

Vurdering af nuværende og fremtidig praksis for måling af fine partikler i relation til fastsættelsen af en ny B-værdi for støv

Karsten Fuglsang
December 2007

Indhold

1.	Baggrund.....	2
2.	Definitioner.....	2
3.	Praksis for måling af PM _{2,5} og PM ₁₀	5
3.1.	Måling i udeluft	6
3.2.	Måling af luftemissioner	6
3.2.1	Nuværende praksis.....	6
3.2.2	Forventet, fremtidig praksis.....	8
4.	Betydning af praksis for måling af PM ₁₀ i forbindelse med revision af B-værdien for støv.....	9
5.	Vurdering af andelen af PM _{2,5} i PM ₁₀ emitteret fra danske anlæg.....	9
6.	Konklusion	11
7.	Referencer	12

1. Baggrund

Den gældende B-værdi for støv i øvrigt er gældende for støv < 10 µm. WHO's risikovurderinger for eksponering for partikler i udeluft er beregnet på basis af PM_{2,5}. Med henblik på at udføre en risikovurdering for B-værdien for støv i øvrigt har Miljøstyrelsen derfor opfordret Referencelaboratoriet til at vurdere, om de nuværende målte emissioner for støv < 10 µm kan relateres kvantitativt til emissionen af PM_{2,5}.

Med udgangspunkt i Miljøstyrelsens opfordring iværksatte referencelaboratoriet i november 2007 et udredningsprojekt med følgende formål:

- At vurdere de gældende definitioner af PM₁₀ (evt. PM_{2,5}) og støv < 10 µm i forhold til de pt. anvendte målemetoder på luftemissioner fra industrien (efterfølgende kaldet emissionsområdet)- og luftkvalitetsområdet (efterfølgende kaldet udeluftområdet).
- At vurdere, om den fremtidige standard for måling af emissioner af PM₁₀ kan forventes at give samme resultater som der pt. opnås, når danske laboratorier måler støvemissioner med henblik på at kontrollere, om B-værdien støv < 10 µm er overholdt.
- At vurdere, om de målte emissioner af støv < 10 µm på typiske danske energi- og industrianlæg ud fra erfaringsmæssige og skønsmæssige omregningsfaktorer kan anvendes til at bestemme anlæggenes emission af PM_{2,5}.

Denne rapport beskriver projektets resultater.

2. Definitioner

Når der udføres målinger af PM₁₀ i udeluft med det formål at kontrollere grænseværdier fastsat med hensyn til sundheden, er målemetoden fastsat med henblik på at efterligne den eksponering, mennesker udsættes for i det givne område. Afsætningen af partikler i luftvejene er afhængig af partiklernes diameter, som beskrives nærmere nedenfor.

PM₁₀ er en forkortelse for den engelske betegnelse " Particulate matter less than 10 microns in diameter". PM₁₀ defineres altså som partikler, der har en aerodynamisk diameter mindre end 10 µm. En tilsvarende definition gælder for PM_{2,5}, idet PM_{2,5} omfatter partikler med en aerodynamisk diameter mindre end 2,5 µm.

Da luftbårne partikler i praksis kan have meget forskellige vægtfylde, og da partiklerne langt fra altid er sfæriske, opererer man med den aerodynamiske diameter. Den aerodynamiske diameter defineres

som diameteren af en kugleformet partikel med massefylden $1,0 \text{ g/cm}^3$, som falder med samme hastighed som den betragtede partikel.

Det, der er afgørende for om en partikel afsættes i luftvejene, er partiklens størrelse og massefylde. Da partiklerne ved normal indånding udsættes for en given hastighed, og dette medfører at de største partikler på grund af deres bevægelsesmængde (inerti) "slynges" ud på for eksempel slimhinder i de øvre luftveje. I praksis består svævestøv af mange forskellige typer partikler, dvs. partikler med en ofte meget forskellig diameter og massefylde. Den aerodynamiske diameter er her et praktisk fælles mål for størrelse og massefylde for en sådan blanding af partikler, idet man her omregner blandingen, som om alle partiklerne bestod af partikler med massefylden 1 g/cm^3 . Derfor benyttes den aerodynamiske diameter som den afgørende parameter til at definere hvilke partikler, der afsættes i luftvejene.

