

TITTEL *Helse- og arbeidsforhold ved behandling av kommunalt avløpsvann*

FORFATTER(E) Erik Bye, Wijnand Eduard, Kari Heldal, Jørgen Lassen, Erik Melbostad, Per Sandven, Asbjørn Skogstad, Per Sørstrand, Bjørn Tvedt

PROSJEKTANSVARLIG Kari Heldal, Per Fjeldstad

PROSJEKTMEDARBEIDDERE Lisbeth Aamodt, Ragna Aksnes

UTGIVER(SEKSJON) Yrkeshygienisk Seksjon

DATO 16.03.92

ANTALL SIDER 123

ISSN 0801-7794

SERIE HD 1024/91 FOU

SAMMENDRAG Målsettingen for prosjektet har vært å kartlegge forekomsten av helseplager og eksponering for mikroorganismer og kloakk-gasser på arbeidsplassen. Undersøkelsen har omfattet 131 avløpsarbeidere. Det ble foretatt eksponeringsmålinger på 15 anlegg i *Follo-området*. Undersøkelsen viste at avløpsarbeidere rapporterte hodepine, tretthet og såre øyne dobbelt så ofte som kontrollgruppen. De rapporterte symptomer fra sentralnervesystemet nesten like ofte som løsemiddeleksponerte yrkesgrupper. Vi finner en noe nedstatt lungefunksjon. Flere avløpsarbeidere hadde antistoff mot *Yersinia* og *Salmonella* enn andre yrkesgrupper. Målingene viste generelt lavt nivå av hydrogensulfid på anleggene. På ett anlegg var det imidlertid kortvarige høye konsentrasjoner (100 ppm) under normal drift, forbundet med symptomer som såre øyne, sterkt ubehag, tretthet og konsentrasjonsvansker. Vi fant sammenheng mellom eksponering for bakterier og symptomene hodepine og tretthet. Tendens til forekomst av hodepine, svimmelhet og tretthet økte med endotoksinnivået. Det var også indikasjoner på at luftveissymptomer og diareplager hadde sammenheng med bakterienivået i luften på anleggene.

STIKKORD KEY WORDS

Klokkrenseseanlegg
Mikroorganismer
Kloakk-gasser
Helseeffekter

Sewage Treatment Plant
Micro-Organisms
Sewage Gasses
Health Effects

TITTEL *Helse- og arbeidsforhold ved behandling av kommunalt avløpsvann*

FORFATTER(E) Erik Bye, Wijnand Eduard, Kari Heldal, Jørgen Lassen, Erik Melbostad, Per Sandven, Asbjørn Skogstad, Per Sørstrand, Bjørn Tvedt

PROSJEKTANSVARLIG Kari Heldal, Per Fjeldstad

PROSJEKTMEDARBEIDDERE Lisbeth Aamodt, Ragna Aksnes

UTGIVER(SEKSJON) Yrkeshygienisk Seksjon

DATO 16.03.92

ANTALL SIDER 123

ISSN 0801-7794

SERIE HD 1024/91 FOU

SAMMENDRAG Målsettingen for prosjektet har vært å kartlegge forekomsten av helseplager og eksponering for mikroorganismer og kloakk-gasser på arbeidsplassen. Undersøkelsen har omfattet 131 avløpsarbeidere. Det ble foretatt eksponeringsmålinger på 15 anlegg i *Follo-området*. Undersøkelsen viste at avløpsarbeidere rapporterte hodepine, tretthet og såre øyne dobbelt så ofte som kontrollgruppen. De rapporterte symptomer fra sentralnervesystemet nesten like ofte som løsemiddeleksponerte yrkesgrupper. Vi finner en noe nedstatt lungefunksjon. Flere avløpsarbeidere hadde antistoff mot *Yersinia* og *Salmonella* enn andre yrkesgrupper. Målingene viste generelt lavt nivå av hydrogensulfid på anleggene. På ett anlegg var det imidlertid kortvarige høye konsentrasjoner (100 ppm) under normal drift, forbundet med symptomer som såre øyne, sterkt ubehag, tretthet og konsentrasjonsvansker. Vi fant sammenheng mellom eksponering for bakterier og symptomene hodepine og tretthet. Tendens til forekomst av hodepine, svimmelhet og tretthet økte med endotoksinnivået. Det var også indikasjoner på at luftveissymptomer og diareplager hadde sammenheng med bakterienivået i luften på anleggene.

STIKKORD KEY WORDS

Klokkrenseseanlegg
Mikroorganismer
Kloakkgasser
Helseeffekter

Sewage Treatment Plant
Micro-Organisms
Sewage Gasses
Health Effects

Innhold

Sammendrag	s.1
Innledning	2
Metoder	3
Diskusjon	5
Generelle tiltak	8
1 Innledning	s.9
2 Helseeffekter	s.11
2.1 Innledning	11
2.2 Materiale og metoder	14
2.3 Resultater, kommentarer	16
2.4 Oppsummering	23
3 Symptomer fra nervesystemet	s.25
3.1 Innledning	25
3.2 Metoder	29
3.3 Resultater	30
3.4 Diskusjon	34
3.5 Vedlegg	36
Litteratur	38

4 Mikroorganismers.41

4.1 Innledning	41
4.2 Metoder	46
4.3 Resultater	49
4.4 Diskusjon	52
4.5 Vedlegg 1	56
Litteratur	56

5 Gassers.61

5.1 Innledning	61
5.2 Problemstilling - Målestrategi	64
5.3 Målemetoder	65
5.4 Resultater	68
5.5 Oppsummering	74
Litteratur	76

6 Drift, eksponering og helseforholds.79

6.1 Innledning	79
6.2 Materialer og metoder	81
6.3 Resultater og diskusjon	85
Litteratur	106

7 Sammenheng mellom eksponering og symptomer .. s.107

7.1 Innledning	107
7.2 Eksponering og symptomer	107
7.3 Resultater	109
7.4 Diskusjon	113

Vedlegg spørreskjema s.119

Forord

Prosjektet "Helse og arbeidsforhold ved behandling av kommunalt avløpsvann" startet august 1988 etter en henvendelse fra Fagrådet for vann- og avløpsteknisk samarbeid i indre Oslofjord. På grunn av rapporterte helseplager fra avløpsarbeidere ønsket de en kartlegging av arbeidsmiljøet på rensesanleggene i Follo Driftsassistanse.

Hovedprosjektet startet oktober 1989. Prøvetakingsstrategien for kartleggingen av arbeidsmiljøet bygget på utviklede måle- og analysemetoder fra prosjektets forundersøkelse. Driftsassistansen i Oppland ble med i prosjektet fra mai 1990.

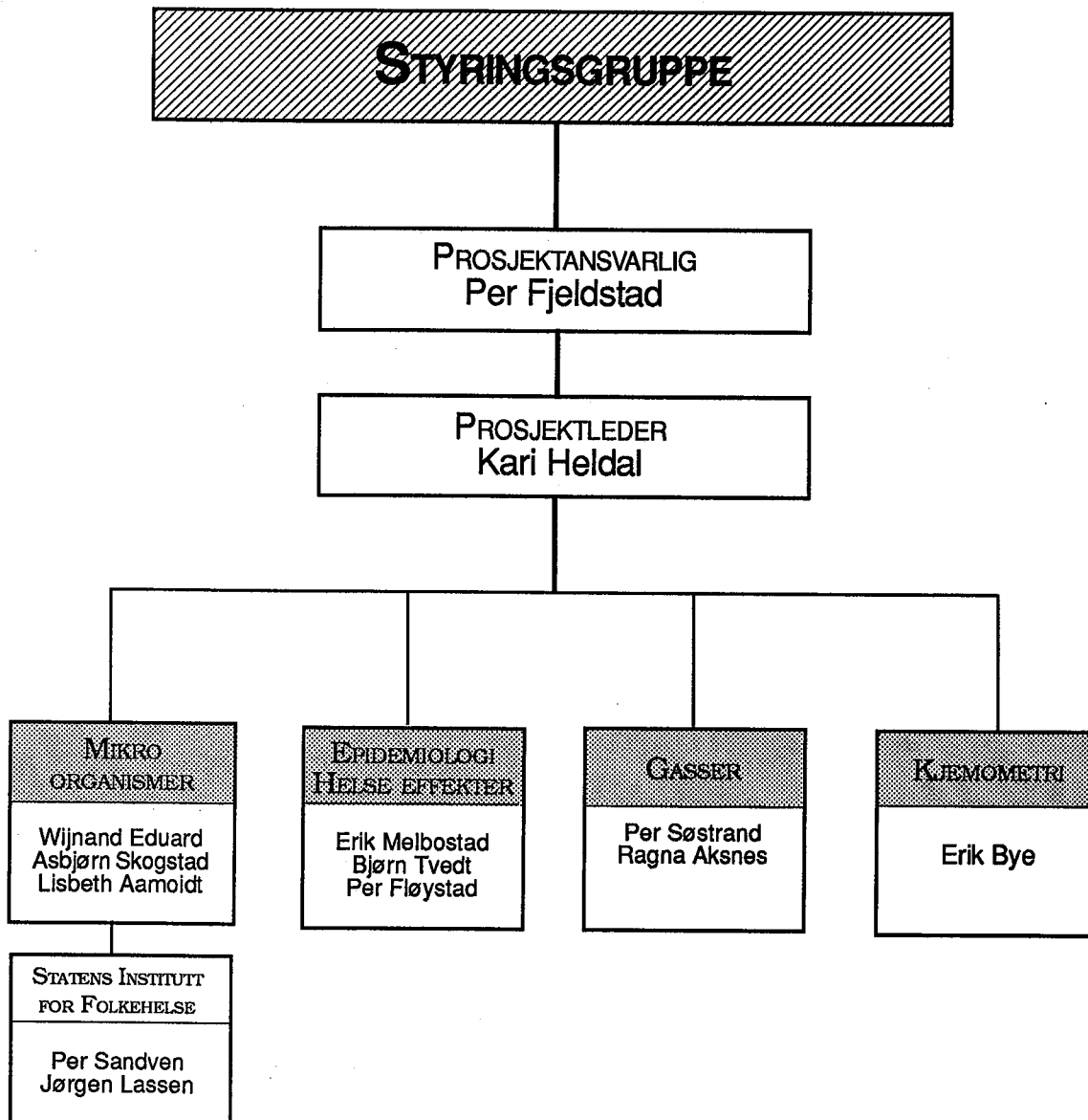
Prosjektgruppen har bestått av ti ingeniører, forskere og leger fra Statens arbeidsmiljøinstitutt og to leger fra Statens institutt for Folkehelse.

Styringsgruppen for prosjektet har hatt følgende deltakere:

<i>Kjartan Reksten,</i>	Fagrådet
<i>Steinar Nybruket,</i>	NORVAR
<i>Tom Gundersen,</i>	Norsk Kommuneforbund
<i>Ragnar Storhaug,</i>	Aquateam
<i>Jens Erik Pettersen,</i>	Statens forurensningstilsyn
<i>Per Otto Humberstet</i>	Driftsassistansen i Oppland
<i>Tor Erik Urdahl,</i>	Driftsassistansen i Oppland
<i>Per Fjeldstad,</i>	Statens arbeidsmiljøinstitutt
<i>Kari Heldal,</i>	Statens arbeidsmiljøinstitutt

Modellen for prosjektets organisasjon følger på neste side:

Prosjektorganisasjon



Informasjonsarbeid

Prosjektet har i hovedprosjektperioden vært lagt fram på følgende møter:

Norsk Yrkeshygienisk årskonferanse,	oktober	1989
Nord Gudbrandsdal BHT seminar,	mars	1990
Forum for bedriftshelsetjeneste, Oppland,	mars	1990
DiO styringsgruppe,	mai	1990
HIAS,	mai	1990
Driftsassistansen i Oppland,	mai	1990
Driftsassistansen i Hedemark,	juni	1991
Driftsassistansen i Vestfold,	november	1990
Driftsassistansen i Follo,	oktober	1990
Grunnkurs for bedriftshelsetjeneste, STAMI	oktober	1990
Fagrådets årsmøte,	desember	1990
Nordisk arbeidsmiljø møte, Finland,	september	1990
Arbeidstilsynets orienterings- og distrikts-møter		

Ressurser

Eksterne midler for hele prosjekttiden:

Fagrådet	kr.	105000
NORVAR	kr.	40000
NKF	kr.	50000
SFT	kr.	50000
DiO	kr.	20000
	kr.	265000

Interne midler

1988	kr.	4000
1989	kr.	6000
1990	kr.	15000
1991	kr.	10000

kr. 35000

Tilsammen

kr. 300000

Personressurser dekket av Statens arbeidsmiljøinstitutt og Statens institutt for Folkehelse var for hovedprosjektperioden 4,5 årsverk.

Vi vil rette en takk til avd.ing. Elin Thorner og fysioterapeut Ingrid G. Ramberg for hjelp i helseundersøkelsen og til Grafisk Gruppe ved STAMI for formgiving av rapporten.

Sist, men ikke minst vil vi understreke betydningen av avløpsarbeidernes positive innstilling til gjennomføringen av dette prosjektet.

Statens arbeidsmiljøinstitutt Mars 1992

For prosjektgruppen

*Kari Heldal
Prosjektleder*

Sammendrag

KONKLUSJON

Vi har undersøkt 131 avløpsarbeidere ansatt på kloakkrensaneanlegg i Follo og Oppland med hensyn på eventuelle helseeffekter som følge av eksponering for mikroorganismer og gasser i arbeidssituasjonen.

Driftsoperatørene rapporterer hodepine, tretthet, såre øyne, diare og hoste dobbelt så ofte som andre yrkesgrupper vi har sammenlignet med. De rapporterer symptomer som glemsomhet og konsentrasjonsvansker nesten like ofte som løsemiddeleksponerte yrkesgrupper. Svarene tyder på at plagene har sammenheng med arbeidet.

Driftsoperatørene hadde noe nedsatt lungefunksjon i forhold til den vanlige befolkningen og andre yrkesgrupper vi sammenlignet med.

*Antistoffundersøkelsene tyder på at risikoen for å bli smittet av bakteriene *Yersinia* og *Salmonella* er større blant driftsoperatørene enn i andre yrkesgrupper. Denne type bakterier ble ikke påvist i luft. Dette betyr at direkte smitte via fingre eller ved sprut kan ha betydning. Resultatene av Hepatitt-A undersøkelsene var som i befolkningen ellers.*

Målingene tyder på at konsentrasjonen av hydrogensulfid vanligvis er lav på de aller fleste anleggene (under 1 ppm). Men det ble avdekket prosessavhengige, høye konsentrasjoner på et av anleggene (100 ppm). Undersøkelsen tyder på at registrerte symptomer fra sentralnervesystemet kan ha hatt sammenheng med eksponering for kortvarige, høye konsentrasjoner hydrogensulfid.

Konsentrasjonen av bakterier i luft var høyest på anlegg som mottar septik eller slam fra andre anlegg. Antall døde bakterier var opptil 1000 ganger høyere enn antall levende bakterier. I undersøkelsen avdekket vi sammenheng mellom høyt bakterienivå i luft og hodepine og tretthet blant driftsoperatørene.

Fordi vi har påvist sammenheng mellom eksponering for bakterier i luft og plager bør konsentrasjonen av bakteriene reduseres. Det kan være aktuelt å dekke til eller bygge inn steder hvor det utvikles aerosoler og gasser og kombinere dette med riktig ventilasjon. Vi erfarte også at små endringer i slam-behandlingsprosessen førte til kraftig redusert forekomst av hydrogensulfid på et av anleggene i undersøkelsen.

Prosesskunnskap og aktiv deltakelse fra de ansatte er viktig i arbeidet med å bedre arbeidsmiljøet.

INNLEDNING

Avløpsvann inneholder store mengder mikroorganismer og næringsstoffer. Små dråper eller partikler kan løsrives fra kloakken og holde seg svevende (aerosoler) i lufta over lang tid. Aerosolene i arbeidsmiljøet kan inneholde levende og døde mikroorganismer. Oppløste svovelholdige gasser og væsker kan lukte vondt.

I kloakk foregår det en rekke kjemiske og biologiske prosesser som utvikler gasser. Av disse er hydrogensulfid sannsynligvis av størst betydning for utvikling av helseskader.

Målsettingen for dette prosjektet har vært å kartlegge forekomst av helseplager og sykdom hos avløpsarbeidere. Det har vært et mål å påvise eventuelle sammenhenger mellom plager og forekomst av bakterier og gasser.

Arbeidere

Undersøkelsen har omfattet 131 avløpsarbeidere som alle var ansatt på renseanlegg i Follo distriktet (ved Oslofjorden) eller i Oppland fylke. De hadde i gjennomsnitt arbeidet med rensing av avløpsvann i 8 år og gjennomsnittsalderen var 44 år. Nesten halvparten røykte daglig og hadde gjort det i gjennomsnittlig 14 år. Driftsoperatørene besvarte spørreskjemaer om arbeidsforhold og plager under og etter arbeid. Kontrollgruppen på 22 arbeidere fra Oslo Vannverk besvarte de samme spørreskjemaene som driftsoperatørene. De hadde lik gjennomsnittsalder og andel røkere. De hadde i gjennomsnitt vært ansatt i 13 år og de hadde røkt i gjennomsnittlig 14 år.

Renseanlegg

12 av de 15 anleggene i undersøkelsen benyttet aluminiumsulfat som fellingsmiddel i den kjemiske renseprosessen. 2 anlegg brukte jernklorid og 1 anlegg brukte kalk og sjøvann. På 7 av anleggene foregikk det også biologisk rensing av avløpsvannet. De biologisk /kjemiske renseanleggene var dimensjonert for å ta hånd om kloakk fra 100 - 2600 personer. De rent kjemiske anleggene var dimensjonert for kloakk fra 430 - 26 000 personer.

METODER

Et standardisert spørreskjema fra British Medical Research Council ble brukt for å kartlegge symptomer fra luftveiene og mage/tarm systemet. For å avdekke eventuelle symptomer fra sentralnervesystemet brukte vi Ørebro-skjemaet. Dette spørreskjemaet ble opprinnelig utviklet for å undersøke effekter av løsemidler. Eksponering for hydrogen-sulfid kan gi lignende symptomer fra sentralnervesystemet som løsemidler. Driftsoperatører som vi mistenkte kunne være eksponert for høye konsentrasjoner hydrogen-sulfid ble også undersøkt med nevropsykologiske tester.

Svarene på spørreskjemaene ble sammenlignet med resultatet av en tilsvarende undersøkelse av 80 verkstedarbeidere fra Kværner Brug. Vi sammenlignet også med resultater av befolkningsundersøkelser i Oslo og Hordaland.

På renseanlegg i Follo området målte vi konsentrasjonen av bakterier (levende og døde), nivået av endotoksiner, og konsentrasjonen av hydrogen-sulfid i innåndingssonen hos driftsoperatørene. Operatørene noterte i denne sammenheng plager på et eget skjema. Tilsammen 37 driftsoperatører deltok i denne delen av prosjektet.

Konsentrasjonen av bakterier og gasser ble målt i arbeidsatmosfæren på anleggene. Vi målte konsentrasjon av hydrogen-sulfid, metan og oksygen med elektrokjemiske sensorer og brukte indikatorrør til å indikere nivået av karbondioksid og ammoniakk. Metodene for prøvetaking og bestemmelse av levende bakterier i arbeidsatmosfæren er beskrevet i hovedrapporten.

Vi testet driftsoperatørenes lungefunksjon med spirometri. Resultatet av denne metoden foreligger som parametrene "Forsert vital kapasitet" og "Forsert ekspiratorisk kapasitet". "Forsert vital kapasitet" (FVC) er et mål på lungevolum og "Forsert ekspiratorisk volum" (FEV₁) er et mål på hvor åpne luftveiene er.

Blodet vårt kan inneholde antistoffer som kroppen utvikler for å beskytte oss mot bakterier og virus. Vi undersøkte om det i blodprøvene fra driftsoperatørene var antistoffer mot bakteriene *Yersinia* og *Salmonella* og antistoffer mot Hepatitt-A viruset. Resultatene av disse blodanalysene er tegn på om de har vært utsatt for smitte fra bakteriene og viruset.

Svarene på spørreskjemaene, alle målingene og data om renseanleggene ble behandlet statistisk. I dette arbeidet benyttet vi oss av tradisjonelle epidemiologiske teknikker og kjemometrisk databehandling.

DISKUSJON

Resultatene av undersøkelsen viser at driftsoperatører rapporterer symptomer fra luftveiene og mage/tarm systemet oftere enn andre yrkesgrupper vi har sammenlignet med. Hodepine, tretthet, såre øyne og diare forekommer oftere blant avløpsarbeidere enn blant verkstedsarbeidere. De er også noe mer plaget av eksem og sår som gror langsomt enn de samme verkstedsarbeiderne. Generelle luftveisplager er på samme nivå som i befolkningen ellers. Men driftsoperatører angir "piping i brystet" oftere. Dette kan tyde på trange luftveier. Resultatet av lungefuksjonstestene peker i samme retning. Forholdet mellom "Forsert ekspiratorisk volum" (FEV1) og "Forsert vital kapasitet" (FVC) var 6,5 % lavere enn gjennomsnittet i befolkningen og 4 % lavere enn hos verkstedsarbeiderne. Både røyking og yrkesekponering for bakterier og gasser har betydning for lungefunksjonen.

Driftsoperatørene angir også symptomer fra sentralnervesystemet som kan være et resultat av yrkeseksponeering for hydrogensulfid. De rapporterer "glemsomhet" og "konsentrasjonsvansker" nesten like ofte som arbeidere i løsemiddelutsatte yrkesgrupper. De fleste symptomer blir borte i ferier.

3 driftsoperatører gjennomgikk nevropsykologiske tester fordi de rapporterte symptomer på hydrogensulfidforgiftning. Resultatet av disse testene var normale. Åraken kan være at symptomene ikke skyldes påvirkning av sentralnervesystemet. En annen mulig forklaring er at de nevropsykologiske testene ikke er følsomme nok til å påvise små endringer i sentralnervesystemet.

Blodprøvene viste at flere driftsoperatører hadde antistoffer i blodet mot bakteriene *Yersinia* og *Salmonella* enn tilfellet er i andre yrkesgrupper. Dette tyder på at de i større grad enn andre arbeidere har vært smittet med disse bakteriene. Eftersom antistoffnivået gjennomgående var lavt, er det sannsynlig at smitten stort sett har ligget langt tilbake i tid. Driftsoperatørene kan ha bli utsatt for smitte tidlig i yrkeskarrieren og dermed blitt beskyttet mot ny smitte fra de samme bakteriene. For å utløse sykdom må smittedosen av *Yersinia* og *Salmonella* være relativt høy. Det er derfor tenkelig at driftsoperatører kan utvikle antistoffer som beskytter mot disse sykdommene uten å vise symptomer på sykdom. Forekomsten av antistoffer mot Hepatitt-A viruset var normal blant avløpsarbeiderne.

De fleste bakteriene i avløpsvannet er ikke sykdomsfremkallende, men en del av bakteriene inneholder giftstoffer, endotoksiner. Eksponeering for store

doser bakterier kan være årsak til symptomer som hodepine, tretthet, irritasjon av slimhinner, kvalme og diare. Bakteriemålingene tyder på at det ikke er stor forskjell på nivåer inni kloakkrensaneanleggene vinter og sommerstid.

Målingene viste at det i gjennomsnitt er ca 10 000 levende bakterier pr m³ luft på renseanleggene. Under spesielle arbeidsoperasjoner som spyling er nivået ikke vesentlig høyere. Sannsynligheten for å bli smittet og utvikle antistoffer mot bakterier som Salmonella og Yersinia er liten ved dette eksponeringsnivået. Dette kan bety at smitte også skjer på andre måter enn via luft, f.eks. ved sprut, under spising eller ved røyking. Disse forhold er ikke undersøkt i dette prosjektet.

Konsentrasjonen av døde bakterier var om lag 1000 ganger høyere enn konsentrasjonen av levende bakterier. I renseanlegg som mottar septik og eksternslam var bakteriernivået i lufta litt høyere enn på andre anlegg.

Målingene av endotoksiner indikerer en gjennomsnittlig konsentrasjon i arbeidsmiljøet på 63 nanogram pr m³. Det er ingen administrative normer for endotoksiner. Utenlandske undersøkelser har vist at nivåer på 300 nanogram pr m³ kan føre til feber og nedsatt lungefunksjon. Det er antydnet at en norm på 30 nanogram pr m³ kan være aktuell. Vi påviste ingen sikker sammenheng mellom eksponering for endotoksiner og plager i denne undersøkelsen.

Målingene viser at nivået av hydrogensulfid generelt er lavt inni kloakkrensaneanleggene (under 1 ppm). Men undersøkelsen viste også at det kan forekomme kortvarige, høye konsentrasjoner når slam har ligget og råtnet (over 100 ppm). Dette er viktig å forholde seg til siden sentralnervesystemet kan påvirkes i løpet av kort tid ved eksponering for høye konsentrasjoner hydrogensulfid.

Konsentrasjonen av oksygen var normal på alle anlegg og konsentrasjonen av metan var betydelig under eksplosjonsfaren (høyeste målte verdi var 6 %LEL). På et anlegg ble det målt 3 ppm ammoniakk under sentrifugering av kalkholdig slam. Målingene indikerte at konsentrasjonen av karbondioksid inni anleggene ikke var høyere enn 0.15 %.

De personlige eksponeringmålingene viste at 6 av 27 driftsoperatører var kortvarig eksponert for hydrogensulfid. Den høyeste konsentrasjonen som ble målt var 45 ppm. Konsentrasjonene har sannsynligvis vært høyere ettersom driftsoperatørene forlot arbeidsområdet når alarmene på måleinstrumentet ble utløst (ved 10 og 20 ppm). Transport og avvanning av råttent slam samt rengjøring i pumpestasjoner var de mest utsatte arbeidsoperasjonene.

På et anlegg var kortvarige høye konsentrasjoner av hydrogensulfid forbundet med symptomer som sterkt ubehag, såre øyne, tretthet og konsentrasjonsvansker. Etter utbedringer som førte til at hydrogensulfid ikke kom ut i arbeidsatmosfæren, rapporterte driftsoperatøren på anlegget at plagene ble sterkt redusert. Dette støtter tidligere antakelser om at kortvarige eksponeringer for høye konsentrasjoner hydrogensulfid sannsynligvis er av større betydning for helseplager enn langvarig ekponering for lave doser under normale driftsforhold.

Ubehagelig lukt er en subjektiv opplevelse, og som mål på eksponering må rapporterte luktplager brukes med forsiktighet. Undersøkelsen tyder på at tretthet under arbeid kan ha sammenheng med konsentrasjonen av bakterier i lufta. Det er også mulig at et høyt nivå av bakterier i lufta kan samvariere med vond lukt. Lukt er imidlertid en svært usikker indikator på forekomst av hydrogensulfid. Luktesansen svekkes ved høye konsentrasjoner og det finnes mange andre luktsterke forbindelser enn hydrogensulfid i kloakk og septik. Vond lukt kan generelt være en belastning for driftsoperatører.

Det er vanskelig å trekke generelle konklusjoner om sammenhengen mellom helseplager, anleggstype og driftsparametre. Årsaken til dette er at nesten alle anleggene er noe forskjellige med hensyn på en rekke faktorer som størrelse, belastning, ventilasjon, dosering av kjemikalier og valg av tekniske løsninger. For detaljer om statistiske vurderinger omkring anleggstyper, driftsparametre og eksponeringsforhold henvises til hovedrapporten.

GENERELLE TILTAK

Det kan være fruktbart å vurdere tiltak som kan redusere helseplagene blant driftsoperatører i 2 grupper. Den ene er tiltak som tar sikte på å redusere den daglige eksponering under normale forhold. Den andre er tiltak som kan redusere faren for kortvarige, høye eksponeringer i spesielle arbeids-situasjoner.

Arbeid med råttent slam er generelt risikabelt med tanke på eksponering for gasser og bakterier. Det er derfor viktig at driftspersonell har god kjennskap til prosesser og opplæring i hvordan de skal forholde seg i spesielle situasjoner som driftstans, overbelastning av anlegget og andre situasjoner som kan føre til at slam blir liggende lenge og råtne. Bruk av verneutstyr, utlufting av slam før arbeidet starter, gassmålinger og midlertidige ventilasjonsopplegg er eksempler på tiltak som kan være påkrevd.

For å redusere spredning av bakterier, lukt og gasser under normale forhold kan tildekking eller innebygging av kilder i kombinasjon med riktig ventilasjon være aktuelt. Prosesskunnskap og kjennskap til det enkelte anlegg er nøkkelord i denne sammenheng. De ansatte representerer ofte en betydelig ressurs og bør være sentrale i planlegging av tiltak og arbeidsrutiner.

Det er forbundet med smittefare å røyke og spise på kloakkrensaneanlegg.

God hygiene reduserer smittefaren!

1 Innledning

av Kari Heldal

I de siste årene har det vært gjennomført en rekke undersøkelser med sikte på å stadfeste en eventuell sammenheng mellom ulike helseplager og arbeid ved renseanlegg for kommunalt avløpsvann. Selv om de dokumenterte helseplagene varierer og åpenbart er avhengig av f.eks. ulike driftsforhold og bruk av verneutstyr, konkluderer de fleste undersøkelsene med at det foreligger helseplager korrelert til slik arbeid. De hyppigste plagene synes å være tretthet, hodepine og konsentrasjonsvansker.

I tidligere undersøkelser fra Skandinavia og USA er det angitt flere mulige årsaker til dette, herunder eksponering for H₂S (McCunney 1986, Bakke 1989) og andre gasser samt for mikroorganismer, idet eksponeringsnivået for alle disse parametrene kan nå betydelig nivåer over kortere eller lengre tid under arbeidet.

Forundersøkelsen til dette prosjektet (Heldal m.fl. 1989) viste også høy forekomst av ulike helseplager hos avløpsarbeidere. Målsettingen for dette prosjektet var om mulig å dokumentere en eventuell sammenheng mellom slike plager og eksponering for de ovennevnte parametrene.

Rapportens innhold består av hovedkapitler som omfatter helseeffekter slik de fremkommer ved spørreskjemaundersøkelsen (Kapittel 2), med mulige sentralnervøse symptomer (Kapittel 3), eksponering for mikroorganismer og endotoksin, samt resultatene av de serologiske undersøkelsene (Kapittel 4), eksponering for kloakkgasser (Kapittel 5), resultatene av den kjemometriske analysen (Kapittel 6), og sammenhengen mellom eksponering og symptomer rapportert på måledagen (Kapittel 7).

Kapitlene er skrevet av dem som har vært hovedansvarlig for den aktuelle undersøkelsen. De er relativt omfattende og innledes med en utdyping av fagbegrepene. Siden de er skrevet av ulike forfattere, kan de være noe uensartet i språk og oppbygning. Det er imidlertid skrevet et forholdsvis omfattende sammen- drag, med en kortfattet konklusjon, for å lette oversikten over resultatene.

2 Helseeffekter

av Erik Melbostad

2.1 INNLEDNING

2.1.1 Eksponeringsforhold og helseeffekter.

Med eksponering mener man vanligvis ytre påvirkning av fysisk, kjemisk eller biologisk art som ved tilstrekkelig mengde og tid kan medføre helseeffekter. Eksponeringsforholdene vil være forskjellige i de forskjellige yrker, avhengig av det fysiske og kjemiske arbeidsmiljø og de arbeidsoppgaver som utføres innenfor dette miljøet.

Det fysiske arbeidsmiljø; varme, kulde, lys og larm, er ikke behandlet i denne rapporten. Derimot er det kjemiske og biologiske arbeidsmiljøet i forbindelse med behandling av kommunalt avløpsvann og de helseeffekter dette kan medføre, tema for denne del av rapporten. Eksponeringen kan være luftbåren som aerosoler, dvs. små dråper eller partikler finfordelt i luft. Disse aerosolene kan inneholde mikroorganismer og deres giftstoffer. I tillegg kommer gasser som hydrogen sulfid (H_2S), ammoniakk (NH_3), metan (CH_4) og andre gasser.

Forurensninger i kloakkvannet kan føre til avdampning av løsemidler, reaktive kjemikalier, plantevernmidler etc. Næringsholdige materialer i kloakkvannet fører til vekst av mikrober og eventuelt utvikling av bakterietoksiner og gasser.

De fleste bakteriearter i avløpsvannet er ikke sykdomsfremkallende, men blant de bakterier som finnes i kloakkvannet vil det praktisk talt alltid være sykdomsfremkallende bakterier.

2.1.2 Opptak i organismen

Aerosoler vil kunne påvirke slimhinnene i øyne og nese og opptas i organismen via luftveiene. De kan ha direkte lokalirriterende effekt i øyne og nese og i luftveiene på kort sikt, eventuelt også gi helseskader på lang sikt.

Aerosoler og gasser kan også føres fra lungene via blodet til andre deler av kroppen, og gi virkninger f.eks. i hjerne, lever og nyrer.

Aerosoler kan tas opp gjennom luftveiene, som via sitt renovasjonssystem frakter dem over i svelget hvor de svelges ned. Således kan man få virkninger også i fra mage og tarm, av innåndet bakterieaerosol. Det kan også komme akutteffekter i fra innåndet materiale når dette påvirker nervestystemet. Til sammen kan dette gi forskjellige symptomer som feber, kvalme, oppkast og diare.

Ved arbeid med avløpsvann vil også noe kunne føres inn gjennom munnen ved forurensede fingre, eller indirekte ved røyking, spising etc. uten tilstrekkelig håndhygiene, likeledes påvirkning direkte på huden enten via intakt hud eller ved små rifter eller sår i huden.

2.1.3 Kroppens forsvar mot skadelig påvirkning

Når mikrober, partikler, eller giftstoffer fra mikrobevekst treffer slimhinnene i luftveiene, vil noe av dette kunne trenge dypere ned i slimhinnene og eventuelt opptas i kroppen.

Kroppen har forsvarsmekanismer mot slik inntrengning. På overflaten av slimhinnene er det slim som skal fange opp partikler og beskytte mot skadelig påvirkning. Dypere i slimhinnen er det forsvarsceller som dels har uspesifikke oppgaver som går ut på å "spise" og uskadeliggjøre inntrengende partikler, dels spesifikke oppgaver som går ut på å danne antistoffer mot deler av mikrober eller annet inntrengende materiale. Disse cellene, som er deler av immunapparatet, har også evnen til å "huske" tidligere påvirkning og har evnen til raskt å reagere med ny og kraftigere antistoffdannelse ved ny ytre påvirkning. Dette setter kroppen i stand til å bekjempe inntrengende mikroorganismer raskt og effektivt ved nye "angrep".

2.1.4 Betennelsesreaksjoner

Kroppen forsvarer seg mot inntrengende agens ved å mobilisere forsvarsapparatet, og dette skjer som en serie av reaksjoner som gjerne kalles for betennelsesreaksjoner:

- *i slimhinner skjer økt slimavsondring*
- *blodkarene i slimhinnen utvider seg og dette gir rødhet*
- *det siver væske og celler ut av blodkarene og dette gir hevelse*
- *nerver blir irritert og gir kløe, svie eller smerter.*

Cellene angriper inntrengende agens og uskadeliggjør dette. Virkninger av inntrengende agens og av kroppens betennelsesreaksjon tilsammen, kan gi generelle symptomer som feber eller uvelbefinnende. De symptomene som kommer ved en reaksjon vil avhenge av mengden, inhalert bakterieaerosol og skadeligheten av denne, samt kroppens reaksjonsmåte.

