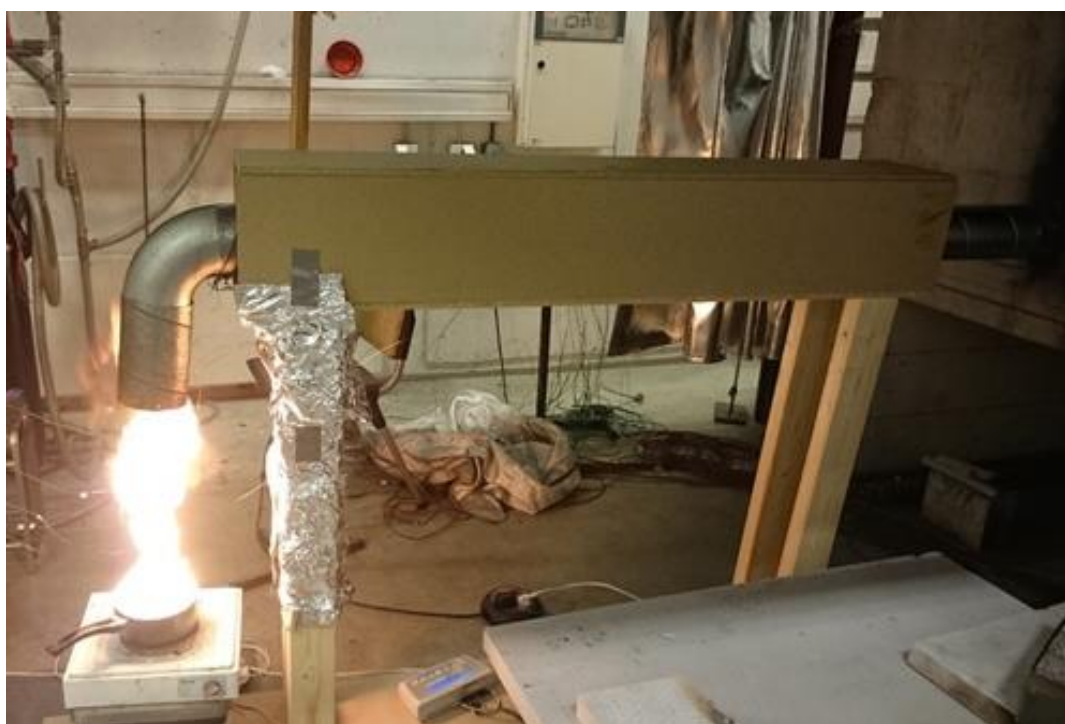




HØGSKOLEN STORD/HAUGESUND

Brannspredning fra avtrekkskanal – Er isolasjon nødvendig?



Bachelorprosjekt utført ved
Høgskolen Stord/Haugesund – Studie for ingeniørfag

Sikkerhet Brann

Av: Eirik Hjorth Minde

Kand.nr.

21

Haugesund

Våren 2016

BACHELORPROSJEKT

Studenten(e)s navn: Eirik Hjorth Minde

Linje & studieretning Sikkerhet, brann

Oppgavens tittel: Brannspredning fra avtrekkskanal – Er isolasjon nødvendig?

Oppgavetekst:

Veiledningen til Byggteknisk forskrift angir at avtrekkskanaler fra kjøkken i boenheter skal utføres med brannmotstand EI 15 A2-s1,d0. Krav i TEK10 om minimumshøyde i rom, og krav til total høyde på bygget, fører til at dette ofte byr på problemer i prosjekteringen av nye bygg.

Kravet ble tatt inn i veiledningen i 1987 basert på anbefalinger fra Norges branntekniske laboratorium og erfaring fra tidligere branner. Nye tekniske installasjoner som reduserer faren for brann på komfyren, samtidig som det er utført lite forskning på temaet, gjør det interessant å undersøke om det faktisk er fare for brannspredning fra en uisolert avtrekkskanal. For å løse oppgaven blir det gjennomført et litteratursøk etter relevant forskning, observasjon av avtrekkskanaler i boliger, og flere forsøk for å undersøke faren for brannspredning fra avtrekkskanal til kjøkkenredning ved en komfyrrbrann.

Endelig oppgave gitt:

Innleveringsfrist: Fredag 5.mai 2015 kl. 12.00

Intern veileder Bjarne Christian Hagen

Ekstern veileder *Vegard Ervik Olsen, Rambøll*



HØGSKOLEN STORD/HAUGESUND

Høgskolen Stord/Haugesund
Studie for ingeniørfag
Bjørnsonsgt. 45
5528 HAUGESUND
Tlf. nr. 52 70 26 00
Faks nr. 52 70 26 01

Oppgavens tittel Brannspredning fra avtrekkskanal – Er isolasjon nødvendig?		Rapportnummer <i>(Fylles ikke ut)</i>
Utført av Eirik Hjorth Minde		
Linje Sikkerhet	Studieretning Branningeniør	
Gradering Åpen	Innlevert dato 04.05.2016	Veiledere Bjarne Christian Hagen og Vegard Ervik Olsen

Ekstrakt

Veiledningen til Byggteknisk forskrift angir at avtrekkskanaler fra kjøkken i boenheter skal utføres med brannmotstand EI 15 A2-s1,d0. Krav i TEK10 om minimumshøyde i rom, og krav til total høyde på bygget, fører til at dette ofte byr på problemer i prosjekteringen av nye bygg.

Nye tekniske installasjoner som reduserer faren for brann på komfyren, samtidig som det er utført lite forskning på temaet, gjør det interessant å undersøke om det faktisk er fare for brannspredning fra en uisolert avtrekkskanal. For å løse oppgaven blir det gjennomført et litteratursøk etter relevant forskning, observasjon av avtrekkskanaler i boliger, og flere forsøk for å undersøke faren for brannspredning fra avtrekkskanal til kjøkkenredning ved en komfyrrbrann.

Forsøkene beskrevet ovenfor viser at en brann kan spre seg til avtrekkskanalen. Men med tanke på krav til komfyrvakt er sannsynligheten liten. Videre viser forsøkene at det er liten sannsynlighet for brannspredning fra avtrekksrør til anliggende konstruksjoner på grunn av det relativt korte brannforløpet.

Forord

Jeg vil med dette takke for tre fine år ved Høyskolen Stord/Haugesund. Det har vært en veldig lærerik tid og jeg føler jeg nå innehar kompetansen for å gjøre en god jobb i arbeidslivet, selv om det nå først blir masterstudium.

Vil også rette en særdeles stor takk til veilederne mine, Bjarne Christian Hagen ved HSH og Vegard Ervik Olsen fra Rambøll for veldig gode innspill angående den avsluttende bacheloroppgaven.

Eirik H. Minde

Innholdsfortegnelse

Forord	ii
Sammendrag	viii
1 Innledning	1
1.1 Bakgrunn.....	1
1.2 Problemstilling.....	2
1.3 Fremgangsmåte	2
1.4 Begrensninger.....	3
2 Brannteori og litteraturstudium	4
2.1 Brannfirkanten.....	4
2.2 Varmetransport	7
2.3 Rombrann	9
2.4 Antennelse.....	11
2.5 Flammespredning.....	12
2.6 Utførelse av avtrekk fra kjøkken.....	14
2.7 Brannspredning fra kanal til kjøkkeninnredning	14
2.8 Bakgrunn for kravet i VTEK.....	15
2.9 Tekniske installasjoner	16
2.9.1 Komfyrvakt	16
2.9.2 Effektiviteten til fettfiltre	17
2.10 Avfetting og brann i avtrekkskanaler	18
3 Observasjon avtrekkskanaler	19
3.1 Observasjoner.....	19
4 Forsøk.....	23
4.1 Antennelsestemperatur	23
4.1.1 Forsøksoppsett.....	23

4.1.2	Resultater	25
4.2	Brannspredning i avtrekkskanaler	28
4.2.1	Forsøksoppsett	28
4.2.2	Resultater	33
5	Diskusjon	42
6	Konklusjon.....	48
7	Litteraturliste	49
	Vedlegg A.....	52

Figur 1a. Branntrekanten.	4
Figur 1b. Brannfirkanten.....	4
Figur 2. Illustrasjon av kjedereaksjonene mellom oksygen og hydrogen.	6
Figur 3. 3d-modell av ei leilighet med inntegnet ventilasjonsanlegg.	14
Figur 4a. Avtrekkskanal i leilighet nr 1.....	19
Figur 4b. Avtrekkskanal i leilighet nr 2.....	19
Figur 5a. Avtrekkskanal i leilighet nr 3.....	20
Figur 5b. Avtrekkskanal i leilighet nr 4.....	20
Figur 6a. Avtrekkskanal i leilighet nr 5.....	21
Figur 6b. Avtrekkskanal i leilighet nr 6.....	21
Figur 7. Nærbilde av avtrekkskanalen i leilighet nr 5.	21
Figur 8. Fett skrapet av innsiden fra flere forskjellige brukte avtrekkskanaler.	24
Figur 9. Fett samlet fra overside av ventilator fra storkjøkken.....	24
Figur 10. Oppvarming av fett fra gamle avtrekkskanaler i leiligheter.	26
Figur 11. Testing av fett fra kjøkkenventilator fra storkjøkken.....	27
Figur 12. Riggene brukt i forsøkene.	29
Figur 13a. Oppsett av rigg-1.....	30
Figur 13b. Oppsett av rigg-2.....	30
Figur 14. Termoelementenes plassering.....	31
Figur 15. Temperaturmålinger for forsøk med 1 dl solsikkeolje.....	33
Figur 16. Temperaturmålinger for forsøk med 2 dl solsikkeolje.....	34
Figur 17. Innsiden av spirør med gammelt fettbelegg etter forsøket. Venstre er oversiden, mens høyre er undersiden.	35
Figur 18. Bilder av riggen etter forsøket med spirør med fettbelegg på innsiden.....	35
Figur 19. Temperaturmålinger for forsøk 1 med formfett.....	36
Figur 20. Temperaturmålinger for forsøk 2 med formfett.....	37
Figur 21. Temperaturmålinger for forsøk 3 med formfett.....	37
Figur 22. Temperaturmålingen for heptan med rør i bunn.	38
Figur 23. Bilder av riggen før og etter forsøk med heptan.	39
Figur 24. Bilder av bomull etter forsøk med heptan i røret.....	39
Figur 25. Temperaturmålinger for heptan med røret 3-6 mm fra øverste sponplate.....	40
Figur 26. Bilde av øverste sponplate etter forsøk med heptan.	41

Tabell 1. Egenskaper som påvirker flammespredningshastigheten.	13
Tabell 2. Spontan antennelsestemperatur for materialer i kjøkkeninnredning.	15
Tabell 3. Hvilke leiligheter avtrekkskanaler ble inspisert.	19
Tabell 4. Avstander for termoelementene.	31
Tabell 5. Spontan antennelsestemperatur for forskjellige typer matfett.	43

Sammendrag

Veiledningen til Byggteknisk forskrift angir at avtrekkskanaler fra kjøkken i boenheter skal utføres med brannmotstand EI 15 A2-s1,d0. Krav i TEK10 om minimumshøyde i rom, og krav til total høyde på bygget, fører til at dette ofte byr på problemer i prosjekteringen av nye bygg.

Kravet ble tatt inn i veiledningen i 1987 basert på anbefalinger fra Norges branntekniske laboratorium og erfaring fra tidligere branner. Nye tekniske installasjoner som reduserer faren for brann på komfyren, samtidig som det er utført lite forskning på temaet, gjør det interessant å undersøke om det faktisk er fare for brannspredning fra en uisolert avtrekkskanal. For å løse oppgaven blir det gjennomført et litteratursøk etter relevant forskning, observasjon av avtrekkskanaler i boliger, og flere forsøk for å undersøke faren for brannspredning fra avtrekkskanal til kjøkkenredning ved en komfyrbrann.

Observasjoner av avtrekkskanaler i leiligheter viste at det bare er et tynt fettlag som avsettes. Samtaler med fagpersoner om deres erfaringer med fettavsetning ga samme svar, i tillegg til at fettlaget ofte bare går ca. 1 meter inn i kanalen.

Forsøkene viser at en brann kan spre seg til avtrekkskanalen. Men med tanke på krav til komfyrvakt er sannsynligheten liten. Videre viser forsøkene at det er liten sannsynlighet for brannspredning fra avtrekksrør til anliggende konstruksjoner på grunn av det relativt korte brannforløpet.

1 Innledning

1.1 Bakgrunn

Byggteknisk forskrift (TEK10) er en forskrift til Plan- og bygningsloven som setter krav blant annet til dokumentasjon og sikkerhet mot brann for et hvert tiltak som skal gjennomføres. Forskriften har ei veiledning (VTEK) som forklarer forskriftens krav, utdyper innholdet i dem og gir føringer for hvordan kravene kan etterkommes i praksis. Føringerne i VTEK for hvordan kravene i TEK10 kan oppfylles, betegnes som preaksepterte løsninger. Disse kan ikke fravikes med mindre det verifiseres ved analyse at de alternative løsningene oppfyller funksjonskravene satt i TEK10.

Sikkerhet mot brann er viet et eget kapittel i TEK10. I § 11-10 om tekniske installasjoner står det [1]: «Tekniske installasjoner skal prosjekteres og utføres slik at installasjonen ikke øker faren vesentlig for at brann oppstår eller at brann og røyk sprer seg.»

I veiledningen står det beskrevet en preakseptert ytelse til dette leddet når det gjelder ventilasjonsanlegg [1]: «Avtrekkskanaler fra kjøkken i boenheter o.l. må utføres med brannmotstand EI 15 A2-s1,d0 hvis de ikke ligger i sjakt. I tilslutning mellom komfyrhette og avtrekkskanal kan det benyttes fleksible kanaler.»

Dette kravet er et gjengående tema i samtaler mellom entreprenørene og rådgivende ingeniør brann fordi det medfører problemer i forhold til høyde i hver enkelt etasje og bygget totalt. Isolasjon med brannmotstand EI 15 A2-s1,d0 er 40 mm tykk [2], noe som fører til at en isolert avtrekkskanal er 80 mm høyere enn en uisolert kanal. For et bygg med mange etasjer utgjør dette etterhvert en betydelig høydeforskjell. Med krav til minste romhøyde fra 2,2-2,4 meter [1] og krav til maksimal høyde på bygningen, fører i verste fall isolasjon av avtrekkskanalene til at bygningen må bygges en etasje lavere, noe som kan føre til store økonomiske konsekvenser blant annet i forhold til lønnsomhet.

Ved matlaging avsettes det over tid fett i avtrekkskanalene. Fett er brennbart og dermed kan et kjøkkenuhell der mat på komfyren blir antent føre til brannspredning til kanalen.

Isolasjonen har som funksjon å hindre at denne brannen sprer seg til kjøkkeninnredningen slik at et lite uhell fører til en større brann inni branncellen.

Kravet i VTEK er forholdsvis gammelt og det har siden den gang kommet nye lovverk angående tekniske installasjoner på kjøkkenet, hovedsakelig krav til komfyrvakt. Det har vært forsket lite på hvor mye fett som avsettes i avtrekkskanaler for kjøkken i boenheter, hvor brennbart dette fett er, og om det er noen fare for brannspredning fra kanalen. Det er derfor interessant å undersøke om spredning fra brann i avtrekkskanaler utgjør en fare i moderne bygninger, og om kravet om isolasjon for kanaler i VTEK faktisk kan fravikes uten noen videre kompensierende tiltak.

