

TOC i avløpsvann— En undersøkelse av kommunale renseanlegg på Romerike

Av Morten P. Nicholls og Kjell Terje Nedland

Siv.ing. Kjell Terje Nedland og Cand.real. Morten P. Nicholls
er overingeniører i Avløpssambandet Nordre Øyeren (ANØ).

Inn- og utløpsprøver fra 9 kommunale renseanlegg på Romerike viser at det er god sammenheng mellom målte BOF₇, KOF og TOC verdier. Forholdet mellom KOF og BOF i rensed avløpsvann fra kjemiske renseanlegg er imidlertid noe høyere enn antatt. Beregninger tilsier at BOF₇-verdier på h.b.v. 60, 30 og 20 mg O/l bør korrespondere med TOC-verdier på 33, 20 og 15 mg C/l. TOC innføres ved ANØ som standard analyseparameter på avløpsvann pr. 1.1. 1986, og erstatter tidligere BOF₇ og KOF analyser.

Fra 1.1. 1986 vil Fylkesmannen i Oslo og Akershus innføre TOC som kontrollparameter for organisk stoff i avløpsvann fra kommunale renseanlegg. Fra denne dato vil rutinemessig gjennomføring av KOF og BOF₇-analyser på denne type prøve ikke bli utført ved ANØ.

Begrunnelsene for å innføre denne analyseparameteren er bl.a. at BOF₇ og KOF analysene er beheftet med dårlig reproduserbarhet. Dessuten medfører analysene håndtering av giftige kjemikalier. Arbeidsmiljøet tillegges derfor også vesentlig vekt. Videre er BOF-analysen meget tidkrevende, da det tar 7 dager fra analysen starter til den er ferdig.

TOC-analysen innebærer ingen håndtering av slike miljøskadelige stoffer. Analysen er dessuten meget rask (under 5 minutter) og har i utgangspunktet en god reproduserbarhet. Det analytisk største problemet ligger i å få et homogent og finpartikulært prøveuttak. Dette oppnås gjennom en god homogenisering av prøvene.

Fylkesmannen i Oslo og Akershus og ANØ ønsket at det ble gjennomført en prøveperiode i 1985, der prøver fra utvalgte kommunale renseanlegg på Romerike ble analysert både på TOC, KOF og BOF₇. Gjennom dette ønsket man å få nærmere kjennskap til hvordan sammenhengen mellom disse analyseparametrene er for de enkelte anlegg, og ved dette komme fram til hvilke utslippkonsentrasjoner av TOC som bør innarbeides i utslippstillatelser for kommunale renseanlegg. Erfaringene forutsettes også å være av mer generell karakter, slik at TOC på sikt vil kunne bli innarbeidet også i andre typer av utslippstillatelser; f.eks. for industriutslipp.

Et annet viktig forhold som lå til grunn for prøveperioden var muligheten for å benytte de tidligere KOF og BOF-resultatene i sammenheng med de nye TOC-verdiene. Uten en slik prøveperiode ville muligheten for en slik langsiktig vurdering av driften av renseanleggene være svakere.

Døgnblandprøver fra 5 kjemiske og 4 biologisk-kjemiske rensesanlegg ble analysert på BOF_7 , KOF, TOC og LOC. Analysene for BOF_7 og KOF følger Norsk standard metodikk. For TOC benyttes UV-oppløsningen med natriumpersulfat.

Det ble valgt ut 9 kommunale rensesanlegg på Rometike. Av disse er 5 rene kjemiske anlegg, mens 4 har et biologisk trinn i tillegg. Anleggene er relativt små, med en tilknytning på mellom 350 og 3500 p.e. Dette utgjør mellom 55 og 100% av den dimensjonerende kapasiteten for anleggene. Enkelte av anleggene har noe industri tilknyttet.

Analysene er utført på døgnblandprøver tatt med vakuumprevetaker. Analysene for biokjemisk oksygenforbruk (BOF_7) og kjemisk oksygenforbruk (KOF) følger Norsk standard prosedyre. For BOF_7 ble det benyttet den manometriske metoden (NS 4758), mens KOF ble bestemt ved oksydasjon med dikromat (NS 4748).

