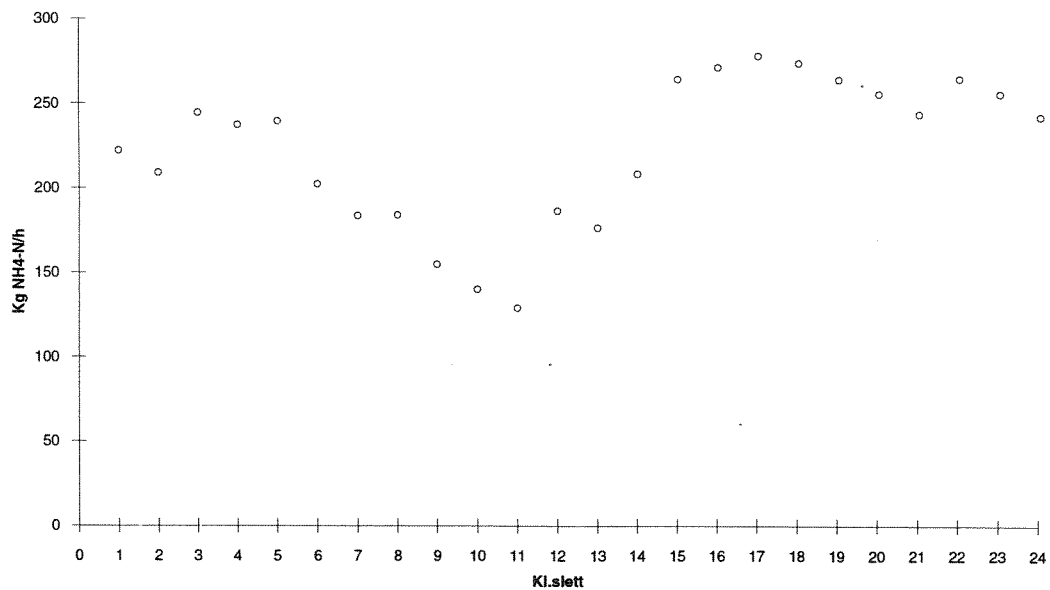




O-91190

Døgn- og timevariasjoner for ammoniumtilførsler til VEAS



NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Prosjektnr.:	Undernr.:
O-91190	
Løpenr.:	Begr. distrib.:
2734	

Hovedkontor	Sørlandsavdelingen	Østlandsavdelingen	Vestlandsavdelingen	Akvaplan-NIVA A/S
Postboks 69, Korsvoll	Televeien 1	Rute 866	Breiviken 5	Søndre Tollbugate 3
0808 Oslo 8	4890 Grimstad	2312 Ottestad	5035 Bergen - Sandviken	9000 Tromsø
Telefon (47 2) 23 52 80	Telefon (47 41) 43 033	Telefon (47 65) 76 752	Telefon (47 5) 95 17 00	Telefon (47 83) 85 280
Telefax (47 2) 95 21 89	Telefax (47 41) 44 513	Telefax (47 65) 78 402	Telefax (47 5) 25 78 90	Telefax (47 83) 80 509

Rapportens tittel:	Dato:	Trykket:
Døgn- og timevariasjoner for ammoniumtilførsler til VEAS	22.05.92	NIVA 1992
	Faggruppe:	
	Miljøteknologi	
Forfatter(e):	Geografisk område:	
Gunnar Fr. Aasgaard Kristin Mørkved	Buskerud	
	Antall sider:	Opplag:
	24	40

Oppdragsgiver:	Oppdragsg. ref. (evt. NTNF-nr.):
Vestfjorden Avløpsselskap	56.04-611.91 bel

Ekstrakt:

Sentralrenseanlegg Vest (VEAS) for Oslo, Bærum og Asker forbereder utvidelse av renseprosessen til også å omfatte biologisk nitrogenfjerning. Biologisk nitrogenfjerning er en relativt følsom og komplisert prosess, og tilført ammoniumsmengde er en kritisk dimensjonerings- og driftsparameter. Det er derfor viktig å skaffe kunnskap om variasjoner i tilførselen av ammonium til VEAS-anlegget, samt hvordan denne eventuelt kan utjevnes.

Ved hjelp av overlappende prøveserier på 16 steder i VEAS' tilrenningsområde i løpet av en 3-måneders periode er døgn- og timevariasjoner for ammoniumtransporten funnet. Det er videre foretatt enkle analyser av mulige, identifiserte utjevningstiltak. Signifikant utjevning vil kunne oppnås ved flere av disse tiltakene.

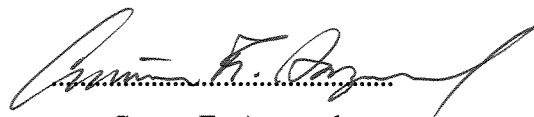
4 emneord, norske

1. Kommunalt avløpsvann
2. Nitrogenfjerning
3. Ammoniumtransport
4. Optimalisering

4 emneord, engelske

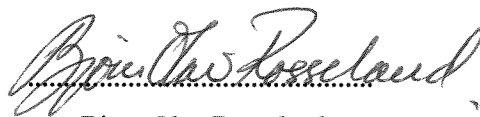
1. Municipal wastewater
2. Nitrogen removal
3. Ammonium flow
4. Optimization

Prosjektleder



Gunnar Fr. Aasgaard

For administrasjonen



Bjørn Olav Rosseland

ISBN 82-577-2103-4

Forord

Vestfjorden Avløpsselskap (VEAS) har engasjert Norsk institutt for vannforskning (NIVA) for å kartlegge og beskrive døgn- og timevariasjoner for ammoniumtilførselen til VEAS og identifisere viktige enkeltkilder i VEAS' rensedistrikt. Målet er å komme fram til tiltak for best mulig utjevning av nitrogentilførselen til rensenanlegget når fullskala nitrogenrensing skal settes i drift.

NIVA's prosjektteam har bestått av:

- *Gunnar Fr. Aasgaard (prosjektleder)*
- *Kristin Mørkved (databearbeiding/rapportering)*
- *Harsha Ratnaweera (databearbeiding)*
- *Arne Veidel (prøvetaking)*
- *Johan Ahlfors (prøvetaking/analyser)*
- *Anne Marie Riisberg (ansvarlig analyser)*
- *Finn Nilsen (analyser)*
- *Lise Tveiten (sekretær)*

Prosjektleder på VEAS har vært Bjørn-Erik Lønn.

NIVA vil rette en takk til personalet ved kommunene Oslo, Bærum og Asker som velvillig har vært behjelpelig med å skaffe tilveie nødvendig grunnlagsmateriale.

Oslo, 8.april 1992

Gunnar Fr. Aasgaard

Innholdsfortegnelse

FORORD	3
SAMMENDRAG	4
1. INNLEDNING	5
2. VARIASJONER I PRODUKSJON OG TILFØRSEL	6
2.1 Døgnvariasjon i avløpstunnel	6
2.2 Timevariasjon i avløpstunnel og påslipp	9
2.3 Industrikilder	14
2.4 Sigevann fra fyllplasser	17
3. MASSEBALANSE AMMONIUM	18
4. TILTAK FOR Å UTJEVNE AMMONIUMTILFØRSELEN	19
5. REFERANSER	24

Sammendrag

Biologisk nitrogenfjerning er en relativt følsom og komplisert prosess. Den foregår i to trinn, nitrifikasjon og denitrifikasjon. Tilført nitrogenmengde, eller mer spesifikt ammoniumsmengde, er en kritisk dimensjonerings- og driftsparameter for prosessen. Det er derfor viktig å skaffe kunnskap om variasjoner i tilførselen av ammonium til renseanlegget, samt hvordan denne kan utjevnes ved tiltak i avløpssystemet.

Avløpssvannets mengde og sammensetning varierer mye i tid, kvalitet og kvantitet. En pålitelig kvantifisering av eventuelle variasjonsmønstre vil kreve lange prøveserier. Det er foretatt målinger på 16 steder i løpet av en 3-måneders periode. Ved hjelp av overlappende prøveserier har resultatene gitt en tilfredsstillende trend mot et "logisk" variasjonsmønster, til tross for at totalt antall prøver har vært begrenset.