2.1.5 Symptomer ved eksponering i arbeidet

Symptomer kan deles inn i korttidssymptomer og langtidssymptomer.

Korttidssymptomer har umiddelbar relasjon til den skadelige påvirkningen, slik som symptomer i fra øyne med sårhet, irritasjon, nese med tørrhet, nysing, irritasjon i svelg med sårhet, plager fra mage og tarm med oppkast, eventuelt diare, og ved akutt forgiftning: hodepine, kvalme, oppkast, eventuelt alvorligere symptomer fra sentralnervesystemet som synsforstyrrelser, bevisstløshet etc.

Langtidssymptomer av eksponering kan skyldes forandringer i kroppen som kroniske betennelsestilstander, f.eks. kronisk øyekatarr, kroniske plager fra de øvre og nedre luftveier hvor kanskje særlig kronisk bronkitt og kronisk astmabronkitt eller obstruktiv lungesykdom har fanget interesse. Kronisk bronkitt/astmabronkitt har i samfunnet i stor grad vært satt i forbindelse med tobakksrøyking som fremdeles oppfattes som viktigste årsaksfaktor.

Ved infeksjoner vil man kunne få både akutte symptomer i forbindelse med selve infeksjonen, og mer langtrukne symptomer dersom kroppen ikke bekjemper infeksjonen straks.

2.1.6 Hensikten med helseundersøkelsen

Hensikten med helseundersøkelsen har vært å kartlegge helseeffekter av skadelig eksponering ved arbeid med kommunalt avløpsvann som er gjort ved å registrere:

- korttidssymptomer og
- langtidssymptomer
- måling av lungefunksjon som uttrykk for langtidseffekt på luftveiene
- dannelse av antistoffer mot virus og bakterier (se kap.4).

Vi har også ønsket å kartlegge helseeffektene i relasjon til eksponeringsforholdene.

2.2 MATERIALE OG METODE

2.2.1 Materiale

I forprosjektet og hovedprosjektet har det deltatt

- Fra kommunale avløpsanlegg i Follo-regionen, 31 menn som har vært undersøkt med spørreskjema, spirometri 2 ganger og blodprøve en gang.
- Fra kommunale avløpsanlegg i Oppland, 100 menn, hvorav 72 møtte til spirometri og blodprøve i forbindelse med seminar om avløpsanlegg.
- Oslo kommunale vannverk, vedlikehold, 22 menn som har fått tatt blodprøve og besvart spørreskjema.
- Befolkningsundersøkelser i Hordaland 1986 og i Oslo 1979 har også vært brukt som referanse. Bedriftsundersøkelse Kværner brug 80 verkstedsarbeidere har vært brukt som referanse.

Tabell 2.1 Alder, år i samme arbeid og røyking.

	Alder		Antall år i samme arbeid		Andel røykere	Antall røykeår	
	Gj.snitt	St. avvik	Gj.snitt	St. avvik		Gj.snitt	St. avvik
Avløpsarbeidere Follo, Oppland N=131	44	9,6	8	6,8	47%	14,5	12,4
Vannverket Oslo (OVA) N=22	44	10	13	8,2	48%	14,6	9,5
Verkstedsarbeidere Kværner N=80	39	14	14,5	10,9	45%	13,4	13,9

Undersøkelsesgruppen består av 131 avløpsarbeidere med en gjennomsnittsalder på 44 år - antall år i samme arbeid er gjennomsnittlig 8. Andel røykere er 47% og antall røykeår er gjennomsnittlig 14,5.

Fra Oslo kommune, Vannerket og vedlikehold, er 22 arbeidere medtatt som referansegruppe. Gjennomsnittsalder er 44 år. Gjennomsnittlig antall år i samme jobb er 13. Andel røykere er 48%. Antall røykeår i gjennomsnitt er 14,6.

En annen ekstern referansegruppe er verkstedsarbeidere (mekanikere og maskinarbeidere) ved KVÆRNER brug som tjener som referanse i forbindelse med svar på symptomer fra luftveiene (-se tabell 3b, 3c, 4a, 4b, vedlegg spørreskjemaer) og lungefunksjonsmålinger. Dette er 80 arbeidere, gjennomsnittsalder er 39 år. Antall år i samme arbeid er 14,5, andel røykere er 45%. Røykeår gjennomsnitt er 13,4.

2.2.2 Metode

Symptomer ble registrert med et selvutfyllt spørreskjema ble gjennomført på bakgrunn av erfaring fra forprosjektet og tidligere prosjekter internasjonalt.

Man har brukt standardiserte spørreskjemaer med hensyn på luftveissymptomer (British Medical Research Council). Spørreskjemaet om luftveissymptomer har vært det samme som ble brukt ved befolkningsundersøkelsen i Hordaland i 1985-86, og i Oslo i midten av 1970-årene.

Dertil har man hatt standardiserte spørreskjema med tanke på symptomer i fra sentralnervesystemet (Ørebro-skjema) og standardiserte skjemaer som tidligere har vært brukt ved Statens arbeidsmiljøinstitutt på forskjellige arbeidstakergrupper med tanke på akutt symptomer i forbindelse med arbeidet.

I tillegg til dette inneholdt spørreskjemaet egne spørsmål om arbeidet i kloakkrenseanlegget og spørsmål om arbeidsoperasjoner og selvopplevde plager (se vedlegg).

Det har vært tatt blodprøver til antistoffundersøkelse (se eget avsnitt).

Lungefunksjonen har vært målt med belgspirometer vitalograf S med PFT2 printer etter American Thoracic Society's anbefalinger. Det har vært registrert 3 kurver på hver person. Det har vært tilstrebet at kurvene skulle være identiske eller med maksimalt 2% variasjon mellom verdiene for *Forsert vitalkapasitet* (FVC) og *Forsert ekspiratorisk volum i ett sekund* (FEV1). Beste test har vært registrert.

2.3 RESULTATER, KOMMENTARER

Resultater på spørsmål om luftveissymptomer generelt.

Tabell 2.2a Spørsmål om luftveissymptomer, Follo og Oppland

	Nei	Ja	% Ja	Hordaland Menn 15-70år % Ja	Oslo Menn 15-69 år % Ja
Morgenhoste	36	40	31	23,3	24
Hoste om dagen				13,4	11
Oppsytt	90	35	27	24,9	20
Daglig hoste 3 mnd/år	113	10	7	11,3	9
Hoste/oppspytt > 3 uker siste 2 år	94	25	19	10,4	11
Tungpust i motbakke	108	15	12	15	16
Tungpust opp 2 etg. i vanlig fart	112	13	10	9	11
Tungpust på flatmark	122	3	2		4
Tungpust i ro	123	1	1		2
Anfall av tung pust	109	14	11	11,6	12
Piping i brystet	79	44	34	22,7	17
Tett i brystet/pusten, morgenen	114	10	8		
Tett i brystet/pusten ved anstrengelse	75	40	31		
Tett i brystet/pusten i kulde	97	6	5		
Tett i brystet/pusten v.anstrengelse/ kulde	82	22	17		
Astma det siste året	105	2	2		
Røyker daglig	60	61	47	40	44

31 avløpsarbeidere hadde svart på spørreskjemaene. Ca. 6000 personer i Hordaland besvarte et identisk spørreskjema i 1985-86 og ca. 5000 personer i Oslo besvarte et lignende spørreskjema i midten av 1970-årene (Gulsvik). Andel av personer som svarte Ja på spørsmålene i % er anført i tabellen og sammenlignes mellom gruppene. *Morgenhoste*: 31% blant avløpsarbeidere, 23% i Hordaland, 24% i Oslo. *Oppspytt*: 27% blant avløpsarbeidere, 25% i Hordaland, 20% i Oslo. *Hoste og oppspytt de siste 3 uker*: 19% blant avløpsarbeidere. 10,4% i Hordaland, 11% i Oslo

Det kunne således se ut til å være en tendens at avløpsarbeiderne hadde mer hoste og oppspytt enn den generelle befolkningen i Hordaland og Oslo. Men når det gjelder definisjonen av kronisk bronkitt, daglig hoste i mer enn 3 måneder pr år, finner man at 7% svarer *ja* blant avløpsarbeiderne, 11% i Hordaland og 9% i Oslo. Når det gjelder tung pust i motbakke, svarer 12% av avløpsarbeiderne *ja*, 15% i Hordaland, 16% i Oslo. Til dette er det å bemerke at den almindelige befolkning i Hordaland og Oslo inneholder personer som ikke er arbeidsføre, i tillegg til vanlige arbeidstakere. Dette vil gjøre seg ytterligere gjeldende for spørsmålene om tung pust på flat mark og i ro hvor vi må anta at friske arbeidsføre menn har liten prosent *ja*.

Anfall av tung pust, er angitt av 11% blant avløpsarbeiderne, 12% i Hordaland og 12% i Oslo. Piping eller hvesing i brystet, 34% blant avløpsarbeidere, 23% i Hordaland, 17% i Oslo. Det kan således se ut til at piping i brystet er hyppigere blant avløpsarbeiderne og dette kan være uttrykk for luftveisirritasjon og det som kalles luftveisobstruksjon, dvs. økt motstand mot luftstrømmen ved pusting, noe som særlig kan gi symptomer som hvesing og piping i brystet. Det var 47% røykere blant avløpsarbeiderne, 40% røykere i Hordaland og 44% i Oslo.

Tabell 2.2b Luftveissymptomer blant vannverksarbeidere (N=22).

	Nei	Ja	% Ja	Hordaland 1986	Oslo Menn 15-69 % Ja
Morgenhoste	10	9	41	23,3	24
Hoste om dagen	14	5	23	13,4	11
Oppspytt	12	5	23	24,9	20
Daglig hoste 3 mnd/år	14	4	18	11,3	9
Hoste/oppspytt > 3 uker siste 2 år	13	3	14	10,4	11
Tungpust i motbakke	17	3	14	15	16
Tungpust opp 2 etg. i vanlig fart	17	3	14	9	11
Tungpust på flatmark	18	2	9		4
Tungpust i ro	18	1	5		2
Anfall av tung pust	17	3	14	11,6	12
Piping i brystet	11	9	41	22,7	17
Tett i brystet/pusten, morgenen	15	3	14		
Tett i brystet/pusten vedanstrengelse	10	4	18		
Tett i brystet/pusten i kulde	14	8	36		
Tett i brystet/pusten ved anstrengelse/ kulde	14	3	13		
Astma det siste året	19	0	0		
Verre i visse arbeidssituasjoner	10	11	50	40	44

Av vannverksarbeidere har bare 22 personer deltatt i undersøkelsen og besvart spørreskjemane. Dette gir svært usikre estimater for andel *ja* og kan derfor knapt nok sammenliknes med avløpsarbeidere eller befolkningsundersøkelsene. Men dersom man våger å gjøre en slik sammenligning, finner man at de angir mer morgenhoste og hoste om dagen, like hyppig oppspytt, noe mer daglig hoste mer enn 3 måneder i året (18% blant vannverksarbeidere, 11% i Hordaland og 9% i Oslo). Anfall av tung pust er omtrent som Hordaland og Oslo, men piping i brystet er 41%, mot 23% i Hordaland og 17% i Oslo. 50% av vannverksarbeiderne røyker, mot 40% i Hordaland og 44% i Oslo.

Noe av årsaken til at vannverksarbeiderne faller såpass dårlig ut i forhold til den alminnelige befolkning og avløpsarbeiderne, kan nok være betydelige eksponeringer i yrket. Bl.a. angir de eksponering for klograss som i tillegg til tobakksrøyking gir betydelig luftveis-irritasjon.

Tabell 2.3a Arbeidsrelaterte plager hos avløpsarbeidere, Follo og Oppland (N=131)

	Nei	%	Ja-svar							
			Årlig		Månedlig		Ukentlig		Daglig	
			Ant.	%	Ant.	%	Ant.	%	Ant.	%
Såre øyne	67		31	24	12	9	5	4	5	4
Nysing	60		30	23	11	8	11	8	5	4
Tett nese	69		30	23	8	6	3	2	6	5
Rennende nese	78		25	19	6	5	2	2	3	2
Sår hals	71		36	28	6	5	4	3	3	2
Tørrhoste	83		21	16	5	4	5	4	5	4
Hoste med oppspytt	79		25	19	6	5	1	1	6	5
Tetthet i brystet	94		14	11	1	1	5	4	3	2
Tung pust	100		11	8	2	2	1	1	3	2
Feber	92		15	12	7	5	1	1	1	1
Muskelsmerter	54		28	21	13	10	11	8	11	8
Hodepine	46		33	25	28	21	9	7	5	4
Svimmelhet	75		26	20	8	6	5	4	1	1
Tretthet	29		20	15	20	15	29	22	25	19
Nedsatt appetitt	101		12	9	6	5	2	2	0	0
Kvalme	75		32	24	7	5	4	3	1	1
Oppkast	95		19	15	3	2	0	0	0	0
Magesmerte	66		38	29	9	7	5	4	1	1
Diaré	54		38	29	21	16	5	4	5	4

I tabellen er det angitt en oversikt over samtlige svar på arbeidsrelaterte plager. Tabellen er lite lesbar. Det er derfor gitt et resyme med oppsummering og sammenligning mellom avløy, vann- og verkstedsarbeidere i Tabell 2.3b. Vi skal likevel påpeke enkelte betydningsfulle resultater i Tabell 2.3a.

Hodepine og **tretthet** synes å være de hyppigste plager i forbindelse med arbeidet blant avløpsarbeidere. Disse plagene angis av en høy prosent og de angis også å forekomme relativt ofte.

Hodepine månedlig rapporteres hos 28%, **tretthet månedlig** hos 20%. Etter dette kommer **diare** med månedlig 16% og **såre øyne** månedlig 9%.

Muskelsmerter er også en svært vanlig arbeidsrelatert plage, årlig 21%, månedlig 10%, daglig 8%. Men den mest dominerende av alle symptomer synes å være **tretthet** som forekommer **daglig** hos 19%.

Tabell 2.3b Sammenligning mellom sum JA-svar i prosent mellom avløpsarbeidere (N=131), vannverksarbeidere (N=22) og verkstedsarbeidere (N = 80).

	% Ja-svar på spørsmål om plager i arbeidet		
	Avløpsarbeidere	Vannverksarbeidere	Verkstedsarbeidere
Såre øyne	41	32	20
Neseplager	42	55	34
Sår hals	38	32	23
Hoste	28	50	14
Tetthet i brystet	18	17	14
Føber	18	17	14
Hodepine	58	41	31
Tretthet	71	46	25
Diare	53	27	

I Tabell 2.3b har man summert antall *ja*-svar over hyppighetskategoriene årlig, månedlig og daglig får som resultat antall som har svart ja i prosent av antall arbeidere i gruppen. Det vil si andelen av arbeidere i hver gruppe som har opplevet symptomet i relasjon til arbeidet det siste året.

µµSåre øyne har vært opplevet av 41% blant avløpsarbeidere, 32% av vannverksarbeiderne og 20% blant verkstedsarbeidere. Når det gjelder arbeidsrelaterte symptomer forøvrig, ligger kloakkarbeiderne over verkstedsarbeiderne, mens vannverksarbeiderne synes å være en mellomgruppe.

Hodepine viser seg ved oppsummering å være det hyppigste symptom blant avløpsarbeiderne med 58% mot 31% hos verkstedsarbeiderne og **tretthet** 57%, mot 25% blant verkstedsarbeiderne. Det er således betydelig mer symptomer fra øynene og luftveiene blant avløpsarbeiderne enn blant verkstedsarbeiderne, men hodepine og tretthet er symptomer som oppleves blant flest av avløpsarbeiderne og ca. dobbelt så hyppig som blant verkstedsarbeiderne. Det kan således se ut til at avløpsarbeiderne er utsatt for luftveis-irriterende stoffer og faktorer i arbeidsmiljøet som gir opphav til tretthet og hodepine. 53% av avløpsarbeiderne og 27% av vannverksarbeiderne rapportere å ha opplevd diare i relasjon til arbeidet. Verkstedsarbeiderne ble ikke spurt om diare i forbindelse med arbeidet.

For å belyse eventuell påvirkning av luftveis-irriterende stoffer, undersøkte man lungefunksjonen hos 102 av avløpsarbeiderne. Resultatene av dette er oppsummert i Tabell 2.4a.

Tabell 2.4a Lungefunksjonen hos 102 avløpsarbeidere i forhold til forventet.

	Forventet		Målt		Differanse		S
	Gj.snitt	SE	Gj.snitt	SE	Gj.snitt	SE	P
FVC l	5,01	0,06	5,17	0,08	0,16	0,07	0,05
FEV l	4,11	0,05	3,89	0,07	0,22	0,06	0,001
FEV /FVC %	82,03	0,19	75,38	0,89	6,65	0,86	0,000
FEF 25-75 l	4,18	0,06	3,14	0,11	0,77	0,11	0,000
FEF 75-85 l	1,18	0,03	0,87	0,30	0,30	0,30	0,000

I tabellen er lungefunksjonen sammenholdt med forventningsverdien i forhold til alder og høyde i en alminnelig befolkning (ikke røykere). Forsert vitalkapasitet (FVC) ligger i gjennomsnitt på 5,17 l målt verdi, mot forventet 5,0 l. Vitalkapasiteten er således i gjennomsnitt noe bedre enn forventet. Forsert ekspiratorisk volum i ett sekund (FEV1) har målt verdi i gjennomsnitt 3,89 l, mot forventet 4,11 l, og ligger 0,22 l i gjennomsnitt under forventnings-

verdien. Det viktigste mål på luftveisobstruksjon er FEV1/FVC i prosent. Her ligger forventningsverdien på 82%, mens den målte verdien ligger på 75%. Dette er 6,6% under forventningsverdien og uttrykk for betydelig obstruksjon for gruppen som helhet. De andre målene på luftstrøm i de små luftveiene FEF 25-75 og FEF 75-85, viser et lignende resultat, dvs. signifikant lavere verdier enn forventet hos avløpsarbeiderne. Dette kan henge sammen med såvel tobakksrøyking som andre faktorer, bl.a. yrkeseksponering.

Tabell 2.4b Lungefunksjon FEV1/FVC i forhold til forventet hos avløpsarbeidere og verkstedsarbeidere

	FEV /FVC %		FEV /FVC %		FEV /FVC Forventet-Målt
	Forventet gjennomsnitt	Stand. avvik	Målt gjennomsnitt	Stand. avvik	Gjennomsnittlig differanse ved paret T-test
Avløpsarbeidere N=102	82,0	1,94	75,4	8,96	6,5
Verkstedsarbeidere N=80	83,54	1,64	80,9	7,63	2,6

For å få rede på om yrkeseksponering kan spille noen rolle for de målte lungefunksjonsverdier, er det gjort en sammenligning mellom avløpsarbeidere og verkstedsarbeidere. Man har her sammenlignet FEV1/FVC i prosent målt verdi med forventet verdi i forhold til alder og høyde i de to gruppene, og finner at forventet verdi for avløpsarbeiderne er 82%, mens den målte verdien er 75%. For verkstedsarbeidere finner man at den forventede verdi i gjennomsnitt er 83,5%, mens den målte verdien er 80,9%. Den gjennomsnittlige differansen mellom forventet nedre grense og målt verdi, er 6,6% blant avløpsarbeiderne og 2,6% blant verkstedsarbeiderne. Disse forskjellene kan ikke forklares ut fra forskjellige røykevaner alene da 48% av avløpsarbeiderne røyker og 45% av verkstedsarbeiderne.

Forventningsverdien for FEV1/FVC ligger innenfor 81 - 87% for gruppen som helhet, (både avløpsarbeidere og verkstedsarbeidere). Mens verkstedsarbeidernes gjennomsnittsverdi tangerer nedre grense av området for forventningsverdien, ligger avløpsarbeiderne 6% under. Dette er klinisk betydningsfullt.

**Tabell 2.5. Hudplager i forbindelse med arbeidet.
Avløpsarbeidere N=131, vannverkarbeidere N=22.**

	Avløpsarbeidere		Vannverkarbeidere	
	Antall JA	% Ja (N=131)	Antall Ja	% Ja (N=22)
Hudplager	58	44	9	41
Eksem	12	9	1	5
Byller	3	2	0	0
Andre hudplager	13	10	1	5
Ofte sår	29	22	5	23
Gror langsomt	7	5	0	0
Ofte sårbetennelse	12	9	1	5

Hudplager som tørr hud oppleves av 44% blant avløpsarbeiderne og av 41% vannverksarbeiderne, eksem 9% av avløpsarbeiderne og 5% av vannverksarbeiderne. Byller oppleves blant 2% av avløpsarbeiderne, ingen blant vannverksarbeiderne. Andre hudplager oppleves av 10% avløpsarbeiderne og 5% vannverksarbeiderne. Ofte sår angis av 22% avløpsarbeiderne og 23% av vannverksarbeiderne, men sårene gror langsomt hos 5% av avløpsarbeiderne og ingen av vannverksarbeiderne. Ofte sårbetennelse rapporteres hos 9% av avløpsarbeiderne, mot 5% av vannverksarbeiderne.

Dette kan tyde på at trivielle plager som tørr hud, er opplevet hyppig og at mer alvorlige plager som hyppige sår som gror langsomt heller ikke er uvanlige blant avløpsarbeiderne, selv om det ikke hører til de mest dagligdagse plagene.

2.4 OPPSUMMERING

Avløpsarbeiderne synes å ha en rekke symptomer hyppigere enn de grupper (materialer) vi har sammenliknet med. Det er derfor rimelig å anta at en del av disse symptomene kan ha sammenheng med eksponering i yrket. Således opplever avløpsarbeiderne dobbelt så hyppig *såre øyne, hoste, hodepine og tretthet* som verkstedsarbeiderne i forbindelse med arbeidet. Og hudplager som *eksem, byller og sår som gror langsomt, eventuelt sårbetennelse*, synes å være hyppigere blant avløpsarbeiderne enn blant vannverksarbeiderne.

Men det er usikkerhet i vurdering av hyppighet blant vannverksarbeiderne på grunn av det lave tallet (22 personer). Da også vannverksarbeidere har annen yrkeseksponering som f.eks for klograss, må dette tas i betraktning når man skal vurdere luftveissymptomene generelt, som hos vannverksarbeiderne var vel så hyppige som hos avløpsarbeiderne. Diare oppleves i relasjon til arbeidet dobbelt så hyppig blant avløpsarbeiderne som hos vannverksarbeiderne.

Når man sammenligner avløpsarbeiderne med en noe mindre yrkeseksponert gruppe som verkstedsarbeidere (80 personer), og med den almindelige befolkning i Hordaland og Oslo (menn 15 - 70 år), kommer det frem følgende hovedtrekk: *Hoste og oppspytt* er omtrent like hyppig som i befolkningsundersøkelsene i Hordaland/Oslo, likeledes *tung pust i motbakke og tung pust opp 2 etasjer i vanlig fart og anfall av tung pust*. Men *piping i brystet* synes å ligge klart høyere blant avløpsarbeiderne enn befolkningen i Hordaland/Oslo. *Hvesing og piping i brystet* regnes som ganske sikre symptomer på luftstrømsobstruksjon, og når man sammenholder hyppigheten av dette symptomet med opplysningen om at FEV1/FVC i ligger i gjennomsnitt 6% under forventningsverdien for avløpsarbeiderne, mens den i gjennomsnitt ligger ca. 2% under forventningsverdien for verkstedsarbeidere, er det grunn til å anta at det er mer luftveisobstruksjon blant avløpsarbeidere enn i den almindelige befolkning og blant verkstedsarbeidere, og at dette kan ha sammenheng med yrkeseksponering. Betydningen av tobakksrøyking må imidlertid ikke undervurderes.

3 Symptomer fra nervesystemet

av Bjørn Tvedt

3.1 INNLEDNING

Flere tidligere undersøkelser både fra utlandet (Lundholm og Rylander 1983, Scarlett-Kranz m.fl. 1987) og fra Norge (Askeland m.fl. 1984, Nybruket 1988, Krog og Ytrehus 1989) har vist forholdsvis høy forekomst av symptomer som trøtthet, hodepine og konsentrasjonsvansker blant ansatte på avløpsanlegg. Hydrogensulfid regnes som en av flere mulige årsaker (McCunney 1986, Bakke 1989). På enkelte anlegg i USA er det målt høye konsentrasjoner av løsemidler (Kraut m.fl. 1988). Også andre kjemikalier har forekommet i betydelige konsentrasjoner på anlegg som har mottatt avløpsvann fra kjemisk industri (Scarlett-Kranz m.fl. 1987).

Det er særlig i de nordiske land hydrogensulfid er aktuell som årsak til symptomer på avløpsanlegg, da anleggene her oftest er innebygget på grunn av frostfaren om vinteren. Opp til 140 ppm, har vært målt på enkelte anlegg (Holmström og Wilander 1977). I de fleste undersøkelsene er det bare målt ubetydelige konsentrasjoner (f.eks. Andersen m.fl. 1975). Ifølge Kangas m.fl. (1984) er det typisk for hydrogensulfid og merkaptaner at konsentrasjonene varierer sterkt i løpet av kort tid. Kangas m.fl. (1986) mente at på avløpsanlegg kunne kortvarige forholdsvis høye konsentrasjoner av sulfider, f.eks. under slambehandling, forklare de ansattes symptomer, bedre enn de daglige lave konsentrasjonene.

Også våre erfaringer ved STAMI med henviste pasienter tydet på at hydrogensulfid var den mest aktuelle gassen på avløpsanlegg. Vi har tidligere beskrevet noen slike tilfeller (Bakke m.fl. 1986, Tvedt m.fl. 1989). Både i 1988 og i 1989 ble det henvist 5 avløpsarbeidere, mot tilsammen 2 i hele perioden 1980-87. Vi har inntrykk av at oppmerksomheten omkring avløpsprosjektet var årsaken til økningen i antallet henvisninger. I 1990 og 1991 ble det igjen henvist litt færre avløpsarbeidere. Noen eksempler på mulige forgiftningstilfeller er beskrevet i et vedlegg til dette kapittelet. Beskrivelsen av slike episoder kan forhåpentlig være et bidrag til å forebygge lignende episoder andre steder.

Våre erfaringer tyder på at det er størst risiko for høye konsentrasjoner av hydrogensulfid ved sentrifugering og pressing av slam. Det samme er funnet i andre undersøkelser (Kangas m.fl. 1986). Flere av våre tilfeller skyldtes antakelig kombinasjonen av feil ved sentrifugen og slam som hadde vært lagret lenge. Lange tilførselsledninger med lite vannføring kan også ha vært av betydning.

Vi har også registrert forholdsvis høye konsentrasjoner av hydrogensulfid (over administrativ norm) på 3 avløpsanlegg som i perioder ble overbelastet med avfall fra næringsmiddelindustri.

Våre erfaringer kan også tyde på risiko for forgiftninger med hydrogensulfid ved spesielle arbeidsoppgaver, som rengjøring eller reoperasjoner (f.eks. sveising?) i basseng og kummer, og opprensning og annet arbeid i ledningsnett. Sjåførere på septikbiler kan også være utsatt. Det er gjort lite målinger under slike arbeidsoperasjoner.

Medisinsk og nevropsykologisk undersøkelse har gitt normale resultater hos de fleste arbeidstakerne vi har undersøkt, selv ved forholdsvis alvorlige symptomer.

Tabell 3.1 gir en oversikt over kjente virkninger av hydrogensulfid. Det er gjort forholdsvis få undersøkelser av virkningene av hydrogensulfid, og tabellen må derfor tas med forbehold. Grunnlaget for Arbeidstilsynets administrative norm (10 ppm) er den irriterende virkningen på øynene. Fordi de er vanskeligere å påvise, vet en mindre om virkningene på nervesystemet.

Som det fremgår av opplysningene i tabell 3.1 er hydrogensulfid først og fremst en akutt giftig gass. Konsentrasjoner over 1000 ppm er livstruende i løpet av minutter. I Norge har de fleste tilfellene av akutte forgiftninger med besvimelse forekommet i landbruket under utkjøring av blautgjødsel, og på sildolje- og fiskemelfabrikk under lossing av bedervet fisk (Tvedt m.fl. 1989). Slike akutte forgiftninger er derimot sjeldne i forbindelse med kloakkarbeid. Et dødsfall under arbeid i en privat septikkum ble rapportert for noen år siden. Her var svovelsyre som ble heldt i kloakken en medvirkende årsak (Høyem-Johansen 1981).

Tabell 3.1 Akutte virkninger av H₂S på mennesker

Konsentrasjon av H ₂ S i ppm	Varighet av eksponeringen	Virkning
0.0005 - 0,15	Under 1 min	Laveste nivå der en kjenner lukten
10 - 20	6 - 7 timer	Begynnende øyeirritasjon
50 - 100	Over 1 time	Alvorlig øyeskade
150 - 250	2 - 15 minutter	Svekket, etterhvert lammet luktesans
300 - 500		Lungeødem (vann i lungene), livsfare
over 900	Under 30 min.	Rask besvimelse, død etter kort tid pga lammelse av pustesentert

Kilder: WHO 1981, Savolainen 1982.

* Arbeidstilsynets administrative norm er 10 ppm. Dette er en takverdi, det vil si en maksimalverdi som ikke må overskrides.

Det er også holdepunkter for at kort tids eksponering (timer?) for konsentrasjoner over 100-200 ppm kan gi mer eller mindre varige skader i nervesystemet (Zeyer 1955, NIOSH 197). Gjentatt kortvarig eksponering for 50-100 ppm kan etter hvert gi symptomer på kronisk forgiftning (WHO, 1981). Det har vært hevdet at slik gjentatt eksponering for hydrogensulfid, med kvalme og annet ubehag, etter hvert kan føre til skader i nervesystemet (Ahlborg 1951, Savolainen 1981). Derimot er det ikke rapportert at slike lave konsentrasjoner som de fleste undersøkelser har vist på avløpsanlegg ved normal drift, under 1 ppm, gir noen risiko for skader.

Som tabell 3.1 viser gir hydrogensulfid symptomer både fra øyne, luftveier, og nervesystemet. Dette skyldes at det virker gjennom to forskjellige hovedmekanismer. Når hydrogensulfid kommer i kontakt med fuktigheten i øynene og slimhinnene i luftveier, dannes en svak syre som fører til irritasjon. Virkningen på nervesystemet skyldes at hydrogensulfid hemmer cellenes utnyttelse av oksygen. Det er altså særlig grunn til å mistenke hydrogensulfid som årsak hvis en merker både røde og irriterte øyne, irritasjon i luftveiene, og trøtthet, hodepine, og vansker med konsentrasjon og hukommelse.

Problemstillingene i undersøkelsen var følgende:

1. *Er det økt forekomst av symptomer blant avløpsarbeidere som kan skyldes virkning på nervesystemet?*
2. *Er det sammenheng mellom slike symptomer og eksponering for hydrogensulfid?*

3.2 METODER

Forekomsten av helseplager og symptomer blant de ansatte er registrert ved hjelp av et spørreskjema (se vedlegg). Spørsmålene på side 10 i skjemaet gjelder symptomer som kan stamme fra nervesystemet. De 16 første av disse spørsmålene er fra en undersøkelse av løsemiddelarbeidere, gjennomført i Ørebro (Hane og Hogstedt 1980). De har også vært brukt på arbeidstakere eksponering for kvikksølv, mangan og andre stoffer som kan virke på nervesystemet, og på arbeidstakere som ikke har arbeidet med kjemikalier. Vi brukte de samme spørsmålene for å kunne sammenligne med andre undersøkelser.

Hvis svarene på spørreskjemaet eller andre opplysninger ga mistanke om helseskader på grunn av arbeidet, ble vedkommende innkalt til samtale med lege ved STAMI, eventuelt også til nevropsykologisk undersøkelse. I undersøkelsen fra Ørebro ble det anbefalt nærmere utredning av arbeidstakere som hadde syv eller flere ja-svar (Hane og Hogstedt 1980).

I forprosjektet oppgav arbeidstakerne fra Follo forholdsvis mange symptomer på spørreskjemaet (Heldal m.fl. 1989). Antallet arbeidstakere var så lavt at resultatene måtte regnes som usikre. Vi har derfor sammenlignet svarene fra Follo med en gruppe arbeidstakere fra avløpsanlegg i Oppland, og med en gruppe som arbeidet på et vannverk.

3.3 RESULTATER

Tabell 3.2 viser svarene på Ørebro-skjemaet fra de tre gruppene i prosjektet (ansatte på anleggene i Follo og Oppland, og på vannverket). Vi har også sammenlignet med maler- og lakkerer-undersøkelsen i Ørebro (Hane og Hogstedt 1980) og kvikksølv-undersøkelsen i Porsgrunn (Ellingsen m.fl. 1991), se tabell 3.3

Tabell 3.2 Svarene på Ørebro-skjemaet.

Antall personer	Gjensn. alder	Gruppe	Gj.sn. ja-svar	Median ja-svar	% med over 6 ja-svar
31	45	Avløpsanlegg, Follo	3,8	3	29
96	43	Avløpsanlegg, Oppland	4,3	4	24
22	43	Vannverk (kntrigruppe)	2,9	1	14

Tabell 3.3 Svar på Ørebro-skjemaet i andre undersøkelse

Antall personer	Gjensn. alder	Gruppe	Gj.sn. ja-svar	Median ja-svar	% med over 6 ja-svar
232	35	Løsemiddeleksponerte	4,3	3,6	30
75	45	Kvikksølveksponerte	4,9	4,0	23
173	35	Elektrikere/postarbeidere	1,8	0,8	10
52	46	Kunstgjødselproduksjon	2,1	1,5	2

Tabellene viser at både i Follo og Oppland var gjennomsnittlig antall ja-svar blant arbeidstakerne nær antallet ja-svar i gruppene som hadde arbeidet med løsemidler eller kvikksølv. Også antallet arbeidstakere med mer enn 6 ja-svar var omtrent som i disse gruppene. Det var en statistisk signifikant forskjell i antall ja-svar mellom ansatte fra Oppland og vannverket.

Et flertall svarte at dette var plager som helt eller delvis gikk over i løpet av helger eller ferier. Ut fra svarene på spørsmål 20 i spørreskjemaet svarte mange at trøtthet og hodepine hadde sammenheng med spesielle arbeidsoperasjoner, i likhet med diaré/løs mage og kvalme.

Tabell 3.2 viser at arbeidstakerne fra vannverket hadde flere ja-svar enn arbeidstakerne uten eksponering (kontrollgruppene) i de andre undersøkelsene. Tre arbeidstakere hadde spesielt mange ja-svar, noe som ga et stort utslag i den lille gruppen fra vannverket. Medianen (den midterste verdien i gruppen) bekrefter at de ansatte fra vannverket som gruppe hadde klart lavere antall ja-svar enn de ansatte på avløpsanlegg. Det viste seg også at minst tre ansatte på vannverket tidligere hadde jobbet med kloakk eller avfall, og hadde opplevd ubehag i forbindelse med dette, slik at de ikke var en god sammenligningsgruppe.

