

Rapport

BL03 Frederikke - Rehabilitering fasade og teknisk anlegg

OPPDRAKSGIVER

Universitetet i Oslo

STANDARD RAPPORTMAL

Strålingsberegninger

DATO / REVISJON: 6/11/2025

DOKUMENTKODE: 10268516-RIB-RAP-002



Multiconsult



Dette dokumentet har blitt utarbeidet av Multiconsult på vegne av Multiconsult Norge AS eller selskapets klient. Klientens rettigheter til dokumentet er gitt i den aktuelle oppdragsavtalen eller ved anmodning. Tredjeparter har ingen rettigheter til bruk av dokumentet (eller deler av det) uten skriftlig forhåndsgodkjenning fra Multiconsult med mindre annet følger av norsk lov. Multiconsult påtar seg intet ansvar for bruk av dokumentet (eller deler av det) til andre formål, på andre måter eller av andre personer eller enheter enn det som er godkjent skriftlig av Multiconsult. Deler av dokumentet kan være beskyttet av immaterielle rettigheter og/eller eiendomsrettigheter. Kopiering, distribusjon, endring, behandling eller annen bruk av dokumentet er ikke tillatt uten skriftlig forhåndssamtykke fra Multiconsult eller annen innehaver av slike rettigheter med mindre annet følger av norsk lov.



Rapport

OPPDRAAG	BL03 Frederikke - Rehabilitering fasade og teknisk anlegg	DOKUMENTKODE	10268516-01-RIBr-RAP-002
EMNE	Strålingsberegninger	TILGJENGELIGHET	Åpen
OPPDRAAGSGIVER	Universitetet i Oslo	OPPDRAAGSLEDER	Hanna M. S. Barosen
KONTAKTPERSON	Chandani Ratnaweera	UTARBEIDET AV	David R. U. Johansen
GNR./BNR.	44 / 85	ANSVARLIG ENHET	10106010 Brannsikkerhet

SAMMENDRAG

Multiconsult er engasjert av Universitetet i Oslo for brannteknisk rådgiving. Denne rapporten angår fraviksvurdering av reduksjon i brannmotstand for deler av vegg, og vinduer i fasaden.

Beregninger er utført for brannscenario som representerer sprinklersvikt. Temperatur er først beregnet iht. standard ISO 834 tid-temperaturkurve, som deretter er anvendt for å beregne avgitt varmestråling fra to utvalgte vinduer i fasaden. Resultater ble brukt som inndata i 3D strålingsberegninger.

Strålingsberegninger viser at varmestråling på nærstående bygg er under kritisk varmestråling for brannspredning. Derfor vil det ikke være fare for brannspredning innenfor de første 30 min, som er tiden brannmotstand av vegg og vinduer reduseres til. Innenfor denne tiden vil alle være evakuert. Brannvesenet antas å være disponibel for slokkeinnsats og verdisikring innen 30 minutter.

Fraviksvurderingen viser at reduksjon i brannmotstand av vegg til EI 30, og vinduer i vegg til EW30, ivaretar funksjonskrav gitt av TEK §11-7, og løsningen opprettholder et akseptabel brannsikkerhetsnivå.

00	06.11.25	Strålingsberegninger til forprosjekt	David R. U. Johansen	Hanna M. S. Barosen	Hanna M. S. Barosen
REV.	DATO	BESKRIVELSE	UTARBEIDET AV	KONTROLLERT AV	GODKJENT AV



INNHALDSFORTEGNELSE

1	Innledning.....	5
1.1	Fraviksbeskrivelse.....	5
2	Metode	6
2.1	Beregningsverktøy	6
2.2	Akseptkriterie	7
3	Vurdering.....	8
3.1	Inndata og Geometri.....	8
3.2	Resultat og Diskusjon	9
4	Konklusjon.....	11
5	References	Error! Bookmark not defined.
6	Vedlegg: Beskrivelse av Internt Utviklet 3-D Beregningsverktøy for Varmestraling	13



1 Innledning

Multiconsult er engasjert av Universitetet i Oslo for brannteknisk rådgiving og prosjektering ifm. rehabilitering av fasade, tak og teknisk anlegg ved Frederikke. Denne rapporten angår fraviksvurdering av reduksjon i brannmotstand for deler av vegg, og vinduer i fasaden.