1.2 Problemstilling

Målet med oppgaven er å finne ut om det ved antenning av mat på komfyren er noen fare for at brannen skal spre seg til fett oppsamlet i avtrekkskanalen, og at varmetransporten gjennom den uisolerte kanalen skal føre til brannspredning til kjøkkeninnredningen rundt.

1.3 Fremgangsmåte

Et litteraturstudium er gjennomført for å finne ut bakgrunnen for kravet i VTEK, hva forskningen sier om problemstillingen, og om det er noen kjente tilfeller der en brann har startet på komfyren og spredt seg til avtrekkskanalen på kjøkken i bygg med boenheter.

For å danne seg et bilde av hvor mye fett som blir avsatt i avtrekkskanaler i vanlige boliger ble det gjort observasjoner i kjøkken til boenheter, samtidig som fagpersoner ble intervjuet om deres erfaring med fettavsetning.

Til slutt ble det utført forsøk for å undersøke hvordan en brann i en avtrekkskanal oppfører seg, der det ble lagt vekt på å observere hvor lenge det brenner, hvordan den sprer seg i kanalen, og fare for spredning til materialer rundt kanalen.

1.4 Begrensninger

Oppgaven tar kun for seg avtrekkskanaler fra kjøkken i boenheter. Det sees ikke på kravet når det gjelder kanaler for storkjøkken, der de skal utføres i EI 30 A2-s1,d0.

For småhus er det ingen krav til isolasjon, kun at avtrekkskanalen utføres i ubrennbart materiale.

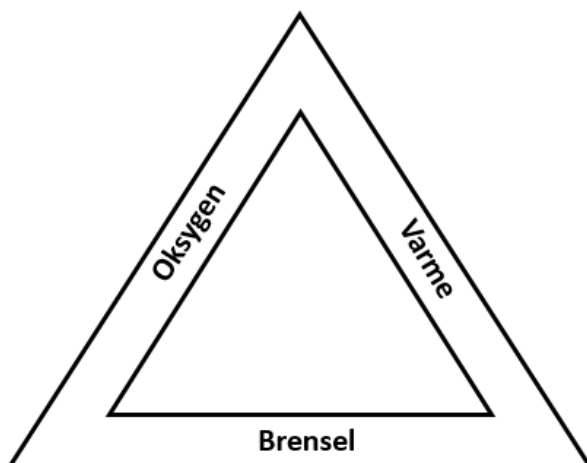
I VTEK er småhus definert som eneboliger, tomannsboliger og andre lave byggverk med et lite antall mennesker [1].

2 Brannteori og litteraturstudium

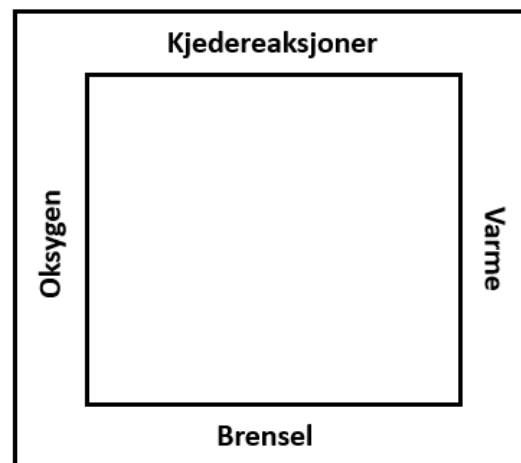
En brann er definert som en uønsket eller ukontrollert forbrenningsprosess som kjennetegnes av varmeavgivelse ledsaget av røyk, flamme eller gløding [3]. Det er en kompleks prosess som inneholder flere kjemiske og fysiske delprosesser som blant annet antennelse, forbrenning, brann- og røykspredning. God kjennskap til flere forskjellige emner innen fysikk og kjemi er dermed nødvendig for å forstå og forklare fenomenet brann.

2.1 Brannfirkanten

Det er vanlig å fremstille at det som trengs for å starte og opprettholde forbrenningen i en brann er brensel, oksygen og varme. Dette illustreres ofte i en branntrekant som vist i figur 1a.



Figur 1a. Branntrekanten.



Figur 1b. Brannfirkanten.

Dette er en tilstrekkelig illustrasjon for allmennheten som en innføring i brannkjemi, men den overser en fjerde del som også må være til stede for å starte forbrenningen, nemlig kjedereaksjoner. Branntrekanten utvides dermed til en brannfirkant som vist i figur 1b.

Brensel forekommer i tre aggregattilstander: fast stoff, væske og gass. For at en forbrenning og brann skal finne sted, må brenselet være i form av gass [4]. Det vil si at fast stoff og væske må omdannes til gass for at forbrenningen skal kunne starte. Væske blir til gass ved fordampning, mens fast stoff enten må smelte først eller sublimeres. Sublimasjon er når et fast stoff går direkte over til gass uten å smelte først. Trevirke er et eksempel på et fast stoff

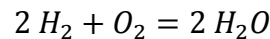
som brenner ved sublimasjon. Etterhvert som trevirket blir varmet opp, avgis det gass direkte som kan antennes. Denne kjemiske spaltningen av et stoff påvirket av varme slik at det avgis gass kalles pyrolyse.

Oksygen vil være tilgjengelig gjennom luft som blir trukket inn i forbrenningssonen på grunn av trykk- og tetthetsforskjeller. Hvor mye oksygen som trengs for å få en antennelse og holde forbrenningen i gang kommer an på temperatur, trykk og den kjemiske sammensetningen av stoffet [5]. Luft inneholder vanligvis 20,95 % oksygen, og tilfører dermed forbrenningen tilstrekkelig oksygen så lenge lufttilgangen er tilfredsstillende. Hvis lufttilgangen hindres kan det etterhvert oppstå oksygenmangel. Dette skjer vanligvis ved at brannen har fått utviklet seg så mye slik at all oksygen i rommet er brukt opp, og at det må tilføres mer luft for at brannen skal kunne fortsette. Dette kan skje ved at dører eller vinduer åpnes eller knuses.

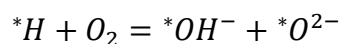
For å få en antennelse må det frigjøres tilstrekkelig energi fra en kjemisk reaksjon til at reaksjonen kan fortsette uten ekstern energitilførsel [6]. Deretter for at forbrenningen skal kunne opprettholdes må energiproduksjonen være større enn energitapet. I en brann blir energi produsert som varme, så varme må tilføres eller produseres av materialet selv for å få en antennelse, og varmeproduksjonen i forbrenningssonen må være større enn varmetapet for at brannen skal fortsette.

En kjemisk reaksjon beskrives gjerne ved hjelp av reaksjonsligninger, der summen av reaktanter er lik summen av produkter. I en forbrenningsprosess reagerer et brensel med oksygen i lufta og danner produkter [6]. Ved en fullstendig forbrenning blir all brensel og oksygen brukt opp, det vil si at det ikke vil være reaktanter blant sluttproduktene. I en typisk brann vil derimot blandingsforholdet mellom luft og brensel være varierende, og det vil forekomme mye ufullstendig forbrenning. I en ufullstendig forbrenning vil deler av de opprinnelige reaktantene også være en del av sluttproduktene. Man skiller mellom to typer ufullstendige forbrenninger. Den ene kalles brenselsfattig og vil si at det ikke er nok brensel til å forbruke all oksygen i lufta. Når det er underskudd av oksygen slik at ikke all brensel blir forbrukt, kalles blandingen brenselsrik.

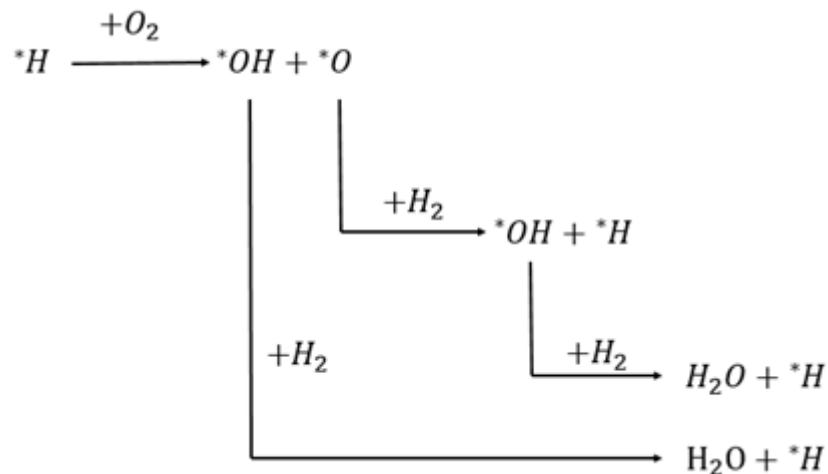
For å forklare reaksjonene som foregår i en brann brukes en støkiometrisk forbrenning mellom oksygen og hydrogen som eksempel [5]:



To hydrogenmolekyler og ett oksygenmolekyl danner to vannmolekyler. Ut fra denne reaksjonsligningen ser det ut som dette foregår i en reaksjon, men dette er en forenkling av virkeligheten. I realiteten foregår det mange mellomliggende prosesser som blir kalt kjedereaksjoner eller katalytiske-reaksjoner. I disse mellomliggende reaksjonene inngår også frie radikaler som er nødvendige for å holde prosessen i gang. I frie radikaler er det ytterste elektronskallet til atomet, ionet eller molekylet ikke fylt opp med elektroner. Antallet ledige plasser i det ytre elektronskallet blir markert med *, for eksempel *H. For forbrenningen mellom hydrogen og oksygen vil hydrogenmolekylet splittes slik at det dannes enslige hydrogenatomer. Disse atomene vil deretter reagere med et oksygenmolekyl i følgende reaksjonsligning:



Flere delprosesser følger som vist i figur 2. Ladningene til ionene er ikke inkludert i skjemaet for enkelthetens skyld.



Figur 2. Illustrasjon av kjedereaksjonene mellom oksygen og hydrogen.

Sluttproduktene er da to vannmolekyler og to hydrogenioner der sistnevnte igjen reagerer med to oksygenmolekyler, og prosessen i skjemaet gjentar seg.

Forbrenningen mellom hydrogen og oksygen er en veldig enkel reaksjon med tre kjedereaksjoner. I forbrenninger med mer kompliserte stoffer kan antall reaksjoner være hundrevis.

De fire delene i brannfirkanten er dermed brensel, varme, oksygen og kjedereaksjoner. For å slokke en brann er det nok å hindre tilgang til en av disse delene: Fjerne brenselet, kjøle ned, hindre tilgang til oksygen, eller stoppe kjedereaksjonene.

2.2 Varmetransport

Ved et brannforløp vil det bli produsert store mengder energi. Mye av denne energien transporteres bort fra forbrenningssonen gjennom varmetransport, der varme er definert som energi som strømmer fra et varmt til et kaldt sted på grunn av temperaturforskjeller [6]. Varme kan transporteres på tre forskjellige måter: varmeledning (konduksjon), konveksjon og varmestraling. Alle disse måtene har sin rolle i et brannforløp, men i hvor stor grad kommer an på hvilken fase brannen er i, og hvilket sted det er snakk om.

Varmeledning skjer ved at atomer og molekyler med forskjellig kinetisk energi påvirker hverandre [5]. Dette er varmetransporten som ofte er assosiert med faste stoffer, selv om den også forekommer i fluider. I faste stoffer er det frie elektroner som overfører energien, mens det i fluider er kollisjoner mellom atomer og molekyler som står for overføringen. Formelen for varmeledning uttrykkes ved Fouriers lov [7]. Den sier at varmefluksen er direkte proporsjonal med temperaturgradienten, og er gitt ved:

$$\vec{q}'' = -k\nabla T$$

Hvor

\vec{q}'' er varmefluksen per arealenhet (W/m^2).

k er materialets spesifikke varmeledningsevne ($\text{W}/\text{m} \cdot \text{K}$).

∇T er temperaturgradienten i materialet.

Som formelen viser er varmetransport en vektor med størrelse og retning, men for enkelthetens skyld droppes vektortegnet i videre beskrivelser. Siden varme transporteres fra et varmt til kaldt område, vil temperaturgradienten være negativ, slik at varmefluksen blir positiv. Den spesifikke varmeledningsevnen beskriver hvor lett varme strømmer gjennom et materiale [5]. Høy verdi tilsier at materialet leder varme godt, mens lav verdi tilsier mindre varmeledningsevne. Som en generell regel er materialer som leder varme godt også gode elektriske ledere. Selv om den spesifikke varmeledningsevnen i realiteten er avhengig av temperaturen i materialet, brukes det ofte en konstant verdi for k . Ved større temperaturforskjeller vil det dermed bli unøyaktigheter.

Konveksjon er varmetransport mellom et fast stoff og et omliggende fluid. Denne varmetransporten er egentlig også varmeledning via et lag med væske-molekyler som ligger i ro ved overflaten til den aktuelle flaten [5]. Siden konveksjon har stor innflytelse på varmetransport ved en brann bør den sees på som en egen transportmetode. Varmefluksen ved konveksjon er gitt ved [7]:

$$\dot{q}'' = h(T - T_s)$$

Hvor

\dot{q}'' er varmefluksen per arealenheter (W/m^2).

h er konveksjonsfaktoren ($\text{W}/\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$).

T er temperaturen til fluidet ($^\circ\text{C}$).

T_s er temperaturen på overflaten til det faste stoffet ($^\circ\text{C}$).

Ved konveksjon skilles det mellom tvungen og fri konveksjon [6]. Naturlig konveksjon forekommer når fluidet beveger seg på grunn av temperatur- og tetthetsforskjeller, mens tvungen konveksjon forekommer når fluidet blir satt i bevegelse av for eksempel vifter. Konveksjonsfaktoren h er avhengig av flere ting som geometrien til det faste stoffet og egenskaper til fluidet. Typiske verdier ligger mellom $5\text{-}25 \text{ W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$ for fri konveksjon og mellom $10\text{-}500 \text{ W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$ for tvungen konveksjon.

Varmestråling er elektromagnetisk varmetransport fra objekter som har en temperatur over det absolutte nullpunkt [5]. Ulikt varmeledning og konveksjon, trenger ikke varmestråling et medium å transportere energien igjennom. Varmestråling fra et objekt kan uttrykkes ved [6]:

$$\dot{q}'' = \phi \varepsilon \sigma T^4$$

Hvor

ϕ er synsfaktoren (-).

ε er emissitet (-).

σ er Stefan-Boltzmanns konstant ($5,67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$).

T er temperaturen til objektet (K).

Emissiteten til et objekt er forholdet mellom grå og svarte legemer. Et svart legeme er en perfekt avsender av varmestråling, det vil si at emissiteten er 1. I virkeligheten er ingen objekter svarte legemer så emissiteten vil være et sted mellom 0 og 1.

Varmestråling fra et objekt vil, avhengig av geometrien til objektet, stråle utover i alle retninger. Intensiteten av varmestrålingen mottatt på en annen overflate fra strålingsobjektet, uttrykkes ved synsfaktoren ϕ som avhenger av det geometriske forholdet mellom objektene.

2.3 Rombrann

En rombrann kan utvikle seg på mange forskjellige måter avhengig av faktorer som rommets geometri, ventilasjonsåpninger, brenselets egenskaper, geometri og mengde, og vegger og takets termiske egenskaper [7]. Det er vanlig å dele en rombrann inn i forskjellige faser etterhvert som brannen utvikler seg, og disse fasene har ofte en stor sammenheng med temperaturen i rommet. Brannen trenger likevel ikke nødvendigvis å være innom hver fase i løpet av brannforløpet.