Det ble ikke funnet noen sammenheng mellom ansettelsestid og antall ja-svar. Imidlertid finner man vanligvis ikke noen slik sammenheng ved undersøkelser av arbeidsmiljøet. Dette gjelder f.eks. de fleste undersøkelser av løsemiddelarbeidere. Dette skyldes bla. at ansettelsestiden er et lite nøyaktig mål for hva man har vært utsatt for i arbeidet. I tillegg kommer at en del av de som får plager i arbeidet, skifter arbeid.

I undersøkelser av løsemiddeleksponerte har det vært diskutert om alkoholbruk kunne forklare økt forekomst av symptomer. En sammenligning mellom de ansatte på avløpsanlegg og vannverk viser at hverken bruk av alkohol eller forekomsten av hodeskader kunne forklare forskjellen i antallet ja-svar.

Tabell 3.4 viser svarene på de enkelte spørsmålene på skjemaet. Tabellen viser bla. at mange svarte ja på spørsmålet om trøtthet. Vi vil ellers ikke gå nærmere inn på disse svarene, da resultatene blir mer usikre for et enkelt spørsmål enn for summen av ja-svar.

3.3.1 Opplysninger om episoder med mulig forgiftning

Spørreskjemaet inneholdt også spørsmål om mulige forgiftningsepisoder. Ingen av de 31 arbeidstakerne fra Follo hadde besvimt under arbeidet på grunn av gass. 6 av de 31 svarte ja på spørsmålet: "Har du noen gang vært så kraftig påvirket av gass at du ikke har kunnet arbeide resten av dagen?". Rengjøring av basseng og presser, fjerning av slam fra råtnetårn og arbeid i rørledninger hadde gitt det største ubehaget. Det er ikke mulig å si om ubehaget i disse tilfellene skyldtes hydrogensulfid, andre gasser eller mikroorganismer.

Heller ikke noen av de 100 arbeidstakerne fra Oppland hadde besvimt under arbeid på avløpsanlegg. Åtte av de 100 svarte at de noen gang hadde vært så kraftig påvirket av gass at de ikke hadde kunnet arbeide resten av dagen.

Tabell 3.4 Prosent Ja-svar på Ørebro-skjemaet, enkeltspørsmål

	Forprosjekt	Oppland	Vannverket
Unormalt trett	32	51	19
Hjerteklapp	20	08	18
Følelsesløs, smerter	17	20	19
Deprimert uten grunn	10	14	14
Konsentrasjonsvansker	33	36	14
Glemsk	50	63	41
Svette uten grunn	26	15	18
Vansker med knapper	0	1	5
Vansker lese med utb.	7	11	14
Familien sier at glemsk	42	53	32
Trykk for brystet	29	22	23
Skriver huskelapper	19	36	5
Må ofte kontrollere	39	51	36
Hodepine ukentlig	19	21	14
Liten seksuell interesse	16	8	5

3.3.2 Legeundersøkelse og nevropsykologisk undersøkelse

Av de 31 fra Follo var fire til samtale med lege, tre også til nevropsykologisk undersøkelse. Det kunne ikke påvises avvik ved disse undersøkelsene, og ingen av arbeidstakerne ble henvist videre til nevrologisk undersøkelse.

3.3.3 Sammenhenger mellom symptomer og gassmålinger

På Alvern fant vi en klar sammenheng mellom symptomer og gjentatte eksponeringer for høye konsentrasjoner av hydrogenulfid (se kap. 5.4.1). Også på en pumpestasjon der de ansatte gjentatte ganger hadde opplevd ubehag ble det målt forholdsvis høye konsentrasjoner av hydrogenulfid (se kap.5.4.2).

Flere operatører nevnte episoder med sterkt ubehag under spesielle jobber, f.eks. rengjøring av basseng og opprensning i tunneller. Vi kan ikke si noe sikkert om hva som kan ha vært årsaken til ubehaget ved disse episodene, da vi i liten grad har hatt mulighet til å gjøre gassmålinger under slikt arbeid.

3.4 DISKUSJON

Undersøkelsen viser at ansatte på avløpsanlegg har forholdsvis mange svar på Ørebro-skjemaet, sammenlignet med kontrollgrupper. Antallet symptomer var litt lavere enn i de fleste undersøkelser av ansatte som arbeider med løsemidler, kvikksølv og kjemikalier med lignende virkninger, men klart høyere enn i kontrollgrupper som ikke har arbeidet med kjemiske stoffer. På Alvern regner vi med at kortvarige høye konsentrasjoner av hydrogensulfid var hovedårsaken til symptomene. Det forekom på dette anlegget både topper på 5-10 ppm flere ganger daglig, og topper på omkring 100 ppm med noen dagers mellomrom (figur 5.1), som begge deler kan ha vært av betydning. Også på en pumpestasjon var sannsynligvis kortvarige høye konsentrasjoner av hydrogensulfid årsaken til symptomer. At flere arbeidstakere på disse to anleggene svarte at de hadde såre, røde øyne ukentlig eller daglig, tyder også på at hydrogensulfid var årsaken til plagene. På de fleste anleggene ble det målt så lave konsentrasjoner av hydrogensulfid at det ikke kan forklare en økt forekomst av symptomer. Vi har imidlertid ingen garanti for at våre målinger har fått med eventuelle kortvarige høye konsentrasjoner, hvis disse forekommer forholdsvis sjelden og ved spesielle arbeidsoperasjoner. Enkelte arbeidstakere har tidligere hatt spesielle arbeidsoppgaver som muligens kan være årsaken til nåværende symptomer.

Både våre resultater i dette prosjektet og erfaringer fra henviste pasienter tyder på at Kangas m.fl. (1986) har rett i at kortvarige, forholdsvis høye konsentrasjoner av hydrogensulfid kan forekomme på anleggene, og at dette er viktigere for arbeidstakernes symptomer enn de daglige lave konsentrasjonene. Har en arbeidstaker symptomer fra både nervesystemet, øynene og luftveiene samtidig, er det sterk grunn til å mistenke at hydrogensulfid er årsaken.

Som vist i andre deler av rapporten må en også regne med andre årsaker enn hydrogensulfid til det økte antallet symptomer i gruppen som helhet, f.eks. bakterier. Det er også mulighet for et samvirke mellom forskjellige faktorer, som hver for seg ville vært uten betydning.

Et flertall av arbeidstakerne svarte at plagene helt eller delvis går over i løpet av helger eller ferier. Dette viser at symptomene ikke nødvendigvis skyldes varige skader av nervesystemet, de kan også skyldes forbigående virkninger.

Det ble ikke påvist avvik ved de medisinske undersøkelsene. Som nevnt i innledningen har medisinsk og nevropsykologisk undersøkelse også gitt

normale resultater hos de fleste arbeidstakerne vi har fått henvist til undersøkelse, selv ved forholdsvis alvorlige symptomer. Da dette kan skyldes at undersøkelsesmetodene ikke er følsomme nok, må ikke resultatene fra slike undersøkelser avgjøre om det er behov for bedring av arbeidsmiljøet. Våre erfaringer viser at det er viktig å ta opplysninger fra de ansatte om plagsomme arbeidsoperasjoner alvorlig, og gjennomføre forbedringer i arbeidsmiljøet på grunnlag av disse.

3.5 VEDLEGG

Eksempler på sannsynlige hydrogensulfidforgiftninger registrert ved Statens arbeidsmiljøinstitutt i perioden 1984-89.

Arbeid	Årsak	Symptomer	H ₂ S ppm
Tok av lokket på slam-tank for å ta prøve	Mye avfall fra rekefabrikk. Gammelt slam	Besvimte plutselig, øyne og luftveier var irriterte, luktesansen ble borte	Ikke målt. Ved andre anledn. 8-16 ppm
Arbeid på renseanlegg	Mye avfall fra tørrmelkfabrikk	Irritasjon av øyne og luftveier, trøtthet, hodepine	Flere målinger overadm. norm
Arbeid på renseanlegg	Mye avfall fra ysteri	Trøtthet, hodepine, nedsatt hukommelse, irritasjon av øyne og luftveier, diare	Flere målinger over adm. norm
Prøvekjøring av ny sentrifuge	Sentrifugen kjørte seg fast, gammelt slam	Sterk øyeirritasjon, forbigående synsvekkelse	Over 100 ppm
Sentrifugering av slam	Langt tilførselsrør på sentrifuge, gammelt slam	Trøtt og uopplagt i korte perioder	Opp til 185 ppm
Sentrifugering av slam	Lekkasje fra sentrifugen, gammelt slam	Trøtt, initiativløs, glemsk, irritasjon av øyne og luftveier	Det ble ikke gjort målinger

Det første tilfellet er det eneste vi har registrert med besvimelse på et renseanlegg. I det fjerde tilfellet oppstod øyeirritasjon etter en dags arbeid. I de andre tilfellene utviklet symptomene seg gradvis over flere måneder, antakelig på grunn av gjentatte lette forgiftninger.

Som tabellen viser var hovedårsaken på tre av anleggene sannsynligvis overbelastning med avfall fra næringsmiddelindustri. De tre andre anleggene mottok vanlig husholdningsavfall. Her hadde problemene oppstått under sentrifugering. Årsaken var oftest en kombinasjon av feil på sentrifugen og slam som var lagret lenger enn vanlig.

Som tabellen viser var det på 5 av de 6 anleggene gjort målinger, og påvist forholdsvis høye konsentrasjoner av hydrogensulfid. Det er derfor svært sannsynlig at hydrogensulfid var årsaken til symptomene.

LITTERATUR

- Ahlborg G. *Hydrogen sulfide poisoning in shale oil industry*. Arch Ind Hyg Occup Med 1951;3:247-66.
- Andersen J, Egsmose L, Egsmose T. *Kloakarbeiderrapporten*. København 1975.
- Askeland O, Midtskogen O, Høeg S. *Arbeidsmiljø på kloakkrensaneanlegg*. Hovedoppgave ved Telemark distriktshøgskole. Bø, 1984.
- Arnold I, Dufresne R, Alleyne B, Stuart P. *Health implication of occupational exposures to hydrogen sulfide*. J Occup Med 1985;27:373-376.
- Bakke J. *Arbeidsmedisinske problemer ved arbeid i kloakkrensaneanlegg*. Norsk bedriftshelsetjeneste 1989;10:332-340.
- Bakke J, Tvedt B, Sand K. *Subkronisk/kronisk skade etter gass eksponering i lukket renseanlegg for organisk prosessvann*. 35. Nordiske arbeidsmiljøkonferanse. København: Arbeidsmiljøinstituttet, 1986.
- Beck JF, Donini JC, Maneckjee A. *The effect of sulfide and cyanide on nerve function*. Toxicol Lett 1982;10:189-193.
- Ellingsen D. m.fl. *Undersøkelse av helseeffekter blant kvikksølveksponerte arbeidere i en kloralkaliefabrikk*. Rapport 91.01. Yrkesmedisinsk avdeling, Telemark sentralsjukehus, Porsgrunn, 1991.
- Hane M og Hogstedt C. *Subjektive symptom i yrkesgrupper som exponerats for løsningsmedel. Frågeformulår om neuropsykiatriske symptom for halsokontroll vid løsningsmedel exposition*. Läkartidningen, 1980, 77, 435-442.
- Holmström H, Wilander A. *Bekämpning av svavelvätebildning i en avloppsledning*. Vatten 1977;4:394-402.
- Høyem-Johansen A. *Toksisk lungeødem etter hydrogensulfid-forgiftning*. Tidsskr Nor Lægeforen 1981;101:1580-1582.
- Kangas J, Jäppinen P, Savolainen H. *Exposure to hydrogen sulfide, mercaptans and sulfur dioxide in pulp industry*. Am Ind Hyg Assoc J. 1984;45:787-790.
- Kangas J, Nevalainen A, Manninen A, Savolainen H. *Ammonia, hydrogen sulphide and methyl mercaptides in Finnish municipal sewage plants and pumping stations*. The Science of the Total Environment 1986;57:49-55.
- Kraut E med fl. *Neurotoxic effects of solvent exposure on sewage treatment workers*. Archives of Environmental Health 1988;43:263-268.
- Krog J, Ytrehus L. *Helse- og arbeidsmiljøundersøkelser ved avløpssektoren, Ringerike kommune*. Hønefoss: Ringerike Mobile Bedriftshelsetjeneste, 1989.
- Lundholm M, Rylander R. *Arbetsmedicinska riskmoment vid avlopps-reningsverk*. Rapport nr 7/80. Göteborg: Institutionen för hygien Göteborgs universitet, 1980.
- NIOSH (National Institute of Occupational Safety and Health). *Criteria for a recommended standard. Occupational exposure to hydrogen sulfide*. Washington: NIOSH, 1977.

Nybruket S. *Arbeidsmiljø på kloakkrensaneanlegg. Prosjektrapport 5. Sandvika: NORVAR, 1988.*

Savolainen H, Tenhunen R, Elovaara E, Tossavainen A. *Cumulative biochemical effects of repeated subclinical hydrogen sulfide intoxication in mouse brain.* Int Arch Occup Environ Health 1980;46:87-92.

Savolainen H. Nordiska expertgruppen för gränsvärdesdokumentation. 40. Dihydrogensulfid. Arbete och Hälsa 1982: 31.

Scarlett-Kranz J, Babish J, Strickland D, Lisk D. *Health among municipal sewage and water treatment workers.* Toxicology and Industrial Health 1987;3:311-319.

Svenska vatten- och avloppsverksföreningen. *Helsofarliga gaser i avloppsnät.* Stockholm, 1984.

Tvedt B, Skyberg K, Aaserud O, Edland A, Hobbesland Å, Mathiesen T. *H₂S-forgiftning og skader i nervesystemet.* Tidsskr Nor Lægeforen 1989;109:2007-2011.

Tvedt B, Brunstad OP, Mathiesen T. *Skade av nervesystemet etter H₂S-forgiftning uten bevisstløshet.* Tidsskr Nor Lægeforen 1989;109:845-846.

World Health Organization. *Hydrogen Sulfide. Environmental health criteria 79.* Geneva: WHO, 1981.

Zeyer HG. *Schwefelwasserstoff-Polyneuritis und Encephalopathie.* Arch Gewerbepath Gewerbehyg 1955;13:687-693.

4 Mikroorganismer

av Wijnand Eduard, Asbjørn Skogstad, Jørgen Lassen, Per Sandven

4.1 Innledning

4.1.1 Bakterier

Bakterier er primitive encellede mikroorganismer. Det finnes tallrike arter som kan identifiseres ved hjelp av ulike egenskaper, herunder form og sammensetning av celleveggen. De fleste artene er enten kuleformete ("kokker") eller stavformete. Både kokker og staver kan prinsipielt inndeles på grunnlag av ulike cellevegger i henholdsvis Gram-positive og Gram-negative bakterier (avhengig av hvordan de reagerer på den såkalte Grams färvemetode).

Den normale bakteriefloraen i menneskers og dyrs tarmkanal består vesentlig av Gram-negative stavbakterier, i mindre grad av Gram-positive kokker. Blant de Gram-negative stavbakteriene finnes det også en rekke såkalte **enteropatogene** bakterier, dvs. bakterier som er istand til å utløse tarminfeksjoner. Blant de viktigste hører *Salmonella*, *Shigella*, *Campylobacter* og *Yersinia enterocolitica*. Av disse er *Salmonella* og sannsynligvis *Yersinia enterocolitica* relativt robuste og vil kunne overleve i lang tid utenfor vertsorganismen, mens *Shigella* er mer ømfintlig og vil vanligvis dø fort ut. Forholdene vedrørende *Campylobacter* er foreløpig ikke helt klarlagt, sannsynligvis er også den ganske robust.

En forholdsvis nyoppdaget patogen mikrobe som har vandige miljøer som sitt reservoar er *Legionella*. Denne mikroben er istand til å utløse alvorlige, til dels dødelige lungebetennelser. Smitteveien er alltid via vann på en eller annen måte, hyppigst via ventilasjon, men også via aerosoler fra dusj, boblebad o.l. Mikroben er også påvist i vandige miljøer i Norge (særlig i kjøletårn som er montert på større bygg), det ser ut til at smittepresset er svært lite her i landet. Praktisk talt alle pasienter her i landet er smittet i utlandet.

Under optimale betingelser vil en rekke av de patogene bakteriene ikke bare kunne overleve, men også oppformere seg utenfor den menneskelige organismen. Det er slike robuste bakterier som først og fremst vil kunne spres via vann og kloakk.

4.1.2 Virus

Virus kan aldri formere seg utenfor en vertsorganisme. De er ofte mer robuste enn bakterier, både mot miljøpåvirkninger og eventuelle behandlingsprosedyrer som f.eks. klorering. De kan derfor overleve i forholdsvis lang tid (men altså ikke oppformere seg) utenfor vertsorganismene. Virus kan gi generelt "lavdose-infeksjoner" (se pkt. 1.5) og smitte kan derfor skje relativt lett.

Betydningen av virus i vann og kloakk er stort sett ukjent fordi det inntil nå ikke har foreligget praktiske undersøkelsesmetoder for påvisning av virus i slike miljøer. Sannsynligvis er smittepresset når det gjelder virus undervurdert, særlig når det gjelder vann. De undersøkelser av avløpsarbeidere som er publisert peker imidlertid mot at smitterisikoen her er forholdsvis lav.

De viktige virusgrupper som kan skilles ut med avføring og følgelig kan finnes i kloakk, er "enterovirus"-gruppen (som omfatter virus som kan utløse en rekke ulike infeksjoner, herunder også i sentralnervesystemet, f.eks. poliomyelitt), hepatitt-A virus (som er én årsak til leverbetennelse - "gulsott") og enkelte virus som kan være årsak til diareesykdommer. Til de siste hører bl.a. Rota-virus, som er hyppig og gir sykdom hos småbarn, og Norwalk-virus som muligens er sjeldnere, men kan gi sykdom i alle aldersklasser.

4.1.3 Parasitter

Parasitter er dyr hvor cellestrukturen allerede er like komplisert som hos høyerestående dyr. De inndeles i to grupper, henholdsvis protozoer (encelledyr) og helminther (ormer). Mange parasitter har en meget komplisert livscyklus og er til dels avhengige av i bestemte stadier å kunne vokse i såkalte "mellomverter". For slike parasitter vil smitte derfor ikke kunne skje direkte fra menneske til menneske.

Parasittinfeksjoner er hyppige i U-land, men sjelden i Norge. Aktuelle protozoer er først og fremst *Giardia lamblia* og kanskje *Cryptosporidium*, men også for disse er smittepresset så lite at de sannsynligvis ikke utgjør noen aktuell risiko for avløpsarbeidere.

4.1.4 Endotoksin

Endotoksin er et giftstoff som finnes i celleveggen hos Gram-negative bakterier og som frigjøres når bakteriene dør og går i oppløsning. En mangler

fortsatt kunnskaper når det gjelder eventuelle skadevirkninger ved innånding av endotoksiner, men undersøkelser i bomullsindustrien har vist at innånding av høye konsentrasjoner endotoksin kan forårsake feberreaksjoner og føre til nedsatt lungefunksjon (Castellan, 1987).

4.1.5 Aerosoler

Behandling av avløpsvann omfatter prosesser der det dannes store mengder små dråper. Vanndråpene kan inneholde ulike forurensningskomponenter, herunder også levende bakterier og eventuelt virus. Vannet i aerosolene fordamper fort, og stoffer som er oppløst eller suspendert i vannet blir igjen som faste partikler. Disse partiklene kan inneholde bakterier og virus. Partiklene er så små at de vil holde seg svevende i luften over lengre tid og kalles aerosoler. Hvis de inhaleres, kan de, dersom de er små nok, nå helt ned til lungeblærene med sin last av mikroorganismer. De fleste bakterier i aerosolen vil dø umiddelbart og flertallet av de resterende så fort vannet fordamper. Bare en svært liten del vil kunne overleve noe lenger i aerosolen og eventuelt bli årsak til infeksjonssykdom. Fra døde Gram-negative bakteriene kan det imidlertid frigjøres endotoksin som ved en høy nok konsentrasjon vil kunne utløse sykdomssymptomer.

4.1.6 Sykdom som kan overføres via avløpsvann

4.1.6.1 Smittsomme sykdommer

Kloakk inneholder store mengder mikroorganismer som stammer enten fra kloakknettets omkringliggende miljø, f.eks. ved tilsig av overløpsvann og ved utvaskning av jordsmonnet eller fra mennesker og dyr, i alt vesentlig fra deres avføring. Den førstnevnte gruppen mikroorganismer - kalt miljømikrober - vil stort sett alltid være *apatogene* (ikke-sykdomsfremkallende). Også mikrobene som stammer fra mennesker og dyr vil stort sett være *apatogene*, men vil, i vekslende grad, også kunne inneholde enkelte *patogene* (sykdomsfremkallende) arter. Jo flere individer som en kloakk betjener, jo større er muligheten for at slike patogene arter skal foreligge. Det er sannsynligvis tilstrekkelig med noen få titalls personer før kloakken med praktisk talt sikkerhet vil inneholde slike mikrober. Enhver kloakk, uansett hvor mange den betjener, må derfor anses for å være smittefarlig.

Da de patogene mikrobene som finnes i kloakk i alt vesentlig stammer fra menneskers eller dyrs tarmkanal, vil mikrobene stort sett enten utløse mave-tarm-infeksjoner (f.eks. *Salmonella*, *Shigella*, *Campylobacter* og *Yersinia*

enterocolitica) eller ta sitt utgangspunkt fra tarmen (f.eks. hepatitt-A virus som kan utløse en leverbetennelse).

Den vanlige **smitteveien** for alle disse infeksjonene er via munnen, enten ved direkte kontakt med forurenset (kontaminert) materiale, f.eks. med egne kontaminerte hender, eller ved inhalasjon av kontaminerte aerosoler. Ved den sistnevnte smittemåten, vil mikroorganismene også kunne nå respirasjonsveiene, men effekten av en slik smittemåte for disse organismene er ukjent.

Det antall mikrober som er nødvendig for å utløse sykdom varierer sterkt for de ulike mikrobeartene. Noen mikrober utløser såkalte **lavdose-infeksjoner**. Dette innebærer at antall mikrober som skal til for å utløse sykdom er så lavt at smitte ofte vil skje direkte ved kontakt med kontaminerte gjenstander eller med personer som skiller ut slike mikrober. Til disse mikroorganismene hører alle aktuelle virus og parasitter samt enkelte bakterier som *Shigella* og sannsynligvis *Campylobacter*.

Andre mikrober, som de fleste artene av *Salmonella* og *Yersinia*, utløser **høydose-infeksjoner**. Den nødvendige smittedosen er her så høy at en direkte kontakt vanligvis ikke er tilstrekkelig for smittespredning. I disse tilfellene forutsetter en smittespredning vanligvis at mikroben først kontaminerer f.eks. næringsmidler, hvor de kan formere seg og slik oppnå det tilstrekkelige antall etter en viss tid. *Legionella* vil sannsynligvis alltid spres via aerosoler og er vanligvis en høydoseinfeksjon.

Den nødvendige infeksjonsdosen er også sterkt avhengig av den person som smittes. Generelt vil barn, eldre og personer med nedsatt allmenntilstand være mer ømfintlige og dermed være mer utsatt for å utvikle sykdom etter smitte med et mindre antall mikrober enn ellers friske voksne og de vil også kunne utvikle et mer alvorlig sykdomsbilde enn disse.

Hvilke infeksjoner som kan spres på denne måten, er avhengig av hvilke og hvor mye patogene mikrober som finnes i befolkningsgruppen som kloakken betjener. Under normale forhold i Norge, er det her først og fremst en rekke bakteriearter og enkelte virus som er aktuelle, derimot i betydelig mindre grad parasitter.

4.1.6.2 Andre helseeffekter

Foruten at en kloakkforurensning kan føre til infeksjonssykdommer som er utløst av spesielle patogene mikroorganismer, er det mye som tyder på at en

massiv eksponering av også apatogene bakterier kan føre til uspesifikke symptomer som hodepine, tretthet, irritasjon av øyne og hals, kvalme og diare. Disse symptomer kan muligens forårsakes av en plutselig omstillingsprosess av tarmens normale flora, eventuelt av en eksponering endotoksin.

4.1.7 Antistoffer mot mikroorganismer

Ved de fleste infeksjonssykdommer vil pasienten danne spesifikke forsvarstoffer, **antistoffer** eller "motstoffer", mot den sykdomsfremkallende mikroorganismen. Slike antistoffer, som sirkulerer i blodet, vil ofte forbli i kroppen i kortere eller lengre tid, ofte måneder eller år, etter at mikrobene er skilt ut og sykdommen overstått. Påvisning av slike antistoff i blodprøver vil derfor kunne vise at vedkommende tidligere har gjennomgått den aktuelle infeksjonssykdommen. Antistoffer dannes mot bestemte strukturer på bateriecellen, som kalles "antigener".

Den antatt største eksponeringsfaren for avløpsarbeidere når det gjelder infeksjonssykdommer representeres av enteropatogene bakterier og hepatitt A-virus. Risikoen for *Legionella*-eksponering er ukjent.

4.2. Metoder

Ved eksponeringsmålinger ville det være ønskelig å kunne kvantitere og identifisere såvel levende som døde bakterier. Dette er imidlertid ikke mulig med de idag tilgjengelige metoder. I denne undersøkelsen har vi valgt å undersøke forekomsten av bakterier på grunnlag av følgende parametre:

- Bestemmelse av **totalantall** bakterier, summen av døde og levende bakterier, . Disse ble inndelt i henholdsvis kokker og stavbakterier.
- **Kultiverbare** bakterier (bakterier som er istand til å vokse på et næringmedium)
- De kultiverbare bakteriene ble inndelt i henholdsvis Gram-positive kokker og Gram-negative staver.
- **Endotoksin**

4.2.1 Prøvetaking til påvisning av totalantall bakterier og endotoksin

4.2.1.1 Filter og filterkassetter

Både for bakterie- og endotoksinanalysene ble det anvendt polykarbonat filtere med 37 mm diameter og porestørrelse 0,4 μ m (Nuclepore). Filterne var montert i standard filterkassetter laget i polystyren (Millipore M000 0370). Det ble benyttet nye filterkassetter til endotoksinanalysene, mens filterkassetter til bruk for bakterieanalysene ble gjenbrukt etter først å ha blitt vasket med 2% Deconex løsning i vann i et ultralydbad, dernest skylt med destillert vann og til slutt skylt med 96% etanol og lufttørket.

4.2.1.2 Eksponeringsmålinger

Prøvene ble tatt med prøvetakingsutstyr som arbeiderne bar på seg under største delen av arbeidsdagen. Utstyret besto av en batteridrevet pumpe (Casella AFC 123) som sugde luft inn i to filterkassetter, se figur 1.1. Luftstrømmen ble innstilt på ca 1 l/min og ble målt i begynnelsen og ved slutten av prøvetakingen med et kalibrert rotameter. Det ene filteret ble benyttet til måling av endotoksininnhold, det andre til telling av totalantall bakterier.

Det ble tatt en prøve per operatør under sommerkartleggingen og en prøve under vinterkartleggingen. I tillegg ble det tatt prøver over kortere perioder ved spyling av basseng og gulv med høytrykkspyler (15-30 min), idet man her forventet en høyere eksponering for bakterier. Prøvene ble tatt med en filterkassett som var koblet med en lang slange til en stasjonær pumpe (Gast DOA). Prøvetakeren holdt

filterkassetten i innåndingssonen til avløpsarbeideren så lenge arbeidsoperasjonen varte. Luftstrømmen ble innstilt på 25 l/min og ble målt med et digitalt flowmeter, Sierra 820.

4.2.2 Analyse av totalantall bakterier

Bakteriene i filterprøvene ble farget med en fluoresens indikator (DAPI) og talt med et fluoresens mikroskop. Metoden er beskrevet i Vedlegg 1.

4.2.3 Analyse av endotoksin

Filterkasettene ble transportert til laboratoriet i løpet av 4-6 timer etter prøvetaking og lagret ved -20°C inntil analyse. Filtrene ble ristet i 3ml sterilt pyrogenfritt vann i 1 minutt på en Rotamixer. Prøven ble deretter sentrifugert i 10 minutter ved 1000g (3000 rpm). Supernatanten ble analysert mhp. innholdet av endotoksin ved hjelp av en modifisert Limulus test, Coatest[®] Endotoxin test fra Kabi, Vitrum.

4.2.4 Prøvetaking og analyse av kultiverbare bakterier

Undersøkelsene ble utført med en stasjonær Biap slitsamplere. I en slitsamplere suges luft direkte ned på en skål med dyrkningsmedium. Pumpen var innstilt på en luftstrøm på 83 liter pr minutt og prøvetakingstiden var 10 minutter for samtlige prøver. Utstyret ble plassert ved inntak av kloakken i en høyde på 1,5 m. Det ble tatt en prøve per renselanlegg under sommerkartleggingen og en prøve under vinterkartleggingen. På hvert målepunkt ble det tatt prøver med ulike dyrkningsmedier for ulike kategorier bakterier, se Tabell 4.1.

Tabell 4.1 Anvendte dyrkningsmedier til påvisning av ulike kategorier av kultiverbare bakterier

Medium	Karakteristikk	Kategorier av bakterier
Blodagar	Rikt, ikke-selektivt medium.	Alle kultiverbare bakterier
Drigalsk i agar	Selektivt medium for Gram-negative staver	Kultiverbare Gram-negative stavbakterier
LSU agar	Differentialmedium for Gram-negative staver	Enteropatogene mikrober
BCYE agar	Selektivt medium for <i>Legionella</i>	<i>Legionella</i>

Mediene ble inkubert ved 37°C i 48 timer, BCYE agar i inntil 10 dager, før avlesning. Antall kolonier ble talt. For skåler med stort antall kolonier ble sektorer med ca 100 kolonier talt og totalantallet beregnet ut fra dette.

4.2.5 Serologiske undersøkelser

Serumprøver ble undersøkt mhp på forekomst av antistoff mot følgende mikroorganismer:

Yersinia enterocolitica gruppe 3 og 9. Det finnes en ulike grupper av *Yersinia enterocolitica*, men bare gruppe 3 og 9 er aktuelle som sykdomsfremkallende hos mennesker i Norge. Av disse gruppene dominerer gruppe 3, mens gruppe 9 er meget sjelden. Undersøkelsen ble gjennomført med en ELISA-metode.

Salmonella spp. Det finnes også mange ulike *Salmonella* arter. I denne sammenheng ble det undersøkt med henblikk på antistoff mot de alvorligste (*Salmonella typhi* og *S. paratyphi B*) og de hyppigst (*S. typhimurium* og *S. enteritidis*) forekommende artene. Undersøkelsen ble gjennomført med en agglutinasjonsmetode (Widals teknikk).

Det finnes ikke praktiske metoder til å undersøke på forekomst av eventuelt antistoff mot *Campylobacter* eller *Shigella*. *Hepatitt A-virus*. Undersøkelsen ble gjennomført med en RIA-metode.

Hyppigheten av antistoff mot mikroorganismer hos avløpsarbeidere ble sammenlignet med en gruppe på 98 sagbruksarbeidere som ikke har kontakt med kloakk i sitt yrke. Dette gir et mål på hvorvidt avløpsarbeiderne har en høyere risiko for å utvikle infeksjonssykdommer. Kønns- og alderssammensetning hos avløps- og sagbruksarbeidere var tilnærmet like.

4.3 Resultater

4.3.1 Totalantall bakterier og endotoksin

Det var ingen signifikante forskjeller mellom påviste eksponeringsnivåer for endotoksin og bakterier i henholdsvis vinter- og sommersesongen, se Tabell 4.3. Alle resultater ble derfor slått sammen før videre analyse, se Tabell 4.4.

Eksponering for totalantall bakterier, for stav- og kuleformede bakterier fra personbårne målinger tatt over hele arbeidsdagen ble sammenlignet med eksponering gjennom kortere "høyrisiko"-perioder hvor spyleprosesser ble utført. Det var forventet at eksponering skulle være høyere under disse arbeidsoperasjonene. Det ble funnet noe høyere eksponering under spyleprosesser, men forskjellen var ikke statistisk signifikant, se Tabell 4.5.

4.3.2 Kultiverbare bakterier

Resultatene av målingene for de ulike kategorier kultiverbare bakterier går fram av Tabell 4.3. Forskjellen mellom sommer og vinter målingene var ikke statistisk signifikant og resultatene ble slått sammen før videre analyse, se tabell 4.6. Ingen sykdomsfremkallende bakterier (hverken enteropatogener eller *Legionella*) ble påvist. Selv om eksponeringsmålingene for henholdsvis kultiverbare bakterier (som ble tatt med stasjonært utstyr) og totalantall bakterier (som ble tatt med personbårent utstyr) ikke er helt sammenlignbare, er forskjellen meget stor. Antall kultiverbare bakterier utgjør bare ca 1/1000 del av totalantallet bakterier.

4.3.3 Serologi

4.3.3.1 Antistoff mot *Yersinia enterocolitica* gruppe 3 og 9.

Forekomst av antistoff mot *Yersinia enterocolitica* gruppe 3 og 9 hos avløpsarbeidere og kontrollgruppen av sagbruksarbeidere fremgår av tabell 4.7. Antistoff mot *Yersinia enterocolitica* gruppe 3 ble funnet oftere hos avløpsarbeiderne (Fisher's eksakte test av arbeidere med og uten antistoff, $p < 0,001$).

4.3.3.2 Antistoff mot *Salmonella* spp.

Antistoff mot *S.typhi* vil dannes mot antigenene O:9-12 og H:d, mot *S.paratyphi* B mot O:4-5-12 og H:b, mot *S.typhimurium* mot O:4-5-12 og H:i og mot *S.enteritidis* mot O:9-12 og H:gm.

Forekomst av antistoff mot disse ulike antigenene hos henholdsvis undersøkelsesgruppen og kontrollgruppen (sagbruksarbeidere) fremgår av tabell 4.8. Antistoff mot *Salmonella*H:gm var signifikant høyere hos avløpsarbeiderne (Fisher's eksakte test av arbeidere med og uten antistoff, $p < 0,01$) og tyder på at denne gruppen i større grad enn kontrollgruppen kan ha vært utsatt for *S.enteritidis*-infeksjoner.

4.3.3.3 Antistoff mot hepatitt-A-virus.

Hepatitt-A-infeksjoner var meget vanlig før siste krig, men er senere blitt svært sjelden. Det er derfor kjent at personer født før krigen har antistoff mot dette viruset i en betydelig høyere frekvens enn personer som er født senere.

Tretti-en av avløpsarbeiderne (23%) hadde antistoff mot hepatitt A-virus. Av disse var 27 (87%) født før 1945, mens 4 (13%) var født i 1945 eller senere. I den siste gruppen var 1 utlending. Aldersfordelingen i materialet som helhet var 45% født før 1945 og 55% i 1945 eller senere. I gruppen født før 1945 var andelen som hadde antistoff således 45%, i gruppen født etter 1945 5,5%. Forekomsten av hepatitt-A antistoff fordelt etter alder var tilnærmet lik den generelle befolkningen i Norge.

