

# Lillehammer renseanlegg Status etter innkjøring

Av Steinar Bungum og Per Otto Humberset

Steinar Bungum er siv.ing. og ansatt i Lillehammer kommune, teknisk etat, som driftsansvarlig for VA-anleggene.

Per Otto Humberset er siv.ing. og ansatt i Berdal Strømme a.s. som distriktskontorleder i Lillehammer.

## Innledning

### Renseanlegg R2

Renseanlegg R2 (senere omdøpt til Lillehammer renseanlegg) ble bygget og satt i drift i 1977. Anlegget var et sekundærfellingsanlegg og ble dimensjonert for ca. 50.000 PE. Behandlingsanlegg for fremmedslam ble bygget i tilknytning til renseanlegget, men som et separat bygg, og satt i drift i 1978.

Driftsresultatene ved renseanlegget var gode med høye renseeffekter for såvel fosfor som organisk stoff. Kontrollanalysene viser følgende utslippskonsentrasjoner (rensekrav i parantes):

- fosfor.  
0,1-0,2mg totP/l (0,6)
- organisk stoff :  
10-20 mg BOF7/l (45)

### Utvidelse av renseanlegget

På grunnlag av «Hovedplan for avløp» og program for infrastruktur i forbindelse med OL 1994, ble det vedtatt en oppgradering og utvidelse av renseanlegget. Dette ble begrunnet med:

- Øket belastning pga. utvidelse av rensedistriktet
- Øket belastning pga. OL 1994

- Pålegg om nitrogenrensing
- Behov for generelt vedlikehold og oppgradering

Rensedistriktet er utvidet til også å omfatte deler av Øyer og Ringsaker kommuner. Dette har resultert i at følgende renseanlegg kunne nedlegges ved at avløpsvannet overføres til Lillehammer renseanlegg:

Granrudmoen renseanlegg

Lokale renseanlegg i Hunderfossendistriktet

Renseanlegg R1 (Jørstadmoe/Fåberg)

Renseanlegg R0 (Nordseter)

Sjusjøen renseanlegg

Prosjektering av Lillehammer renseanlegg ble igangsatt i mars 1992. Forprosjektet ble vedtatt i kommunestyret den 3.sept. 1992.

Prosjektet omfattet:

- Kapasitetsutvidelse og oppgradering av eksisterende renseanlegg
- Ombygging og utvidelse av teknisk/servicedel
- Anlegg for nitrogenrensing

Nytt slambehandlingsanlegg som også ble utredet i forprosjektet ble uttatt inntil videre.

Det var ønskelig at anlegget skulle ferdigstilles til OL 1994. En måtte imidlertid erkjenne at dette ikke var realistisk innenfor den tiden som var til rådighet. Frist for ferdigstilling av nitrogenreanseanlegget ble derfor satt til høsten 1994. Anlegget forøvrig skulle ferdigstilles til OL 1994.

Arbeidene ble utført som byggherrestyrte entrepriser med tilsammen 22 entrepriser. De fleste entreprisene ble tiltransportert byggetreprenøren som administrerende sideentreprenør. Byggherren hadde gjennom dette opplegget meget god styring av prosjektet og gode muligheter for å påvirke tekniske løsninger og valg av utstyr.

Totale kostnader for utbyggingen var ca. 87 mill. kr ekskl. MVA. Herav utgjorde kostnadene for nitrogenreanseanlegget ca. 48 mill. kr ekskl. MVA.

## Beskrivelse av reanseanlegget

### Dimensjoneringsgrunnlag

Dimensjonerende belastning:  
70.000 PE

Dimensjonerende vannmengde :

$$Q_{\text{dim}} = 1.200 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_{\text{maks dim}} = 1.900 \text{ "}$$

$$Q_{\text{maks}} = 3.700 \text{ "}$$

Dimensjonerende stoffmengde, eksklusive bidrag for rejeckt vann:

$$\text{BOF}_7 = 2.900 \text{ kg/døgn}$$

$$\text{totN} = 755 \text{ "}$$

$$\text{totP} = 107 \text{ "}$$

Rensekrav, fosfor:

$$0,25 \text{ mg totP/l (K1)}$$

$$0,5 \text{ " (K2)}$$

organisk stoff:

$$10 \text{ mgLOC/l (K1)}$$

$$15 \text{ " (K2)}$$

nitrogen: Min. 70 % på årsbasis

Dim. temperatur for overholdelse av nitrogenrensekravet : 7 °C

Dim. slammengder,

$$\text{primærslam} : 2.900 \text{ m}^3/\text{d}$$

$$\text{sekundærslam} : 1.300 \text{ "}$$

$$\text{fremmedslam} : 900 \text{ "}$$

### Vannbehandling

Kfr. prosesskjema fig. 1

### Forbehandling:

Forbehandlingen består av:

Inløpspumpestasjon:

skruerpumper, 3 stk.