Tidligere erfaringer har vist at manometermetoden gir noe høyere BOF_7 verdier, spesielt for biologiske anlegg, enn fortyngningsmetoden (NS 4749).

TOC og LOC ble bestemt ved våtkjemisk oksydasjon med natriumpersulfat ($Na_2S_2O_8$) i kombinasjon med UV-bestråling. Organisk materiale nedbrytes da til CO_2 , som deretter bestemmes ved IR-deteksjon. Mengden CO_2 som produseres er direkte proporsjonal med karboninnholdet i prøven. Det ble benyttet en Astro 1850 TOC-TC analysator.

TOC gir innholdet av totalt organisk karbon i ufiltrert prøve, mens LOC gir innholdet av organisk karbon i en filtrert prøve.

Forholdstallet mellom KOF og BOF_7 for kjemiske anlegg er noe høyere enn tid-

ligere antatt. Multipel lineær regresjon mellom KOF, BOF_7 og TOC muliggjør beregning av TOC verdier i tidligere utløpsprøver.

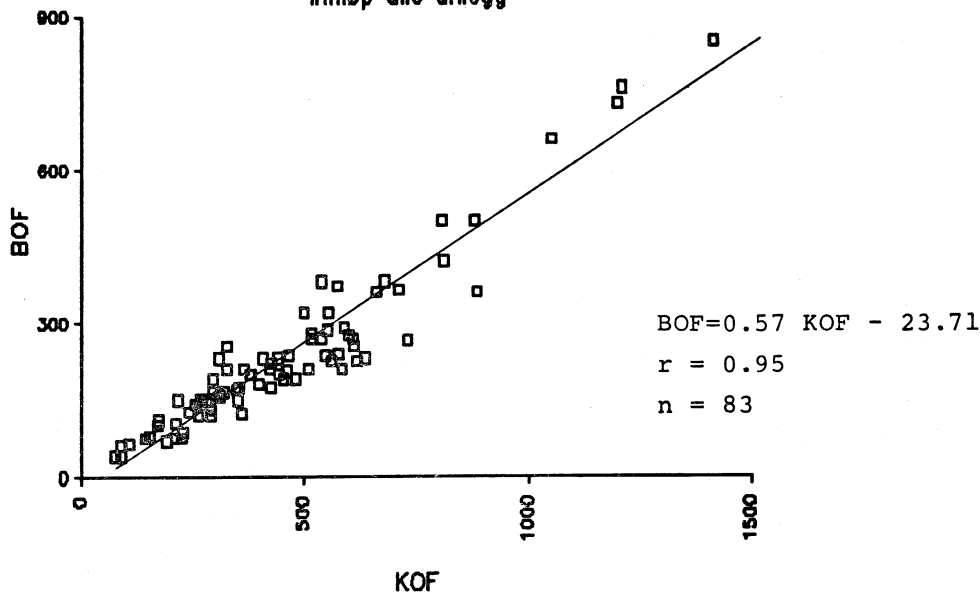
Resultatene bygger på parallellkjøring av KOF, BOF_7 , TOC og LOC i perioden januar—oktober 1985. Analysene har vært utført på både urensset og renset avløpsvann for de nevnte anlegg. Totalt omfatter datamaterialet 84 prøver, hvorav TOC er analysert i 75 av utløpsprøvene og i 43 av innløpsprøvene. Innholdet av løst organisk karbon (LOC) er utført i et noe mindre antall av prøvene, mens KOF og BOF_7 er utført på samtlige prøver.

Tidligere erfaringer tilsier at forholdstallet mellom KOF og BOF_7 i *urensset* avløpsvann er ca. 2. Ved denne undersøkelsen varierer dette forholdet mellom 1.33 og 2.98, med en aritmetrisk middelværdi på 2.02 for alle anlegg. Det vil si i godt samsvar med tidligere erfaringer. Sammenhengen mellom BOF_7 og KOF resultatene er vist i figur 1. Tilsvarende har vi for KOF/TOC funnet forholdstall mellom 2.69 og 10.70, med en middelværdi på 5.06. For TOC/LOC varierer dette forholdstallet mellom 1.17 og 3.91, med en middelværdi på 2.39.