Følgende verdier for døgn- og timevariasjon for tilrenningen til VEAS er beregnet på grunnlag av de gjennomførte målingene:

$$\begin{aligned} \text{Døgnvariasjon:} \quad f_{\text{maks}} &= 1,28 \\ f_{\text{min}} &= 0,91 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Timevariasjon:} \quad k_{\text{maks}} &= 1,07 \\ k_{\text{min}} &= 0,56 \end{aligned}$$

Døgnfaktorene er beregnet slik:

$$\begin{aligned} - \quad f_{\text{maks}} &= M_{\text{maks}}/M_{\text{døgn}} \\ - \quad f_{\text{min}} &= M_{\text{min}}/M_{\text{døgn}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{der} \quad M_{\text{maks}} &= \text{Største registrerte døgntransport av ammonium} \\ M_{\text{min}} &= \text{Minste registrerte døgntransport av ammonium} \\ M_{\text{døgn}} &= \text{Midlere registrerte døgntransport av ammonium} \end{aligned}$$

Tilsvarende sammenheng gjelder for timefaktorene (døgntransport erstattes av timetransport).

Det er etablert 4 magasiner i avløpstunnelen til VEAS. Ved hjelp av innstillbare luker kan disse magasinene utnyttes til fordrøyning/utjevning av vannmengden og derved også ammoniumtilførselen til renseanlegget. Volumene er store nok til at signifikant utjevning kan oppnåes, forutsatt bruk av on-line styresystem.

Utjevningseffekt kan også oppnåes ved manipulering av utslippet av et begrenset antall punktkilder (industri/fyllplass). Det er imidlertid ikke foretatt beregning av hvilke effekter slike tiltak vil ha.

1. Innledning

Biologisk nitrogenfjerning er en relativt følsom og komplisert prosess som kan påvirkes av en rekke parametre. Prosessen foregår i to trinn, først nitrifikasjon, deretter denitrifikasjon. Begge disse trinnene krever spesielle og tildels innbyrdes motstridende driftsbetingelser.

Selv om god drift av begge trinnene er avgjørende for et godt sluttresultat, er nitrifikasjonen særlig kritisk. Det skyldes følgende forhold:

- Høygradig nitrogenfjerning (rensgrad på f.eks. 70 %) krever at det første trinnet, dvs. nitrifikasjon, må forløpe så fullstendig som mulig.
- Nitrifikasjonskulturen er mer spesifikk, og ikke minst betydelig mer saktevoksende enn denitrifikasjonskulturen.

Ut i fra dette er det klart at tilført nitrogenmengde, eller mer spesifikt ammoniumsmengde, er en kritisk dimensjonerings- og driftsparameter for prosessen. Det er derfor viktig å skaffe kunnskap om variasjoner i tilførselen av ammonium til rensanlegget, samt hvordan denne kan utjevnes ved tiltak i avløpssystemet.

NIVA fikk på denne bakgrunn i oppdrag å dokumentere variasjonen i ammoniumtransporten, og feltundersøkelser ble gjennomført i perioden 11. november 1991 til 28. februar 1992.

Konklusjoner i denne rapporten er basert på:

- Data fra kommunene Oslo, Bærum og Asker
- Historisk logg ved VEAS
- Gjennomførte feltundersøkelser i prosjektperioden

2. Variasjoner i produksjon og tilførsel

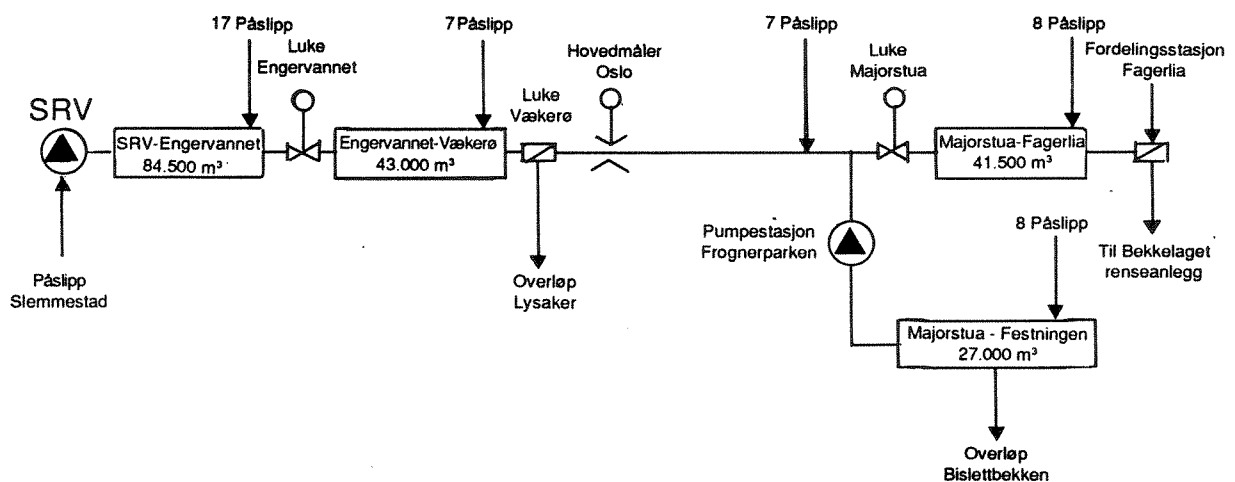
Kommunalt avløpssystem, inkludert kontor- og industriavløpssystem fra et bredt spekter av virksomheter, er inhomogent både i tid, kvalitet og kvantitet. Variasjonen i ammoniuminnhold påvirkes i tillegg av *avstanden* fra kilden (oppholdstiden i avløpsnett). Dette skyldes at organisk nitrogen vil omdannes til ammonium dersom aerobe forhold opprettholdes i nettet.

En pålitelig kvantifisering av eventuelle variasjonsmønstre vil kreve lange prøveserier. Det er foretatt målinger på 16 steder i løpet av en 3-måneders periode. Ved hjelp av overlappende prøveserier har en trend mot et "logisk" variasjonsmønster fremkommet. Målingene er gjennomført følgende steder:

- I fire nøkkelpunkter på avløpstunnelen
- I de fem antatt viktigste påslippene
- I tre industribedrifter med relativt mye nitrogen i sitt avløpssystem
- I utløpskummen for sigevann fra fyllplassene Isi og Yggeseth

Det ble i tillegg gjennomført målinger ved hhv. "Luke Majorstua" (på hovedtunnelen) og "Pumpestasjon Frognerparken". Vanskelige forhold for vannmengdemåling begrenset imidlertid muligheten for å beregne pålitelige ammoniumtransporter på disse målestedene.

En prinsippsskisse av tunnelsystemet er vist i figur 1.



Figur 1. Skjematisk fremstilling av tunnelsystemet med påslipp, overløp og magasiner.

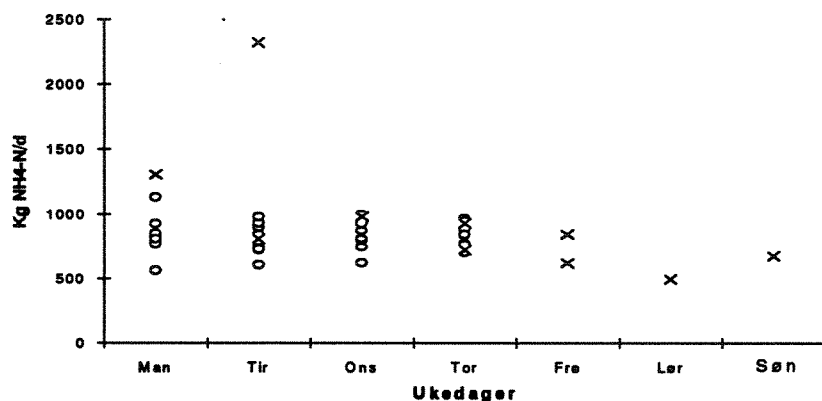
2.1. Døgnvariasjon i avløpstunnelen

Døgnvariasjonen uttrykkes ved faktorene f_{maks} og f_{min} , som er definert slik:

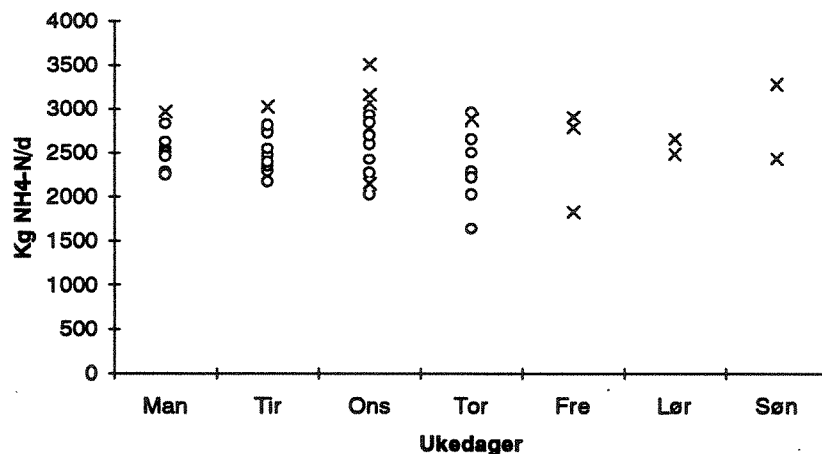
$$f_{\text{maks}} = M_{\text{maks}}/M_{\text{døgn}}$$
$$f_{\text{min}} = M_{\text{min}}/M_{\text{døgn}}$$

M_{maks} = Største registrerte døgntransport av ammonium
 M_{min} = Minste registrerte døgntransport av ammonium
 $M_{døgn}$ = Midlere registrerte døgntransport av ammonium

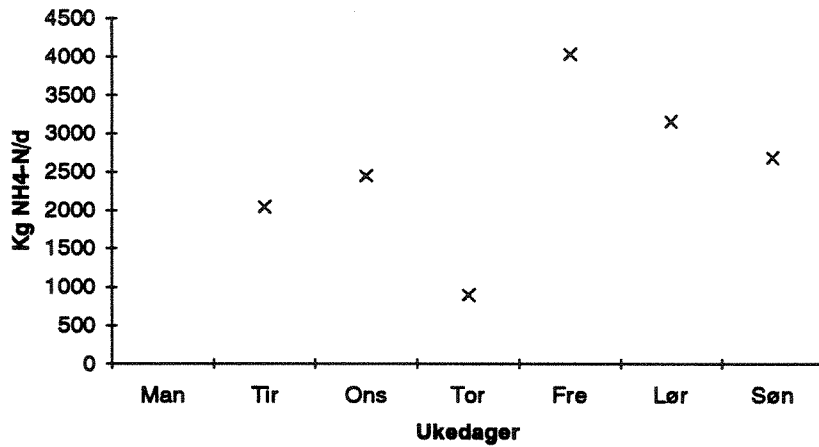
Figurene 2-5 viser døgntransport av ammonium for hhv. Fagerlia, Vækerø, Skytterdalen (luke Engervannet) og VEAS (Innløspumpestasjonen - IPU), basert på mottatt dataunderlag og NIVAs målinger.



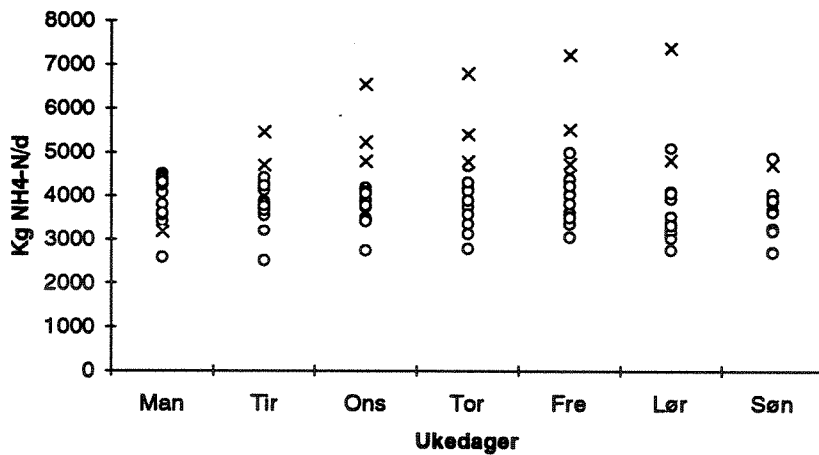
Figur 2. Døgntransport av ammonium til Fagerlia. Verdier basert på mottatt dataunderlag (o) og NIVAs målinger (x).



Figur 3. Døgntransport av ammonium til Vækerø. Verdier basert på mottatt dataunderlag (o) og NIVAs målinger (x).



Figur 4. Døgntransport av ammonium til Skytterdalen. Verdier basert på NIVAs målinger. Begrenset dataunderlag, verdiene kun til orientering.



Figur 5. Døgntransport av ammonium til VEAS (IPU). Verdier basert på mottatt dataunderlag (o) og NIVAs målinger (x).

Basert på figurene 2, 3 og 5 er døgntfaktorer beregnet. Disse er ført opp i tabell 1.

Tabell 1. Døgnavariasjon (f_{maks} og f_{min}) i tunnelsystemet.

Sted	f_{maks}	f_{min}
Fagerlia	1,79	0,56
Vækerø	1,15	0,91
VEAS (IPU)	1,28	0,74

2.2. Timevariasjon i avløpstunnel og påslipp

Timevariasjonen uttrykkes med faktorene k_{maks} og k_{min} som er definert slik:

$$k_{maks} = m_{maks}/m_{time}$$

$$k_{min} = m_{min}/m_{time}$$

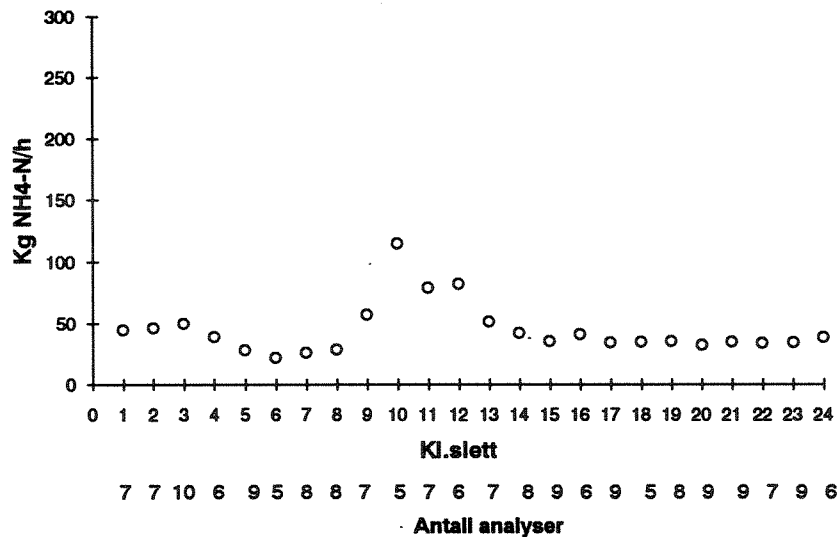
m_{maks} = Største medianverdi for målt timetransport av ammonium

m_{min} = Minste medianverdi for målt timetransport av ammonium

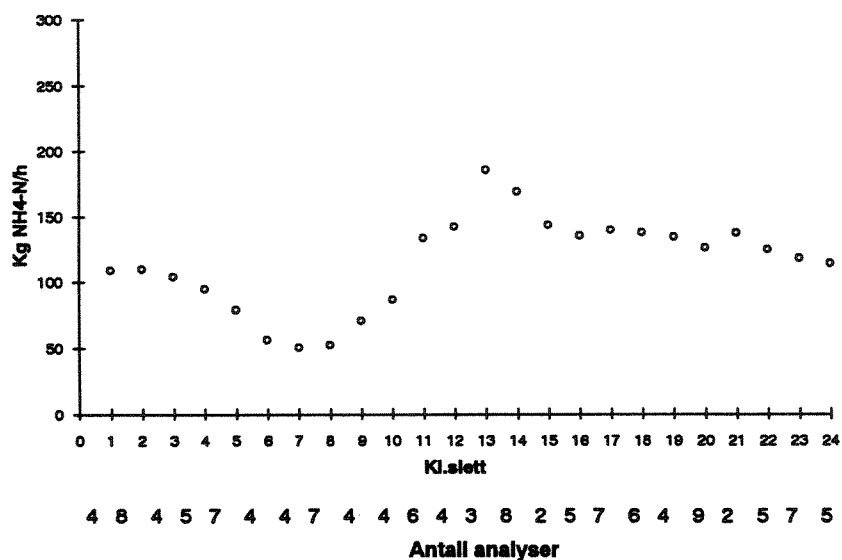
m_{time} = Gjennomsnittet av medianverdi for målt timetransport av ammonium

