



SAFETY & TRANSPORT  
RISE FIRE RESEARCH



## BRAVENT – Tetting av ventilasjonsfilter med brannrøyk

Reidar Stølen  
Andreas Sæter Bøe

RISE-rapport 2021:32

# BRAVENT – Tetting av ventilasjonsfilter med brannrøyk

Reidar Stølen

Andreas Sæter Bøe

# Abstract

## **BRAVENT – Clogging of ventilation filters with fire smoke**

In the series of BRAVENT projects, the goal is to generate documentation and answers to issues related to ventilation and fire by investigating these experimentally.

In ventilation systems where the smoke will be extracted through the ventilation system in the event of a fire, it is common practice to install so-called bypass solutions to send the smoke past the ventilation filter in the event of a fire. This is done to avoid clogging the filters with smoke particulates and maintain the airflow through the ventilation ducts. If the airflow in the ventilation system stops, smoke can spread freely in the ventilation ducts between different fire cells. For ventilation systems that will be stopped and sealed by fire rated dampers, this challenge is not relevant.

Even though this is a common solution, it has been difficult to find documentation that ventilation filters can be clogged by smoke from a fire. As part of BRAVENT, RISE Fire Research has conducted two test series to investigate this problem by drawing fire smoke through a ventilation filter and measuring how quickly the filter clogs.

In most experiments that were carried out, it took about an hour before the filter was clogged, but there were also experiments where the filter was clogged within a few minutes. This shows that there can be a big difference in how efficiently fire smoke can clog a ventilation filter, but that under certain conditions this can happen very quickly. For example, an experiment where a small amount of polyether foam was burned in addition to wood showed that the filter was clogged quickly. This shows that the clogging rate is highly dependent on the type of fuel. However, in another test where only wood was burned, the filter was clogged in a similar time frame, indicating that also other factors than the fuel are important. It is thus necessary to secure the smoke an alternative route outside the filter if it is necessary to maintain a certain amount of air in the ventilation system in the event of a fire since the ventilation filter can become clogged within a few minutes.

Key words: Fire, smoke, ventilation, filters, clogging, bypass

RISE Research Institutes of Sweden AB

RISE-rapport 2021:32

ISBN: 978-91-89385-17-7

Prosjektnummer: 20414

Kvalitetssikring: Christoph Meraner

Finansiert av: Omsorgsbygg Oslo KF, Undervisningsbygg Oslo KF, Sykehusbygg HF og DiBK

Forsidebilde: Røyk blir trekt gjennom ventilasjonskanalar og filter for å undersøke tetting av filter med brannrøyk. Robert Harley Mostad, RISE Fire Research

Trondheim 2021

# Innhold

<b>Abstract .....</b>	<b>1</b>
<b>Innhold .....</b>	<b>2</b>
<b>Samandrag .....</b>	<b>3</b>
<b>Om BRAVENT .....</b>	<b>3</b>
<b>1 Bakgrunn .....</b>	<b>4</b>
<b>2 Hypotese.....</b>	<b>5</b>
<b>3 Metode.....</b>	<b>5</b>
3.1 Testoppsett	5
3.2 Måleutstyr	7
3.3 Filter	7
3.4 Brent materiale	8
3.5 Relativt trykkfall	9
3.6 Varmeavgjerving	10
3.7 Testgjennomføring	10
<b>4 Resultat .....</b>	<b>13</b>
<b>5 Diskusjon.....</b>	<b>19</b>
5.1 Rask tetting av filteret	19
5.2 Langsam tetting av filteret	20
5.3 Mengde røykpartiklar	20
5.4 Smelting av filter for å sleppe gjennom røyk	21
5.5 Overføring til reelle bygg	22
<b>6 Konklusjon.....</b>	<b>23</b>
<b>7 Referansar.....</b>	<b>24</b>
<b>Vedlegg A – Datablad for EU7-filter .....</b>	<b>25</b>
<b>Vedlegg B – Datablad for HEPA-filter.....</b>	<b>28</b>

## Samandrag

I serien av BRAVENT-prosjekt er målet å generere svar og dokumentasjon på aktuelle problemstillingar knytt til ventilasjon og brann, ved å undersøke desse med eksperimentelle brannforsøk.

Dersom ein skal trekke røyk ut gjennom ventilasjonsanlegget ved brann er det vanleg praksis å installere såkalla bypass-løysingar for å sende røyken utanfor ventilasjonsfilter i tilfelle brann. Dette blir gjort fordi ein er redd for at filtra skal bli tetta av partiklar i røyken og føre til at luftstraumen stoppar opp. Dersom luftstraumen i ventilasjonskanalane stoppar opp kan røyk spreie seg fritt i ventilasjonskanalane mellom ulike brannceller. I ventilasjonsanlegg som blir stoppa og stengt ned med brannspjeld er ikkje denne problemstillinga relevant.

Trass i at dette er ei vanleg løysing, har det vore vanskeleg å finne dokumentasjon på at ventilasjonsfilter kan tettast av røyk frå ein brann. Som ein del av BRAVENT har RISE Fire Research gjennomført to testseriar for å undersøke denne problemstillinga ved å trekke brannrøyk gjennom eit ventilasjonsfilter og måle kor raskt filteret går tett.

I dei fleste forsøka som er gjennomført gjekk det omkring ein time før filteret vart tett, men det vart også gjennomført forsøk der filteret vart tett i løpet av få minutt. Dette viser at det kan vera stor forskjell på kor effektivt brannrøyk kan tette eit ventilasjonsfilter, men at dette under visse forutsetningar kan gå svært raskt. Til dømes viste eit forsøk, der det vart brent ein liten mengde skumgummi av polyeter i tillegg til treverk, at filteret vart tetta raskt. Dette viser at tettinga av filteret er i stor grad avhengig av materialet som brenn. I eit anna forsøk, der det berre vart brent treverk, vart også filteret tett på få minutt. Dette viser at det også er andre parametrar som er avgjerande for tetting av filteret. Det er dermed nødvendig å sikre røyken ei alternativ rute utanom filteret dersom det er nødvendig å oppretthalde ein viss luftmengde i ventilasjonsanlegget ved brann sidan ventilasjonsfilteret kan bli tett i løpet av få minutt.

## Om BRAVENT

Denne rapporten er ein del av ein serie som handlar om brann og røykspreiing i ventilasjonsanlegg som går under fellesnamnet BRAVENT (Brann- og røykspreiing i ventilasjonskanalar). Følgande rapportar er publisert i denne serien til no.

- 2019 BRAVENT - Rapport 1 - Teori og kunnskapssammenstilling [1]
- 2019 BRAVENT - Rapport 2 - Brannspredning i ventilasjonskanaler [2]
- 2021 BRAVENT – Tetting av ventilasjonsfilter med brannrøyk (Denne rapporten)

Det neste prosjektet som er planlagt i BRAVENT-serien er eit innovasjonsprosjekt for offentleg sektor som er finansiert av Norges forskningsråd saman med partnarane Undervisningsbygg Oslo KF, RISE Fire Research, SINTEF Community, Trondheim Eiendom, Bergen kommune, GK Inneklima og TROX Auranor Norge, prosjektnummer hos forskningsrådet er 321099

<https://risefr.no/informasjon/aktuelt?articleID=92>

<https://risefr.no/informasjon/aktuelt?articleID=178>

This work by RISE Research Institutes of Sweden is, except where otherwise noted, licensed under CC BY 4.0. To view a copy of this license, visit <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0>

# 1 Bakgrunn

For å sikra at eit ventilasjonsanlegg ikkje bidreg til å spreia røyk og brann er det primært to strategiar som blir valde: *Trekk-ut løysing* eller *steng-inne løysing*. Ved *steng-inne løysinga* er det installert spjeld alle stader der ventilasjonskanalar kryssar eit brannskilje. Ved brann vil ventilasjonsanlegget bli stengt ned, og brannspjelda blir lukka for å hindra røyktransport i kanalane. Ved *trekk-ut løysing* går anlegget som normalt ved ein brann eller så blir luftmengdene auka. Ideen er å fjerne røyken på ein føreseieleg måte i staden for at han blir spreidd ukontrollert gjennom andre opningar i bygget på grunn av trykkoppbygginga i brannrommet. Ein utfordring med denne løysinga er knytt til at filteret i ventilasjonsanlegget kan gå tett på grunn av partiklar i røyken frå brannen, og føre til at ventilasjonskanalane blir trykklause, slik at kanalnettverket kan fungera som eit effektivt transportnettverk for spreiling av røyk mellom brannceller. Løysinga på denne problemstillinga er normalt å installera eit bypass system som leier røyken utanom filteret i tilfelle brann. Dette er ei relativt kostbar løysing sidan ho krev eit relativt stort areal.

I tidlegare BRAVENT-prosjekt, vart det undersøkt korleis uttynning av varm røyk frå ei branncelle i ein ventilasjonskanal påverka temperaturen. Gjennom arbeidet med dette prosjektet vart det stilt spørsmålsteikn ved om det er nødvendig å ha ei slik bypass-løysing, og det er etterspurt dokumentasjon som kan vise at eit filter kan blir tett av normal brannrøyk innanfor eit tidsrom som bygget er meint å motstå brann (typisk 30 eller 60 minutt) [1]. Slik dokumentasjon har me til no ikkje funne.

Gjennom eit litteratursøk vart det forsøkt å finne forsøk der ventilasjonsfilter vart tetta av brannrøyk. Eit søk i databasen Scopus gjennomført 2021-03-12 gav eitt treff på alle nøkkelorda «ventilation, filter, fire, smoke, clogging» i tittel, samandrag og nøkkelord. Dette er ein artikkel som har studert tetting av filter ved brenning av ein blanding av bitumen og salt etter ei hending på eit atomkraftverk [2]. Artikkelen inneholder ikkje detaljert informasjon om filtertypen som vart brukt ut over at det hadde mål 610 x 610 x 50 mm. Forsøka inkluderte også HEPA-filter, men gjorde ikkje separate målingar av trykkfall over kvar enkelt filtertype. Resultata frå forsøka viste at det samla trykkfallet over filtera vart dobla då det var akkumulert omkring 120 g med røykpartiklar i filtera. Forsøksoppsettet som er skildra i denne artikkelen er ganske relevant for eit typisk ventilasjonsanlegg, men verken filtertypen eller materialet som brenn er truleg representativt for ein typisk brann i ein bygning.

I tillegg til dette er det i samband med ei bacheloroppgave ved HVL i Haugesund undersøkt kor mykje melis som måtte til for å tette eit ventilasjonsfilter [3]. I desse forsøka fanga filteret opp meir enn 4.5 kg melis før det vart tett. Med utgangspunkt i at eigenvekta til sot var funne å vera om lag dobbelt så høg som melis vart dette vurdert til å tilsvare 9 kg sot. Her er det brukt ventilasjonsforhold relevant for norske forhold, men bruken av melis istadenfor ekte branrøyk gjør studien mangefull. Innhaldet i røyk frå ein brann er samansett av mange ulike typar komponentar, så det er grunn til å tru at forsøk med melis ikkje gir eit realistisk bilde av korleis eit filter blir tetta av røyk frå ein brann.

Ingen av desse forsøka gir fullt representative data for korleis ein kan rekne med at relevante filter i norske ventilasjonsanlegg blir tetta av røyk frå ein brann i relevante material. For å dokumentere

korleis brannrøyk tettar ventilasjonsfilter er det gjennomført to seriar med forsøk som er skildra i denne rapporten. Den fyrste serien med forsøk vart gjennomført i 2018 og vart finansiert av Omsorgsbygg Oslo KF, Undervisningsbygg Oslo KF, Sykehusbygg HF og DiBK. Omsorgsbygg Oslo KF finansierte den andre forsøksserien, som vart gjennomført i 2020, og arbeidet med publisering av denne rapporten.

## 2 Hypotese

For å undersøke om det er behov for å bygge slike bypass-løysingar vil det gjennom eksperimentelle forsøk med brannrøyk og eit representativt ventilasjonsfilter bli undersøkt om det er realistisk at filteret kan gå tett i løpet av mindre enn 30 minutt når det blir trekt røyk gjennom det.