4.3.4 Sammenheng mellom eksponering og renseprosess

Målinger av bakterier og endotoksin utført med personbårne målinger i anlegg med en bestemt type renseprosess (se inndeling i Tabell 4.2) ble sammenlignet med målinger utført på anlegg som ikke benytter denne prosessen eller en annen prosess.

Tabell 4.2 Kloakkrenseanlegg som ble undersøkt gruppert etter renseprosess.

Kun kjemisk rensing 8 anlegg			
Biologisk rensing 7 anlegg			
Aktiv slambehandling 4 anlegg		Rotor 3 anlegg	
Simultanfelling 1 anlegg	Etterfelling 3 anlegg	Simultanfelling 1 anlegg	Etterfelling 2 anlegg

Det ble bare funnet signifikant høyere eksponering for totalantall bakterier i de fem biologiske anleggene som benytter etterfelling enn i de to biologiske anleggene som benytter simultanfelling.

4.4 Diskusjon

4.4.1 Eksponering for totalantall bakterier og kultiverbare bakterier

Eksponering for bakterier ble målt såvel under normale forhold gjennom hele arbeidsdagen og ved spyleprosesser hvor eksponering ble forventet å være høy. Eksponeringsnivået (bakterier/m³ luft) ved spyleprosesser ble imidlertid funnet å være kun moderat høyere enn det nivået som ble påvist ved eksponering gjennom hele arbeidsdagen og forskjellen var ikke signifikant. Dette innebærer at arbeidsoperasjoner som høytrykkspyling av bassenger og gulv må anses for ikke å medføre en høynet risiko for eksponering for bakterier.

Eksponering for totalantall bakterier ble påvist å være $1,1 \times 10^6$ bakterier per m³ i gjennomsnitt og maksimalt $9,5 \times 10^6$ bakterier per m³. Eksponering for totalantall bakterier er ikke publisert tidligere. I en svensk undersøkelse ble det funnet 10^1 - 10^5 kultiverbare bakterier per m³ (Lundholm og Rylander 1 g 83). De høyeste konsentrasjoner av kultiverbare bakterier i den svenske undersøkelsen ble funnet i "sprinkleranlegg". I vår undersøkelse var nivået av kultiverbare bakterier noe lavere $0 - 6 \times 10^3$ per m³. Med unntagelse av de anlegg som benytter sprinkling av avløpsvann, en prosess som ikke ble benyttet på noen av de undersøkte renseanleggene, synes eksponeringen som ble målt i denne undersøkelsen å ligge på et lignende nivå som på svenske renseanlegg.

Tolkingen av eksponeringsnivåer for bakterier er vanskelig fordi det ennå ikke finnes grunnlag for å fastsette grenseverdier for slike nivåer. I denne undersøkelse ble det funnet en sammenheng mellom eksponeringsnivå for bakterier, spesielt stavformete bakterier, med hodepine og tretthet. Dette kan tyde på at disse symptomer, som rapporteres fra undersøkelser i flere land, forårsakes av eksponering for bakterier. Det er derfor viktig å finne kilden til de stavformete bakterier.

Eksponeringsnivåer for kultiverbare bakterier (Gram-positive og Gram-negative bakterier) utgjorde kun en meget liten del av eksponeringen for totalantallet bakterier, som inkluderer både døde og levende bakterier. Dette skyldes at bakterier i kloakkverk er blitt forstøvet f.eks. ved lufting av kloakkvann. De store flertall av bakteriene vil dø ut i løpet av de første sekundene på grunn av uttørring, særlig Gram-negative stavbakterier. Av de overlevende bakterier vil imidlertid igjen flertallet av bakteriene være skadet

og vil av den grunn ikke være kultiverbare. De kan imidlertid fortsatt under for dem optimale betingelser, gjenvinne infektivitetsevnen og forårsake sykdom.

Det ble ikke påvist noen sykdomsfremkallende bakterier ved de anvendte metodene. Risikoen for å utvikle sykdom **ved inhalasjon** av kontaminerte aerosoler vurderes derfor som relativt liten hos avløpsarbeiderne. Men det kan ikke utelukkes at skadete, ikke kultiverbare bakterier kan forårsake infeksjoner.

4.4.2 Eksponering for endotoksin

Vi mangler fortsatt kunnskaper når det gjelder eventuelle skadevirkninger ved innånding av endotoksiner. Man vet således heller ikke med sikkerhet om toksisiteten kan være avhengig av hvilken bakterieart som har produsert det aktuelle endotoksinet.

Det foreligger likevel forholdsvis gode holdepunkter for at innånding av svært høye konsentrasjoner endotoksin, uavhengig av produsentbakterie, kan forårsake feberreaksjoner og føre til nedsatt lungefunksjon (Castellan, 1987, Palchak, 1988).

I flere undersøkelser har det vært fremholdt at man kan få en lett nedsatt lungefunksjon ved eksponering for 300 ng/m³ (Palchak, 1988). Selv om det ikke foreligger noen internasjonalt akseptert grenseverdi for endotoksin i luft, er det derfor, og for å ha en god sikkerhetsmargin, foreslått en grenseverdi på 30 ng/m³. Det er imidlertid for tidlig å si hvorvidt denne grenseverdien er rimelig eller ikke.

Metoden for måling av endotoksin i luft er ikke tilfredsstillende standardisert, og det er påvist flere feilkilder med metoden. Dette forhold bør has in mente ved vurderingen av de angitte verdier. Ved eksponeringsmålinger tatt gjennom hele arbeidsdagen ble det i de fleste prøvene funnet verdier < 100 ng/m³ luft, mens middelveidien var 63 ng/m³. I fire prøver ble det påvist verdier > 100 ng/m³. Det ble imidlertid ikke funnet statistisk signifikante sammenhenger mellom eksponering for endotoksin og symptomer.

4.4.3 Sammenheng mellom eksponeringsnivåer og rensemetode

Sammenhengen mellom prosessfaktorer og eksponering ble studert for å identifisere faktorer som medfører høy eksponering.

I biologiske anlegg var eksponering for totalantall bakterier høyere i anlegg med etterfelling enn i anlegg med simultanfelling. Det var imidlertid bare 2 anlegg med simultanfelling og antallet er for lavt til at man kan trekke generelle konklusjoner.

4.4.4 Serologiske resultater

Det finnes en lang rekke grupper av *Yersinia enterocolitica*-bakterier, hvorav bare gruppe 3 og 9 er aktuelle i Norge som årsak til sykdom for mennesker. Mange av de øvrige gruppene er miljøbakterier og er blitt påvist blant annet fra vann og jordsmonn. Selv om man foreløpig ikke har full oversikt over smittekildene for de sykdomsfremkallende gruppene, er det sannsynlig at også de trives i vandige miljøer og at de kan overleve forholdsvis lenge hvis de blir tilført f.eks. en kloakk. De sykdomsfremkallende gruppene utløser vanligvis en diareesykdom som av og til kan etterfølges av mer eller mindre alvorlige, men forbigående leddbetennelser og leddsmerter.

Det ble påvist antistoff mot *Yersinia enterocolitica* gruppe 3, den vanligst forekommende sykdomsfremkallende gruppen, hos ca. 22% av arbeiderne i denne undersøkelsen. I kontrollgruppen var det tilsvarende tallet ca. 6%.

Denne differansen er statistisk signifikant og peker i retning av at arbeidere i kloakkrenseanlegg er utsatt for smitte med denne mikroben i sitt arbeid. Langt de fleste hadde lave antistoff nivåer, noe som kan tyde på at infeksjonen ligger lengre tilbake i tid. Heller ikke de kliniske opplysningene tydet på et vesentlig antall med aktuelle eller nylig gjennomgåtte infeksjoner. Dette peker i retning av at arbeiderne kan bli utsatt for smitte relativt tidlig i sin arbeidsperiode, og at de senere er beskyttet mot denne infeksjonen.

Også antistoff mot de utvalgte *Salmonella*-antigenene forekommer i en viss overvekt i undersøkelsesgruppen idet ca. 30% i denne gruppen hadde et titer mot et eller flere av de undersøkte antigenene mot ca. 14% i kontrollgruppen. Forskjellen er statistisk signifikant. Antistoffnivåene var også her stort sett lave og dessuten i betydelig grad knyttet til H-antigenene. Det er kjent at antistoff mot H-antigener holder seg i betydelig lenger tid enn antistoff mot O-antigener. Disse to forhold tyder derfor også her på at infeksjonene ligger langt tilbake i tid.

Når det derimot gjelder resultatene for antistoff mot hepatitt-A, er det liten forskjell mellom undersøkelsesgruppen og den øvrige befolkningen. Det ser

dermed ut til at avløpsarbeidere ikke har noen økt risiko for å bli smittet med hepatitt A-virus.

Forklaringen på at avløpsarbeidere synes å være noe mer utsatt enn normalbefolkningen for smitte med *Salmonella* spp. og *Yersinia enterocolitica*, men ikke for hepatitt A, er ikke uten videre klar. De to førstnevnte infeksjonene er stort sett høy-dose-infeksjoner, dvs. at det vanligvis kreves et stort antall bakterier for å utløse sykdom og dermed ikke skulle smitte så lett. Hepatitt A derimot er en lav-dose-infeksjon hvor antall virus som er nødvendig for å utløse sykdom er lavt og dermed skulle kunne smitte desto lettere. Dette kan tyde på at **smittepresset** (som er et uttrykk for hvor hyppig og for hvor mange mikrober man blir utsatt for) for *Salmonella* spp. og *Yersinia enterocolitica* hos avløpsarbeidere er betydelig større enn for hepatitt A-virus.

At man har utviklet antistoff mot bestemte mikrober, betyr at man en eller annen gang har vært smittet med disse mikroberne, men ikke nødvendigvis at man også har vært syk på grunn av denne smitten. Man vil således også kunne utvikle antistoff dersom smittedosen har vært for lav til å utløse sykdom. Fordi infeksjoner både med *Salmonella* spp. og *Yersinia enterocolitica* er høydose-infeksjoner, er det ikke urimelig å anta at dette forholdet kan gjøre seg relativt ofte gjeldende for avløpsarbeidere.

4.5 Vedlegg 1

Analyse av totalantall bakterier

Filterkasettene ble oppbevart mørkt ved ca 17° C til analysen fant sted. 1 ml 0,01% sterilfiltrert Tween 80-løsning (polysorbat-80) ble pipettert gjennom "outlet"-åpningen av kassetten og 5 ml av Tween 80-løsningen tilsatt 1 vol% formaldehyd ble pipettert gjennom "inlet"-åpningen. Kassetten ble ristet i ristebord i 15 min. ved 200 omdr./min. Et Millipore cellulose-acetat filter med porestørrelse 0,8 µm (Type AAWP 02500) ble fuktet i sterilfiltrert vann og lagt på glass-sinteret i en Millipore filtreringsoppsats med 25 mm diameter. På Milliporefilteret ble det lagt et irgalanfarget polykarbonat-filter med porestørrelse 0,2 µm (Nucleopore). Et kjent volum (minimum 2 ml) av bakteriesuspensjonen ble overført til filtreringsoppsatsen og tilsatt DAPI (4,6-diamidino-2-phenylindole) som fluorokrom. Hvis bakterietettheten var for høy, ble et mindre volum preparert på nytt. Bidraget av bakterier fra filter, filterkasett og kjemikalier ble korrigert ved å analysere ikke eksponerte filtere på samme måte som eksponerte prøver.

For mikroskopering ble det benyttet et Nikon Labophot med fluorescens-tilsats. Som eksitasjonsskilde ble det brukt en 200 W høytrykk kvikksølvlampe og filterblokk UV-1A. Objektivet var et Plan Apo Oil 100X/1,40. Totalforstørrelsen var 1250X. Avhengig av tettheten av bakterier på filteret ble det talt fra 25 til 100 tellefelt pr. prøve og totalt ca. 400 bakterier. Det ble skilt mellom kuleformede og stavformede bakterier. Tellekriteriene anbefalt av en arbeidsgruppe nedsatt av Nordisk Ministerråd (1988) ble benyttet. Bakteriekonsentrasjonen ble beregnet på grunnlag av antall bakterier, antall felt, filterareal, prøvevolum av suspensjonen og prøvens luftvolum.

Litteratur

- Castellan R Metal (1987): *Inhaled endotoxin and decreased spirometric values*. N Engl J Med 317:605-610.
- Lundholm M and Rylander R (1983): *Work related symptoms among sewage workers*. Br J Ind Med 40:325-329.
- Nordisk Ministerråd (1988): *Harmonization of sampling and analysis of mould spores*. Nord 1988:88, København.
- Polchak RB et.al (1988): *Airborne endotoxin associated with industrial-scale production of protein products in Gram-negative bacteria*. Am Ind Hyg Assoc J 49:420-421.

Tabell 4.3. Anvendte dyrkningsmedier til påvisning av ulike kategorier av kultiverbare bakterier

Eksposering	Eksposeringsnivå				Test*
	Sommer		Vinter		
	Antall målinger	Median	Antall målinger	Median	
Endotoksin (ng/m ³)	13	16	19	33	i.s.
Gram-positive bakterier (CFU/m ³)	12	0,48	15	0,60	i.s.
Gram-negative bakterier (CFU/m ³)	10	0,027	15	0,017	i.s.
Stavformete bakterier (10 ³ /m ³)	14	69	22	68	i.s.
Kuleformete bakterier (10 ³ /m ³)	14	410	22	250	i.s.
Totalantall bakterier (10 ³ /m ³)	14	500	22	430	i.s.

* Wilcoxon-Mann-Whitney test i.s. = ikke significant.

Tabell 4.4. Eksposering for totalantall stavformete og kuleformete bakterier og endotoksiner målt med personbåret utstyr over hele arbeidsdagen.

Eksposering	Eksposeringsnivå					
	Antall målinger	Aritmetisk middel	Standard avvik	Median	Laveste verdi	Høyeste verdi
Stavformete bakterier (10 ³ /m ³)	36	480	1000	68	0	4300
Kuleformete bakterier (10 ³ /m ³)	36	650	1200	320	0	6900
Totalantall bakterier (10 ³ /m ³)	36	1100	1800	480	0	9500
Endotoksin (ng/m ³)	32	63	107	22	0	430

* Wilcoxon-Mann-Whitney test i.s. = ikke signifikant.

Tabell 4.5. Sammenligning av eksponering for total-, stavformete og kuleformete bakterier ved spyleprosesser og over hele arbeidsdagen.

Eksponering	Eksponeringsnivå (median)			
	Antall målinger	Måleperioden		Test*
		Hele arbeidsdagen	Ved spyleprosesser	
Stavformete bakterier ($10^3/m^3$)	16	53	87	i.s
Kuleformete bakterier ($10^3/m^3$)	16	280	370	i.s
Total-bakterier ($10^3/m^3$)	16	430	430	i.s

Wilcoxon-Mann-Whitney test i.s. = ikke signifikant.

Tabell 4.6. Eksponering for kultiverbare Gram-positive og Gram-negative bakterier.

Bakteriegruppe	Antall bakterier (CFU/m ³)					
	Antall målinger	Aritmetisk middel	Standard avvik	Median	Laveste verdi	Høyeste verdi
Gram-positive bakterier	27	1200	1600	500	0	6000
Gram-negative bakterier	25	54	91	27	0	440

** Wilcoxon-Mann-Whitney test i.s. = ikke signifikant.*

Tabell 4.7. Antistoff mot *Yersinia enterocolytica* hos kloakk- og sagbruksarbeidere av type gruppe 3 og gruppe 9.

<i>Yersinia enterocolytica</i>	Antistoffnivå*							
	Kloakkarbeidere (antall=133)				Sagbruksarbeidere (antall=98)			
	0	+	++	+++	0	+	++	+++
Gruppe 3	78%	12%	8%	1,5%	94%	4%	2%	0%
Gruppe 9	96%	3,8%	0,8%	0%	100%	0%	0%	0%

** 0 = ingen + = litt ++ = moderat +++ = høyt*

Tabell 4.8 Antistoff mot Salmonella hos kloakk- og sagbruksarbeidere

Salmonella antigen	Antistoffnivå*							
	Kloakkarbeidere (antall=133)				Sagbruksarbeidere (antall=98)			
	0	+	++	+++	0	+	++	+++
O: 9-12	98%	1,5%	0%	0%	100%	0%	0%	0%
O: 4-5-12	98%	2,3%	0%	0%	100%	0%	0%	0%
H: d	86%	9%	4,5%	0,8%	93%	4,1%	3,1%	0%
H: gm	92%	7,5%	0%	0%	100%	0%	0%	0%
H: b	92%	6%	2,3%	0%	94%	5,1%	1%	0%
H: i	95%	5,3%	0%	0%	99%	1%	0%	0%
Minst et av antigenene	70%	23%	5,3%	0,8%	86%	10%	4,1%	0%

* 0 = ingen + = litt ++ = moderat +++ = høyt

Tabell 4.9. Renseprosesser og prosessstekniske faktorer ved de undersøkte renseanlegg for avløpsvann fra indre Oslofjord.

Anlegg nummer	Person ekvivalenter	Biologisk/kjemisk anlegg	Simultanfelling	Etterfelling	Aktiv slam	Rotor	Septik mottak	Ekstern slam mottak	Fellingsmiddel			
									Aluminium sulfat	Jern klorid	Kalk	Polymer
Navn	26 000	kjemisk					x	x	x			x
2	14 000	kjemisk							x			x
3	1 050	kjemisk							x			
4	4 500	kjemisk						x	x			
5	2 000	kjemisk							x			
6	1 050	kjemisk					x		x			
7	300	biologisk		x	x				x		x	
8	2 600	biologisk	x		x				x			
9	1 500	biologisk		x	x				x			
10	1 400	biologisk		x		x			x			
11	150	biologisk		x		x			x			
12	100	biologisk	x			x			x			
13	150	biologisk		x	x				x			
14	19 000	kjemisk					x		x			
15	430	kjemisk							x			x

5 Gasser

av Per Sørstrand

5.1 INNLEDNING

I kloakk og septik foregår det biologiske og kjemiske prosesser hvor det utvikles forskjellige gasser. Yrkesmedisinens far, Ramazzini, beskrev allerede i år 1700 effekter blant kloakkarbeidere selv om gasser som hydrogensulfid ikke var kjent på den tiden (NIOSH 1977).

Mengdene og hvilke gasser som dannes i kloakkrensaneanlegg, kan variere betydelig og avhenger av faktorer som kjemisk og biologisk sammensetning av kloakk og slam, temperatur og pH-verdi.

Strømningshastighet og turbulens i bassenger og rør har stor betydning for dannelsen av gasser (Santry 1963). Liten hastighet, lang oppholdstid, slamsedimentering og bakterievekst fremmer produksjonen. Stor hastighet og turbulens reduserer dannelsen, men fører til at allerede dannede gasser frigis til omgivelsene. Dette kan føre til kortvarige, høye konsentrasjoner som er vanskelige å få målt og som kan være av stor betydning for eventuelle helseeffekter.

Meteorologiske forhold kan være av betydning. I varme tørrværsperioder kan slamavsetninger i ledningsnettene gi grobunn for bakterievekst og gassdannelse. Ved påfølgende nedbør kan gassene frigis over kort tid.

Karbondioksid (CO_2), hydrogensulfid (H_2S), metan (CH_4) og ammoniakk (NH_3) er blant de vanligste gassene som dannes. Det kan også dannes varierende mengder andre sulfider, disulfider og aminer (Roe 1982, Tsjui m.fl. 1990). Ved nedbryting av svovelholdige aminosyrer kan det dannes karbondisulfid og karbonylsulfid (Banwart, Bremner 1975). Aromatiske forbindelser som f.eks. benzopyrroler kan også være medvirkende til den karakteristiske lukta på kloakkrensaneanlegg (White 1974).

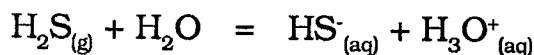
De mange svovelforbindelsene er svært luktsterke. Det kan derfor være ubehagelig å være på et kloakkrensaneanlegg selv om det ikke kan registreres svoveltgasser med indikatorrør eller elektrokjemiske sensorer. (se avsnittet om målemetoder).

Mikroorganismer som er årsak til gassdannelsen, trives i fuktige og varme omgivelser. Det er antydning en økning i bakteriell produksjonen av hydrogensulfid på 7 % pr. grad opptil 30 °C. Det optimale pH-området for bakteriene som produserer hydrogensulfid er rundt pH=8 (Pomeroy 1946).

En rekke andre flyktige svovelforbindelser enn hydrogensulfid kan produseres av mikroorganismer i jord og slam, og også i matvarer. Utslipp fra f.eks. næringsmiddelproduksjon vil derfor virke inn på miljøet i kloakken. Både sulfat og svovelholdige aminosyrer er substrat for dannelsen av flyktige svovelforbindelser (Kadota 1972).

Mange ulike prosesser i nedbryting av organisk materiale gjør situasjonen komplisert. Karbondioksidreducerende bakterier i sedimenter produserer store mengder metan under fravær av sulfat (Wassmann 1986). I kloakk vil det også dannes hydrogensulfid fra sulfatrespirasjon i bakterier. Men hvor store mengder metan som dannes i forhold til mengden hydrogensulfid kan variere avhengig av floraen og det kjemiske miljøet i kloakken. Generelt overtar metanproduserende bakterier når forholdene for sulfatbakteriene forverres, men samspillet mellom dem er lite kjent (Hobson m.fl. 1981).

Hydrogensulfid er en svak syre ($K_a=10^{-7}M$). likevekten

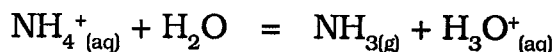


forskyves til venstre ved tilsetning av syre. Dette innebærer at hvis pH i kloakken synker f.eks. fra pH=8 til pH=6 så øker hydrogensulfid andelen av den totale sulfidmengden fra 10 til 90 %. Plutselig senking av pH-verdien i kloakk, bassenger eller slamlagre kan derfor raskt gi kortvarige høye konsentrasjoner av hydrogensulfid i atmosfæren omkring.

Blant de vanligste kjemiske fellingsmidler som brukes til fosfatfelling i kloakkrensaneanlegg er aluminiumsulfat ($Al_2(SO_4)_3$) og jernklorid ($FeCl_3$). Av disse kan aluminiumsulfat være en kilde til hydrogensulfid gjennom sulfatreducerende bakterier. Jernklorid reduserer faren for dannelse av hydrogensulfid ettersom jernsulfid (FeS og Fe_2S_3) er tungt løselig. Men

det trengs relativt store mengder jernklorid for å hindre frigivelse av hydrogensulfid. Førsøk tyder på at dosen må være 40 ganger det som er nødvendig for fosfatfelling dersom dannelsen av hydrogensulfid skal hemmes fullstendig (Holmstrøm 1977).

På anlegg som bruker kalk i fellingsprosessen er faren for frigivelse av ammoniakk til omgivelsene større enn på andre anlegg fordi høy pH forskyver ammoniumlikevekten i retning av ammoniakk:



Sannsynligheten for å bli eksponert for farlige gasser er større i enkelte arbeidsoperasjoner enn i andre. Generelt er faren for eksponering størst i forbindelse med slambehandling. Typiske arbeidsoperasjoner er slamavvanning (sentrifuge, presse), rengjøring av bassenger, pumper, pumpestasjoner og råtnetanker, tømning og transport av septik og slam samt lufting og dekantering av anaerobe slamlagre.

Eksponeringsmålinger viser sjelden høye konsentrasjoner hydrogensulfid. 129 eksponeringsmålinger på 31 kloakkarbeidere i England viste at gjennomsnittet på samtlige målinger var under 1 ppm over en arbeidsdag. 12 av de 129 eksponeringsmålingene viste et gjennomsnitt på mellom 0 og 1 ppm. 60 av 61 eksponeringsmålinger på 13 septikbil sjåførere var i gjennomsnitt under 1 ppm. 12 av de 61 eksponeringsmålingene viste et gjennomsnitt på mellom 0 og 1 ppm. På 1 sjåfør ble den gjennomsnittlige eksponering over en arbeidsdag en gang målt til 1.6 ppm (Glass 1990b).

Likevel forekommer det tilfeller av alvorlige helseeffekter som antas å ha sammenheng med høye konsentrasjoner hydrogensulfid. Men dette har ofte vært vanskelig å få bekreftet med målinger. En av årsakene kan være at det oppstår høye konsentrasjoner på meget kort tid og i svært korte perioder (Glass 1990a).

Lukt er en dårlig indikator på forekomst av hydrogensulfid. Årsaken er at det kan dannes mange forskjellige luktsterke forbindelser i kloakk som beskrevet tidligere i denne innledningen. Dessuten svekkes luktesansen raskt ved eksponering for hydrogensulfid. Det innebærer derfor risiko å stole på bare luktesansen til å indikere konsentrasjonsnivåer av svovelholdige gasser fra råttent slam.

5.2 PROBLEMSTILLING - MÅLESTRATEGI

Ut fra det som er kjent om kloakkgasser og det som er sagt i innledningen, ble det gjennomført målinger av: hydrogensulfid, metan, oksygen, merkaptaner, ammoniakk og karbondioksid. Det var et mål å kunne avdekke eventuelle hurtige endringer i konsentrasjon av gasser på anleggene.

Tidligere undersøkelser viser at hydrogensulfid kan være den hyppigst forekommende svovelholdige gassen på kloakkrensaneanlegg. Den er spesielt interessant i forhold til arbeidsmiljøet og de helseeffekter som blir rapportert (Natusch 1978, Kangas 1986, Glass 1990a). I forhold til helseeffekter vurderte vi det som viktigere å fange opp eventuelle kortvarige, høye konsentrasjoner over tid med en nøyaktighet på noen ppm enn å utføre presise øyeblikksmålinger i ppb-området. Måleutstyret ble også valgt ut fra et ønske om å kunne avdekke eventuelle sammenhenger mellom prosessvariasjoner og høye konsentrasjoner hydrogensulfid. Metan ble kartlagt ut fra spørsmål om eksplosjonsfare. Oksygen-konsentrasjonen ble målt med tanke på eventuell oksygenmangel som følge av aerobe råtneprosesser i septik og kloakk. Merkaptan-målinger ble utført i kombinasjon med målinger av hydrogensulfid, bl.a. for å kontrollere kryssfølsomhet (se målemetoder). Det ble også gjort målinger av ammoniakk og karbondioksid. Målingene av karbondioksid ble gjort for å få en indikasjon på ventilasjonsforholdene i rensaneanleggene.

Resultatene av tidligere personlige eksponeringsmålinger (se innledningen) og de akutte helseeffektene som til tider påvises, kan tyde på at gjennomsnittsmålinger alene ikke er tilstrekkelige til å måle eksponering. I prosjektet valgte vi derfor å måle eksponering for hydrogensulfid med direktevirkende instrumenter koblet til dataloggere.

5.3 MÅLEMETODER

Til analyse av hydrogensulfid, metan og oksygen ble det benyttet følgende elektrokjemiske sensorer:

Gass	Sensor	Måleområde
Metan	Bieler og Lang GS 8500 Ex	0 - 100 %LEL*
Oksygen	Bieler og Lang GS 8610	0 - 25 %
Hydrogensulfid	Bieler og Lang GS 8620	0 - 100 ppm
Hydrogensulfid	CompurMonitox 4100 SD	0 - 100 ppm

*100 %LEL(Lowest Explosive Limit) = laveste eksplosjonsgrenen for metan i luft og tilsvarer 5.3 volumprosent.

Compur Monitox 4100 SD ble brukt til personlige eksponeringsmålinger av hydrogensulfid. De 3 andre sensorene ble brukt til stasjonære målinger. Alle sensorene var kalibrert fra leverandør. Hydrogensulfidsensorene ble jevnlig kontrollert og kalibrert mot 60 ppm hydrogensulfidgass hos leverandørene.

Sensorene er til en viss grad følsomme også for andre svovelholdige gasser. Ved påvisning av hydrogensulfid ble det derfor alltid utført målinger av merkaptaner med indikatorrør.

Følgende dataloggere ble benyttet:

- Squirrel 1201 til stasjonære målinger av hydrogensulfid, metan og oksygen,
- Squirrel MQW32 til eksponeringsmålinger av hydrogensulfid.

Måledataene ble bearbeidet på PC ved hjelp av dataprogrammet Squirrel.

På enkelte renseanlegg ble det også foretatt målinger av hydrogensulfid med instrumentet Jerome 631. Dette instrumentet lånte vi av firmaet Axel Johnson A/S. Det var kalibrert mot 157 og 331 ppb hydrogensulfidgass som var generert fra Thermedics permeasjonsrør ved bruk av en Environment multigasskalibrator. Til påvisning av karbondioksid, ammoniakk og merkaptaner ble det benyttet indikatorrør av Drager typen.

Alle målinger ble gjort ca 1,5 m over gulvnivå inni renseanleggene i nærheten av slambassenger, slamlagre og avvanningsanlegg for slam. Det ble også målt nær septik- og slammottak i de anlegg som hadde dette. Det ble ikke målt nedi kummer og inni rør.

På alle anleggene ble det målt og registrert hydrogensulfid, metan og oksygen kontinuerlig i 2 perioder a 4 timer. På hvert anlegg ble 1 måling foretatt i den kalde årstid og 1 i den varme.

På 5 av anleggene ble det i tillegg målt og registrert hydrogensulfid, metan og oksygen over perioder fra 2 til 14 døgn. Disse anleggene ble valgt ut på grunnlag av opplysninger fra de ansatte i løpet av prosjektet og på grunnlag av de målingene vi hadde gjort. Hensikten var å avdekke prosessvariasjoner over tid.

Eksposering for hydrogensulfid på i alt 27 driftsoperatører og formenn ble målt 2 arbeidsdager på hver med elektrokjemiske sensorer og dataloggere.

Deteksjonsgrenser og måleinstrumentenes skalainndeling (oppløsning) for de forskjellige gassene er følgende i målingene (administrative normer til høyre i tabellen neste side).

Gass	Deteksjonsgrense	Oppløsning	Administr.norm
Hydrogensulfid ¹⁾	1 ppm	1 ppm	10 ppm
Hydrogensulfid ²⁾	0.01, ppm	0.01 ppm	10 ppm
Merkaptaner	0.5 ppm	0.5 ppm	0.5 ppm
Metan ³⁾	1 %LEL	1 %LEL	-
Oksygen	-	0.5 %	-
Ammoniakk	1 ppm	1 ppm	35 ppm
Karbondioksid ⁴⁾	0.01 %	0.01 %	0.5 %

1) Gjelder de elektrokjemiske sensorene.

2) Gjelder instrumentet Jerome 631 i måleområdet 0-0.5 ppm. I måleområdet 0.5-10 ppm er oppløsningen 0.1 ppm og i konsentrasjoner over 10 ppm er oppløsningen 1 ppm.

3) Laveste eksplosjonsgrense i luft er 5.3 volum prosent metan, og denne konsentrasjonen angis som 100 %LEL (Lowest Explosive Limit).

4) Oppløsningen varierer med måleområdet på indikatorrøret.

For vurdering av måleutstyr henvises også til forprosjektrapporten (Heldal m.fl. 1989).

5.4 RESULTATER

5.4.1 Stasjonære målinger

I 4 timers periodene ble det registrert hydrogensulfid på 2 av de 15 anleggene: I Alvern kloakkrenseanlegg ble det målt 12 ppm i vintermålingen og 10 ppm i sommermålingen. I Frambu kloakkrenseanlegg ble det målt 5 ppm i vinterhalvåret. Gjennomsnittlig hydrogensulfidkonsentrasjon var under 1 ppm på 14 av de 15 anleggene i 4 timers periodene. På Alvern kloakkrenseanlegg var gjennomsnittskonsentrasjonen 1 ppm.

Like før vi gjorde målinger inni Bjørnemyrdalen kloakkrenseanlegg ble bassengene i anlegget rengjort. Dette ble gjort fordi driftsoperatørene hadde målt omkring 30 ppm inni anlegget på en elektrokjemisk gassensor. Det ble ikke påvist hydrogensulfid i de målingene vi gjorde like etter rengjøringen.

Resultatet av hydrogensulfidmålinger med instrumentet Jerome 631 kan tjene som eksempler på hvilke verdier som vanligvis kan forventes i lufta på kloakkrenseanlegg når det ikke foretas spesielle arbeidsoperasjoner.

Målepunkt	Nordre Follo ppm H ₂ S	Hellvik ppm H ₂ S	Buhrestua ppm H ₂ S
Kantine	< 0.01		
Kontrollrom	< 0.01	0.12	0.16
Kloakkinntak	< 0.01	0.17	0.28
Sandfang	< 0.01	0.17	0.28
Flokkulering	< 0.01	0.17	0.11
Sedimentering /Flottasjon	< 0.01	0.17	0.43
Slamfortykket /lager	< 0.01	0.17	
Septikmottak	0.25		0.70
Slamavvanning	< 0.01		

Det ble ikke registrert metan eller avvik i normal oksygenkonsentrasjon i 4 timers målingene på noen anlegg.

Langtidsmålingene av hydrogensulfid, metan og oksygen viste at oksygenkonsentrasjonen var normal på alle de 5 undersøkte anlegg. Det ble funnet metan på 1 anlegg, Alvern kloakkrensaneanlegg. Den høyeste konsentrasjonen som ble målt var 6 %LEL.

Resultatet av de stasjonære langtidsmålingene av hydrogensulfid var følgende:

Anlegg	Årstid	Måletid timer	Maks.kons ppm	Gj.snitt ppm
Nordre Follo	Sommer	330	2	< 1
Buhrestua	Sommer	380	3	< 1
Alvern	Sommer	360	84	1
Alvern	Sommer	45	71	2
Alvern	Vinter	67	100	2
Alvern	Vinter	140	63	1
Alvern	Vinter	120	2	< 1
Frambu	Vinter	360	1	< 1
Sandvoll	Vinter	240	45	1

Alvern kloakkrensaneanlegg skilte seg ut i undersøkelsen. På dette anlegget erfarte vi hvor vanskelig og tidkrevende det kan være å avdekke høye konsentrasjoner av hydrogensulfid i et anlegg og finne sammenhenger mellom prosessvariasjoner og gasskonsentrasjoner. Vi har valgt å beskrive våre erfaringer fra målingene på dette anlegget som eksempel på hvilke problemer også driftspersonell og teknisk etat kan støte på i arbeidet med å avdekke forekomst av hydrogensulfid i relasjon til prosessvariasjoner.

Alvern kloakkrenseanlegg ble satt i drift i 1984 for å ta hånd om kloakk fra opptil 3000 PE (personequivallenter). Anlegget er et kjemisk primærfellingsanlegg. Slamlageret på anlegget er luftet med kjegleformet bunn. Slamavvanningsutstyret er ei sentrifuge. Det benyttes aluminiumsulfat (AVR) som hjelpekoagulant i fellingsprosessen. Kloakkinntak, alle bassenger, sentrifuge og slamcontainere er i det samme lokalet. Tilførselsrørene er nye og relativt lange med stort fall og uten tilsig av fremmed vann.