Byggverket er i Risikoklasse (RKL) 5 og RKL 2 og Brannklasse (BKL) 2. Rom i fasaden til Frederikke mot Kristian Ottosens hus er sprinklet. For øvrige detaljer relatert brannsikkerhet vises det til 10268516-01-RIBr-RAP-001 Brannkonsept.

1.1 Fraviksbeskrivelse

I fasadene til Frederikke Mathus til Kristian Ottosens hus stilles det krav til seksjoneringsvegg. Av

TEK § 11-7. Brannseksjoner

(1) Byggverk skal deles opp i brannseksjoner for å

a) sikre liv og helse der rømning og redning kan ta lang tid

b) hindre urimelig store økonomiske eller materielle tap

I utgangspunktet skal det mellom byggverkene være beskyttelse i klasse REI 120-M A2-s1 ,d0 [A 120].

Videre, er det gitt av VTEK17 §11-8 l) pkt. 2:

Vinduer må ha samme brannmotstand som veggene de står i (...)

Pre-akseptert krav for vinduer er da EI120.

Fraviksvurderingen har til formål å dokumentere at reduksjon i brannklassifisering av deler av

- vegg til EI30
- og vinduer i fasade til brannklasse EW30

er tilfredsstillende, og at et akseptabelt brannsikkerhetsnivå er ivaretatt. Det vises til branntegninger.



2 Metode

I dette oppdraget er det utført en deterministisk analyse der:

- Rombranntemperatur er beregnet fra ISO standard tid-temperatur brannkurve
- Avgivende strålefluks fra vindusflater er beregnet med «*black-body radiation*» for beregnet rombranntemperatur
- 3-D strålingsberegninger til nærstående bygg er beregnet for avgivende strålefluks

Analysen tar utgangspunkt i «*worst case*»-scenario. Dvs. at det er benyttet konservative anslag for inndata, som følgelig vil gi konservative resultater.

2.1 Beregningsverktøy

Varmestrålingen er løst med et internt utviklet dataverktøy som løser strålingslikningen i 3-D. Dataverktøy er programmert i *open-source* Matlab (Octave). Modellen er forklart i denne rapporten (i detalj i vedlegg) og er validert ved å sammenlikne med numeriske resultater fra CFD-simuleringer (se vedlegg).

Problemstillinger verktøyet er egnet til å løse er varmemestråling avgitt fra vinduer eller andre konstruksjonsdeler, og fra flammer fra fritt-brennende branner, ut vinduer eller åpninger. For beregninger relatert til flammer, må initielle beregninger av flammekonfigurasjon utføres.

Beregningsverktøyet støtter også diagonale og sirkulære mottakerflater. Punkter innenfor et volum rundt flaten beregnes før en interpolasjonsteknikk anvendes for visualisering av punkter på den gitte flaten. Siden verktøyet ikke er fullt automatisert kreves manuelt arbeid for å sette opp en beregning. Tidsbruk er i størst grad avhengig av geometriens kompleksitet. Geometri forenkles derfor dersom det ikke går på bekostning av analysens formål.

Metoden varmemestrålingen beregnes på i verktøyet er en forenkling som medfører enkelte begrensninger. Beregningsprinsippet tar ikke høyde for tap av intensitet av stråling over forflytningsdistansen. I realiteten absorberes noe av strålingen i gassen den transporteres i, i tillegg til tap pga. spredning i gassen («*Rayleigh scattering*»), eller rundt partikler eller dråper («*Mie scattering*»). Forenklingene medfører mer konservative resultater. Refleksjoner, i form av absorbering av varmemestråling på mottakerflater og deretter re-stråling er ikke hensyntatt i modellen. Videre, må skygger håndteres manuelt ved å endre strukturen i koden for de spesifikke problemstillingene.

