

PRIMÆRRENS prosjekt 4: Etablering av kriterier for dimensjonering, utforming og drift av finsilanlegg

Aquateam - Norsk vannteknologisk senter A/S

Rapport nr: 04-041

Prosjekt nr: 04044

Prosjektleder: Dr. ing. Bjørn Rusten

Medarbeidere: Kjemiingeniør Arne Lundar

aquateam RAPPORT

Postboks 6875 Rodeløkka
0504 Oslo
Telefon: 22 35 81 00
Telefaks: 22 35 81 10

Rapportnummer: 04-041
Tilgjengelighet: Begrenset

Rapportens tittel PRIMÆRRENS prosjekt 4: Etablering av kriterier for dimensjonering, utforming og drift av finsilanlegg. (Foreløpig utgave)	Dato
	2004-11-17
Forfatter(e) sign. Bjørn Rusten Arne Lundar	Antall sider og bilag
	47
	Ansv. sign.
	Bjarne Paulsrud
	Prosjektnummer
	O-04044
Oppdragsgiver Statens forurensningstilsyn	Oppdr.givers ref. Ingunn Lindeman

Sammendrag

I dette prosjektet er det utviklet og beskrevet prosedyrer for testing av avløpsvann, med tanke på å skaffe et riktig grunnlag for dimensjonering av finsilanlegg for primærrensing. Testene utføres i benkeskala med utstyr beskrevet i rapporten.

Gjennomførte forsøk viste at renseeffekter for SS og organisk stoff kan økes betydelig ved å kjøre silene med en filtermatte på silduken, og at det for de fleste typer avløpsvann vil være nødvendig å kjøre med filtermatte for å oppnå tilstrekkelig høye renseeffekter. Det ble også funnet en meget sterk korrelasjon mellom silingshastighet og renseeffekt, ved at renseeffekten økte jo lavere silingshastighet (m^3/m^2 dukareal/h) man hadde ved et gitt trykktap over silen. Silens lysåpning hadde mindre betydning så lenge det var nok store partikler i avløpsvannet til å danne en skikkelig filtermatte på silduken.

For best mulig rensing betyr dette at vi ønsker lavest mulig hydraulisk belastning på silene og at sildukene ikke skal rengjøres oftere enn høyst nødvendig. For siler med bevegelige (roterende) silduker bør sildukene stå i ro, eller bevege seg så sakte som mulig, inntil trykktapet over sildukene er slik at man må fjerne mer slam fra sildukene for å opprettholde nødvendig hydraulisk kapasitet. Forenklet kan man si at silanlegg skal drives slik at de behandler minst mulig vann over lengst mulig tid. I praksis betyr dette at alle silanlegg bør ha frekvensstyrte innløpspumper, slik at man unngår av/på drift. På anlegg med flere siler i parallell bør alle silene være i drift samtidig, selv ved små vannmengder. Dermed kan silene driftes med en tykk filtermatte og oppnå høye renseeffekter.

Stikkord - norsk

Stikkord - engelsk

Primærrensing	Primary treatment
Finsiler	Fine mesh sieves
Suspendert stoff	Suspended solids
Organisk stoff	Organic matter
Småskalaforsøk	Bench-scale tests

Innholdsfortegnelse

1. Innledning.....	4
2. Småskalaforsøk	5
2.1. Forsøksutrustning	5
2.2. Testprosedyrer	5
2.2.1. Stikkprøvetesten	7
2.2.2. Blandprøvetesten.....	7
2.2.3. SINTEF-testen	8
3. Tester i Oslo-regionen.....	9
3.1. Stikkprøvetester	9
3.1.1. Utløpskonsentrasjoner og renseeffekter uten filtermatte	9
3.1.2. Utløpskonsentrasjoner og renseeffekter med filtermatte på silduken	12
3.1.3. Silingshastighet.....	25
3.2. Sammenligning av stikkprøvetester og blandprøvetester	28
3.2.1. Silingshastighet.....	29
4. Tester i Namsos-regionen	32
4.1. Sammenligning av SINTEF-testen og Aquateams testutstyr kjørt uten filtermatte ..	32
4.2. Benkeskala tester ved Bangsund renseanlegg.....	34
4.2.1. Utløpskonsentrasjoner og renseeffekter med filtermatte på silduken	35
4.2.2. Silingshastighet.....	37
4.3. Benkeskala tester ved Tiendeholmen renseanlegg	39
4.3.1. Utløpskonsentrasjoner og renseeffekter uten filtermatte	39
4.3.2. Utløpskonsentrasjoner og renseeffekter med filtermatte på silduken	40
4.3.3. Silingshastighet.....	43
5. Kriterier for dimensjonering, utforming og drift av finsilanlegg	45
5.1. Dimensjonering og utforming	45
5.2. Drift	46
6. Referanser	47

1. Innledning

I dette prosjektet er det brukt benkeskala utstyr for å simulere finsiler med forskjellige lysåpninger i sildukene. Det er kjørt tester med avløpsvann fra forskjellige renseanlegg i nærheten av Oslo og i Namsos-området. De resultatene som er presentert i denne rapporten baserer seg på analysing av 160 prøver. I alt er det utført mer enn 400 analyser av COD og SS.

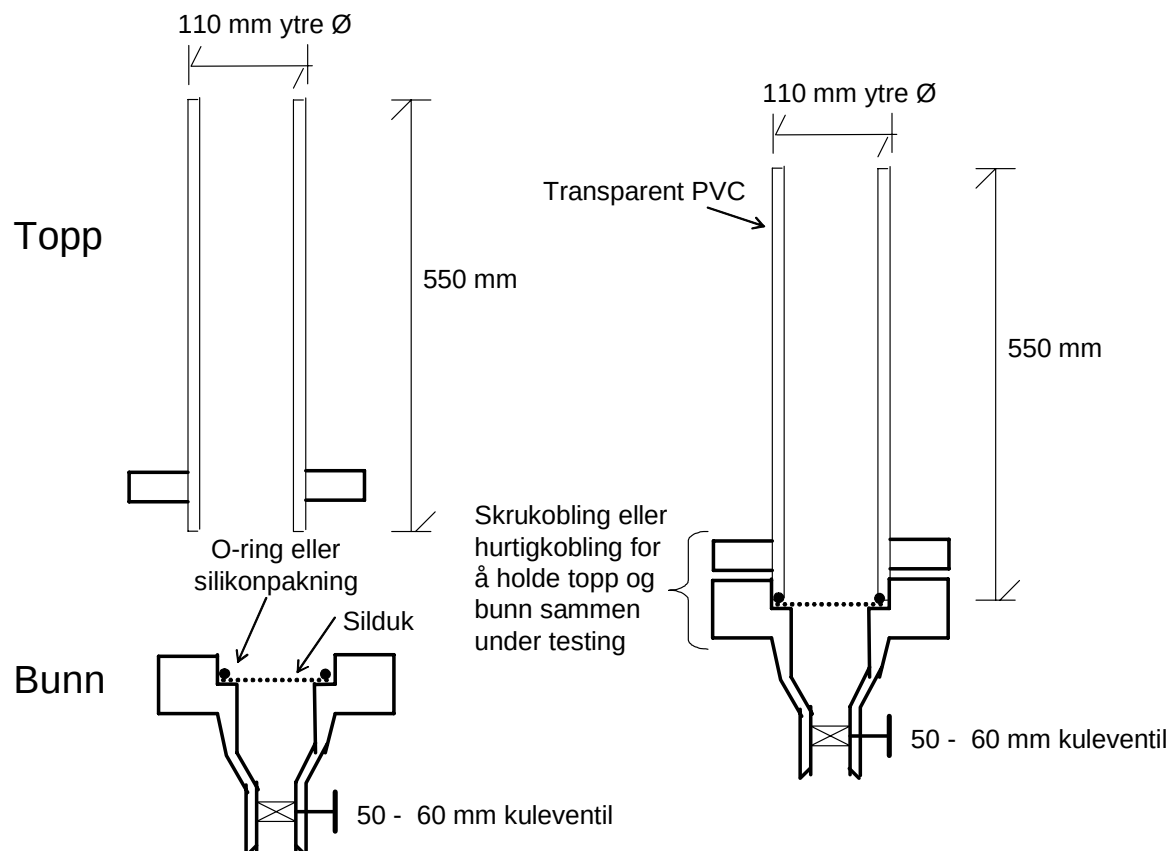
Hensikten med forsøkene har vært å se på hvilke faktorer som påvirker renseeffekten i silanlegg. For ett av renseanleggene i Namsos-området har det forslaget til enkel karakterisering av avløpsvann, som er foreslått av SINTEF (Helness og Thorvaldsen, 2004), blitt testet sammen med den prosedyren som Aquateam har utviklet.

Basert på de resultatene som er oppnådd i dette prosjektet har det kommet fram en del forslag til hvordan finsilanlegg må utformes, dimensjoneres og drives for å klare kravet til primærrensing i forslaget til ny avløpsforskrift (SFT, 2003).

2. Småskalaforøk

2.1. Forsøksutrustning

For karakterisering og testing av avløpsvann med tanke på finsiling, har Aquateam tidligere utviklet testutstyr for forsøk i liten skala. En prinsippskisse av dette utstyret er vist i figur 1. Eksempler på testede silduker er vist i figur 2 og bilder fra forsøkskjøring er vist i figur 3.



Figur 1. Forenklet skisse av apparatur for karakterisering og testing av avløpsvann med tanke på finsiling.

Utstyret for karakteriseringsprosedyren foreslått av SINTEF, heretter referert til som SINTEF-testen, er beskrevet i Helness og Thorvaldsen (2004), og denne beskrivelsen vil ikke bli gjentatt her.

2.2. Testprosedyrer

For testutstyret utviklet av Aquateam ble det forsøkt to forskjellige testprosedyrer. Vi har kalt disse for henholdsvis "stikkprøvetesten" og "blandprøvetesten". Blandprøvetesten var meget arbeidskrevende.



Figur 2. Bilder av noen av sildukene brukt i forsøkene. Tallene angir lysåpning i mikron (my).



Figur 3. Bilder som viser oppfylling av testapparatet med avløpsvann, samt eksempel på en filtermatte etablert på en silduk med 350 my lysåpning.

2.2.1. Stikkprøvetesten

Nok avløpsvann til å kjøre tester med alle de aktuelle sildukene ble samlet i en tank med et totalt volum på minst 120 l. Hver gang det ble tatt prøver ut av denne tanken, enten for analyse eller for å helle opp i testapparatet, ble det foretatt en kraftig omrøring for å være sikker på at partikulært materiale var homogent fordelt i hele volumet.

Hver test ble startet med en ren silduk. Det ble tatt prøve av den første literen med avløpsvann som gikk gjennom silduken. Deretter ble det helt på mer avløpsvann, slik at man etter hvert fikk dannet en filtermatte på silduken. Testing med filtermatte skulle simulere det som skjer i et fullskala anlegg når en finsil driftes med stort trykktap over silduken og med en lav hydraulisk belastning.

PVC-røret på testapparatet var merket henholdsvis 200 mm og 300 mm over overflaten på silduken. Etter at den første literen hadde gått gjennom silduken ble bunnventilen lukket og mer avløpsvann ble tilført. Deretter ble ventilen åpnet delvis, slik at vannivået i PVC-røret sank med en hastighet på ca. 3-4 cm/s. Når det var utviklet en filtermatte ble ventilen åpnet helt, og silt avløpsvann ble samlet i en prøveflaske mens vannstanden sank fra 300 mm merket til 200 mm merket. Samtidig ble tiden det tok for vannstanden å synke fra 300 mm till 200 mm registrert. Denne prosedyren ble normalt gjentatt en eller flere ganger, med gradvis tykkere filtermatte på silduken.

Alle vannprøvene ble analysert med hensyn på total COD (TCOD) og suspendert stoff (SS). I tillegg ble nesten alle prøvene analysert med hensyn på filtrert COD (FCOD). Analysene ble utført umiddelbart etter prøvetaking. COD ble målt med Dr. Lange teknologi. Glassfiberfiltre, type Whatman GF/C, ble brukt til all filtrering og til måling av SS. Ingen kommersielle laboratorier vi var i kontakt med bruker 0,45 µm membranfiltre til SS analyse av avløpsvann, fordi denne filtertypen er lite egnet for avløpsvann. På grunn av meget små prøvolum ved filtrering av avløpsvann blir målinger med 0,45 µm membranfiltre unøyaktige. Dessuten er det mer arbeidskrevende enn ved bruk av glassfiberfiltre. I dette prosjektet ble derfor filtrering med 0,45 µm membranfiltre ikke ansett som en fornuftig bruk av ressursene.

2.2.2. Blandprøvetesten

Blandprøvetesten ble gjennomført for å se om denne var en bedre simulering av fullskalaforholdene, hvor silduken er i bevegelse, enn det man kan få ut av stikkprøvetesten.

Som for stikkprøvetesten ble nok avløpsvann til å kjøre tester med alle de aktuelle sildukene samlet i en tank med et totalt volum på minst 120 l. Hver gang det ble tatt prøver ut av denne tanken, enten for analyse eller for å helle opp i testapparatet, ble det foretatt en kraftig omrøring for å være sikker på at partikulært materiale var homogent fordelt i hele volumet.

Hver test ble startet med en ren silduk. For blandprøvetesten ble alt avløpsvannet som gikk gjennom silduken samlet opp. For å estimere midlere filtreringshastighet fram til ethvert trinn i testen, måtte den tiden det tok for vannspeilet i testapparatet å synke fra 300 mm til 200 mm måles hver gang. Dette måtte gjøres med helt åpen ventil og gikk veldig raskt inntil det ble dannet en skikkelig filtermatte på duken. Nøyaktig prøvetaking og tidtaking er helt avgjørende og dette krever minst to personer.

For hvert trinn i testen hvor man ønsket å ta ut prøver for analyse, ble det laget en vannmengdeproporsjonal blandprøve av alt avløpsvannet som hadde gått gjennom silduken. Prøvene ble samlet i flere bølter. Silt avløpsvann fram til første prøvetaking ble samlet i bølte en. Silt avløpsvann fra første til andre prøvetaking ble samlet i bølte to, osv. Ved andre prøvetaking ble det laget en blandprøve fra bøttene en og to, i forhold til vannmengden som hadde gått gjennom silduken ved prøvetaking i hver av de to bøttene. Ved tredje prøveta-

king ble det laget en blandprøve fra bøttene en, to og tre, osv. Total vannmengde gjennom silduken og summert silingstid ble beregnet fra start og fram til hver prøvetaking. Dette danner grunnlaget for å beregne midlere silingshastighet.

Tanken var at denne testen skulle simulere det som skjer i en fullskala sil med roterende silduk, hvor man starter med en nyvasket silduk som gradvis får et belegg (filtermatte) jo mer avløpsvann som går gjennom duken. Typisk vil filtermatten være tykkest like før silduken kommer ut av vannet og skal rengjøres. Mest vann antas å passere gjennom den delen av duken som har minst filtermatte, og minst vann gjennom den delen av duken som har tykkest filtermatte. Kvaliteten på det avløpsvannet som siles gjennom en slik fullskala silduk skulle derfor tilsvare det man får ved å samle opp alt avløpsvannet som går gjennom silduken i testapparatet, ved at innholdet av SS i silt avløpsvann avtar etter hvert som man kommer lenger ut i syklusen og har tykkere filtermatte på silduken.

Alle vannprøvene fra blandprøvetesten ble analysert med hensyn på total COD (TCOD) og suspendert stoff (SS). I tillegg ble flere prøver av ubehandlet avløpsvann analysert med hensyn på filtrert COD (FCOD). Analysene ble utført umiddelbart etter prøvetaking. COD ble målt med Dr. Lange teknologi. Glassfiberfiltre, type Whatman GF/C, ble brukt til all filtrering og til måling av SS.

2.2.3. SINTEF-testen

For SINTEF-testen henvises til beskrivelse av prosedyre i Helness og Thorvaldsen (2004).

Alle vannprøvene fra SINTEF-testen ble analysert med hensyn på total COD (TCOD) og suspendert stoff (SS). I tillegg ble flere prøver av ubehandlet avløpsvann analysert med hensyn på filtrert COD (FCOD). Analysene ble utført umiddelbart etter prøvetaking. COD ble målt med Dr. Lange teknologi. Glassfiberfiltre, type Whatman GF/C, ble brukt til all filtrering og til måling av SS.

3. Tester i Oslo-regionen

I Oslo-regionen er det utført småskalaforsøk med avløpsvann fra tre forskjellige renseanlegg, med det utstyret som tidligere er vist i figur 1. De tre renseanleggene var Gardermoen renseanlegg (GRA), Nordre Follo renseanlegg (NFR) og TAU renseanlegg. Først ble det som er kalt stikkprøvetesten gjennomført på alle tre anleggene. Deretter ble det kjørt en sammenligning av stikkprøvetesten og blandprøvetesten med avløpsvann fra NFR.

3.1. Stikkprøvetester

Konsentrasjoner for det avløpsvannet som ble brukt til tester er vist i tabell 1. Alt avløpsvann ble tatt ut på hverdager, på angitte klokkeslett. Vannet ble tatt etter grovrister, men før sandfang.

Tabell 1. Konsentrasjoner av avløpsvann tatt ut til testing fra de forskjellige anleggene.

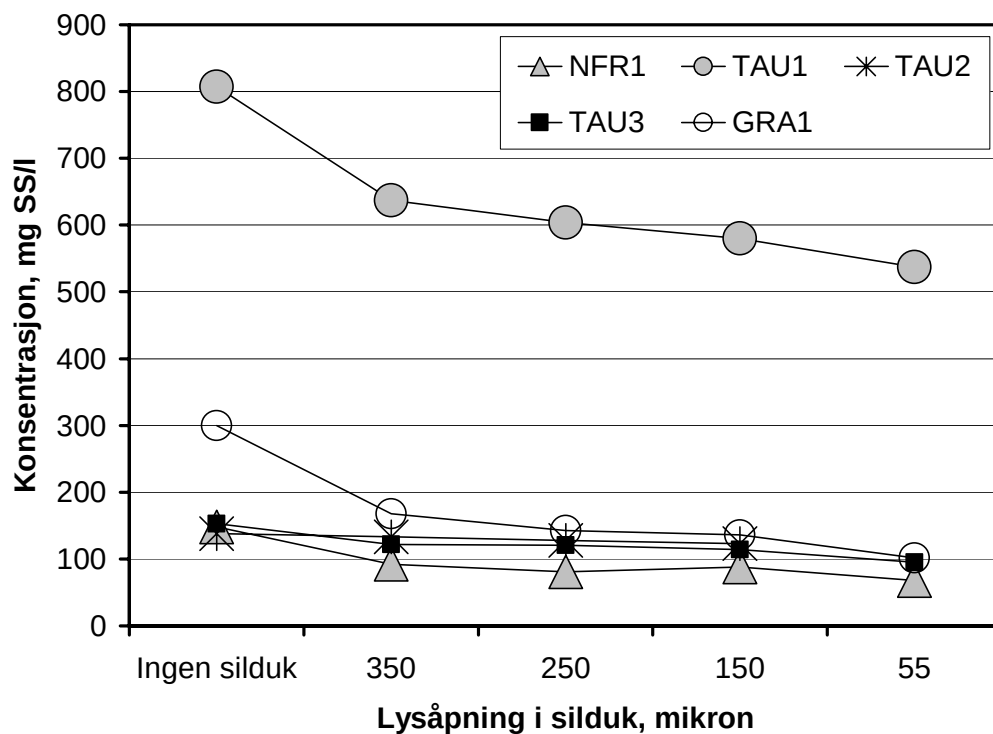
Anlegg/ test	Tid for uttak av vann	Konsentrasjoner, mg/L			FCOD/ TCOD- forhold	Kommentarer
		SS	FCOD	TCOD		
NFR 1	09:30	148	65	267	0,24	Våt værtype, men ikke regn natta før uttak av avløpsvann.
TAU 1	11:00	807	159	897	0,18	Septik dominerte innløpet til renseanlegget.
TAU 2	13:15	138	97	198	0,49	Vått vær.
TAU 3	14:40	153	104	236	0,44	Vått vær.
GRA 1	12:45	300	122	502	0,24	Våt værtype, men ikke regn natta før uttak av avløpsvann.

I forslaget til avløpsforskrift (SFT, 2003) er renseeffektkravet for primærrensing på 50 % for SS og 25 % for total BOD₅. I etterfølgende figurer er det lagt inn en stiplet linje for å markere 50 % fjerning av SS. Fjerning av 20 % total BOD₅ vil tilsvare ca. 25 % fjerning av total COD, men siden det ikke er noen eksakt korrelasjon mellom BOD-fjerning og COD-fjerning er det ikke vist noen linje i COD-figurene.

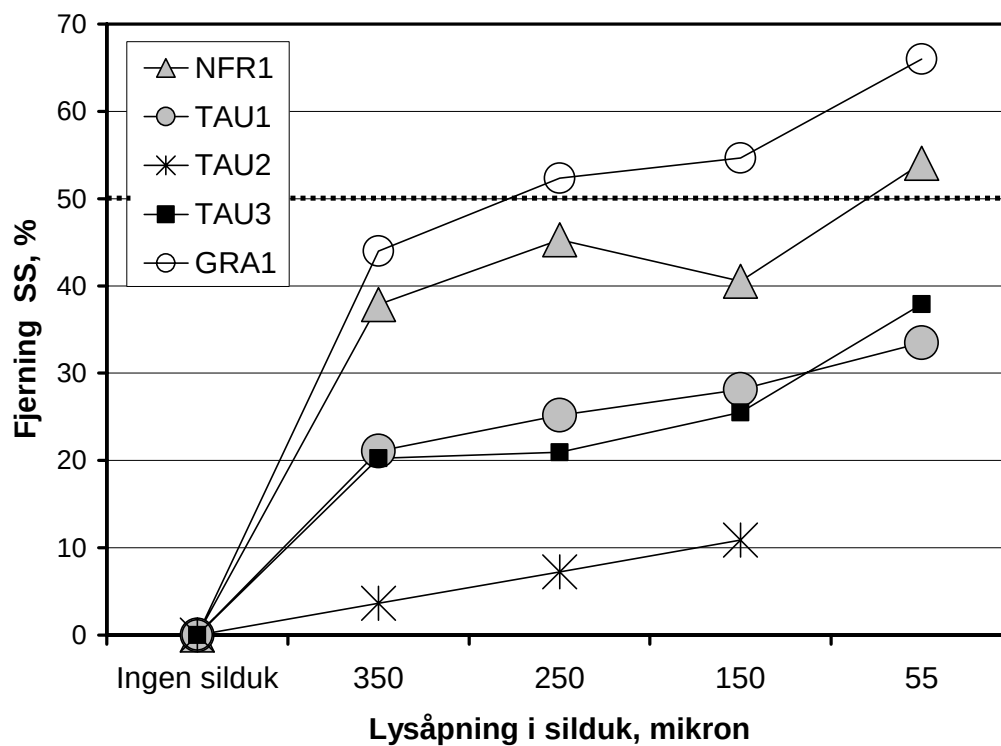
3.1.1. Utløpskonsentrasjoner og renseeffekter uten filtermatte

For den første literen med avløpsvann som går gjennom en renvasket silduk i testapparatet, vil det være ingen eller kun en ubetydelig filtermatte på silduken. Dermed vil bare partikler som er større enn lysåpningen i silduken bli fjernet, og analyser av disse prøvene skulle derfor gi en indikasjon på partikkelstørrelsesfordelingen i avløpsvannet.