Avløpstunnelen

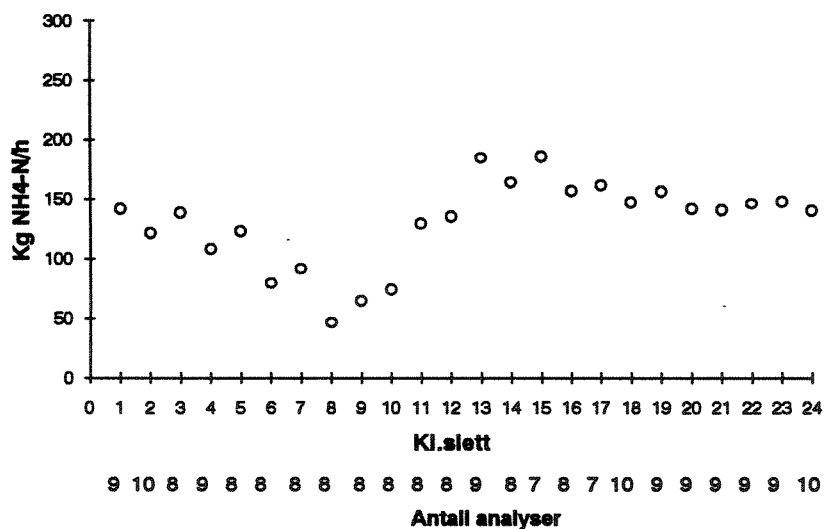
Figurene 6-9 viser målt timetransport av ammonium for henholdsvis Fagerlia, Vækerø, Skytterdalen og VEAS (IPU). Verdiene er gitt som medianverdier. Antall analyser bak hver verdi er angitt i tekst under figurene.



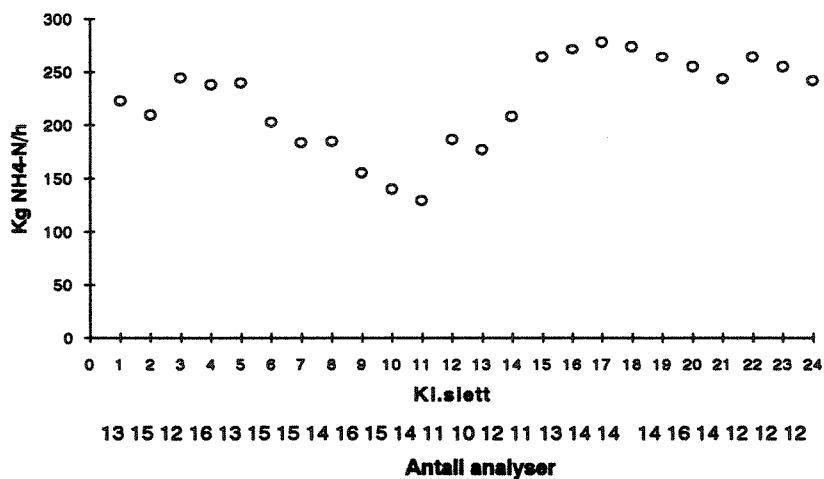
Figur 6. Timetransport av ammonium til Fagerlia (medianverdi)



Figur 7. Timetransport av ammonium ved Vækerø (medianverdi)



Figur 8. Timetransport av ammonium ved Skytterdalen (medianverdi)



Figur 9. Timetransport av ammonium til VEAS (IPU) (medianverdi)

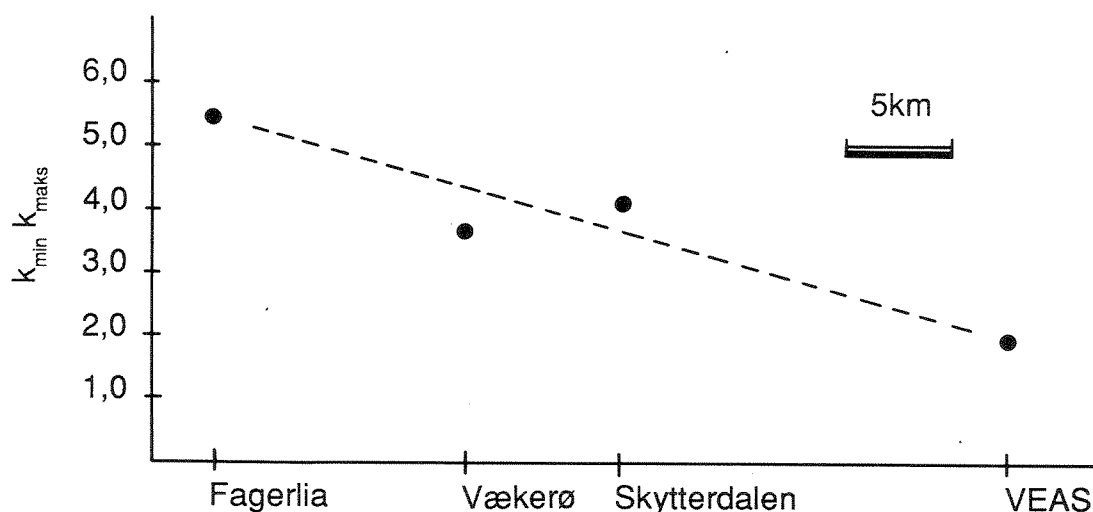
Basert på figurene 6-9 er timefaktorer beregnet. Disse er ført opp i tabell 2.

Tabell 2. Timevariasjon (k_{maks} og k_{min}) i tunnelsystemet.

Sted	k_{maks}	k_{min}
Fagerlia	2,61	0,48
Vækerø	1,61	0,44
Skytterdalen	1,43	0,35
VEAS (IPU)	1,07	0,56

Som det fremgår av figurene 6-9 har de fire målepunktene en tilnærmet lik variasjon i ammoniumtransport over døgnet. Vækerø, Skytterdalen og VEAS har en tidsforskyvning på henholdsvis ca. 3, 3,5 og 5 timer i forhold til Fagerlia. Denne forskyvningen har naturlig sammenheng med transporttiden i tunnelsystemet, og vil variere med vannføringen.

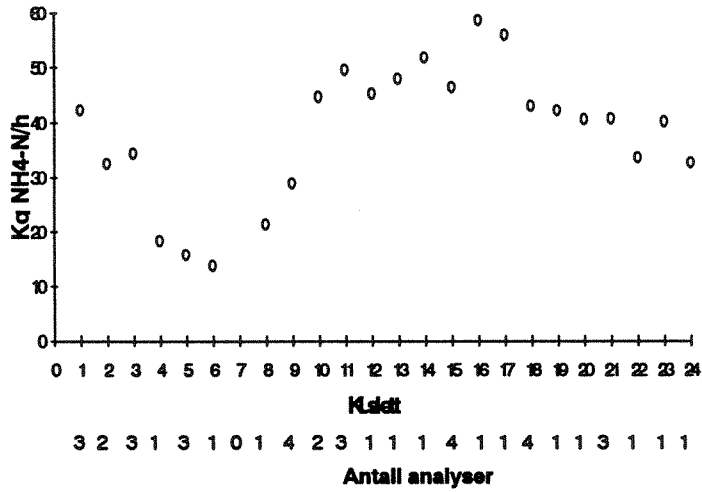
Lang transport for de største forurensningsmengdene, kombinert med stadige tilførsler av "ferskere" avløpsvann medfører en avdempning av variasjonene i ammoniumtransport. Dette er illustrert i figur 10.



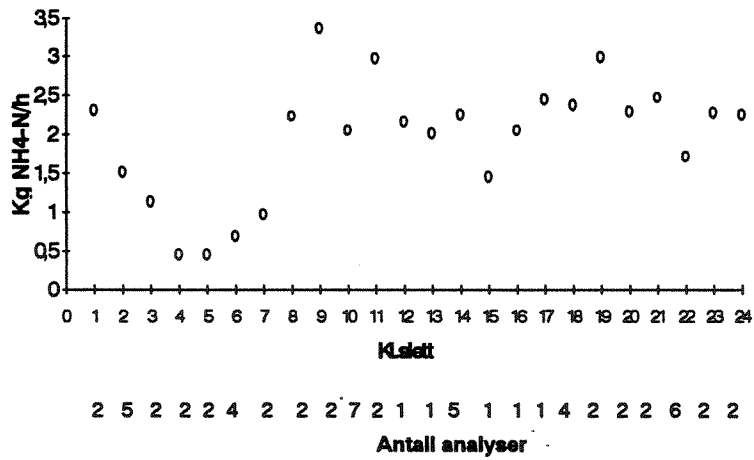
Figur 10. Variasjonen i ammoniumtransport avdempes med økende avstand fra forurensningskildene (forbrukerne)

Påslippene

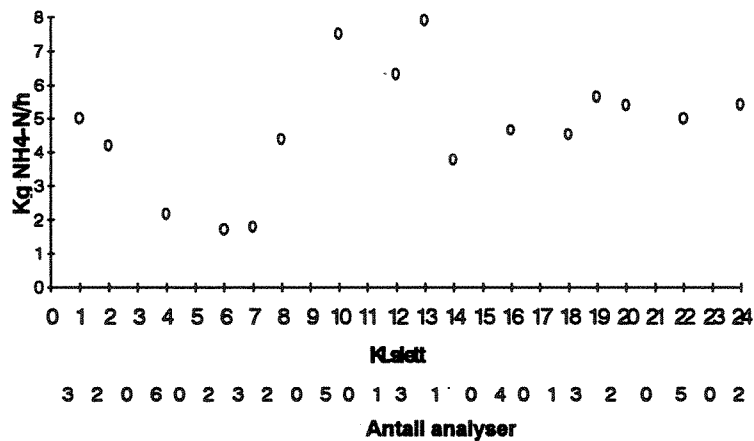
Figurene 11-15 viser målt timetransport (medianverdier) av ammonium for påslippene ved Kongens gate i Oslo, Stabekk, Fossveien og Hamang i Bærum, og Holmen i Asker.



