



PRIMÆRRENS

Delprosjekt 6, Erfaringer med silanlegg – Case Bergen



BERGEN KOMMUNE



BERGEN KOMMUNE

Rapport

Tittel: Primærrens, delprosjekt 6, Erfaringer med silanlegg – Case Bergen	
Avløpsrapport nr: 1/2004	Emneord: Avløpsrensing
Feltarbeid utført: August-november 2004	Primærrensing
Sider/vedlegg: 19 sider/ 5 vedlegg	Mekanisk rensing
Silanlegg	
Sammendrag: Erfaringer med silanlegg – Case Bergen, er et delprosjekt i Primærrensprosjektet som er et FoU- program for utvikling av teknologi for primærrensing av kommunalt avløpsvann. Bergen kommune har deltatt med Holen-, Kvernevik- og Flesland avløpsrenseanlegg. Det er tatt døgnprøver på alle anleggene for å kartlegge hvilken renseeffekt som oppnåes og om primærrensekravet i henhold til forslag til ny avløpsforskrift, tilfredsstilles. Konklusjonen er at ingen av de tre avløpsrenseanleggene tilfredsstiller primærrensekravet. Kvernevik- og Flesland ra er lengst unna rensekravet der det kun er henholdsvis 3 av 24 prøvedøgn og 7 av 28 prøvedøgn som tilfredsstiller 50 % fjerning av suspendert stoff (evt.utløpskonsentrasjon på maks 60 mg SS/l) og 20 % fjerning av biokjemisk oksygenforbruk (evt. utløpskonsentrasjon av BOF₅ på maks 40 mg O₂/l). Holen ra er noe nærmere oppfyllelse av primærrensekravet der 7 av 11 prøvedøgn tilfredsstiller kravene. For Kvernevik- og Flesland ra har silene fungert godt i hele prosjektperioden, og det har kun vært behov for manuell spyling ca en gang pr. uke. På Holen har driften av silen vært noe ustabil med periodevis mye bevegelse og krølling av silduken. For Holen ra ble prøvetakingsperioden noe kort. Det er behov for å ta ut flere prøver og eventuelt utbedre silen, for å undersøke om små forbedringer fører til at primærrensekravet likevel kan tilfredsstilles. For Kvernevik- og Flesland ra vil det være behov for større forbedringer/evt. ombygging av anleggene for å kunne tilfredsstille primærrensekravene.	
Dato: 10. desember 2004	Forfatter: Kristine S. Akervold

Forord

Dette prosjektet er et delprosjekt (prosjekt 6: Erfaringer fra eksisterende anlegg – Case Bergen) i Primærrensprosjektet som er et FoU-program for utvikling av teknologi for primærrensing av kommunalt avløpsvann. Bergen kommune har deltatt med Holen-, Kvernevik- og Flesland avløpsrenseanlegg. Roger Hammersland og Arne Birger Devik har stått for den praktiske gjennomføringen på Holen ra, Sverre Haugsvær på Kvernevik ra og Knut Tyssen på Flesland ra. Roger Hammersland og Alf Baadsvik har i tillegg bistått på alle anleggene i oppstartsfasen. Kristine S. Akervold har vært prosjektleder. I forbindelse med gjennomføringen på Holen ra har Soby Miljøfilter as v/ A. Håkonsund og Ø. Pettersen bistått med igangkjøring av storbåndfilteret og justeringer av filteret underveis i prosjektet.

Bergen, 10. desember 2004

Kristine S. Akervold

Innhold

RAPPORT.....	2
1 INNLEDNING.....	5
2 AVLØPSRENSSEANLEGG OG PRØVETAKING.....	5
2.1 HOLEN AVLØPSRENSSEANLEGG	5
2.1.1 Detaljer om anlegget.....	5
2.1.2 Storbåndfilteret.....	6
2.1.3 Prøvetaking	6
2.2 KVERNEVIK RA.....	6
2.2.1 Detaljer om anlegget.....	6
2.2.2 Beskrivelse av silene.....	7
2.2.3 Prøvetaking	7
2.3 FLESLAND RA	7
2.3.1 Detaljer om anlegget.....	7
2.3.2 Beskrivelse av silene.....	8
2.3.3 Prøvetaking	8
2.4 ANALYSERING.....	8
3 RESULTATER OG DISKUSJON.....	9
3.1 RESULTATER FOR HOLEN RA	9
3.1.1 Resultater ut fra SS og BOF ₅	9
3.1.2 Vurdering av analyseresultatene.....	11
3.1.3 Silkapasitet	11
3.1.4 Slam.....	11
3.1.5 Driftsproblemer og endringer underveis.....	11
3.2 RESULTATER FOR KVERNEVIK RA	12
3.2.1 Resultater ut fra SS og BOF ₅	12
3.2.2 Vurdering av analyseresultatene.....	14
3.2.3 Silkapasitet	15
3.2.4 Slam.....	15
3.2.5 Driftsproblemer og endringer underveis.....	15
3.3 RESULTATER FOR FLESLAND RA.....	15
3.3.1 Resultater ut fra SS og BOF ₅	15
3.3.2 Vurdering av analyseresultatene.....	17
3.3.3 Silkapasitet	18
3.3.4 Slam.....	18
3.3.5 Driftsproblemer og endringer underveis.....	18
4 KONKLUSJONER MED FORSLAG TIL VIDERE UNDERSØKELSER	18
5 LITTERATURLISTE.....	19
VEDLEGG 1:	Resultatene for Holen, Kvernevik og Flesland avløpsrenseanlegg
VEDLEGG 2:	Flytskjema for Holen avløpsrenseanlegg
VEDLEGG 3:	Flytskjema for Kvernevik avløpsrenseanlegg
VEDLEGG 4:	Flytskjema for Flesland avløpsrenseanlegg
VEDLEGG 5:	Rapport fra Soby Miljøfilter as
VEDLEGG 6:	Beskrivelse av storbåndfilteret fra Soby Miljøfilter as

1 Innledning

Bergen kommune har 6 større avløpsrenseanlegg. Knappen avløpsrenseanlegg er et kjemisk anlegg med utslipp til Grimstadfjorden som er klassifisert som følsom resipient. De resterende anleggene er mekaniske anlegg med utslipp til mindre følsomme resipienter, der det vil være grunnlag for å sende søknad om å kunne tilfredsstille primærrensekravet i følge SFTs forslag til ny avløpsforskrift. Primærrensekravet er knyttet til fjerning av partikulært materiale, målt som suspendert stoff (SS) og biologisk omsettbart organisk materiale, målt som biokjemisk oksygenforbruk (BOF₅). SS-kravet er 50 % reduksjon i forhold til innløpet eller en utløpskonsentrasjon på maksimum 60 mg SS/l. BOF₅-kravet er på 20 % reduksjon i forhold til innløpet eller en utløpskonsentrasjon på maksimum 40 mg O₂/l.

I dette prosjektet har Bergen kommune valgt å delta med 3 avløpsrenseanlegg; Holen-, Kvernevik-, og Flesland avløpsrenseanlegg. Hensikten med prosjektet er å dokumentere erfaringer ved silanlegg med hovedvekt på hvilken renseeffekt som kan forventes, hvilken kapasitet silene har, samt eventuelle driftsproblem som kan oppstå.