Maskinrenset rist:

2 stk.

Sandfang: :

luftet sandfang, 3 stk.

### Kjemisk felling:

Kjemisk felling er basert på både for- og etterfelling. Forfellingen kan foretas i forsedimenteringsbassengene for å redusere belastningen på den etterfølgende biologiske delen.

Forfelling:

Forsedimentering:

4 stk. bassenger 5 x 31 m

Fellingskjemikalium:

PAX XL-1

Etterfelling:

Flokkulering:

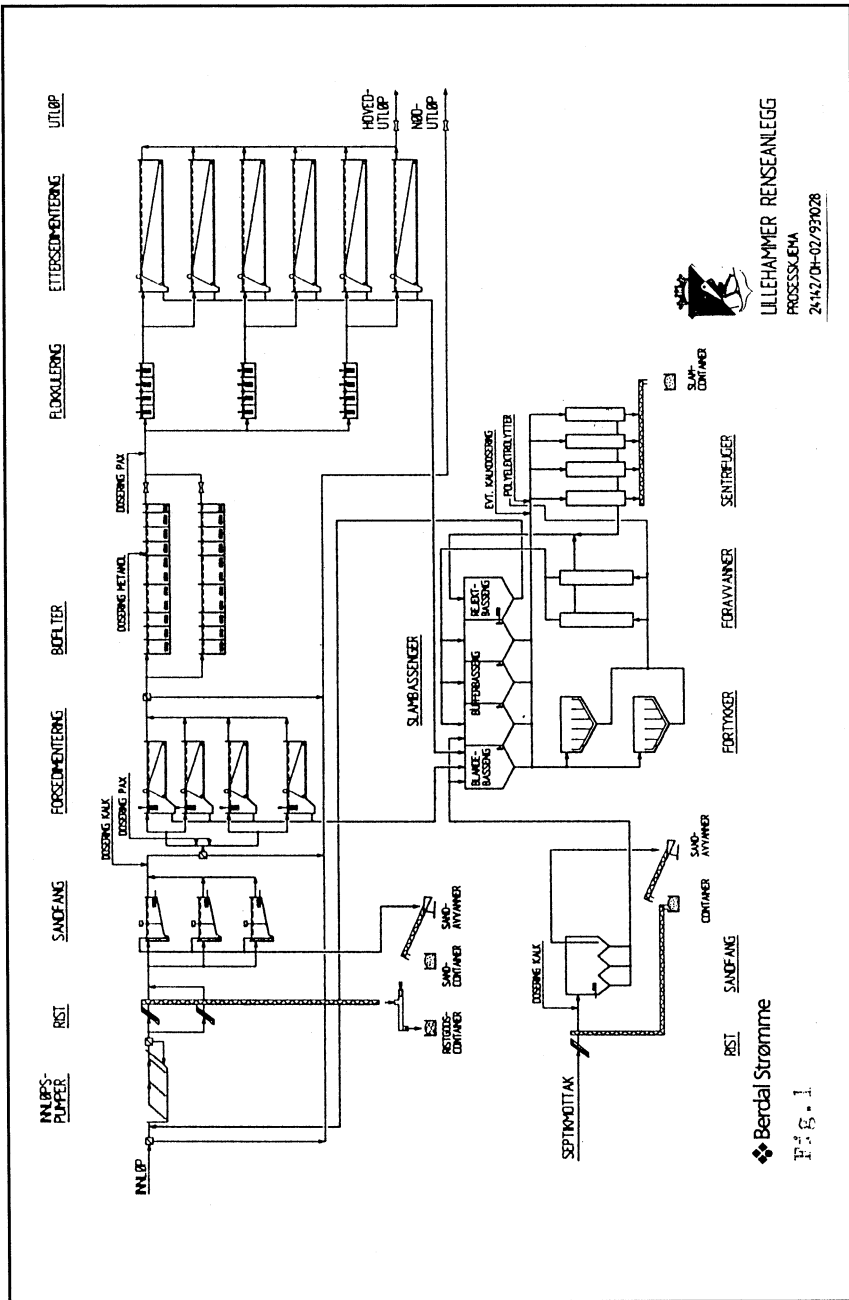
3 x 4 seriekoblede bassenger

Ettersedimentering:

6 stk. bassenger 5 x 44 m

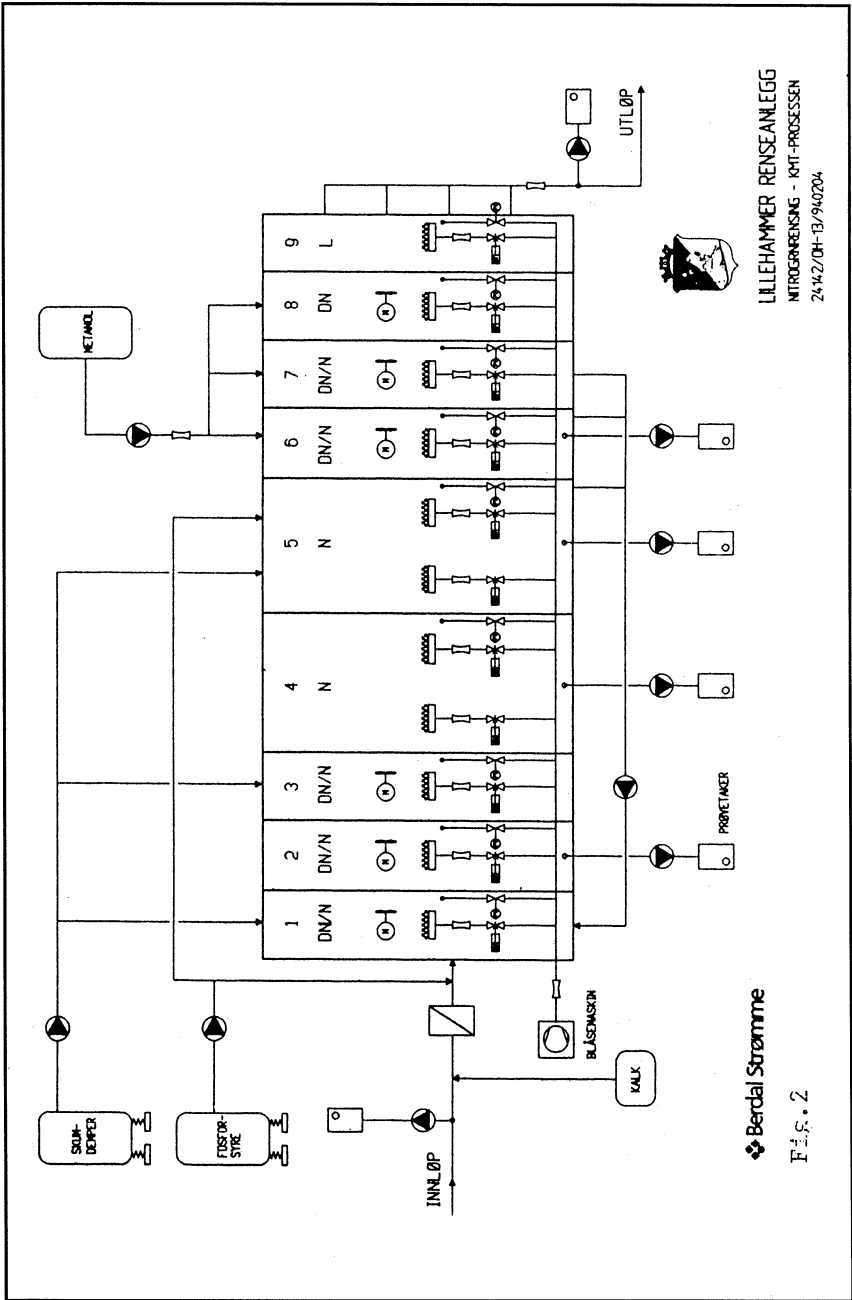
Fellingskjemikalium

PAX 21



LILLEHAMMER RENSEANLEGG  
 PROSJEKTA  
 24-142/0H-02/937028

Berdal Strømme  
 F. S. I.