Nullhypotese: Ventilasjonsfilter vil ikkje gå tett ved eksponering for brannrøyk i løpet av 30 minutt.

Alternativ hypotese: Ventilasjonsfilter kan gå tett på mindre enn 30 minutt ved eksponering for brannrøyk.

## 3 Metode

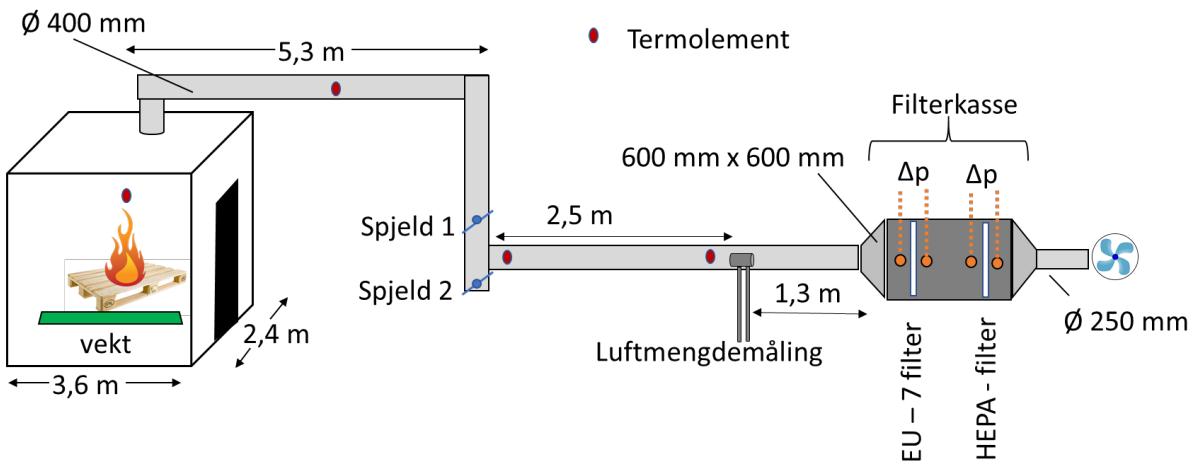
### 3.1 Testoppsett

Målet med testoppsettet var å samle opp brannrøyk og trekke dette gjennom eit standard ventilasjonsfilter (EU7) for å undersøke kor raskt filteret tetta seg. Dette vart gjennomført ved å starte ein brann inne i eit rom med innvendige mål 3.6 x 2.4 x 2.4 m og døropening 0.8 x 2 m og så samle opp røyken ved å trekke den gjennom ein ventilasjonskanal og eit filter. Vekta av bålet vart registrert kontinuerleg gjennom forsøket. Vekta av filteret vart kontrollert før, etter og med jamne intervall undervegs i testane for å kontrollere kor mykje masse som vart samla opp i filteret. Temperaturen på røyken i ventilasjonskanalen vart målt med termoelement og luftmengda i kanalen vart målt med ein bidireksjonal probe. Trykkfallet over filteret vart målt med ein differensialtrykkmålar.

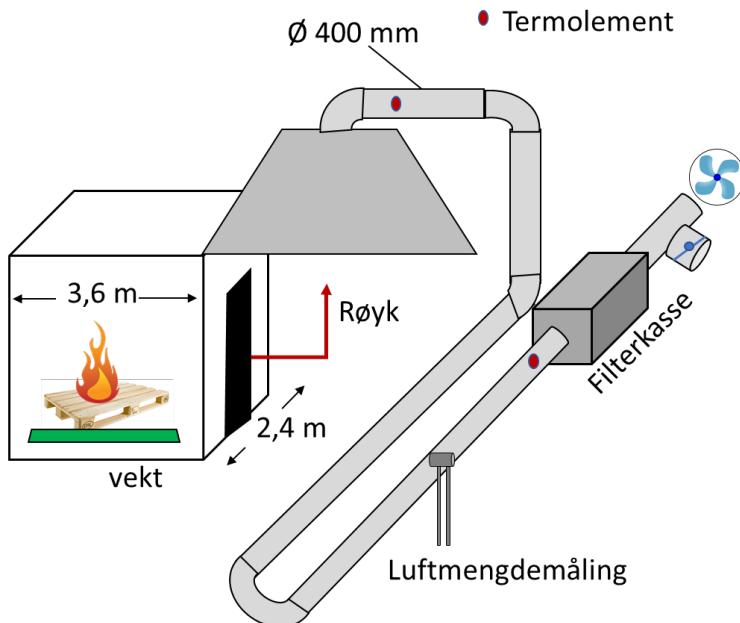
Det vart gjennomført testar i to ulike tidsrom med litt ulikt testoppsett. Dei to fyrste testane (1.1 og 1.2) vart gjennomført ute og testoppsettet er vist i Figur 1. Testoppsettet for dei resterande testane (2.1 – 2.6) er vist i Figur 2 og Figur 3. Basert på erfaringar frå den fyrste testrunden, vart det gjort ein del endringar til neste runde:

- Forsøksoppsettet vart flytta inn i forsøkshallen for å vera betre verna mot fukt.
- Røykoppsamlinga vart gjort med ei hette utanfor døropeninga til brannrommet i samsvar med ISO 9705 for å unngå at røyk slapp unna gjennom døropeninga .
- Kanalstrekket frå hetta vart forlenga for å få meir nedkjøling av røykgassen.
- Vipta vart skifta ut til ei med større kapasitet for å sikre at den kunne trekke nok luft gjennom filteret, og for å få eit betre sug i avtrekkshetta.

- Brennstoffet vart tilført brannen i mindre porsjoner undervegs i forsøket for å forsøke å holde effekten i brannen, røykproduksjonen og temperaturen i røykgassen jamm.



**Figur 1** Skisse av testoppsett i testrunde 1.



**Figur 2** Skisse av testoppsett i testrunde 2.



**Figur 3** Bilde av testoppsett i testrunde 2.

### 3.2 Måleutstyr

Temperaturen på røyken vart målt ulike stader langs kanalstrekket, blant anna rett før filteret. Termoelementa var kapsla 1.5 mm type K.

Trykkdirferansen vart målt over begge filtera med differensialtrykkmålar av type Setra267 (0-2500 Pa).

Ei pallevekt frå Svenska våg av typen MD52 vart brukt til å måle kor mykje masse som vart brent. Denne var plassert under brannrommet og vekta av bålet vart ført ned på pallevekta ved hjelp av stag gjennom golvet.

### 3.3 Filter

Det vart brukt EU7-filter i alle testane. Dette var eit posefilter av typen Camfil Hi-Flo XLT7, F7 592x592 x 640 mm og hadde eit initielt trykkfall på 75 Pa ved nominell luftmenge 3400 m<sup>3</sup>/time. Etter den gamle standarden EN779 [4] hadde dette filteret klasse F7, etter den nye filterstandarden ISO 16890 [5] har dette filteret fått klasse ePM1 60%. Denne typen filter vart brukt fordi denne filterkvaliteten er veldig vanleg å bruke både på tilluft og avtrekk i bygg som skulebygg, kontor, sjukeheimar og liknande. Nye filter vart brukt til kvar test. Sjå datablad for filteret i vedlegg A.

Etter posefilteret var det montert eit finare HEPA-filter som vart brukt til å fange opp partiklar som slapp gjennom det første filteret. Dette er ikkje vanleg å bruke i eit slikt oppsett, men vart brukt i desse forsøka for å kunne kvantifisere det som slepp gjennom det første EU7-filteret. HEPA-filteret var av typen Camfil Absolute D DE13-595x595x292-PR-H. Dette filteret hadde et initielt trykkfall på 250 Pa ved nominell luftmengde 3200 m<sup>3</sup>/time. Det same filteret vart brukt frå test 1.1 til starten av test 2.2. Dette filteret vart tett i test 2.1 då karmen på EU7-filteret smelta og slapp all røyken vidare til HEPA-filteret. Til test 2.3 vart det montert eit nytt filter, dette filteret vart brukt vidare i test 2.4 og gjekk tett i løpet av desse testane. I test 2.5 og 2.6 vart det ikkje brukt HEPA-filter. Sjå datablad for filteret i vedlegg B.

Vekta av filtera vart målt før, etter og undervegs i testane for å kunne følgje med på kor mykje masse som samla seg i filtera før dei vart tett. Filtera vart forsiktig tatt ut av filterkassetten og plassert på ei vekt før dei vart montert inn i filterkassetten att. Denne operasjonen er vist i Figur 4.



**Figur 4** Filter blir tatt ut av filterkassetten og vekta blir notert undervegs i testen. I bakgrunnen kan ein sjå hetta som samlar opp røyken. (På dette tidspunktet er vifta stoppa for å ta ut filter, røyken blir dermed ikkje samla opp i hetta.)

### 3.4 Brent materiale

Det vart brukt treverk frå europallar i alle forsøka. Desse vart delt opp i mindre bitar og påtent med ei lita mengde heptan for å få brannen raskt i gang (sjå Figur 5). Fuktinhaldet i treverket vart målt til å ligge mellom 12 og 14 %.

I forsøk 2.5 vart det i tillegg til treverket brent bitar av ein skumgummimadrass for å studere virkninga av røyk frå andre material. Madrassen var laga av polyeter med tettleik 33 kg/m<sup>3</sup> og innehold ikkje flammehemmarar. Denne typen madrassar er brukt til standardisert branntesting av vanntåke etter blant andre teststandarden IMO 265 [6].



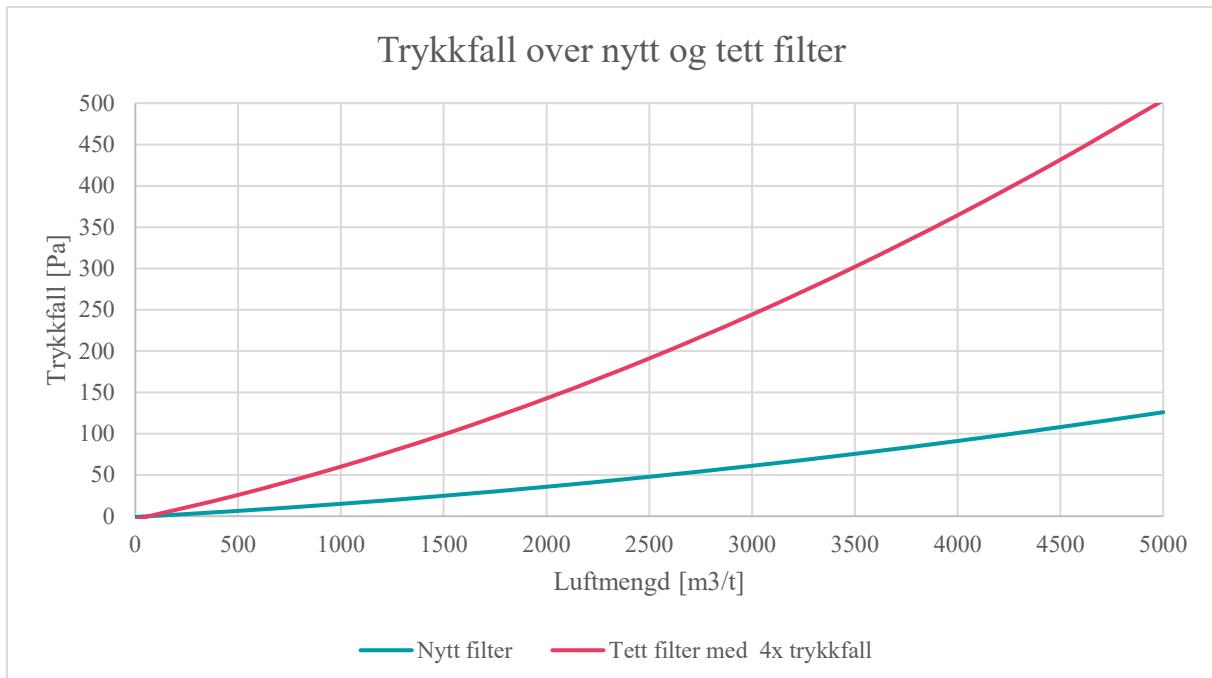
**Figur 5** Bilde av brannrommet med eit bål av oppdelte trepallar.