Figurene 4 og 5 viser henholdsvis SS konsentrasjon og prosentvis fjerning av SS, ved bruk av silduker med lysåpninger på henholdsvis 350, 250, 150 og 55 mikron. "Ingen silduk" gjelder for innkommende avløpsvann (etter grovrist) til renseanleggene. Det var store forskjeller mellom de forskjellige batchene av avløpsvann, både med hensyn på konsentrasjoner og partikkelstørrelsesfordeling.



Figur 4. SS konsentrasjoner for ubehandlet avløpsvann og etter passering gjennom silduker med angitt lysåpning. Målt med rene silduker, uten filtermatte.



Figur 5. Fjerning av SS etter passering gjennom silduker med angitt lysåpning. Målt med rene silduker, uten filtermatte.

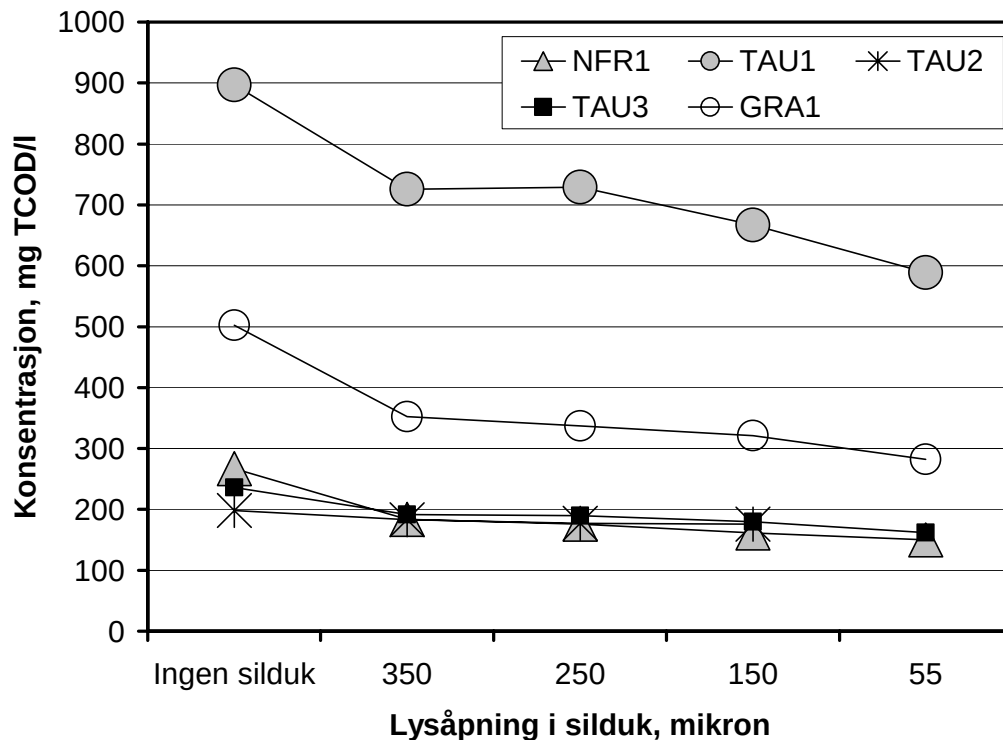
Generelt sett var de fleste partiklene enten mindre enn 55 mikron eller større enn 350 mikron. Unntaket var den batchen med relativt tynt avløpsvann som er kalt TAU 2, hvor mindre enn 4 % av partiklene var større enn 350 mikron. Konsentrasjonskurvene for SS var forbau-sende flate i området fra 350 mikron til 55 mikron lysåpning. Ser vi bort fra batchen TAU 2 (som ikke ble testet med 55 mikron silduk), varierte andelen partikler i størrelsesområdet fra 55 til 350 mikron fra 12 % til 22 %, med en middelværdi på 17 %. For de testede vanttypene viser dette at det er begrenset hvor mye renseeffekten kan økes ved å velge en silduk med en mindre lysåpning. Bare dersom avløpsvannet har en stor andel partikler som er større enn 350 mikron vil det være mulig å oppnå over 50 % fjerning av SS ved bruk av silduk uten filtermatte.

Med en 250 mikron silduk var det én batch (GRA 1) som oppnådde mer enn 50 % fjerning av SS. Selv med en silduk på 55 mikron var avløpsvannet fra TAU (TAU 1 og TAU 3) ikke i nærheten av å klare 50 % fjerning av SS. Renseeffekten for SS økte bare fra ca. 20 % med 350 mikron, til ca. 35 % med 55 mikron duk.

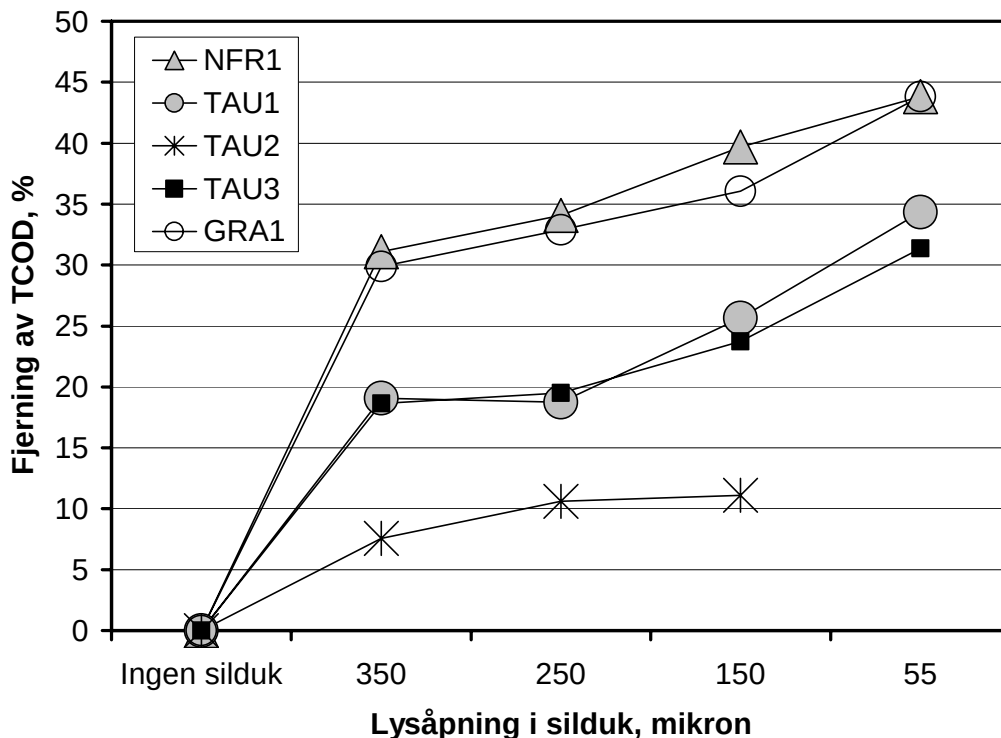
Den store betydningen avløpsvannets sammensetning har for renseeffekten kan illustreres ved at fjerningen av SS varierte fra 7 % til 52 % ved bruk av en silduk på 250 mikron.

Selv om batchen med avløpsvann som inneholdt mye septik (TAU 1) hadde meget høye konsentrasjoner av SS og TCOD, var partikkelstørrelsesfordelingen nesten den samme som for det relativt tynne avløpsvannet tatt fra samme renseanlegg noe senere (TAU 3).

Figur 6 viser TCOD konsentrasjoner, mens figur 7 viser prosentvis fjerning av TCOD. Som tidligere vist for SS var det også store forskjeller mellom de forskjellige batchene av avløpsvann med hensyn på TCOD konsentrasjoner og fjerning av TCOD.



Figur 6. TCOD konsentrasjoner for ubehandlet avløpsvann og etter passering gjennom silduker med angitt lysåpning. Målt med rene silduker, uten filtermatte.



Figur 7. Fjerning av TCOD etter passing gjennom silduker med angitt lysåpning. Målt med rene silduker, uten filtermatte.

Det var lettere å oppnå 25 % fjerning av TCOD enn 50 % fjerning av SS. To av batchene (NFR 1 og GRA 1) oppnådde 30 % fjerning av TCOD med 350 mikron silduk. Begge disse batchene hadde et lavt FCOD/TCOD-forhold på 0,24. Batchen med mye septik (TAU 1) hadde også et lavt FCOD/TCOD-forhold, men andelen av partikler større enn 350 mikron var liten.

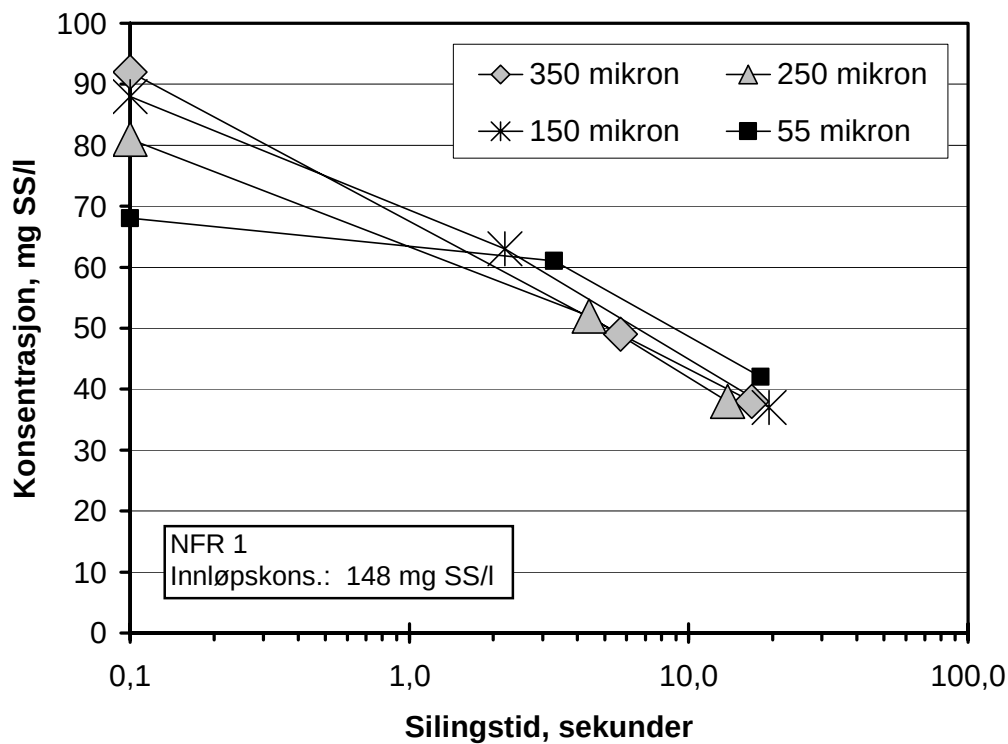
3.1.2. Utløpskonsentrasjoner og renseeffekter med filtermatte på silduken

Nordre Follo renseanlegg

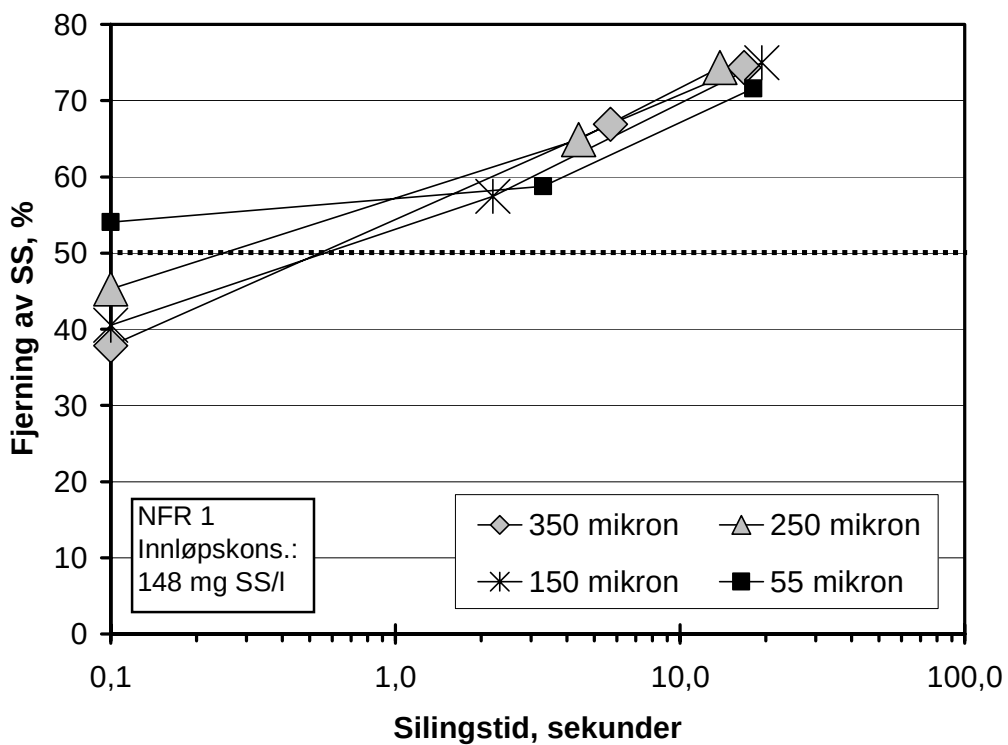
For batchen med avløpsvann referert til som NFR 1, er konsentrasjoner og renseeffekter for SS og TCOD vist som en funksjon av silingstid i figurene 8, 9 10 og 11. Silingstiden er den tiden det tok for vannivået i testapparatet å synke fra 300 mm merket til 200 mm merket. Når partikler har blitt avsatt på silduken og dannet en filtermatte, vill denne filtermatten redusere vannstrømmen gjennom silduken. Jo tykkere og tettere denne filtermatten blir, jo lengre tid vil det ta for vannivået å synke fra 300 mm til 200 mm merket.

For prøvene tatt med rene silduker (plottet i figurene som 0,1 sekunder silingstid) viste silen med minst lysåpning (55 mikron) de laveste konsentrasjonene og høyeste renseeffektene. Med filtermatte økte imidlertid renseeffekten med økende silingstid og var helt uavhengig av sildukens lysåpning.

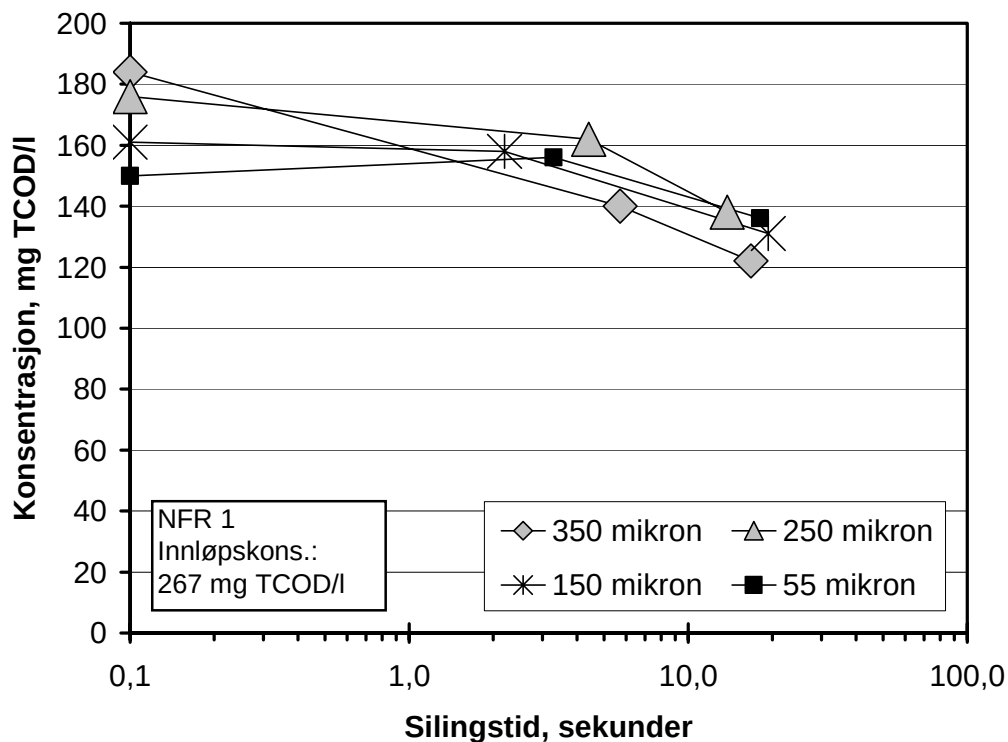
Ved en såpass kort silingstid som 2 sekunder ble det oppnådd mer enn 50 % SS-reduksjon med alle sildukene. En gjennomsnittlig renseeffekt på ca. 65 % for SS ble oppnådd ved 5 sekunders silingstid. Denne økte til ca. 75 % renseeffekt ved 20 sekunders silingstid.



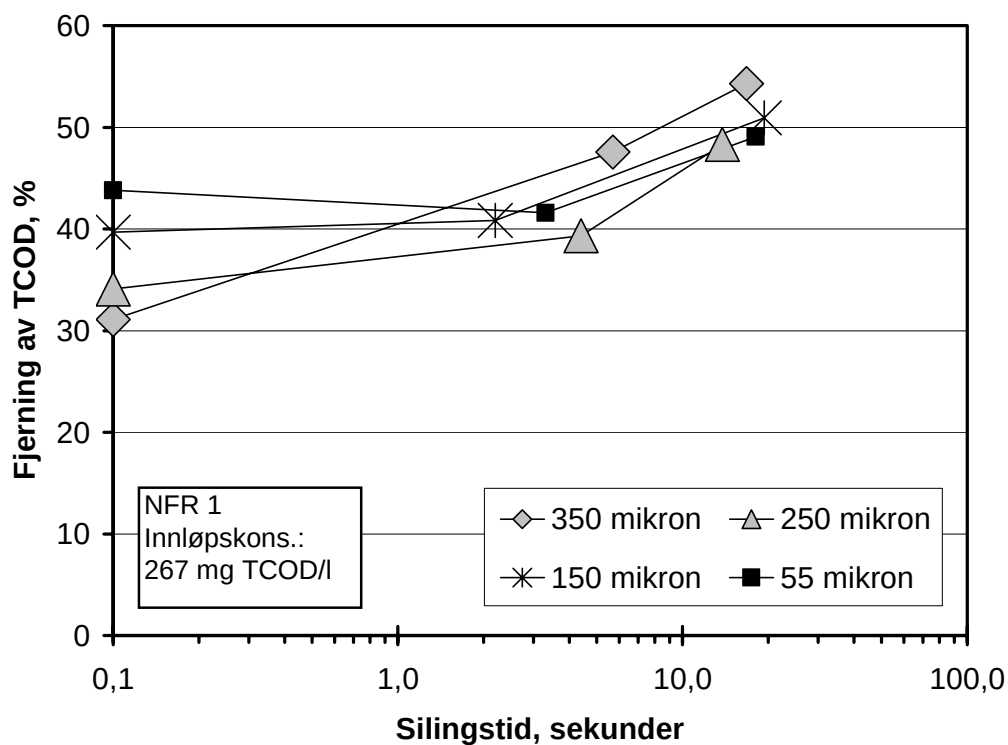
Figur 8. SS konsentrasjoner som funksjon av silingstid for avløpsvann fra NFR.



Figur 9. Fjerning av SS som funksjon av silingstid for avløpsvann fra NFR.



Figur 10. TCOD konsentrasjoner som funksjon av silingstid for avløpsvann fra NFR.



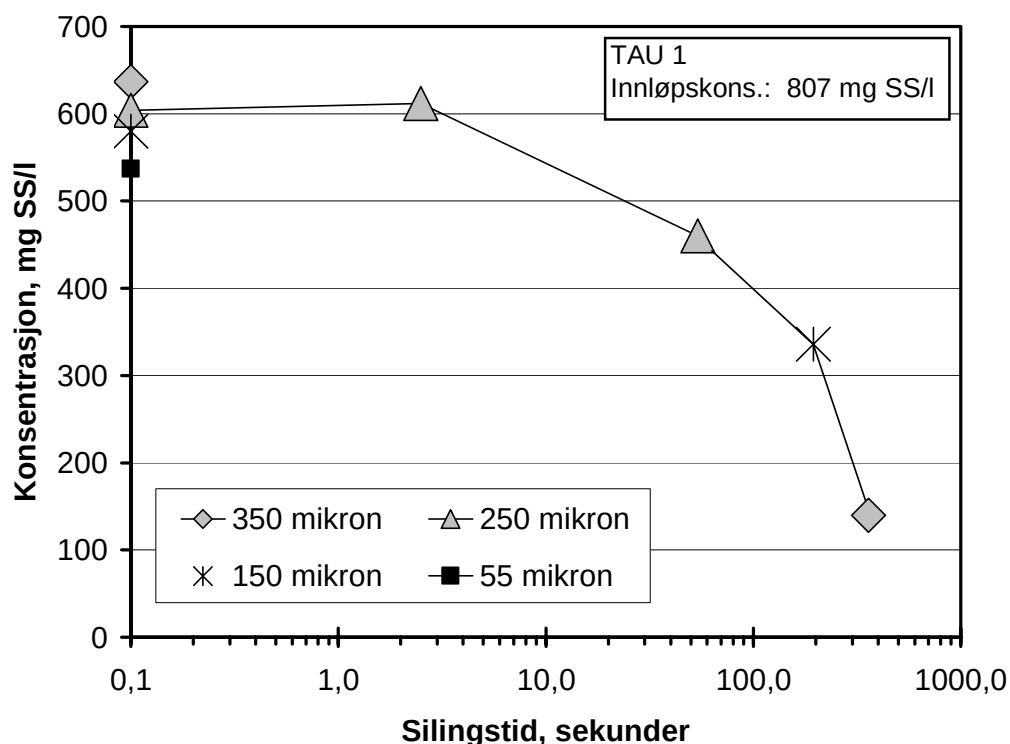
Figur 11. Fjerning av TCOD som funksjon av silingstid for avløpsvann fra NFR.