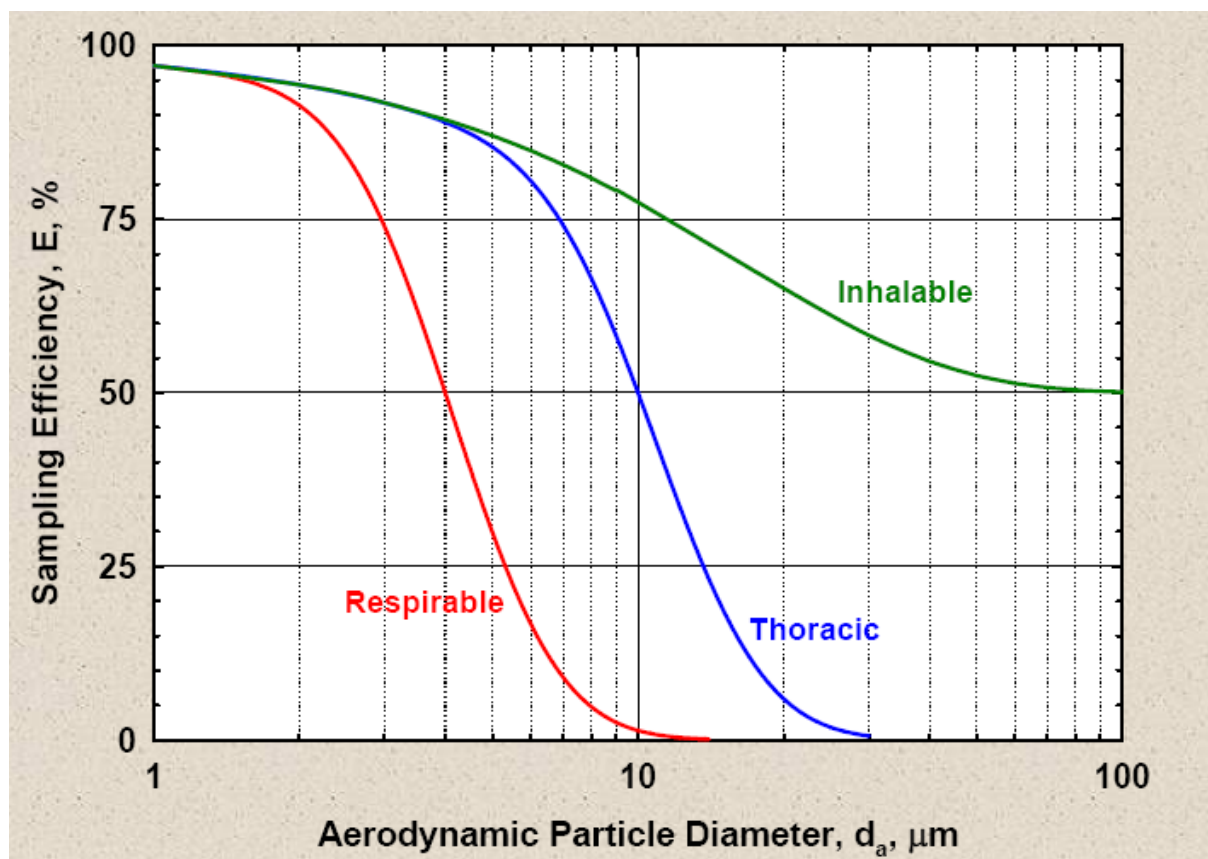
Når man skal måle PM_{10} eller $\text{PM}_{2,5}$, benyttes oftest en såkaldt forudskiller, som adskiller partiklerne efter deres størrelse og massefylde. I forudskilleren "slynges" de tungeste partikler fra de mindste, som herefter passerer videre til for eksempel et partikelfilter, og de mindste/letteste partikler kan måles på filteret ved for eksempel vejning. Man kan "slynge" de største/tungeste partikler i en forudskiller ved hjælp af en impaktor (se afsnit 3.1) eller ved hjælp af en cyklon (afsnit 3.2). Begge disse typer forudskillere adskiller partikler ved en given "cut size". Oftest benyttes en cut size betegnet D_{50} til at beskrive cyklonens eller impaktorens evne til at adskille partiklerne. D_{50} er den aerodynamiske diameter, hvorved 50% af partiklerne netop passerer cyklonen eller impaktoren. Den aerodynamiske diameter benyttes altså både som den afgørende parameter for afsætning af partikler i luftvejene, og adskillelsen af partikler i måleinstrumenternes forudskillere.

ISO 7708 ^{1/} beskriver, hvordan partikelstørrelsesfordelinger defineres, når man måler med henblik på vurdering af sundhedsbelastningen. Fra ISO 7708 kan nævnes følgende definitioner:

- Den inhalerbare fraktion af partikler. Dette omfatter alle partikler, der inhaleres gennem næse og mund, og altså også partikler større end $10 \mu\text{m}$, der måtte afsættes i næse og svælg.
- Den thorakiske fraktion, som er den del af partiklerne, der passerer de øvre luftveje. Dette beskrives i form af PM_{10} , idet det stort set kun er partikler med en aerodynamisk diameter mindre end $10 \mu\text{m}$, der passerer næse og svælg. Karakteristikken for den thorakiske andel er i tabel 1 sammenholdt med, hvordan man adskiller partikler i en forudskiller til udeluftmåling for PM_{10} . Det fremgår, at massefordelingen ved måling med PM_{10} efter EN12341 (som følger de amerikanske konventioner for måling af PM_{10} i udeluft) er ganske tæt på den thorakiske fraktion.
- Den respirable fraktion af partikler. Denne fraktion beskrives som den fraktion, der når helt ud i alveolerne, regionen uden fimrehår. Denne fraktion beskrives typisk som PM_5 . Der findes grænseværdier og konventioner for måling af respirabelt støv i arbejdsmiljøet.

Figur 1 illustrerer fordelingen grafisk.

Figur 1. Størrelsesfordelingen for den inhalerbare, thorakiske og respirable fraktion af luftbårne partikler, jf. gældende konventioner for luftmåling ^{/2/}.



Ud over disse definitioner er der i forbindelse med udeluftmålinger i 1980'erne indført en konvention for måling af PM_{2,5}. PM_{2,5} kan beskrives som "det højrisikable respirable støv" ^{/3/}. PM_{2,5} måles endnu ikke som standard i hverken arbejdsmiljøet eller i forbindelse med luftemissionsmåling. En indførelse af PM_{2,5}-målinger på luftemissionsområdet drøftes i øjeblikket. PM_{2,5} udgør den fraktion, der kaldes **fine partikler**, og PM_{2,5} repræsenterer partikler, der trænger dybere ned i lungerne, og som derfor regnes for at have en mere sundhedsskadelig effekt i forhold til den grovere fraktion af partikler i området 2,5 μm – 10 μm.

Tabel 1. Massefordeling af luftbårne partikler efter størrelse, som målt jf. konvention defineret for måling af PM₁₀ i udeluft i USA /⁴/, sammenlignet med den estimerede gennemsnitsfordeling for den thorakiske fraktion, jf. ISO 7708 /1/. Tabellen viser, hvor mange procent af massen inden for de enkelte partikelstørrelser, der måles ved anvendelse af en PM₁₀ forudskiller til udeluftmåling, sammenholdt med hvor meget der gennemsnitligt passerer næse og svælg ved eksponering. SPM står for "Suspended Particulate Matter", som er identisk med TSP (Total Suspended Particulate), dvs. den samlede mængde svævestøv.

Table A.1 — Cumulative percentage by mass of the PM10 fraction and the thoracic fraction relative to SPM

Diameter μm	PM10 Cumulative percentage by mass in %	ISO 7708 Cumulative percentage by mass in %
1	100	97,1
2	94,2	94,3
3	92,2	91,7
4	89,3	89,0
5	85,7	85,4
6	81,2	80,5
7	75,9	74,2
8	69,7	66,6
9	62,8	58,3
10	55,1	50,0
11	46,5	42,1
12	37,1	34,9
13	26,9	28,6
14	15,9	23,2
15	4,1	18,7
16	—	15,0
18	—	9,5
20	—	5,9
22	—	3,4
25	—	1,8
30	—	0,6
35	—	0,2
40	—	0,1
50	—	0

3. Praksis for måling af PM_{2,5} og PM₁₀

På udeluftområdet interesserede man sig indtil 1980'erne kun for måling af totalstøv (TSP. Total Suspended Particulates). USEPA ændrede standarden for måling af støv i udeluft fra TSP til PM₁₀ i 1986, og målinger af PM_{2,5} i udeluft blev introduceret i starten af 1990'erne. I EU indførtes standard for måling af PM₁₀ i 1998 /⁵/ i forbindelse med de grænseværdier for luftkvalitet, der blev indført med EU's luftkvalitetsdirektiv. I Danmark ændredes de fleste udeluftmålestationer fra TSP til PM₁₀ i slutningen af 90'erne.

På emissionsområdet har man siden 1960'erne anvendt forudskillere for at undgå overbelastning af støvfilteret, som benyttes til opsamling af partikler. Den grove fraktion af partikler, der blev adskilt i bunden af cyklonen, blev vejjet med, og mængden af totalstøv blev fundet ved at summere den grove fraktion og den fraktion, der blev opsamlet på filteret.

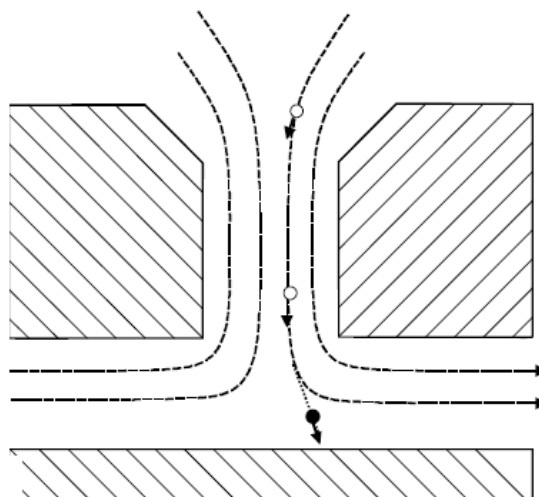
Denne praksis ændrede sig efterhånden som luftrensning blev indført på mange industri- og energianlæg, og siden midten af 90'erne er partikelemissioner overvejende målt som totalstøv.

I det følgende gennemgås praksis for måling af PM₁₀ og PM_{2,5} i henholdsvis udeluft og ved emissionsmåling.

3.1. Måling i udeluft

I Danmark måles PM_{10} i udeluft i henhold til EN12341 /5/.

Figur 2. Princip for impaktorens virkemåde. Partikler, der har tilstrækkelig stor inertie ved den givne hastighed, afsættes på pladen under dysen.



De fleste danske laboratorier benytter til udeluftmåling en såkaldt LVS-impaktor (Low Volume Sampler). Figur 2 viser hvordan impaktoren er opbygget. I impaktoren suges den ufiltrerede luft ind gennem 8 dyser, der sidder lige over en plade, hvorpå de tungeste partikler opsamles. Dyserne er konstrueret sådan, at partiklerne ved det givne opsamlingsflow får en opsamlingshastighed, i henhold til standarden, således at partikler med en aerodynamisk diameter $< 10 \mu\text{m}$ netop har bevægelsesmængde nok til at blive slynget ned og sætte sig fast på pladen neden under. Partikler med en aerodynamisk diameter på mindre end $10 \mu\text{m}$, vil som følge af deres mindre inertie følge med gasstrømmen, og de vil blive opsamlet på et partikelfilter placeret efter impaktoren.

I forhold til cykloner kan impaktorer adskille de grove partikler fra de mindre grove med en mere skarp adskillelseskurve. Dette skyldes de to forudskilleres principielt forskellige virkemåde. Cykloner adskiller store/tunge partikler fra de små ved at luften i forudskilleren bringes i en cirkelbevægelse i en hvirvel, hvorved partiklerne slynges ud langs væg for til sidst at deponeres i en beholder, jf. figur 3. Dette giver en lidt mindre skarp adskillelse end i impaktorerne, som adskiller de partiklerne efter størrelse ved, at partiklernes hastighed øges i en dyse. Under dysen sidder en plade, hvorpå de største og tungeste partikler vil blive afsat som følge af deres inertie. De letteste partikler har ikke inertie nok og vil følge gasstrømmen, og de mindre partikler opsamles på et efterfølgende filter. For begge typer forudskillere gælder, at cut size ændrer sig, hvis flowet gennem forudskilleren ændres. Derfor skal flowet holdes konstant under prøvetagningen.

3.2. Måling af luftemissioner

3.2.1 Nuværende praksis

På luftemissionsområdet har de danske laboratorier anvendt cykloner siden de første, egentlige emissionsmålinger blev påbegyndt i 1960'erne. Ofte har cykloner været anvendt for at "aflaste" partikelfilteret i forbindelse med en støvmåling. Cykloner er mere praktiske, når man har høje støvbelastninger, idet man i modsætning til impaktoren kan opsamle store støvmængder uden, at der er en øget risiko for, at der overføres partikler $> 10\mu\text{m}$ til PM_{10} prøven. Derfor har cykloner oftest været anvendt som forudskillere i forbindelse med emissionsmåling.

Et eksempel på en cyklon er vist i figur 3. Cykloner adskiller ligesom impaktorer med en cut size (D_{50}) alt efter partiklernes densitet, opsamlingsflowet, røggassens temperatur, densitet og viskositet. Det er i praksis umuligt at styre de relativt mange parametre, så man hver gang rammer præcist den cut size, man ønsker.

Figur 3. Eksempel på cyklon. Prøvegassen suges ind i den "spidse" indsugningsdyse, og prøvegassen bringes i en cirkulær bevægelse inde i cyklonen, hvorved de tungeste partikler slynges ud langs cyklonens væg og ledes til beholderen. De lette partikler følger gasstrømmen gennem studsene i toppen og ledes for eksempel til et filter, hvor de opsamles.



En af de første cykloner til måling i røggas blev udviklet af British Coal Utilisation Research Association. Den kaldes BCURA cyklonen og anvendes stadig af flere akkrediterede laboratorier i Danmark. Et enkelt laboratorium anvender en cyklon af typen Andersen Cyclade, som er en amerikansk udviklet cyklon.

BCURA cyklonens D_{50} er med typiske flowindstillinger, og ved måling på røggas, typisk i intervallet 4-6 $\mu\text{m} / \text{s}$. Andersen Cyclade cyklonen er designet til PM_{10} sampling efter USEPA Method 201 ⁷, og den har med "korrekt" flowindstilling en D_{50} på 10 μm .

Fælles for de danske laboratorier er, at langt de fleste støvmålinger siden 90'erne udføres som totalstøvmålinger, og de udføres altså uden brug af cyklon. Årsagen hertil er, at emissionsgrænsen for "støv i øvrigt" gælder for totalstøv. Derfor er der med udgangspunkt i Luftvejlednings krav kun behov for at måle PM_{10} emissioner, hvis der skal foretages kontrol af, om B-værdien er overholdt, dvs. om skorstenshøjden er tilstrækkelig. Ved kontrol af den nuværende B-værdi for støv < 10 μm er det yderst sjældent, at immissionskoncentrationsbidraget overstiger 0,08 mg/m^3 som følge af emissioner fra punktkilder. Derfor anbefaler laboratorierne i Danmark som standard, at virksomhederne får udført måling af støvemissioner som totalstøvmåling. Herefter kontrolleres det, om B-værdien for støv < 10 μm kan overholdes for totalstøv. Det er laboratoriernes erfaring, at immissionskoncentrationsbidraget for totalstøv i langt de fleste tilfælde er mindre end 0,08 mg/m^3 . Denne fremgangsmåde er økonomisk besparende for virksomheder, da måling af totalstøv er mindre ressourcerkrævende end måling af støv < 10 μm . På energianlæg er det desuden oftest NO_x og ikke støv, der er dimensionerende for skorstenshøjden. Desuden medfører måling med cyklon større risiko for tab af partikler i opsamlingsystemet, og dette er en medvirkende faktor for, at laboratorierne foretrækker totalstøvmåling.

Det er klart, at der er behov for en revideret praksis med hensyn til brugen af BCURA-cyklonen, som tydeligvis har en for lav D_{50} , og hvor man derfor opnår lavere resultater for PM_{10} , idet cyklonen tilbageholder for mange partikler i området 5-10 μm .

3.2.2 Forventet, fremtidig praksis

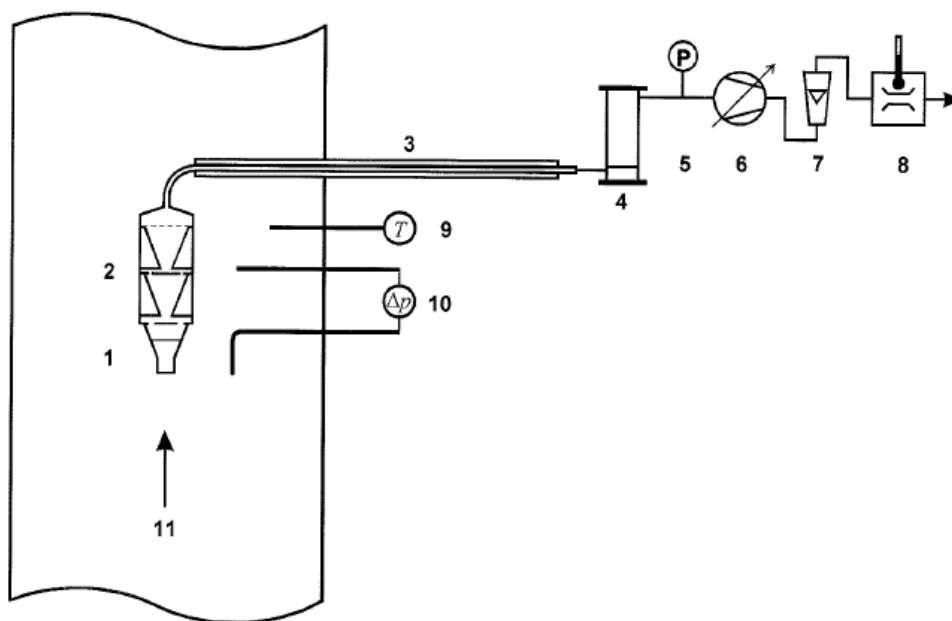
Der findes endnu ikke en europæisk standard for måling af PM_{10} i strømmende gasser. Der findes en tysk standard (VDI2066/10 ⁸), som kan anvendes til måling af PM_{10} , og den nævnte amerikanske standard USEPA Method 201 ⁷. Den tyske standard er baseret på anvendelse af en såkaldt Johnas-impaktor, og den danner baggrund for et udkast til en ISO-standard (ISO/DIS 23210-1 ⁹). Det forventes, at ISO-standarden bliver vedtaget i 2008. ISO-standarden vil formodentlig samtidigt blive udsendt som EN-standard.

Figur 4 og 5 viser henholdsvis PM_{10} cyklonen jf. USEPA Method 201, og Johnas-impaktoren jf. VDI 2066/10.

Figur 4. En PM_{10} cyklon til emissionsmåling, designet jf. USEPA Method 201



Figur 5. Johnas-impaktoren jf. VDI 2066/10 (her placeret in-stack, dvs. i kanalen). Johnas impaktorens to trin er markeret med nr. 1 og 2. Trin 1 er en dyse/opsamlingsplade til adskillelse af partikler $> 10 \mu m$, og trin 2 adskiller på tilsvarende måde partikler med en aerodynamisk diameter i området $2,5 \mu m - 10 \mu m$. $PM_{2,5}$ opsamles på et afsluttende filter efter trin 2.



Den fremtidige praksis i Danmark vil blive defineret af den kommende EN standard. Det skal bemærkes, at Johnas impaktoren, som ser ud til at blive den anbefalede standard, vil have en betydende begrænsning med hensyn til impaktorens kapacitet. Johnas impaktoren er mest egnet til brug ved lave støvkoncentrationer. På anlæg, hvor der ikke er partikelrensning, eller ved måling før rensning vil den ikke være egnet. Hvor der skal måles på højere støvkoncentrationer, vil USEPA Method 201 være mere egnet, da den baseres på måling med cyklon, som har langt større kapacitet.

Konsekvenserne ved anvendelsen af disse standarder under danske forhold bør vurderes og sammenholdes med det fremtidige behov, som vil være defineret af et evt. emissionskrav til PM₁₀ og/eller et evt. fremtidigt krav til PM_{2,5} til erstatning for nuværende målinger på støv < 10 µm.

4. Betydning af praksis for måling af PM₁₀ i forbindelse med revision af B-værdien for støv

Den nuværende praksis betyder, at langt de fleste støvemissionsmålinger udføres som totalstøv. De målte værdier bliver derved højere i forhold til, hvis man havde målt støv < 10 µm. Hvis der måles efter et effektivt posefilter vil der kun være en lille forskel, idet andelen af partikler > 10 µm oftest vil være ringe. Hvis der måles på processer eller forbrænding uden rensning kan andelen af partikler > 10 µm være betydelig. At måleresultatet rapporteres i form af totalstøv har ingen betydning for virksomhederne, så længe den beregnede immissionskoncentration er mindre end B-værdien for støv. Det er som nævnt sjældent, at B-værdien på 0,08 mg/m³ ikke kan overholdes, selv når støvemissionen måles som totalstøv. Det skal dog bemærkes, at der er større risiko for at B-værdien overskrides på industrianlæg der kun anvender cykloner til rensning, som for eksempel korntørningsanlæg, eller inden for visse dele af træindustrien.

Hvis man ønsker at sammenligne måleresultater med henblik på at vurdere de nuværende immissionskoncentrationsbidrag for støv < 10 µm, kan dette gøres ved at indsamle data baseret på totalstøvs måling, og ved at sammenligne med fordelingen mellem støv < 10 µm og totalstøv. For de målinger, der er udført med BCURA cyklonen, er der reelt tale om, at støv < 10 µm er målt med cut size 4-6 µm. Om BCURA målingerne giver resultater, der er væsentligt lavere end det, der ville have været målt med en "reel" PM₁₀-forudskiller, er ikke mulig at vurdere uden kendskab til størrelsesfordelingen i det givne afkast. Det vurderes, at der vil være tilfælde, hvor der kan forekomme en væsentlig forskel imellem resultater af BCURAs cut size på 4-6 µm og en mere korrekt måling med en cyklon, der adskiller med en cut size på 10 µm.

5. Vurdering af andelen af PM_{2,5} i PM₁₀ emitteret fra danske anlæg

Eksempler på erfaringsværdier er vist i tabel 2. Som det fremgår, anvendes cyklonen primært på energiproducerende anlæg. Ofte benyttes cyklonen, når der er tale om målinger før rensning. Det er i praksis kun her, der er behov for at benytte forudskilleren, idet man herved aflaster sit partikelfilter, og kan måle i betydeligt længere tid, end man ville have kunnet gøre uden cyklonen. Hvis koncentrationen er meget høj kan man uden cyklon pga. trykfaldet over filteret ikke måle i en time, sådan som man ofte ønsker.

Der er ikke fundet erfaringsværdier fra andre anlæg end energianlæg. Dette skyldes, at støvemissioner fra industrielle anlæg næsten altid måles som totalstøv, og derfor er det meget vanskeligt at vurdere andelen af støv mindre end 10 µm på disse anlæg.

Tabel 2. Erfaringsværdier for målte, sammenhørende værdier af PM₁₀ og totalstøv emitteret fra danske anlæg. Tabellen indeholder anonymiserede data fra målinger udført af FORCE Technology og Eurofins Danmark.

Note 1: støv < 10 µm målt med BCURA cyklon, der har cut size 4-5 µm.

Note 2: støv < 10 µm målt med Sierra Cascade Cyklon type 280-1/280-10, hvor cut size justeres til 10 µm med flow.

Anlægstype	Målt før/efter rensning	Totalstøv Konc. mg/m ³ (n,t) (emission kg/h)	Masseandel af totalstøv, der er < 10 µm	B-værdi på 0,08 mg/m ³ overholdt?	Note
Halmvarmeværk	Ingen rensning på måletids-punktet	430-680 (1,9-2,6)	34% -53%	ja, også for totalstøv (30 meter skorsten)	1
Affaldsforbrændingsanlæg	Før rensning	1.600-2.000	20%-70%	ja (efter rensning i posefilter mm.)	1
Kraftcentral, fuel77	Ingen rensning på måletids-punktet	42 (2,2)	20%	ja	1
Kraftcentral, fuel77 + vegetabilsk restprodukt	Ingen rensning på måletids-punktet	27 (1,65)	75%	ja	1
Kulfyret kedel 1	Efter multicyklon	90-110 (4,6-5,4)	49%-57%	Beregning af immissionkonc. bidrag ikke foretaget	1
Kulfyret kedel 2	Efter multicyklon	370-620 (17-26)	8%-13%	Beregning af immissionkonc. bidrag ikke foretaget	1
Kulfyret kraftværk 1	Efter rensning	9	79%	ja	1
Kulfyret Kraftværk 2	Efter rensning	3	64%	Ja	1
Kulfyret Kraftværk 3	Efter rensning	3	87%	Ja	1
Kulfyret Kraftværk 4	Efter rensning	20-13	39%	Ja	1
Kulfyret Kraftværk 5	Efter rensning			Ja	1
Høj last		0,1	55%		
Lav last		0,3	37%		
Kulfyret Kraftværk 6	Efter rensning			Ja	1
Høj last		1	66%		
Lav last		0,6	75%		
Kulfyret Kraftværk 7	Efter rensning			Ja	1
Høj last		6	71%		
Lav last		5	65%		
Kulfyret Kraftværk 8	Efter rensning			Ja	1
Høj last		0,3	5%		
Lav last		0,4	15%		
Fuelolie og træfyret kraftværk (forsøgsvis drift)	Efter rensning	1	74%	Ja	1
Halmfyret kraftværk (forsøgsvis drift)	Efter rensning	7	52%	Ja	1
Fueloilefyret kraftværk	Ingen rensning	25	29%	Ja	1

Anlægstype	Målt før/efter rensning	Totalstøv Konc. mg/m ³ (n,t) (emission kg/h)	Masseandel af totalstøv, der er < 10 µm	B-værdi på 0,08 mg/m ³ overholdt?	Note
Træ- og gasfuret kraftværk Høj last Lav last	Efter rensning	0,1 0,3	55% 37%	Ja	1
Kul- og halmfuret kraftværk Høj last Lav last	Efter rensning	12 9	13% 27%	Ja	1
Halm- og fliesfuret kraftværk Høj last Lav last	Efter rensning	1,6 1,5	17% 30%	Ja	1
Gasfuret kraftværk Høj last Lav last	Efter rensning	3 5	17% 29%	Ja	1
Galvanoanlæg, flere måleserier	Før scrubber	25-40	70-90	Ikke oplyst	2
Galvanoanlæg, flere måleserier	Efter scrubber	10-15	60-75	Ikke oplyst	2
Galvanoanlæg, flere måleserier	Efter filter	8-21	20-75	Ikke oplyst	2
Dieselmotorer, flere måleserier	Ingen rensning	50-100	ca. 100	Ikke oplyst	2

6. Konklusion

Ved måling af støvkoncentrationer under 10 mg/m³ er cykloner ikke egnede til totalstøvmåling, idet fraktionen > 10 µm i givet fald ikke kan kvantificeres nøjagtigt.

Denne redegørelse viser, at der er et behov for klare retningslinjer for, hvordan støv < 10 µm måles med en veldefineret og ensartet cut size, og ikke – som det for visse laboratorier har været praksis – hidtil har været rapporteret som støv < 10 µm, men nærmere målt med cut size på 4-6 µm. Hvis der på sigt ønskes en ensartning af målinger af udeluft og emissionsmålinger skal der tages hensyn til den nye ISO/EN standard for måling af PM₁₀ i strømmende gas, som forventes at udkomme i 2008.

Andelen af støv < 10 µm kan kun vurderes ud fra egentlige målinger for et begrænset antal energi-producerende anlæg, jf. tabel 2. Det fremgår, at selv for det samme anlæg kan andelen af støv emitteret fra for eksempel halmvarmeværk variere ganske meget (34% - 53%). Det skal understreges, at der er tale om målinger på rågassen, da der ikke var partikelrensning på halmvarmeværket. På basis heraf kunne en "worst case" overslagsberegning foretages under antagelse af, at andelen af støv < 10 µm udgør 50% af totalstøvsemissionen fra den pågældende type halmvarmeværker.

Det er ikke muligt at give nogen generelle procentandele for støv < 10 µm i totalstøv fra industrielle anlæg uden rensning på baggrund af de i dette projekt indsamlede data.

Der er ingen tvivl om, at en effektiv rensning med posefiltre reducerer andelen af støv < 10 µm i det emitterede totalstøv væsentligt. Typisk vil andelen af støv < 10 µm i emissionen fra anlæg med vel-fungerende posefiltre ligge på mere end 80%-90% af totalstøvsindholdet. Finske undersøgelser har desuden vist, at der tilbageholdes mere end 99,99% af de fine partikler (PM_{2,5}) i posefiltre på affalds-

forbrændingsanlæg, hvor der samtidigt er afsøvling med kalkanlæg og kulfilter til fjernelse af dioxiner ¹⁰.

7. Referencer

¹ ISO 7708:1995. Air quality -- Particle size fraction definitions for ... aerosols -- Inhalation exposure characterization and assessment

² Trakumas, S. et al.. Parallel Particle Impactors – New Personal Samplers for Accurate Assessment of Worker Exposure to Respirable or Thoracic Dust. <http://www.aiha.org/aihce06/handouts/po124trakumas.pdf>

³ Klassifikation af partikelstørrelser. Videncenter for Arbejdsmiljø. Downloadet nov. 2007 fra:

http://www.arbejdsmiljoviden.dk/Arbejde_og_helbred/Kemisk_arbejdsmiljo/Farlige_stoffer_og_partikler/Gener_ved_luftbaarne_partikler_og_stov/Definition/Klassifikation_og_maaling.aspx

⁴ US Federal Register 40 CFR Part 53, 1 July 1987. Ambient monitoring reference and equivalent methods, United States.

⁵ EN12341 (1998). Air quality – determination of the PM₁₀ fraction of suspended particulate matter – reference method and field test procedure to demonstrate reference equivalence of measurement methods.

⁶ Jacobsen, L (1979). Fueloliefyring – Bestemmelse af faststofemission. Sammenligning af målemetoder og driftserfaringer. Dansk Kedelforening Energi & Miljø Rapport nr. Sv. TR/6177037.

⁷ Method 201A. Determination of PM₁₀ Emissions (Constant sampling rate procedure). EMTIC-201A, USEPA.

⁸ VDI2066/10 (2004). Messen von Partikeln - Staubmessung in strömenden Gasen - Messung der Emissionen von PM<(Index)10> und PM<(Index)2,5> an geführten Quellen nach dem Impaktionsverfahren.

⁹ ISO/DIS 23210-1 (draft 2007). Stationary source emissions – Determination of PM₁₀/PM_{2,5} mass concentration in flue gas. Part 1: Measurement at low concentrations by use of impactors.

¹⁰ FINE – Pienhiukkaset – Teknologia, ympäristö ja terveys 2002-2005. Tekes, Teknologiahjelmaraportti 9/2006.