For *renset* avløpsvann antar man at forholdet KOF/ BOF_7 er ca. 2 for kjemiske anlegg, mens det for biologiske anlegg varierer med belastningen. Vi har for alle typer anlegg funnet variasjoner mellom 1.49 og 9. De fleste prøvene ligger imidlertid mellom 2 og 4 i forholdstall. For de kjemiske anleggene er middelværdien 2.55, mens den for de biologisk/kjemiske anleggene er 2.80. Statistiske beregninger (t-prøving) av disse middelværdiene viser imidlertid at disse forskjellene ikke er

KOMMUNALE RENSEANLEGG

Innløp alle anlegg



Figur 1. Lineær regresjon mellom KOF og BOF₇ i innløpsprøvene.

signifikante innenfor 95% statistisk sikkerhet.

For de kjemiske anleggene er forskjellen mellom middelverdien på 2.55 og tidligere erfaringstall (2.0) statistisk signifikant (99% sikkerhet). Det vil si at vi ved denne undersøkelsen har funnet et noe høyere forholdstall mellom KOF og BOF₇ i renset avløpsvann fra kjemiske anlegg enn tidligere erfaringer tilsier. Sammenhengen mellom BOF₇ og KOF i avløpsvann fra de kjemiske rensesanleggene er vist i figur 2.

Forholdet mellom BOF₇ og TOC i avløpsvann varierer mellom 0.22 og 3.25. De biologiske anleggene har et høyere forholdstall (1.60) enn de kjemiske (1.48). Forskjellen mellom disse middel-

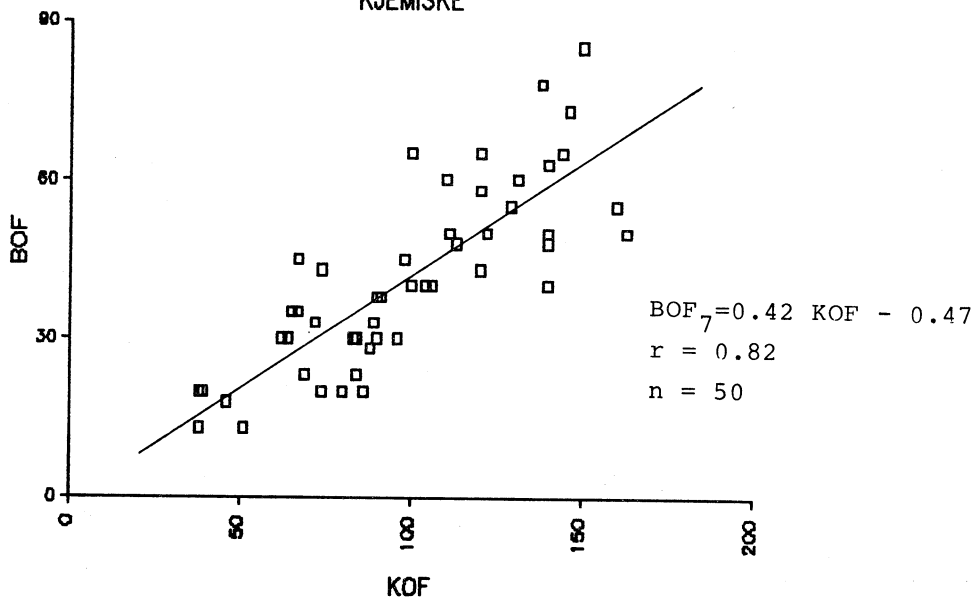
verdiene er imidlertid ikke signifikant (95% sikkerhet).

For KOF og TOC i renset avløpsvann varierer forholdstallet mellom 2.0 og 7.0. For de kjemiske anleggene er forholdet 3.70, mens det for de biologiske er 3.85. Heller ikke her er disse forskjellene statistisk signifikante.