Prøvene tatt med rene silduker viste mer enn 30 % fjerning av TCOD. Ved 5 sekunders silingstid var midlere TCOD-fjerning i overkant av 40 %, og renseeffekten økte til ca. 50 % ved 20 sekunders silingstid.

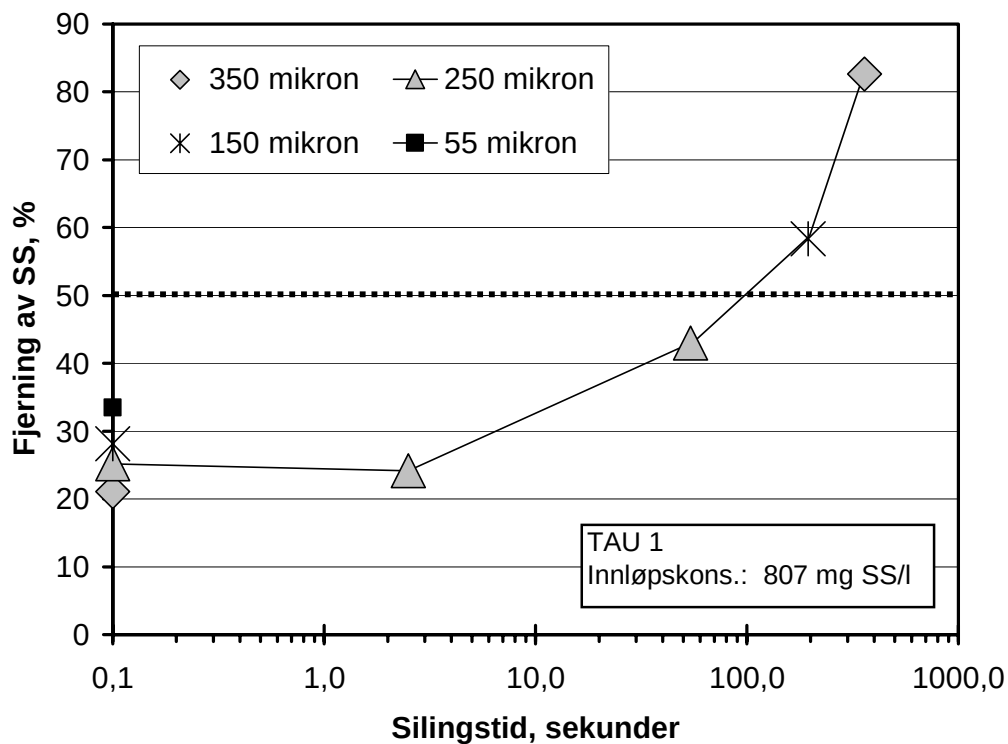
TAU renseanlegg

Den første batchen med avløpsvann fra TAU renseanlegg (TAU 1) inneholdt mye septik og hadde meget høye innløpskonsentrasjoner av SS og TCOD. Sildukene i testapparatet tettet seg ganske raskt og duken med 55 mikron lysåpning tettet seg allerede etter den første literen. Utløpskonsentrasjoner og renseeffekter for denne batchen med avløpsvann er vist som funksjon av silingstid i figurene 12, 13, 14 og 15.

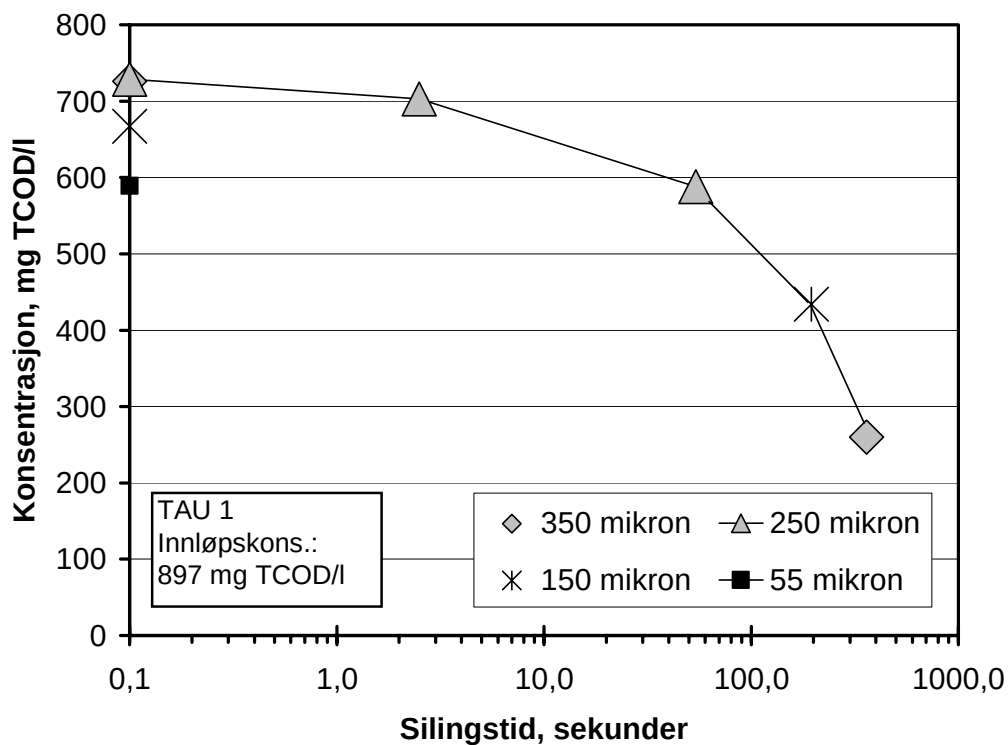
Dette var den eneste testen hvor det tilsynelatende var store forskjeller i konsentrasjoner og renseeffekter for de forskjellige sildukene, når disse hadde filtermatte. Duken med 350 mikron lysåpning fungerte best, duken med 150 mikron lysåpning var midt i mellom, og duken med 250 mikron lysåpning oppnådde de dårligste resultatene. Årsaken til dette var sannsynligvis at alle sildukene ble gjentettet relativt raskt og at det ble kjørt med ekstremt lange silingstider for 350 mikron (360 sekunder) og 150 mikron (195 sekunder) dukene, mens den lengste silingstiden for 250 mikron duken var 54 sekunder. Figurene 13 og 15 viser faktisk en jevn og entydig økning i renseeffekt med økende silingstid.



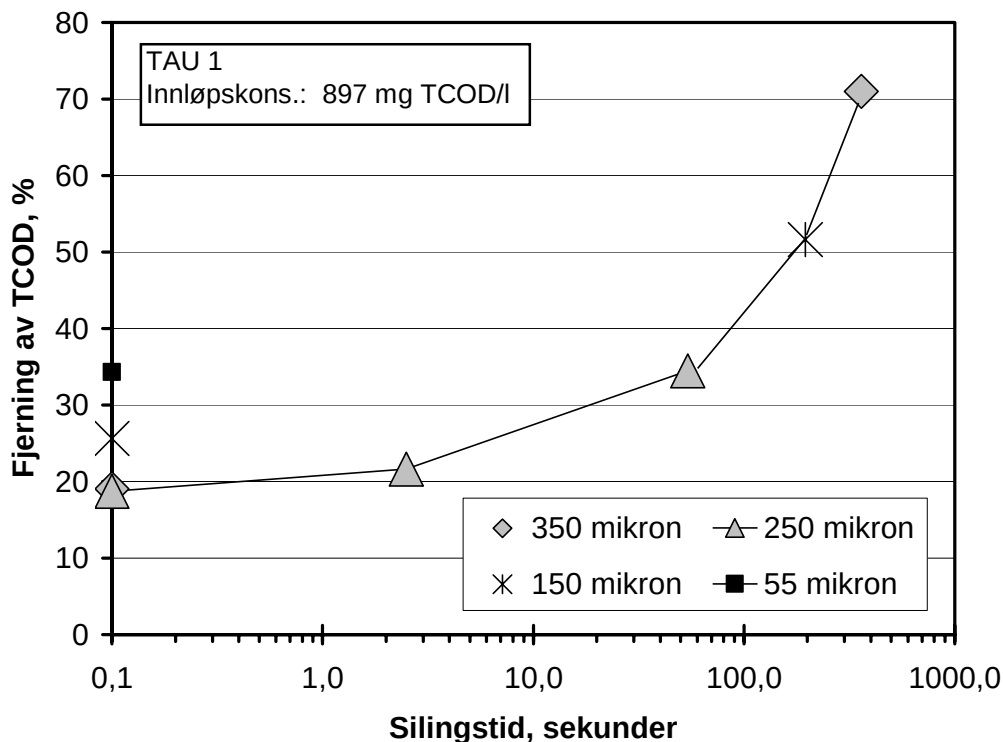
Figur 12. SS konsentrasjoner som funksjon av silingstid for batch 1 med avløpsvann fra TAU.



Figur 13. Fjerning av SS som funksjon av silingstid for batch 1 med avløpsvann fra TAU.



Figur 14. TCOD konsentrasjoner som funksjon av silingstid for batch 1 med avløpsvann fra TAU.



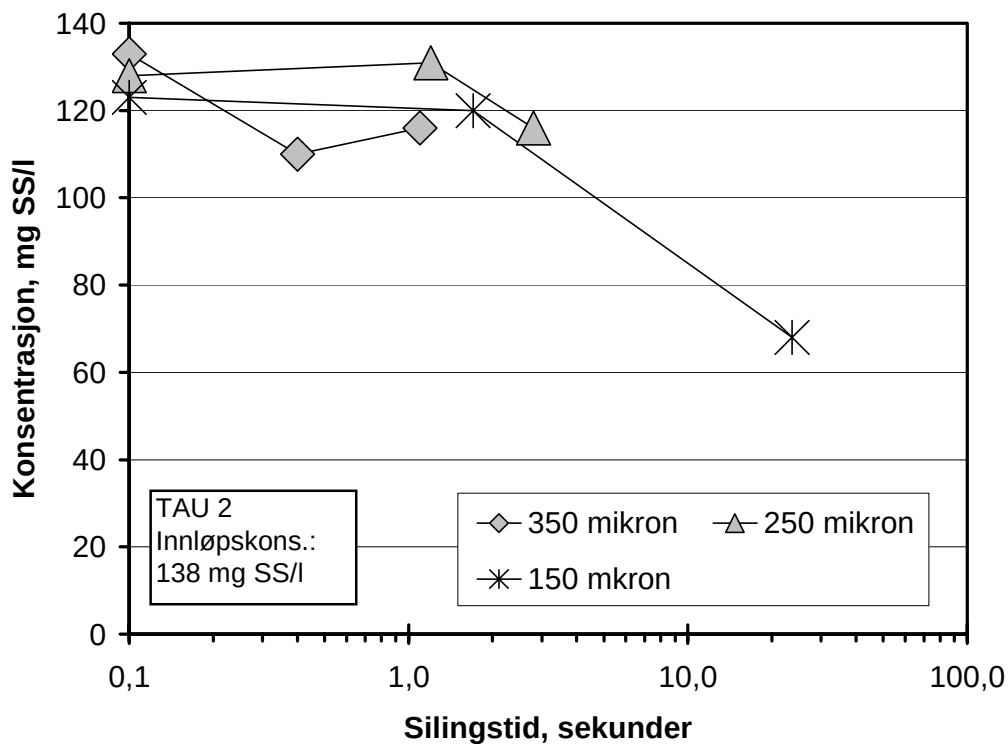
Figur 15. Fjerning av TCOD som funksjon av silingstid for batch 1 med avløpsvann fra TAU.

Som vist i figur 13 ble det oppnådd 58 % SS-fjerning ved en silingstid på 195 sekunder (150 mikron silduk). Basert på denne figuren er det estimert en minimum silingstid på 120 sekunder (2 minutter) for å oppnå 50 % fjerning av SS med dette spesielle avløpsvannet. Med 360 sekunder (6 minutter) silingstid var renseeffekten for SS 83 % med en 350 mikron silduk.

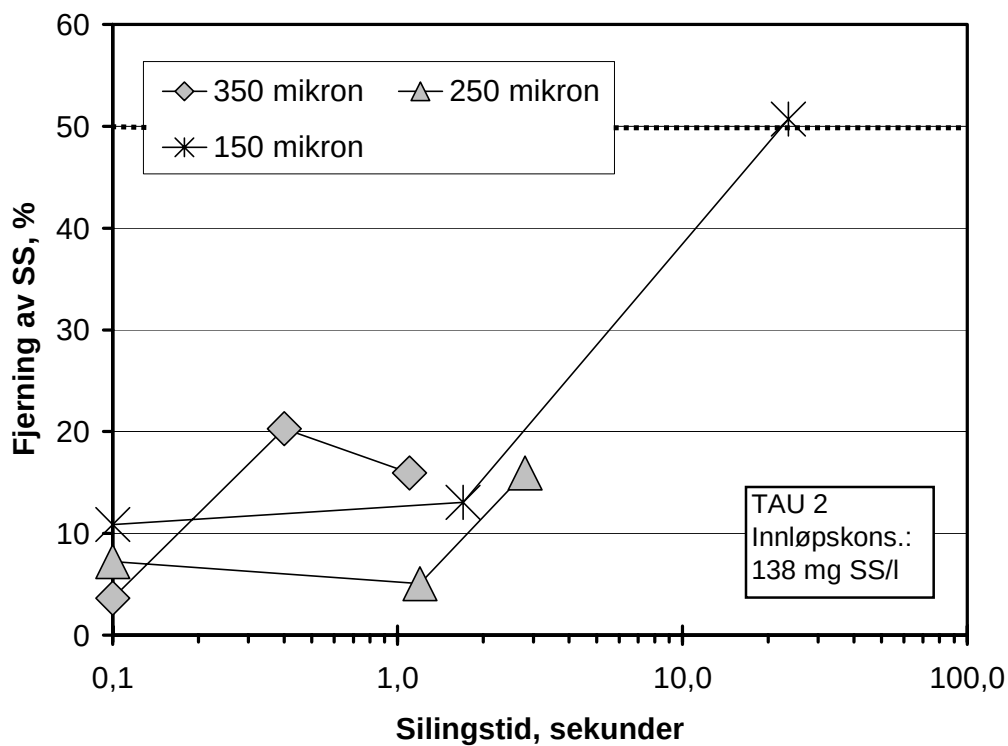
På grunn av det meget lave FCOD/TCOD-forholdet ble det oppnådd god fjerning av TCOD etter at en filtermatte var dannet. Med 54 sekunder silingstid ble det fjernet 34 % av TCOD. Dette økte til 71 % med 360 sekunder (6 minutter) silingstid.

Batch 2 med avløpsvann fra TAU var det tynneste avløpsvannet i alle testene fra Oslo-regionen. I tillegg var det bare 7 % av det partikulære materialet som var større enn 250 mikron. Kombinasjonen av lav innløpskonsentrasjon og meget lav andel store partikler, gjorde det meget vanskelig å få etablert en filtermatte på sildukene. De fleste prøvene ble derfor tatt ved korte silingstider, på grunn av det meget store vannvolumet som ville vært nødvendig for å skape en tilstrekkelig tykk filtermatte til å redusere hastigheten gjennom silduken. Vannet i denne batchen tok slutt før vi fikk testet silduken med 55 mikron lysåpning.

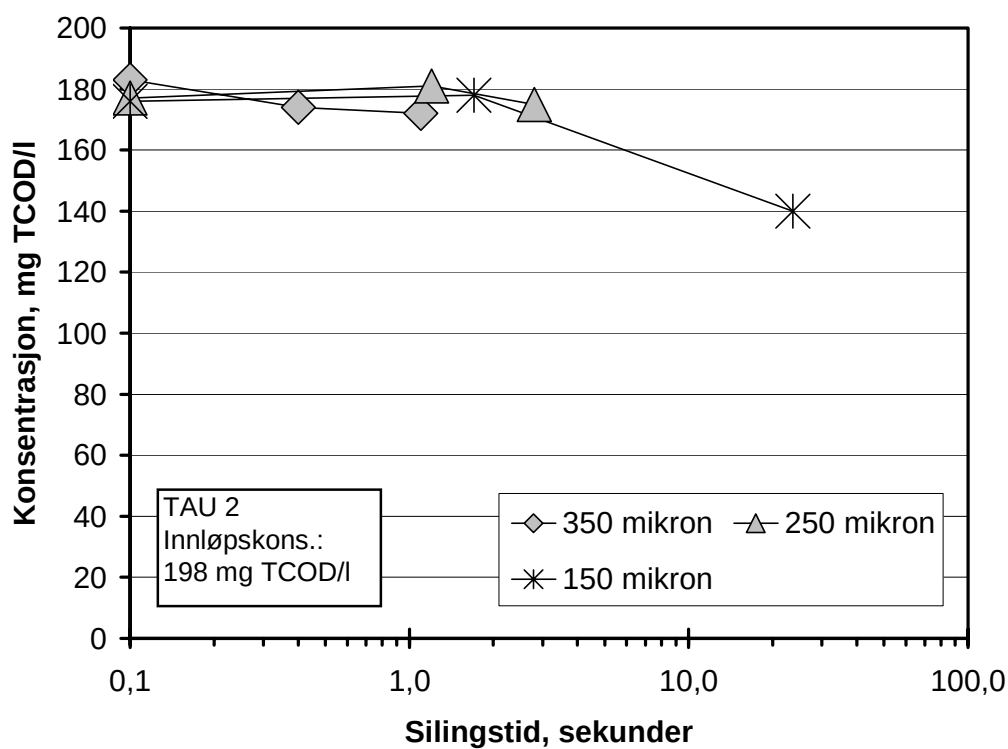
Utløpskonsentrasjoner og renseeffekter fra batch 2 med avløpsvann fra TAU er vist som funksjon av silingstid i figurene 16, 17, 18 og 19. En silingstid på 24 sekunder var nødvendig for å oppnå 50 % fjerning av SS (150 mikron silduk). Ved silingstider opp til 3 sekunder var renseeffekten bare ca. 10 %. På grunn av et høyt FCOD/TCOD-forhold (0,49) og få store partikler var det vanskelig å fjerne organisk materiale. Prøven med 250 mikron silduk og 24 sekunder silingstid var den eneste som viste mer enn 25 % fjerning av TCOD.



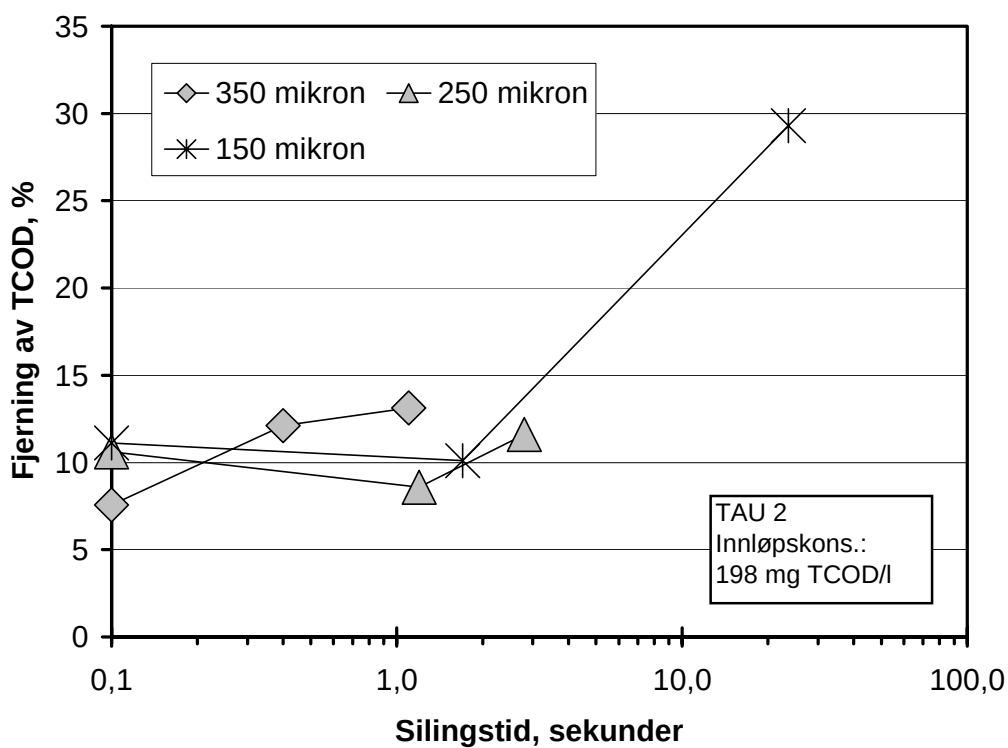
Figur 16. SS konsentrasjoner som funksjon av silingtid for batch 2 med avløpsvann fra TAU.



Figur 17. Fjerning av SS som funksjon av silingtid for batch 2 med avløpsvann fra TAU.



Figur 18. TCOD konsentrasjoner som funksjon av silingstid for batch 2 med avløpsvann fra TAU.

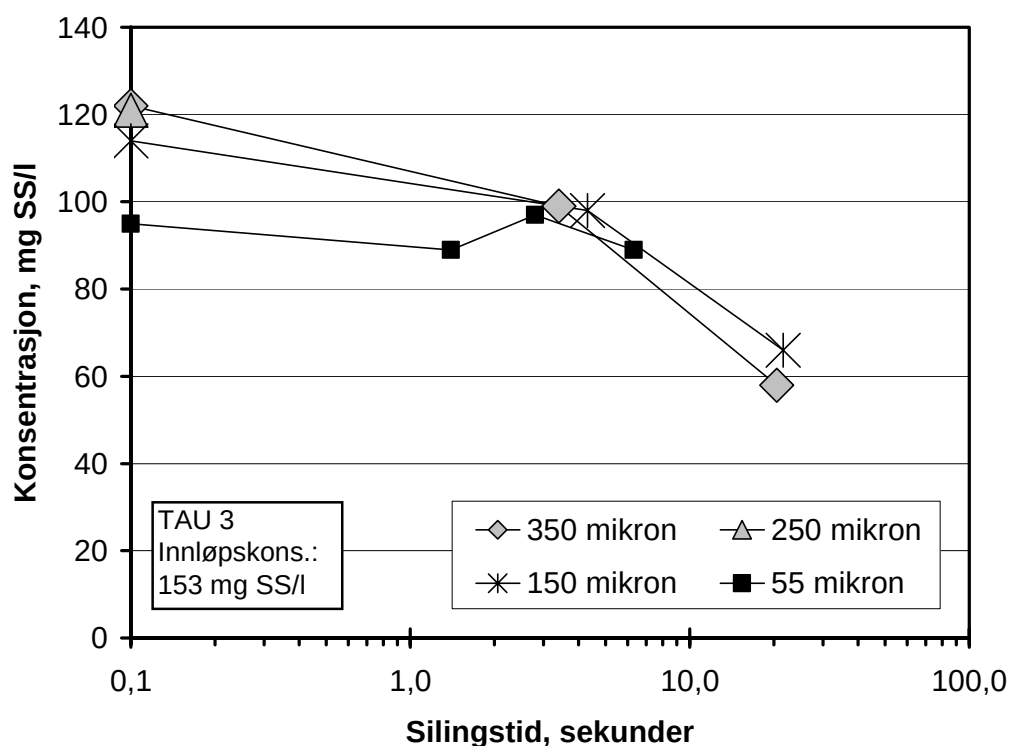


Figur 19. Fjerning av TCOD som funksjon av silingstid for batch 2 med avløpsvann fra TAU.