2 Avløpsrenseanlegg og prøvetaking

Ved oppstart av prosjektet i mai 2004 ble de tre anleggene gjennomgått for å sikre at alt innkommet avløpsvann passerte innløpsprøvetakeren. Alle anleggene hadde pumpeledninger som kom inn i hovedkanalen svært tett opp til grovristene. På to av anleggene ble pumpeledningen flyttet bakover i hovedkanalen. For et av anleggene ble det valgt å føre en enkel pumpeledning utenom renseanlegget i prøveperioden. I tillegg var det viktig å sikre at kun vann som ble renset i silen passerte utløpsprøvetakeren. Dette var tilfredsstillende ved Flesland ra, mens ved de to andre anleggene var det viktig å ikke ta ut prøver ved svært høye vannmengder da dette førte til en blanding av urensset og renset avløpsvann ved utløpsprøvetakerne. For alle anleggene var det vannmengden som passerte silen som styrte begge prøvetakerne.

Tilretteleggingen av prøvetakingspunkt og selve gjennomføringen av prøvetakingen er så langt det er mulig utført i henhold til rapporten ”Prøvetaking ved primærrenseanlegg” av Aquateam, (Ragnar Storhaug, 2004). Detaljene rundt prøvetakingspunktene er beskrevet nedenfor under de ulike anleggene.

2.1 Holen avløpsrenseanlegg

2.1.1 Detaljer om anlegget

Holen avløpsrenseanlegg ble satt i drift i 1997 og er et mekanisk renseanlegg som er dimensjonert for 100.000 pe. Anlegget er noe påvirket av industri (verksteder, garveri, og lignende) og mottar blant annet avløpet fra Haukeland sykehus.

Avløpsvannet passerer først to Meva Rotoscreen rister med spalteåpning på 6 mm og deretter via sand- og fettfang (Hartmannsandfang med en rensekapasitet på 1,0 m³/s pr. linje - totalt to linjer) til ett kanalmontert storbåndfilter med lysåpning på 0,35 mm eller tre Meva Monoscreen rister med spalteåpning på 1 mm før dyptvannsutslipp i Byfjorden (Se vedlegg

nr. 2, flytskjema for Holen ra). Rist- og silgodset presses med stempel og skrues opp i containere. Fra containerne blir rist- og silgodset kjørt til forbrenning.

2.1.2 Storbåndfilteret

Silen som testes ut på dette anlegget er et kanalmontert storbåndfilter som er levert av Soby Miljøfilter as. Kanalbredden er 1500 mm, silbåndbredden er 1380 mm og netto silduk er 1320 mm. Lysåpningen på duken er 0,35 mm. Våtareal er $1953 * 1320 = 2,58 \text{ m}^2$. Nærmere detaljer om storbåndfilteret er gitt i vedlegg 6.

Storbåndfilteret er en pilotmodell og ble montert på Holen ra sommeren 2004. Hastigheten på storbåndfilteret styres ut i fra nivå foran silen.

2.1.3 Prøvetaking

Prøvetakerne:

Prøvetakerne som blir benyttet på Holen ra er av typen Isco environmental, modell 6712 SR. Sugelangene har en innvendig diameter på 11 mm. Lengden på sugelangene både for innløp og utløp er ca 3,5 meter. Oppsamlingsdunk som rommer ca 30 liter er plassert i kjøleskap rett under prøvetakeren. Prøvetakerne styres vannmengdeproporsjonalt.

Beskrivelse av prøvetakingspunkt:

For innløp er prøvetakeren plassert ca. 14,5 meter foran grovristene. Ca 6 meter foran prøvetakingspunktet kommer det inn en pumpeledning vertikalt på hovedkanalen. Avstanden fra prøvetakeren og ned til vannspeilet er ca 2,35 meter (ved en vannmengde på 770 l/s inn til anlegget – vannhøyden er da 90 cm). Prøvene tas ca. 30 cm fra bunnen. Avløpsvannet er forholdsvis homogent pga lufting ca 2-3 meter foran prøvetakingspunktet. Prøvetakingsstussen er plassert medstrøms for å hindre ”fisking” av papir og lignende.

For utløp er prøvetakeren plassert ca 14 meter etter silen. Avstanden fra prøvetaker til vannspeilet er ca 2,90 meter. Det har vært nødvendig å lage en innsnevring i bakkant av prøvetakeren for å sikre en minimum vannhøyde på ca 15 cm rundt prøvetakingspunktet. Innsnevringen er utformet på en måte slik at man unngår oppstuing og eventuelle bakevjer. For å sikre god turbulens er det satt ned lufting ca. 2 meter foran prøvetakingspunktet der utløpsledningen gjør en 90 graders ”knekk”. Prøvetakingsstussen er plassert motstrøms.

2.2 Kvernevik ra

2.2.1 Detaljer om anlegget

Kvernevik renseanlegg er et mekanisk anlegg, dimensjonert for 30 000 pe som ble satt i drift i 1978. Det er hovedsaklig husholdningsavløpsvann og lite industri i området. Avløpsvannet passerer først 2 grovrister Meva roto-screen RS 21 med 3 mm spalteåpning og deretter 4 siler eller 2 finrister (Meva monoscreen 1 mm) før dyptvannsutslipp i Kvernevik (Se vedlegg 3, Flytskjema for Kvernevik ra). Ristgodset blir presset med stempelpresse til container. Silgodset presses på ruller, skrues opp mot container og blir presset med skruepresse til container. Rist- og silgodset blir fraktet videre for kompostering og/eller forbrenning.

2.2.2 Beskrivelse av silene

Det er totalt 4 siler montert parallelt av typen Anebra skivefiltre, mod 415. Lysåpningen er på 0,4 mm, det er 8 skiver pr. sil, skivediameteren er 1,5 meter, det totale silarealet/filterarealet er 13 m² pr. sil og det dykkede silarealet er 5,4 m² pr sil. Dimensjon pr sil er: 2500 mm*1640mm *2400 mm (lengde*bredde*høyde). Spylesystem er nivåstyrt rentvannspyling. Den hydraulisk kapasitet pr sil ved 0,2 mm silduk var oppgitt av leverandør til ca 60 l/s. Ved 0,4 mm silduk regner vi med en kapasitet på ca 100 l/s.

2.2.3 Prøvetaking

Prøvetakere:

På Kvernevik benyttes prøvetakere av typen Contronic development ab, Vakumtype 115/230 VAC/12 VDC, PSW 2000. Sugelangen har en innvendig diameter på 13 mm. Lengden på sugelangen er henholdsvis 2 meter (innløp) og 4 meter (utløp). Oppsamlingsdunk som tar maks 30 liter er plassert i kjøleskap rett under prøvetakeren. Begge prøvetakerene styres vannmengdeproposjonalt.

Beskrivelse av prøvetakingspunkt:

Innløpet for Kvernevik ra er i et lukket rør. For å sikre at prøvetakeren ikke er plassert slik at det kan oppstå oppstuing foran grovristen, er prøvetakingspunktet plassert ca 40 meter foran grovristene. 4 meter foran prøvetakingspunktet føres en større pumpeledning inn på hovedrøret. Dette bidrar til økt turbulens i perioder da pumpene går (mer enn 15 timer/døgn). I tillegg er det luftinnblåsing ca 3 meter foran prøvetakingspunktet. Hovedrøret er 70 cm i diameter og normal vannhøyde er 30 cm. Prøven taes ut ca 10 cm fra bunnen.