### 3.5 Relativt trykkfall

Luftmengda gjennom filteret vart justert for å halde omkring 3500 m<sup>3</sup>/timen ved å manuelt justere farta på avtrekksvifta. For å kompensere for at luftmengda varierte undervegs i testen vart det rekna ut kor stort trykkfallet over filteret ville ha vore gjennom eit nytt filter med utgangspunkt i kurve for trykkfall ved ulike luftmengder som var oppgitt i databladet for filteret. Dette er oppgitt i vedlegg A. Filteret skal i utgangspunktet ha eit trykkfall på ca. 75 Pa ved 3500 m<sup>3</sup>/timen og det er definert som tett når det passerar fire gonger det nominelle trykkfallet, altså 300 Pa ved 3500 m<sup>3</sup>/timen. Det relative trykkfallet, K, som er brukt til å definere når filteret gjekk tett er rekna ut som faktisk målt trykkfall delt på det trykkfallet som er oppgitt i databladet for eit nytt filter ved den aktuelle luftmengda. Når denne kvotienten passerar 4 er filteret definert som tett.

$$K = \frac{\text{Målt trykkfall}}{\text{Trykkfall over nytt filter ved aktuell luftmengde}}$$

Trykkfallskurve for eit nytt filter er henta frå databladet i vedlegg A, og utrekna trykkfallskurve for eit tett filter med fire gonger større trykkfall er vist i Figur 6.



**Figur 6 Trykkfall over eit nytt filter, henta frå datablad i vedlegg A og utrekna trykkfall ved eit filter som vart definert som tett med fire gonger høgare trykkfall.**

### 3.6 Varmeavgjeving

Varmeavgjulingsrate eller “Heat release rate” (HRR) er rekna ut basert på det målte massetapet frå brannen og ein brutto forbrenningsvarme på 18 MJ/kg for treverk [7] og 25 MJ/kg for polyetermadrassen [6]. Gjennomsnittleg varmeavgjeving er rekna ut frå starten av testen og enten til filteret gjekk tett, eller testen vart avslutta. Etter at brannen var etablert var det små endringar i varmeavgjeving undervegs i testen. Det er ikkje kompensert for at forbrenninga er ufullstendig. Den estimerte varmeavgjevinga vil dermed vera ei øvre teoretisk grense, og den reelle varmeavgjevinga vil vera mindre enn dette.

### 3.7 Testgjennomføring

Det vart gjennomført totalt 8 testar. Tabell 1 viser variasjonane mellom dei. Dei to fyrste testane (1.1 og 1.2) vart gjennomført i november 2018 og dei 6 siste (2.1 til 2.6) vart gjennomført i januar 2020. Desse to testseriane er gjennomført med litt ulike testoppsett, men gir for det meste samanliknbare resultat. I dei følgande underkapittel er det oppsummert hendingar frå dei ulike testane. I Tabell 1 er det lista opp nøkkelparameter frå dei ulike testane.

#### 3.7.1 Forsøk 1.1

I forsøk 1.1 vart treverk frå ein europall, tilsaman 20 kg, delt opp og påtent inne i brannrommet. Dette brann opp i løpet av om lag 45 minutt. I dette testoppsettet var røykhetta plassert på taket

av brannrommet. Det vart blanda inn kald luft gjennom spjeld 2 som vist i Figur 1 for å redusere temperaturen på røykgassane inn til filteret. Dette bidrog til å redusere luftmengda som vart trekt frå brannrommet, og førte til at noko av røyken slapp ut av dørropninga på rommet og ikkje vart fanga opp.

### 3.7.2 Forsøk 1.2

Forsøk 1.2 vart gjennomført på same måte som 1.1, men med treverk frå 4 europallar, tilsaman 80 kg i brannen. Også her vart det blanda inn frisk luft og ein del av røyken vart ikkje fanga opp. Før dette forsøket hadde det også danna seg rim innvendig i ventilasjonskanalane i løpet av tida etter det første forsøket. For å fjerne dette rimlaget vart det trekt varm røyk frå ein pølbrann gjennom kanalane for å tine og tørke desse. Til tross for dette vart det observert vatn som kom ut frå eit spjeld som vart opna etter testen. Mengda vatn som vart observert vart ikkje målt, men vart vurdert til å vera opp mot ein halv desiliter. Dette viser at det har vore flytande vatn i ventilasjonskanalane under forsøket. På grunn av denne observasjonen vart dei følgande testane utført inne i testhallen.

### 3.7.3 Forsøk 2.1

Forsøk 2.1 var det første som vart gjennomført i testoppsettet vist i Figur 2. Treverk frå 4 europallar vart plassert i brannrommet og påtent. Temperaturen i røykgassen ved filteret steig raskt til 100 °C som førte til at ramma i EU7-filteret smelta. Dette førte til at røyken slapp forbi filteret og vart fanga opp av HEPA-filteret som var montert etter. Dette førte til at HEPA-filteret gjekk tett i løpet av eit par minutt og luftstraumen stoppa opp.

### 3.7.4 Forsøk 2.2

I forsøk 2.2 vart temperaturen i røykgassen i ventilasjonskanalen kontrollert ved å redusere mengda treverk i brannen. Det vart lagt inn treverk frå ein europall tilsvarande 20 kg i starten av forsøket og så vart det tilført omrent 1/3 pall i to omgangar undervegs i forsøket. Dette gjorde det mogeleg å halde temperaturen på filteret under 70 °C for å unngå at det smelte og samtidig klare å samle opp all røyken frå brannen. På grunn av feil med luftmengdemålinga frå denne testen er det ikke mogeleg å rekne ut relativt trykkfall. I starten av dette forsøket var HEPA-filteret montert og hindra luftstraumen fordi det var tett etter forsøk 2.1. I dei fyrti 15 minuttene av forsøket vart mesteparten av røyken ikkje samla opp. Etter dette vart HEPA-filteret fjerna og det oppstod normal luftstraum gjennom EU7-filteret.

### 3.7.5 Forsøk 2.3

I forsøk 2.3 vart brannen starta med treverk frå ein europall og vidare tilført bitar på omkring 5 kg omrent kvart 15 minutt. Forsøket vart avslutta etter 100 minutt då filteret var tett. Det vart montert eit nytt HEPA-filter til denne testen. Begge filtera var plassert i klimarom ved 50% relativ luftfuktigkeit før testen og vart klimatisert i det same klimarommet i eitt døgn etter testen før vekta av dei vart målt på nytt.

### 3.7.6 Forsøk 2.4

Forsøk 2.4 var ein repetisjon av forsøk 2.3. Bitar på omkring 5 kg treverk vart tilført brannen og forsøket vart avslutta etter 90 minutt då filteret var tett. Også HEPA-filteret som vart skifta til test 2.3 gjekk tett i løpet av denne testen.

### 3.7.7 Forsøk 2.5

I forsøk 2.5 vart det i tillegg til treverk lagt på bitar av ein skumgummimadrass for å undersøke effekten av røyk frå andre material. Brannen vart tent med ca. 10 kg treverk, og etter om lag 4 minutt, då brannen var etablert, vart det lagt på ein bit på ca. 1.5 kg skumgummi. Denne brann opp i løpet av ca. 2 minutt. Etter ca. 12 minutt vart det lagt på ein ny tilsvarande bit av madrassen. Forsøket vart avslutta etter 19 minutt, då var filteret tett. I denne testen vart det ikkje brukt HEPA-filter.

### 3.7.8 Forsøk 2.6

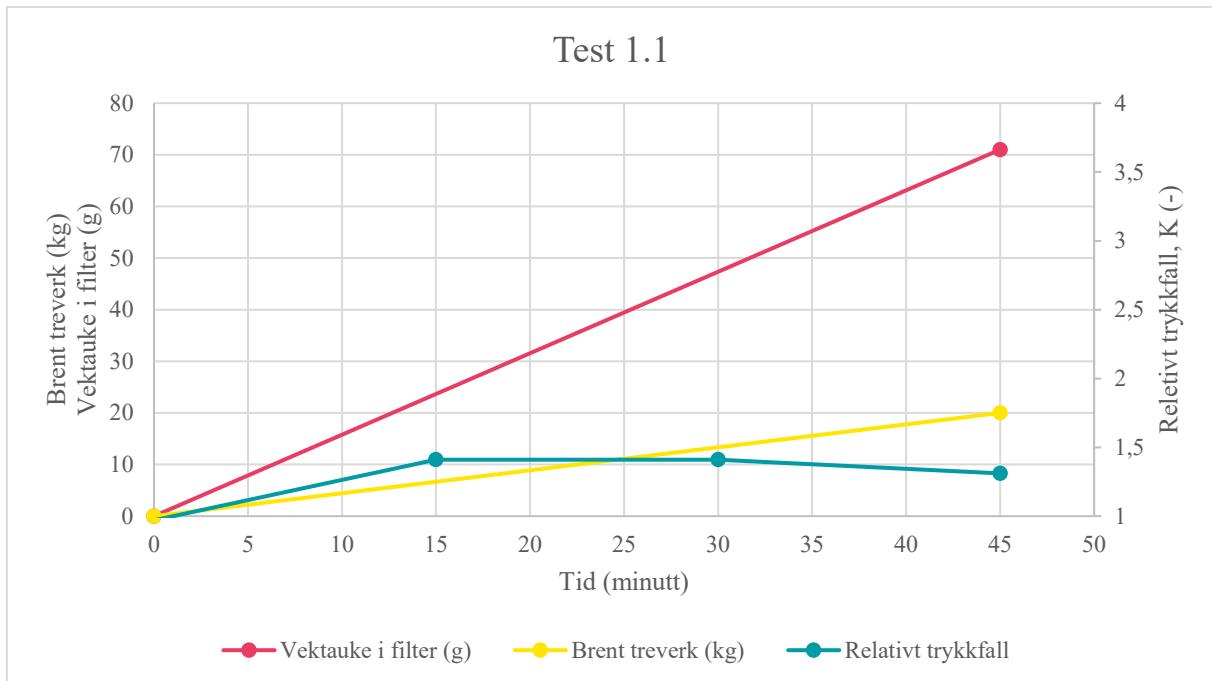
Med utgangspunkt i den raske tettinga av filteret i forsøk 1.2 vart det undersøkt om tilføring av vatn i røyken fører til at filteret går raskare tett. Brannen vart starta med ca. 20 kg treverk, og då den var godt etablert vart det påført vatn til flammen med ei trykksprøyte. Det vart påført til saman 25 liter vatn og brent ca. 30 kg treverk i løpet av testen som varte i 57 minutt. Filteret vart ikkje tett i løpet av denne testen.

