. Ved Kvernevik kloakkrensingsanlegg i Bergen har 5 siltyper vært undersøkt. Resultatene fra forsøksdriften er tatt med i dette kapitlet, likeledes driftserfaringer fra andre silanlegg. De som ønsker opplysninger direkte fra eiere av silanlegg, henvises til tabell 2.3 som er en oppstilling over kommunale silanlegg i Skandinavia.

2.3.1 Driftserfaringer fra Kvernevik kloakkrensingsanlegg

BAKGRUNN

I tiden april–oktober 1975 har A/S Hjellnes & Høstmark drevet forsøk med silanlegg anvendt på kommunalt avløpsvann. Forsøkene ble finansiert av Bergen Kommune og Statens Forurensningstilsyn. Bakgrunnen for at forsøkene kom i gang var behov for informasjon om silanlegg i for-

bindelse med rensing av kommunalt avløpsvann.

Hensikten med forsøkene var å undersøke silenes generelle anvendelighet ved rensing av kommunalt avløpsvann, – i første rekke renses-effekt og driftsproblemer, men også kriterier for dimensjonering og opplysninger om slamproduksjon, slamkonsistens etc.

Det finnes et stort antall siler på markedet. Den tidsmessige og økonomiske ramme for forsøkene tillot imidlertid ikke mer enn 2 forsøksserier à 3 siler, slik at en totalt fikk anledning til å teste 5 siler. En sil ble beholdt fra første prøveserie, som referanse.

PRØVEOPPLEGG

Forsøkene ble gjennomført ved Kvernevik kloakkrensingsanlegg, ca. 10 km nord for Bergen, tidligere Åsane kommune. Anlegget har i dag tilrenning fra 8–10.000 personekvivalenter, som i hovedsaken er knyttet til anlegget via et større tunnelprosjekt, fig. 2.14.

Deler av ledningsnettets er nytt og tett, mens andre deler er meget utett, med maksimalvannføringer på inntil 60 ganger tørrværsavrenning.

Flyteskjema for den eksisterende delen av rensingsanlegget samt prøveoppbygget fremgår av fig. 2.14. Det innkomne vann passerer først en grovryst med spaltevidde 50 mm. Vannet fortsetter gjennom et hovedløp via en maskinrist, spaltevidde 15 mm, til et overløp med kontinuerlig registrering av vannføringen. Vannet fortsetter til en utløpskum og normalt herfra til utslipp i sjøen, på 50 m dyp, ca. 600 m fra rensingsanlegget.

Under prøveoppbygget var imidlertid utslippskummen demmet opp, slik at en fikk tatt ut en representativ væskemengde ved hjelp av en pumpe. Denne leverte til et utjevnskammer, utstyrt med omløp for konstant vannstand før spillvannet fortsatte til de oppstilte silene.

Ved oppstilling av silene hadde en tatt spesielt hensyn til at alle fordelinger ble lagt opp mest mulig symmetrisk, for jevn fordeling av avløpsvannet. Vannføringen til silene ble regulert over en vanlig sluseventil foran hver sil.

Vannmengden som passerte silene, ble målt ved

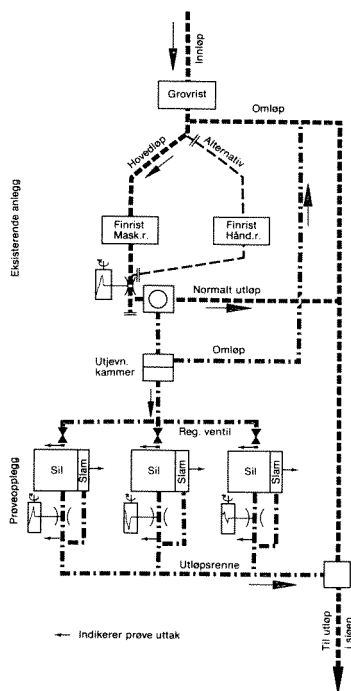


Fig. 2.14 Kvernevik kloakkrensingsanlegg. Flyteskjema. Prøveopplegg for siler.

utløpet over et modifisert Sutro-overløp, for best mulig å kunne måle vannføringene nøyaktig ved lave så vel som ved høye belastninger på silene.

Det ble normalt tatt ut prøver før og etter hver sil, samt fra slammet. Det ble lagt særlig vekt på å få tatt vannprøvene like før vannet strømmet inn i silene. Ved uttak av prøver fra

silenes utløp ble vannet tatt ut før dette nådde målerennen for å unngå sedimentering. Det ble tatt ut 5 liters prøver av inn- og utløpsvann.

Ved uttak av slam ble det tatt ut ca. 2 liter. Ved måling av slamproduksjonen ble slammet fra silene samlet i perforerte renner, målt volumetrisk og veiet etter at prøvene var tatt. Parallelt ble det tatt ut blandprøve av innløpsvannet.

Tabell 2.3 Silanlegg for rensing av kommunalt avløpsvann i Skandinavia

Siltype	Type- betegn.	Spaltåpn. el. perf.	An- tall	Anlegg, sted	Land	Merknader
Roto- sieve	1013–21	1.00	1	Søndre Auli Kloakkrenseanlegg, Nes kommune	Norge	
	1013–80	1.00	1	Nes kommune	Norge	
	1013–80	1.00	2	Finnjet passasjerferje	Sverige	Salen Rederiene
	1013–21	1.00	1	Kristiansand kommune	Norge	Enkel behandling
Purac skivefilter	210	0,2 x 0,2	1	Sjøtofta kloakkrenseanlegg, Tranemo kommune	Sverige	Forbehandling 300 pe
	312	0,08 x 0,14	1	Hovseter kloakkrenseanlegg, Oslo kommune	Norge	Forbehandling 6000 pe
	312		1	Årnes-Fjellfoten kloakkrenseanl., Nes kommune	Norge	Forbehandling 5400 pe
	210		1	Hånes kloakkrenseanlegg, Kristiansand kommune	Norge	Enkel behandling
	210	0,2 x 0,2	1	Sjølunda forsøksstasjon, Malmø	Sverige	
	415	0,2 x 0,2	1	Hårnefors, Umeå kommune	Sverige	Forbehandling 5–6000 pe
	312	0,2 x 0,2	1	Halkstrand kommune	Danmark	Enkel behandling 5400 pe
312	0,2 x 0,2	1	Nystad kommune	Danmark	Enkel behandling 3000 pe	
Hydra- sieve	48''	0,5	1	Karmøy kommune	Norge	Enkel behandling
	48''	0,5	1	Nedre Eidfjord, Ullensvang kommune	Norge	Enkel behandling
	72''	0,5	1	Levanger kommune	Norge	Enkel behandling
	48''	0,5	1	Sandefjord kommune	Norge	Enkel behandling
	36''	0,5	1	Ski kommune, Kråkstad renseanlegg	Norge	Enkel behandling
	36''	0,5	1	Lundamo kommune	Norge	Enkel behandling
	36''	0,5	1	Riska kloakkrenseanlegg, Sandnes kommune	Norge	Enkel behandling
	48''	0,25	1	Gjøvik kloakkrenseanlegg	Norge	Sandutskiller
	36''	1,5	1	Storlien Avlopsverk, Åre	Sverige	Forbehandling
36''	1,5	1	Sjøtorp–Mariestad	Sverige	Forbehandling	

Siltytype	Type- betegn.	Spaltåpn. el. perf.	An- tall	Anlegg, sted	Land	Merknader
DSM – buesikt	45°	1.0	3	København	Danmark	Enkel behandling
Thune- Eureka	–	0,75	1	Huk kloakkrenseanlegg, Oslo kommune	Norge	Enkel behandling
spaltesil	TS 5	0,5	3	Tuverud kloakkpumpestasjon, Lier Kommune	Norge	Enkel behandling
	TS 5	0,75	1	Leirfjord kommune	Norge	Enkel behandling
	TS 5	0,75	1	Selvaagbygg på Ullern, Oslo	Norge	Enkel behandling
	TS 5	0,75	3	Kragerø kommune	Norge	Enkel behandling
Roto- strainer	RSA 2548	0,5	1	Kongsberg kommune	Norge	Enkel behandling
Hydroscreen Dorrco fine screen Sweco Wastewater Concentrator Finn Clean Kason Cross-flo						Foreløpig ingen installasjoner

SILTYPER

Følgende siltyper ble undersøkt i forsøket:

- Hydrasieve modell 552–48 med spaltevidde 0,5 mm og 0,25 mm
- Rotosieve typer 1013–1 med hulldiameter 1,0 mm og 0,6 mm
- Spaltesil fra Thune-Eureka type TS-5 med spalteåpning 0,75 mm og 0,5 mm
- Rotostrainer type 2524, spaltevidde 0,5 mm og 0,25 mm
- Purac skivefilter 210, maskevidde 0,2 x 0,2 mm

Silene ble levert med forskjellige kapasiteter, 20–25 l/s, tilsvarende ca. 2000–5000 person-ekvivalenter. Silene dekket en gulvflate på omlag 2–4 m².

KARAKTERISERING AV AVLØPSVANNET

Avløpsvannets konsentrasjon av forurensninger varierte sterkt under prøveperioden. Dette kommer av at ledningsnettets i tilløpsområdet til dels er utett, slik at en i nedbørsperioder får innlekking av overvann.

I første forsøksserie ble Hydrasieve, Thune-Eurekas spaltestil og Rotosieve undersøkt. I denne perioden som strakk seg fra april til juni, hadde en lite nedbør, slik at avløpsvannet var relativt konsentrert.

I siste forsøksserie, september–oktober, hvor Hydrasieve, Rotostrainer og Purac skivefilter ble testet, hadde en til dels meget sterke nedbørperioder.

Sedimenteringstester på vannet, utført ved standard Imhoff test, viser at gjennomsnittlig 10% av det totale tørrstoff og 30% av det suspenderte stoff lar seg skille ut ved sedimentering. Sedimenteringstester viste ingen reduksjon i fosforinnholdet.

Silenes renseeffekt ble bestemt ved analyse av sedimenterbart stoff (1 times sedimenteringstid i Imhoffglass) samt den mengde slam som ble avskilt. Resultatene varierte imidlertid innenfor vide grenser for hver sil, i tillegg til at effekten var forskjellig fra sil til sil. En fant det derfor nødvendig med et betydelig antall sedimenteringsprøver, slik at disse kunne fremstilles som normalfordelingskurver. (Fig. 2.15 og 2.16.)

Sammenheng mellom renseeffekt og hydraulisk belastning ble undersøkt, men innenfor silenes praktiske kapasitetsområde har hydraulisk belastning liten innflytelse på renseeffekt.

Silenes renseeffekt med hensyn på innhold av sedimenterbart stoff i tilløpssvannet ble også undersøkt, men heller ikke her fant en noen sammenheng.

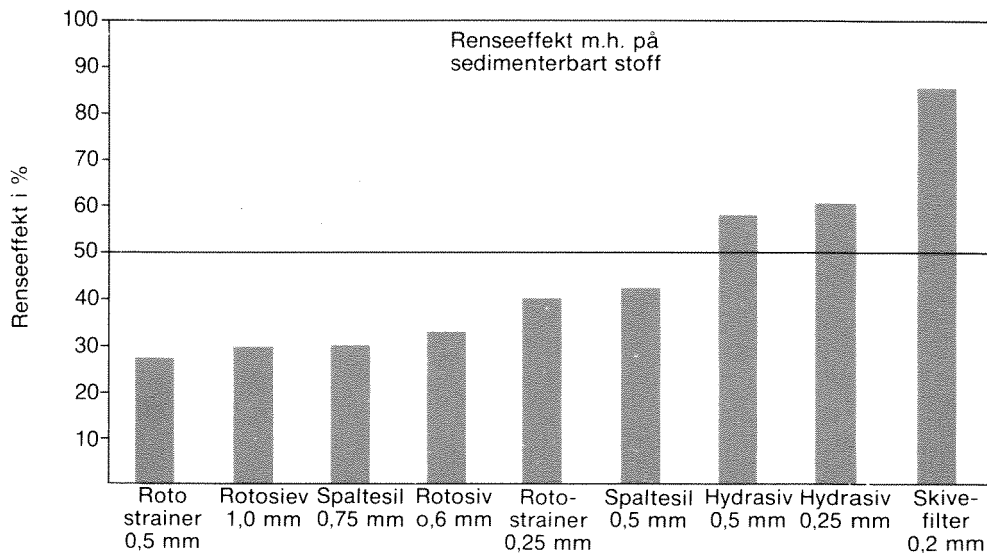


Fig. 2.15. Midlere renseeffekt m.h.p. sedimenterbart stoff ved forsøk ved Kvernevik kloakkrenseanlegg.

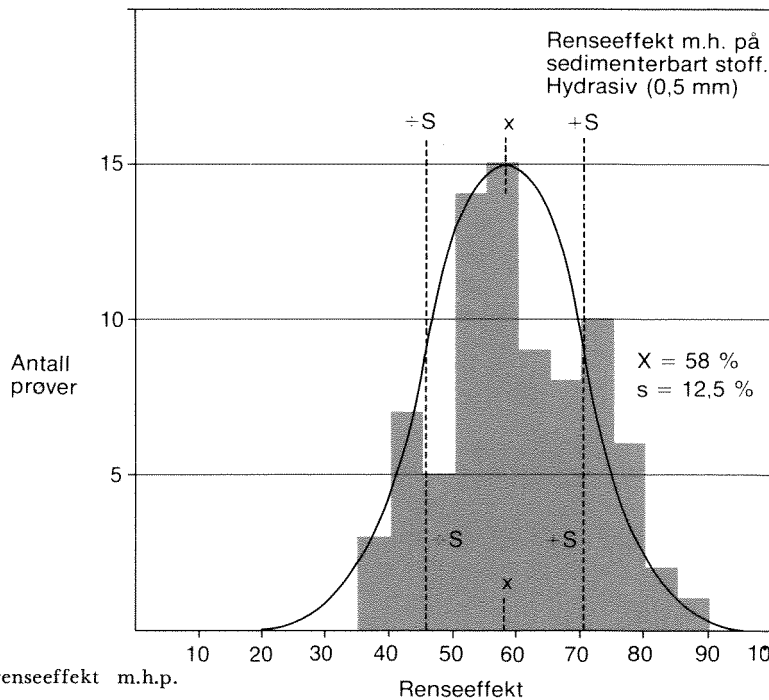


Fig. 2.16. Frekvensdiagram over renseeffekt m.h.p. sedimenterbart stoff.