Det var på forhånd mistanke om at det kunne forekomme høye konsentrasjoner av hydrogensulfid i anlegget. Under utprøving av vårt måleutstyr i anlegget avdekket vi konsentrasjoner rundt 10 ppm. Senere stikkprøver viste ikke forekomst av hydrogensulfid. Vi registrerte ikke forskjell i lukt de dagene vi påviste hydrogensulfid og de dagene vi ikke gjorde det. De første målingene over flere dager viste kortvarige, regelmessige konsentrasjoner på 5 - 10 ppm. Målingene tydet på at konsentrasjonen var høyest over inntaket. Målinger over flere dager inni tilførselsrørene et par meter fra anlegget viste imidlertid ikke forekomst av hydrogensulfid.

Målinger av hydrogensulfid like etter oppstart av sentrifuge viste ikke forekomst av hydrogensulfid selv om slammet ble pumpet fra bunnen av slamlageret hvor det var mest sannsynlig at eventuelt råttent slam ville blitt liggende.

I løpet av en 3 dagers måleperiode med kontinuerlig datalogging registrerte vi en gang over 100 ppm hydrogensulfid midt i renseanlegget. Sentrifuga var blitt startet omkring 2 timer før denne registreringen. Gjennomsnittlig konsentrasjon av hydrogensulfid i måleperioden var 2 ppm.

Årsakene til de registrerte konsentrasjoner av hydrogensulfid viste seg å være følgende:

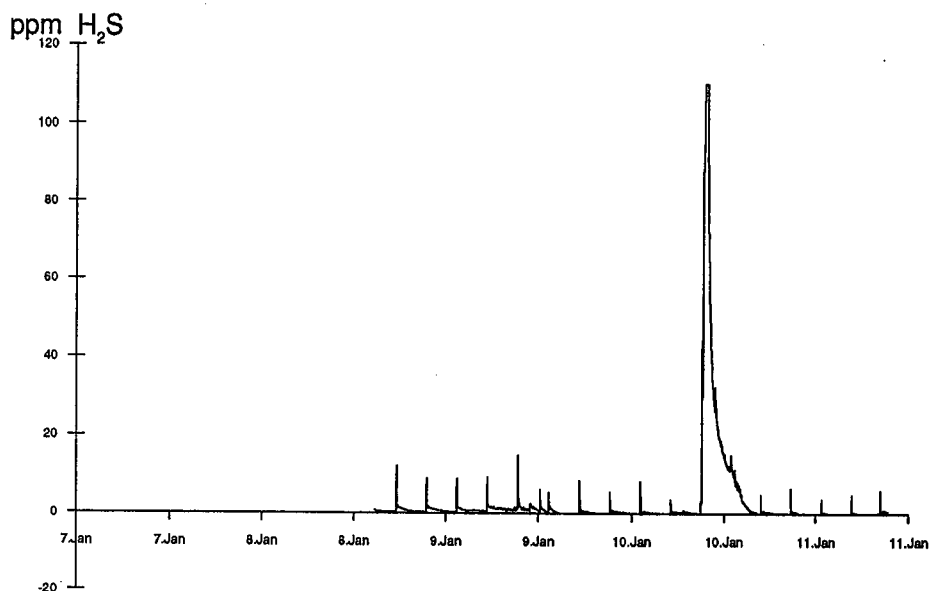
Ved hjelp av automatiske mammutpumper (luftpumper) ble slam fra sedimenteringsbasseng pumpet til ei slamfordelingskasse hver 4. time. Luft fra mammutpumpa ble sluppet ut i arbeidsatmosfæren fra denne slamfordelingskassa og delvis sugd ut av anlegget like over kloakkinntaket. Dette forklarer hvorfor vi til tider hadde målt de høyeste konsentrasjonene av hydrogensulfid like over inntaket.

Den høye konsentrasjonen av hydrogensulfid som ble registrert mot slutten av slamavvanning med sentrifuge, kan forklares med følgende:

Slam ble liggende lavere enn luftdysene i den kjegleformede bunnen av slamlageret. Dette råtnende slamm ble dekket av ei hard skorpe. Under sentrifugering ble i hovedsak det tyntflytende, luftede slamm over slamkaka pumpet først til sentrifuga selv om slamm ble pumpet fra bunnen av slamlageret. Etersom slamm over slamkaka ble pumpet ut av slamlageret minnet trykket på utsiden av slamkaka, og overtrykk som følge av hydrogensulfid inni slamkaka førte til at den harde skorpa brast slik at gassen ble frigjort til omgivelsene. Deretter har det råtnende slamm blitt pumpet til sentrifuga og enda mer hydrogensulfid har blitt frigjort til omgivelsene.

Etter at det var montert omrørere i slamlageret, punktavsug i tilknytning til mammutpumpene, tildekking av bassenger og frisklufttilførsel relativt høyt i forhold til gulvnivået ble det ikke målt hydrogensulfid i anlegget.

Med hensyn på ventilasjon i kloakkrensaneanlegg generelt henvises til publikasjonen "Ventilasjon i kloakkrensaneanlegg" publisert av NTNFS utvalg for drift av rensaneanlegg (NTNF 1982)



Figur 5.1 viser forekomstene av hydrogensulfid i Alvern kloakkrensaneanlegg før tiltak. De regelmessige toppene på 5-10 ppm skyldes H_2S i luft som har vært i kontakt med slam. Dette som følge av ei mammutpumpe som pumpet slam fra sedimenteringbasseng til slamlager ved et hevertsystem. Luft fra pumpe-systemet ble sluppet direkte ut i arbeidsatmosfæren.

Den høye toppen på over 100 ppm ble målt under sentrifugering av råttent slam som var blitt liggende lavere enn luftdysene i bunnen av slamlageret. Slamm ble pumpet fra bunnen av slamlageret. Men den kompakte slamkaka som lå nederst i den kjegleformede bunnen, var dekket av ei hard skorpe som ikke brøt sammen før slamlageret var nesten tømt. Den aerobe, øverste delen av slamlageret ble derfor sentrifugert før den kompakte slamkaka i bunnen, og den høye konsentrasjonen av hydrogensulfid ble registrert mot slutten av sentrifugeringsprosessen.

Målingene av metan med elektrokjemiske sensorer viste at på 14 av de 15 anleggene ble det målt mindre enn 1 %LEL. På Alvern kloakkrensaneanlegg ble det målt opp til 6 %LEL. Det ble samtidig målt 100 ppm hydrogensulfid. Oksygenmålingene viste ikke avvik fra de normale 21 % på noen anlegg.

5.4.2 Eksponeringsmålinger - Hydrogensulfid

Det ble registrert tilsammen 8 eksponeringer for hydrogensulfid på 6 av de 27 operatørene i undersøkelsen. Under arbeid inni rensaneanleggene ble det i vinterhalvåret målt eksponeringer på henholdsvis 15 ppm (Sandvoll kloakkrensaneanlegg) og 12 ppm (Alvern kloakkrensaneanlegg). På disse anleggene ble det også registrert hydrogensulfid i de stasjonære målingene, henholdsvis 45 og 100 ppm i langtidsmålingene. På Alvern kloakkrensaneanlegg er det sannsynlig at driftsoperatørene som har arbeidet på anlegget har vært eksponert gjentatte ganger for omkring 100 ppm hydrogensulfid.

I sommerhalvåret ble det på personbårne sensorer målt eksponering for 3 ppm hydrogensulfid ved septikmottaket på Nordre Follo kloakkrensaneanlegg og ved inntaket på Frogn kloakkrensaneanlegg. I Frambu kloakkrensaneanlegg ble det målt en eksponering for 4 ppm hydrogensulfid i sommerhalvåret. På 2 operatører ble eksponeringen målt til henholdsvis 45 og 25 ppm under arbeid på Heerløkka pumpestasjon i Frogn i løpet av vinterhalvåret. I Trekanten eller City pumpestasjon i Frogn ble det registrert eksponering for 2 ppm hydrogensulfid. Det ble ikke foretatt eksponeringsmålinger på pumpestasjoner i sommerhalvåret.

De elektrokjemiske sensorene som ble benyttet hadde innebygd 2 alarmer som ble aktivisert ved henholdsvis 10 og 20 ppm hydrogensulfid. Operatørene var selvsagt instruert om å forlate arbeidsområdet hvis alarmen ble utløst. Siden målecellene har en responstid på mer enn 30 sekunder er det sannsynlig at eksponeringen kan ha vært høyere enn de målte verdier.

Den gjennomsnittlige eksponering for hydrogensulfid var lavere enn 1 ppm i alle målingene.

5.4.3 Andre gassmålinger

Det ble ikke påvist merkaptan med indikatorrør på noen anlegg. Dette indikerer at kryssfølsomhet for merkaptan ikke har vært noe problem i målingene av hydrogensulfid med elektrokjemiske sensorer.

Ammoniakk ble påvist en gang på Fagerstrand kloakkrenseanlegg. Det ble målt 3 ppm like ved sentrifugen under sentrifugering av slam. Fagerstrand er det eneste anlegget i undersøkelsen som bruker kalk i renseprosessen.

Målingene av karbondioksid indikerte moderate nivåer inni alle anleggene. De høyeste konsentrasjonene som ble målt var 0.15%.

5.4.4 Lukt

Ubehagelig lukt er en subjektiv opplevelse som kan variere fra person til person. Det var ikke en del av undersøkelsen å kartlegge anleggene med hensyn på lukt. Men som omtalt i innledningen dannes det en rekke forbindelser i kloakk som er luktsterke i svært lave konsentrasjoner. Vi registrerte ingen sammenheng mellom subjektiv opplevelse av ubehagelig lukt og forekomst av hydrogensulfid på anleggene i undersøkelsen. Vi hadde de mest ubehagelige og kvalmende opplevelsene nær septikmottak og slamcontainere uten at vi samtidig registrerte hydrogensulfid på vårt måleutstyr.

5.5 OPPSUMMERING

I undersøkelsen ble det ikke registrert metan eller merkaptan i 4 timers periodene på noen anlegg. Oksygenkonsentrasjonen var normal på alle anlegg. På 1 av de 15 anleggene ble det registrert 3 ppm ammoniakk. Den høyeste karbondioksid-konsentrasjonen som ble registrert var 0.15 %. Det ble registrert hydrogensulfid på 2 av de 15 anleggene i 4 timers periodene, henholdsvis 12 og 5 ppm.

I langtidsmålinger over 2 - 14 døgn ble det registrert hydrogensulfid på 5 utvalgte anlegg. Det ble registrert korte perioder med til dels høye konsentrasjoner. Maksimale måleverdier var henholdsvis 100, 45, 3, 2 og 1 ppm på de 5 anleggene.

På 1 renseanlegg ble det avdekket prosessavhengige hydrogensulfid konsentrasjoner høyere enn 100 ppm. De høyeste konsentrasjonene ble målt under sentrifugering av dårlig luftet slam. Også ved pumping av slam mellom bassengene inni kloakkrenseanlegget ble det målt høye konsentrasjoner. De høyeste gjennomsnittskonsentrasjoner som ble målt over flere dager var 2 ppm. Dette støtter oppfatningen om at kortvarige, høye konsentrasjoner av hydrogensulfid kan være et arbeidsmiljøproblem som omtalt i innledningen til dette kapitlet.

På 6 av 27 driftsoperatører ble det målt tilsammen 8 kortvarige eksponeringer for hydrogensulfid. 5 eksponeringer ble registrert i selve renseanleggene for henholdsvis 15, 12, 4, 3 og 3 ppm. 3 eksponeringer ble målt i pumpestasjoner for henholdsvis 45, 25 og 2 ppm. Det er sannsynlig at en av driftsoperatørene i undersøkelsen har vært eksponert gjentatte ganger for omkring 100 ppm hydrogensulfid.

Det ble ikke registrert noen uhell i undersøkelsen som følge av uvanlige driftsforhold. Men de høye konsentrasjonene av hydrogensulfid som ble registrert under normal drift på et av renseanleggene indikerer at det kan oppstå farlige situasjoner ved driftstopp, overbelastning av anlegget eller andre situasjoner som kan øke dannelsen av svovelgasser. I slike situasjoner er det svært viktig at driftspersonell følger gjeldende bestemmelser om f.eks. utlufting, gassmålinger og midlertidige ventilasjonstiltak.

Vond lukt kan skyldes flere forskjellige luktsterke forbindelser som dannes i et kloakkrenseanlegg. På mange anlegg kan denne vonde lukta

være årsak til et ubehagelig arbeidsmiljø selv om konsentrasjonen av hydrogensulfid er langt under den administrative normen på 10 ppm.

Avskjerming og tildekking av slambehandlingsenheter, bassenger, slamlagre og punkter med stor turbulens i kombinasjon med riktig konstruerte ventilasjonsanlegg er effektive tiltak for å redusere spredning av lukt, gasser og aerosoler og derfor positivt ut fra et arbeidsmiljøsynspunkt.

LITTERATUR

- Banwart W.L., Bremner J.M. (1975); *Formation of volatile sulfur compounds by microbial decomposition of sulfur containing amino acids in soils*; Soil Biol. Biochem. 357(7),
- Glass D.C.(1990a); *A review of the health effects of hydrogen sulphide exposure*; Ann. occup. hyg., 34(3),323-7.
- Glass D.C.(1990b); *An assessment of the exposure of water reclamation workers to hydrogen sulphide*; Ann. occup. Hyg., 34(5),509-19.
- Heldal K. m.fl.(1989); *Helse og arbeidsforhold ved behandling av kommunalt avløpsvann*. Forprosjektrapport; HD 997/89 FOU, Statens arbeidsmiljøinstitutt.
- Hobson P.N., Bousfield S., Summers R. (1981); *Methane production from agricultural and domestic Wastes*; Applied Science Publ.Ltd.London, 44.
- Holmstrøm H., Wilander A. (1977); *Bekampning av svavelvatebildning i en avlopsledning*; Vatten,4.
- Jenkins R.L, Gute J.P., Krasner S.W., R.B.Baird (1980); *The analysis and fate of odorous sulfur compounds in wastewaters*; Water Research, 14,441-48.
- Kadota H., Ishida Y. (1972); *Production of volatile sulfur compounds by microorganisms*; Annu. Rev. Microbiol. 26, 127-38,.
- Kangas J. m.fl. (1986); *Ammonia, Hydrogen sulphide and Methyl mercaptides in Finnish municipal sewage plants and pumping stations*;Sci. of Tot. Env. 57,49-55.
- Natush D.F.S., Slatt B.J. (1978); *Air Pollution Control, Part III*, Wiley-Interscience, New York.
- NIOSH(1977); *Criteria for a Recommended Standard. Occupational Exposure to Hydrogen Sulphide.*; NIOSH, Cincinnati, Ohio, USA.
- NTNF's utvalg for drift av renseanlegg (1982); *Ventilasjon i kloakkrensenlegg*; B-nr.1521.5969.
- Pomeroy R., Bowlus F.D. (1946); *Sewage Works J.*, 18(4),597.
- Roe A.B.(1982); *Sampling and determination of volatile organosulphur compounds in a sewage environment*; J.Inst.Wat.Eng.Scient. 36(2) 118-28.
- Santry I.W(1963); *J.Water Pollut. Control Fed.*, 35,1580.

Tsjui M., Nakano T., Okuno T. (1990); *Desorption of odour substances from water bodies to the atmosphere*; Atmos. Environ., 24A(8), 2019-21.

Wassmann P. (1986); *Organisk materiale i det marine miljø: Stoffskifteprosesser og nedbrytning*; Naturen, nr. 4.

White R.K. (1974); *Proc. Int. Symp. Identification Meas. Environ. Pollut.*, 105-9 (1971); Chem. Abstr., 80, 87006e.

6 Drift, eksponering og helseforhold

av Erik Bye

6.1 INNLEDNING

I denne delen av rapporten vil vi beskrive en samlet dataanalyse der vi har benyttet kjemometriske, flervariable metoder for å undersøke relasjoner mellom drift, eksponering og helseforhold ved kloakkrensing. Det må understrekes at resultatene og konklusjonene i dette kapitlet bare omfatter de 15 anleggene i Follo. Idet kjemometriske metoder er avanserte og noe vanskelig tilgjengelig, har vi oppsummert de viktigste resultatene, med henvisning til de avsnitt der dette er nærmere omtalt.

Konklusjoner:

det er påvist høye gasskonsentrasjoner ved ett av anleggene, se avsnitt 6.3.3

de høyeste nivåer for bakterier (Gram-negative og Gram-positive) er funnet ved de anlegg som mottar septik og behandler eksternt slam. Dette er de største anleggene, som bare benytter kjemisk rensing, se avsnitt 6.3.3

det synes å være en sammenheng mellom driftsparametre og bakterienivåene i anleggene (Gram-positive og Gram-negative), målt med stasjonære prøver. De mest karakteristiske driftsparametre er: antall personekvivalenter, septikbehandling, polymerbruk, rotorbehandling, biologisk rensing og etterfelling (m/ aktivslam eller rotor), se avsnitt 6.3.4

det er variasjon mellom bakterienivåene sommer og vinter, se avsnitt 6.3.4 og 6.3.6

det synes å være en forskjell på arbeidsmiljøet i biologiske og kjemiske anlegg, alle stasjonære og personbårne eksponeringsparametre sett under ett. Forskjellene er knyttet til bakterienivåene, og synes å henge sammen med mottak av septik og behandling av eksternt slam, se avsnitt 6.3.6

det er funnet en sammenheng mellom avløpsarbeidernes driftsforhold og eksponeringsnivåene for bakterier (Gram-positive og Gram-negative) og endotoksin, se avsnitt 6.3.7

det er funnet en sammenheng mellom de målte eksponeringsparametre og antall JA-svar på Ørebroskjemaet, se avsnitt 6.3.8

Som det fremgår av de foregående kapitler, har hensikten med dette prosjektet vært å finne en sammenheng mellom det fysisk/kjemiske arbeidsmiljøet og helsa til arbeiderne ved renseanlegg for kloakkvann i området indre Oslofjord. Arbeidsmiljøet er svært sammensatt og de ansatte blir eksponert for mange forskjellige kjemiske forbindelser. I tillegg kan også driftsparametre ha betydning for de helseplager som er kjent fra før og som ble klarlagt under forprosjektet (Heldal m.fl. 1989). På bakgrunn av forprosjektet ble det samlet inn informasjon om driftsparametre for å karakterisere anleggene. Stasjonære og personbårne prøver av gasser og bioaerosoler karakteriserer eksponeringsforholdene og antistoffbestemmelser i blodprøver, ulike spørreskjemaer om helseforhold og lungefunksjonsmålinger beskriver helsesituasjonen. Med så store datamengder som dette prosjektet omfatter var det nødvendig å benytte flervariable analysemetoder for å studere arbeids- og helseforholdene samlet, og for å avdekke eventuelle relasjoner mellom dem.

Kjemometriske metoder er flervariable metoder for dataanalyse. Her benyttes matematiske modeller og statistikk nettopp for å trekke ut viktig informasjon fra komplekse systemer med store mengder kjemiske måledata (Wold m. fl. 1983, Sharaf m.fl. 1986). Kjemometriske metoder har først og fremst vært brukt til studier av det ytre miljøet, men det foreligger to studier av det indre miljøet der slike metoder har vært benyttet (Ulvarsson m.fl. 1977, Baird m.fl. 1987). Med slike metoder kan et stort antall parametre studeres samtidig, og ved hjelp av grafiske bilder kan vi tolke og finne fram til de parametre som inneholder den viktigste informasjonen.

6.2 MATERIALER OG METODER

6.2.1. Materialer

Denne analysedelen omfatter de 15 anleggene i Follo, med ialt 29 avløpsarbeidere. Drift- og eksponeringsforhold er beskrevet ved hjelp av de 24 parametrene som er satt opp i Tabell 6.1, og utvalgte helseparametre er antistoffer, luftveismålinger og antall JA-svar på Ørebroskjemaet. Eksponeringsparametrene i Tabell 6.1 ble målt både sommer (1. måling) og vinter (2. måling), og måleresultatene er analysert som separate og midlere verdier.

6.2.2. Metoder

a. Klassifikkasjon

For å studere likheter og forskjeller mellom anleggene, og for å bestemme hvilke parametre som er viktige for å beskrive dette, ble det utført en prinsipalkomponentanalyse (PCA).

Herved beregnes hovedkomponenter (HK) som er lineærkombinasjoner av de opprinnelige variablene og som forklarer den største variasjonen i datasettet. På denne måten ble antall variable redusert til et lite antall hovedkomponenter og disse kan benyttes til å tolke sammenhenger i det innsamlede datamaterialet.

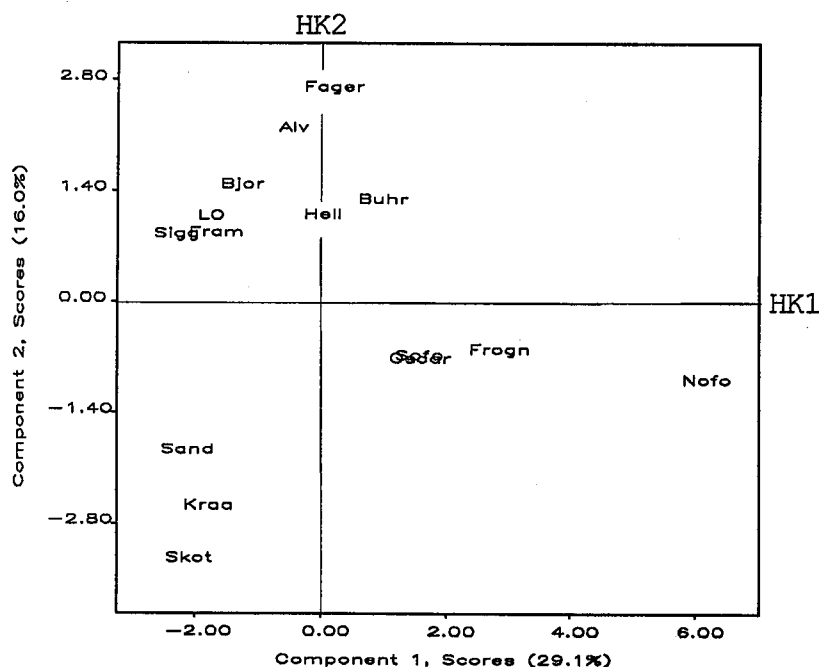
Tabell 6.1 Parameterforkortelser

Eksponering	I	Drift	II
NH3 a)	NH3	simultanfelling rotor	simfr
H2S b)	H2S	biologisk	bio
H2Sm c)	H2Sm	slambehandling (bio)	aktbio
merkaptaner	merk	eksternt slam	ekssl
metan	met	septikmottak	septik
totalantall bakterier	tot	temperatur	temp
staver	stav	polymertilsetting	pol
kokker	kokk	kalkbehandling	kalk
Gram-negative bakt.	gpos	vannmengde	vann
Gram-positive bakt.	gneg	etterbeh. aktivslam	akett
endotoksin	toks	simultanf. aktivslam	asim
		personekvivalenter	pe
		rotor	rotor

a) ammoniak; b) hydrogensulfid; c) maksimalverdi

For å tolke en slik klassifikasjon av anleggene ble det benyttet to typer diagrammer, OBJEKT SCORE PLOT eller ANLEGGSPLOT, og VARIABEL LOADING PLOT eller VARIABELPLOT.

Et ANLEGGSPLOT fremstiller relasjoner mellom anleggene og er vist i Figur 6.1. Her ligger like anlegg nær hverandre og anlegg som er forskjellige ligger langt fra hverandre.



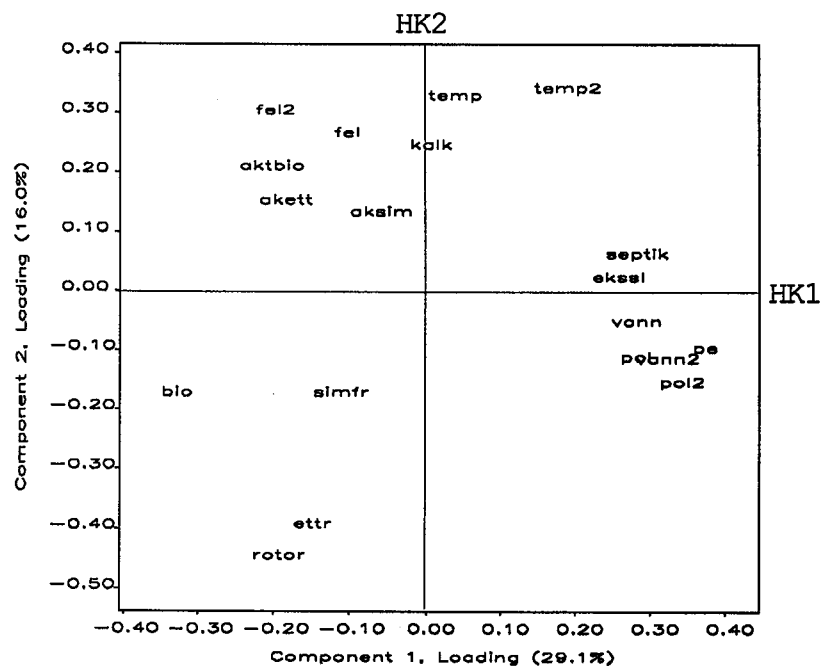
Figur 6.1 Anleggsplo for hovedkomponent 1 og 2

Et VARIABELPLOT er vist i Figur 6.2 og framstiller de opprinnelige parametrene betydning for det mønster som dannes av anleggene i ANLEGGSPLOTTET. Viktige parametre ligger langt ute langs aksene i Figur 6.2, mens parametre som ligger nær origo har liten eller ingen betydning. Som en hovedregel blir bare variable med loadings (akseverdi) større enn 0.3 regnet som viktige.

De inntegnede aksene i figurene er de beregnede hovedkomponentene. De står normalt på hverandre og angir de retninger som har størst variasjon. I dataanalysen beregnes hvor mye variasjon som blir forklart med de forskjellige hovedkomponentene, og dermed sikrer vi oss at bare de viktigste parametrene, alle parametre sett under ett, blir tillagt vekt i den videre analyse og tolkning.

Figur 6.1 viser anleggsplot for de to første hovedkomponentene (HK1 og HK2) og vi ser at anleggene fordeler seg i fire atskilte grupper, basert på bare driftsparametre. Nordre Follo (NoFo) skiller seg ut langs første hovedkomponent (HK1), mens f.eks. alle anleggene opp til venstre grupperer seg sammen og har likhetstrekk. Ialt forklares 45% av variasjonen mellom anleggene ved hjelp av disse to faktorene.

Variabelplottet i Figur 6.2 viser betydningen av de ulike parametre for å forklare det mønster anleggene danner i Figur 6.1. Ved å sammenlikne Figur 6.1 og 6.2 ser vi at septik, ekssl, vann, pe og polymer er mest karakteristisk for NoFo. Samtidig er det temp, aktiv slambehandling, enten biologisk (aktbio), simultant (aksim) eller etterbehandling (aktett) som er mest karakteristisk for de anlegg som ligger i øvre venstre hjørne i Figur 6.1. Fra Figur 6.2 finner vi at pe og bio er viktigst for HK1 og at temp, fel og at rotor er viktigst for HK2.

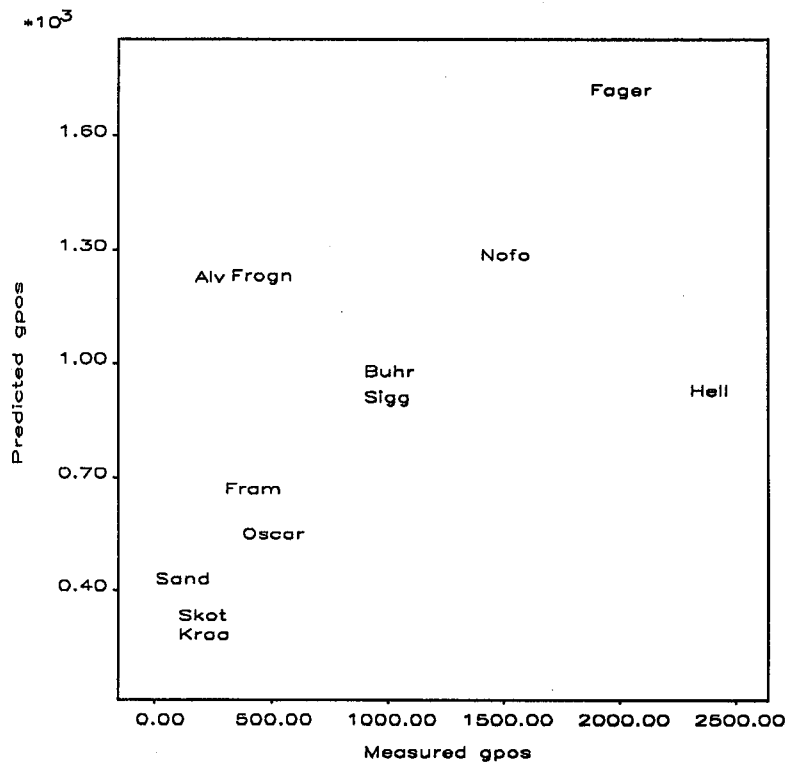


Figur 6.2 Variabelplot for hovedkomponent 1 og 2. Indikator 2 (f.eks.temp 2) viser 2. måling (vinter).

På denne måten kan disse anlegg- og variabelplot benyttes til å finne de variable som er karakteristisk for de forskjellige anlegg. Fordelen med denne analysemetoden er at alle de innlagte driftsparametre behandles samtidig. Plottene gjør det lettere å tolke likheter og forskjeller mellom anleggene, samt å knytte dette til de parametre som er årsaken til variasjonene. På tilsvarende måte kan vi også beregne PERSONPLOT og tilhørende VARIABELPLOT, og her henvises til avsnitt 6.3.5 for en nærmere omtale.

b. Sammenheng mellom drifts- og miljøparametre (Prediksjon)

Ved hjelp av flervariabel lineær regresjon (PLSR, partial least squares regression) har vi studert sammenhengen mellom drift og eksponering. Med denne teknikken blir det også beregnet hovedkomponenter, men regresjonsmodellen utnytter også den informasjonen som ligger i variabelen vi skal studere sammenhengen til (den avhengige variabel), f.eks. en eksponeringsparameter. Denne analysemetoden, PLSR, har først og fremst blitt benyttet til å studere sammenhengene kvalitativt, og et eksempel på dette er vist i Figur 6.3.



Figur 6.3 Sammenheng mellom observerte og beregnede gpos-verdier

Et lite utvalg av driftsparametre er benyttet til å konstruere modellen og en mulig sammenheng vurderes ut fra overensstemmelsen mellom observert og beregnet (predikert) verdi av den avhengige variabel. I Figur 6.3 er det gpos, dvs. nivået for denne type bakterie ved sommermålingene som er studert. Overensstemmelsen er rimelig god og det synes å være en sammenheng mellom drift og eksponering, uttrykt ved gpos-verdiene. En nærmere omtale av slike sammenhenger blir gitt avsnitt 6.3.4 og 6.4.3.

Alle beregningene er gjort ved hjelp av dataprogrammet SIRIUS (1990) på mikromaskin og ytterligere omtale av kjemometriske metoder kan finnes i litteraturlisten (Wold m.fl. 1983; Sharaf m.fl. 1986; Massart m.fl. 1988 og Martens og Næss 1989.)

6.3 RESULTATER OG DISKUSJON

6.3.1 Samlet oversikt over dataanalysen

I Tabell 6.2 er det satt opp en skjematisk oversikt over de forskjellige datasett som er undersøkt med kjemometriske metoder. Dette er gjort for at selve omtalen av analyseresultatene og tolkningen ikke skulle bli for omfattende.

Tabell 6.2 Skjematisk oversikt over analyser som er utført med kjemometriske metoder

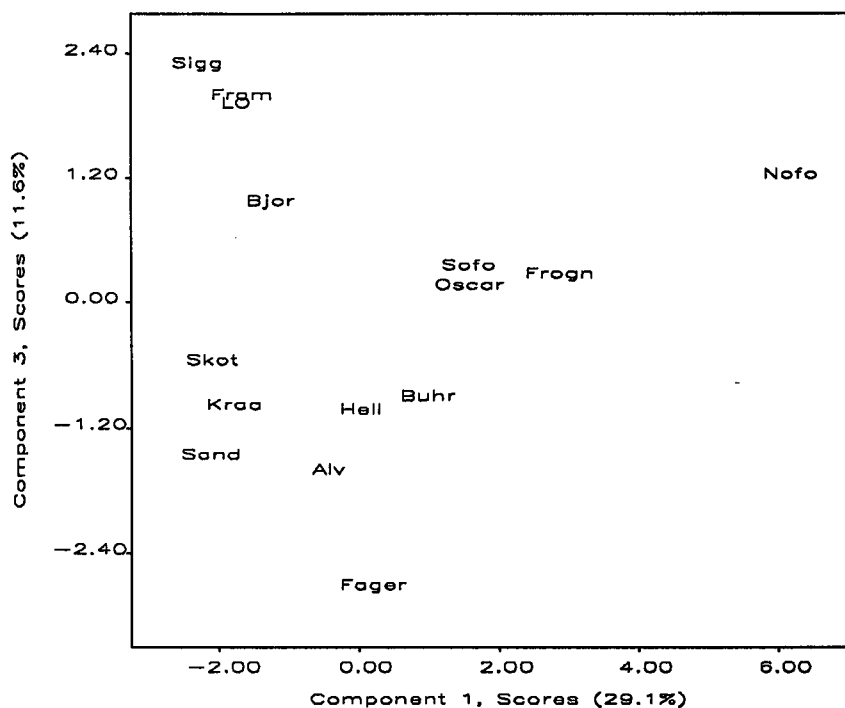
Metode	Objekt	Variabel	Type	Antall HK	Forklart varians (%)	Avsnitt	Figur
PCA	Anlegg	D	s	3	57	6.3.2	6.1-6.5
PCA	Anlegg	D, E	s	4	68	6.3.3	6.6-6.9
PLSR	Anlegg	D, E	s	2	48;39a)	6.3.4	6.10
PLSR	Anlegg	D	m	2	27;67	6.3.4	6.11-6.12
PCA	Personer	D, E, H	s	6	44	6.5.1	6.13-6.16
PCA	Personer	E	s	4	56	6.5.2	6.17-6.18
PCA	Personer	E	m	2	63	6.5.2	6.19-6.21
PLSR	Personer	D, E	s	2	53;70	6.5.3	6.22-6.23
PLSR	Personer	D, E	m	2	43;79	6.5.3	6.24-6.267
PCA	Personer	D, E, H	s	6	56	6.6	6.27-6.28
PLSR	Personer	E, H	s	3	23;70	6.6	6.29-6.30
PLSR	Personer	E, H	m	2	5;68	6.6	6.31

D = Drift; E = Eksponering; H = Helse; s=separat 1. og 2. måling
m = middelværdi 1. og 2. måling a) = uavhengig; avhengig variabel.