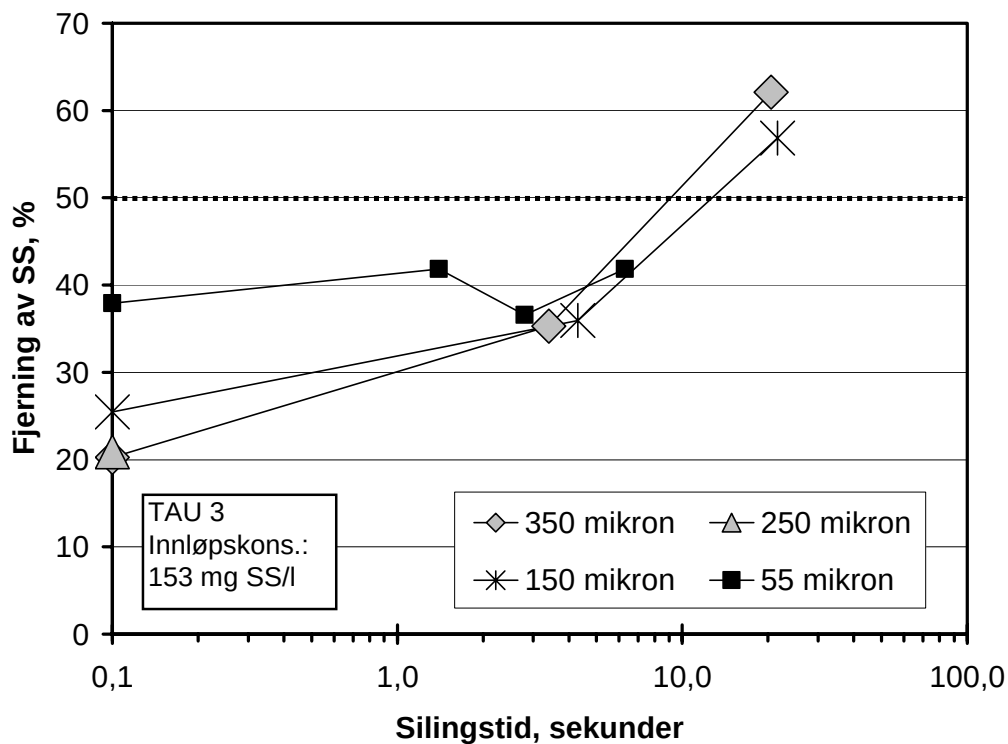
Avløpsvannet i batch 3 fra TAU var fremdeles tynt, men ikke like tynt som i batch 2. Andelen av partiklene som var større enn 250 mikron økte til 21 %. Dette bedret renseeffektene, sammenlignet med batch 2. Testing med filtermatte ble ikke utført med 250 mikron silduk, på grunn av for lite vann i batchen.

Utløpskonsentrasjoner og renseeffekter for batch 3 med avløpsvann fra TAU er vist som funksjon av silingstid i figurene 20, 21, 22 og 23. Ved silingstider under 6,3 sekunder varierte fjerningen av SS fra 20 % til 42 %. Figur 21 indikerer en minste silingstid på 12 sekunder for å oppnå 50 % fjerning av SS. Med silingstider på 21 til 22 sekunder ble det oppnådd gjennomsnittlig 60 % fjerning av SS.

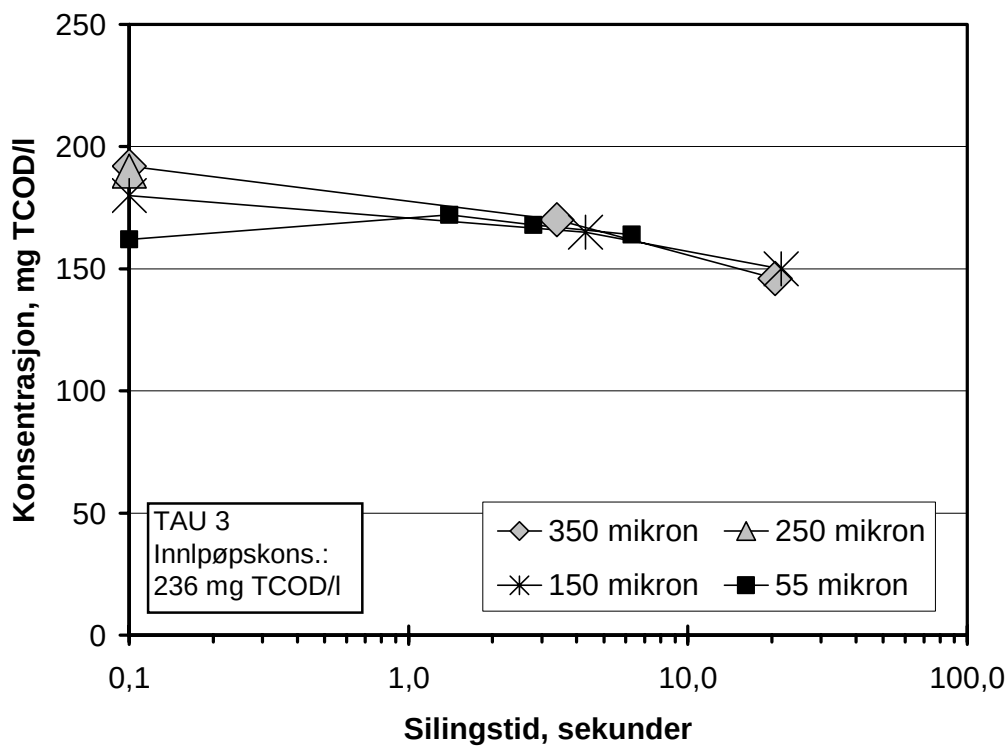
Som vist i figur 23 varierte fjerningen av TCOD 28 % til 31 % ved silingstider fra 2,8 til 6,3 sekunder. Ved silingstider over 20 sekunder ble det fjernet mer enn 35 % TCOD.



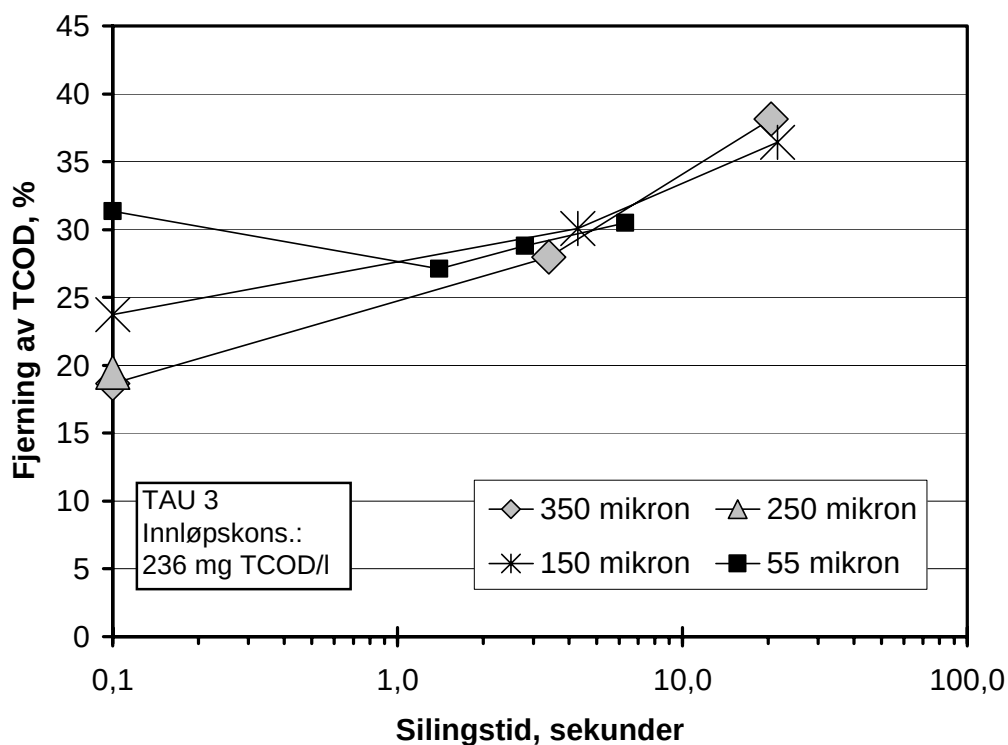
Figur 20. SS konsentrasjoner som funksjon av silingstid for batch 3 med avløpsvann fra TAU.



Figur 21. Fjerning av SS som funksjon av silingtid for batch 3 med avløpsvann fra TAU.



Figur 22. TCOD konsentrasjoner som funksjon av silingtid for batch 3 med avløpsvann fra TAU.



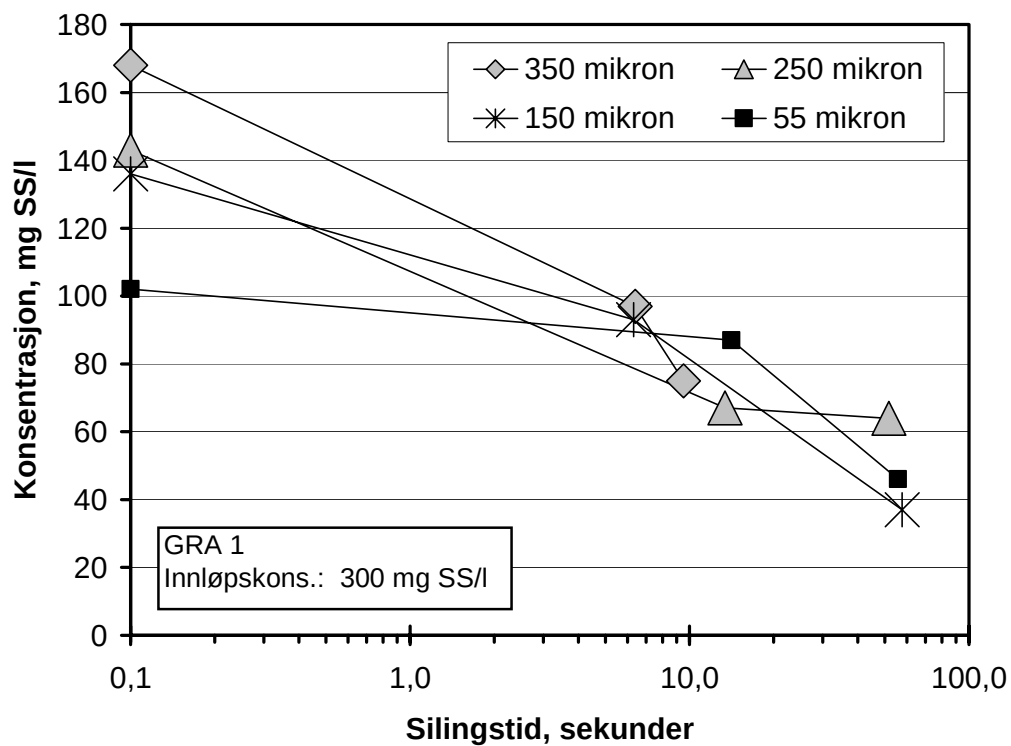
Figur 23. Fjerning av TCOD som funksjon av silingstid for batch 3 med avløpsvann fra TAU.

Gardermoen renseanlegg

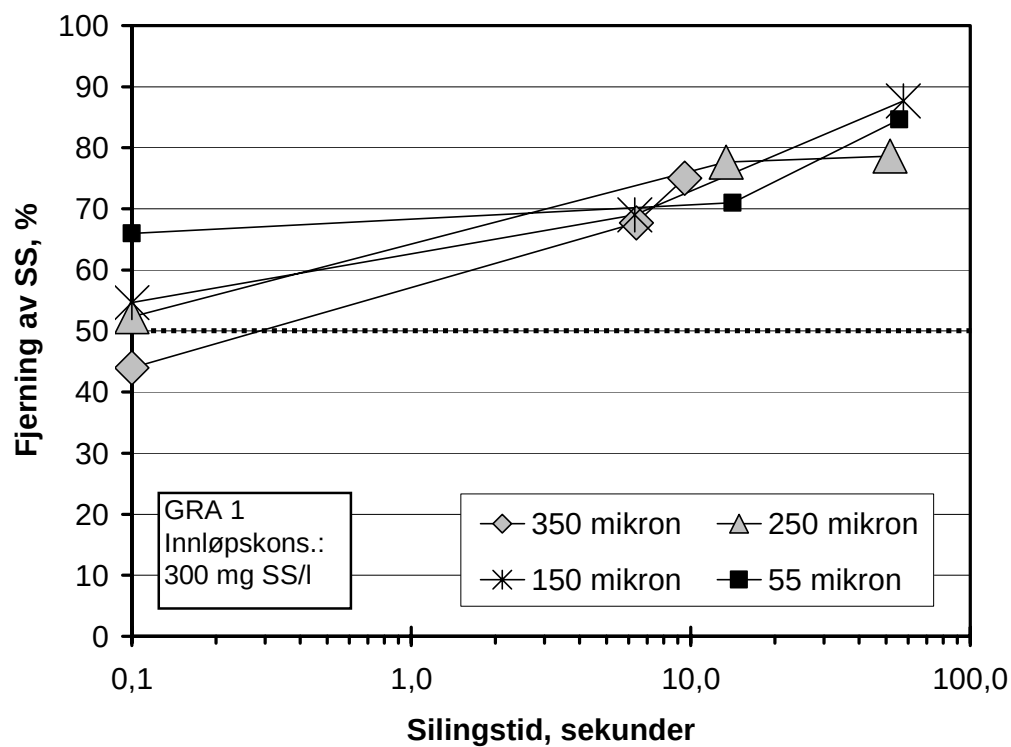
Det ble testet én batch med avløpsvann fra GRA. Dette avløpsvannet hadde normale innløpskonsentrasjoner. Et relativt lavt FCOD/TCOD-forhold på 0,24 og så mye som 52 % av SS bestående av partikler større enn 250 mikron, gjorde dette avløpsvannet meget velegnet for primærrensing med finsiler. Utløpskonsentrasjoner og renseeffekter er vist som funksjon av silingstid i figurene 24, 25, 26 og 27.

Med 6,3-6,4 sekunder silingstid var fjerningen av SS på 68-69 %. Gjennomsnittlig SS-fjerning med 55 sekunders silingstid var såpass høy som 84 %.

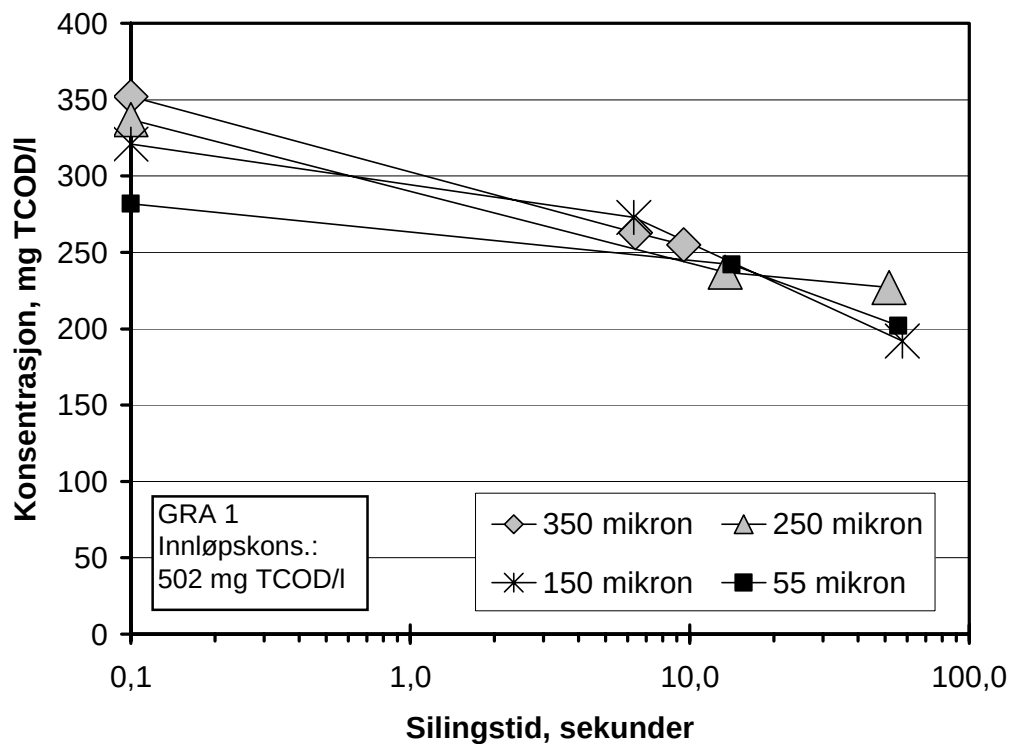
Fjerningen av TCOD var såpass høy som 46-48 % med 6,3-6,4 sekunders silingstid. Med 55 sekunders silingstid økte midlere renseeffekt for TCOD til 59 %.



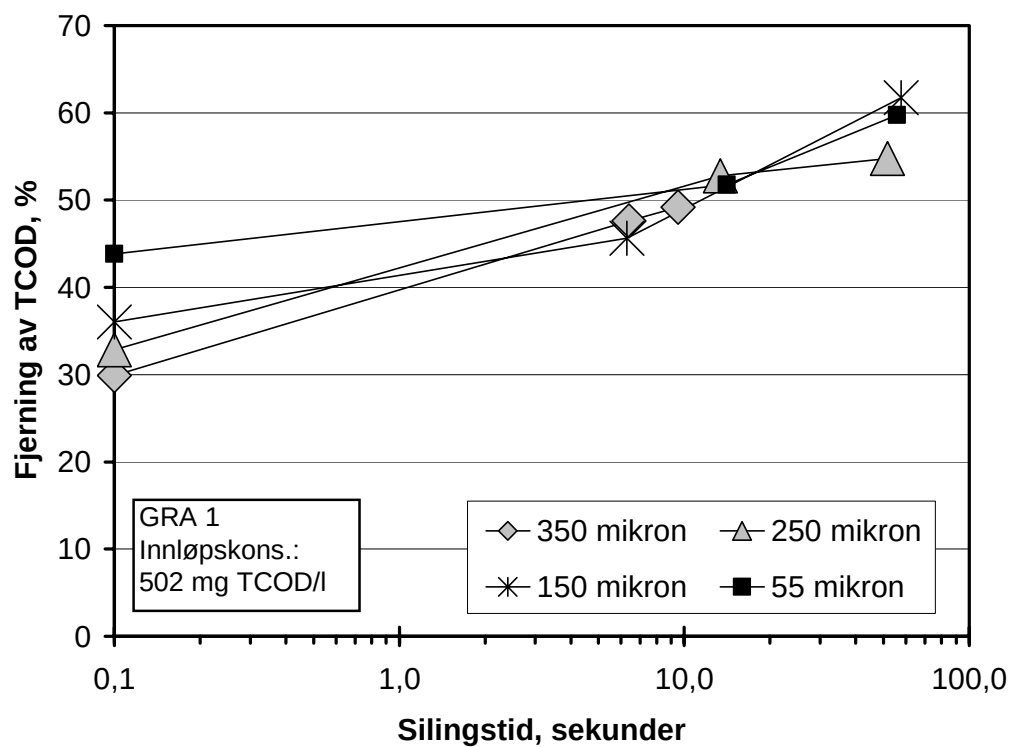
Figur 24. SS konsentrasjoner som funksjon av silingtid for avløpsvann fra GRA.



Figur 25. Fjerning av SS som funksjon av silingtid for avløpsvann fra GRA.



Figur 26. TCOD konsentrasjoner som funksjon av silingstid for avløpsvann fra GRA.



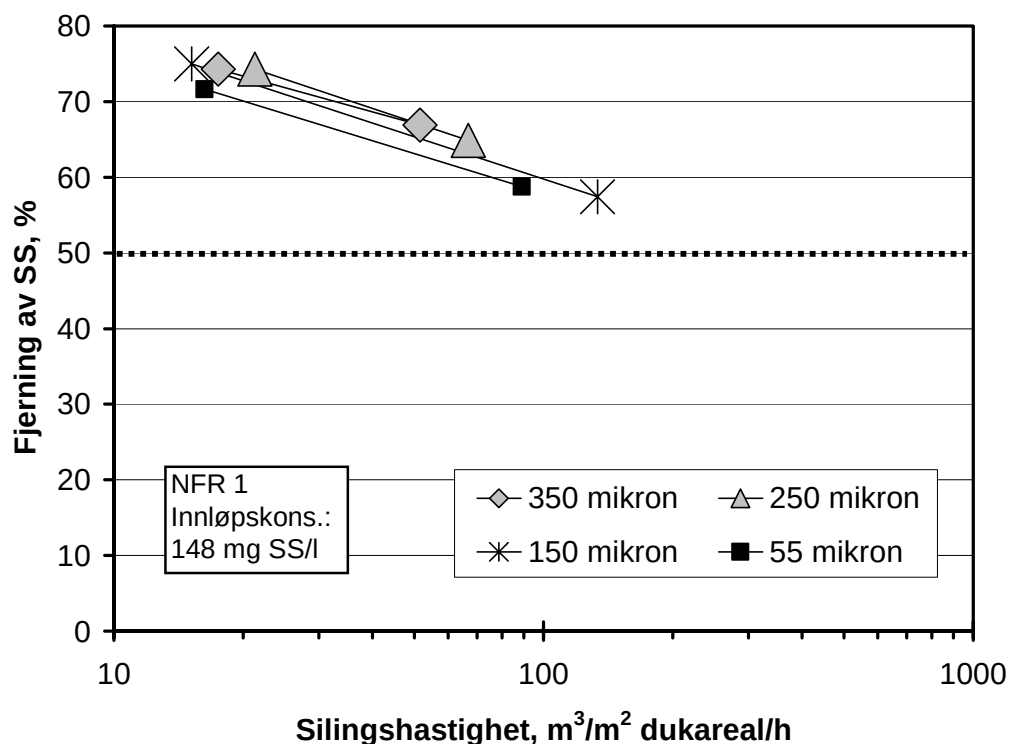
Figur 27. Fjerning av TCOD som funksjon av silingstid for avløpsvann fra GRA.