Tabell 2.4 Hydrauliske kapasiteter

Siltyper	Thune-Eurekas								Purac skive- filter
	Hydrasieve		spaltesil		Rotosieve		Rotostrainer		
Spalteåpning	0,5	0,25	0,75	0,5	1,0	0,6	0,5	0,25	0,2 x 0,2
Målt praktisk kapasitet, l/s	20	18	18	16	45	36	32	18	19
Målt kortvarig støtbelastning l/s	—	—	—	—	53	45	35	20	20
Leverandørens angitte kapasitet, l/s	25	—	17	—	60	—	28	16	24

SLAM

Silenes slamproduksjon ble funnet å ligge i samme forhold som forholdet mellom rense-effekt.

Tørrestoffinnholdet i slammet varierte lite fra sil til sil og utgjorde ca. 10%. Slam med dette tørrestoffinnhold fremtrer som et lett håndterbart produkt, med konsistens som våt jord. Slammet legger seg i en dyngje når det kommer ut fra silene, med rasvinkel på 30–60%.

Utskilling av slam varierer sterkt med innholdet av forurensninger i avløpsvannet. Ved 5 ml sedimenterbart stoff pr. 1 avløpsvann og ca. 60% renseeffekt utskilles 15–20 mg TS/l. I løpet av en time tilsvarer dette 5–8 l slam med 10% tørrestoffinnhold ved tilrenning 10 l pr. sek. Slammet lar seg lett avvanne videre fra de opprinnelige ca. 10%. Dersom slammet lagres med fri mulighet til avrenning, stiger tørrestoffinnholdet til 15–20% i løpet av en uke. Enkle pressforsøk har gitt tørrestoffinnhold i slammet på ca. 50%. Slammet har en brennverdi på omlag 17000 kJ pr. kg tørrestoff. Slammet skulle derfor være velegnet til forbrenning etter at det er presset.

Basert på slamproduksjonstest har en funnet at en sil med 60% renseeffekt vil gi følgende resultater for de øvrige parametre, under de samme betingelser som ved Kvernevik-anlegget:

Totalt tørrestoff:	Renseeffekt	ca. 6%
Suspendert stoff:	»	» 15%
BOF ₇ :	»	» 6%
Totalfosfor:	»	ubetydelig

Det ble gjennomført et forsøk med henting av slam med vanlig septiksugebil. Forsøket viste at slam med tørrestoffinnhold 6–14% lar seg suge direkte fra slambeholder. Slammet bør imidlertid ikke bli for gammelt før det hentes fordi slammet pakker seg tettere etter hvert som det blir liggende.

KAPASITET

Silenes praktiske maksimalkapasitet ble målt. Resultatene fremgår av tabell 2.4 sammen med de kapasiteter som er oppgitt fra leverandøren.

ANDRE PRØVER

Det ble forsøkt å skille ut kjemisk felte fnokker over silene. Skjærkreftene fnokkene ble utsatt for, synes imidlertid å være for store til at dette lar seg gjennomføre.

En prøvde også om siler, primært installert for rensing av avløpsvann, kunne benyttes ved konsentrering av septisk slam. Resultatene var ikke vellykket på grunn av gjentetting av silflatene.

DRIFTSFORHOLD

Generelt

Det ble ført kontinuerlig driftsjournal for begge forsøksserier.

For driftsforholdene har en ikke målbare resultater. Opplysningene blir derfor til en viss

grad av subjektiv art. Nedenstående betraktninger er derfor et resultat av erfaringer de personer som har stellet med anlegget har gjort seg i løpet av forsøksperiodene (april—oktober).

Ettersyn

Silene krever endel ettersyn, dersom de skal virke etter hensikten.

Uavhengig av silenes evne til å rense seg selv, installasjon av automatiske overløp o.l. krever alle innretningene ettersyn min. 1 gang pr. uke.

Som det fremgår nedenfor, krever endel av innretningene ettersyn betydelig oftere.

Renhold

Etterhvert som avløpsvannet passerer silinnretningene, blir det hengende igjen et finpartikulært fettslam, på innsiden av spalteåpningene. Dette arter seg som en form for begroing, slik at silinnretningen etter en viss tid får redusert kapasitet, og tilslutt går tett, dersom belegget ikke fjernes.

Et par av silinnretningene fjerner dette begroingslaget effektivt, ved selvrensing under silingens gang. Dette gjelder Purac Skivefilter og Rotostrainer. De øvrige klarer dette kun delvis. Rotosieve synes å ha bedre evne til fjerning av begroingslaget enn Hydrasieve og Thune-Eurekas Spaltesil. En antar derfor at børsten som løper på overflaten på Rotosieve, reduserer begroingsproblemet her.

Den automatiske vannspyling som er installert på Thune-Eureka Spaltesil, synes også til en viss grad å kunne fjerne begroingslaget. Spylingen foregår fra baksiden av silen, og det er her begroingslaget opptrer.

Hydrasieve hadde opprinnelig ikke spyling montert. Denne silen var da også mest utsatt for begroingsproblemer. Etter at spyleanordning ble montert, ble også gjentetningsproblemene redusert i noen grad, men spylingen foregår fra forsiden av silen, og er ikke så effektiv som spylingen hos Thune-Eureka Spaltesil.

Under forsøksperioden fant en det nødvendig med vasking av silduken manuelt for Hydrasieve, Thune-Eureka Spaltesil og Rotosieve. For at en skulle være *sikker* på at silene ikke fikk vesentlig redusert kapasitet p.g.a. begroing var vasking nødvendig:

- hver dag for Hydrasieve
- annenhver dag for Thune-Eureka Spaltesil
- 1–2 ganger pr. uke for Rotosieve

Vasking ble ikke foretatt på Rotostrainer eller Purac skivefilter.

En analyse av begroingsslammet viste at dette inneholdt ca. 50% fett.

Dryppvann

Et driftsproblem med alle silene, var at en god del dryppvann fulgte med slammet fra avkasterbrettet til beholderen.

I begynnelsen av prøveperioden hadde en slambeholdere uten drenering.

Dette resulterte i at slammet besto av en blanding av slampartikler og vann, med et tørrstoffinnhold på omlag 3–6%.

Forsøkene viste at en bør installere en eller annen form for drenering. Dette kan enten gjøres i slambeholderen ved en perforert delevegg, eller i forbindelse med transportbånd/transportskruer til slambeholderen.

Drenering av slambeholder bør dekke hele slambeholderens høyde.

Thune-Eurekas Spaltesil var utstyrt med dråpefanger. Denne syntes å virke etter hensikten så lenge oppsamlingsspalten ikke ble gjenstoppet av slam. Normalt ble spalten gjentettet i løpet av 1/2–1 døgn drift.

Dryppvannsmengden fra de enkelte siler ble ikke målt, men det synes som om dette problemet var størst for Rotostrainer, Hydrasieve og Rotosieve.

Olje/fettproblemer

Den vesentligste driftsulempen ved alle silene, var at de uten unntak, gikk tett ved konsentrerte fett/oljeutslipp til anlegget.

Avløpsnett som førte frem til renseanlegget, tok inn store mengder overflate/infiltrasjonsvann i nedbørsperioder.

Etter perioder med tørrvær, fikk en tilført anlegget betydelige mengder fett/olje i første fase av den etterfølgende nedbørsperiode.

Dette var særlig merkbart etter langvarige tørkeperioder.

P.g.a. utett avløpsnett steg vannføringen i renseanlegget nærmest momentant ved kraftige regnskyl. Dette medførte at den første "flush" av olje/fett og andre forurensninger ble meget markert.

Under slike forhold gikk silene tette umiddelbart (etter 1/2 – 1 min.).

Etter at "flushen" hadde passert, renses silene seg selv gradvis. Dette gikk hurtigst med Purac Skivefilter og Rotostrainer, men tok noe lenger tid med Rotosieve. Thune-Eureka Spalte-sil brukte lenger tid enn de roterende silene, men renses seg raskere enn Hydrasieve.

Tilløpet av olje/fett til anlegget avtok normalt gradvis, etterhvert som ledningssystemet ble spylt rent.

Det var derfor ikke mulig å måle nøyaktig silenes innbyrdes "selvrensingsevne". Som antydning kan imidlertid opplyses at det med Hydrasieve tok omlag 1/2–1 time, før silen var tilbake til normal kapasitet, etter at fettutslippet hadde passert.

For de silene som renses seg raskest, kunne den tilsvarende tid dreie seg om 2 – 5 min.

Under normal drift i et permanent renseanlegg, vil en ikke kunne tolerere gjentetting p.g.a. fett, dersom en ikke hindrer avløpsvannet i å nå frem til slambeholderen i denne perioden.

Ved fullstendig gjentetting og belastning på 10 l/s renner 6 m³ avløpsvann over silen i løpet av 10 minutter.

Overbelastning

Ved hydraulisk overbelastning eller gjentetting av silene, vil avløpsvannet følge med slammet til slambeholderen.

Dette gjelder alle silene, bortsett fra Purac skivefilter, som har automatisk overløp.

For de andre silene hadde en problemer med utspyling av slammet i beholderen, dersom silene av en eller annen grunn fikk vannmengder større enn de praktiske kapasiteter.

En bør i størst mulig utstrekning unngå å dimensjonere silene slik at en får bruk for overløp. Siling bør være et minimumskrav til rensing, og alt overløp bør få minst så god rensing før utslipp. Silanlegg bør derfor dimensjoneres så rikelig at en er sikret mot utspyling av slambeholderen på grunn av hydraulisk overbelastning. I tillegg bør slammottaket utformes slik at vann som følger med til avkasterbrettet, ikke blir transportert til slambeholderen.

En kan f.eks. benytte transportskrue/bånd, utformet slik at kun faste partikler (slam) transporteres til lagringsbeholder.

Forsøksanlegget ble kjørt både med og uten maskinrenset rist uten at en kunne observere noen forskjell i driftsproblemer med silen.

Ved meget lave belastninger på de stasjonære stavsilene, hadde større partikler en tendens til å henge seg opp på overløpskanten.

Dette vil kunne bli et vesentlig større problem i anlegg hvor partiklene er større. Dersom en i tillegg har bygget et anlegg for en større fremtidig belastning, vil en kunne få meget store problemer den første perioden, fordi en har utnyttet bare en liten del av silens kapasitet.

Dersom avløpsvannet pumpes inn på silanlegget, vil en få optimal belastning på silene mens pumpene går, og unngår derved problemer med hydraulisk over- eller underbelastning som nevnt ovenfor.

For alle siltypene vil en anta at en viss oppknusing av forurensningspartiklene er en fordel, men betydningen synes å være størst for de stasjonære stavsilene.

Problemet med lave hydrauliske belastninger bør kunne løses ved f.eks. delvis avblending av silplaten eller automatisk avspyling av overløpskanten.

Slitasje

Prøveperioden var for kortvarig til å undersøke slitasjeproblemene. Slitasjeproblemene gjelder særlig de roterende silene.

Leverandøren for Purac skivefilter opplyser at sandfang er nødvendig foran den silen.

Konstruksjonsmessig antar en at tettingen mellom silplatene og silkassen i skivefilteret, vil være særlig utsatt for slitasje dersom avløpsvannet inneholder mye sand. Dette vil sannsynligvis også gjelde silduken, som kontinuerlig slipes mot slammet.

På Rotostrainer vil tettingen mellom innløpskassen og den roterende trommel være utsatt for slitasje. Graden av slitasje vil være avhengig av silens evne til å spyle av eventuelle sandpartikler, idet vannet passerer ut gjennom trommelen.

Så vidt en kunne bedømme, virket denne selvspyling tilfredsstillende.

Rotostrainers avskraperbrett vil også være utsatt for slitasje, idet dette ligger an mot trommelen. Avskraperbrettet kan skiftes ved et enkelt håndgrep.

For Rotosieve antar en at slitasjeproblemene vil oppstå i forbindelse med tettingen mellom innløpsrøret og den roterende trommelen. Pakningen her synes imidlertid enkel å skifte.

For øvrig har Rotosieve endel ruller (hjul) for opplagring og posisjonering av trommelen. Disse roterer med trommelens rotasjonsbevegelse, men omdreiningshastigheten vil være større enn trommelens omdreiningshastighet, p.g.a. at rullenes diameter er vesentlig mindre enn trommelen.

Børsten som stikker opp hullene vil også være utsatt for slitasje, men kan skiftes relativt enkelt.

For de stasjonære stavsilene, kan en vanskelig se forhold som skal kunne føre til slitasjeproblemer.

Som nevnt gjelder slitasjeproblemer i første rekke de roterende silene. Under langvarig drift antar en at slitasjeproblemene vil kunne spille relativt betydelig rolle.

De konstruksjonsmessige forskjeller mellom silene gir grunn til å tro at forskjellen i utskiftningsomkostninger vil bli relativt stor. Av de roterende silene vil sannsynligvis Rotostrainer være minst utsatt for slitasje, p.g.a. sakte rotasjon av de deler som roterer, grovt dimensjonerte lagre for akslingen, samt direkte påmontert drivenhet, uten kontakt med avløpsvannet.

Etter vår oppfatning vil Rotosieve være noe

mer utsatt, p.g.a. at drivenheten (tannhjulene) etter noen tids drift dekkes med slam. Videre har en flere roterende deler, med høyere rotasjons hastighet enn for Rotostrainer.

Vi vil imidlertid ikke tro at sandfang er nødvendig foran Rotosieve eller Rotostrainer, mens dette bør være en forutsetning for Purac skivefilter.

Øvrige driftsforhold

Generelt merket en seg at driftsbetjeningen ved anlegget la vekt på enkelhet og oversiktighet i konstruksjonen, slik at en lettvent kommer til ved vedlikehold, samt har kontroll med silenes tilstand.

Disse forhold syntes best ivaretatt av Hydrasieve og Rotostrainer.

Adkomst til Rotosieve var også god, når silen ikke var i funksjon. Ved å fjerne dekslet får en full oversikt over silens tilstand.

Tilgang på trykkvann er nødvendig for alle silene.

Purac skivefilter bruker spylevann kontinuerlig, for renhold av silduken. Dette ble målt til ca. 3–5% av maksimal hydraulisk belastning.

Thune-Eurekas spaltesil hadde automatisk spyling med jevne mellomrom. Spylevannsforbruket var ubetydelig.

Rotosieve hadde opplegg for spyling, men spyling ble kun benyttet i forbindelse med manuelt renhold.

Regelmessig spyling av Hydrasieve synes også å være en betingelse for silens funksjon.