Utløpsvannet transporteres ut fra anlegget i et rør på 70 cm i diameter. Prøvetakeren er plassert etter ca 50 meter rettstrekk. I prøvetakingspunktet er det satt ned en kum. Ca 3-4 meter foran prøvetakingspunktet er det plassert ned luft vertikalt på strømningsretningen for å skape mest mulig homogent avløpsvann i prøvetakingspunktet. Normalt er vannhøyden 30 cm og prøven taes ca. 10 cm fra bunnen.

2.3 Flesland ra

2.3.1 Detaljer om anlegget

Flesland renseanlegg er et mekanisk anlegg, dimensjonert for 46000 pe som ble satt i drift i 1986. Anlegget er i stor grad påvirket av ulike typer industri (blant annet et bryggeri). Tilførselstunnelen er svært lang (ca 12 km), og det er derfor betydelig sedimentering i tunnelen ved lav vannføring, mens det ved kraftig nedbør skjer en utspyling av tunnelen. Avløpsvannet passerer først 2 grovrister av typen Silmattan med 6 mm spalteåpning før det blir pumpet opp til 2 siler eller 1 finrist før dyptvannsutslipp i Raunefjorden (Se vedlegg nr 4, Flytskjema for Flesland ra). Ristgodset fra grovristene skrues til container, mens ristgods fra siler og finrist skrues opp i en silo. Alt rist- og silgods transporteres bort for kompostering.

2.3.2 Beskrivelse av silene

Det er to siler, montert parallelt, av typen Anebra skivefiltre, mod 818. Lysåpningen er på 0,5 mm, det er 16 skiver pr. sil, skivediameteren er 1,8 meter, det totale silarealet/filterarealet er 40 m² pr sil, og det dykkede silarealet er 14 m². Dimensjon pr sil er 2800 mm * 3185 mm * 2550 mm (bredde*lengde*høyde). Spylesystemet er nivåstyrt rentvannspyling. Ved 0,5 mm silduk regner vi med en kapasitet på ca. 260 l/s.

2.3.3 Prøvetaking

Prøvetakere:

På Flesland ra benyttes prøvetakere av typen Contronic development ab, Vakumtype 115/230 VAC/12 VDC, PSW 2000. Sugelangene har en innvendig diameter på 20 mm. Lengden på sugelangene er 4,5 meter (innløp) og 3,5 meter (utløp). Oppsamlingsdunken tar maksimum 30 liter og er plassert i kjøleskap rett under prøvetakeren. Prøvetakerene styres vannmengdeproposjonalt.

Beskrivelse av prøvetakingspunkt:

For innløpet er prøvetakeren plassert ca 12 meter foran grovristene. Avstanden fra prøvetaker og ned til vannspeilet er ca 2,7 meter. Vannhøyden er normalt ca. 90 cm fra bunnen. Prøvene taes ca 30-40 cm fra bunnen. Strømningsforholdene er turbulent pga kraftig lufting ca 2-3 meter foran prøvetakingspunktet.

På utløpet er prøvetakeren plassert i kanal etter silene. For å sikre god homogenitet i prøvetakingspunktet er det satt ned lufting ca 2,5 meter foran prøvetakingspunktet. Avstanden fra prøvetaker til vannspeilet er ca. en meter og prøven taes ca 20 cm. fra bunnen. (Vannhøyden er ca 50 cm fra bunnen.)

2.4 Analysering

Prøvene som er analysert mhp suspendert stoff er utført ved et lokalt akkreditert laboratorium, Chemlab services as, og analysemetoden er basert på NS-EN 872 (GF-C filtre). De resterende prøvene som er analysert mhp kjemisk oksygenforbruk og biokjemisk oksygenforbruk er i frossen tilstand sendt til AnalyCen as for analysering. Metodene som er brukt er NS-EN 1899-1 (BOF₅) og NS 4748- 2m (KOF)

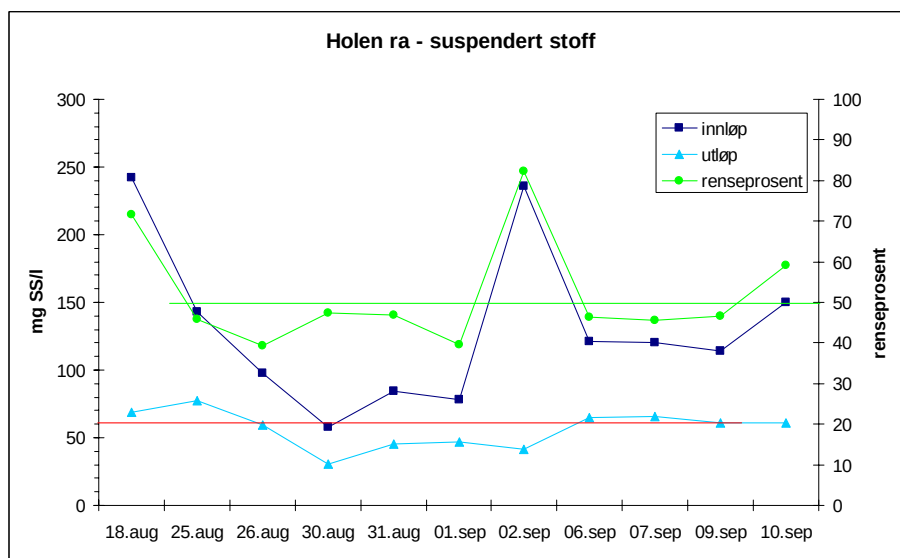
3 Resultater og diskusjon

3.1 Resultater for Holen ra

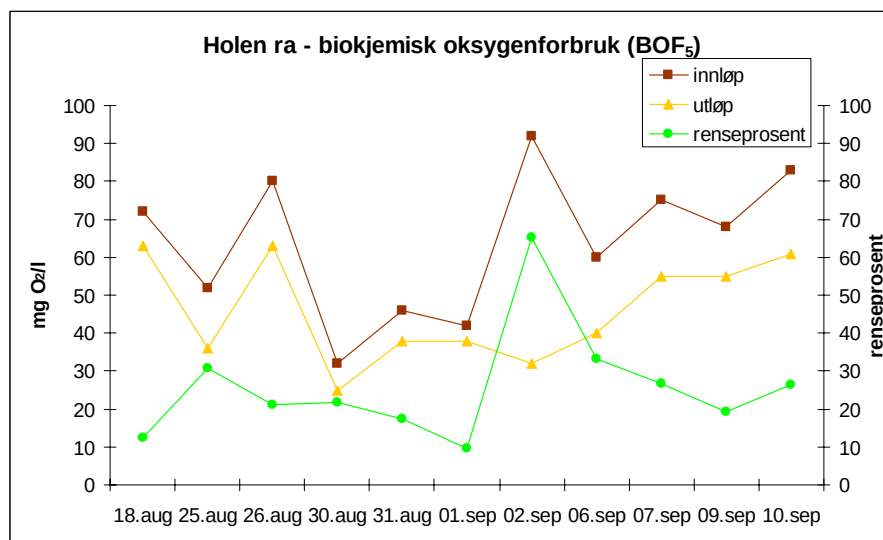
3.1.1 Resultater ut fra SS og BOF₅

For Holen avløpsrenseanlegg ble det tatt ut 11 døgnprøver på mekanisk rensing i prosjektperioden. Alle resultatene er gitt i vedlegg 1.

