

Nitrogenfjerning med nitrifikasjon/denitrifikasjon i fullskala ved HIAS renseanlegg

Av Lasse Vråle

Lasse Vråle er sivilingeniør, MSc, fra University of Colorado og forsker på NIVA.

I perioden september 1980 til juli 1981 gjennomførte NIVA en undersøkelse med nitrogenfjerning med nitrifikasjon/denitrifikasjon ved HIAS renseanlegg på Hamar på oppdrag fra NTNF's utvalg for drift av renseanlegg.

A/L Hedemarken Interkommunale Avløpssamband (HIAS) er et interkommunalt andelslag og renseanlegget ligger i Ottestad utenfor Hamar. Anlegget er dimensjonert for ca. 90.000 personenheter, og for en hydraulisk belastning på 650 l/sek.

Anlegget har følgende hovedenhetsprosesser:

- 1) mekanisk rensing. Dette rensetrinnet er bygget opp av rist, sand- og fettfang og forsedimentering
- 2) biologisk rensing ved aktivslam-prosessen
- 3) kjemisk rensing der fellingen av fosfor foregår ved tilsetning av aluminiumsulfat.

En av de 6 linjene i biotrinnet ved HIAS renseanlegg ble ombygget for å stimulere nitrogenfjerning.

Bakgrunn for å fjerne nitrogen fra avløpsvann

Det registreres en økende interesse for fjerning av nitrogen fra avløpsvann. Til nå har hovedinteressen konsentrert seg

om fjerning av fosfor, og dette har ført til at den kjemiske fellingsprosessen i dag utgjør ryggraden i norske renseprosesser.

Et argument mot å fjerne nitrogen for å gjøre dette næringsstoffet til en begrensende minimumsfaktor er at en relativt høyere andel av nitrogen tilføres resipienten via ukontrollerbare forurenningstilførsler. Fosfor har hovedsakelig sin kilde fra forureningsproduksjon som skal oppsamles i ledningsnett. I et gjennomsnittlig nedslagsfelt kan det ofte være tale om at bare 20% av nitrogenbidraget stammer fra spillvann mens hele 80% tilføres ukontrollert.

På den annen side finnes det nedslagsfelt med en helt annet nitrogenproduksjonsfordeling. Nitrogenbidraget kan være uforholdsmessig stort fra en del industribedrifter og blant annet sigevann fra avfallsdeponier *slik at det under enhver omstendighet er nødvendig å bygge opp kompetanse for nitrogenfjerning og øke forståelsen for denne prosessen.*

Nitrogenreduksjon kan være ønskelig av hensyn til vannkvalitet i vannresipienten ut fra følgende hovedgrunner:

- 1) Ammonium tilført resipient vil ved oksydasjon bli nitrifisert til nitrat, en prosess som krever oksygen og som kan føre til oksygensvikt og anaerobe forhold i resipienten. Støkiometrisk er den kjemiske reaksjonen slik at 4,6

mg oksygen forbrukes for hver mg ammonium $\text{NH}_3\text{-N}$ som blir nitrifisert til nitrat.

- 2) I områder hvor nitrogen er eller kan gjøres til begrensende faktor for eutrofiering, vil nitrogenfjerning være nødvendig for å begrense uønsket algeoppblomstring.
- 3) Ammoniumnitrogen kan være giftig for fisk og akvatiske organismer, både som NH_3 i uionisert form og som kloraminer.

Nitrifikasjon av $\text{NH}_3\text{-NH}_4$ til NO_3 i renseanleggene ville løse problemet med oksygensvikt i vassdrag og fare for giftvirkning på fisk. Utslipp av nitrat NO_3 til vann som brukes som drikkevann, er uheldig fordi konsentrasjonen av NO_3 over 10–20 mg/l er en potensial fare for å forårsake sykdom hos spedbarn som ernæres med flaske.

Kjemiske fellingsanlegg fjerner normalt bare ca. 20 prosent av totalt fosfor i avløpsvannet, men det finnes en rekke andre metoder og prosesser som egner seg for å fjerne nitrogen eller bestemte former for nitrogen.

Nitrogenreduksjon eller nitrogenkontroll ved renseanlegg kan også være ønskelig av hensyn til renseanleggets drift og driftsresultat.

- a) For eksempel vil nitrifikasjon senke alkaliteten i avløpsvannet slik at det med en etterfølgende kjemisk felling oppnås bedre renseseffekt. Denitrifikasjon derimot øker alkaliteten, men ikke like mye som nitrifikasjon senker den.
- b) Denitrifikasjonstrinnet som inngår i prosessen kan redusere oksygenforbruket ved renseanlegget og derved driftskostnadene. I et system som allerede har

effektiv nitrifikasjon vil anvendelse av denitrifikasjon redusere oksygenbeholdningen betydelig.

- c) Anleggelse av et anoksisk kammer i et eksisterende aktivslamanlegg, antas å redusere problemene med slamsvelling. Bevisene er ikke sikre, men i lavbelastede renseanlegg finner man vanligvis lavt slamvolumindeks og høy slamkonsentrasjon.