Forholdstallet mellom TOC og LOC gir nyttig informasjon om det organiske materialet er partikulært eller løst, og derfor en indikasjon på driften av anlegget. Dette forholdstallet ligger mellom 1.0 og 2.0, med en middsverdi på 1.3 for både kjemiske og biologiske anlegg. Rensesanlegg som Fet og Frogner (kjemiske) og Lørenfallet (simultanfelling) har noe høyere forholdstall mellom TOC/LOC enn de

AVLØPSVANN FRA RENSEANLEGG

KJEMISKE



Figur 2. Lineær regresjon mellom KOF og BOF₇ i avløpsvann fra de kjemiske renseanleggene.

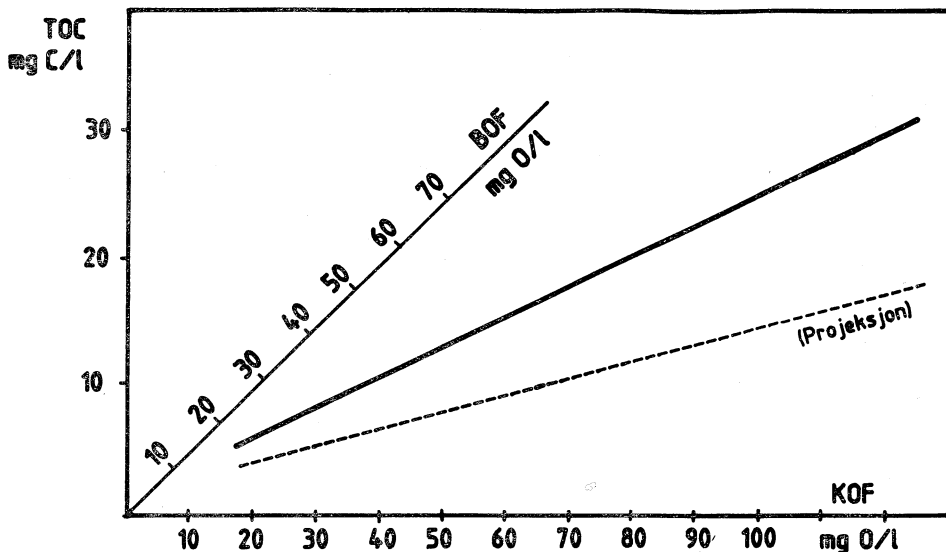
øvrige anleggene. Dette kan ha sammenheng med at disse har små sedimenteringsbasseng og større fare for slamflukt, men dette er ikke vurdert nærmere.

På bakgrunn av disse betraktninger mellom BOF₇, KOF, TOC og LOC bør man etter vår oppfatning være varsom med å benytte «standard» forholdstall kategorisk og ukritisk for å beregne størrelsen på en parameter ut fra en annen.

Legger man imidlertid flere observasjoner av en parameter (f.eks. BOF₇) til grunn for beregningen, benytter middelverdien av disse og multipliserer denne med det aktuelle standard forholdstallet, kan man med rimelig sikkerhet fastslå

hvilken gjennomsnittlig konsentrasjon av f.eks. TOC man hadde i samme periode.

Bedre vil det imidlertid være å benytte multipel lineær regresjon for å bestemme mengden av ett stoff ut fra resultatene av to andre. Siden BOF₇ og KOF utgår som rutinemessige analyser på avløpsvann, og blir erstattet av TOC (og eventuelt LOC), vil dette øke mulighetene for å se de tidligere BOF₇ og KOF verdiene i sammenheng med de nye TOC verdiene. Dette vil ikke bare gjelde bruk av middelverdier over en gitt periode og et gjennomsnittlig forholdstall for KOF/BOF₇, men åpne muligheten for å angi den respektive TOC verdien i en bestemt prøve. Sikkerheten i denne beregningsmåten vil være betrakte-



Figur 3. Multipel regresjon mellom KOF, BOF₇ og TOC for etterfellingssystemene.

lig større enn bare ved bruk av en variabel. Ut fra alle prøver av rensat avløpsvann

der både BOF₇, KOF og TOC er utført, får man ligningene:

Primær/sekundærfelling:

(44 tallsett)

$$\text{TOC} = 0.16 \text{ KOF} + 0.15 \text{ BOF} + 4.70 \quad (1)$$

Etterfelling:

(18 tallsett)

$$\text{TOC} = 0.18 \text{ KOF} + 0.15 \text{ BOF} + 1.87 \quad (2)$$

Simultanfelling:

(13 tallsett)

$$\text{TOC} = 0.34 \text{ KOF} + 0.18 \text{ BOF} + 0.40 \quad (3)$$

Korrelasjonskoeffisientene (r) for disse ligningene er hhv. 0.86, 0.84 og 0.87 og har en statistisk sikkerhet (signifikans) som er større enn 95%. Den multiple lineære regresjonen for ligning 2 er illustrert grafisk i figur 3.

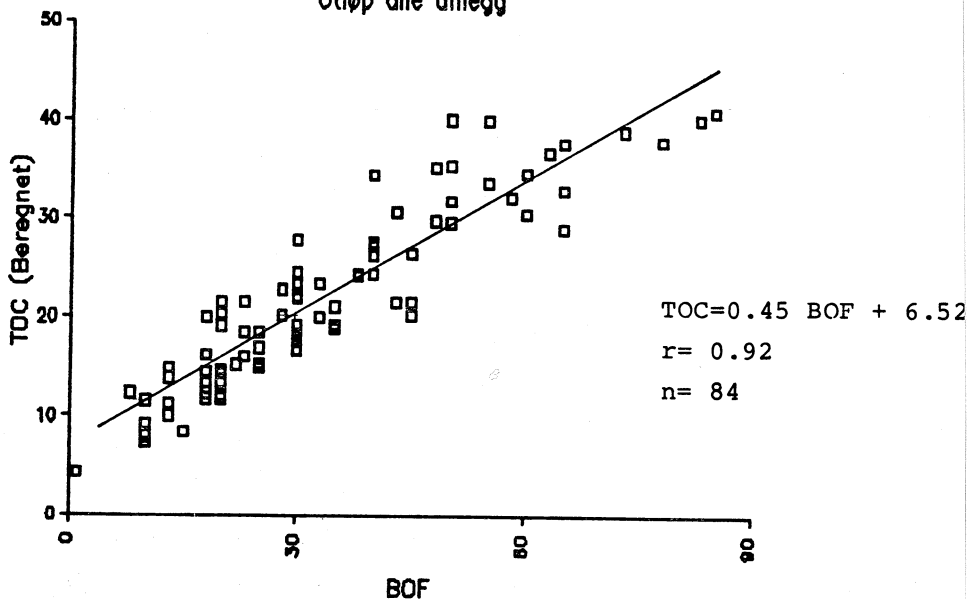
Sammenlignet med tidligere utslippskrav for BOF₇ på hhv. 60, 30 og 20 mg O/l, blir de respektive TOC verdier 33, 20 og 15 mg C/l. Fylkesmannen i Oslo og Akershus innfører fra 1.1 1986 et nytt kontroll-

program der utslippsverdiene beregnes ut fra 95%-persentilen av prøvene. Middelerverdien for TOC skal ifølge dette ikke overstige 45 mg C/l for kjemiske anlegg, 22 mg C/l for simultanfellingssystem og 11 mg C/l for etterfellingssystem. Det settes også grenser til maksimalkonsentrasjoner av TOC i avløpsvannet.

Etter våre erfaringer fra dette arbeidet, og de usikkerheter som ligger i BOF₇ og KOF analysene, er bruk av lineær regre-

AVLØPSVANN FRA RENSEANLEGG

Utløp alle anlegg



Figur 4. Linjen angir hvilke TOC verdier som bør korrespondere med en gitt BOF₇ verdi i avløpsvann fra kommunale renseanlegg. Basert på erfaringer fra enkelte anlegg på Romerike.

sjon mellom bare BOF₇ og TOC-verdiene ikke tilstrekkelig for å velge hensiktsmessige TOC-verdier. Beregner vi TOC ved multipel lineær regresjon og sammenligner disse resultatene med de målte BOF₇-verdiene, får vi et godt anslag på hvilke TOC-verdier som bør anvendes for en gitt BOF₇ verdi. Denne sammenhengen er illustrert grafisk i figur 4.