Figur 1 og Figur 2 viser innløp- og utløpskonsentrasjoner, samt renseeffekten som er oppnådd for henholdsvis suspendert stoff og biokjemisk oksygenforbruk.



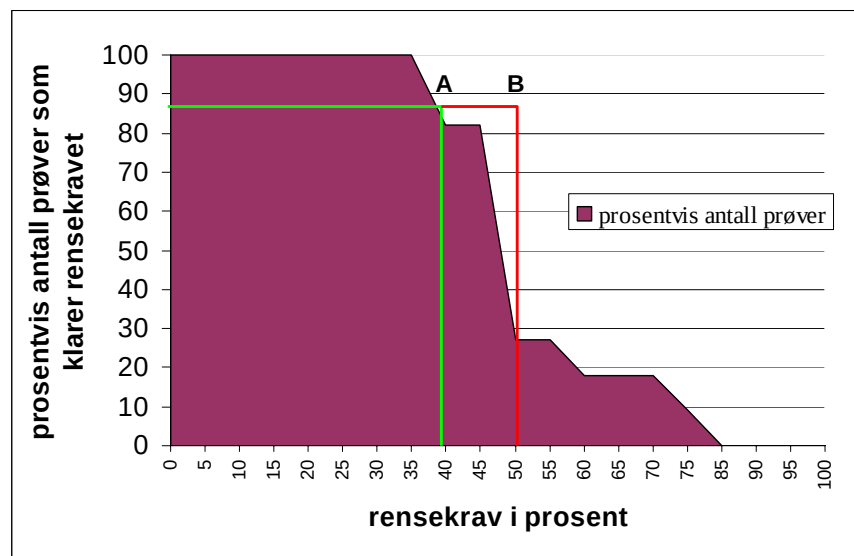
Figur 1: Innløp- og utløpskonsentrasjoner, renseeffekt og primærrensekravet (heltrukket rød linje = utløpskons. kravet; heltrukket grønn linje = renseprosent kravet) mhp suspendert stoff ved Holen ra



Figur 2: Innløp- og utløpskonsentrasjoner og renseeffekt mhp biokjemisk oksygenforbruk ved Holen ra

For suspendert stoff (SS) er det tre døgn som klarer renseprosentkravet på 50 %, mens 5 døgn klarer utløpskonsentrasjonen på under 60 mg SS/l. For biokjemisk oksygenforbruk (BOF₅) er det totalt 7 døgn som tilfredsstiller 20 % fjerning av BOF₅. I tillegg er det 2 døgn som tilfredsstiller utløpskonsentrasjonen på mindre enn 40 mg O₂/l. Totalt sett er det 7* av 11 prøvedøgn som tilfredsstiller primærrensekravet både på SS og BOF. Ut i fra dette grunnlaget er det fremdeles usikkert om Holen ra tilfredsstiller primærrensekravet.

En visuell vurdering av hvor langt Holen ra er fra primærrensekravet er gitt i Figur 3. Denne figuren viser renseeffekten basert på hvor mange av prøvene som tilfredsstiller de ulike rensekravene.



Figur 3: Antall prosent som klarer renseeffekten ved ulike rensekrav for Holen ra

Ut i fra dette kan man si at alle prøvedøgnene klarer en renseeffekt høyere enn 35 %, mens det er ingen av resultatene som gir en renseeffekt som er høyere enn 85 %. Med et utgangspunkt der 87,5%** av prøvene skal tilfredsstille rensekravet, klarer Holen ra 39 % fjerning av suspendert stoff. Med et krav på 50 % fjerning av suspendert stoff vil grafen måtte forskyves tilsvarende den røde linjen fra A til B. Det er viktig å legge merke til at denne illustrasjonen kun tar hensyn til renseprosentkravet og ikke om anlegget klarer kravet som følge av utløpskonsentrasjoner lavere enn 60 mg SS/l. De fleste renseeffektene er samlet rundt 40-50 % som er vist med en forholdsvis raskt synkende kurve. Det kan derfor være interessant å prøve små forbedringer på anlegget som kan gi en noe økt renseeffekt.

* For ett av prøvedøgnene er renseeffekten mhp SS 71 %, mhp KOF 52 %, mens for BOF₅ kun 13 %. BOF resultatene virker derfor for lave – spesielt for BOF_{innløp} der KOF/BOF forholdet er 5,9. Det antas derfor at denne prøven likevel tilfredsstiller primærrensekravet.

** Tatt 87,5 % som utgangspunkt på bakgrunn i at 3 av 24 prøver kan forkastes i følge ”ny avløpsforskrift” (21/24=0,875)

3.1.2 Vurdering av analyseresultatene

Innløpsvannet har hatt en gjennomsnittlig sammensetning mhp suspendert stoff på 131mg SS/l (58-242 mg SS/l), biokjemisk oksygenforbruk på 64 mg O₂/l (32-92 mg O₂/l) og kjemisk oksygenforbruk på 207 mg O₂/l (115-425 mg O₂/l). Variasjonene er forholdsvis store, men generelt er avløpsvannet svært tynt.

I 2002 ble det foretatt prøvetaking ved Holen ra hver uke med tanke på å beregne pe-belastningen til anlegget. Resultatet fra denne rapporten (Baadsvik, 2003) viser at pe-belastningen varierer mellom 15.000 - 128.000, med et gjennomsnitt på 42.000. I dette prosjektet varierer pe-belastningen mellom 27.500-62.500, med et gjennomsnitt på 37.000. Dette viser at det er samsvar mellom pe-belastningen i prøvetakingen i 2002 og dette prosjektet.

Forholdet mellom KOF/BOF₅ er hovedsaklig mellom 2-3,5. Det er likevel to innløpsprøver der forholdet er 6. Dette er svært høyt og det er usikkert om det skyldes unormalt avløpsvann eller om det kan ha oppstått feil under analyseringen. Periodevis er det registrert betydelig innlekking av sjøvann til anlegget, noe som kan interferere med de aktuelle parametrene under analyseringen.

Rejektvannet fra silgodset har av praktiske årsaker blitt ført utenom utløpsprøvetakeren. Dette kan ha ført til at renseeffekten i virkeligheten er noe lavere enn resultatene som fremkommer i dette prosjektet. Det er vanskelig å fastslå hvor mye dette kan ha utgjort.

3.1.3 Silkapasitet

Alt avløpsvann som har passert storbåndfilteret er registrert i en egen vannmåler. I gjennomsnitt pr. døgn har vannmengden gjennom silen variert mellom 450-620 m³/h. Ved lavere konsentrasjoner er kapasiteten på ca. 900 m³/h. Etter at de mekaniske forsøkene ble avsluttet, ble det forsøkt med kjemisk forbehandling foran storbåndfilteret (primærrens-prosjekt 9). Etter at den kjemiske forbehandlingen ble avsluttet var det i utgangspunktet meningen å kjøre flere mekaniske prøvedøgn. Det viste seg da at sildukkapasiteten var redusert til 250-360 m³/h og silduken virket svært tett. Det har blitt forsøkt med manuell avfetting/vasking uten at dette har økt silkapasiteten igjen.