Hva man ønsket å oppnå med undersøkelsen

Målsettingen var å undersøke om det var mulig med enkle midler å ombygge et konvensjonelt aktivslamanlegg tilpasset nitrogenfjerning, og klarlegge mulighetene for nitrogenfjerning i løpet av en høst-vinter og vårsesong for å se om nitrifikasjon- og denitrifikasjonsreaksjonshastigheter er høye nok for å oppnå rimelig fjerning med de temperaturforhold som råder i avløpsvann under snøsmelteperioden.

Flere av de forholdene som er av betydning for å få undersøkt et ettstegs nitrogenfjerningsanlegg tilpasset et eksisterende aktivslamanlegg er til stede ved HIAS, slik som:

1. Lave temperaturer i avløpsvannet vinter og vår. Kombinert nitrifikasjon og denitrifikasjon er ikke rapportert i litteraturen ved temperaturer lavere enn 7–8°C. Arbeid ved NTH av professor Eimhjellen ved 2–5°C har vist at det er nødvendig å bygge opp bakteriekulturer som trives ved lave temperaturer.
2. Fortynnet spillvann (BOF <100 mg O/l) og høy oksygenkonsentrasjon i innkommende avløpsvann kan bety at nedbrytbart karbon kan bli begrensende for denitrifikasjonsprosessen.

3. Det er tidligere rapportert at slamsvelling oppstår ved HIAS og denne undersøkelsen kan derfor klarlegge årsakene og om problemet blir redusert ved anleggelse av en anoksisk sone i prosessen.
4. Etterfellingen ved HIAS bruker vesentlig mindre aluminiumsulfat om sommeren (med nitrifikasjon) enn om vinteren (uten nitrifikasjon). Anvendelse av nitrogenfjerning kan forbedre rensegraden i det kjemiske rensetrinnet vinterstid, mens resultatet om sommeren ikke blir like bra fordi denitrifikasjon øker alkaliteten i forhold til dagens situasjon.

Valg av prosessstype for nitrogenfjerning ved HIAS

Det ble valgt en ettstegs nitrifikasjon/denitrifikasjonsprosess som vist i figur 1.

Det ble anlagt ett eget slamluftebasseng for returslammet og en egen slamreturlinje fra luftebassengets utløp tilbake til anoksisk sone. Begrunnelsen for å velge denne løsningen var at man skulle kunne operere prosessen med høyere slambelasting, og derved akselerere nitrifikasjon- og denitrifikasjonsprosessene som man på forhånd trodde kunne bli kritiske vinters-

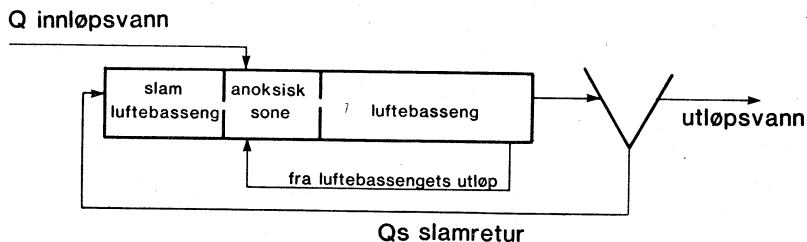
tid, med lave temperaturer. Økt resirkulering er ønskelig for å øke mulighetene for denitrifisering ved å få nitrifisert vann fra luftebassengets utløp tilbake til anoksisk sone. Det er en ren matematisk sammenheng mellom maksimal teoretisk nitrogenfjerning og resinkuleringsforholdet.

Ombygninger ved HIAS for å tilrettelegge for nitrogenfjerning

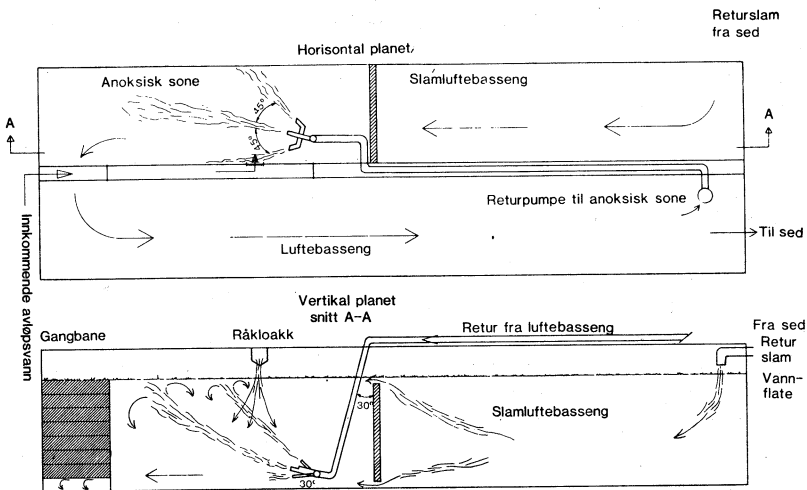
Biologisk trinn består av seks separate hydrauliske linjer, alle basert på aktivt slam. Den ene linjen, omtalt som linje seks, ble ombygd til et nitrogenfjerningsanlegg. Hver av de seks separate linjene i biologisk trinn er dimensjonert for 300 m³/h. Luftebassenget har et volum på 733 m³ og sedimenteringsbassenget 1 248 m³. Overflatearealet i sedimenteringsbassenget er på 312 m². Bassengdybden i luftebassenget er på 4,0 m.