LILLEHAMMER RENSEANLEGG  
 NITROGENFANGING - 10TT-PROSSESS  
 24-42/01-13/940204

Berdal Strømme

F. S. 2

### **Nitrogenrensing:**

Etter nøye vurderinger mellom aktivslam- og biofilmprosesser, ble det besluttet å bygge nitrogenrenseanlegget basert på en biofilmprosess utviklet av Kaldnes Miljøteknologi A/S (KMT-prosessen).

KMT-prosessen foregår ved hjelp av mikroorganismer som bygges opp i biohuden på plastlegemer neddykket i avløpsvannet. Plastlegemene som består av små plastrørbitar er patentert og har en utforming som gir en stor spesifikk overflate.

Prosessen er avhengig av tilførsel av oksygen. For å oppnå optimale betingelser for den biologiske prosessen må vannkvaliteten justeres ved kjemikalietilsetning. Prosessen er fleksibel for belastningsvariasjoner. Anlegget er bygget med en prosessutforming slik at en kan velge ulik driftsform avhengig av belastningen, enten kombinert for- og etterdenitrifikasjon (kombinasjonsprosessen) eller ren etterdenitrifikasjon. Kombinasjonsprosessen etterstrebtes for å redusere behovet for tilsetning av karbonkilde.

Nitrogenrensetrinnet er bygget opp med 2 linjer, hver med 9 reaktorer i serie, kfr. prosesskjema fig. 1 og 2.

Totalt reaktorvolum:

3.700 m<sup>3</sup>

Biomedium, totalt volum:

2.500 m<sup>3</sup>

Blåsemaskin:

2 stk. HV-TURBO

Omrørere:

10 stk. Flygt propellomrørere

Karbonkilde:

Etanol

### **Slambehandling:**

Slambebehandlingen er basert på kjemisk stabilisering med kalk og mekanisk avvanning i sentrifuger. Det er bygget nytt kalkanlegg. Avvanningsdelen er komplettert med foravvannere og ny polymerutrustning, men er forøvrig ellers stort sett uforandret. Anlegget er forberedt for utbygging av videregående slambehandling med hygienisering og anaerob stabilisering (råtnetank).

Lillehammer kommune vurderer også felles behandling av slam og organisk avfall for å utnytte restproduktene til gassproduksjon (energi) og som karbonkilde for nitrogenrenseprosessen.

### **Styring og overvåking**

Styring og overvåking er basert på SattControl's SattGraph-90. For lokal styring er det benyttet PLS'er som er knyttet til driftssentralen i nettverk. På anlegget finnes det i alt 3 operatørstasjoner/arbeidsstasjoner. Det finnes ytterligere 2 fjernarbeidsplasser i hhv. Korgen vannverk og i kommunehuset. Fra hver av disse arbeidsplassene kan autorisert personell styre og overvåke hele anlegget.

Alle PLS'er er sikret lokalt med batteri. Driftssentralen og arbeidsplassen i nitrogenrensedelen er sikret med avbruddsfri strømforsyning (UPS).

### **Drift av renseanlegget**

#### **Idriftsettelse**

Renseanlegget var i kontinuerlig drift i hele anleggsperioden med unntak av en meget kortvarig driftstans under ombygging av innløpsdelen. Samtlige kon-

trollprøver i byggeperioden overholdt utslippskravene.

Ferdig anlegg etter kapasitetsutvidelse og oppgradering ble satt i drift i januar 1994. Nitrogenrensetrinnet ble satt i drift i januar 1995.

### **Innkjøring**

Innkjøring av det nye anlegget i januar 1994 var meget hektisk. Belastningssøkningen pga. OL-arrangementet ble stadig mer merkbar. I tillegg var driftspersonalet opptatt av andre oppgaver med forberedelser til OL-arrangementet.

Innkjøringen foregikk likevel uten større problemer. Det kunne vært ønskelig med bedre tid til å optimalisere fellingen f.eks. doseringspunkt, innblanding, doseringsmengde etc.