Det ble ikke benyttet spylevann i forbindelse med Rotostrainer, selv om denne har opplegg for spyling.

Det vises for øvrig til tabell 2.5, hvor en har forsøkt å sammenfatte de vesentligste driftsforholdene ved silene.

Tabell 2.5

	Hydrasieve	Thune-Eurekas spaltesil	Rotosieve	Rotostrainer	Purac Skivefilter
Gjengroingsproblem	Stort	Middels	Lite	Nei	Nei
Spylevannsforsbruk	Lite	Lite	Lite	—	3–5%
Motordrift	Nei	Nei	Ja	Ja	Ja
Ettersyn	1 g pr. dag	ca. hver 2. dag	2 g pr. uke	1 g pr. uke el. sjeldnere	1 g pr. uke el. sjeldnere
Oversiktlighet	God	Middels	Middels	God	Middels
Adkomst for vask og vedlikehold	God	Middels	God	God	Middels
Ømfintlighet for olje/fett	Stor	Stor	Stor	Stor	Stor
Selvrensende evne	Liten	Liten/middels	Middels	Middels/god	God
Nødvendig fallhøyde	Stor/ 1,8 m	Stor/ 1,4 m	Middels/ 0,5–1 m	Middels/ 0,5–1 m	Middels/ 0,5–1 m

2.3.2 DRIFTSERFARINGER FRA FORSØKSDRIFT I ONSØY KOMMUNE

Vinteren 1976 utførte firmaet Østlandskonsult A/S en forsøksdrift med 3 ulike siltyper for Onsøy kommune. Hensikten med forsøkene var å få en oversikt over driftsproblemene ved bruk av siler samt måle renseeffekten på nettopp dette spesielle avløpsvannet. Siltypene som ble undersøkt ved Hydrasieve, Spaltesilen fra Thune-Eureka A/S og Rotosieve. Silene ble imidlertid kjørt kun 1 uke av gangen.

Resultatet fra undersøkelsen kan summeres i følgende hovedpunkter:

1. Samtlige siler gav en akseptabel renseeffekt estetisk sett.
2. Uten spylearrangement tettet Hydrasieven seg relativt fort. Ved automatisk spyling på begge sider av silflaten med rent vann og 5 – 6 kp/cm² vanntrykk var gjenntetting ikke noe vesentlig problem. Automatisk spyling av begge sider er nå standard utstyr på Hydrasieve-silen.
3. Det innebyggede spylearrangementet for Thune-Eurekas spaltesil var ikke tilfredsstillende. Den kompakte konstruksjonen av silen vanskeliggjorde renhold og vedlikehold av

silflatene. Et nytt automatisk spyleanlegg er nå under utvikling.

4. Man hadde ingen vesentlig gjentettingsproblemer med Rotosieven. Automatisk spyling er imidlertid en fordel. Opplagring av siltrommelen på plasthjul er ikke å anbefale.
5. Stikkprøver for avløpsvannet på inn- og utløpssiden viste stor spredning i analysedataene. Det var ikke mulig å trekke konklusjoner vedrørende renseeffekt ut av de foreliggende dataene.

2.3.3 DRIFTSERFARINGER FRA EKSISTERENDE RENSEANLEGG

Anlegg: Søndre Auli kloakkrenseanlegg

Kommune: Nes
 Siltype: 1 stk. Rotosieve 1013–21
 Huldiameter: 1,0 mm
 Kapasitet: 22 l/s

Anleggsbeskrivelse

Silen brukes til forbehandling av avløpsvannet i et mekanisk/kjemisk renseanlegg. Anlegget er dimensjonert for 4 000 p.e., men var i februar

1976 tilknyttet ca. 1 300 p.e. Anlegget ble satt i drift sommeren 1973. Midlere tilrenning er 10–13 l/s. Avløpsvannet pumpes inn på silen etter å ha passert maskinrenset rist og sandfang. Silen er ikke i kontinuerlig drift, men styres av pumpene.

Driftsproblemer

Fett i avløpsvannet har til tider skapt en del problemer, men har ikke skapt alvorlige vansker for driften. I innløpsenden har det fra tid til annen hendt at filler har klumpet seg sammen slik at man har måttet stake opp gjennom utløpsåpningen.

Av mekaniske driftsproblemer kan nevnes opplagringen av selve siltrommelen. Denne var ved monteringen lagret på hjul av nylon. Disse ble etter 1 1/2 års drift ujevnt slitt og man fikk kast på trommelen. Plasthjulene er nå skiftet ut med aluminiumshjul med sentralsmøring. Problemet synes nå å være løst. Børste for rengjøring av utvendig silflate var synlig slitt etter 2 års drift, men det har ennå ikke vært nødvendig å skifte den ut. Det har ikke forekommet noe vesentlig oppbygging av fett på innsiden av siltrommelen. Sedimentert finstoff i pumpekum har i enkelte tilfeller ført til kortvarig gjentetting av silen.

Tilsyn og vedlikehold

Anlegget har daglig tilsyn. Spyleanlegget drives manuelt flere ganger daglig. Det har vært problemer med gjentetting av spylehullene selv med bruk av rent vann. Det brukes i dag 3 – 4 kp/cm² vanntrykk til spyling, høyere trykk er ønskelig. Silflaten spyles utvendig og innvendig en gang i måneden med høytrykksspyler (50 – 60 kp/cm²).

Slamhåndtering

Det utskilte slammet føres direkte opp i en 0,7 m³ drenert slambeholder. Herfra suges slammet ut til en septiktankbil. Slammengden er 80 – 100 liter per 1 000 m³ avløpsvann.

Anlegg: Hovseter kloakkrenseanlegg

Kommune: Oslo

Siltype: 1 stk. Purac skivefilter 312

Maskeåpning: 0,2 x 0,2 mm.

Anleggsbeskrivelse

Silen benyttes til forbehandling av avløpsvannet i et mekanisk/kjemisk renseanlegg. Renseanlegget behandler avløpsvann fra nytt boligfelt med hovedsakelig blokkbebyggelse. Anlegget ble satt i drift våren 1973. Avløpsvannet pumpes opp til silen fra et utjevningsbasseng plassert etter maskinrenset rist og sandfang.

Driftsproblemer

Man har ikke hatt noen vesentlige driftsproblemer. Opprinnelig ble det brukt en maskeåpning på 0,08 x 0,14 mm. Denne finmaskede silduken førte til at man i korte perioder fikk tiltetting ved større mengder fett i avløpsvannet. Skifte til 0,2 x 0,2 mm maskeåpning samt forbedring av spylearrangement har løst gjentettingsproblemer. Flyteslam i utjevningsbassenget kan til visse tider skape mindre driftsproblemer ved kortvarig delvis gjentetting av innløp og silduk.

I de første driftsårene hadde man spesielle hydrauliske problemer i innløps- og utløpskassen som forårsaket ujevn fordeling av avløpsvannet inn i silkammerne. Disse problemene er nå løst og produsenten har bygget om inn- og utløpsarrangementet på alle skivefilteranlegg.

Tilsyn og vedlikehold

Anlegget har daglig tilsyn. Silen har automatisk spyleanlegg som er forriglet med pumpene. Det benyttes i dag rent vann. På grunn av høyt vannforbruk, ca 10% av rensset avløpsvann, vil man nå forsøke å bruke rensset avløpsvann. Den automatiske spylingen er normalt tilstrekkelig, men av vedlikeholdsmessige grunner spyles silen jevnlig med kaldt vann fra mobil høytrykksspyler.

Man har hittil ikke oppdaget noen unormal mekanisk slitasje. Mindre huller i silduken repareres enkelt og raskt med stålplast. Ved større

huller må man sette silen ut av drift og demontere silkassen. Dette arbeidet utføres normalt i løpet av 4 – 5 timer.

Slamhåndtering

Det utskilte slammet føres via en felles skrue-transportør for rist og sil til et autoflak. Flaket er ikke drenert. Det har forekommet lukt fra autoflaket. For å forhindre dette sprøyter man etter behov en kloroben-oppløsning over slammet.

Anlegg: Årnes – Fjellfoten kloakkrenseanlegg

Kommune: Nes
Siltype: 1 stk. Purac skivefilter 312
Maskeåpning: 0,2 x 0,2 mm
Kapasitet: ca. 67 l/s.

Anleggsbeskrivelse

Silen brukes til forbehandling av avløpsvann i et mekanisk/kjemisk renseanlegg. Anlegget er dimensjonert for 5 400 p.e., men er i dag kun tilkoblet ca. 15 hus og 1 skole. Anlegget ble satt i drift våren 1975. Avløpsvannet pumpes inn på silen etter å ha passert maskinrenset finrist og sandfang. Silen er ikke i kontinuerlig drift, men styres av pumpene. Normal tilrenning til silen i februar 1976 var 23 l/s (1 pumpe). Ved to pumper i drift er tilrenningen ca. 40 l/s.

Driftsproblemer

Det har ikke forekommet mekaniske eller prosessmessige driftsproblemer i den tid anlegget har vært i drift.

Tilsyn og vedlikehold

Anlegget har daglig tilsyn. Det er montert automatisk spyling. P.g.a. høyt forbruk av rent vann har man valgt å benytte rensed avløpsvann til spyling. Høytrykksspyling har hittil ikke vært nødvendig.

Slamhåndtering

Det avskilte slammet føres via transportbånd til drenert beholder.

Anlegg: Hånes kloakkrenseanlegg

Kommune: Kristiansand S
Siltype: 1 stk. Purac 210 skivefilter
Maskeåpning: 0,2 x 0,2 mm
Teoretisk kapasitet: 17 l/s
Totale anleggskostnader: ca. kr 300 000,-

Anleggsbeskrivelse

Midlertidig enkel behandling av avløpsvann fra et nytt boligfelt for 2 000 personer. Anlegget ble satt i drift 1.1.1975 og skal samlet stå i ca. 3 år. Boligfeltet er under utbygging og er i februar 1976 noe mindre enn halvveis utbygd. Avløpsvannet pumpes opp til silen. Det er installert håndrenset rist foran silen, ellers ikke annet renseutstyr.

Driftsproblemer

Det første året hadde man ingen spesielle driftsproblemer. I begynnelsen av det andre året oppdaget man hull i silduken. Da rensed vann brukes til spyling av silduken har dette ført til gjentetting av spyledysene.

Fett i avløpsvannet har flere ganger tettet duken.

Tilsyn og vedlikehold

Daglig tilsyn, primært p.g.a. håndrenset rist, men også p.g.a. silen. Det har vært nødvendig å vaske duken med damp for å rense silduken for fett. Det er ikke foretatt målinger av renseseffekten.

Slamhåndtering

Slammet faller rett ned i et kammer under gulv. Herfra suges det opp og transporteres med tankbil til deponeringssted.

Anlegg: Nedre Eidfjord

Kommune: Ullensvang
Siltype: Hydrasieve 48"
Spalteåpning: 0,5 mm
Totale anleggskostnader: ca. kr 300 000

Anleggsbeskrivelse

Enkel behandling av avløpsvann fra eksisterende bebyggelse og nytt boligfelt. Boligfeltet er under utbygging. En del av avløpsvannet føres inn på silen med gravitasjon og en del pumpes opp. Anlegget er bygget med 2 kjelleretasjer av betong og overbygget av bindingsverk.

Driftsproblemer

Tilrenningen til anlegget har hittil vært lav i forhold til silens kapasitet. Dette har medført driftsproblemer og da spesielt tiltetting av silflaten. Anlegget er ventilert over tak med vifte.

Tilsyn og vedlikehold

Det er montert automatisk spyling med varmt vann og kaldt vann. Dette er imidlertid ikke tilstrekkelig til å hindre gjentetting av silflaten. Anlegget trenger daglig tilsyn. Silflaten vaskes med jevne mellomrom med kaustisk soda eller white spirit. Daglig tilsyn er absolutt nødvendig for å hindre oversvømmelse på grunn av gjentetting av silflaten.

Slamhåndtering

Det utskilte slammet føres direkte ned i en 4,5 m³ slambeholder. Beholderen var i begynnelsen ikke drenert. Dette har imidlertid vist seg å være nødvendig. Slambeholderen tømmes en gang pr. måned.

Anlegg: Sandefjord kommune

Siltype: 1 stk. Hydrasieve 48"
Spalteåpning: 0,5 mm
Total anleggskostnad: ca. kr 100 000,-

Anleggsbeskrivelse

Enkel behandling av avløpsvann fra nytt boligfelt på 3 000 personer. I februar 1976 var ca. 100 leiligheter tilknyttet anlegget. Avløpsvannet føres med gravitasjon inn på silen. Som overbygning er det benyttet en trafokiosk i plast. Kiosken er isolert for å unngå kondensdannelse. Anlegget er midlertidig og forutsettes å være i bruk frem til 1980. Silen er eneste renseutstyr.

Driftsproblemer

Silen er dimensjonert for et fullt utbygd boligfelt. Med den beskjedne tilrenningen det var til å begynne med, fikk man problemer med sedimentering i silens innløpskasse. Den lave tilrenningen førte også til at større partikler ikke kom over overløpskanten mellom innløpskassen og selve silduken. Ved å redusere overløpskanten fra 48" til 24", økte vannstanden i innløpskassen tilstrekkelig til at partiklene kom over overløpskanten.

Silflaten gjentettes ofte og dette skaper en del drifts- og vedlikeholdsproblemer. Generelt sett ser renseeffekten ut til å være tilfredsstillende.

Tilsyn og vedlikehold

Daglig tilsyn. Silflaten må gjøres ren minst 2 ganger pr. dag, også i helgene. Det er montert spyleanordninger for kaldt vann på oversiden av silflaten. Dette er ikke tilstrekkelig. Både over- og undersiden av silflaten må derfor regelmessig vaskes med kost.

Slamhåndtering

Slammet faller fra silflaten direkte ned i en slambeholder som er plassert i en kjeller under silen. Beholderen er ikke drenert og dette kan føre til at slammet i enkelte tilfeller renner over.

Anlegg: Rambekk kloakkrenseanlegg

Kommune: Gjøvik
Siltype: 1 stk. Hydrasieve 48"
Spalteåpning: 0,25 mm
Kapasitet: 8 l/s.

Anleggsbeskrivelse

Silen er installert i forbindelse med et mekanisk/kjemisk renseanlegg og brukes vekselvis for avvanning av sand fra sandfang for septikslam og vanlig sandfang. Silen ble tatt i bruk i begynnelsen av 1973. Avløpsvannet fra silen føres tilbake til renseanleggets innløp.