Den tette silduken, sammen med svært høy vannføring har ført til at det ikke har vært mulig å ta flere prøver innenfor prosjektperioden.

Det har i prosjektperioden ikke vært benyttet varmtvannspyling til rengjøring av silduken. I videre utvikling av silen på Holen ra er intervallspyling med varmtvann noe som bør testes ut for å hindre fettdannelse på duken.

3.1.4 Slam

Sil- og ristgodsmengdene ble ikke målt i prosjektperioden med mekanisk rensing. Årsaken til dette er at både ristgodset fra finrister og silgodset ble skrudd opp i samme container. Det er derfor ikke mulig å sette opp noen balanse for organisk stoff over anlegget.

3.1.5 Driftsproblemer og endringer underveis

I prosjektperioden har det vært hendelser med blant annet flere lynnedslag som forårsaket total strømstans på anlegget, og perioder da innløpsprøvetakeren har gått tett slik at prøvene

måtte forkastes. I tillegg har det vært problemer med ”interne overløp” ved store vannføringer der utløp fra finristene har kommet over i kanalen for utløpsprøvetakeren etter storbåndfilteret. Dette problemet ble forsøkt redusert ved å heve tersklene mellom de to hovedlinjene. Det var likevel ikke mulig å ta prøver i perioder med svært store vannmengder.

I første del av prosjektet var det problemer med at slam rullet av silduken. Dette ble utbedret ved å montere medbringere på duken 19. august. Periodevis har silduken vært i bevegelse og krøllet seg. Den 4. oktober var spenningene så store at silduken revnet og ble skiftet ut. Soby Miljøfilter as har gjort flere tiltak foran silen uten at dette har hatt en nevneverdig effekt (Se vedlegg 5).

Som beskrevet i kap. 3.1.3. har silduken blitt svært tett etter at det har blitt testet ut kjemisk forbehandling foran storbåndfilteret, og manuell avfetting har ikke fullt ut gjenopprettet silkapasiteten.

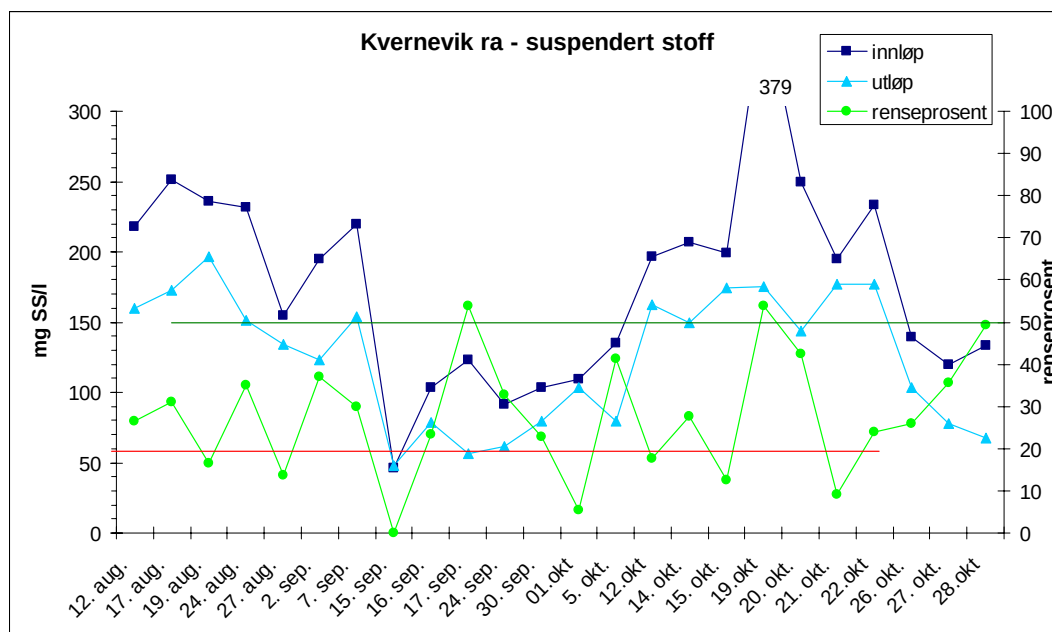
3.2 Resultater for Kvernevik ra

3.2.1 Resultater ut fra SS og BOF₅

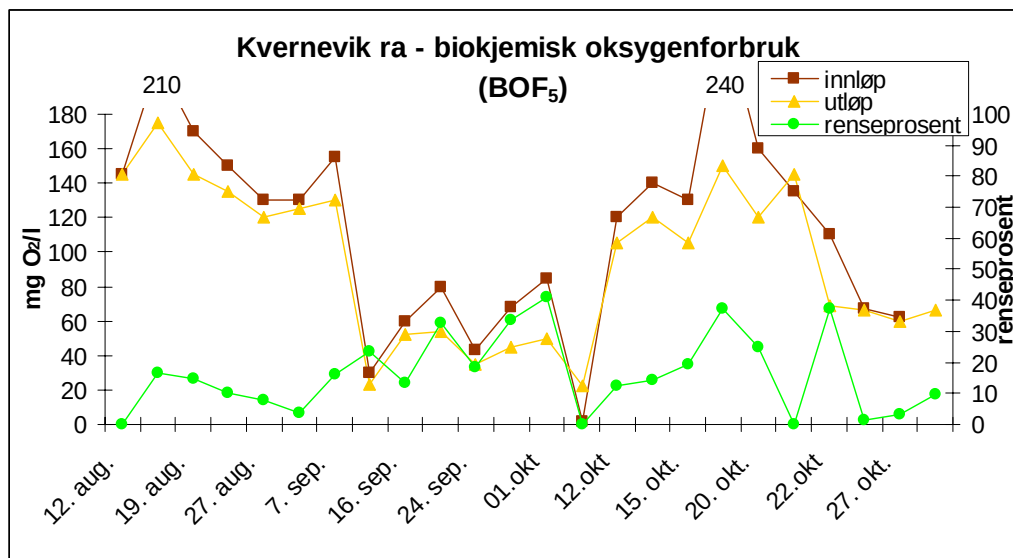
For Kvernevik avløpsrenseanlegg ble det totalt tatt ut 24 døgnprøver i prosjektperioden. Alle resultatene er gitt i vedlegg 1.

Figur 4 og

Figur 5 viser innløp- og utløpskonsentrasjoner, samt renseeffekten som er oppnådd for henholdsvis suspendert stoff og biokjemisk oksygenforbruk.