Innkjøringen av nitrogenrensetrinnet foregikk vinteren 1995. Innkjøringsperioden var planlagt høsten 1994, men diverse forsinkelser med maskin-/utstyrsmonteringen førte til utsettelse. Vinteren 1995 var preget av variable nedbør- og temperaturforhold. Avløpsvannets temperatur kunne under regnvær synke 3-4°C i løpet av noen timer.

Etter oppstart oppsto det ganske raskt skumproblemer i bioreaktorene. Dette ble løst ved dosering av skumdempingsmiddel. Skumming utgjør ikke lenger noe problem. Dosering av skumdempingsmiddel er derfor ikke lenger nødvendig under normale forhold.

### **Driftsresultater**

#### **OL 1994:**

De olympiske vinterlekene ble avviklet på Lillehammer i perioden 12.-27. februar 1994 (uke 7 og 8).

Etter ombygging og utvidelse av renseanlegget, ble det i midten av januar skiftet fellingskjemikalium fra AVR til PAX 21. Det ble gjennomført et prøveprogram med det nye fellingskjemikallet, samtidig som en fulgte opp driften nøye fram mot OL. Pga. de store endringene i kvalitet og sammensetning av avløpsvannet når belastningen økte, var det ikke lett å finne den riktige dosering. Doseringen var derfor for lav i uke 6 og delvis første del av uke 7, slik at en da ikke oppnådde optimale resultater.

I tillegg til PAX 21 som fellingskjemikalium ble det benyttet en polymer som hjelpekoagulant. Dette viste seg å være nødvendig ved den høye belastningen som anlegget var utsatt for. Etter å ha funnet riktig dosering fungerte renseanlegget svært godt med samlede utslipp omtrent på samme nivå som under normale driftsforhold,

Tilført vannmengde økte med ca. 50% i selve OL-perioden. Forurensningskonsentrasjonene i avløpsvannet økte imidlertid til det 3-4 dobbelte av det normale, slik at samlet forurensningsbelastning var ca. det 4-dobbelte av normalt (opptil 6-dobling i maks. døgn). Omregnet til antall personekvivalenter med bakgrunn i tilførte forurensningsmengder og spesifikke belastningstall, utgjorde belastningen under OL-perioden i størrelsesorden 80.000 - 90.000 PE. I dagene med høyest aktivitet (som f.eks. 4x10 km stafett og laghopp K 120 på samme dag) var belastningen oppe i 110.000 - 120.000 PE.

Renseeffekten mhp. totalfosfor varierte i februar fra ca. 90 til 98%, og med en gjennomsnittlig renseeffekt på 92%.

For organisk stoff viste månedsblandprøven en unormal høy reduksjon mhp. BOF7 (renseeffekt 95%, og en utløpskonsentrasjon godt under kravet), mens utløpskonsentrasjonen mht. LOC (løst organisk karbon) lå litt høyere enn kravet.

En kan derfor konkludere med at til tross for overbelastning når det gjaldt tilført forurensningsmengde i forhold til det anlegget var dimensjonert for, så fungerte renseanlegget svært godt ved riktig dosering av fellingskjemikalier. Selv om det i første del av perioden var vanskeligheter med å regulere doseringen i forhold til de meget hurtige endringene i vannkvalitet, så overholdt anlegget utslippskravene i februar måned med god margin.

## Renseresultater ordinær drift:

### Nitrogenrensing

Etter innkjøring av nitrogenrenseanlegget vinteren 1995, kom anlegget etter hvert over i normal drift. Selv om det gjenstår mye angående driftsoptimalisering har en fått etablert prosessen med både nitrifikasjon og denitrifikasjon.

I renseanlegget tas det daglig vannprøver. Prøvene analyseres som månedsblandprøve. Resultater fremgår av tabell 1.

Fig. 3 viser et eksempel på et prosessprofil for bioreaktorene (linje 1) fra 10. - 11. april 1995, dvs. på et relativt tidlig stadium etter at prosessen var igangkjørt. Dette var også en periode med relativt kjølig vann. Likevel viser analysene at anlegget har god renseseffekt, i overkant av 80%. Anlegget ble kjørt som kombinasjonsprosess. Dvs. lufting i reaktor 3, 4 og 5 samt i reaktor 9. Reaktor 1 og 2 samt 6, 7 og 8 var anoxiske. Som karbonkilde ble det benyttet etanol tilsatt i reaktor 7.