Driftsproblemer

Fett i "sandvannet" fører lett til gjentetting av silen. Dette problemet er størst ved avvanning av "sandvann" fra sandfang for septikslam.

Tilsyn og vedlikehold

Silen spyles en gang om dagen med varmt vann. Permanent spyleanlegg vil bli montert.

Slamhåndtering

Avvannet sand transporteres via skruetransportør og et transportbånd til beholder.

Anlegg: Huk kloakkrenseanlegg

Kommune: Oslo
Siltype: 1 stk. Thune-Eurekas spaltesil
Spalteåpning: 0,75 mm.

Anleggsbeskrivelse

Enkel behandling av avløpsvann fra gammel bebyggelse med septiktanker. Avløpsvannet pumpes opp i silen. Sil er eneste renseutstyr. Silen ble installert som et forsøksanlegg, men er nå et permanent anlegg. Anlegget ble satt i drift i januar 1975.

Driftsproblemer

Etter forsøksperioden har man ikke hatt noen spesielle driftsproblemer.

Tilsyn og vedlikehold

Anlegget har daglig tilsyn. Spyleanlegget er automatisk og styres av pumpene, samt et tidsrele. Det brukes rent vann med 6 – 7 kp/cm² vanntrykk. Den automatiske spylingen er ikke tilstrekkelig til å holde silen fri for fett. Silen må derfor rengjøres manuelt ca. hver annen dag med mobil høytrykksspyler. Det benyttes kaldt vann med 50 – 60 kp/cm² vanntrykk.

Slamhåndtering

Slammet føres direkte fra silen og ned i drenerte plastdunker. Slamvannet føres tilbake til pumpe-

kummen. Slammet er relativt tørt. Slamdunkene tømmes 2 ganger i uken.

Anlegg: A/S Selvaagbygg – Ullern

Kommune: Oslo
Siltype: 1 stk. Thune-Eureka spaltesil
Spalteåpning: 0,75 mm.

Anleggsbeskrivelse

Enkel behandling av avløpsvann fra blokkbebyggelse før tilkopling til kommunalt avløpsnett. Silen er eneste renseutstyr. Avløpsvannet tilføres silen ved gravitasjon. Anlegget ble satt i drift i 1975.

Driftsproblemer

Man har hatt store driftsproblemer. Støtvis tilrenning har medført sedimenteringsproblemer i innløpskassen og tiltetting av silflaten. Korte avløpsledninger medfører at avløpsvannet inneholder større mengder ikke oppløste fekalier, papir, bleier etc. Dette vanskeliggjør driften av silen fordi denne er utstyrt med relativt små spalteåpninger i innløpskassen. Overløp av vann fra silflaten til oppsamlingssekk for slam medfører våt-slam, til sine tider oversvømmelse og søl.

Tilsyn og vedlikehold

Anlegget har normalt tilsyn 2 ganger pr. dag. Det er montert automatisk spyleanlegg. Adkomst for manuell rengjøring av silflaten er vanskelig. Regelmessig spyling med varmt vann er nødvendig.

Slamhåndtering

Slammet ble ført direkte ned i plastsekker, men p.g.a. atkomstproblemer med søppelbil har man senere gått over til å bruke slambeholdere. Slammet suges fra slambeholderen til septiktankbil.

2.3.4 SAMMENDRAG – DRIFTSERFARINGER

Driftserfaringene fra forsøksdrift og drift av eksisterende silanlegg kan generelt sett sammenfattes i følgende hovedpunkter:

1. Alle silanlegg bør ha tilsyn min. 2 ganger i uken. Skråstilte spaltesiler uten automatisk spyleanlegg bør ha daglig tilsyn.
2. Skråstilte spaltesiler bør være utstyrt med automatisk spyleanlegg for begge sider av silflaten. Vanntrykket bør være min. 5 kp/cm^2 . Det kan benyttes rent eller resirkulert vann. Purac skivefilter må være utstyr med automatisk spyleanlegg, mens det for roterende trommelsiler i de fleste tilfeller er tilstrekkelig med et manuelt styrt spyleanlegg.
3. For å hindre begroing bør alle siler rengjøres regelmessig med høytrykksspyling eller med kjemiske midler, f. eks. kaustik soda. Ved høytrykksspyling (50 – 60 kg/cm^2) er bruk av kaldt, rent vann tilstrekkelig. Mulighet for bruk av varmt vann til rengjøring av silen er en fordel.
4. Ved pumping av avløpsvannet inn på silen, bør spyleanlegget styres av pumpene og et tidsur slik at silflaten spyles i en viss tid etter at pumpen er stoppet.
5. Plassering av en grovryst foran silen er en fordel, spesielt ved korte tilførselsledninger og dårlige fallforhold i ledningsnettet. Purac skivefilter bør ha grovryst og sandfang foran.
6. Lav tilrenning og korte tilførselsledninger kan føre til driftsproblemer som gjentetting av silflaten og innløpsarrangement. Ved bruk av siler for enkel behandling av avløpsvann fra boligfelter under bygging, må en ta spesielt hensyn til den lave belastningen når feltet er bare delvis utbygd.
7. Alle silanlegg bør være utstyrt med automatisk overløp eller et arrangement som hindrer vannet i å renne ned i slambeholderen ved tiltetting av silflaten.
8. Drenering av slambeholderen bør være mulig over hele beholderens høyde. Dette er ikke nødvendig dersom det benyttes septiktankbil til transport av slammet.

9. Alle silflater bør være lett tilgjengelig for inspeksjon, vedlikehold og rengjøring.

2.4 Anleggskostnader

Det er innhentet opplysninger vedrørende kostnader fra 11 utførte silanlegg.

Kostnader vedrørende 8 av disse anleggene er sammenstilt i tabell 2.6. Spesifikke kostnadskurver for ulike siltyper er gitt i figur 2.17. Kostnadene i figur 2.17 omfatter bare siler.

Det foreliggende grunnlagsmateriale er for lite til at en kan trekke ut konkrete tall til bruk ved kostnadsanalyser av totale anleggskostnader. Det er således ikke mulig å finne noe sammenheng mellom spesifikke anleggskostnader og silanleggets kapasitet. De lokale forhold, spesielt grunnforhold og terreng, er i denne forbindelse vesentlige faktorer.

Kostnadene for bygge-, elektrotekniske- og VVS-tekniske arbeider utgjør ca. 4 – 5.000 kr pr. m^2 gulvareal.

Kostnader for siler og utstyr for slamhåndtering utgjør 35 – 50% av de totale anleggskostnadene.

Grunnervervelse, veianlegg, fremføring av vann og elektrisitet, konsulenthonorar, kostnader til ledningsanlegg frem til og fra silanlegg til utslipp er ikke inkludert i de oppgitte kostnader i tabell 2.6.

Tabell 2.6

ANLEGGSKOSTNADER FOR EKSISTERENDE SILANLEGG

Anlegg	Siltype	Type silanl.	Dim. q l/s	Antall ca. P.E.	Bygn. Areal m ²	Total Anleggskostn. kr. (eks. mva)	Spesifikk kostnad		Merknader
							I kr/m ²	II kr/l/s	
Pumpestasjon – P18 Kongsberg	Rotostrainer RS-2548 0,5 mm	Midlertidig enkel be- handling	50	6.000,-	57	B 225.000,- U 130.000,- T 355.000,-	4.000	7.100,-	Inkl. 2 stk. pumper, Betong og bindingsverk
Riska, renseanlegg Sandnes	Hydrasieve 36'' 0,5 mm	Enkel be- handling	14	700	31	B 115.000,- U 55.000,- T 170.000,-	3.700,-	12.100,-	Inkl. 2 stk. pumper Betong, bind.verk, Leca
Årdal kommune	Hydrasieve 36'' 0,5 mm	Enkel be- handling	14	1.000,-	20	B 105.000,- U 102.000,- T 207.000,-	5.250	14.800,-	Ingen pumper. Betong, bindingsverk
Kragerø kommune	Thune-Eureka spaltesil 0,75 mm	Enkel be- handling	17	400	15	B – U – T 90.000,-	–	5.300,-	Totalentreprise. eks. fundament inkl. 2 stk. pumper
Kragerø kommune	Thune-Eureka spaltesil 0,75 mm	Enkel be- handling	34	2.500	25	B – U – T 250.000,-	–	7.400,-	Totalentreprise inkl. fundament og 2 stk. pumper
Bamle kommune	Thune-Eureka spaltesil 0,75 mm	Enkel be- handling	22	1.500	9	B – U – T 134.000,-	–	6.100,-	Totalentreprise. Eks. fundament, inkl. 2 stk. pumper
Sandefjord	Hydrasieve 48'' 0,5 mm	Midl. enkel behandling	18	3.000	10	B 40.000,- U 60.000,- T 100.000,-	4.000,-	5.600,-	Siemens trafokjost, plast. Selvfall
Eidfjord	Hydrasieve 48'' 0,5 mm	Enkel be- handling	18	2.000	72	B – U – T 300.000,-	–	16.700,-	Inkl. pumper. Betong 2. etg. under terreng og bindingsverk

B = Byggetekniske arbeider
U = Silutstyr m/slamtransport
T = Total anleggskostnad

I = Bygg/elektro/VVS-tekniske kostnader
II = Total anleggskostnad

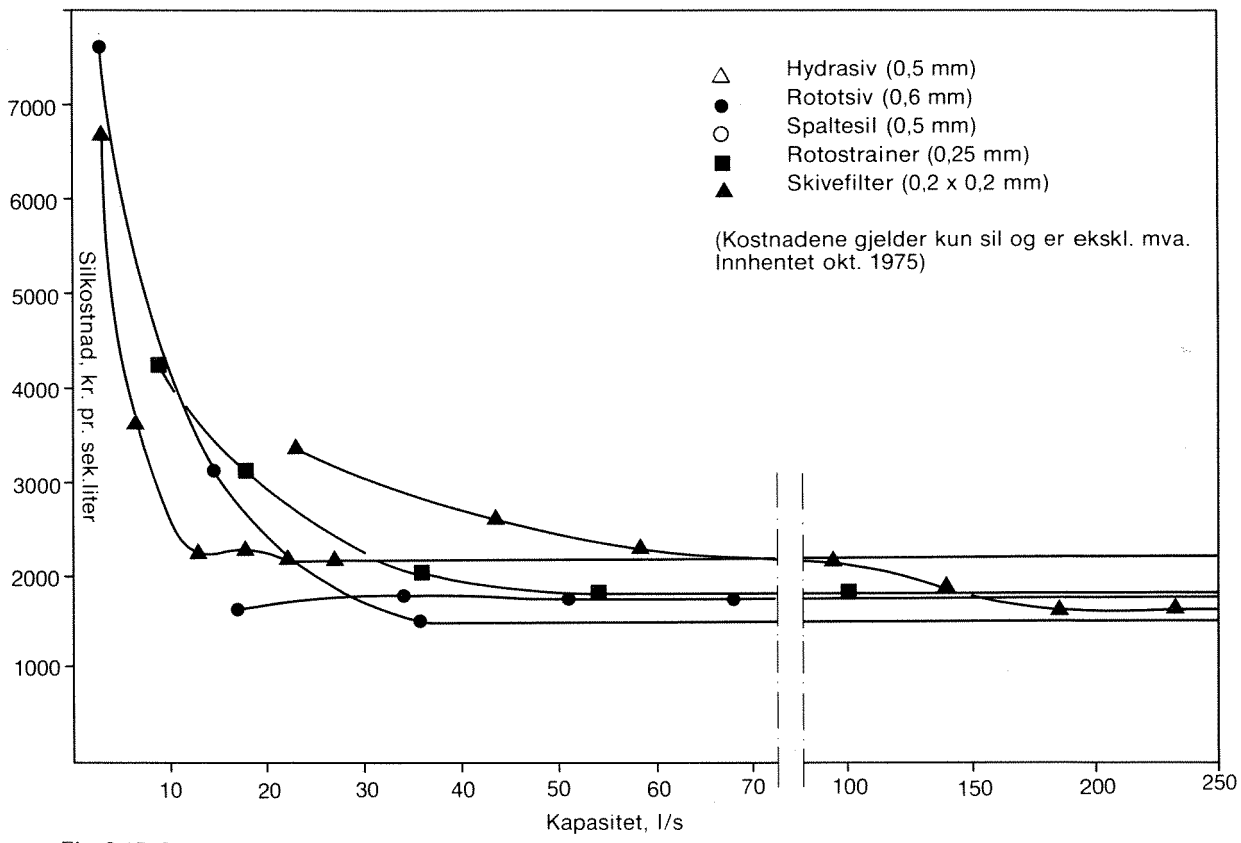


Fig. 2.17. Spesifikke kostnader for siler.

3. KVERNER

I stedet for rister eller siler kan man i tilløpskanalen til renseanlegg sette inn kverner (fig. 3.1) som skjærer eller maler i stykker grove forurensninger til små partikler, slik at de ikke forårsaker forstyrrelser i renseanlegget.

I praksis har imidlertid kverner vist seg lite hensiktsmessige, da de oppmalte stoffer likevel

fører til driftsutlemper og må fjernes før eller senere. Vanlig praksis i Norge i dag er derfor å fjerne de grovere forurensninger før de tilføres renseanlegget og behandle avfallet separat.

Oppmaling av grovere stoff i avløpsvannet innebærer ikke noen rensing og er derfor ikke akseptabelt som eneste behandlingsmetode.

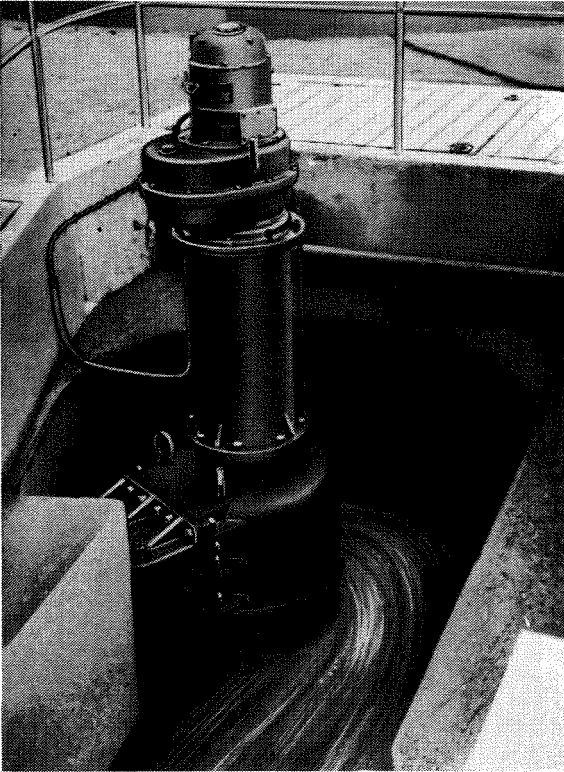
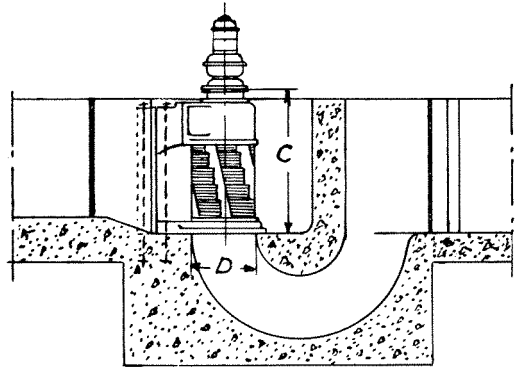


Fig. 3.1. Kvern.