Figur 4: Innløp- og utløpskonsentrasjoner, renseeffekt og primærrensekravet (heltrukket rød linje = utløpskons. kravet; heltrukket grønn linje = renseprosent kravet) mhp suspendert stoff ved Kvernevik ra

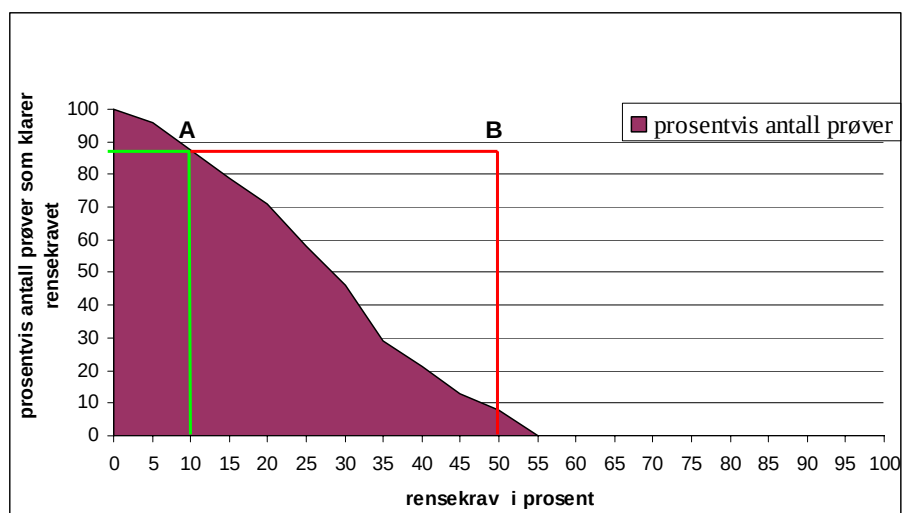


Figur 5: Innløp- og utløpskonsentrasjoner og renseeffekter mhp biokjemisk oksygenforbruk ved Kvernevik ra

For suspendert stoff (SS) er det to døgn som klarer renseprosentkravet på 50 % mens et døgn klarer utløpskonsentrasjonen på under 60 mg SS/l (i dette tilfellet var også innløpskonsentrasjonen under 60 mg/l). For biokjemisk oksygenforbruk er det totalt 7 døgn som tilfredsstiller 20 % fjerning av BOF₅. I tillegg er det 2 prøvedøgn som tilfredsstiller utløpskonsentrasjonen på mindre enn 40 mg O₂/l. Totalt sett er det 3 av 24 prøvedøgn som tilfredsstiller primærrensekravet både på SS og BOF. Ut i fra dette er det tydelig at Kvernevik ra i dag ikke tilfredsstiller primærrensekravet.

En illustrasjon av hvor langt Kvernevik er fra primærrensekravet er gitt i Figur 6. Denne figuren viser renseeffekten basert på hvor mange av prøvene som tilfredsstiller de ulike rensekravene. Ut i fra dette kan man si at alle prøvedøgnene klarer et rensekrav høyere enn 2 prosent, mens det er ingen av resultatene som gir en renseeffekt som er høyere enn 55 % renseeffekt. Med et utgangspunkt der 87,5 %* av prøvene skal tilfredsstille rensekravet, klarer Kvernevik ca. 10 % fjerning av suspendert stoff. Med et krav på 50 % fjerning av suspendert stoff vil grafen måtte forskyves tilsvarende den røde linjen fra A til B. Det er viktig å legge merke til at denne illustrasjonen kun tar hensyn til renseprosentkravet og ikke om anlegget klarer kravet som følge av utløpskonsentrasjoner lavere enn 60 mg SS/l.

* Tatt 87,5 % som utgangspunkt på bakgrunn i at 3 av 24 prøver kan forkastes i følge forslag til ny avløpsforskrift ($21/24=0,875$)



Figur 6 Antall prosent som klarer renseeffekten ved ulike rensekrav for Kvernevik ra

Dersom det forventes at kurven har samme form ved økt renseeffekt, vil noen av resultatene måtte være helt opp i 90% fjerning for at 87,5% av prøvene skal tilfredsstill 50 % fjerning eller mer. Siden de tre prøvene som tilfredsstiller SS kravet også tilfredsstiller BOF₅ kravet, syntes den største utfordringen å fjerne suspendert stoff.

3.2.2 Vurdering av analyseresultatene

Innløpsvannet har hatt en gjennomsnittlig sammensetning mhp suspendert stoff på 178 mg SS/l (47-251 mg SS/l), biokjemisk oksygenforbruk på 112 mg O₂/l (22-240 mg O₂/l) og kjemisk oksygenforbruk på 324 mg O₂/l (30-675 mg O₂/l). Variasjonene er forholdsvis store, men generelt er avløpsvannet noe tynt.

I 2002 ble det foretatt prøvetaking ved Kvernevik ra hver uke med tanke på å beregne pe-belastningen til anlegget. Resultatet fra denne rapporten (Årsrapport 2002, Avløpsrenseanleggene i Bergen kommune) viser at pe belastningen varierer mellom 9594 pe og 49088 pe, med et gjennomsnitt på 28709 pe. I første delen av dette prosjektet (frem til 6. oktober) varierer belastningen mellom 10469 – 21490 pe, med et gjennomsnitt på 15532 pe. Det er uklart hva forskjellen mellom resultatene i år 2002 og dette prosjektet skyldes. Mulige årsaker kan være ulike analysemetoder (ulike laboratorier), endrede belastninger inn til anlegget, samt bedre prøvetakingsmetoder (mer representative prøveuttak der blant annet innløpsprøvetakingspunktet er flyttet lengre vekk fra grovrusten for ikke å bli påvirket av oppstuing foran rusten. I tillegg er det utarbeidet detaljerte instruksjoner samt fått bedre utstyr for selve uttaket av prøven fra dunken).

I siste delen av prosjektet (fra 6. okt til 28.okt.) ble det registrert en betydelig reduksjon i vannmengdene inn til Kvernevik. Noe av reduksjonen skyldes en større utbedring på avløpsnett slik at overvannsmengdene ble redusert, men noe skyldes også en misforståelse der vannmengdemåleren ble feilkalibrert i en periode. Vannmengdemåleren har i denne siste perioden vist for lav vannføring inn til anlegget. Dette er sannsynligvis en systematisk feil som derfor ikke vil påvirke prøvetakingen gjennom døgnet. Vannmengdene i denne perioden har blitt forsøkt justert, men vannmengdene her bør ikke vektlegges videre i prosjektet – og er derfor ikke tatt med i beregningen av tilført pe-belastning.

KOF/BOF- forholdet er stort sett stabilt og varierer mellom 2 - 4. En prøve har et forhold større enn 6. Denne prøven er likevel tatt med i vurderingene.

3.2.3 Silkapasitet

Alle 4 silene har vært i drift samtidig. Vannmengdene gjennom en sil har i gjennomsnitt gjennom døgnet vært mellom 64 – 124 m³/h (ved de høyeste verdiene har nok noe vann passert gjennom finristene som står i parallell med silene). Ut i fra en helhetsvurdering kan man anslå at silkapasiteten med stor sannsynlighet er over 80 m³/h, men lavere enn 100 m³/h.

I hele prosjektperioden er spylingen av silene vært nivåstyrt med spyling fra ”skitten side” mot ”ren side”.

3.2.4 Slam

Det er vanskelig å fastsette slamproduksjonen ved Kvernevik for hvert prøvedøgn. Årsaken til dette er at det kun er montert vekt under containerne for grovristene. Containeren for silgodset blir veid ved hver tømning (ca. hver 5. dag). Det er derfor ikke satt opp noen massebalanse over døgnet. I gjennomsnittet er det blitt tatt ut ca 300 kg ristgods (15 % TS) og ca 1000 kg silgods (med 28 % TS) pr. døgn. Silgodset utgjør ca. 85 % av alt sil-/ristgodset.