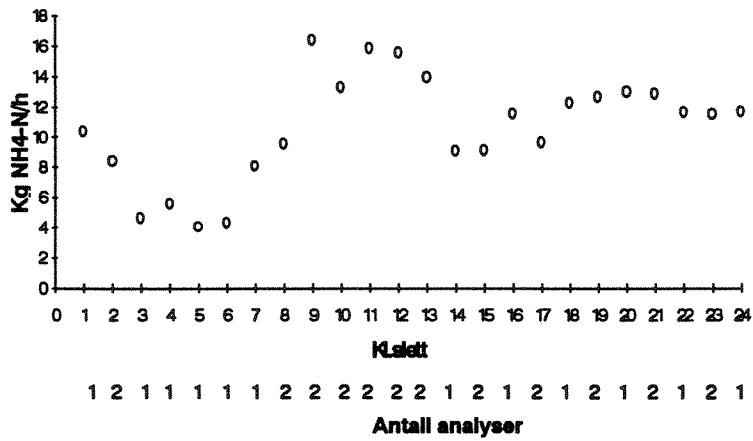
Figur 11. Timetransport av ammonium til Kongensgt., Oslo sentrum (medianverdier)



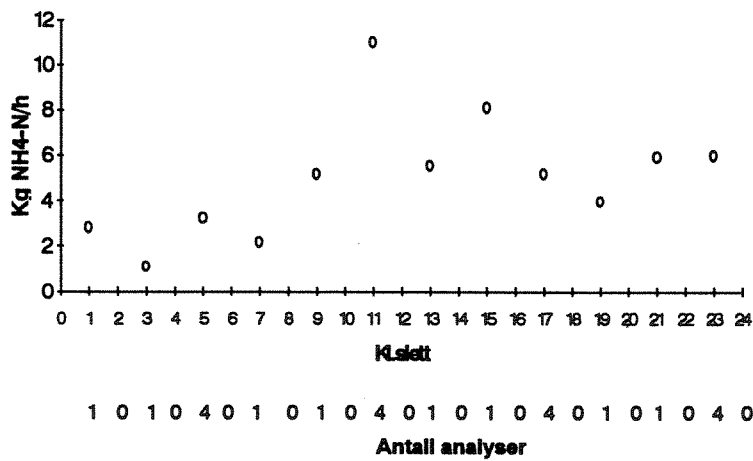
Figur 12. Timetransport av ammonium til Stabekk (medianverdier)



Figur 13. Timetransport av ammonium til Fossveien, Haslum i Bærum (medianverdier)



Figur 14. Timetransport av ammonium til Hamang , Sandvika (medianverdier)



Figur 15. Timetransport av ammonium til Holmen (medianverdier).

Basert på figurene 11-15 er timefaktorer beregnet. Disse er ført opp i tabell 3.

Tabell 3. Timevariasjon (k_{maks} og k_{min}) ved påslippene til avløpstunnelen.

Sted	k_{maks}	k_{min}
Kongens gate	1,53	0,36
Stabekk	1,72	0,23
Fossveien	1,68	0,36
Hamang	1,55	0,38
Holmen	2,20	0,22

Et typisk døgnforløp (kfr. figurene 12-14) kan beskrives slik:

- Synkende transport fra midnatt mot en minimumsverdi i 5-6 tiden. Fra kl. 7 stiger transporten raskt til en toppverdi på formiddagen (9.30-11). Frem til ca. kl. 15 synker transporten igjen, etterfulgt av relativt stabile verdier frem mot midnatt.

Påslippene ved Kongensgt. (figur 11) og Holmen (figur 15) avviker fra dette mønsteret. Kongensgt. følger et mer logisk "kontormønster", med stabilt høyt nivå i perioden 10-17. Holmen ser ut til å ha et tidligere minimumsnivå enn hovedmønsteret. Datagrunnlaget for dette punktet (kun 6 fire-timers prøver i døgnet) er imidlertid for begrenset til at klare konklusjoner kan trekkes.

2.3. Industrikilder

Det er foretatt målinger ved bryggeriene Ringnes og Frydenlund, samt ved produksjonen til Apothekernes Laboratorium (AL) på Skøyen. Det er videre foretatt evaluering av Bergmetall AG-Service på grunnlag av samtaler med bedriften samt OVA's datamateriale.

IDUN Fabrikker har mye nitrogen i sitt avløpsvann, men er ikke vurdert fordi bedriften i dag er tilknyttet Bekkelaget renseanlegg. Det er heller ikke foretatt målinger ved de næringsmiddelbedriftene som er lokalisert oppstrøms Fagerlia fordelingsstasjon. Disse har et årlig nitrogenutslipp i samme omfang som bryggeriene, og en stor andel av nitrogenet forventes å være partikulært bundet.

AGA A/S er i OVA's datamateriale oppført med en betydelig årlig ammoniumproduksjon. En befaring i bedriften indikerte imidlertid betydelig lavere verdier, og en nærmere vurdering synes ikke å være interessant i dette prosjektet.

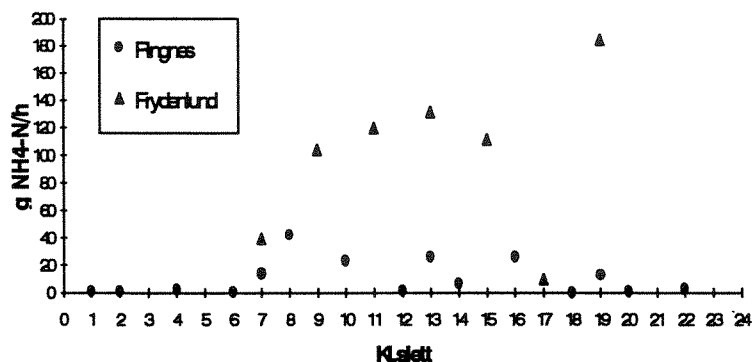
Måleresultatene er i figur 16 presentert som medianverdier. Antall målinger bak hver verdi er vist i tabell 4.

Tabell 4. Antall målinger bak hver medianverdi i figur 16.

Kl.slett	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Ringnes	5	7	0	5	0	2	3	4	0	2	0	3	2	6	0	1	0	7	2	7	0	2	0	0
Frydenl.	0	0	0	0	0	0	4	0	4	0	4	0	3	0	3	0	2	0	1	0	0	0	0	0

Bryggeriene

Median av timevariasjonen fra Ringnes og Frydenlund er presentert i figur 16.



Figur 16. Timetransport av ammonium (gram $\text{NH}_4\text{-N}$ pr. time) fra bryggeriene Ringnes og Frydenlund (medianverdier, kfr. tabell 4).

Døgnforløpet synes å følge arbeidstiden; minimale nattutslipp, brå stigning om morgenen og noe varierende utslipp i løpet av arbeidsdagen.

Omregnet til døgnproduksjon får vi følgende verdier:

- Frydenlund: 1,6 kg $\text{NH}_4\text{-N/d}$
- Ringnes: 0,16 kg $\text{NH}_4\text{-N/d}$

Begge bryggeriene har 5 dagers produksjonsuke.