**Tabell 1 Testmatrise for dei 8 gjennomførte testane**

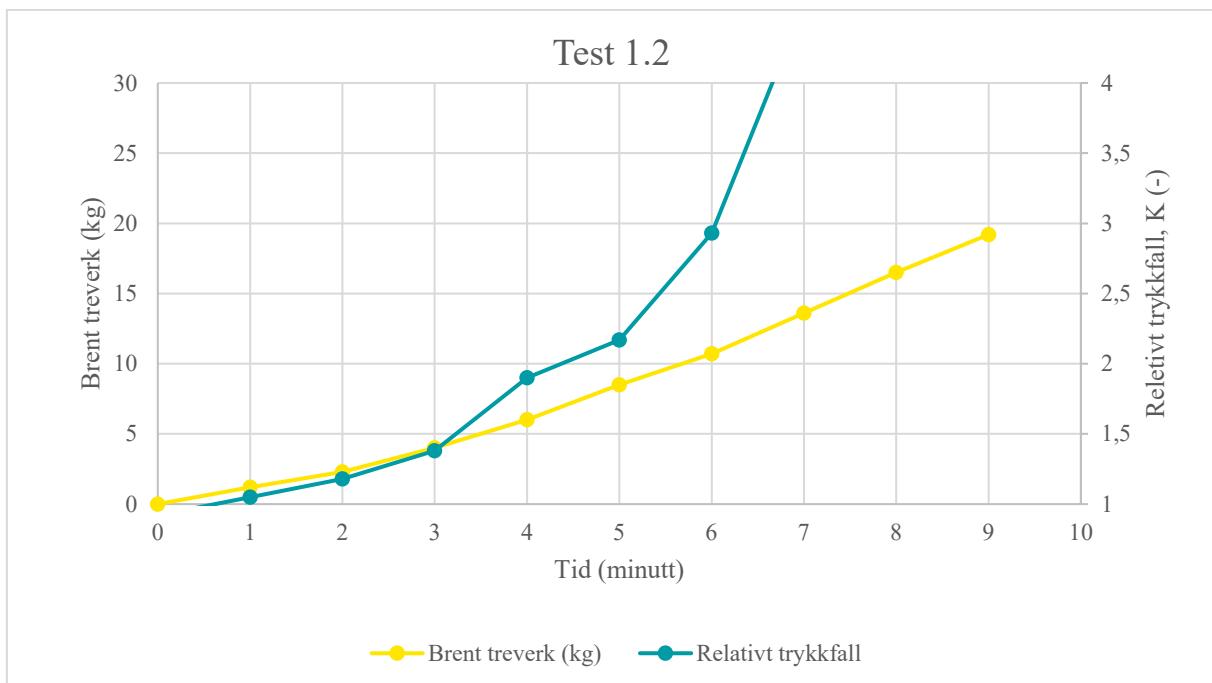
Test nummer	Brennstoff	Kommentar
1.1	Tre	Treverk frå 1 pall brent opp i løpet av ca. 45 minutt. Ikkje all røyken vart fanga opp av hetta. Filteret gjekk ikkje tett.
1.2	Tre	Treverk frå 4 pallar brent opp i løpet av ca. 45 minutt. Filteret vart tett i løpet av 8 minutt.
2.1	Tre	Filteret smelta på grunn av høg temperatur på røykgassen.
2.2	Tre	Feil på lufthastigheitsmåling i kanalen.
2.3	Tre	Totalt 80 kg treverk vart brent i løpet av ca. 120 minutt.
2.4	Tre	Totalt 35 kg treverk vart brent i løpet av ca. 90 minutt.
2.5	Tre + madrass	Bål med treverk vart påtent. Bitar av madrass vart lagt på i to omgangar før filteret vart tetta.
2.6	Tre + påføring av vatn	Bål med treverk. Påføring av totalt 25 liter vatn med manuell tåkesprøyte for å generere fuktig røyk.

## 4 Resultat

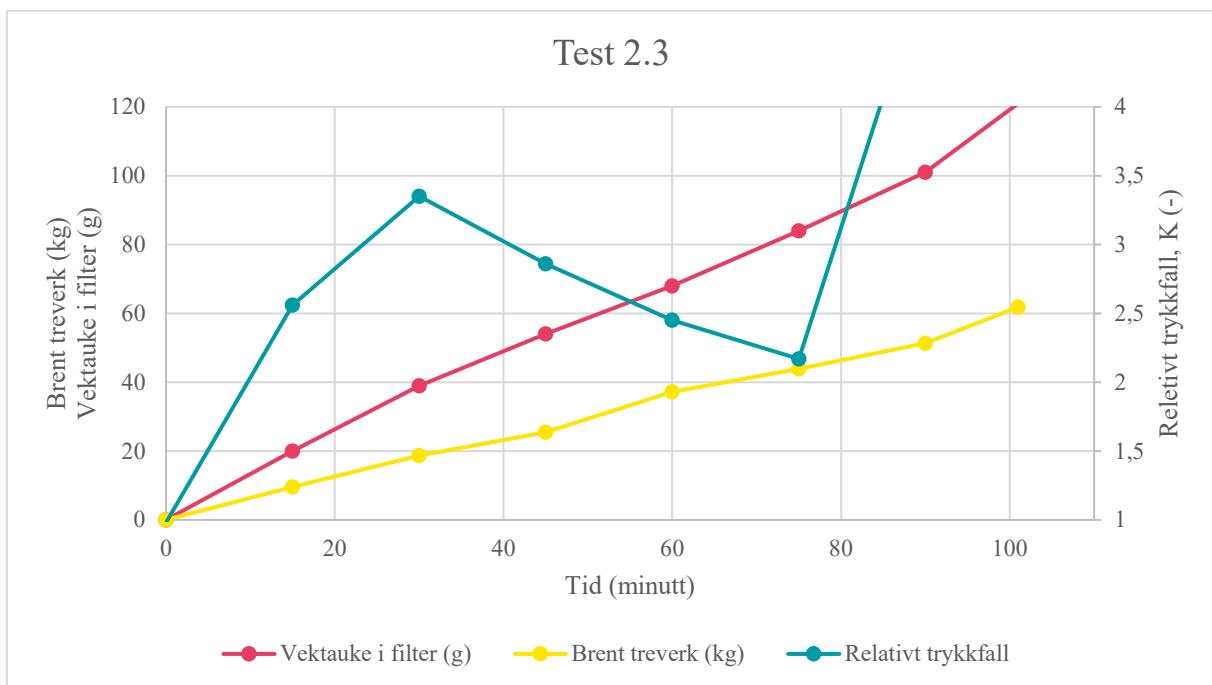
Grafane i dette kapittelet viser utvalde data frå dei ulike testane. Det er målt vektauken i EU7-filteret i gram over tid, mengda brent materiale i kg og relativt trykkfall over filteret i forhold til eit nytt filter. Dette er vist i Figur 6 til Figur 10 og Figur 12. Figur 11 viser loggedata frå vekta som bålet var plassert på og trykkfallet over filteret i test 5 der det vart lagt på bitar av madrass to gonger i løpet av forsøket. Tabell 2 viser data frå forsøka på det tidspunktet då filteret vart definert som tett, eller då testen vart avslutta. Figur 14 og Figur 15 viser utviklinga av vekta til EU7-filteret og HEPA-filteret.



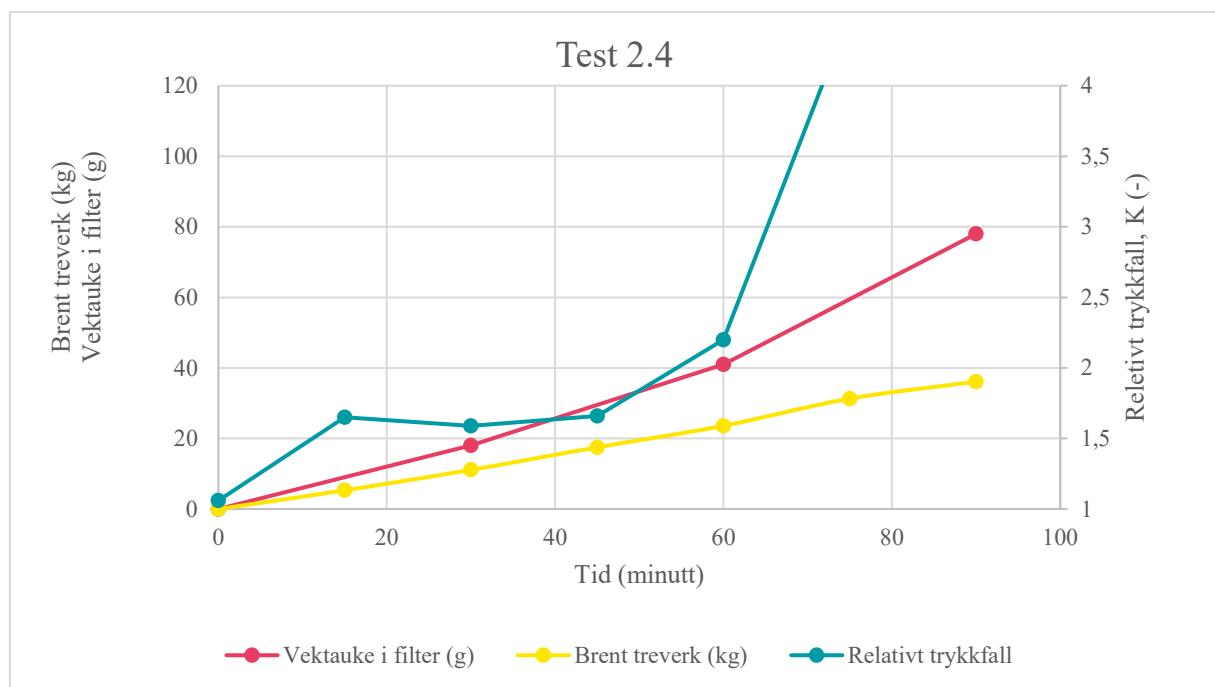
**Figur 7** Vektauke i filteret, målt i gram, mengde brent treverk, målt i kilogram og relativt trykkfall over filteret.



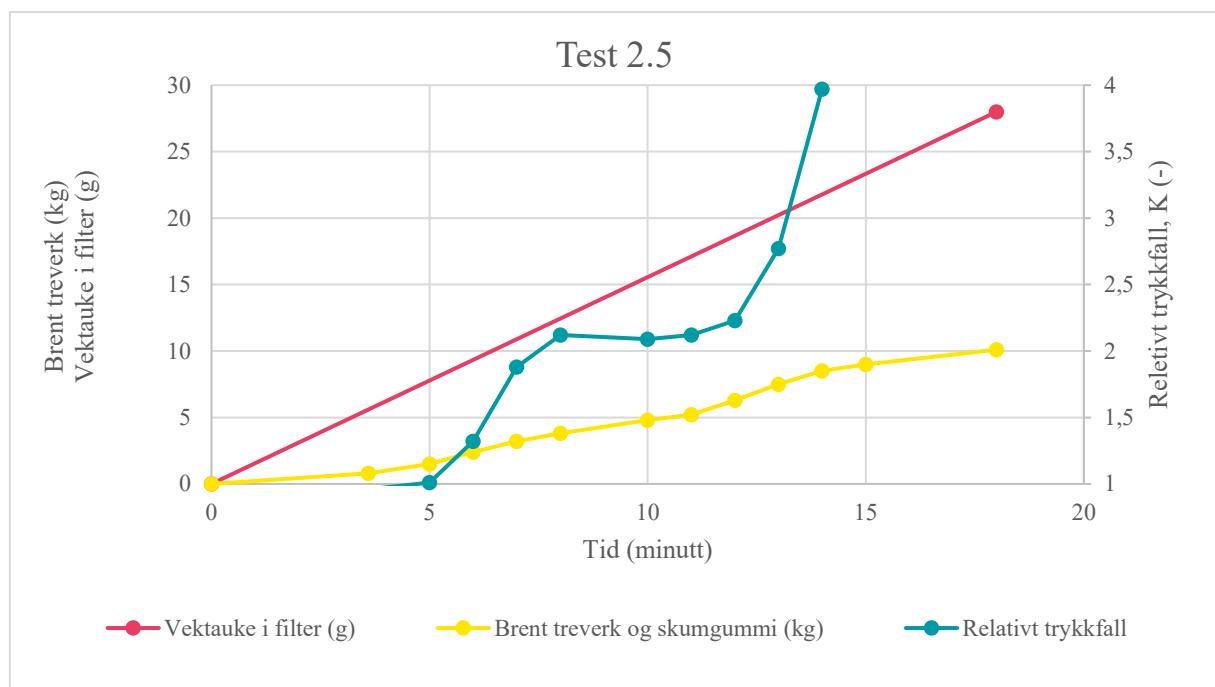
**Figur 8 Mengde brent treverk, målt i kilogram og relativt trykkfall over filteret. Vekta av filteret vart ikke målt i dette forsøket.**