3.2.5 Driftsproblemer og endringer underveis

Det har vært få driftsproblemer i prøveperioden. Silene har blitt rengjort/høytrykkspyld 1-2 ganger pr uke. Det har ikke vært noe driftsproblemer i forhold til håndtering av rist- og silgods.

Etter at prøveperioden ble avsluttet har det vært problemer med at vannet er kaldt og inneholder til tider store mengder fett. Dette har ført til at silene har gått raskere tett og de har blitt rengjort manuelt hver dag.

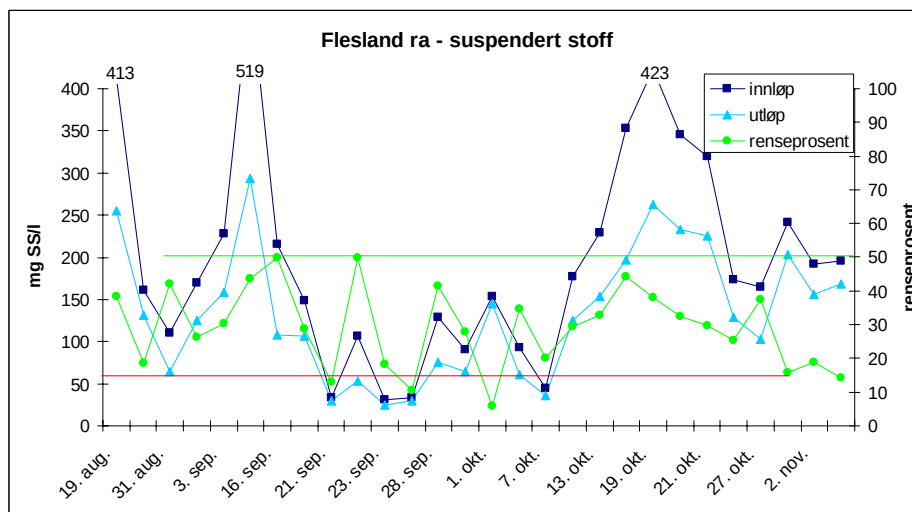
Silene har blitt styrt ut i fra nivå foran silene i hele prøveperioden. De eneste endringene som er utført i perioden er at det 6. oktober ble installert en ekstra vannmåler på overløp etter grovristene for å sikre at det ikke forekom overløp i prøvetakingsdøgnet.

3.3 Resultater for Flesland ra

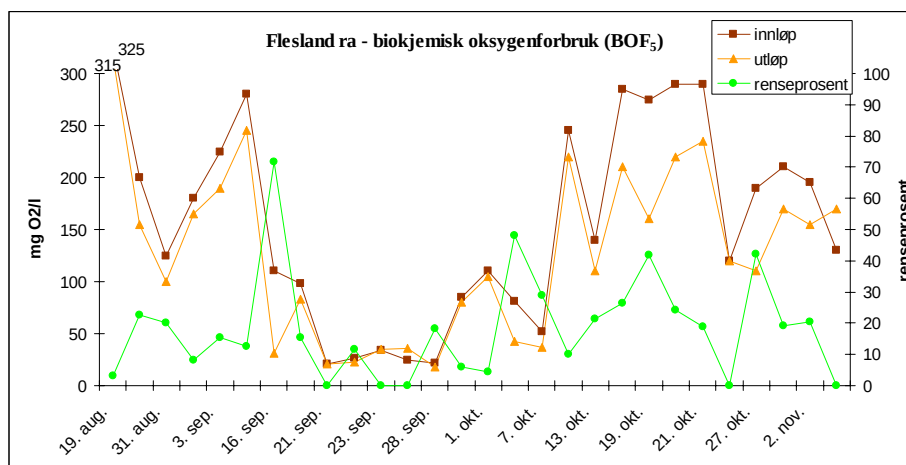
3.3.1 Resultater ut fra SS og BOF₅

For Flesland avløpsrenseanlegg ble det totalt tatt ut 28 døgnprøver i prosjektperioden. Alle resultatene er gitt i vedlegg 1.

Figur 7 og Figur 8 viser innløp- og utløpskonsentrasjoner, samt renseeffekten som er oppnådd for henholdsvis suspendert stoff og biokjemisk oksygenforbruk.



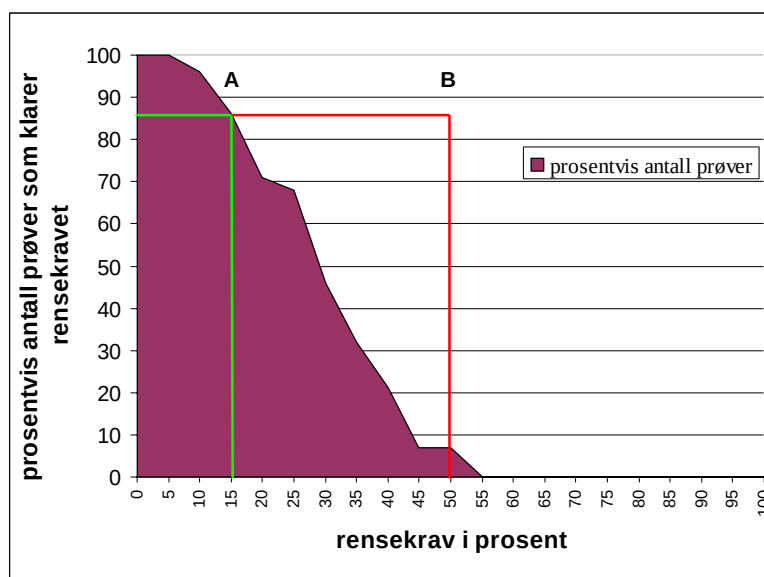
Figur 7: Innløp- og utløpskonsentrasjoner, renseeffekt og primærrensekravet (heltrukket rød linje = utløpskons. kravet; heltrukket grønn linje = renseprosent kravet) mhp suspendert stoff ved Flesland ra



Figur 8: Innløp- og utløpskonsentrasjoner og renseeffekter mhp biokjemisk oksygenforbruk ved Flesland ra

For suspendert stoff (SS) er det 2 døgn som klarer renseprosentkravet på 50 %, mens 5 døgn klarer utløpskonsentrasjonen på under 60 mg SS/l. For biokjemisk oksygenforbruk (BOF₅) er det totalt 11 døgnprøver som tilfredsstiller 20 % fjerning av BOF₅. I tillegg er det 4 døgn som tilfredsstiller utløpskonsentrasjonen på mindre enn 40 mg O₂/l. Totalt sett er det 7 av 28 prøvedøgn som tilfredsstiller primærrensekravet både på SS og BOF₅. Ut i fra dette er det tydelig at Flesland ra i dag ikke tilfredsstiller primærrensekravet.

En illustrasjon av hvor langt Flesland er fra primærrensekravet er gitt i Figur 9. Denne figuren viser renseeffekten basert på hvor mange av prøvene som tilfredsstiller de ulike rensekravene.