Usikkerhet av varmemestrålingsberegninger med det internt utviklede verktøyet må vurderes i hvert enkelt tilfelle. Generelt er beregningsverktøyet godt egnet til problemstillinger hvor stråling på middels lange avstander er av interesse. Ved korte distanser er forenkling med rektangulær flammekonfigurasjon betydelig. Mens på lengre avstander er absorpsjon og spredning av vesentlig betydning.

Beregningsverktøyet er vurdert til å være godt til løsning av problemstillingen i dette oppdraget.



2.2 Akseptkriterie

Akseptkriteriet for analyser der brannspredningsfare vurderes på bakgrunn av varmestraling er 15 kW/m² [1] [2] [3] [4]. Akseptkriteriet er konservativt og anerkjent for spontantantennelse av faste materialer og er gitt i:

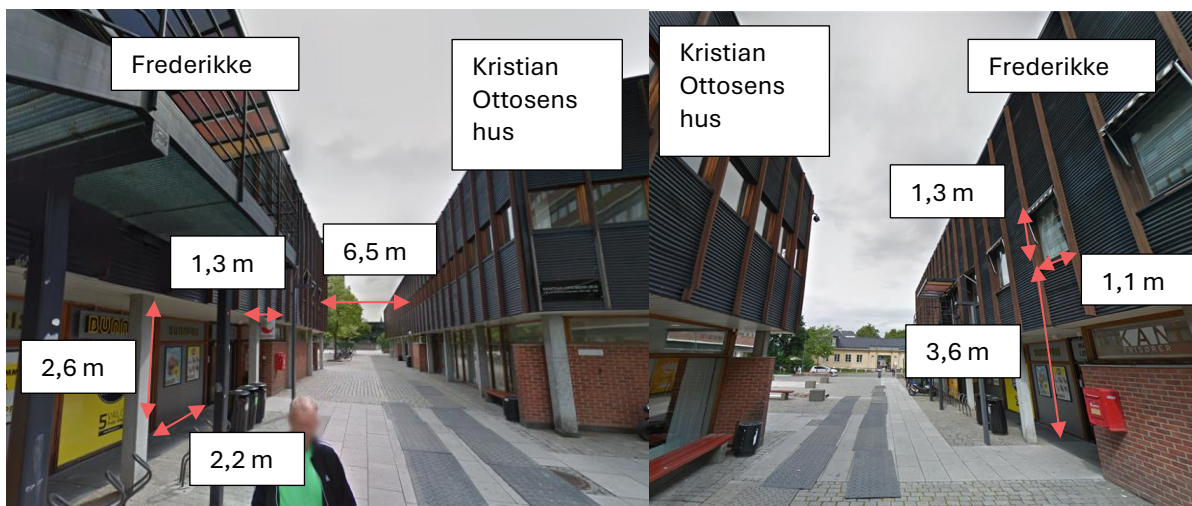
- den svenske veilederen for CFD brannmodellering *BBRAD 3* [1], og
- tilsvarende dansk veileder *Eftervisning Kap. 8* [2],
- *Håndbok for branntekniske analyser og analyser* [3] av SINTEF, og
- SN-INSTA/TS 950 *Analytisk brannteknisk prosjektering — Komparativ metode for verifikasjon av brannsikkerhet i byggverk* [4]

Akseptkriteriet anvendes uavhengig av type materiale og er konservativt. F.eks. er det i litteratur vist at treverk ikke spontanantenner før en varmeeeksponering på 28 kW/m² [5]. Denne kritiske varmeeeksponering vil konkret for treverk varigere mye med egenskaper som bl.a. tetthet, struktur, fukttinnhold og overflateegenskaper.

3 Vurdering

3.1 Inndata og Geometri

Figur 1 viser Frederikke og nærstående bygg. Vindusdimensjoner er vist i figuren. Målene er avrundet oppover, fordi det vil resultere i mer konservative resultater. Målene er funnet i tegninger, og verifisert basert på anslag i foto. Avstand er avrundet nedover.



Figur 1: Figuren viser foto av Frederikke og Kristian Ottosens hus bygg fra begge sider -- hentet fra Google Streetview. Mål er anvendt i beregninger er vist. Avstand mellom byggverk er kjent, mens dimensjoner av vindu er visuelt anslått basert på foto.