Ombygningen må betegnes som enkle, og besto av følgende to trinn:

1. Oppdeling av eksisterende luftebasseng i slamluftebasseng og anoksisk sone
2. Anleggelse av slamresirkulering fra luftebassengets utløp.



Figur 1. *Ettstegs nitrifikasjon/denitrifikasjon med slamresirkulering og slamlufting ble valgt ved HIAS renseanlegg.*



Figur 2. Skisse for ombygning til nitrogenfjerningsprosess.

Figur 2 viser hvordan de praktiske løsningene ble gjennomført i forsøkslinjen.

Bassenget ble delt med skillevegger i trykkimpregnert virke. Veggene behøver ikke være vannrette slik at kravet til styrke ikke blir dominerende.

Skilleveggen mellom slamluftebasseng og anoksisk sone ble satt midtveis mellom endeveggen med en spalteåpning på ca. 20 cm mot bunnen og toppen i hele deleveggens lengde.

Utløpet fra anoksisk sone til luftebasseng hadde en åpning på 3 x 3 meter i sideveggen helt i enden av bassenget hvor vannstrømmen snur. Åpningen ble snevret inn til ca. 1 m² i langs bunnen.

Inntaket av avløpsvann måtte flyttes slik at dette tas direkte inn i anoksisk sone. Det ble installert en sentrifugalpumpe av typen CR15 som ble hengt opp 1 m under overflaten ved luftebassengets utløp. Denne pumpen ga ca. 270 m³/h,

og trykkledningen ble ført inn i anoksisk sone slik som vist på figur 2.

I første del av forsøket ble slammet ført med fritt fall inn i anoksisk basseng, men det viste seg mens forsøkene pågikk at det var vrient å få oksygenkonsentrasjonen i anoksisk sone lav nok. Slike nedfall er med på å piske inn oksygen, og for å løse to problemer samtidig ble slamreturledningen ført ned på bunnen i anoksisk sone via en slangestuss slik at slamreturpumpingen samtidig kunne være med på å skape omrøring i anoksisk sone og derved bidra til å unngå sedimenteringsproblemer.

Hensikten med anoksisk sone er å utsette nitrifisert vann og slam for anoksiske forhold slik denitrifikasjon oppnås. For å få til dette må oksygenkonsentrasjonen være så lav som mulig og helst ikke over 0,2 mg O₂/l, ellers reduseres mulighetene for denitrifikasjon. Enklest vil det være

å kutte ut lufterne i anoksisk sone, men dette øker faren for sedimentering av slammet og derved redusert denitrifikasjon. Målsettingen er å blande minst mulig luft inn i vannet, men allikevel holde en omrøring som hindrer sedimentering av slam i dødsoner.

Det ble bestemt først å prøve manuell påkobling av luftere 1—2 ganger i døgnet. Det ble gjennomført undersøkelser for å klarlegge hvor hurtig oksygenet ble innblandet i vannet når lufteren ble slått på og hvor hurtig det forsvant etter stengning av lufterventilene. Parallelt ble det utført undersøkelser på om slam sedimenterte i anoksisk sone.

Det viste seg at sedimentering og luftinnblandingen ikke var noe problem med den løsningen og metoden med manuell påkobling av luftere ble anvendt gjennom hele perioden.

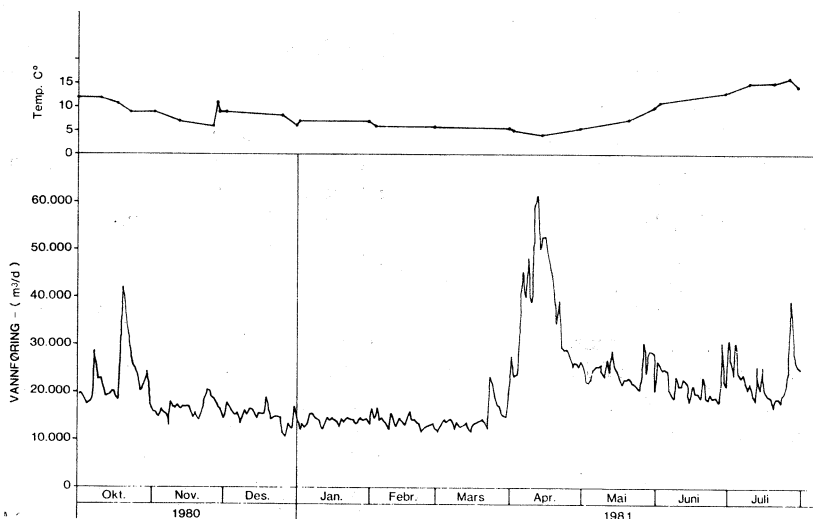
Prinsippskisse for vannstrømning, plas-

sering av målerenner, prøvetakning og returvannstrømmer er vist i hovedrapporten (1).