Figur 9 Antall prosent som klarer renseeffekten ved ulike rensekrav for Flesland ra

Ut i fra dette kan man si at alle prøvedøgnene klarer en renseeffekt høyere enn 5 %, mens det er ingen av resultatene som gir en renseeffekt som er høyere enn 55 %. Med et utgangspunkt der 87,5 % av prøvene skal tilfredsstillere rensekravet, klarer Flesland ra ca 15 % fjerning av SS. Med et krav på 50 % fjerning av SS vil grafen måtte forskyves tilsvarende den røde linjen fra A til B. Det er viktig å legge merke til at denne illustrasjonen kun tar hensyn til renseprosentkravet og ikke om anlegget klarer kravet som følge av utløpskonsentrasjoner lavere enn 60 mg SS/l.

Dersom det forventes at kurven har samme form ved økt renseeffekt vil noen av resultatene måtte være opp mot 85 % fjerning for at 87,5 % av prøvene skal tilfredsstillere primærrensekravet ut i fra suspendert stoff. Siden alle prøvedøgnene som klarer primærrensekravet mhp suspendert stoff samtidig tilfredsstiller kravene til reduksjon i biokjemisk oksygenforbruk, syntes den største utfordringen å fjerne suspendert stoff.

3.3.2 Vurdering av analyseresultatene

Innløpsvannet har hatt en gjennomsnittlig sammensetning mhp suspendert stoff på 196 mg SS/l (31-519 mg SS/l), biokjemisk oksygenforbruk på 156 mg O₂/l (21-325 mg O₂/l) og kjemisk oksygenforbruk på 365 mg O₂/l (80-770 mg O₂/l). Variasjonene er forholdsvis store, noe som sannsynligvis skyldes en kombinasjon av mye industriavløpsvann og lang tilførselstunnel som fører til perioder med sedimentering før innløp.

I 2002 ble det foretatt prøvetaking ved Flesland ra hver uke med tanke på å beregne pe-belastningen til anlegget. Resultatet fra denne rapporten (Årsrapport 2002, Avløpsrenseanleggene i Bergen kommune) viser at pe belastningen varierer mellom 33.000 pe og 166.000 pe, med et gjennomsnitt på 97.000 pe. I dette prosjektet har pe-belastningen variert mellom 25.500 pe og 149.000 pe, med et gjennomsnitt på 68.500 pe. Tatt i betraktning at datagrunnlaget er mye mindre i dette prosjektet og det trolig er svært store innløpsvariasjoner på dette anlegget, virker resultatene i dette prosjektet sannsynlige.

3.3.3 Silkapasitet

Begge silene har vært i drift samtidig. Vannmengdene gjennom en sil har i gjennomsnitt gjennom døgnet vært mellom 300 – 1500 m³/h. Ved den høyeste vannmengden var det i praksis ”rent vann” som passerte silen med en konsentrasjon av SS på 33 mg/l. Erfaringsmessig er silkapasiteten på 970 m³/h ved vanlig sammensetning for avløpsvann på Flesland ra.

I hele prosjektperioden har spylingen av silene vært nivåstyrt med spyling fra ”ren side” mot ”skitten side”.

3.3.4 Slam

Det er vanskelig å beregne slammengde nøyaktig på anlegget. I gjennomsnitt blir det tatt ut ca 355 kg ristgods (15 % TS) og ca 1135 kg silgods (med 26 % TS). Silgodset utgjør ca 85 % av alt sil- og ristgods.

3.3.5 Driftsproblemer og endringer underveis

Det har vært få driftsproblemer i prøveperioden. Silene har blitt rengjort/høytrykkspynt manuelt ca en gang pr uke. Det har ikke vært noe driftsproblemer i forhold til håndtering av rist-/silgods.

Silene har blitt styrt ut i fra nivå foran silene i hele prøveperioden.

4 Konklusjoner med forslag til videre undersøkelser

Ingen av de tre avløpsrenseanleggene i Bergen kommune som har deltatt i Primærrensprosjektet tilfredsstiller i dag primærrensekravet som er gitt i forslaget til den nye avløpsforskriften. Kvernevik og Flesland ra er lengst unna rensekravet der det kun er henholdsvis 3 av 24 prøvedøgn og 7 av 28 prøvedøgn, som tilfredsstiller primærrensekravet.

Holen ra er noe nærmere oppfyllelse av primærrensekravet der 7 av 11 prøvedøgn tilfredsstiller kravet. Her er likevel beslutningsgrunnlaget noe tynt, slik at det vil være behov for ytterligere undersøkelser før endelige konklusjoner trekkes.

Når det gjelder driftsproblemer ved anleggene har det i prøveperioden vært få driftsproblemer med silene på Kvernevik og Flesland ra. Silene er blitt rengjort manuelt 1-2 ganger pr. uke. Uttak av silgodset med ruller og slamskruer har fungert godt og det har ikke vært noen form for oppstuing. Holen ra har hatt noen driftsproblemer med silen. Dette var vi forberedt på i og med at silen er et pilotanlegg som ble satt i drift på Holen så sent som i juli 2004. De viktigste driftsproblemene har vært ustabil drift med blant annet bevegelse av silduken og utilstrekkelig automatisk rengjøring av silen (mangler varmtvannsspyling).

På Kvernevik og Holen ra har det vært et problem å få tatt prøver ved svært høye vannføringer da urensset/delvis rensset avløpsvann påvirker utløpsprøvene. I slike perioder er prøvetakingen blitt utsatt.

Resultatene fra innløpsprøvetakingen ved de ulike anleggene virker sannsynlig. Det er interessant å legge merke til at for både Kvernevik og Flesland renseanlegg utgjør silgodset

85 % av de totale rist- og silgodsmengdene. På Holen ra har det ikke vært mulig å vurdere rist- og silgodsproduksjonen.

Følgende forhold bør undersøkes videre på Holen ra:

- Ta flere døgnpøver ved mekanisk rensing for å bedre beslutningsgrunnlaget.
- Rejektvannet fra silgodset går i dag utenom utløpsprøvetakeren. Dette bør pumpes til innløpet av sand- og fettfanget for å bli fanget opp av utløpsprøvetakeren.
- Det har vært problemer med gjentetting av innløpsprøvetaker. I en periode bør det taes prøver foran og etter grovrister for å dokumentere hvor mye målbart suspendert stoff som taes ut ved grovristene.
- Silen bør utbedres/optimaliseres med tanke på å hindre bevegelse i silduken og bedre rengjøring av silen.
- Etter at den mekaniske uttestingen er avsluttet, bør uttesting av kjemisk felling på silen vurderes.

Følgende forhold bør undersøkes videre på Flesland og Kvernevik ra:

- Spylesystemet bør endres fra å spyle fra ”skitten side” mot ”ren side” til å spyle fra ”ren side” mot ”skitten side” på Kvernevik ra.
- Mulige forbedringer/optimalisering/ombygging av anleggene bør vurderes.
- Ytterligere prøvetaking utover minimumskravet bør avventes til det er behov for å dokumentere eventuelle forbedringer som er utført.

5 Litteraturliste

Baadsvik, Alf (2003): ”Årsrapport 2002. Avløpsrenseanleggene i Bergen kommune”

Storhaug, Ragnar (2004): ” Prøvetaking ved primærrenseanlegg”, Aquateam, arkivnr. O-04043.