




KARTLEGGING AV HELSERISIKO VED ARBEID PÅ KOMPOSTERINGSANLEGG

Arbeidsgruppe for
biologisk behandling

Rapport nr 3/2006

Rapport nr: 3/2006	Dato: 21.09.2006	Revidert:	Rev. dato:
Distribusjon: Fri		ISSN:	ISBN: 82-8035-062-4
Tittel: KARTLEGGING AV HELSERISIKO VED ARBEID PÅ KOMPOSTERINGSANLEGG - RESULTATRAPPORT			
Oppdragsgiver: Avfall Norge		Kontaktperson: Henrik Lystad, Avfall Norge Ernst Georg Hovland, IVAR	
Forfatter(e): Kari Kulvik Heldal		Medforfatter(e): Lene Madsø, Per Ole Huser, Kristian Kruse, Elianne Seberg	
Oppdragstaker: Statens Arbeidsmiljøinstitutt		Prosjektleder: Kari Kulvik Heldal	
Emneord: Komposteringsanlegg, eksponering, bioaerosoler, helseeffekt, inflammasjon		Subject word: Compost plants, exposure, bioaerosols, health effects, inflammation	
Sammendrag: <p>I regi av Avfall Norge (tidligere Norsk renholdsverks-forening) ble det i 2004 satt i gang et prosjekt hvor målsettingen var å avklare helserisiko ved ulike arbeidsoperasjoner på komposteringsanleggene. Prosjektet var et samarbeid mellom deltakende anlegg, Avfall Norge og Statens Arbeidsmiljøinstitutt (STAMI). STAMI har vært ansvarlig for gjennomføringen av prosjektet.. Ti av landets komposteringsanlegg deltok i prosjektet.</p> <p>Til sammen 47 komposteringsarbeidere og 26 kontroller rekruttert fra annen type ikke eksponert arbeid på anleggene deltok i undersøkelsen. Det ble etablert et samarbeid med Bedriftshelsetjenesten på hvert av anleggene. I undersøkelsen ble det lagt mest vekt på eksponering for biologiske faktorer i arbeidsmiljøet som er relevant for håndtering av kompost. Det ble gjort en helseundersøkelse av arbeidere og kontroller før og etter arbeid.</p> <p>Resultatene viste at eksponering for bioaerosoler ved kompostering var moderat sett i forhold til andre yrkesgrupper hvor arbeidere eksponeres for bioaerosoler. Dette gjaldt inhalerbart støv (0,3 mg/m³) bakteriekokker (0,1x10⁶/m³), soppsporer (0,02x10⁶/m³) og actinomyceter (0,3x10⁶/m³). Eksponering for endotoksiner var lavt (2,8 EU/m³), og β/1-3)-glukaner og Gram-negative bakterier ble bare registrert i enkelte prøver. Det var imidlertid store variasjoner i målingene, og det må understrekes at enkeltmålinger ved flere arbeidsoperasjoner på anleggene kan nå et nivå hvor helseplager kan forekomme.</p> <p>På grunn av forekomst av enkeltvise høye eksponeringsmålinger, er overvåkning av arbeidsmiljøet med hensyn på eksponering for biologiske faktorer og støv nødvendig. Det er gitt anbefalinger for tiltak for å redusere denne eksponeringen.</p>			
Godkjent av: Håkon M. Dahl	Dato: 21.09.2006	Sign: 	

SAMMENDRAG

Tidligere studier av arbeidsmiljøforhold på komposteringsanlegg har vist at eksponering for bioaerosoler kan være betydelige. I regi av Avfall Norge (tidligere Norsk renholdsverks-forening) ble det i 2004 satt i gang et prosjekt hvor målsettingen var å avklare helserisiko ved ulike arbeidsoperasjoner på komposteringsanleggene. Prosjektet var et samarbeid mellom deltakende anlegg, Avfall Norge og Stami. Ti av landets komposteringsanlegg deltok i prosjektet, fra Lofoten (LAS) i nord, Bio Plan i Odda, IVAR i Stavanger, fire anlegg på Sørlandskysten: Flekkefjord (IRS), Kristiansand (RKR), Arendal (Agder Renovasjon) og Risør (RTA), samt tre anlegg på Østlandet: Lindum i Drammen, ØRAS på Romerike og Halden Resirkulering. Til sammen 47 komposteringsarbeidere og 26 kontroller rekruttert fra annen type ikke eksponert arbeid på anleggene deltok i undersøkelsen. Det ble etablert et samarbeid med Bedriftshelsetjenesten på hvert av anleggene.

I undersøkelsen ble det lagt mest vekt på eksponering for biologiske faktorer i arbeidsmiljøet som er relevant for håndtering av kompost. Dette innbefattet bestemmelse av sopp, sporer av sopp og bakterier (actinomyceter) og mikrobielle komponenter som endotoksiner og $\beta(1-3)$ -glukaner. Ammoniakk og formaldehyd, valgt som markør for flyktige organiske komponenter (VOC), ble også registrert. Eksponering ble målt ved utvalgte arbeidsoperasjoner med risiko for eksponering: ved mottaket av avfallet, i prosesshall, ettermodningen og ved spesielle arbeidsoperasjoner med antatt høy eksponering, som rengjøring og skifting av luftfilter.

Det ble gjort en helseundersøkelse av arbeidere og kontroller før og etter arbeid. Hensikten med helseundersøkelsen var å avdekke eventuelle inflammatoriske reaksjoner i luftveiene relatert til eksponeringen på arbeidsdagen. Helseundersøkelsen bestod av lungefunksjonstesting (spirometri), registrering av svelling av slimhinnen i nesehulen (akustisk rhinometri) og måling av nitrogenmonoksid (NO) i ekspirasjonsluft. Spørreskjema om helserisiko på måledagen ble besvart, og på slutten av dagen ble det også tatt en blodprøve.

Det ble totalt analysert 122 eksponeringsmålinger, 105 ved komposteringsarbeid, 4 ved arbeid på deponi, 7 ved papirsortering og 6 ved Opti Bag sortering (sortering av matavfall fra samleband med fargedetektor).

Resultatene viste at eksponering for bioaerosoler ved kompostering var moderat sett i forhold til andre yrkesgrupper hvor arbeidere eksponeres for bioaerosoler. Dette gjaldt inhalerbart støv ($0,3 \text{ mg/m}^3$) bakteriekokker ($0,1 \times 10^6/\text{m}^3$), soppsporer ($0,02 \times 10^6/\text{m}^3$) og actinomycester ($0,3 \times 10^6/\text{m}^3$). Eksponering for endotoksiner var lavt ($2,8 \text{ EU/m}^3$), og $\beta/1-3$ -glukaner og Gram-negative bakterier ble bare registrert i enkelte prøver.

Det er følgelig mindre risiko for helseplager på komposteringsanleggene enn for eksempel ved kornbehandling og dyrehold i landbruket. Det var imidlertid store variasjoner i målingene, og det må understrekes at enkeltmålinger ved flere arbeidsoperasjoner på anleggene kan nå et nivå hvor helseplager kan forekomme.

Det som karakteriserer eksponeringen ved de undersøkte anleggene er at bioaerosolen for det meste består av actinomycester. Dette er sporedannende Gram-positive bakterier som vokser ved $30-60^\circ\text{C}$ og trives i våt kompost. De er kjent som luftveisallergener, men helseplager etter eksponering for luftbårne actinomycester i arbeidsmiljø er lite studert.

Flere arbeidsoperasjoner bidro til risiko for spesielt høy eksponering, blant annet ulike type rengjøring og arbeid i prosess- eller reaktorhall. Høye eksponeringer forekom også ved mottak av avfall, sikting og arbeid i verksted. Det ble også registrert eksponering for bioaerosoler i kontrollrom ved enkelte anlegg. Det så ut til at arbeid på anlegg med reaktorkompostering medførte høyere risiko for eksponering for bioaerosoler.

Eksponering for ammoniakk ved anleggene var lavt, men kunne forekomme i noe høye nivåer ($1/4$ av administrativ norm) ved reaktorarbeid. Det ble ikke registrert målbart nivå av formaldehyd som markør for VOC.

Undersøkelsen viste forholdsvis høy rapportering av arbeidsrelaterte plager på

anleggene, og over halvparten av arbeiderne rapporterte arbeidsrelaterte plager. Det ble registrert irritasjonsplager og tegn til inflammasjon i luftveiene som hoste og fall i lungefunksjonen over arbeidsdagen. Reaksjonene på inflammasjon var imidlertid moderate, og ved flere funn bidro røyking til effektene fra luftveiene. De som var høyest eksponert for bioaerosoler rapporterte samtidig en tretthetsfølelse i løpet av arbeidsdagen. Det gjaldt også arbeidere som viste en mer kronisk form for tetthet i nesa. Selv om de registrerte helseeffektene kan være av betydning, er reaksjonene etter arbeid med kompost små, og vi har ikke holdepunkter for at dette vil kunne føre til langvarig effekter eller helseplager hos arbeiderne.

På grunn av forekomst av enkeltvise høye eksponeringsmålinger, er overvåkning av arbeidsmiljøet med hensyn på eksponering for biologiske faktorer og støv nødvendig. De høyeste målingene forekom ved støvete rengjøringer på anleggene. Alle rengjøringsprosesser bør gjennomgås med tanke på reduksjon av støvdannelse. Generelt bør støv reduseres ved oftere rengjøring og rydding på alle deler av anlegget. Friskluftsutstyr bør være tilgjengelig på alle anleggene og skal brukes når risiko for høy eksponering foreligger, som ved arbeid i prosesshall. Lokale tiltak på utsatte arbeidsplasser kan også redusere eksponeringen. Bedret ventilasjon med eventuelt punktavsug, hygienetiltak med ren- og skittensone, likeledes bevisstgjøring av eget arbeidsmiljø er generelle tiltak som anbefales gjennomføres på anleggene. Arbeidsmiljøet bør følges opp med periodevise målinger (hvert annet år) med hensyn på eksponering for bioaerosoler.

INNHOLDSFORTEGNELSE

Innledning	7
Kompostering av biologisk avfall	8
Komposteringsprosessen	8
Komposteringsmetoder ved deltakende anlegg	8
Metoder	12
Undersøkellesgruppe	12
Beskrivelse av arbeidet	13
Design på undersøkelsen	13
Omfang av prøvetakingen	14
Eksponeringsmålinger	14
Prøvetaking	15
Analyse	16
Total mikroorganismer	16
Endotoksiner, $\beta(1-3)$ -glukaner, inhalerbart støv	16
Bestemmelse av helseeffekter	16
Nitrogenmonoksid (NO) i utåndingsluft	16
Lungefunksjonsundersøkelse (spirometri)	17
Akustisk rhinometri	17
Spørsmål om helseplager	18
Vurdering av resultatene	18
Bioaerosoler	19
Støv og gasser	21
Statistiske metoder	21
Resultater	22
Eksponering	22
Eksponering ved komposteringsarbeid	22
Eksponering ved anleggene	23
Eksponering ved ulike komposteringsmetoder	24

Eksponering ved ulike arbeidsoperasjoner	25
Eksponering for ammoniakk og formaldehyd	27
Helseeffekter	28
Selvrapporterte symptomer	28
Lungefunksjonsundersøkelse	28
NO i utåndingsluft	28
CRP i blod	29
Akustisk rhinometri	29
Sammenheng eksponering – helseeffekter	29
Selvrapporterte symptomer	30
Akustisk rhinometri	30
Andre inflammatoriske markører	30
Diskusjon av resultatene	30
Eksponering ved komposteringsarbeid	32
Bioaerosoler	32
Gasser	34
Helseplager på komposteringsanleggene	35
Selvrapporterte symptomer	35
Inflammatoriske markører	35
Lungefunksjon	36
Akustisk rhinometri	36
Konklusjoner	37
Tiltak	39
Oppfølging	41
Helseovervåkning	42
Referanser	43
Vedlegg tabeller	46
Liste bedriftsinterne normer (BIN)	47

INNLEDNING

Erfaringer etter vel ti år med kompostering av kildesortert husholdningsavfall i Norge, har vist at helseplager som allergiske symptomer, mage-tarm plager, influensalignende plager med feberreaksjoner, tretthet og slimhinneirritasjoner i øvre og nedre luftveier forekommer. Internasjonale studier har vist at dette kan ha sammenheng med innpusting av store mengder bakterier, sporer av sopp og bakterier, samt toksiner ved arbeid med komposten. Gasser produsert i den mikrobielle prosessen kan også være et problem. Det er tidligere gjort spredte undersøkelser som bekrefter at dette er også forhold som kan forekomme på norske komposteringsanlegg. Problemstillinger knyttet til eksponering av ulike biologiske agens og mulige helseplager ved håndtering av kompost med en sammenstilling av resultater fra nasjonale og internasjonale studier om arbeidsmiljøforhold på komposteringsanlegg er tidligere beskrevet i NRF-rapport nr 3/2005 (Heldal, 2005).

Tidligere studier av arbeidsmiljøforhold på komposteringsanlegg har vist at eksponering for bioaerosoler kan være avhengig av flere faktorer, blant annet type avfall som blir kompostert. Det foreligger imidlertid lite dokumentert kunnskap om andre faktorer som kan ha betydning for arbeidsmiljøforholdene og hvilken betydning dette har på arbeidernes helse.

I regi av Avfall Norge ble det 2004 satt i gang et prosjekt hvor målsettingen var å avklare helserisiko ved komposteringsarbeid. I den forbindelse ble det sendt ut en invitasjon om deltagelse til alle anlegg i Norge. Ti anlegg meldte sin interesse i å delta i arbeidsmiljøkartleggingen. Prosjektet er et samarbeid mellom deltakende anlegg, Avfall Norge og Stami.

Prosjektet har hatt som målsetting å måle eksponeringsnivå av bioaerosoler og gasser ved ulike arbeidsoperasjoner på komposteringsanleggene, likeledes å vurdere helseplager som følge av eksponeringen. Det var også et mål å studere om ulike komposteringsmetoder kan influere på eksponeringsforholdene. Det var ønskelig at

prosjektet munnet ut i forslag til tiltak og angir behov for oppfølging av arbeidsmiljøforholdene på anleggene.

KOMPOSTERING AV BIOLOGISK AVFALL

Komposteringsprosessen

Komposteringsprosessen kan defineres som en kontrollert biologisk nedbrytning og stabilisering av organisk materiale under tilførsel av oksygenholdig luft. Prosessen krever god lufttilgang og det utvikles biologisk produsert energi som fører til en økning av temperaturen i avfallet. Dette resulterer i et sluttprodukt, kompost, som er hygienisert (uten patogene mikroorganismer) og stabilisert (ferdig nedbrutt) med høyt innhold av humus produkter som kan brukes som et næringsrikt jordtilskudd. Kvaliteten på ferdig kompost vil avhenge mye av hvordan komposteringen har foregått. Bruk av strukturmateriale, kontrollert lufting og styring etter temperaturen i komposten er viktige elementer i produksjonen av godt stabilisert og hygienisert kompost. Kompostering anvendes nå på en rekke organiske substrater som husholdningsavfall, kloakk slam, jordbruk og industriprodukter. Kompostering kan utføres på en rekke måter med til dels ulik teknologi, fra småskala kompostering ved husholdningene til storskala kompostering ved egne anlegg.

Komposteringsmetoder ved deltakende anlegg

De ti deltagende anlegg var spredt i landet, rundt Sørlandskysten fra Stavanger til Risør (IVAR, IRS, RKR, Agder Renovasjon, RTR) og rundt Oslo (ØRAS, Halden Resirkulering, Lindum). Ett anlegg lå på Vestlandet (Bioplan) og ett i Lofoten (LAS). Nedenfor følger anleggenes egne beskrivelse av komposteringsprosessen.

Hogstad komposteringsanlegg, IVAR, Stavanger

Hogstad komposteringsanlegg tar imot kildesortert, våtorganisk husholdningsavfall.