Det er dessuten et spørsmål om det er hensiktsmessig å bare benytte maksimal-konsentrasjoner ved utslippskontrollen eller om det vil være mest riktig å benytte en kombinasjon av middelverdi og øvre grense. En slik betraktningstype er under vurdering av Statens Forurensningstilsyn

(SFT). Etter vår oppfatning synes en slik vurderingsmåte prinsipielt å være hensiktsmessig og noe mer fleksibel enn eksisterende utslippskrav.

Tabell 1 gir oversikt over BOF₇-verdier og forslag til korresponderende TOC-verdier for de enkelte renseprosesser. Tabellen inneholder videre forslag til utslippskrav for TOC basert på NIVA's forslag og SFT's nye forslag (som bl.a. er basert på NIVA's resultater). På bakgrunn av resultatene som fremkommer av denne ANØ-undersøkelsen, har vi også fremmet forslag til utslippskrav for TOC. Forslaget bygger på prinsippet om middelverdi og maksimalverdi for 95% persentilen.

RENSEPROSESS		FORSLAG TIL UTSLIPPSKRAV FOR TOC $\mu\text{g}/\text{l}$						
		KORRESPONDERENDE VERDIER AV:		NIVA-metoden	SFT-metoden		ANØ-metoden	
		BOF $\mu\text{gO}/\text{l}$	TOC $\mu\text{gC}/\text{l}$	maks. verdi alle observ.	middel verdi 95% per- sentilen	maks. verdi 95% per- sentilen	middel verdi 95% per- sentilen	maks. verdi 95% per- sentilen
Primærfelling	60	33	45	45	90	30	45	
Sekundærfelling	60	33	45	45	90	30	45	
Etterfelling	20	15	15	11	22	13	18	
Simultanfelling	30	20	20	22	42	18	25	

Tabell 1. Forslag til korresponderende BOF₇ og TOC verdier i rensset avløpsvann, samt forslag til utslippskrav for TOC etter NIVA-metoden, SFT-metoden og ANØ-metoden.

Som det fremkommer er det godt samsvar mellom NIVA's forslag til maksimale TOC verdier for etterfellings- og simutanfellingsanleggene og korresponderende TOC verdier funnet ved denne undersøkelsen. For primærfellings- og sekundærfellingsanleggene er imidlertid forskjellen betydelig. Dette har sammenheng med at NIVA bare benytter lineær regresjon mellom BOF₇ og TOC og ikke trakk sammenhengen med KOF inn i beregningen. Dette er etter våre erfaringer nødvendig for å få relevante utslippskrav, selv om de kjemiske anleggene ikke er innrettet mot å fjerne organisk materiale.

SFT har utarbeidet forslag til nytt kontrollprogram for avløpsanlegg. Programmet, som for tiden er ute til høring, bygger på prinsippet om bruk av både middelverdier og maksimalkonsentrasjoner for 95% persentilen av prøvene. Etter våre erfaringer synes de oppsatte krav til TOC

verdier å være gjennomgående for milde. Et unntak er imidlertid middelverdien for etterfellingsanlegg som synes å være noe streng. Forskjellen mellom etterfellingsanleggene og simutanfellingsanleggene synes også å være for stor dersom man legger våre resultater til grunn.

Hvilke konsekvenser vil forslagene til utslippskrav for TOC ha for de enkelte anleggene? Ser vi på tabell 2, så er det i denne satt opp utvalgte statistiske utslippsdata for de renseanleggene som har inngått i denne undersøkelsen. Videre er det gjort vurderinger av om anleggene overskrider utslippstillatelsen basert på dagens krav, NIVA metoden, SFT metoden eller ANØ metoden.

