
Tværvideenskabelig forskning i affald og genanvendelse

Af Uffe Midtgård og Otto Melchior Poulsen, Arbejdsmiljøinstituttet

Arbejdsmiljøinstituttet (AMI) har sammen med Arbejds- og Miljømedicinsk Klinik (AMK) på Bispebjerg Hospital og Direktoratet for Arbejdstilsynet gennemført et 5-årigt forskningsprogram om eksponeringer og helbredsforhold ved indsamling og genanvendelse af husholdningsaffald. Forskningsprogrammet blev finansieret af Arbejdsministeriet og Miljøstyrelsen med sammenlagt 25 mill. kroner og er den største brancherettede arbejdsmiljøundersøgelse, der er udført ved de to institutioner.

Baggrund

Forskningsprogrammet blev startet i 1993 i forbindelse med regeringens handlingsplan for affald og genanvendelse. Denne handlingsplan lagde op til, at kommunerne skulle indsamle og genanvende en stadig større del af det almindelige husholdningsaffald, og målsætningen var en genanvendelsesprocent på 50 inden år 2000. På basis af disse visioner forventede man, at der ville ske en større omlægning af indsamlingssystemerne, og at der ville blive væsentligt flere beskæftigede inden for branchen, f.eks. på sorterings-, komposterings- og biogasanlæg.

Arbejdstilsynet var med rette bekymret for om denne udvikling, som sigtede på at opnå miljøforbedringer og ressourcebesparelser, ville ske på bekostning af arbejdstagernes helbred. Man henviste bl.a. til erfaringerne fra et sorteringsanlæg, som blev opført i slutningen af 80'erne i Skive. Inden for 3 måneder efter åbningen af dette anlæg blev mere end halvdelen af de 15 ansatte syge og havde symptomer, som omfattede luftvejsirritation, hovedpine og mandagsfeber. De endelige diagnoser var 8 tilfælde af astma, 1 tilfælde med bronkitis og 1 tilfælde med allergisk alveolitis. Alle tilfælde blev tilskrevet massiv udsættelse for organisk støv og

mikroorganismer i forbindelse med sorteringen, og symptomerne forsvandt, da ventilationsforholdene blev forbedret.

Med henvisning til dette eksempel iværksatte Arbejdstilsynet og Miljøstyrelsen dels et administrativt program, hvis overordnede målsætning var at sikre den nødvendige vejledning og regulering på området, og dels et understøttende forskningsprogram, som skulle kortlægge branchen med hensyn til arbejdsmiljø- og helbredsforhold.

Forskningsprogrammets indsatsområder

I modsætning til tidligere er de fleste arbejdsmiljøproblemer i dag komplekse og skyldes ofte en kombination af flere faktorer. Dette gælder til en vis grad også inden for affald og genanvendelse, selvom der er helt klare branchespecifikke problemer. Forskningsprogrammet blev derfor tilrettelagt og bemandet således, at der var mulighed for at belyse nogle af problemfelterne ud fra en tværvideenskabelig indsats.

Interesseområderne har dels været udvalgt sammen med Direktoratet for Arbejdstilsynet og Miljøstyrelsen, dels efter tilkendegivelser fra brancherepræsentanter, som har været tilknyttet programmet gennem en følgegruppe. Samtidigt har det været AMI's og AMK's ønske både at udføre løsningsorienterede undersøgelser og forskningsaktiviteter af international interesse. Ledelsesmæssigt, styringsmæssigt og formidlingsmæssigt har det derfor været en stor udfordring at skulle gennemføre forskningsprogrammet under hensyntagen til de forskellige krav og forventninger.

Rygraden i undersøgelserne har været to store landsdækkende spørgeskemaundersøgelser, hvor 1.747 skraldemænd og 759 ansatte på af-

faldsbehandlingsanlæg har givet oplysninger om deres arbejds- og helbredsforhold. Kliniske undersøgelser med fokus på lungefunktion er blevet udført på udvalgte grupper af skraldemænd og ansatte på sorteringsanlæg, sammenlignet med ansatte på centrale postsorteringscentre. Ud over disse undersøgelser er der gennemført et stort måleprogram for at klarlægge hvad forskellige grupper er udsat for af støv, mikroorganismer og gasser. For skraldemændenes vedkommende er der også lavet arbejdsfysiologiske undersøgelser af den mekaniske og fysiologiske belastning ved håndtering af forskelligt renovationsudstyr.

Resultaterne er publiceret i mere end 20 arbejdsrapporter i programmets rapportserie "Sikkerhed og sundhed ved affald og genanvendelse" og i en stribe artikler i internationale tidsskrifter, jfr. publikationslisten i slutningen af artiklen. En oversigtsrapport over de væsentligste resultater og konklusioner er under udarbejdelse og forventes at udkomme sidst på året.

Highlights af resultater

For en samlet oversigt over resultaterne henvises der til føromtalt afslutningsrapport. Her skal der kun præsenteres enkelte highlights omhandlende effekter, som primært knytter sig til udsættelse for støv, mikroorganismer og gasser.

Indledningsvis skal det fremhæves, at skraldemænd er udsat for mikroorganismer i et omfang, som ligger flere hundrede gange over den naturligt forekommende baggrundskoncentration. Dertil kommer udsættelse for gasser fra den mikrobielle omsætning af affaldet. Analyser af luftprøver taget i skraldespande og renovationsvogne viste, at der ofte forekom mere end 100 forskellige kemiske forbindelser, hvoraf flere er kendt for at give kvalme eller have en irriterende effekt på slimhinderne.

Spørgeskemaundersøgelsen viste, at skraldemænd har en overhyppighed af mave-tarmproblemer (kvalme og diarré) og luftvejsproble-

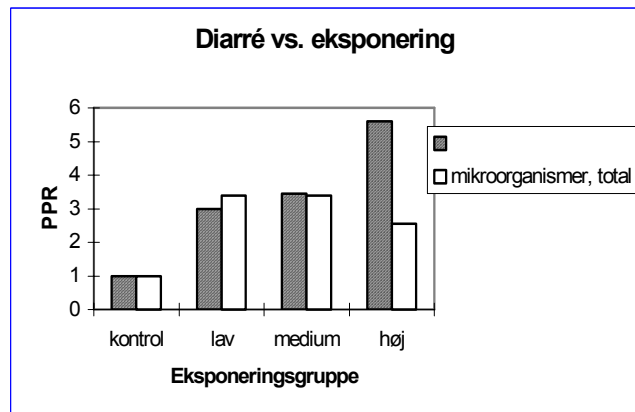
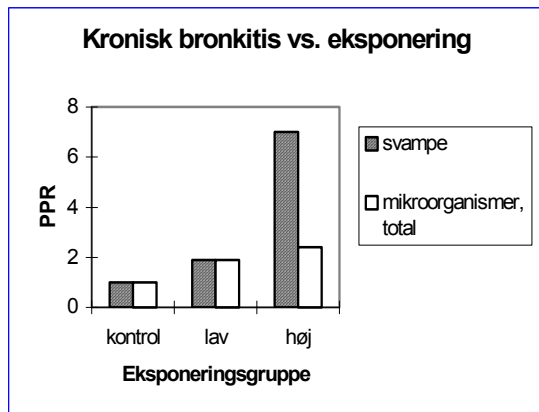
mer (kronisk bronkitis) i forhold til kommunalarbejdere. Mave-tarmproblemerne var helt klart knyttet til indsamling af blandet husholdningsaffald og kildesorteret affald (organisk "grønt" affald + restaffald), idet skraldemænd, som hovedsageligt var beskæftiget med indsamling af papir og glas ikke rapporterede om kvalme og diarré. Tilsvarende sammenhæng mellem håndteret affaldstype og kronisk bronkitis kunne ikke godtgøres.

Ved anvendelse af en job-eksponeringsmatrice blev resultaterne af målinger af udsættelse for mikroorganismer koblet til data fra spørgeskemaundersøgelsen. Disse undersøgelser viste, at der var en sammenhæng mellem udsættelse for mikroorganismer og skraldemændenes rapportering af mave-tarmproblemer og kronisk bronkitis. For nogle af de mikrobielle parametre forholdt det sig desuden således, at det var de højest eksponerede, som rapporterede flest problemer (figur 1). Dette dosis-responsforhold understøtter, at mikrobielle faktorer kan være betydningsfulde for udløsning af de pågældende problemer.

ODTS (Organic Dust Toxic Syndrome), som er karakteriseret ved influenza-lignende symptomer efter udsættelse for høje koncentrationer af organisk støv, kunne ikke dokumenteres som værende noget problem i forbindelse med affaldsindsamling. Dette stemmer overens med at eksponeringsniveauet - selvom det er forhøjet - ikke er tilstrækkeligt til at udløse disse symptomer.

Ud over helbredseffekter knyttet til udsættelse for støv og mikroorganismer har andre undersøgelser og opgørelser fra programmet i øvrigt dokumenteret, at skraldemandsarbejdet er fysisk tungt og forbundet med mange arbejdsulykker. Derudover fremgik det, at mange skraldemænd synes at forlade jobbet i utide og finder bedre arbejde, fordi de frygter for deres helbred.

På genanvendelsesanlæggene blev indsatsen især koncentreret om forholdene på papir- og flaskesorteringsanlæg, og postsorteringscentre indgik som reference i undersøgelsen.

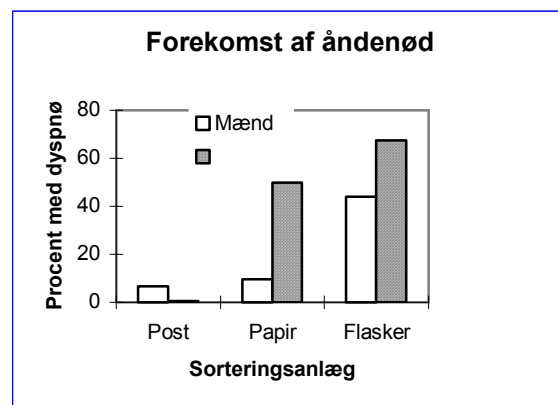
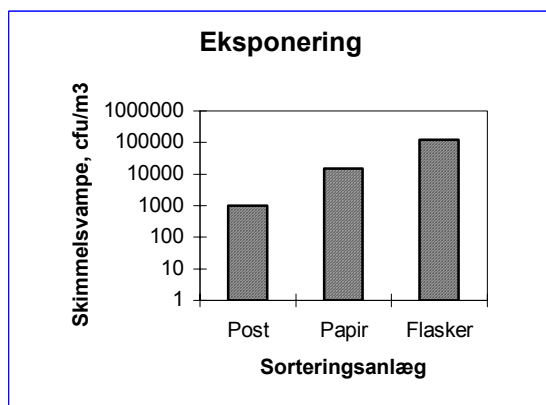


Figur 1. Sammenhæng mellem udsættelse for mikroorganismer og rapportering af kronisk bronkitis og diarré hos skraldemænd. PPR-værdien (Prævalens Proportions Ratio) udtrykker forekomsten af symptomet i den pågældende eksponeringsgruppe i forhold til forekomsten i kontrolgruppen. Baseret på data fra (1) og (2).

I samarbejde med brancherepræsentanter blev der udvalgt 9 papirsorteringsanlæg og 6 flaske-sorteringsanlæg, hvor udsættelsen for mikroorganismer blev målt ved centrale arbejdsprocesser. I alt ca. 250 ansatte (200 på sorteringsanlæg og 50 på postcentre) deltog i de tilknyttede kliniske undersøgelser.

Undersøgelsen viste her, at udsættelsen for skimmelsvampe var overraskende høj på flaske-sorteringsanlæg, idet koncentrationen gene-

relt var på niveau med eller højere end det, skraldemænd udsættes for ved indsamling af blandet husholdningsaffald. Sammenfaldende hermed var der en forholdsvis stor forekomst af klager over luftvejsproblemer blandt de ansatte på flaske-sorteringsanlæg - specielt hos kvinderne (figur 2). Luftvejsproblemerne fremgik primært efter spørgsmål vedrørende åndenød under fysisk udfoldelse, men spirometriundersøgelserne tydede også på nedsat lungefunktion.



Figur 2. Det generelle eksponeringsniveau for skimmelsvampe og forekomsten af symptomet "åndenød ved lettere fysisk aktivitet" blandt ansatte på papir- og flaske-sorteringsanlæg sammenlignet med ansatte på postsorteringscentre. Baseret på data fra (3) og (4).

Selvom udsættelse for skimmelsvampe er stærkt mistænkt i denne sammenhæng, er den præcise årsag til symptomerne, og hvorvidt der er risiko for forandringer af lungerne på længere sigt, ikke klarlagt endnu. Det skal bemærkes, at AMI og AMK med støtte fra Arbejdstilsynet i øjeblikket gennemfører en opfølgningsundersøgelse om dette problem.

Spørgeskemaundersøgelsen blandt ansatte på sorteringsanlæg dokumenterede i øvrigt, at der lige som hos skraldemænd er forholdsvis mange arbejdsulykker. Dertil kommer, at kvindernes arbejdsvilkår på sorteringsanlæggene adskiller sig væsentligt fra mændenes. Kvinderne arbejder nemlig primært ved sorteringsbåndene, mens mændene i højere grad er beskæftiget i modtagelsen og med håndtering af slutproduktet. Kvinderne giver i den sammenhæng oftere udtryk for at udføre énsidigt gentaget arbejde (EGA) og har dårligere psykisk arbejdsmiljø end mændene. Eksempelvis rapporterede 74% af kvinderne, sammenlignet med kun 43% af mændene, at de udførte EGA i 3/4 af arbejdstiden. Som følge af arbejdet ved sorteringsbåndene angav kun 25% af kvinderne, sammenlignet med 56% af mændene, at de selv kan bestemme, hvornår de vil holde pause. Kvinderne på sorteringsanlæggene havde desuden større tilbøjelighed til at rapportere helbredsproblemer i form af bevægeapparatsbesvær, hovedpine og kvalme.

Konklusion

Forskningsprogrammet har dokumenteret, at branchen har en række arbejdsmiljøproblemer. Flere af disse var selvfølgelig ikke branchen ubekendt, men nu er der sat tal på omfanget. For skraldemænd handler det om et fysisk tungt arbejde, som ofte foregår i et højt tempo med mange arbejdsulykker og med udsættelse for støv, mikroorganismer og gasser, som kan give mave-tarmproblemer og luftvejsproblemer. Derudover er der indikation for, at mange skraldemænd forlader jobbet af frygt for deres helbred. På genanvendelsesanlæggene er der ligeledes en stor forekomst af ulykker og for nogle grupper vedkommende en overhyppig-

hed af mave-tarmproblemer og luftvejsproblemer. Kvinderne på sorteringsanlæg har væsentligt flere helbredsproblemer og giver udtryk for dårligere psykisk arbejdsmiljø end deres mandlige kolleger, hvilket kan hænge sammen med forskelle i arbejdsbetingelser. En stor del af disse arbejdsmiljøproblemer kan givetvis reduceres ved de rette tiltag, som bl.a. valg af tidssvarende renovationsmateriel og reorganisering af arbejdet ved affaldsindsamling og forbedring af ventilationsforhold på sorteringsanlæggene.

Publikationer fra programmet

Videnskabelige artikler og udvalgte abstracts:

1. Hansen J, Ivens UI, Breum NO, Nielsen M, Würtz H, Skov T, Poulsen OM, Ebbehøj N. Respiratory symptoms among Danish waste collectors. *Ann Agric Environ Med* 1997;4:69-74.
2. Ivens UI, Ebbehøj N, Poulsen OM, Skov T. Relationship between season, equipment, and job function and gastrointestinal problems among waste collectors. *Occup Environ Med* 1997;54:861-7.
3. Würtz H, et al. Fungi and endotoxin exposure in paper and bottle sorting plants. *Proceedings 3rd Int. Conference Bioaerosols, Fungi, and Mycotoxins. Saratoga Springs, September 1998; 1998.*
4. Ebbehøj N, et al. Waste handling is strongly associated with dyspnoea. *3rd Int. Conference on Bioaerosols, Fungi and Mycotoxins. Saratoga Springs, New York; 1998.*
5. Nielsen BH, Würtz H, Holst E. Endotoxin and Microorganisms in Percolate Derived From Compostable Household Waste. *Am J Ind Med* 1994;25:121-2.
6. Wilkins K. Volatile organic compounds from household waste. *Chemosphere* 1994;29,1:47-53.
7. Poulsen OM, Breum NO, Ebbehøj N, Hansen ÅM, Ivens UI, Van Lelieveld D, Malmros P, Mathiassen L, Nielsen BH, Nielsen EM, and others. Collection of domestic waste. Review of occupational health problems and their possible causes. *Sci Total Environ* 1995;170:1-19.

-
8. Poulsen OM, Breum NO, Ebbehøj N, Hansen ÅM, Ivens UI, Van Lelieveld D, Malmros P, Mathiassen L, Nielsen BH, Nielsen EM, and others. Sorting and recycling of domestic waste. Review of occupational health problems and their possible causes. *Sci Total Environ* 1995;168:33-56.
 9. Wilkins CK, Larsen K. Identification of (micro) biological volatiles from household waste and building materials with thermal desorption-capillary gas chromatography-mass spectroscopy. *J High Resol Chromatogr* 1995;18:373-7.
 10. Nielsen EM, Nielsen BH, Breum NO. Occupational bioaerosol exposure during collection of household waste. *Ann Agric Environ Med* 1995; 2:53-9.
 11. Breum NO, Nielsen BH, Nielsen EM, Poulsen OM. Bio-aerosol exposure during collection of mixed domestic waste -an intervention study on compactor truck design. *Waste Manage Res* 1996; 14:527-36.
 12. van Ooijen M, Ivens UI, Johansen C, Skov T. Comparison of a self-administered questionnaire and a telephone interview of 146 Danish waste collectors. *Am J Ind Med* 1997;31:653-8.
 13. Breum NO, Nielsen EM, Nielsen BH. Bio-aerosol exposure in collecting garden waste, recyclable materials and waste for incineration. *Ann Agric Environ Med* 1996;3:1-6.
 14. Nielsen EM, Breum NO, Nielsen BH, Würtz H, Poulsen OM, Midtgård U. Bioaerosol exposure in waste collection: A comparative study on the significance of collection equipment, type of waste, and seasonal variation. *Ann Occup Hyg* 1997; 41:325-44.
 15. Coenen GJ, Dahl S, Ebbehøj N, Ivens UI, Stenbæk EI, Würtz H. Immunoglobulins and peak expiratory flow measurements in waste collectors in relation to bioaerosol exposure. *Ann Agric Environ Med* 1997;4:75-80.
 16. Wilkins CK. Volatile metabolites from actinomycetes. *Chemosphere* 1996;32:1427-34.
 17. Kildesø J, Nielsen BH. Exposure assessment of airborne microorganisms by fluorescence microscopy and image processing. *Ann Occup Hyg* 1997;41:201-16.
 18. Breum NO, Nielsen BH, Nielsen EM, Midtgård U, Poulsen OM. Dustiness of compostable waste: A methodological approach to quantify the potential of waste to generate airborne microorganisms and endotoxin. *Waste Manage Res* 1997;15:169-87.
 19. Wilkins K, Larsen K. Organic compounds from garden waste. *Chemosphere* 1996;32:2049-55.
 20. Schibye B, Christensen H. The work load during waste collection and meat cutting among workers in different age groups. *Arbete och Hälsa* 1997; 29(II):272-278.
 21. Breum NO, Nielsen M, Würtz H, Ivens UI, Hansen J, Schibye B, Nielsen BH, Poulsen OM. A job exposure matrix related to bioaerosol exposure during collection of household waste. *Ann Agric Environ Med* 1997;4:53-61.
 22. Ivens UI, Hansen J, Breum NO, Ebbehøj N, Nielsen M, Poulsen OM, Würtz H, Skov T. Diarrhoea among waste collectors associated with bioaerosol exposure. *Ann Agric Environ Med* 1997;4:63-8.
 23. Ivens UI, Ebbehøj N, Poulsen OM, Skov T. Gastrointestinal symptoms among waste recycling workers. *Ann Agric Environ Med* 1997;4:153-7.
 24. Würtz H, Breum NO. Exposure to microorganisms during manual sorting of recyclable paper of different quality. *Ann Agric Environ Med* 1997;4:129-35.
 25. Nielsen M, Würtz H, Nielsen BH, Breum NO, Poulsen OM. Relationship between different bioaerosol parameters sampled from the breathing zone of waste collectors - Identification of the most important parameters. *Ann Agric Environ Med* 1997;4:81-5.
 26. Nielsen BH, Würtz H, Breum NO, Poulsen OM. Microorganisms and endotoxin in experimentally generated bioaerosols from composting household waste. *Ann Agric Environ Med* 1997;4:159-68.
 27. Wilkins CK. Gaseous organic emissions from various types of household waste. *Ann Agric Environ Med* 1997;4:87-9.
 28. Hansen LA, Poulsen OM, Nexø BA. Inflammatory potential of organic dust measured by IL-8 secretion from human epithelium cell line A549 in vitro. *Ann Agric Environ Med* 1997;4:27-33.
-

29. Midtgård U, Poulsen OM. Occupational safety and health in waste collection and recycling: The CORE research program. *Ann Agric Environ Med* 1997;4:21-6.

30. Schöller C, Molin S, Wilkins K. Volatile metabolites from some Gram-negative bacteria. *Chemosphere* 1997;35(7):1487-95.

31. Ivens UI, Lassen JH, Kaltoft BS, Skov T. Injuries among domestic waste collectors. *Am J Ind Med* 1998;33:182-9.

32. Nielsen BH, Nielsen EM, Breum NO. Seasonal variation in bio-aerosol exposure during collection of bio-waste and measurements of leaked percolate (submitted). *Am Ind Hyg Assoc J* 1998;

33. Nielsen BH, Würtz H, Holst E, Breum NO. Microorganisms and endotoxin in stored biowaste, percolate and aerosols. *Waste Manage Res* 1998; 16:150-9.

34. Breum NO, Würtz H, Ebbenhøj N, Midtgård U. Dustiness and bioaerosol exposure in sorting recyclable paper (submitted). *Waste Manage Res* 1998;

35. Breum NO, Nielsen BH, Nielsen EM, Poulsen OM. Occupational bioaerosol exposure in collecting household waste. In: Hansen JA, editor. *Management of urban biodegradable wastes*. London: James & James (Science Publishers) Ltd. 1996.

36. Würtz H, Nielsen M, Nielsen BH, Breum NO, Midtgård U, Poulsen OM. Exposure to microorganisms during waste collection. A comparative study of a new versus a conventional collection system [Abstract]. In: *Air Quality Control* 1997;206.

37. Schöller C, Wilkins K. Characterization of *Streptomyces* using VOC analysis by thermal HRGC/MS. 18th Int. Symposium on Capillary Chromatography. Riva del Garda; 1998. 1021 p.

Rapporter i serien "Sikkerhed og sundhed ved affald og genanvendelse"

1. Eksponering for luftforurening ved indsamling af grønt affald med Bates Combi og Konfiskat-systemet.

2. Eksponering for luftforurening ved indsamling af blandet husholdningsaffald ved anvendelse af komprimatorvogn med henholdsvis uden udsugning.

3. Flygtige organiske stoffer fra husholdningsaffald.

4. Eksponeringsvurdering samt helbredsstatus for skraldemænd beskæftiget med indsamling af haveaffald og storskrald i Esbjerg.

5. Spørgeskemaundersøgelse blandt skraldemænd. Baseline-undersøgelsen.

6. Skraldemænds eksponering for luftforurening ved indsamling af haveaffald i spande.

7. Eksponeringsvurdering samt helbredsstatus for skraldemænd beskæftiget med indsamling af komposterbart husholdningsaffald i Nordsjælland.

8. Betydning af affaldets alder og opbevaringsbetingelser for eksponering for luftforurening.

9. Indsamling af husholdningsaffald i Danmark: Branchebeskrivelse.

10. Bioaerosoler og flygtige organiske stoffer fra haveaffald.

11. Spørgeskemaundersøgelse af sammenligningsgruppens arbejds- og helbredsforhold.

12. Mekanisk belastning af kroppen ved træk og skub af containere og løft af spande og sække.

13. Statusrapport om biologisk arbejdsmiljø på komposteringsanlæg.

14. Spørgeskemaundersøgelsen blandt ansatte på genanvendelses- og forbrændingsanlæg - "baseline-undersøgelsen".

15. Eksponering for støv og mikroorganismer på papir- og postsorteringsanlæg.

16. Mikroorganismer i bioaffald. Arbejdsmiljømæssige aspekter ved håndtering af "grønt" husholdningsaffald og kompost. Ph.D. afhandling.

17. Underlagets betydning for den mekaniske belastning af kroppen ved skub og træk af 2 hjuls containere.

18. Epidemiologisk undersøgelse af helbreds-effekter ved indsamling og genanvendelse af husholdningsaffald. Ph.D. afhandling.

19. Støvfugl fra husholdningsaffald og retur-papir.

20. Eksponering for støv og mikroorganismer på flaskesorteringsanlæg.

21. Eksponering for støv og mikroorganismer på forbrændingsanlæg

22. Arbejdsfysiologiske kapacitetsmålinger på skraldemænd i relation til alder/anciennitet (i trykken)

Rapporterne kan rekvireres ved henvendelse til:

At-salg, Arbejdstilsynet
Landskronagade 33-35
2100 København Ø
Telefon 39 15 25 26
Fax 39 15 25 60