Varmestråling er beregnet i 3D for stråling fra vindu plan U til venstre i Figur 1, og plan 1 til høyre. Vinduene er valgt fordi vindu i plan U er det største, og vindu plan 1 er det med kortest avstand til Kristian Ottosens hus. Inndata og initielle resultater, som også er lagt til grunn i strålingsberegningene, er gitt i Tabell 1.

Tabell 1: Inndata til beregningene.

Variabel		Verdi	Kommentar
Tid	t	30 min	Basert på at formålet er å dokumentere at 30 min brannmotstand av vinduer er tilstrekkelig.
Vindusdimensjoner	$[W \times H]$	$[2,2 \times 2,6] \text{ m}$ $[1,1 \times 1,3] \text{ m}$	Vist i Figur 1.
Rombranntemperatur	$T_{ISO}(t = 30)$	1115 K	Beregnet fra standard ISO-brann 834 tid-temperaturkurve etter 30 minutter
Avgivende strålefluks	$\dot{q}_e''$	82 kW/m ²	Beregnet med «black-body» stråling



ISO-brann 834 tid-temperaturkurve er en standardisert brannkurve for varmeeksponering av bygningskomponenter branntesting for brannklassifisering. Branneksponeringskurven representerer et fullt utviklet rombrannforløp og det mest forventede, konservative forløpet. Koder for brannklassifisering av brannmotstand av vegger og andre konstruksjonsdeler beskrives i NS 13501-2 slik:

- R: lastbærende funksjon
- E: integritet
- I: isolasjon
- M: mekanisk motstand
- W: Varmestråling på ueksponert side

F.eks., en vegg med brannmotstand REIM 120 skal kunne opprettholde sin integritet, lastbærende funksjon, mekanisk motstand og isolerende evne i 120 minutter ved eksponering av en standard tidtemperaturbrann. Standarden beskriver også testkriterier. For å oppfylle isolasjonskravet skal gjennomsnittlig temperaturøkning på ueksponert side ikke overstige 140°C, eller maks 180°C.

Rombranntemperaturen iht. standard ISO-brann 834 [K] er gitt av

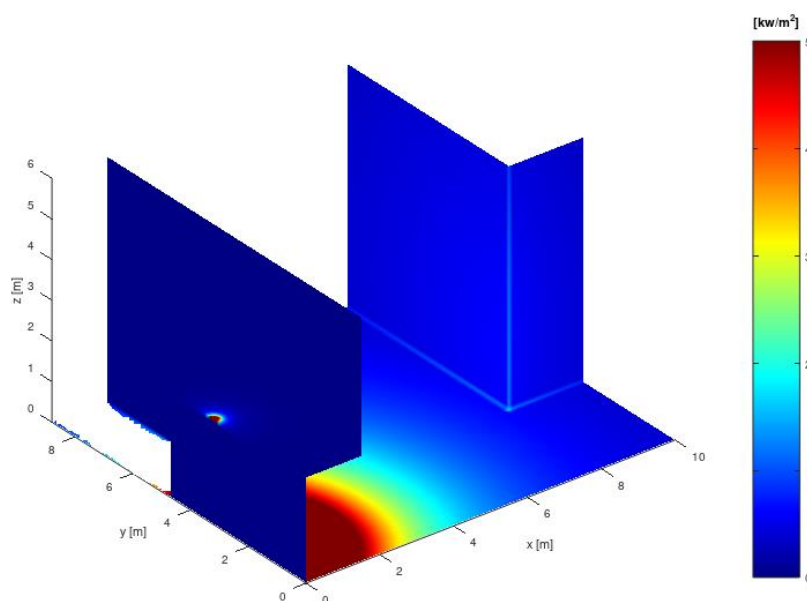
$$T_{ISO} = T_0 + 345 \log(8t + 1)$$

der T_0 er starttemperatur (20°C) og tiden, t gitt i minutter.