Tilsvarende verdier for parameteren Tot-N er (OVA 1992):

- Frydenlund: ca. 50 kg Tot-N/d
- Ringnes: ca. 60 kg Tot-N/d

Avviket mellom målt ammoniumproduksjon og de oppgitte verdier for produksjon av total nitrogen er betydelig. Det kan være flere forklaringer på dette:

- Det ferske avløpsvannet består i hovedsak av organisk nitrogen og evt. partikulært bundet nitrogen. Andelen ammonium kan imidlertid øke utover i transportsystemet.

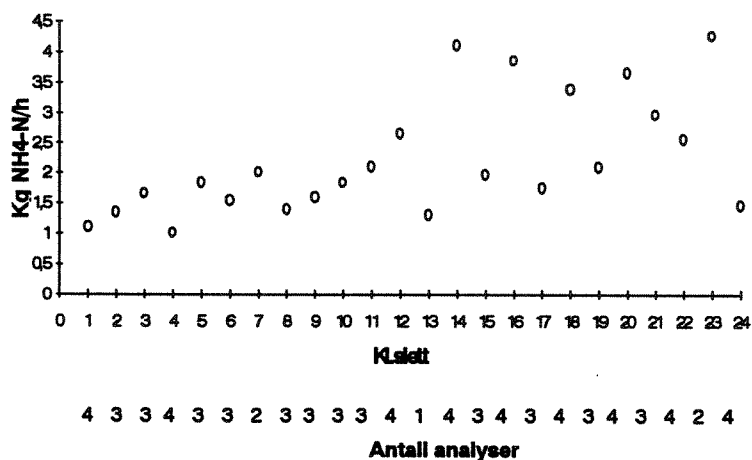
To stikkprøver på Frydenlund bekrefter første del av denne hypotesen:

- ammonium : 0,33 og 0,37 mg $\text{NH}_4\text{-N/l}$
- total nitrogen : 13,8 og 30,0 mg Tot-N/l
- Datagrunnlaget er relativt sparsomt, ca. 7 døgns måling.
- Verdiene fra Ringnes kan være for lave p.g.a. svært varierende pH på utslippet som tidvis forstyrrer konservering av prøvene.

Det samlede bidraget fra bryggeriene utgjør ca. 1 % av den totale nitrogen-transporten (Tot-N) til VEAS, samtidig som vannmengdene er betydelige (ca. 750.000 m³ i året). På dette grunnlag har vi ikke funnet det riktig å prioritere en videre undersøkelse av problemstillingen i dette prosjektet.

Apothekernes Laboratorium

Median av timevariasjoner fra AL er presentert i figur 17.



Figur 17. Timetransport av ammonium til Apothekernes Laboratorium (medianverdier)

AL har døgkontinuerlig produksjon, men hoveddelen av utslippet synes å komme på ettermiddag- og kveldstid.

Den produserte mengde i et mediandøgn er 54 kg NH₄-N/d. Dette samsvarer bra med OVAs verdier for årlig mengde total nitrogen (33,6 tonn Tot-N/år).

Bergmetall AG-service A/S

Denne bedriften har et årlig utslipp av anslagsvis 10-20 tonn nitrogen (Tot-N), hvorav nesten alt foreligger som ammonium. Avløpsvannet er ekstremt konsentrert og aggressivt, med en årlig vannmengde på under 1000 m³. Bedriften samler i dag opp avløpsvannet, og leder det ut på avløpsnettet etter en lokal fordrøyning.

Innholdet i avløpsvannet fra Bergmetall AG-service A/S tilsier rensing på stedet. Opplysninger fra bedriften antyder imidlertid at den høye ammoniumkonsentrasjonen vil være tidsbegrenset. Ny prosess teknologi forventes å gi en vesentlig forbedring innen 1-2 år. I en slik situasjon kan det som en midlertidig løsning være interessant å vurdere en oppsamling og tilkjøring av avløpsvannet til VEAS for direkte "dosering" ved innløpet til rensanlegget. Dette vil redusere nedbrytningen av ledningsnettet nedstrøms Bergmetall AG-service i tillegg til at en utjevningseffekt ved VEAS oppnåes.

2.4. Sigevann fra fyllplasser

Det er to kommunale fyllplasser, Isi (Bærum) og Yggeseth (Asker), i VEAS' avløpsområde. Sigevannet fra disse fyllplassene vil ikke følge noe karakteristisk døgnforløp, og ammoniumtransporten er derfor målt på døgnbasis. Resultatene er vist i tabell 5.

Tabell 5. Typiske verdier for sigevann fra fyllplasser.

Fyllplass	Vannmengde	Konsentrasjon	Median av transport	
	(l/s)	(mg NH ₄ -N/l)	kg NH ₄ -N/h	kg NH ₄ -N/d
Isi	5-8	180-200	4,8	115
Yggeseth	2-3	120-130	1,1	27

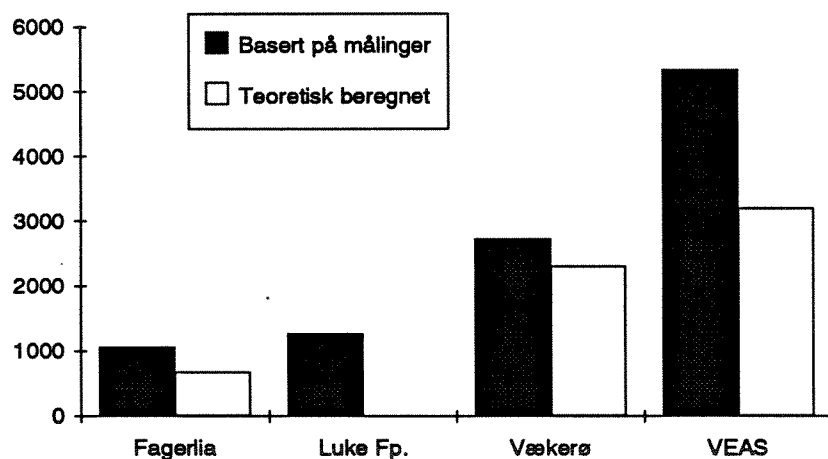
Sigevann fra fyllplasser kan forventes å bli påvirket av nedbør/snøsmelting. Det var relativt tørt klima og beskjeden snøsmelting i den aktuelle måleperioden. Midlere døgnavrenning for et år kan derfor forventes å ligge noe høyere enn de angitte medianverdier.

3. Massebalanse ammonium

Variasjoner i ammoniumtransporten i viktige kontrollpunkter i avløpssystemet, samt ved noen punktkilder er presentert i kapittel 2. For å få et bilde på den totale ammoniumtransporten er en massebalanse for tunnelsystemet foretatt, basert på såvel målte verdier som på mottatt belastningsdata fra kommunene.

En slik massebalanse vil gi en god illustrasjon på økt ammoniumtransport i tunnelsystemet utover mot VEAS, og effekten av ulike utjevningstiltak vil kunne vurderes. Samtidig vil massebalansen avdekke eventuelle feil/unøyaktigheter i måleresultater og/eller i de mottatte grunnlagsdata.

Massebalansen for avløpstunnelen er vist i figur 18.



..

Figur 18. Massebalanse ammonium for avløpstunnelen. Følgende forutsetninger gjelder for den *beregnete* ammoniumtransporten:

- Spesifikk nitrogenproduksjon (Tot-N) : 12,3 gN/pe*d
- Forholdet ammonium/totalnitrogen : 0,59
- Tilføringsgrad til tunnelsystemet : 85%

Det fremgår av figuren at de målte verdiene hele tiden ligger høyere enn de beregnede, og spesielt stort avvik viser verdiene på VEAS. Mulige forklaringer kan være:

- Forholdet ammonium/totalnitrogen kan øke jo nærmere VEAS man kommer. Dette vil sannsynligvis skje i noen grad, kfr. tidligere omtale (Kap. 2, 1. avsnitt) om omdannelsen av organisk bundet nitrogen til ammonium. Dersom denne antakelsen for ammonium/total nitrogen er riktig, *samtidig* som det ovenfor angitte forholdstallet er riktig på VEAS, vil avviket mellom målt og beregnet transport øke på Vækerø og Fagerlia.
- Tilføringsgraden i avløpsnettet kan være større enn antatt (85%). Oppgitt variasjonsområde i datagrunnlaget (Lindholt 1991) er 76 % - 93 %
- Den faktiske nitrogenproduksjonen kan være større enn antatt (12,3 g N/pe*d)
- Bekkeinntak, spesielt i Bærum kan representere betydelig nitrogentilførsel
- Det kan være systematisk måle-/analysefeil (vannmengde og ammonium) på prøvene

Avviket mellom målt og beregnet ammoniumtransport er uakseptabelt stort og bør kontrolleres, evt. verifiseres gjennom supplerende målinger.

4. Tiltak for å utjevne ammoniumtilførselen

Det har ligget utenfor prosjektets ramme å analysere og foreslå tiltak for å utjevne ammoniumtilførselen til VEAS. En kort omtale og kvalitativ evaluering av følgende to tiltakstyper vil imidlertid bli gitt:

- Tiltak ved kilden (industri og fyllplasser)
- Fordrøyning i avløpstunnelen

Tiltak ved kilden

På bakgrunn av mottatte grunnlagsdata og gjennomførte feltundersøkelser kan tre punkttiltak være aktuelle. Dette gjelder regulering av avløpet fra:

- Apothekernes Laboratorium A/S (Oslo)
- Bergmetall AG-Service A/S (Oslo)
- Isi fyllplass (Bærum)

Hver av disse kildene genererer 1-3% av den totale ammoniumtilførselen til VEAS. Høy ammoniumkonsentrasjon (relativt lite vann) og god mulighet for oppsamling, regulering og evt. stedlig rensing (Bergmetall) gjør at tiltak kan gi en signifikant nytteverdi.

NIVA anbefaler at disse tre potensielle tiltakene vurderes nærmere.

Fordrøyning i avløpstunnelen

VEAS' hydrauliske kapasitet er begrenset til ca. 7,5m³/s. Ved stor vannføring må tilførselen til renseanlegget reguleres ved magasinering i tunnelene. For dette formål er tunnelene inndelt i magasiner som vist i figur 1. Fordrøyningskapasiteter, basert på oppgitte vannføringer og magasinvolumer (Strømme, 1989) er vist i tabell 6.

Tabell 6. Forsinkelseeffekt ved utnyttelse av magasinvolumer i tunnelen.

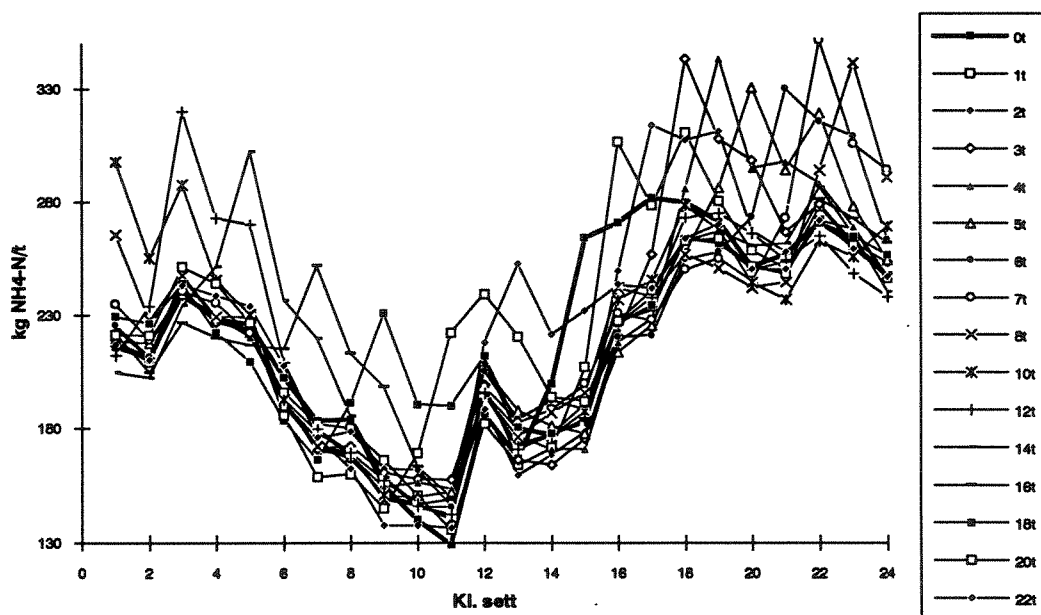
Magasin	Tilrenning (m ³ /h)		Magasin- volum (m ³)	Forsinkelskapasitet (timer)	
	Tørrvær	Våtvær		Tørrvær	Våtvær
I Majorstua - Festningen	5.800	7.200	36.000	6	5
II Majorstua - Fagerlia	3.200	6.800	46.500	14	6-7
III Engervannet - Vækerø	11.000	19.000	62.000	5-6	3
IV VEAS - Engervannet	14.000	29.000	145.000	10	5-6

De 4 magasinene er bygget for å kunne utjevne store vannmengder i nedbør- og snøsmeltingsperioder. Magasinene kan også benyttes til å utjevne ammoniumtilførselen i perioder med tilstrekkelig hydraulisk kapasitet i transportsystem og renseanlegg. En enkel analyse av effekten ved kontroll av lukene ved Fagerlia og Skytterdalen er gjennomført ved hjelp av tre simuleringsmetoder:

- Effekt av tidsforskyvning ("tilbakeholdelse") av videreført avløpsvann fra henholdsvis Fagerlia og Skytterdalen i opp til 24 timer. Det er ikke tatt hensyn til utjevning i magasinene.
- Som over, men forutsatt fullstendig konsentrasjonsutjevning ("homogenisering") i magasinene.
- Effekt ved differensiert styring av luke Fagerlia.

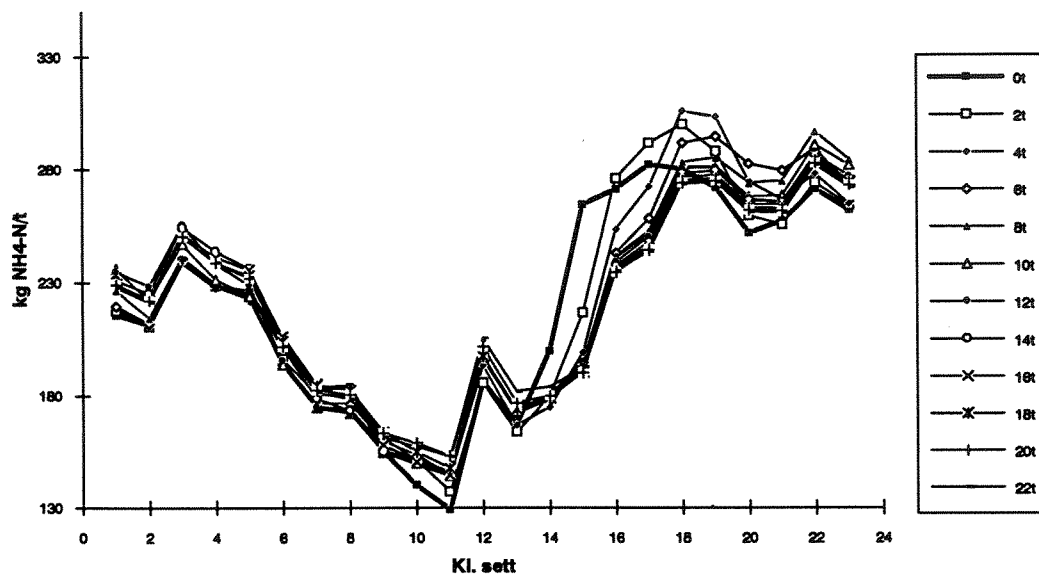
Effekt ved regulering av luke Fagerlia

En manipulering av tidsforskyvning av tilførselen fra Fagerlia, forutsatt ingen konsentrasjonsutjevning i magasinet, vil ikke gi noen utjevningseffekt på ammoniumtilførselen til VEAS. Dette fremgår av figur 19. Først ved en forsinkelse på 16 timer eller mer kan en positiv effekt registreres. Dette overstiger imidlertid magasinkapasiteten.



Figur 19. Ammoniumtransport til VEAS ved utjevning i magasin II (luke Fagerlia) slik at videreført ammoniumtransport holdes på et konstant nivå.