3.1.3. Silingshastighet

Silingshastigheter for "stikkprøvetesten" er ikke middelerverdier for den totale vannmengden som har gått gjennom silduken i den aktuelle testen, men øyeblikkshastigheten på det tidspunkt den enkelte vannprøve ble tatt. Silingshastighetene ble beregnet basert på vannmengden mellom 200 mm og 300 mm merket på testapparatet, sildukens overflateareal og tiden det tok for vannivået å synke fra 300 mm til 200 mm merket. Silingshastighetene er oppgitt som m^3 avløpsvann pr. m^2 sildukareal pr. time (m^3/m^2 dukareal/h).

Nordre Follo renseanlegg

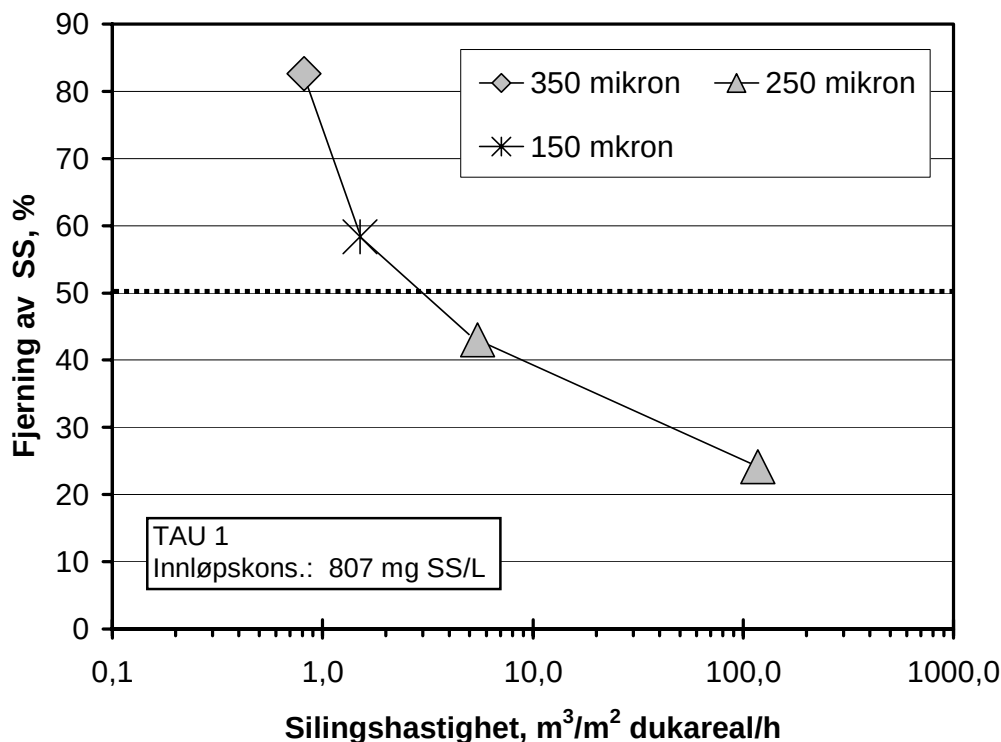
For avløpsvann fra NFR er fjerning av SS som funksjon av silingshastighet vist i figur 28. De forskjellige sildukene viste svært like resultater. Basert på figur 28 kan enhver silduk med lysåpning fra 55 til 350 mikron brukes for å oppnå 60 % fjerning av SS ved en silingshastighet på $90 \text{ m}^3/\text{m}^2$ dukareal/h. Dersom vi ønsker å øke fjerningen av SS til ca. 70 % indikerer figuren at silingshastigheten må reduseres til $25 \text{ m}^3/\text{m}^2$ dukareal/h. Videre indikerer en ekstrapolering av dataene at 50 % fjerning av SS kan oppnås med silingshastigheter opp mot $300\text{-}400 \text{ m}^3/\text{m}^2$ dukareal/h.



Figur 28. Fjerning av SS som funksjon av silingshastighet for avløpsvann fra NFR.

TAU renseanlegg

For batch 1 med avløpsvann fra TAU er fjerning av SS som funksjon av silingshastighet vist i figur 29. Denne batchen inneholdt mye septikslam, sluppet på ledningsnettet like oppstrøms renseanlegget, og resultatene viste at silingshastigheten måtte være mindre enn $2 \text{ m}^3/\text{m}^2$ dukareal/h for å klare mer enn 50 % fjerning av SS. Med 250 mikron silduk og bare 24 % fjerning av SS var imidlertid silingshastigheten nesten $120 \text{ m}^3/\text{m}^2$ dukareal/h. Dette var 60 ganger høyere enn den hydrauliske silkapasiteten for å klare 50 % fjerning av SS.



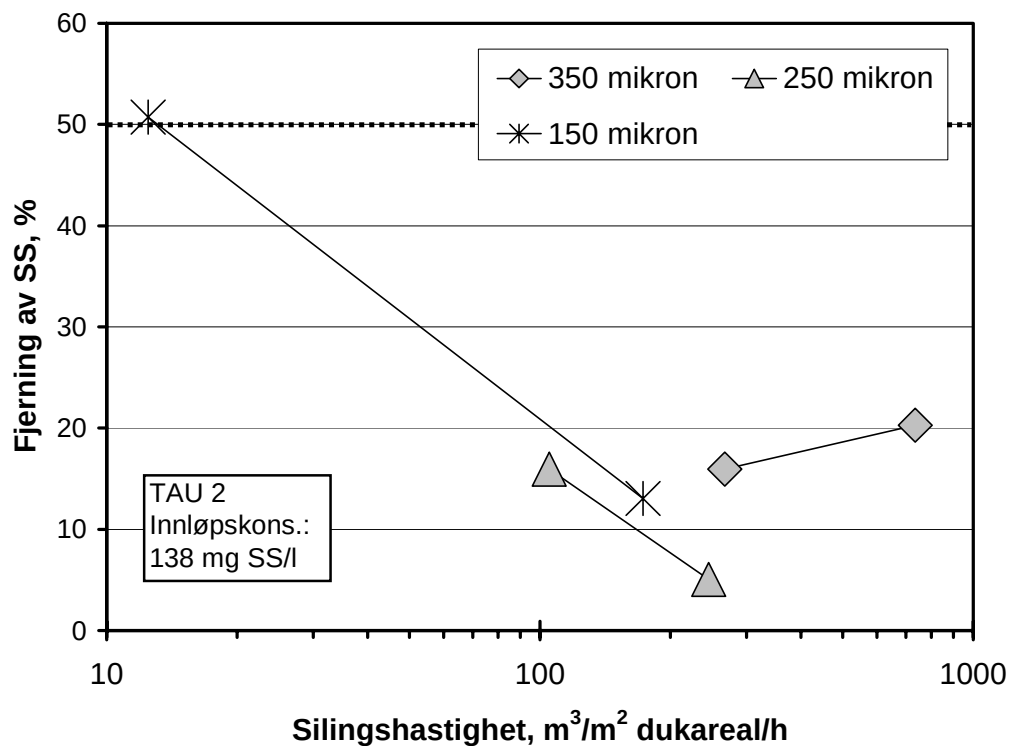
Figur 29. Fjerning av SS som funksjon av silingshastighet for batch 1 med avløpsvann fra TAU.

Fjerning av SS som funksjon av silingshastighet, er vist i figur 30 for batch 2 med avløpsvann fra TAU. Denne batchen hadde meget lav SS konsentrasjon og andelen SS bestående av partikler større enn 250 mikron var meget lav. Med 250 og 350 mikron silduker var det ikke nok store partikler i avløpsvannet til å bygge opp en filtermatte. Silingshastighetene med disse dukene var derfor meget høye, helt opp i 700 m³/m² dukareal/h. Ved disse hastighetene var imidlertid fjerningen av SS mindre enn 20 %. Med 150 mikron silduk var det mulig å bygge opp en filtermatte, men for å oppnå 51 % fjerning av SS var silingshastigheten bare 12,5 m³/m² dukareal/h.

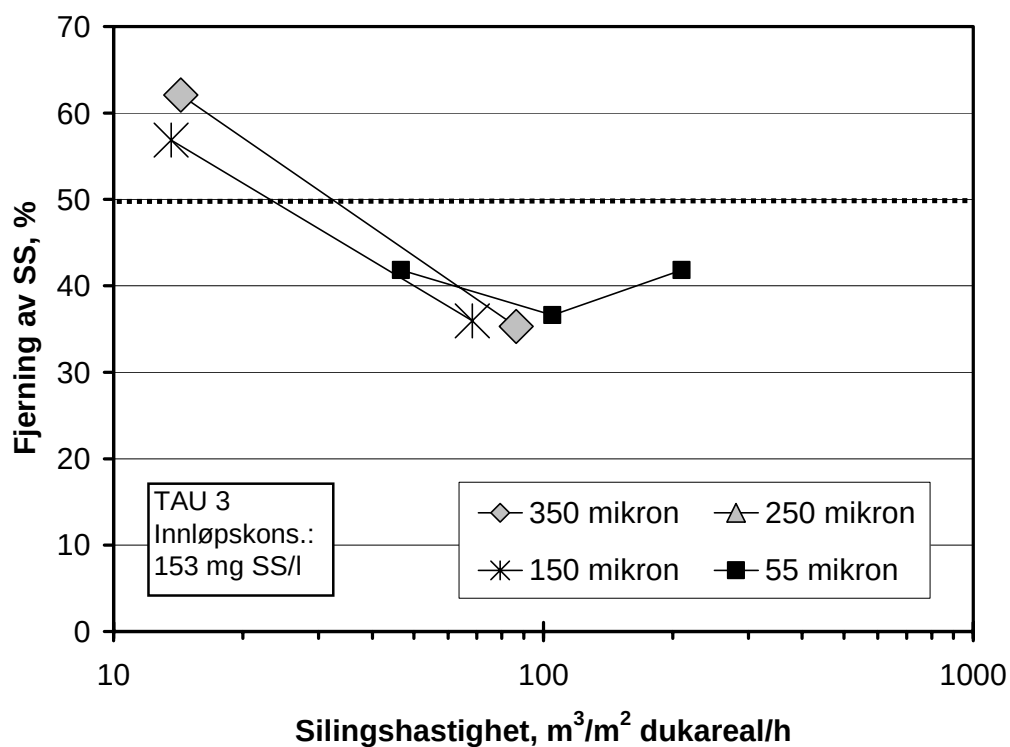
For batch 3 med avløpsvann fra TAU er fjerning av SS som funksjon av silingshastighet vist i figur 31. Resultatene indikerer at en silingshastighet på ca. 30 m³/m² dukareal/h var den høyeste hastigheten som kunne brukes for å klare 50 % fjerning av SS. Med en silingshastighet på 14 m³/m² dukareal/h var midlere renseeffekt for SS på ca. 60 %.

Gardermoen renseanlegg

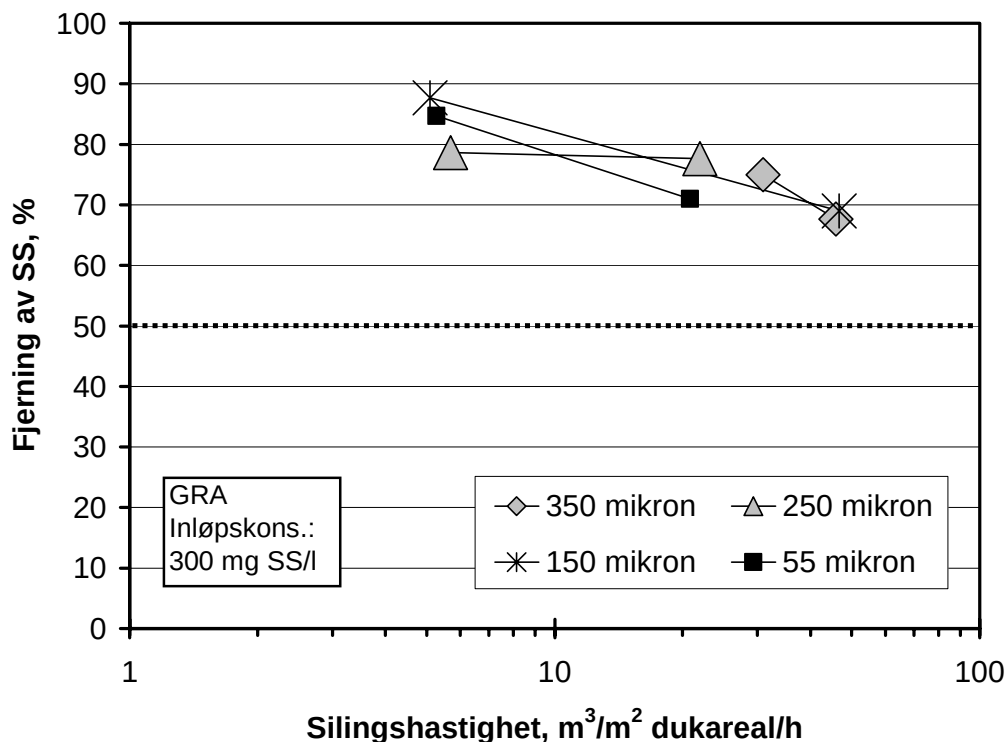
For avløpsvann fra GRA er fjerning av SS som funksjon av silingshastighet vist i figur 32. På samme måte som for NFR viste det seg at datapunktene stort sett falt langs en rett linje og at det ikke var noen større forskjeller mellom silduker med forskjellige lysåpninger. Resultatene indikerer at 70 % fjerning av SS kan oppnås med en silingshastighet på 40 m³/m² dukareal/h. Alle silingshastighetstestene oppnådde betydelig høyere fjerning av SS enn 50 %. Ekstrapolering av dataene i figur 32 indikerer imidlertid at 50 % fjerning av SS kan oppnås med silingshastigheter opp mot 300 m³/m² dukareal/h.



Figur 30. Fjerning av SS som funksjon av silingshastighet for batch 2 med avløpsvann fra TAU.



Figur 31. Fjerning av SS som funksjon av silingshastighet for batch 3 med avløpsvann fra TAU.



Figur 32. Fjerning av SS som funksjon av silingshastighet for avløpsvann fra GRA.

3.2. Sammenligning av stikkprøvetester og blandprøvetester

Avløpsvann for sammenligning av stikkprøvetester og blandprøvetester ble tatt etter innløpsrister på Nordre Follo renseanlegg. Sammensetningen av dette avløpsvannet er vist i tabell 2. Sammenlignet med den første batchen fra Nordre Follo renseanlegg (NFR 1) hadde denne batchen ca. 3 ganger høyere innløpskonsentrasjoner, men omtrent samme FCOD/TCOD-forhold. Partikkelstørrelsesfordeling med rene silduker ble ikke målt for batch NFR 2, men basert på testen med kortest filtreringstid var mindre enn 30 % av partiklene større enn 350 mikron. Til sammenligning var nesten 40 % av partiklene større enn 350 mikron for batch NFR 1.

Tabell 2. Sammensetning av avløpsvann tatt ut for sammenligning av stikkprøvetester og blandprøvetester.

Anlegg/ test	Tid for uttak av vann	Konsentrasjoner, mg/L			FCOD/ TCOD- forhold	Kommentarer
		SS	FCOD	TCOD		
NFR 2	09:30	414	221	882	0,25	Tørrvær

For å sammenligne de to testprosedyrene ble det kjørt forsøk og tatt prøver både i henhold til prosedyren for stikkprøvetester og i henhold til prosedyren for blandprøvetester (se pkt. 2.2.1 og 2.2.2). Resultatene fra disse testprosedyrene ble plottet som en funksjon av silingshastigheten over silduken.

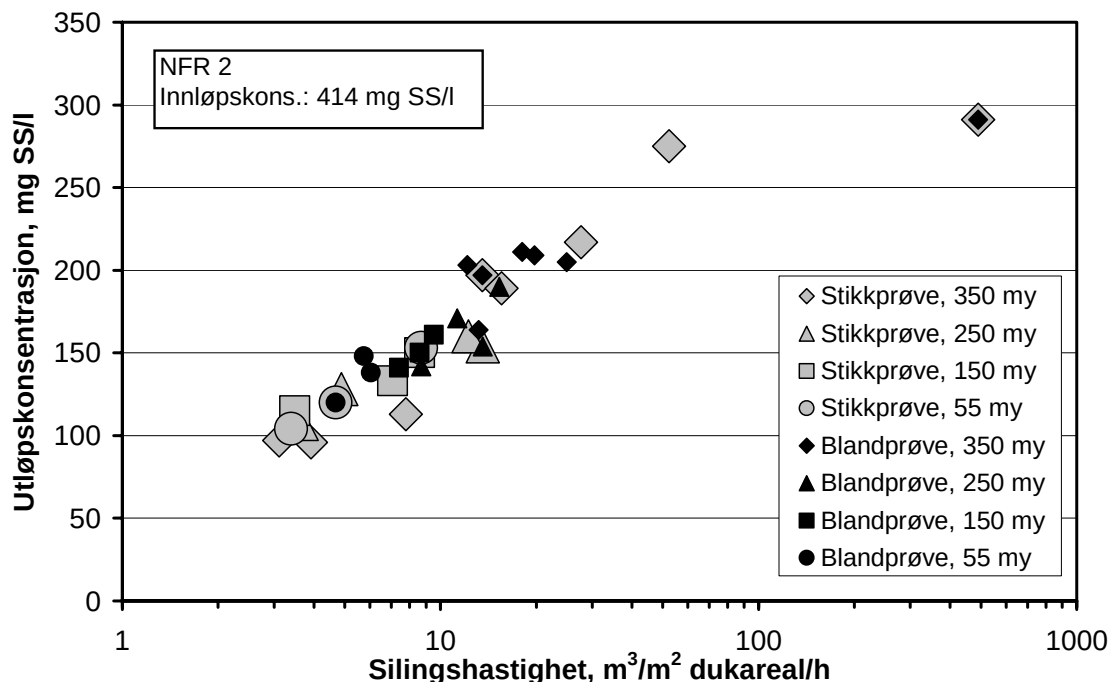
3.2.1. Silingshastighet

Silingshastigheter for "stikkprøvetesten" er ikke middelerverdier for den totale vannmengden som har gått gjennom silduken i den aktuelle testen, men øyeblikkshastigheten på det tidspunkt den enkelte vannprøve ble tatt. Silingshastighetene ble beregnet basert på vannmengden mellom 200 mm og 300 mm merket på testapparatet, sildukens overflateareal og tiden det tok for vannivået å synke fra 300 mm til 200 mm merket. Silingshastighetene er oppgitt som m^3/m^2 dukareal/h.

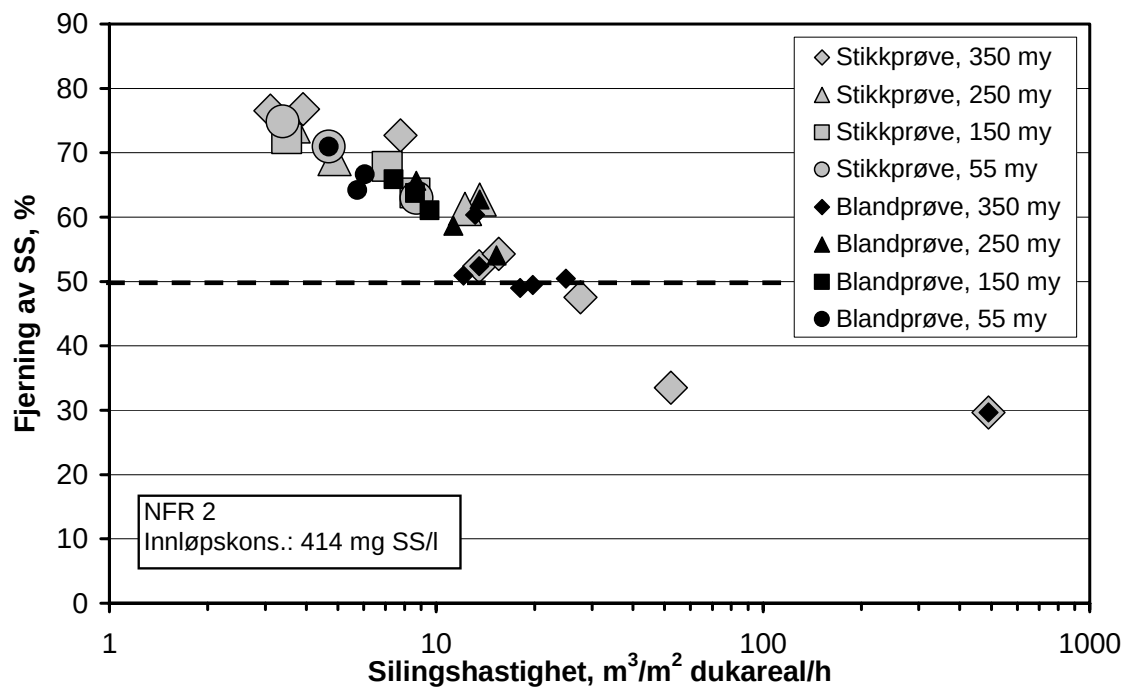
For "blandprøvetesten" er silingshastigheten middelervdien for den totale vannmengden som har gått gjennom silduken. Sildukens overflateareal, summen av vannmengdene mellom 200 mm og 300 mm merket på testapparatet, og summen av tidene for hver gang vannivået sank fra 300 mm merket til 200 mm merket, ble brukt til å beregne silingshastigheten.

Figurene 33 og 34 viser henholdsvis utløpskonsentrasjoner og renseeffekter for SS, som funksjon av silingshastighet. Med filtermatte på silduken var det svært liten spredning i resultatene. Alle datapunktene falt langs en rett linje. Utløpskonsentrasjoner og renseeffekter var kun en funksjon av silingshastighet og praktisk talt uavhengig av sildukens lysåpning. De to datapunktene lengst ut til høyre i figurene 33 og 34 ble i praksis kjørt uten (eller med svært tynn) filtermatte ved en silingshastighet på $490 \text{ m}^3/\text{m}^2$ dukareal/h.

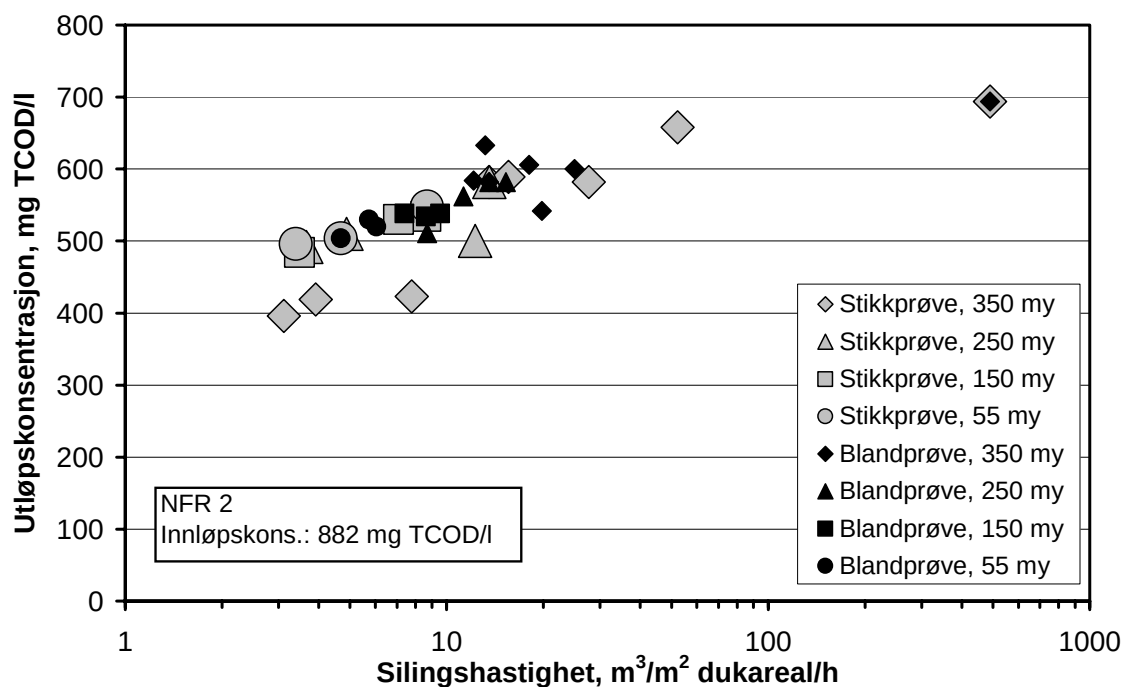
Figurene 35 og 36 viser henholdsvis utløpskonsentrasjoner og renseeffekter for TCOD, som funksjon av silingshastighet. Spredningen var noe større enn for SS. Det var imidlertid en meget klar tendens til at utløpskonsentrasjoner og renseeffekter for TCOD kun var en funksjon av silingshastighet og praktisk talt uavhengig av sildukens lysåpning.



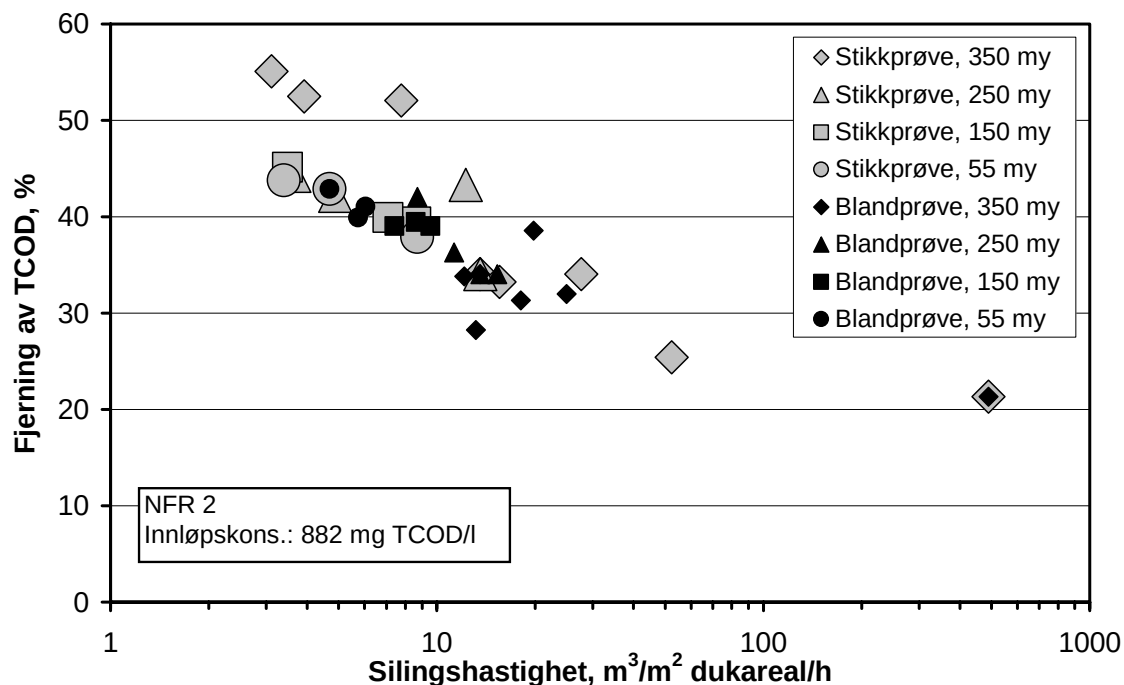
Figur 33. SS konsentrasjoner som funksjon av silingshastighet for avløpsvann fra batch 2 fra NFR.



Figur 34. Fjerning av SS som funksjon av silingshastighet for avløpsvann fra batch 2 fra NFR.



Figur 35. TCOD konsentrasjoner som funksjon av silingshastighet for avløpsvann fra batch 2 fra NFR.



Figur 36. Fjerning av TCOD som funksjon av silingshastighet for avløpsvann fra batch 2 fra NFR.

Resultatene i figurene 33 til 36 viser at "stikkprøvetesten" og "blandprøvetesten" i praksis ga helt like resultater. Dermed kan vi beregne renseeffekter som funksjon av silingshastighet, ved kun å ta stikkprøver av vannet som siles gjennom en silduk i testapparaturen. Dette er en stor fordel, siden "stikkprøvetesten" er betydelig mindre arbeidskrevende enn "blandprøvetesten". Alle etterfølgende tester i liten skala ble derfor kjørt etter prosedyren for "stikkprøvetesten".

Sammenlignet med resultatene fra batch 1 med avløpsvann fra NFR (se figur 28), var fjerningen av SS ved like silingshastigheter lavere for batch 2. En av årsakene til dette var lavere andel i batch 2 av partikler som var større enn 350 mikron. Nesten 3 ganger høyere SS konsentrasjon i batch 2 enn i batch 1, bidrar også til redusert hydraulisk kapasitet for de forskjellige sildukene. Figur 34 viser at såpass høye renseeffekter som 75 % for SS kunne oppnås når silingshastigheten var såpass lav som 3,5-4,0 m³/m² dukareal/h. Ved silingshastigheter over 25 m³/m² dukareal/h falt renseeffekten for SS under 50 %.

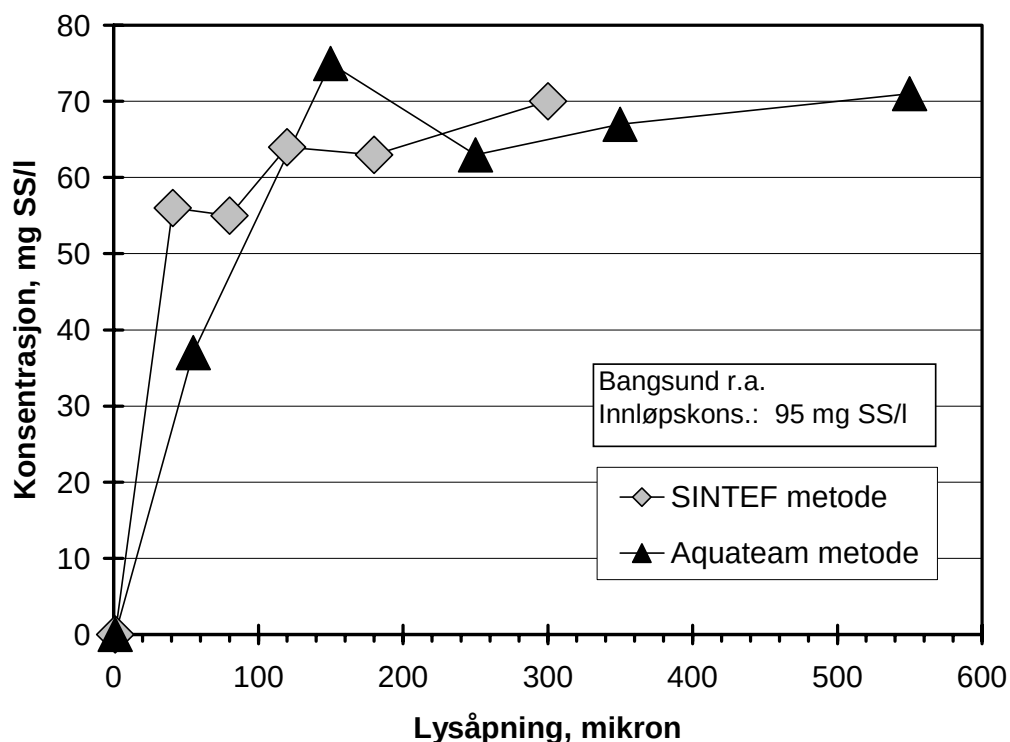
4. Tester i Namsos-regionen

For dette prosjektet ble det kjørt benke-skala tester på Bangsund renseanlegg og Tiendeholmen renseanlegg i Namsos kommune. I den perioden forsøkene ble gjennomført var det unormalt mye nedbør, slik at avløpsvannet var meget tynt.

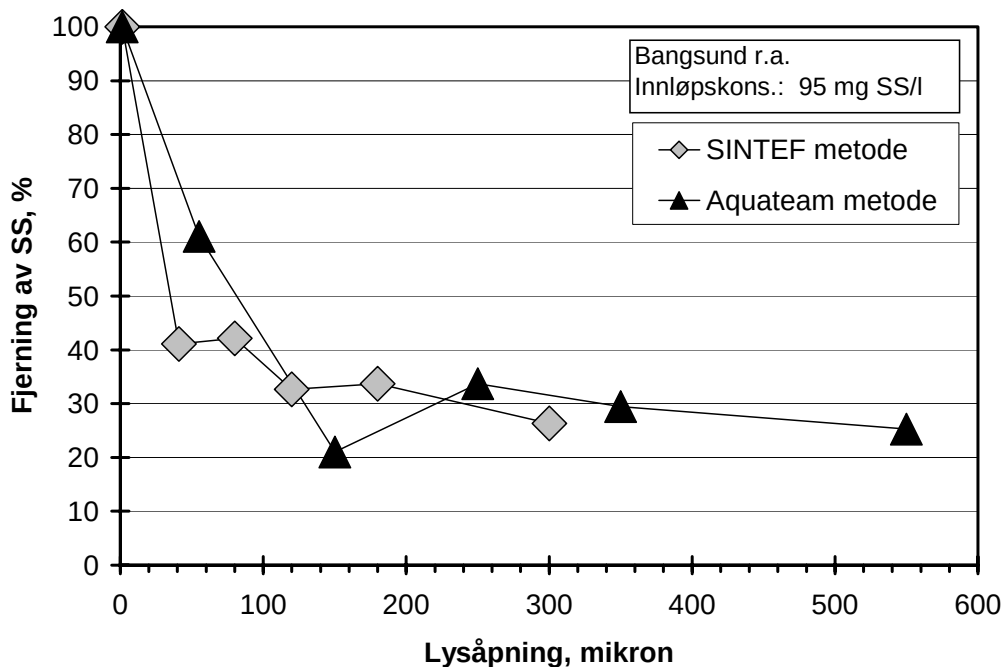
4.1. Sammenligning av SINTEF-testen og Aquateams testutstyr kjørt uten filtermatte

Med en batch avløpsvann fra Bangsund renseanlegg ble SINTEFs metode for karakterisering av avløpsvann sammenlignet med resultatene fra Aquateams testutstyr når dette kjøres uten filtermatte på sildukene. Det vil si at resultatene fra SINTEF-metoden ble sammenlignet med resultatene fra den første literen av avløpsvann som gikk gjennom en nyvasket silduk i Aquateams testutstyr.

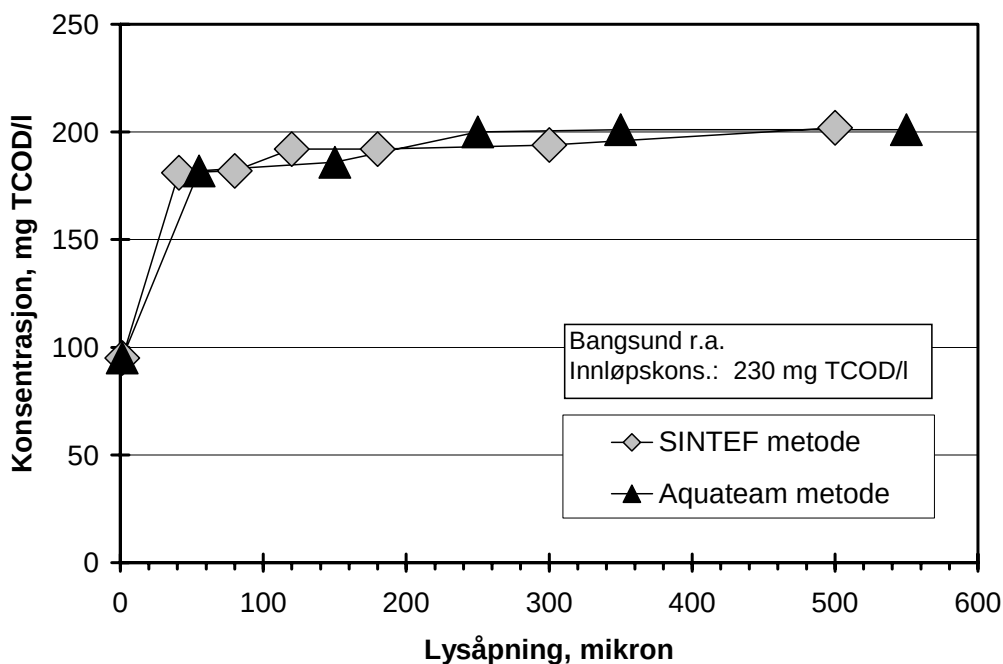
Aquateams utstyr ble kjørt med silduker som hadde lysåpninger på 55, 150, 250, 350 og 550 mikron. SINTEF testen ble kjørt med SEFARNITEX nylonnett med lysåpninger på 41, 80, 120, 180, 300 og 500 mikron. Innløpskonsentrasjonene for avløpsvannet var på 95 mg SS/l, 230 mg TCOD/l og 95 mg FCOD/l. Dette gir et FCOD/TCOD-forhold på 0,41. Resultatet av testene er vist i figurene 37, 38, 39 og 40. Pr. definisjon har avløpsvannet filtrert gjennom Whatman GF/C-filterene null konsentrasjon av SS og av partikulær COD.



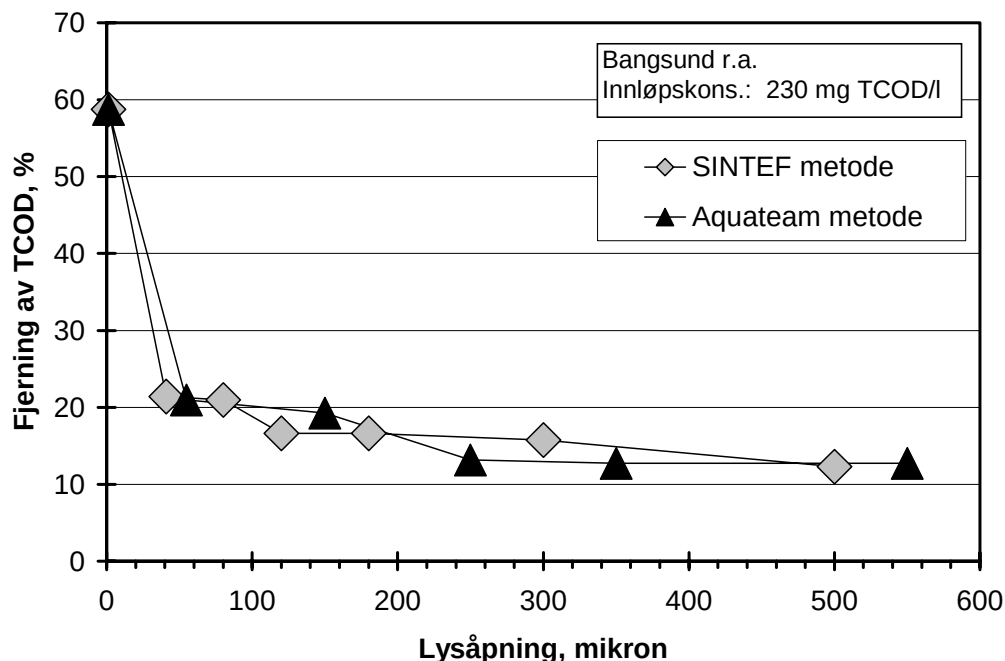
Figur 37. SS konsentrasjon som funksjon av lysåpning, ved karakterisering av avløpsvann fra Bangsund renseanlegg med henholdsvis SINTEF-metoden og Aquateam-metoden.



Figur 38. Fjerning av SS som funksjon av lysåpning, ved karakterisering av avløpsvann fra Bangsund renseanlegg med henholdsvis SINTEF-metoden og Aquateam-metoden.



Figur 39. TCOD konsentrasjon som funksjon av lysåpning, ved karakterisering av avløpsvann fra Bangsund renseanlegg med henholdsvis SINTEF-metoden og Aquateam-metoden.



Figur 40. Fjerning av TCOD som funksjon av lysåpning, ved karakterisering av avløpsvann fra Bangsund renseanlegg med henholdsvis SINTEF-metoden og Aquateam-metoden.

Uheldigvis var det noe spredning i SS resultatene, men vi antar at den noe høye konsentrasjonen med 150 mikron duk og noe lave konsentrasjonen med 55 mikron duk i Aquateam-testen skyldes unøyaktige analyser. En feilmargen på 10-15 mg SS/l er lite for denne type analyser, og med tynt avløpsvann kan dette gi relativt store utslag. At de to testmetodene i praksis gir samme resultat bekreftes av TCOD-analysene, som viste helt like verdier for de to testmetodene.

Det interessante med den aktuelle batchen med avløpsvann er at den inneholdt svært få partikler, bare ca. 15 mg SS/l, i størrelsesområdet fra 41 til 550 mikron. Den inneholdt også relativt få partikler større enn 550 mikron. Andelen partikulær COD i området fra 41 til 550 mikron var også meget lav, og utgjorde ca. 20 mg/l.

Uten filtermatte på silene viser de gjennomførte testene at men med dette avløpsvannet bare kunne oppnå fra 25 til 42 % fjerning av SS ved å bruke silduker med lysåpninger fra 550 til 41 mikron. Tilsvarende renses effekter for TCOD varierte fra 12 til 21 %.

For en første karakterisering av avløpsvann for siling kan SINTEF-testen benyttes. Denne er enkel å utføre og kan gjøres med standard filtreringsutstyr, så lenge man får tak i nylonnett med ønskede lysåpninger. For en mer omfattende testing, som også inkluderer hva som kan oppnås med filtermatte på sildukene, må testutstyret utviklet av Aquateam benyttes. Dersom dette utstyret skal benyttes uansett, vil resultatene fra den første literen med prøve som går gjennom en nyvasket silduk gi samme resultat som forsøk utført etter SINTEF-metoden.

4.2. Benkeskala tester ved Bangsund renseanlegg

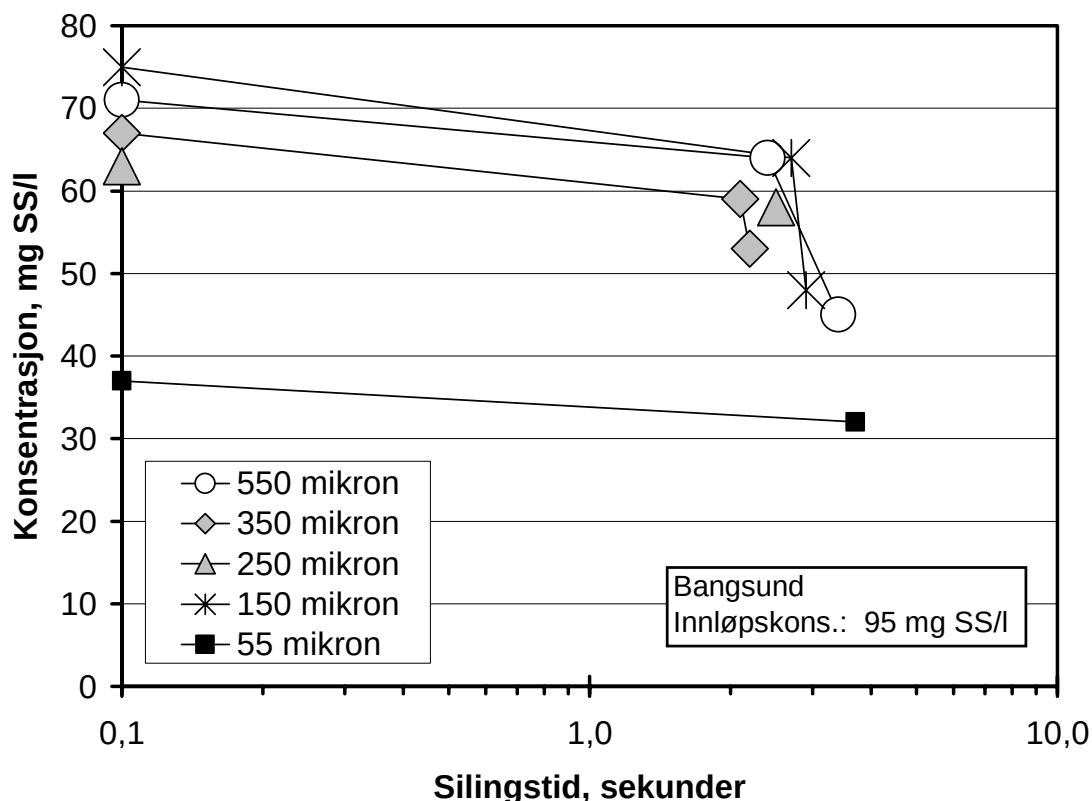
Benkeskala forsøk ved Bangsund renseanlegg ble kjørt etter prosedyrene for "stikkprøvetesten". Beskrivelse av innkommende avløpsvann og målte utløpskonsentrasjoner og renses effekter uten filtermatte på sildukene, er tidligere omtalt i pkt. 4.1 og vil ikke bli gjentatt her.

4.2.1. Utløpskonsentrasjoner og renseeffekter med filtermatte på silduken

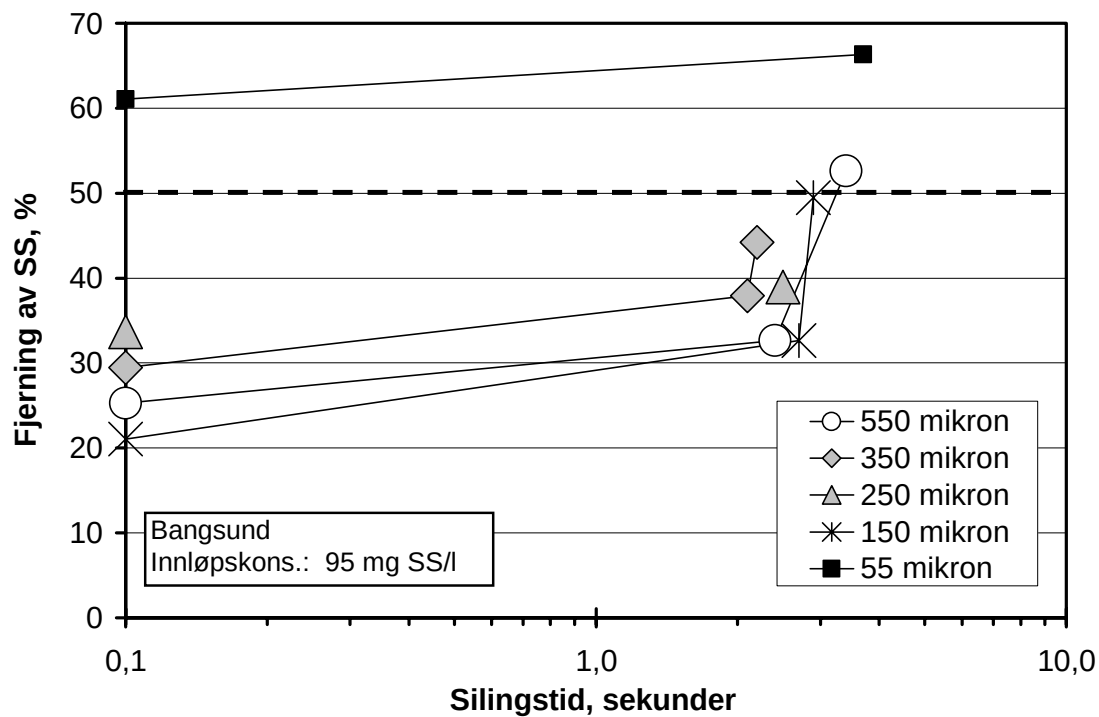
For Bangsund renseanlegg er konsentrasjoner og renseeffekter som funksjon av silingstider vist i figurene 41, 42, 43 og 44. På grunn av det tynne avløpsvannet gikk det med mye vann for å prøve å bygge opp en filtermatte på sildukene. I den grad det ble etablert en filtermatte var denne meget tynn, og silingstidene var derfor hele tiden meget korte. De lengste silingstidene var mellom 3 og 4 sekunder. Filtermattene for disse silingstidene var bygd opp av 34 liter avløpsvann for silduken med 550 mikron lysåpning og 15 liter avløpsvann for silduken med 55 mikron lysåpning.

For silduken med 55 mikron lysåpning ble det oppnådd over 50 % fjerning av SS. For alle de andre sildukene var det kun silduken med 550 mikron lysåpning som kom over 50 % fjerning av SS, fordi denne silduken hadde den lengste silingstiden på 3,4 sekunder. Med nest lengst silingstid (2,9 sekunder) klarte silduken med 150 mikron lysåpning 49,5 % fjerning av SS.

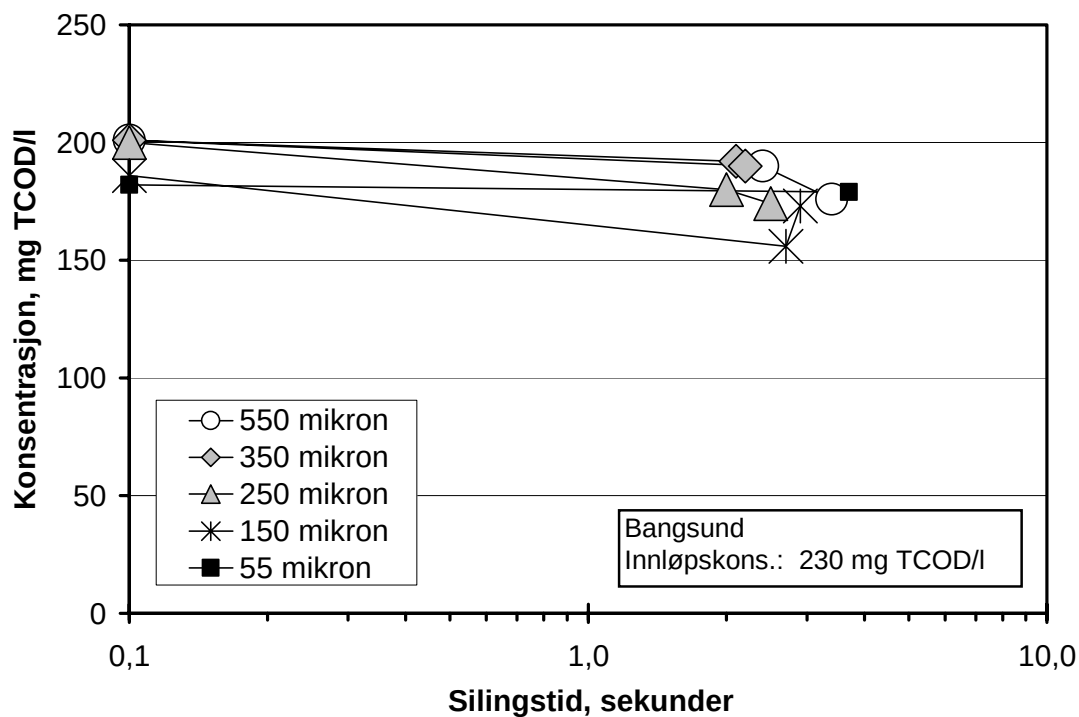
Med den tynne filtermatten i disse forsøkene ble det observert en svak reduksjon i konsentrasjonene av TCOD. Med tynt avløpsvann vil små unøyaktigheter i analysene kunne gi relativt store utslag i beregnede renseeffekter. For alle målinger med silingstider fra 2,0 til 3,7 sekunder, var midlere fjerning av TCOD på 22 %.



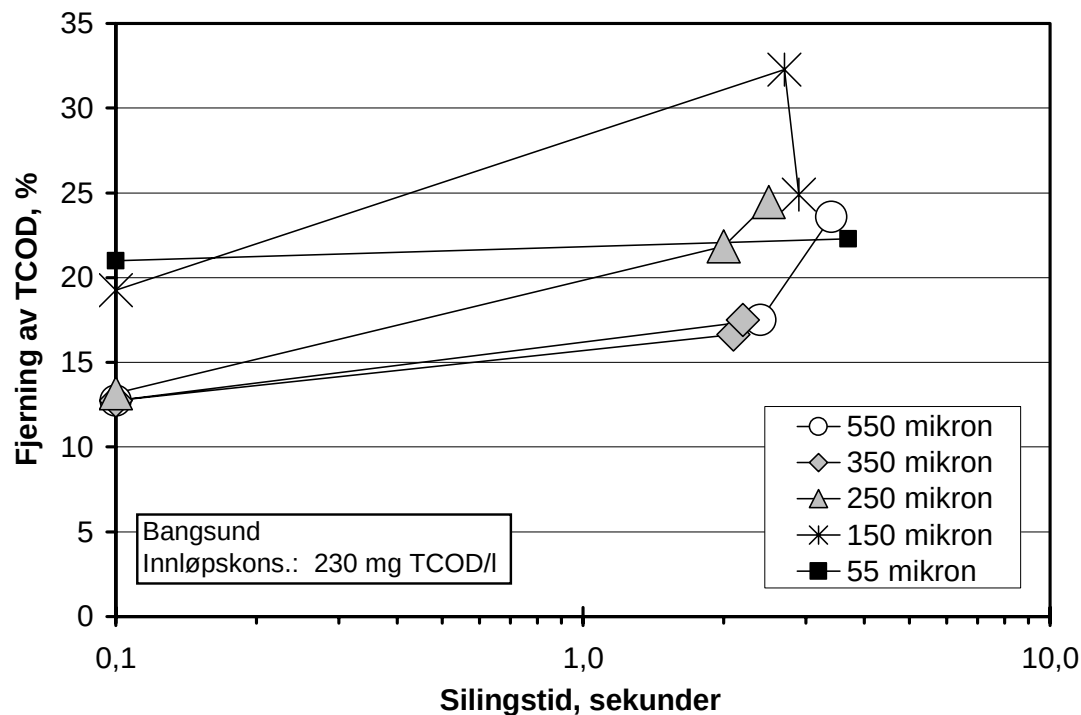
Figur 41. SS konsentrasjoner som funksjon av silingstid for avløpsvann fra Bangsund renseanlegg.



Figur 42. Fjerning av SS som funksjon av silingtid for avløpsvann fra Bangsund renseanlegg.



Figur 43. TCOD konsentrasjoner som funksjon av silingtid for avløpsvann fra Bangsund renseanlegg.

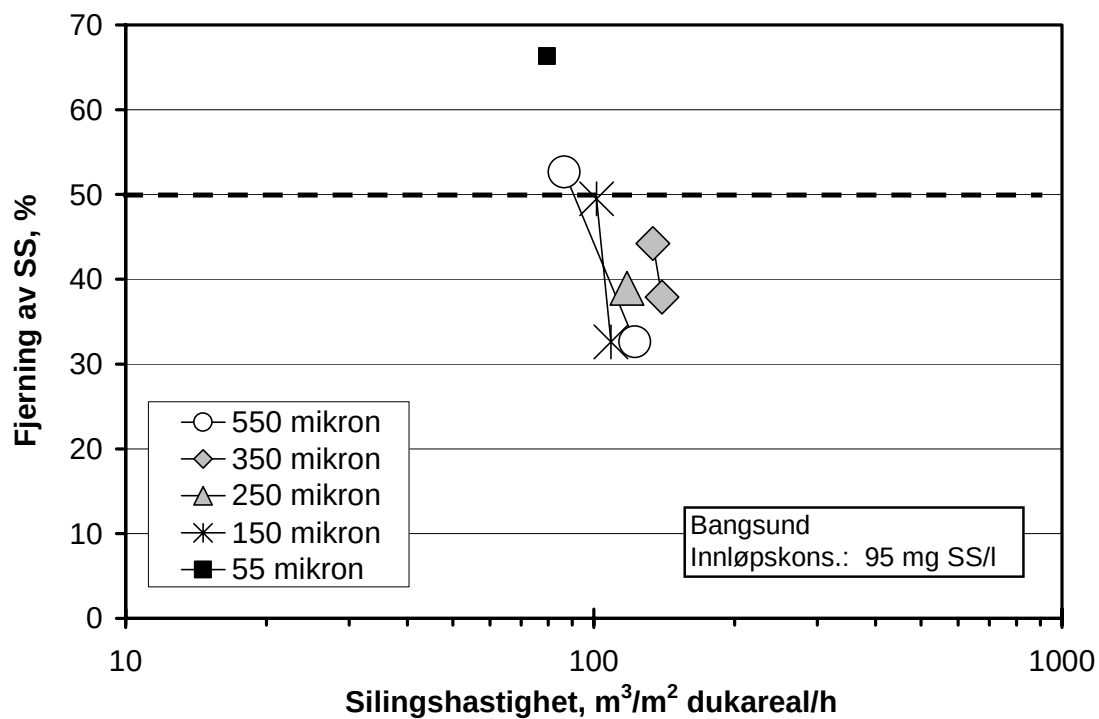


Figur 44. Fjerning av TCOD som funksjon av silingstid for avløpsvann fra Bangsund renseanlegg.

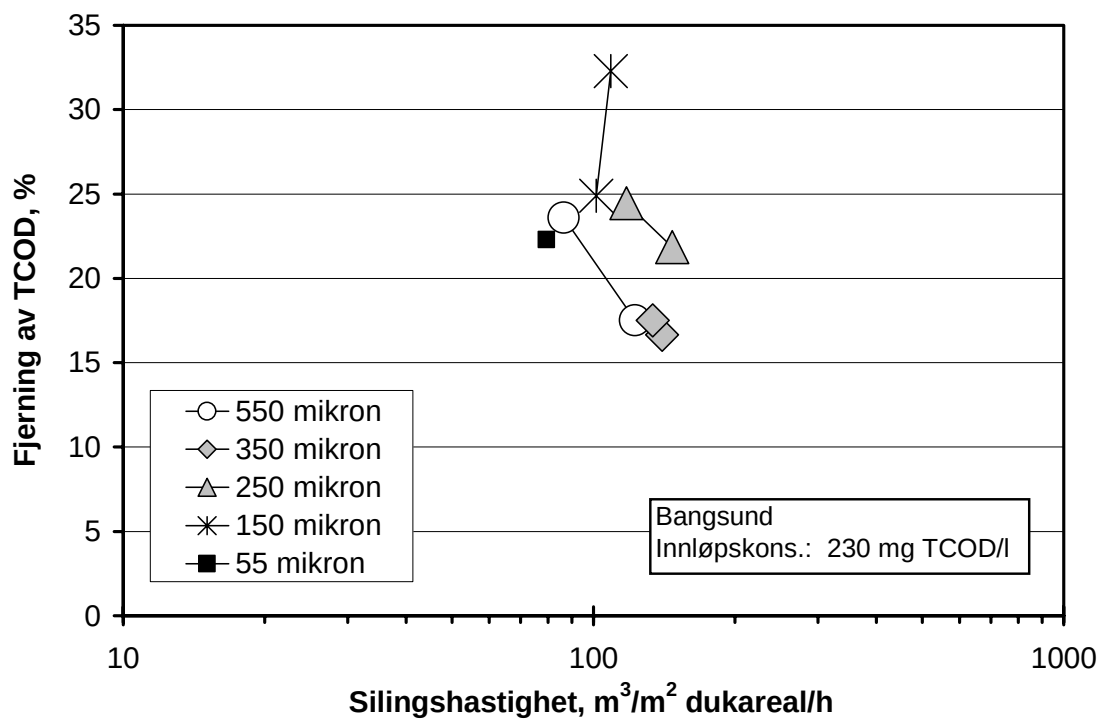
4.2.2. Silingshastighet

Figurene 45 og 46 viser renseeffekter for henholdsvis SS og TCOD som funksjon av silingshastighet ved testing av avløpsvann fra Bangsund renseanlegg. For å klare 50 % fjerning av SS måtte silingshastigheten være mindre enn $100 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ dukareal/h}$.

Fjerningen av TCOD var hele tiden relativt lav. Gjennomsnittlig renseeffekt for datapunktene i figur 46 var 22 % ved en gjennomsnittlig silingshastighet på $115 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ dukareal/h}$.



Figur 45. Fjerning av SS som funksjon av silingshastighet for avløpsvann fra Bangsund renseanlegg.



Figur 46. Fjerning av TCOD som funksjon av silingshastighet for avløpsvann fra Bangsund renseanlegg.

4.3. Benkeskala tester ved Tiendeholmen renseanlegg

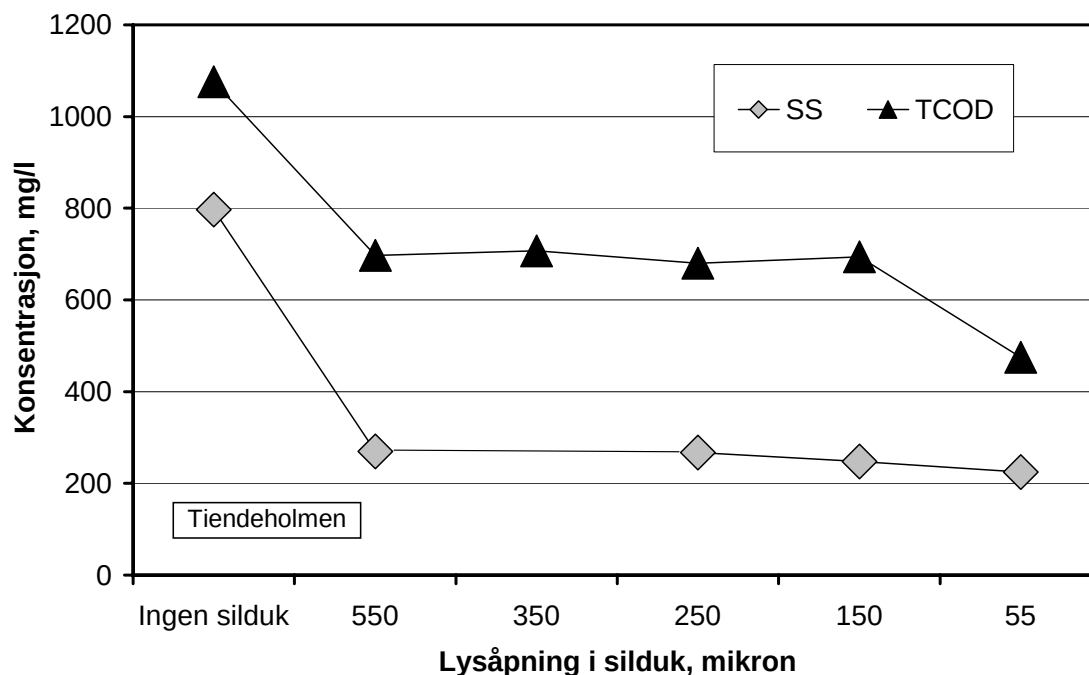
Benkeskala forsøk ved Tiendeholmen renseanlegg ble kjørt etter prosedyrene for "stikkprøvetesten". Til tross for mye nedbør var avløpsvannet i den aktuelle batchen meget konsentrert. Dette skyldes tilførsel av en stor andel industriavløpsvann. Ubehandlet avløpsvann var sterkt farget og inneholdt mye fettperler.

Innløpskonsentrasjonene for det testede avløpsvannet var 797 mg SS/l, 1076 mg TCOD/l og 310 mg FCOD/l. Dette gir et FCOD/TCOD-forhold på 0,29. Avløpsvannet ble tatt fra utløpet av sandfanget på renseanlegget.

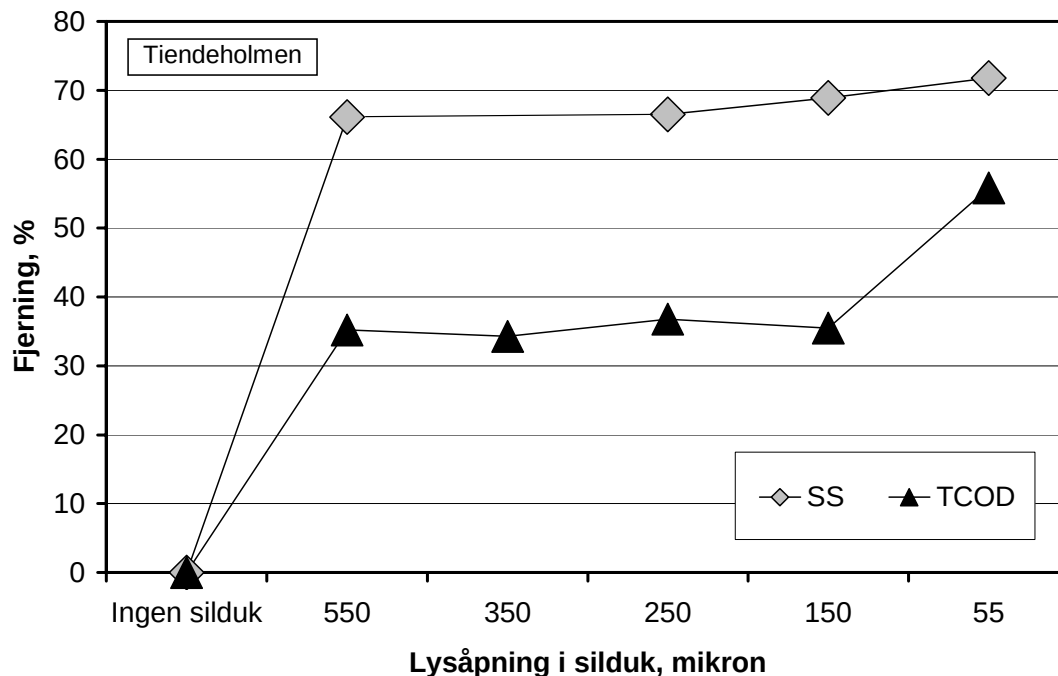
4.3.1. Utløpskonsentrasjoner og renseeffekter uten filtermatte

Utløpskonsentrasjoner og renseeffekter uten filtermatte på sildukene ble målt ved å ta prøver av den første literen med avløpsvann som gikk gjennom en renvasket silduk. Konsentrasjoner og renseeffekter for SS og TCOD er vist i henholdsvis figur 47 og 48.

Det framgår av figur 47 at bare 22 mg SS/l fantes i området fra 550 mikron til 150 mikron, og dette utgjorde bare 2,8 % av SS-innholdet i innkommende avløpsvann. Konsentrasjonene av TCOD var nesten like etter siling gjennom duker med lysåpninger fra 550 mikron til 150 mikron. Med 55 mikron silduk ble det målt en klar reduksjon i TCOD, men dette antas å være en målefeil, både fordi endringen i SS-konsentrasjon var liten og fordi senere målinger med filtermatte og betydelig SS-reduksjon konsekvent viste høyere TCOD-konsentrasjoner.



Figur 47. Konsentrasjoner av SS og TCOD for ubehandlet avløpsvann og etter passering gjennom silduker med angitt lysåpning. Gjelder avløpsvann fra Tiendeholmen renseanlegg, målt med rene silduker, uten filtermatte.



