



Nr B 2404

December 2020

# Rekommendationer om mätning av mikroorganismer i arbetsmiljön vid förbehandlings- och samrötningsanläggningar

Ann-Beth Antonsson och Bo Sahlberg



I samarbete med Avfall Sverige

**Författare:** Ann-Beth Antonsson och Bo Sahlberg

**Medel från:** SIVL och Avfall Sverige

**Rapportnummer** B 2404

**ISBN** 978-91-7883-239-2

**Upplaga** Finns endast som PDF-fil för egen utskrift

© **IVL Svenska Miljöinstitutet 2020**

IVL Svenska Miljöinstitutet AB, Box 210 60, 100 31 Stockholm

Tel 010-788 65 00 // [www.ivl.se](http://www.ivl.se)

Rapporten har granskats och godkänts i enlighet med IVL:s ledningssystem

# Innehållsförteckning

Sammanfattning.....	4
<b>1 Bakgrund.....</b>	<b>7</b>
1.1 Är mikroorganismer farliga?.....	7
1.2 När kan mikroorganismerna vara farliga?.....	8
1.3 Effekt av åtgärder.....	8
<b>2 Mätningar.....</b>	<b>9</b>
2.1 Syftet med mätningar.....	10
2.1.1 Tips – reflektera över syftet.....	10
2.2 Vikten av att använda vetenskapligt grundade mätmetoder.....	11
2.3 Överskrider anställdas exponering gränsvärde eller riktvärde?.....	11
2.3.1 Om mätmetoden.....	12
2.4 Utsätts anställda för hälsorisker?.....	12
2.4.1 Mätmetoder.....	13
2.5 Mätning som underlag för åtgärder.....	14
2.5.1 Om mätmetoderna.....	14
2.6 Jämföra med andra anläggningar eller halterna utomhus.....	15
2.7 Kontrollera om vidtagna åtgärder gett önskad effekt.....	16
2.8 Kvalitetskrav på mätrapporter.....	16
<b>3 Slutsatser.....</b>	<b>17</b>
<b>4 Referenser.....</b>	<b>18</b>
<b>Bilaga 1. Mätmetoder.....</b>	<b>19</b>
Endotoxiner.....	19
Dammätning.....	19
Provtagning av mikroorganismer.....	20
Provtagning för att räkna totalantal mikroorganismer.....	20
Provtagning för odling, levande mikroorganismer.....	20

# Sammanfattning

Vid förbehandlings- och samrötningsanläggningar förekommer mikroorganismer i det avfall som hanteras och rötning innebär att mikroorganismerna bryter ner avfallet. Mikroorganismerna kan innebära hälsorisker för de som arbetar med avfallet. Denna rapport ger en bakgrund till mikroorganismer i arbetsmiljön vid förbehandlings- och samrötningsanläggningar och beskriver hur man kan mäta och bedöma risken med de mikroorganismer som anställda kan exponeras för.

En tidigare studie om mätningar av mikroorganismer vid förbehandlings- och samrötningsanläggningar (Bloom, Antonsson, Ekvall, & Svensson, 2019) visade kvalitetsbrister i de mätningar som utförts. Bristerna innebar att det ofta saknades vetenskapligt underlag för valet av de ämnen som mättes, analysmetod och tolkning av mätresultatet.

För att säkerställa god kvalitet i mätningar av mikroorganismer vid förbehandlings- och samrötningsanläggningar rekommenderas:

- Inför en mätning, diskutera varför mätningen ska göras och hur resultatet ska användas.
- Den som anlitas för att göra en mätning bör före mätningen redovisa
  - vad som ska mätas,
  - vilka mätmetoder som ska användas och
  - hur mätresultaten ska tolkas.
- Vetenskaplig dokumentation ska kunna uppvisas som visar att;
  - det valda ämnet är relevant,
  - mätmetoderna är utvärderade och tillförlitliga och
  - det är möjligt att utvärdera hälsoeffekter eller jämföra med riktvärde eller gränsvärde.

Det enda mätvärde som det i nuläget finns riktvärden för är halten endotoxiner. Vid mätning för jämförelse med riktvärdet ska mätningen göras i andningszonen (personburet) och under en stor del av en arbetsdag. Ta om möjligt minst tre prov, eftersom variationen kan vara stor till exempel mellan dagar, årstider, vilka arbetsuppgifter man har och och var i anläggningen man befinner sig.

För att kunna utvärdera hälsorisker i arbetsmiljön är, liksom vid jämförelse med riktvärde, mätning i andningszonen mest lämpligt. Ta om möjligt minst tre prov.

Mätning med direktvisande mätinstrument för damm på olika ställen i lokalen och vid olika arbetsmoment ger ett bra underlag för att diskutera åtgärder, eftersom man enkelt kan identifiera var och när damm- och aerosolhalterna är högst och det är i damm och aerosoler som mikroorganismerna finns. Mätning med filterprovtagning av damm, endotoxiner eller mikroorganismer kan också vara ett underlag för en sådan diskussion, men det krävs ett antal prover för att kunna visa på variationer i olika delar av lokalen. Antalet prover styrs av hur många platser man behöver mätvärden för och i vilken omfattning man behöver kartlägga variation mellan dagar, olika arbetsmoments osv. Filterprovtagning ger därför inte en lika god bild av hur halterna varierar under dagen.

## Summary

In pre-treatment and anaerobic co-digestion plants microorganisms are present in the waste and the microorganisms are used for digestion of the waste. Exposure to microorganisms may constitute a health hazard for employees working with these processes. This report gives a background to microorganisms in the working environment in pre-treatment and anaerobic co-digestion plants. The report also describes how measurement of microorganisms in the work environment can be conducted and what kind of measurements is needed to evaluate employees' risk of exposure.

A previous study of work environment measurements of microorganisms in pre-treatment and anaerobic co-digestion plants (Bloom et al., 2019) showed deficiencies in the quality of the conducted measurements. The deficiencies included lack of scientific basis for the selection of substances/microorganisms that were measured, poor description of the analytical methods and lack of scientific basis for the interpretation of the measuring results.

To ensure good quality measurements of microorganisms in pre-treatment and anaerobic co-digestion plants the following is recommended:

- Before the measurement is planned in detail, discuss the reason for the measurements and how the result will be used.
- The consultant engaged for the measurement should before decision about the measurement describe
  - what parameters to measure,
  - what measuring methods shall be applied and
  - how the measuring results will be interpreted.
- Scientific documentation should be provided showing that;
  - The selected parameters are relevant with regard to the aim of the measurement.
  - The measuring methods are evaluated and reliable.
  - That the results from planned measurements are possible to evaluate with regard to risk of health effects or compare with a guiding value or an occupational exposure limit value (if that is the aim of the measurements)

The only parameter for which a guideline value is available is concentration of endotoxins. Measurement of endotoxins that will be compared with the guiding value should be made in the breathing zone, with measuring equipment carried by an exposed employee. Measurements should, if possible, be carried out over a full working day. If possible, sample a minimum of three such samples as huge variation in exposure can be expected between days, season of the year, the work tasks conducted and location in the plant.

Measurements to evaluate health risks should be based on measurements taken in the breathing zone of exposed employees in the same way as for endotoxin measurements. If possible, sample a minimum of three such samples.

Measurement of dust and aerosols with direct-reading instruments can be made in different parts of the process and premises to develop a basis for discussions about control measures. With this kind of measurement, it is possible to identify where and when high concentrations occur. The dust and aerosols contain microorganisms and reduction of the dust exposure will also reduce the exposure to microorganisms. Measurements using filter-sampling of dust or endotoxins could also provide a basis for such discussions, but then several samples in different parts of the premises and during different parts of the processes is required to identify emissions sources. The number of



samples should be adapted to the need for studying variation between days, different operations etc. However, filter-sampling does not give information about the variation in dust concentration over time in the same way as direct-reading instruments can.

# 1 Bakgrund

Vid förbehandlings- och samrötningsanläggningar förekommer mikroorganismer i det avfall som hanteras och rötning innebär att mikroorganismerna bryter ner avfallet. Mikroorganismerna finns och är också nödvändiga vid behandling av avfall. Samtidigt kan mikroorganismerna innebära hälsorisker för de som arbetar med avfallet.

Denna rapport ger en bakgrund till mikroorganismer i arbetsmiljön vid förbehandlings- och samrötningsanläggningar och beskriver hur man kan mäta och bedöma risken med de mikroorganismer som anställda kan exponeras för.

## 1.1 Är mikroorganismer farliga?

Vid hantering av avfall kan det uppkomma bioaerosoler, dvs damm och vätskeaerosoler som innehåller mikroorganismer och deras metaboliter, bland annat endotoxiner och glukaner (Marchand, Lavoie, & Lazure, 1995). Det finns olika typer av mikroorganismer, bland annat bakterier, mögel och svampar (exempelvis jäst) och inom varje typ finns det ett stort antal olika arter. En del (men inte alla) arter av bakterier och virus är patogena, dvs. de kan smitta och leda till olika typer av sjukdomar. Smitta undviks genom att hålla god hygien, exempelvis tvätta händerna när man varit i kontakt med avfallet och genom att undvika att andas in damm och aerosoler som kan innehålla bakterier. Vid förbehandlings- och samrötningsanläggningar är såvitt känt smitta inte något stort problem, även om det vid avfallshantering kan förekomma till exempel magsjuka om hygien inte sköts eller om man exponeras för stänk eller aerosoler som avsätts på huden. En vanlig smittväg är att bakterier, till exempel från huden, överförs till mun och näsans slemhinnor via händerna.

En annan hälsorisk är vid inandning av damm och aerosoler (exempelvis vätskedimma) som innehåller bakterier och mögel, då man kan få en påverkan på luftvägarna. Även ämnen som bildas av bakterier och mögel, så kallade toxiner, kan ge hälsoeffekter. De toxiner som oftast diskuteras är endotoxiner som bildas av gramnegativa bakterier (dvs. en typ av bakterier som trivs i fuktiga miljöer) och mykotoxiner som bildas av mögel. Det handlar alltså inte om någon smitta eller infektion, utan om en så kallad *toxisk effekt* av de ämnen som man andas in. Denna typ av hälsoeffekt har förekommit vid avfallshantering (Farokhi, Heederik, & Smit, 2018; Liebers, Brüning, & Raulf, 2020) och kan också förekomma vid förbehandlings- och samrötningsanläggningar. De flesta studier av hälsoeffekter med mikroorganismer rör andra miljöer än förbehandlings- och samrötningsanläggningar.

Inandning av damm som innehåller mikroorganismer kan leda till försämrad lungfunktion och ge OTDS (organic toxic dust syndrome) vilket är en slags överkänslighet i luftvägarna som, om inte exponeringen för dammet upphör eller minskar, kan förvärras och utvecklas till en kronisk överkänslighet eller allergi.

Epidemiologiska studier tyder på att långvarig exponering för endotoxiner kan ge bronkit och försämrad lungfunktion (Farokhi et al., 2018; Liebers et al., 2020). Exponering för endotoxiner kan ge akuta hälsoeffekter i form av torrhosta och andfåddhet åtföljt av försämrad lungfunktion, feber, influensaliknande symptom, samt ibland andnöd, huvudvärk och ledvärk. Effekterna uppträder några timmar efter exponeringen. Typiskt kommer symptomen på kvällen, efter avslutat arbete och har försvunnit till nästa morgon. Det kan därför vara svårt att se sambandet mellan

symptomen och exponering för damm på jobbet (Farokhi, Heederik, & Smit, 2018). Halten 90 EU/m<sup>3</sup> (EU= endotoxin-enheter) motsvarar cirka 9 ng/m<sup>3</sup> endotoxin. Exponering för halter under riktvärdet på 90 EU/m<sup>3</sup> behöver inte ge några symptom alls.

Hälsoeffekterna kan visa sig som kronisk påverkan på luftvägarna (Vimercati et al., 2016) eller som symptom som varierar över arbetsveckan och är mindre i början av veckan och mest påtagliga i slutet av veckan (de Meer, Heederik, & Wouters, 2007).

I denna rapport behandlas enbart exponeringen för sådana mikroorganismer och toxiner som kan ge toxiska effekter inklusive effekter på luftvägarna. Risk för smitta behandlas inte.

## 1.2 När kan mikroorganismerna vara farliga?

Avfall och särskilt källsorterat organiskt avfall (biologiskt avfall) som är den typ av avfall som förekommer i förbehandlings- och samrötningsanläggningar, innehåller material som utgör en mycket god grogrund för tillväxt av mikroorganismer. Viktigast för tillväxt av mikroorganismer är tillgång till näring (i detta fall det organiska materialet), vatten (fukt) och lämplig temperatur. Förbehandlings- och samrötningsanläggningar är alltså en miljö som främjar tillväxt av mikroorganismer och mikroorganismer behövs för rötning av avfallet.

De toxiska effekterna kan uppkomma om man andas in för höga halter/för mycket av vissa mikroorganismer. Det räcker alltså inte med att det finns mikroorganismer för att hälsan ska påverkas. Halterna måste också vara tillräckligt höga och det måste finnas mikroorganismer eller toxiner som är hälsoskadliga för att hälsoeffekter ska uppstå.

Risken att drabbas av hälsoeffekter ökar när dammhalten i arbetsmiljön ökar. När åtgärder vidtas för att minska exponeringen, dvs. minska förekomsten av luftburet damm där personalen arbetar och vistas, minskar också risken för dessa hälsoeffekter. Mikroorganismerna sitter på eller i fasta partiklar och i mikroskopiska vattendroppar, dvs. i damm och vätskeerosoler. Kan man minska uppkomsten och spridningen av dessa till arbetsmiljön, så har man minskat risken för att någon anställd ska drabbas av de hälsoeffekter som beskrevs kort i avsnitt 1.1.

## 1.3 Effekt av åtgärder

Halten bioerosoler är helt beroende av arbetsmoment och ökar ju mer dammande momentet är (Park et al., 2013). Åtgärderna för att minska hälsoeffekterna ska inriktas på att minska förekomst av damm och vätskeerosoler i arbetsmiljön, eftersom det är i dessa som mikroorganismer finns och sprids (Sebastian, Madsen, Martensson, Pomorska, & Larsson, 2006). Det är därför viktigt att minska damningen vid processer eller arbetsmoment som genererar mycket damm men även att säkerställa att bakgrundshalten av damm i anläggningen hålls nere. Åtgärderna handlar alltså inte om att minska förekomst av bakterier i avfallet.

Processer eller arbetsmoment som genererar mycket damm eller aerosoler bör kartläggas för att minska exponeringen för mikroorganismer. För dammande processer är en så sluten process som möjligt att föredra för att minska bioerosolbildning och exponeringen för mikroorganismer.



Om avfallet som hanteras är torrt så dammar det mer. En åtgärd som praktiseras ibland för att minska damningen är att fukta eller vattenbegjuta det material som sprider dammet. En sådan åtgärd innebär dock också risk för tillväxt av mikroorganismer när organiskt avfall blir fuktigt. Befuktning bör därför undvikas, om man inte först kontrollerat att det inte uppstår nya arbetsmiljöproblem. Befuktning och vattenbegjutning alternativt användning av dammbindande medel kan användas exempelvis för att minska damningen från torra transportvägar, till exempel på sommaren.

Åtgärder som minskar uppkomst och spridning av damm och aerosoler till arbetsmiljön minskar exponeringen och kan innebära att hälsoeffekterna minskar eller elimineras. Vilken effekt man uppnår beror på hur effektivt man lyckas minska halten av damm och aerosoler i arbetsmiljön.

Om personal under lång tid exponerats för damm och aerosoler så att OTDS utvecklats (se avsnitt 1.1), finns risk för att hälsobesvär kvarstår om någon blivit allergisk. Hälsobesvärerna kan i sådana fall uppkomma även när man exponeras för låga halter av damm, dvs. dammhalter som är så låga att inga andra reagerar på dem med någon form av hälsoeffekt.

## 2 Mätningar

Mikroorganismer finns alltid i arbetsmiljön. Frågan är om de mikroorganismer som finns kan vara skadliga. För att bedöma detta kan man behöva mäta halten mikroorganismer i arbetsmiljön. Denna rapport handlar om vad man ska tänka på när man planerar för och beställer mätningar och analyser av mikroorganismer vid förbehandlings- och rötningsanläggningar.

Den tidigare studien om mätningar av mikroorganismer vid förbehandlings- och samrötningsanläggningar kom fram till följande slutsatser (Bloom et al., 2019).

För att mätningarna ska kunna tolkas är det av stor betydelse att:

- valet av provtagnings- och analysmetoder styrs av en tydlig frågeställning, dvs. det behöver finnas belägg (referenser) för att de valda parametrarna är relevanta med tanke på frågeställningen och eventuella hälsobesvär som förekommer,
- den som utför mätning och analyser ska beskriva dem och referenser ska anges, så att andra kan bedöma mätningarna och vad resultatet innebär,
- mätningar görs under en stor del av en arbetsdag, eftersom det vanligtvis är den totala dosen som har störst betydelse för hälsan (vid yrkesmässig exponering),
- eftersom halterna av mikroorganismer varierar mycket, beroende på årstid, var i anläggningen proverna tas och hur mycket damm som sprids, är det viktigt att göra flera mätningar och gärna mätningar under flera dagar och olika årstider, för att kunna dra slutsatser om när och var exponeringen är som högst,
- tolkningen av mätresultatet görs på ett väl beskrivet sätt och med hänvisning till referenser.

Nedan beskrivs vad detta kan innebära i praktiken.

## 2.1 Syftet med mätningar

**Inför en mätning, diskutera varför mätningen ska göras och hur resultatet ska användas.**

Beroende på vilket syfte man har med mätningar, så görs mätningarna på olika sätt.

Mätningar kan göras med olika syften, till exempel:

**Kontrollera om anställdas exponering för mikroorganismer överskrider gränsvärden eller riktvärden.** Tyvärr finns inga gränsvärden för mikroorganismer i arbetsmiljön, varför jämförelse med gränsvärde inte går att göra. Däremot finns ett holländskt riktvärde för endotoxiner och i brist på svenskt riktvärde kan mätningar göras för att jämföra med det riktvärdet.

**Kontrollera om exponeringen kan innebära en hälsorisk för anställda.** Även denna typ av mätning är en utmaning, eftersom den bygger på att man har ett underlag som visar vilka halter och vilka mikroorganismer som kan utgöra en hälsorisk. För närvarande finns inget sådant underlag som är allmänt accepterat.

**Kontrollera när och var i anläggningen som halterna är högst.** Denna typ av mätningar ger ett bra underlag för att diskutera vilka åtgärder som bör vidtas och vilka åtgärder som mest effektivt kan minska exponeringen för mikroorganismer.

**Jämföra halterna med andra anläggningar eller halterna utomhus (så kallade bakgrundshalter).** Jämförelse med andra anläggningar kan vara intressant exempelvis för att jämföra anställdas exponering. Jämförelse med utomhushalter är lämpligt vid alla mätningar, eftersom man behöver kontrollera om de halter som finns i anläggningen beror på anläggningen eller utomhusluften (som tas in via ventilation, öppna dörrar osv.).

**Kontrollera om vidtagna åtgärder gett önskad effekt eller utvärdera effekten av en planerad förändring.** För denna typ av mätningar krävs att man mäter både före och efter åtgärd.

### 2.1.1 Tips – reflektera över syftet

Ibland kan syftet med mätningar kännas självklart. Det kan ändå vara bra att reflektera över vad mätresultatet ska användas till.

Mätningar kan initieras av att anställda upplever besvär som misstänks bero på mikroorganismer. Man kan då fundera över om mätning av exponering är lämpligt. Det finns inga gränsvärden som måste följas, bara ett riktvärde för endotoxiner som är en forskningsbaserad rekommendation. Om mätningen visar att riktvärdet inte överskrider, innebär det att ni inte skulle vidta några åtgärder, även om anställda fortfarande upplever besvär?

Om anställda upplever besvär, är det sannolikt att besvären beror på exponering vid arbete i anläggningen? Om så är fallet är det kanske bättre att istället mäta för att få underlag för en diskussion om åtgärder som minskar exponeringen för damm och mikroorganismer. Vilka mätmetoder som passar bäst, beror på syftet med mätningen. I kommande avsnitt beskrivs hur mätningen och vad man mäter kan anpassas efter olika syften.

## 2.2 Vikten av att använda vetenskapligt grundade mätmetoder

**Den som anlitas för att göra en mätning bör före mätningen redovisa vad som ska mätas, vilka mätmetoder som ska användas och hur mätresultaten ska tolkas.**

**Vetenskaplig dokumentation ska kunna uppvisas som visar att**

- det valda ämnet är relevant,
- mätmetoderna är utvärderade och tillförlitliga och
- det är möjligt att utvärdera hälsoeffekter eller jämföra med riktvärde eller gränsvärde.

En tidigare studie av utförda mikrobiologiska mätningar i arbetsmiljön (Bloom et al., 2019) visade att för många av de mätningar som gjorts, saknades vetenskapligt underlag. Om vetenskapligt underlag saknas, innebär det att de slutsatser som dras av mätningarna inte är tillförlitliga.

För säkra slutsatser behövs ett vetenskapligt underlag. Det innebär att det ska finnas vetenskapliga artiklar eller vetenskapligt granskad litteratur som visar att:

- de mätmetoder som används är tillförlitliga,
- att det ämne man mäter är relevant för att bedöma hälsorisker.
  - Det innebär exempelvis att det ska finnas studier som visar ett så kallat dos-responsförhållande mellan halten av ämnet och hälsoeffekten (dvs. ju högre halt av ämnet desto starkare hälsoeffekt).

## 2.3 Överskrider anställdas exponering gränsvärde eller riktvärde?

**Den enda mätning som i nuläget kan användas för att jämföra med ett riktvärde är mätning av halten endotoxiner. Vid mätning för jämförelse med riktvärdet ska mätningen göras i andningszonen (personburet) och under en stor del av en arbetsdag. Ta om möjligt minst tre prov.**

Det finns för närvarande inga gränsvärden för mikroorganismer i arbetsmiljön. Den reglering av mikroorganismer i arbetsmiljön som finns är Arbetsmiljöverkets föreskrifter AFS 2014:43 Kemiska arbetsmiljörisker som behandlar exponering för mögelsporer och kemiska ämnen som frisätts från mikroorganismer och som kan medföra allergier och toxiska effekter. I föreskrifterna finns bland annat krav på riskbedömning och åtgärder.

Det finns ett gränsvärde för organiskt damm på 5 mg/m<sup>3</sup>, men det gränsvärdet tar inte hänsyn till förekomst av mikroorganismer i dammet. Det gränsvärdet bör därför underskridas med god

marginal om anställda ska vara skyddade mot hälsoeffekter av damm som innehåller mikroorganismer.

Internationellt används ofta ett riktvärde för endotoxiner på 90 EU/m<sup>3</sup> (cirka 9 nanogram/m<sup>3</sup> luft), se avsnitt 1.1.

Om mätning görs för att kontrollera om gränsvärde eller riktvärde överskrids, rekommenderas mätning av halten endotoxiner.

### 2.3.1 Om mätmetoden

Om mätning görs för att kartlägga anställdas exponering, är det viktigt att mätningen görs med personburen mätutrustning och att det filter som används för att samla in damm placeras i bärarens andningszon. På detta sätt speglar provet den anställdas exponering, dvs. den luft som den anställde andas in.

Mätningen görs vanligtvis genom pumpad provtagning och uppsamling av damm på filter som analyseras på laboratorium med Limulus-metoden. I Bilaga 1 beskrivs mätmetoden för endotoxiner mer i detalj. Mätning bör göras under en stor del av arbetsdagen, för att spegla den totala exponeringen för endotoxiner.

Vid mätningen bör ett blankprov analyseras, dvs ett filter som inte använts. Blankprovet visar om filtermaterialet innehåller endotoxiner. Små mängder av endotoxiner på oanvända filter kan innebära att analysresultatet av övriga filter blir missvisande.

Eftersom halten varierar under och mellan dagar och årstider och beroende på hur man arbetar och med vad, är det lämpligt att ta flera prov för att få kontroll på hur mycket exponeringen kan variera, gärna under flera dagar. Tre prov brukar anses vara ett minimum. Prioritera mätning på de personer som exponeras mest för damm.

## 2.4 Utsätts anställda för hälsorisker?

**Mätningar med målet att utvärdera hälsoriskerna för de anställda kan göras genom att mäta anställdas exponering för endotoxiner.**

**Om mätningar ska göras på andra ämnen, begär ett vetenskapligt underlag (exempelvis vetenskapliga artiklar) som visar att ämnet är relevant att mäta på och hur mätresultatet ska tolkas, dvs. vilka halter som innebär en hälsorisk.**

**För att kunna utvärdera hälsorisker i arbetsmiljön är mätning i andningszonen mest lämpligt. Ta om möjligt minst tre prov.**

Denna typ av mätning innebär stora utmaningar eftersom den kräver tillgång dels till vetenskapligt underlag som visar vilka mikroorganismer och toxiner som kan ge hälsoeffekter, dels tillgång till information om just dessa ämnen kan förekomma i förbehandlings- och samrötningsanläggningar.

Mätning av exponeringen för endotoxiner kan göras för att bedöma hälsoriskerna med endotoxiner. I och med att det finns ett riktvärde finns det också ett bra vetenskapligt underlag om hälsoeffekter. Det finns andra ämnen än endotoxiner som kan ge hälsoeffekter och enbart mätning av halten endotoxiner behöver därför inte ge en helhetsbild av hälsoriskerna. Det finns ett stort antal mikroorganismer och olika typer av toxiner och hälsoeffekterna med dessa varierar.

En särskild utmaning är att det organiska avfall som ska rötas har varierande sammansättning vilket innebär att också sammansättningen av mikroorganismer i avfallet kan variera. Dessutom finns det en naturlig variation i sammansättning av och antal mikroorganismerna över året. Mikroorganismer tillväxer exempelvis sämre när det är kallt och torrt och mer när det är varmt och fuktigt. Detta innebär att mätning vid ett tillfälle visar hur det såg ut när mätningen gjordes, medan mätning några månader senare kan ge ett helt annat resultat.

Det förekommer att mätningar görs av antalet mikroorganismer (mögel eller bakterier). Dels kan mätningar göras på levande mikroorganismer, dels på totalantalet döda och levande. Det finns dock inget enkelt samband mellan antalet mikroorganismer och hälsoeffekt. Detta beror främst på att olika typer av mikroorganismer har olika typer av hälsoeffekter. Det förekommer också analys av vilka typer av mikroorganismer som förekommer (så kallad typning).

Mätning av antalet mikroorganismer och typning är metoder som använts vid avfallsanläggningar. I de rapporter som studerats (Bloom et al., 2019) fanns dock inga referenser som visade att eller på vilket sätt dessa parametrar speglade hälsoriskerna.

Det förekommer också att mätningar görs på flyktiga organiska kolväten (VOC). VOC anses då vara en indikator som visar förekomst av vissa mikroorganismer. VOC har främst använts vid studier av lukt.

## 2.4.1 Mätmetoder

De mätmetoder som ska användas, ska vara vetenskapligt väl dokumenterade.

För att förekomst av ämnen ska ha betydelse för hälsoeffekterna, ska halten av ämnet mätas i andningszonen, dvs. exponeringen ska mätas. Mätning i olika delar av lokalen visar hur höga halterna är där, men hälsoriskerna beror på hur länge personalen vistas där.

Eftersom halten varierar under och mellan dagar och beroende på hur man arbetar och med vad, är det lämpligt att ta flera prov för att få kontroll på hur mycket exponeringen kan variera, gärna under flera dagar. Tre prov brukar anses vara ett minimum.

Vid mätning av endotoxiner och levande eller döda mikroorganismer bör ett blankprov analyseras, dvs ett filter som inte använts. Blankprovet visar om filtermaterialet innehåller de ämnen som man mätt. Små mängder av dessa ämnen på oanvända filter kan innebära att analysresultatet och mätningen blir missvisande, om man inte kompenserar för detta vid beräkning av halten.

## 2.5 Mätning som underlag för åtgärder

**Mätning med direktvisande mätinstrument för damm på olika ställen i lokalen och vid olika arbetsmoment ger ett bra underlag för åtgärder, eftersom man enkelt kan identifiera var och när damm- och aerosolhalterna är högst och det är i damm och aerosoler som mikroorganismerna finns.**

**Mätning med filterprovtagning av damm, endotoxiner eller mikroorganismer är också en möjlig metod, men det krävs ett antal prover för att kunna visa på variationer i olika delar av lokalen. Denna typ av provtagning ger vanligtvis inte en lika god bild av hur halterna varierar under dagen.**

Mätningar som görs för att ge underlag för åtgärder visar var och kanske också vid vilka arbetsmoment som halterna av mikroorganismer är högst respektive lägst. Kombinerar den information med uppgifter om var personalen arbetar och när (under vilka arbetsmoment) de vistas i anläggningen, kan detta utgöra ett bra underlag för en diskussion om var åtgärder behövs för att anställdas exponering ska minska.

De arbetsmoment där förhöjda halter av damm kan förekomma är (Bohgard, 2016);

- Hantering av avfall manuellt eller mekaniskt.
  - Torrt avfall dammar mer än vått.
  - Öppen hantering innebär att dammet sprids mer okontrollerat.
  - Hantering i slutna utrymmen begränsar spridningen
- Underhållsarbete och annat tillfälligt arbete i anläggningen kan innebära att man arbetar i sådana delar av anläggningen och på ett sådant sätt att man utsätts för höga dammhalter.

För denna typ av mätningar är det inte så viktigt att mäta på vissa mikroorganismer eller toxiner som har ett påvisat samband med hälsoeffekterna. Om man redan vet att man vill/behöver vidta åtgärder för att minska anställdas exponering för mikroorganismer, kan man välja att mäta på ämnen som indikerar förekomst av mikroorganismer, till exempel;

- Damm, eftersom mikroorganismerna finns i dammet.
- Halten endotoxiner
- Antalet levande eller döda mikroorganismer

Det viktiga med mätningen är att man får resultat som visar halten vid olika delar av arbetsplatsen och vid olika tider eller arbetsmoment. Det är också viktigt att man använder sig av samma mätmetod för hela mätningen.

Typning av mikroorganismer är mindre lämpligt som underlag för var åtgärder behöver vidtas.

### 2.5.1 Om mätmetoderna

Vid mätningen är det lämpligt att också ta ett prov utomhus. Mikroorganismer förekommer också utomhus och det är därför viktigt att kontrollera om de halter som uppmäts i anläggningen ligger på samma nivå eller är högre än utomhushalterna. Om halterna ligger på samma nivå, kommer

mikroorganismerna sannolikt från uteluften och verksamheten sprider sannolikt inte så mycket mikroorganismer till arbetsmiljön.

Den typ av mätningar som ger bäst underlag för diskussion om åtgärder är mätning med direktvisande bärbart instrument. En stor fördel med denna typ av mätinstrument är att man direkt kan läsa av hur hög halten är i olika delar av lokalen. Man kan också följa hur halten varierar vid ett arbetsmoment och exempelvis hur snabbt dammhalten minskar när arbetsmomentet avslutas eller hur dammhalten förändras i närheten av en dammkälla. Det går att samla in mycket information om vilka föroreningskällor som sprider de högsta dammhalterna med hjälp av mätning med ett direktvisande instrument och mätning under en dag.

Mätningar kan också göras med filterprovtagning och då får man ett resultat som visar medelvärdet under provtagningstiden. För endotoxiner och damm krävs vanligtvis provtagningstider på flera timmar. Denna typ av mätningar ger därför inte samma bild av hur halterna varierar över tid som de direktvisande mätinstrumenten eftersom filterproverna endast visar medelvärdet under hela provtagningstiden.

Mätning av mikroorganismer för att räkna antalet kan göras under kortare tid, men då krävs betydligt fler prover för att resultatet ska gå att tolka. Provtagning kan göras med en RCS luftprovtagare (Reuter Centrifugal Sampler) som fungerar enligt impaktionsprincipen om man vill räkna levande bakterier eller med filterprovtagning om man vill räkna även döda bakterier, se vidare Bilaga 1. Provtagning med RCS görs vanligtvis under mycket kort tid, enstaka minuter. Eftersom halterna kan variera mycket över tid och på olika ställen i anläggningen, krävs många prover. Detta gäller särskilt när provtagningstiden är så kort som minuter. I sådana fall krävs många prover för att man ska få en bra bild av förhållandena på anläggningen.

Vid mätning av endotoxiner och levande eller döda mikroorganismer bör ett blankprov analyseras, dvs ett filter som inte använts. Blankprovet visar om filtermaterialet innehåller de ämnen som man mätt. Små mängder av dessa ämnen på oanvända filter kan innebära att analysresultatet av övriga filter blir missvisande.

## 2.6 Jämföra med andra anläggningar eller halterna utomhus

Vill man jämföra halterna vid en anläggning med halterna vid en annan anläggning är det viktigt att förhållandena är så likvärdiga som möjligt vid mätningarna. Detta innebär till exempel att:

- Mätning ska göras på samma ämne och med samma mätmetod.
- Mätning ska göras under likartade förhållanden och på likartade ställen i anläggningen. Detta innebär till exempel att mätningar sommartid inte kan jämföras med mätningar gjorda under vintern, eftersom halten mikroorganismer kan förväntas vara lägre vintertid. Även regn kan ha betydelse, eftersom fukt kan binda damm och med mindre spridning av damm så minskar spridningen av mikroorganismer. Avfall som legat länge kan också innehålla mer mikroorganismer än nytt avfall.

Det finns mikroorganismer i utomhusluften och exempelvis under hösten är ofta halten av mögelsporer utomhus hög. Det är därför lämpligt att ta ett prov utomhus som halterna i anläggningen kan jämföras med. Om halterna ligger i samma nivå inom- och utomhus, kan man utgå från att det inte sprids särskilt mycket mikroorganismer från verksamheten i anläggningen

utan de mikroorganismer som finns i luften har kommit in med utomhusluften, till exempel via ventilationen.

Vid jämförelse med andra anläggningar kan samma mätmetoder som beskrivs i avsnitt 2.5 ovan (mätning som underlag för åtgärder) användas. Detsamma gäller om syftet endast är att jämföra med utomhushalterna. Om syftet är att mäta exponering för att jämföra med riktvärde för endotoxiner eller för att bedöma hälsorisker, se avsnitt 2.3 och 2.4 ovan.

## 2.7 Kontrollera om vidtagna åtgärder gett önskad effekt

När mätningar ska göras för att kontrollera effekten av vidtagna åtgärder är det viktigt att mäta både före och efter det att åtgärderna vidtagits. Mätningarna ska göras med samma metoder och i samma mätpunkter för att det ska vara möjligt att utvärdera effekten av åtgärderna. Se vidare avsnitt 2.5 ovan.

## 2.8 Kvalitetskrav på mätrapporter

Genomförda mätningar ska rapporteras och det är viktigt att rapporten innehåller information om mätningen och hur den utförts och förhållandena under mätningen. Eftersom mätning av mikroorganismer är ett komplext område, är det viktigt att rapporten också innehåller referenser till vetenskapligt underlag om mätmetoden och tolkning av mätresultatet.

Enligt Arbetsmiljöverkets föreskrifter om hygieniska gränsvärden, AFS 2018:1 ska rapporten innehålla följande information:

- Företagets namn, adress och arbetsställets belägenhet.
- Verksamhet och antal anställda som berörs av den luftförorening som är orsak till mätningen.
- Datum för mätningen.
- Vilket ämne/vilka ämnen som har uppmätts.
- Syfte med mätningen.
- Vem som utfört mätningen.
- Produktions- och ventilationsuppgifter.
- Klimatuppgifter vid mätning utomhus.
- Skiss eller fotografi över arbetsplatsen.
- Eventuell arbetsrotation, om den har betydelse för exponeringen.
- Om, när och vilken personlig skyddsutrustning som använts.
- Genomsnittlig tid under vilken respektive arbetsmoment pågått per dag, vecka, om det är möjligt att bedöma denna.
- Total arbetstid per dag, start och stopp, eventuell skiftgång samt notering av längre pauser och raster.
- Förekomst av fysiskt tungt arbete.
- Namn på personer och uppgift om de arbetsmoment som omfattas av mätningen och vid vilka tidpunkter mätningarna utförts.
- Provplatser samt provtagningstider för varje prov.
- Mätmetod och mätutrustning.



- Analysresultat, metod och vilket analyslaboratorium som anlitas.
- Sammanställning över mätresultat med tidsvägda dagsmedelvärden och arbetsmoment samt gällande hygieniskt gränsvärde.
- Bedömning med kommentarer, jämförelser med eventuella tidigare mätningar, andra utredningar etc., rekommenderade åtgärder samt slutsats.

## 3 Slutsatser

En tidigare studie (Bloom et al., 2019) visar att mätningar som genomförts vid förbehandlings- och samrötningsanläggningar ofta saknar grundläggande information om metod och tolkning av mätdata, vilket innebär att mätningarnas resultat och tolkningen av hälsorisker kan ifrågasättas.

Denna rapport beskriver hur man kan planera för mätningar av mikroorganismer och deras toxiner, främst endotoxiner, för att säkerställa att mätningen svarar mot anläggningens behov och så att mätningen håller god vetenskaplig kvalitet.

Det första steget är att diskutera syftet med mätningen och det kan också vara värdefullt att reflektera över vad mätresultatet ska användas till. Handlar det till exempel om att bedöma risker eller att få ett underlag för att vidta åtgärder?

Hälsorisker med mikroorganismer, mätning av exponering och bedömning av hälsoriskerna med mikroorganismer är ett komplext område. Om och när mätningar ska göras, är det därför viktigt att utgå från den vetenskapligt baserade kunskap om mikroorganismer som finns. Den konsult som erbjuder sig att göra en mätning behöver därför ange referenser som visar att de ämnen man rekommenderar mätning på är relevanta och att det finns vetenskapligt underlag för tolkning av uppmätta halter.

## 4 Referenser

- Bloom, E., Antonsson, A.-B., Ekvall, K., & Svensson, K. (2019). *Den mikrobiologiska arbetsmiljön vid biologisk återvinning av matavfall – en sammanställning av mikrobiologiska arbetsmiljörisiker, genomförda arbetsmiljömätningar samt hur man kan jobba för en bättre och säkrare arbetsmiljö. Rapport 2019:17. Avfall Sverige*. Retrieved from <https://www.avfallsverige.se/kunskapsbanken/rapporter/rapportera/article/den-mikrobiologiska-arbetsmiljon-vid-biologisk-atervinning-av-matavfall-en-sammanstallning-av-mikr/>
- Bohgard, M. (2016). *Kunskaper och strategier för goda arbetsmiljöer vid omställning till biogas som fordonsbränsle. Slutrapport till AFA Försäkring, diarienummer 120317*. Retrieved from <https://www.afaforsakring.se/forskning/projektkatalog/DownloadReport/2676/>
- de Meer, G., Heederik, D., & Wouters, I. M. (2007). Change in airway responsiveness over a workweek in organic waste loaders. *Int Arch Occup Environ Health*, *80*(7), 649-652. doi:10.1007/s00420-006-0166-8
- Farokhi, A., Heederik, D., & Smit, L. A. M. (2018). Respiratory health effects of exposure to low levels of airborne endotoxin – a systematic review. *Environ Health*, *17*(1), 14-20. doi:10.1186/s12940-018-0360-7
- Levin, J. O. (2000). *Principer och metoder för provtagning och analys av ämnen på listan över hygieniska gränsvärden*. Solna: Solna.
- Liebers, V., Brüning, T., & Raulf, M. (2020). Occupational endotoxin exposure and health effects. *Archives of toxicology*. doi:10.1007/s00204-020-02905-0
- Marchand, G., Lavoie, J., & Lazure, L. (1995). Evaluation of Bioaerosols in a Municipal Solid Waste Recycling and Composting Plant. *Journal of the Air & Waste Management Association*, *45*(10), 778-781. doi:10.1080/10473289.1995.10467406
- Park, D., Ryu, S., Kim, S., Byun, H., Yoon, C., & Lee, K. (2013). Airborne bacteria and fungi associated with waste-handling work. *Int J Occup Environ Health*, *19*(4), 311-318. doi:10.1179/2049396713y.0000000036
- Sebastian, A., Madsen, A. M., Martensson, L., Pomorska, D., & Larsson, L. (2006). Assessment of microbial exposure risks from handling of biofuel wood chips and straw--effect of outdoor storage. *Ann Agric Environ Med*, *13*(1), 139-145.
- Vimercati, L., Baldassarre, A., Gatti, M., De Maria, L., Caputi, A., Dirodi, A., . . . Bellino, R. (2016). Respiratory Health in Waste Collection and Disposal Workers. *Int J Environ Res Public Health*, *13*(7), 631. doi:10.3390/ijerph13070631

# Bilaga 1. Mätmetoder

## Endotoxiner

Endotoxiner provtas med pumpad filterprovtagning, dvs. luft dras igenom ett filter med hjälp av en pump. Damm samlas upp på filtret och analyseras på lab. För att tillräcklig mängd damm ska samlas upp, görs mätningen ofta under en hel arbetsdag (kortare provtagningstider är också möjliga).

På laboratoriet tvättas filtret varvid endotoxiner förs över till vätskefas som analyseras. Provet kan analyseras med endera av två alternativa metoder, GC-MS-metoden och Limulus-metoden.

Limulusmetoden innebär att mängden fritt endotoxin bestäms med *Limulus* amebocyt lysat (LAL)-test som baseras på *Limulus*-krabbans blod. Utgående från luftflödet under provtagningen och provtagningstiden beräknas provtagen luftvolym. Halten beräknas som mängden endotoxin delat med luftvolymen och anges som antal EU/m<sup>3</sup> (endotoxin units). 1 EU, motsvarar cirka 9 ng/m<sup>3</sup>.

GC-MS-metoden innebär att totalhalten endotoxin bestäms kemiskt med hjälp av gaskromatografi-masspektrometri (GC-MS) och anges i ng/m<sup>3</sup>.

GC-MS är den enda metod som kan särskilja olika typer (subpopulationer) av endotoxiner. LAL-metoden är den metod som hittills använts mest i arbetsmiljöstudier (t ex Lehtinen et al 2013) medan GC-MS är en relativt nyutvecklad metod som främst används inom forskning.

## Dammätning

För att undersöka hur damm uppkommer och sprids eller utvärdera åtgärder, kan dammätning fungera bra. En metod som mäter halten i lokalen direkt är mätning med direktvisande instrument, vanligtvis optiska instrument. Denna typ av mätinstrument kan bäras runt och användas för att studera haltvariationer i lokalen och över tid. Det finns många olika fabrikat och typer av direktvisande instrument för damm, varför ingen djupare beskrivning görs av denna typ av mätmetod.

Dammätning kan också göras med pumpad filterprovtagning, varvid filtret vägs efter provtagningen. Dammhalten beräknas som mängden damm på filtret delat med den luftvolym som pumpats genom filtret. Genom användning av olika typer av provtagare, kan olika fraktioner av damm samlas upp. I arbetsmiljösammanhang mäter man oftast inhalerbart och respirabelt damm. Inhalerbart damm är i princip det damm som kommer in i näsan medan det respirabla dammet är en fraktion med mindre diameter, som når långt ner i lungorna vid inandning. Filterprovtagning av damm kräver relativt lång provtagningstid (timmar), varför denna typ av mätning inte kan ge någon information om hur halten varierar över tid.

## Provtagning av mikroorganismer

Provtagningstiden har stor betydelse för tolkningen av mätresultatet. Enstaka prover som tas under kort tid (minuter) är inte representativa för medelxponeringen under en hel arbetsdag.

### Provtagning för att räkna totalantal mikroorganismer

Denna typ av provtagning görs ofta med pumpad filterprovtagning, dvs luft dras igenom ett filter med hjälp av en pump. I samband med provtagningen kan mikroorganismerna påverkas varför denna metod inte kan användas för att skilja på levande och döda mikroorganismer utan ger ett mått på totalantalet levande och döda mikroorganismer (Levin, 2000).

### Provtagning för odling, levande mikroorganismer

RCS är en mätmetod som ofta används för mögelmätning i potentiellt fuktskadade hus. Den passar inte särskilt bra för att utvärdera arbetsmiljöer, bland annat för att provtagningstiden är extremt kort (minuter) (Bloom et al., 2019).

Luftprover kan tas med hjälp av en RCS luftprovtagare (Reuter Centrifugal Sampler) som fungerar enligt impaktionsprincipen. Bild 1 visar en RCS med provtagningsremsa. Luften dras in i provtagaren med hjälp av ett rotorblad inne i trumman och medföljande partiklar kastas med centrifugalkraften ut på en remsa (stripp) innehållande ett agarsubstrat. Efter provtagningen placeras remsan i sitt plasthölje och inkuberas i 20–25 °C under minst sju dygn, då kolonierna räknas och eventuellt typas. Referensluftprover brukar tas utomhus eller i anslutning till arbetsplatsen. Resultaten anges som CFU/m<sup>3</sup>, det vill säga "colony forming units" eller antal mikroorganismer/mögelsporer som växer till/gror.



Bild 1. RCS-luftprovtagare.



Rapport B 2404 – Rekommendationer om mätning av mikroorganismer i arbetsmiljön vid förbehandlings- och samrötningsanläggningar