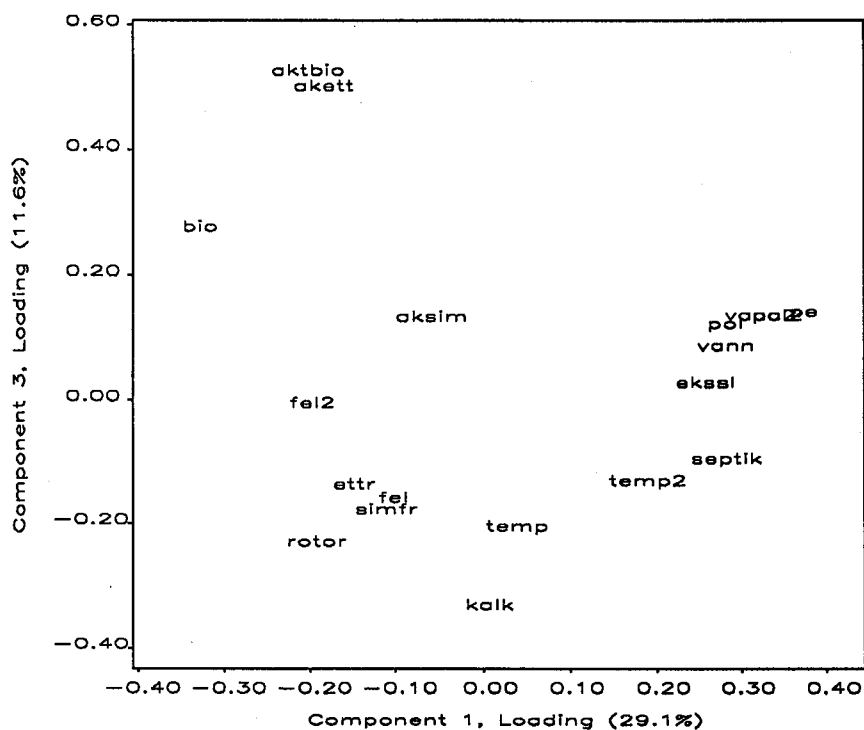
PCA er benyttet til klassifikasjon av anlegg og avløpsarbeidere (objekter) ut fra driftparametre og eksponeringsmålinger, og for å vurdere de mest karakteristiske trekk (variable) ved anleggene og arbeiderne. PLSR er benyttet for å studere sammenhenger mellom ulike grupper av parametre.

6.3.2 Anleggsdata - drift

I tillegg til det som er omtalt under avsnitt 6.2.2 kan vi av Figur 6.4 og 6.5 se at for HK3 er det kalk som er karakteristisk for Fager(strand) og at aktbio og akett skiller ut Sigg(erud), LO(-skolen) og Fram(bu).



Figur 6.4 Anleggsplo for hovedkomponent 1 og 3



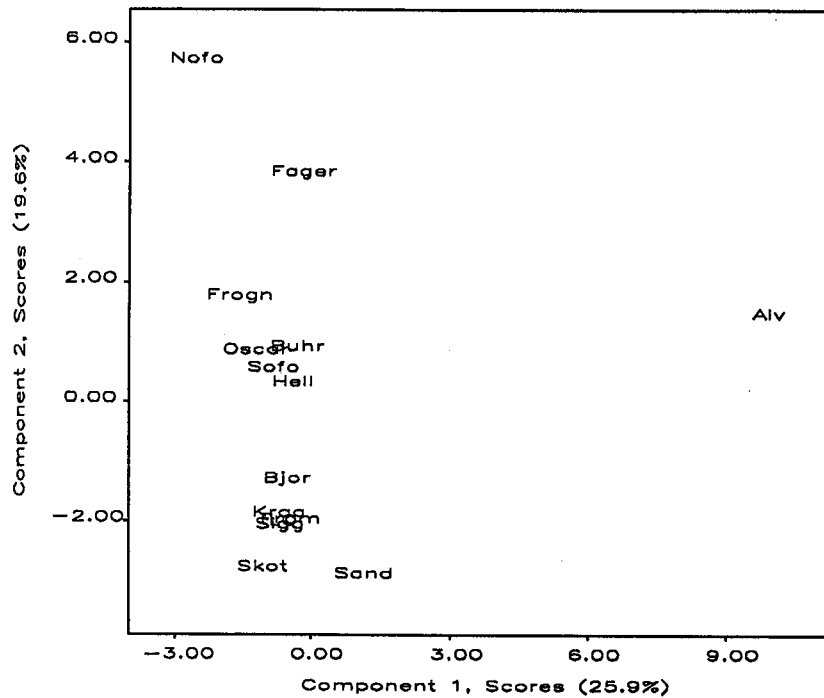
Figur 6.5 Variabelplo for hovedkomponent 1 og 3

Oppsummering:

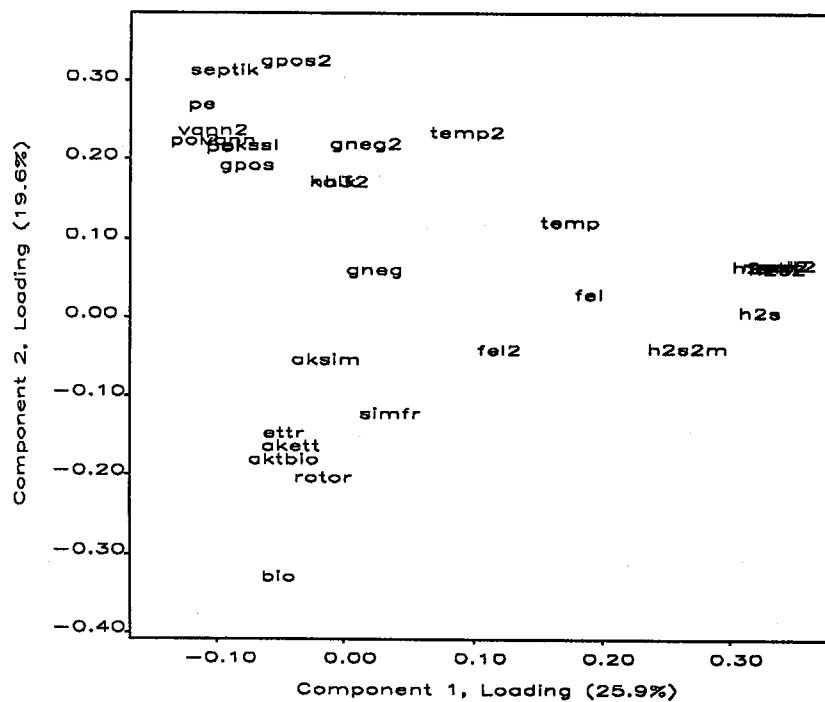
Figurene 6.2 og 6.4 viser at HK1 representerer septisk, ekstern slambehandling og størrelse. HK2 er behandlingsfaktor mhp. rotor, mens HK3 sier noe om kalk og behandling med aktiv slam. Figur 6.2 viser at septisk og slam samvarierer, og det samme gjør langt på vei pe, (personequivallenter), vannmengde og polymerbruk, fordi disse variablene ligger samlet.

6.3.3 Anleggsdata - drift og eksponering

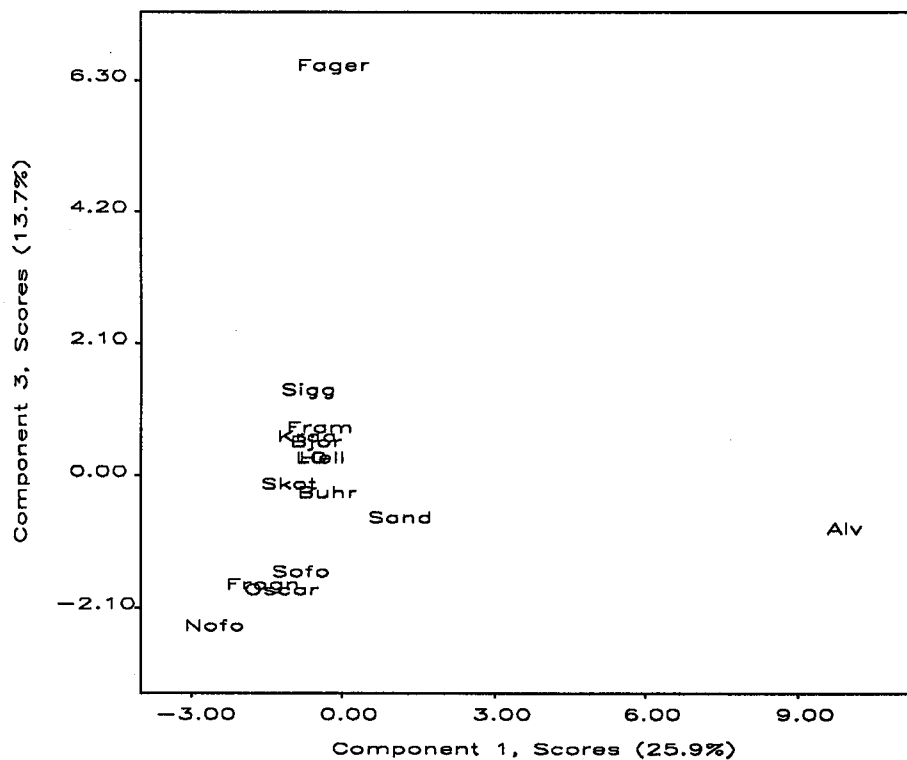
Figur 6.6 - 6.9 viser resultater av en analyse der både drift og stasjonære miljøparametre er behandlet under ett som separate variable. I Figur 6.6 kan vi se at Alv, Fager og Nofo skiller seg ut fra de øvrige anlegg, som faller i to grupper. I Figur 6.8 ser vi at Fager skiller seg ut fra de øvrige anlegg, også fra Nofo, langs HK3.



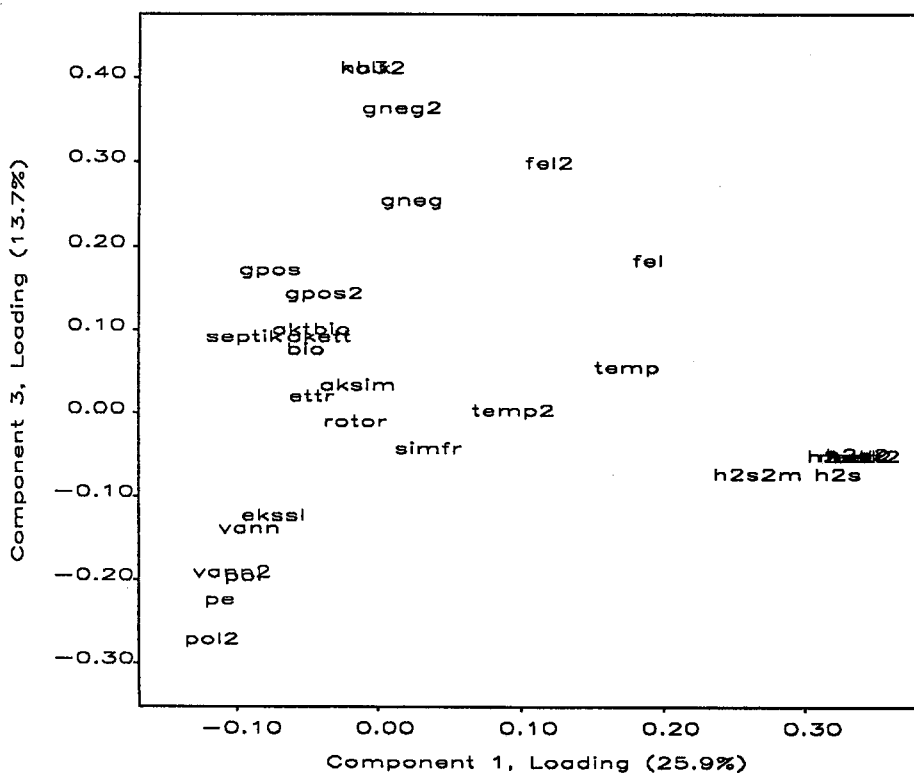
Figur 6.6 Anleggsplot for hovedkomponent 1 og 2



Figur 6.7 Variabelplot for hovedkomponent 1 og 2



Figur 6.8 Anleggsplo for hovedkomponent 1 og 3



Figur 6.9 Variabelplo for hovedkomponent 1 og 3

Ved å sammenlikne Figur 6.6 og 6.7 er det først og fremst H_2S -, metan- og merkaptanverdier, dvs. gassverdier, som skiller Alvern fra de øvrige. For Nofo og Fager er det høye bakterietall ved 2. måling (gpos2, gneg2) som er mest karakteristisk, i tillegg til septikmottak. Vi kan også se at pe og f.eks. vannmengde er karakteristisk for anlegg opp til venstre i Figur 6.6. Samtidig viser Figur 6.6 og 6.7 at faktor 2 er viktig for biologisk rensing. Ved hjelp av loadingplottet i Figur 6.9 ser vi at det er bakterietall (gneg) i tillegg til kalk som er karakteristisk for Fager(strand). (I loading plottet (Figur 6.9) faller målte NH_3 -verdier naturlig nok helt sammen med kalkbehandling for Fagerstrand).

Et karakteristisk trekk for anleggene er at høye bakterietall ligger motsatt av egenskaper som rotorbehandling (rotor) og aktiv etterbehandling av slam (aktbio) langs HK2, se Fig. 6.7. Vi finner altså gjennomgående lave bakterietall i de såkalte biologiske anlegg. Dette er anlegg som vi finner nederst i venstre hjørne i Fig. 6.6, i overensstemmelse med at bio ligger langt ute langs HK2 i samme retning.

Ut fra disse plottene kan vi se at faktor 1 er en gassfaktor (Fig. 6.7), faktor 2 er dominert av bakterietall, størrelse og type (bio) (Fig. 6.7), mens faktor 3 representerer kalkbehandling og størrelse.

H_2S -, metan- og merkaptanverdier er først og fremst registrert ved Alvern. Videre er det bare Fagerstrand som benytter kalk, og for å få en mer detaljert oversikt over de øvrige anlegg, ble disse variablene utelatt i en separat analyse. Totalbildet av anleggene og parametrene ble i hovedsak det samme og resultatene vil ikke bli omtalt her.

Oppsummering:

De høye H_2S -verdiene og øvrige gassverdier skiller Alvern fra de andre anleggene og bruk av kalk skiller Fagerstrand fra de øvrige. Sett bort fra disse parametre er det størrelsen (pe og vannmengde), anleggstype (bio/kjem), bruk av rotor og bakterietall som er de viktigste parametrene for å beskrive variasjonen mellom anleggene. Ut fra Figur 6.7 ser vi at septikmottak på store anlegg indikerer høye bakterietall (faktor 2). Samtidig ligger rotorbehandling og bio på motsatt side langs faktor 2, som tilsier lave bakterietall for de biologiske anlegg. Idet det synes som om høyt bakterietall henger sammen med mottak av septik, vil anlegg som ikke utfører dette til dels unngå det ved at "slam" sendes til andre og således kan medvirke til høyt bakterienivå på mottaks-anleggene.

6.3.4 Sammenheng mellom drift og eksponering

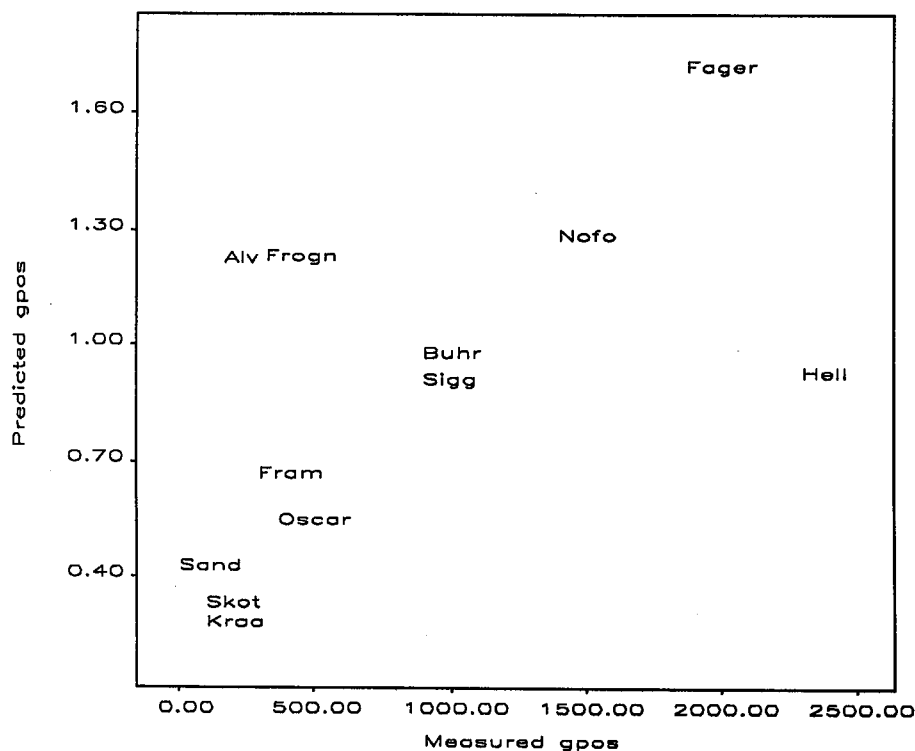
PLSR-teknikken ble benyttet for å studere mulige sammenhenger mellom drift og eksponering, her kun basert på stasjonære målinger. Gassmålingene (og kalk) ble utelatt idet disse bare berører to anlegg, Alvern og Fagerstrand. Det ble foretatt en seleksjon av driftsparametre slik at bare de viktigste ble benyttet i denne analysen, se Tabell 6.3.

Tabell 6.3 Utvalgte driftsparametre for å studere sammenheng med eksponering for Gram-positive og Gram-negative bakterier på renseanleggene.

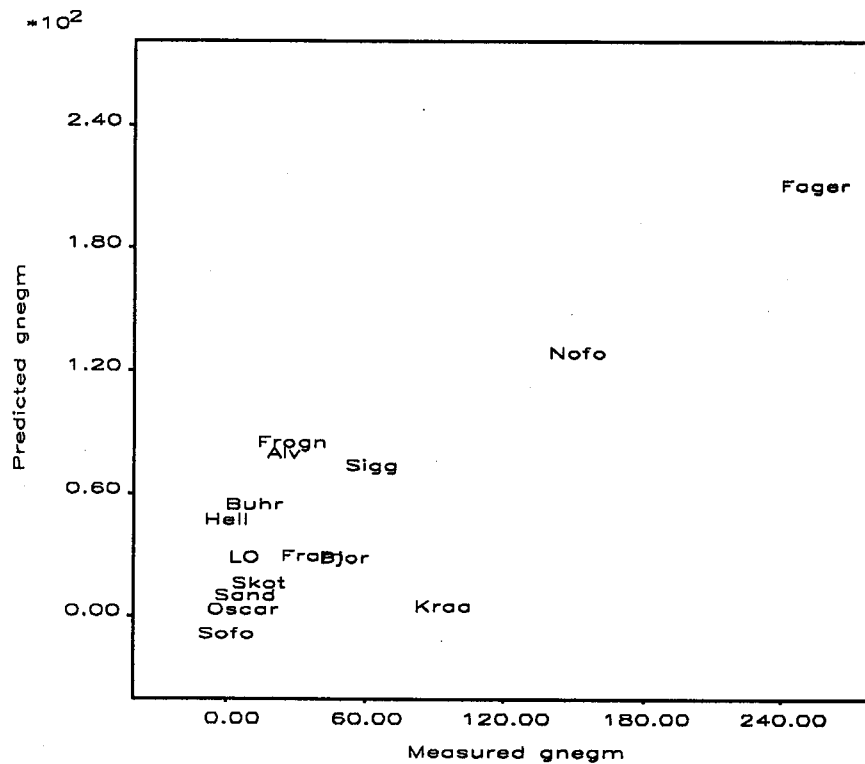
rotor	bio	felling	septik	pe	polymer
-------	-----	---------	--------	----	---------

Det ble konstruert to typer modeller, med 1. og 2. gangs måling av bakterier som separate parametre og modeller med middelverdier. For den første typen ble det vurdert at sesongvariasjonene i bakterietallene kunne inneholde viktig informasjon. På den annen side ga middelverdiene totalt sett flere verdier for hver bakterietype, idet det er enkelte uobserverte verdier i dataene. Resultatene av de to modellene er imidlertid i stor grad sammenliknbare.

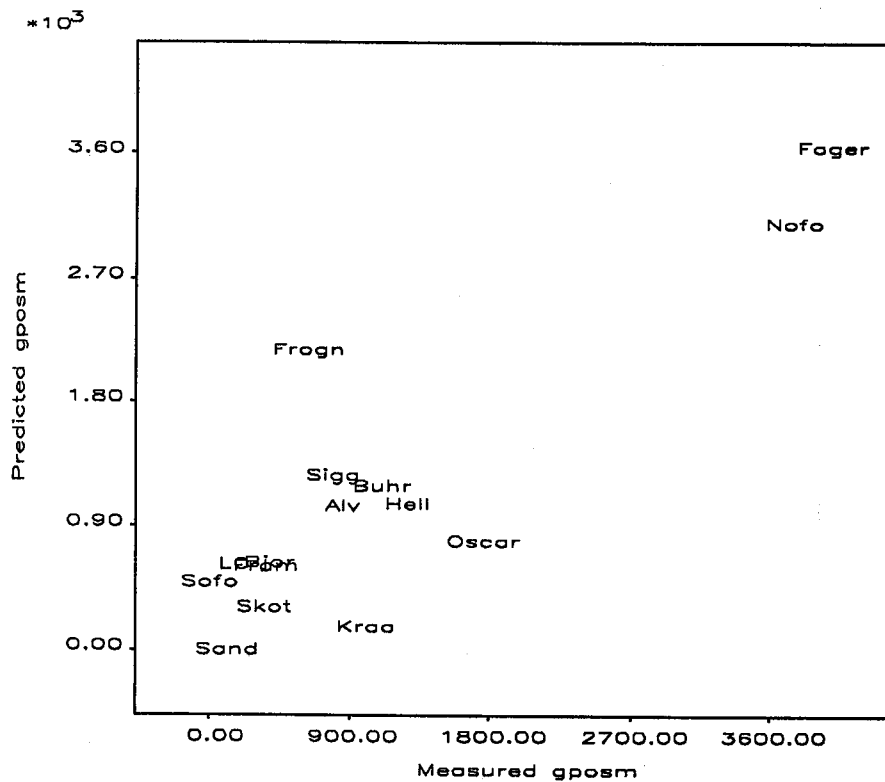
Figur 6.10 viser sammenhengen mellom observerte og beregnede gpos-verdier (vinter). Bortsett fra Hellvik (og delvis Alvern Frogn) er det en rimelig



Figur 6.10 Sammenheng mellom observerte og beregnede gpos-verdier



Figur 6.11 Sammenheng mellom midlere observerte og beregnede gneg-verdier



Figur 6.12. Sammenheng mellom midlere observerte og beregnede gpos-verdier

god sammenheng mellom observerte og beregnede (predikerte) gpos-verdier. Tilsvarende beregninger for gpos2, gneg og gneg2 ga mindre gode relasjoner, selv om tendensen var den samme.

For modellen basert på middelerverdier av vinter- og sommermålingene viser resultatene i Figur 6.11 og 6.12 (se foregående side) en sammenheng mellom målte og beregnede bakterietall. I Figur 6.12 er Fager og Nofo så forskjellig fra de øvrige anlegg at sammenhengen er noe usikker.

Oppsummering:

Det synes å være en sammenheng mellom de valgte driftsparametre og bakterietallene fra stasjonære prøver. De høyeste bakterietallene for Gram-negative og Gram-positive bakterier finner vi i de anlegg som behandler ekstern slam og mottar septik.

6.3.5 Persondata - totalanalyse

For å få en samlet oversikt over det totale datamaterialet, omfattende drift, eksponering og antistoffer, ble det beregnet hovedkomponenter der 1. og 2. måling ble behandlet separat. Figur 6.13 og 6.14 viser personplot med fordeling av de 29 avløpsarbeiderne ut fra det mønster som variablene danner i Figur 6.15 og 6.16.

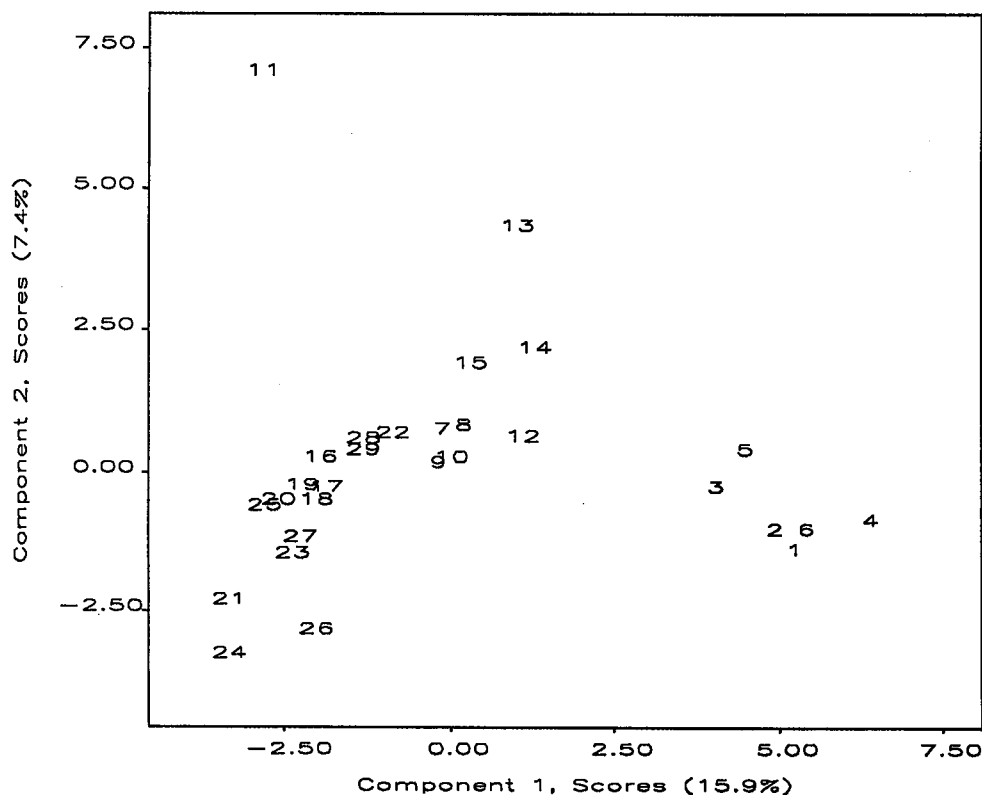
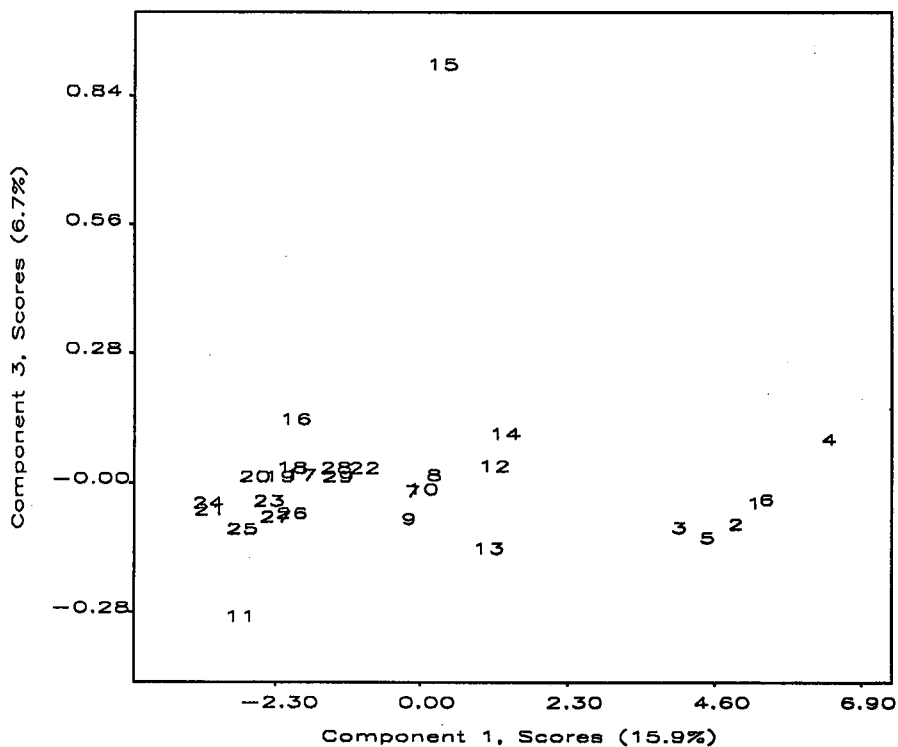
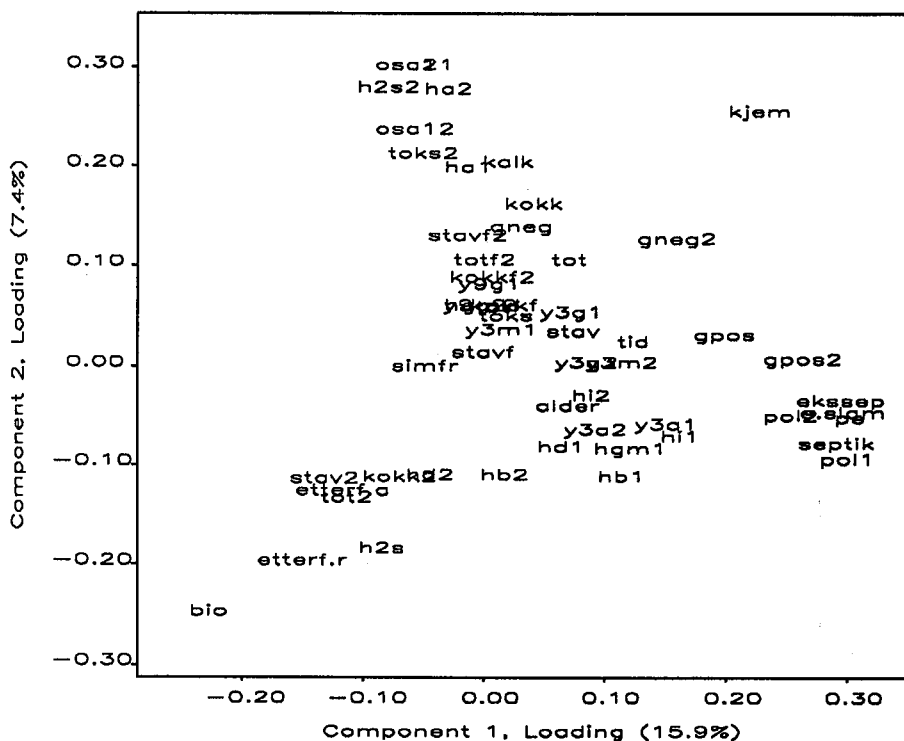


Figure 6.13 Personplot for hovedkomponent 1 og 2



Figur 6.14 Personplot for hovedkomponent 1 og 3

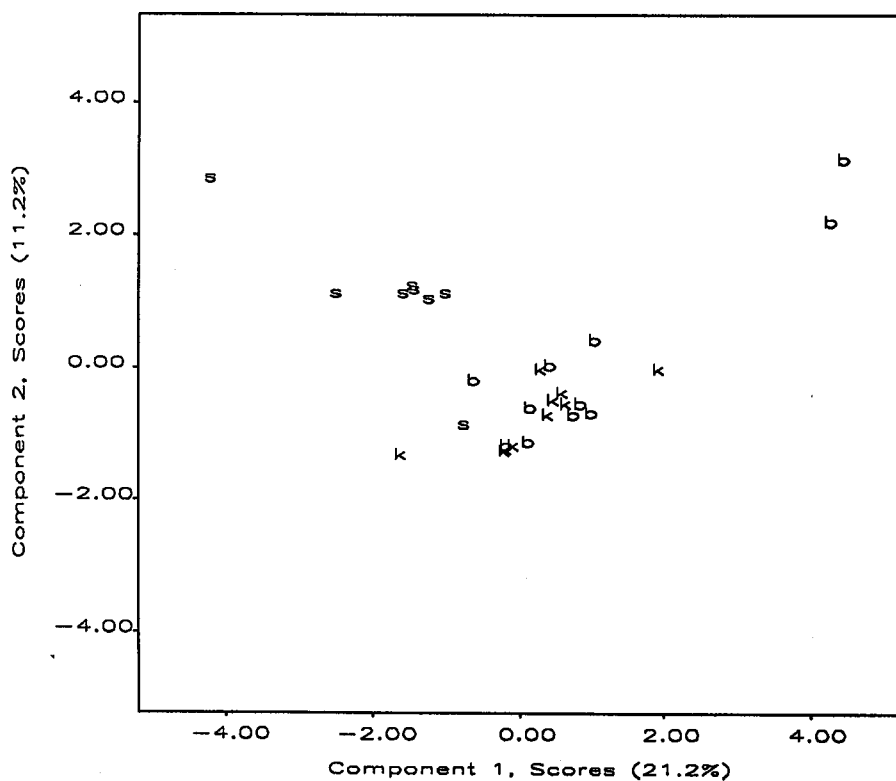


Figur 6.15 Variabelplot for hovedkomponent 1 og 2

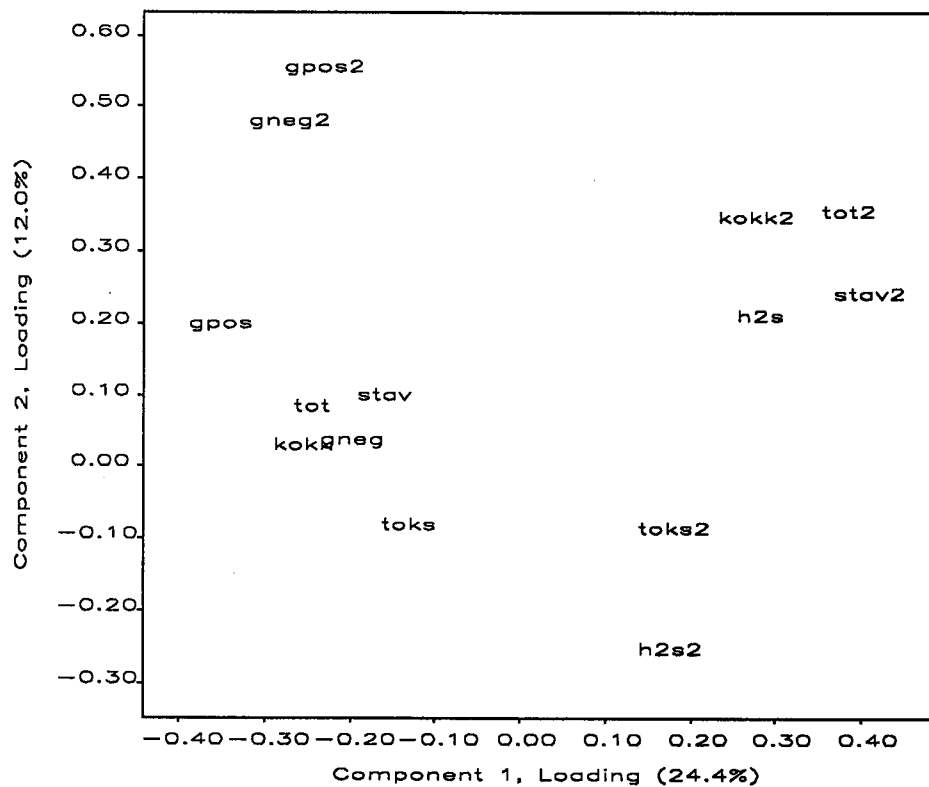
Tre personer skiller seg noe ut fra de øvrige (11, 13 og 15), og personene 1-6 danner en egen gruppe. I de tilsvarende loadingplot (Figur 6.15 og 6.16) ser vi at det er henholdsvis H₂S-eksponering og antistoffer som er karakteristisk for person 11 og 15, mens det er kalk som er karakteristisk for nr. 13. Videre

(totstav og kokk) - karakteristiske for kjemiske anlegg med septikk og slambehandling. 2. måling av bakterier (tot, stav, kokk) og endotoksin viser høyest for de biologiske anlegg. Variasjonen mellom 1. og 2. måleserie er stor. Det ble gjort en tilsvarende analyse med gjennomsnittsverdier for de to måleseriene. Tendensen til gruppering er langt svakere i dette tilfelle, noe som framgår av Figur 6.19 og 6.20. Det er flere operatører på kjemiske anlegg som har et eksponeringsmønster som likner på forholdene ved de biologiske anlegg, basert på middelverdier. Dette gjelder operatørene 7,8,9,10,12 og 14, se Figur 6.21. Disse arbeider ved Søndre Follo (7-10), Hellevik (12) og Buhrestua (14). Hvorvidt det er underliggende driftsforhold som gjør at disse operatørene er mer lik biologiske enn kjemiske operatører er ikke klarlagt.