RESULTATER OG ERFARINGER

Innkommende vannføring og temperatur

Belastningsforholdene er av stor betydning når renseanleggets driftsresultater skal vurderes. Særlig blir biologiske prosesser kraftig påvirket av varierende hydraulisk og forurensningsmessig belastning; og både oppholdstiden og derved reaksjonens tidspåvirkning varierer i takt med vannføringen. Nitrifikasjon er en prosess som krever lange oppholdstider og nitrifikasjon kan derfor oppstå i biologiske renseanlegg i perioder med lav vannføring og særlig når bassengene er dimensjonert større enn det aktuelle belastningen tilsier.

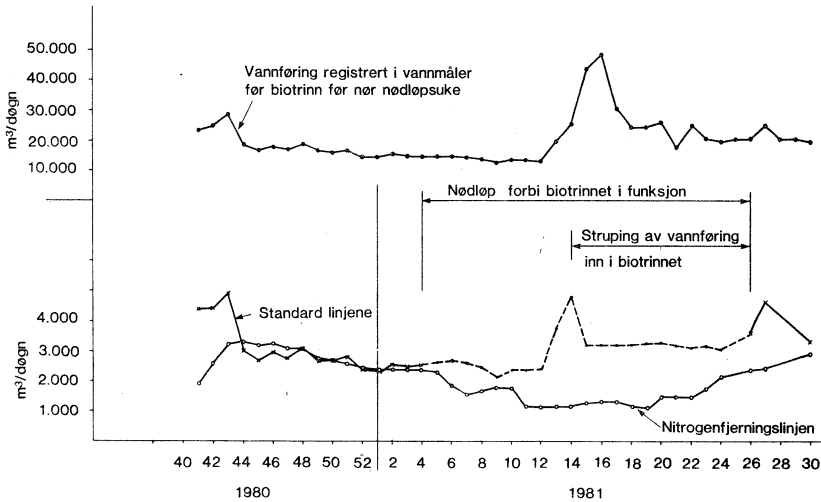


Figur 3. Vannføring og temperatur inn til HIAS renseanlegg.

Vannføringen inn fra innløpsledningens vannmålestasjon benyttes som utgangspunkt for anleggets hydrauliske belastning, og er grafisk fremstilt i figur nr. 3.

For hele perioden er gjennomsnittsvannføringen 20 373 m³/d. Figur 3 viser hvordan nedbørsperioder innvirker på

vannføringen. April peker seg ut med særlig store inntak av fremmedvann på grunn av snesmelting. Høyeste registrerte døgnvannføring er ca. 61 885 m³/d som er 204 prosent høyere enn gjennomsnittet for hele perioden. Laveste vannføring finner sted 26. desember (i juleferien) med 10 749 m³/d, altså ca. halvparten av gjennomsnittet.



Figur 4. Ukegjennomsnittlig vannføring registrert for biotrinnet og i nitrogenfjerningslinjen og standardlinjene ved HIAS perioden oktober 1980 og juli 1981.

Temperaturmålingene viser lavest temperatur i april, nemlig 5,0°C. Dette bekrefter at snesmelting er hovedårsaken til det store fremmedvanninntaket i april. Kombinasjon av stor vannføring og lavtemperatur er særlig ugunstig for nitrogenfjerning siden prosessenes reaksjonstid da er lavest på grunn av lav oppholdstid i bassengene samtidig som reaksjonshastighetene er lavest på grunn av lav temperatur.

Driftsforhold under forsøkene

Resultatet av vannføringsmålingene og beregningen av den hydrauliske belastningen på standardlinjene og forsøkslinjen er vist i figur 4.

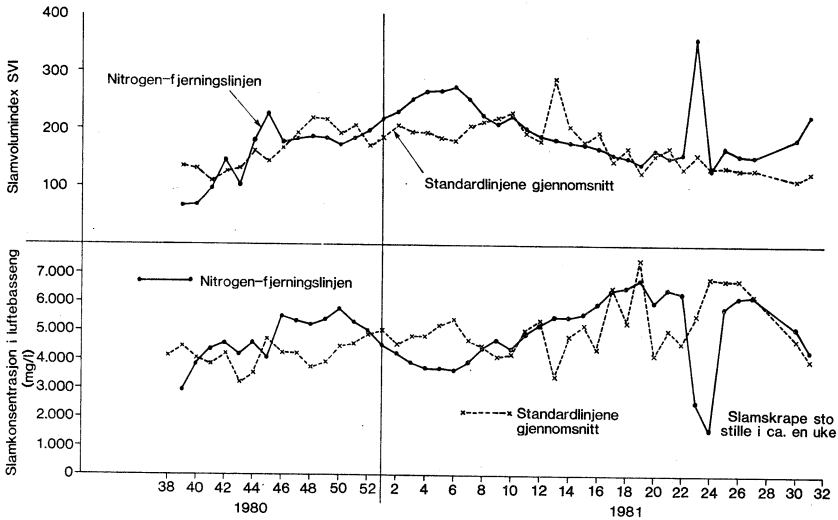
Slamkonsentrasjonene og slamvolumdeks i luftebassengene er grafisk fremstilt i figur 5.

Resultatene viser at slamkonsentrasjonene i luftebassengene har vært nogen-

lunde like med 4910 mg/l i nitrogenfjerningslinjen i gjennomsnitt over hele perioden og 4847 mg/l i gjennomsnitt for de fem standardlinjene. I nitrogenfjerningslinjen var målsettingen å operere med en høyere slamkonsentrasjon. De høyeste verdiene som ble oppnådd var 6800 mg/l i uke 19 i 1981 som var tidlig i mai, rett etter vårflommen i april.