Fasene er:

- Antennelse
- Vekst
- Full utviklet rombrann
- Utbrenning

En brann starter ved at et fast stoff, væske eller gass blir antent. Årsakene til antennelse kan være mange, blant annet gnist, elektrisk feil, spontanantennelse eller selvantennelse [4]. Denne fasen vil være kort, nærmest momentan og etter antennelse går brannen over til vekstfasen. Når antennelse har funnet sted, vil brannen utvikle seg og vokse. Hvor raskt brannen vokser, vil i begynnelsen av denne fasen hovedsakelig komme an på brenselet som for eksempel hvilket materiale, hvor stor mengde, plassering og brenselets geometri [7]. Dette kalles at brannen er brenselskontrollert. Brannen produserer røykgasser som stiger mot taket i en røyksøyle på grunn av temperatur- og tetthetsforskjeller. Turbulens bidrar til å trekke luft inn i søylen slik at en blanding av varme røykgasser og luft stiger mot taket og brer seg utover til det treffer veggene. Dette røyksjiktet vil bli tykkere etterhvert som mer røykgasser produseres slik at det vil synke mot gulvet. Det vil hovedsakelig være varmeledning og konveksjon som bidrar til varmetransporten i begynnelsen av vekstfasen. Varmeledning skjer via brennbare materialer som er i kontakt med gjenstander som er så varme at brannen får mulighet til å spre seg til nye materialer. Det varme røyksjiktet vil varme opp overflater i rommet gjennom konveksjon, slik at de lettere antennes. Hvis brannen får utvikle seg såpass mye at det blir en større flamme og røyksjiktet får en betydelig temperatur, vil også varmestrålingen bidra til videre oppvarming av overflater i rommet.

Etterhvert som brannen vokser kan den utvikle seg på tre forskjellige måter: slukke, brenne konstant eller vokse [5]. Hvis brannen forbruker mer brennbar gass enn den er i stand til å produsere, vil brannen gå til utbrenningsfasen og slukke. Hvis brannen har brukt opp all oksygen i rommet mens den ennå er i vekstfasen, vil den også slukke. Når dette skjer sier man at brannen er ventilasjonskontrollert. Hvis rommet etterhvert får tilført mer luft gjennom at vinduer knuses eller dører åpnes, vil brennbare materialer eller brannrøyk i rommet kunne spontanantenne så fremt temperaturen er høy nok. I verste fall kan det da

oppstå en backdraft [7]. Når varm brannrøyk blandes med luft vil man kunne få en blanding med høy energi. Hvis denne blandingen blir antent kan man få en eksplosjonsartet forbrenning, der røyken ekspanderer raskt og flammen kan stå langt ut av ventilasjonsåpningen.

Hvis brannen gjennom hele vekstfasen har nok brennbart materiale og rikelig tilgang til oksygen, vil den kunne utvikle seg til en fullt utviklet rombrann. I denne fasen brenner alt brennbart materiale i rommet, og brannen kan ikke bli større uten å spre seg til andre rom [7]. Skjer overgangen fra vekstfasen til fullt utviklet rombrann raskt, sier man at det har skjedd en overtenning.

En fullt utviklet brann har et meget stort forbruk av brennbart materiale. Etterhvert vil nesten alt brennbart materiale være brent opp slik at brannen begynner å minske i omfang. Den har da gått over i utbrenningsfasen.

2.4 Antennelse

Antennelse er definert som starten av en forbrenning [3]. Antennelse kan forekomme på tre forskjellige måter: pilotantennelse, spontanantennelse eller selvantennelse. Pilotantennelse er antennelse av brennbare gasser eller damper ved en sekundær energikilde, slik som en flamme, gnist, elektrisk lysbue eller glødende metalltråd [3]. Pilotantennelse kan forekomme når et stoff har nådd antennelsestemperaturen, som er den laveste temperaturen der et stoff kan antennes og oppnå vedvarende forbrenning under angitte prøvingsbetingelser. Spontanantennelse er antennelse av et stoff med tilførsel av varme utenfra, men uten tennkilde [3]. Stoffet antennes ved spontan antennelsestemperatur, som er den laveste temperaturen der det under angitte prøvebetingelser oppnås antennelse ved oppvarming uten annen tennkilde. Selvantennelse er antennelse av et stoff uten tilførsel av varme utenfra (selvoppvarming), der temperaturøkningen skyldes eksoterme reaksjoner i selve materialet [3].

Det er funnet eksperimentelt at brennbare gasser blandet med luft kun kan antennes hvis konsentrasjonen av gass er innen gitte grenser [4]. Disse grenseverdiene kalles nedre

brennbarhetsgrense og øvre brennbarhetsgrense [3]. Hvis luft/brenselsforholdet er innen dette området, er en liten gnist nok til å gi antennelse.

Alle væsker over det absolutte nullpunkt fordampes hvis overflaten er i kontakt med luft [4]. Ved antennelse av væsker er det denne dampen som brenner når den blandes med luft. For at antennelse skal kunne finne sted må gass/luftblandingen være innenfor brennbarhetsgrensene. Den laveste temperaturen der denne blandingen kan antennes, er flammepunktet. Ved denne temperaturen er avdampingen fra væska akkurat tilstrekkelig til å havne innenfor nedre brennbarhetsgrense. Ved denne temperaturen vil det likevel bare bli en kort flamme som slokker med en gang tennkilden fjernes [6]. For å få en varig flamme, må væska varmes opp til antennelsestemperaturen. Flammen vil deretter vokse, og brannens maksimale energiproduksjon nås når overflaten på væska når kokepunktet.

Den vanligste måten faste materialer antennes på er ved pyrolyse som beskrevet i kapittel 2.1 [4]. I enkelte porøse materialer kan antenning forekomme på grunn av foregående ulming. For å finne antennelsestemperaturen kan det antas samme prinsipp som for væsker, at antennelsestemperaturen er den laveste temperaturen der pyrolyseproduktene nær overflaten gir en varig flamme. En metode for å finne denne temperaturen er å bruke et termoelement koblet til materialets overflate som registrerer temperaturen under oppvarming til antennelse. Forskning har vist at denne temperaturen må brukes med forsiktighet, siden det er flere andre faktorer som spiller inn [6]. Blant annet har antennelsestemperaturen vist seg å bli høyere ved tvungen konveksjon enn ved fri konveksjon.

2.5 Flammespredning

Hvor raskt en brann vokser, vil komme an på hvor hurtig flammen klarer å spre seg til et større område [6]. Flammespredning kan sees på som en avanserende flammefront, der flammene på kanten både fører til oppvarming av nærliggende materialer, og som kilde til en pilotantennelse. Hvor raskt en flamme sprer seg over brennbar væske er avhengig av temperaturen til væska, og spesielt om denne er under eller over væskas flammepunkt eller antennelsestemperatur. Væsker må varmes opp til antennelsestemperaturen for å kunne antennes. Hvis temperaturen i væska er ujevn, dvs at væskeoverflaten har en temperatur

under antennelsestemperaturen utenfor flammesonen, må den varmes opp før den kan antennes. I slike tilfeller blir flammespredningshastigheten forholdsvis lav. For væsker over antennelsestemperaturen vil flammen spre seg hurtigere siden luft/brenselblandingen over hele overflaten er brennbar. Flammespredningshastigheten har vist seg å øke med temperaturen inntil den når et platå, som er der luft/brenselblandingen fordampet fra væskeoverflaten danner et støkiometrisk forhold.

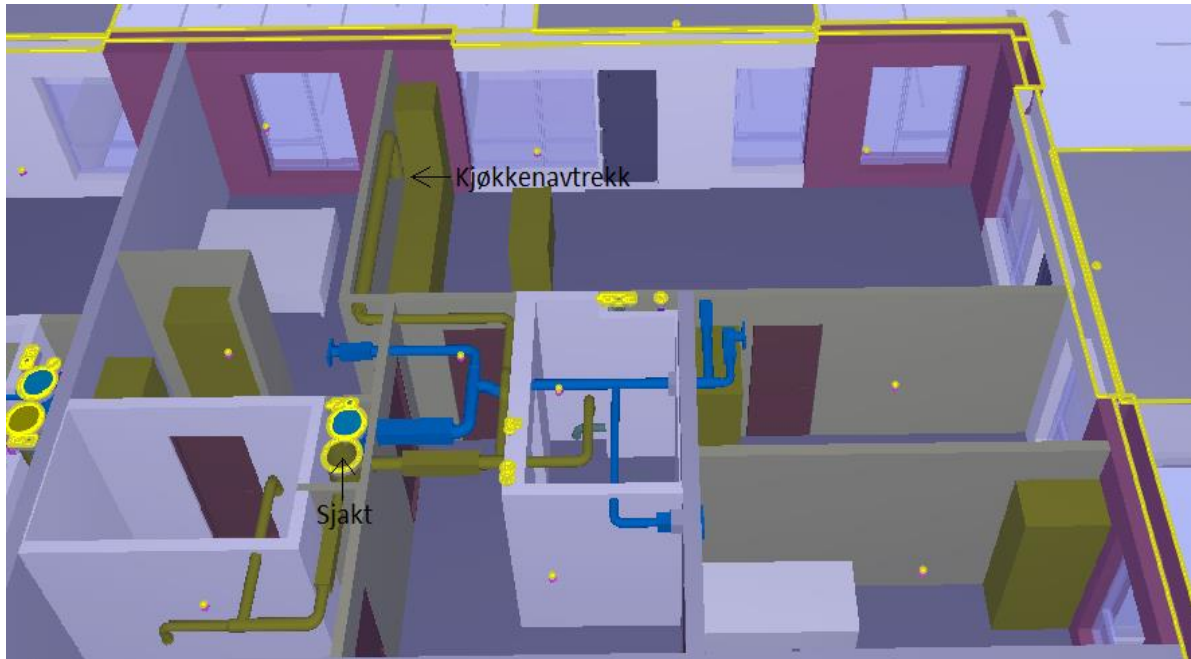
Flammespredning over faste stoffer foregår på lignende måte som for væsker under antennelsestemperatur [6]. Flammen varmer opp materialet utenfor flammesonen, og når tenntemperatur er nådd sprer flammen seg videre. I motsetning til væsker der temperaturen er den viktigste faktoren når det gjelder flammespredningshastigheten, er det flere egenskaper ved faste stoffer som påvirker spredningen, listet opp i tabell 1.

Tabell 1. Egenskaper som påvirker flammespredningshastigheten.

Materialeegenskaper		Omgivelsesegenskaper
Fysiske	Kjemiske	
Initiell temperatur	Sammensetning av brensel	Sammensetning av atmosfæren
Tykkelse	Tilstedeværelse av brannhemmende stoffer	Trykk
Varmekapasitet		Temperatur
Termisk konduktivitet		Hastighet til luft
Geometri		
Tetthet		
Kontinuitet		

2.6 Utførelse av avtrekk fra kjøkken

For å få en oversikt over hvordan prosjekteringen og utførelsen av et avtrekksanlegg fra kjøkken utføres i bygg med mange boenheter, ble det gjennomført en samtale med brannrådgiver Vegard Ervik Olsen i Rambøll. Figur 3 viser en 3d-modell av en typisk måte å utføre ventilasjonen i ei leilighet, der overskapene på kjøkkenet ikke er tegnet inn.



Figur 3. 3d-modell av ei leilighet med inntegnet ventilasjonsanlegg.

De grønnbrune rørene er avkast, mens de blå er tilluft. Avtrekkskanalen på kjøkkenet er bygd inn i kjøkkeninnredningen og går vertikalt opp fra ventilatoren til taket, og deretter horisontalt gjennom overskapene, før den føres til sjakten. Kanalen blir festet slik at den henger fra etasjeskilleren. Materialet brukt i kjøkkeninnredninger er varierende, for eksempel sponplater dekket med en type belegg som melaminfolie og polypropylenplast, eller malte trefiberplater [8].

2.7 Brannspredning fra kanal til kjøkkeninnredning

Ut fra det som er skrevet om varmetransport og antenning, kan det nå beskrives hvordan en brann sprer seg fra en avtrekkskanal til kjøkkeninnredningen. Varm røyk fra brannen vil varme opp innsiden av kanalen gjennom konveksjon, og flammen og den varme røyken vil varme opp metallet på innsiden gjennom varmestråling. Varme vil bli transportert gjennom metallet fra innsiden av kanalen til utsiden ved varmeledning. Hvis kanalen er i direkte

kontakt med brennbare materialer på utsiden, kan varmeledning fra kanalen til materialet føre til antennelse hvis varmetransporten er så stor at spontan antennelsestemperaturen blir nådd. Siden det ikke er en åpen flamme tilstede som kan gi en pilotantennelse, må det brennbare materialet rundt røret varmes opp til spontan antennelsestemperatur for å få en antennelse. I tilfellene der det ikke er direkte kontakt mellom kanal og brennbare materialer, vil varmen transporteres ved konveksjon mellom kanal og materialet rundt. På grunn av varmetap vil luften være varmest inntil kanalen, og deretter bli kaldere lenger vekk. Dette vil i praksis si at hvis materialet rundt kanalen skal varmes opp til spontan antennelsestemperaturen, må overflaten på kanalen være høyere enn denne igjen. Siden temperaturen i luften reduseres med avstanden, vil det med større avstand fra kanalen til brennbare materialer føre til at det er nødvendig med enda høyere temperatur på kanaloverflaten for at materialet rundt skal antennes.

Som nevnt i kapittel 2.6 utføres kjøkkeninnredninger ofte i materialer i spon dekket med melamin eller polypropylen. Siden testing av antennelsestemperatur for faste stoffer er en vrien oppgave, varierer denne temperaturen veldig i litteraturen. Tabell 2 viser variasjonen i spontan antennelsestemperatur funnet for disse materialene [4].

Tabell 2. Spontan antennelsestemperatur for materialer i kjøkkeninnredning.

Material	Spontan antennelsestemperatur
Melamin	433-729 °C
Polypropylen	325-533 °C
Sponplater	364-422 °C

2.8 Bakgrunn for kravet i VTEK

Første gang kravet om isolasjon av avtrekkskanal fra kjøkken stod beskrevet i norske regelverk, er i veiledningen til Byggeforskrift 1987 – Rett og slett, der det står [9]:

«Avtrekkskanaler fra kjøkken i boenheter o.l. bør utføres i A15 hvis de ikke ligger i sjakt. Tilknytning mellom komfyrhette og avtrekkskanal kan innenfor oppstillingsrommet utføres av fleksibel kanal som er typegodkjent for slik bruk».

Det eneste som er endret i VTEK i forhold til dette er ordlyden fra bør (en anbefaling) til skal (et absolutt krav), noe som ble gjort fra og med 3.utgave av veiledningen til Byggt teknisk forskrift 1997 [10].

Direktoratet for byggkvalitet er forvalter av byggelovene med forskrifter i Norge. De ble kontaktet og forespurt om bakgrunnen for kravet i VTEK. Svaret fra senioringeniør Trond S. Andersen var at kravet ble tatt inn basert på anbefalinger etter erfaringer fra branner, og anbefaling fra tidligere Norges branntekniske laboratorium. Altså at det ikke var noe konkret forskning eller forsøk bak kravet. I tillegg nevnte han at de per dags dato ikke har noen erfaringer som tilsier at kravet bør endres eller frafalles i kommende forskrifter eller veiledninger. Han bekreftet også at hensikten med kravet er å hindre spredning fra en brann i avtrekkskanalen til materialene rundt.

Som et tillegg kan det nevnes at Sverige har tilsvarende krav i deres forskrift tilsvarende TEK10, EI 15, eller E 15 hvis det er minst 30 mm til brennbart materiale [11]. Om det er tilfeldig at kravene er lik, eller om det er brukt samme anbefalinger er ukjent.

2.9 Tekniske installasjoner

2.9.1 Komfyrvakt

Nek 400 er en samling av delnormer som det henvises til i Forskrift om elektriske lavspenningsanlegg for hvordan sikkerhetskravene i forskriften kan oppfylles. I Nek 400:2010 ble det stilt krav om at det ved bruk av platetopp skal anordnes beskyttelsestiltak som sørger for utkobling av strømtilførselen til platetoppen dersom det ved bruk av platetoppen oppstår fare for overoppheting. Måten dette kravet oppnås på er ved å installere komfyrvakt [12].

En komfyrvakt består av to deler: en sensor som plasseres over platetoppen, og en strømbryter som ligger skjult bak komfyren eller er plassert i sikringsskapet [13]. Sensoren overvåker platetoppen, og hvis denne oppdager at det er fare for brann, utløser den en alarm. Om ingen reagerer på denne, gir sensoren beskjed til strømbryteren om å kutte strømmen til komfyren.

Frem til 2014 var det ikke noe krav eller standard for hvordan komfyrvakten skulle fungere, men i den nye utgaven av Nek 400 gjeldende fra juli 2014 står det at beskyttelsesutstyret skal være av klasse B eller klasse AB, og i samsvar med en nyutviklet standard kalt NEK EN

50615 [14]. Klasse B vil si at komfyrvakten skal virke forebyggende ved å koble ut strømmen til komfyren før antennelse, mens klasse AB i tillegg til den forebyggende funksjonen skal ha en innebygd slokkingsmekanisme. Testene komfyrvaktene må bestå for å bli godkjent for klasse B, og dermed også klasse AB, innebærer at strømmen skal kuttes før en angitt mengde solsikkeolje når 330°C (dvs før antennelse) og at oljen ikke skal antennes innen 10 minutter etter strømutførelse [15].

EFP Nordic er en produsent av komfyrvakter som tilfredsstiller kravene i NEK EN 50615. Gjennom Øystein Roman i EFP ble det gitt tilgang til testrapporter til noen av deres komfyrvakter, utført av SP Fire Research som tester komfyrvakter i henhold til NEK EN 50615 [16] [17]. På grunn av at flere komfyrvakter ble testet samtidig ble strømmen til komfyren slått av manuelt, slik at temperaturen i olja i noen tilfeller ble høyere enn hvis komfyrvakten hadde kuttet strømtilførselen. I de fleste tilfellene ville komfyrvakten kuttet strømmen godt før grensen på 330 °C, mens den i enkelte tilfeller ble kuttet like oppunder grensen. Testene viste også at temperaturen i olja kan stige noe etter strømstans, der maksimal temperatur ble målt til ca. 345 °C. Det er likevel godt under spontanantennelsestemperaturen til de fleste oljer som er fra 405 °C til 435 °C [18].

2.9.2 Effektiviteten til fettfiltere

Energimerking av kjøkkenventilatorer skal bli utført etter delegert kommisjonsforordning (EU) nr. 65/2014 [19]. Et av punktene der er klassifisering av fettfiltereffektivitet, der klasse A er best og klasse G dårligst [20]. Produktinformasjonen til ventilatorer til kjente produsenter ble undersøkt på deres nettsider, og de er oftest klassifisert som klasse C eller D [21] [22] [23]. Klasse C vil si at fettfilteret er mellom 76 % og 85 % effektivt, mens klasse D ligger mellom 66 % og 75 %. Med andre ord så vil det alltid være fettpartikler som ikke stoppes av fettfilteret og potensielt kan fraktes videre inn i avtrekkskanalen og sette seg på overflatene der.

Undersøkelser har også vist at mange er dårlige på å vaske fettfilteret, noe som kan føre til dårligere effektivitet [24].

2.10 Avfetting og brann i avtrekkskanaler

Forskningen når det gjelder avfetting og brann i avtrekkskanaler i leiligheter er mangelfull. Det er utført en del forskning når det kommer til avfetting i avtrekk fra storkjøkken, men dette er ikke nødvendigvis relevant for boenheter [25]. I et storkjøkken lages det mat i mengder på en helt annen skala enn i en normal norsk husstand, i tillegg til mer utstrakt bruk av frityrkokere. Siden det ikke ble funnet noe relevant forskning angående avfetting i avtrekkskanaler i boenheter, ble forskjellige fagpersoner kontaktet for å høre deres erfaring med problemet.

Industri- og konsulenttjenester AS driver blant annet med rengjøring av avtrekkskanaler fra kjøkken. De rengjør hovedsakelig kanaler fra storkjøkken, men har også hatt oppdrag i leilighetsblokker. Atle Sandemæl i firmaet ble kontaktet angående deres erfaringer. Hans svar var at det noen ganger var mykt fett, mens andre ganger hardt fett. Lenger vekk fra kilden hadde fettene en tendens til å bli et hardt, omtrent forsteinet belegg. Generelt var det lite fett i kanalene fra leiligheter, men kunne være noe mer hvis husstanden brukte mer frityr.

Ruben Hinderlid jobber som blikkenslager for Norovent i Haugesund. Hans erfaring er også at det er lite fett i avtrekkskanalene. 90 % av gangene var det et hardt, tørt lag. Fettlaget går som oftest bare 50-60 cm innover i kanalen, etter det er det ingenting.

Det ble også gjennomført en samtale med Leif Madsen Bærheim i Branncon. De var involvert i et prosjekt der et titalls leiligheter i samme boligkollektiv ble undersøkt med robot. Resultatet derfra viste at det var et veldig tynt fettlag som festet seg i kanalene. Og etter den første meteren var det helt neglisjerbart.

3 Observasjon avtrekkskanaler

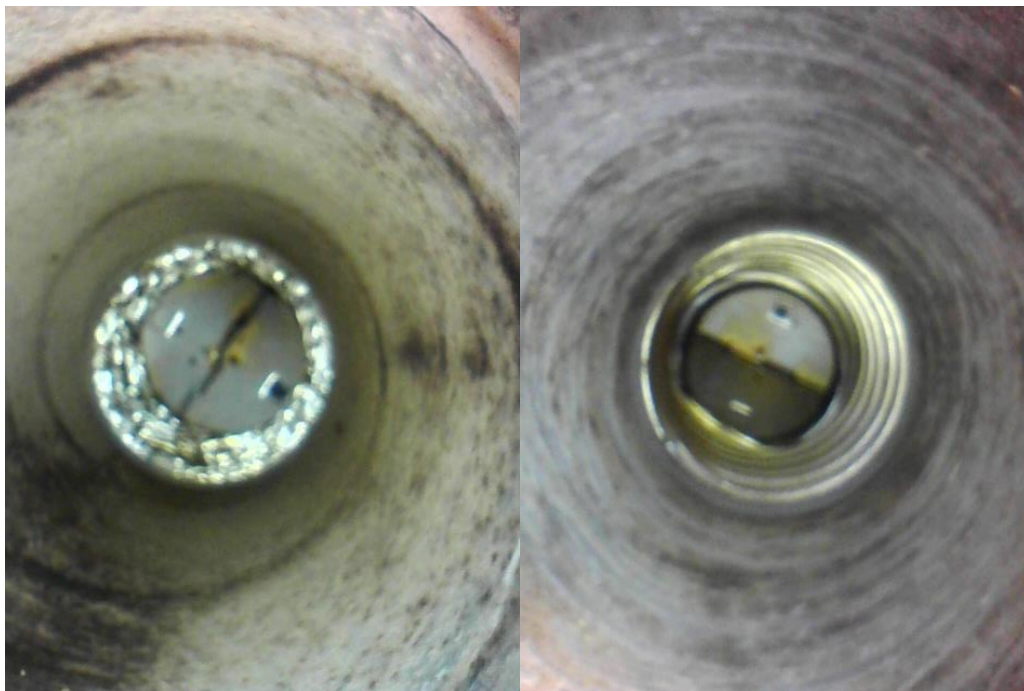
For å danne seg et bilde av hvor mye fett som blir avsatt i avtrekkskanaler i vanlige boliger ble det gjort observasjoner i kjøkken til 6 forskjellige boenheter. Boligene som ble inspisert var:

Tabell 3. Hvilke leiligheter avtrekkskanaler ble inspisert.

Leilighetsnr	Navn på bygg	Byggeår
Leilighet nr 1	Vardatun studentboliger	1986
Leilighet nr 2	Vardatun studentboliger	1986
Leilighet nr 3		Ukjent
Leilighet nr 4		Ukjent
Leilighet nr 5	Vardatun studentboliger	2010
Leilighet nr 6	Vardatun studentboliger	2010

3.1 Observasjoner

Figur 4a og figur 4b viser den første delen av avtrekkskanalen i to forskjellige leiligheter i studentboliger bygget i 1986. I disse leilighetene er det 5 personer som deler kjøkken, så det har mest sannsynlig vært mer matlaging på dette kjøkkenet enn i en leilighet beregnet for én husstand. Inspeksjonen viste et tynt belegg estimert til ca. 0,5 mm av et hardt, nesten forsteinet materiale.



Figur 4a. Avtrekkskanal i leilighet nr 1.

Figur 4b. Avtrekkskanal i leilighet nr 2.

Figur 5a og 5b viser en avtrekkskanal fra to leiligheter i ei boligblokk der byggeår er ukjent. Belegget inni kanalen var også her et tynt, hardt lag som observert i de forrige leilighetene. På grunn av vanskeligheter med tilgang til avtrekkskanalen, ble bildet i figur 5b tatt med inspeksjonskamera et stykke inn i kanalen, noe som forklarer at det er noe utydelig. Det kan likevel observeres at det er minimalt med fett som er avsatt på kanalveggene.



Figur 5a. Avtrekkskanal i leilighet nr 3.

Figur 5b. Avtrekkskanal i leilighet nr 4.

Figur 6a og 6b viser avtrekkskanalene fra to forskjellige leiligheter i studentboliger bygget i 2010. Dette er hybler der det bor én person. Bildene viser at det i disse kanalene er oppsamling av mer materiale langs rørveggene enn i de foregående kanalene. På grunn av vanskelig tilgjengelighet ble kanalene kun inspisert med kamera. I nederste del av den fleksible kanalen i tilknytning mellom ventilator og avtrekkskanal, ble det funnet en del sopp eller mugg som også kunne sees oppover i kanalen. Figur 7 viser et nærbilde av rørveggen, og det ser veldig ut som soppvekst. Som bildene viser er det et ujevnt lag, der det er steder det ikke har samlet seg noe materiale. Tidligere observasjoner har vist et jevnt fettlag som dekker hele kanalen, noe som også stemte overens med erfaringene til fagfolkene intervjuet i kapittel 2.10. Dette bekrefter mistanken ytterligere om at det er soppvekst om er avbildet i disse kanalene.



Figur 6a. Avtrekkskanal i leilighet nr 5.



Figur 6b. Avtrekkskanal i leilighet nr 6.



Figur 7. Nærbilde av avtrekkskanalen i leilighet nr 5.

Undersøkelsene viser at det er lite fett som setter fester seg i avtrekkskanaler i leiligheter. Observasjonene i fire leiligheter har vist at det fester seg et tynt, hardt belegg på

rørveggene. Samtaler utført med fagfolk innenfor temaet har fortalt at de har samme erfaring, med et tynt lag som for det meste bare går inntil 1 meter inn i kanalen.

I to av leilighetene observert ble det funnet noe mer materiale på rørveggene. Mistanken er som diskutert at dette var soppvekst. Å få dette bekreftet er likevel vanskelig uten å montere ned kanalene.

4 Forsøk

For å få en bedre forståelse av brannrisikoen av fett i avtrekkskanalen, og faren for brannspredning fra kanalen til kjøkkeninnredning, ble det utført to typer forsøk. De første forsøkene ble gjennomført for å finne antennelsestemperaturen til fett som var avsatt i gamle avtrekkskanaler, samt teste antennelsestemperaturen til andre olje- og fettyper som brukes i matlaging. I de andre forsøkene ble det testet om en brann på komfyren kan føre til brannspredning til kjøkkeninnredningen gjennom en uisolert avtrekkskanal. Det ble gjennomført ved å bygge en rigg som etterligning av trekassen som avtrekkskanalen føres gjennom inni kjøkkeninnredningen. Deretter ble det observert om det ble brannspredning til materialene rundt avtrekkskanalen ved en komfyrbrann.

4.1 Antennelsestemperatur

Fett fra gamle avtrekkskanaler ble samlet inn for å få en forståelse over når dette antennes. Det som ble testet var fett fra gamle avtrekkskanaler i leiligheter, og fett fra en gammel kjøkkenventilator brukt i et større kjøkken. Antennelsestemperaturen til solsikkeolje og formfett ble også funnet for å ha noe å sammenligne med, i tillegg til at det ble brukt som erstatning for gammelt fett i røret i senere forsøk.

4.1.1 Forsøksoppsett

Fettet som ble skrapet av innsiden av gamle avtrekkskanaler var for det meste et tørt pulver som vist i figur 8. I tilslutningen mellom avtrekkskanal og ventilator var det noe mer fettaktig masse i veldig små mengder, noe som er årsaken til klumpene i pulveret. Av det som ble skrapet av fra selve røret, var alt pulver.



Figur 8. Fett skrapet av innsiden fra flere forskjellige brukte avtrekkskanaler.

Under et besøk hos en blikkenslager ble det funnet ei gammel avtrekksvifte som typisk brukes i et større kjøkken enn det som er i leiligheter. Hvor den var brukt hadde de dessverre ikke svar på. Det ble samlet inn fett fra oversiden av viften, samt fra innsiden av en liten rørstuss på 5-10 centimeter som var skrudd fast. Fettet som ble samlet opp er vist i figur 9. Dette var mye mer fettaktig enn fettene i figur 8, og alt annet som ble observert i kanaler fra leiligheter i forbindelse med oppgaven. Observasjonene og erfaringene gjort i forbindelse med denne oppgaven tyder på at dette fettene ikke er likt det som finnes i leiligheter, der det er mye tørrere. Det ble likevel utført en test av antennelsestemperatur for det.



Figur 9. Fett samlet fra overside av ventilator fra storkjøkken.

De to siste testene ble utført med formfett og raffinert solsikkeolje. Årsaken til at dette ble gjort, var for å sammenligne antennelsestemperaturen til fett som var samlet fra avtrekkskanaler med fett som normalt brukes i matlaging.

Det ble først vurdert å utføre testene av antennelsestemperatur i en Pensky-Martens lukket kopp. Det er en mye brukt metode for å finne flammepunktet til brennbare væsker [6]. En Pensky-Martens kopp er et apparat som består av en kopp, et lokk, en røremekanisme, et termometer, en varmekilde, og en tennkildemekanisme [26]. Væska blir helt opp i koppen før den blir varmet opp, og en antenningskilde føres ned i koppen med valgte mellomrom for å forsøke å sette fyr på dampen fra væska. Ifølge ISO 15267, som er en standard for å finne flammepunktet i dyrefett og vegetabilsk fett i en Pensky-Martens kopp, skal 90 gram fett brukes for å utføre testen [27]. Mengden fett samlet opp i figur 8 og 9 er henholdsvis 13,3 gram og 14,4 gram. En Pensky-Martens kopp brukes i tillegg kun for å måle flammepunkt i væsker. Fettet i figur 8 er som et slags pulver, og det ble antatt at det ikke ble å smelte fullstendig til en væske ved oppvarming.

Siden forsøkene ikke kunne utføres lik eller tilnærmet lik prosedyren i standarden, ble det valgt en alternativ løsning for å finne antennelsestemperaturen. Testene ble gjort i en rund beholder på 5,5 cm diameter pakket inn i aluminiumsfolie for å unngå urenheter fra gamle prøver, se figur 10. Beholderen ble varmet opp på en platetopp mens en tennkilde ble tilført hvert 5. sekund når det begynte å bli godt synlig røyk fra væska. Ifølge ISO 15267 skal temperaturøkningen i væska ikke være mindre enn 5 °C og ikke mer enn 6 °C i minuttet. Dette ble heller ikke fulgt på grunn av tiden det ville tatt for å oppnå antennelsestemperaturen. Underveis i forsøkene ble temperatur og masse av væska logget. Termoelementet brukt var K-element, med en diameter på 1,5 mm av type TQ [28].

4.1.2 Resultater

Fett fra avtrekkskanaler i kjøkken

Beholderen inneholdt 13,3 gram når den ble satt på varmeplaten. Fettet smeltet aldri helt, men ble til en seig svart masse ved oppvarming som vist i figur 10.

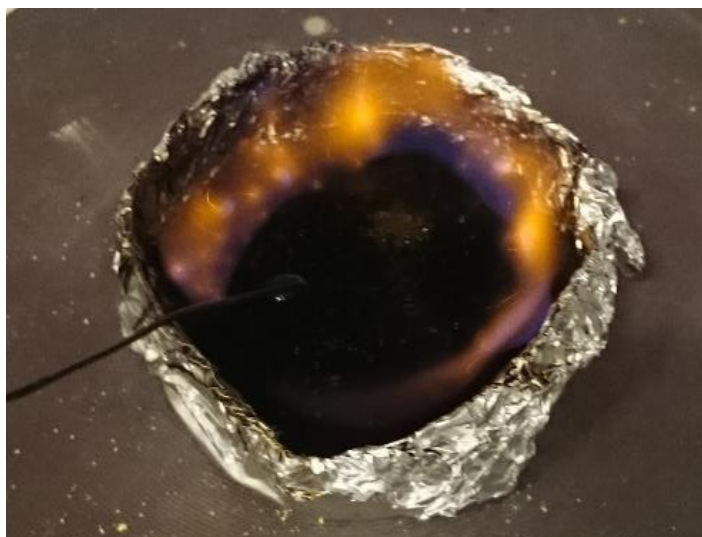


Figur 10. Oppvarming av fett fra gamle avtrekkskanaler i leiligheter.

Termoelementet stod ca. 1 mm under overflaten av fettpulveret, og viste en temperatur på 280 °C når det ble antent. Som nevnt i kapittel 2.4, er måling av flammepunkt og antennelsestemperatur til et fast stoff vanskelig, med store usikkerheter. Den målte antennelsestemperaturen på 280 °C kan dermed gi en viss pekepinne når stoffet antennes, men det er stor usikkerhet med denne verdien.

Fett fra ventilator fra storkjøkken

Beholderen inneholdt 14,4 gram fett når den ble satt på varmeplaten. Fettet smeltet raskt til en tynnflytende væske. Det begynte å koke allerede ved 90 °C, mens det ved 248 °C ble en vedvarende flamme på kantene som vist i figur 11.



Figur 11. Testing av fett fra kjøkkenventilator fra storkjøkken.

Hele overflaten ble antent når termoelementet viste 355 °C, 90 sekunder senere. Dette kan tyde på at det var temperaturforskjeller innad i væska. Som bildet viser stod termoelementet i midten av beholderen, så temperaturen var mest sannsynlig høyere på sidene enn i midten når det først ble antennelse. Siden fettene ble antent ved 355 °C ved termoelementets plassering er nok denne nærmere reelle antennelsestemperatur enn 248 °C, men mangel på røring av væska underveis gjør denne målingen av antennelsestemperatur usikker. En annen årsak kan være at det skilte seg ut mer brennbare stoffer på kantene.

Formfett og solsikkeolje

12,9 gram formfett ble tømmt opp i beholderen før oppvarming. Fettet fikk en varig flamme ved 348 °C. I forsøket med solsikkeolje ble det brukt 15,3 gram, og antennelsestemperaturen ble målt til 352 °C.

4.2 Brannspredning i avtrekkskanaler

Andre del av forsøkene bestod av å teste om en brann i en avtrekkskanal sprer seg til anliggende materialer. Det ble bygget en rigg som skulle etterligne hvordan en avtrekkskanal føres gjennom et kjøkken, før brennbare stoffer inne i røret ble forsøkt påtent ved å få brannspredning dit fra komfyrbrann. Forsøkene som ble gjennomført var:

- To forsøk med brukte spirorør med gammelt fettbelegg på innsiden.
- Tre forsøk med spirorør innsmurt med formfett.
- To forsøk med heptan inni spirorør.

4.2.1 Forsøksoppsett

Riggen som ble bygget kan sees i figur 12, 13a og 13b, med flere bilder i Vedlegg A. Spirorør ble bygget inn i en kasse med sponplater for å etterligne hvordan en avtrekkskanal føres gjennom kjøkkeninnredningen. Et spirorør er et sirkulært rør av galvanisert stål som brukes som ventilasjonskanaler i bygg. Vanlige dimensjoner når røret brukes i avtrekk fra kjøkken i leiligheter er, etter informasjon fra en ventilasjonsentreprenør, $\varnothing 100$ mm, $\varnothing 125$ mm og i noen tilfeller $\varnothing 160$ mm. Både avtrekkskanalene som ble observert i avsnitt 3.1 og spirorørene med gammelt fettbelegg i som ble anskaffet var av dimensjon $\varnothing 125$ mm. Alle forsøkene i denne oppgaven ble derfor utført med rør i denne dimensjonen. Sponplater ble brukt fordi det ofte er materialet i kjøkkeninnredningen, dekket med et belegg som for eksempel melaminfolie, polypropylenplast. Dette er diskutert nærmere i kapittel 2.6. Kassen med sponplater var 157 cm lang, 21 cm bred og 21 cm høy.



Figur 12. Riggeren brukt i forsøkene.

Forsøk med brukte spirorør med fettbelegg

I forsøkene med brukte spirorør ble rørene lagt rett oppå sponplaten slik at det var kontakt mellom treverket og metallet langs hele lengden av riggen, som vist i figur 13a og 13b. Grunnen til at det ble gjort på denne måten var for å få varmeledning fra røret på sponplaten langs hele rørlengden, slik at en eventuell brannspredning lettere kunne forekomme. På oversiden ble temperaturen logget. Rørdelene bestod av et 19 cm langt vertikalt brukt rør rett ovenfor kasserollen. Dette var koblet på et 90 graders bøyd brukt rør som var sammenkoblet med et 65 cm horisontalt brukt rør. Et ubrukt rørskjøte ble brukt for å koble dette røret sammen med et 115 cm horisontalt ubrukt rør. I rørskjøtet og det ubrukte røret ble det jevnt fordelt smurt inn 1 dl solsikkeolje, for å ha noe brennbart i denne delen av røret også. Røret ble festet med patentbånd på tre steder, ett i hver ende og ett på midten. Mellom patentbåndet og spirorøret på undersiden ble det lagt et trekkerør av plast. Bomulldotter ble i det første forsøket lagt i kontakt med røret på tre steder på undersiden for å se om de antennes. I det andre forsøket ble det i tillegg til de tre dottene på undersiden av røret, lagt en dott på oversiden mellom første patentbånd og 90 gradersrøret. Bomull antennes ved en temperatur på 266 °C, mens sponplater som nevnt i kapittel 2.7 antennes

ved 364-422 °C [4]. Det vil si at dersom bomulsdottene ikke antennes, er det en god sikkerhetsmargin til antennelse av treverket.



Figur 13a. Oppsett av rigg

Figur 13b. Oppsett av rigg.

Det ble foretatt temperaturmålinger på seks steder. Tre ca. 1 cm inni røret fra oversiden, og tre på overflaten av røret på oversiden. Plasseringene av termoelementene kan sees i figur 13b, figur 14 og Tabell 4. Termoelement 1, 3 og 5 var inni røret, mens termoelement 2, 4 og 6 målte temperaturen på overflaten på utsiden av røret. Termoelementene var av samme type som i forsøkene i kapittel 4.1, type K med diameter på 1,5 mm.

Tabell 4. Avstander for termoelementene.

	Avstand fra blå strek i figur 16
Termoelement 1	11 cm
Termoelement 2	8 cm
Termoelement 3	49 cm
Termoelement 4	44 cm
Termoelement 5	125 cm
Termoelement 6	140 cm



Figur 14. Termoelementenes plassering.

Det ble utført to forsøk med dette oppsettet. En kasserolle med solsikkeolje ble oppvarmet til antennelse mens temperaturen ble logget inntil all oljen var brent opp. I det første forsøket ble det brukt 1 dl olje. På grunn av lave temperaturer i røret, ble det i det andre forsøket brukt 2 dl. Avstanden fra platetopp til undersiden av det vertikale spirorøret var 50 cm siden dette er en vanlig minimumsavstand fra komfyr til kjøkkenventilator [21] [23]. Det ble brukt samme spirorør under begge forsøkene siden observasjon av røret etter første forsøk viste at det ikke hadde vært antennelse av fettene inni. Flere bilder av oppsettet kan sees i vedlegg A.

Forsøk med formfett

Forsøkene med formfett i røret ble utført på samme rigg som for brukte spirorør. Rørlengdene i forsøket var et 19 cm vertikalt rør ovenfor kasserollen, et 90 graders rør, og et 150 cm horisontalt rør inni kassen med sponplater. Rørene i forsøket var kjøpt direkte fra en forhandler og var derfor ubrukte. Det horisontale røret ble lagt i kontakt med sponplata og festet på samme måte som i forrige forsøk. Temperaturen ble logget på de samme stedene som i forrige forsøk, vist i tabell 4 og figur 14. Trekkerøret av plast ble lagt i kontakt med røret på undersiden. Det ble lagt tre bomulldotter på undersiden og tre på toppen av det horisontale røret, der de var plassert på midten og ca. 10 cm fra endene. I det første forsøket ble det satt fyr på 2 dl solsikkeolje i kasserollen, og temperaturen logget inntil all oljen var brent opp. Avstand fra platetopp til undersiden av det vertikale røret var 50 cm. Turbulens førte til at det var veldig mye bevegelse i flammen. Dette gjorde at den blafret mye sidelengs, og ikke gikk inn i røret like mye som tiltenkt. Den målte temperaturen ble derfor lavere enn den ville blitt i et tilfelle med mindre turbulens. Det ble derfor gjennomført to nye forsøk med formfett inni kanalen der det ble satt fyr på 2 dl heptan i kasserollen. Heptan ble brukt for å spare tid siden det har en antennelsestemperatur under romtemperatur i motsetning til solsikkeolje som må varmes opp til 350 °C for å antennes. Avstanden fra platetopp til det vertikale røret ble redusert til 40 cm for å få høyere temperatur i røret og mulig antennelse av formfettet.

Fettlaget inni rørene observert i avsnitt 3.1 var veldig tynt, estimert til ca. 0,5 mm. Mengden fett inni et rør på 1,5 meter med et 0,5 mm fettlag kan da finnes ved formelen:

$$\begin{aligned} V &= \pi \cdot \text{rørlengde} (r_{\text{ytte diameter}}^2 - r_{\text{indre diameter}}^2) \\ &= \pi \cdot 15 \text{ dm} ((0,625 \text{ dm})^2 - (0,6225 \text{ dm})^2) = 0,15 \text{ dm}^3 = 1,5 \text{ dl} \end{aligned}$$

I alle tre forsøkene ble det derfor smurt 1,5 dl formfett inni det horisontale røret på 1,5 meter, med et ca. like tykt fettlag i de resterende rørdelene.

Forsøk med heptan

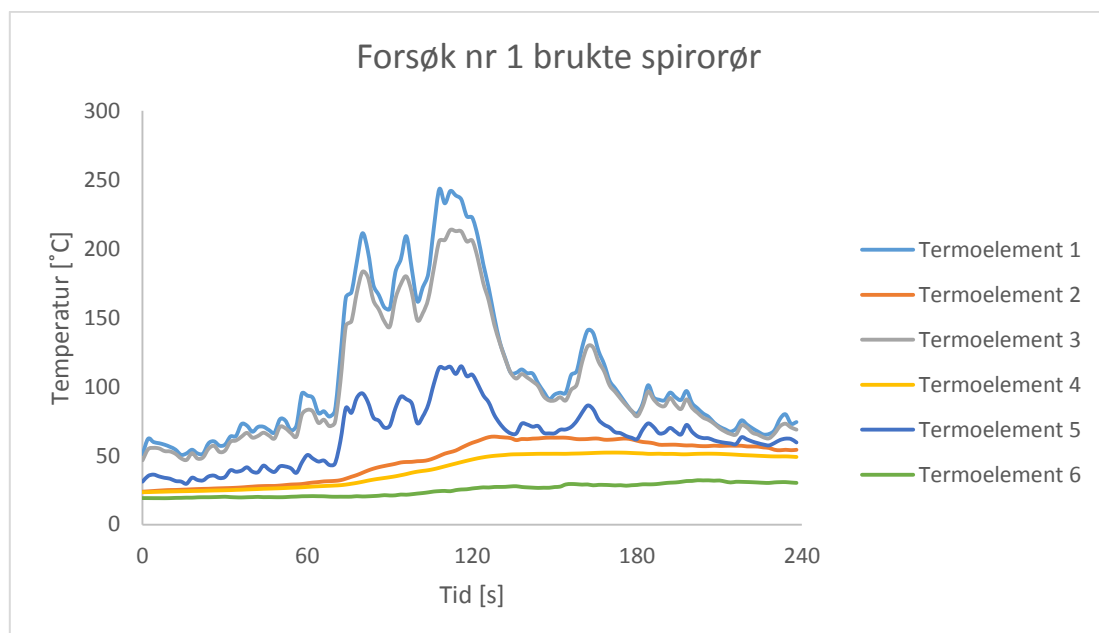
For å undersøke hva som skjer med temperaturen på overflaten av røret i et brannforløp som er antatt større enn det som er realistisk, ble det utført to forsøk med heptan i røret. Et spirorør på 150 cm ble lagt horisontalt inni kassen med sponplater. Sponplata på toppen ble

sagd 30 cm kortere for å hindre at den ble antent på grunn av flammen som stod ut av røret. Endene på kassen ble pakket inn i aluminiumsfolie av samme grunn. Det første forsøket ble utført med røret i bunnen av kassen med sponplater, der undersiden av røret var i kontakt med treverket. Resultatene fra forsøket viste en tydelig temperaturforskjell på under- og oversiden av røret. Det andre forsøket ble av den grunn utført med oversiden av røret hengende 3-6 mm fra den øverste sponplata. Temperaturen i det første forsøket ble målt på tre steder inni røret på toppen, og tre steder på utsiden av røret på oversiden. I det andre forsøket ble temperaturen kun målt på overflaten av røret på utsiden. Dette ble gjort tre steder på toppen og tre steder på siden. Det ble brukt lik mengde heptan inni røret som for formfett, altså 1,5 dl.

4.2.2 Resultater

Forsøk med brukte spirorør med fettbelegg

Temperaturmålingene fra forsøket med 1 dl olje i kasserollen vises i figur 15. Den høyeste målte temperaturen var inni røret var 243 °C. Den høyeste målte temperaturen på utsiden av røret var 64 °C. Flammehøyden varierte mellom undersiden av den vertikale rørstussen og undersiden av 90 gradersrøret.

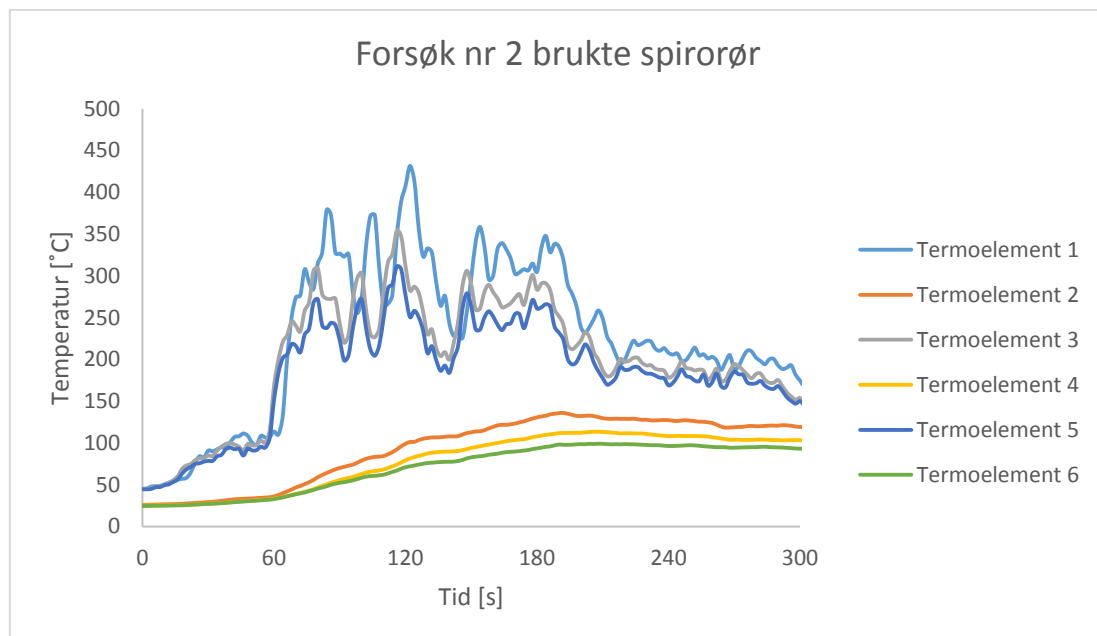


Figur 15. Temperaturmålinger for forsøk med 1 dl solsikkeolje.

Antennestemperaturen til fettbelegget på innsiden av rørene i forsøket ble målt til 280 °C i kapittel 4.1. Feilmarginen på denne målingen er imidlertid potensielt stor som nevnt i 4.1.2.

Målinger av flammepunkt og antennelsestemperatur av matfett tilsier likevel at det ikke skal kunne antennes ved den høyeste målte temperaturen på 243 °C [4]. Dette ble også bekreftet ved visuell inspeksjon av rørene i etterkant av forsøket. Inspeksjonen viste ingen tegn til spredning til materialene rundt røret, kun noe misfarging av bomullet nærmest flammen på grunn av sot. Dette er naturlig, siden materialene rundt røret har atskillig høyere antennelsestemperatur enn den høyeste målte temperaturen på 64 °C på utsiden av røret.

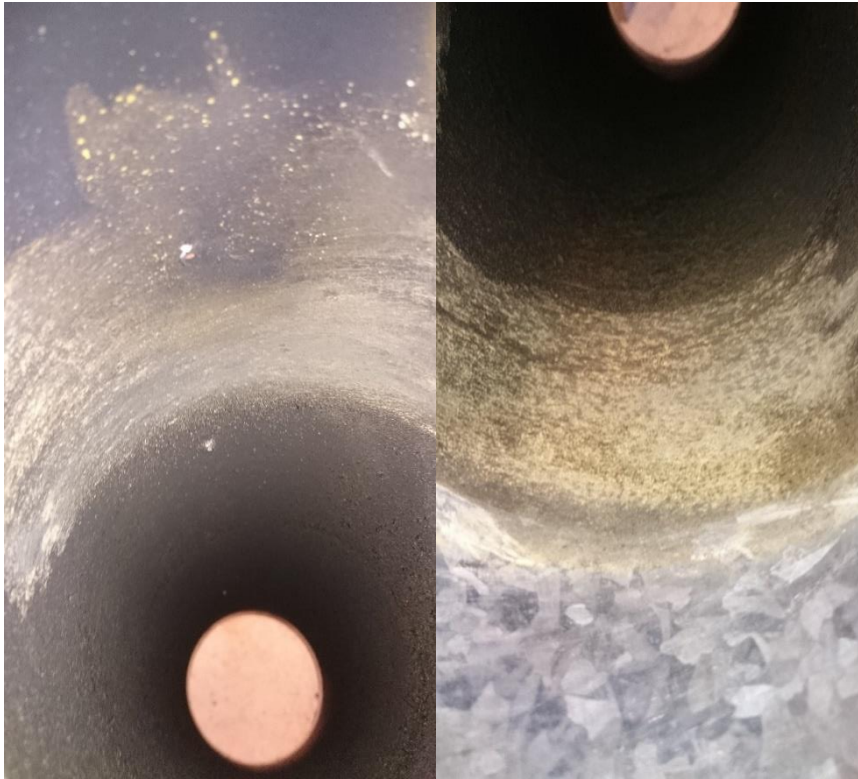
I det andre forsøket ble det brukt 2 dl solsikkeolje i kasserollen. Temperaturmålingene vises i figur 16. Termoelementene hadde samme plassering som i det første forsøket. Den høyeste målte temperaturen inni røret var 431 °C, mens høyeste målt temperatur på utsiden var 136 °C. Flammehøyden var omtrent til den øverste sponplata i trekassen.



Figur 16. Temperaturmålinger for forsøk med 2 dl solsikkeolje.

Den visuelle inspeksjonen viste at det i dette tilfellet hadde vært antennelse av fett inni rørene. Siden røret var dekket av sot innvendig var det vanskelig å se i hvor stor grad, men sotlaget ble forsøkt forsiktig skrapet vekk. I det horisontale røret på 65 cm var det tydelig at fett på oversiden hadde brent vekk, siden overflaten var helt glatt. På undersiden var det ennå en ru overflate, noe som tilsier at det ennå var noe fett igjen der. Figur 17 viser bilder av det 65 cm lange røret etter forsøket. Det var ingen tydelige tegn på at det hadde vært antennelse i røret med solsikkeolje. Inspeksjon av riggen etter forsøket viste ingen tegn til brannspredning. Trematerialet hadde ikke ingen tegn til at det var påvirket av varme, men

sponplaten i bunn var blitt litt misfarget på grunn av sot fra flammen. Trekkerøret var ikke smeltet på noe sted, og bomullsdottene var like hel, men også misfarget på grunn av sot fra brannen i kasserollen. Figur 18 viser riggen etter forsøket.



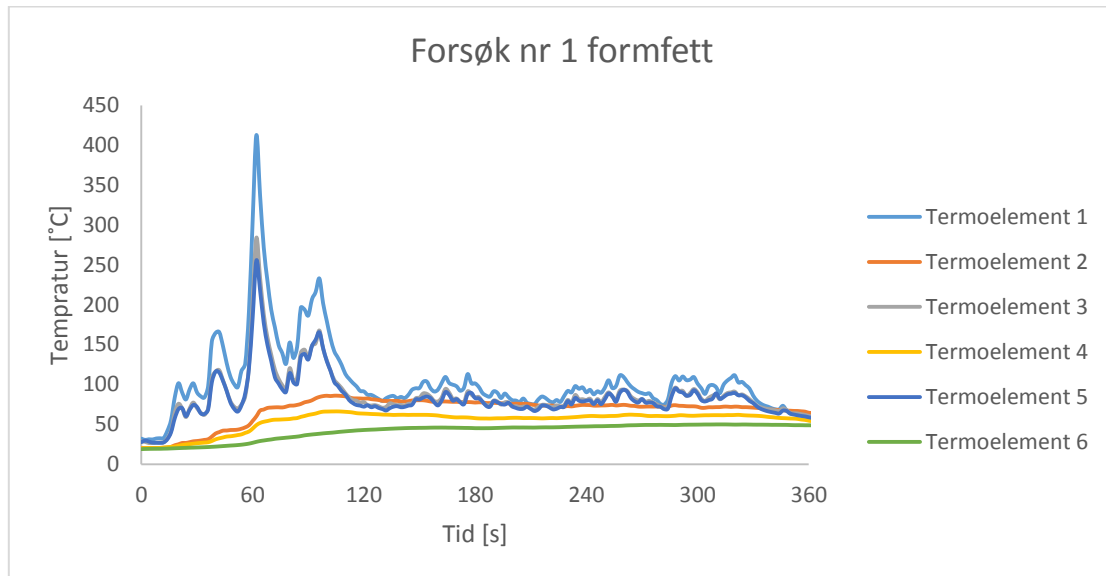
Figur 17. Innsiden av spirorør med gammelt fettbelegg etter forsøket. Venstre er oversiden, mens høyre er undersiden.



Figur 18. Bilder av riggen etter forsøket med spirorør med fettbelegg på innsiden.

Forsøk med formfett

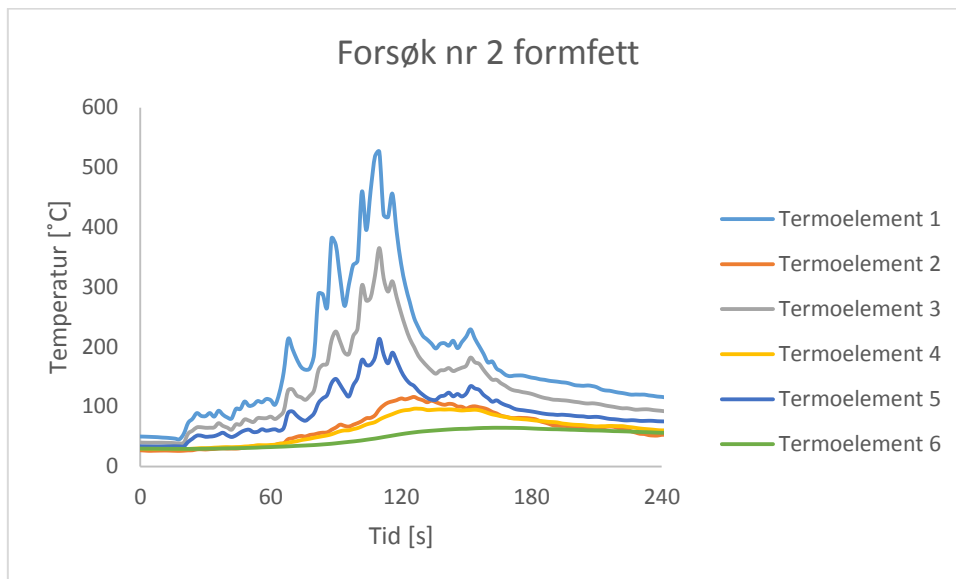
Temperaturmålingene fra det første forsøket med formfett inni kanalen er vist i figur 19. Den høyeste målte temperaturen var 413 °C, mens den høyeste temperaturen målt på utsiden av røret var 88 °C.



Figur 19. Temperaturmålinger for forsøk 1 med formfett.

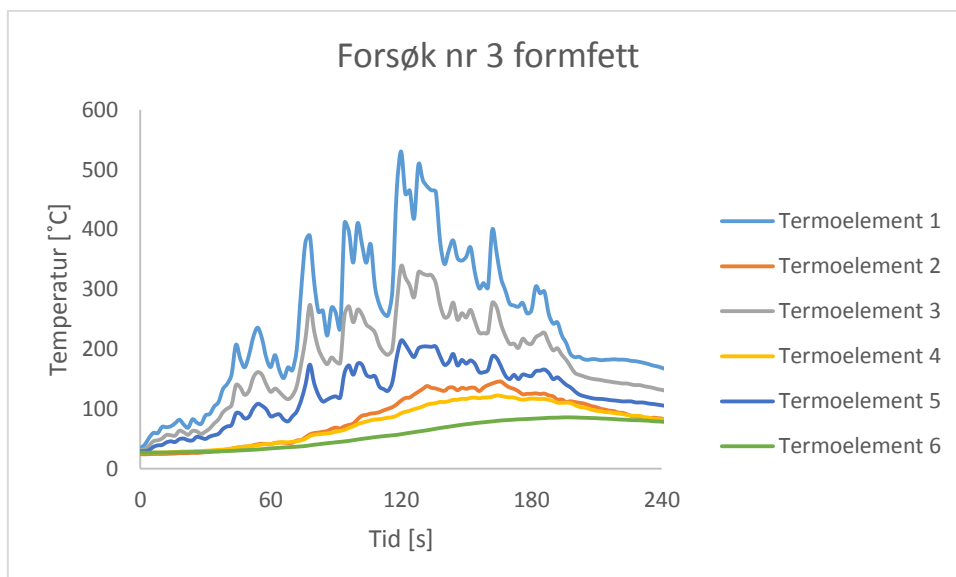
Som grafen viser var temperaturen inne i røret forholdsvis lav, med en plutselig temperaturhøyning på samme tidspunkt i alle tre målepunktene inni røret. Flammen var veldig turbulent under forsøket, og stod sjeldent rett opp inn i kanalen slik meninga var. Den plutselige temperaturhøyningen kan tyde på at det var et øyeblikk der flammen gikk inn i røret og opp mot målepunktet. Et annet alternativ er at fettene rundt målepunktet ble antent på dette tidspunktet. Siden temperaturen før dette var såpass mye lavere enn den målte antennelsestemperaturen til formfett på 348 °C i avsnitt 4.1.2, er dette likevel usannsynlig.

Temperaturmålingene for forsøk 2 og 3 med formfett vises i figur 20 og 21.



Figur 20. Temperaturmålinger for forsøk 2 med formfett.

Grafene viser en høyere temperatur inni røret over en lengre tidsperiode enn i forrige forsøk. Den visuelle inspeksjonen av rørene i etterkant ga ingen klare svar på om det hadde vært en antenning av fett på innsiden.



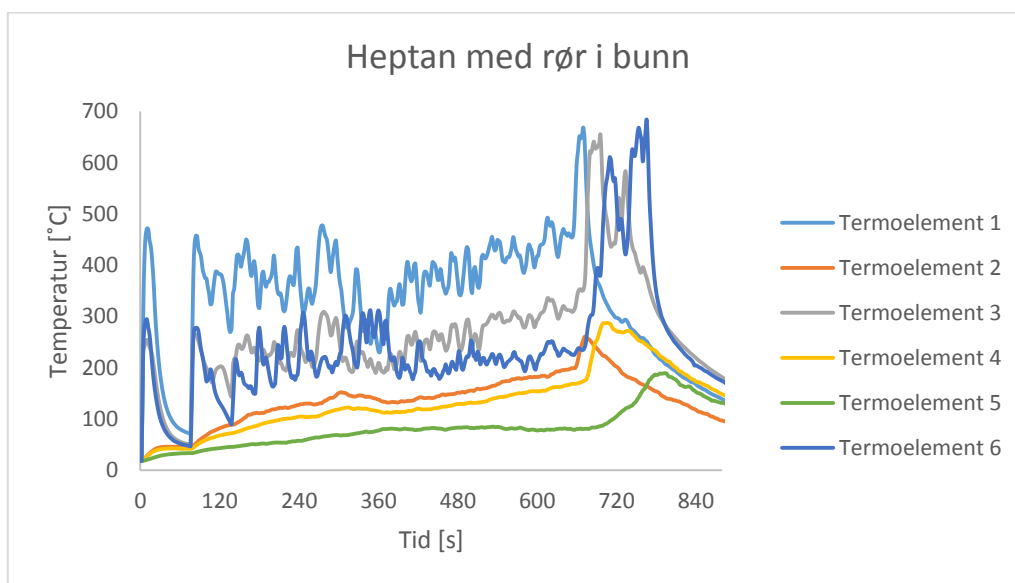
Figur 21. Temperaturmålinger for forsøk 3 med formfett.

På overflaten på utsiden av røret ble det målt en maksimal temperatur på 120 °C i det andre forsøket, og 156 °C i det tredje. Gjennomsnittlig temperatur inni røret ved termoelement 1 i det tredje forsøket var 345 °C over en periode på 116 sekunder midt i brannforløpet. Likevel

blir det ikke målt høyere temperatur enn 156 °C på samme sted på utsiden av røret. Observasjonen av de anliggende materialene viste ingen tegn til antennelse i noen av forsøkene, noe som er naturlig siden ingen av materialene skal påvirkes av en maksimal temperatur på 156 °C.

Forsøk med heptan

Temperaturmålingene for det første forsøket med heptan inne i røret vises i figur 22. Røret var i dette tilfellet plassert i bunnen av kassen med sponplater. Den høyeste målte temperaturen på overflaten på utsiden av røret var 288 °C.



Figur 22. Temperaturmålingen for heptan med rør i bunn.

Temperaturene registrert var lavere enn forventet, inntil helt mot slutten av brannforløpet. Grunnen til dette var at det bare brant på endene av røret, det var først helt mot slutten av brannforløpet at det var flammer i hele lengden. Årsaken til dette var mest sannsynlig at det ikke var tilstrekkelig oksygen i midten av røret før mot slutten.

Den visuelle inspeksjonen etter forsøket viste at bomulsdottene på toppen hadde blitt svart eller brun på den siden som var i kontakt med metallet, men ingen antennelse. Det var ingen svimerker eller antydning til antennelse til anliggende materialer på undersiden av røret, som vist i figur 23 og 24. Før dette forsøket ble det gjennomført et mislykket forsøk der flammen fra enden av røret antente kanten av den nederste sponplata. Figur 23 viser derfor før og etter bilde av riggen til sammenligning.



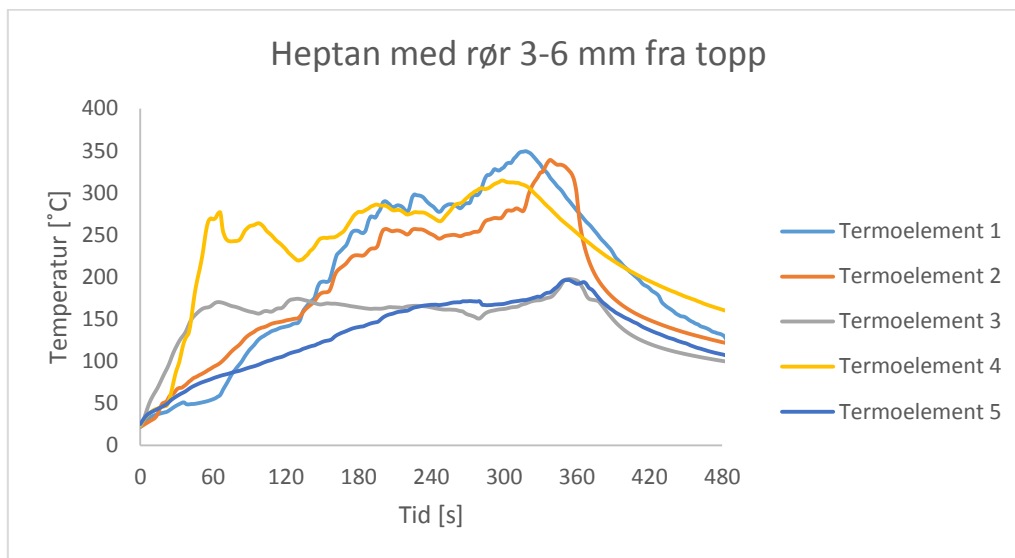
Figur 23. Bilder av riggen før og etter forsøk med heptan.

Bomullsdottene til venstre i figur 24 lå oppå røret, mens bomullet til høyre lå på undersiden.



Figur 24. Bilder av bomull etter forsøk med heptan i røret.

Figur 25 viser temperaturmålinger fra forsøket der oversiden av røret var plassert i en avstand på 3-6 mm fra den øverste sponplata. Termoelement 1, 2 og 4 målte temperaturen på oversiden av røret, mens termoelement 3 og 5 målte temperaturen på siden. Den høyeste temperaturen målt på toppen av røret på utsiden var 350 °C. På siden av røret på utsiden var den høyeste målte temperaturen 196 °C.



Figur 25. Temperaturmålinger for heptan med røret 3-6 mm fra øverste sponplata.

Årsaken til høyere temperaturer i dette forsøket enn i det forrige er at det denne gangen brant lenger inn i røret. Den visuelle inspeksjonen etter forsøket (figur 26), viste at den øverste sponplata var blitt misfarget brun på enkelte steder, men ingen antenning hadde funnet sted. Det var ikke plassert ut bomull eller trekkerør i dette tilfellet. Grafen viser en tydelig temperaturforskjell mellom toppen og sidene av røret. Dette er samme erfaring som i de foregående forsøkene, at temperaturen er høyest på toppen og lavest i bunnen. Dette er naturlig, siden det er oversiden som er mest eksponert for flamme. Det kan tyde på at varmeledningen gjennom metallet fra topp til bunn ikke er veldig stor. Det er derfor grunn til å anta at temperaturen i bunnen i dette forsøket var enda lavere enn på siden.



Figur 26. Bilde av øverste sponplate etter forsøk med heptan.

5 Diskusjon

Fettmengde observert i avtrekkskanaler

Undersøkelsene gjort i oppgaven viser at det er lite fett som setter seg i avtrekkskanaler i leiligheter. Observasjonene beskrevet i kapittel 3 viste et veldig tynt lag med tørket fett i kanalene som ble undersøkt. Samtalene med fagpersoner gjengitt i kapittel 2.10 viste at deres erfaringer også er at det er lite fett i kanalene, samtidig som fettlaget ofte bare går ca. 1 meter inn i kanalen. Det vil si at mengden brennbart materiale inni kanalen er forholdsvis liten den første meteren, mens den er minimal og neglisjerbar etter dette. Et fettlag på 0,5 millimeter inni et 1 meter langt rør med dimensjon $\varnothing 125$ mm vil gi en total fettmengde på ca.:

$$V = \pi \cdot 10 \text{ dm}((0,625 \text{ dm})^2 - (0,6225 \text{ dm})^2) = 0,1 \text{ dm}^3 = 1 \text{ dl}$$

Det ble kun målt vekt og ikke volum av fettene som ble samlet fra gamle avtrekkskanaler, så massetettheten til dette kan ikke bestemmes. Ved følgende beregninger antas det dermed at fett som avsettes i avtrekkskanaler har lignende massetetthet og forbrenningsvarme som oljer brukt i matlaging. Dette sees på som sannsynlig siden det er dette fettene som fordampes ved matlaging. Verdier for massetetthet ligger fra 0,81-0,94 g/ml [29]. Ved å bruke den høyeste tettheten blir total vekt 1 dl, lik 94 gram. Forbrenningsvarmen til dyrefett er 39,8 MJ/kg, mens den er 39,4 MJ/kg for linfrøolje og 39,6 MJ/kg for olivenolje [30]. Den totale energimengden ved forbrenning av 94 gram fett er da ca. 3,74 MJ. Massetapsraten ved testen av antennestemperatur for fettene fra gamle avtrekkskanaler, ble målt til 0,026 kg/m²·s. Dette stemmer godt overens med massetapsraten funnet for matoljer fra andre kilder [31]. Energiproduksjonen ved en brann i matfett med et areal tilsvarende innsiden på et 1 meter langt $\varnothing 125$ mm rør vil bli, med en antatt forbrenningseffektivitet på 0,7 [7] [31]:

$$\dot{Q} = A_f \cdot \dot{m} \cdot \chi \cdot \Delta H_c = 0,39 \text{ m}^2 \cdot 0,026 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \text{ s}} \cdot 0,7 \cdot 39,8 \frac{\text{MJ}}{\text{kg}} = 0,28 \text{ MW} = 280 \text{ kW}$$

Med antagelsen at alt fettene i kanalen blir antent samtidig og at energiproduksjonen er maksimal fra begynnelsen, vil det ta ca. 13 sekunder til alt fettene i kanalen er brent opp. Utregningen antar at alt fettene antennes samtidig, noe som vil være urealistisk i et virkelig brannforløp, siden fettene må varmes opp til minst 250 °C for å kunne antennes. Denne

temperaturstigningen vil ikke være jevn inni hele røret, så flammespredningshastigheten vil kunne være lav. Inspeksjonen etter forsøket med brukte spirorør viste også at antennelse av fett i størst grad kun hadde forekommet øverst i røret. Energiproduksjonen vil dermed være mye mindre enn 280 kW som beregnet. Så selv om denne energiproduksjonen i teorien vil kunne gi høye temperaturer i avtrekkskanalen, må avtrekkskanalen eksponeres for en så stor brann at alt fett i antenne samtidig. Ved en normal komfyrbrann er det ingenting som tilsier at det er noe fare for at brann fett i kanalen skal føre til brannspredning.

Utregningen vil være en forenkling av virkeligheten, der det blant annet antas at varmeoverføringen er endimensjonal. Massetapsrate er også beregnet ved brenning i en horisontal kopp, ulikt i et rør der flammen og varm røyk nedenfra påvirker forbrenningen på sidene og på toppen.

Komfyrvakt

Alle nye leiligheter idag skal ifølge NEK 400 ha installert komfyrvakt godkjent etter NEK EN 50615. Komfyrvakter godkjent etter denne standarden er testet slik at strømmen skal bli koblet ut før en gitt mengde solsikkeolje har nådd 330 °C, og det skal ikke bli antennelse innen 10 minutter etter dette. Testrapporter fra EFP Nordic viste at oljen ved bruk av deres komfyrvakter ikke nådde en høyere temperatur enn ca. 345 °C. Forskjellige matoljer har ganske lik spontan antennelsestemperatur (AIT) som vist i Tabell 5.

Tabell 5. Spontan antennelsestemperatur for forskjellige typer matfett.

Olje	AIT ifølge [4]	AIT ifølge [18]
Rapsolje	405 °C	424 °C
Sojaolje	400 °C	406 °C
Olivenolje	-	435,5 °C
Sesamolje	419 °C	-
Kokosolje	360 °C	-
Smør	-	Ble ikke antent

De fleste matoljer har en spontan antennelsestemperatur med god margin til 345 °C som var den høyeste målte temperaturen i testene av komfyrvaktene. Ved matlaging og oppvarming av disse oljene vil komfyrvakten skru av strømmen til komfyren i god tid før antennelse, og at oljen deretter skal stige 70-80 °C sees på som svært usannsynlig. Kokosnøttolje antennes noe før de andre oppgitte oljetyperne i tabell 5. Sikkerhetsmarginen i forhold til når komfyrvakten skal skru av strømmen er likevel 30 °C. Det sees på som usannsynlig at også dette skal kunne

forekomme. Gamle kokeplater vil kunne tilføre varme ei god stund etter utkobling av strømmen. Idag er induksjonsovner vanlig i mange hjem, spesielt i nybygg. Ved utkobling av en slik ovn vil varmetilførselen stoppe omtrent momentant, siden varmen genereres i kokekaret og ikke på platetoppen [32]. Ved bruk av en slik ovn vil temperaturstigningen i oljen etter strømutkobling kunne reduseres eller i beste fall stoppes helt. Siden alle komfyrvakter skal testes etter NEK EN 50615, skal bruk av andre komfyrvakter enn EFP Nordic ikke føre til større sannsynlighet for antennelse.

Forsøk

Resultatene viser at antennelse av fett i avtrekkskanaler er mulig hvis kanalen eksponeres for en brann på komfyren over så lang tid at fettene blir varmet opp til antennelsestemperaturen. Avhengig av sammensetningen av dette fettene, vil antennelsestemperaturen være i området 280-350°C. For at dette skal være mulig må komfyrvakten svikte slik at strømmen ikke blir koblet ut før antennelse av mat på komfyren. Mengden brennbart materiale på komfyren må også være tilstrekkelig stor til at et brannforløp varer over så lang tid at fettene i kanalen når antennelsestemperaturen.

I forsøket med brukte spirorør tok det 3 minutter og 24 sekunder fra antennelse av oljen i kasserollen til det ble målt en temperatur på innsiden av røret høyere enn 280 °C. På denne tiden hadde 16 gram eller ca. en spiseskje olje fordampet. Denne målingen var riktignok et stykke inne i kanalen, i begynnelsen av det horisontale røret, så nærmere komfyrbrannen ble nok denne temperaturen nådd tidligere. I forsøkene med formfett i rørene ble det brukt heptan i kasserollen. Antennelse i heptan vil nå maksimal energiproduksjon før matolje siden kokepunktet er lavere [6]. Som nevnt i kapittel 2.4 vil en brann i ei væske nå sin maksimale energiproduksjon når kokepunktet nås. I forsøkene med heptan tok det 72 og 84 sekunder fra antennelse til temperaturen i røret ble målt til høyere enn 280 °C. Resultatene tyder på at det kan ta minutter fra antennelse på komfyren til temperaturen i røret er høy nok til at fettene inni kan antennes. Når denne temperaturen er nådd og fettene eksponeres direkte for flammen, kan en antennelse derimot skje raskt hvis varmefluksen er stor nok.

Temperaturmålingene fra forsøkene viste at temperaturen i røret synker raskt med en gang brannen på komfyren blir mindre, selv når det ble antennelse av fettene i kanalen. Dette tyder

på at antennelse i røret bidrar lite til brannforløpet og temperaturhøyningene. Faremomentet med tanke på temperatur i røret og mulig brannspredning virker å være i størst grad knyttet til brannforløpet i kokefatet på komfyren, og i hvilken grad avtrekkskanalen blir påvirket av denne brannen. Hvis kanalen eksponeres lenge nok for flammer og røyk, vil det til slutt kunne bli en større brann i kanalen. Uforbrent røyk er brennbart, og blir mye av denne røyken samlet i kanalen uten å bli fraktet bort, kan den antennes hvis den blir varm nok. Hvis energiproduksjonen i brannen i kokefatet er stor nok og varer over lang tid, kan temperaturene i og på utsiden av kanalen bli høy nok til å gi brannspredning. Størrelse på brannen på komfyren vil dermed ha stor betydning for resultatet av forsøkene.

Ved steking av mat brukes typisk kun et par spiseskjeer olje i kokefatet, der en spiseskje måler 15 ml. En antennelse med påfølgende brann i ei stekepanne med en diameter på 25 cm med 3 spiseskjeer olje, vil vare i 33 sekunder med verdier for massetap og massetetthet funnet tidligere og antagelsen at energiproduksjonen er på sitt maksimale gjennom hele brannforløpet. I en kasserolle med diameter 15 cm vil brannen vare i 91 sekunder. Avtrekkskanalen vil dermed bli eksponert for brannen atskillig kortere tid enn i forsøkene, der 2 dl olje eller heptan ble brukt i en kasserolle.

Hvis brannen på komfyren starter i ei stekepanne istedenfor en kasserolle vil brannforløpet være annerledes. For væskebranner vil en større diameter føre til større energiproduksjon, men også større massetapsrate [7]. Dermed kan temperaturen bli høyere, mens brannforløpet vil være kortere. Med forholdsvis små mengder brennbart materiale på komfyren som diskutert ovenfor, vil verken en brann i en kasserolle eller ei stekepanne vare lenge nok til å føre til brannspredning.

Samtalen med Atle Sandemæl fra Industri- og konsulenttenester AS (kapittel 2.10) viste at hans erfaringer er at det kan avsettes mer fett i avtrekkskanalen i husstander hvor det brukes mer olje og frityr. En brann i ei frityrgryte kan føre til et mer intensivt brannforløp enn det som er testet i denne oppgaven. Spørsmålet er hva man skal definere som en standardbrann som avtrekkskanalen skal være dimensjonert for å tåle. Bygg kan ikke dimensjoneres for å være totalt brannsikker og motstå ethvert brannforløp, et sted må

grensen settes. I dette tilfellet anses det som at en brann i ei frityrgrøte som får stå fritt inntil alt fett er forbrent, er over denne grensen. Det er likevel ikke klart at dette fører til brannspredning.

I forsøkene med brukte spirorør, og i forsøkene med formfett, ble den høyeste temperaturen på overflaten på utsiden av rørene målt til 156 °C. Ifølge NS-EN 13501-3 skal temperaturstigningen i ventilasjonskanaler på ueksponert side ikke være større enn gjennomsnittlig 140 °C eller 180 °C i ett punkt for at isolasjonsevnen skal bli opprettholdt [33]. Starttemperaturen var ca. 20 °C, altså var den største temperaturstigningen målt i ett punkt 136 °C i disse forsøkene. Det vil si at kravet til isolasjonsevne ved brannpåvirkning ble opprettholdt selv med et uisolert rør. Det var heller ingen antydning til antennelse av bomullsdotter på over- og undersiden av røret, eller at trekkerøret på undersiden var smeltet. Resultatene tilsier at antennelse av 2 dl solsikkeolje eller heptan på komfyren ikke gir stor nok energiproduksjon til å gi en temperatur i avtrekkskanalen som forårsaker brannspredning. Denne mengden blir ansett som å være større enn det som vanligvis brukes i matlaging som diskutert ovenfor.

Både forsøkene med fett og heptan i røret viste at temperaturen på oversiden av røret ble varmere enn på undersiden. I mange tilfeller blir avtrekkskanalen festet ved at den henger fra etasjeskilleren. For boligblokker i brannklasse 3 skal den utføres i ubrennbare materialer [1]. Dermed vil brannspredning fra kanal til materialet over ikke kunne forekomme. Forsøkene med heptan i røret viste ingen spredning til bomull eller sponplaten når dette var i kontakt med undersiden av røret, og den maksimale temperaturen på siden av røret på overflaten ble målt til 196 °C. Forsøkene med heptan vil gi et mer intensivt brannforløp enn det som er sannsynlig i ei leilighet. Likevel ble ikke temperaturen under og på sidene høy nok til å forårsake brannspredning. At dette da skal kunne forekomme i et mindre brannforløp som er mer realistisk i et kjøkken, vil være svært usannsynlig. Spesielt hvis det sørges for at kanalen ikke er i direkte kontakt med brennbare materialer, og det er ubrennbart på oversiden.

Som forklart i forsøksoppsettet ble det ikke brukt en kjøkkenventilator i forsøkene, og det er usikkert hvordan dette påvirker resultatet. En ventilator som er slått på vil kunne trekke flammen fra komfyren og varm røyk inn i kanalen, samtidig som det også kan påvirke

oksygentilgangen i kanalen ved å trekke inn luft. Fett og andre brennbare stoffer på ventilatoren kan antennes og bidra i brannen. På den andre siden kan den hindre oppsamling av varm røyk i kanalen ved å sørge for gjennomstrømning til sjakten.

Forsøkene beskrevet ovenfor viser at en brann kan spre seg til avtrekkskanalen. Men med tanke på krav til komfyrvakt er sannsynligheten liten. Videre viser forsøkene at det er liten sannsynlighet for brannspredning fra avtrekksrør til anliggende konstruksjoner på grunn av det relativt korte brannforløpet.

6 Konklusjon

Observasjonene av avtrekkskanaler viste at det er lite fett som avsettes i leiligheter. Samtaler med fagpersoner viste at deres erfaringer er lik, samtidig som at fettlaget ofte bare går ca. 1 meter inn i kanalen.

For å få brannspredning fra avtrekkskanalen innebærer det først og fremst at komfyrvakten svikter siden den har som funksjon å kutte strømmen til komfyren før antennelse. De skal etter nye lover testes etter en egen standard og skal være pålitelige.

Forsøkene har vist at antennelse av fett i avtrekkskanaler gir et kort og lite brannforløp ved en normal komfyrrbrann. Kombinasjonen av lite fett i avtrekkskanalene, komfyrvakt og at forsøkene med fett i spirorørene ga forholdsvis lave temperaturer, gjør at det anses at brannspredning fra avtrekkskanal til anliggende materialer er lite sannsynlig.

7 Litteraturliste

- [1] «Byggteknisk forskrift med veiledning,» [Internett]. Available: <http://www.dibk.no/no/BYGGEREGLER/Gjeldende-byggeregler/Veiledning-om-tekniske-krav-til-byggverk/>. [Funnet 21 januar 2016].
- [2] Glava, «Glava,» [Internett]. Available: <http://www.glava.no/teknisk-isolering/dokumentasjon-montering/monteringsfilmer/brannisolering-av-kanaler-u-protect/>. [Funnet 28 mai 2016].
- [3] Kollegiet for brannfaglig terminologi, [Internett].
- [4] V. Babrauskas, Ignition Handbook, Fire Science Publishers, 2003.
- [5] B. C. Hagen, Grunnleggende brannteknikk, Haugesund, 2004.
- [6] D. Drysdale, An Introduction to Fire Dynamics, Wiley, 2011.
- [7] B. Karlsson og J. G. Quintuere, Enclosure Fire Dynamics, 2000.
- [8] IKEA, «IKEA,» [Internett]. Available: <http://www.ikea.com/no/no/catalog/products/S79917885/>. [Funnet 25 april 2016].
- [9] Statens bygningstekniske etat, «Rett og slett - En veiledning til Byggeforskrift 1987,» Norsk Byggtjenestes forlag, [Internett]. Available: https://dibk.no/globalassets/byggeregler/tidligere_regelverk/historisk-arkiv-1949---1987/rett-og-slett.-veiledning-til-byggeforskrift-1987_illustrert.pdf. [Funnet 03 mai 2016].
- [10] Statens Bygningstekniske Etat, «REN - veiledning til teknisk forskrift til plan- og bygningsloven,» [Internett]. Available: https://dibk.no/globalassets/byggeregler/tidligere_regelverk/historisk-arkiv-1949---1987/veiledning-ren-til-forskrift-om-krav-til-byggverk-tek-3-utgave.pdf. [Funnet 03 mai 2016].
- [11] «Boverkets byggeregler – föreskrifter och allmänna råd,» [Internett]. [Funnet 15 februar 2016].
- [12] Norsk elektroteknisk norm, «NEK 400:2010 - Elektriske lavspenningsinstallasjoner,» 2010.

- [13] DSB, «Sikker hverdag,» [Internett]. Available: <http://www.sikkerhverdag.no/brann/forebygge-brann/dette-bor-du-vite-om-komfyrvakt/>. [Funnet 1 april 2016].
- [14] Norsk elektroteknisk norm, «NEK 400:2014 - Elektriske lavspenningsinstallasjoner,» 2014.
- [15] Norsk elektroteknisk norm, «NEK EN 50615:2015 - Sikkerhetskrav til elektriske husholdningsapparater - Spesielle sikkerhetskrav til komfyrvakter,» 2015.
- [16] R. Mårvik, «Test Report - CR8, KVS-8,» SP Fire Research AS, 2015.
- [17] R. Mårvik, «Test Report - CR4 (b), CR5 (b), KVS-1 (b),» SP Fire Research AS.
- [18] K. Buda-Ortins, «Auto-Ignition of cooking oils,» 2010. [Internett]. Available: http://drum.lib.umd.edu/bitstream/handle/1903/11333/Buda_Ortins_ResearchPaper.pdf;jsessionid=80C0637B96D42045B24FD63315BBDA15?sequence=2. [Funnet 15 februar 2016].
- [19] «Energimerking - Stekeovner og avtrekkshetter,» [Internett]. Available: <https://www.regjeringen.no/no/sub/eos-notatbasen/notatene/2012/mars/energimerking---stekeovner-og-avtrekkshetter/id2434334/>. [Funnet 15 februar 2016].
- [20] «COMMISSION DELEGATED REGULATION (EU) No 65/2014,» [Internett]. Available: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32014R0065&from=EN>. [Funnet 15 februar 2016].
- [21] IKEA, «IKEA,» [Internett]. Available: <http://www.ikea.com/no/no/catalog/products/50304589/>. [Funnet 1 april 2016].
- [22] Siemens, «Siemens,» [Internett]. Available: <http://www.siemens-home.no/produktliste/ovner-platetopper-mikroboelgeovner-komfyrer-og-ventilatorer/ventilatorer/LC91BA582?breadcrumb=wallchimneyhoods>. [Funnet 1 april 2016].
- [23] Electrolux, «Electrolux,» [Internett]. Available: <http://www.electrolux.no/Produkter/Matlaging/Ventilator/Fritthengende/EFL12680BX/>. [Funnet 1 april 2016].
- [24] DSB, «DSB.no,» [Internett]. Available:

- <http://www.dsb.no/en/Ansvarsomrader/Brannvern/Aktuelt/Komfyren-er-hjemmets-brannversting/>. [Funnet 1 april 2016].
- [25] T. H. Kuehn, B. A. Olson, J. W. Ramsey og J. M. Rocklage, «Characterization of effluents from additional cooking appliances,» ASHRAE, 2008.
- [26] ASTM, «Standard Test Methods for Flash Point by Pensky-Martens Closed Cup Tester (D93),» ASTM, 2015.
- [27] International Standard, «Animal and vegetable fats and oils - Flashpoint limit test using Pensky-Martens closed cup flash tester (ISO 15267),» International Standard, Genève, Sveits, 1998.
- [28] Hypeck, «Termoelementer,» [Internett]. Available: <http://www.hypeck.no/Pdf-er/termoelementer.pdf>. [Funnet 03 mai 2016].
- [29] H. Nouredini, B. C. Teoh og L. Davis Clements, «Densities of Vegetable Oils and Fatty Acids,» 1992.
- [30] V. Babrauskas og S. Grayson, Heat Releases in Fires, London og New York: Elsevier Applied Science, 1992.
- [31] W. Chow og X. Ni, «Experimental Evaluation on Performance of Open Kitchen Fire Suppression Systems,» 2014.
- [32] Electrolux, «Kjøpsveiledning for komfyrer,» [Internett]. Available: <http://www.electrolux.no/Support/Buying-Guides-Landing-page/Buying-Guides-2014/Hobs-Buying-Guide/?redirect=no&gclid=CLW-orzXuMwCFecucgodxdMHQQ&gclid=CPyOtLzXuMwCFZKNGAodb9sBOg>. [Funnet 01 mai 2016].
- [33] Standard Norge, «Brannklassifisering av byggevarer og bygningsdeler Del 3: Klassifisering ved bruk av resultater fra brannmotstandsprøving av produkter og deler brukt i ventilasjonsanlegg: kanaler og spjeld med brannmotstand,» Standard Norge, 2006.
- [34] SFPE, Handbook of Fire Protection Engineering, vol. Fjerde utgave, NFPA og SFPE, 2008.

Vedlegg A

Bilder av de brukte rørene tatt før forsøket



Figur A1. Brukte spirorør før forsøkene.

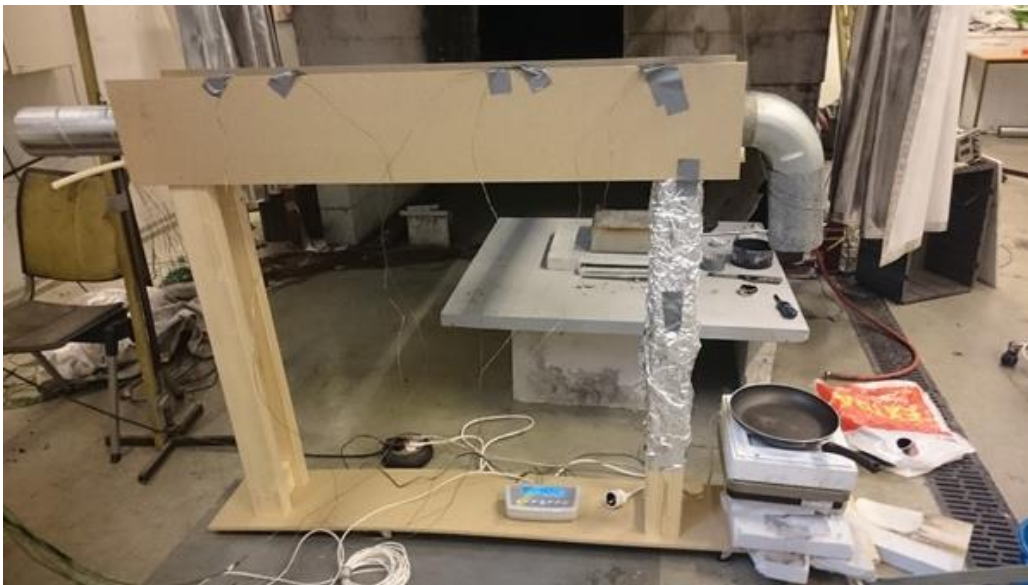


Figur A2. Brukt 90 graders rør før forsøkene.

Bilder av hvordan riggen var bygget



Figur 273. Oppsett av riggen.



Figur A4. Oppsett av riggen.



Figur A5. Oppsett av riggen.



Figur A6. Oppsett av riggen.

Bilder fra og etter forsøk med 1 dl olje i kasserolle



Figur A7. Underveis i forsøket med brukte spirorør med 1 dl solsikkeolje i kasserollen.



Figur A8. Bilder av riggen tatt etter forsøket.

På bildet til høyre ovenfor kan det sees noe mørkt på bunnplata. Dette er bare fotografens skygge.



Figur A9. Innsiden av 90 graders røret etter forsøket.



Figur A10. Innsiden av den vertikale rørdelen og 90 graders røret etter forsøket.



Figur A11. Innsiden av det vertikale 65 cm røret etter forsøket.

Bilder fra og etter forsøk med 2 dl olje i kasserollen



Figur A12. Bildet til venstre er underveis i forsøket. Til høyre vises oversiden av røret etter forsøket.



Figur A13. Rigger etter forsøket. Det svarte på bomullet til venstre er sot fra brannen på komfyren.



Figur A14. Innsiden av 90 graders røret etter forsøket

Første forsøk med formfett i røret



Figur A15. Bildet til venstre viser innsiden av røret innsmurt med formfett. Bildet til høyre er underveis i forsøket.



Figur A16. Bomullsdotten på toppen av røret nærmest kasserollen. Bildet til høyre viser undersiden som var i kontakt med røret, og viser tydelig at det svarte er sot fra brannen på komfyren.



Figur A17. Bildetne er tatt av riggen etter forsøket. Det mørke på bildet til venstre er sot fra selve flammeforbrannen. Merkene på sponplata i bunn på bildet til høyre er gris fra fette i røret når det ble tatt vekk.

Andre og tredje forsøk med formfett



Figur A18. Bomulldottene til høyre var plassert på toppen av røret i begge forsøkene, og hadde ingen antydning til merke.

Forsøk med heptan i røret



Figur A19. Bilder av den øverste sponplata etter forsøket. Ser antydning til noen svimerker.



Figur A20. Avstanden mellom den øverste sponplata i det siste forsøket med heptan i røret.