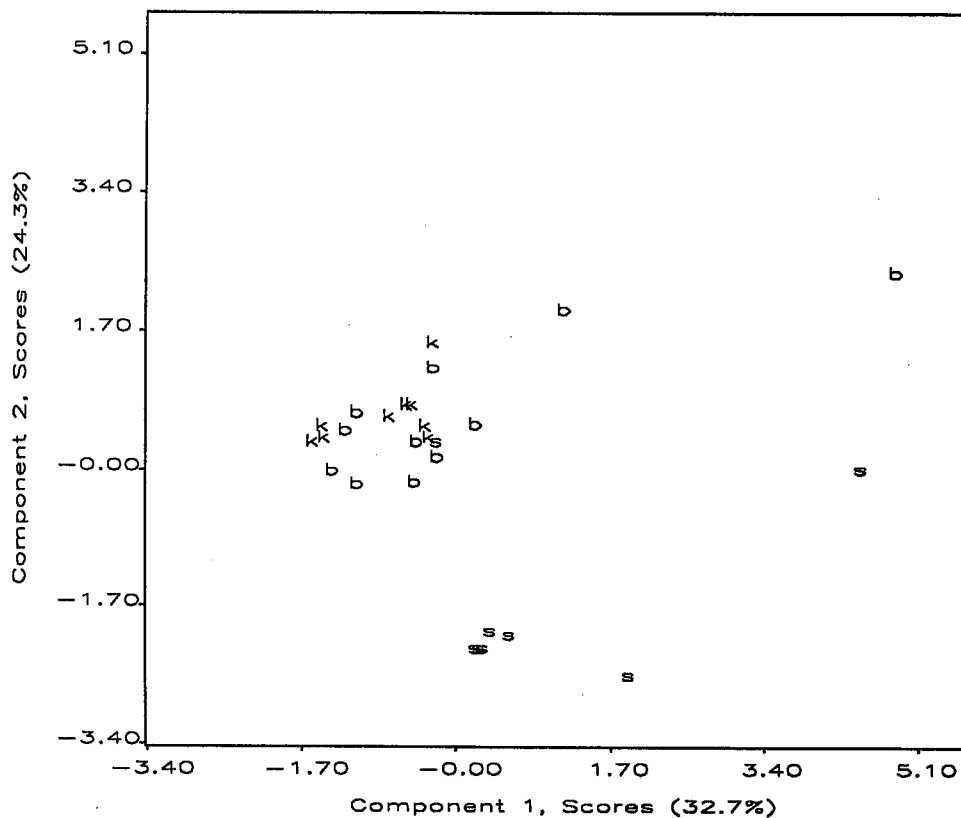
Variasjonen mellom 1. og 2. måling kan representere forskjell mellom sommer og vinter. I så fall kan arbeidsmiljøet for operatørene på de ulike anlegg variere, slik at nettopp biologiske anlegg kan "likne" de kjemiske og omvendt. Dette blir illustrert ved at de to anleggstypene i Figur 6.17 heller ikke er helt atskilt. Av Figur 6.18 ser vi at variable som tot, stav og kokk samvarierer. Det gjør også gneg og gpos, og H₂S og toks.



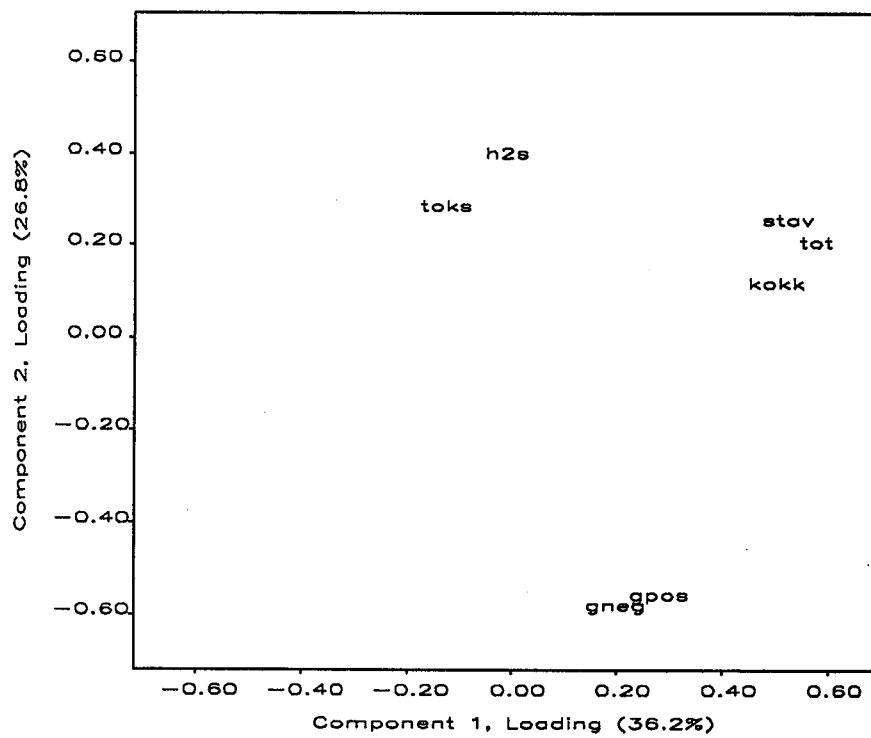
Figur 6.17 Personplot for hovedkomponent 1 og 2



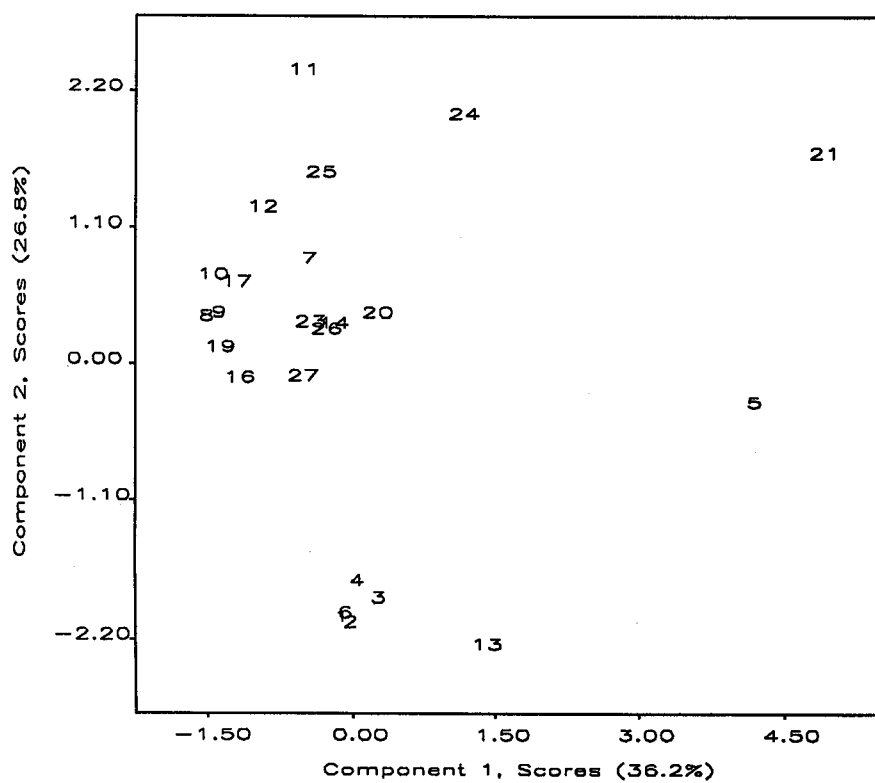
Figur 6.18 Variabelplot for hovedkomponent 1 og 2



Figur 6.19 Personplot for hovedkomponent 1 og 2 (middelværdier)



Figur 6.20 Variabelplot for hovedkomponent 1 og 2 (middelerverdier)



Figur 6.21 Personplot for hovedkomponent 1 og 2 (middelerverdier)

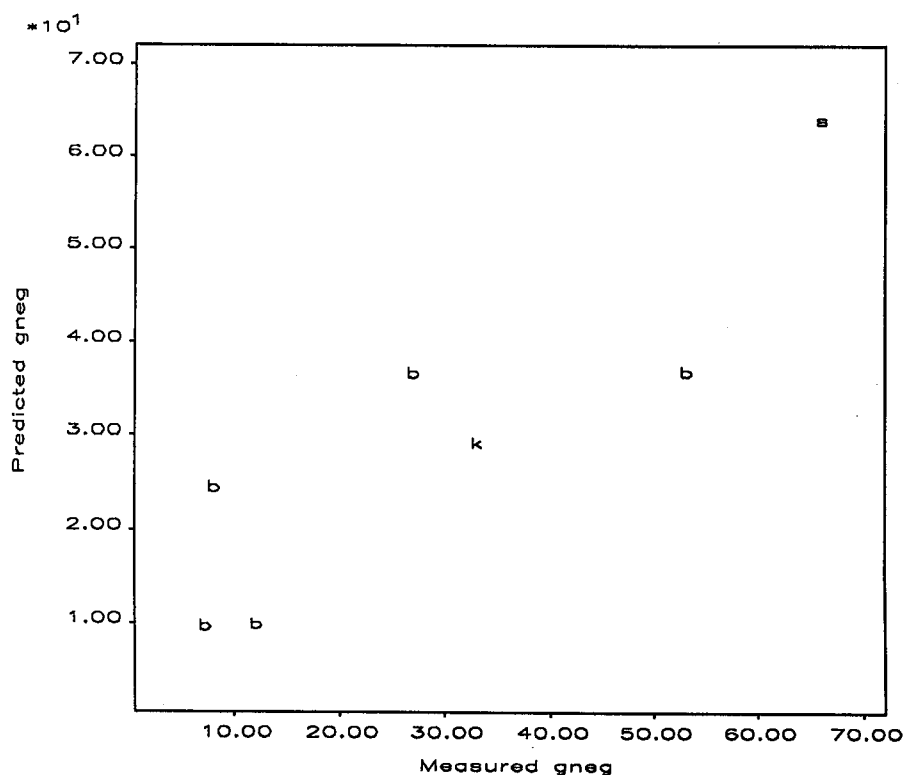
Oppsummering

Det er påvist en forskjell mellom eksponeringsforhold i biologiske anlegg og kjemiske anlegg som behandler septikk og eksternt slam.

6.3.7 Persondata - sammenheng mellom drift og eksponering

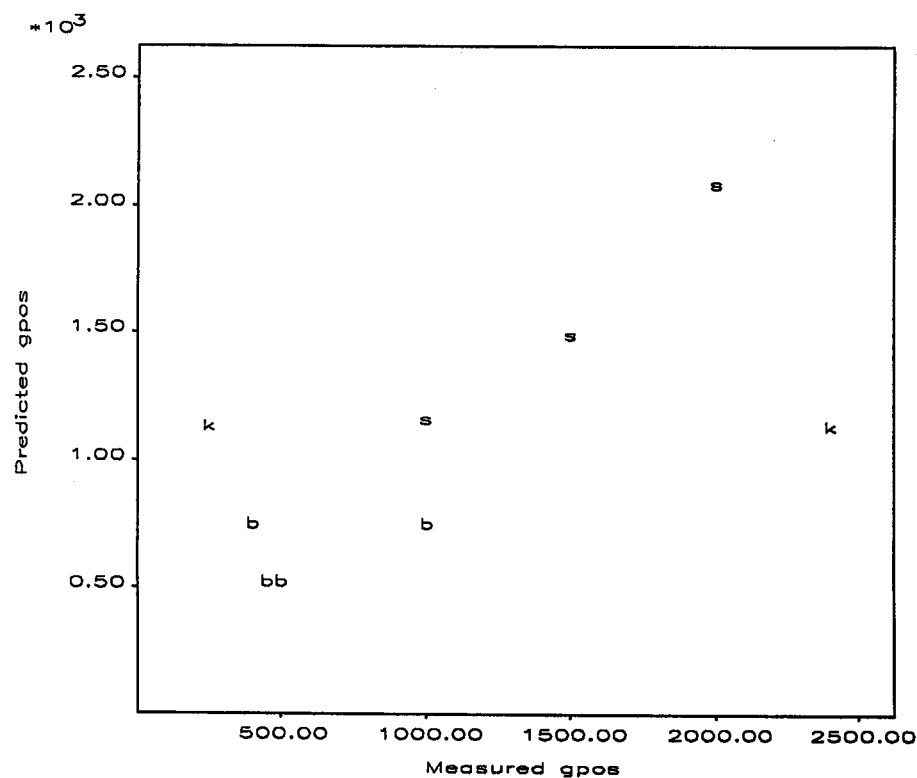
På samme måte som i avsnitt, 6.3.4, ble det utført tilsvarende analyser med personrelaterte data. Her ble eksponeringsverdier for tot, stav, kokk og toks inkludert i PLSR-modellen. I forhold til sammenhengene mellom drift og gneg og gpos vil persondataene i noen grad gi samme informasjon. På den annen side var det av interesse å studere denne representasjonen, ved at mønsteret er personbasert, samt at personbårne prøver er med.

I Figur 6.22 og 6.23 er det en rimelig god sammenheng mellom observerte (målte) og beregnede (predikerte) verdier for gpos og gneg, dvs. sommermålingene. Det betyr at de selekterte driftsparametre er egnet til å karakterisere bakterieinnholdet om sommeren, med det forbehold at det er få personer. Noen tilsvarende god sammenheng kunne ikke etableres for vintermålingene, selv om det ble observert tilsvarende tendens. Dette er i overensstemmelse med resultatene i avsnitt 6.3.4.

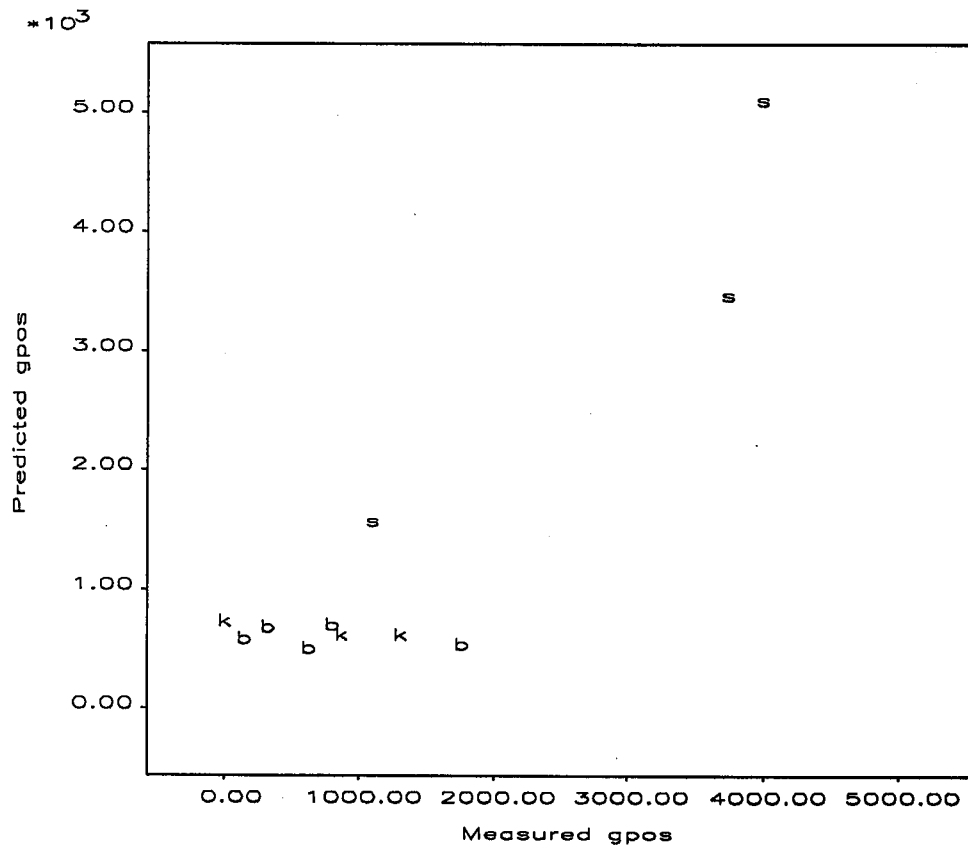


Figur 6.22 Sammenheng mellom observerte og beregnede gneg-verdier

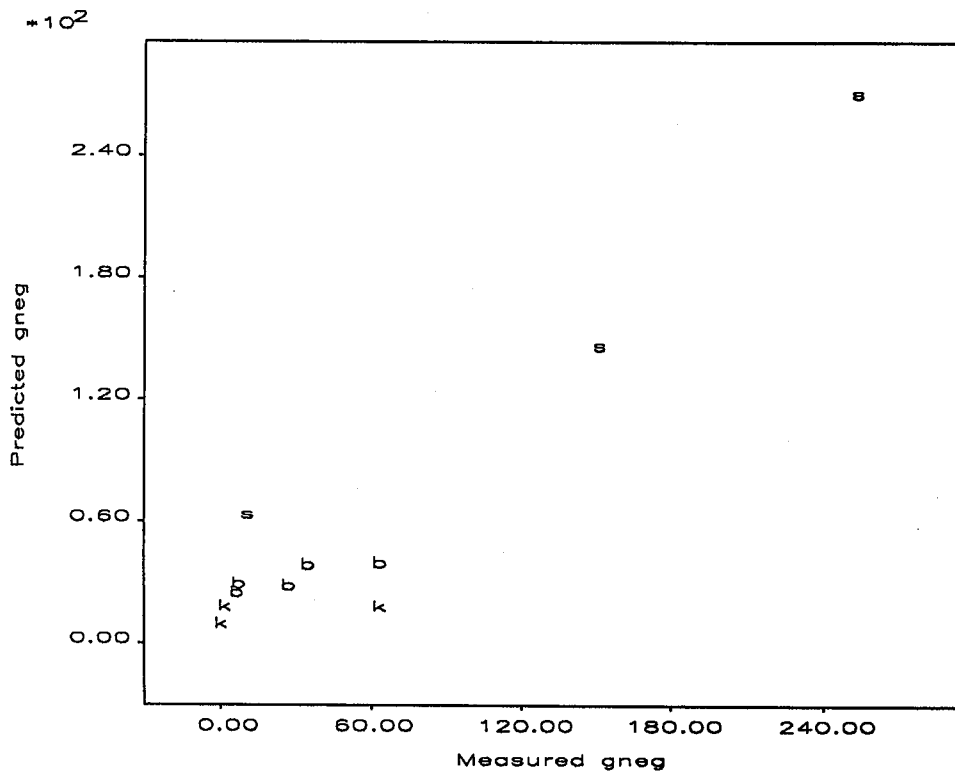
Det kunne heller ikke etableres noen sammenhenger mellom utvalgte driftsparametre og separate sommer- og vinterverdier for toksin, tot, stav eller kokk. Dette kan skyldes at driftsparametrene ikke beskriver personlig eksponering særlig godt, noe som kan henge sammen med vekslende arbeidsoppgaver for mange av avløpsarbeiderne. Dette forklarer at vi får bedre modeller med de stasjonære prøvene basert på driftsparametre. Figur 6.24-6.26 viser resultatene for middelverdiene av gneg, gpos og toksin fra sommer- og vintermålingene. Selv om det er lite data og regresjonsmodellene inneholder operatører som dominerer bildet med relativt høye eksponeringsnivåer, er det en tendens til sammenheng i figurene. Figurene indikerer et samsvar mellom målte og beregnede eksponeringsnivåer for gneg, gpos og toksin og de utvalgte driftsparametre beskriver således midlere eksponeringsforholdene på de ulike anlegg rimelig godt. Idet personlig eksponering for endotoksin ikke beskrives så godt med driftsparametre basert på separate målinger (se over), synes det å være en motsetning mellom separate og midlerer verdier for toksin. Dersom arbeidsoppgavene var mer stasjonære under vintermålingene, kan dette muligens forklare den observerte forskjell i modellkvalitet. Men for det første har vi ikke tilstrekkelig med data til å si noe sikkert om dette. Dessuten, ved at tot, stav og kokk ikke kan beskrives godt ved hjelp av driftsparametre uansett separate eller midlere verdier, må denne sammenhengen for toksin vurderes med betydelig forsiktighet.



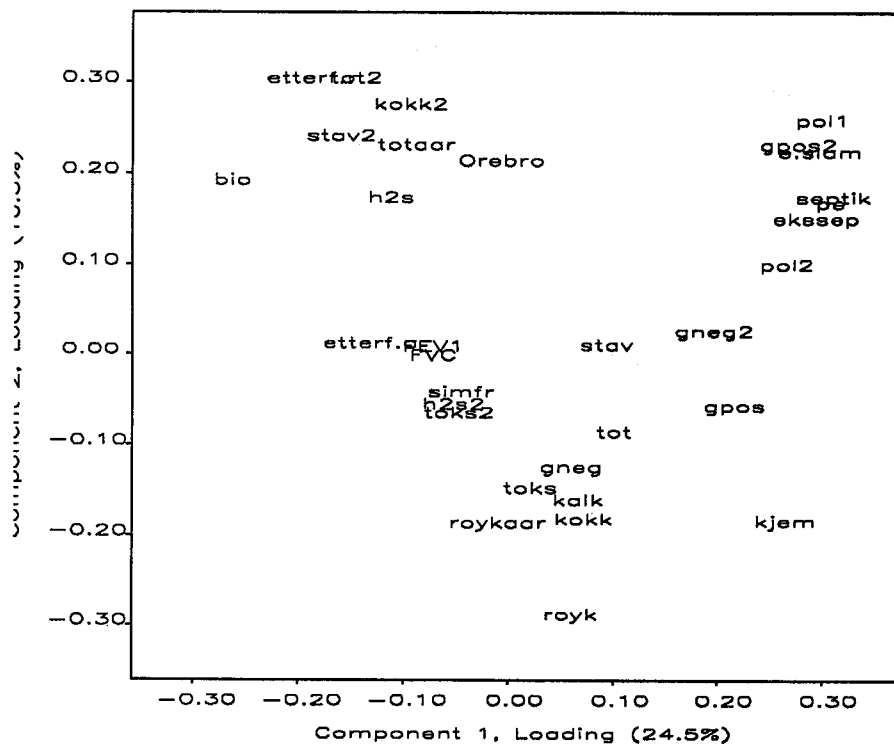
Figur 6.23 Sammenheng mellom observerte og beregnede gpos-verdier



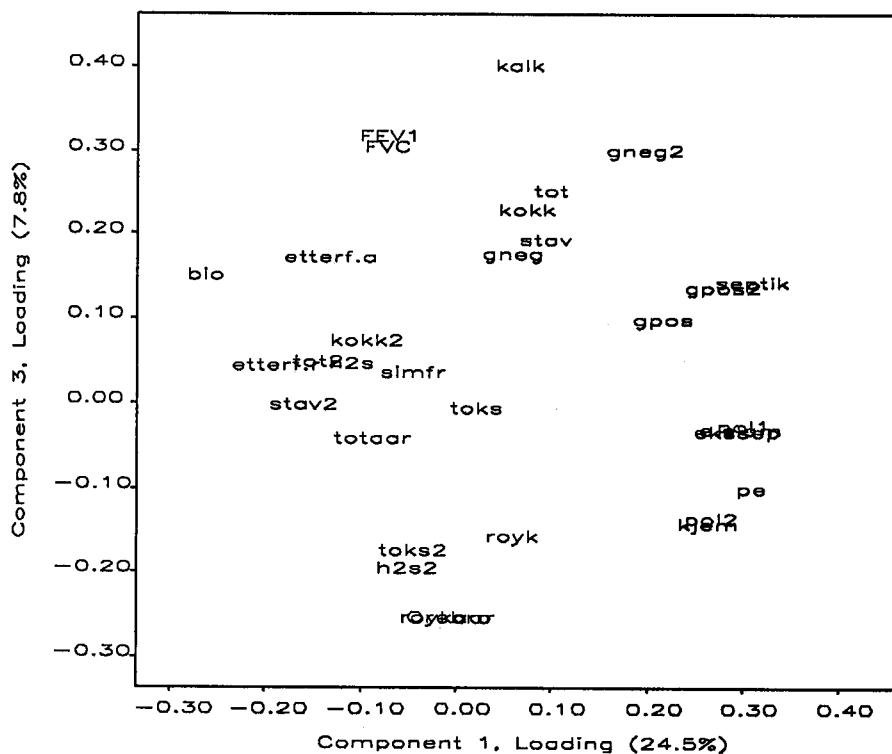
Figur 6.24 Sammenheng mellom midlere observerte og beregnede gpos-verdier



Figur 6.25 Sammenheng mellom midlere observerte og beregnede gneg-verdier



Figur 6.27 Variabelplot for hovedkomponent 1 og 2

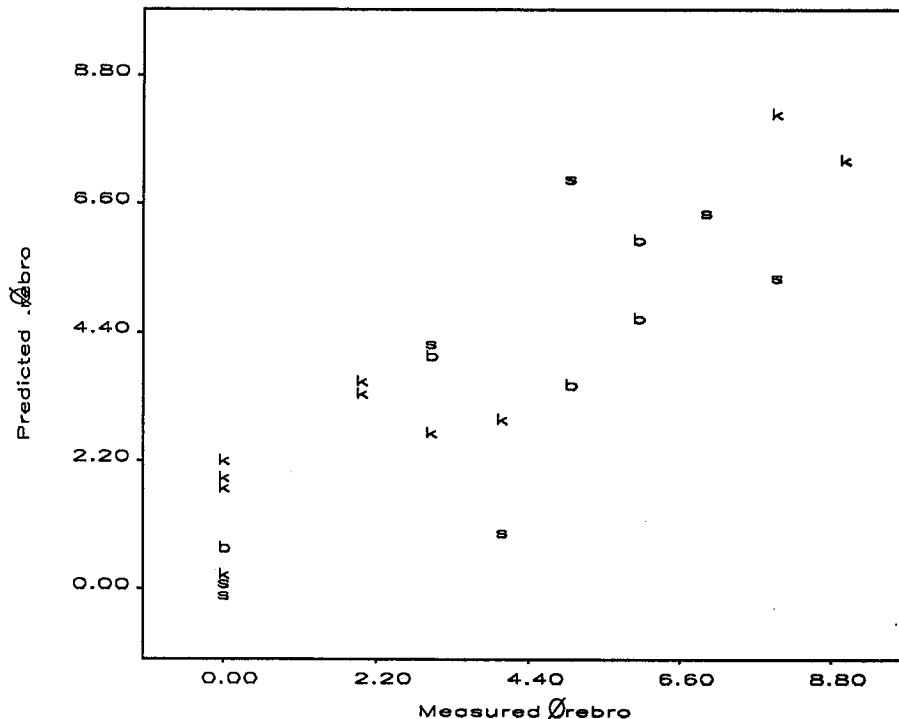


Figur 6.28 Variabelplot for hovedkomponent 1 og 3

Figur 6.27 og 6.28 viser variabelplottene der drift, eksponering og helseeffektene er inkludert. I Figur 6.27 ser vi at et JA-svar på Ørebro-skjemaet (Ørebro), samsvarer med høye bakterieverdier (2. måling av tot, stav

og kokk), samt antall år ansatt (totår). I Figur 6.28 ser vi at Ørebrosvarene også samsvarer med 2. måling av endotoksin og H_2S . FEV1/FVC er motsatt korrelert med røykevaner (røyk og Røykår).

Utover dette er det vanskelig å si noe mer om sammenheng mellom Ørebro, FEV1/FVC, drift og eksponeringsvariable. De tilsvarende personplot (score) er nær identiske med Figur 6.13 og 6.14 og blir ikke kommentert.

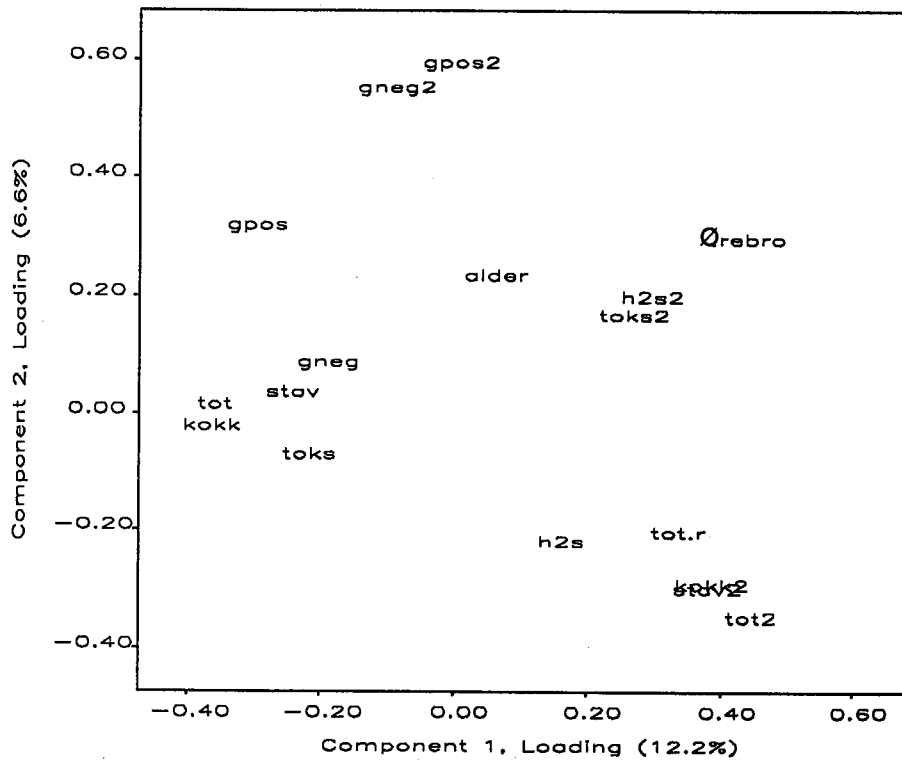


Figur 6.29 Sammenheng mellom observerte og beregnede JA-svar på Ørebro-skjemaet.

Basert på utvalgte drifts- og eksponeringsvariable ble det utført modellberegninger for å se på sammenhenger med antall JA-svar og FEV1/FVC. Modellene ble konstruert ved hjelp av PLSR-metoden for både separate (sommer og vinter) og midlere verdier av eksponeringsparametrene.

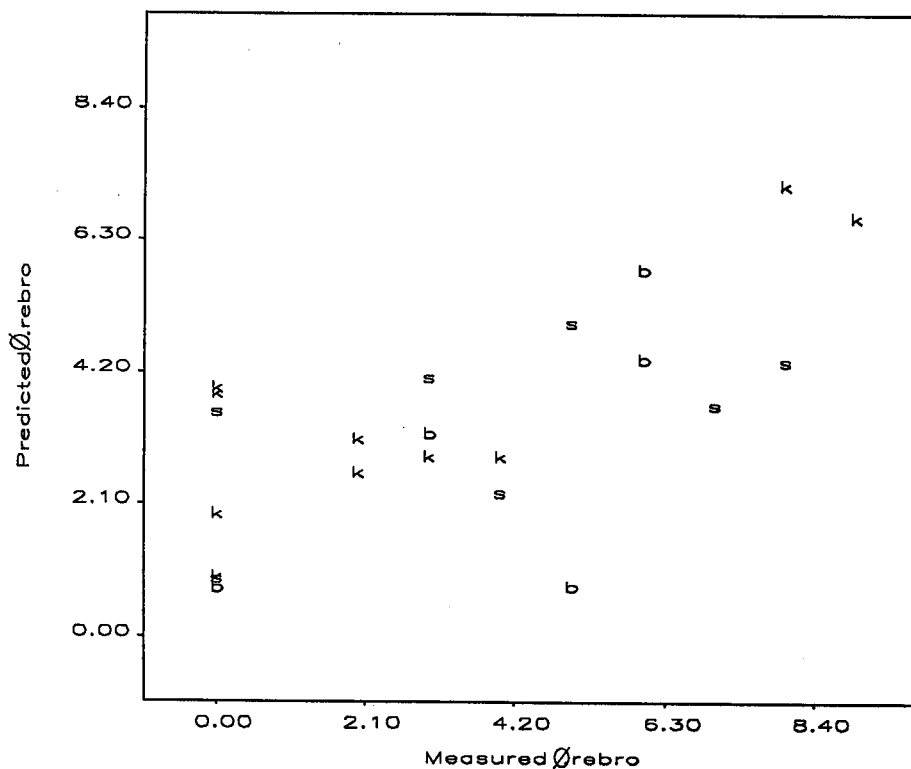
Figur 6.29 viser sammenhengen mellom de observerte og beregnede Ørebro-svar med separate sommer- og vintermålinger. b og k indikerer type anlegg (bio, kjem) som operatørene arbeider ved. Figur 6.30 viser det tilsvarende variabelplottet, der nær 70% av variansen i Ørebrosvarene blir forklart.

Her ligger Ørebro i nærheten av H_2S , noe som kan tyde på en viss sammenheng. Her er imidlertid datagrunnlaget svakt, bl.a. svært få H_2S -målinger. Imidlertid angir figuren at de som har registrert høye H_2S -verdier også har et høyt antall JA-svar.



Figur 6.30 Variabelplot for hovedkomponent 1 og 2

Fig 6.31 viser tilsvarende som Figur 6.29, men med midlere eksponeringsverdier. Samlet viser Figurene 6.29 og 6.31 at det er en sammenheng mellom eksponering og antall JA-svar i Ørebro-skjemaet.