Slamvolumindeksverdiene, SVI, viser at slammet for begge prosessene gjennomgående har høye verdier. I gjennomsnitt for hele perioden er SVI for nitrogenlinjen 186 og for konvensjonell linje 171.

Den lave slamkonsentrasjonen og høye slamvolumindeksen som oppstår i uke 23 skyldes etter alt å dømme at slamskrapen sto stille en uke etter gjennomføringen



Figur 5. Ukegjennomsnittlig slamkonsentrasjon i luftebasseng og slamvolumindeks SVI i nitrogenlinje og standardlinjene i biologisk trinn på HIAS i perioden 1980 til jul 1981.

av et instituttfullskala sedimenteringsforsøk utført 27.5.

Både oppholdstider i de enkelte bassengene, slambelastning og slamalder er viktige parametre for å karakterisere driftsforholdene i prosessen. Usikkerheten som har oppstått omkring hydraulisk belastning i standardlinjene og slamakkumuleringsproblemet er nærmere beskrevet i hovedrapporten (1).

Renseresultater ved HIAS i forsøksperioden

Enkeltanalysene for de forskjellige nitrogen komponenter i innløpsvannet er nærmere beskrevet i hovedrapporten (1) og viser at nitrogenkonsentrasjonene varierer.

Tabell nr. 1 viser en oversikt over prosentvis endring av vannkvaliteten i innløp- og utløpsvannet i nitrogenfjer-

Tabell 1. Prosentvis endring av vannkvaliteten i inn og utløpsvann i nitrogenfjerningslinjen og standardlinjen ved HIAS i forsøksperioden.

Parameter	Standard		Måned												Gjennomsnitt											
	= S		Sep 81		Oct		Nov		Des		Jan 81		Feb		Mar		Apr		Mai		Jun		Jul		Anmerk tid biol. linjen %	Nitrogen- %
	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N				
Tot-N Red, NH ₄ /N ₃ Red.	11%	-	29	16	32	45	30	69	31	29	53	65	53	67	52	55	28	73	-	-	38	60	1	55	66	
KOF ufiltrert Red	60	-	71	72	79	79	76	78	31	29	61	74	79	75	82	84	-	-	-	-	76	66	3	68	69	
KOF filtrert Red	68	-	53	66	82	84	71	74	59	70	-	-	-	-	-	71	-	-	-	-	-	-	4	66	74	
BOF ₇	-	-	73	84	91	93	89	93	-28	19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	78	68	5	84	90	
Susp. stoff Red	90	88	90	85	86	95	-44	67															5	89	84	
Alkalitet Red	42	53	58	56	65	55	47	27	52	56	69	61	14	23	59	22					41	33	2	49	43	
Hydraulisk belastning i biotriinn (m ³ /d pr. linje)	Standard		4157	2837	2615	(2464)	(3127)	3205	3175	3593																2089
Nitrogenfj.	Standard		2762	3132	2605	2394	1717	1326	1250	1407	2210															
Slamkonsentrasjon i luftebasseng (mg/l)	Standard		3715	4235	4457	4916	4707	4618	5402	5380	6552															4984
Nitrogenfj.	Standard		4385	5077	5392	4056	4170	5143	6157	6427	4050															
Slamvolumindeks SVI	Standard		132	180	196	192	204	216	171	147	139															189
Nitrogenfj.	Standard		130	191	184	246	240	195	163	155	195															
Slamoverskudd utp. (m ³ /døgn pr. linje)	Standard		35,7	41,4	15,7	9,6	7,5	4,7	4,8	8,6	19,8															17,8
Nitrogenfj.	Standard		6,8	9,2	20,9	5,9	0	5,6	5,4	5,8	16,1															11,2
Slamteppeniå i sediment.- bass. (cm under overfl.)	Standard		115	112	86	59	50	57	107	60	82															81
Nitrogenfj.	Standard		107	93	28	27	31	30	44	40	73															53

1 Desember til mai uten slamflukt

2 Desember til og med Juli

3 Oktober til og med april

4 Oktober til og med januar

5 Oktober til og med desember

6 Oktober til og med juni

NB! Vannføringen som er angitt i parentes representerer en øvre grense.

Belastningen har vært lavere enn dette.

ningslinjen og standardlinjene i det biologiske trinnet. I tillegg er det også vist noen karakteristiske driftsdata. Gjennomsnittsverdien er presentert helt til høyre i tabellen. Det fremgår av tabellen at nitrogenfjerningslinjen har gitt bedre rensesresultat med hensyn på totalnitrogenreduksjon med 66 prosent sammenlignet med standardlinjenes 53 prosent. Nitrifikasjonen har vært noe bedre, og det har også fjerningen av organisk stoff.