4. SANDFANG

4.1 Sandfangets oppgave og plassering

Sandfangets oppgave er å avskille sand og annet lett sedimenterbart materiale fra avløpsvannet. Dette gjøres dels for å forhindre avsetninger i etterfølgende behandlingsdeler, som f. eks. luftebassenger, råtnetanker m.m., dels for å forhindre slitasje på maskinelt utstyr som pumper og sentrifuger.

Brukes sandfang uten etterfølgende sedimentering, vil sandfangets primære oppgave være å forhindre avsetninger i utløpsledningen.

Sandfanget plasseres normalt etter rist. Omløp som har til hensikt å avlaste sandfanget høye hydrauliske belastninger ved regnskyll, bør unngås. Det er i forbindelse med regn avløpsvannet har høyt innhold av sand og lett sedimenterbare stoffer. Et sandfang bør derfor prinsipielt dimensjoneres for den maksimale hydrauliske belastning en kan forvente.

4.2 Teori

For en grundig teoretisk innføring henvises til faglitteratur (4) (5). Her vil kun bli gitt en kortfattet sammenstilling av noen forhold som er viktige ved avskilling.

Sandfanget skal avskille sand og lett sedimenterbare stoffer samtidig som de sedimenterbare organiske stoffer i avløpsvannet skal føres videre.

Sedimenteringshastigheten for partikler i vann kan beskrives med likningen

$$v_s = \sqrt{\frac{4g(\rho_s - \rho) \cdot d^3}{3 \cdot \lambda \cdot \rho}}$$

der

v_s = synkehastighet for partikkelen, m/s

ρ_s = partikkelens tetthet, kg/m³

ρ = vannets tetthet, kg/m³

d = partikkelens diameter, m

λ = motstandstall, dimensjonsløst

Av likningen fremgår at synkehastigheten for sandkorn i vann er bestemt av deres størrelse, tetthet og av motstandstallet, λ , som er en funksjon av Reynolds tall som er avhengig av sedimenteringshastigheten v_s . Det er derfor ikke mulig å uttrykke sedimenteringshastighet for sandkorn på en enkel måte. Normalt arbeider en med erfaringstall. I tabell 4.1 nedenfor er angitt synkehastigheten for sand og sedimenterbart stoff fra kommunalt avløpsvann som funksjon av kornstørrelse.

Partiklers synkehastighet påvirkes av vannets viskositet som er temperaturavhengig. I fig. 4.1 vises et eksempel på hvordan temperaturen kan påvirke avsetningsforløpet for partikler i vann.

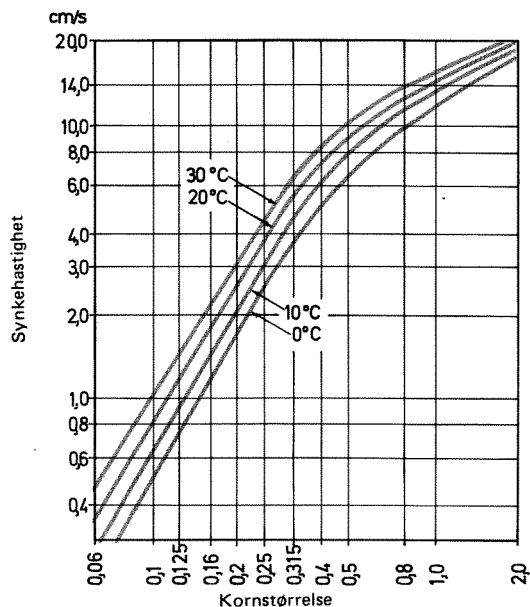


Fig. 4.1. Vanntemperaturens innvirkning på synkehastigheten.

Tabell 4.1 Synkehastighet angitt i m pr. time (m/h) for sand og sedimenterbart stoff i avløpsvann.

	Tetthet kg/m ³	Kornstørrelse mm						
		1,0	0,5	0,2	0,1	0,05	0,01	0,005
Sand	2650	502	258	82	24	6,1	0,3	0,06
Sedimenterbart stoff	1200	122	61	18	3	0,8	0,03	0,008

Når sand skal avskilles fra avløpsvann, skjer dette alltid i kontinuerlig gjennomstrømmende enheter. Hvis vannets strømning er laminær, vil en partikkels sedimenteringsvei bli bestemt av dens sedimenteringshastighet, v_s , og vannets strømningshastighet, v , slik som vist i fig. 4.2.

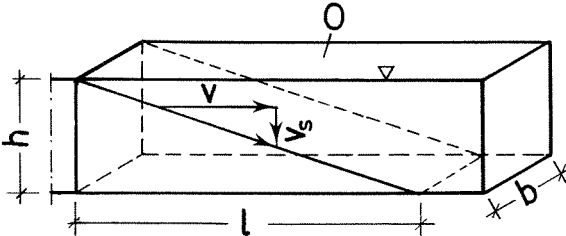


Fig. 4.2. Teoretisk betraktning av sedimentering.

$$L = v \cdot t_v \left(\frac{\text{m} \cdot \text{s}}{\text{s}} \right) \quad (1)$$

$$h = v_s \cdot t_s \left(\frac{\text{m} \cdot \text{s}}{\text{s}} \right) \quad (2)$$

Synketid t_s = gjennomstrømningstid t_v

$$t_v = t_s = \frac{L}{v} = \frac{h}{v_s} \quad (\text{s}) \quad (3)$$

For rektangulære kanaler gjelder:

$$v = \frac{Q}{b \cdot h} \quad (\text{m/s}) \quad (4)$$

Nødvendig sedimenteringsareal:

$$A = L \cdot b \quad (\text{m}^2)$$

Av (3) og (4) får en:

$$A = \frac{Q}{v_s} \quad (\text{m}^2) \quad (5)$$

I et sandfang vil gjennomstrømningshastigheten være så høy at strømningen ikke kan betraktes som laminær. Turbulensen medfører at sedimenteringsforløpet etter fig. 4.2 blir forstyrret.

I fig. 4.3 er erfaringsverdier for tillatelige overflatebelastninger ved avskilling av sand av ulik kornstørrelse angitt.

4.3 Sandfangtyper

4.3.1 Dypsandfang

Et dypsandfang, fig. 4.4, består av en sjakt som ofte er 5 til 6 m dyp. Det innkommende avløpsvann ledes inn i nedre delen av sjakten for

deretter å strømme oppover. De partikler som har høyere sedimenteringshastighet enn den oppadrettede strømhastigheten, blir avskilt.

Når tilrenningen varierer, vil hastigheten på de oppadrettede strømmer og dermed avskillingsgraden på sandfanget også variere. En vanlig måte å minke dette problem er at en i den del av sjakten som har oppadrettet strøm, arrangerer konsentriske sylindere. Ved lav belastning strømmer det vann kun i den ytterste sylindere, ved høy belastning strømmer vannet gjennom samtlige sylindere, se fig. 4.4. Når flere av de konsentriske sylindere er i funksjon, vil en få forskjellig trykktap i de ulike sylindere. Det er derfor vanskelig å få likeartet strømning i alle sylindrene. Innsattsylindrene bør gjøres vertikalt justerbare.

Dypsandfang utformes i alminnelighet slik at vannets oppadrettede strømningsvei blir minst 3 m. I innløpssjakten prøver en å holde vannhastigheter under 1 m/s. Sandlommen nederst i dypsandfanget skal ha bratte vegger med en helningsvinkel på minimum 60°. Sand pumpes i alminnelighet ut ved hjelp av mammutpumpe. For å kunne fjerne kompakt avsatt materiale før

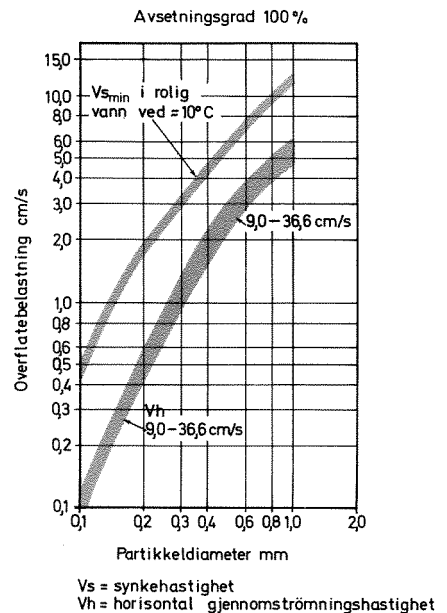


Fig. 4.3. Tillatelig overflatebelastning for avskilling av sand av ulike kornstørrelser i landsandfang.

pumping er det hensiktsmessig å ordne med tilførsel av trykkluft eller trykkvann til bunnen av sandlommen.

Dypsandfanget egner seg i første rekke for avskilling av grovere sandpartikler og er mindre effektiv for avskilling av fin sand. Det har derfor i de senere år gått mer og mer ut av bruk.

4.3.2 Langsandfang

Et langsandfang består av en horisontal kanal dimensjonert slik at sanden sedimenterer mens det partikulære organiske materialet blir tilbake i vannfasen. Langsandfanget virker altså etter det prinsipp som fremgår av fig. 4.2 og kan dimensjoneres etter de data som er angitt i fig. 4.3. Fig. 4.3 gir den nødvendige overflaten på sandfanget. Lengde/bredde-forholdet bør velges slik at strømningshastigheten gjennom sandfanget ikke overstiger 0,3 m/s.

Ved varierende tilrenning vil belastningen og dermed avskillingsgraden på sandfanget variere. Det finnes ulike måter å løse dette problem på. En måte er å anordne flere parallelle kanaler med et overløpsarrangement slik at flere kanaler suksessivt taes i bruk ved økende tilrenning. En annen måte er å anordne et overløpsarrangement ved slutten av sandfangsrennen slik at hastigheten i sandfanget kan holdes konstant, uavhengig av tilrenningen. Fig. 4.6 viser overløpsprofiler som kan brukes for ulike typer renner.

Ved små renseanlegg anordnes sandfang ofte med to parallelle renner som skal være i drift vekselvis. Når den ene renne er fylt med sand, taes den andre i drift, og sanden kan taes ut for hånd. Ved større anlegg arrangerer man normalt en sandlomme med tilhørende mammutpumperarrangement. Da har en gjerne også mekaniske skrapeanordninger for å samle slammet i lommen.

Langsandfang var tidligere den dominerende sandfangtypen. I den senere tid er denne type gått mer og mer ut av bruk. Langsandfanget er imidlertid en enkel konstruksjon som spesielt ved mindre renseanlegg kan være hensiktsmessig. Langsandfanget gir også mulighet for en måleteknisk gunstig installasjon av vannføringsmålere.

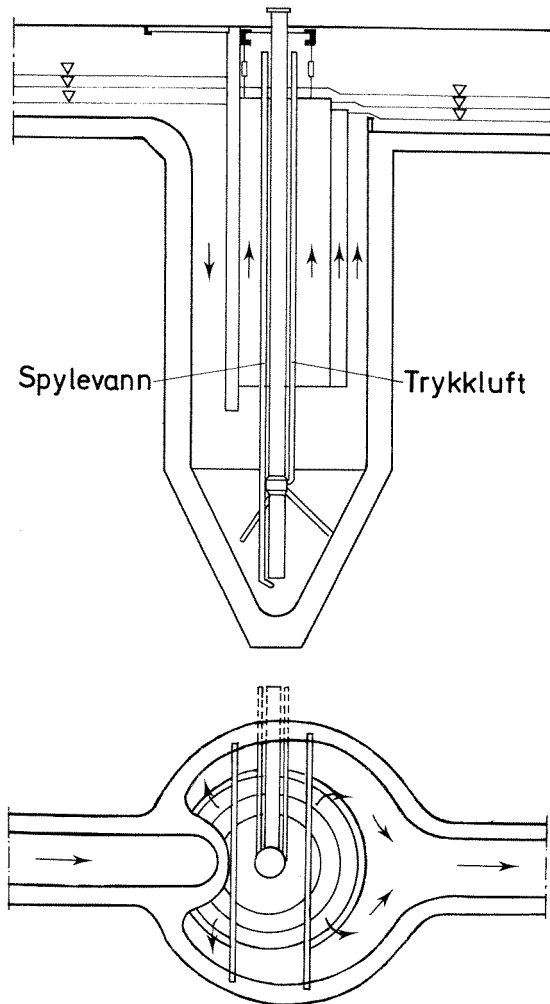


Fig. 4.4. Dypsandfang.

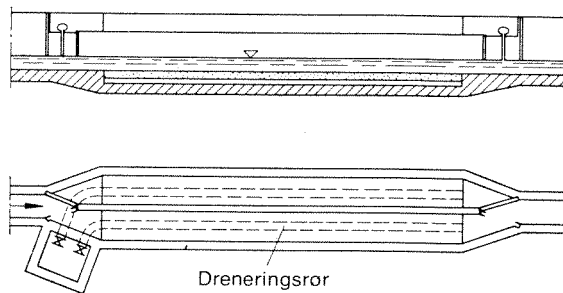
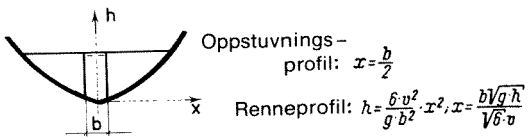
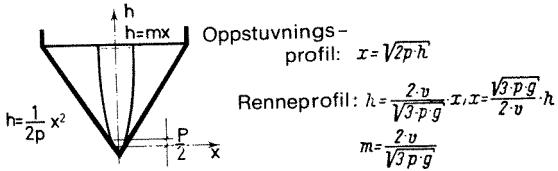
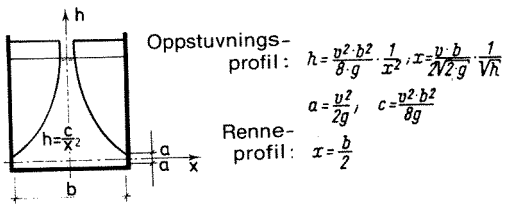


Fig. 4.5. Langsandfang.



v = Strømningshastighet i sandfang, ca. 0,30 m/s.
 g = 9,81 m/s²
 p = Dobbel avstand for parabelens brennpunkt fra x-aksen

Fig. 4.6. Renneprofiler.