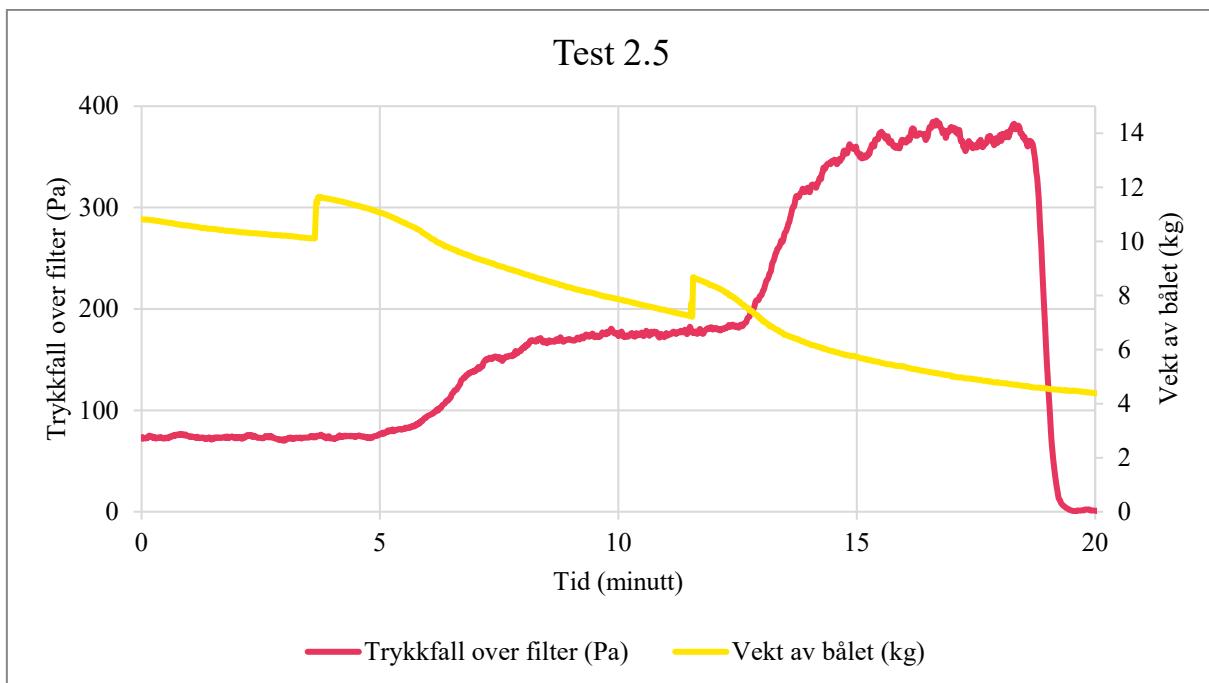
**Figur 9 Vektake i filteret, målt i gram, mengde brent treverk, målt i kilogram og relativt trykkfall over filteret.**



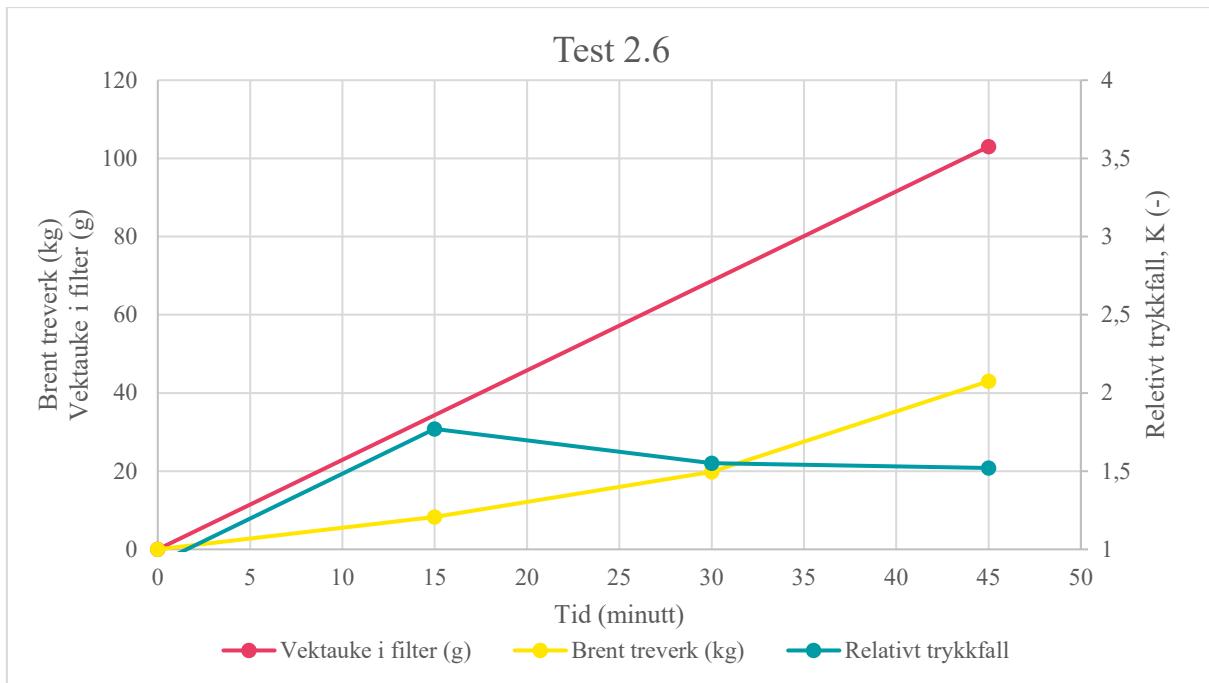
**Figur 10** Vektauke i filteret, målt i gram, mengde brent treverk, målt i kilogram og relativt trykkfall over filteret.



**Figur 11** Vektauke i filteret, målt i gram, mengde brent treverk, målt i kilogram og relativt trykkfall over filteret.



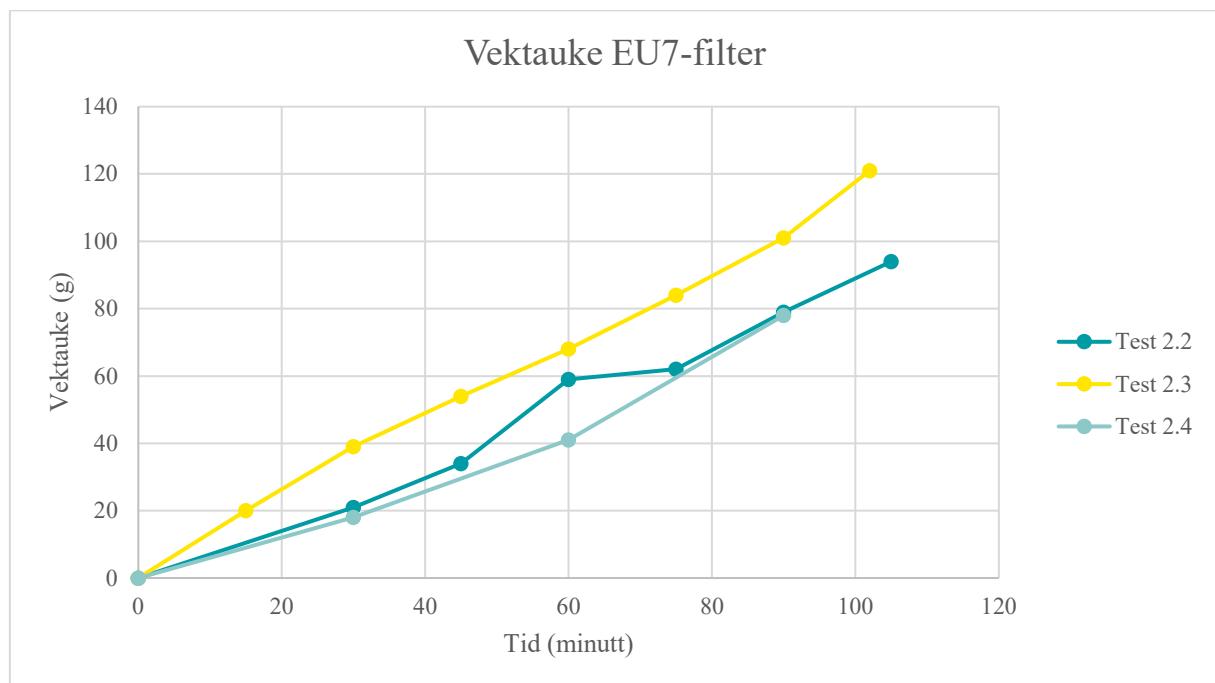
**Figur 12** I test 2.5 vart det lagt inn ca. 1.5 kg med skumgummi 2 gonger i løpet av testen i tillegg til treverket som var i bålet. Grafen for vekta viser tydeleg dei to tidspunktia det vart lagt på ein bit av skumgummi og vekta aukar med ca. 1.5 kg. Figuren viser vekta av bålet og trykkfallet over filteret.



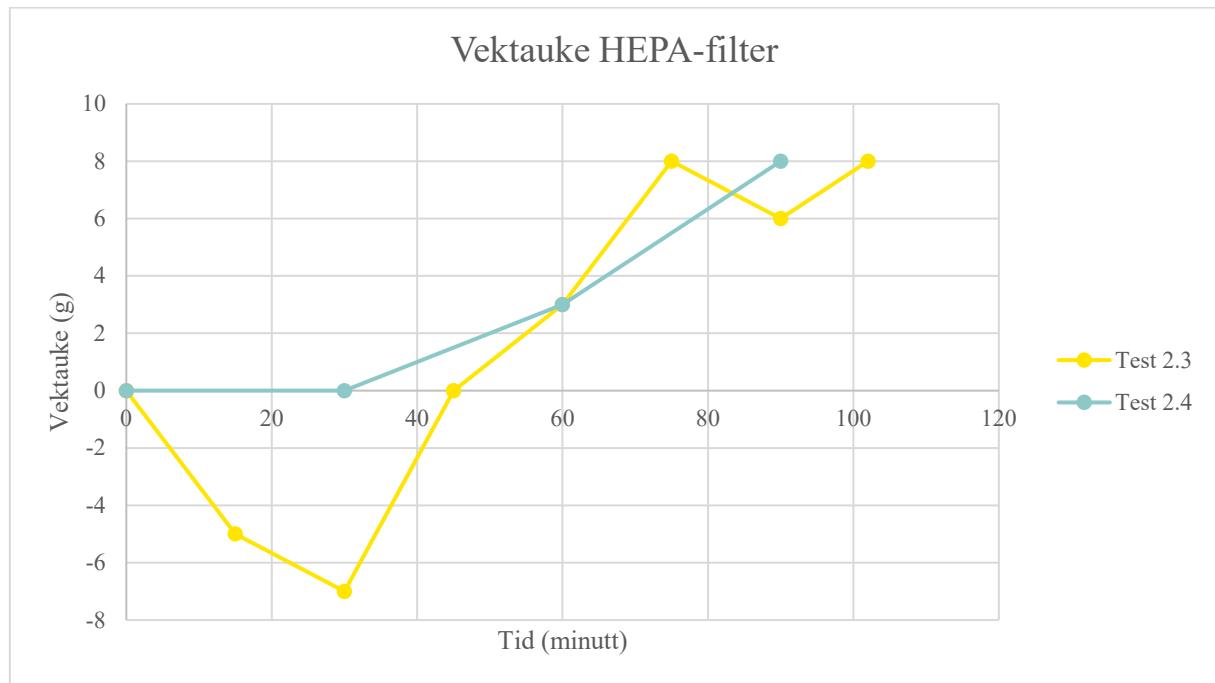
**Figur 13** Vektauke i filteret, målt i gram, mengde brent treverk, målt i kilogram og relativt trykkfall over filteret.

**Tabell 2** Testdata frå tidspunktet då filteret hadde 4 gonger større trykkfall enn ved nytt filter. I testar der filteret ikkje gjekk tett er verdiane ved avslutning av testen oppgitt som nedre verdiar. I testane med mangelfulle målingar er det ikkje oppgitt verdiar.