Det som er mest overraskende ved undersøkelsen er den lille forskjellen mellom nitrogenfjerningslinjen og standard biotrinnslinjen med hele 53 prosent. Mange forhold tyder på at nitrogenfjerningslinjen ikke ble drevet optimalt og fikk vist hva den var god for, men mu-

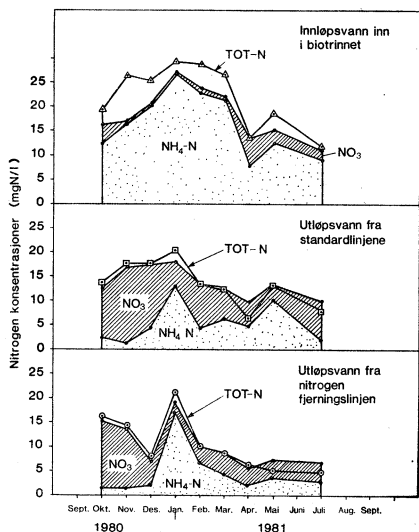
lighetene for nitrogenfjerning etter den undersøkte prosessen er diskutert.

I figur 6 fremstilles nitrogenkomponentene i innløpsvann og utløpsvann fra hver av linjene med gjennomsnittlige månedskonsentrasjoner.

I den kalde vinterperioden fra november til april foreligger mesteparten av nitrogenet i ammoniumformen og total nitrogenkonsentrasjonene er høye, mens NO_3 -konsentrasjonene er lave. De høye konsentrasjonene i vintermånedene skyldes etter alt å dømme begrenset inntak av fremmedvann. Derimot viser $\text{NO}_2 + \text{NO}_3$ konsentrasjonene vesentlige toppen i siste del av oktober da de var vesentlig regnvannsinntak og i april under vårfloppen. Siden april måned har den mest markerte nitratøkningen og samtidig det kaldeste vannet helt ned i 4°C , tas dette som et uttrykk for at økningen ikke skyldes nitrifikasjon i avløpssystemet, men øket bidrag av NO_3 fra kilder som transporteres inn til rensenanlegget ved hjelp av fremmedvannsinntaket.

Figuren viser også hvor stor andel av nitrogeninnholdet i utløpsvannet som utgjøres av NH_4 kontra NO_3 . Derved får en også et bilde av om nitrifikasjonstrinnet eller denitrifikasjonstrinnet har vært flaskehalsen i prosessen. For nitrogenfjerningslinjen har særlig denitrifikasjonstrinnet vært begrensende frem til desember 1980, men deretter har nitrifikasjonstrinnet vært noe begrensende. Fra mars og utover har begge prosessene forårsaket nitrogenutslipp omtrent samme størrelsesorden.

For standardlinjene har nitrifikasjonen vært gjennomgående lavere med større utslipp av ammonium, men også denitrifikasjonen er vesentlig redusert utover våren.



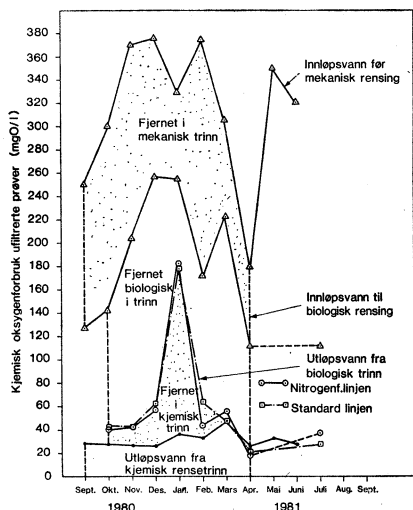
Figur 6.

Månedsgjennomsnittlig oversikt over nitrogenkomponentene i innløpsvann og utløpsvann fra nitrogenfjerningslinjen og standardlinjene i biologisk trinn ved HIAS.

Av spesielle forhold som det kan være av interesse å trekke fram fra undersøkelsen er følgende.

I figur 7 er det biologiske trinnets betydning for fjerning av organisk stoff satt inn i en større sammenheng. Figuren viser kjemisk oksygen i utfiltrerte prøver for innløpsvannet før mekanisk rensing inn i biologisk trinn, ut fra hver av linjetypene og utløpsvann fra kjemisk felling.

Det som slår en er den relativt store andel organisk stoff fjernes i det mekaniske rensetrinnet. Dessuten kan en merke seg at slamfluktproblemene fra biologisk trinn knapt merkes i utløpsvannet fra kjemisk trinn. Den relative forskjellen mellom utløpsvannkvaliteten fra nitrogenfjerningslinjen og standardlinjen blir liten i denne sammenheng.



Figur 7.

Kjemisk oksygenforbruk-konsentrasjonen i innløpsvann til mekanisk, biologisk og kjemisk rensetrinn og utløpsvann fra kjemisk rensing.

Et annet viktig forhold som er knyttet til alkalitets endringer i biotrinnet.

Det har lenge vært klart at en av de store fordelene med å benytte biologiske rensetrinn før kjemisk felling, er å senke alkaliteten i vannet som går til kjemisk felling og dermed kan enten kjemikalieforbruket senkes, eller rensegraden økes. Månedsgjennomsnittlige verdier viser at alkalitetsreduksjonen i biotrinnet er betydelig.

Høy oksygenkonsentrasjon i anoksisk kammer som flaskehals i nitrogenfjerningsprosessen.