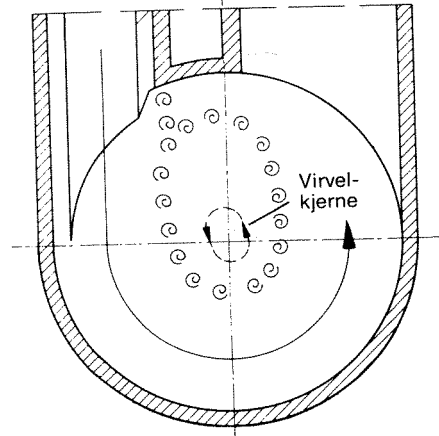
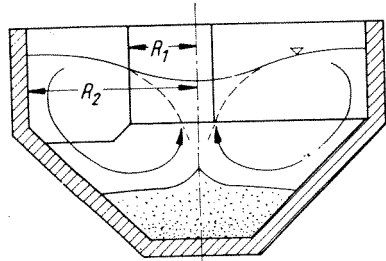


Fig. 4.7. Ccigersandfang.

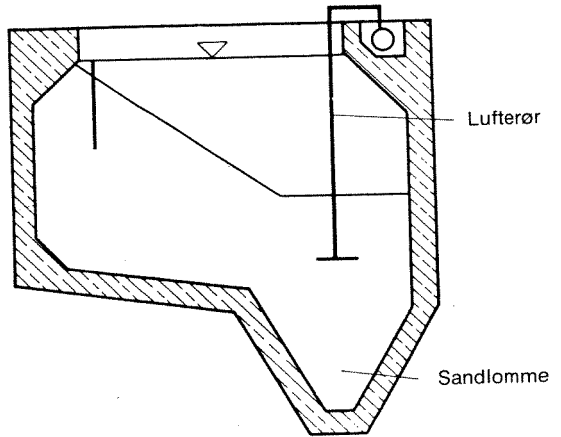
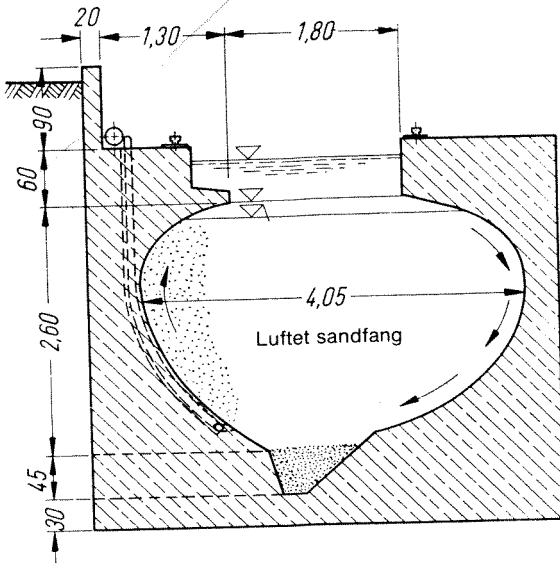


Fig. 4.8. Eksempler på tverrsnitt av luftet sandfang.

4.3.3 Rundsandfang

I rundsandfang, fig. 4.7, som også kalles Geiger-sandfang etter det firma som utviklet denne type, føres avløpsvannet tangensielt inn i et traktformet basseng. I tillegg til den tangensielle hovedstrøm får man som følge av sandfangets spesielle utforming en radiell rotasjonsstrøm slik at sanden lettere samles i sandlommen.

Volumet på rundsandfanget bestemmes av den oppholdstid som ønskes. Oppholdstiden ved maksimal tilrenning skal være minst 25 s. Avløpsvannets tilførselshastighet bør være omkring 0,75 m/s og bør ikke overstige 1 m/s. Hastigheten ved utløpstverrsnittet bør ikke ligge over 0,8 m/s.

4.3.4 Luftet sandfang

Et luftet sandfang består av en renne der luft blåses inn langs den ene siden for å holde en tilnærmet konstant rotasjonshastighet på avløpsvannet uavhengig av tilrenning. Noen typiske rennetverrsnitt vises i fig. 4.8 og 4.9.

Sandfangets tverrsnitt velges så stort at den horisontale gjennomstrømningshastighet ved maksimal tilrenning ikke overstiger 0,2 m/s. Luftinnblåsing arrangeres slik at periferihastigheten ved avløpsvannets rotasjon blir ca. 0,3 m/s. Luftbehovet som øker med sandfangets tverrsnittsareal, fremgår av fig. 4.10.

Oppholdstiden i et sandfang bør være minst 2–4 min. ved maksimal tilrenning, men for også å avskille fin sand, må oppholdstiden være lengre. I fig. 4.11 er nødvendig oppholdstid som funksjon av avskillingsgrad og kornstørrelse gitt.

Luftede sandfang er enten forsynt med skrapearordninger som samler slammet i en lomme der slammet kan fjernes med pumper, eller så er sandfanget forsynt med pumper opphengt i en traversanordning slik at en kan pumpe ut sand fra sandfangets hele lengde.

Det luftede sandfang er nå den vanligste sandfangtypen. Det har flere fordeler. Avskillingsgraden er uavhengig av belastningen ved forholdsvis store variasjoner i tilrenning, luftingen gir visse reguleringsmuligheter og sikrer

aerobe forhold i avløpsvannet. Luftingen gir også muligheter for en forbedret avskilling av fettstoffer. Det s.k. Hartmann sandfanget, fig. 4.10, er spesielt utformet med tanke på avskilling av flytestoffer. Ved dette sandfang deles volumet i ett luftekammer og ett flyteslamkammer av en skillevegg som strekker seg fra ca. 20 cm over høyeste vannstand til ca. 20 cm under laveste vannstand. I skilleveggen er det festet ca. 10 cm brede brett med ca. 5 cm avstand (Ribber på tvers av brettene bør unngås, da filler o.l. vil samles på disse.)

Flyteslamkammeret som dimensjoneres for en overflatebelastning på maks. $25 \text{ m}^3/\text{m}^2, \text{h}$ ved maks. timetilrenning, må forsynes med flyteslamavdrag. Ved Hartmann sandfanget anbefales at luftekammer tverrsnittet utformes med et bredde/dybde forhold på 1:1,5 til 1:2.

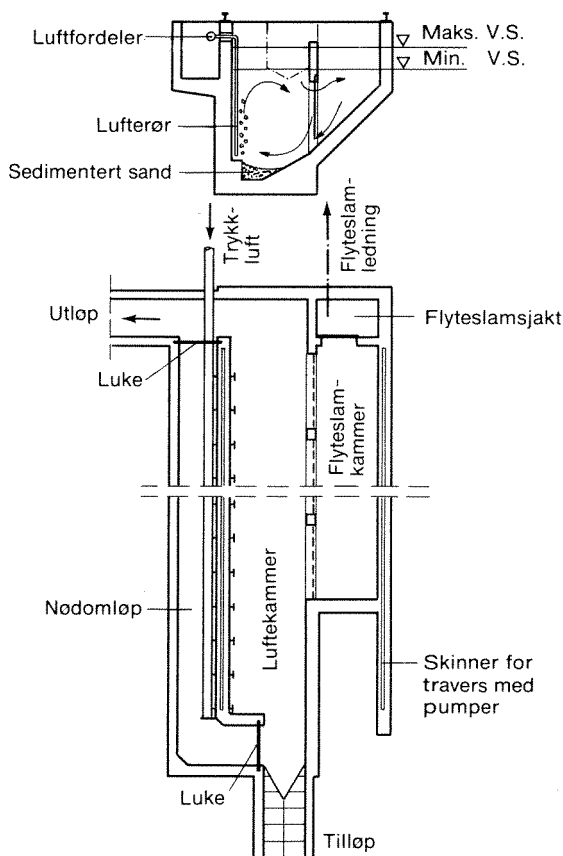
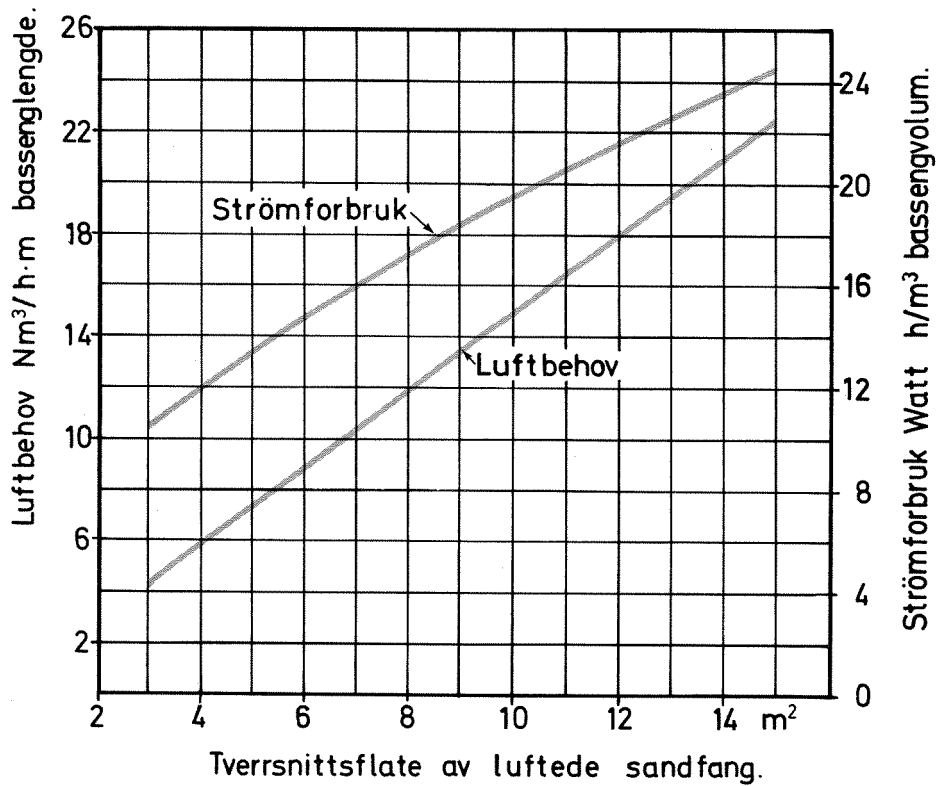
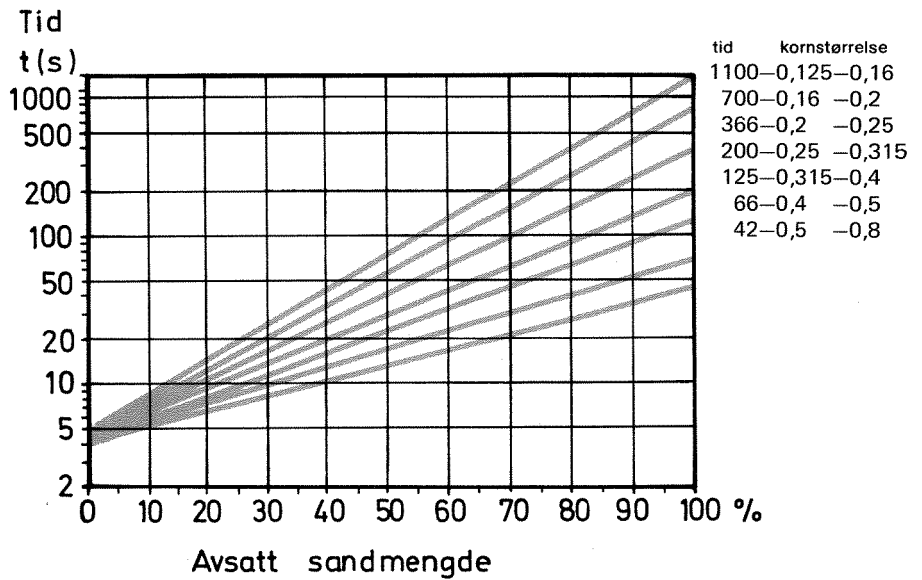


Fig. 4.9. Hartmannsandfang.



4.10. Luftbehov og strømforbruk for luftede sandfang.



4.11. Andel avsatt sandmengde for ulike kornstørrelser i luftede sandfang som funksjon av oppholdstiden.

5. SEDIMENTERING

5.1 Sedimenteringsbassengets oppgave og plassering

Når sedimentering brukes som en enkel rensemetode, er sedimenteringsbassengets oppgave å avskille sedimenterbart stoff og flytestoffer fra avløpsvannet. Dette kalles mekanisk rensing. Slamavskilling er også en form for sedimentering. Ved slamavskilling lar man imidlertid slammet lagres i bassengene mens man ved mekanisk rensing normalt fjerner slammet daglig fra sedimenteringsbassenget for slambehandling. Slamavskilleren har også normalt en enklere utforming enn et sedimenteringsbasseng.

Ved mekanisk rensing plasseres sedimenteringsbassenger normalt etter rist og sandfang. Rist og sandfang er nødvendig for å unngå problemer ved etterfølgende slambehandling. Ved slamavskilling brukes normalt ikke rist og sandfang foran slamavskilleren. Ved transport av slam fra slamavskilleren for behandling ved sentrale rensenanlegg eller slambehandlingsstasjoner må man derfor ved mottaket ha et opplegg for fjerning av filler, sand og liknende.

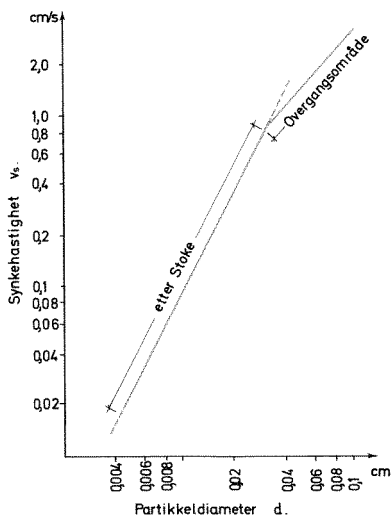


Fig. 5.1. Teoretisk synkehastighet for partikler med densiteten 1200 kg/m^3 .