Mjøsområdet ble i år rammet av flom. Dette medførte at anlegget var ute av drift i perioden 6. - 28. juni. Etter igangsettelse av nitrogenrensetrinnet viste det seg at renseprosessen kom overraskende raskt igang igjen. Kun etter 2-3 dager ble det registrert langtgående nitrifisering. Denitrifikasjon ble også raskt etablert etter dosering av etanol.

Foreløpig drives uttesting av anlegget uten at en har begynt å optimalisere

**Tabell 1. Kontrollprøver (månedsblandprøver) april-juli 1995.**

Tid	Vannmengde (gjennomsnitt)	Konsentrasjoner				Renseeffekt	
		Inn		Ut			
	$m^3/d$	$mg\ totP/l$	$mg\ totN/l$	$mg\ totP/l$	$mg\ totN/l$	tot P	tot N
April	20.200	4,0	23,0	0,13	5,4	96,7	76,5
Mai	17.491	2,1	24,4	0,04	8,8	98,1	63,9
Juni	flom <sup>1)</sup>						
Juli	16.531	2,35	16,7	0,08	6,1	96,6	63,5

<sup>1)</sup> Ved flom i Lågen og Mjøsa måtte renseanlegget settes ut av drift stort sett hele juni måned.

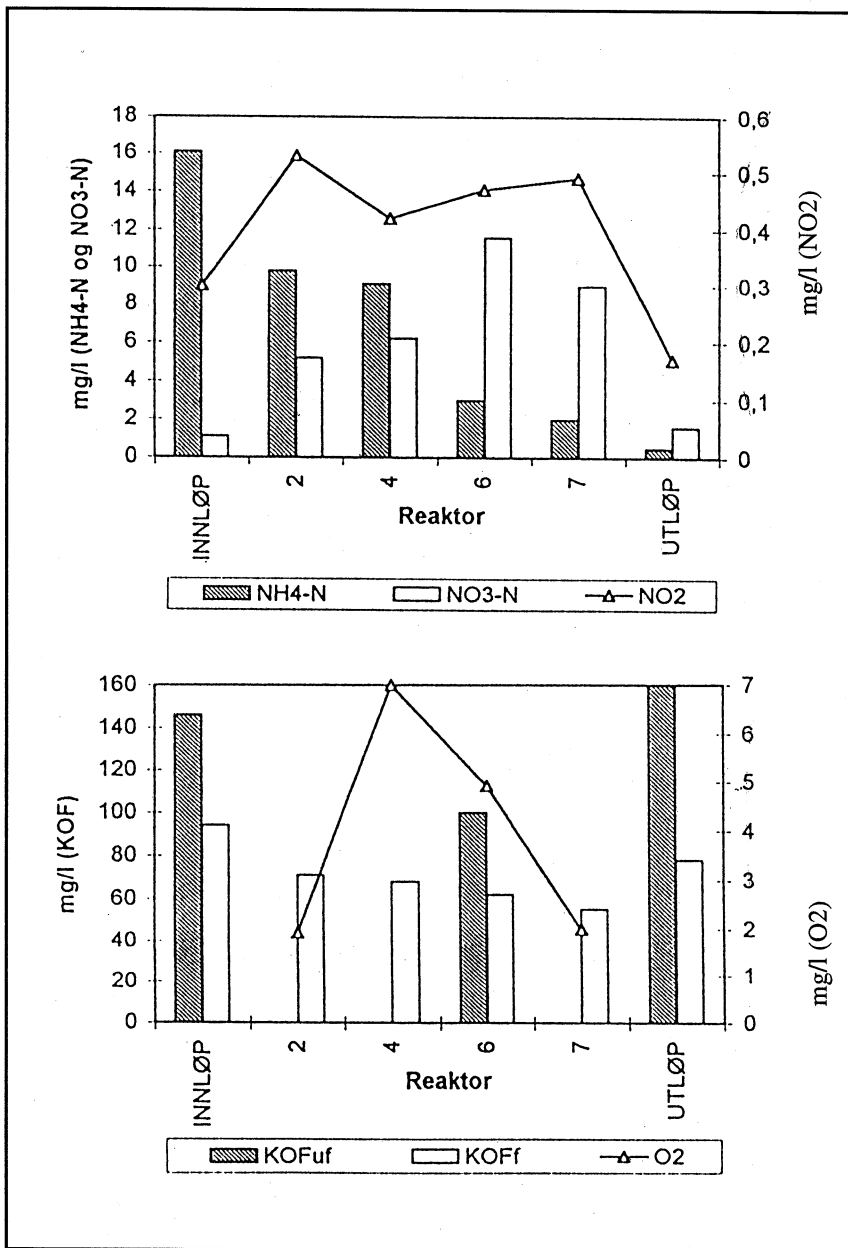


Fig. 3. Prosessprofil, nitrogenrensing, linje 1. Kombinasjonsprosessen. Dato 10-11/4 1995. Vannføring = 7571 m<sup>3</sup>/d. Midl. temp = 6,5 °C.



driften. Dette medfører variasjoner mhp. renseeffekt. Renseeffekten på godt over 90% er registrert ved stikkprøver. Gjennomsnittlig renseeffekt fremgår av tabell 1. Lillehammer kommune vurderer renseresultatene så langt som gode.

### Kjemisk felling

Tabell 2 viser en sammenstilling av belastning, kjemikaliedosering og renseresultat. Som fellingsmiddel er benyttet PAX 21. Tabellen viser at den kjemiske rensingen fungerer meget

**Tabell 2. Kjemikaliedosering og renseresultat**

Måned	Vannføring gj.snitt	Konsentrasjoner mg totP/l		Kjemikalie- dosering ml PAX/l	Renseeffekt %
		Inn	Ut		
	m <sup>3</sup> /d				
1994					
Januar	12.083	4,70	0,21	87	94
Februar	16.268	6,55	0,44	178	92
Mars	14.419	4,05	0,13	128	93
April	37 715	1,33	0,05	71	93
Mai	18.741	2,60	0,10	83	96
Juni	14.975	2,89	0,18	90	93
Juli	12.071	2,82	0,15	94	94
August	15.330	2,75	0,18	91	91
September	14.486	2,25	0,11	93	94