Lav oksygenkonsentrasjon i anoksisk kammer er av avgjørende betydning for vellykket denitrifikasjon. Det ble foretatt en rekke målinger av oksygenkonsentrasjonene på alle strategiske punkter i prosessen, og disse viser at oksygenkonsentrasjonene gjennomgående har vært for høye. For effektiv denitrifikasjon i anoksisk kammer. Undersøkelsene viser at årsakene til dette både skyldes høyt oksygeninnhold i innløpsvannet særlig i perioder med høyt fremmedvannsinntak og lavt oksygenopptak i slammet.

Slamakkumulering i sedimenteringsbassenger og innvirkning på renseresultatene.

Anleggelse av en anoksisk sone i et aktivslamanlegg skulle ifølge tidligere utførte undersøkelser ha en gunstig innvirkning på å løse slamsvellingproblemet og bedre slammets sedimenteringsegenskaper. Det ble nemlig hevdet at høyt slamnivå i sedimenteringsbassengene på HIAS skyldtes slammets dårlige slamsegenskaper.

Nitrogenundersøkelsen ble etter hvert sterkt dominert av de «slamproblemene»

som etter hvert utviklet seg sedimenteringsbassenget. Da forsøkene ble igangsatt var det ønskelig med høyest mulig slamresirkulering og lavest mulig uttak av overskuddsslam for å bygge opp så høy slamkonsentrasjon som mulig.

Den 2.12.80 øker driftsoperatøren overskuddslampumpingen til 21 m³/d fordi flyteslam observeres. Dette er imidlertid et godt tegn på at denitrifikasjonsprosessen er i gang. Dagen etter senkes vannføringen inn i forsøkslinjen fra ca. 3 000 m³/d ved å senke strupelukan. Dette skyldes at slamteppe i sedimenteringsbassenget allerede da ligger høyt. Imidlertid viser det seg at også de andre linjene i biologisk trinn har høyt slamteppenivå, og den 13. januar 1981 åpnes nødlukan foran biologisk trinn slik at belastningen senkes.

Ut over våren har det høye slamnivået i forsøkslinjen ført til at driftsoperatørene ytterligere har måttet senke vannføringen inn i forsøkslinjen. Det høye slamnivået er blitt en flaskehals for prosessen som det fremgår av figur 4.

Det ble gjennomført 4 undersøkelser for å klarlegge årsaken til slamproblemet i sedimenteringsbassengene ved HIAS.

Nr.1.

Prøvetakning og analyse av vann/slam i sedimenteringsbassenget i forsøkslinjen.

Det ble tatt prøver av slammet ved sedimenteringsbassengets innløp midt i bassenget og ved utløpet. Alle tre stedene ble slamprøvene tatt på tre forskjellige dyp, 30 cm, 150 cm og ved bunnen i sedimenteringsbassenget. Prøvene ble analysert for suspendert stoff, og det ble tatt in situ oksygenkonsentrasjoner.

Resultatene av målingene viser at det foreligger slamoppfylling fra bunn til topp

med relativt høye slamkonsentrasjoner som øker mot bunnen.

Nr. 2

Fullskala sedimenteringsforsøk i forsøkslinjen.

Innløpsluken for vannføring ble stengt og kjedeskrapene ble stanset den 27.5.81. Slamteppets nivåsenkning ble målt som funksjon av tiden og viste klart at synkehastigheten avtok i såkalt hindret sedimentering. Etter 4.5 timer sank slammet bare 0.70 m, og bekrefter at bassenget er oppfylt med slam.

Nr. 3.

Undersøkelse av slamteppenivå i alle linjene i biologisk trinn og sammenhengen mellom slamteppenivå og overskudd slamutpumping.

Det er viktig å klarlegge om slamakkumulering også skjer i de andre biologiske linjene i biotrinnet. Det ble gitt anledning til å studere og bearbeide driftsdata for daglig registrert siktedyp og utpumpet overskuddsslam som pumpes ut av systemet.

Undersøkelsene avslører flere viktige forhold, og det kan dras følgende konklusjoner:

1. Høyt slamteppenivå er et problem i alle linjene i biotrinnet ved HIAS renseanlegg.
2. Det er nær sammenheng mellom forandring i utpumpet slammengde og slamteppenivå. Økt slamutpumping senker slamteppenivået og omvendt.
3. Overskuddslamutpumpingen varierer over året og er vesentlig lavere om vinteren.

Nr. 4.

Undersøkelse av slampumpekapasitet.

På bakgrunn av de store slammengdene i bassengene undersøkte driftsoperatørene ved HIAS seks av sine permanente slampumper for slamresirkulering og overskuddslam. Undersøkelsene viste at kapasiteten var lavere enn oppgitt og spesielt i nitrogenfjerningslinjen.

Hovedkonklusjonen ut fra de fire spesialundersøkelsene må derfor bli at det skjer en omfattende slamakkumulering i sedimenteringsbassengene ved HIAS og at forskjellen i bassengene synes å henge sammen med lokale forhold som hydraulisk belastning, overskuddsslamutpumping og resirkulering i hver av linjene. Dårlige slamegenskaper som følge av slamsvelling eller nitrogenfjerningsprosesser synes ikke å være årsaken til de problemene som har oppstått. Følgende årsaksforhold for slamakkumulering oppsummeres:

1. Senket overskuddsslamutpumping i den kalde årstid.
2. Overskuddsslamutpumping generelt er for lav, og ses i nær sammenheng med slamnivå i sedimenteringsbasseng.
3. Slampumpene gir lavere kapasitet enn oppgitt av leverandøren. Må utbedres.