Mengden våtorganisk avfall utgjorde ca. 27 000 tonn i 2005.

Kvernet hvitt trevirke tilsettes som strukturmateriale. Også rejeekt (utsiktet strukturmateriale) fra etterbehandlingen av komposten benyttes som strukturmateriale.

Avfall og strukturmateriale tippes separat inn i mottakshallen. Ved hjelp av hjullaster

lastes avfall og strukturmateriale opp i innlastingskverna.

Ferdig blandet materiale transporteres automatisk inn i komposteringshallen (reaktorhallen) på transportbånd. En automatisk vendemaskin vender, vanner og forflytter massen i hver bingje ca. hver 2-3. dag. Luft suges gjennom massene og går til avluftsrensing i scrubber og biofilteranlegg. Ved hver vending lastes kompost ut på transportbelter som transporterer komposten ut i etterbehandlingshallen hvor komposten lagres eller siktes. Sikterest går i container for transport til sluttbehandling (deponi/forbrenning) eller for bruk som strukturmateriale på nytt. Plast fjernes med vindsikt.

Renovasjonsselskapet for Kristiansandsregionen, RKR, Støleheia

Komposteringsanlegget ved RKR har 5 fulltidsansatte. Anlegget mottar og behandler våtorganisk avfall og slam (25 000 tonn/år). Som strukturmateriale benyttes hage og parkavfall, strø og reject. Komposteringsprosessen foregår som et innebygget bingekomposteringsanlegg (bingjer/kanaler). Avfall og slam blandes med strukturmateriale før det legges i binger for kompostering i en prosesshall. Kompostmassen vendes og forflyttes med vendemaskin annen hver dag i bingene. Det blåses luft i massen fra bunnen av bingene styrt etter tidsintervall og temperatur nivå. Massen vannes med et overrislingssystem. Komposten gjennomgår en aktiv komposteringsfase på 40 dager i prosesshallen. Deretter flyttes en ukesproduksjon av massen sammen i en ettermodningsbingje hvor det skjer en passiv kompostering med intervallinnblåsing av luft. Etter 3 uker siktes massen før langtidslagring på utendørs arealer.

Lofoten Avfallsselskap, LAS

Anlegget har 3 ansatte ved komposteringsanlegget og behandler årlig 4 000 tonn matavfall og slam. Avfallet kvernes og siktes før strukturmateriale tilsettes. Avfallet blandes med alle typer av strukturmateriale (hage- parkavfall, strø, reject) før det legges i storranker (madrass). Rankene luftes med luftinnblåsing.

Øvre Romerike Avfallsselskap, ØRAS

Komposteringsanlegget ved avfallsselskapet har 1 fulltidsansatt. Anlegget mottar matavfall (1860 tonn/år) og hageavfall (1000 tonn/år) som benyttes som strukturmateriale. Matavfallet kommer i grønne plastposer som sorteres ut fra et sorteringsanlegg (Opti Bag system) ved anlegget. Posene kvernes, siktes og blandes med kvernet hageavfall før det legges i utendørs ranker. Rankene vendes og fuktes med rankevendemaskin. Komposten siktes videre for å fjerne rester av plastposene før det legges til ettermodning. Ferdig kompost tilsettes torv og sand for produksjon.

Bio Plan Norge, Odda, avdeling Eidfjord

Anlegget mottar matavfall og slam (7 000 tonn/år) og har 2-4 ansatte. Avfallet mikses med strukturmateriale (tørr "råkompost", knust trevirke, avispir. Blandingen føres på transportbånd til et mellomlager hvor blandingen ligger i ca 36 timer. To ganger daglig lastes blandingen inn i en komposteringsreaktor som er automatisert. Miksing og transportbåndet styres mekanisk. Oppholdstiden i reaktoren er ca 4 uker . Et omrøringsmaskineri sørger for materialflyt i reaktoren. Kompostmassen inspiseres 2-3 ganger i uken ved utlasting og vedlikehold. Fra utlasting overføres råkomposten til ettermodning i utendørs madrasser med beluftningsrør i bunn. Etter 8-10 uker siktes komposten.

Agder renovasjon, Heftingsdalen, Arendal

Agder renovasjon komposterer matavfall (2800 t/år) og slam (3800t/år). Det er en fulltidsansatt ved anlegget, mens hjelp blir innleid ved behov. Matavfallet komposteres utendørs under tak i små pyramideranker (3 m bred og 1,5 m høy). Med hjullaster blandes det inn kalk (5%) og bark som strukturmateriale i matavfallet som legges i ranker. Rankene vendes med selvgående rankevender 3 ganger per uke i 4 uker. Rankene legges så ut i større ranker (8 m bred, 5 m høy) som vendes med hjullaster en gang per måned. Etter ca 6 mnd siktes massene. Slam blandes med grov og fin flis som strukturmateriale og behandles deretter som matavfallet.

Aasekjær komposteringsanlegg, Halden

Anlegget har 5 ansatte og mottar matavfall (4000 tonn/år), avfall fra næringsmiddelindustri (500 tonn/år), dagligvare og restauranter (220 tonn/år), fjærafvfall fra Prior (1700 tonn/år) og park og hageavfall (1500 tonn/år) til strukturmateriale. Anlegget består av et Gicom tunnelkomposteringsanlegg med 4 tunneler for kompostering og 2 som biofilter. I gulvet er det spalter for luftinnblåsing og i taket dyser for vanning. Lufting og vanning styres via PC etter manuell måling av oksygeninnhold og temperatur i kompost. Matavfallet legges i Gicom-anlegget med noe struktur. Etter 3-8 dager er avfallet hygienisert på 58 °C og legges ute i ranke og blandes inn med mer strukturmateriale. Vendemaskin kjører to ganger gjennom ranken før den legges opp i luftet storranke. Storranken luftes med en intervallstyrt vifte og dekkes med semipermeabel duk. Etter 2-3 uker flyttes ranken og legges opp i storranke uten lufting og siktes deretter (80 mm). Komposten legges så ut i venderanker og vendes 2 til 3 ganger per uke. Når aktiviteten avtar, flyttes komposten over i storranke for ettermodning før den siktes igjen (20 mm) etter noen uker.

Lindum Ressurs og Gjenvinning, Drammen

Lindum har 4 fast ansatte som arbeider med kompostering. Anlegget komposterer matavfall (6000 tonn/år), slam (20 000 tonn/år) og hageavfall (6 000 tonn/år). Matavfallet komposteres i et reaktoranlegg med binger (BKS). Slammet komposteres i ranker utendørs, mens hageavfallet behandles i utendørs madrasskompostering med vending. Anlegget sluttet å kompostere mat i prosjektperioden.

Interkommunalt Renovasjonsselskap (IRS), Erikstemmen Avfallsanlegg, Flekkefjord

Anlegget komposterer årlig 5.500 tonn matavfall og 1.700 tonn slam. Totalt har anlegget 7 ansatte årsverk, hvor av i underkant av 2 årsverk går til komposteringsanlegget. Anlegget komposterer våtorganisk materiale inkludert papir som strukturmateriale. Anlegget er et innebygget reaktorkomposteringsanlegg. Avfall kvernes i en hammermølle og mates via en magnetutskiller inn i et lukket reaktoranlegg som består av formodningssilo, trommelreaktorer og ettermodningssilo. Fra ettermodningssilo blir komposten siktet i et stasjonært sikteverk før den blir lagt ut i store ranker for ettermodning. Vending av ranker foregår med 20 tonns hjullaster. Oppholdstiden i

reaktoranlegget er fra 10 til 14 dager. Biokomposten ettermodnes i ca. 8 måneder før det kjøres til ferdiglager. Slam komposteres i store ranker med oppmalt park/hageavfall som strukturmateriale. Rankene snues med hjullaster.

Risør og Tvedestrandregionens Avfallsselskap (RTA) Hestmyr Avfallsplass

Anlegget mottar ca 908 tonn våtorganisk avfall og ca 900 tonn avvannet slam per år. Anlegget har ansatt 4 operatører på anlegget, hvorav to arbeider på komposteringsanlegget. I sommerhalvåret forsterkes mannskapet med tre vikarer. Matavfallet blir halvblandet med bark som strukturmateriale og tilsatt ca 5% kalk. Rankevender på traktor vender og blander dette tre ganger før det legges i storranke med hjullaster. Ranken blir luftet med en stor luftvifte en til to ganger per time. Temperaturen blir kontrollert manuelt to ganger i uken. Etter 8 uker tas komposten ut for ettermodning. Komposten vendes så med hjullaster en gang per måned.

METODER

Undersøkelsesgruppe

Alle komposteringsanlegg i Norge (37 anlegg) fikk tilbud om deltagelse i prosjektet. Ti anlegg ønsket å bli med. Deltakere i denne studien var fast ansatte arbeidere og vikarer/innleid hjelp ansatt ved de ti komposteringsanleggene. Deltakerne ble på forhånd informert om prosjektet og alle ansatte ved anleggene sa seg villig til å delta i undersøkelsen (skriftlig informert samtykke). Kontroller ble valgt blant kontoransatte eller arbeidere ved anleggene som ikke var i kontakt med kompost eller materiale som kunne være kontaminert med mikroorganismer. Undersøkelsesgruppen bestod av 47 arbeidere og 26 kontroller. Karakteristikk av deltagere som alder og røykevaner er gitt i tabell 1. Det var lik aldersfordeling mellom arbeidere og kontroller. 47% av arbeiderne røykte, mens 18 % røykte blant kontrollene. Røykeforbruk var tre ganger høyere blant arbeidere i forhold til kontroll gruppe. Screening for atopisk allergi ble utført ved å måle IgE antistoff i blod mot fem typiske utendørs luftveis allergener (bjørk, timotei, burot og muggsoppene *Alternaria tenuis* og *Cladosporium herbarum*) (Inhalasjonspanel Sesong, Fürst). Et positivt resultat er en sterk indikasjon på at det kan foreligge en IgE mediert

allergi. Blodprøvene ble også analysert for akutt-fase proteinet S-MikroCRP ved analyselaboratoriet Fürst. Nivået vil gi en indikasjon på en pågående infeksjon eller inflammatorisk prosess. Hos friske individer uten pågående infeksjon eller inflammasjon prosess skal CRP ligge under 5 mg/l. Rikshospitalet har angitt et referanseområde for klinisk friske til å være 0,1-3,9 mg/L. Studien ble godkjent av Regional Medisinsk Etisk Komité.

Prøvetakingen ble gjennomført i tidsrommet oktober 2005 og månedene april-oktober i 2006. Prøvetakingen bli ikke gjennomført i vintermånedene på grunn av forventet lavere og mer variabel eksponering i forhold til vår og sommermånedene.

Beskrivelse av arbeidet

Arbeidsoperasjonene på et komposteringsanlegg er avhengig av anleggets utforming og tekniske løsninger, men består hovedsakelig av mottak av avfallet (mat, slam og annet organisk avfall), innblanding av strukturmateriale (flis, hageavfall, strø, reject), opplegging av ranker eller innmating i reaktorer, lufting, behandling og kontrollmålinger av komposteringsprosessen med sikting av kompost som går til ettermodning og lagring. Vanlig vedlikehold, rengjøring og tekniske reparasjoner er også viktige arbeidsoperasjoner. Mesteparten av håndteringen av matavfall og kompost foregår med innelukkede hjullastere.

Design på undersøkelsen

I denne undersøkelsen er det lagt mest vekt på det biologiske arbeidsmiljøet som er relevant for håndtering av kompost, og de helseeffektene dette kan medføre. Arbeidere og kontroller gjennomgikk en helsekontroll før arbeidets start om morgenen. Helsekontrollen ble gjentatt etter ca 5 timers arbeid. I tillegg ble det tatt en blodprøve på slutten av dagen. Studien ble gjort på samme uke dag for alle anleggene (tirsdag). Det ble lagt vekt på å gjennomføre helseundersøkelsene på samme tidspunkt på dagen for å unngå eventuelle døgnvariasjoner i helsemålingene.

Personbåret prøvetakingsutstyr ble heftet på arbeiderne for å måle eksponering ved

arbeidet mellom helseundersøkelsene. Ulike arbeidsoperasjoner som ble utført i måleperioden ble registrert av den enkelte arbeider. For å oppnå flere eksponeringsmålinger ved de ulike arbeidsoperasjonene ble det utført flere målinger i dagene etter helseundersøkelsen.

Helseundersøkelsen bestod av spirometri (lungefunksjonstest), akustisk rhinometri (måling av indre nesevolum) og nitrogenmonoksid (NO) i ekspirasjonsluft. Deltakerne ble bedt om ikke å røyke, drikke eller spise en time før helseundersøkelsene. Etter arbeid besvarte deltakerne et spørreskjema om opplevde helseplager i løpet av arbeidsdagen. Et større helseskjema om ansettelsesforhold, generelle helseplager, allergi og røyking ble også besvart.

Denne undersøkelsen er designet for å avdekke eventuelle akutte inflammatoriske reaksjoner på luftveiene etter en eksponering. For å studere utvikling av mer kroniske plager må arbeiderne følges over tid med gjentatte målinger av for eksempel lungefunksjon og eksponering. For arbeiderne som deltar i denne undersøkelsen kan det være aktuelt med en ny lungefunksjonstest i 2007-2008.

Omfang av prøvetakingen

Målet med denne undersøkelsen har vært å studere eksponeringsforhold ved ulike arbeidsoperasjoner på komposteringsanleggene, og om mulig avdekke forskjeller i eksponeringsforhold ved syv ulike typer komposteringsanlegg (ranke, reaktor osv). Befaring viste imidlertid store forskjeller i utformingen av komposteringsprosessene på alle deltagende anlegg. Omfang av utførte målinger ut fra tilgjengelig resurser har derfor gitt oss mulighet kun til å antyde eksponeringsforhold ved ulike anlegg, likeledes antyde hvilke arbeidsoperasjoner som medfører høyest eksponering. Enkelte anlegg ønsket i tillegg å få utført målinger ved andre arbeidsoppgaver som deponi, papirsortering og håndtering av slakteavfall.

Med eksponering mener vi ytre påvirkninger av kjemisk eller biologisk art som personer

blir utsatt for. I denne rapporten er det lagt mest vekt på det biologiske arbeidsmiljøet som er relevant for håndtering av kompost, og de helseeffektene som inhalasjon av biologiske faktorer kan medføre.

I dette prosjektet har vi valgt å kartlegge eksponeringsforholdene ved komposteringsarbeid med følgende parametere:

- Totalmikroorganismer: levende og døde bakterier (kokker og staver) og sporer fra sopp og bakterier (actinomyceter)
- Endotoksiner (en cellevegg komponent i Gram-negative bakterier)
- Glukaner (en cellevegg komponent i for det meste soppsporer, men også i noen bakterier og planter)
- Inhalerbart støv
- Gasser som ammoniakk og formaldehyd, valgt som markør for flyktige organiske komponenter (VOC)

Prøvetaking

Prøvene ble tatt med prøvetakingsutstyr som renovatørene bar på seg under ca 5 timer av arbeidsdagen. Utstyret bestod av to filterkassetter for analyse av henholdsvis (1) mikroorganismer og støv og (2) endotoksin og glukaner. Kassetene (PAS-6) som følger internasjonale kriterier for inhalasjon av støv (ref), ble plassert på hver side av brystet. To batteridrevne pumper (PSI 101) sugde luft gjennom filtrene med en luftstrøm på ca. 2 liter/min. Luftstrømmen ble målt før og etter prøvetaking med et kalibrert rotameter. Mikroorganismer analysert i prøver ble samlet opp på polykarbonat filter (pore størrelse 0,8 µm, Poretics, Osmonics, Livermore, USA). Støv, endotoksin og glukaner ble samlet opp på glassfiber filter (Whatman GF/A, Maidstone USA).

Til prøvetaking av gass ble det brukt passive dosimetre for ammoniakk (NH₃) og formaldehyd (CH₂O). Dosimetrene ble plassert i arbeiderens innåndingssone.

Det ble utarbeidet egne prøvetakingsskjemaer som ble benyttet for hver

eksponeringsmåling. Skjemaene omfatter i tillegg til utførte arbeidsoperasjoner også registrering av forhold som kan influere på eksponeringsnivået.

Analyse

Total mikroorganismer

Mikroorganismer ble analysert med mikroskopiske metoder som gir det totale antall av levende og døde bakterier og sporer av sopp og bakterier (actinomyceter). For bestemmelse av bakterier og sporer benyttes fluorescens mikroskopi (FM) (Heldal et al., 1996). Her farges mikroorganismene med et fluorokrom (acridine orange) og cellene telles i mikroskop. Mikroorganismene blir i fluorescens mikroskopi klassifisert som kokker, stavformede bakterier eller sporer av sopp og bakterier etter form og størrelse. Scanning elektronmikroskopi (SEM) (Eduard et al., 1988) vil gi en sikrere bestemmelse av sporer av bakterier og sopp idet detaljer overflaten kan studeres. Deteksjonsgrensen i denne undersøkelsen er satt til 10^4 celler/m³.

Endotoksin, glukaner og inhalerbart støv

Filtrene ble veid før og etter eksponering i luftkondisjonerte rom for gravimetrisk bestemmelse av den inhalerbare støvkonsentrasjonen. Filtrene ble deretter analysert for endotoksiner og glukaner ved Universitetet i Utrecht, Nederland. Endotoksin ble analysert med en kinetisk kromogen Limulus amoebocyt lysat metode (Tamura et al., 1994) (Kinetic-QCL kit, Bio Wittaker), mens glukaner ble analysert etter en inhibisjon enzym immunoassay (EIA) (Douwes et al., 1996).

Passive dosimetre ble brukt for å bestemme formaldehyd (markør for flyktige organiske komponenter (VOC) og ammoniakk (Gastec Corporation, Ayase-City, Japan). Resultatet avleses ved fargeutslag. Dosimeter for ammoniakk registrerte over området 0-10 ppm, mens formaldehyd registrerte over området 0-20 ppm. Passive dosimetre er basert på diffusjon og gir en gjennomsnittsverdi av eksponert nivå over prøvetakingstiden.

Bestemmelse av helseeffekter

Nitrogen monoksid (NO) i utåndingsluft

NO i utåndingsluft ble målt med en kjemiluminisence analysator (EcoMedics, CLD88sp, Duernten, Switzerland) etter retningslinjer som er beskrevet i American Thoracic Society (ATS, 2005). Instrumentet ble 2-punkts kalibrert før bruk med sertifisert NO (10 ppm NO i nitrogen, AGA) og medisinsk luft (Luft til medisinsk bruk, AGA) fri for NO. Instrumentet ble stabilisert ved å stå på over natten. Metoden består i en inhalasjon av luft som er rensset for NO, og deretter utpust i apparatet i 12 sekunder mot en motstand. Representative målinger (CV% < 12) gjentas tre ganger for å få et representativt gjennomsnitt av FENO (fractional exhaled NO). Luftstrømhastigheten på analyseapparatet er satt til 50 ml/sekund. Analysatoren har et måleområde NO fra 0,02 ppb til 5000 ppb. NO produseres fra aktiverte betennelsesceller i luftveiene (makrofager, nøytrofile og eosinofile granulocytter og bronkiale epitelceller). NO i utåndingsluft blir betraktet som en markør for luftveisinflammasjon. Ved spesiell eosinofil aktivitet som ved atopisk astma og allergi vil NO være spesielt økt i utåndingsluft (> 35 ppb) (Kharitonov et al., 1997). For ikke røykere anses NO å være normal mellom 5 og 20 ppb (Horvath et al., 2004).

Lungefunksjonsundersøkelser (Spirometri)

Spirometri ble gjennomført med et belgspirometer (Vitalograph S med PFT2 printer, Buckingham, UK) etter retningslinjer fra American Thoracic Society (ATS, 1987). Anvendte variabler var forsert vitalkapasitet (FVC), det vil si det man klarer å puste helt ut fra maksimalt fylte lunger, og forsert ekspiratorisk volum i ett sekund (FEV1), det vil si hastigheten av luftstrømmen det første sekundet. FEV1/FVC er forholdet mellom disse. Lungefunksjonsvariablene ble uttrykt som absolutte verdier og som prosent av forventet. Referanseverdiene fra European Respiratory Society (ERS, 1993) standard populasjon ble brukt. Spirometrisk luftstrømsobstruksjon ble diagnostisert som forholdet FEV1/FVC < 0,7 og FEV1 < 80% av forventet verdi.

Akustisk rhinometri

Akustisk rhinometri ble utført med Rhin 2100 (Rhino Metrics AS, Danmark) med undersøkelsespersonen sittende med hodet stabilisert, men uten at instrumentet ble fiksert (Rhinology standardisation, 2000). Akustisk lyd sendes inn i nesa via et

anatomisk utformet adapter som plasseres ved neseåpningen. Ekko av lydbølgene registreres ved hjelp av en mikrofon og dimensjonene kan avleses ved et rhinogram. Svelling av slimhinnene i nesa som er et tegn på inflammatorisk respons kan da avlese som en nedgang i volum og tverrsnitt. Det ble utført tre målinger per person, en måling før og etter arbeid med den tredje måling 15 minutter etter applikasjon av slimhinneavsvellende nesespray (Xulometazoline). Total nesevolum og tverrsnitt arealet ble beregnet som sum av begge nesehuler. Minste tverrsnitt areal og total volumet mellom 0-20 mm (1) og 20-50 mm (2) fra neseåpningen ble betegnet som henholdsvis TMCA1 og TMCA2, og TVOL1 og TVOL2.

Grad av avsvelling i neseslimhinnen (avsvelling eller tetthetsfaktor) etter nesespray kan betraktes som et kronisk mål for tetting av nesa. Faktoren ble beregnet etter følgende formel:

Tetthetsfaktor = $(TVOL2_{\text{før nesespray}} - TVOL2_{\text{etter nesespray}}) \times 100 / TVOL2_{\text{før nesespray}}$

Normalverdien for avsvellingsfaktor er antatt å ligge mellom 20-40%, en moderat tetting mellom 40-70% og en kraftig tetting ved større enn 70% (Djupesland, upubliserte data).

Spørreskjema om helseplager

Opplevde symptomer i løpet av arbeidsdagen ble utfylt direkte etter eksponeringsmålingene. Spørreskjemaet er blitt brukt i flere studier hvor vi undersøker symptomer som antatt er forårsaket av bioaerosoler (kloakkindustrien, landbruk, avfallsindustrien). Symptomene er luftveisirritasjoner, hoste og astmatiske plager som tetthet i brystet, piping og følelse av trykk for brystet. Spørsmålene går også på systemiske plager som hodepine og tretthet i tillegg til mage-tarmplager som diaré og kvalme.

Vurdering av resultatene

Risikoen for arbeidsrelaterte helseeffekter er avhengig av mengde og varighet av det man utsettes for. For mange stoffer kjenner vi til nivåer som kan føre til sykdom. Nivået danner det medisinske grunnlaget for de administrative normene som Arbeidstilsynet har fastsatt. Normene er satt ut fra tekniske, økonomiske og medisinske vurderinger. Selv om normene overholdes, er man derfor ikke sikret at helsemessige skader og ubehag ikke kan oppstå.

Bioaerosoler

Resultater av eksponeringsmålinger blir vurdert opp mot de administrative normene (ADN). Det foreligger imidlertid ikke administrative normer for vurdering av potensiell helserisiko for soppsporer, bakterier, endotoksiner eller $\beta(1-3)$ -glukaner på grunn av manglende kunnskap om dose-respons forhold. Ved manglende norske kriterier tillater Arbeidstilsynet bruk av tilgjengelig informasjon for å vurdere et akseptabelt arbeidsmiljø (Arbeidstilsynet AT450). Slik informasjon kan være litteratur eller andre lands yrkeshygieniske grenseverdier. I denne rapporten har vi brukt grenseverdier for endotoksiner på $200 EU/m^3$ som et gjennomsnitt for en 8 timers arbeidsdag i Nederland.

Måleresultatene for bakterier og soppsporer fra denne undersøkelsen kan sammenlignes med resultater fra tidligere eksponering-respons studier som Stami har utført først og fremst i avfallsbransjen, men også på kloakkrensaneanlegg, i sagbruk og landbruk. Resultatene viste irritasjonseffekter og luftveissymptomer i forbindelse med arbeid etter eksponering for soppsporer 10^5 soppsporer/ m^3 og for bakterier og bakteriesporer (actinomyceeter) 10^6 bakterier/ m^3 (Eduard et al., 1994, Heldal et al., 1997, 2003, 2004). For sporer fra actinomyceeter, som bakterier, brukes 10^6 actinomyceeter/ m^3 som også understøttes av dyreforsøk som liknende effekter som soppsporer ved noe høyere nivåer (Fogelmark et al., 1991). Disse verdiene kan brukes som kriterier for å vurdere helseskadelige nivåer, og kan kalles *bedriftsinterne normer* (BIN) (Eduard m.fl., 2002).

Bedriftsinterne normer blir å betrakte som et effektnivå og ikke en administrativ norm. Administrative normer for et agens er som oftest satt høyere enn et effektnivå. En

annen usikkerhet i forhold til å sammenligne resultater i denne studien med BIN er prøvetakingstiden som har vært kortere enn en eksponering over 8 timers arbeidsdag som er grunnlaget for BIN. Målsettingen med denne studien var å imidlertid å vurdere eksponering ved ulike *arbeidsoperasjoner* ved komposteringsanleggene og ikke måle eksponering over en hel arbeidsdag.

Eksponering for bioaerosoler er forventet å variere betraktelig og kilder til variasjoner er mange. I tillegg til anleggenes ulike tekniske løsninger som antagelig er det største kilden til variasjoner, vil også mengde og arter av mikroorganismer variere avhengig av type avfall som blir kompostert og når i komposteringsprosessen eksponeringen måles (Nielsen et al., 1997a) . Innblanding av ulike strukturavfall kan også være kilde til variasjoner i mikrobielle faktorer i komposten. Mikroorganismenes vekstforhold er sterkt avhengig av temperatur og fuktighet og forventes å variere sterkt i ulike årstider (Nielsen et al., 1997b) og ulike geografiske områder.

Andre feilkilder som må tas med i en vurdering er at eksponeringsnivået ikke er konstant, men vil variere fra dag til dag selv om samme arbeidsoperasjon utføres. Variabilitet i eksponeringsnivå innen samme oppgave er bare delvis tatt høyde for da samme oppgave er målt for få ganger og ofte bare en gang.

Selv om det har vært hensiktsmessig i denne rapporten å bruke BIN som et vurderingsgrunnlag for resultatene, må BIN i denne rapporten brukes med forbehold. På grunn av usikkerheten som er knyttet til målingene og de tilnærminger til vurderinger som er anvendt, er det allikevel viktig å tilstrebe eksponeringsnivå betydelig lavere enn de bedriftsinterne normene (BIN) (Eduard m.fl., 2002). Det henvises til en oversikt over vurderingsgrunnlaget for bioaerosoler i vedlegg (side 45).

Når det gjelder forslag til tiltak og oppfølging på anleggene, har det også vært hensiktsmessig å følge Arbeidstilsynets orientering om kartlegging og vurdering av eksponering for biologiske forurensninger i arbeidsatmosfæren (Arbeidstilsynet, best. Nr. 450) selv om grunnlaget for denne orienteringen er administrative normer og ikke

bedriftsinterne normer. Denne orienteringen følger en standard (NS-EN 689) som skisserer strategier for tiltak og oppfølging etter registrerte eksponeringsnivåer.

Støv og gasser

Ved rutineundersøkelser av arbeidsmiljøet ved mistanke om eksponering for bioaerosoler, brukes ofte den administrative normen for organisk støvnormen som er på 5 mg/ m³. Den organiske støvnormen må imidlertid brukes med forsiktighet. Selv om støvkonsentrasjonen kan være godt under normen, kan støvet inneholde mikroorganismer på nivåer hvor det er risiko for helseplager.

For flere anaerobe nedbrytningsgasser gjelder administrative normer. Når ikke annet er oppgitt, vil de administrative normene relatere seg til konsentrasjoner som kan aksepteres over en hel arbeidsdag (8 timer). For ammoniakk (NH₃) er grenseverdien 25 ppm, men kan overskrides med 50% i 15 minutter. Aldehyder som acetaldehyd og formaldehyd kan brukes som markør for VOC ved kompostering (jfr. Bjørn Berg). Disse har normer på henholdsvis 25 ppm og 0,5 ppm (takverdi 1 ppm). Måling med indikatorrør har flere feilkilder som interferens med andre gasser, blant annet ammoniakk. Arbeidstilsynet forlanger at reduserende tiltak iverksettes når middelverdien overskrider administrativ norm. Grensen for når Arbeidstilsynet forlanger at tiltak utredes er ¼ av administrativ norm.

Statistiske metoder

Eksponering ble estimert med median og høyeste og laveste verdi. På grunn av skjevfordeling av dataene ble ikke-parametriske metoder brukt. Parede sammenligninger for endring av effekter over arbeidsdagen ble testet med Wilcoxon signed rank tests. Forskjeller mellom symptom prevalenser for arbeidere og kontroller ble testet med Chi-square test. Korrelasjoner mellom kontinuerlige eksponerings og effektvariable ble studert med Spearman korrelasjonskoeffisient. Forskjeller mellom eksponeringsnivå og arbeidere med og uten symptomer ble testet med Mann-Whitney U-test. Samme test ble benyttet for forskjeller mellom arbeider og kontroller og kontinuerlige effektvariable.

RESULTATER

Eksposering

Det ble totalt analysert 122 eksponeringsprøver, 105 ved komposteringsarbeid, 4 ved arbeid på deponi, 7 ved papirstorting og 6 ved Opti Bagsortering (sortering av matavfall fra samleband med en fargedetektor etter farge på avfallsposen). Alle prøvene ble analysert for inhalerbart støv, kokker, sporer og totalmikroorganismer med fluorescens mikroskopi (FM). 95 målinger ble analysert for endotoksin og glukose og 81 for soppsporer og actinomyceter med scanning elektronmikroskopi (SEM). Alle biologiske parametere ble analysert i prøver tatt samme dag som helseundersøkelsen. Disse eksponeringsmålingene for enkelt av de 47 arbeidere (tabell 3) ble vurdert om mot helsedata. 12 av 47 arbeidere brukte verneutstyr. Kun 4 målinger var stasjonære, resten var personbårne målinger.

Resultatene presenteres i tabeller over eksponeringsmålinger utført på anleggene. I tabellene presenteres eksponering for inhalerbart støv, endotoksin, kokker, sporer totalmikroorganismer (summen av kokker og sporer), actinomyceter (sporer fra bakterier) og soppsporer. SEM gir en bedre gjenkjenning av sporer enn FM, det er derfor benyttet to analysemetoder for å kvantifisere mikroorganismene. Resultatene viser at sporene registrert i FM hovedsakelig er sporer fra bakterier (actinomyceter). Sporer analysert i FM er allikevel angitt i tabellene for å kunne sammenligne med tidligere analyser. Eksposering for stavbakterier og glukose ble registrert i små mengder kun i få prøver. Hvilke prøver disse mikrobielle agens er funnet er angitt med stjerne i tabellene. Inhalerbart støv korrelerte med alle målte biologiske faktorer, sterkest med endotoksin og totalmikroorganismer ($r_s=0,6$) og mindre med soppsporer og actinomyceter ($r_s= 0,3-0,5$).

Eksposering ved komposteringsarbeid

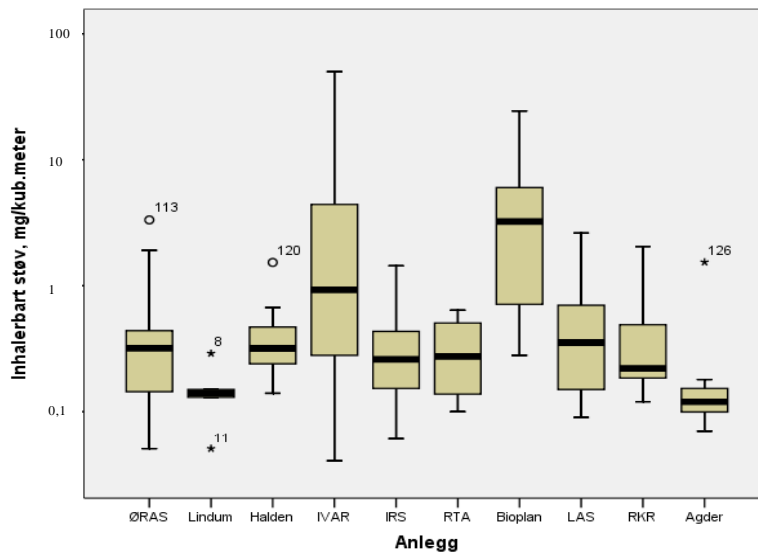
Tabell 2 viser resultater fra alle målingene som er utført ved komposteringsarbeid (n=105). Resultater fra arbeid med papirstorting, arbeid på Opti Bag anlegg og deponi

er også angitt. Tabell 3 viser eksponeringsnivå den dagen helseundersøkelsen ble gjennomført. Resultatene viste store variasjoner i målingene. Eksponeringen for alle biologiske agens, angitt som median, ligger på et moderat nivå og under bedriftsinterne normer (BIN). Det er allikevel verdt å merke seg at de høyeste nivåene for alle komponentene i aerosolen ligger godt over nivå hvor helseplager kan forventes. Det ble registrert lave eksponeringsnivåer for soppsporer ($0,03 \times 10^6 / \text{m}^3$), mens den høyeste måling var høy ($4 \times 10^8 / \text{m}^3$). Det som er utpreget for eksponeringen er de høye nivåene av actinomyceter. Median eksponering for inhalerbart støv ved komposteringsarbeid var lav sett i forhold til administrativ norm for organisk støv ($5 \text{ mg} / \text{m}^3$) og varierer fra 0,1-50 mg / m^3 . Spesielt lavt var eksponeringsnivået for endotoksin ($2,0 \text{ EU} / \text{m}^3$). Bare 4 målinger (4%) viste nivåer av endotoksin over grenseverdien på $200 \text{ EU} / \text{m}^3$.

Eksponering ved anleggene

Tabell 4 til 13 viser eksponeringsforholdene ved hvert enkelt av de deltagende anlegg. Det er tatt ulike antall prøver ved anleggene. Dette skyldes dels i hvilket omfang de ønsket å delta (som hovedanlegg eller referanseanlegg), dels anleggets størrelse og hvor mange prøver som ble tatt i etterkant av undersøkelsen av bedriften selv eller av bedriftshelsetjenesten. Noen anlegg ønsket å få utført prøver av andre funksjoner på anlegget i tillegg til komposteringsarbeide.

Resultatene viser også her store variasjoner, både mellom anleggene og innfor det enkelte anlegg. Alle de høye endotoksin nivåer var ved ett reaktoranlegg (IVAR). Henholdsvis 12% av eksponeringsmålingene for kokker (IRS, IVAR, Bioplan, ØRAS) og 30% av eksponering for actinomyceter (IRS, IVAR, Bioplan, RKR, LAS, Halden, ØRAS) lå over BIN ($10^6 / \text{m}^3$), mens 25% av målingene (IRS, IVAR, Bioplan, RKR, LAS, ØRAS, Agder) lå over BIN for soppsporer ($10^5 / \text{m}^3$). To anlegg viste ingen målinger over BIN for noen av komponentene (RTA, Lindum). På disse anleggene ble det imidlertid tatt forholdsvis få målinger. I ti av 86 målinger ble glukaner påvist og få prøver (9 av 122) viste små mengder av stavbakterier.



Figur 1. Eksponering for inhalerbart støv ved anleggene. Figuren viser median (midterste verdi), interkvartil området (målinger mellom 25% og 75% av måleverdiene sortert fra høyest til lavest) og verdier som ligger utenfor dette området.

Eksponering ved ulike komposteringsmetoder

For å studere eksponeringsforhold ved ulike komposteringsmetoder ble deltagende anlegg bedt om å krysse av i et spørreskjema for benyttet komposteringsmetode.

Følgende alternativer for komposteringsmetoder var angitt i spørreskjemaet:

- Utendørs ranke
- Madrasskompostering med sug/uten sug
- Reaktor
- Reaktor/ranke
- Madrass/ranke
- Madrass/reaktor
- Madrass/utendørs ranke

Besvarelsene viste at to anlegg (ØRAS, Agder) var utendørs rankeanlegg, ett anlegg (RTA) madrassanlegg og to anlegg var reaktoranlegg (IVAR, IRS). Halvparten av

anleggene krysset imidlertid av på at de benyttet flere komposteringsmetoder. Tre anlegg benyttet både reaktor og ranker (Lindum, Halden, RKR), ett anlegg hadde reaktor og madrass kompostering (Bioplan) og ett anlegg hadde madrass og uteranker (LAS). 8 av ti anlegg komposterte slam i tillegg til matavfall, ett anlegg komposterte også fjær fra høns.

Da det også ble tatt ulike antall målinger ved hver av de angitte komposteringsmetodene, var det vanskelig å vurdere eksponering ved en type kompostering opp mot en annen. Ut fra en foreløpig vurdering, så det ut til at reaktorkompostering var en sterk bestemmende faktor for eksponeringsforholdene på anleggene. Målingene fra anleggene ble derfor delt i to klasser, reaktorkompostering (n=78) og ranke- madrasskompostering (n=44). Resultatene viser at risikoen for høy eksponering var størst ved anlegg med reaktorkompostering med signifikant høyere eksponering enn ranke/madrass anleggene for inhalerbart støv (median 0,2 mg/ m³ (range 0,1-3,3mg/m³) og median 0,3 mg/ m³ (range 0,1-50mg/m³), endotoksin (median 1,4 EU/m³ (range 0-250 EU/m³) og median 2,7 EU/m³ (range 0-730 EU/m³) og actinomycester (median 0,1 x10⁶/m³ (range 0-5,6 x10⁶/m³) og median 0,5 x10⁶/m³ (range 0-590x10⁶/m³).

Eksponering ved ulike arbeidsoperasjoner

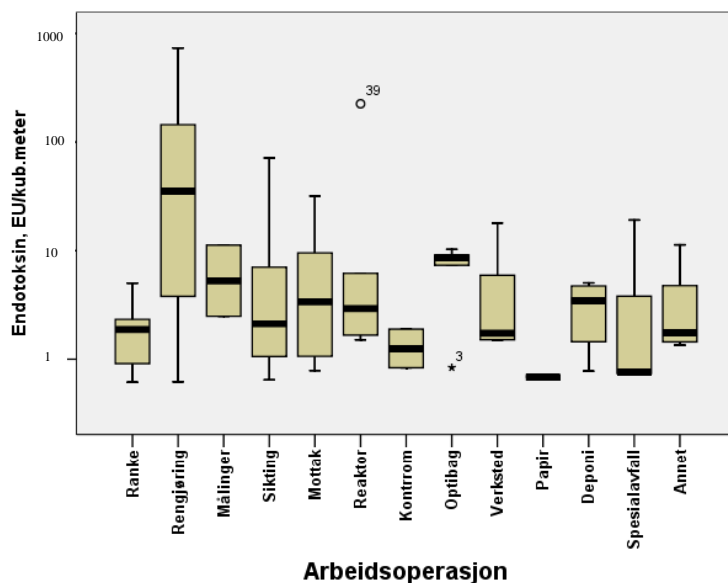
For å undersøke eksponeringsforhold ved ulike type arbeid ved komposteringsanleggene, ble arbeidet samlet i 12 klasser:

- Arbeid med ranker
- Rengjøring
- Kontrollmålinger av ranker
- Sikting
- Mottak av mat/slam
- Reaktor/Prosesshallarbeide
- Kontrollrom
- Verksted
- Annet (spesifisert spesielt ved de enkelte anleggene)

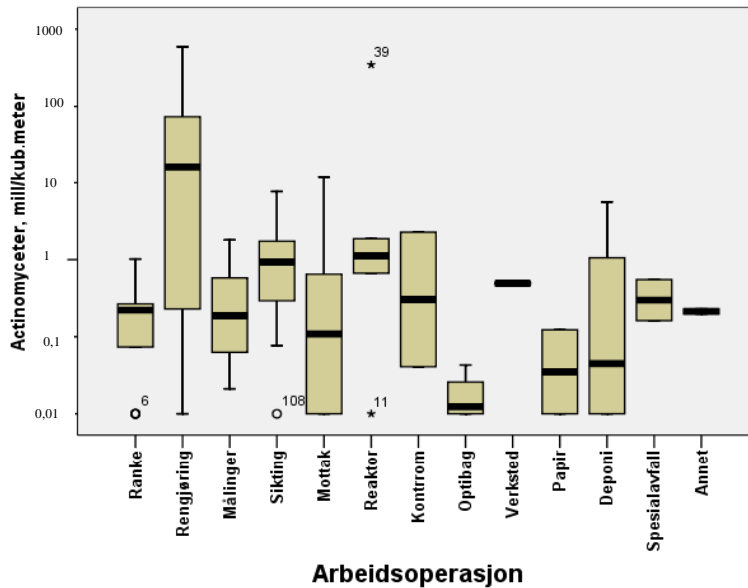
Følgende arbeidsoperasjoner av andre funksjoner på anleggene ble registrert som

- Deponi
- Papirsortering
- Opti Bag
- Slakteavfall

Resultatene er sammenfattet i tabell 14 og figur 2 og 3. De spesielle arbeidsoperasjoner som bidrar sterkest til høye eksponeringsnivåer ved anleggene er ulike former for rengjøring og reaktorarbeid. Her er eksponeringsnivået for de fleste komponentene i bioaerosolen spesielt høyt: inhalerbart støv (10-50 mg/m³), endotoksin (225-734 EU/m³) kokker (37-210 x 10⁶celler/m³), actinomyceter (350-590x10⁶celler/m³) og soppsporer (18-41 x 10⁶ celler/m³). Ved arbeid i verksted, sikting av kompost og mottak av avfall kan nivåer av flere agens nå verdier godt over BIN. Da de fleste anleggene behandler slam, var det vanskelig å skille ut arbeidsoperasjoner med bare behandling av matavfall.



Figur 2. Konsentrasjon av endotoksin ved ulike arbeidsoperasjoner. Figuren viser median (midterste verdi), interkvartil området (målinger mellom 25% og 75% av måleverdiene sortert fra høyest til lavest) og verdier som ligger utenfor dette området.



Figur 3. Konsentrasjoner av actinomyceter ved ulike arbeidsoperasjoner. Figuren viser median (midterste verdi), interquartil området (målinger mellom 25% og 75% av måleverdiene sortert fra høyest til lavest) og verdier som ligger utenfor dette området.

Eksposering for ammoniakk og formaldehyd

Eksposering for ammoniakk ble registrert ved alle anlegg, bortsett fra Lindum og IRS. Det er angitt i tabellene fra hvert anlegg ved de arbeidsoperasjoner hvor ammoniakk er målt (tabell 4 til 13). De gjennomsnittlige konsentrasjonene var lave (0,1-6 ppm). Ved to anlegg (Bio Plan og Halden Resirkulering) ble det registrert konsentrasjoner over mulig registreringsnivå. Dette betyr at konsentrasjonen var høyere enn 6 ppm over arbeidsoperasjonen. Dette var ved arbeid i prosesshall på begge anleggene og ved miksing og innlasting til prosesshall ved Halden Resirkulering. Ingen nivåer av formaldehyd ble registrert ved komposteringsarbeid.

Helseeffekter

Selvrapporterte symptomer

Forekomst av selvrapporterte symptomer på slutten av måledagen går fram av tabell 15. Forholdsvis mange, både av kontroller (41%) og arbeidere (30%) rapporterte irritasjoner fra øvre luftveier som øyne og nese. Arbeiderne (36%) rapporterte mer hosteplager enn kontroller (15%) ($p < 0,05$). For ikke røykere var det fremdeles flere arbeidere som rapporterte hosteplager, men forskjellen var ikke signifikant. 60% av arbeiderne rapporterte en eller annen helseplage i forbindelse med arbeidet.

Lungefunksjonsundersøkelse

Lungefunksjonen ble målt før og etter arbeid hos arbeidere og kontroller (tabell 16).

Lungefunksjonsvariable ble angitt i tabellen som prosent av forventet.

Referanseverdiene fra European Respiratory Society standard population ble brukt. I forhold til kontrollene har arbeiderne lavere forsert vitalkapasitet (FVC). Arbeiderne falt signifikant mer i FEV₁ (forsert ekspiratorisk volum i løpet av et sekund) og FEV₁/FVC løpet av arbeidsdagen i forhold til kontrollene. Arbeiderne falt også i FEV₁/FVC i løpet av arbeidsdagen. Kun en arbeider av 47 (2%) og ingen blant 27 kontrollene ble vurdert med spirometrisk luftveisobstruksjon etter definisjon tidligere anvendt av Bakke i 1991 (FEV₁ < 80% og FEV₁/FVC < 70%). Det var ingen forskjell i lungefunksjonsmålene mellom arbeidere og kontroll hos ikke-røkerne (24 arbeidere og 22 kontroller). Ikke røkere faller heller ikke i lungefunksjon (FEV₁/FVC) over skiftet.)

NO i utåndingsluft

Økt nivå av NO er tegn på inflammasjon i luftveiene. Nivået av NO i utåndingsluft viste ingen tegn til stigning i løpet av arbeidsdagen, verken for arbeidere eller kontroller.

Nivået av NO var imidlertid lavere for arbeidere sammenlignet med kontroller både før (henholdsvis 13 ppb og 21 ppb) og etter (henholdsvis 10 ppb og 20 ppb) arbeid (Tabell 17). Denne forskjellen mellom arbeidere og kontroller forsvant imidlertid for ikke røykere.

NO i ekspirasjonsluft korrelerte også negativt med mengde røyking ($r_s = -0,4$, $p < 0,05$).

NO i ekspirasjonsluft tenderer til å ligge høyere for atopikere (27 ppb) sett i forhold til ikke atopikere (12 ppb). Mer enn 30% av ikke røykende, ikke atopiske arbeidere hadde

forhøyet NO (>20 ppb) i ekspirasjonsluft.

CRP i blod

CRP er en markør for inflammasjon. Gjennomsnittsverdien av CRP i blod for arbeiderne (2,7 ng/ml) og kontroller (1,6 ng/ml) (tabell 17) lå innenfor referanseområdet for klinisk friske (0,1-3,9 ng/ml). Det var imidlertid flere arbeidere (23%) enn kontroller (7%) som hadde CRP verdier over referanseområdet, men det var ingen signifikant forskjell mellom gruppene. Nivået av CRP økte med økende alder ($r_P=0,3$, $p<0,01$) og røykeforbruket i packyears ($r_P=0,3$, $p<0,01$). Blant ikke røkende arbeidere ($n=25$) og kontroller ($n=22$) var det ingen forskjell på CRP nivået i blodet.

Det ble funnet en sammenheng mellom CRP i blodet og nedgang i lungefunksjonen i løpet av arbeidsdagen. Blant arbeiderne korrelerte CRP med luftstrømhastigheten (FEV_1) ($r_S=-0,3$, $p<0,01$), og vitalkapasiteten (FVC) ($r_S=-0,4$, $p<0,05$) målt på slutten av dagen. Denne korrelasjonen ses ikke hos kontrollene. Korrelasjonene er noe sterkere for ikke røkende arbeidere.

Akustisk rhinometri

Akustisk rhinometri måler svelling i nesens slimhinner, også tegn på inflammasjon. I løpet av arbeidsdagen viste arbeiderne tegn på svelling av neseslimhinnen i ytre del av nesa (TVOL1) ($p<0,1$) (tabell 18). Dette gjaldt også ikke røykere. Avsvellingen av neseslimhinnen med nes spray (nesetetthetsfaktor) viste ingen forskjeller mellom kontroll (0,64) og arbeidere (0,69). Nesetetthetsfaktoren viser en mer kronisk nesetetthet enn en akutt tetting i nesa i løpet av arbeidsdagen. Nesetetthetsfaktoren for begge grupper lå i øvre område av moderat tetting (0,4-0,7).

Sammenheng eksponering – helseeffekter

Sammenhengen ble undersøkt både for komposteringsarbeidere alene ($n=40$) og for alle arbeidere som deltok i undersøkelsen.

Selvrapporterte symptomer

Det ble funnet en signifikant sammenheng mellom eksponering for inhalerbart støv og rapportering av tretthet i løpet av arbeidsdagen ($p < 0,05$). For ikke røykere og med korrigerende eksponering for bruk av verneutstyr var det også sammenheng mellom tretthet og eksponering for andre agens i bioaerosolen som totalmikroorganismer ($p < 0,05$), actinomyceeter ($p = 0,05$) og soppsporer ($p < 0,05$). Sammenhengen gjaldt både for komposteringsarbeidere og alle arbeiderne samlet.

Akustisk rhinometri

Det ble registrert en forholdsvis høy nesetetthetsfaktor både hos kontroller og arbeidere. Det ble funnet sammenheng mellom nesetetthetsfaktoren og eksponering for flere agens i bioaerosolen (endotoksiner, støv, kokker og soppsporer, actinomyceeter). Signifikansen forsterket seg når undergruppen av ikke røykere ble undersøkt, spesielt for soppsporer ($r_s = 0,7$, $p < 0,01$) og actinomyceeter ($r_s = 0,6$, $p < 0,01$). Signifikansen for soppsporer og actinomyceeter holder også ved beregning av redusert eksponering (3/4) for arbeidere som har brukt verneutstyr. Sammenhengen gjaldt både for komposteringsarbeidere og alle arbeiderne samlet.

Andre inflammatoriske markører

Det ble ikke funnet sammenheng mellom andre inflammasjonsmarkører (CRP, NO) og lungefunksjonsmålinger, og eksponering i løpet av arbeidsdagen.

DISKUSJON AV RESULTATENE

Målsetting i denne studien var å undersøke eksponering for bioaerosoler og helserisiko ved komposteringsanleggene i Norge. Da bare ti av 37 anlegg ønsket å delta er det ikke sikkert at resultatene fra undersøkelsene er representative for komposteringsanlegg generelt i landet. Men resultatene gir informasjon om hvilke arbeidsoperasjoner som kan være kilde til eksponeringen, og om mulig om ulike komposteringsmetoder vil virke inn for eksponering for bioaerosoler.

Vi studerte også sammenheng mellom helseeffekter og eksponering som ble målt på

samme dag. Helseeffektene ble registrert av både arbeidere og kontroller og bestod av selvrapporterte symptomer og tegn på inflammasjon i luftveiene og i blodprøver. I en slik studie forekommer det alltid flere feilkilder som bør nevnes. Det ble antatt at symptomene var akutte og mulig forårsaket av dagens eksponering. Dette kan være en forenkling, fordi det er mulig at tidligere eksponering over korte eller lengre perioder kan ha ført til mer langvarige symptomer eller kan påvirke følsomheten for utvikling av symptomer.

For å kunne vurdere helserisiko opp mot arbeidsoperasjoner valgte vi å fokusere på at den enkelte arbeider utførte en enkelt arbeidsoperasjon den dagen helseundersøkelsen ble tatt. Dette vil ikke alltid samsvare med den daglige, normale arbeidssituasjonen. En noe kort prøvetakingstid (ca 5 timer) ble gjennomført i denne studien for å få avsluttet helseundersøkelsen i arbeidstiden. Resultatene ble vurdert opp mot bedriftsinterne normer (BIN) som er et effektnivå midlet over en hel arbeidsdag (8 timer). Å midle resultatene over hele arbeidsdagen ville gitt samme eksponeringsresultater som det som er angitt, forutsatt at arbeiderne ikke ble videre eksponert den dagen. Hva arbeiderne utført av arbeid resten av dagen ble ikke registrert i studien.

12 av 46 arbeider brukte verneutstyr under arbeidet. Dette må det tas hensyn til ved vurdering av eksponering opp mot helseplager. Vanlig støv maske kan beskytte arbeiderne opp mot $\frac{3}{4}$ av eksponeringen. De fleste brukte ikke verneutstyr i hele prøvetakingsperioden. Det er allikevel estimert en eksponering som er $\frac{1}{4}$ av målt eksponering for de som har rapportert bruk av verneutstyr for å gjøre en tilnærming av en reell eksponering. Ved beregning av bruk av verneutstyr er dette bli nevnt spesielt.

Med det relative lave antallet av arbeidere som deltok i undersøkelsen, begrenser dette muligheten å oppdage eventuelle forskjeller i undergrupper som røykere/ikke røykere. Analyser for å se på hvorvidt røyking vil influere på sammenhenger vil allikevel bli undersøkt. Der hvor registrerte forskjeller ikke lenger er signifikant ved undersøkelse av undergrupper, må funnet allikevel kunne betraktes som indikasjoner hvis forskjellen ikke svekkes betydelig.

Flere symptomer og helseeffekter ble sammenlignet med flere eksponeringsfaktorer, og antallet av sammenligninger er derfor ganske stort. Derfor er det mulig at noen sammenhenger tilfeldig. Det ble utført 96 sammenligninger, og i gjennomsnitt kunne det ha forekommet 5 tester som tilfeldig var signifikant på 5% nivå. I alt ble det funnet 8 tester som var signifikant, noe som er mer enn hva som tilskrives tilfeldigheter.

Eksponering ved komposteringsarbeid

Bioaerosoler

Resultatene viste at den gjennomsnittlige eksponering for bioaerosoler ved kompostering er moderat, og på et lavere nivå i forhold til en mindre tidligere norsk studie av eksponering ved komposteringsarbeid (Heldal m.fl., 1997). Flere internasjonale studier av helseforhold ved håndtering av matavfall og kompost kunne indikere at i forhold til sortering og innsamling av avfall var arbeiderne på komposteringsanleggene høyere eksponert for mikroorganismer og flere mikrobiell komponenter (Sigsgaard et al., 1994, Poulsen et al., 1995, Breum et al., 1997). Det henvises til gjennomgått litteraturstudie i NRF-delrapport 1 (Heldal, 2005). Spesielt høy eksponering for endotoksin ble registrert ved flere Nederlandske komposteringsanlegg (van Tongeren et al., 1997), Douwes et al. 2000). Dette ble ikke registrert i denne studien hvor eksponeringsnivået for endotoksin generelt var lavt. Det var kun et reaktoranlegg som viste nivåer av endotoksin ved rengjøringsarbeid (reaktorhall, slamkasse) over Nederlandske grenseverdi på 200 EU/m³. Eksponering for glukaner og stavbakterier var lavt fordi få målinger viste nivå over deteksjonsgrensen.

Resultatene viser imidlertid store variasjoner i målingene. Følgelig kan arbeid med kompostering medføre helserisiko ved eksponering for høye nivåer av alle komponenter i bioaerosolen, støv, endotoksiner, bakterier og sporer av bakterier og sopp. Resultatene viste også at omtrent alle agens i bioaerosolen korrelerer med inhalerbart støv. Det kan derfor være vanskelig å tillegge en komponent mer vekt enn en annen komponent ved analyse av sammenhenger mellom eksponering og helseeffekter.

Eksponeringsforholdene på komposteringsanleggene viste imidlertid høye nivåer av actinomyceter ($0,3 \times 10^6/m^3$) i forhold til andre mikroorganismer i aerosolen. Tidligere studier av eksponering for actinomyceter ved renovasjon av matavfall var lav, og høyeste verdi var opp mot 600 ganger lavere enn ved kompostering (Heldal et al., 2003). Fra kompost er det imidlertid tidligere registrert høye nivåer av actinomyceter i eksperimentelt genererte aerosoler fra kompost (Lacey, 1997, Nielsen et al., 1997).

Eksposering for actinomyceter er lite studert. Dette kan skyldes vanskelig tilgjengelige analysemetoder. Actinomyceter er sporedannende Gram-positive bakterier som trives godt i fuktig kompost ved 30 – 60 °C (termofile actinomyceter). Celleveggen til actinomyceter består av flere lag peptidoglykaner. En markør for peptidoglykaner er mureaminsyre. Analyse av mureaminsyre er derfor benyttet som et mål for eksponering for actinomyceter (Larsson et al., 1997).

Helseeffekter ved eksponering for peptidoglykaner er også mindre studert sett i forhold til eksponering for endotoksiner og glukaner, men er allikevel kjent som luftveisallergener. Eksponering for høye nivåer av actinomyceter er i noen studier knyttet opp mot helseplager, blant annet hypersensitive pneumonitt, en sjelden, men alvorlig lungesykdom (Chan-Yeung et al., 1992) og ODTS reaksjoner (organic dust toxic syndrome) (von Essen et al., 1990). Det er også funnet sammenheng mellom betennelsesceller (nøytrofile granulocytter) i en skyllevæske fra lungene (bronchoalveolar lavage, BAL) og eksponering for actinomyceter, analysert som mureaminsyre (Larsson et al., 1997).

Internasjonale studier har vist at aerosolen fra kompost kan inneholde høye verdier av sporer fra sopp ($2-10 \times 10^6$ cfu/ m^3) og spesielt høyt nivå av den termofile soppen *Aspergillus fumigatus* (Clark et al., 1983, Lacey, 1997). Eksponering for sopp sporer i denne studien viste imidlertid lave nivåer ($0,03 \times 10^6$ celler/ m^3) og lavere enn et effektnivå for helseplager på 10^5 sporer/ m^3 estimert ut fra en større landbruksundersøkelse (Eduard m.fl., 2002), men høye verdier kan forekomme.

Det ble vist høye eksponeringsforhold ved flere arbeidsoperasjoner og spesielt ved rengjøring. Dette er også tidligere viste ved arbeid på komposteringsanlegg, både utendørs rankeanlegg og ved reaktoranlegg (Heldal m.fl.1997, Eduard m.fl., 2002). Det som kjennetegner arbeidsoperasjoner er at de som oftest utføres manuelt og ikke maskinelt. Rengjøringsarbeid som feiing, spyling og generell rydding av kompoststøv inngikk i målingene. Høy eksponering ved arbeid på verksted ble funnet spesielt ved arbeid som vedlikehold av maskiner/hjullastere. Dette er også tidligere vist i en kartlegging av Støleheia komposteringsanlegg (Eduard m.fl., 2002). Spesielt i denne foreliggende undersøkelsen var registrering av eksponeringer målt i kontrollrom ved noen anlegg.

Det er ikke tidligere publisert undersøkelser hvor eksponering ved ulike komposteringsmetoder er undersøkt. De fleste av de deltagende anleggene utførte komposteringen med ulike metoder, likeledes varierte type avfall som ble kompostert og bruk av strukturmateriale. Det var derfor vanskelig å angi hvilken komposteringsmetode som er å foretrekke sett ut fra et arbeidsmiljømessig standpunkt. Anlegg med reaktorer så imidlertid ut til bidra til høye eksponeringsforhold, både når det gjelder bioaerosoler og gass.

Gasser

Det primære med denne undersøkelsen var å estimere eksponering for bioaerosoler. Eksponering for nedbrytningsgasser ble derfor kun registrert med indikatorrør ved anleggene noe som kun gir en indikasjon på om eksponering for gasser bør følges opp i videre undersøkelser. Det ble kun registrert ammoniakk i et fåtall av prøvene og ingen rør ga utslag på formaldehyd. Ammoniakk kan også skyldes interferens med andre nitrogenholdige gasser som for eksempel alifatiske aminer. Det er derfor interessant å følge opp eksponering for aminer med mer spesifikke målemetoder på de anleggene ammoniakk er registrert. Formaldehyd kan være en valgt som en gal markør for VOCer (flyktige organiske komponenter). Formaldehydmålingene viser at aldehyder frigjøres i neglisjerbare mengder. Ellers er helserisiko ved eksponering for de ulike flyktige organiske forbindelsene uklart.

Helseplager på komposteringsanleggene

Selvrapporterte symptomer

Rapportering av selvregistrerte irritasjonsplager i øvre del av luftveiene (30%) og følelse av tretthet i løpet av arbeidsdagen (26%) var noe lavere enn tidligere rapportert blant komposteringsarbeidere (45%) (Heldal m.fl., 1997). Symptomrapporteringen var heller ikke høyere blant arbeidere i forhold til kontroller. Unntaket var hosteplager (36%), som også viste samme trend blant ikke røykere.

Med unntak av tretthetsplager ble det ikke funnet signifikante sammenhenger mellom eksponering og symptomer. Median eksponeringsnivå for inhalerbart støv var mer enn dobbel så høy hos arbeidere som rapporterte tretthet ($0,72 \text{ mg/m}^3$) enn hos de som ikke hadde symptomet ($0,29 \text{ mg/m}^3$). Likeledes var median eksponeringsnivå for actinomycester var 5 ganger høyere ($1,5 \times 10^6/\text{m}^3$) hos ikke røykere som opplevde trøtthet i forhold til de som ikke opplevde tretthet ($0,3 \times 10^6/\text{m}^3$).

Opplevelse av trøtthet er en diffus plage som kan ha mange årsaker. Høy rapportering av trøtthet er sett i forbindelse med kloakkarbeid som også korrelerte med eksponering for stavbakterier ($10^6/\text{m}^3$) (Melbostad et al., 1994). Blant renovatører som håndterte matavfall ble det også registrert en sammenheng mellom unormal tretthet og eksponering for stavformede bakterier ($0,01 \times 10^6/\text{m}^3$) og soppsporer ($0,3 \times 10^6/\text{m}^3$) (Heldal et al., 2003). Forskjellen mellom type mikroorganismer (actinomycester, stavformede bakterier og soppsporer) og effekt nivå gjør det vanskelig å identifisere årsaken til trøttheten. Det kan også være andre faktorer som er korrelert med bioaerosoler.

Inflammatoriske markører

NO i utåndingsluft kan produseres av flere betennelsesceller i luftveiene. En kraftig økning av NO (> 35 ppb) i utåndingsluft er først og fremst sett i forbindelse med eosinofil aktivitet i luftveiene hos atopiske astmatikere og allergikere (Horvath et al., 1998). En økning av NO blant arbeiderne ble ikke observert i dette materialet.

NO i ekspirasjonsluft vil være redusert hos røykere (Horvath et al., 1998). Da det er flere røykere blant arbeidere enn kontroller, kan en lavere NO blant arbeidere skyldes røyking. Nivået av NO blant ikke røykende, ikke atopiske arbeidere ligger imidlertid noe høyt sett i forhold til tunnelarbeidere som var eksponert for støv og irriterende gasser (9 ppb) (Ulvestad et al., 2003), og mer enn 30% lå over normalt område (>20 ppb) både før og etter arbeid. Selv om NO ikke øker i løpet av arbeidsdagen, kan dette eventuelt tyde på en noe forhøyet NO av kronisk karakter. Det ble imidlertid ikke funnet sammenheng mellom NO og eksponering for noen av de biologiske faktorene.

Røyking kan også forklare den observerte forskjellen i CRP blant arbeidere og kontroller. Økt CRP i blodet er en markør for inflammasjon, men vil også variere blant annet med røyking. Det ble registrert en korrelasjon mellom CRP og lungefunksjonsvariable som FEV₁ og FEV₁/FVC. Selv om korrelasjonen svekkes noe for ikke røykere, ser det ut til at CRP øker med lavere lungefunksjonsverdier. Det ble ikke funnet sammenheng mellom nivå av CRP og eksponering.

Lungefunksjon

Det ble funnet større fall i lungefunksjon hos arbeidere i forhold til kontroller. Akutt fall i lungefunksjonen er ofte rapportert i forbindelse med høy eksponering for bioaerosoler (Heldal, 2005). Et moderat fall i lungefunksjon over arbeidsskiftet er også tidligere rapportert blant røykende avfallsarbeidere som håndterer matavfall (Heldal et al., 2003). Røyking er den viktigste årsaken til fall i lungefunksjonen. Da fall i lungefunksjonen ikke ble registrert hos ikke-røykende arbeidere og kontroller, kan røyking forklare forskjellen i lungefunksjonsmålingene. Det ble ikke funnet sammenheng mellom lungefunksjonsmålene og eksponering.

Akustisk rhinometri

I denne undersøkelsen ble det funnet en svelling i nesas ytre del i løpet av arbeidsdagen. Svelling i neseslimhinnen er tidligere vist hos andre arbeidsgrupper som er eksponert for bioaerosoler, svinebønder (Larsson et al., 1997), sagbruksarbeidere

(Schlünssen et al., 2002) og avfallsarbeidere (Heldal et al, 2003). Ytre del av nesekaviteten (TVOL1) har et forholdsvis lite slimhinneareal som kan reagere på forurensning i forhold til bakre del av nesehulen (TVOL2). Volumendring i ytre del av nesa betraktes derfor som et mer usikkert mål enn volumendring lenger inn i nesehulen. Svelling kun i ytre del av nesa kan imidlertid skyldes deponering av store partikler fra komposten. Det så også ut til at den forholdsvis høye nesetetthetsfaktoren, tall på en mer kronisk tetthet i nesa, økte med en økende eksponering for soppsporer og actinomycester. Dette gjaldt også for ikke røkende arbeidere. Da den samme høye nesetetthetsfaktoren også ble observert blant kontrollene, kan det være andre faktorer i arbeidsmiljøet enn eksponering for bioaerosoler fra komposten som virker inn på nesetettheten. Det kan også være at kontrollgruppen er mindre egnet .

KONKLUSJONER

Resultatene viste at eksponering for bioaerosoler på anleggene generelt var lav, sett i forhold til andre yrkesgrupper hvor arbeidere eksponeres for bioaerosoler. Det er følgelig mindre risiko for helseplager på komposteringsanleggene enn for eksempel ved kornbehandling og dyrehold i landbruket. Spesielt lav var eksponering for endotoksin. Eksponering for glukaner og stavbakterier var knapt registrerbart.

Det må imidlertid understrekes at enkeltmålinger viser at eksponering ved flere arbeidsoperasjoner på anleggene kan nå et nivå (BIN) hvor helseplager kan forekomme. Visse forholdsregler må derfor tas. Dette gjelder bruk av verneutstyr ved arbeidsoperasjoner hvor oppvirvling av kompoststøv forekommer eller gjøre lokale tiltak for å redusere eksponeringen.

Ved åtte av ti anlegg ble det målt høye eksponeringsverdier for en eller flere mikroorganismer. Kun på et anlegg ble det målt høyere eksponering enn grenseverdien for endotoksin. Anlegg med reaktorkompostering hadde flere høye eksponeringsmålinger sammenlignet med ranke og madrassanlegg.

Det som karakteriserte eksponeringen ved de undersøkte anleggene var at bioaerosolen for det meste besto av actinomyceter. Selv om nivå av soppsporer var 1/10 av actinomycetene, må en imidlertid ta i betraktning at soppsporer kan være mer potente agens enn actinomycetene når det gjelder helseeffekter.

Ved følgende arbeidsoperasjoner var det størst risiko for spesielt høy eksponering:

- Rengjøring
- Reaktorarbeid

Andre arbeidsoperasjoner hvor høy eksponering ble registrert:

- Sikting
- Mottak
- Verkstedsarbeid

I tillegg ble det noe uventet registrert eksponering for bioaerosoler i kontrollrom ved enkelte anlegg.

Eksponering for ammoniakk ved anleggene var lavt. Noe høyere nivå av ammoniakk kunne registreres ved reaktorarbeid. Det ble ikke registrert målbart nivå av formaldehyd som markør for VOC.

Selvrapporterte helseplager ble ofte registrert på anleggene, og over halvparten rapporterte plager i forbindelse med arbeidet. Hosteplager var oftere rapportert enn kontrollene. Det ble også registrert noe økt nivå av CRP, reduksjon av NO i ekspirasjonsluft og lungefunksjon over arbeidsdagen i forhold til kontrollgruppen, men disse forskjellene kan også skyldes røyking. Dessuten ble det ikke funnet sammenheng mellom nevnte helseeffekter og eksponering for bioaerosoler blant komposteringsarbeiderne.

Forholdsvis mange arbeidere rapporterte tretthet i løpet av arbeidsdagen (26%). Det ble videre registrert en tetting i nesa over arbeidsdagen målt med akustisk rhinometri.

Nesetetthetsfaktoren som er et mål på mer kronisk nesetetthet i nesa var noe forhøyet (nesetetthetsfaktor = 0,7) blant arbeiderne. Følelse av tretthet og mer kronisk tetthet i nesa så ut til å henge sammen med eksponering for flere biologiske agens i løpet av arbeidsdagen.

Kortfattet viser resultatene følgende:

- Til tross for at høye eksponeringsforhold kan forekomme ved enkelte arbeidsoperasjoner, vil arbeid på komposteringsanleggene ikke medføre alvorlig helsefare.
- Det ble funnet en sammenheng mellom selvrapporterte tretthetsplager og tegn til irritasjon i øvre luftveier og eksponering for flere agens i bioaerosolen.
- Inflammatoriske reaksjoner er milde og kan skyldes røyking.
- Selv om plagene kan være av helsemessig betydning, er reaksjonene etter arbeid med kompost små, og vi har ikke holdepunkter for at dette vil kunne føre til langvarige luftveisplager hos arbeidere.

TILTAK

På grunn av at høye eksponeringsverdier kan forekomme på anleggene er overvåking av arbeidsmiljøet nødvendig. Tiltak på utsatte arbeidsplasser kan redusere eksponeringen. Resultatene viste at selv om støvmengden kan være godt under administrativ norm på anleggene, kan innholdet av mikroorganismer nå helseskadelige nivåer. Det er derfor ikke tilstrekkelig å overvåke arbeidsmiljøet med kun å registrer støvmengden i arbeidsatmosfæren. Sammenhengen som ble funnet mellom selvrapporterte tretthetsplager og eksponering for støv, likeledes tegn på irritasjonsplager som svelling av neseslimhinnen synes å understøtte dette.

Flere tiltak kan gjøres for å redusere eksponeringen. Metoder med avtagende effektivitet er

- *Å identifisere kilden til eksponering for bioaerosoler for så å eliminere eller redusere den.* Der måleverdiene overgår bedriftsinterne normer for bakterier, actinomyceiter og soppsporer bør det identifiseres hvilke del av arbeidsoperasjonen eller hvilke forhold som er årsak til de høye eksponeringene. Høyest eksponering forekommer ved støvete rengjøringsprosesser. Her bør det rettes oppmerksomhet på hvordan rengjøringsprosessene utføres på de ulike anleggene og hvordan støvet og aerosoldannelsen oppstår. Bruk av feiekost og trykkluft/spyler ved rengjøring bør unngås. Sentralstøvsugere kan eventuelt benyttes. Ansamling av støv bør reduseres ved oftere rengjøring og rydding på alle deler av anlegget. Dette gjelder støv fra kompost på maskiner og i maskinhytter, i prosesshaller, rydding av kompost mellom ranker og rengjøring av arbeidsklær og sko. Det ble i flere målinger vist høye nivåer av bioaerosoler i kontrollrom. Her bør generell rengjøring gjennomgås og ventilasjonssystemet må kontrolleres.
- *Å hindre eller redusere spredning av bioaerosolen.* Dette inkluderer blant annet å bygge kilden inn, og å kontrollere den med ventilasjon. Alternativt kan renovatøren isoleres ved bruk av punktavsug. Lukkede førerhus bør brukes ved alt arbeid med kompost. Manuelt arbeid bør unngås. Førerhusene bør ha tilstrekkelig filterkapasitet eller utstyres med friskluft.
- *Verneutstyr må brukes i høyt eksponerte arbeidsoperasjoner.* Kontrollstrategier som går direkte på arbeidstakeren selv inkluderer personlig verneutstyr, Når risiko for høy eksponering for bioaerosoler foreligger, må det innføres rutiner for bruk av verneutstyr, særlig hvis arbeidstakeren blir eksponert i kortere perioder. Hvilke grader av beskyttelsesvern er avhengig av nivå av eksponeringen. Ved rengjøringsprosesser med bruk av høytrykksutstyr må friskluftmaske brukes, vanlig papirmaske er ofte ikke tilstrekkelig. Ved arbeid i reaktoranlegg må fullt verneutstyr med friskluftutstyr og engangsdresser brukes. Oppholdstiden bør begrenses til det strengt tatt nødvendige.

- *Hygienetiltak.* Generelle hygienetiltak på komposteringsanleggene bør gjennomføres. Søl eller direkte kontakt med kompost vil antagelig være vanskelig å unngå. Personlig hygiene med håndvask før røyking og spising er derfor viktig. Likeledes bør arbeidstøy og personlig tøy holdes atskilt. Ren- og skittensone bør etableres på anleggene. Bedriften bør stå for vask av arbeidstøy. Det må være mulighet for dusj på arbeidsplassen.
- Tiltak kan også inkludere organisatoriske endringer som jobbrotasjon for å redusere i eksponeringstiden.
- *Opplæring av eget arbeidsmiljø.* Det er viktig at operatører har god kjennskap til prosesser på anleggene og hvordan de skal forholde seg ved spesielle arbeidsoperasjoner med tanke på eksponering, hvordan aerosoler dannes og giftige gasser produseres ved anaerobe forhold.

Oppfølging

Arbeidsmiljøet bør følges opp med periodiske målinger (hvert annet år) av inhalerbart støv og mikroorganismer. Periodiske målinger utføres når eksponeringen er så høy at faren for overskridelse av BIN er tilstede. Hensikten blir dermed å overvåke eksponeringen over tid. Målepunkter som er representative for eksponeringen vil være ved nevnte arbeidsoperasjoner når kilde til aerosoldannelse er kjent. Er valg av målepunkter usikkert, anbefales flere og mer detaljerte målinger enn det som er gjort i denne undersøkelsen. For å avdekke eventuelle endringer i eksponeringen er det viktig at prøvetakingsmønsteret beholdes, at de samme personene overvåkes og at målingene utføres under like betingelser.

Eksponeringen skal holdes på lavest mulig nivå ved å gjennomføre tiltak som nevnt over. Når tiltak settes i verk, kan det være nyttig å vise til om tiltaket har effekt. Dette kan dokumenteres ved å sammenligne eksponeringsnivå før og etter tiltaket.

Undersøkelsen viser at det er spesielt ved alle typer rengjøring eksponeringen kan bli uakseptabelt høy. Skikkelig rengjøring på anleggene er viktig for å fjerne kilden til aerosoldannelse. Rengjøringsprosessene i seg selv vil føre til spredning av aerosoler. Det er også viktig å redusere aerosoldannelse om mulig også eksponeringen ved ventilasjonstiltak og verneutstyr.

Helseovervåkning

Komposteringsanlegg skal være tilknyttet en Bedriftshelsetjeneste. Metoder for helseovervåkning av arbeidstakerne bør etableres på anleggene, i første rekke for å forebygge arbeidsrelatert sykdommer, men også for å fremme generelt god helse. Årvis oppfølging av arbeidere bør inkludere helsekontroll med lungefunksjonsmålinger. Bedriftslegen bør være spesielt opptatt av plager som rapporteres ofte på komposteringsanleggene, luftveisplager og plager som uvanlig tretthet. Arbeidere må være oppmerksom på at de til en hver tid kan ta kontakt med Bedriftshelsetjenesten ved arbeidsrelaterte helseproblemer.

REFERANSER

- American Thoracic Society, Gardner RM, Hankinson JL, Crapo RO et al. Standardization of spirometry-1987 update. *Am Rev Respir Dis* 1987;16:1285-1298.
- Arbeidstilsynets best. Nr. 450. Kartlegging og vurdering av eksponering for kjemiske stoffer og biologiske forurensninger i arbeidsatmosfære. 1995.
- ATS/ERS Recommendations for standardised procedures for the online and offline measurement of exhaled lower respiratory Nitric Oxide and Nasal Nitric Oxide. *Am J Crit Care Med*, 2005; Vol 171, 912-930.
- Breum NO, Würtz H, Ebbehøj N, Midtgård. Eksponering for støv og mikroorganismer på papir- og postsorteringsanlegg. Sikkerhet og sundhet ved affald og genanvendelse. Rapport nr. 15. Arbejdsmiljøinstituttet, København, 1997.
- Chan-Yeung M, Enarson DA, Kennedy SM. The impact of grain dust on respiratory health. *Am Rev Respir Dis* 1992;145:476-487.
- Clark CS, Rylander R, Larsson L. Levels of Gram-negative bacteria, *Aspergillus fumigatus*, dust and endotoxin at compost plants. *Appl Environ Microbiol* 1983;45:1501-1505.
- Douwes J, Doekes G, Montijn R et al. Measurement of $\beta(1-3)$ -glucans in the occupational and home environment with an inhibition enzyme immunoassay. *Appl Environ Microbiol* 1996;62:3176-3182.
- Eduard W, Moe M, Drangsholt, K. Arbeidsmiljøundersøkelser ved Støleheia avfallsanlegg I forbindelse med iverksetting av Forskrift om vern av arbeidstakere mot farer ved arbeid med biologiske faktorer. Stami-rapport nr. 1, 2002.
- Eduard W, Sandven P, Johansen B, Bruun R. Identification and quantification of mould spores by scanning electron microscopy (SEM): Analysis of filter samples collected in Norwegian sawmills. *Ann Occup Hyg* 1988;32:447-455.
- Eduard W, Sandven P, Levy F. Exposure and serum IgG antibodies to mold spores in wood trimmers: Exposure-respons relationships with respiratory symptoms. *Appl Occup Environ* 1994;9:44-48.
- European Respiratory Society. Standardised lung function testing. *Eur Res J* 1993;6, Supplement 16.
- Fogelmark B, Lacey J, Rylander R. Experimental allergic alveolitis after exposure to different microorganisms. *Int J Exp Path* 1991;72:387-395.

Heldal K, Skogstad A, Eduard W: Improvements in the Quantification of Airborne Microorganisms in the Fram Environment by Epifluorescence Microscopy, *Ann.occup. Hyg.*, Vol.40, No.4, pp.437-447, 1996.

Heldal KK, Nilsen H, Eduard W, Vejersted B. Kildesortering I byområder og spredt bebyggelse. SFT 1997, rapport 97-12.

Heldal KK, Straumfors A, Djupesland P, Wouters I, Thorn J, Eduard W, Halstensen TS: Upper airway inflammation in waste handlers exposed to bioaerosols. *Occup Environ Med* 2003;60:444-450.

Heldal KK, Straumfors A, Thorn J, Eduard W, Halstensen T. Airway inflammation in waste handlers exposed to bioaerosols assessed by induced sputum. *Eur Res J* 2003;21:641-645.

Heldal KK, Eduard W: Associations between acute symptoms and bioaerosol exposure during collection of household waste. *Am J Ind Med* 2004; 46:253-260.

Heldal KK, Delrapport: Kartlegging av helseforhold ved arbeids på komposteringsanlegg. Norsk Renholdsverksforening Rapport nr. 3/2005.

Horvath I, Donnelly LE, Kiss A, Balint B, Kharitonov SA, Barnes PJ. Exhaled nitric oxide and hydrogen peroxide concentrations in asthmatic smokers. *Respiration* 2004;71:463-468.

Kharitonov S, Alving K, Brnes PJ. Exhaled and nasal nitric oxide measurements: recommendations. *Eur Respir J* 1997;10:1683-1687.

Lacey J. Actinomycetes in Composts. *Ann Agric Environ Med* 1997;4:113-121.

Larsson BM, Palmberg L, Malmberg PO, Larsson K. Effects of exposure to swine dust on levels of IL-8 in airway lavage fluid. *Thorax* 1997;52:638-42.

Melbostad E, Eduard W, Skogstad A, Sandven P, Lassen P, Sørstrand P, Heldal K. 1994. Exposure to bacterial aerosols and work-related symptoms in sewage workers. *Am J Ind Med* 1994;25:59-63.

Nielsen BH, Würtz H, Breum NO, Polusen OM. Microorganisms and endotoxin in experimentally generated bioaerosols from composting household waste. *Ann Agric Environ Med* 1997a;4:159-168.

Nielsen EM, Breum NO, Nielsen BH, Würtz H, Poulsen OM, Midtgaard U. Bioaerosol exposure in waste collection: A comparative study on the significance of collection equipment, type of waste and seasonal variation. *Ann. Occup. Hyg.* 1997b;41:325-344.

Poulsen OM, Breum NO, Ebbenhøj N, Hansen ÅM, Ivens U, van Lelieveld D, Malmros P, Matthiasen L, Nielsen BH, Nielsen EM, Schibye B, Skov T, Stenbaek E, Wilkins K.

Collection of household waste: review of occupational health problems and their possible causes. *Sci Total Environment* 1995a;170: 1-19.

Rhinology; Acoustic rhinometry-standardisation and use. 2000, Suppl 16, 3-11.

Sigsgaard T, Malmros P, Nersting L, Petersen C. Respiratory disorders and atopy in Danish resource recovery workers. *Am J Respir Crit Care Med* 1994a;149:1407-1412.

Schlünssen V, Schaumburg I, Andersen NT, Sigsgaard T, Pedersen OF. Nasal patency is related to dust exposure in woodworkers. *Occup Environ Med* 2002;59:23-29.

Tamura H, Arimoto Y, Tanaka S, Yoshida M, Obayashi T, Kawai T. Automated kinetic assay for endotoxin and (1→3)- β -D-glucan in human blood. *Clin Chim Acta* 1994;226:109-112.

Thorn J, Beijer L, Rylander R. Airways inflammation and glucan exposure among household waste collectors. *Am J Ind Med* 1998b;33:463-470.

Ulvestad B, Lund MB. Tunnelarbeid gir økt risiko for kronisk obstruktiv lungesykdom. *Tidsskr Nor Lægeforen* 2003;123:2292-2295.

van Tongeren M, van Amelsvoort L, Heederik D. Exposure to organic dusts, endotoxins, and microorganisms in the municipal waste industry. *Int j Occup Environ Health* 1997;3:30-36.

Wouters IM, Hilhorst SK, Kleppe P, *et al.* Upper airway inflammation and respiratory symptoms in domestic waste collectors. *Occup Environ Med* 2002;59:106-112.

VEDLEGG

1. Liste over bedriftsinterne normer (BIN)

TABELLER

Tabell 1. Karakteristikk av arbeidere og kontroller angitt i prosent, gjennomsnitt og standard avvik

Tabell 2. Eksponering for bioaerosoler ved kompostering

Tabell 3. Eksponering for mikroorganismer målt samme dag som helseundersøkelsen

Tabell 4. Konsentrasjon av bioaerosoler og ammoniakk ved IVAR

Tabell 5. Konsentrasjon av bioaerosoler og ammoniakk ved RKR

Tabell 6. Konsentrasjon av bioaerosoler og ammoniakk ved LAS

Tabell 7. Konsentrasjoner av bioaerosoler og ammoniakk ved ØRAS

Tabell 8. Konsentrasjon av bioaerosoler og ammoniakk ved Bioplan

Tabell 9. Konsentrasjon av bioaerosoler og ammoniakk ved Agder Avfallsselskap

Tabell 10. Eksponering for bioaerosoler ved Halden Avfallsselskap

Tabell 11. Konsentrasjoner av bioaerosoler og ammoniakk ved Lindum

Tabell 12. Konsentrasjoner av bioaerosoler og ammoniakk ved IRS

Tabell 13. Konsentrasjon av bioaerosoler og amoniakk ved RTA

Tabell 14. Eksponering for bioaerosoler ved ulike arbeidsoperasjoner

Tabell 15. Akutte symptomer rapportert i løpet av arbeidsdagen

Tabell 16. Lungefunksjonsdata, gjennomsnitt (SD)A

Tabell 17. Inflammatoriske markører, NO i ekspirasjonsluft og mCRP i blod

Tabell 18. Måling av nesevolum med Akustisk rhinometri

Liste over bedriftsinterne normer (BIN)

Med nevnte forbehold (se side 30) kan resultater av eksponeringsmålinger for bioaerosoler vurderes opp mot bedriftsinterne normer (BIN):

$1 \times 10^5 / \text{m}^3$ for soppsporer

$1 \times 10^6 / \text{m}^3$ for bakterier (kokker, staver, actinomyceter, totalmikroorganismer)

Eksponering for endotoksin kan vurderes ut fra grenseverdi i Nederland:

$200 \text{ EU}/\text{m}^3$

For vurdering av tiltak og oppfølging kan likeledes Arbeidstilsynets anbefalinger ved overskridelse av administrative normer (ADN) brukes:

Overskrider gjennomsnittet av flere målinger bedriftsintern norm, må tiltak iverksettes. Overskrider gjennomsnittet $\frac{1}{4}$ av normen anbefales overvåkning av arbeidsmiljøet med periodevise målinger.

Høye verdier i forhold til BIN er uthevet i tabellene.

Tabell 1. Karakteristikk av arbeidere og kontroller angitt i prosent, gjennomsnitt og standard avvik

Karakteristikk	Kontroll n=27	Arbeidere n=47
Kjønn, menn (%)	71	96
Alder, år	43(10)	41(10)
Atopi positive (%)	21	19
Røykere (%)	18	47*
Røykeforbruk ^A	2,4(7)	6,7(10)**

* Pearson Chi-square, $p < 0,05$

** Mann-Whitney test, $p < 0,05$

A: Angitt i packyears, antall år røkt x pakker sigaretter pr. dag

Tabell 2. Eksponering for bioaerosoler ved kompostering

Mikroorganismer	n ^A	Eksponering, median (range)
Inhalerbart støv (mg/m ³)	105	0,3 (0,1-50,1)
Endotoksin (EU/m ³)	86	2,0 (0-734)
Kokker(10 ⁶ celler/m ³) ^B	105	0,1 (0-209)
Sporer(10 ⁶ celler/m ³) ^B	105	0,1 (0-640)
Total mikroorganismer(10 ⁶ celler/m ³) ^B	105	0,4 (0-640)
Actinomyceeter(10 ⁶ celler/m ³) ^C	73	0,3 (0-592)
Soppsporer (10 ⁶ celler/m ³) ^C	73	0,03 (0-410)

A: Antall målinger

B: Analysert med fluorescense mikroskopi (FM)

C: Analysert med scanning elektron mikroskopi (SEM)

Tabell 3. Eksponering for mikroorganismer målt samme dag som helseundersøkelsen

Mikroorganismer	Eksponering, median (range)			
	Kompostering	Papirsortering	Deponi	Optibag
	n=40	n=2	n=2	n=2
Inhalerbart støv (mg/m ³)	0,3(0,1-10,7)	1,1(0,9-1,2)	0,2(0,1-0,2)	0,38
Endotoksin (EU/m ³)	2,8(0,7-310,3)	0,7	0,8	8,2(7,3-9,1)
Glukaner (ng/m ³)	0(0-99,3) ^A	0	0	0
Kokker(10 ⁶ celler/m ³) ^B	0,1(0-209)	0,4(0,1-0,6)	0,01(0,01-0,02)	0,2(0,1-0,2)
Sporer(10 ⁶ celler/m ³) ^B	0,3(0-399)	0,1(0,1-0,2)	0,01(0-0,01)	0,2(0,2-0,2)
Total mikroorganismer(10 ⁶ celler/m ³) ^B	0,4(0,01-460)	0,5(0,2-0,7)	0,02(0,02-0,03)	0,3(0,3-0,4)
Actinomycceter(10 ⁶ celler/m ³) ^C	0,3(0-592)	0,1(0-0,1)	0	0
Soppsporer (10 ⁶ celler/m ³) ^C	0,02(0-41)	0,02(0-0,03)	0	0,4(0,3-0,4)

A: Glukaner påvist i 9 av 40 prøver

B: Analysert med fluorescence mikroskopi (FM)

C: Analysert med scanning elektron mikroskopi (SEM)

Tabell 4. Konsentrasjon av bioaerosoler og ammoniakk ved IVAR

Arbeidsoperasjon	n ^A	Eksponeringsnivå, median(range)								
		Inhalerbart støv (mg/m ³)	Endotoksin (EU/m ³)	Kokker ^B (10 ⁶ celler/m ³)	Sporer ^B (10 ⁶ celler/m ³)	Totalmikroorganismer ^B (10 ⁶ celler/m ³)	n ^A	Actinomyceter ^C (10 ⁶ cfeller/m ³)	Soppsporer ^B (10 ⁶ celler/m ³)	NH3 (ppm)
Rengjøring ^D	6	4,8(1,2-50,1)	310(35,0-734)	5,3(0-209)**	150(16,5-640)	235(18,2-640)	5	77,1(28-592)	1,0(0-41)	0-1,5
Sikting	2	0,4(0,2-0,7)	2,71*	0	7,7(7,7-8,4)	7,7(7,0-8,4)	2	5,7(3,7-7,7)	0,03(0-0,1)	1,5
Mottak	3	0,4(0,2-0,8)	18,2(9,0-27,7)	0,5(0,1-0,8)**	2,4(0,4-7,4)	3,0(0,5-8,1)	3	0,6(0,4-11,4)	0,3(0-0,7)	0-0,8
Reaktor	1	3,4	225*	5,3	204		1	346,3	17,9	0
Kontrollrom ^E	1	0,1	-	0,1	0,2		-	-	-	-
Verksted ^E	2	3,2(0,3-6,1)	2,0	0,6(0,1-1,1)	60,1(5,1-115)	60,7(5,2-116)	-	-	-	-
Annet***	3	0,9(0,3-2,8)	-	0,2(0-0,5)	4,2(3,6-35,5)	4,7(3,8-35,5)	-	-	-	-
Biofilter ^E	1	0,2	-	0	35,4	35,4	-	-	-	-
Magnetstasjon ^E	1	2,8	-	0,5	4,2	4,7	-	-	-	-
Scrubber ^E	1	0,9	-	0,2	3,6	3,8	-	-	-	-

A: Antall målinger

B: Analysert med fluorescense mikroskopi (FM)

C: Analysert med scanning elektron mikroskopi (SEM)

D: Med rengjøring av kulvert, slamkasser, vendemaskin, "binge2"

E: Stasjonære målinger

* Registrering av glukaner

** Registrering av Gram-negative bakterier

*** Spesielle stasjonære målinger

Tabell 5. Konsentrasjon av bioaerosoler og ammoniakk ved RKR

Arbeidsoperasjon	n ^A	Eksponeringsnivå, median (range)								
		Inhalerbart støv (mg/m ³)	Endotoksin (EU/m ³)	Kokker ^B (10 ⁶ celler/m ³)	Sporer ^B (10 ⁶ celler/m ³)	Total mikroorganismer ^B (10 ⁶ celler/m ³)	n ^A	Actinomyceter ^C (10 ⁶ celler/m ³)	Soppsporer ^C (10 ⁶ celler/m ³)	NH ₃ (ppm)
Sikting	6	0,2(0,1-9,5)	1,1(0,7-11,2)	0,1(0-0,2)**	0,3(0,1-1,0)	0,4(0,1-1,1)	5	1,3(0,2-1,9)	0,04(0-0,1)	0-2,0
Mottak/mat-slam	3	0,2(0,1-0,2)	1,2(0,9-31,2)	0,01(0-0,01)	0,1(0,1-0,1)	0,1(0,1-0,1)	1	0,04	0	0
Reaktor/spyling	1	0,2	1,5	0,1	0,2	0,3	-	-	-	0
Kontrollrom	2	1,2(0,3-2,1)	1,9	0,1(0-0,2)	0,5(0,1-1,0)	0,6(0,2-1,0)	1	2,3	0,04	0
Verksted	3	0,6(0,5-1,0)	1,5(1,5-18,0)	0	0,2(0-0,5)	0,2(0-0,6)	2	0,5(0,4-0,5)	0,04(0-0,1)	0
Kontr.målinger	1	0,2	11,2	0,03	0,7	0,7	1	1,8	0,3	0
Annet***	5	0,4(0,1-2,1)	0,8(0,7-19,1)	0,2(0-0,2)	0,01(0-0,8)	0,2(0-0,9)	2	0,4(0,2-0,6)	0,01(0-0,02)	
Biofilter kontr.rom	3	0,1(0,1-0,4)	0,8(0,7-19,1)*	0,02(0-0,2)	0,04(0-0,8)	0,1(0-1,0)	3	0,4(0,2-0,6)	0,01(0-0,02)	0-2,5
Mjåvann	2	1,5(0,9-2,1)	-	0,2(0,1-0,2)	0,1(0,1-0,1)	0,2(0,2-0,3)	-	-	-	-

A: Antall målinger

B: Analysert med fluorescense mikroskopi (FM)

C: Analysert med scanning elektron mikroskopi (SEM)

* Registrering av glukaner

** Registrering av Gram-negative bakterier

*** Spesielle målinger

Tabell 6. Konsentrasjon av bioaerosoler og ammoniakk ved LAS

Arbeidsoperasjon	n ^A	Eksponeringsnivå, median (range)								
		Inhalerbart støv (mg/m ³)	Endotoksin (EU/m ³)	Kokker ^B (10 ⁶ celler/m ³)	Sporer ^B (10 ⁶ celler/m ³)	Total mikro-organismer ^B (10 ⁶ celler/m ³)	n ^A	Actinomyceter ^C (10 ⁶ celler/m ³)	Soppsporer ^B (10 ⁶ celler/m ³)	NH ₃ (ppm)
Ranke	2	0,3(0,1-0,4)	0,7	0,01(0-0,02)*	0,5(0,3-0,7)	0,5(0,3-0,7)	1	1	0,1	2,5
Sikting/Kverning	4	0,2(0,1-0,5)	2,6(0,7-24,1)	0(0,4)	0,1(0-0,4)	0,3(0-0,7)	2	0,2(0-0,3)	0,7(0,1-1,3)	0-0,2
Papir	5	1,2(0,9-2,6)	0,7	0,3(0,1-0,6)*	0,1(0,1-0,4)	0,2(0,1-0,9)	2	0,1(0-0,1)	0,02(0-0,03)	0,1
Deponi	3	0,2(0,1-0,2)	0,8	0,03(0-0,1)*	0,02(0-0,03)	0,1(0-0,1)	1	0	0	0,1
Slakteavfall	4	0,4(0,2-0,6)	1,8(1,4-11,3)	0,1(0-0,6)	0,01(0-0,1)	0,1(0-0,7)	2	0,2(0,1-0,2)	0,1(0-0,1)	0-2,5
Rengjøring ^D	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-

A: Antall målinger

B: Analysert med fluorescense mikroskopi (FM)

C: Analysert med scanning elektron mikroskopi (SEM)

D: Prøven ødelagt

*Registrering av Gram-negative bakterier

Tabell 7. Konsentrasjoner av bioaerosoler og ammoniakk ved ØRAS

Arbeidsoperasjon	Eksponeeringsnivå, median(range)									
	n ^A	Inhalerbart støv (mg/m ³)	Endotoksin (EU/m ³)	Kokker ^B (10 ⁶ celler/m ³)	Sporer ^B (10 ⁶ celler/m ³)	Total mikro-organismer ^B (10 ⁶ celler/m ³)	n ^A	Actinomyceter ^C (10 ⁶ celler/m ³)	Soppsporer ^C (10 ⁶ celler/m ³)	NH ₃ (ppm)
Ranke	2	0,3(0,2-0,3)	1,3(0,7-1,9)	0,1(0-0,1)	0,1(0-0,1)	0,1(0,1-0,2)	2	0,2(0-0,3)	0,1(0-0,1)	0,1
Sikting	5	0,1(0,1-3,3)	1,0(0-25,9)	0,1(0-5,9)	0,03(0-0,5)	0,1(0-6,4)	1	1,2	0	0,1
Optibag	6	0,4(0,2-0,5)	8,0(0-10,3)	0,1(0,1-0,4)	0,2(0-0,3)	0,4(0,2-0,7)	4	0,01(0-0,01)	0,2(0-0,4)	0,1
Deponi	2	0,3(0,1-0,5)	5	0,04(0-0,1)	1,0(0-1,9)	1,0(0-2,0)	2	2,8(0-5,6)	0,1(0-0,1)	0,1

A: Antall målinger

B: Analysert med fluorescense mikroskopi (FM)

C: Analysert med scanning elektron mikroskopi (SEM)

Tabell 8. Konsentrasjon av bioaerosoler og ammoniakk ved Bioplan

Arbeidsoperasjon	n ^A	Eksponeringsnivå, median (range)								
		Inhalerbart støv (mg/m ³)	Endotoksin (EU/m ³)	Kokker ^B (10 ⁶ celler/m ³)	Sporer ^B (10 ⁶ celler/m ³)	Total mikro-organismer ^B (10 ⁶ celler/m ³)	n ^A	Actinomyceter ^C (10 ⁶ celler/m ³)	Soppsporer ^C (10 ⁶ celler/m ³)	NH ₃ ppm
Rengjøring	2	13,9(3,4-24,4)	84,0(64,7-103,3)	22,1(3,1-41,2)	12,2(6,1-18,3)	34,3(9,2-59,4)	2	17,4(10,6-24,1)	0,7(0-1,4)	1,5-2,5
Sikting	1	1,8	71,4*	3,4	1,6	5	1	0,3	0,02	1
Mottak	1	3,2	10,5	5,2	7,8	13	1	11,9	0,3	5
Reaktor ^D	2	5,5(0,3-10,7)	4,6(2,9-6,2)*	18,7(0-37,4)	8,0(1,6-14,5)	26,7(1,6-51,9)	2	1,5(1,1-1,9)	0,2(0-0,3)	3-6***
Kontrollrom	1	0,3	0,8	0,3**	0,3	0,7	1	0,04	0	0,3

A: Antall målinger

B: Analysert med fluorescense mikroskopi (FM)

C: Analysert med scanning elektron mikroskopi (SEM)

D: Med målinger ved Eidfjord.

* Registrering av små mengder glukaner

** Registrering av små mengder Gram-negative bakterier

*** Utenfor høyeste verdi ved Bioplan

Tabell 9. Konsentrasjon av bioaerosoler og ammoniakk ved Agder Renovasjon

Arbeidsoperasjon	n ^A	Eksponeringsnivå, median (range)								
		Inhalerbart støv (mg/m ³)	Endotoksin (EU/m ³)	Kokker ^B (10 ⁶ celler/m ³)	Sporer ^B (10 ⁶ celler/m ³)	Total mikro-organismer ^B (10 ⁶ celler/m ³)	n ^A	Actinomyceter ^C (10 ⁶ celler/m ³)	Soppsporer ^C (10 ⁶ celler/m ³)	NH ₃ (ppm)
Ranke	4	0,1(0,1-0,2)	0,6(0-1,3)	0,1(0-0,2)	0,1(0-0,2)	0,2(0-0,3)	4	0,2(0,1-0,3)	0,1(0-0,2)	0-0,5
Sikting	2	0,1(0,1-0,1)	2,2(2,1-2,2)	0,3(0,1-0,4)	0,1(0,1-0,1)	0,4(0,3-0,5)	2	0,2(0,1-0,3)	0	0-2,0
Mottak slam	1	1,5	1,4	0,1	0,03	0,2	1	0	0	0,1

A: Antall målinger

B: Analysert med fluorescense mikroskopi (FM)

C: Analysert med scanning elektron mikroskopi (SEM)

Tabell 10. Eksponering for bioaerosoler ved Halden Avfallsselskap

Arbeidsoperasjon	Eksponeringsnivå, median (range)									
	n ^A	Inhalerbart støv (mg/m ³)	Endotoksin (EU/m ³)	Kokker ^B (10 ⁶ celler/m ³)	Sporer ^B (10 ⁶ celler/m ³)	Total mikro-organismer ^B (10 ⁶ celler/m ³)	n ^A	Actinomyceter ^C (10 ⁶ celler/m ³)	Soppsporer ^C (10 ⁶ celler/m ³)	NH ₃ (ppm)
Ranke	4	0,3(0,1-0,5)	2,9(2,2-3,7)	0,1(0-0,2)	0,3(0,2-0,3)	0,5(0,1-1,7)	2	0,3(0,2-0,3)	0,01(0-0,02)	0-3
Rengjøring	1	0,4	5,3	0,1	0,1	0,2	1	0,02	0	4
Kontr.målinger	1	0,2	2,5	0,04	0,02	0,06	1	0	0	4
Sikting	2	1,1(0,7-1,5)	-	0,4(0,3-0,5)	2,3(2,1-2,6)	2,7(2,4-3,1)	1	0,2	0	2
Mottak fjær/mat	1	0,3	6	0,6	0,2	0,8	1	0,3	0,07	0
Reaktor	1	0,3	-	0,1	0,7	0,8	1	0,7	0,07	6*

A: Antall målinger

B: Analysert med fluorescence mikroskopi (FM)

C: Analysert med scanning elektron mikroskopi (SEM)

* Utenom høyeste avleste verdi

Tabell 11. Konsentrasjoner av bioaerosoler og ammoniakk ved Lindum

Arbeidsoperasjon	Eksponeringsnivå, median (range)									
	n ^A	Inhalerbart støv (mg/m ³)	Endotoksin (EU/m ³)	Kokker ^B (10 ³ celler/m ³)	Sporer ^B (10 ³ celler/m ³)	Total mikro-organismer ^B (10 ⁶ celler/m ³)	n ^A	Actinomyceter ^C (10 ³ celler/m ³)	Soppsporer ^C (10 ³ celler/m ³)	NH ₃ (ppm)
Ranke	1	0,2	0,7	0,1	0,03	0,1	1	0	0	0
Reaktor	1	0,1	1,7	0,01	0,01	0,02	1	0	0	0
Mottak	1	0,1	3,4	0,04	0,1	0,1	1	0	0	0
Mottak struktur	1	0,3	0,8	0,04	0,01	0,05	1	0,02	0,02	0
Mottak grøfting	1	0,1	0,9	0,1	0,01	0,1	1	0	0	0

A: Antall målinger

B: Analysert med fluorescense mikroskopi (FM)

C: Analysert med scanning elektron mikroskopi (SEM)

Tabell 12. Konsentrasjoner av bioaerosoler og ammoniakk ved IRS

Arbeidsoperasjon	Eksponeeringsnivå, median (range)									
	n ^A	Inhalerbart støv (mg/m ³)	Endotoksin (EU/m ³)	Kokker ^B (10 ⁶ celler/m ³)	Sporer ^B (10 ⁶ celler/m ³)	Total mikro-organismer ^B (10 ⁶ celler/m ³)	n ^A	Actinomyceter ^C (10 ⁶ celler/m ³)	Soppsporer ^B (10 ⁶ celler/m ³)	NH ₃ (ppm)
Ranke	6	0,3(0,1-0,5)	2,0(0-5,0)	0,2(0-0,2)	0,1(0,1-0,5)	0,4(0,1-0,6)	4	0,2(0-0,5)	0,01(0-0,4)	0
Rengjøring ^D	5	0,8(0,2-1,4)	3,1(1,0-5,3)	0,1(0,1-1,7)	0,3(0,1-5,4)	0,4(0,1-7,1)	4	0,4(0-4,3)	0,1(0-1,1)	0
Kontrollmål/Prosess	1	0,1	0	0,1	0,1	0,3	1	0,2	0,03	0
Sikting	1	0,1	1,1	0,1	0,3	0,5	1	0,3	0,2	0
Deponi	2	0,2(0,2-0,2)	3,6(2,7-4,4)	0,1(0,1-0,1)	0,1(0,1-0,1)	0,2(0,2-0,2)	1	0,1	0	0
Mottak	1	0,3	5	0,2	0,1	0,5	1	0,1	0	0

A: Antall målinger

B: Analysert med fluorescence mikroskopi (FM)

C: Analysert med scanning elektron mikroskopi (SEM)

D: Spyling, feiing siktehall, sentrifuge, komposthall

Tabell 13. Konsentrasjon av bioaerosoler og amoniakk ved RTA

Arbeidsoperasjon	Eksponeringsnivå, median (range)									
	n ^A	Inhalerbart støv (mg/m ³)	Endotoksin (EU/m ³)	Kokker ^B (10 ⁶ celler/m ³)	Sporer ^B (10 ⁶ celler/m ³)	Total mikro-organismer ^B (10 ⁶ celler/m ³)	n ^A	Actinomyceter ^C (10 ⁶ celler/m ³)	Soppsporer ^C (10 ⁶ celler/m ³)	NH ₃ (ppm)
Ranke	3	0,3(0,1-0,6)	1,2(0,6-2,4)	0,1(0-0,2)	0,1(0-0,1)	0,3(0,1-0,4)	3	0,02(0-0,3)	0(0-0,02)	0-0,2
Rengjøring ranker	1	0,1	0,6	0,06	0,02	0,1	1	0,02	0	0

A: Antall målinger

B: Analysert med fluorescense mikroskopi (FM)

C: Analysert med scanning elektron mikroskopi (SEM)

Tabell 14. Eksponering for bioaerosoler ved ulike arbeidsoperasjoner

Arbeidsoperasjon	Eksponeringsnivå, median(range)								
	n ^A	Inhalerbart støv (mg/m ³)	Endotoksin (EU/m ³)	Kokker ^B (10 ⁶ celler/m ³)	Sporer ^B (10 ⁶ celler/m ³)	Totalmikroorganismer ^B (10 ⁶ celler/m ³)	n ^A	Actinomyceter ^C (10 ⁶ cfeller/m ³)	Soppsporer ^B (10 ⁶ celler/m ³)
Ranke	22	0,2(0,1-0,6)	1,3(0-5,0)	0,1(0-0,3)	0,1(0-1,7)	0,3(0-1,7)	17	0,2(0-1,0)	0,02(0-0,4)
Rengjøring	15	1,4(0,1-50,1)	35,2(0,6-734)	1,7(0-209)	6,1(0-640)	9,2(0,1-640)	12	10,6(0-592)	0,05(0-41,0)
Kontr.målinger	3	0,2(0,1-0,2)	2,5(0-11,2)	0,04(0-0,1)	0,1(0-0,7)	0,2(0,1-0,7)	3	0,2(0-1,8)	0,03(0-0,3)
Sikting	23	0,2(0,1-3,3)	2,0(0-71,4)	0,1(0-5,9)	0,1(0-8,4)	0,4(0-8,4)	15	0,9(0-7,7)	0,02(0-1,3)
Mottak	12	0,3(0,1-3,2)	3,4(0,8-31,8)	0,1(0-5,2)	0,1(0-7,8)	0,2(0,1-13,2)	11	0,2(0-11,9)	0,04(0-0,7)
Reaktor	6	0,3(0,1-10,7)	2,9(1,5-225)	0,1(0-37,4)	1,1(0-204)	1,2(0-209)	5	1,1(0-346)	0,07(0-17,9)
Kontr.rom	3	0,3(0,1-0,3)	1,4(0,8-1,9)	0,1(0-0,3)	0,4(0,2-1,0)	0,7(0,3-1,0)	2	1,2(0-2,3)	0,02(0-0,04)
Verksted	5	0,6(0,3-6,1)	1,7(1,5-18,0)	0,1(0-1,1)	0,5(0-115)	0,6(0-116)	2	0,5(0,5-0,5)	0,04(0-0,1)
Annet	6	0,4(0,1-2,8)	0,8(0,7-19,1)	0,1(0-0,5)	2,2(0-35,5)	2,4(0-35,5)	2	0,4(0,2-0,6)	0,01(0-0,02)

A: Antall målinger

B: Analysert med fluorescense mikroskopi (FM)

C: Analysert med scanning elektron mikroskopi (SEM)

Tabell 15. Akutte symptomer rapportert i løpet av arbeidsdagen

Symptomer	Prevalens, %	
	Kontroll n=27	Arbeidere n=47
Irritasjon i øvre luftveier	41	30
Hoste	15	36*
Astmalignende plager	7	17
Feberanfall	0	0
Kvalme	0	2
Tretthet	19	26
En eller flere plager fra luftveiene	37	51
En eller flere arbeidsrelatert plager	44	60

* p=0,05 Pearson Chi-Square test

Tabell 16. Lungefunksjonsdata, gjennomsnitt (SD)^A

Lungefunksjonsvariable	Kontroll	Arbeidere
FEV ₁ % av forventet ^B	101,8(12,2)	95,1(14,0)*
FVC % av forventet ^B	109,3(12,4)	102,7(13,0)
FEV ₁ /FVC%	93,5(6,4)	92,9(8,5)
Δ FEV ₁ % forventet ^C	1,4(2,7)	-0,2(3,5)*
Δ FEV ₁ /FVC ^C	0,8(1,9)	-0,9(2,9)**

FEV₁: kraftig utpustvolum på et sekund

FVC: Lungens vitalkapasitet

A: Standard avvik

B: Sammenlignet med en forventingsverdi satt av European Respiratory Society standard population

C: Forskjellen mellom etter og før arbeid

*p<0,05 (Mann-Whitney test) Nedgang hos arbeidere i forhold til kontroll

#p<0,05 (Wilcoxin signed rankt test)Nedgang etter arbeid

Tabell 17. Inflammatoriske markører, NO i ekspirasjonsluft og mCRP i blod

	n	NO i ekspirasjonsluft (ppb) ^A		Akutfaseprotein mCRP(ng/ml) ^A
		før arbeid	etter arbeid	
Kontroll	27	20,9(0,1-87,3)	19,6(3,9-93,5)	1,1(0,1-7,0)
Arbeidere	47	12,6(0,1-99,0)*	9,9(0,1-99,7)*	2,4(0,2-11,0)

A: Verdier angitt i median med høyeste og laveste verdi

* p<0,05 forskjell mellom kontroll og arbeidere

Tabell 18. Måling av nesevolum med Akustisk rhinometri

Nesemål	Differanse før og etter arbeid, gjennomsnitt (sd)	
	Kontroll	Arbeidere
TMCA1 (cm ²)	0,02(0,2)	-0,01(0,2)
TVOL1 (cm ³)	-0,08(0,2)	-0,22(0,4)*
TMCA2 (cm ²)	0,05(0,1)	0,07(0,1)
TVOL2 (cm ³)	0,04(1,1)	0,30(1,6)
Nesetetthetsfaktor	0,64(0,4)	0,69(0,4)

TMCA1: total minimum tversnitt av nesens fremre del (2 cm inn fra neseåpningen)

TVOL1: total volum av nesens fremre del (2 cm inn fra neseåpningen)

TMC2: total minimum tversnitt mellom 2 og 5 cm fra neseåpningen

TVOL2: total volum av nesen mellom 2 til 5 cm fra neseåpningen

* p<0,5 tetting over skiftet (One-sample T-test)