3 av de 5 kjemiske anleggene, og samtlige biologiske anlegg har overskredet dagens utslippstillatelse for organisk stoff. Ifølge NIVA-metoden vil bare ett av de kjemiske og 3 av de biologiske anleggene

DATA VEDR. KONTROLL AV TOC UTSLIPP	RENSEANLEGG								
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
Antall observasjoner	9	10	7	9	9	9	9	4	9
Middelverdi	21.1	29.1	24.8	35.1	22.5	16.1	9.2	26	13.2
Standardavvik (n-1)	8.7	6.3	6.2	11.1	6.4	5.9	3.5	7.3	4.4
Maksimalverdi for 95%-persentilen	29	38	31	49	28	22	11	28	20
Overskredet utslipps- tillatelsen etter:									
-dagens krav	JA	NEI	JA	JA	NEI	JA	JA	JA	JA
-NIVA metoden	NEI	NEI	NEI	JA	NEI	JA	JA	JA	NEI
-SFT metoden	NEI	NEI	NEI	NEI	NEI	JA	NEI	JA	NEI
-ANØ metoden	NEI	NEI	NEI	JA	NEI	JA	NEI	JA	NEI

A: Flateby
 B: Nannestad
 C: Fetsund
 D: Aursnoen
 E: Frogner
 F: Grua
 G: Y. Enebakk
 H: Borgen
 I: Lørenfallet

A, B, C, D, E er kjemiske anlegg F, G er etterfollingsanlegg
 H, I er simultanfollingsanlegg

Tabell 2. Utvalgte data vedr. kontroll av TOC utslipp, samt konsekvensene for de enkelte anlegg ved innføring av nye utslippskrav.

overskride kravene. Etter SFT-metoden vil alle kjemiske anlegg holde seg under kravene for TOC, mens 2 av de biologiske vil overskride disse. Ved ANØ-metoden vil ett av de kjemiske og 2 av de biologiske anleggene ikke tilfredsstille utslippskravene for organisk stoff.

Metodene har sammenfallende konklusjoner for Nannestad, Frogner, Grua og Borgen. Uansett valg av metode medfører forslagene at utslippskravene for de biologiske anleggene i større grad blir overholdt, enn det som fremkommer med dagens krav. Dette kan også ha sammenheng med at BOF₇ er analysert etter manometermetoden som gir for høye BOF₇-verdier i dette konsentrasjonsområdet. For de kjemiske anleggene vil NIVA's og SFT's grenseverdier for TOC klart ligge for høyt i forhold til dagens BOF₇-grenseverdier. ANØ-metoden gir på sin side en bedring i utslippsforholdene i forhold til

dagens krav for 2 av de 5 kjemiske anleggene. For 3 av de kjemiske anleggene medfører ANØ-metoden ingen endring. Hvis man derfor ønsker å opprettholde dagens utslippskrav til organisk stoff ved kjemiske renseanlegg, ligger ANØ's grenseverdier for TOC nærmere de gamle utslippskravene for BOF₇ enn NIVA's og SFT's krav. Det kan imidlertid diskuteres hvorvidt en streng grenseverdi for utslipp av organisk stoff fra et mekanisk/kjemisk renseanlegg har noe for seg så lenge rene kjemiske renseanlegg kun kan fjerne partikulært organisk stoff.

Fylkesmannen i Oslo og Akershus vil fra 1.1. 1986 og inntil videre benytte de forslag til TOC verdier som fremkommer ved SFT-metoden. Etter våre foreløpige erfaringer synes imidlertid kravene etter ANØ-metoden å være bedre tilpasset de reelle utslippsverdiene for TOC.

REFERANSER

- ANØ 1985: TOC i avløpsvann. En undersøkelse av kommunale renseanlegg på Romerike. ANØ-rapport 42/85.
- NIVA 1983: TOC ved utslippskontroll. H. Hovind og B. Paulsrud. Rapport 1486.
- NS 4747: Bestemmelse av kjemisk oksygenforbruk med dikromat. Norges Standardiseringsforbund.
- NS 4749: Bestemmelse av biokjemisk oksygenforbruk, fortynningsmetode. Norges Standardiseringsforbund.
- NS 4758: Bestemmelse av biokjemisk oksygenforbruk, manometermetode. Norges Standardiseringsforbund.
- SFT 1985: Retningslinjer for kontroll ved avløpsrenseanlegg. Utkast til nye retningslinjer.