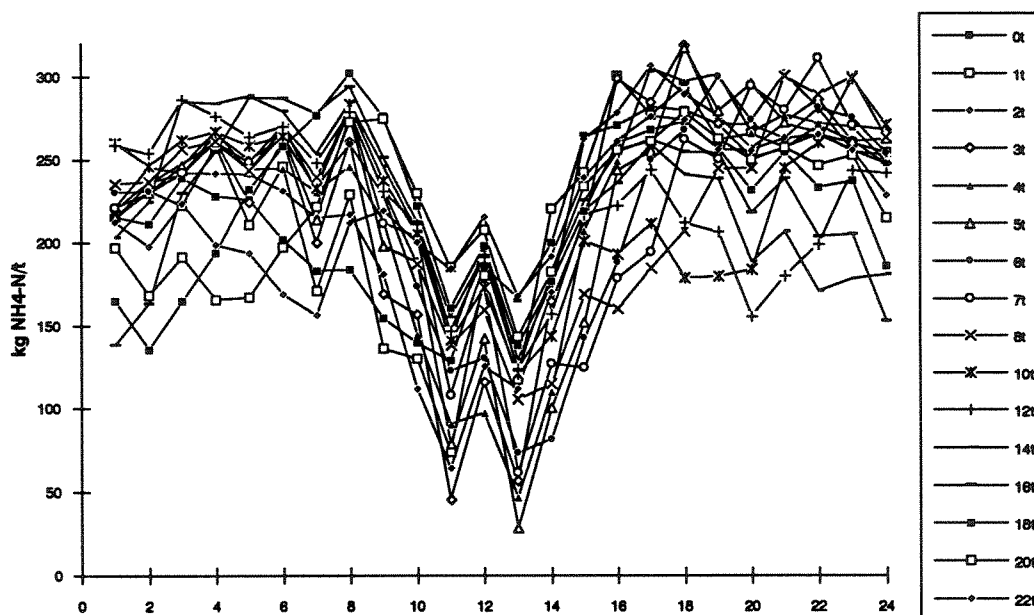
Når en luke stenges vil akkumulering av avløpsvannet medføre en blanding av vann med ulik utgangskonsentrasjon. En viss konsentrasjonsutjevning vil finne sted. Figur 20 viser ammoniumstilførselen til VEAS når luke Fagerlia stenges i fra 1-24 timer, og full konsentrasjonsutjevning forutsettes. Heller ikke i dette tilfellet vil noen signifikant effekt kunne registreres for praktisk tilgjengelige magasinvolument.



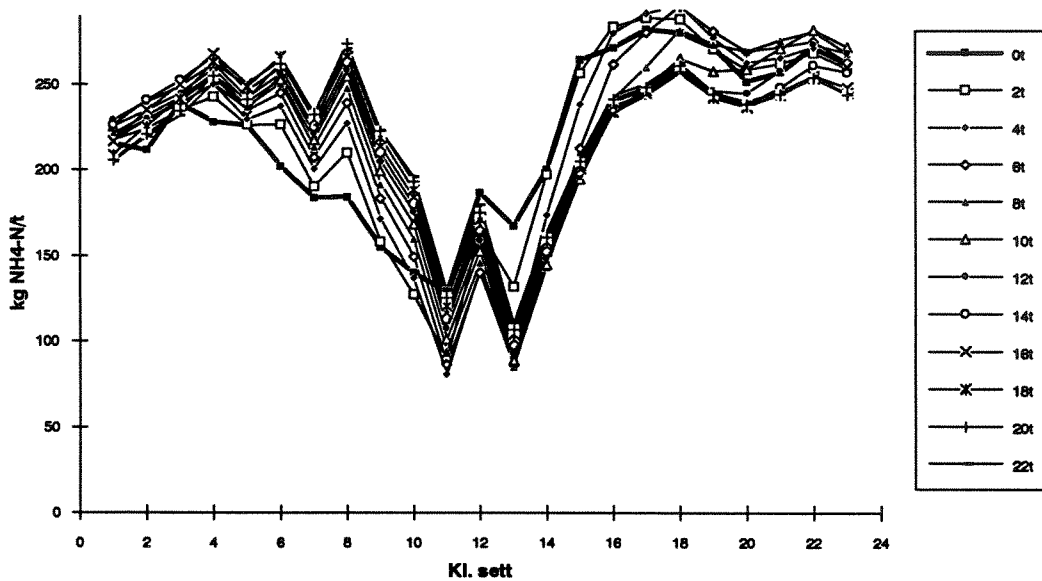
Figur 20. Ammoniumtransport til VEAS ved utjevning i 1-24 timer i magasin II (luke Fagerlia) forutsatt konstant ammoniumkonsentrasjon i det videreførte avløpsvannet.

Effekt ved regulering av luke Skytterdalen

Figurene 21 og 22 viser beregnede effekter ved stengning av luke Skytterdalen for de samme to alternativene som beskrevet for luke Fagerlia. Ingen signifikant utjevningseffekt kan registreres.



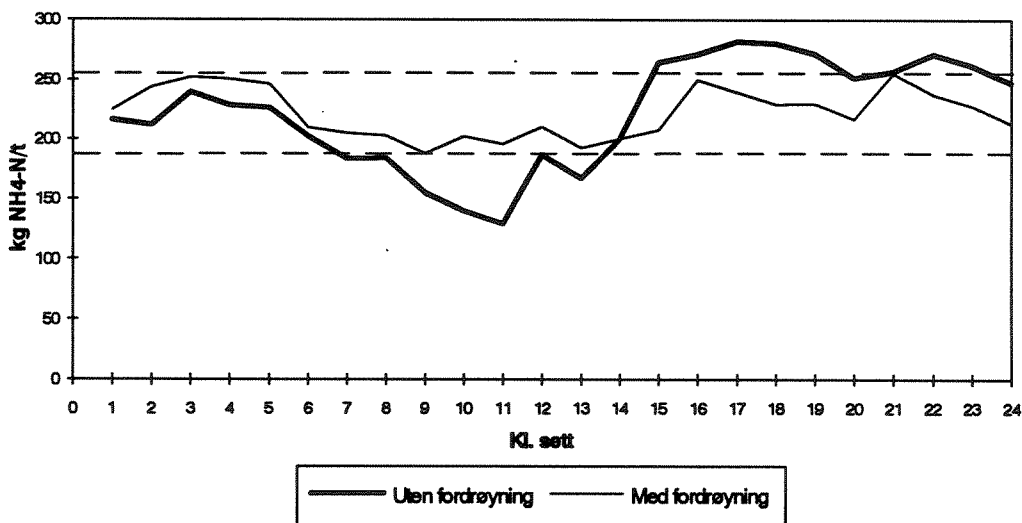
Figur 21. Ammoniumtransport til VEAS ved utjevning i magasin III (luke Skytterdalen) slik at videreført ammoniumtransport faseforskyves 1-24 timer.



Figur 22. Ammoniumtransport til VEAS ved utjevning i 1-24 timer i magasin III (luke Skytterdalen), forutsatt konstant ammoniumkonsentrasjon i det videreførte avløpsvannet.

Effekt ved differensiert styring av luke Fagerlia

En differensiert (0-100 %) og eventuelt samordnet (Fagerlia og/eller Skytterdalen) stenging/åpning av lukene vil kunne gi en betydelig utjevning av ammoniumtransporten til VEAS. Et eksempel på effekten av differensiert styring av luke Fagerlia er vist i figur 23. Det er ikke foretatt noen optimalisering av styringen.



Figur 23. Eksempel på endret ammoniumtransport til VEAS som følge av differensiert styring av luke Fagerlia.

En slik styring forutsetter on-line måling av $\text{NH}_4\text{-N}$ og vannmengde koblet opp mot et styresystem. En eventuell utvikling av en slik løsning bør sees i sammenheng med øvrige behov for overvåking, simulering og styring av avløpsstrømmer og renseprosesser ved VEAS.

5. REFERANSER

Strømme 1989.

Oslofjordprosjektet. Funksjonsbeskrivelse for transportsystemet.

VEAS 1991.

Diverse notater og analyseresultater for perioden 1986-1991

OVA 1991.

Analyseresultater fra Grønmo fyllplass 1989-1991.

OVA 1992.

Beregnet forurensningsproduksjon ved noen industribedrifter 1991-1992

Bærum kommune 1991.

Analyseresultater fra Isi fyllplass

Asker kommune 1991.

Analyseresultater fra Yggeseth fyllplass.

Lindholm, Geir 1991.

Beregning av forurensning fra avløpssystemer, basert på målinger i Oslo kommune.

Hovedoppgave NTH 1991.

Vråle, Lasse 1991.

Nitrogenkomponenter i innløpsvann og utløpsvann ved norske renseanlegg. Drammen kommun og Statens forurensningstilsyn.

Østerhus, Stein Wold 1991.

Karakterisering av nitrogenkomponenter i kommunalt avløpsvann. FAN-rapport R-1/91, NTNF.

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Postboks 69 Korsvoll, 0808 Oslo
ISBN 82-577-2103-4