Figur 6.31 Sammenheng mellom observerte og beregnede JA-svar på Ørebro-skjemaet (middelværdier)

Det foreligger ingen sikker dokumentasjon på at de målte eksponeringsparametre gir de symptomer som fanges opp av Ørebroskjemaet. Derfor er det et spørsmål hvorvidt de målte variable er den egentlige årsak til Ørebrosvarene. En mulighet er at de målte eksponeringsparametrene er indikatorer for et miljø der det er andre faktorer som gir opphav til de registrerte symptomer. Selv om det er registrert en svak sammenheng mellom H₂S og Ørebroverdiene, se over, er det bakterieverdiene som er viktigst for modellene. I begge figurene ser vi at enkelte operatører skulle ha "fremvist" flere symptomer. Forklaringen på dette kan være biologisk variasjon og variabel predisponering i forhold til de symptomer som fanges opp av Ørebroskjemaet. Tilsvarende modeller inkludert drift og modeller for spirometriverdiene kunne ikke etableres.

Oppsummering:

Det er funnet en sammenheng mellom de målte eksponeringsparametre og antall JA-svar på Ørebroskjemaet.

LITTERATUR

- Baird, J.B., Berglund, U., Nicander-Bredberg, H. and Noma, E. *Distinguishing between healthy and sick preschools by chemical classification*. *Env. Int.* 13,167-174 (1987)
- Heldal, K., Skogstad, A., Eduard, E., Barstad, H., Tynes, T., Tvedt, B., Melbostad, E., Bye, E., Sandven, P. og Lassen, J.: *Helse- og arbeidsforhold ved behandling av kommunalt avløpsvann*. HD 997/89 FoU, Statens arbeidsmiljøinstitutt (1989).
- Martens, H. and Næss, T. *Multivariate calibration*. John Wiley & Sons, New York (1989).
- Massart, D.L., Vandeginste, B.G.M., Deming, S.N., Michette, Y. and Kauman, L. *Chemometrics: A textbook*. Elsevier, Amsterdam (1988).
- Sharaf, M.A., Illman, D.L., and Kowalski, B.R. *Chemometrics, Chemical Analysis*, Vol. 82 (1986).
- SIRIUS. Vers. 2.2, Pattern Recognition Systems Ltd., Bergen (1990).
- Ulfvarsson, U. og Wold, S. *Gruppering med datorprogrammet Clustan av luftföroreningskoncentrationsdata från svetsning*. *Arbete och Hälsa*. 5 (1982).
- Wold, S., Albano, C., Dunn, W.J. III, Esbensen, K. Hellberg, S. Johansson, E. and Sjöström. *Pattern recognition: Finding and using regularities in multivariate data*. In: Martens, H. and Russwurm, H. jr. (eds.), *Food research and data analysis*. Applied Science Publ., London, s. 147-188 (1983).

7 Sammenheng mellom eksponering og symptomer

av Wijnand Eduard og Erik Melbostad

7.1 INNLEDNING

I flere undersøkelser er det rapportert at uspesifikke symptomer som hodepine, tretthet, irritasjon av øyne og hals, kvalme og diare forekommer hyppigere hos avløpsarbeidere enn hos andre arbeidstakere (Andersen et al, 1976; Lundholm and Rylander, 1983; Clark, 1984; Scarlett-Kranz et al, 1987). Liknende symptomer ble også funnet i denne undersøkelsen og hodepine og tretthet ble rapportert hyppigst, se kapittel 2. Sammenhengen mellom eksponering og forekomst av slike helseeffekter er imidlertid ikke rapportert tidligere og for å undersøke dette ble symptomene registrert i forbindelse med eksponeringsmålingene.

7.2 EKSPONERING OG SYMPTOMER

For å få med flest mulig personer ble resultater fra vinterkartleggingen fra 21 personer benyttet sammen med resultater fra sommerkartleggingen for 3 av personene som ikke var med under vinterkartleggingen, ialt 24 personer. Følgende opplysninger ble benyttet i analysen:

- *symptomer under eller etter arbeid ved besvarelse av et spørreskjema dagen etter eksponeringsmåling*
- *eksponering for totalantall bakterier, kuleformete og stavformete bakterier, endotoksin og hydrogensulfid, målt med personbårne prøver*
- *alder*
- *røyking*

Symptomer som ble rapportert av 4 eller flere av 24 avløpsarbeidere ble brukt i analysen. Ved flere ja-svar alternativer ble disse slått sammen. Eksponeringsnivået hos avløpsarbeidere med symptomer ble sammenlignet med eksponeringsnivået hos avløpsarbeidere som ikke rapporterte symptomer. I dataanalysen ble det benyttet ikke-parametriske metoder fordi måleresultatene var langt fra normal-fordelte. Betydningen av alder og røyking ble undersøkt ved å se på sammenhengen mellom røyking og alder med henholdsvis eksponeringsvariablene og symptomene.

Opplevelse av å være utsatt for gass og ubehagelig lukt ble også registrert i forbindelse med de personbårne målingene. Dette er et upresist mål på eksponering som må tolkes med varsomhet, fordi det er mulig at personer som har opplevd plager lettere vil rapportere gass og ubehagelig lukt under arbeid. Det ble undersøkt om opplevelse av gass og ubehagelig lukt under arbeid hadde sammenheng med målt eksponering og med rapporterte symptomer.

7.3 RESULTATER

Forekomsten av symptomer i tilknytning til eksponeringsmålinger er satt opp i tabell 7.1 og 7.2.

Tabell 7.1. Symptomer på dager med eksponeringsmålinger

Symptom	Andel med plager					
	Sommer (antall målinger=18)			Vinter (antall målinger=22)		
	Ja, meget %	Ja, litt %	Nei %	Ja, meget %	Ja, litt %	Nei %
Ubegag i halsen	11	6	83	0	36	64
Ubegag i nesen	0	28	72	0	27	73
Ubegag i øynene	6	39	56	9	14	77
Tørrhoste	11	11	78	5	18	77
Hoste med oppspytt	6	11	83	0	18	82
Tetthet i brystet	6	11	83	0	14	86
Langvarig tungpust	0	6	94	0	9	91
Anfall av tungpust	6	11	83	5	18	77
Smerte i brystet	0	6	94	0	9	91
Piping i brystet	0	22	78	5	14	82
Hodepine	11	39	50	5	46	50
Svimmelhet	0	28	72	0	27	73
Tretthet	11	44	44	18	41	41
Dårlig appetitt	0	6	94	0	9	91
Kvalme	0	11	89	5	18	77
Oppkast	0	0	100	0	0	100
Diaré	0	17	83	5	9	86

Tabell 7.2 **Symptomer etter arbeidsdagens slutt på dager med eksponeringsmålinger**

Symptom	Andel med plager			
	Sommer (antall=18)		Vinter (antall=22)	
	Ja %	Nei %	Ja %	Nei %
Ubehag i hals	0	100	5	95
Ubehag i nese	0	100	0	100
Ubehag i øyne	11	89	5	95
Tørrhoste	0	100	0	100
Hoste med oppspytt	11	89	9	91
Tetthet i brystet	0	100	5	95
Langvarig tung pust	0	100	0	100
Anfall med tung pust	0	100	0	100
Smerter i brystet	0	100	0	100
Piping i brystet	6	94	0	100
Hodepine	28	72	36	64
Svimmelhet	6	94	9	91
Tretthet	28	72	32	68
Dårlig appetitt	0	100	0	100
Kvalme	6	94	18	82
Oppkast	0	100	0	100
Diaré	0	100	14	86

Eksponeringsnivået ved personbårne målinger går frem av tabell 7.3.

Tabell 7.3. Eksponeringsnivå av avløpsarbeidere for endotoksin, bakterier og hydrogen sulfid (24 målinger).

Eksposering	Eksponeringsnivå	Eksponeringsnivå	
		Median	Range
Endotoksin,	ng m ⁻³	30	0 - 370
Total-bakterier,	10 ³ m ⁻³	520	0 - 9500
Kuleformete bakterier,	10 ³ m ⁻³	300	0 - 6900
Stavformete bakterier,	10 ³ m ⁻³	81	0 - 430
Hydrogen sulfid,	ppm	<1	<1*

*kortvarig eksponering for henholdsvis 3, 12 og 45 ppm forekom ved 3 målinger

Det ble ikke påvist noen sammenheng emllom eksponering for endotoksin og eksponering for total-, kuleformete, stavformete bakterier og hydrogen sulfid ($r^2 = 0.00, 0.03, 0.02$ og 0.03). Det var en viss korrelasjon mellom kuleformete og stavformete bakterier ($r^2 = 0.16$) samt en klar korrelasjon mellom totalantall bakterier og henholdsvis kuleformete og stavformete bakterier ($r^2 = 0.76$ og $0,64$).

Eksponeringsnivå hos avløpsarbeidere som rapporterer symptomer og hos de som ikke gjør det går frem av tabell 7.4. Resultatene for hydrogensulfid ble utelatt fordi det sjeldent ble målt verdier over deteksjonsgrensen.

Eksposering for totalantall og de stavformete bakterier var høyere hos avløpsarbeidere som rapporterer symptomer enn hos de som ikke rapporterer symptom på måledagen. Sammenhengen var signifikant for totalantall bakterier og hodepine under arbeid, stavformete bakterier og hodepine under arbeid og stavformete bakterier og tretthet etter arbeid. Sammenhengen mellom symptomer og eksponering for stavformete bakterier er vist i figur 7.1. og 7.2. Sammenhengen mellom symptomer og endotoksinnivå er ikke så klar som for bakterier, men er sterkest for hodepine, svimmelhet og tretthet på arbeidsdagen, se figur 7.3 og 7.4. Alle avløpsarbeidere som var eksponert for

minst 6×10^5 stavformete bakterier m^{-3} rapporterte hodepine og tretthet under arbeid, men symptomene vedvarte ikke etter arbeid hos alle.

Effekten av forskjeller i alder og røykevaner på de sammenhenger som ble funnet, ble undersøkt nærmere. De sammenheng som ble funnet var lite påvirket av forskjeller i røykevaner og alder.

Ubehagelig lukt under arbeid ble rapportert av 62% av avløpsarbeiderne. 93% av avløpsarbeiderne som rapporterte ubehagelig lukt rapporterte også tretthet under arbeid, mens 33% som ikke rapporterte eksponering for ubehagelig lukt gjorde dette. Denne forskjellen er signifikant (Fishers eksakte test, $p < 0,01$). Eksponering for stavformete bakterier var høyere for avløpsarbeidere som rapporterte ubehagelig lukt, men forskjellen var ikke statistisk signifikant.

7.4 DISKUSJON

For de avløpsarbeidere som rapporterte symptomer under og etter arbeidsdagen ble det målt høyere eksponering for stavformete og totalantall bakterier, sammenliknet med avløpsarbeidere som ikke rapporterte tilsvarende symptomer. Disse symptomene var fra luftveiene, hodepine, tretthet og kvalme. Det er funnet tidligere sammenheng mellom eksponering for endotoksin og feber, luftveissymptomer og endringer i lungefunksjon i bomullsfabrikker (Rylander et al, 1983). Nivået av endotoksin i denne undersøkelse var lavere enn nivåer som er funnet i bomullsfabrikker hvilket kan forklare hvorfor ingen klare sammenhenger mellom symptomer og endotoksin ble funnet i denne undersøkelse. Der er lite sannsynlig at eksponering for hydrogensulfid kan være årsak til disse symptomer.

Derimot ble det funnet en sammenheng mellom eksponering for totalantall og stavformete bakterier og hodepine under arbeid og mellom stavformete bakterier og tretthet etter arbeid som kan tenkes forårsaket av stavformete bakterier eller en faktor som har direkte sammenheng med eksponering for disse bakterier. Det er også indikasjoner på at symptomer fra luftveiene og mave-tarm systemet har sammenheng med eksponering for stavformete bakterier.

Ubehagelig lukt representerer antagelig ikke et helseproblem, men må likevel oppfattes som en arbeidsmiljøbelastning når det rapporteres såpass ofte. Idet det også ble påvist en sammenheng mellom tretthet og eksponering for stavformede bakterier, kan dette være en indikasjon på at eksponering for slike bakterier henger sammen med ubehagelig lukt. Dette kunne ikke bekreftes ved direkte sammenlikning, men kan være til hjelp ved undersøkelser av kilden til eksponering for stavformede bakterier. Videre studier er nødvendig for å avgjøre hvorvidt det er noen sikker sammenheng mellom vond lukt, eksponering for bakterier og symptomer som f.eks. tretthet.

Tabell 7.4. Eksponering for endotoksin, totalantall, kuleformete og stavformete bakterier hos avløpsarbeidere med og uten symptomer.

(Bare symptomer som rapporteres av minst 4 av 24 avløpsarbeidere er angitt.)

Symptom	svar	Eksponeringsnivå							
		Endotoksin		Totalantall bakterier		Kuleformete bakterier		Stavformete bakterier	
		N ^A	median ^B	N	median ^C	N	median ^C	N	median ^C
Irritasjon i øyne	nei	16	31	17	380	17	290	17	55
	ja	7	17	7	1100	7	460	7	430
Irritasjon i nesen	nei	18	26	19	510	19	300	19	55
	ja	5	33	5	1100	5	290	5	360
Hoste med oppspytt	nei	17	33	18	430	18	280	18	66
	ja	4	17	4	840	4	370	4	560
Piping i brystet	nei	17	33	18	520	18	300	18	81
	ja	4	17	4	890	4	370	4	530
Anfall av tungpust	nei	18	26	18	360	18	280	18	70
	ja	4	70	6	760	6	440	6	510
Hodepine	nei	12	19	12	270	12	230	12	44
	ja	11	59	12	1000 ^D	12	270	12	850*
Svimmelhet	nei	17	22	17	380	17	290	17	84
	ja	6	55	7	530	7	440	7	78
Tretthet	nei	9	17	9	330	9	300	9	45
	ja	14	31	15	1000	15	290	15	360
Kvalme	nei	18	31	31	510	31	300	31	78
	ja	5	16	16	1000	16	190	16	940

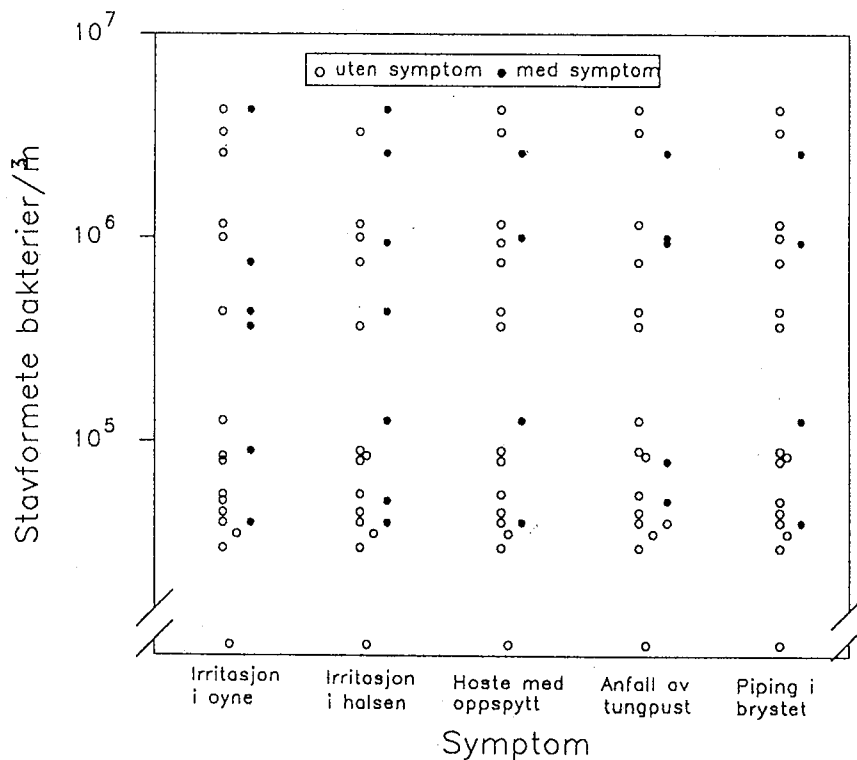
^Aantall avløpsarbeidere ^Bng/m³ ^C10³/m³ ^DWilcoxon-Mann-Whitney test, p < 0,05

Tabell 7.4 forts.

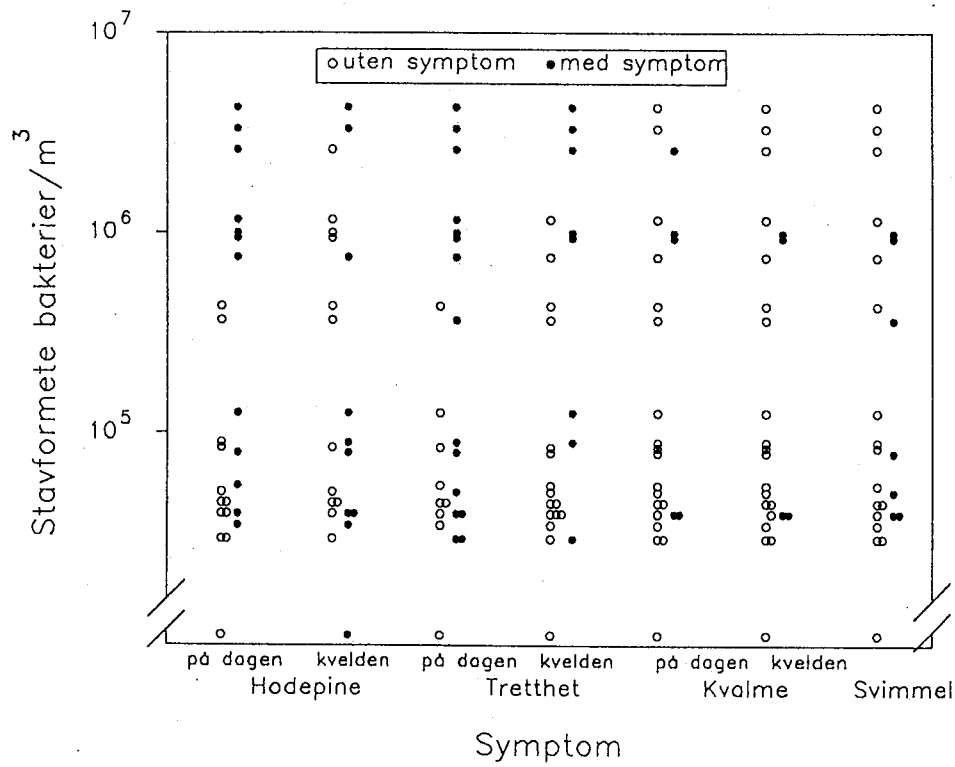
Etter arbeidsdagens slutt

Symptom	svar	Eksponeeringsnivå							
		Endotoksin		Totalantal bakterier		Kuleformete bakterier		Stavformete bakterier	
		N ^A	median ^B	N	median ^C	N	median ^C	N	median ^C
Hodepine	nei	12	35	12	1000	12	360	12	220
	ja	9	20	10	500	10	300	10	83
Tretthet	nei	15	33	16	410	16	300	16	48
	ja	8	25	8	1100	8	260	8	970*
Kvalme	nei	19	30	20	520	20	300	20	81
	ja	4	43	4	740	4	180	4	490

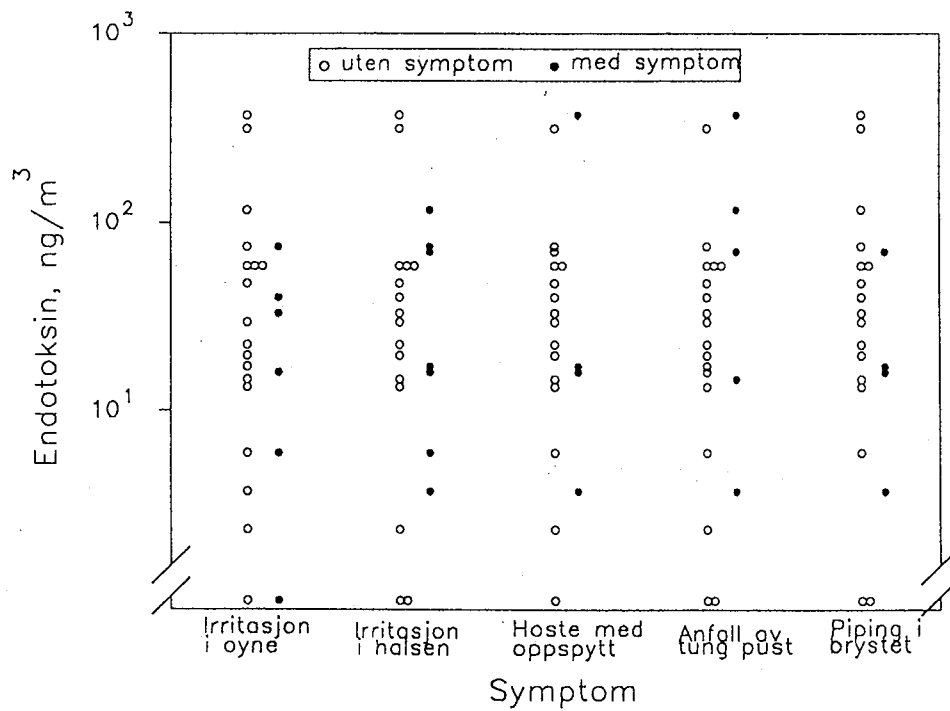
^Aantall avløpsarbeidere ^Bng/m³ ^C10³/m³ ^DWilcoxon-Mann-Whitney test, p < 0,05



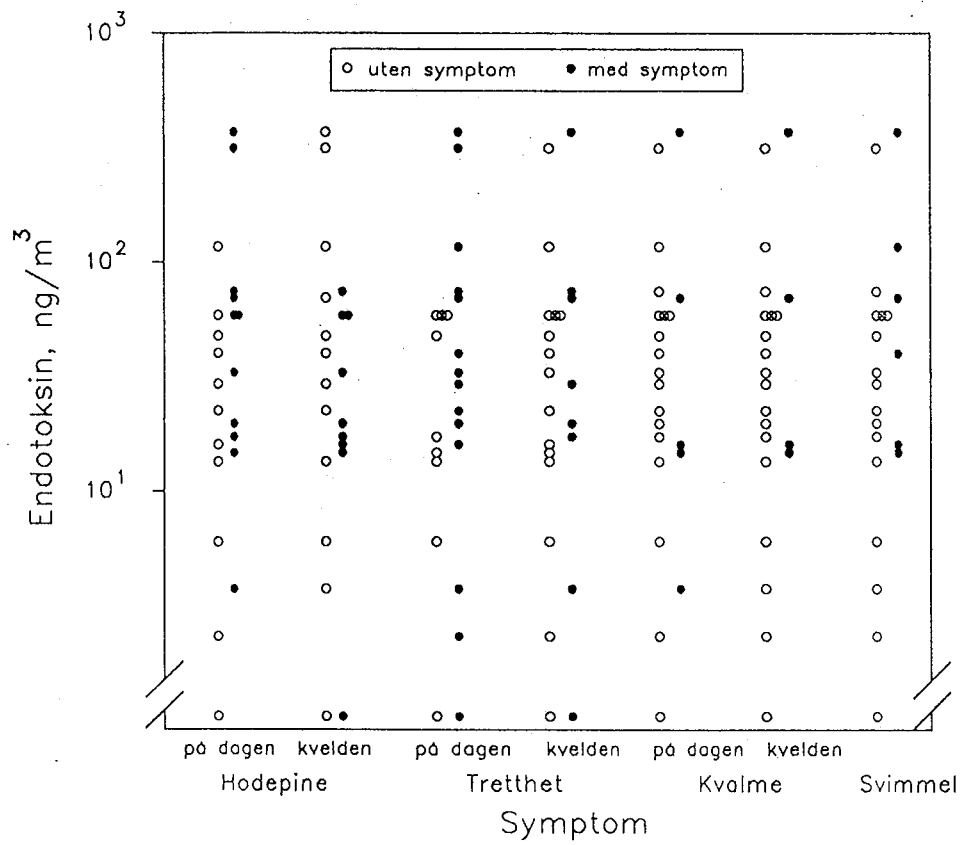
Figur 7.1 Eksponeering for stavformede bakterier hos avløpsarbeidere med og uten symptomer fra øyne og luftveier.



Figur 7.2 Eksponering for stavformede bakterier hos avløpsarbeidere med og uten hodepine, trethet og svimmelhet



Figur 7.3 Eksponering for endotoksin hos avløpsarbeidere med og uten symptomer fra øyne og luftveier.



Figur 7.4 Eksponering for endotoksin hos avløpsarbeider med og uten hodepine, tretthet, kvalme og svimmelhet.

LITTERATUR

Andersen JM, Egsmose L, Egsmose T (1976): *Kloakk-arbejder rapporten*. FADL's Forlag a-s, København.

Clark CS (1984): *Health effects associated with wastewater treatment and disposal*. J WPCF 56:625-627.

Lundholm M, Rylander R (1983): *Work related symptoms among sewage workers*. Brit J Ind Med 40:325-329.

Palmgren U, Ström G, Blomquist G, Malmberg P (1986): *Collection of airborne micro-organisms on Nuclepore filters, estimation and analysis - CAMNEA method*. J Appl Bact 61:401-6

Rylander R, Haglind P, Lundholm M (1983): *Reactions during work shift among cotton mill workers*. Chest 84:403-407.

Scarlett-Kranx JM, Babish JG, Strickland D, Lisk D (1987): *Health among sewage and water treatment workers*. Toxicol Ind Health 3:311-319.

Vedlegg

Spørreskjema

	Ja	Årstall	Kryss av hvis du mener det er sammenheng med arbeidsmiljøet
Psykiske problemer	<input type="checkbox"/>	_____	<input type="checkbox"/>
Redusert hørsel	<input type="checkbox"/>	_____	<input type="checkbox"/>
Øyesykdommer	<input type="checkbox"/>	_____	<input type="checkbox"/>
Nakkeplager	<input type="checkbox"/>	_____	<input type="checkbox"/>
Skulderplager	<input type="checkbox"/>	_____	<input type="checkbox"/>
Smertes i armene	<input type="checkbox"/>	_____	<input type="checkbox"/>
Ryggplager	<input type="checkbox"/>	_____	<input type="checkbox"/>
Hodepine	<input type="checkbox"/>	_____	<input type="checkbox"/>
Gulsott	<input type="checkbox"/>	_____	<input type="checkbox"/>
Andre sykdommer/plager	<input type="checkbox"/>	_____	<input type="checkbox"/>
Hvilke?		_____	
Har du hatt hodeskade med bevisstløshet?			
Hvis ja når: 19 19 19			
Beskriv hodeskaden nærmere (bevisstløs, hukommelsestap):			
	Ja	Nei	Vet ikke
Har du vært plaget av allergi:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Hvis ja, hav er du allergisk mot?			
Pollen fra: bjørk	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
gress	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
burot	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Husstøvmidd	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Dyr	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Hvilket dyr?.....			
Har du kontakt med slike dyr?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Annet:			

Hvilke plager får du ved allergi?

Kløende øyne, rennende nese

Astma

Elveblest

Eksem

Annet:

Ja

Nei

Ja

Nei

Har du vært allergitestet noen gang?

Ja

Nei

Vet ikke

Er du blitt vaksinert i militærtjenesten?

Er du blitt vaksinert etter militærtjenesten?

Hvis ja, hvilke vaksiner?

.....

SPØRSMÅL OM EVENTUELL GASS-EKSPONERING I ARBEIDET

Har du noen kommentarer om gass eller sjenerende lukt, så skriv her:

I hvilke situasjoner oppstår sjenerende gass/luft?

Hvilke plager har du hatt i forbindelse med dette?

Hvilke plager har du eventuelt fått?

.....

Har du noen gang vært så kraig påvirket av gass at du ikke har kunnet arbeide resten av dagen?

Ja

Nei

Har du noen gang bøvmt på grunn av gass

Har du kontaktet lege på grunn av gassforgiftning?

Har du vært innlagt på sykehus for gassforgiftning?

Hva slags arbeid utførte du da du ble forgiftet?

SPØRSMÅL OM HUDPLAGER I FORBINDELSE MED ARBEIDET

Har i nåværende arbeid vært plaget av:

- | | | |
|-----------------|--------------------------|--------------------------|
| Tørr hud | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Eksem | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Byller | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Kviser | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Andre hudplager | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

Beskriv.....
.....

Får du ofte sår?

- Hvis ja:
- | | | |
|-------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Gror sårene uvanlig langsomt? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Får du ofte sårbetennelse? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

SPØRSMÅL OM ALKOHOLVANER:

Har du i løpet av de siste 12 måneder
drukket øl/vin/brennevin?

- mer enn 3 2-3 1-2 mindre enn 1

Alkoholmengde måles gjerne i alkoholenheter.
En enhet svarer til 1/2 flaske pils, 1 glass vin,
1 lite glass hetvin eller en drink med brennevin.

Hvor mange alkoholenheter drikker du i gjennomsnitt pr. gang?

- mer enn 10 5-10 2-5 mindre enn 2

Her kommer spørsmål om plager som kan settes i forbindelse med arbeidet uten at det behøver å være noen årssaksammenheng.
Har du i forbindelse med arbeidet hatt følgende plager?

	Nei	Ja, årlig/ få ganger pr. år	Ja månedlig/ hver måned	Ja, ukjentlig/ hver uke	Ja, daglig
1. Såre, røde øyne	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2 a. Nysing	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2 b. Tett nese	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Rennende nese	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. Sår hals	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. Tørrhoste	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. Hoste med oppspytt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. Tøtthet piping i brystet	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8. Anfall av tung pust	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9. Feber om kvelden og natten, som er over neste dag	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10. Muskel- og leddsmerter	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11. Hodepine	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12. Svimmelhet	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13. Tretthet	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

	Nei	Ja, årlig/ få ganger pr. år	Ja, månedlig/ hver måned	Ja, ukentlig/ hver uke	Ja, daglig
--	-----	-----------------------------------	-----------------------------	---------------------------	---------------

- | | | | | | |
|----------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 14. Dårlig appetitt | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 15. Kvalme | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 16. Oppkast | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 17. Magesmerter | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 18. Diare, løs
avføring | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 19. Andre plager | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

Beskriv:

- | | | |
|--|--------------------------------|---------------------------------|
| 20. Tror du noen av plagene har sammenheng med spesielle arbeidsoperasjoner? | Ja
<input type="checkbox"/> | Nei
<input type="checkbox"/> |
|--|--------------------------------|---------------------------------|

Hvis ja, se vedlagte flytskjema for ditt anlegg på neste side, merk av på skjemaet de steder der du har plager i arbeidssituasjonen, skriv hvilke plager, og hvilket arbeid som gir deg plagene. Nummerer fra 1 og oppover på flytskjemaet, bruk samme nummer i beskrivelsen nedenfor:

Hvilke plager:	Hvilket arbeid:

21. Hvilke plager under arbeidet er de viktigste, skriv:

Når kommer disse plagene i forhold til arbeidet, kryss i riktig rute, eller beskriv:

Kommer i løpet av arbeidsdagen

Etter arbeidstid

Etter helger

I ferier

Etter ferier

Annet, skriv:

PLAGER FRA LUFTVEIENE

- | | JA | NEI | |
|---|---|--|---------------------------------|
| 1. Hoster eller harker (kremtør) du vanligvis om morgenen? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| 2. Hoster du vanligvis ellers om dagen? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| 3. Har du vanligvis oppspytt når du hoster eller harker? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| 4.. Hoster du daglig tilsammen 3 måneder eller lenger i løpet av et år? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| 5. Har du i løpet av de siste par årene i forbindelse med forkjølelse hatt hoste og/eller oppspytt som har vart mer enn 3 uker? | EN GANG
<input type="checkbox"/> | FLERE
<input type="checkbox"/> | |
| 6. Blir du mer tungpusten (andpusten) enn jevnaldrende når du går i motbakker? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| 7. Blir du tungpusten når du går opp 2 etasjer i vanlig fart? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| 8. Blir du tungpusten når du går med vanlig fart på flat mark? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| 9. Blir du tungpusten når du sitter i ro? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| 10. Hender det at du får anfall av tung pust? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| 11. Har du noen gang hatt piping (pipelyd) i brystet? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| 12. Er du tett i brystet/pusten om morgenen? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| 13. Blir du tett i brystet/pusten med hvesing og/eller piping? | JA,
OFTE
<input type="checkbox"/> | JA,
SJELDEN
<input type="checkbox"/> | NEI
<input type="checkbox"/> |
| a. I hvile | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| b. Ved anstrengelser (loping osv.) | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| c. I kulde | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| d. Ved anstrengelser i kulde | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

- Antall ganger
14. Hvor mange ganger har du hatt luftveisinfeksjon (forkjølelse eller influensa) det siste året?
15. Har du vært plaget av astma tidligere? Fra år Til år
- 16a. Har du hatt astma det siste året? Ja Nei
- 16b. Hvis ja, blir du verre i bestemte arbeidssituasjoner? Ja Nei Vet ikke
- Beskriv hvilke situasjoner:

RØYKEVANER TIDLIGERE OG NÅ:

- a. Røyker du til daglig nå? Ja Nei
- b. Hvor mange sigaretter pr. dag? Antall sigaretter pr. dag
- c. Eventuelt hvor mye pipetobakk pr. uke? Antall pakker 'a 50 g. pr. uke
- d. Har du røkt tidligere? Ja Nei
- e. Fra når 19..... til 19.....
Fra når 19..... til 19.....
- f. Antall sigaretter pr. dag Eller ved piperøyking:
- g. Antall pakker 'a 50 g. tobakk pr. uke Antall år
- Hvor mange år har du røkt i alt

DISSE SPØRSMÅLENE GJELDER DINE PLAGER SLIK DE ER NÅ
KRYSS AV FOR DET SOM PASSER BEST

- | | JA | NEI |
|---|--------------------------|--------------------------|
| 1. Er du unormalt trett? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 2. Får du hjerteklapp uten at du anstrenger deg? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 3. Er du ofte følelseløs i noen del av kroppen, eller har kriblende eller stikkende smerter? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 4. Bli du ofte irritert uten grunn? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 5. Er du ofte deprimert eller nedfor uten direkte årsak? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 6. Har du vanskelig for å konsentrere deg? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 7. Er du glemsk? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 8. Svetter du uten rimelig grunn? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 9. Har du vanskelig for å kneppe knapper? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 10. Har du vanligvis vanskelig for å lese aviser og bøker med utbytte? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 11. Sier familien at du er glemsk? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 12. Føler du av og til trykk for brystet? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 13. Må du skrive huskelapper unormalt ofte? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 14. Må du ofte gå tilbake og kontrollere ting, f.eks. om du har slått av komfyren, låst døren osv.? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 15. Har du hodepine minst en gang i uken? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 16. Er du unormalt lite seksuelt interessert? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 17. Er du ofte svimmel? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 18. Er du skjelven på hendene? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 19. Hvis du har svart JA på et eller flere av spørsmålene, er dette i så fall plager som går over i løpet av helger eller ferier? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 20. Hvilke plager går over? Skriv spørsmålsnr. her: | | |

Dato for utfylling:...../.....

TAKK FOR GODT SAMARBEIDE!

Har du noen kommentarer til spørreskjemaet, eller tilleggsopplysninger, så skriv her: