



Rapport

# Målinger af støv, gasser og dampe ved 3D-printning

Pædagogisk Center, Kolding Kommune

21. feb. 2024

associeret med **NIRAS**

# Projektdata

---

**Projektnr.**

1022192

**Dato**

21. feb. 2024

**Kunde**

Pædagogisk Center, Kolding Kommune

**Rekvirant**

Hanne Voldborg Andersen / Lene Palmer Christensen (slene@kolding.dk)

**Kontaktperson**

Kia Hundebøl

Tlf. 27 61 85 76

kihu@joblife.dk

# Indholdsfortegnelse

---

<b>1. Indledning og baggrund</b> .....	<b>4</b>
<b>2. Metode</b> .....	<b>5</b>
2.1. Vurderingskriterier .....	5
<b>3. Målinger</b> .....	<b>6</b>
<b>4. Resultater</b> .....	<b>7</b>
4.1. Totalstøv og ultrafine partikler (1-2,5 µm).....	7
4.2. Gasser og dampe .....	10
<b>5. Vurdering og Konklusion</b> .....	<b>11</b>

# 1. Indledning og baggrund

---

På Pædagogisk Center – Kolding Kommune, Dyrehavevej 116, Kolding er der et FabLab. Det er et hybridt læringslaboratorie, hvor elever kan stifte bekendtskab med digital fabrikation som fx laserskæring og 3D-printning. Seniorkonsulent Kia Hundebøl fra Joblife a/s har besøgt Pædagogisk Center d. 8. februar, for at udføre måling af ultrafine partikler (1-2,5 µm), samt evt. gasser og dampe der måtte udledes fra 3D-printerprocessen.

I dette FabLab er der 4 stk. 3D-printere af mærket Prusa Original. De benyttes i meget variable tidsrum, oftest 1-2 timer pr. dag, men kan sagtens køre fra kl. 8-15 på hverdage.

Der benyttes udelukkende PLA-filament i variable farver (plantebaseret filament). På måledagen benyttes hhv. farveløst, lyserød, sort m. glimmer og hvidt filament. Disse 3D-printere anvender ikke resin eller andre opløsningsmidler, og der er udelukkende manuel rensning af printerhovedet med en børste.

Nogle gange anvender underviseren en spritserviet til aftørring af pladen som der printes på. Dette sker ikke dagligt.

Der er almindelig rumventilation i lokalet med et luftskifte på 3 gange pr. time.

## 2. Metode

---

Der er foretaget direkte visende målinger af både partikler (ultrafine og totalstøv), CO<sub>2</sub>, organiske dampe, CO og H<sub>2</sub>S. De tre sidstnævnte er udelukkende taget for at udelukke at de skulle være til stede, idet det ikke har været forventningen, at disse ville kunne dannes i print-processen.

Ultrafine partikler og totalstøv er opsamlet med DustTrak TSI 8534. Opsamlingen er startet 90 sekunder før 3D-printeren er startet, og har kørt imens der er printet en knap (4 minutter), hvorefter den har målt i yderligere 30 sekunder under nedkølingsprocessen. Hver måling er altså ca. 6 minutter.

CO<sub>2</sub>, CO og H<sub>2</sub>S er opsamlet med Duotec ToxiRae Pro og Duotec GasAlert Microclip X3 i samme interval som partikelmålingerne.

Organiske dampe er detekteret med Duotec Minirae 3000, som er kalibreret op imod isobuten.

Målingerne er foretaget både med alle 4 printere i produktion på samme tid, men også imens printerne har produceret særskilt. Ved måling på alle printere er der samtidig udført test med alt det medbragte måleudstyr. Ved de 4 enkelte tests på hver enkelt printer, er der udelukkende målt på de parametre, som der har været resultater på i den første måling (partikler og CO<sub>2</sub>).

### 2.1. Vurderingskriterier

Støvindholdet i luften varierer under normal aktivitet fra 0,05 mg/m<sup>3</sup> til 1 mg/m<sup>3</sup>. De højeste koncentrationer findes hovedsagelig kortvarigt på grund af livlig aktivitet. I snavsede indeklimeer med høj aktivitet, som fx i skoler, er der målt gennemsnitlige værdier over flere timer på 0,5 mg/m<sup>3</sup>.

Den gennemsnitlige koncentration af luftbårent støv kan i rene omgivelser uden særlig stor aktivitet være under 0,1 mg/m<sup>3</sup>. Den bør være under 0,15 mg/m<sup>3</sup> i kontorer. I skoler og daginstitutioner er den ofte større end 0,2 mg/m<sup>3</sup>.

Grænseværdier for totalstøv på arbejdspladser er fra 3 mg/m<sup>3</sup> for organisk støv til 10 mg/m<sup>3</sup> for uorganisk støv. I dette tilfælde vil der primært være tale om organisk støv, men idet der ikke foregår en støvende aktivitet udover almindelig bevægelse, bør resultaterne ikke overstige 0,2 mg/m<sup>3</sup>.

Der er ikke fastsat en grænseværdi for ultrafine partikler, men hvis der ses en nævneværdig stigning i mængden af ultrafine partikler imens der benyttes 3D-printer, anses dette som en unødvendig påvirkning, som medarbejderne skal skærmes fra.

De forskellige gasser og organiske dampe er udelukkende målt ud fra et udelukkelsesprincip og det forventes ikke at der måles værdier over normalen. For CO<sub>2</sub> forventes et niveau på 400-600 ppm, som er almindeligt for indeluften i lokaler med aktivitet. For de resterende gasser (CO, H<sub>2</sub>S) og de organiske dampe forventes det ikke, at der kan detekteres noget.

## 3. Målinger

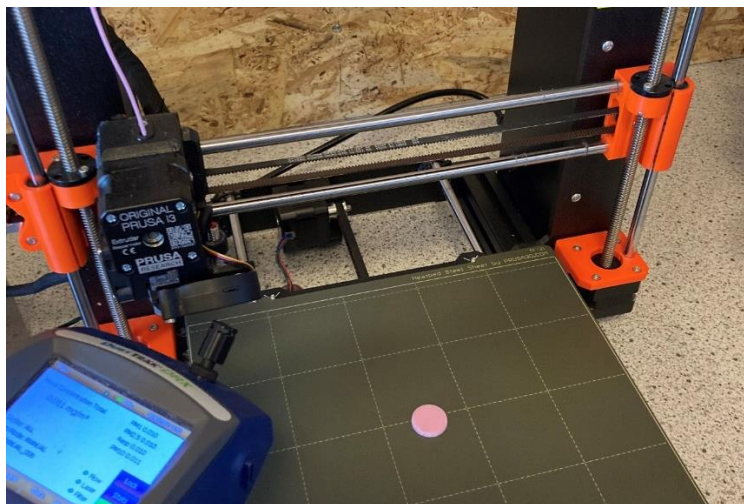
Målingen som er udført imens alle printere har produceret en knap hver, blev udført fra et rullebord umiddelbart foran printerne. Det er samme position som elever og medarbejdere har, når de går rundt ved 3D-printerne.

Se nedenstående opstilling:



**Billede 1:** Opstilling med de 4 stk. 3D-printere.

Efter denne måling er der udført én måling på hver af de 4 printere separat. Her er der udelukkende målt med partikelmåler og CO<sub>2</sub>-detektor, ud fra de resultater der fremkom ved den første opsamling.



**Billede 2:** Måling af partikler ved produktion på én printer ad gangen.

Alle de benyttede filamenter er PLA-plast som er plantebaserede.

## 4. Resultater

De målte værdier for både støv samt gasser/dampe vises i de følgende afsnit.

### 4.1. Totalstøv og ultrafine partikler (1-2,5 $\mu\text{m}$ )

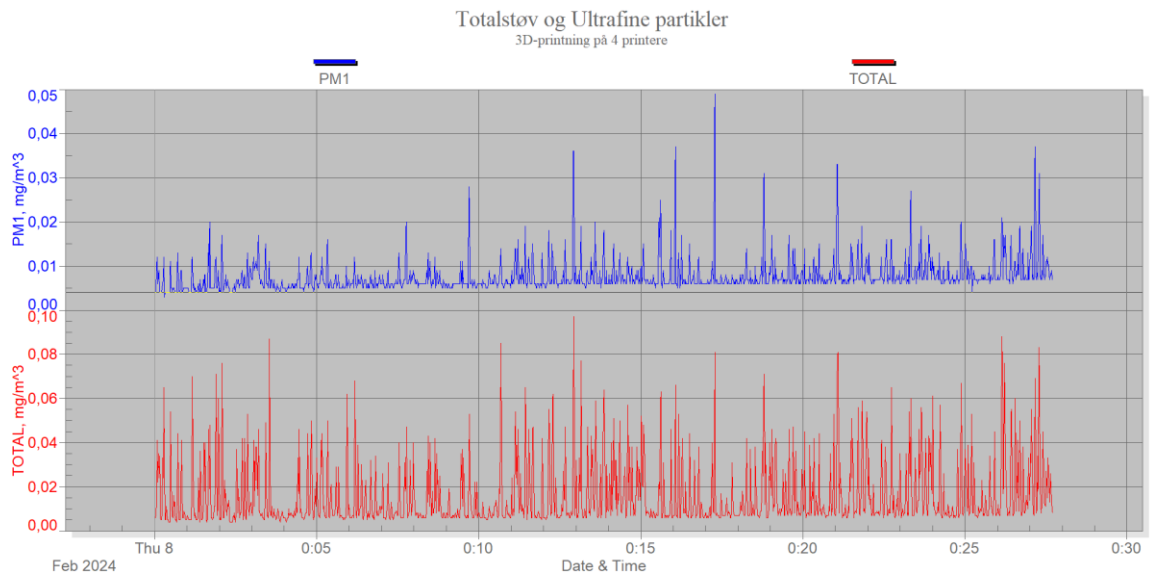
De gennemsnitlige værdier for støv (totalstøv og ultrafine partikler med en diameter på 1- 2,5  $\mu\text{m}$ ), ses i nedenstående tabel:

Måling nr.	Beskrivelse	Gns. Totalstøv ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )	Gns. Ultrafine partikler PM1 ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )
1	4 printere i produktion	0,015	0,008
2	Produktion på én printer med farveløst filament	0,013	0,008
3	Produktion på én printer med lyserød filament	0,013	0,009
4	Produktion på én printer med sort glimmer filament	0,014	0,010
5	Produktion på én printer med hvid filament	0,014	0,010

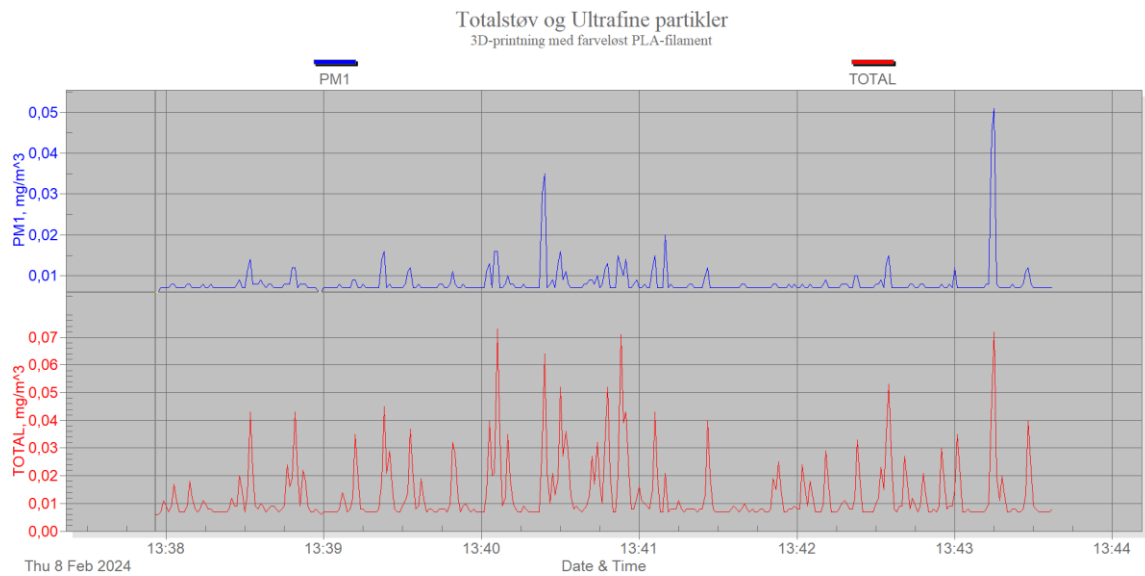
**Tabel 1:** Resultater for totalstøv og ultrafine partikler (1 - 2,5  $\mu\text{m}$ ) på alle målepositioner.

Resultaterne er meget ens og ligger alle på et lavt niveau generelt. Der er en smule højere PM1 værdier ved anvendelse af sort og hvidt filament. Dette kan enten skyldes at de to farver bidrager med en smule mere partikel, men dette kan også skyldes at personerne i lokalet blev øget under de sidste målinger.

I det efterfølgende er vist grafer over hver måleperiode. Der opsamles støv i 6 minutter på hver måling, fordelt på 1,5 minuts opstart af maskinen, 4 miutters print og 30 sekunders nedkøling. Graferne ses i det følgende:

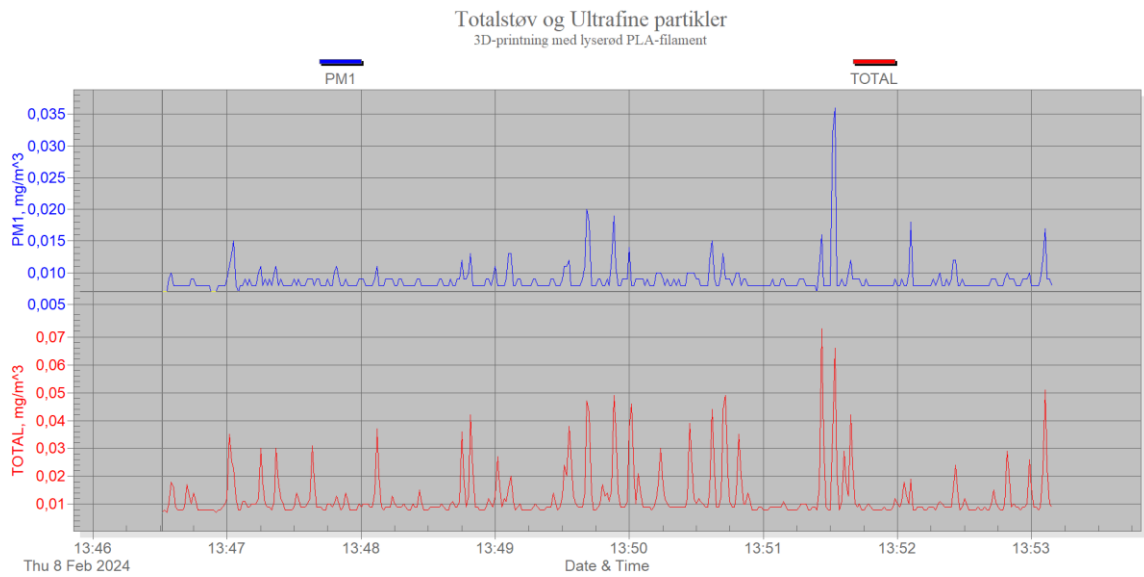


**Graf 1:** Totalstøv og ultrafine partikler (1-2,5  $\mu\text{m}$ ) imens 4 printere producerer en knap hver i PLA-filament i variable farver.

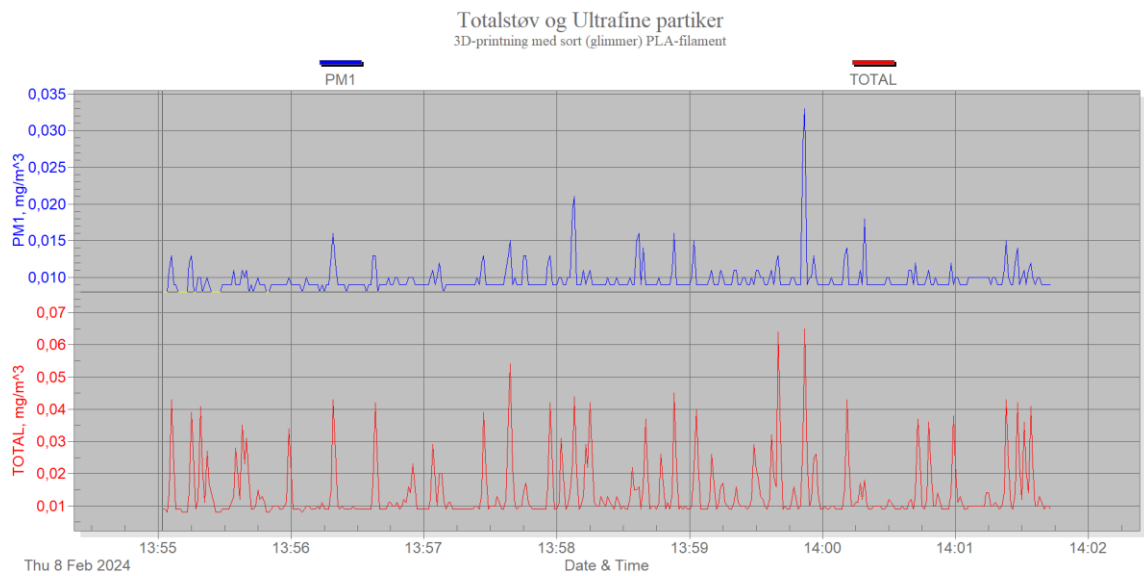


**Graf 2:** Totalstøv og ultrafine partikler (1-2,5  $\mu\text{m}$ ) imens 1 printer producerer en knap af farveløst PLA-filament.

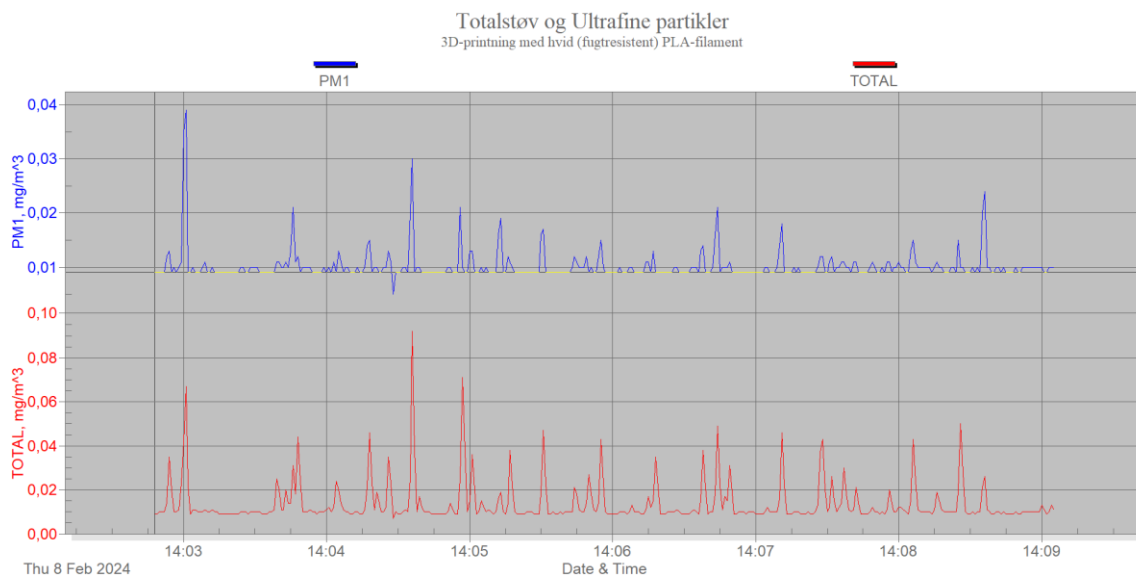




**Graf 3:** Totalstøv og ultrafine partikler (1-2,5  $\mu\text{m}$ ) imens 1 printer producerer en knap af lyserød PLA-filament.



**Graf 4:** Totalstøv og ultrafine partikler (1-2,5  $\mu\text{m}$ ) imens 1 printer producerer en knap af sort glimmer PLA-filament.



**Graf 5:** Totalstøv og ultrafine partikler (1-2,5  $\mu\text{m}$ ) imens 1 printer producerer en knap af hvid PLA-filament.

Generelt ses det, at de toppe som fremkommer på graferne ved mængden af PM1, også kan ses som toppe af totalstøv. Der er på nogle af graferne en lille antydning af et øget antal toppe af PM1 i midten af printerprocessen, men det er en meget lav mængde, og toppene kan ligeledes falde sammen med en større stigning af totalstøv på samme tidspunkt.

## 4.2. Gasser og dampe

Ved den første måling på alle 4 printere, er der målt både  $\text{CO}_2$ , CO,  $\text{H}_2\text{S}$  og organiske dampe. Disse er målt, for at kunne udelukke deres tilstedeværelse (i større mængder end det tilladte), og det er altså ikke forventningen at finde noget, udover de normale værdier.

Resultaterne ses i nedenstående tabel:

Måletype	Resultat (ppm)
$\text{CO}_2$	400
CO	0
$\text{H}_2\text{S}$	0
Organiske opløsningsmidler	0

**Tablet 2:** Resultater for  $\text{CO}_2$ , CO,  $\text{H}_2\text{S}$  og organiske opløsningsmidler ved print på alle 3D-printere på samme tid.

Der er på baggrund af resultaterne ikke målt på gasser/dampe ved de efterfølgende målinger på hver 3D-printer særskilt.

## 5. Vurdering og Konklusion

---

Resultaterne for støv er generelt meget lave. Der er målt gennemsnitlige værdier for totalstøv på 0,013-0,015 mg/m<sup>3</sup> og for PM1 på 0,008-0,010 mg/m<sup>3</sup>. Graferne for de forskellige målinger understøtter, at der generelt er et meget lavt niveau det meste af tiden, og at der en gang imellem er store toppe der kan trække gennemsnits resultaterne op. De store toppe kan sandsynligvis forklares med bevægelse i lokalet, da der var almindelig færden i lokalet imens målingerne foregik.

Alle resultater er under 0,2 mg/m<sup>3</sup>, som er det niveau der kan forventes i et lokale med almindelig bevægelse, og resultaterne er også alle under 0,15 mg/m<sup>3</sup>. Rumventilationen ser ud til at have den ønskede effekt, idet der ikke observeres et nævneværdigt støvniveau.

Målingen på gasser og dampe viste et almindeligt niveau af CO<sub>2</sub> i indeluften, svarende til det udendørs niveau. Der blev ikke detekteret andre gasser eller dampe, hvilket var forventeligt.

Det konkluderes ud fra målingerne, at der ikke er et nævneværdigt bidrag af hverken støv, ultrafine partikler eller gasser/dampe fra 3D-printerne i rummet. Luftkvaliteten på disse parametre i lokalet er rigtig fine, og der er ikke en unødigt påvirkning af de tilstedeværende personer.