5.2 Teori

Det er i prinsipp ingen forskjell mellom sedimenteringsforløpet i et sandfang og sedimenteringsforløpet i et sedimenteringsbasseng eller en slamavskiller. De formler som er angitt under kapittel 4. Sandfang, gjelder imidlertid kun for kuleformede partikler som sedimenterer fritt uten å forstyrres av andre partiklers sedimentering. Sand kan tilnærmet beskrives som kuleformede partikler, men det øvrige sedimenterbare materiale i avløpsvann avviker så meget fra forutsetningene at teoretiske beregninger stort sett savner praktisk verdi. Om en antar at tettheten på sedimenterbart materiale i avløpsvann er 1200 kg/m^3 , blir sedimenteringshastigheten som funksjon av partikkeldiameter som gjengitt i fig. 5.1.

I det ideelle sedimenteringsbasseng har vannet en laminær og stabil strømning gjennom bassenget, og den reelle oppholdstiden er lik den teoretiske oppholdstiden, t ,

$$t = \frac{V}{Q}$$

der

t = teoretisk oppholdstid, h

V = sedimenteringsbassengets volum, m^3

Q = tilrenning, m^3/h

De hydrauliske forholdene i et sedimenteringsbasseng er imidlertid aldri ideelle. De kan karakteriseres gjennom Reynolds tall og Froudes tall.

Reynolds tall, som karakteriserer strømningsforholdene (turbulensgraden) i et basseng, defineres som:

$$Re = \frac{v \cdot l}{\nu}$$

der

Re = Reynolds tall, dimensjonsløst

v = vannets strømningshastighet, m/s

l = karakteristisk lengde, m

ν = vannets kinematiske viskositet, m^2/s

Som karakteristisk lengde for et sedimenteringsbasseng anvendes den hydrauliske radius R. Den hydrauliske radius er definert som tverrsnittsarealet dividert med den våte periferi, dvs. for et rektangulært sedimenteringsbasseng:

$$R = \frac{b \cdot d}{2 \cdot d + b}$$

der

- R = hydraulisk radius, m
- d = bassengets dybde, m
- b = bassengets bredde, m

Ved lave Reynolds tall, mindre enn ca. 580, vil en ha laminær strømning, og ved høye Reynolds tall, over ca. 2300, vil en ha turbulent strømning. Området mellom 580 og 2300 er et overgangsområde.

I praksis viser det seg umulig å oppnå så lave Reynolds tall at en får laminær strømning i et normalt sedimenteringsbasseng. En bør dog iaktta mulighetene til å senke Reynolds tall gjennom minsking av gjennomstrømningshastigheten og minsking av den hydrauliske radius. Å gjøre bassengveggene så glatte som mulig og å unngå tverrsnittsendringer og annet som kan forstyrre strømningen, anbefales.

Froudes tall som karakteriserer strømningens stabilitet i et basseng, defineres som:

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{l \cdot g}}$$

der

- Fr = Froudes tall, dimensjonsløst
- v = vannets strømningshastighet, m/s
- l = karakteristisk lengde, m
- g = gravitasjonskoeffisienten, m/s²

Også her kan en for den karakteristiske lengde innsette den hydrauliske radius og får da:

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{R \cdot g}}$$

Jo høyere Froudes tall er, desto stabilere er strømningen. En stabilere strømning betyr en mer ensformig hastighetsfordeling over sedimenteringsbassengets tverrsnitt. I fig. 5.2 kan en se hvordan den økte stabilitet i strømningen ved

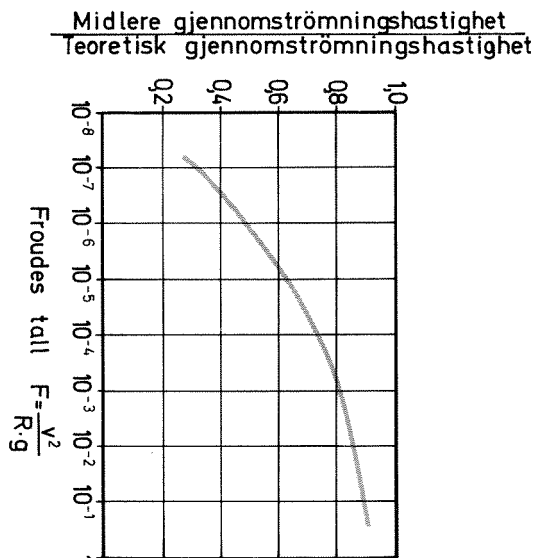


Fig. 5.2. Hydraulisk virkningsgrad for et sedimenteringsbasseng som funksjon av Froudes tall.

økende Froudes tall gir seg uttrykk i en høyere hydraulisk virkningsgrad for et sedimenteringsbasseng. Kvadratet av Froudes tall brukes som dimensjoneringskriterium, og verdier under 10⁻⁵ bør, hvis mulig, unngås. I praksis vil en dog ofte bli nødt til å akseptere lavere verdier.

Som en kan se av uttrykkene for Froudes og Reynolds tall, står disse i et motsetningsforhold til hverandre. En økning av gjennomstrømningshastigheten øker stabiliteten, hvilket er ønskelig, men en øker også Reynolds tall, hvilket ikke er ønskelig. En minsking av den hydrauliske radius vil dog gi både en økning av Froudes tall og en minsking av Reynolds tall. Dette forhold tillemes bl.a. i lamell-sedimenteringsbassenger.

I det ideelle sedimenteringsbasseng med laminær og stabil strømning vil altså hver vannpartikkel gå igjennom bassenget med en oppholdstid som er lik den teoretiske. I virkeligheten vil turbulens og ulik hastighetsfordeling over bassengets tverrsnitt medføre at en del vannpartikler hurtig passerer gjennom bassenget mens andre passerer bassengets langsommere. Man får altså en oppholdstidsfordeling for vannet. Opp-

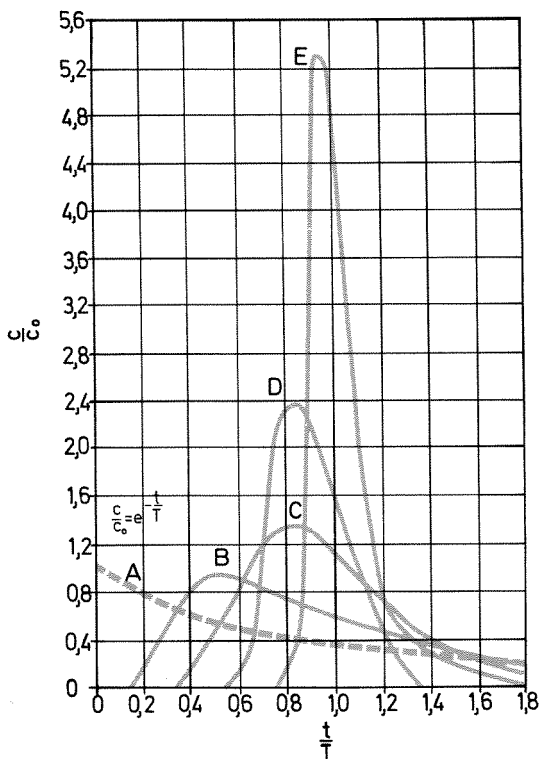


Fig. 5.3. Eksempler på oppholdstidsfordeling ved kontinuerlig gjennomstrømming av ulike typer bassenger.

- A = basseng med total omblanding
- B = stort rundt sedimenteringsbasseng med horisontal strømning
- C = rektangulært sedimenteringsbasseng med lite lengde/bredde-forhold
- D = rektangulært sedimenteringsbasseng med stort lengde/bredde-forhold
- E = tilnærmet ideelt utformet sedimenteringsbasseng

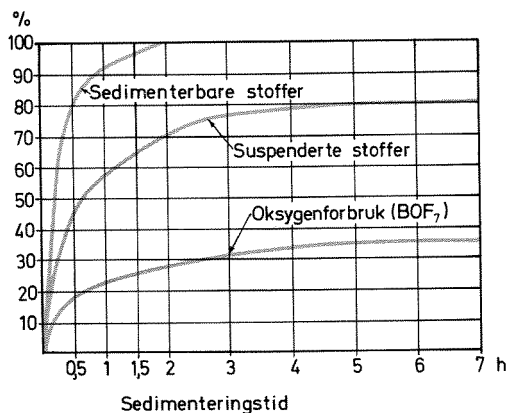


Fig. 5.4. Eksempel på rensegrad ved sedimentering av råkloakk som funksjon av oppholdstid.

holdstidsfordelingen kan tas som et mål på hvor god den hydrauliske utformingen av et sedimenteringsbasseng er. Lav spredning i oppholdstidsfordeling og en midlere oppholdstid nær den teoretiske kjennetegner et sedimenteringsbasseng med god hydraulisk utforming. I fig. 5.3 er angitt typiske oppholdstidsfordelinger for noen ulike utforminger av sedimenteringsbassenger. En ser her at et rektangulært sedimenteringsbasseng får en høyere virkningsgrad jo mer langsmalt det gjøres, og en ser også at rektangulære sedimenteringsbassenger i alminnelighet har en gunstigere oppholdstidsfordeling enn runde sedimenteringsbassenger.

5.3 Dimensjonering

Sedimenteringsbassenger pleier å dimensjoneres etter erfaringstall. *Overflatebelastningen* er det mest nærliggende dimensjoneringskriteriet. Overflatebelastning kan imidlertid ikke brukes ukritisk som eneste dimensjoneringskriterium, en må også gi vannet en tilstrekkelig *oppholdstid* i sedimenteringsbasseng. Når dybden er fiksert, er overflatebelastningen proporsjonal med oppholdstiden.

Fig. 5.4 viser et eksempel på hvordan avskillingen av sedimenterbart stoff, suspendert stoff og organisk stoff (målt som BOF) avhenger av oppholdstiden. Avskillingen av sedimenterbart stoff er på det nærmeste fullstendig etter ca. 2 h, og avskillingen av suspendert stoff og organisk stoff forbedres kun ubetydelig ved lengre oppholdstider.

Ved mekanisk rensing som eneste rensing bør sedimenteringsbasseng dimensjoneres slik at en får en oppholdstid på minst 1,5–2,5 h ved tørrværstilrenning, tilsvarende en overflatebelastning på minst 0,8–1,5 m³/m²·h. Ved dimensjonering må en også ta hensyn til hvor mye vann som skal behandles ved regnvær. Overflatebelastningen ved regnvær bør ikke overskride 4–6 m³/m²·h.

For at ikke allerede avsatt materiale på bunnen av sedimenteringsbasseng skal bli revet opp igjen og på denne måten bli transportert til utløpet, må *strømningshastigheten* i

bassenger med horisontal strømning begrenses. Midlere gjennomstrømningshastighet kan for et rektangulært basseng defineres som:

$$v = \frac{Q}{b \cdot h}$$

der

v = midlere gjennomstrømningshastighet, m/s

Q = tilrenning, m³/s

b = bassengbredde, m

h = bassengdybde, m

Kritisk strømningshastighet ligger i området 0,02–0,04 m/s. I praksis har en også en anseelig spredning i strømningshastigheter på ulike tverrsnitt av bassenget, og det er ikke uvanlig med strømningshastigheter langs bassengbunnen som overstiger det gjennomsnittlige 2–3 ganger. Når en bruker gjennomsnittlig strømningshastighet som kriterium, bør denne ikke overstige ca. 0,01 m/s.

5.4 Utforming av sedimenteringsbassenger

BASSENGTYPER

Sedimenteringsbassenger kan oppdeles i følgende hovedtyper:

- Rektangulære sedimenteringsbassenger med ren horisontal strømning
- Rektangulære sedimenteringsbassenger med stor dybde og horisontal til vertikal strømning
- Runde sedimenteringsbassenger med horisontal strømning
- Sedimenteringsbassenger med vertikal strømning
- Lamell-sedimenteringsbassenger i ulike utførelser

Den bassengtype som hittil har vært vanligst ved mekanisk rensing, er det rektangulære basseng med horisontal gjennomstrømning (fig. 5.5). Ved utforming av denne type sedimenteringsbassenger bør en, for at innløps- og utløpssonene ikke skal oppta en altfor stor del av sedimenteringsbassengets volum og for å få stabile

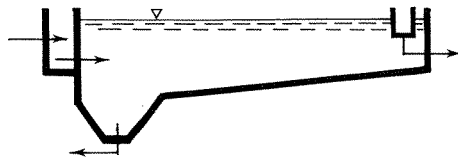


Fig. 5.5. Rektangulært sedimenteringsbasseng med horisontal strømning.

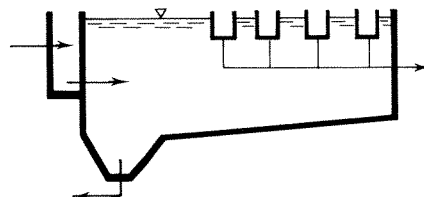


Fig. 5.6. Rektangulær sedimenteringsbasseng med horisontal til vertikal strømning.

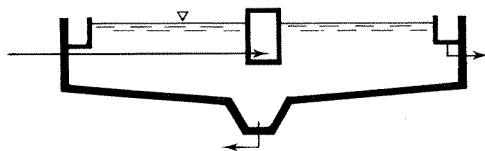


Fig. 5.7. Sikrulært sedimenteringsbasseng med horisontal strømning.

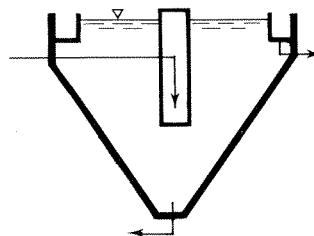


Fig. 5.8. Sedimenteringsbasseng med vertikal strømning, s.k. Dortmundbasseng.

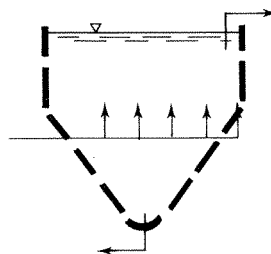


Fig. 5.9. Lamellsedimenteringsbasseng.

strømningsforhold, sikre seg et stort lengde/bredde forhold. Som en praktisk regel kan brukes at lengde/bredde forholdet ikke bør være mindre enn 6. For mindre bassenger vil dette i mange tilfeller medføre meget smale bassenger. I praksis vil en unngå å bygge bassenger med mindre bredde enn ca. 4 m. Ved mindre bassenger må en derfor velge et mindre lengde/bredde forhold enn ønskelig, og man bør da overveie om en skal velge en noe romsligere dimensjonering. Ved små bassenger bør en også vurdere om ikke andre bassengtyper kan brukes. Ved store bassenger må lengde/bredde forholdet ikke gjøres så stort at en overstiger den kritiske strømningshastigheten i bassengene.

Dybden på sedimenteringsbassenget er fra et teoretisk synspunkt uten betydning. I praksis har det imidlertid vist seg at bassengdybden må være minimum 2 meter.

Rektangulære sedimenteringsbassenger med horisontal til vertikal strømning fordrer at en trekker av avløpsvann over en større del av bassengflaten (fig. 5.6). Ved rensing av råkloakk gjennom sedimentering vil det normalt samles en god del flytestoffer på bassengoverflaten, og det er derfor mindre hensiktsmessig med avdragsrenner over en større del av denne.

Sirkulære sedimenteringsbassenger med horisontal strømning (fig. 5.7) brukes i første rekke ved meget store rensaneanlegg med bassenger uten overbygg, fordi de prismessig kommer gunstig ut. I litteraturen oppgis den gunstigste bassengdiameter til ca. 30–40 m. Ved større eller mindre bassengdiameter avtar den hydrauliske virkningsgraden. I tysk faglitteratur anbefaler en at runde bassenger med horisontal gjennomstrømning ikke skal ha en diameter mindre enn 20 m. Vanddypt velges for runde sedimenteringsbassenger i alminnelighet til minst ca. 2 m.

Når en vil bygge runde sedimenteringsbassenger med liten diameter, bør disse anordnes for vertikal strømning. En vanlig utforming av små sedimenteringsbassenger med vertikal strømning er det s.k. Dortmund-basseng, fig. 5.8, som er utformet som en trakt. Fordelen med denne utforming er at en kan unngå slamskraper. For at dette skal være mulig, må bassengvegge-

nes helning være minst 60° . Vertikalt gjennomstrømmende sedimenteringsbassenger dimensjoneres kun med hensyn til overflatebelastning.

Lamell-sedimentering er ikke aktuell ved enkel rensing av kommunalt avløpsvann (fig. 5.9). Et unntak kan være der en ved forbehandling med sil har fjernet grovpartiklene. Praktisk erfaring savnes ennå.

INNløPSANORDNINGER

For å få en god hydraulisk virkningsgrad bør avløpsvannet som kommer inn i sedimenteringsbassenget, fordeles jevnt over bassengverrsnittet. Man bør også forsøke så langt som mulig å dempe den bevegelsesenergi vannet har ved innløpet.

Noen eksempler på ulike innløpsanordninger finnes i fig. 5.10. For å forhindre avsetninger bør hastigheten gjennom innløpsrøret ikke være mindre enn 0,3 m/s.

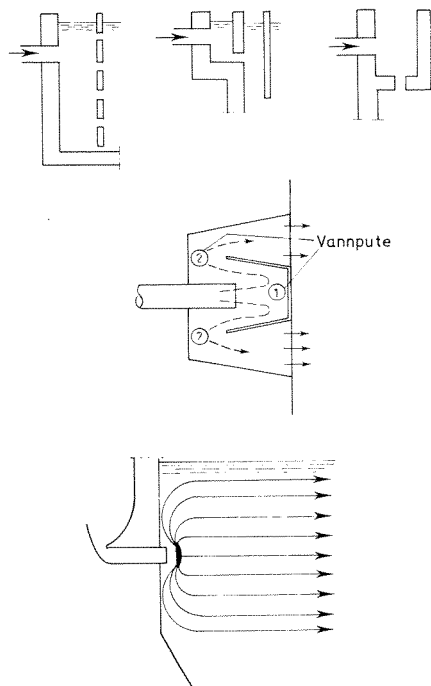


Fig. 5.10. Innløpsanordninger.

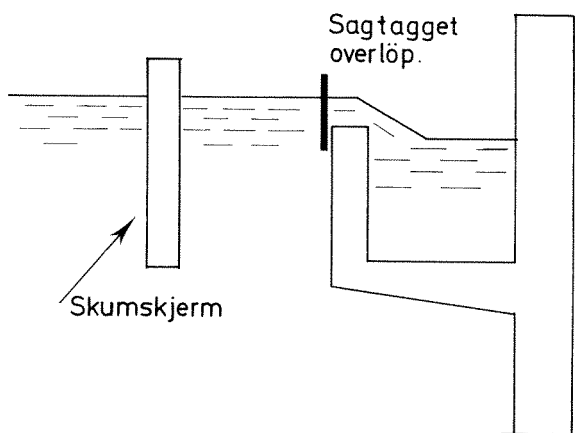
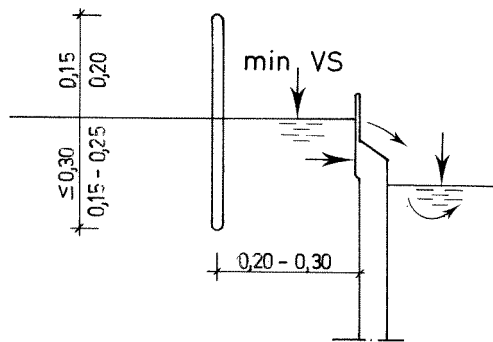


Fig. 5.11. Utløpsanordning med skumskjerm.



UTLØPSANORDNINGER

Utløpsvannet dras vanligvis av fra tannede overløpsrenner. Rennene bør dekke hele bassengbredden og må være regulerbare i høyde slik at de kan justeres så en får et jevnt fordelt avdrag over bassengbredden. Vanlig dimensjoneringstall for belastning på overløpsrenner er $30 \text{ m}^3/\text{h}$ pr. m overløpskant.

Foran overløpsrennene bør det plasseres en skjerm (fig. 5.11) som forhindrer at flytestoffer kan nå overløpsrennene.

Slam fra sedimentering av råkloakk kan bli meget konsentrert og tyktflytende. Hvis slam skal tømmes ved gravitasjon, må en derfor ha et tilgjengelig trykk på min. 2 m vannsøyle. Tilstopper vil dog lett kunne opptre, og man bør derfor sørge for muligheter til å spyle med trykkluft eller med trykkvann.

BASSEGBUNN – SLAMLomme

For å lette slamskrappingen utføres bunnen på sedimenteringsbassenger med helning mot slamlommen. Ved rektangulære bassenger er en vanlig helning 1:100 og ved sirkulære bassenger 1:15.

Slamlommen bør ha volum for å romme minst 1 døgnslamproduksjon. For å lette tømming bør slamlommens vegger ha en helning på minst 2:1. Hvis slamlommen er forsynt med sakte omrørere som skrapere langs veggene, kan helningen være mindre.

6. SLAMAVSKILLERE

En slamavskiller er en form for sedimenteringsbasseng. Den er i første rekke aktuell ved mindre utslipp med opptil 200–300 personer tilknyttet. Forskjellen mellom et sedimenteringsbasseng i et mekanisk renseanlegg og en slamavskiller er at fra sedimenteringsbassenget fjernes slammet daglig mens det i slamavskilleren vanligvis fjernes 1–4 ganger pr. år.

I slamavskilleren foregår sedimentering og slamlagring i samme rom. I slam som lagres, vil det skje en anaerob nedbrytning.

For å forhindre at flyteslam følger med utgående avløpsvann, deles slamavskilleren i flere, vanligvis tre, kamre. Slammet sedimenterer og lagres hovedsakeligst i det første kammer, og i det eller de etterfølgende kamre kan derfor sedimenteringen skje forholdsvis uforstyrret av slamgjæringsprosessene.

Fordi slamavskilleren primært skal være et enkelt, driftssikkert renseanlegg som skal trenge lite tilsyn, gjøres utforming av innløps- og utløpsanordninger vesentlig enklere enn ved mekanisk renseanlegg.

Statens forurensningstilsyn (SFT) arbeider med retningslinjer for dimensjonering og utforming av slamavskiller. Retningslinjene vil inneholde typetegninger for slamavskiller i ulike størrelser, som vil gjøre det mulig for kommunene å bygge slamavskiller med hjelp av lokale entrepenører uten spesiell konsulentbistand. Retningslinjene beregnes å være ferdige i 1976 og kan fås ved henvendelse til fylkets utbyggingsavdeling.

7. DISPONERING AV RIST- OG SILAVFALL, SAND OG SLAM

Ved rensing av avløpsvann får vi en mer eller mindre ren vannfase og forurensningene konsentrert i form av sand, rist- eller silavfall eller slam. Mengden er i første rekke avhengig av type renseprosess, men avløpsvannets sammensetning, driftsforhold m.v. kan også innvirke. Hvis en f.eks. har septiktanker ved de fleste hus, og disse tømmes regelmessig, vil slammengdene ved rensanlegget bli mindre. Til gjengjeld må en sørge for en forsvarlig håndtering av septiktankslammet.

I tabell 7.1 finnes en sammenstilling av hvilke omtrentlige avfallsmengder en kan vente ved ulike renseprosesser. Mengden av ristavfall og sand kan variere mye fra plass til plass, og at det ennå er liten erfaring med hvilke slammengder en får fra siler og liknende utstyr. De mengder slam og avfall en får ved enkle renseprosesser, kan også variere meget fra døgn til døgn, bl.a. på grunn av at store mengder slam, sand og filler avsetter seg i ledninger ved tørrvær og blir spylt løs ved regn. Oppsamlingsbeholdere må derfor dimensjoneres romslig.

Avfall fra rister kan betraktes og håndteres som et fast materiale. Det har et høyt innhold av organisk stoff og kan lett komme i forråtnelse. Hvis det er boliger tilkoblet meget nær ristanlegget, rekker ikke fekalier å oppløses i avløpsvannet, og en kan få fekalklumper i ristavfallet. Dette gjelder også ved siler.

Ved siler avskilles også finere materiale, og en får en halvfast masse som er en mellomting av fast materiale og tykt slam. Innholdet av lett nedbrytbart organisk materiale er høyt, og silavfallet vil lett gå i forråtnelse.

Sand fra sandfang er vanligvis en blanding av sand, kaffegrut og noe slam. Hvis en ikke har et meget effektivt sandvasker-utstyr, vil innholdet av lett nedbrytbart organisk materiale være tilstrekkelig høyt til at en kan få forråtnelse.

Slam fra slamavskiller og sedimenteringstanker er en forholdsvis lettflytende masse med høyt innhold av organisk stoff. Slam fra slamavskillere er i forråtnelse når slamavskilleren tømmes. Slam fra sedimenteringstanker kommer meget lett i forråtnelse, og hvis ikke bassenget

Tabell 7.1 Avfalls- og slammengder ved enkel rensing av avløpsvann.

Renseprosess	Mengde slam eller avfall		Vanninnhold prosent	Utseende
	l/p.d	l/m ³ avløpsvann		
Siling gjennom rist	0,005–0,03	0,01–0,06	85–95	Filler o.a. grovere materiale
Siling gjennom spaltesil, siltrommel o.l. ^{x)}	0,1–0,3	0,2–1,0	85–92	Halvflytende til fast masse
Sandfang	0,02–0,1	0,04–0,2		Sand og kaffegrut
Sedimentering og slamavskilling	1 – 2	2 – 6	94–97	Lett- og tregtflytende slamvann blanding

^{x)} Ved silanordninger der avskilt materiale spyles løs med vann, eller der det kun skjer en konsentrering (type SWECO), kan "slam"-mengdene vesentlig overstige de som er nevnt i tabellen.

Ved mekaniske rensanlegg vil en i tillegg få flyteslam. Mengden er helt avhengig av type utstyr for fjerning av flyteslam.

tømmes daglig, vil det lett gå i forråtnelse allerede i bassenget.

Avfall fra rister, sandfang og siler samles på renseanlegget i beholdere. Fordi avfallet lett kommer i forråtnelse, bør bortkjøring skje hyppig, og oppsamlingsbeholderne bør derfor ikke gjøres for store. Å strø kalk i beholderne vil kunne minke luktproblemene. En del desinfiserende væsker kan også brukes. Da alle desinfiseringsmidler inneholder en eller annen form av giftstoffer, må forsiktighet her anbefales.

Etter borttransport fra renseanlegget må avfallet deponeres på en forsvarlig måte. Deponering på riktig lokalisert og drevet fyllplass vil være en akseptabel løsning. Mindre volumer avfall kan også deponeres ved nedgraving. Nedgravingen må selvsagt skje på slikt sted at fare for forurensning av grunnvann eller overflatevann ikke foreligger.

Hvis avfall fra sandfang blir godt vasket i en sandvasker slik at sanden har et lavt innhold av organisk stoff, kan sanden også brukes til fyllmasse eller liknende formål.

Slam fra septiktanker og slamavskillere bør transporteres til renseanlegg med slambehandling eller til særskilt slambehandlingsstasjon. De metoder som der vil være aktuelle å bruke, vil det bli redegjort for i en annen PRA-brukerrapport.

Slam fra septiktanker og slamavskillere kan også deponeres sammen med husholdningsavfall under forutsetning av at det skjer en kontrollert innblanding av slammet i søppelet og en kontrollert kompostering av blandingen.

Hvis det ikke foreligger muligheter for å få slammet behandlet, vil en som en nødløsning i en overgangsperiode kunne akseptere at det deponeres spesielle lommer på fyllplass, i separate slamlaguner eller på jorda. Den metode bør velges som under de aktuelle lokale forhold kan ventes å gi minst ubehageligheter i form av lukt og risiko for vannforurensninger.

LITTERATUR

Stoffet til denne PRA-rapport er hovedsakelig hentet fra følgende kilder:

1. Hjellnes & Co. og Norsk institutt for vannforskning.
Renseanlegg for fjerning av flytende partikulære forurensninger, olje og fett ved midlertidig utslipp av sjøresipient.
Litteraturstudium og vurdering av forskningsbehov. PRA-prosjekt 2.4, NIVA nr. 0—182/71.
2. A/S Hjellnes & Høstmark. Siling av kommunalt avløpsvann. Rapport fra forsøk utført ved Kvernevik kloakkrenseanlegg i Bergen, april – oktober 1975.
3. Databilag til rapporten Siling av kommunalt avløpsvann – Appendiks, arbeidsnotater, diagrammer og resultater.
4. Lehr- Und Handbuch der Abwassertechnik, Band II. Verlag von Wilhelm Ernst & Sohn. Berlin (1969).
5. Manuals of British Practise in Water Pollution Control Unit Processes. Primary Sedimentation. The Institute on Water Pollution Control. Maidstone, Kent (1973).