Test nr	Testtid (min)	Brent treverk (kg)	Brent madrass (kg)	EU7-filter maseauke (g)	Gjennomsnittleg varmeavgjøring HRR (kW)
1.1	>45	>20	0	>71	133
1.2	7	12,7	0		544
2.1			0		900
2.2			0		140
2.3	87	50,2	0	ca. 100	173
2.4	73	29,6	0	ca. 60	122
2.5	14	4,0	2,9	ca. 23	172
2.6	>57	>30	0	>103	184



**Figur 14** Vektauke i EU7-filteret i test 2.2, 2.3 og 2.4.



**Figur 15** Vektauke i HEPA-filteret i test 2.3 og 2.4.

## 5 Diskusjon

### 5.1 Rask tetting av filteret

Tida det tok og mengda materiale som vart brent før filteret vart tett varierte svært mykje mellom dei ulike testane som er gjennomført. Av dei testane med datagrunnlag for å måle dette tok det meir enn 45 minutt og var brent minst 20 kg treverk i fire av forsøka. I forsøka 1.2 og 2.5 vart filteret tetta vesentleg raskare og med mindre brent materiale. Årsaka til at filteret vart tetta vesentleg raskare vil bli diskutert i dette kapittelet.

I forsøk 1.2 vart filteret tett etter 7 minutt då det var brent 12,7 kg treverk. Denne testen skil seg frå dei andre i hovudsak på to måtar. For det eine vart det observert vatn frå ventilasjonskanalane etter testen som indikerar at det kan ha vore meir vatn i flytande eller dampform inn mot filteret i denne testen enn i dei andre. Dette kan ha påverka korleis røykpartiklane klebra seg saman eller at filteret vart påverka av vatnet. I forsøk 2.6 vart det gjort forsøk på å repetere dette ved å sprøyte vatn på flammen for å auke luftfuktigheita i røyken. Det vart påført tilslaman 25 liter vatn som fordampa og vart med røyken inn i ventilasjonskanalen. Dette er ein større mengde enn det som vart observert i ventilasjonskanalen i forsøk 1.2, men her vart det ikkje observert flytande vatn i kanalstrekket. I dette forsøket gjekk ikkje filteret tett før forsøket vart avslutta etter 57 minutt då det var brent over 30 kg treverk. Det andre som gjer at forsøk 1.2 skil seg frå dei andre er at det var 3-4 gonger større varmeavgjeving i brannen enn dei andre forsøka. I løpet av dei 7 minutta fram til filteret vart tett vart det brent 12.7 kg treverk som gir ein gjennomsnittleg varmeavgiving på 544 kW. Ventilasjonsfaktoren for dørropninga på  $0.8 \times 2 \text{ m}$  tilseier at det skal vera mogeleg å brenne om lag 12 kg treverk i minuttet under full overtenning når brannen blir ventilasjonskontrollert [8]. Sidan røykavsuget var på toppen av rommet i denne fyrste testserien, kunne dørropninga fyrst og fremst nyttast som tilførsel av luft og gi endå betre tilgang på luft enn ventilasjonsfaktoren til dørropninga skulle tilseie. Dette tilseier at det er rikeleg luft tilgjengeleg for denne brannen. Forsøk 2.1 hadde endå høgare varmeavgjeving, om lag 900 kW, men i det forsøket smelta ramma til filteret slik at det ikkje er mogeleg å vite når filteret ville ha gått tett. Det er mogeleg at den større brannen avgir røyk med andre eigenskapar som har innverknad på filterettinga enn røyken som vart produsert i dei mindre brannane. I ein brann i eit rom i ein reell bygning vil det vera naturleg at brannen aukar i større grad enn dei isolerte brannane som vart gjennomført i desse forsøka, etter kvart som brannen spreier seg til andre brennbare material i rommet. 544 kW er heller ikkje ein veldig stor brann samanlikna med det som kan oppstå i eit rom med vanleg innhald. Ved overtenning i dette rommet og fullstendig forbrenning av 12 kg treverk i minuttet som vist ovanfor vil brannen avgje 3600 kW. Dersom det er dette som er årsaka til at filteret vart så raskt tetta vil det også kunne skje i ein reell rombrann i løpet av tida som brannen framleis er godt ventilert.

I forsøk 2.5 er det lettare å peike på den direkte årsaken til at filteret vart raskt tetta. Etter at det vart tilført bitar av skumgummi auka trykkfallet over filteret markant i løpet av dei neste minuttene. Den same responsen gjentok seg då det vart lagt på ein ny bit med madrass. Innhaldet i røyken varierar etter kva stoff som brenn, og det er sannsynleg at røyken frå skumgummien inneheld partiklar med eigenskapar som tettar filteret raskare enn partiklane i røyken frå treverk. Dette blir også illustrert ved at vekta av filteret ikkje hadde auka meir enn ca. 23 g då filteret var tett medan filteret hadde auka i vekt med minst 60 g i dei andre testane då det vart tett. Det er i *This work by RISE Research Institutes of Sweden is, except where otherwise noted, licensed under CC BY 4.0. To view a copy of this license, visit <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0>*

desse forsøka berre brukt treverk og polyeterskum, og desse to materiala viser at det kan vera svært stor forskjell på kor raskt røyken frå ulike material tettar filteret. Dette stemmer overeins med teorien om at oksygenerete stoff som treverk avgir mindre mengder røyk enn polymerar av hydrokarbon [8]. Basert på denne forskjellen er det også sannsynleg at røyken frå brann i andre stoff kan tette filteret minst like effektivt som røyken frå polyeterskummet. Tilsaman 2,9 kg polyeterskum vart brent før filteret hadde tetta seg. Dette er ikkje ein stor mengde samanlikna med mengda materiale som kan vera i eit rom ved ein reell brann. I dette forsøket gjekk det 14 minutt før filteret vart tett, men målingane som vist i Figur 11 viser at det meste av trykkauken skjer direkte etter at madrassbitane vart brent. Begge madrassbitane brann opp i løpet av ca. 2 minutt, så den totale tida der det brann madrass var berre om lag 4 minutt. Det er grunn til å tru at dersom madrassane hadde brent kontinuerleg frå start ville filteret ha gått tett etter om lag 4 minutt.

## 5.2 Langsam tetting av filteret

I dei fleste forsøka gjekk det minst 45 minutt før filteret gjekk tett. Trykkfallet over filteret auka raskt med omkring 50% etter starten av testane, men held seg stabilt på dette nivået, eller gjekk litt ned i ein lengre periode. Det er ikkje kjent kvifor trykkfallet vart redusert etter oppstarten av forsøka. I testane 2.3 og 2.4 auka trykkfallet sakte, men etter omlag ein time auka trykkfallet raskt opp til over 4 gonger opprinnelig trykkfall og vart definert som tett. Dette kan tyde på at filteret greier å fange opp ein del partiklar utan at trykkfallet aukar vesentleg. Når denne kapasiteten er oppbrukt vil dei siste opningane gjennom filteret raskt tette seg ved ytterlegare tilførsel av røykpartiklar. Alle forsøka er gjort med nye filter. Dersom eit filter har vore i bruk over tid og det oppstår brann er det truleg at denne kapasiteten til å absorbere røykpartiklar utan vesentleg trykkauge blir redusert.

## 5.3 Mengde røykpartiklar

Mengdene røykpartiklar som hadde akkumulert seg i filteret då det vart tett var opp til omkring 100 g som vist i Tabell 2. Dette står i stor kontrast til forsøka som vart gjennomført med melis, og som indikerte over 9 kg sotpartiklar før filteret vart tett [3]. Filtertypen er tilsvarande og forsøksoppsettet er relativt likt i desse forsøka bortsett frå at det vart brukt melis som tettingsmedium i staden for røykpartiklar. Mellom forsøka med brannrøyk var det også forskjell på kor mykje røykpartiklar som skulle til for å tette filteret, då dette varierte mellom ca. 23 g og over 100 g. Det store spranget opp til forsøka der det vart fanga opp over 4.5 kg melis før filteret vart tett viser at det kan vera svært stor forskjell på kor effektivt ulike typar spartiklar tettar desse filtera.

I testane der det vart gjort målingar på dette vart det fanga opp 1.7 til 3.6 gram i EU7-filteret for kvar kilo med treverk som vart brent. Dette er på høgde med mengda partiklar som blir avgitt frå dei mest reintbrennande vedomnane under testing av miljøkrav for desse etter standarden NS 3058 [9]. I standarden NS 3059 er det krav om maksimalt 5 g partikler pr kg brent treverk for vedomnar med katalysator og 10 g/kg for omnar utan katalysator [10]. Desse omnane har optimaliserte brennkammer og gir svært god og rein forbrenning av veden ved høg temperatur. Det er ikkje truleg at forbrenninga frå dei opne båla i brannrommet i desse testane har vore på

nivå med forbrenninga i reintbrennande vedomnar. Dette indikerar at det har vore ein større mengde partiklar i røyken frå bålet, men at ein vesentleg del av dette har hamna andre stader enn i EU7-filteret. Den største mengda partiklar som vart registrert var i forsøk 1.1 som vart gjennomført i det fyrste testoppsettet. Dette testoppsettet hadde vesentleg kortare veg frå brannen til filteret gjennom at røyken vart fanga opp gjennom taket på brannrommet og at det ikkje var like mange meter ventilasjonskanal fram til filteret. Det er grunn til å tru at ein god del av partiklane festar seg til overflatene som røyken går forbi på sin veg mot filteret. Det vart observert eit tynt svart belegg på innsida av kanalen rett før filteret etter at forsøka vart gjennomført. Dei minste partiklane kan også ha gått gjennom EU7-filteret. Desse vart fanga opp i HEPA-filteret som var montert etter EU7-filteret i nokre av testane.

Fordelinga mellom kor mykje masse som vart avsett i EU7-filteret og i HEPA-filteret er også noko ulikt mellom testane. Masseauken i HEPA-filteret varierte svært mykje ved endringar i fuktnivå, så desse målingane er ikkje direkte samanliknbare. Medan vektauknen i EU7-filteret auka relativt lineært og proporsjonalt med mengda treverk som vart brent vart det observert at vekta i HEPA-filteret vart redusert i den fyrste halvtimen av forsøk der filteret hadde vore klimatisert ved 50% relativ luftfuktigkeit. Vektauknen til dei to filtera er vist i Figur 14 og Figur 15, der ein kan sjå at vektauknen i EU7-filteret aukar nokså lineært frå starten av testen medan HEPA-filteret mistar relativt mykje vekt i løpet av den fyrste halvtimen av test 2.3 og held konstant vekt i starten av test 2.4. Dette indikerar at HEPA-filteret hadde absorbert betydelege mengder vatn frå klimatiseringa som tørka ut i løpet av forsøket, medan dette ikkje var tilfelle for EU7-filteret. Det vart ikkje gjort systematiske kontrollar av fuktinhaldet til HEPA-filteret, men etter test 2.3 vart begge filtera kontrollert etter klimatisering ved 50% relativ luftfuktigkeit att. Då var vektauknen i HEPA-filteret 18% av vektauknen i EU7-filteret. Det er tydeleg at nokre partiklar passerar gjennom EU7-filteret og blir fanga opp i HEPA-filteret, men det er ikkje tilstrekkeleg testgrunnlag for å kunne kvantifisere dette systematisk.

## 5.4 Smelting av filter for å sleppe gjennom røyk

I test 2.1 vart temperaturen på røykgassen inn mot filteret raskt omkring 100 °C. Dette førte til at plastramma til EU7-filteret vart deformert og røyken slapp forbi filteret. Dette kan i prinsippet hindre at luftstraumen stoppar på grunn av for stort trykkfall over filteret. I dette testoppsettet førte dette derimot til at all røyken slapp ufiltrert inn til HEPA-filteret slik at dette gjekk tett og stoppa luftstraumen raskt. HEPA-filteret hadde ramme i metall og vart ikkje deformert av den høge temperaturen.

Å basere seg på at filteret smelter og skapar fri gjennomtrekk ved brann vil vera lite påliteleg. Som vist i utrekningar i BRAVENT rapport 1, vil temperaturen i ventilasjonskanalen ikkje overstige 70 °C dersom røykgassar med temperatur 1000 °C blir uttynta 6-7 gonger [1]. Sjølv om røykgassen frå ei branncelle held så høg temperatur som 1000 °C vil det altså vera tilstrekkeleg med innblanda luft frå 6-7 andre rom med tilsvarande luftmengder før temperaturen blir så låg at filteret ikkje vil ta skade. Dersom filteret kan løysast frå innfestinga og sleppe røyken forbi på ein meir påliteleg måte og det ikkje er noko anna som hindrar røyken

i å blokkere luftstraumen kan dette vera eit alternativ til å leie røyken gjennom ein eigen separat bypass-kanal.

## 5.5 Overføring til reelle bygg

Det er nokre forhold som gjer at forsøksoppsettet er annleis enn det ein kan rekne med i ein reell brann i ein bygning.

Brannane i desse forsøka var relativt små, opp til nokre få hundre kilowatt, og brann med god tilgang på luft. Forsøka er dermed mest representative for små brannar i store rom. Der kan ein rekne med at all røyken blir fanga opp av ventilasjonsanlegget og at det er rikeleg tilgang på luft til forbrenninga.

I rom der tilgangen på luft er liten samanlikna med storleiken på brannen vil forbrenninga bli påverka og innhaldet i røyken vil endre seg. I eit lite rom vil ein brann relativt raskt kunne gå til overtenning. Når brannen då brenn ut gjennom eit vindauge eller ein døråpning vil ein stor del av røyken også gå ut av rommet med flammen. Dei gassane som blir trekt inn i ventilasjonsanlegget kan då vera delvis uforbrente og ha ein annan samansettning enn røyken frå ein meir fullstendig forbrenning. Desse gassane kan og brenne vidare dersom dei får tilført frisk luft medan dei er varme nok. Desse effektane er ikkje undersøkt i desse forsøka, og det er ikkje kjent om dette vil påverke kor lang tid det går før filteret blir tett. I forsøk 1.2 hadde brannen høgare varmeavgjøring enn i dei andre testane og filteret gjekk svært raskt tett. Det er usikkert om det er eit direkte årsaksforhold mellom desse resultata, og om det var større mengder uforbrente gassar i røyken i denne testen.

Luftmengda som vart trekt gjennom filteret i forsøka var omkring  $3500 \text{ m}^3/\text{time}$  som er den nominelle luftmengda for denne typen filter. Ved dimensjonering etter Arbeidstilsynet sin vegleiar for luftkvalitet på arbeidsplassar vil dette vera tilstrekkeleg for 30 – 40 rom på  $10 \text{ m}^2$  med 1 person, eller 1 – 2 rom for 50 personar på  $100 \text{ m}^2$  [11]. Forsøka som er skildra i denne rapporten er mest representative for dei større romma der brannen har god tilgang på luft og all røyken vil bli fanga opp av ventilasjonsanlegget. Avtrekkskapasiteten frå dei mindre romma vil vera tilpassa luftmengdebehovet og vera i området  $100 \text{ m}^3/\text{time}$  slik at ikkje nødvendigvis all røyken vil bli samla opp på same måte.

Avstanden frå brannen og til filteret gjennom brannrommet og ventilasjonskanalane vil kunne variere svært mykje frå bygg til bygg. I dei to forsøksoppsetta er det totalt ca. 15 og ca. 30 meter ventilasjonskanal før filteret. For bygningar der røyken går svært mykje lenger enn dette gjennom ventilasjonsanlegget er det mogeleg at ein større mengde av partiklane i røyken blir avsett på overflatene inne i kanalane før dei når fram til filteret. Om dette fører til at det tek lengre tid før filteret vil bli tett i ein brann er det ikkje grunnlag for å seie basert på desse forsøka.

Mengda brennbart materiale som er i eit rom vil veldig fort overstige dei mengdene som vart brent før filteret gjekk tett. Då filteret tetta seg i dei ulike forsøka var det brent treverk og skumgummi tilsvarende ein forbrenningsvarme mellom 145 og 904 MJ. Den minste mengda

brent materiale som skulle til for å tette filteret var 4 kg treverk og 3 kg skumgummi. Dette er mengder og materialtypar som ein må rekne med å finne i dei aller fleste rom. NS-EN 1991, Eurocode 1, oppgir gjennomsnitt for spesifikk brannenergi for rom på sjukehus til  $230 \text{ MJ/m}^2$ , kontor til  $420 \text{ MJ/m}^2$  og transport (offentleg område) til  $100 \text{ MJ/m}^2$  [12]. Sjølv med desse relativt låge nivåa for spesifikk brannenergi er det tilstrekkeleg med brennbart materiale til å generere den mengda partiklar som skal til for å tette filteret i dei aller fleste rom.

## 6 Konklusjon

Resultata frå forsøka viser at eit EU7-filter kan bli tetta i løpet av få minutt ved eksponering for brannrøyk og at behovet for ein type bypass-løysing er tilstades dersom luftstraumen gjennom ventilasjonskanalane skal oppretthaldast under brann.

I to av forsøka vart filteret tetta i løpet av 7 – 14 minutt, på to ulike måtar. I den eine testen vart filteret raskt tetta då det vart tilført ein liten mengde skumgummi i tillegg til treverket som brann. Dette viser at materialet som brenn har stor innverknad på kor raskt filteret blir tett. Sidan det er sjeldan at det berre er reint treverk som brenn i ein reell brann, vil ein måtte rekne med at brannrøyk inneheld stoff frå ulike plastmaterial. Dette kan føre til rask tetting av filteret.

I den andre testen der filteret vart svært raskt tett er det mindre klart kva som er den direkte årsaken. Det kan vera på grunn av at det var ein del vatn i ventilasjonskanalane, eller at denne brannen hadde høgare effekt, men dette har ikkje kome tydeleg fram i desse forsøka.

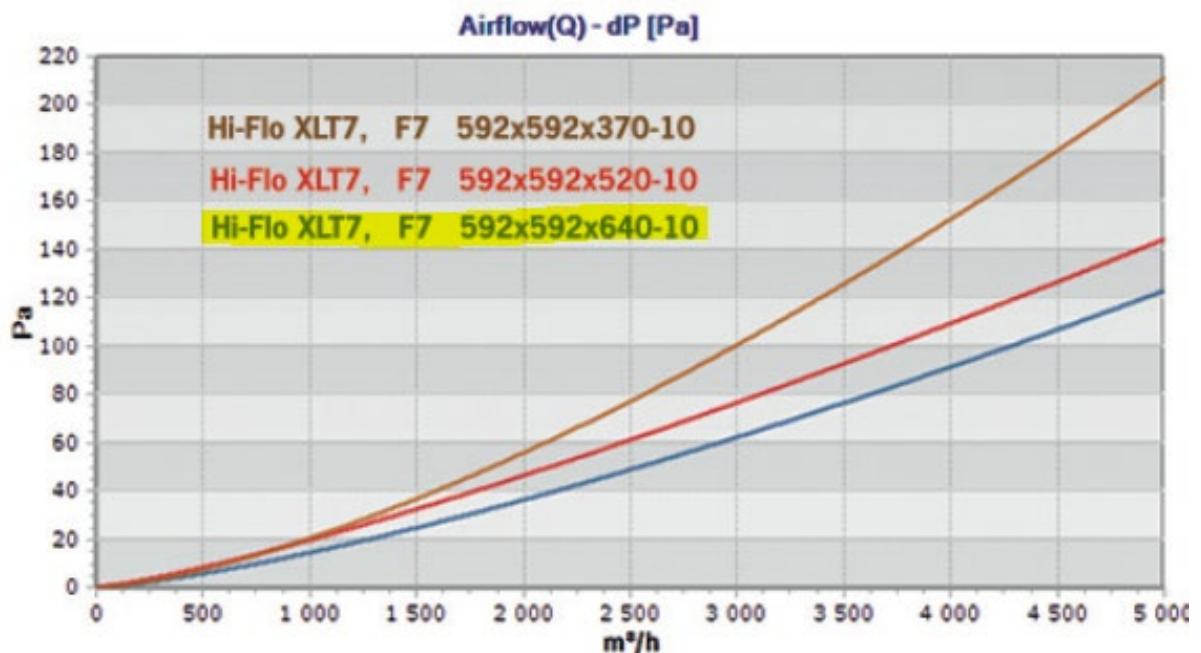
Denne forsøksserien er ikkje omfattande nok til å kartlegge alle mogelege parametrar som kan påverke tetting av filter med brannrøyk, men den viser at det er svært stor forskjell på kor raskt filteret blir tett ved ulike forhold. Fleire av parametrane i dei to forsøka som gav svært rask tetting av filteret er ikkje fullstendig undersøkt, men det er vurdert at liknande brannforløp ikkje kan utelukkast i eit bygg. Det er også all grunn til å tru at andre material og brannforhold kan føre til like rask tetting av filteret som det som vart observert i desse forsøka.

Hypotesa om at filteret ikkje vil gå tett etter eksponering for brannrøyk i løpet av 30 minutt må derfor forkastast, og den alternative hypotesa om at eit filter i eit ventilasjonsanlegg kan gå tett i løpet av 30 minutt med eksponering for brannrøyk må dermed aksepteras. Denne forsøksserien gir dermed ikkje grunnlag for å hevde at by-pass løysingar ikkje er nødvendige for å sikre at luftstraumen gjennom ventilasjonsanlegget kan oppretthaldast i minst 30 minutt når det blir eksponert for brannrøyk.

## 7 Referansar

- [1] A. S. Bøe, J. P. Stensaas, and C. Sesseng, “BRAVENT - Teori- og kunnskapssammenstilling,” RISE Fire Research, Trondheim, Norge, RISE-rapport 2019:11, 2019.
- [2] H. Abe, J. Takada, M. Tsukamoto, K. Watanabe, and M. Murata, “Generation of Smoke and Clogging of Ventilation Filter under Burning of Bitumen/Salt Mixture,” *Journal of Nuclear Science and Technology*, vol. 36, no. 7, pp. 619–625, Jul. 1999.
- [3] R. B. Mølner and K. Braseth, “Bacheloroppgave - Brannsikring av ventilasjonsanlegg.,” Bachelor, Haugesund, 2013.
- [4] “NS-EN 779:2012 Tilbaketrukket 2017 - Partikkelfiltre for vanlig ventilasjon - Bestemmelse av filtreringsevnen.” Standard Norge, 01 Jul. 2012.
- [5] “NS-EN ISO 16890-1:2016 Luftfiltre for allmenn ventilasjon - Del 1: Tekniske spesifikasjoner, krav og klassifisering av utskillingsgrad basert på partikkelinnhold (ISO 16890-1:2016).” Standard Norge.
- [6] “IMO Res. MSC.265(84) Annex 14 Amendments to the revised guidelines for approval of sprinkler systems equivalent to that referred to in SOLAS regulation II-2/12 (Resolution A.800(19)).” International Maritime Organization, 2008.
- [7] B. Günther, K. Gebauer, R. Barkowski, M. Rosenthal, and C.-T. Bues, “Calorific value of selected wood species and wood products,” *Eur. J. Wood Prod.*, vol. 70, no. 5, pp. 755–757, Sep. 2012.
- [8] D. Drysdale, *An Introduction to Fire Dynamics*, 3rd ed. Chichester, UK: John Wiley & Sons, 2011.
- [9] “NS 3058-2 Lukkede vedfyrt ildsteder. Røykutslipp. Del 1: Bestemmelse av partikulære utslipp.” Standard Norge, 1994.
- [10] “NS 3059:1994 Lukkede vedfyrt ildsteder - Røykutslipp - Krav.” Standard Norge, 04 Oct. 1994.
- [11] “Veileddning om Klima og luftkvalitet på arbeidsplassen.” Arbeidstilsynet, 2016.
- [12] Standard Norge, “NS-EN 1991-1-2:2002+NA:2008, Eurocode 1: Laster på konstruksjoner, Del 1-2: Allmenne laster, Laster på konstruksjoner ved brann.” Standard Norge, 2002.

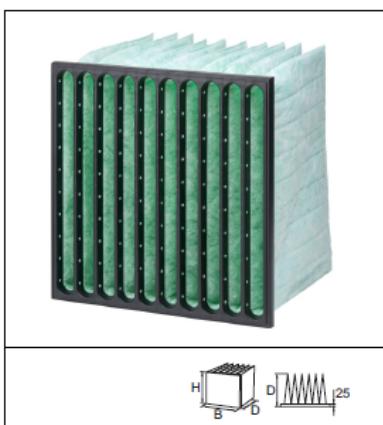
## Vedlegg A – Datablad for EU7-filter



## Komfortfilter: M5-F9

### Påsfilter

#### Hi-Flo XLT



### Fördelar

- Filtermaterial av det senaste glasfibermediet
- Låga begynnelsetryckfall
- Flack tryckfallsutveckling
- Nyutvecklad sömnadsteknik för bästa luftfördelning
- Koniska påsar
- Helgjuten, stabil och aerodynamiskt utformad frontram i plast
- Bidrar till lägre energiåtgång
- Hi-Flo XL7 och XL9 är rekommenderade av Astma- och Allergiförbundet

**Applikationer:** Luftbehandling i klimatreglerade utrymmen och som förfiltrering i renrum

**Typ:** Påsfilter med hög avskiljningsgrad

**Ram:** PS-plast - helgjuten och förbränningsbar

**Media:** Glasfiber

**Filterklass enligt EN779:2012:** M5, M6, F7, F8 och F9

**Max drifttemperatur:** 70°C

**Luftflöden:** Nominellt luftflöde  $\pm 25\%$

**Emballage:** Miljökartong av wellpapp med effektivt bärhandtag. Vi är anslutna till FTI (förpacknings och tidningsinsamlingen)

**Montagesystem:** Montageramar av typ SPX och i filterskåp CamCube HF

**Notera:** P-märkta produkter Se sp.se

Som ett led i ständiga förbättringar, förbättrar sig Camfil åtten att ändra utan föregående information. 2018-10-19

Artikel Nr.	Typ	Filter-klass	Bredd	Höjd	Djup	Luftflöde m <sup>3</sup> /h	Tryckfall Pa	Antal påsar	Filteryta m <sup>2</sup>	Volym m <sup>3</sup>	Vikt kg	Initial eff. %	ME %*	Årlig energiförbrukning kWh**	Energiklass ***
616802	5/640	M5	592	592	640	3400	40	10	7,5	0,04	2,3	9	8	501	A
616805	5/640	M5	490	592	640	2700	40	8	6	0,04	1,6				A
616808	5/640	M5	287	592	640	1700	40	5	3,7	0,03	1,4				A
616811	5/640	M5	287	287	640	800	40	5	1,9	0,01	0,8				A
616814	5/640	M5	592	287	640	1700	40	10	3,7	0,03	1,4				A
616817	5/640	M5	592	490	640	2700	40	10	6,2	0,04	1,6				A
616820	5/640	M5	490	490	640	2330	40	8	5	0,04	1,3				A
616803	5/520	M5	592	592	520	3400	45	10	6,1	0,04	2,2	9	8	612	B
616806	5/520	M5	490	592	520	2700	45	8	4,9	0,04	1,4				B
616809	5/520	M5	287	592	520	1700	45	5	3	0,03	1,3				B
616812	5/520	M5	287	287	520	800	45	5	1,5	0,01	0,7				B
616815	5/520	M5	592	287	520	1700	45	10	3	0,03	1,3				B

\* ME%, Lägsta verkningsgrad enligt EN779:2012 \*

\*\* Årlig energiförbrukning (kWh): enligt Eurovent guideline 4/21-2014

\*\*\* Energiklass beräknad enligt Eurovent RS 4/C001-2015

Camfil Svenska AB  
Industrigatan 3 (619 33 Trosa), Box 130, 619 23 Trosa. Tel: 0156-537 00,  
Fax: 0156-167 24  
info@camfil.se, www.camfil.se



## Komfortfilter: M5-F9

### Påsfilter

Artikel Nr.	Typ	Filter- klass	Bredd	Höjd	Djup	Airflow m³/h	Tryckfall Pa	Antal påsar	Filtertyta m²	Volym m³	Vikt kg	Initial eff. %	ME %*	Årlig energi- förbrukning kWh**	Eneriklass ***
616818	5/520	M5	592	490	520	2700	45	10	5	0,04	1,4				B
613347	5/520	M5	490	490	520	2330	45	8	4	0,04	1,2				B
616804	5/370	M5	592	592	370	3400	50	10	4,3	0,04	2	9	8	1061	D
616807	5/370	M5	490	592	370	2700	50	8	3,5	0,04	1,3				D
616810	5/370	M5	287	592	370	1700	50	5	2,2	0,03	1,2				D
616813	5/370	M5	287	287	370	800	50	5	1,1	0,01	0,7				D
616816	5/370	M5	592	287	370	1700	50	10	2,1	0,03	1,2				D
616819	5/370	M5	592	490	370	2700	50	10	3,6	0,04	1,2				D
614993	5/370	M5	490	490	370	2330	50	8	2,9	0,04	1				D
610156	6/640	M6	592	592	640	3400	55	10	7,5	0,04	2,3	25	23	667	B
612784	6/640	M6	490	592	640	2700	55	8	6	0,04	1,6				B
610157	6/640	M6	287	592	640	1700	55	5	3,7	0,03	1,4				B
610158	6/640	M6	287	287	640	800	55	5	1,9	0,01	0,8				B
610952	6/640	M6	592	287	640	1700	55	10	3,7	0,03	1,4				B
612792	6/640	M6	592	490	640	2700	55	10	6,2	0,04	1,6				B
612800	6/640	M6	490	490	640	2330	55	8	5	0,04	1,3				B
610153	6/520	M6	592	592	520	3400	60	10	6,1	0,04	2,2	25	23	755	B
612785	6/520	M6	490	592	520	2700	60	8	4,9	0,04	1,4				B
610154	6/520	M6	287	592	520	1700	60	5	3	0,03	1,3				B
610155	6/520	M6	287	287	520	800	60	5	1,5	0,01	0,7				B
610951	6/520	M6	592	287	520	1700	60	10	3	0,03	1,3				B
612793	6/520	M6	592	490	520	2700	60	10	5	0,04	1,4				B
612801	6/520	M6	490	490	520	2330	60	8	4	0,04	1,2				B
610150	6/370	M6	592	592	370	3400	80	10	4,3	0,04	2	26	23	1371	D
612786	6/370	M6	490	592	370	2700	80	8	3,5	0,04	1,3				D
610151	6/370	M6	287	592	370	1700	80	5	2,2	0,03	1,2				D
610152	6/370	M6	287	287	370	800	80	5	1,1	0,01	0,7				D
610950	6/370	M6	592	287	370	1700	80	10	2,1	0,03	1,2				D
612794	6/370	M6	592	490	370	2700	80	10	3,6	0,04	1,2				D
612802	6/370	M6	490	490	370	2330	80	8	2,9	0,04	1				D
610165	7/640 50+	F7	592	592	640	3400	75	10	7,5	0,04	2,3	54	54	928	A
612787	7/640 50+	F7	490	592	640	2700	75	8	6	0,04	1,6				A
610166	7/640 50+	F7	287	592	640	1700	75	5	3,7	0,03	1,4				A
610167	7/640 50+	F7	287	287	640	800	75	5	1,9	0,01	0,8				A
610958	7/640 50+	F7	592	287	640	1700	75	10	3,7	0,03	1,4				A
612795	7/640 50+	F7	592	490	640	2700	75	10	6,2	0,04	1,6				A
612803	7/640 50+	F7	490	490	640	2330	75	8	5	0,04	1,3				A
610162	7/520 50+	F7	592	592	520	3400	90	10	6,1	0,04	2,2	54	54	1101	B
612788	7/520 50+	F7	490	592	520	2700	90	8	4,9	0,04	1,4				B
610163	7/520 50+	F7	287	592	520	1700	90	5	3	0,03	1,3				B
610164	7/520 50+	F7	287	287	520	800	90	5	1,5	0,01	0,7				B

\* ME%, Lägsta verkningsgrad enligt EN779:2012 \*  
 \*\* Årlig energiförbrukning (kWh): enligt Eurovent guideline 4/21-2014  
 \*\*\* Energiklass beräknad enligt Eurovent RS 4/C001-2015

Som ett led i ständiga förbättringar, förbehåller sig Camfil rätten att ändra utan föregående information. 2016-10-19



Camfil Svenska AB  
 Industriegatan 3 (619 33 Trosa), Box 130, 619 23 Trosa. Tel: 0156-537 00,  
 Fax: 0156-167 24  
 info@camfil.se, www.camfil.se

## Vedlegg B – Datablad for HEPA-filter

**ABSOLUTE DE**



### FORDELER

- Fler valbara storlekar
- Organiskt material
- Höga luftflöden, upp till 3400 m<sup>3</sup>/h

<b>Frame</b>	Förzinkad stål
<b>Seal</b>	Ändlös PU-packning
<b>Media</b>	Glasfiber
<b>Separator</b>	Hot-melt
<b>Sealant</b>	Polyurethane
<b>Rec. final pressure drop</b>	1000 Pa
<b>Maksimal luftström</b>	Nominal flow rate (if not, efficiency drops)
<b>Max Temperature (°C)</b>	70°C
<b>Relative Humidity max</b>	100%



Art. No.	EN1822	Dimensjoner BxHxD (mm)	Airflow/brykfall (m <sup>3</sup> /t)/Pa)	område (m <sup>2</sup> )	Vekt (kg)
310461	H13	610x610x292	3400/250	39,6	16,0
310970	H13	289x595x292	1580/250	18,4	9,3
311001	H13	595x289x292	1570/250	18,1	10
310460	H14	595x595x292	2870/250	8,8	5,8
310462	H14	289x595x292	1390/250	38	15,2
<b>310459</b>	<b>H13</b>	<b>595x595x292</b>	<b>3200/250</b>	<b>38</b>	<b>15,2</b>
310888	H14	595x289x292	1380/250	18,1	10
310889	H14	289x289x292	670/250	8,8	5,8
308314	H13	305x610x292	1500/250	19,5	13
306679	H13	610x610x292	3400/250	39,6	16
	H13	762x610x292	3750/250	50,1	20
306078	H14	305x610x292	1500/290	19,5	13
306077	H14	610x610x292	3400/290	39,6	16
	H14	762x610x292	3750/290	50,1	20

[www.camfil.com](http://www.camfil.com)

As part of our program for continuous improvement, Camfil reserves the right to change specifications without notice.  
2021-01-18

This work by RISE Research Institutes of Sweden is, except where otherwise noted, licensed under CC BY 4.0. To view a copy of this license, visit <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0>

Through our international collaboration programmes with academia, industry, and the public sector, we ensure the competitiveness of the Swedish business community on an international level and contribute to a sustainable society. Our 2,200 employees support and promote all manner of innovative processes, and our roughly 100 testbeds and demonstration facilities are instrumental in developing the future-proofing of products, technologies, and services. RISE Research Institutes of Sweden is fully owned by the Swedish state.

Gjennom internasjonalt samarbeid med akademi, næringsliv og offentlig sektor bidrar vi til et konkurransekraftig næringsliv og bærekraftig samfunn. RISEs 2 200 medarbeidere driver og støtter alle typer innovasjonsprosesser. Vi tilbyr et hundretalls test- og demonstrasjonsmiljø for framtidssikre produkter, teknikker og tjenester. RISE Research Institutes of Sweden eies av den svenske staten.



RISE Research Institutes of Sweden AB  
Postboks 4767 Torgarden, 7465 TRONDHEIM  
Telefon: 464 18 000  
E-post: post@risefr.no, Internett: www.risefr.no

RISE Fire Research  
RISE-rapport 2021:32  
ISBN: 978-91-89385-17-7