Konsekvenser av slamakkumulering i sedimenteringsbassengene på HIAS

Det faktum at store slammengder befinner seg i sedimenteringsbassenget har foruten i stor grad påvirket undersøkelsene også innvirkning på slamberegninger etc. som gjøres ved HIAS renseanlegg. For eksempel viser de målte slamkonsentrasjonene og slamvolumet at slammet i sedimenteringsbassenget utgjør 8320 kg SS, mens det normalt bare er 4000—5000 kg SS i luftebassenget. *Altså av den totalslammengden i sedimenteringsbassen-*

get befinner bare 35 prosent seg i luftebasseng, slamluftebasseng og anoksiske sone.

Et annet forhold som er av stor betydning er at påvisningen av slamakkumulering i stor grad forklarer de gode nitrogenfjerningsresultatene som ble funnet i standardlinjene i det biologiske trinnet. I perioden før slamakkumulering ble påvist, ble det stilt spørsmål om man kunne stole på nitrogenanalysene. Dette ble nærmere undersøkt og er beskrevet i detaljrapporten, og det ble ikke påvist noen feil.

Hovedgrunnen til den gode nitrogenreduksjonen i standardlinjen forårsakes av to bestemte forhold:

1. Relativt lav organisk og hydraulisk belastning på biotrinnet slik at nitrifikasjon naturlig vil oppstå.
2. Høy slamakkumulering i alle bassenglinjene med relativt lave oksygenkonsentrasjoner, slik at denitrifikasjonsprosessen i sedimenteringsbassenget kan komme i gang.

KONKLUSJONER

Undersøkelsen med nitrogenfjerning i en av de seks linjer i biotrinnet ved HIAS renseanlegg ved Hamar har gitt følgende konklusjoner:

1. Det er fullt mulig å tilpasse nitrifikasjon/denitrifikasjonsprosessen til større norske biologiske renseanlegg og oppnå betydelig nitrogenfjerning selv med de lave temperaturer som oppstår i avløpsvannet i smelteperioden. Det forutsetter imidlertid at man har god kontroll med belastningsforholdene ved renseanlegget og at driftsbetingelsene er klarlagt.

2. Følgende forhold må tillegges vekt for å ha god kontroll med nitrifikasjons-/denitrifikasjonsprosessen:
 - a) Hydraulisk belastning både totalt og fordelingsmessig på hver av linjene.
 - b) Innløpsvannets oksygenkonsentrasjon og temperatur.
 - c) Slamresirkulering og overskuddsslamutpumping og slamteppenivå i sedimenteringsbassenget.
3. Totalnitrogen-konsentrasjonene i avløpsvannet som passerte nitrogenfjerningslinjen ble redusert med 66 prosent i gjennomsnitt i den kalde årstiden fra desember til og med mai når slamfluktperioden i januar holdes utenom. For linjene som ikke var lagt tilrette for nitrogenfjerning var fjerningen av nitrogen over samme tidsrom 53 prosent.
4. Fjerning av organisk stoff var noe bedre i nitrogenfjerningslinjen enn i standardlinjene. Midlere fjerning av henholdsvis ufiltrert KOF, filtrert KOF var henholdsvis 77 og 74 prosent. BOF₇-fjerningen var 90 prosent. For standardlinjene var de tilsvarende tall 75, 66 og 84 prosent.
5. Fjerning av suspendert stoff har vært like bra for alle linjer med en gjennomsnittlig utløpskonsentrasjon på 9 mg/l.
6. Alkalitetssenkningen i biotrinnet har variert noe, men har vært størst i standardlinjene. Dette skyldes høy grad av nitrifikasjon i alle linjer. Ved denitrifikasjon øker imidlertid alkaliteten igjen slik at linjen med høyest nitrogenfjerning får lavest alkalitetssenkning. I standardlinjene var alkalitetssenkningen i gjennomsnitt i perioden oktober til og med mars 51 prosent. For linjen med nitrogenfjerning var alkalitetssenkningen 55 prosent.
7. Hovedårsaken til høyt slamteppenivå i hele biotrinnet synes å være akkumulert aktivslam som følge av redusert overskuddsslamutpumping.

BAKGRUNNS REFERANSER:

- (1) *Vråle, L.*: Fjerning av nitrogen ved nitrifikasjon/denitrifikasjon i aktivslamanlegg. Resultater fra fullskalaforsøk ved HIAS renseanlegg. Prosjektrapport nr. 39. NTNF's utvalg for drift av renseanlegg. Mars 83.
- (2) US Environmental Protection Agency: *Prosess design manual for nitrogen control*, October 1977.
- (3) *Bliss, P. J. og Barnes, D.* «Biological nitrogen control in wastewaters». *Effluent and water treatment Journal*. Februar 1981.
- (4) *Pine, Walter Scott*: *Microbial Denitrification in conjunction with the activated sludge process*. U.S. Thess University of Washington 1967.