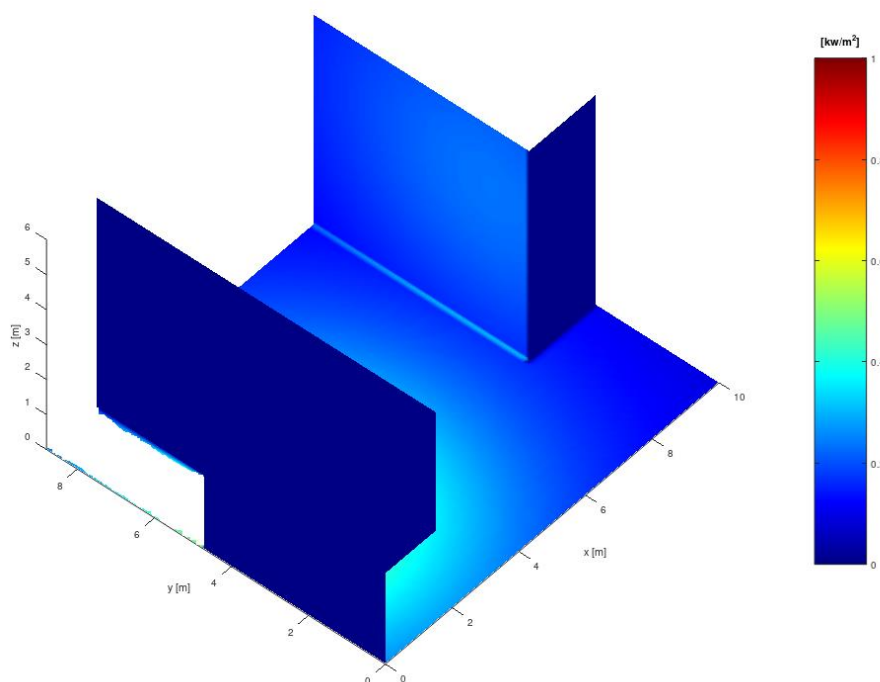
Beskrivelse av utregning av avgitt varmemestråling er gitt i Vedlegg, i tillegg til dokumentasjon av 3-D varmemestrålingsmodell.

3.2 Resultat og Diskusjon

Figur 2 og Figur 3 er resultater fra 3D varmemestrålingsberegninger for varmemestråling fra plan U og plan 1, henholdsvis. Resultatene viser at varmemestrålingen er under 1 kW/m² på fasaden til Kristian Ottosens hus. Kritisk varmemestråling for brannspredning er 15 kW/m². Dvs. at varmemestrålingen frem til 30 minutter etter brannstart er forventet å være langt under kritisk varmemestråling for brannspredning.



Figur 2: Varmestråling fra Frederikke vindu i plan U, til Kristian Ottosens hus.



Figur 3: Varmestråling fra Frederikke vindu i plan 1, til Kristian Ottosens hus.

Resultatene representerer et scenario der brannen for utvikle seg fritt med fri tilgang til luft og frem til en fullt utviklet brann, iht. standard ISO 824. Rom mot fasaden for Frederikke er sprinklet. I Kristian Ottosens hus er deler av rommene på grunnplan sprinklet, med unntak av rom som er nærliggende Frederikke. Alle rom i etasjen over er sprinklet. Sprinkleranlegg har høy pålitelighet og forventes og minst kontrollere brannen – i noen tilfeller slokke. Resultatene representerer et brannforløp der



sprinkleranlegget svikter. Selv om sprinkleranlegget svikter vil brannspredningsfaren mellom byggene være liten de første 30 minutter av et brannforløp. Beregninger er utført for brann i Frederikke. Basert på vindusstørrelser i fasaden til Kristian Ottosens hus, forventes en varmestråling i samme størrelsesorden i tilfelle brann i Kristian Ottosens hus. Sprinkleranlegg er i denne analysen betraktet som en sikkerhetsmargin.

Etter 30 minutter kan det ikke forventes at vindu i fasaden er intakt i tilfelle brann. Gitt at brannen får utviklet seg fritt, har tilstrekkelig tilgang til luft, kan flammer oppstå ut vindu i fasaden. