



SAFETY & TRANSPORT
RISE FIRE RESEARCH



Sikkerhetsbehov for kullgriller i restauranter

Edvard Aamodt og Birger Rønning

RISE-rapport 2020:83

Sikkerhedsbehov for kullgriller i restauranter

Edvard Aamodt og Birger Rønning

Abstract

Safety requirements for charcoal burning ovens in restaurants

The RISE report 2019:04 «Charcoal and wood burning ovens in restaurants – Fire safety and documentation requirements» [1] investigated regulations and documental demands tied to charcoal and wood burning ovens in restaurants in Norway. A part of the conclusion in this report emphasized the need for, through physical testing, mapping whether existing test standards covers the safety requirements of charcoal ovens in restaurants. NS-EN 13240:2001 «Roomheaters fired with solid fuel. Requirements and test methods» [2] was chosen as a relevant test standard.

Three test ovens (a closed test oven, a dummy oven and an open test oven) was produced at RISE Fire Research. Their construction with regard to insulation capabilities, materials and dimensions was based on existing charcoal ovens placed on the Norwegian marked. This was done to achieve an objective depiction of the issue, without the need for a specific brand of ovens. Restaurant oven charcoal was utilized to achieve as real heat development as possible in the test ovens.

The test layout is based on NS-EN 12340:2001, with a test rig constructed of two «safety walls», ceiling and floor attached with thermocouples. Temperatures from the test oven are registered in the safety walls at several positions according to a standardised grid, and in the ceiling and the floor each have one single measurement position measuring warmest point. Thermocouples in the chimney and exhaust duct measured the flue gas temperatures transported to the exhaust system. Four different tests were conducted, where the first one was a standardized safety test including the closed oven model. The second test was the same safety test setup with the dummy oven besides the closed oven. The dummy contained a built-in propane burner to simulate the heat load from a real oven. The purpose was to simulate two ovens placed next to each other. The third test was an overload test on the closed test oven with 150 % fuel load and higher refuelling frequency. The last test was a test of the open test oven.

The safety test method described in NS-EN 13240:2001 is suitable to test the level of stable maximal temperature in the surrounding combustible materials, in the same way as for roomheaters, which the method is designed for. The method addresses safety aspects such as surface temperatures and handles on the oven. Tests show that the temperatures developed in the ovens have the potential to breach the temperature criterion given by the test standard, and therefore contribute to the ignition of surrounding combustible materials. Such situations pose a fire risk and safety measures regarding this aspect must be documented by the producer.

NS-EN13240:2001 does not cover temperatures for exhaust duct and the production of sparks and their possible spread to combustible materials. These are important safety aspects which must be addressed when documenting the fire safety of restaurant grills. Tests show that sparks are created in the oven, including from restaurant charcoal fuel, and are transported into the exhaust duct, and out through the opening of the grill door. Together with high flue gas temperatures in the exhaust duct and deposits of soot and cooking oil this pose a fire risk. Documentation must therefore be presented, showing that the oven is equipped with measures (for instance spark screen) which guards the exhaust duct from sparks to a satisfactory degree. Operators of the oven must receive adequate training and must operate the closed oven with caution, as to avoid incidents with sparks being released though the door.

The placement of ovens next to each other does not seem to increase the heat load on surrounding walls but may lead to increased temperatures in between the ovens. The consequences of temperature increases must be documented.

Tests show that overloading with fuel and intensifying the refuelling intervals can lead to increased temperatures in the oven, which can affect materials and welding seams. Overloading can also affect the temperatures towards surrounding walls and exhaust ducts and therefore may affect fire safety negatively. NS-EN 13240:2001 requires the producer to document how the oven is constructed and of what materials, and that the welding seams are dimensioned for the materials used. It is recommended that the producer documents the safety level of the oven materials with an overload test. It must also be documented that the exhaust ducts in which the flue gas are transported are constructed to handle the potential temperatures that can arise, including erroneous use.

Key words:

Charcoal burning ovens, kitchen exhaust systems, ventilation systems, commercial kitchen, fire safety, kullgrill, avtrekkskanal, ventilasjonskanal, storkjøkken, brannsikkerhet, brannforebyggende, restaurantkjøkken.

RISE Research Institutes of Sweden AB

RISE-rapport 2020:83

ISBN: 978-91-89167-68-1

Prosjektnummer: 20504

Kvalitetssikring: Karolina Storesund

Finansiert av: Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap (DSB) og Direktoratet for byggkvalitet (DiBK)

Forsidebilde: RISE Fire Research

Trondheim 2020

Innhold

Abstract	1
Innhold	3
Sammendrag	5
1 Innledning	7
1.1 Bakgrunn	7
1.2 Målsetting.....	7
1.3 Omfang.....	7
1.4 Metodebeskrivelse.....	8
2 Bygging av testgriller	9
2.1 Testgrillenes oppbygning	9
2.1.1 Lukket testgrill	9
2.1.2 Dummygrill	12
2.1.3 Åpen testgrill	13
3 Testoppsett	15
3.1 Brensel.....	15
3.2 Testtrigg	16
3.3 Bruk av brensel.....	22
3.4 Testparametere	22
4 Testing av griller – resultater og vurderinger	23
4.1 Test av lukket testgrill	23
4.1.1 Gjennomføring	23
4.1.2 Resultater.....	26
4.2 Test av lukket grill og dummygrill.....	31
4.2.1 Gjennomføring	31
4.2.2 Resultater.....	33
4.3 Test av lukket grill med overbelastning	38
4.3.1 Gjennomføring	38
4.3.2 Resultater.....	40
4.4 Test av åpen grill	45
4.4.1 Gjennomføring	45
4.4.2 Resultater.....	47
5 Diskusjon	50
6 Konklusjon	52
Referanser	53
Vedlegg A - Skisse av testriggens trevegger med termoelementene posisjon	

Vedlegg B - Tekniske rapporter

B1 - Rapport for sikkerhetstest 1 av lukket testgrill

B2 - Rapport for sikkerhetstest 2 av lukket testgrill med dummygrill

B3 - Rapport for sikkerhetstest 3 av lukket testgrill med overbelastning

B4 - Rapport for sikkerhetstest 4 av åpen testgrill

Sammendrag

RISE-rapport 2019:04 «*Brannrisiko forbundet med kull- og vedfyrte griller i restauranter*» [1] undersøkte regelverk og dokumentasjonskrav knyttet til kull- og vedfyrte griller i restauranter i Norge. En del av konklusjonen i denne rapporten understreket et behov for, gjennom fysisk prøving, å kartlegge hvorvidt eksisterende teststandarder kan dekke sikkerhetsbehovet til kullgriller i restauranter. NS-EN 13240:2001 *Ildsteder for romoppvarming i boliger, fyrt med fast brensel — Krav og prøvingsmetoder* [2] ble valgt ut som aktuell teststandard å basere testingen på.

Tre testgriller (lukket testgrill, en dummygrill og en åpen testgrill) ble produsert av RISE Fire Research, med grunnlag i eksisterende kullgrillmodeller på det norske markedet og som ble etterlignet så godt det lot seg gjøre mtp. isolasjonsevne, materialer og dimensjoner. Dette ble gjort for å oppnå en objektiv fremstilling av problemstillingen, uten å forholde seg til en spesifikk merkevare. Det ble benyttet restaurantkull for å få en så reell varmeutvikling som mulig i testgrillene.

Oppbygging av testforhold er basert på NS-EN 13240:2001, med en testtrigg bygget opp som et hjørne med to «sikkerhetsvegger», tak og gulv instrumentert med fastmonterte termoelementer. Sikkerhetsveggene måler temperaturene fra testgrillen i mange målepunkter i et standardisert rutenett, og tak og vegger måler et fast varmest temperaturpunkt. Termoelementer i skorsteinen og i ventilasjonskanalen målte temperaturer i røykgassene som ble transportert til ventilasjonssystemet. Fire tester ble gjennomført, hvor den første var en standardisert sikkerhetstest på den lukkede modellen av testgrill. Den andre testen var samme sikkerhetstest med dummygrill ved siden av testgrillen. Dummygrillen hadde en innebygd gassbrenner for å simulere varmebelastning til en ordentlig grill. Hensikten med denne testen var å simulere to griller plassert ved siden av hverandre. Den tredje testen var en overbelastningstest på den lukkede testgrillen med 150 % brenselmengde og hyppigere påfyllingsintervaller av brensel. Den siste testen var test av åpen grill.

Sikkerhetstest-metoden, som er beskrevet i NS-EN 13240:2001 er egnet for å teste nivået for stabil maksimaltemperatur i omkringliggende brennbart materiale, på samme måte som for ildsteder, som metoden egentlig er ment for. Metoden tar også for seg sikkerhetsaspekter som temperatur på overflater og eventuelle håndtak på grillen. Forsøk viser at temperaturene som dannes av kullgrillene kan overgå teststandardens temperaturkriterie til omkringliggende brennbare materialer og vil da kunne bidra til at nærliggende brennbare materialer kan antennes. Slike situasjoner utgjør en brannfare og sikkerhetstiltak angående dette aspektet må dokumenteres av produsent.

NS-EN 13240:2001 omhandler ikke temperaturer i avtrekk eller dannelse av gnister og deres eventuelle spredning til brennbart materiale. Dette er viktige sikkerhetsaspekter som må hensyntas ved dokumentasjon av restaurantgriller. Forsøk viser at gnister dannes i grillen, også fra grillkull som er avsett for restaurantgriller, og at disse kan spres opp i avtrekk og ut gjennom grillens åpning når man åpner døren til grillen. Sammen med høye røykgasstemperaturer i ventilasjonskanaler og avleiringer av sot og matfett utgjør dette en brannfare. Det må derfor dokumenteres at grillen er utstyrt med et tiltak (for eksempel gnistfanger) som i tilstrekkelig høy grad fanger opp disse gnistene fra grillens avtrekk. Brukere av grillen må få opplæring og må bruke forsiktighet ved åpning av en lukket grill, for å unngå hendelser i forbindelse med at gnister slippes ut denne veien.

Plassering av lukkede griller ved siden av hverandre ser ikke ut å øke varmestråling mot omkringliggende vegger, men kan lede til forhøyede temperaturer mellom grillene. Konsekvensene av slike temperaturøkninger må dokumenteres. Overbelastning med overfylling av brensel og intensive påfyllingsintervaller vil kunne lede til forhøyede temperaturer i grillen som for eksempel kan påvirke materialer og sveisesømmer. Overbelastning kan også påvirke temperaturer mot tilstøtende vegger og i avtrekk og dermed ha konsekvenser for brannsikkerheten. NS-EN 13240:2001 krever at produsenten dokumenterer hvordan testobjektet er bygd opp og hvilke materialer som er valgt og at sveisesømmer passer til tiltenkt materiale. Det anbefales at produsenten dokumenterer sikkerhetsnivået til grillens materialer ved en overbelastningstest. Det må dokumenteres at ventilasjonssystemet som røykgassene fra grillen slippes ut til er dimensjonert for å håndtere de temperaturer som kan oppstå, også ved feil bruk.

1 Innledning

Dette kapitlet skal gi leseren innsikt i bakgrunnen for dette prosjektet, og redegjøre for prosjektets målsettinger, omfang og for hvilke forskningsmetoder som er brukt.

1.1 Bakgrunn

RISE-rapport 2019:04 «Brannrisiko forbundet med kull- og vedfyrte griller i restauranter» [1] undersøkte dokumentasjonskrav og regelverk knyttet til kull- og vedfyrte griller i restauranter. Studien konkluderte med at det er behov for å kartlegge hvorvidt eksisterende teststandarder dekker sikkerhetsbehovet for kullgriller i restauranter, eller om det er behov for å utvikle en ny teststandard for kullgriller for restauranter, ved hjelp av testing. På oppdrag for Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap (DSB) og Direktoratet for byggkvalitet (DiBK) har RISE Fire Research gjennomført en serie praktiske tester av kullgriller.

1.2 Målsetting

Målsettingen har vært å benytte de kartlagte eksisterende relevante teststandardene med hensikten å vurdere hvorvidt eller hvordan de kan dekke sikkerhetsbehovet for kullgriller i restauranter. Følgende er omhandlet i rapporten:

- Nivået for stabil maksimaltemperatur i røykgassene ved ulike betingelser for både åpne og lukkede typer av kullgriller.
- Grad av gnist- og flammedannelse ved åpning av grill, og vurdering av i hvor stor grad gnist og flammedannelsen utgjør en brannfare. (For eksempel om det er risiko for antennelse av fett og sot i avtrekkskanalen dersom gnistfangere mangler.)
- Konsekvensene av ulike typer feil bruk av kullgriller
 - Plassering av flere griller ved siden av hverandre
 - Overfylling med brensel
 - Bruk av feil bruk av brensel
 - Overbelastning; hvilke temperaturer tåler grillen, og hvor lenge?
 - Avstand til brennbart materiale. Konsekvenser fra lengre eksponering for høye temperaturer (noen av restaurantene har 13-16 timers sammenhengende daglig drift på ovnene) / pyrofort materialer.
 - Andre aspekter relatert til bruk, brensel og plassering.

1.3 Omfang

Dette prosjektet er begrenset til å omhandle bruk av kullfyrte griller innendørs i restauranter, og testene baserer seg på teststandarden NS-EN 13240:2001 *Ildsteder for romoppvarming i boliger, fyrt med fast brensel — Krav og prøvingsmetoder* [2]. Modifikasjoner er gjort i forhold til standarden hvor det har vært hensiktsmessig, med hensyn til bruksområde. [2]

1.4 Metodebeskrivelse

Denne rapporten er en direkte videreføring av rapporten til Brannrisiko forbundet med kull- og vedfyrte griller i restauranter [1], hvor blant annet kartlegging av regelverk og testmetoder er gjennomgått. For utfyllende informasjon knyttet til behov i forbindelse med utforming av testoppsettet og testgrillene ble brannforebyggende avdelinger ved Trøndelag Brann- og redningstjeneste (TBRT) og Oslo Brann- og redningsetat (OBRE) kontaktet. Dette var nødvendig for å få et så relevant testoppsett og så relevante testgriller som mulig.

Det ble valgt å bygge egne testgriller ettersom dette gir en mer objektiv fremstilling av problemstillingen, uten å forholde seg til en spesifikk merkevare. Ved en markedsundersøkelse gjennom søk på internett og innspill fra brannvesen, ble det skaffet oversikt over kullgriller som dominerer på det norske markedet. Manualer, tekniske datablad og produktkataloger ble gjennomgått for å danne grunnlaget for hvordan grillene er bygd opp. Testgrillene er bygget på samme prinsipper (nærmere beskrevet i avsnitt 2.1) som markedsgrillene og tar vare på de samme grunnleggende egenskapene som er relevant for dette prosjektet.

2 Bygging av testgriller

Dette kapittelet beskriver testgrillenes oppbygning og materialvalg.

2.1 Testgrillenes oppbygning

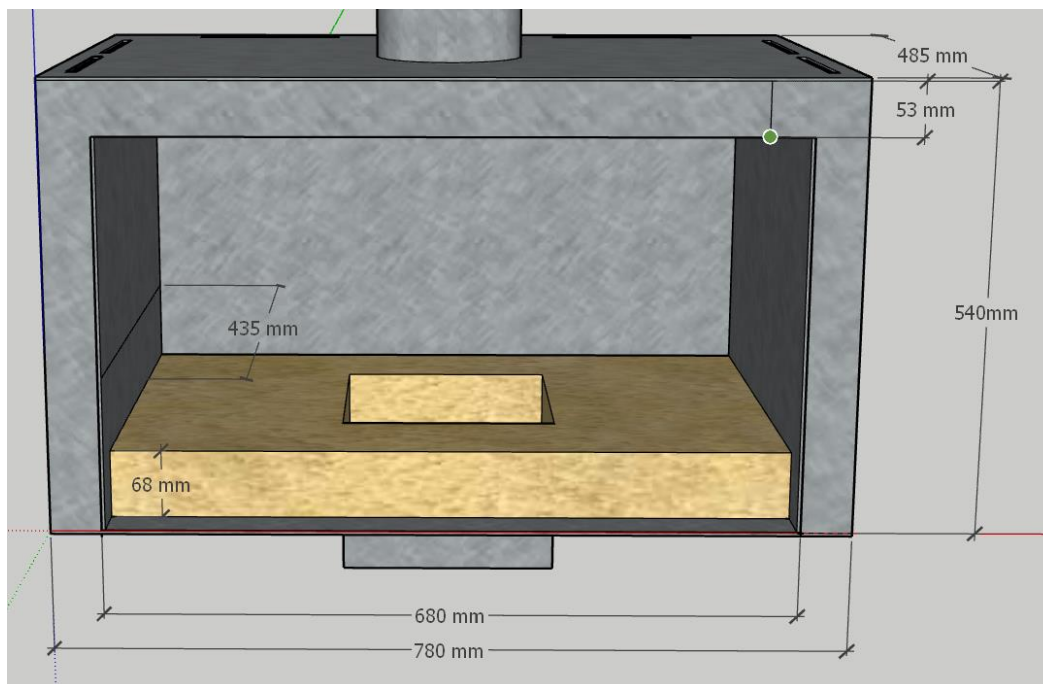
2.1.1 Lukket testgrill

Den lukkede testgrillen ble laget med handtak og herdet glass i døren, dette for å gi godt innsyn inn i grillen, se Figur 2-1.



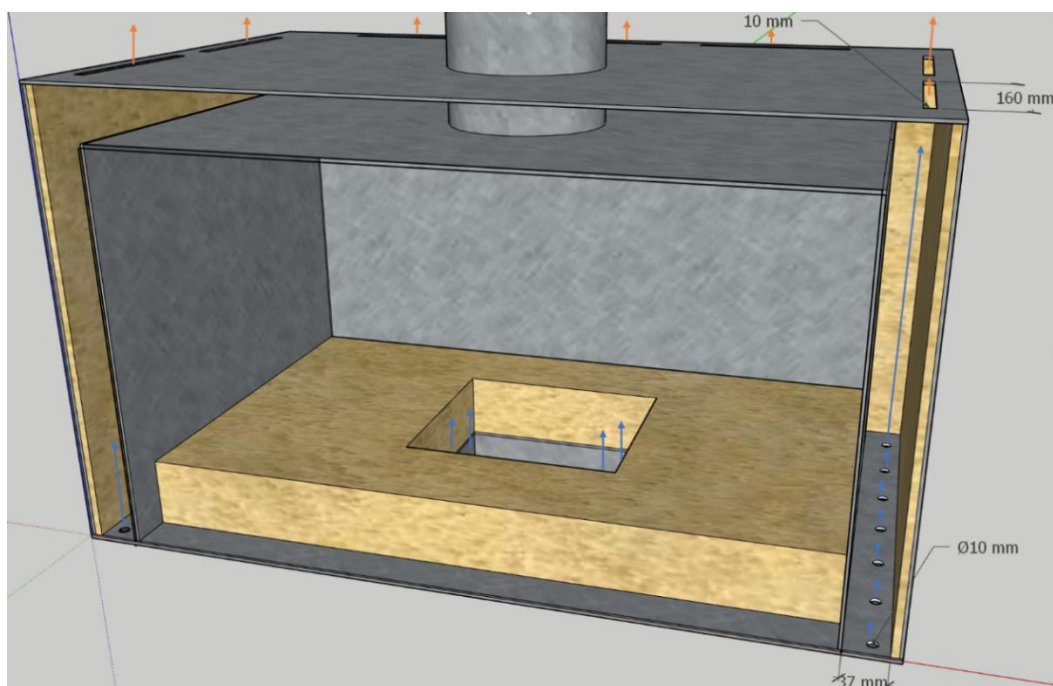
Figur 2-1: Lukket testgrill.

Den lukkede testgrillen er oppbygget med to brennkamre, et indre og et ytre, i 3 mm varmvalsede stålplater, stående på en 2 mm varmvalset stålplate, forsterket med hule firkantjern. Firkantjernet måler 40×40 mm, med 3 mm tykkelse. Målene på den lukkede testgrillen kan ses i Figur 2-2 og Figur 2-3. Firkantjernet er også brukt for testgrillens bein, og løfter testgrillen 700 mm over bakken. Testgrillens skorstein er laget av et Ø15 cm stålør, med godstykkelse 1 mm.



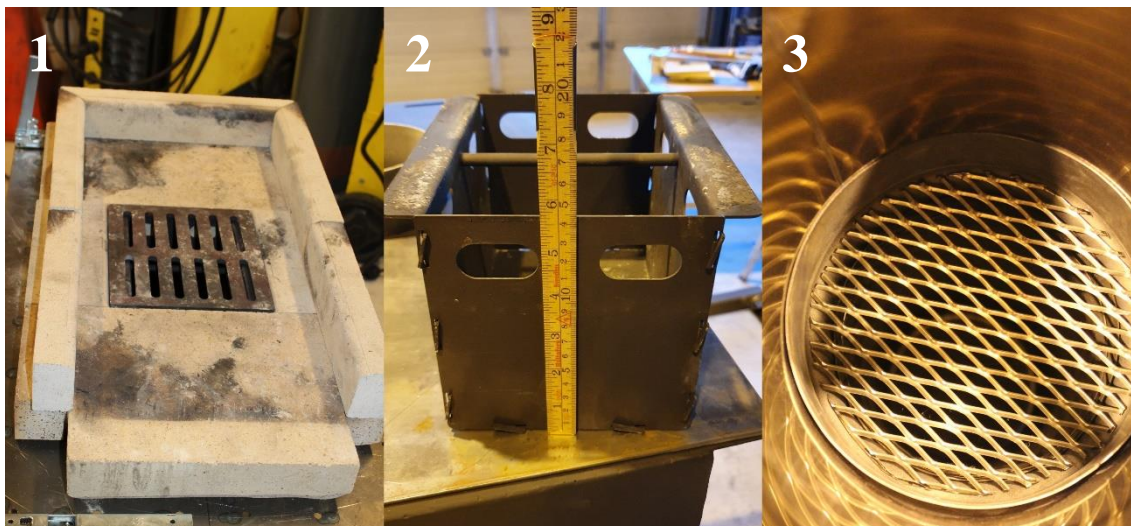
Figur 2-2: Testgrill forfra.

Ved å ha mellomrom mellom brannkamrene, 21 luftehull i bunnplate og syv luftespalter i toppplate, vil luft sirkulere mellom brannkamrene, illustrert ved blå og røde piler i Figur 2-3. Dette vil øke isolasjonseffekten fra de 7 mm tykke kalsiumsilikatplatene som er montert på innersiden av bak- og sidevegger på ytre brennkammer, Figur 2-3. Dette er inspirert av markedets griller.



Figur 2-3: Snittegning av mellomrommet mellom indre- og ytre brennkammer og luftehull og -spalter på den lukkede testgrillen. Bunnplate og isolasjonsplater er ikke i samme materiale.

Bunnplata av indre brennkammer er dekket med 68 mm tykk ildfast stein og rammestein med nedfelt askeskuff Figur 2-4. Askeskuffen er dekket over med en grillrist på 21×14 mm og har luftehull for å slippe til friskluft som vist med blå piler i Figur 2-3.



Figur 2-4: Bunnplata til testgrillen med ildfast stein og grillrist (1) som dekker over askeskuffen (2) og gnistfanger i skorsteinen.

De griller vi har sett på markedet har luftespalter fordelt over hele bunnplata for jevnere tilførsel av luft til forbrenningen, men på testgrillen er det kun luftespalter gjennom grillristen. En annen forskjell, fra markedsgrillene, som ikke er tatt med i testgrillen, er et ekstra lag med isolasjonsplater som dekker indre forbrenningskammer. Når et slikt ekstra lag med isolasjonsplater er inkludert i en grill, vil det resultere i ekstra varmeisolering til nærliggende materialer utenfor grillen. Skorsteinen til markedsmodellene har ekstra luftlåskanal for å fange partikler sammen med gnistfangeren. Testgrillen har ingen luftlås, men bare en enkel gnistfanger i strekkmetall med 6×20 mm masker ($h \times b$).

Som man kan se er det flere aspekter som ikke er tatt med i testgrillen som markedsgrillene vi fant på markedet hadde. Det er testoppsettet og kravene til standarden NS-EN 13240:2001 [2] som skulle testes for om de dekket sikkerhetsbehovene for kullgriller og derfor måtte testgrillene produsere nok varme, flammer og gnist til å kunne gjøre utslag på testen.

2.1.2 Dummygrill

For å simulere effekten av å plassere to griller ved siden av hverandre i et restaurantkjøkken ble testgrillen testet sammen med en «dummygrill». Dummygrillen ble laget for å produsere tilsvarende varmeeksponering på testgrillen som en ordentlig grill ville ha gjort. Dummygrillen ble laget i samme ytre dimensjoner som den lukkede testgrillen beskrevet i avsnitt 2.1.1, men består bare av et ytre brennkammer og en enkel propanbrenner på innsiden, se Figur 2-5.



Figur 2-5: Dummygrill med propanbrenner tent på innsiden.

Ved bruk av propanbrennere, var det mulig å oppnå en stabil overflatetemperatur ved ønsket nivå. Temperatursvingninger som kan observeres i en grill ved bruk av kull, på grunn av at kullet forbrukes og så fylles på igjen, ble ikke simulert, temperaturen var konstant.

2.1.3 Åpen testgrill

Den åpne testgrillen er av et enkelt design, satt sammen som en rektangulær bøtte laget av ildfast stein i tetthet $1976,5 \text{ kg/m}^3$, med rammeverk av vinkelstål i stål og borede luftehull i nedre langside på begge sider.



Figur 2-6: Ferdigstilt åpen testgrill med 3 luftehull på begge langsider.

Den åpne testgrillen er laget av fem plater med 40 mm tykk ildfast stein, som holdes sammen av en ramme laget av 50×50 mm vinkelstål, se Figur 2-6. Bunnrammen kan ses i Figur 2-7. Testgrillens ytre dimensjoner er 475×350×220 mm (b×d×h) og de innvendige dimensjonene er 380×260×170 mm. Disse dimensjonene tilsvarer målene på den minste modellen av tilsvarende type griller vi har funnet på det norske markedet.

Bunnplaten av ildfast stein, som ble plassert i bunnrammen av stål er 5 cm tynnere enn det som brukes som bunnplate på grillen vi fant på det norske markedet. Dette vil påvirke isolasjonsevnen til grillen ettersom en tykkere bunnplate vil beskytte underlaget bedre. Det viktige i denne testen er å demonstrere brannrisikoen ved varmestråling fra grill til underlaget som grillen er plassert på, siden dette er identifisert som en potensiell brannrisiko. I vårt oppsett har vi altså gjort et konservativt valg av tykkelse, for å etterlikne en grill med lav isolasjonsevne mot underlaget.



Figur 2-7: Bunnramme i stål for åpen testgrill.

For å få gunstig tilgang på friskluft inn i grillkammeret ble det boret tre 10 mm hull på hver langside, noe som også er inspirert av lignende griller på markedet, se Figur 2-8. Grillene som ble funnet på markedet hadde et regulerbart ventilasjonshull på langsiden av grillen. Dette ble for komplisert å etterligne. I stedet ble det laget flere hull til å skape god tilførsel av friskluft inn i grillen fordelt jevnt over hele langsiden.



Figur 2-8: Tre Ventilasjonshull på langsiden av testgrillens vegger, $\varnothing 10\text{mm}$.

3 Testoppsett

3.1 Brensel

I forsøkene ble det brukt et profesjonelt grillkull som er ment for bruk på restaurantgriller, for å sikre relevant varmeutvikling og lengde på brenntiden tilsvarende vanlig drift i restaurant. Profesjonelt grillkull er generelt av en type som brenner lengre og har høyere brennverdi enn vanlig grillkull som fås å kjøpes i butikk.



Figur 3-9: Grillkullet (1) kom pakket i 12 kg poser fra importøren Gastronaut, sammen med opptenningsbriketter (2-3).

Kullet som ble valgt, til alle testene, er av typen «Amazulu Restaurant Kull», produsert og importert fra Sør-Afrika. Dette kullet er laget fra busk- og løvtræsarter som gir hardt trekull som igjen gir lengre brenntid og høyere varmeintensitet [3]. Oppgitt nedre brennverdi er på 31 MJ per kilogram og fuktigheten ligger på rundt 8 % til 10 % [4]. Løvtrær inneholder mindre kvaer, som kan gi mindre gnistdannelse.

Opptenning av grillkull i restaurantgriller med feil tennekilder har blitt pekt på som mistenkt brannkilde av OBRE [5]. For at brensel og opptenning skulle være så riktig som mulig var det viktig å bruke en opptenningsmetode som er beskrevet i brukermanualer til kullgrillene samt å bruke en godkjent tennekilde. Ved disse testene ble det valgt opptenningsbriketter av denaturert alkohol fra sukkerrør som er tilsatt et solidifiseringsmiddel. Disse brikettene vil, ifølge produsenten, tenne grillkullet raskt og effektivt uten å tilføre lukt, røyk eller giftige stoffer [3].

Det er ikke sikkert alle restauranter bruker det mest intensive kullet når de fyrer sine kullgriller. Grunnen til at valget falt på det varmeste kullet (som oppgitt av produsenten), med lengst brenntid, er dets relevans for de parameterne som er under lupen i denne testserien. Ved å velge det varmeste kullet kan man forvente relativt høy temperaturutvikling i vegger og gulv og får dermed demonstrert hvilken varme som er mulig å utvikle ved et slikt testoppsett.

Brenselet besto av relativt store kullbiter, se Figur 3-10. Dette gjør at det kan oppstå bedre trekkforhold mellom store biter sammenlignet med mellom små biter, noe som vil ha betydning for testresultatet. Dette vil bli adressert senere i rapporten.



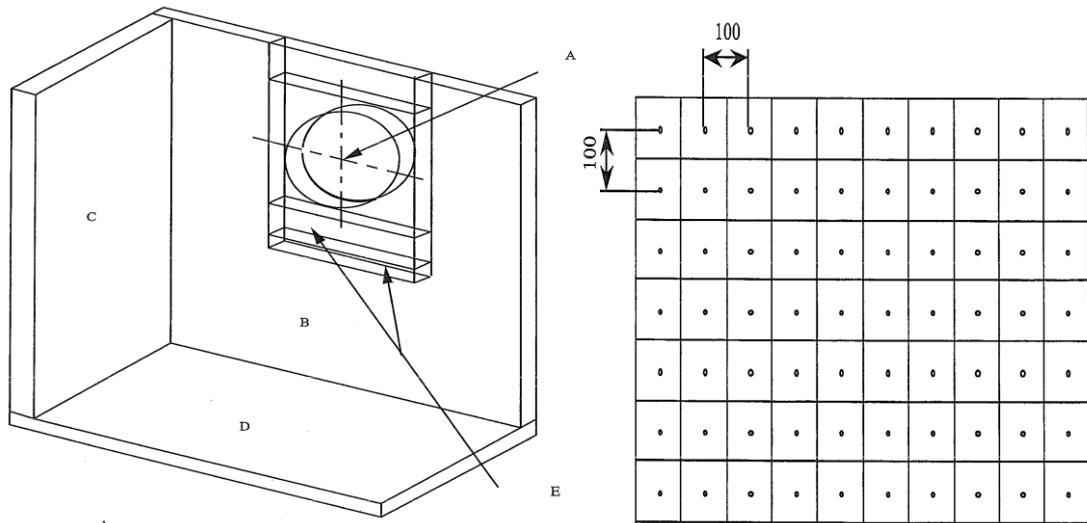
Figur 3-10: Forskjellige størrelser på kullbitene i brenselet av typen Amazulu. De største bitene var ca. 12 cm.

Et av målene i prosjektet var å undersøke feil bruk av kulgriller, herunder bruk av feil brensel. Det ble rapportert fra brannvesenet en mistanke om at det ble brukt ved som brensel i en av kullgrillene hvor det hadde oppstått brann [5]. Dette var imidlertid ikke en stor bekymring. Ved som brensel ligger på en nedre brennverdi på mellom 18 MJ og 20 MJ per kilogram [6], som er lavere enn nedre brennverdi for valgt grillkull til testene, på 31 MJ per kilogram. Derfor vil grillkullet som brukes i restauranter utvikle høyere temperaturer og ved som brensel ble valgt bort. En mulig risiko med bruk av feil brensel kan imidlertid være at det bidrar til å danne mer gnister ved forbrenning enn restaurantgrillkullet gjør.

3.2 Testrigg

Testoppsettet var basert på testmetoden NS-EN 13240:2001 «Ildsteder for romoppvarming i boliger, fyrt med fast brensel» [2]. Standarden inneholder flere testmetoder for ildsteder, men sikkerhetstesten for innretninger som brenner fast brensel ble valgt. Grunnen er den var mest relevant til denne typen innretning og brensel og fordi den la best til rette for målinger av de relevante parameterne som prosjektet har hatt som målsetting å studere, blant annet temperaturer i grillens side- og bakvegg og gulv.

Standarden legger opp til at det aktuelle ildstedet skal stå montert i en såkalt «trihedron» med tak som vist i Figur 3-12, heretter kalt testrigg. Testriggen er bygd opp av tre deler; del B og C som er henholdsvis bak- og sidevegg og del D, som er gulvet. I tillegg kommer taket. Del A og E illustrerer en horisontal ventilasjonskanal, se Figur 3-11. I disse testene var ventilasjonskanalen i stedet vertikalt plassert, og gikk gjennom takplaten på testriggen, se Figur 3-14. Dette er mer representativt for kullgriller i restauranter og standarden inneholder også en vertikal løsning som også blir brukt til akkrediterte tester av ildsteder for varmfyring ved RISE Fire Research.



Figur 3-11: Illustrasjon av testtriggen med bak- og sideveggers målepunkter [2]. Mål i mm.

Figur 3-11 viser testtriggen og målepunktene slik de er illustrert i standarden. Figur 3-12 viser tilsvarende testtrigg som den ser ut i laboratoriet. Testtriggens gulvplate ble plassert på en vekt for å måle brenselforbruk gjennom hele testingen.



Figur 3-12: Testtriggen bestående av side- og bakvegg, vekt med gulvplate, tak og ventilasjonskanal.

Overgangen mellom ventilasjonskanalen på testtriggen og testgrillens skorstein har en åpning på 4 cm, se Figur 3-13. Dette åpner for at frisk luft kan blande seg i røykgassen fra skorsteinen og redusere påkjenningen på ventilasjonskanalen. Dette oppsettet følger sikkerhetstesten i NS-EN 13240:2001, og vil skape et tvunget trekk i testgrillen. Grillprodusentenes anbefaling var å sette trekket i ventilasjonsanlegget på 12-15 Pa. Trekket ble stilt inn på 15 Pa (-0,+2 Pa), og i henhold til teststandarden ble dette kontrollert i skorsteinen. Dette er et mer konservativt oppsett enn det som er anbefalt av grillprodusenter og enn det som er observert i tidligere studie [1]. Et tvunget høyere trekk vil skape en kraftigere forbrenning med høyere temperaturer, høyere flammer og mer gnister.



Figur 3-13: Åpning mellom skorstein fra testgrill og ventilasjonskanalen.

Som sett i Figur 3-11 og Figur 3-14 er side- og bakveggenes termoelementer satt opp i et rutenettmønster. Sideveggenes termoelementer er nummerert fra kanal 1 til 15 og bakveggen er nummerert fra kanal 24 til 38. Disse nummererte kanalene tilsvarer en posisjon i rutenettet til termoelementene. En oversikt over dette finnes i Vedlegg A.

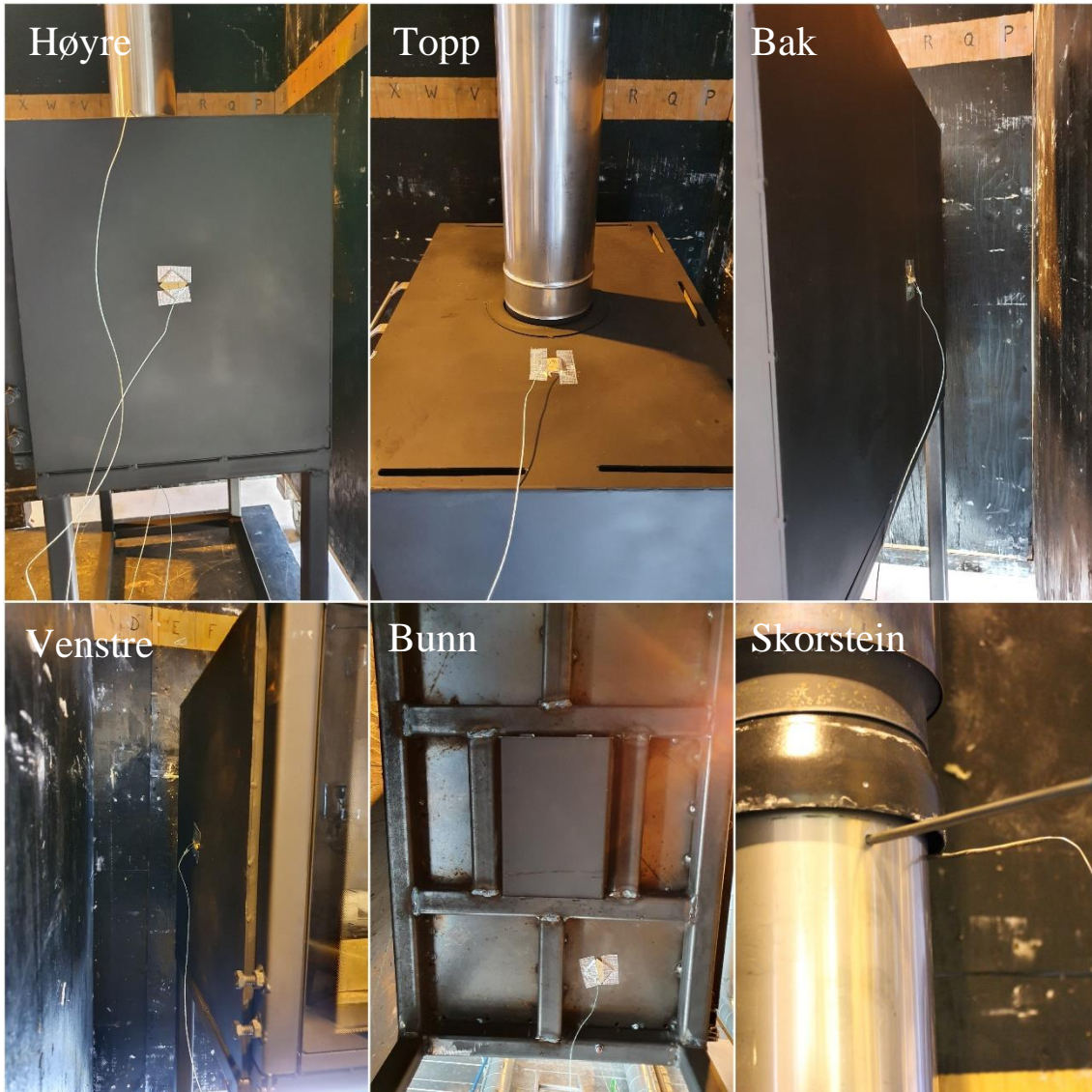
NS-EN 13240-2001 [2] stiller krav til hvor høy temperaturen under ildstedet kan være. Da den åpne testgrillen ble plassert direkte på gulvet av testriggeren, ble det derfor montert et termoelement på gulvet under grillen for å måle varmespredningen fra grill til gulvet. Denne type varmespredning er også et mistenkt antennelsessted for faktiske branntilløp i åpne griller rapportert av OBRE [5]. Ved å sette den åpne testgrillen på gulvet, fikk den en lang avstand opp til ventilasjonskanalen, noe som ikke er tilfellet i restauranter hvor grillene står på kjøkkenbenker. Avstanden skapte dårlig grunnlag for vurdering av temperaturene i ventilasjonskanalen.



Figur 3-14: Plassering av termoelement for ventilasjonskanal (1) og bakveggenes bakside med målepunkter (2).

Termoelementer for måling av overflatetemperaturer er limt, med varmebestandig lim, på alle relevante overflater på testgrillene, se Figur 3-15. Den lukkede testgrillen hadde termoelementer påmontert på høyre og venstre sideplate, bakplate og topp- og bunnplate. Det var også et termoelement sentrert inn i testgrillens skorstein 435 mm over topplaten sammen med et manometer for monitorering av riktig trekk i skorsteinen.

Termoelementene som er brukt i denne testen er alle av Type K. Elementene som er festet i veggen på testgrillen er 0.5 mm og elementene brukt i skorstein og ventilasjon er 1.5 mm. Overflatetemperaturene på grillen er målt av termoelementer etter NS-EN 1363-1:2012 [7].



Figur 3-15: Plassering av termoelementer på testgrillens overflater, samt skorsteinstemperatur og trykkmåling for kontroll av trekk.

Fire termoelementer utformet i henhold til NS-EN 1363-1:2012 [7] er montert som beskrevet i NS-EN 13240:2001 [2]. Ett av disse termoelementene er montert på varmeste punkt på sideveggen fremfor glassdøren. Et annet er montert på varmeste punkt i taket på testriggeren for å måle oppvarmingen av taket. Posisjon for varmeste punkt ble funnet ved hjelp av en håndholdt infrarød sensor. Denne metoden viste neglisjerbar varmeutvikling på gulv under test med lukket grill og det ble derfor bare montert termoelement under åpen testgrill. Et tredje termoelement ble montert på håndtaket til grillen.

3.3 Bruk av brensel

NS-EN 13240:2001 [2] oppgir hvordan riktig mengde fast brensel (f.eks. kull) som skal benyttes ved sikkerhetstesten skal beregnes. Beregningen inkluderer informasjon som ikke var tilgjengelig for testgrillene som skulle testes (f.eks. forbrenningseffektivitet og nominell varmeytelse). Mengden brensel er derfor bestemt gjennom metoden som er beskrevet i NS-EN 1860-1:2013 «Utstyr, fast brensel og tennere til grilling Del 1: Griller for fast brensel. Krav og prøvingsmetoder» [8]. Denne metoden angir fylling av brensel i sikkerhetstesten for lukkede kullgriller ved at brennkammeret skal fylles med grillkull opp til nederste innstilling av grillhulle, deretter skal man ta ut kullet for veiing og legge 75 % av dette tilbake. Mengden 4 kg kull ble etter retningslinjene i denne metoden valgt å laste den lukkede kullgrillen med under normal drift, se Figur 4-16. For den åpne testgrillen var 3 kg mengden som tilsvarte anbefalingen i denne standarden.

Ved overbelastningstestet for den lukkede testgrillen ble det bestemt å øke brenselmengden med 50 %.

3.4 Testparametere

Bakgrunnen for måling av temperaturer i side- og bakvegg, samt tak og gulv, i testriggeren er å kartlegge varmestrålingen til brennbare materialer. NS-EN 13240:2001 [2] har definert et testkriterium, relevant for dette prosjektet. Om ett logget målepunkt i side- og bakvegg, samt tak eller gulv, overskrider 65 °C over romtemperatur vil det gi kriteriebrudd. Dette er uavhengig av posisjon til termoelementet i rutenettet.

Trevirke kan bli pyrofort om det eksponeres for oppvarming over lang tid, hvor det kan bli tørt, sprøtt og porøst [9]. For eksempel, definerer NFPA pyrofort kjemikalie som et kjemikalie som selvantenner, ved tørr eller fuktig luft, ved eller under 54,4 °C [10]. Treverk, som ikke er utsatt for langvarig oppvarming, er også bevist å antenne uten tennkilde om det utsettes for temperaturer over 200 °C [11].

Temperaturen på grillens håndtak skal ikke overskride 35 °C over romtemperatur. Dette har med brukersikkerhet å gjøre. Standarden spesifiserer at om noen av disse kriteriene blir brutt ved testing, skal produsenten spesifikt beskrive nødvendige sikkerhetstiltak i sine brukermanualer. Dette kan være bruk av grillvott eller avstand til brennbare materialer.

Gnist og flammedannelse i brennkammer og i overgangen mellom skorstein og ventilasjonskanalen ble også dokumentert ved visuell observasjon, fotografering og videofilm, og det ble vurdert hvorvidt det var omfattende gnistdannelse eller ikke. Dette er grunnet funnene i rapporten til Glansberg og Stensaas [1], hvor inspeksjon av ventilasjonskanalene avdekket oppsamling av stekefett og sot. Matolje har en selvantennelsestemperatur på mellom 285 °C og 385 °C [12] og sammen med gnister kan dette utgjøre en brannrisiko.

4 Testing av griller – resultater og vurderinger

Gjennomføringen av den fysiske testen samt testresultater presenteres i dette kapittelet.

4.1 Test av lukket testgrill

4.1.1 Gjennomføring

Den første testen av den lukkede testgrillen brukte normalt nivå brensel (dvs. 4 kg). Overflate- og røykgasstemperaturer ble registrert. I tillegg ble gnist- og flammedannelse observert og dokumentert med fotografering og videofilming. Det ble lagt 3 opptenningsbriketter sammen med kullet, i henhold til kullgrillprodusentenes brukerguide. Disse ble antent med propantenner.



Figur 4-16: Nivå av grillkull i lukket grill tilsvarende 4 kg.

Nytt brensel ble fylt på ved intervaller bestemt ut fra når røykgasstemperaturen i skorsteinen sank ned til 200 °C, se Figur 4-21.



Figur 4-17: Antennelse av opptenningsbriketter.



Figur 4-18: Store deler av kullet deltar i forbrenning etter ca. 15 minutter.



Figur 4-19: Dannelse av en hvitglødende kullhaug.



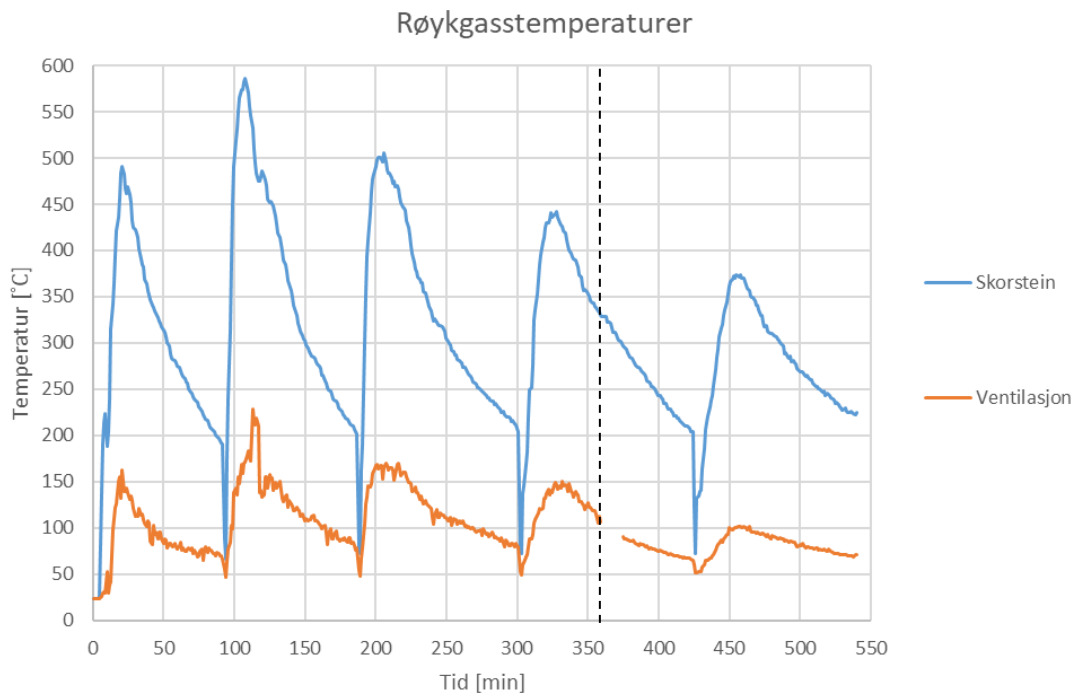
Figur 4-20: Resterende kull rett før påfylling av nytt kull.

Etter 360 minutter ble testriggeren flyttet 10 cm bakover, slik at total avstand fra bakplaten av grillen til bakveggen av testriggeren ble 30 cm. Dette ble gjort fordi temperaturkriteriet på 65 °C over romtemperatur, ble brutt. Dette kan ses i Figur 4-23.

4.1.2 Resultater

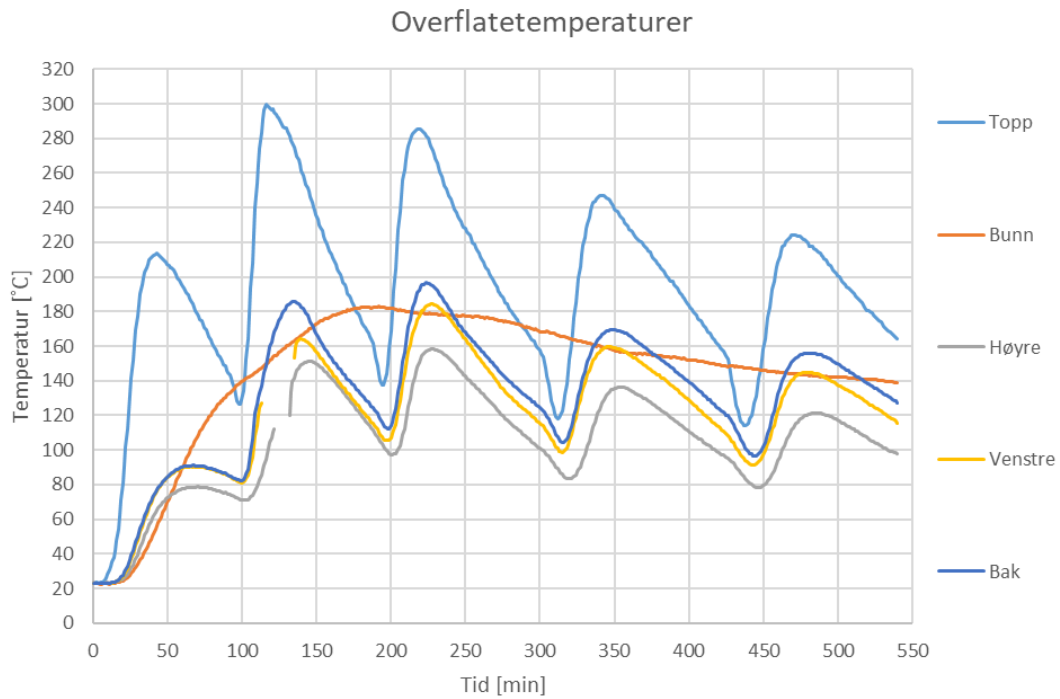
4.1.2.1 Temperaturer

Som beskrevet i 4.1.1, sammenfaller temperaturintervallene for røykgassen, blå kurve, med brenselileggene som ble gjort når temperaturen gikk ned til 200°C, som vist i Figur 4-21. Det andre brenseilegget er det varmeste, hvor røykgassen når en temperatur på 586 °C. Denne høye temperaturen er grunnet god trekk gjennom grillrista ettersom det ikke er mye aske produsert så tidlig i testen. Røykgassen i ventilasjonskanalen, oransje kurve, nådde som mest 228 °C. 130 minutter etter teststart ble det registrert kriteriebrudd i bakveggen, og 360 minutter etter teststart ble bakveggen så varm, at den ble flyttet ut 10 cm vekk fra grillen til 30 cm avstand totalt mellom grill og bakvegg. Sideveggen beholdt samme avstand på 20 cm gjennom hele testen, men ble forskjøvet 10 cm i samme retning som bakveggen ble flyttet, etter som veggene satt sammen.



Figur 4-21: Røykgasstemperaturer både i skorstein og i ventilasjonen med innblanding av frisk luft. Bratt stigning i temperatur kan observeres ved hvert kullilegg.

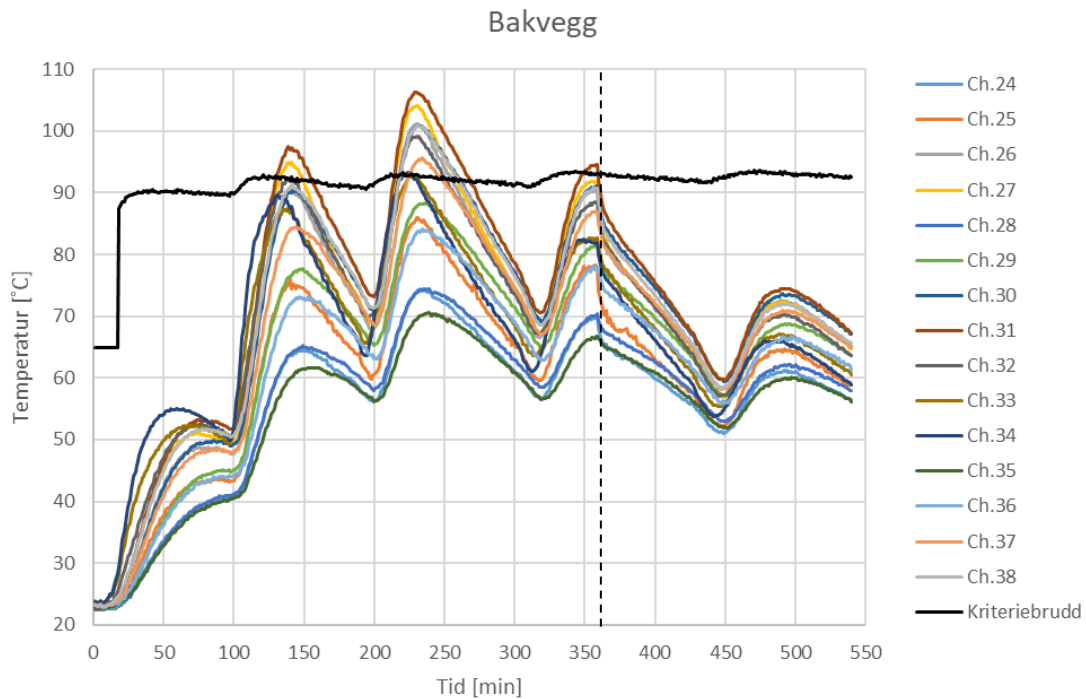
Mellom 360 og 375 minutter falt termoelementet ut av ventilasjonskanalen. Dette skjedde under flytting av bakveggen. Termoelementene ble satt på plass igjen, men i et tidsrom mangler derfor data.



Figur 4-22: Overflatetemperaturer på lukket testgrill. Bratt stigning i temperatur kan observeres ved hvert kullilegg.

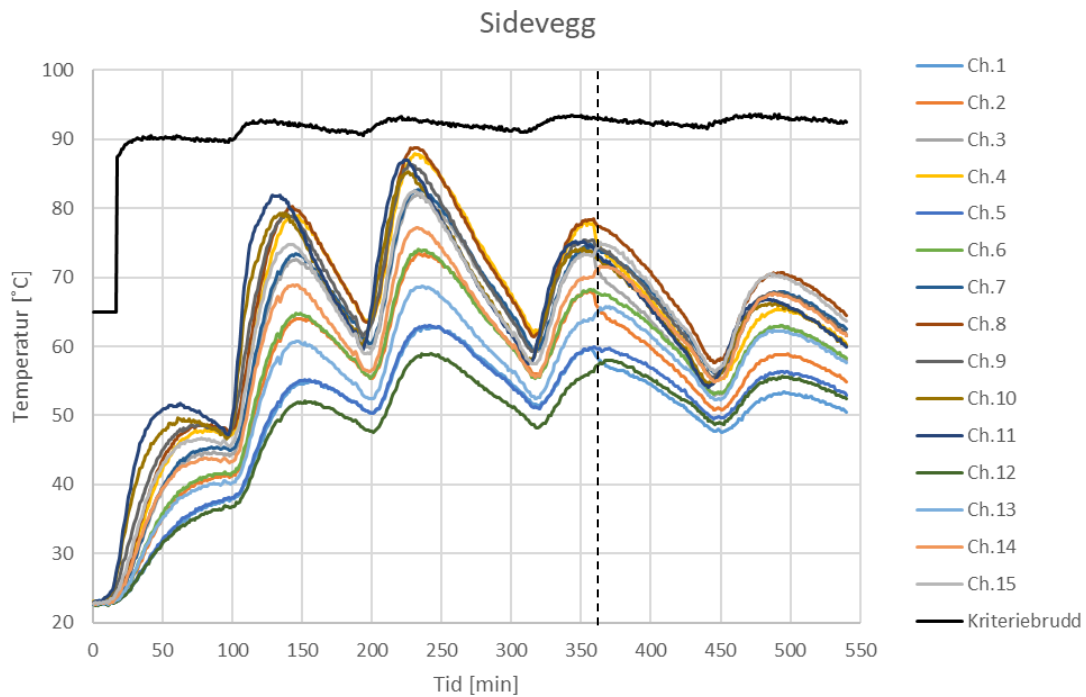
Temperaturene er beskrevet i avsnitt 3.2. Temperaturen målt på topplaten av grillen er høyere enn de andre, siden det ikke er montert isolasjonsplate over indre brennkammer. Temperaturen i bunnplaten forholder seg jevn og er trolig grunnet det tykke laget med ildfast stein, i bunnen av indre brennkammer, som demper svingningene.

Også i denne testen mangler temperaturdata i et tidsrom, her mellom 113 og 134 minutter og mellom 122 og 131 minutter ved henholdsvis venstre og høyre termoelement på den lukkede testgrillen. Dette var et resultat av at termoelementene falt av grillveggen og måtte monteres.



Figur 4-23: Temperaturer målt i testtriggens bakvegg. Ch.24-Ch.38 tilsvarer posisjonene til termoelementene som beskrevet i Avsnitt 3.2. Sort stiplet strek indikerer tidspunkt for flytting av bakvegg.

Figur 4-23 viser kriteriebrudd målt i bakveggen av testtriggen, iht. til NS-EN 13240:2001 [2] ved tre tilfeller i forbindelse med ilegg av nytt brensel, etter ca. 130, 210 og 250 minutter. Dette medfører at den lukkede testgrillen ikke består temperaturkriteriet, beskrevet i Avsnitt 3.4, når den er installert 20 cm fra bakveggen. Når avstanden mellom bakveggen og grillen ble økt, 360 minutter etter start av test, falt temperaturene og det ble vurdert usannsynlig at kriteriet ville bli brutt om det ble gjennomført flere kullilegg.



Figur 4-24: Temperaturer målt i testtriggens sidevegg. Ch.1-Ch.15 tilsvarer posisjonene til termoelementene som beskrevet i Avsnitt 3.2. Sort stiplet strek indikerer flytting av bakvegg.

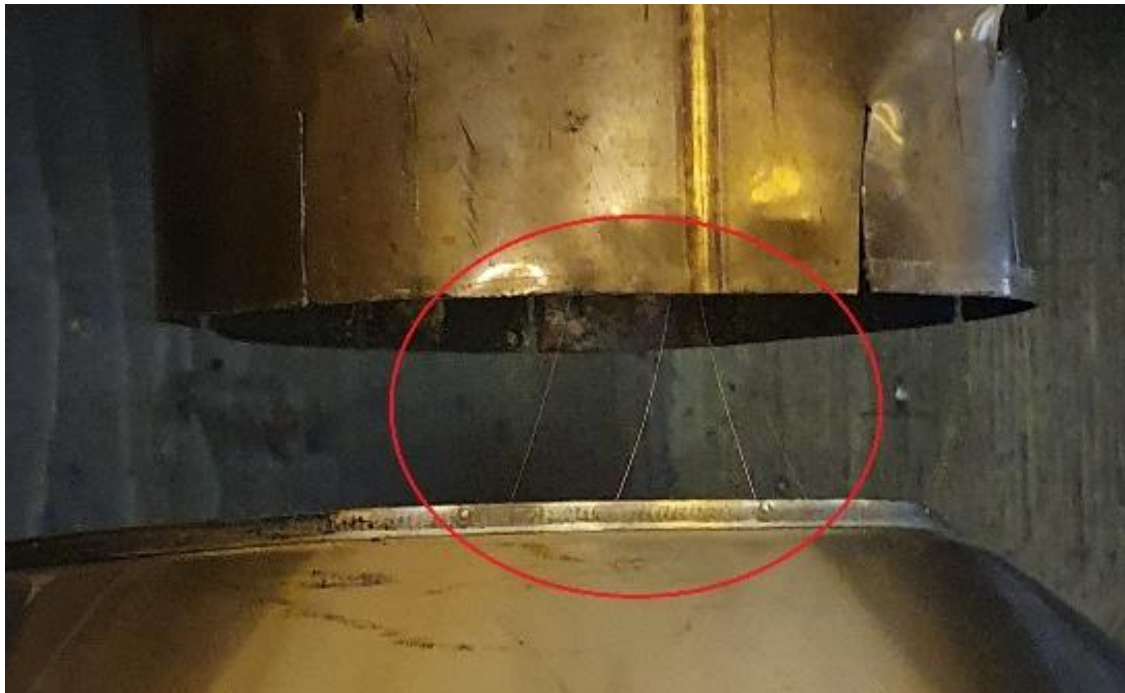
Når bakveggen ble flyttet bakover kan det observeres en endring i noen av sideveggenes temperaturer. Siden bakveggen og sideveggen henger sammen, ble sideveggen følgende med bakveggen når den ble flyttet bakover. Avstanden fra grillen til noen av målepunktene i rutenettet ble derfor endret.

4.1.2.2 Gnistdannelse

Som det kommer frem fra bildene ble det produsert mye gnister i brennkammeret, se Figur 4-25. Dette skjedde ofte når forbrenningen begynte å ta seg opp i det nye kullet som hadde blitt lagt i. Det ble også produsert så mye gnister at de ble transportert videre opp i ventilasjonen, som illustrert i Figur 4-26.



Figur 4-25: Gnistdannelse i brennkammeret, etter nytt ilegg med brensel.

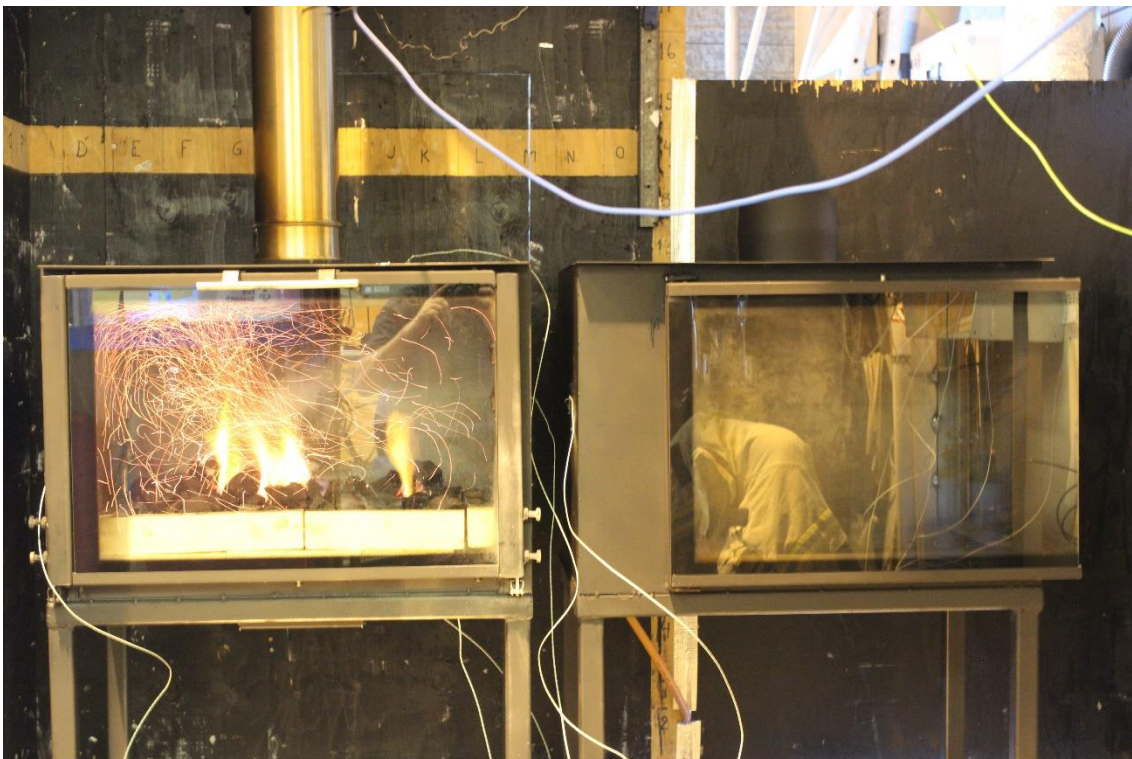


Figur 4-26: Rød ring viser synlige gnister imellom testgrillskorstein og testriggerens ventilasjonskanal. Avstanden er på ca. 4 cm.

4.2 Test av lukket grill og dummygrill

4.2.1 Gjennomføring

Den samme grillen som ble brukt i forrige test («Test av lukket testgrill») ble brukt til test av lukket grill sammen med en dummygrill. Dummygrillen ble plassert ved siden av den lukkede testgrillen, som hadde samme posisjon ift. testtriggens bakvegg som i forrige test. Avstanden mellom testgrillene er 72 mm, som er anbefalt avstand til ikke-brennbart materiale fra en av grillprodusentene vi fant. En vegg ble plassert bak dummygrillen, på samme avstand som mellom testtriggen og den lukkede testgrillen, for å oppnå like omgivelsesforhold for begge grillene. Et termoelement ble montert på dummygrillens venstre vegg, for logging av varmeeeksponering fra den lukkede grillen. De målte temperaturene er presentert i Figur 4-30 i Avsnitt 4.2.2.



Figur 4-27: Testoppsett for testgrill med dummygrill. Testgrillen er plassert til venstre i bildet, dummygrillen til høyre.

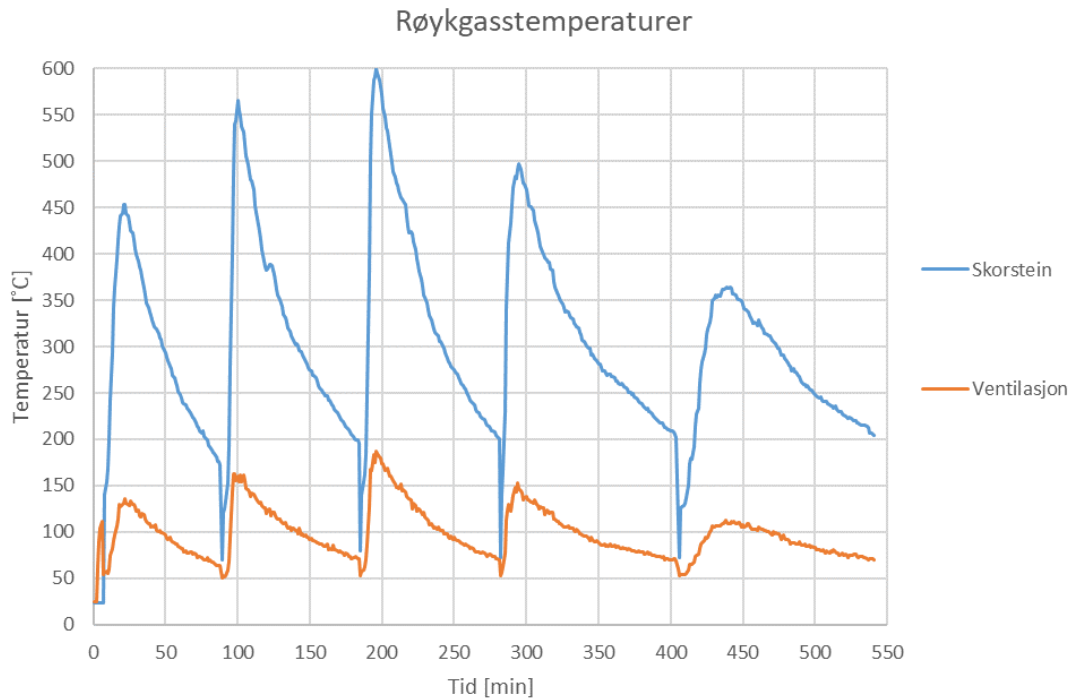
Gassbrenneren til dummygrillen ble innstilt slik at grillens venstre sideplate ville utvikle en jevn temperatur på 115°C. Kullileggene var på 4 kg ved denne testen og temperaturintervallene sammenfaller med disse ileggene, se Figur 4-29.



Figur 4-28: Bilde av forbrenningen i lukket testgrill med dummygrill, her etter 150 minutter.

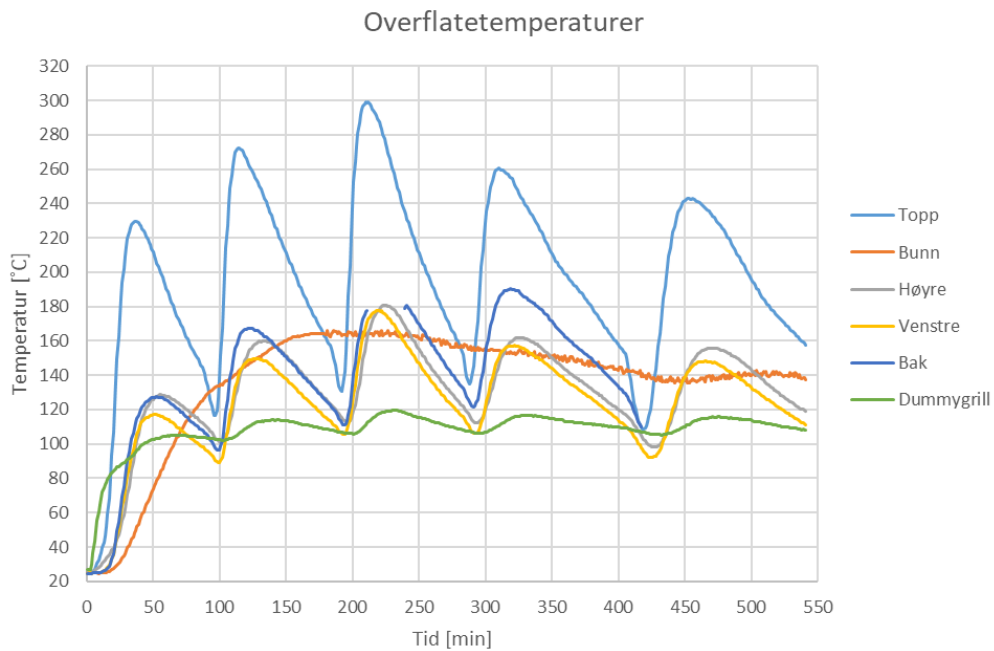
4.2.2 Resultater

4.2.2.1 Temperaturer



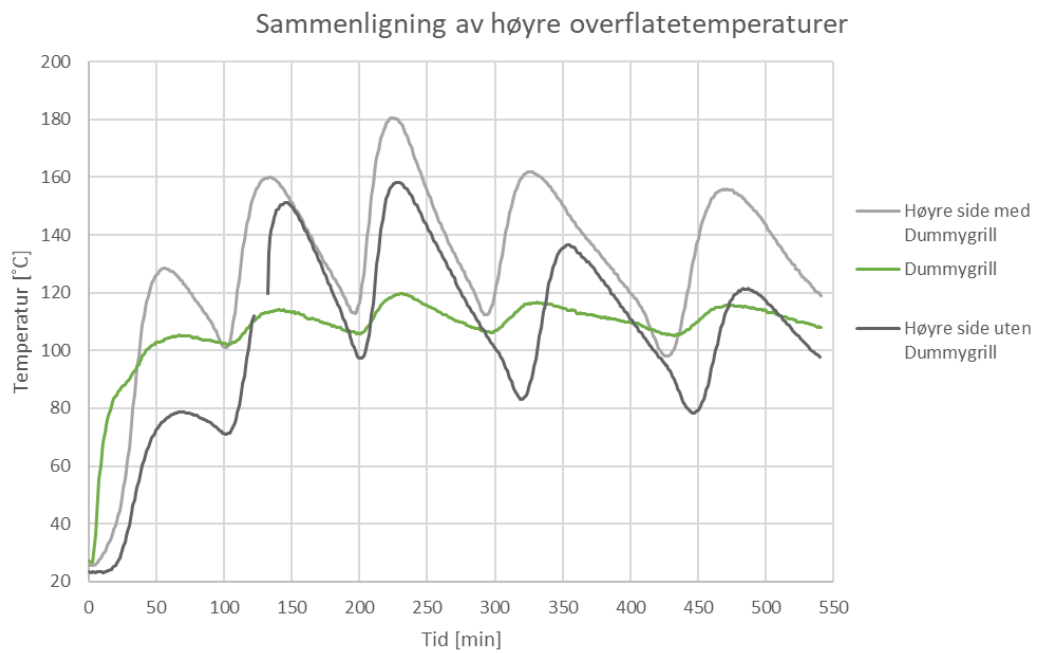
Figur 4-29: Røykgasstemperaturer både i skorstein og i ventilasjonskanalen med iblanding av frisk luft.

Som ved testen med kun lukket testgrill i avsnitt 4.1 er det observert høye temperaturer i både skorstein og i ventilasjonskanalen. Ved denne testen var det 3. kullilegg som produserte de høyeste temperaturene, mens i forrige test var kullilegg 2 varmest. Dette kan forklares med variasjon i kullbitstørrelsen (se avsnitt 3.1), slik at det kan ha vært forskjellig størrelsesfordeling mellom de to testene. Dette vill kunne ha betydning for trekken gjennom grillrista og dermed for varmeutviklingen. Variasjonen i kullbitenes størrelsesfordeling for hvert ilegg er ikke dokumentert.

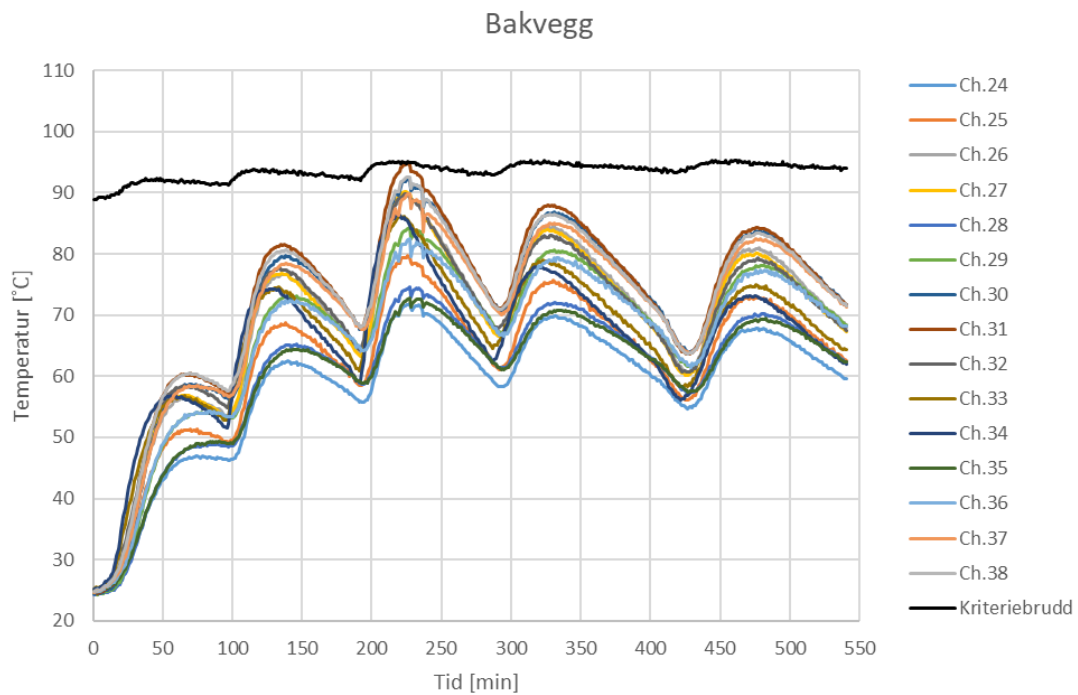


Figur 4-30: Overflatetemperatur på lukket testgrill, inkludert dummygrillens temperatur på venstre side.

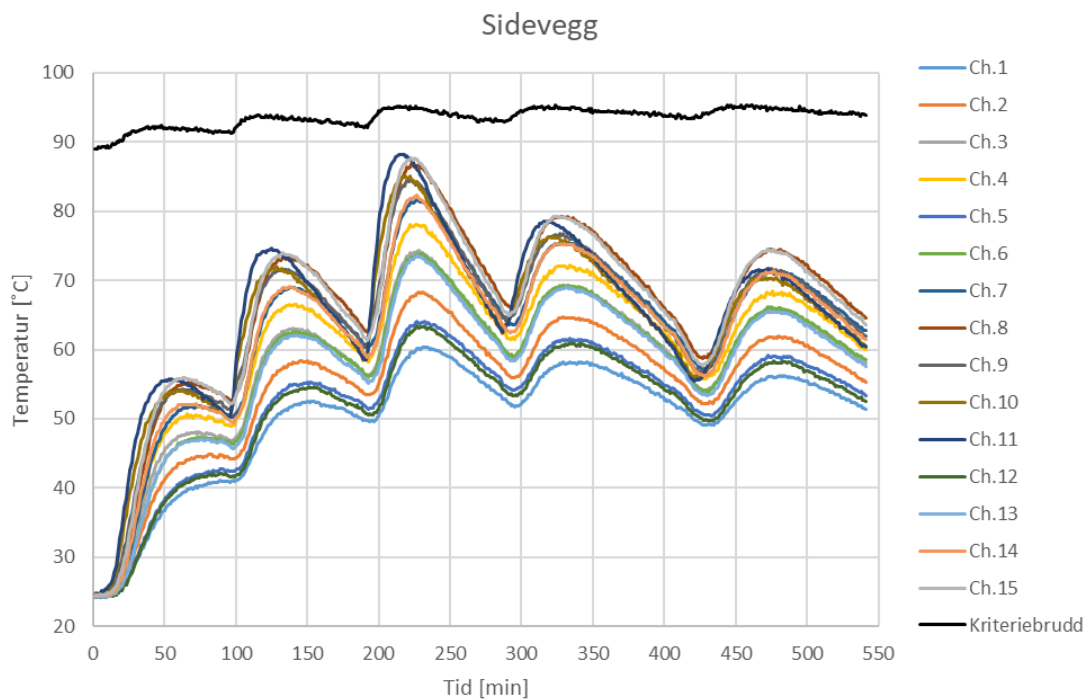
Omtrent de samme høye temperaturene på overflaten til den lukkede testgrillen ved denne testen som ved testen med kun den lukkede testgrillen. I testen med dummygrill falt termoelement fra bakplaten på den lukkede testgrillen av etter 211 og 417 minutter. Derfor mangler disse målepunktene. Høyre side av testgrillen som er mot dummygrillen blir varmere enn venstre side. Dette var ikke tilfellet når den lukkede testgrillen ble testet alene. Figur 4-31 viser temperaturene på den høyre siden av den lukkede testgrillen med og uten en dummygrill inntil. Det blir utviklet høyere temperaturer mellom griller som står ved siden av hverandre. Dette er grunnet den korte avstanden til dummygrillen som hindrer konveksjon samt strålevarme fra dummygrillen.



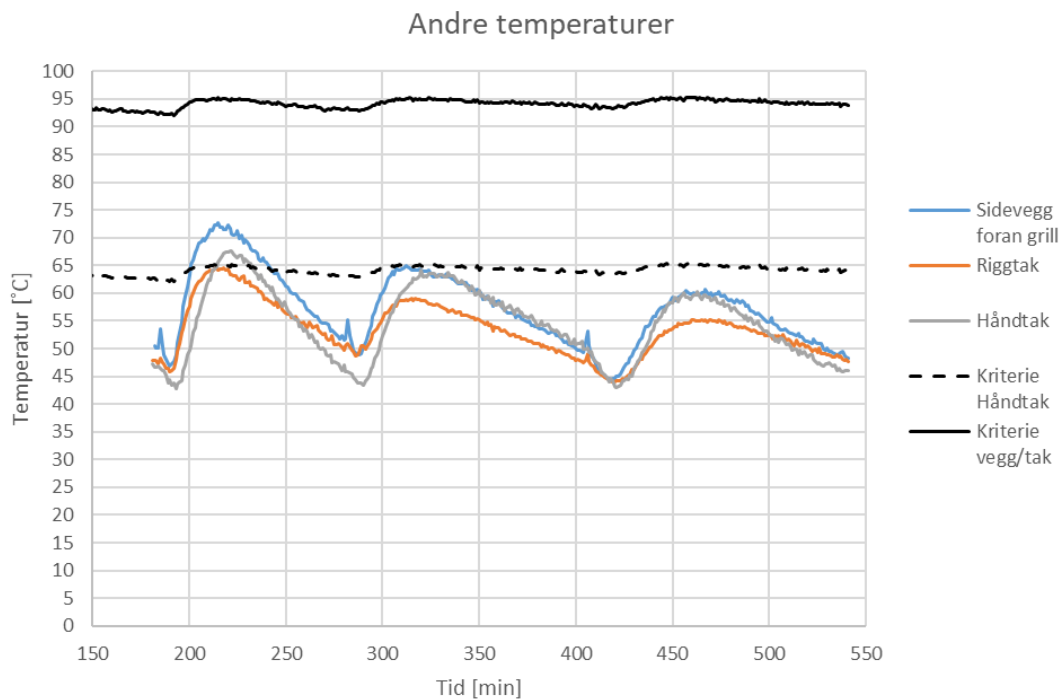
Figur 4-31: Sammenligning av høyre overflatetemperatur på lukket testgrill med og uten dummygrill.



Figur 4-32: Temperaturer målt i testtriggens bakvegg ved test sammen med dummygrill.



Figur 4-33: Temperaturer målt i testriggerens sidevegg ved test sammen med dummygrill.
 Figur 4-32 og Figur 4-33 viser ingen kriteriebrudd ved denne testen, men det påpekes at bakveggenes temperaturkanal 31 kom etter 224 minutter 0.08°C unna kriterietemperaturen.



Figur 4-34: Temperaturer for sidevegg fremfor testgrillen, taket på testriggeren og håndtaket på testgrillen ved test sammen med dummygrill.

Det ble etter 180 minutter montert termoelementer på tre steder. Disse ble ettermontert for å finne de varmeste punktene, hvor de skulle bli plassert, som beskrevet i avsnitt 3.2 En på sideveggen foran testgrillen på høyre side for å måle strålevarme fra testgrilldøra. Den andre ble plassert på undersiden av taket til testgrillen. Disse to termoelementene er montert for å følge temperaturutviklingen og om de bryter temperaturkriteriet på 65 °C. Det tredje ettermonterte termoelementet ble plassert på testgrillens håndtak. Som beskrevet i avsnitt 3.4 er temperaturkriteriet for overflater av metall som skal opereres manuelt maksimalt 35 °C over romtemperatur.

4.2.2.2 Gnistdannelse

Det ble observert betydelig gnistdannelse i brennkammeret kort tid etter hvert ilegg, se Figur 4-35 og Figur 4-35: Gnistdannelse i lukket testgrill ved test sammen med dummygrill. Gnistene ble også observert i overgangen mellom skorsteinen og ventilasjonskanalen. Dette var like mye gnistdannelse i testgrillen sammen med dummygrill som uten dummygrill.



Figur 4-35: Gnistdannelse i lukket testgrill ved test sammen med dummygrill.

4.3 Test av lukket grill med overbelastning

4.3.1 Gjennomføring

Som beskrevet i avsnitt 3.3, ble test av lukket grill med overbelastning gjennomført ved å fylle kull med en masse som var 150% av mengden brukt i tidligere tester, samt med kortere intervaller mellom hvert kullilegg. Det vil si at grillen ble fylt med 6 kg grillkull for hver gang skorsteinstemperaturen sank ned til 350 °C. Ellers ble testen gjennomført etter samme prosedyre som ved testen av lukket testgrill, beskrevet i avsnitt 4.1.

Det ble dessverre ikke tatt noen gode bilder før teststart som viste hvor mye kull som ble lagt på, men Figur 4-36 og Figur 4-37 viser forbrenningen etter henholdsvis 30 og 120 minutter.

Etter tre kullilegg, 150 minutter etter opptenning, ble temperaturutviklingen og belastningen på sidevegg og bakvegg så stor at testen ble avbrutt for ikke å risikere branntilløp i egen testrigg. Selv om testen ble avbrutt var det samlet inn tilstrekkelig data for å få et tydelig bilde av temperatur og gnistdannelse under de testede forholdene. I løpet av testen ble det hørt lyder fra den lukkede testgrillen, som kom fra at noen sveisesømmer sprakk. Disse sveisene var ikke synlige, og antas å komme fra innsiden av grillen.



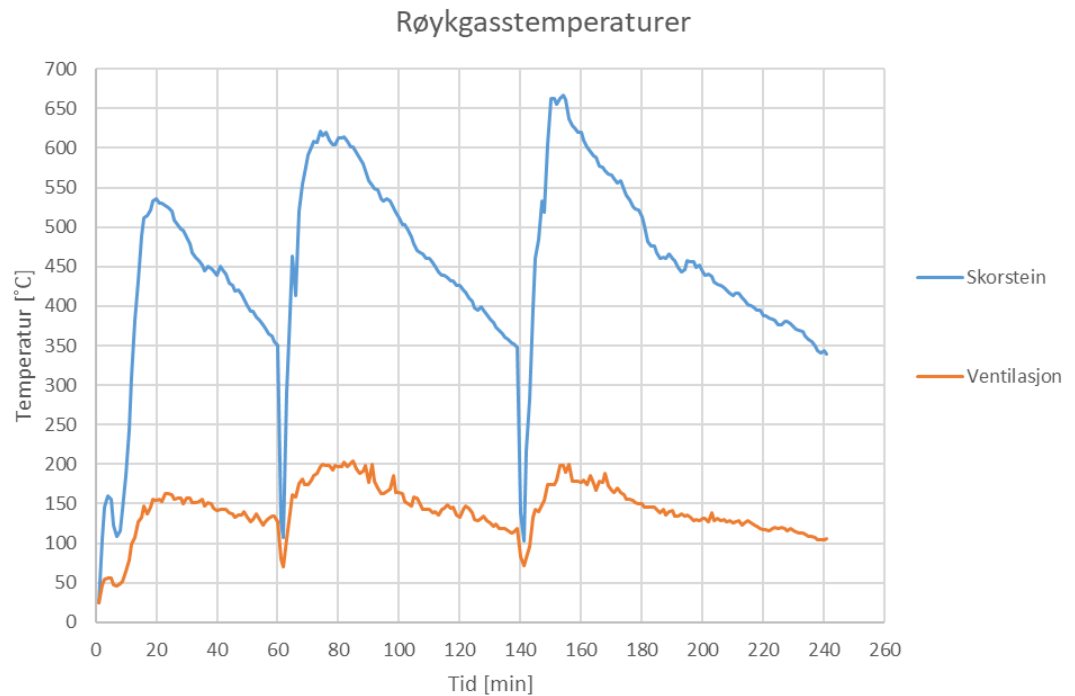
Figur 4-36: 30 minutter etter opptenning av første kullilegg.



Figur 4-37: Brennkammeret i overfylt testgrill etter ca. 120 minutter.

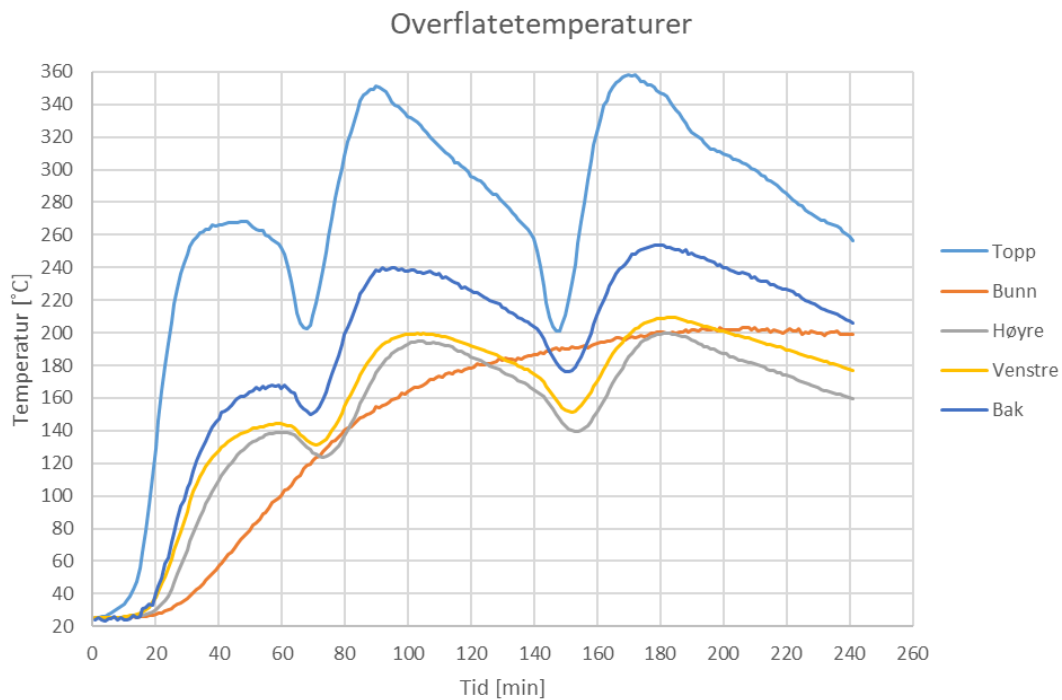
4.3.2 Resultater

4.3.2.1 Temperaturer



Figur 4-38 :Røykgasstemperaturer både i skorstein og i ventilasjonskanal med iblanding av frisk luft.

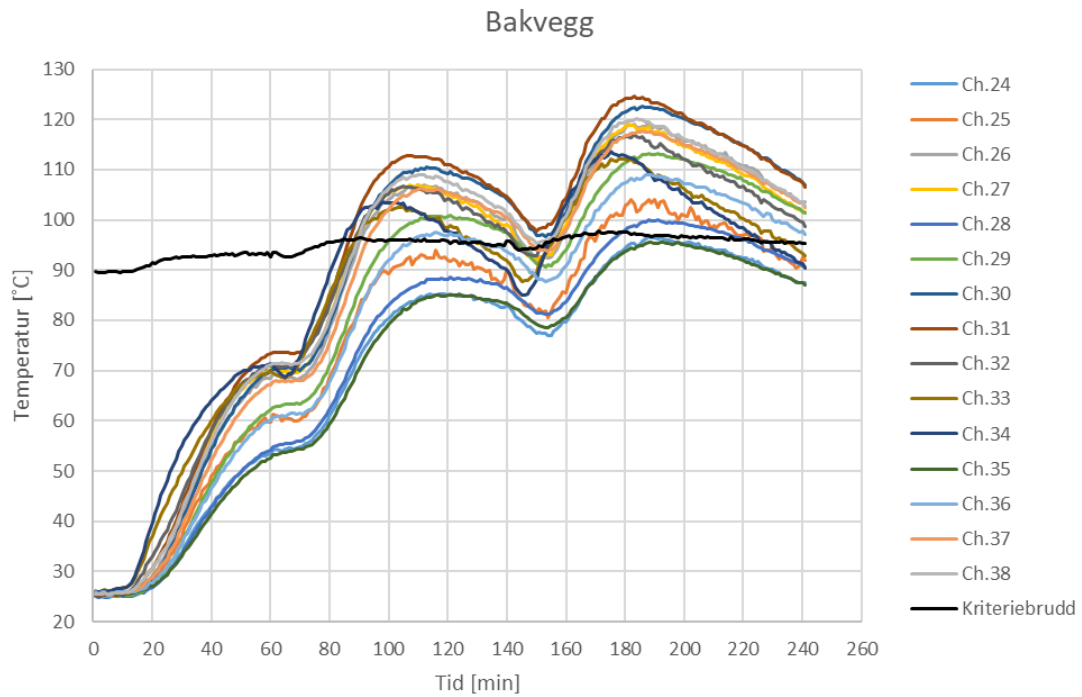
Ved større kullilegg og ilegg ved høyere temperaturer ble skorsteinstemperaturen høyere enn ved normal fyring (to tidligere tester), opp mot 675 °C ved tredje ilegg. Temperaturen i ventilasjonskanalen ble også jevnt over høyere, og flere ganger opp mot 200°C.



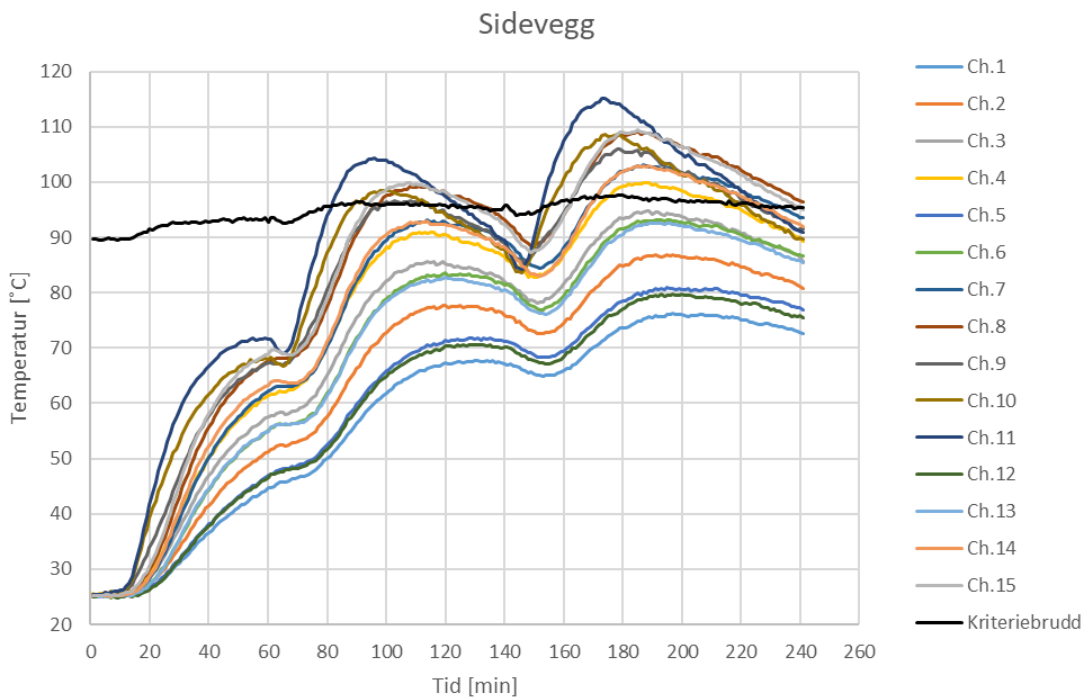
Figur 4-39: Overflatetemperaturer ved test av lukket grill med overbelastning.

Overflatetemperaturene ble, som forventet, høyere i denne testen sammenlignet med de foregående testene, ettersom dette var en overbelastningstest. Temperaturer opp mot 360 °C er målt på testgrillen som vises i Figur 4-39.

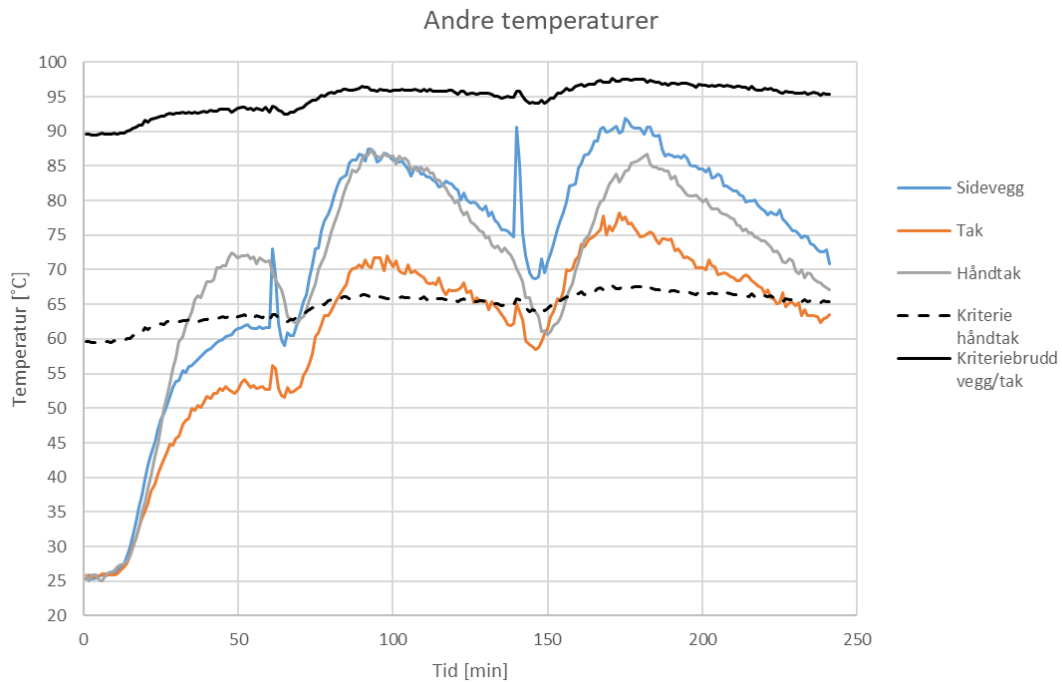
I denne testen fikk testriggens vegger en betydelig temperaturpåkjenning og kriteriebrudd i flere målekanaler som overgår kriterietemperaturen, se Figur 4-40 og Figur 4-41.



Figur 4-40: Temperaturer i testriggens bakvegg ved overbelastningstest.



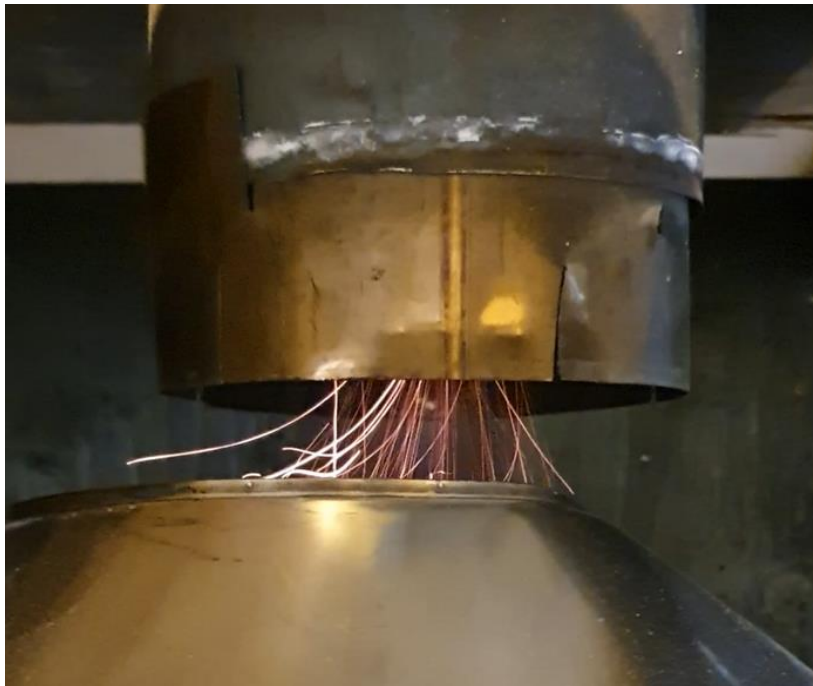
Figur 4-41: Temperaturer i testriggens sidevegg med kriteriebrudd i flere kanaler.



Figur 4-42: Temperaturer for sidevegg fremfor testgrillen, taket på testriggeren og håndtaket på testgrillen.

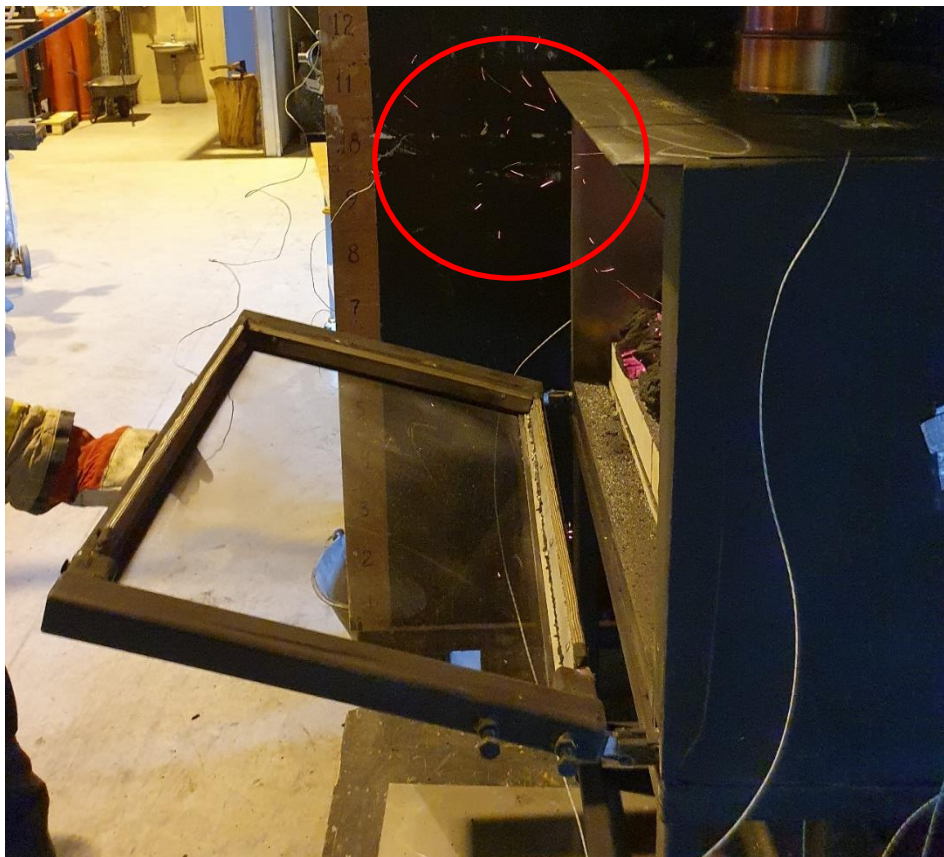
4.3.2.2 Gnistdannelse

Gnistdannelsen var jevnt høy fra start til slutt gjennom hele denne testen. Som avsnitt 4.3.1 viste startet gnistene å fly rett etter opptenning. Litt ut i testen intensiverte gnistdannelsen, se Figur 4-43. I likhet med de andre testene var gnistdannelsen størst når nyinnlagt brensel ble lagt i grillen, og forbrenningen fikk tak i det nye kullet.



Figur 4-43: Gnistdannelse i overgangen mellom skorstein og ventilasjon etter 90 minutter.

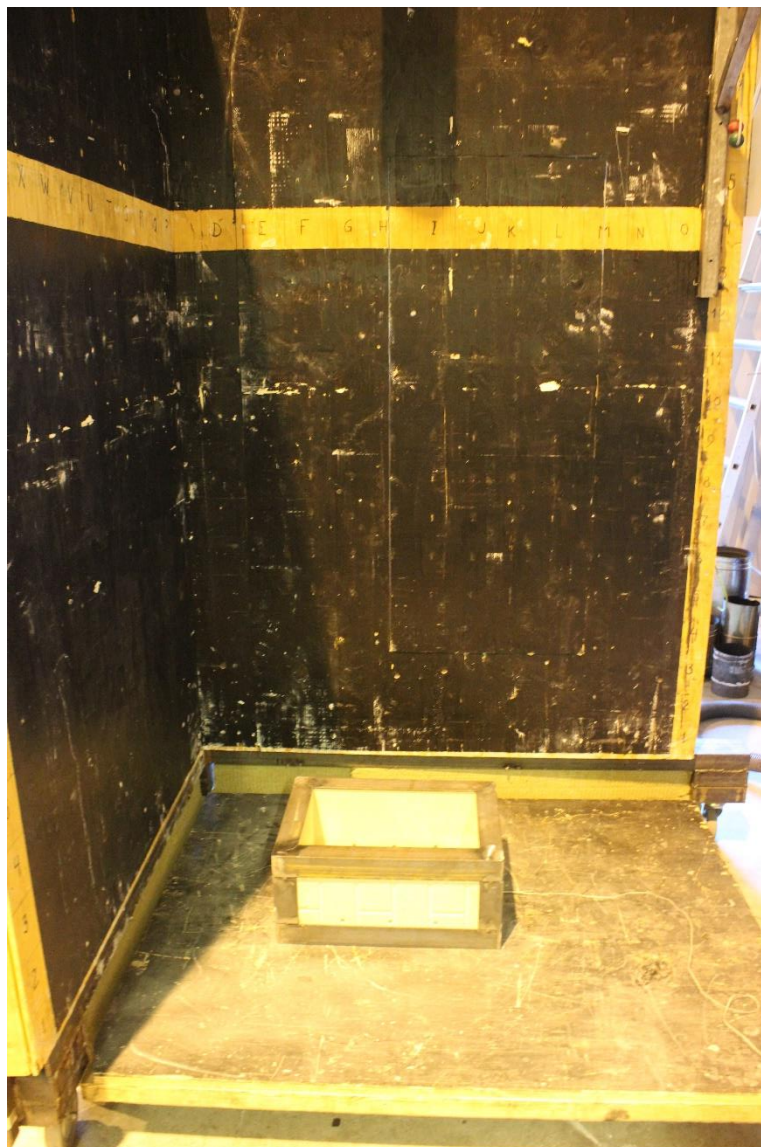
Grilldøren ble åpnet tre ganger i løpet av testen for å observere gnistdannelse og eventuell spredning av gnist opp mot taket ved døråpning. Det ble ikke observert at åpning av testgrilldøren bidro til ekstra gnistdannelse. Det ble observert at åpning av testgrilldøren bidro til spredning av gnister ut og opp fra grillen.



Figur 4-44: Gnistspredning ved åpning av grilldør.

4.4 Test av åpen grill

4.4.1 Gjennomføring



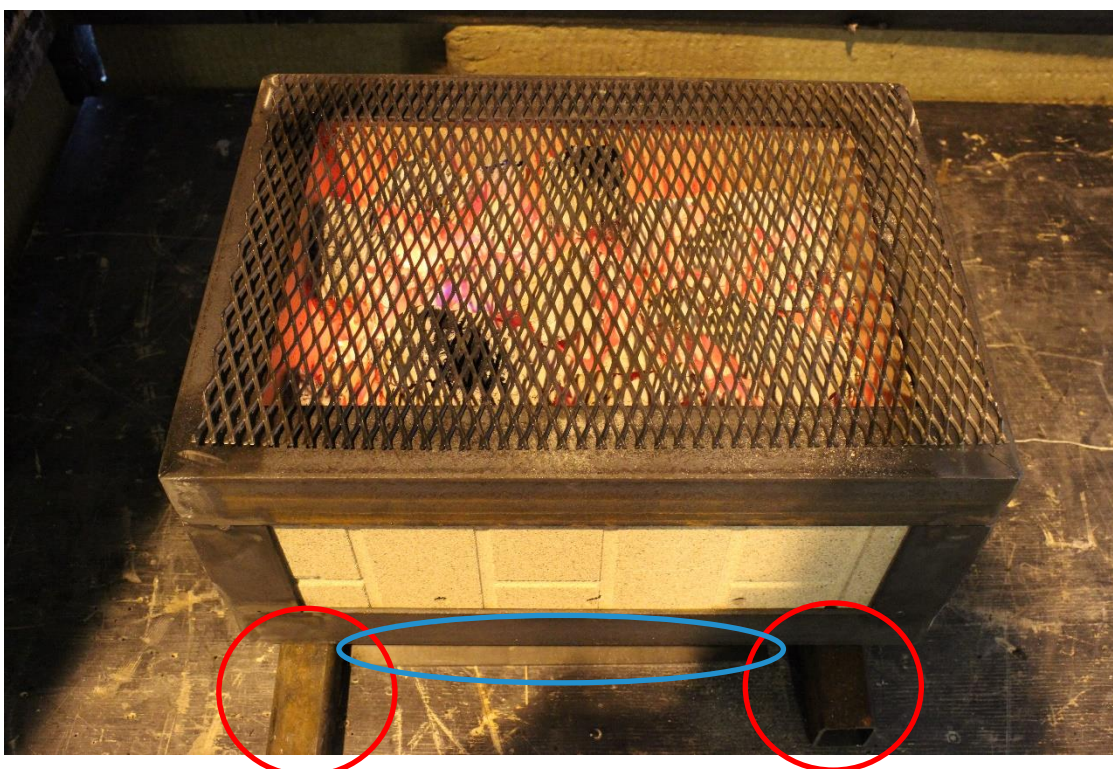
Figur 4-45: Plassering av åpen grill, med 30 cm fra hver vegg. Et termoelement er montert på gulv, direkte under grillen.

Den åpne testgrillen ble plassert 30 cm fra testtriggens vegger og avstanden opp til ventilasjonskanalen var 188 cm. Det ble bare brukt to opptenningsbriketter når denne grillen ble opptent, og kullmengden ble målt til 3 kg, som beskrevet i avsnitt 3.3.

Det ble ikke montert like mange termoelementer i side- og bakveggen av testtriggen i denne testen som ved testene før. Det ble ikke plassert noen ekstra termoelementer i side- og bakveggen på testtriggen i høyde med grillens vegger ettersom varmespredningen ble vurdert til å hovedsakelig gå opp og utover fra åpningen på grillen pga. den varmeisolerende evnen til grillens vegger. Dette blir videre diskutert i resultatene.



Figur 4-46: Åpen grill etter antennelsen.



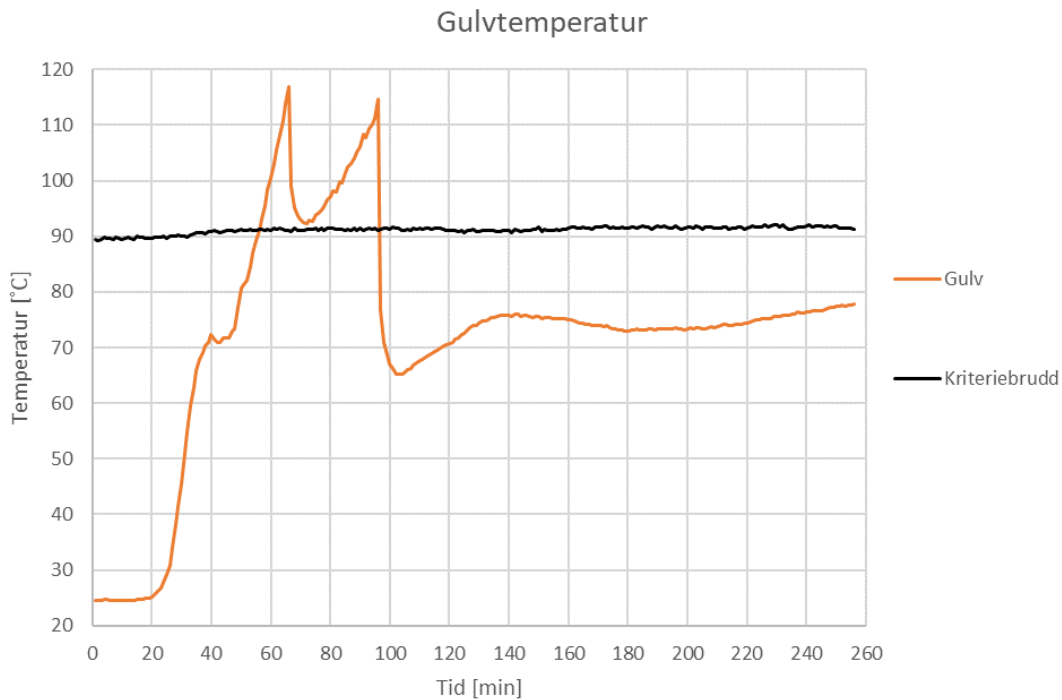
Figur 4-47: Åpen grill med påmontert grillrist. Bein markert med røde ringe og stålplate under grillen markert med blå ring.

Etter 55 minutter brøt grillen temperaturkriteriet for gulvtemperaturen, se Figur 4-48. For å dempe temperaturutviklingen i gulvet ble grillen plassert på bein av to firkantstål som løftet grillen opp

4 cm fra gulvet se Figur 4-47. Etter 95 minutter brøt grillen temperaturkriteriet igjen og det ble da lagt en 3 mm tykk stålplate under grillen for å beskytte gulvet, se Figur 4-47. Etter dette holdt temperaturen i gulvet under grillen seg stabilt lav.

4.4.2 Resultater

4.4.2.1 Temperaturer

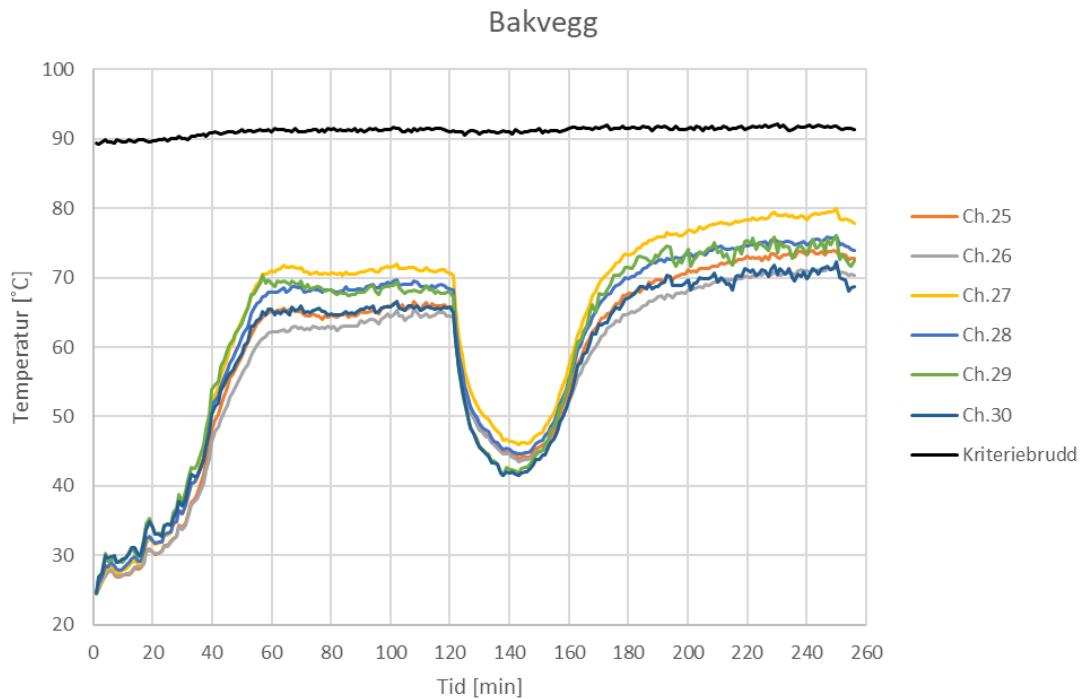


Figur 4-48: Gulvtemperaturen under den åpne grillen.

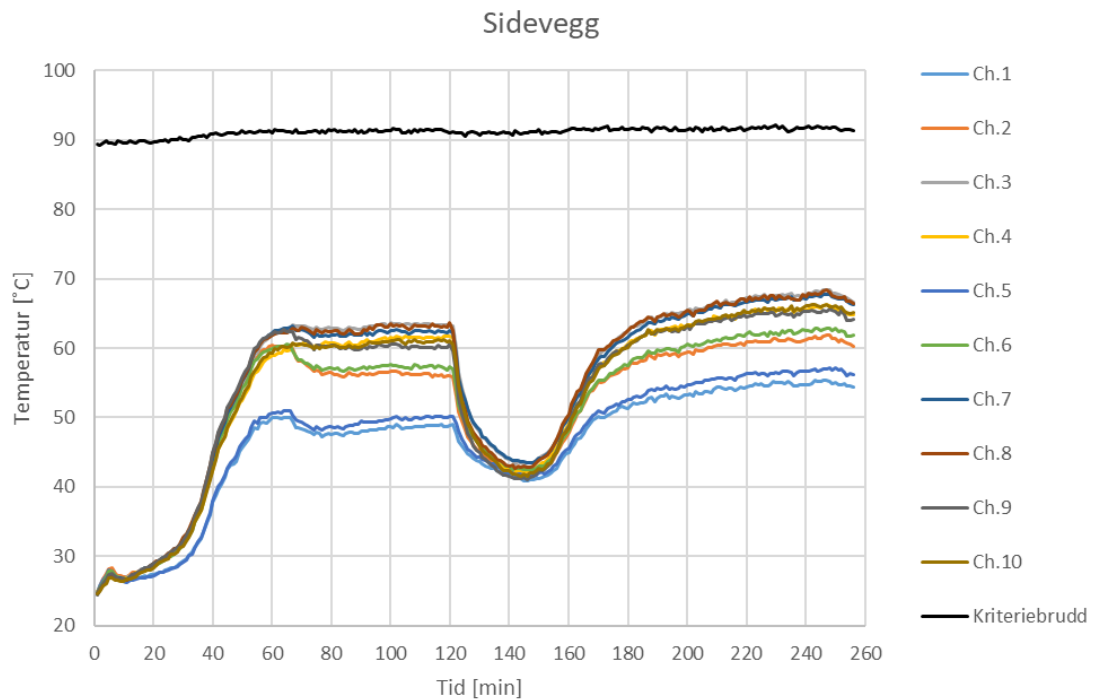
Som beskrevet i forrige delkapittel overskred gulvtemperaturen kriteriet.

Et ekstra kullilegg ble lagt på etter 120 minutter, når temperaturene begynte å falle, se Figur 4-49 og Figur 4-50. Etter dette ble det vurdert at det var liten sannsynlighet for at grillen ville klare å bryte kriteriet på side- og bakvegg og testen ble derfor avsluttet ved 250 minutter når temperaturen begynte å falle, se Figur 4-49 og Figur 4-50.

Det store fallet i temperaturer etter 120 minutter er grunnet kullilegget. Når det ble fylt på mer kull, isolerte det så mye av strålevarmen fra grillen at temperaturene i side- og bakvegg falt ca. 20 °C.



Figur 4-49: Temperaturer i bakvegg med kriterietemperatur, med et kullilegg etter 120 minutter.

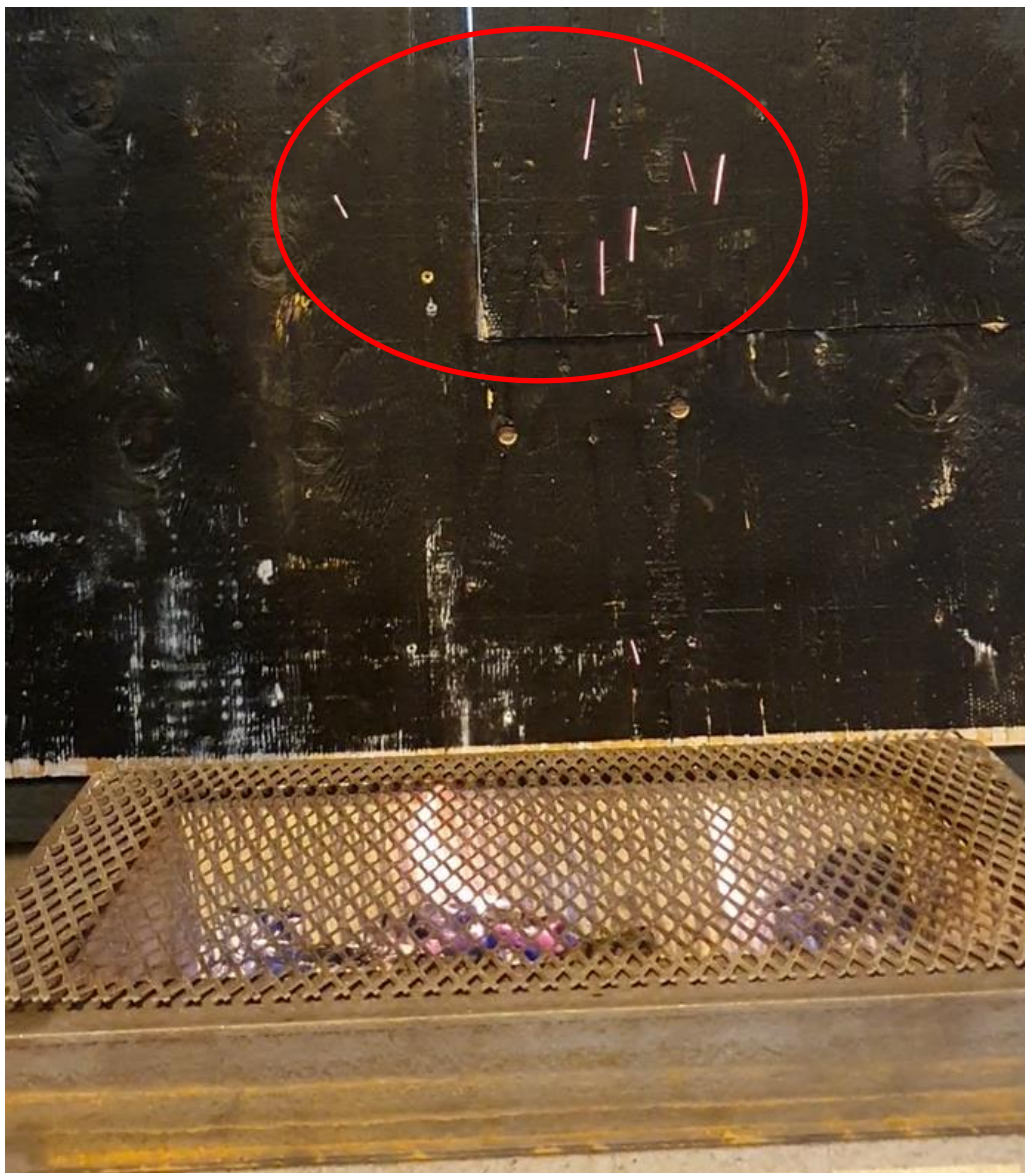


Figur 4-50: Temperaturer i sidevegg med kriterietemperatur, med et kullilegg etter 120 minutter.

Det ble ikke valgt å sette termoelementer på samme høyde som grillen, som gjort ved de andre testene. Som Figur 4-50 viser har de nederste målepunktene de laveste temperaturene, som blir gradvis høyere før målepunktene ovenfor, derfor stemmer resonnementet om posisjonering av termoelementene i denne testen.

4.4.2.2 Gnistdannelse

Sammenlignet med ved tvungen trekk i den lukkede testgrillen, ble det observert et mindre omfang på gnistdannelse fra den åpne testgrillen. Figur 5-51 viser at det ble likevel dannet gnister.



Figur 5-51: Gnistdannelse i åpen grill indikert med rød ring.

5 Diskusjon

For dokumentasjon av brannsikkerhetsaspekter ved bruk av restaurantgriller har dette prosjektet tatt utgangspunkt i NS-EN 13240:2001 «Ildsteder for romoppvarming i boliger, fyrt med fast brensel — Krav og prøvingsmetoder». Det er noen aspekter ved bruk av restaurantgriller som denne standarden ikke tar høyde for, for eksempel at man ofte bruker de sammen med vanlig kjøkkenavtrekk i stedet for en pipe avsett for fyring, samt at matlagningen bidrar til oppbygging av fett i denne kanalen. Det har også blitt rapportert at det er en risiko for at disse grillene noen ganger blir plassert og brukt på brannfarlige måter.

En gjennomgang av brukermanualer og tekniske datablader ga informasjon om hvordan griller som er tilgjengelige for restauranter i Norge er bygd opp, installasjonsmanualer og hvordan grillene skal betjenes under drift har dannet grunnlaget for oppbygning av griller og gjennomføring av tester i dette prosjektet.

Tre forskjellige varianter av griller ble testet ut i dette prosjektet; en lukket grill, effekten av å stille to lukkede griller ved siden av hverandre, samt en åpen grill. Disse testgrillene ble utviklet og bygget av RISE Fire Research, spesielt for dette prosjektet, og er forenklete modeller av griller funnet på markedet. Hensikten var å lage representative produkter, uavhengige av produsent, og målsettingen var at de skulle inneholde de viktigste funksjonene som indre og ytre brennkammer, isolasjonsplater og ventilering mellom kamrene, samt spalter for tilluft til brennkammeret i bunnplaten. Brenselet som ble benyttet for disse testene var grillkull av samme type som er brukt i restaurantkjøkkener for å få til den relevante varmeintensiteten og lengden på forbrenningen. Forbrenning av ved i kullgriller ble identifisert som mulig bruk av feil brensel, men har mindre varmeintensitet enn grillkullet og derfor ikke testet. En mulig risiko med ved kan være større gnistdannelse enn ved bruk av grillkull.

Testoppsettet baserer seg på bruk av en testtrigg med side- og bakvegg, tak og gulv, som beskrevet i NS-EN 13240:2001. Standarden beskriver måling av temperaturer i nærliggende vegger og gulv ved drift. For å tilpasse testoppsettet til de utfordringer som er identifisert spesifikt i forbindelse med restaurantgriller er ytterligere temperaturer og observasjoner registrert.

Måling av nivået for stabile maksimaltemperaturer i røykgassen ble målt i skorsteinen og i ventilasjonskanalen. Standarden NS-EN 13240:2001 [2] angir lokasjon for måling av skorsteinstemperatur, men ikke for ventilasjonskanalen og ingen temperaturkriterier for disse målingene.

Ved fyring i den lukkede testgrillen varierte temperaturene i sykluser avhengig av ilegg med nytt brensel. Tildekking med aske av ventilasjonsristen på bunnen av grillen etter hvert i testen, påvirket også maksnivåene for oppnådde røykgasstemperaturer. Maksimaltemperaturer i skorsteinen på selve grillen varierte mellom 460 °C og 586 °C. Skorsteinen førte røyken videre til en ventilasjonskanal i testtriggen, hvor maksimaltemperaturen varierte mellom 100 °C og 228 °C. Den høyeste overflatetemperaturen ved denne testen ble målt til 300 °C, på toppen av grillen. På selve testtriggen ble den høyeste temperaturen målt i veggen bak grillen, ved 106 °C. Denne testen ble gjennomført i opptil 9 timer og selv om maksimaltemperaturen gikk ned noe etter hvert brenselilegg, var denne temperaturen 106 °C. Dette kan lede til dannelse av pyrofort materiale og dermed utgjøre en brannrisiko for trebasert veggmateriale.

Ved fyring i den lukkede testgrillen med dummygrillen ved siden av, varierte maksimaltemperaturen i skorsteinen til grillen mellom 362 °C og 600 °C. I testtriggens ventilasjonsrør varierte maksimaltemperaturen mellom 111 °C og 184°C. Den høyeste overflatetemperaturen ved denne testen ble målt til 299 °C, på toppen av grillen. Overflatetemperaturen på testgrillens høyre side var høyere da det var plassert en dummygrill ved siden av. På testtriggen ble den høyeste temperaturen målt i veggen bak grillen, ved 95 °C. Dette tyder ikke på at det å plassere griller ved siden av hverandre nødvendigvis leder til forhøyede temperaturer i tilstøtende vegger som grillen er plassert i nærheten av. Det ble ikke i disse forsøkene plassert to åpne griller ved siden av hverandre. Ved slik bruk kan andre utfordringer oppstå, som for eksempel flammespredning fra en grill til en annen.

Ved fyring i den lukkede testgrillen med en større varmelastning i form av større mengde brensel og kortere intervaller mellom brensellegg, varierte maksimaltemperaturen i skorsteinen til grillen mellom 536 °C og 667 °C. I testtriggens ventilasjonskanal varierte maksimaltemperaturen mellom 162 °C og 204 °C. Den høyeste overflatetemperaturen ved denne testen ble målt til 357 °C, på toppen av grillen. På testtriggen ble den høyeste temperaturen målt i veggen bak grillen, ved 125 °C. Dette tyder på at det å belaste grillen med mye brensel øker maksimumstemperaturene som tilstøtende vegger eksponeres for, noe som kan bidra til branntilløp. Det ble også hørt lyder som tyder på bevegelser i grillens materialer under test, grunnet varmepåføringen.

Den åpne grillen ble ikke vurdert med hensyn til temperatur i ventilasjonen eller overflatetemperaturer på selve grillen. Sammenlignet med den lukkede grillen var den åpne grillen plassert nært underlaget, slik at måling av gulvtemperaturen under grillen var relevant. En maksimumtemperatur på 117 °C ble målt i dette punktet.

Gnistdannelse og åpne flammer

Ved samtlige tester dannes gnister i forskjellig grad. Det er vanskelig å kvantifisere dette, men observasjoner viser at det til tider er mye gnister inne i brennkammeret på den lukkede grillen, og gnister kan observeres i overgangen mellom grillens skorstein og testtriggens ventilasjonskanal. Dersom fettavlagringer eller annet brennbart materiale er til stede i avtrekket vil slike gnister, i kombinasjon med relativt høy varme, kunne bidra til antennelse i avtrekket.

Ved åpning av den lukkede grillen øker ikke dannelsen av gnister, men gnister slippes ut i rommet. Dersom det er lettantennelige materialer i nærheten når dette skjer er det en mulighet at disse kan antenne, men risikoen for dette kan antas å være relativt liten ettersom det er en relativt liten mengde gnister, og denne delen av grillen da vil være under kontinuerlig oppsyn.

Åpne flammer ble ikke observert utenom brennkammeret.

6 Konklusjon

Ut ifra punktene som har kommet frem i diskusjonen har vi kommet frem til følgende konklusjon:

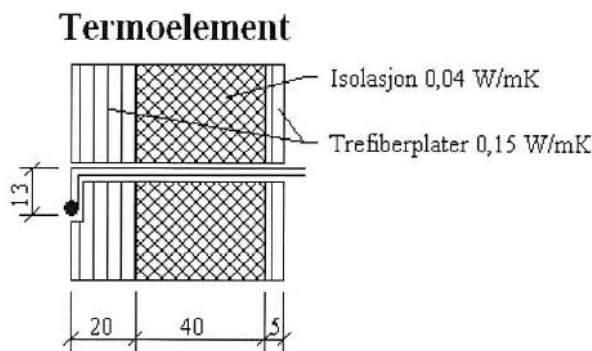
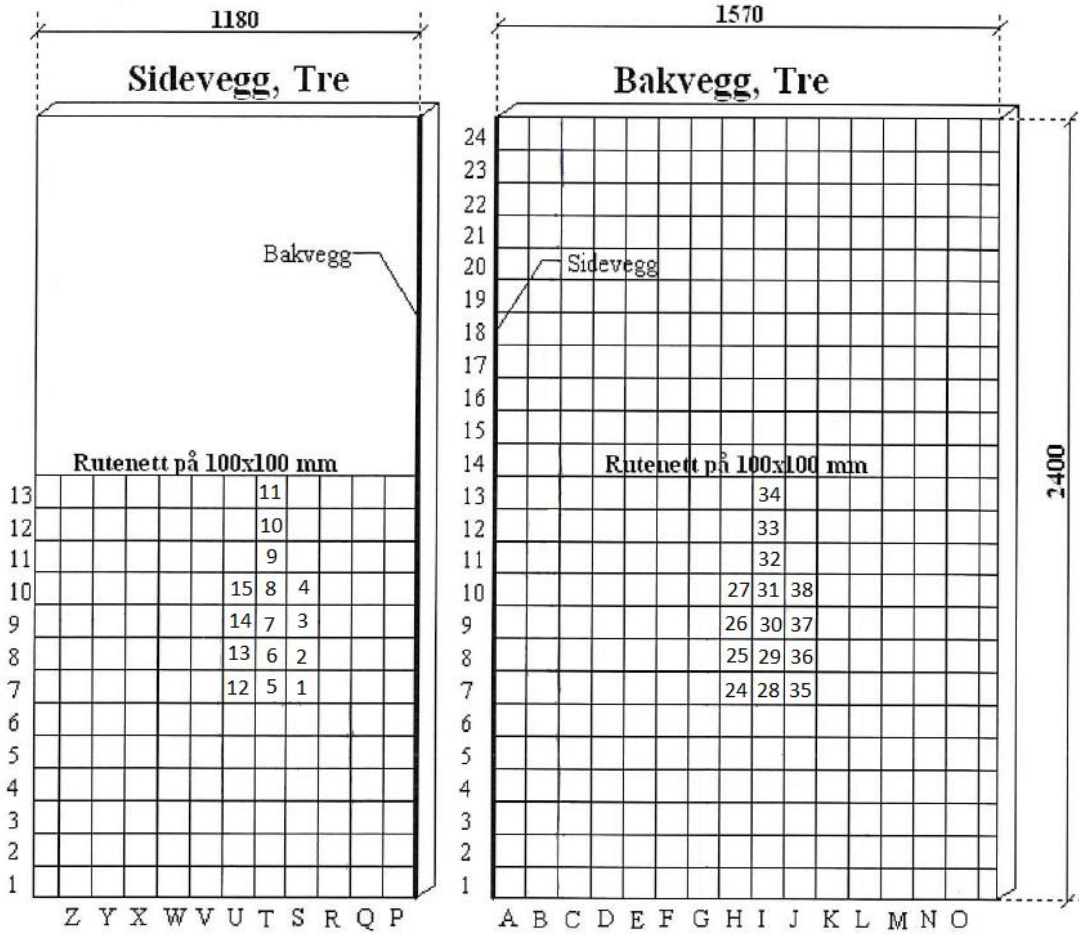
- Testmetoden NS-EN 13240:2001 [2] metode sikkerhetstest er egnet for å teste nivået for stabil maksimaltemperatur i omkringliggende brennbart materiale, på samme måte som for ildsteder, som metoden egentlig er ment for. Metoden tar også for seg sikkerhetsaspekter som temperatur på overflater og eventuelle håndtak på grillen.
- Forsøk viser at temperaturene som dannes av kullgrillene kan overgå teststandardens temperaturkriterie til omkringliggende brennbare materialer og vil da kunne bidra til at nærliggende brennbare materialer kan antennes. Slike situasjoner utgjør en brannfare og sikkerhetstiltak angående dette aspektet må dokumenteres av produsent.
- NS-EN 13240:2001 [2] omhandler ikke temperaturer i avtrekk eller dannelse av gnister og deres eventuelle spredning til brennbart materiale. Dette er viktige sikkerhetsaspekter som må hensyntas ved dokumentasjon av restaurantgriller.
- Forsøk viser at gnister dannes i grillen, også fra grillkull som er avsett for restaurantgriller, og at disse kan spres opp i avtrekk og ut gjennom grillens åpning når man åpner døren til grillen. Sammen med høye røykgasstemperaturer i ventilasjonsskanaler og avleiringer av sot og matfett utgjør dette en brannfare.
 - Det må derfor dokumenteres at grillen er utstyrt med et tiltak (for eksempel gnistfanger) som i tilstrekkelig høy grad fanger opp disse gnistene fra grillens avtrekk.
 - Brukere av grillen må få opplæring og må bruke forsiktighet ved åpning av en lukket grill, for å unngå hendelser i forbindelse med at gnister slippes ut denne veien.
- Plassering av lukkede griller ved siden av hverandre ser ikke ut å øke varmestråling mot omkringliggende vegger, men kan lede til forhøyede temperaturer mellom grillene. Konsekvensene av slike temperaturøkninger må dokumenteres.
- Overbelastning med overfylling av brensel og intensive påfyllingsintervaller vil kunne lede til forhøyede temperaturer i grillen som for eksempel kan påvirke materialer og sveisesømmer. Overbelastning kan også påvirke temperaturer mot tilstøtende vegger og i avtrekk og dermed ha konsekvenser for brannsikkerheten.
 - NS-EN 13240:2001 [2] krever at produsenten dokumenterer hvordan testobjektet er bygd opp og hvilke materialer som er valgt og at sveisesømmer passer til tiltenkt materiale. Det anbefales at produsenten dokumenterer sikkerhetsnivået til grillens materialer ved en overbelastningstest.
 - Det må dokumenteres at ventilasjonssystemet som røykgassene fra grillen slippes ut til er dimensjonert for å håndtere de temperaturer som kan oppstå, også ved feil bruk.

Referanser

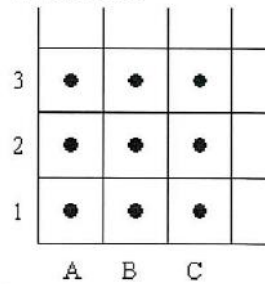
- [1] K. Glansberg and J. P. Stensaas, 'Brannrisiko forbundet med kull- og vedfyrte griller i restauranter', RISE Fire Research, 2019:0404, 2019.
- [2] 'NS-EN 13240 Ildsteder for romoppvarming i boliger, fyrt med fast brensel - Krav og prøvingsmetoder'. Standard Norge, 2001.
- [3] 'Kullguiden 2020 fra Gastronom'. Gastronom.
- [4] Gastronom og Direct Charcoal Ltd, 'SV_ Grillkull Amazulu og mer info', 11 Sep. 2020.
- [5] F. Michaelsen and G. Sjølie, 'Innspill til testing av kullgriller for bruk i restaurant OBRE'. Oslo Brann- og Redningsetat, 16 Apr. 2020.
- [6] J. Hytönen, E. Beuker, and A. Viherä-Aarnio, 'Clonal variation in basic density, moisture content and heating value of wood, bark and branches in hybrid aspen', *Silva Fenn.*, vol. 52, no. 2, 2018.
- [7] 'NS-EN 1363-1:2012 - Prøving av brannmotstand - Del 1: Generelle krav'. Standard Norge, 2012.
- [8] 'NS-EN 1860-1_2013 - Griller for fast brensel og tennere til grilling. Del 1: Griller for fast brensel. Krav og prøvingsmetoder.' Standard Norge, 2013.
- [9] 'Kollegiet for brannfaglig terminologi', 22 Oct. 2018. [Online]. Available: <http://www.kbt.no>.
- [10] 'NFPA 318:2018 Protection of Semiconductor Fabrication Facilities'. National Fire Protection Association, 2018.
- [11] V. Babrauskas, *Ignition handbook: principles and applications to fire safety engineering, fire investigation, risk management and forensic science*. Issaquah, WA: Fire Science Publishers, 2003.
- [12] J. Qin, B. Yao, and W. K. Chow, 'Experimental study of suppressing cooking oil fire with water mist using a cone calorimeter', *Int. J. Hosp. Manag.*, vol. 23, no. 5, pp. 545–556, Dec. 2004.

Vedlegg A - Skisse av testtriggens trevegger med termoelementene posisjon

Skisse av trevegger



Plassering av termoelement i rutenettet



Alle mål i mm

Vedlegg B - Tekniske rapporter

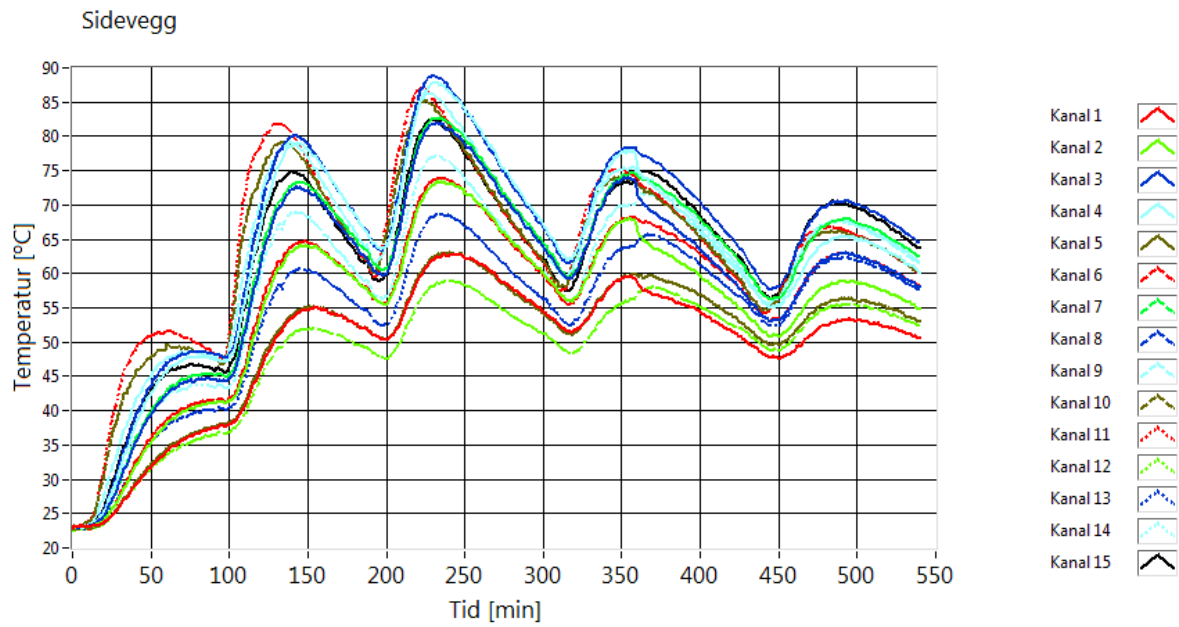
B1 - Rapport for sikkerhetstest 1 av lukket testgrill

Tabell B1-1: Spesifikasjon av brensel – Sikkerhetstest 1

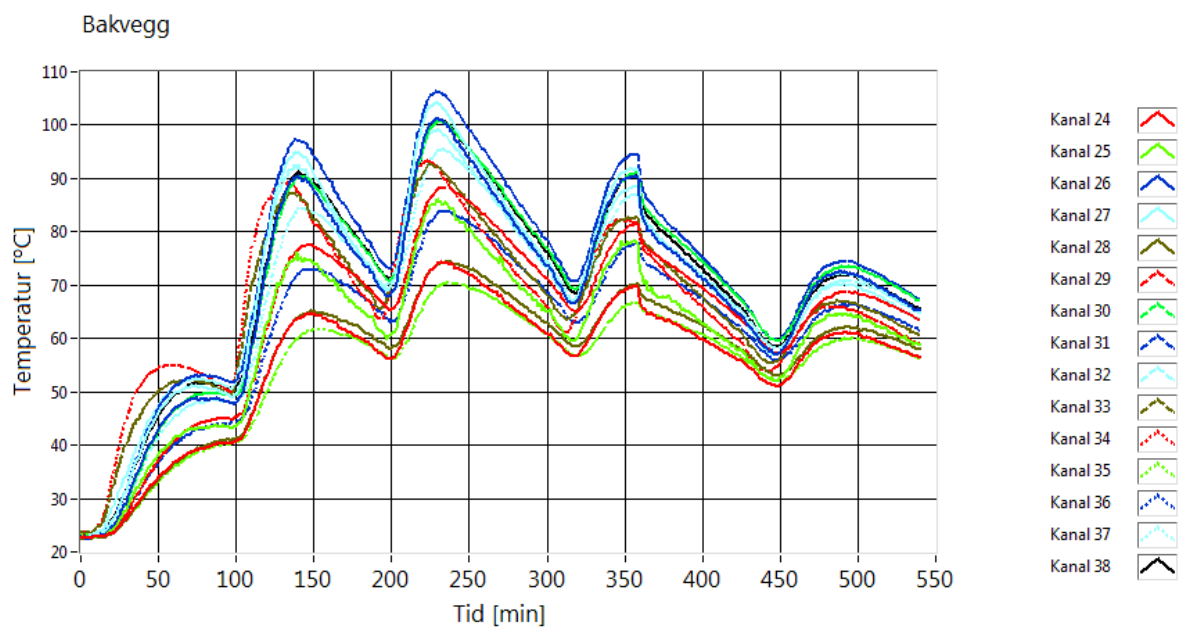
Spesifikasjon av brensel - Sikkerhet	
Type brensel	Kull av hardtresorter
Fukt	8-10 %
Nedre brennverdi (H_u)	31 MJ/kg
Størrelse, lengde	Variierende
Beregnet testvekt	4 kg

Tabell B1-2: Resultater fra Sikkerhetstest 1, 90 graders oppstilling i hjørne av brennbart materiale.

	ENHET	RESULTATER
Varighet	h	9
Vekt av testbrensel, totalt	kg	20
Fuktinnhold	%	8-10
Forbrenningshastighet	kg/h	2,2
Nedre brennverdi	MJ/kg	31
Trekk i skorstein	Pa	16,1
Røykgasstemperatur, snitt	°C	312
Røykgasstemperatur, maks	°C	586
Romtemperatur	°C	30
Bakvegg overstiger romtemp. (300 mm avstand)	°C	60
Sidevegg overstiger romtemp. (200 mm avstand)	°C	57

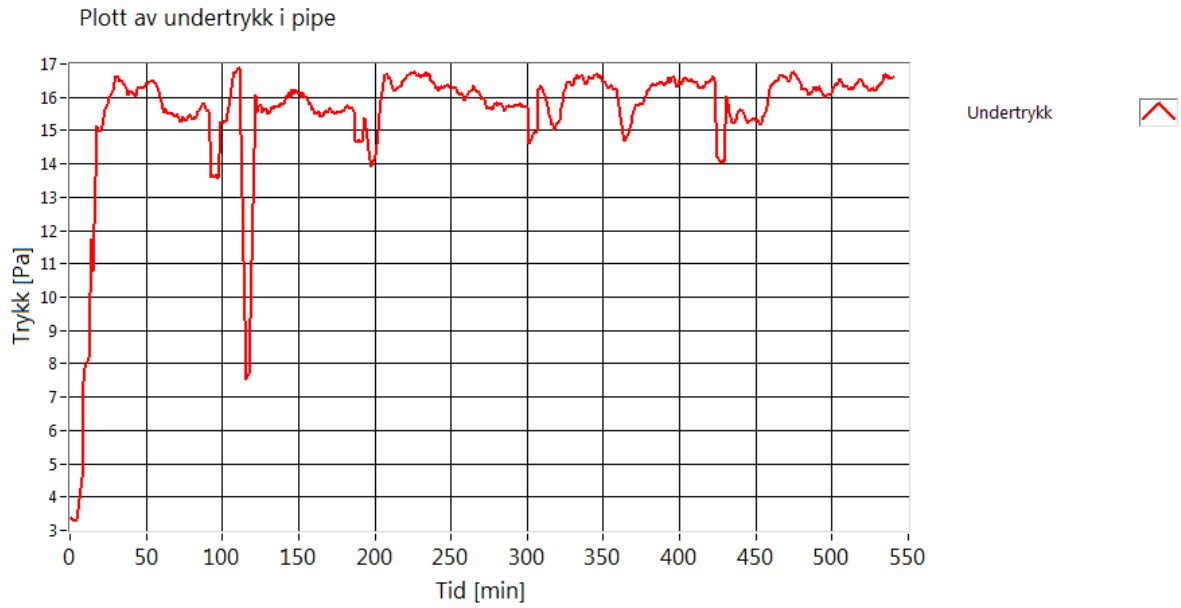


Figur B1- 52: Temperatur i sidevegg.

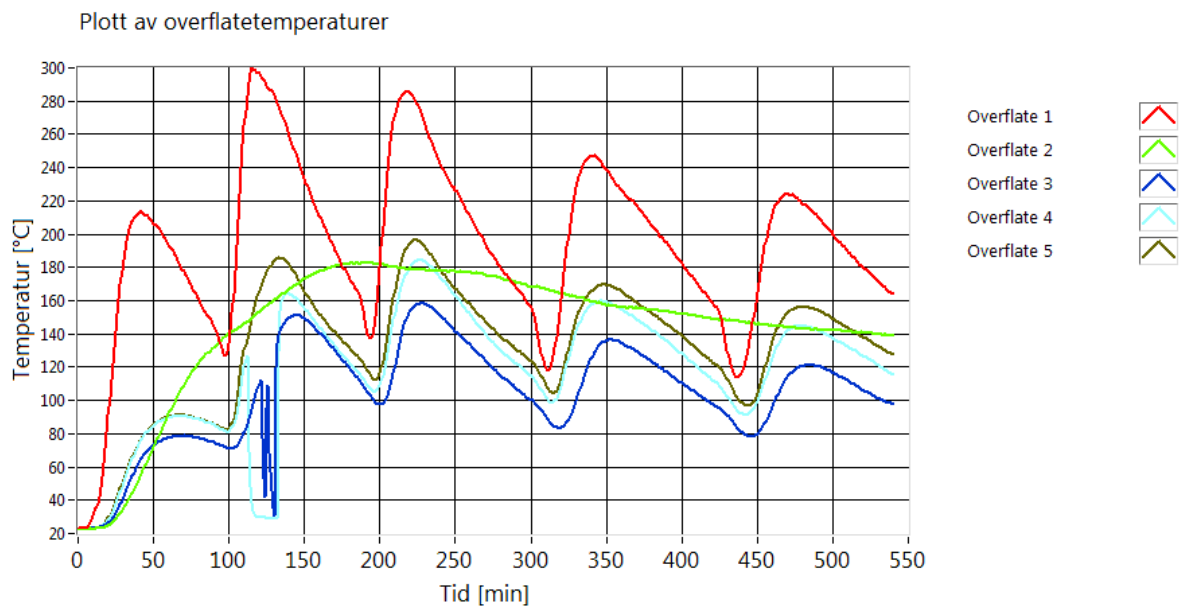


Figur B1- 53: Temperaturer i bakvegg.

Etter 6 timer ble bakvegg flyttet fra 200 mm til 300 mm etter kriteriebrudd.

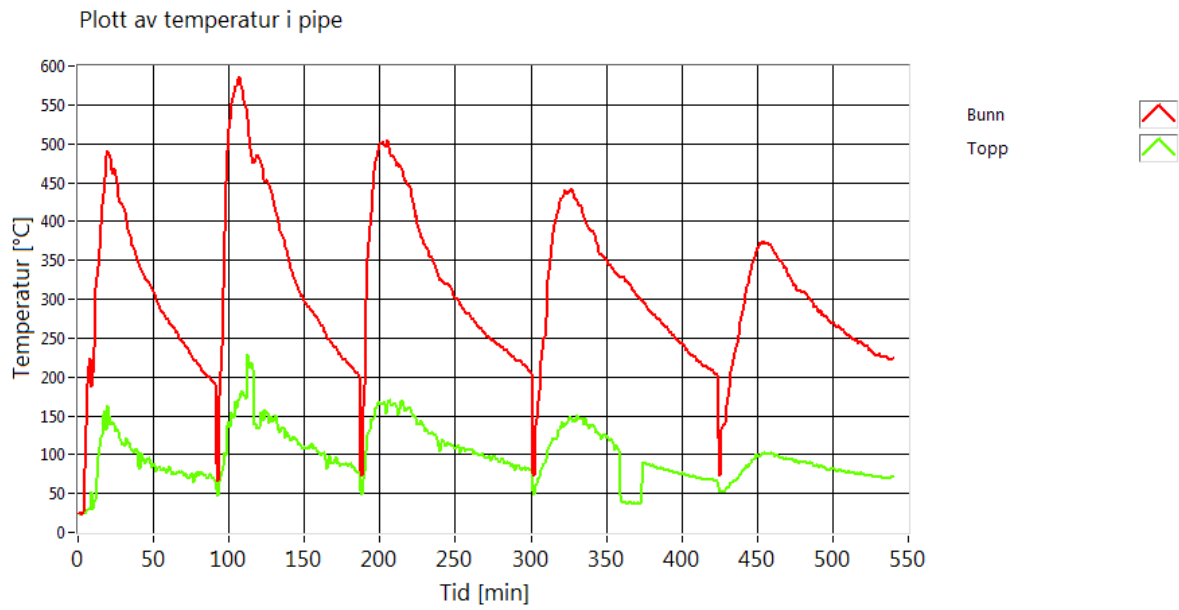


Figur B1-54: Undertrykk i skorsteinen.



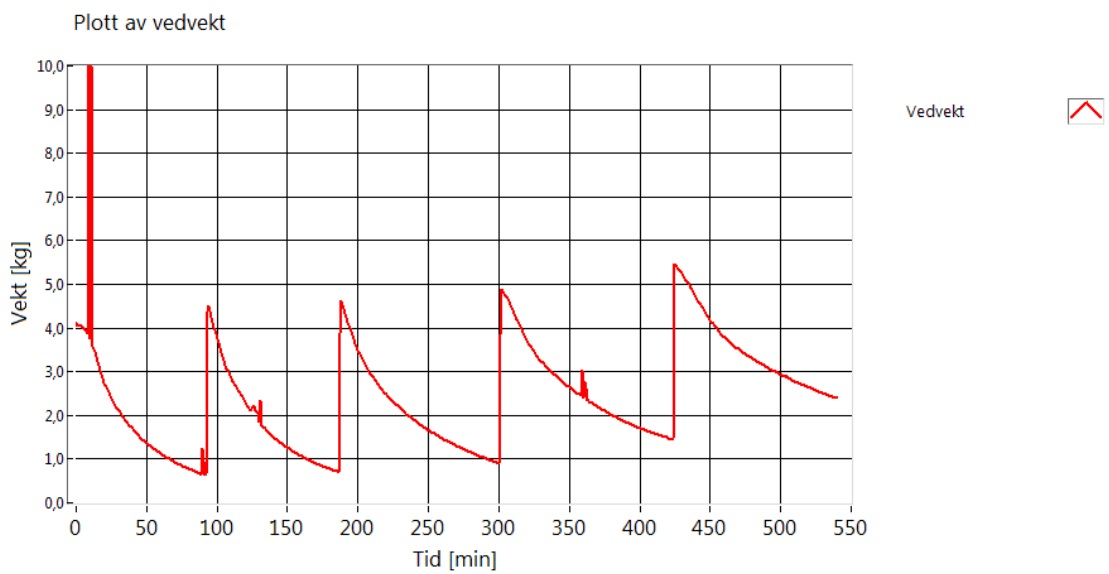
Figur B1-55: Temperaturer på testgrillens overflater.

Overflate 1 Topp ovn, overflate 2 bunn ovn, overflate 3 høyre side, overflate 4 venstre side, overflate 5 bakside ovn.



Figur B1-56: Røykgasstemperaturer.

Rødt plott viser temperatur i skorstein, Grønt plott viser temperatur i ventilasjonskanal.



Figur B1-57: Logget kullvekt.

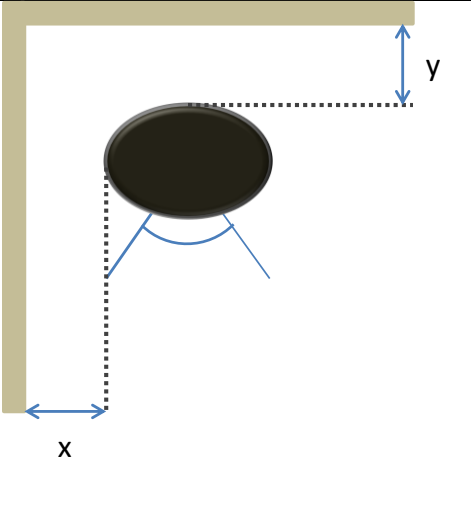
Vurdering av sikkerhetsavstander

Kullgrill 1 tilfredsstillter kravene i EN 13240, under følgende forutsetninger:

Avstand til sidevegg av brennbart materiale må minimum være 200 mm.

Avstand fra bakvegg av grill til vegg av brennbart materiale må minimum være 300 mm.

Tabell B1-3: Vurderte avstander av RISE Fire Research basert på gjennomført sikkerhetstest.

RISE Vurdering av sikkerhetsavstander		
		
	Brennbare vegger	
	x [mm]	y [mm]
Minimum avstander	200	300

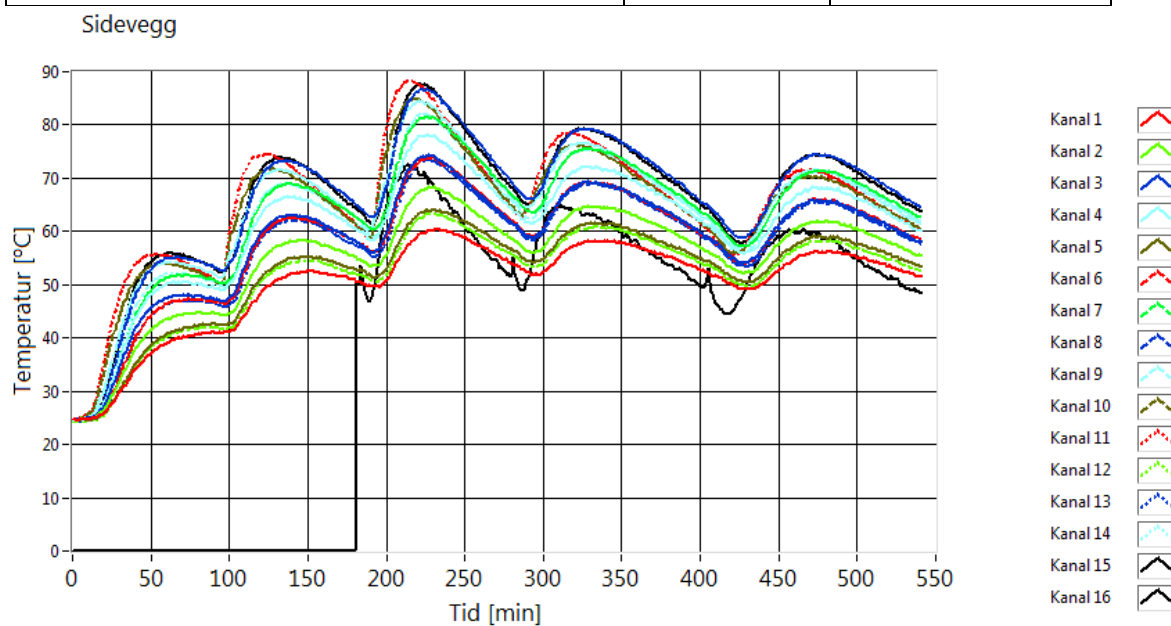
B2 - Rapport for sikkerhetstest 2 av lukket testgrill med dummygrill

Tabell B2-1: Spesifikasjon av brensel – Sikkerhetstest 3 med dummygrill

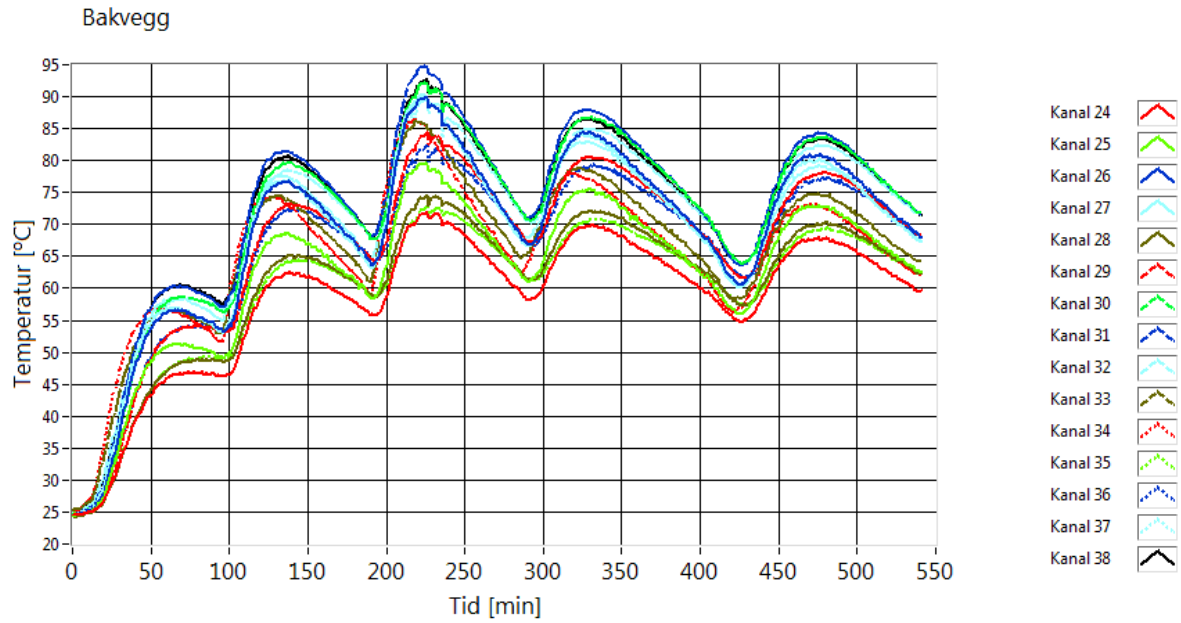
Spesifikasjon av brensel - Sikkerhet	
Type brensel	Kull av hardtresorter og propan
Fukt	8–10 %
Nedre brennverdi (H_u)	31 MJ/kg
Størrelse, lengde	Varierende
Beregnet testvekt	4 kg

Tabell B2-2: Resultater fra Sikkerhetstest 3, 90 graders oppstilling i hjørne av brennbart materiale.

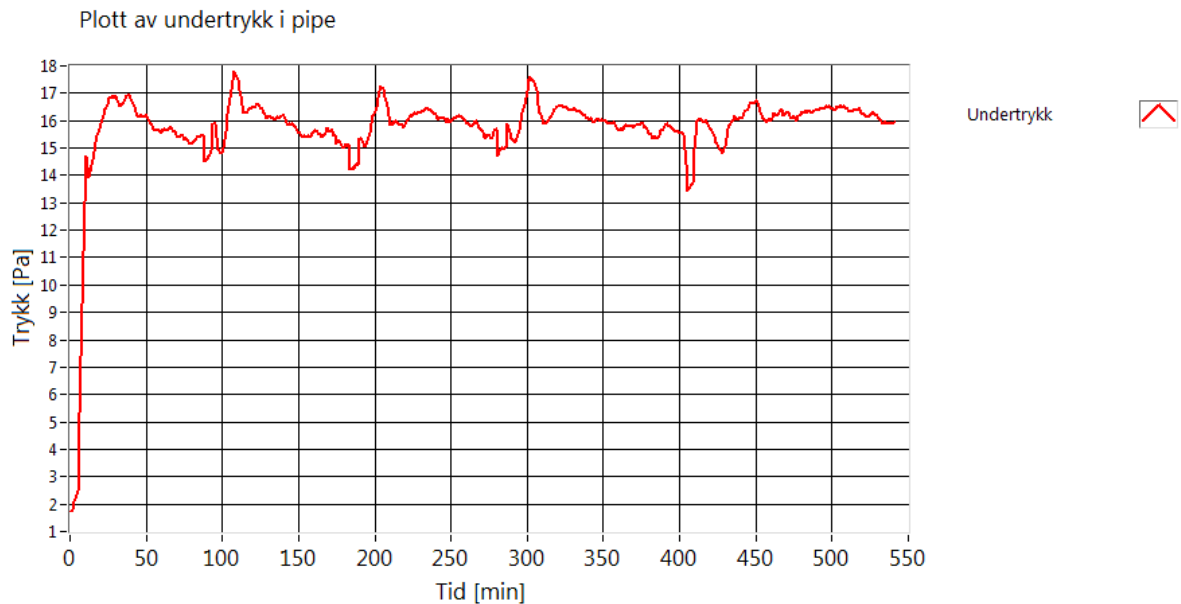
	ENHET	RESULTATER
Varighet	h	9
Vekt av testbrensel	kg	20
Fukttinnhold	%	8–10
Forbrenningshastighet	kg/h	2,2
Nedre brennverdi	MJ/kg	31
Trekk i skorstein	Pa	16.1
Røykgasstemperatur, snitt	°C	305
Røykgasstemperatur, maks	°C	600
Romtemperatur	°C	30
Bakvegg overstiger romtemp. (300 mm avstand)	°C	65
Sidevegg overstiger romtemp. (200 mm avstand)	°C	58



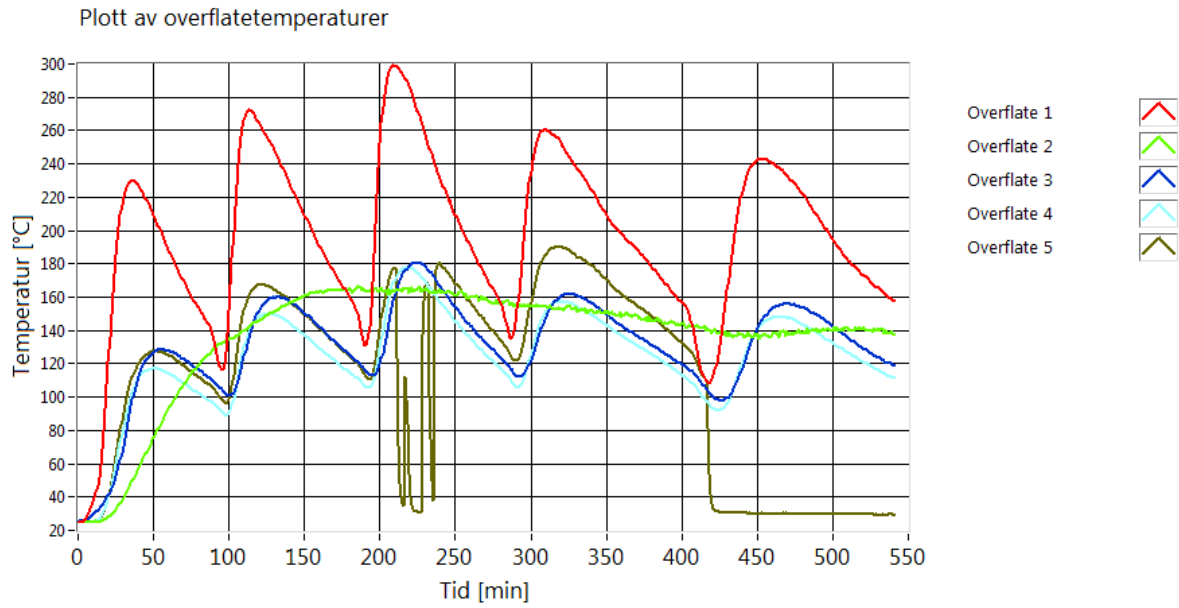
Figur B2-58: Temperaturer i sidevegg.



Figur B2-59: Temperaturer i bakvegg.

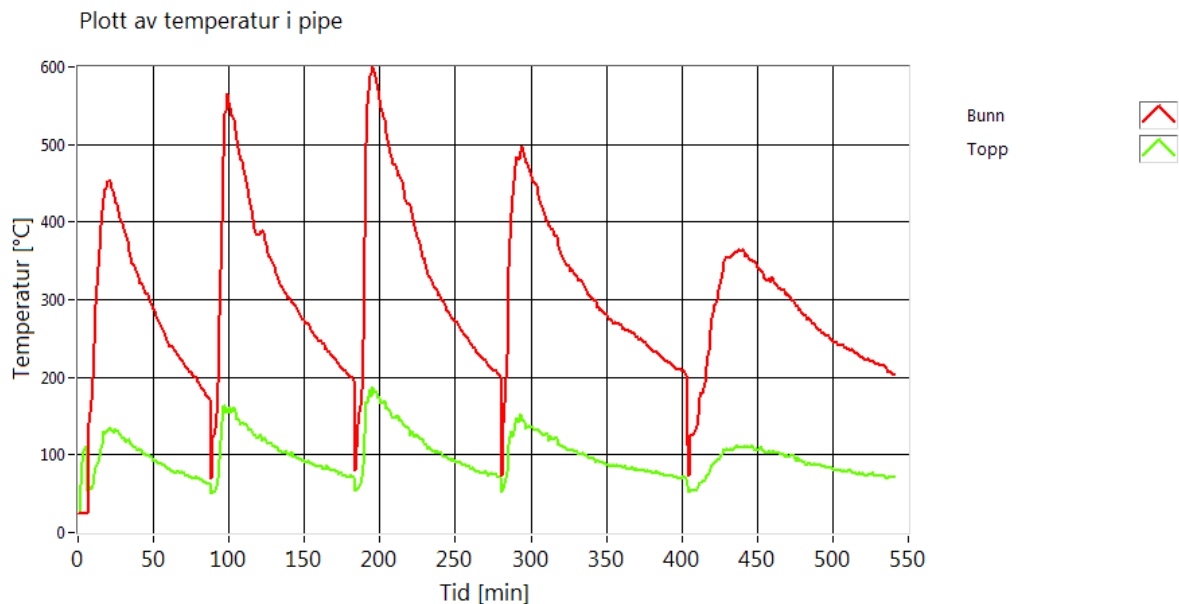


Figur B2-60: Undertrykk i pipe.



Figur B2-61: Temperaturer på testgrillens overflater.

Overflate 1 Topp ovn, overflate 2 bunn ovn, overflate 3 høyre side, overflate 4 venstre side, overflate 5 bakside ovn.



Figur B3-62: Temperatur i pipe og avtrekkskanal. Rødt plott viser temperatur i skorstein, Grønt plott viser temperatur i avtrekkskanal.

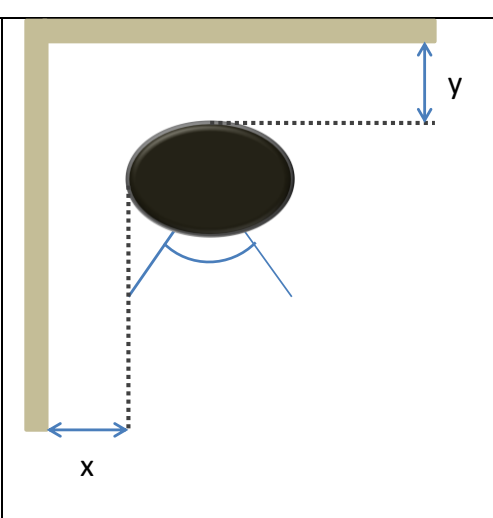
Vurdering av sikkerhetsavstander

Kullgrill sammen med Dummygrill test 2 tilfredstiller kravene i EN 13240.

Avstand til sidevegg av brennbart materiale må minimum være 200 mm.

Avstand fra bakvegg av grill til vegg av ubrennbart materiale må minimum være 300 mm.

Tabell B2-3: Vurderte avstander av RISE Fire Research basert på gjennomført sikkerhetstest.

RISE Vurdering av sikkerhetsavstander		
		
	Brennbare vegger	
	x [mm]	y [mm]
Minimum avstander	200	300

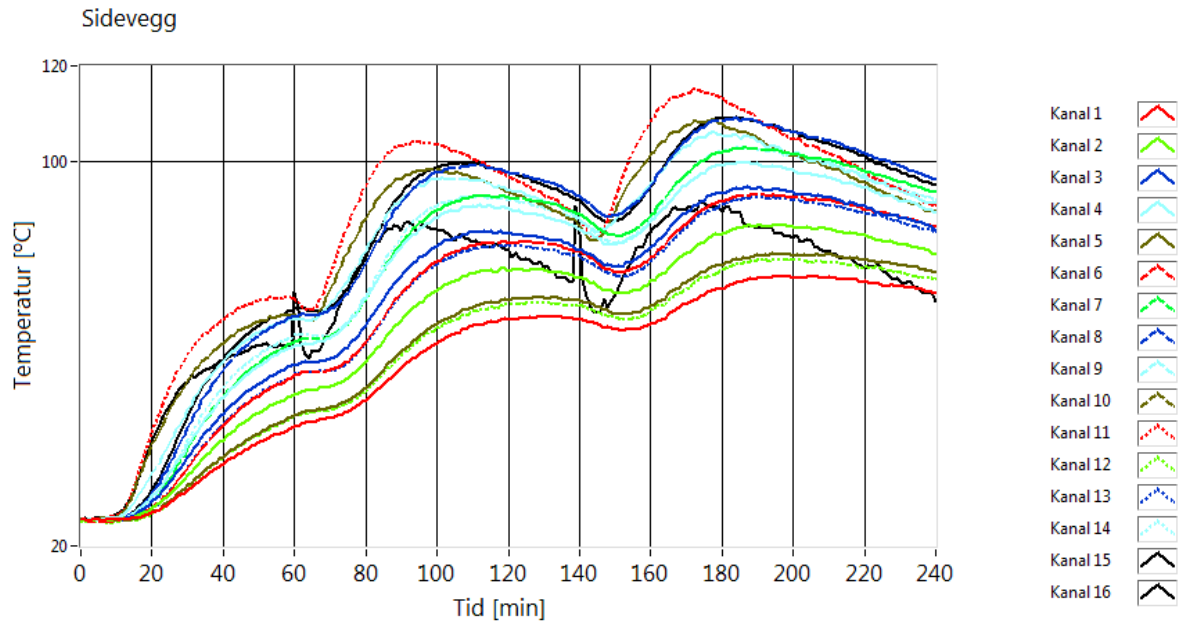
B3 - Rapport for sikkerhetstest 3 av lukket testgrill med overbelastning

Tabell B3-1: Spesifikasjon av brensel – Sikkerhetstest 3

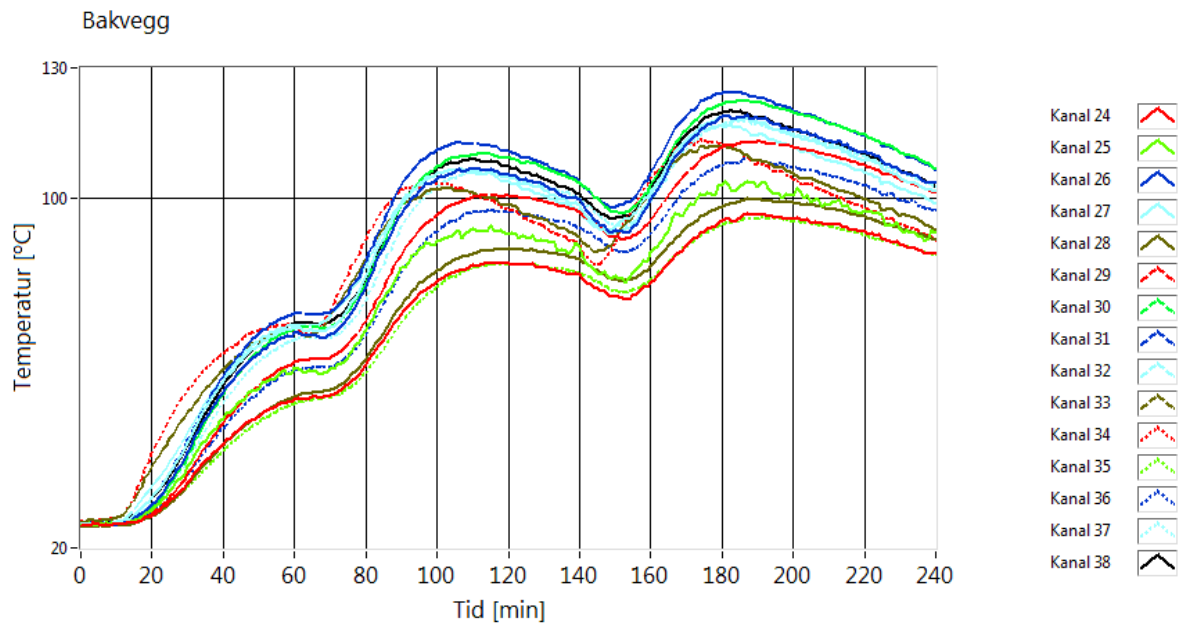
Spesifikasjon av brensel - Sikkerhet	
Type brensel	Kull av hardtresorter
Fukt	8-10 %
Nedre brennverdi (H_u)	31 MJ/kg
Størrelse, lengde	Varierende
Beregnet testvekt	6 kg

Tabell B3-2: Resultater fra Sikkerhetstest 3, 90 graders oppstilling i hjørne av brennbart materiale.

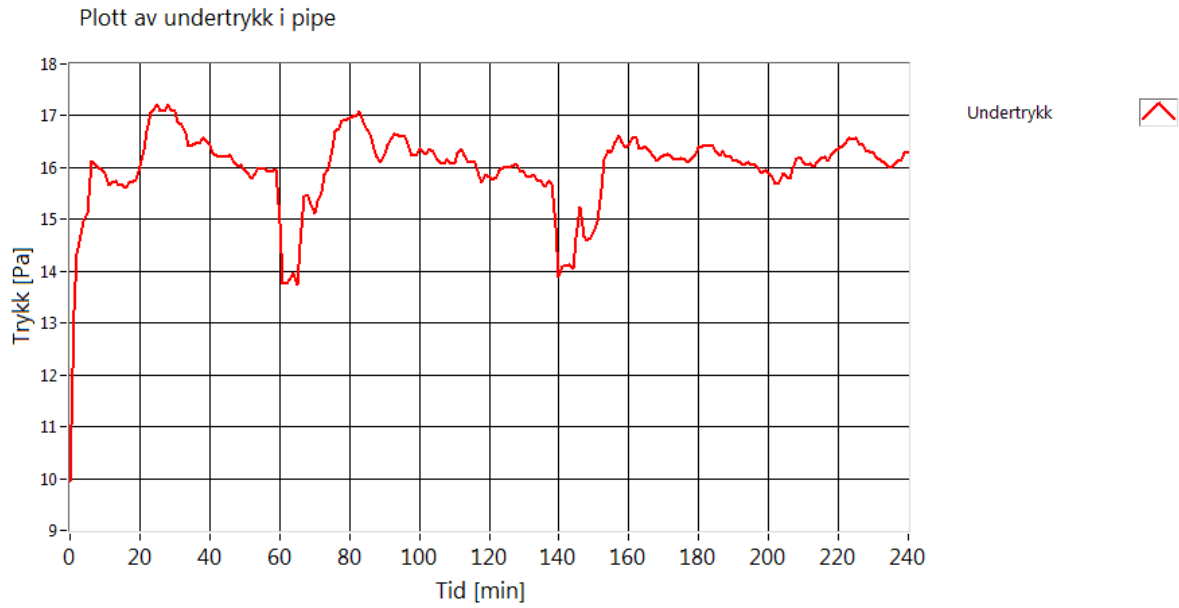
	ENHET	RESULTATER
Varighet	h	4
Vekt av testbrensel	kg	18
Fuktinnhold	%	8-10
Forbrenningshastighet	kg/h	4,5
Nedre brennverdi	MJ/kg	31
Trekk i skorstein	Pa	16.4
Røykgasstemperatur, snitt	°C	452
Røykgasstemperatur, maks	°C	667
Romtemperatur	°C	24
Bakvegg overstiger romtemp. (300 mm avstand)	°C	99
Sidevegg overstiger romtemp. (200 mm avstand)	°C	92



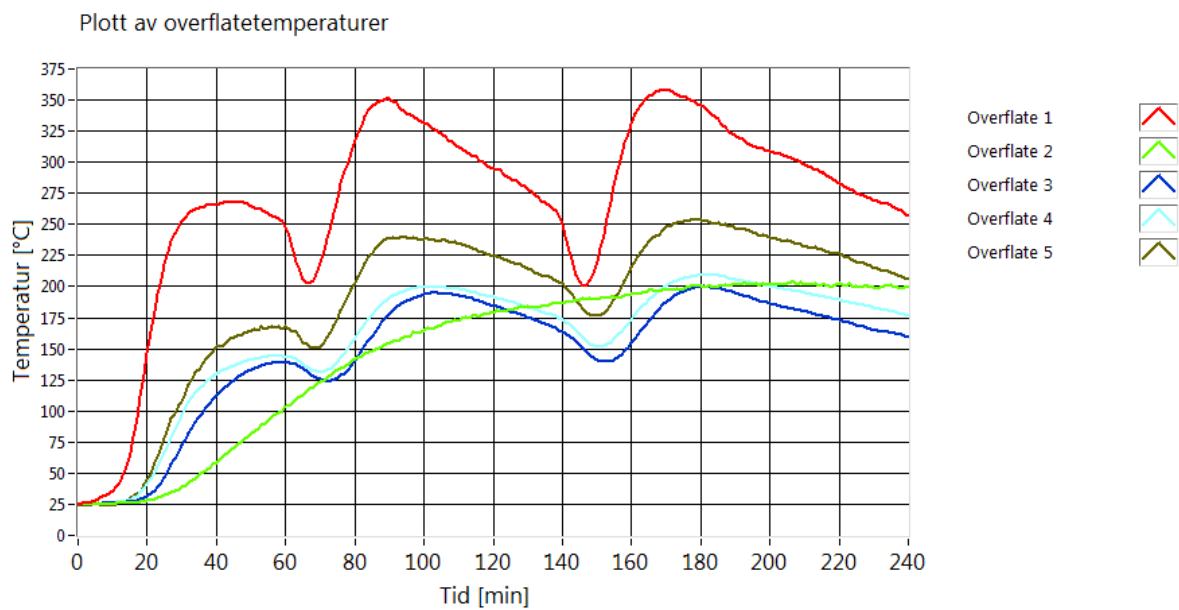
Figur B3-63: Temperaturer på sidevegg



Figur B3-64: Temperaturer på bakvegg.

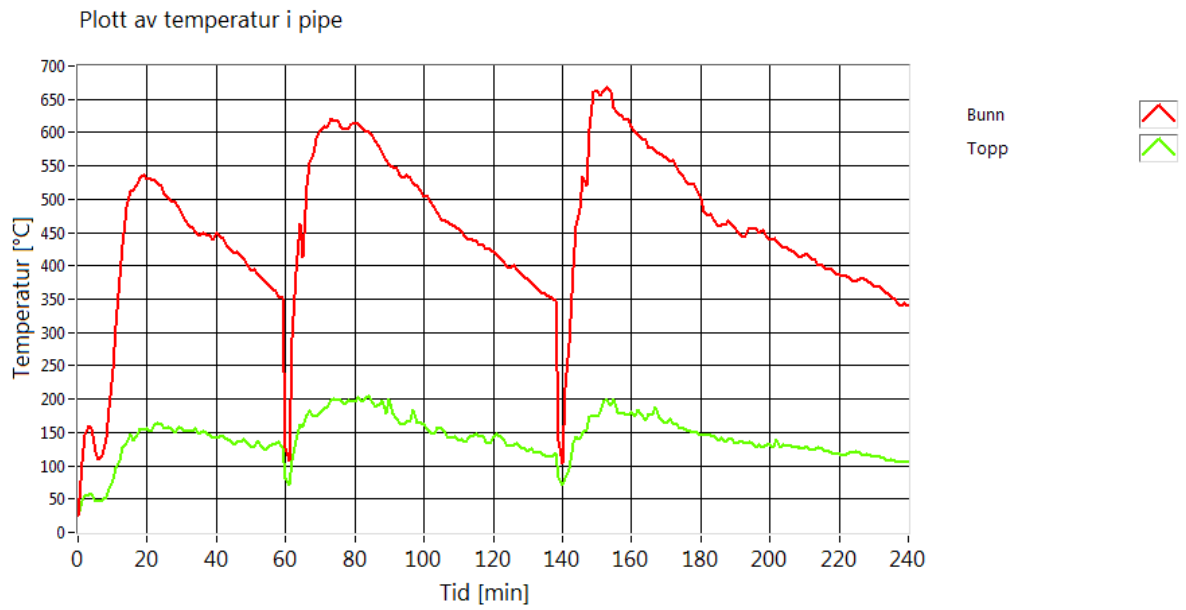


Figur B3-65: Undertrykk i pipe.

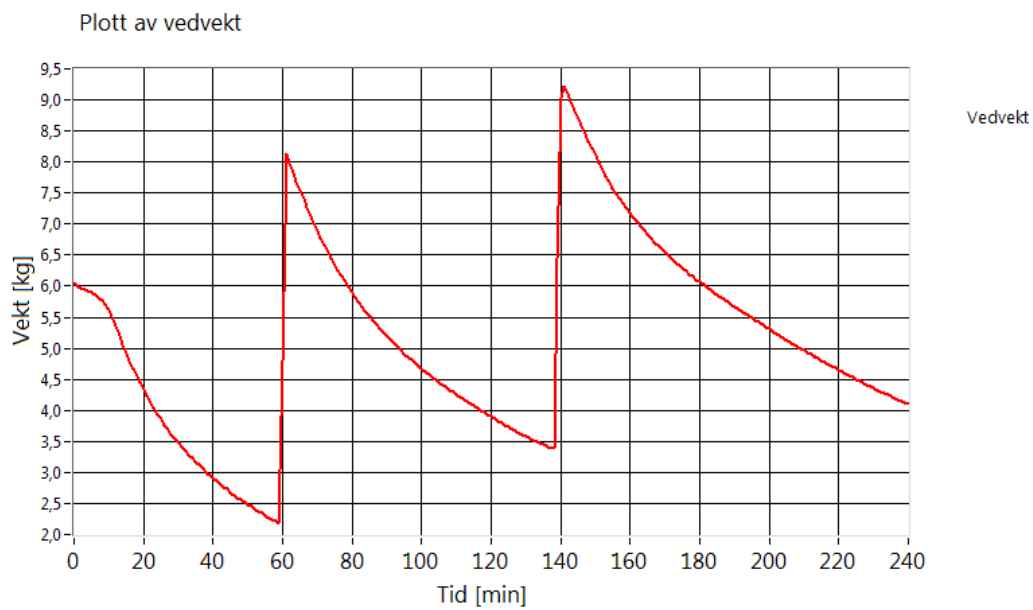


Figur B3-66: Temperaturer på testgrillens overflater.

Overflate 1 Topp ovn, overflate 2 bunn ovn, overflate 3 høyre side, overflate 4 venstre side, overflate 5 bakside ovn.



Figur B3-67: Temperatur i pipe og avtrekkskanal. Rødt plott viser temperatur i skorstein, Grønt plott viser temperatur i avtrekkskanal.



Figur B3-68: Logget kullvekt.

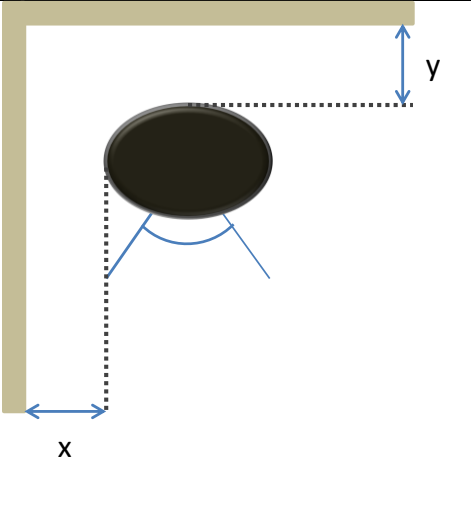
Vurdering av sikkerhetsavstander

Kullgrill 1 test 3 tilfredsstillte ikke kravene i NS-EN 13240:2001/A2:2004 /AC:2007.

Avstand til sidevegg av brennbart materiale ble testet med 200 mm.

Avstand fra bakvegg av grill til vegg av brennbart materiale ble testet med 300 mm.

Tabell B3-3: Vurderte avstander av RISE Fire Research basert på gjennomført sikkerhetstest.

RISE Vurdering av sikkerhetsavstander		
		
	Brennbare vegger	
	x [mm]	y [mm]
Minimum avstander	200	300

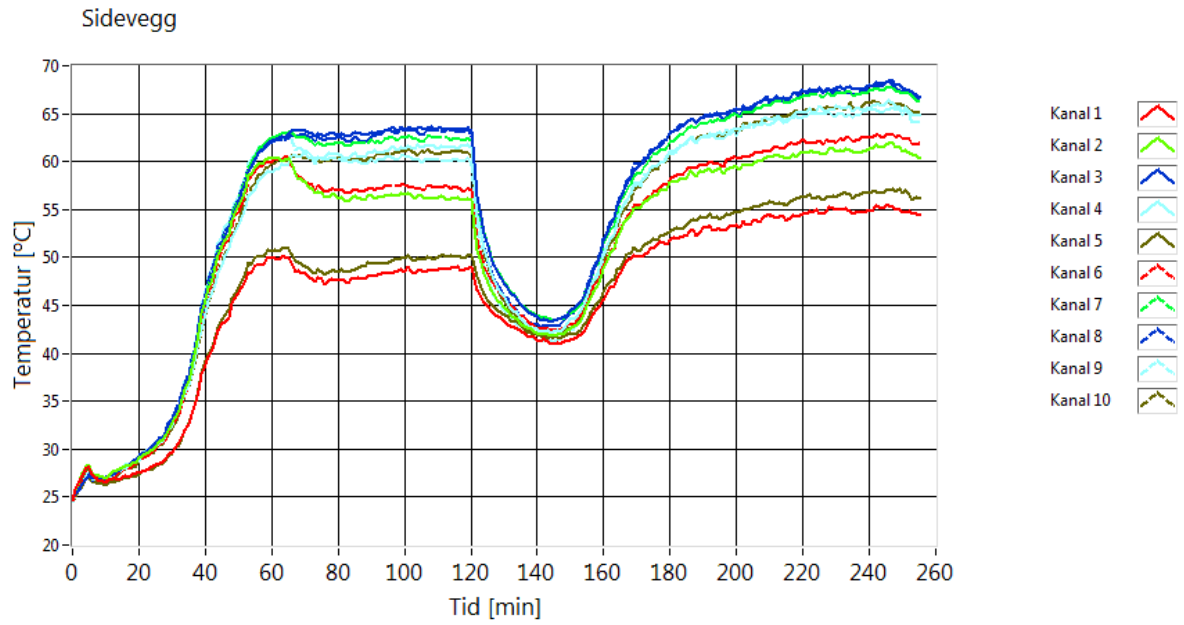
B4 - Rapport for sikkerhetstest 4 av åpen testgrill

Tabell B4-1: Spesifikasjon av brensel - Sikkerhet

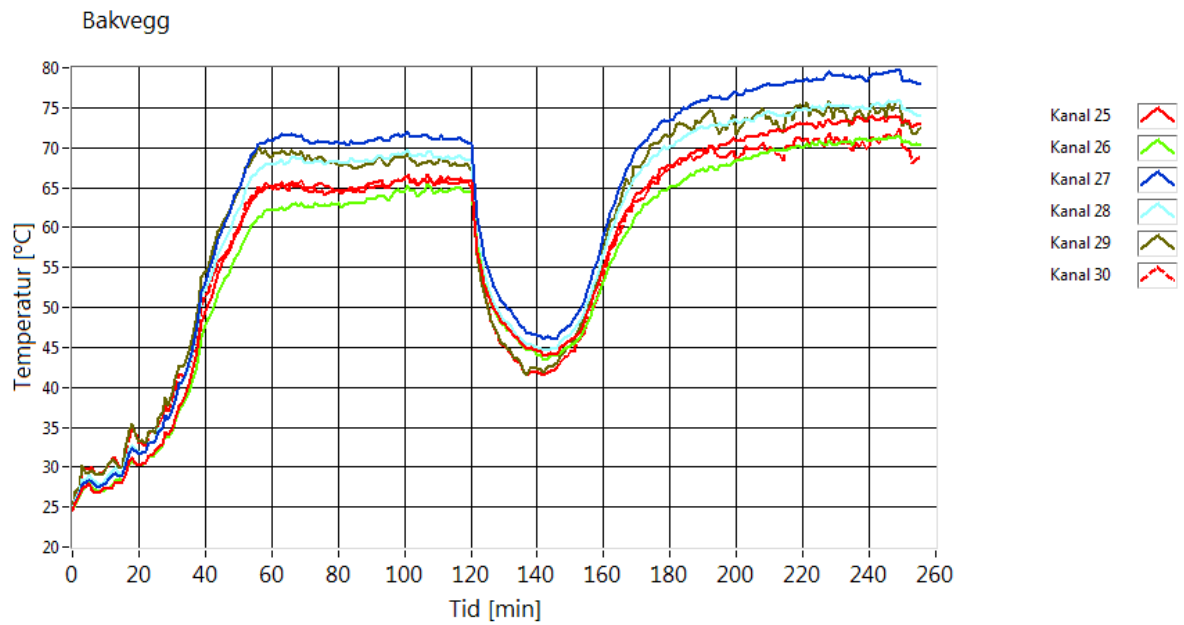
Spesifikasjon av brensel - Sikkerhet	
Type brensel	Kull av hardtresorter
Fukt	8-10 %
Nedre brennverdi (H _u)	31 MJ/kg
Størrelse, lengde	Variierende
Beregnet testvekt	3 kg

Tabell B4-2: Resultater fra Sikkerhetstest 1, 90 graders oppstilling i hjørne av brennbart materiale.

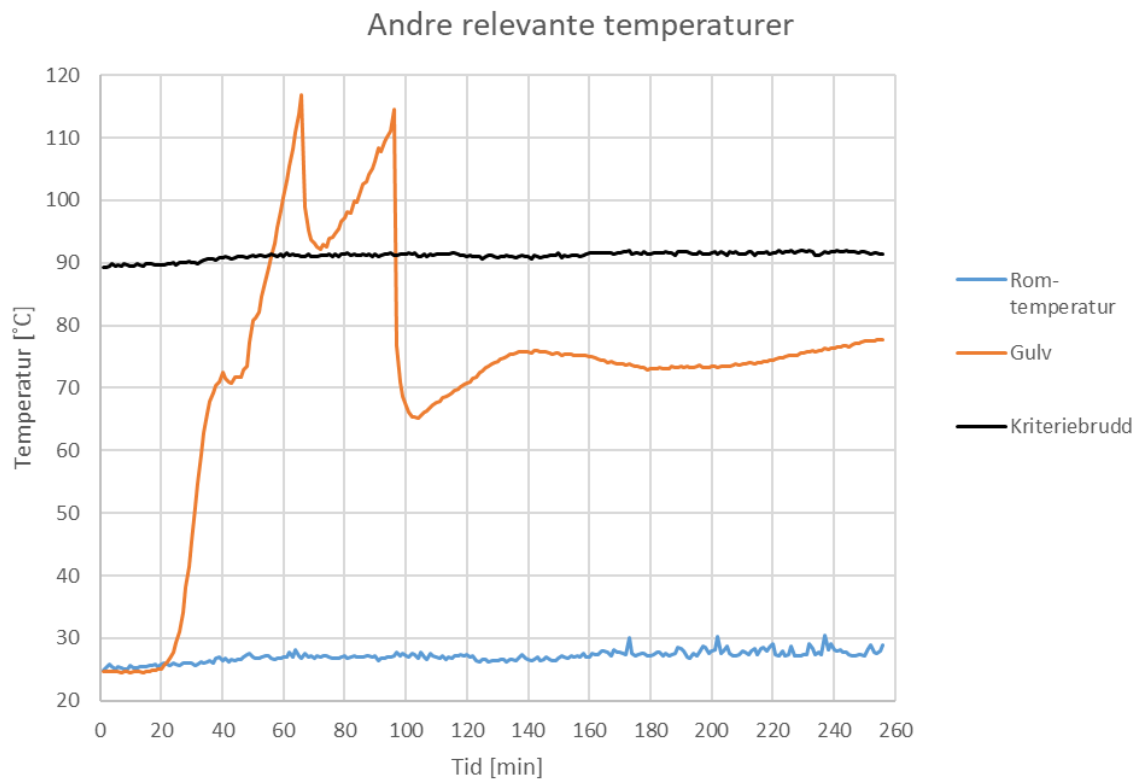
	ENHET	RESULTATER
Varighet	h	4,1
Vekt av testbrensel	kg	6
Fuktinnhold	%	8–10
Forbrenningshastighet	kg/h	1,46
Nedre brennverdi	MJ/kg	31
Romtemperatur	°C	26
Bakvegg oversteg romtemp. (300 mm avstand)	°C	53
Sidevegg oversteg romtemp. (300 mm avstand)	°C	42



Figur B4-69 Temperaturer i sidevegg.



Figur B4-70 Temperaturer i bakvegg.



Figur B4- 71 Temperatur i gulv.

Vurdering av sikkerhetsavstander

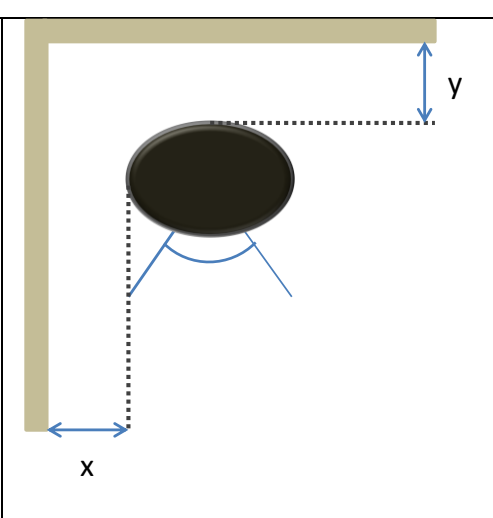
Åpen grill tilfredsstiller ikke kravene i EN 13240.

Avstand til sidevegg av brennbart materiale må minimum være 300 mm.

Avstand fra bakvegg av grill til vegg av brennbart materiale må minimum være 300 mm.

Kriteriebrudd gulvtemperatur.

Tabell B4-4: Vurderte avstander av RISE Fire Research basert på gjennomført sikkerhetstest.

RISE Vurdering av sikkerhetsavstander		
		
	Brennbare vegger	
	x [mm]	y [mm]
Minimum avstander	300	300

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 Torggarden, 7465 TRONDHEIM Telefon: 464 18 000 E-post: post@risefr.no , Internett: www.risefr.no	RISE Fire Research RISE-rapport 2020:83 ISBN: 978-91-89167-68-1
--	---