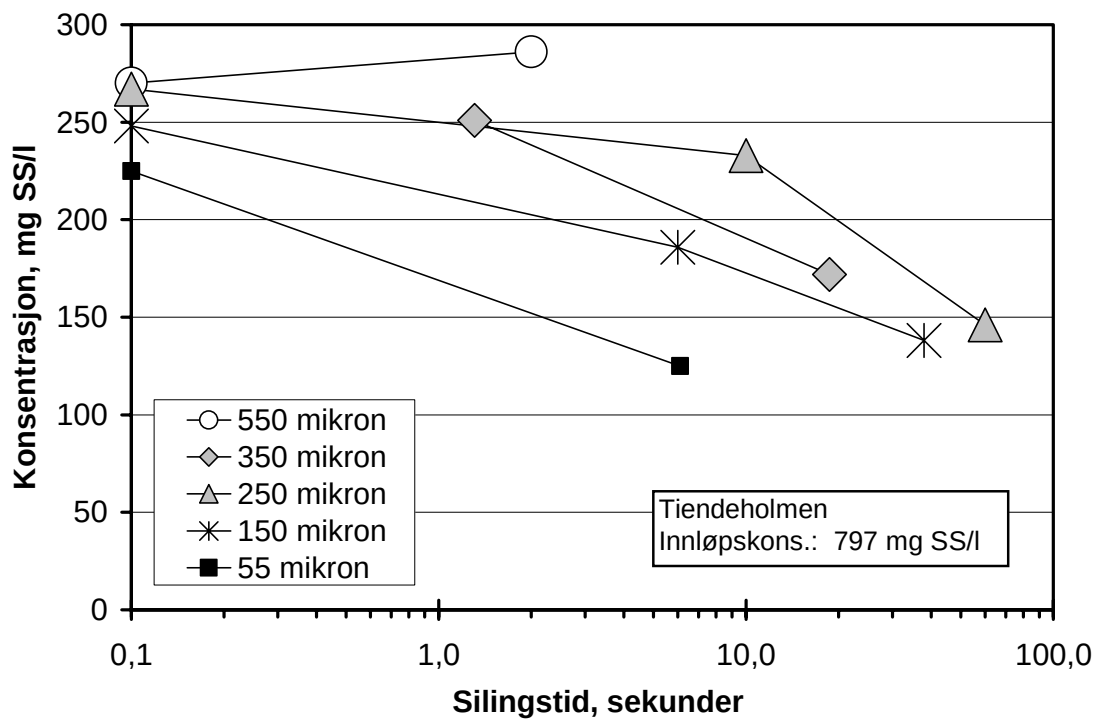
Figur 48. Fjerning av SS og TCOD etter passering gjennom silduker med angitt lysåpning. Gjelder avløpsvann fra Tiendeholmen renseanlegg, målt med rene silduker, uten filtermatte.

Figur 48 viser at 66 % av partiklene i avløpsvannet var større enn 550 mikron, og at alle de testede sildukene derfor vil gi mer enn 50 % fjerning av SS. For TCOD ble det oppnådd ca. 35 % reduksjon ved bruk av rene silduker med lysåpninger fra 550 mikron til 150 mikron.

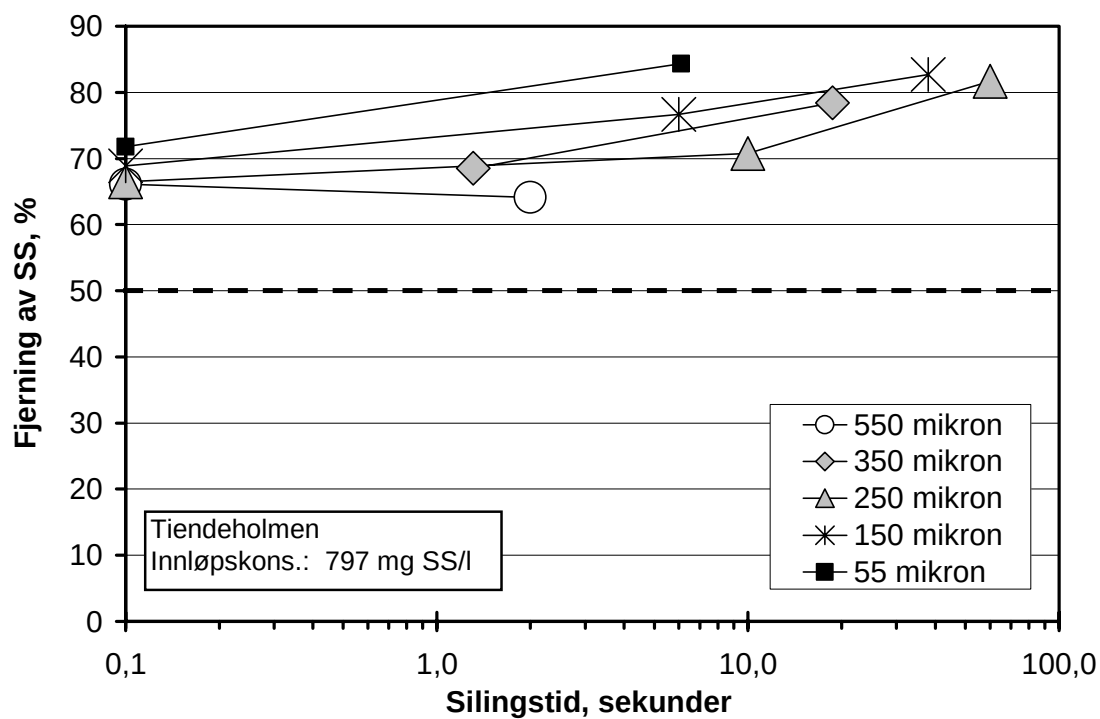
4.3.2. Utløpskonsentrasjoner og renseeffekter med filtermatte på silduken

For Tiendeholmen renseanlegg er konsentrasjoner og renseeffekter som funksjon av silingstider vist i figurene 49, 50, 51 og 52.

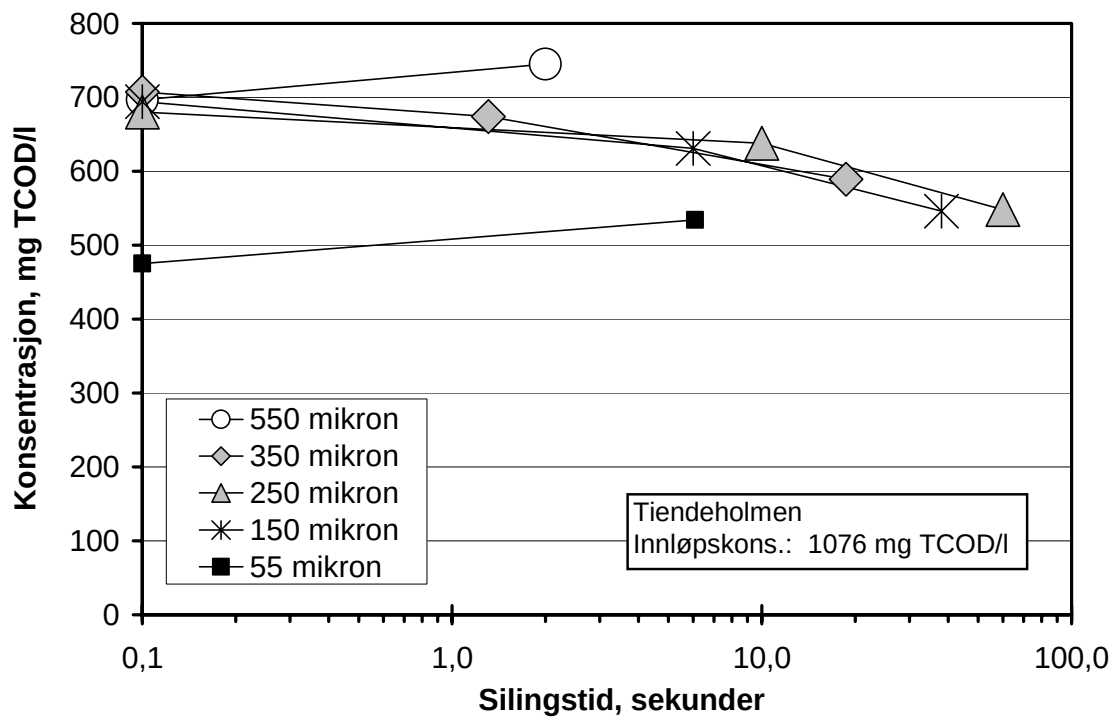
Selv uten filtermatte var renseeffektene høye. Med filtermatte og silingstider over 6 sekunder ble det registrert fra 70 til 85 % fjerning av SS med de forskjellige sildukene. For TCOD ble det registrert fra 40 til 50 % fjerning ved silingstider over 6 sekunder.



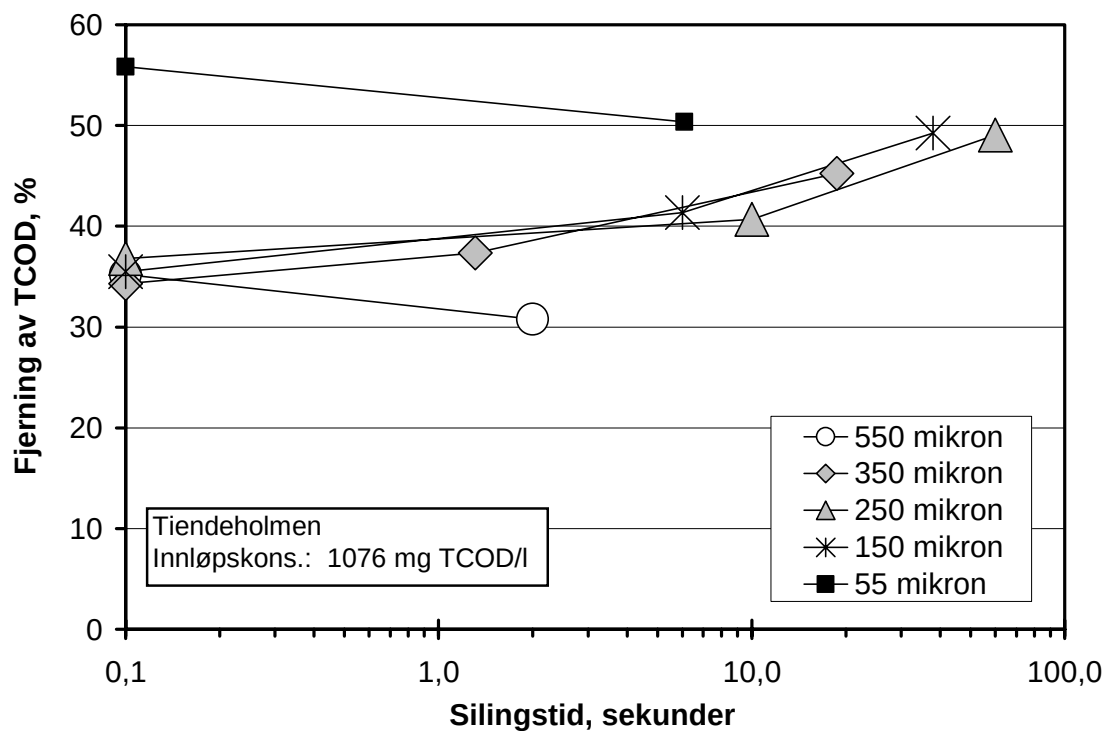
Figur 49. SS konsentrasjoner som funksjon av silingstid for avløpsvann fra Tiendeholmen renseanlegg.



Figur 50. Fjerning av SS som funksjon av silingstid for avløpsvann fra Tiendeholmen renseanlegg.



Figur 51. TCOD konsentrasjoner som funksjon av silingstid for avløpsvann fra Tiendeholmen renseanlegg.

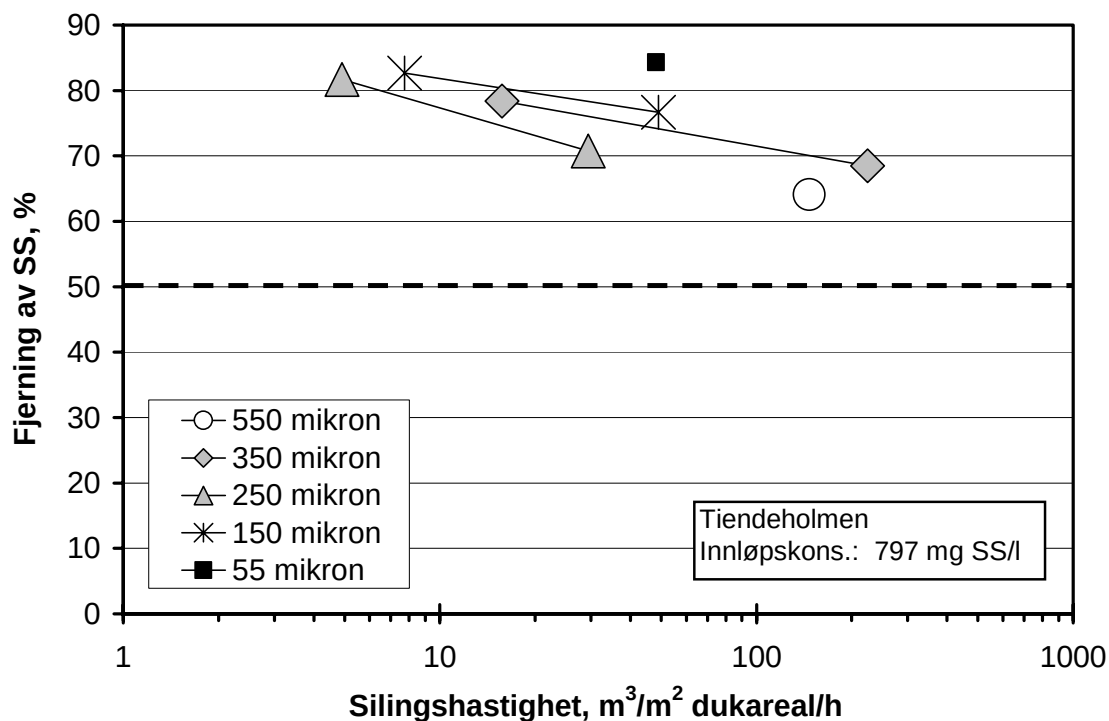


Figur 52. Fjerning av TCOD som funksjon av silingstid for avløpsvann fra Tiendeholmen renseanlegg.

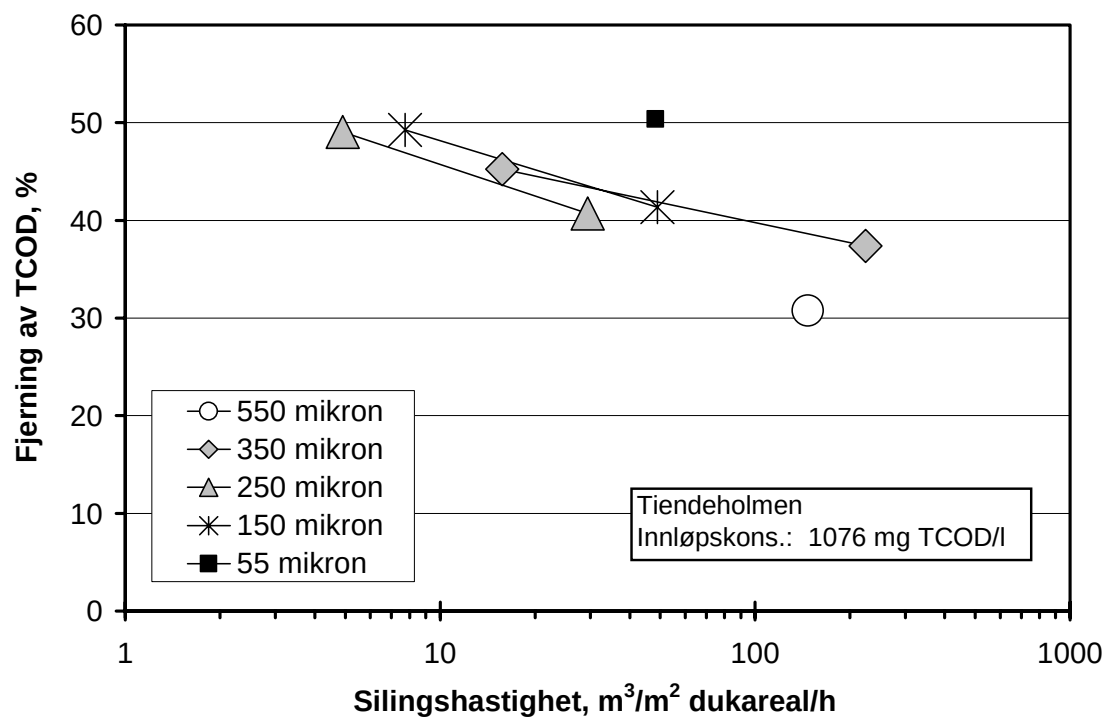
4.3.3. Silingshastighet

Figurene 53 og 54 viser renseeffekter for henholdsvis SS og TCOD som funksjon av silingshastighet ved testing av avløpsvann fra Tiendeholmen renseanlegg. Renseeffektene med hensyn på SS var hele tiden meget høye. Ved en silingshastighet på 200 m³/m² dukareal/h ble det oppnådd ca. 65 % fjerning av SS.

Også for TCOD ble det hele tiden målt høye renseeffekter. Opp til en silingshastighet på 50 m³/m² dukareal/h var renseeffekten over 40 % for TCOD. Ved en silingshastighet på 200 m³/m² dukareal/h indikerer figur 54 en renseeffekt på ca. 35 % for TCOD.



Figur 53. Fjerning av SS som funksjon av silingshastighet for avløpsvann fra Tiendeholmen renseanlegg.



Figur 54. Fjerning av TCOD som funksjon av silingshastighet for avløpsvann fra Tiendeholmen renseanlegg.

5. Kriterier for dimensjonering, utforming og drift av finsilanlegg

5.1. Dimensjonering og utforming

Gjennomførte forsøk har vist at det er store forskjeller når det gjelder sammensetningen av avløpsvann, både med hensyn til totale konsentrasjoner, andel oppløst organisk stoff og partikkelstørrelsesfordeling.

For å finne ut om et avløpsvann i det hele tatt egner seg for primærrensing med finsilanlegg må det kjøres en del tester. Det første skrittet vil være å ta en del prøver for å måle SS, TCOD og FCOD i ubehandlet avløpsvann, samt sjekke partikkelstørrelsesfordelingen. Avløpsforskriften setter krav til BOD, og BOD kan måles istedenfor COD. Vi har imidlertid valgt å bruke COD fordi det er en parameter som raskt kan måles i felten eller i laboratoriet, og som er billigere og mer pålitelig enn BOD.

Partikkelstørrelsesfordelingen kan sjekkes enten med SINTEF-testen eller testprosedyren utviklet av Aquateam. Dersom mindre enn 20 % av SS består av partikler større enn 350 mikron og FCOD/TCOD-forholdet er $>0,4$ vil det bli meget vanskelig å klare kravene til primærrensing ved bruk av finsil. Innholdet av store partikler vil være for lavt til å få etablert en skikkelig filtermatte på silduken, hvilket vil være nødvendig for å oppnå høye nok renseeffekter for SS og organisk stoff. Unntaket vil være avløpsvann hvor en stor andel partikler finnes i området fra 50 til 350 mikron. For slike avløpsvann kan man få etablert en nødvendig filtermatte ved å bruke en tilstrekkelig finmasket silduk. Ingen av de vanntypene vi testet hadde imidlertid en slik karakteristikk.

Dersom man i de innledende testene oppnår mer enn 50 % SS fjerning og tilstrekkelig fjerning av organisk stoff ved siling gjennom rene silduker, er man i den heldige situasjon at man kan kjøre et finsilanlegg uten filtermatte. Dimensjoneringen vil da bestå av å velge riktig duk og en sil som har tilstrekkelig hydraulisk kapasitet for det aktuelle vannet når duken vaskes så ofte som mulig for den aktuelle siltypen.

Med mindre enn 50 % fjerning av SS med rene silduker må man evt. gå videre og kjøre tester med filtermatte på sildukene. Slike tester anbefales kjørt etter de prosedyrene som i denne rapporten er beskrevet for "stikkprøvetesten". For hver batch med avløpsvann som testes, plottes fjerningen av SS og TCOD som funksjon av silingshastigheten. Deretter går man inn på disse kurvene for å finne hvilke lysåpninger i silduken og hvilke silingshastigheter som vil gi tilstrekkelig høye renseeffekter. Våre tester indikerer at lysåpningen i silduken har liten betydning for resultatet når silen kjøres med filtermatte. Dette forutsetter selvfølgelig at det er nok store partikler i avløpsvannet til å danne den nødvendige filtermatten på den aktuelle silduken. Under disse forutsetningene vil det normalt lønne seg å velge en relativt grovmasket silduk, som forventes å ha større styrke og lengre levetid enn en finmasket silduk.

Jo lavere silingshastighet man må ha for å oppnå tilstrekkelig høy renseeffekt, jo større silanlegg må man bygge. Ved lave silingshastigheter må man derfor vurdere om andre former for primærrensing vil være mer økonomisk. For de batchene med avløpsvann som har blitt testet i dette delprosjektet har silingshastighetene for å oppnå 50 % fjerning av SS variert fra under 2 til over 300 m³/m² dukareal/h.

Fordi det vil være store variasjoner i avløpsvannets sammensetning også på det enkelte renseanlegg, må det legges inn en sikkerhetsfaktor i dimensjoneringen. Denne sikkerhetsfaktoren vil bli mindre jo flere vannprøver og tester man baserer dimensjoneringen på. Etter hvert som man vinner erfaringer og får et tilstrekkelig datagrunnlag kan nødvendig sikkerhetsfaktor bestemmes statistisk. Inntil videre vil vi anbefale at man bruker en sikkerhetsfaktor på minst 2 ved beregning av dimensjonerende dukareal ut fra den type kurver over renseeffekter og silingshastigheter som er beskrevet i denne rapporten.

5.2. Drift

Det har vært vanlig å kjøre eksisterende silanlegg med renest mulig silduker og med høyest mulig hydraulisk belastning. På større anlegg med flere siler i parallell, har man startet sil 2 eller 3 først når vannet begynner å gå i overløp på sil 1. For anlegg med én sil har man ofte pumping inn på silen, slik at denne belastes maksimalt i en kort periode og deretter har null belastning.

Gjennomførte forsøk viser at renseeffekter for SS og organisk stoff kan økes betydelig ved å kjøre silene med en filtermatte på silduken. Dette betyr at vi ønsker lavest mulig hydraulisk belastning på silene og at sildukene ikke skal rengjøres oftere enn høyst nødvendig. For siler med bevegelige (roterende) silduker betyr dette at sildukene bør stå i ro, eller bevege seg så sakte som mulig, inntil trykktapet over sildukene er slik at man må fjerne mer slam fra sildukene for å opprettholde nødvendig hydraulisk kapasitet.

For å oppnå høyest mulige renseeffekter kan man forenklet si at silanlegg skal drives slik at de behandler minst mulig vann over lengst mulig tid. I praksis betyr dette at alle silanlegg bør ha frekvensstyrte innløppspumper, slik at man unngår av/på drift. På anlegg med flere siler i parallell bør alle silene være i drift samtidig, selv ved små vannmengder. Dermed kan silene driftes med en tykk filtermatte og oppnå høye renseeffekter.

6. Referanser

Helness H. og Thorvaldsen G. (2004) Karakterisering av avløpsvann for primærrensing, delprosjekt 3 i PRIMÆRRENS. SINTEF-notat, 7. juli.

SFT (2003) Forslag til forskrift om utslipp av avløpsvann (avløpsforskriften). 24. juni.