Oktober	10.934	7,75	0,21	93	97
November	11 506	3,65	0,61	99	83
Desember	12.253	2,06	0,40	92	78
Gj.snitt	15.945	3,62	0,23	97	91
1995					
Januar	12.123	3,11	0,29	101	90
Februar	11.920	4,25	0,09	85	97
Mars	13.690	3,45	0,14	81	95
April	20.200	4,00	0,13	73	96
Mai	17.491	2,10	0,04	61	98
Juni					
Juli	16.531	2,35	0,08	74	96
Gj.snitt	15.304	3,21	0,13	79	95

godt. Resultatene viser at fellingen fungerer ennå bedre etter at nitrogenrensetrinnet er satt i drift. Rensekravene vil kunne oppfylles med god margin.

Det er også kjørt forsøk med forfelling basert på PAX XL-1. Forsøkene viser at forfelling har en positiv effekt, men at forfelling under dagens belastningssituasjon er uaktuell siden en likevel synes å oppnå tilfredsstillende resultater.

### **Prosessoptimalisering**

Lillehammer renseanlegg er det første kommunale renseanlegget som er bygget i full målestokk i Norge for nitrogenrensing basert på KMT-prosessen. Dimensjonering og valg av tekniske løsninger måtte for en stor del baseres på teoretiske betraktninger og erfaringer fra forsøksdrift.

Nå når anlegget er i full drift med nitrogenrensing, er det av stor betydning å evaluere driftsresultatene for å

etterprøve tidligere forutsetninger og få bedre grunnlag for fremtidig drift. Følgende forhold er særlig interessante:

- Beregning av reaksjonshastigheter ved nitrifikasjon og denitrifikasjon
- Vurdering av driftsformer, kombinasjonsprosess eller etterdenitrifikasjon. Driftsresultater i forhold til driftsøkonomi
- Renseresultat avhengig av oksygeninnhold i aerobe reaktorer
- Betydningen av avløpsvannets temperatur mhp. renseseffekt
- Erfaringer med ulike karbonkilder for å oppnå best mulig driftsøkonomi. Klarlegge mulighetene for, gjennom felles behandling av slam og organisk avfall, å utvikle produkter som kan utnyttes som karbonkilde
- Optimalisere kjemikalieforbruket
- Registrere driftsproblemer
- Vurdere anleggets instrumentering.
- Oversikt over de reelle drifts- og vedlikeholdskostnader