

# Utførelse av arbeid – oversikt over arbeidsmiljøforhold Kjemiske og biologiske arbeidseksponeringer i gjenvinningsindustrien



## Sammendrag

Dette prosjektet er et bidragsprosjekt der STAMI, med økonomisk støtte fra Norsk Industri og med praktisk tilrettelegging fra 3 av medlemsbedriftene i Norsk Industri, har foretatt en kartlegging av eksponering for biologiske arbeidsmiljøfaktorer i gjenvinningsindustrien. Det ble bestemt i samråd med referansegruppen at fokus skulle være på prøvetaking i representative anlegg for prosessering av innsamlet avfall og at analysene skulle konsentreres omkring faktorer av betydning for mulig biologisk helsefare ved eksponering for bioaerosoler. Det ble også besluttet å gå gjennom og beskrive hovedtrekk fra aktuell dokumentasjon fra de deltagende bedriftene, mottatt direkte fra disse og ekstrahert fra EXPO-databasen ved STAMI.

Fire anlegg i de tre deltagende bedriftene ble valgt ut i samråd med bedriftene. Helskifts personlig prøvetaking (5-7 timers innsamlingstid) av luft fra pustesonen for analyse av biologiske faktorer ble foretatt med i alt 18 parallelle prøvesett (personer). Prøvetakingen ble gjennomført over 6 dager på de 4 anleggene. Personene ble valgt ut fra deres planlagte arbeid den aktuelle dagen, og vi valgte personer som skulle utføre sine normale arbeidsoppgaver i det vesentlige utenfor maskiner med lukket kabin. Prøvematerialet er analysert og resultatet presentert som gjennomsnittlig luftkonsentrasjon av totalstøv, endotoksin, soppsporer og aktinobakteriesporer, alle pr. kubikkmeter innsamlet luft.

Resultatene viste som ventet en meget stor variasjon av måleverdiene. Av de målte verdiene for endotoksineksponering og soppsporeeksponering lå henholdsvis 76 prosent og 83 prosent over de anbefalte grenseverdiene, noe som innebærer risiko for at betennelsessystemene i kroppen blir aktivisert. Selv om en høy andel av de som er eksponert på dette nivået oppgir å bruke åndedrettsvern, bør det gjøres en oppdatering av risikovurderingene knyttet til arbeidsoperasjonene som er inkludert i den foreliggende undersøkelsen, og av disse bør tiltak for eksponeringsreduksjon følge. De målte nivåene for eksponering i de kartlagte situasjonene tilsier videre at flere av arbeidsoppgavene på anleggene bør kartlegges enn det som ble gjort i denne studien. Resultatene i denne

rapporten vil være egnet som bakgrunnsmateriale ved utarbeidelse og revisjon av informasjonsdatablader.

Det vil bli levert en tilleggsrapport om analyser av sopp- og bakterie-DNA fra prøvetakere som er blitt eksponert som tilleggsaktivitet integrert med prøvetakingen i det foreliggende prosjektet. Disse resultatene er forventet tilgjengelig i løpet av 2018.

## **Innholdsfortegnelse**

<b>Bakgrunn</b>	<b>5</b>
<b>Mål</b>	<b>5</b>
<b>Organisering av studien</b>	<b>6</b>
<b>Om gjenvinningsindustrien</b>	<b>6</b>
<b>Håndtering av avfall ved anleggene – betydning for eksponering i arbeidsmiljøet</b>	<b>7</b>
<b>Mulige helseeffekter som har vært sett i forbindelse med eksponering for biologiske faktorer på mottaksanlegg og i andre anlegg med overføringsverdi til gjenvinningsindustrien</b>	<b>8</b>
<b>Beskrivelse av et typisk anlegg i gjenvinningsindustrien</b>	<b>11</b>
<b>Øvrige kilder til informasjon, begrensninger i foreliggende informasjon</b>	<b>13</b>
<b>Materiale og metode for prøvetaking av forurensning i arbeidsatmosfæren</b>	<b>14</b>
<b>Resultater og vurdering av prøvetakingen og resultatene</b>	<b>15</b>
<b>Diskusjon av resultatene i den foreliggende studien</b>	<b>17</b>
<b>Diskusjon av resultater av risikovurdering og måleresultater som vi har fått tilsendt direkte fra de deltagende virksomhetene</b>	<b>18</b>
<b>Konklusjon</b>	<b>20</b>
<b>Tiltak og framtidsperspektiver</b>	<b>20</b>
<b>Takk til</b>	<b>22</b>
<b>Referanser</b>	<b>22</b>

### **Forfattere av denne rapporten:**

Karl-Christian Nordby (prosjektleder) (STAMI)

Ine Pedersen (STAMI)

Jon Hovik (STAMI)

Anani K. Johnny Afanou (STAMI)

Tonje Trulsen Hildre (Oslo Universitetssykehus)

Kari Kulvik Heldal (STAMI)

## Bakgrunn

Norsk Industri har kontaktet STAMI for bistand til å gjennomføre det foreliggende forprosjektet. Målet var å beskrive eksponeringer relatert til behandling av avfall i gjenvinningsindustrien. Det er i dag lite systematisk oversikt over eksponeringsnivåer i disse virksomhetene. Bransjen håndterer alle typer avfall og de aktuelle eksponeringene omfatter en rekke agens slik som uorganiske og organiske kjemiske forbindelser, aerosoler fra faste stoffer og bioaerosoler, og kilder til radioaktiv stråling. I det foreliggende prosjektet har STAMI, sammen med Norsk Industri og tre av medlemsbedriftene i Norsk Industri, gått gjennom arbeidsmiljøforhold knyttet til gjenvinningsindustrien og herunder gjennomført en undersøkelse av eksponering for biologiske arbeidsmiljøfaktorer i utvalgte anlegg.

Målet med dette forprosjektet er å få en tilstrekkelig god oversikt over aktuelle eksponeringer kvalitativt og kvantitativt innen gjenvinningsindustrien. Det er ønskelig å samle eksisterende beskrivelser av eksponeringssituasjoner og deres tilhørende målte verdier av forurensninger som kan ha arbeidsmiljømessige og helsemessige konsekvenser, for å kunne møte slike utfordringer med forebyggende tiltak, både relatert til produksjonsprosessens (tekniske) innretninger og til nødvendig bruk av verneutstyr, og til å utarbeide informasjon til bruk i virksomhetene (informasjonsblader).

## Mål

- Gi en overordnet beskrivelse av eksponeringsbildet i gjenvinningsindustrien, gjennom
  - Bedriftsbesøk
  - Informasjonsinnsamling fra virksomhetene vedr.
    - Omløp (hyppighet og volum) av kjemikalier/kjemiske- og biologiske faktorer
    - Arbeidsoperasjoner som kan medføre eksponering

- Data fra relevante eksponeringsmålinger som allerede er gjennomført i utvalgte arbeidsoperasjoner.
- Foretatte stikkprøvebaserte eksponeringsmålinger

Ut fra prosjektet skal STAMI innenfor rammene av prosjektet:

- Gi en grov oversikt over potensielle helseforhold sett i lys av eksponeringsbildet, også egnet for bruk i informasjonsblader utarbeidet for tilpasning til den enkelte virksomheten
- Gi et oppsummerende bilde over status og evt. kunnskapshull i bransjen
- Fremme forslag til tiltak i bransjen for å tette evt. kunnskapshull, hvor et større forskningsprosjekt kan være et av alternativene hvis det skulle ligge til rette for dette

## Organisering av studien

Studien er gjennomført i samarbeid med de deltakende virksomhetene, koordinert av Norsk Industri, og aktivitetene er utført av STAMI ved prosjektleder og prosjektgruppen. Det ble etablert en referansegruppe med deltakelse fra partene og Arbeidstilsynet, og denne gruppen har hatt ett møte i forkant av oppstart av studien.

## Om gjenvinningsindustrien

Gjenvinningsindustrien i Norge har viktige samfunnsmessige oppgaver med å sørge for en bærekraftig ressursutnyttelse, gjennom å gjenvinne avfall til energi og nye materialer.

Tre virksomheter: Franzefoss Gjenvinning AS, Norsk Gjenvinning AS, og Ragn Sells AS, har bidratt til dette prosjektet gjennom å stille rapporter og vurderinger til rådighet for prosjektet, og gjennom tilrettelegging for prøvetaking av bioaerosoler i sine anlegg.

Det ble tidlig bestemt at måleaktivitetene i prosjektet skulle konsentreres omkring måling av bioaerosoler i arbeidsatmosfæren, siden dette er den typen eksponering som det antas å være mest variasjon i og dårligst mulighet til å kontrollere gjennom arbeidsmiljøtiltak.

## **Håndtering av avfall ved anleggene – betydning for eksponering i arbeidsmiljøet**

Anleggene tar imot og håndterer eller prosesserer alle aktuelle fraksjoner av avfall. De fleste avfallsfraksjoner håndteres på en slik måte at det ikke medfører knusning og spredning av aerosoler i arbeidsmiljøet. Anleggene har ulike løsninger for å kverne, sikte og sortere ut fraksjoner for gjenvinning og for å håndtere avfallsfraksjoner som ikke er egnet for kverning.

Avfall som er forurenset med matavfall og liknende vil vanligvis bli sortert ut på mottak og ikke gjennomgå prosessering på lokasjonene. Dette avfallet blir i stedet omlastet etter en grovsortering og levert til et forbrenningsanlegg. Det samme gjelder farlig avfall som skal håndteres på egne godkjente anlegg.

Farlig avfall har hatt mye oppmerksomhet både arbeidsmiljømessig og når det gjelder ytre miljøforurensning, og håndteringen av slikt avfall på mottaksanleggene er regulert i tillatelser fra fylkesmannen og iht. avfallsforskriften. Farlig avfall blir etter rutiner og regelverk håndtert i lukkede beholdere slik at det normalt ikke innebærer risiko for eksponering av arbeidstakerne som håndterer dette avfallet. Men, det kan forekomme avvik slik at farlig avfall kommer inn på anleggene. Det er nødvendig at avvikshåndtering knyttet til slike avvik innebærer rutiner for ekstra beskyttelse av arbeidstakerne. Måling av eksponering knyttet til innblanding av farlig avfall i avfallsfraksjonene er forbundet med utfordringer på grunn av den forventede sjeldne opptreden av slike forhold. Dersom man antar at det regelmessig forekommer at farlig avfall kommer inn på anleggene, er det prosjektgruppens vurdering at analyse med tanke på identifisering av innblanding av farlig avfall i avfallsfraksjonene må foretas direkte i det aktuelle avfallet og at generelle analyser av prøver tatt fra arbeidsatmosfæren i liten grad vil være egnet til å fange opp slike forhold. Det er imidlertid et inntrykk at slik forurensning forekommer i liten grad og at avvikshåndteringen bør kunne fange opp de fleste slike situasjoner før de fører til eksponering av personer som håndterer avfallet.

## Mulige helseeffekter med overføringsverdi til gjenvinningsindustrien – en oppsummering

Studier av eksponering for biologiske faktorer og helseeffekter ved mottaksanlegg og i andre anlegg som prosesserer avfall er relativt sjeldne i den vitenskapelige litteraturen. Det foreligger en del studier som har sett på eksponering for bioaerosoler i ulike bransjer som er relevante for eksponering på anlegg som prosesserer avfall. Dette kan være anlegg for prosessering av husholdningsavfall, komposteringsanlegg, anlegg for håndtering av slam fra avløp, eksponering under husdyrhold og planteproduksjon, og ved produksjon av bioprotein. Felles for studier av eksponeringsnivåer for biologiske arbeidsmiljøfaktorer er en meget stor variasjon i eksponeringsnivåene. Det er hovedsakelig inflammasjonseffekter i luftveier med økt risiko for kronisk bronkitt og kols-liknende forandringer og selvrappert trøtthet etter arbeidsskift som er blitt påvist i disse studiene. Langtidsstudier der individer får målt helseparametre som lungefunksjon og inflammasjonsaktivitet, og som samtidig har en tilstrekkelig god eksponeringsbeskrivelse er få, og dette gjør det vanskelig å estimere for eksempel forventede fall i lungefunksjon som kan tilskrives ulike nivåer av eksponering for komponentene i bioaerosoler. De viktigste komponentene i bioaerosoler som har vært satt i forbindelse med helsepåvirkning er endotoksin fra gram-negative bakterier og glukaner fra sopp – som begge påvirker immunsystemet og igangsetter en inflammatorisk prosess.

Videre er det allergene komponenter i avfall, særlig i form av muggsopp. Dessuten forekommer infeksjoner pga smitte med viable patogene mikrober, der både med virus, sopp og bakterier kan innebære luftbåren smitte fra bioaerosol som genereres ved håndtering av avfall, i tillegg til den direkte smittekontakten med slikt kontaminert avfall.

En oppsummeringsartikkel konkluderte i 2003 med at eksponering for bioaerosoler er assosiert med en rekke effekter på human helse, deriblant infeksjoner, akutte toksiske effekter, allergier og kreft, men at effekter på luftveiene og redusert lungefunksjon var mest studert og best dokumentert. Det ble fremholdt at mer forskning trengs for å etablere bedre kartleggingsmetoder og validere etablerte metoder, og at flere mulige effekter slik som



effekter på nervesystemet og mulige reproduksjonseffekter burde studeres. (Douwes, Thorne et al. 2003)

En norsk studie av inflammasjon i lungene foretatt med såkalt induisert sputum-teknikk (der den som undersøker inhalerer vanndråper og deretter hoster opp slim inneholdende celler fra lungene, slik at inflammasjonsceller og -mediatorer kan karakteriseres, påviste økt inflammasjonsnivå i luftveiene hos renovasjonsarbeidere som samlet inn organisk husholdningsavfall og ble eksponert for bioaerosol med innhold av endotoksin under arbeid. (Heldal, Halstensen et al. 2003)

En nylig oversiktsartikkel basert på 24 publikasjoner fra studier som undersøkte helseeffekter av håndtering av fast avfall («solid waste») i kommunal sektor, fant ikke konsistente funn av assosiasjoner mellom eksponering for spesifikke avfallshåndteringsoperasjoner og negative helseeffekter. (Ncube, Ncube et al. 2017)

I en oversiktsartikkel over bioaerosoleksponering basert på publikasjonene fra forskergruppens egne studier i ulike bransjer i Nederland i tidsrommet 1996-2005, vises til over 450 personlige prøvetakinger. Endotoksin og glukaneeksponering var relativt lave i avfallsinnsamling og – transport, «grønn avfallskompostering» og biomasseforbrenning, mens nivåene var 5-20 ganger høyere ved kompostering og sortering av husholdningsavfall, med typiske måleverdier i intervallet fra 300-1000 EU/m<sup>3</sup> endotoksin og 5-10 µg/m<sup>3</sup> glukaner. Det ble under kompostering og sortering av husholdningsavfall, som er mindre relevant for de eksponeringssituasjonene som forekommer i den aktuelle måleserien, funnet gjennomgående verdier som oversteg de nederlandske grenseverdiene for arbeidseksponering for disse faktorene. (Wouters, Spaan et al. 2006)

En tysk studie av kompostanleggsarbeidere med 5 års oppfølgingstid viste høy konsentrasjon av aktinomyceter og filamentøse sopper i arbeidsatmosfæren, og deltakerne rapporterte mer slimhinneirritasjon i øyne og luftveier. Videre ble det i denne studien påvist et longitudinelt fall i lungefunksjon (forsert vitalkapasitet) hos ikke-røykende kompostarbeidere

og en forhøyet risiko for kronisk bronkitt (RR 1,41, CI 1,28-1,55), og det ble også diagnostisert allergisk alveolitt hos 2 av de 218 eksponerte deltakerne. (Bunger, Schappler-Scheele et al. 2007)

En oversiktsartikkel over helseeffekter av eksponering for soppsporer, konkluderte med at negative helseeffekter kan observeres fra eksponeringsnivåer fra 100 000 sporer pr. kubikkmeter luft og høyere blant individer/grupper som ikke er sensitiviserte (allergiske for komponenter i støvet), og at det ved eksponering høyere enn dette kan forventes økt risiko for lungefunksjonstap, luftveissymptomer og inflammasjonseffekter i blodet. (Eduard 2009)

I en undersøkelse av celler fra lungene høstet med induisert sputum-teknikk, ble en gruppe norske bioproteinproduksjonsarbeidere fulgt i ett år for å se på graden av persistens for de påviste inflammasjonseffekter som ved starten av observasjonen ble tilskrevet endotoksineksponering i meget høye nivåer. Det viste seg at inflammasjonseffektene ikke var fullstendig reversert ett år etter eksponeringsopphør. (Sikkeland, Eduard et al. 2012)

En studie fra Kina fant at endotoksineksponerte arbeidstakere i tekstilindustrien i Shanghai gjennom perioden fra 1981 til 2011, som ble fulgt opp med 5-års intervaller bl. a. med CT-undersøkelse av lungene og spirometri, utviklet lungeforandringer som likner på de som finnes ved røyking. (Lai, Hang et al. 2016)

Oppsummert viser studier fra innsamling og prosessering av husholdningsavfall at det er stor variasjon i eksponeringsnivåene for organisk støv og komponenter i støvet ved håndtering av avfall. Ved håndtering av hageavfall er det ofte høye nivåer av soppsporer og eksponeringsfaktorer knyttet til sopp, slik som glukaner. I de deltakende anleggene i den foreliggende studien foretas ikke kompostering, som har vært forbundet med de høyeste gjennomsnittsmålingene av aktuelle komponenter i bioaerosol. Hageavfall er ikke relevant for avfallet som prosesseres på de aktuelle anleggene, men studiene kan være relevante mht. å si noe om hva som kan være relevante eksponeringsfaktorer dersom det er en høy

andel av organisk avfall i de fraksjonene som prosesseres eller håndteres på gjenvinningsanleggene.

En plukkanalyse foretatt i Oslo kommunes anlegg for prosessering av husholdningsavfall viste resultater som kan tolkes dit hen at det forekommer lite forurensning av avfallet som kan medføre kjemisk helsefare, slik som eksponering for løsemidler og tungmetaller. (Avfallsanalyse 2017) Det har vært antatt at analyser foretatt av innsamlet husholdningsavfall ikke har stor overføringsverdi til prosesseringsanlegg for avfall fra næringsvirksomheter, fordi det kan være større sannsynlighet for forekomst av farlig avfall i avfallsfraksjoner som kommer inn på prosessanleggene for næringsavfall enn det som er tilfellet ved håndtering av husholdningsavfall.

Det er bare «organisk støv» som har en fastsatt grenseverdi fra Arbeidstilsynet etter gjeldende forskrift om grenseverdier. Grenseverdien er på 5 mg/m<sup>3</sup> målt som totalstøv. Når man sammenlikner publiserte studier som har målt inhalerbart støv med grenseverdier basert på totalstøvfraksjonen er ikke eksponeringsverdiene direkte sammenliknbare. Måling av inhalerbar støvfraksjon gir høyere måleverdi enn verdien for totalstøv målt i den samme aerosolen. Avhengig av hvor stor andel grovstøv som finnes (støv med aerodynamisk diameter 30-100 µm), vil totalstøv som andel av inhalerbart støv gjerne ligge mellom 20 og 80% av verdien som er målt for inhalerbart støv, fordi de større partiklene i støvet i mindre grad fanges opp når totalstøv måles.

Grenseverdier for endotoksineksponering og for soppeksponering er kun veiledende og er basert på internasjonale retningslinjer og råd slik de er oppsummert fra STAMI. Se Tabell 2 for detaljer.

## **Beskrivelse av et typisk anlegg i gjenvinningsindustrien**

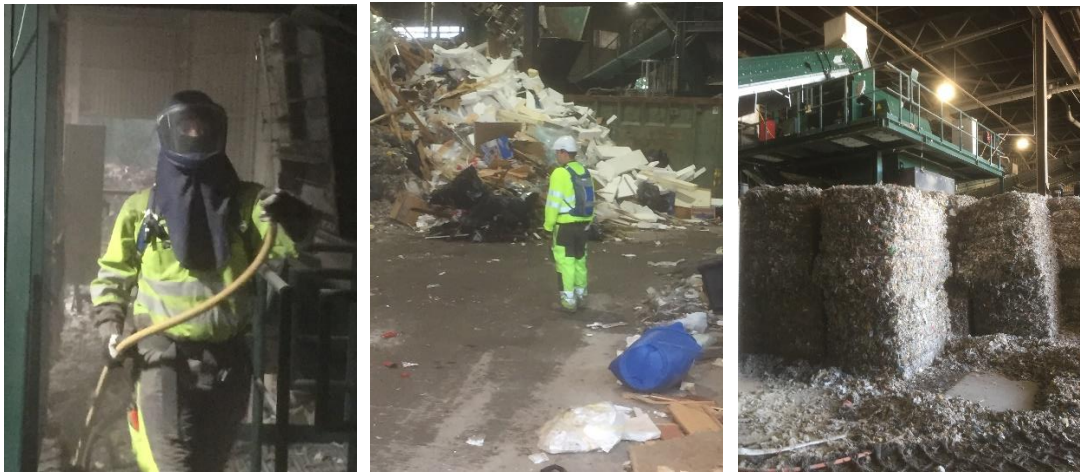
Det beskrevne anlegget tar imot avfall fra næringslivskunder. I mottaket er det 2 ansatte som kontrollerer innholdet i avfallet som bilene som transporterer avfall til anlegget leverer. Avfall som inneholder organisk materiale, mat osv., blir etter vurdering måkt opp i én haug, og denne haugen lastes over i trailere som kjører dette avfallet til et forbrenningsanlegg. Det

avfallet som er tørt og fritt for organisk avfall av nevneverdig mengde, blir kjørt inn på prosesslinjene til anlegget via en annen avfallshaug. Alt skjer under tak. Det støver både under tømning og lasting. Fra den tørre haugen blir avfallet med bruk av anleggsmaskiner løftet opp på et bånd som går gjennom flere prosessledd for å separere ut metall, riste ut og separere ytterligere fraksjoner og kutte/kverne sluttproduktet. Sluttkomponenten i produksjonslinjen er et foredlet avfallsbrensel ("FAB"), bestående av små biter av tørt avfall med ymse komponenter og som utnyttes til energi i forbrenningsanlegg eller i samforbrenningsanlegg i prosessindustrien. Det produseres også presset FAB i baller som stables på paller for lagring i lokalet, for å jevne ut svingninger i etterspørselen, særlig om sommeren.

De to ansatte som kontrollerer avfallet som bilene tømmer på gulvflaten i mottaket antas mest eksponert for støv som kan inneholde biologiske komponenter m.v. En annen ansatt har hjelpefunksjon i produksjonslinjene og kjører i tillegg anleggsmaskin. Vi har utført målinger på disse tre ansatte fra dette anlegget. Øvrige maskinkjørere (dumpere, gravemaskiner osv) er godt beskyttet mot støveksposering med aircondition og støvfiltere under maskinkjøringen, så de som jobber fast inne i maskiner er derfor vurdert å være lite eksponert for støv. Derfor ble det ikke foretatt målinger på personer som hovedsakelig fører maskiner med lukkede betjeningshytter.

Arbeidsskiftene er fra 06-14 og 14-22 på anlegget. Det er mer å gjøre på formiddag, så målingene ble derfor besluttet foretatt på morgenskiftet. Onsdager kan det være revisjonsstans for å vedlikeholde produksjonslinjene (ca. hver annen onsdag) og på dager med produksjonsstans er eksponeringen i hallen lavere.

Avfallsfraksjoner som ikke er egnet for prosessering blir håndtert utenom produksjonslinjen/prosesseringsanlegget. Ved denne håndteringen blir det ikke generert mye støv, unntatt ved komprimering og sammenbinding av papp og papir, som genererer og sprer støv til arbeidsatmosfæren.



Bilder fra gjenvinningsanlegg (Foto: STAMI)

### **Øvrige kilder til informasjon, begrensninger i foreliggende informasjon**

Innhentede arbeidsmiljørapporter og risikovurderinger og data registrert i EXPO-databasen ble inkludert som bakgrunnsmateriale for studien og er diskutert i diskusjonskapitlet.

Vi har også innhentet informasjon om risikovurderinger foretatt ved anlegg som har mottak og prosessering som ikke er sammenliknbare med anlegget som er beskrevet ovenfor, for eksempel anlegg som mottar næringsavfall innsamlet ved beholderrenovasjon, dvs. avfallsinnsamling og prosessering av avfall som kan være mer likt husholdningsavfall. Risikovurderingen her er relatert til innhenting av avfall med renovasjonsbiler med komprimator, innhenting av våtorganisk avfall fra storkjøkken og rengjøring av utstyr og biler og tømning på mottaksanlegg. Det er et klart inntrykk at eksponeringen under innhenting av avfallet ved og på anlegg der avfallet ikke prosesseres maskinelt er lavere enn på de anlegg som er representert ved de deltakende anlegg i denne studien. Dette har også støtte i litteraturen som er beskrevet tidligere i rapporten.

Rengjøring med trykkluft og spyling med vann er kjent for å gi stor spredning av aerosol med evt. innhold av biologiske komponenter. Vi har ikke hatt mulighet til å måle på tilstrekkelig

mange slike operasjoner til å kunne si noe om de typiske nivåene av bioaerosol knyttet til slik rengjøring.

## **Materiale og metode for prøvetaking av forurensning i arbeidsatmosfæren**

Det ble foretatt innsamling av prøver for analyse av biologiske faktorer i arbeidsatmosfæren ved håndtering og prosessering av avfall på anleggene for i alt 18 heldags personbårne prøveinnsamlinger fra de ansatte som deltok i prøvetakingen. Enkelte personer deltok på 2 eller 3 ulike dager. De personene som ble valgt ut til å bære prøvetakingsutstyret hadde oppgaver i forbindelse med sortering, kontroll av avfall, kjøring av maskiner og pass/vedlikehold av prosessene og maskineriet på anleggene. Dette er nærmere beskrevet i avsnittet over som gir detaljer om typen anlegg vi har foretatt prøveinnsamlingen til denne studien i, eksemplifisert ved ett av anleggene i denne studien.

Alle anleggene der det er foretatt målinger gjennomfører kontroll av avfallet ved mottak. Dette skjer ved at avfallet tømmes ut på en flate og at kontrolløren foretar en bedømmelse og tar beslutning om den videre håndteringen. Avfall som er forurenset av matavfall m.v. blir ikke tatt videre inn i anleggene, men blir kjørt til forbrenning. Fraksjoner som kan sorteres ut, slik som papp, papir, gipsplater, vinduer og fyllmasser, blir håndtert separat, atskilt fra prosesseringsanleggene. Fraksjoner som inneholder brennbart materiale slik som plast og trevirke sammen med metaller, blir kvernet og sortert automatisk, metaller blir sortert fra og den brennbare fraksjonen blir anvendt til forbrenning, enten som løs FAB eller den blir palletert for lagring og senere forbrenning.

De 18 personbårne prøveseriene ble fordelt på 4 anlegg, og prøvetakingen ble gjennomført over 6 dager i perioden august-september 2017. Det var typisk lave høsttemperaturer og overskyet og til dels vått vær alle de 6 aktuelle dagene.

Prøvene er tatt som parallelle personbårne prøver av totalstøv til gravimetri og soppmikroskopi og av inhalerbart støv til endotoksinbestemmelse. Kvantitativ bestemmelse av sopp og endotoksin ble utført. I tillegg ble det tatt ytterligere en prøve i parallell for

analyse av mikrobielt DNA, der prøvesvarene vil foreligge i løpet av 2018. Disse siste prøvene ble tatt som en tilleggsaktivitet som ikke var inkludert i det opprinnelige prosjektet, men som ble inkludert fordi det kan gi viktig informasjon om species av bakterier og sopp som kan finnes i bioaerosolene og fordi vi fikk muligheten til å få prøvene analysert som del av et doktorgradsprosjekt ved Universitetet i Oslo.

## Vurdering av prøvetaking og resultater

Av de 18 parallelle prøvene (i alt 54 prøvetakere med 3 parallelle prøver pr. person) fikk vi resultat på 18 prøver for totalstøv og sopp og 17 prøver for endotoksin (en prøvetaker gikk tapt fordi separator og filter løsnet fra festet og forsvant i avfallet). Se tabell 1. Resultatene indikerer en stor variasjon i prøvene. Dette er vanlig for prøver av støvforurensning der forurensningen kommer fra punktkilder og spres ut i arbeidsatmosfæren. Det ble utført vanlige arbeidsoppgaver av arbeidstakerne som bar prøvetakingsutstyret på alle de aktuelle prøvetakingsdagene.

Anleggene er i tabellen nummerert fra 1 til 4. Kolonnene viser utregnede verdier av støvmengde og sopp/bakterier/endotoksinaktivitet i materialet samlet på filteret dividert med den luftmengden som har passert filteret. Luftmengden kalkuleres ut fra gj.sn. av avlesning av antall liter luft pr. minutt som passerer filtrene til prøvetakingspumpene før og etter prøvetakingsintervallet multiplisert med antall minutter prøvetakingen har vart.

Prøvetakingsintervallet ble notert som tiden fra personen forlot rommet der vi administrerte målingene og fram til personen kom tilbake etter arbeidsdagen. I kolonnen «oppgave» er det angitt den hovedoppgaven arbeidstaker som bar prøvetakere opplyste at de utførte den aktuelle dagen. Det bemerkes at de maskinførerne som ble inkludert i studien for en del av dagen hadde oppgaver utenfor maskinen – rene maskinkjørere som for det meste hadde sitt arbeid inne i en kabin med kontrollert/filtrert lufttilførsel ble ikke inkludert.

I kolonnen lengst til høyre vises svaret fra de deltagende personene på spørsmål til dem etter skiftet om deres subjektive opplevelse av støvforholdene på hver av personens egne

arbeidsoperasjoner den aktuelle dagen. Denne angivelsen ble kategorisert som *normal, litt eller mye bedre enn normal; eller litt eller mye verre enn normal*.

**Tabell 1. Resultattabell med luftkonsentrasjoner av totalstøv, endotoksin, sopp- og aktinobakteriesporer.**

Anlegg	Totalstøv (mg/m <sup>3</sup> )	Soppspor (sporer/m <sup>3</sup> )	Aktinobakteriesporer (sporer/m <sup>3</sup> )	Endotoksin (EU/m <sup>3</sup> )	oppgave	Personens egen sammenlikning med en normal Arbeidsdag
1	0,80	1 000 000	93 000	320	mottakskontroll	bedre
1	1,50	990 000	160 000	2 000	mottakskontroll	litt bedre
1	0,85	550 000	140 000	N/A	maskinkjøring	mye bedre
1	50	1 200 000	560 000	20	mottakskontroll	litt verre
1	1,4	560 000	< 4 500	320	mottakskontroll	normalt
1	11	1 500 000	< 4 300	3 500	maskinkjøring	bedre
2	1,8	< 5 500	< 5 500	140	mottakskontroll	normalt
2	1,7	680 000	< 5 500	130	operatør, rampe	bedre
2	3,2	270 000	< 6 400	100	formann, rampe	normalt
3	0,54	< 5 400	< 5 400	70	vindussortering	mye bedre
3	1,3	< 5 500	< 5 500	140	ballepressing	bedre
3	0,34	120 000	< 5700	330	mottakskontroll	mye bedre
4	0,31	110 000	< 5 200	80	sortering	normalt
4	0,36	330 000	< 5 000	60	maskinkjøring	bedre
4	0,54	230 000	< 5 700	400	sortering	bedre
1	49	750 000	< 5 100	5 300	operatør	verre
1	4,2	230 000	< 5 500	1 400	maskinoperatør	verre
1	1,6	160 000	< 7 500	340	operatør	normalt
Median*	1,44	550 000	150 000	319		

Konsentrasjoner vist med rød font overstiger anbefalte grenseverdier

(grenseverdier og bestemmelsesgrenser framgår av tabell 2).

N/A: analysesvar mangler (prøvetakingsutstyret gikk tapt).

\*) Som median er oppgitt medianverdien av prøver over bestemmelsesgrensen (prøver under best.grense er angitt med < foran verdi svarende til bestemmelsesgrensen for analyseserien).

I tabell 2 er det angitt hvilken grenseverdi prøveresultatene er sammenliknet med. Biologisk støv angitt som totalstøv har en grenseverdi fra Arbeidstilsynet på 5 mg/m<sup>3</sup>.

Sopp, aktinobakteriesporer og endotoksin har ikke en grenseverdi fastsatt av Arbeidstilsynet, men STAMI anbefaler verdiene oppgitt i tabell 2 som veiledende grenseverdier. Disse veiledende grenseverdiene er satt til henholdsvis 100 000, 1 000 000, og 90 enheter/m<sup>3</sup> for



de tre nevnte komponentene. Dette er vist i tabell 2. De veiledende grenseverdiene er fremkommet ved gjennomgang av eksisterende litteratur og fastsatt som en grense for hvilke eksponeringsnivåer som medfører økt risiko for negative helseeffekter.

**Tabell 2. Grenseverdier og bestemmelsesgrenser for analysene vist i tabell 1.**

Eksponeringsfaktor	Biologisk støv (totalstøv)	Soppsporer	Aktinobakteriesporer	Endotoksin
Grenseverdi	5 mg/m <sup>3</sup>	100 000 /m <sup>3</sup>	1 000 000 /m <sup>3</sup>	90 EU /m <sup>3</sup>
Grenseverditype	Arbeidstilsynets forskrift	STAMIs veiledende grenseverdier for vurdering av prøver		
	Biologisk støv (totalstøv)	Soppsporer	Aktinobakteriesporer	Endotoksin
Bestemmelsesgrense for analysene	0,02 mg / filter	3 600 / filter	3 600 / filter	0,5-2,5 EU/ filter

Ved alle måledagene med de høyeste nivåene av støv og endotoksineksponering ble det av arbeidstakeren angitt at det ble brukt åndedrettsvern hele tiden eller ved de oppgavene som ble angitt som mest støvende. Av måledagene med mer enn 90 EU av endotoksin, var det 4 av målepersonene som ikke indikerte bruk av åndedrettsvern hele dagen eller deler av dagen. Dette indikerer også mulighet for eksponeringsreduksjon gjennom mer målrettet bruk av verneutstyr. Det synes ut fra prøveresultatene å være behov for bedre støvkontroll på anleggene. Dette kan oppnås gjennom ventilasjonsutbedring og punktavsug, og gjennom bedre innkapsling av de støvgenererende prosessene på anleggene. Bruk av verneutstyr i form av åndedrettsbeskyttelse med filtermasker ved de foreliggende luftkonsentrasjoner av sopp og endotoksin kan ikke forventes å gi en effektiv beskyttelse mot eksponering over anbefalt grenseverdi. Åndedrettsvern med tilførsel av filtrert luft via pumpe i beltet eller friskluft med overtrykk vil ha større beskyttelseseffekt enn filtermasker, og kan ved godt tilpasset utstyr være egnet til å håndtere de foreliggende konsentrasjonene av sopp og endotoksin i denne studien.

## Diskusjon av resultatene

I den foreliggende studien finnes til dels høye nivåer biologisk støv og bioaerosolkomponenter med potensielt negative helseeffekter. Ved gjennomgang av tidligere rapporterte prøveserier i databasen EXPO (STAMI, høst 2017), ser vi at endotoksin

er rapportert i 10 prøver tatt i 2010 i virksomhet nr 1 og i 8 prøver tatt i 1999-2000 i virksomhet 2 (anlegg nr 3) når det gjelder de sammenliknbare delene av anleggene. Denne prøvetakingen ble gjort fra de samme områdene og operasjonene som beskrevet i den foreliggende rapporten. Medianverdiene var i begge disse seriene på 4 EU/m<sup>3</sup>. De lave nivåene tolkes dit hen at prøvene registrert i EXPO er tatt for å gi et totalbilde av eksponeringen av alle som arbeider på anleggene for å kunne indikere typiske representative verdier for hele arbeidsstokken. I den foreliggende studien har vi derimot fokusert på håndtering og sortering i de sonene der høy eksponering for bioaerosol er mest sannsynlig, dvs personer som arbeider ute i anlegget med mottakskontroll og ulike vedlikeholdsoppgaver, og ikke inne i maskiner med lukket kabin. For oppgaver knyttet til transport av avfall, er det noe høyere endotoksinnivåer registrert i EXPO enn de som er registrert inne på anleggene i de aktuelle virksomhetene jfr EXPO, med medianverdi lik 15 EU/m<sup>3</sup> i virksomhet 2 (anlegg 3). I virksomhet 1 er det ikke registrert sammenliknbare prøver i EXPO for endotoksin blant sjåførere. I virksomhet 3 (anlegg 4) har vi ikke funnet biologiske prøver registrert i EXPO. Prøvetakingen i den foreliggende studien er derfor ikke direkte sammenliknbar med de tidligere foretatte målingene. Den foreliggende studien har identifisert behov for eksponeringsreduksjon ved langt de fleste av de arbeidsoppgavene som ble kartlagt gjennom måleprogrammet i studien.

## **Diskusjon av resultater av risikovurdering og måleresultater tilsendt direkte fra de deltagende virksomhetene**

For tre anlegg er risikovurdering knyttet til eksponering for løsemiddelmålinger gjennomført, målingene ligger alle under ¼ av den daværende administrative norm for løsemiddeleksponering (tilsvarer dagens grenseverdier), og det er i begge disse risikovurderingene konkludert med at løsemiddeleksponering ikke utgjør noen helserisiko ved disse anleggene. En av rapportene betoner viktighet av å beskytte arbeidstakerne mot hudeksponering for løsemidler når dette er aktuelt (dvs ved alt arbeid med løsemidler). Det er også nevnt at fokus på god ventilasjon og tilfredsstillende verneutstyr ved aktuell eksponering for løsemidler må opprettholdes.

Derneft finnes det en risikovurdering av løsemiddeleksponering fra ytterligere ett anlegg, der det i en enkelt stasjonær prøve er funnet eksponeringsnivå bedømt med additiv faktor

for løsemiddeleksponering nær 1. Det er vanskelig å konkludere om denne prøven er representativ for individuell eksponering. I dette anlegget sorteres det returnerte beholdere med maling, løsemidler og annet kjemisk avfall.

Vi har mottatt en risikovurdering knyttet til eksponering for biologiske faktorer fra ett anlegg. Denne er så vidt vi kan se basert på eksponeringsvurderinger uten måling, og konkluderer med at endotoksineksponering sannsynligvis er lav og at det er foretatt tiltak mot smitteeksponering i arbeidet. På det aktuelle anlegget utføres ikke kompostering, og dette ser ut til å være et hovedargument for at forholdene medfører lave eksponeringsnivåer.

Vi har også mottatt en risikovurdering knyttet til beholderrenovasjon i ett anlegg. Her er konklusjonen at det er lav risiko for helseskadelig biologisk eksponering i arbeidet.

Vi har kun mottatt én risikovurdering som tar sikte på å summere opp risiko knyttet til den samlede aktiviteten ved anlegget (anlegg nr 3 i den foreliggende studien). Her konkluderes det for de fleste eksponeringsfaktorene med lav risiko. Det er i risikovurderingen noen kommentarer knyttet til forhold med høy risiko (definert som minimum 15 risikopoeng på en skala fra 1-25). Disse kommentarene gjengis slik de står å lese i rapporten her: «Hovedsakelig maskin, men det er manuell håndtering også. Står 5-10 meter unna ved tipping. Ingen rutine for tippehastighet. Nye biler har fjernkontroll på tipp, eldre biler styres det manuelt fra bil ute. Det er påbud om støvmaske P2 filter ved manuell håndtering, samt hjelm, vernesko med spikertramp, briller og hansker. For maskinfører (innkomne sjåførere) foreligger det ingen retningslinje for at vinduene må holdes lukket, men førere av maskiner har påbud om lukkede vinduer, dvs "tett" førerhytte.»

Dette tolkes som at det er behov for innskjerping av innelukking og bruk av verneutstyr i aktuelle område, som i dette tilfelle gjelder mottak og kontroll av restavfall, for å redusere risiko for eksponering for biologiske faktorer, og det påpekes at P3 støvmaskefilter er nødvendig ved aktuelle eksponeringssituasjon.

Alt i alt støtter de mottatte risikovurderingene vårt inntrykk av at det er de biologiske og ikke de kjemiske eksponeringsfaktorene som er viktigst å få bedre kontroll på ved mottak og gjenvinning av avfall i den typen anlegg som måleresultatene i den foreliggende studien representerer.

## Konklusjon

I tråd med det som ble bestemt av Norsk Industri og STAMI samt i referansegruppen, har dette prosjektet konsentrert aktiviteten omkring en kartlegging av eksponeringsforhold knyttet til biologiske eksponeringsfaktorer i gjenvinningsindustrien, i den typen anlegg der det har vært ansett som mest relevant å finne høye nivåer av bioaerosoler. Det er påvist til dels høye eksponeringsnivåer for organisk støv, endotoksin, aktinobakterier og soppsporer. Dette indikerer behov for forebyggende tiltak for å redusere eksponeringen. Kartlegging av eksponering for biologiske arbeidsmiljøfaktorer ved andre typer gjenvinningsanlegg bør videre gjennomføres for å dekke eksponeringssituasjonen også i anlegg med noe lavere eksponeringsnivåer enn i anleggene som deltok i den foreliggende studien. Det er også behov for mer kunnskap om sammenhenger mellom eksponering og helseeffekter ved de aktuelle eksponeringsnivåene som er målt i den foreliggende studien. Kunnskapshullene er først og fremst knyttet til mulige langtidseffekter i luftveiene av vedvarende høye eksponeringsnivåer, og prøvetaking som representerer den faktiske eksponeringen hos arbeidstakeren når det er korrigert for bruk av åndedrettsvern kan være en vei å gå for å dekke det foreliggende kunnskapsbehovet på feltet. Slik prøvetaking kombinert med helseoppfølging i et longitudinelt design vil hensynta de forebyggende effektene av bruken av åndedrettsvern og eksponeringsreduksjonstiltak som gjennomføres som del av oppfølgingen.

## Tiltak og framtidsperspektiver

De deltakende bedriftene vil foruten rapporten også få mer detaljer om egne måleresultater, blant annet inngår mer utfyllende beskrivelse av det konkrete arbeidet som er utført den aktuelle måledagen av aktuell person. Det antas nyttig å bruke disse resultatene som supplement ved oppdatering av risikovurderinger og til vurdering av aktuelle forbedringseffekter knyttet til gjennomføring av tiltak. Bedriftene kan med hjelp fra resultatene vurdere behov for iverksetting av eksponeringsreduksjonstiltak og helseovervåkingsaktiviteter ut fra en risikovurdering med måleresultatene brukt som basis.

Resultatene vil også være egnet som grunnlagsdata når informasjonsdatablader skal utarbeides eller oppdateres.

De tilleggsprøvene som ble tatt i parallell med de rapporterte prøvene i denne rapporten og som er sendt til analyse av sopp- og bakterie-DNA vil bli rapportert i en tilleggsrapport når måleresultatene foreligger, etter planen i løpet av 2018. Disse prøvene vil kunne gi indikasjon på forekomst av species av bakterier og sopp i arbeidsatmosfæren, og vil i likhet med de rapporterte resultatene i den foreliggende rapporten kunne brukes i risikovurdering og utforming av informasjonsdatablader.

Det kan antas at det også i fremtiden vil bli bygget anlegg med større grad av innkapsling av prosessene, og med et mulig økt behov for kontroll med støvspredning inne i anleggene. Dette bør vektlegges ved konstruksjon og bygging av nye anlegg. Også teknologi i form av sorteringsanlegg med større grad av automatisering, for eksempel basert på infrarød deteksjon av materialer og bruk av trykkluft for å sortere materialene i produksjonslinjen, kan innebære en potensiell økning av eksponeringsnivåene, dersom man ikke foretar kompensierende tiltak for å redusere eksponeringen for aerosoler. Det er viktig at kunnskapen om eksponering og effekter på helse av eksponering henger med i denne utviklingen.

Ut fra resultatene i det foreliggende forprosjektet kan det kan være behov for et mer omfattende prosjekt der man ser på sammenhengen mellom eksponering og helseeffekter i luftveiene til arbeidstakerne og også utvikler en bedre målebasis for risikovurderingene som er knyttet til arbeid med biologiske arbeidsmiljøfaktorer i gjenvinningsindustrien. Et slikt mer omfattende prosjekt bør, dersom det skal kunne inkludere et tilstrekkelig antall personer i studien til å besvare spørsmål om helsemessig trygge eksponeringsnivåer, inkludere de fleste eller alle de anleggene i landet med et slikt eksponeringsnivå for biologiske faktorer at helsemessige konsekvenser kan være aktuelle. Det kan i den sammenhengen også bli aktuelt å inkluderer personer i tilsvarende industri utenfor landets grenser for å oppnå tilstrekkelig studiestyrke.

## Takk til

Vi ønsker å takke de deltagende bedrifter og deres medarbeidere som har muliggjort prøvetaking og gitt bakgrunnsinformasjon til studien.

Norsk Industri takkes for solid faglig støtte, økonomisk støtte til gjennomføringen og koordinering av aktivitetene mot deltagende bedrifter.

Vi ønsker også å takke medlemmene i referansegruppen, som har bestått av Pernille Vogt og Gunnar Grini for Norsk Industri. Ali Reza Tirna for LO, Elizabeth Ravn for Arbeidstilsynet, Astrid Drake for Franzefoss Gjenvinning AS, Cecilie Lind for Ragn-Sells AS, Marita Birkeland, Bjørn Aschjem og Eirik Husby for Norsk Gjenvinning AS

## Referanser

Bunger, J., B. Schappler-Scheele, R. Hilgers and E. Hallier (2007). "A 5-year follow-up study on respiratory disorders and lung function in workers exposed to organic dust from composting plants." International Archives of Occupational & Environmental Health **80**(4): 306-312.

Douwes, J., P. Thorne, N. Pearce and D. Heederik (2003). "Bioaerosol health effects and exposure assessment: progress and prospects." Annals of Occupational Hygiene **47**(3): 187-200.

Eduard, W. (2009). "Fungal spores: a critical review of the toxicological and epidemiological evidence as a basis for occupational exposure limit setting." Critical Reviews in Toxicology **39**(10): 799-864.

Heldal, K. K., A. S. Halstensen, J. Thorn, W. Eduard and T. S. Halstensen (2003). "Airway inflammation in waste handlers exposed to bioaerosols assessed by induced sputum." European Respiratory Journal **21**(4): 641-645.

Lai, P. S., J. Q. Hang, F. Y. Zhang, J. Sun, B. Y. Zheng, L. Su, G. R. Washko and D. C. Christiani (2016). "Imaging phenotype of occupational endotoxin-related lung function decline." Environmental Health Perspectives **124**(9): 1436-1442.

Ncube, F., E. J. Ncube and K. Voyi (2017). "A systematic critical review of epidemiological studies on public health concerns of municipal solid waste handling." Perspectives in Public Health **137**(2): 102-108.

Sikkeland, L. I., W. Eduard, M. Skogstad, N. E. Alexis and J. Kongerud (2012). "Recovery from workplace-induced airway inflammation 1 year after cessation of exposure." Occupational & Environmental Medicine **69**(10): 721-726.

Wouters, I. M., S. Spaan, J. Douwes, G. Doekes and D. Heederik (2006). "Overview of personal occupational exposure levels to inhalable dust, endotoxin, beta(1->3)-glucan and fungal extracellular polysaccharides in the waste management chain." Annals of Occupational Hygiene **50**(1): 39-53.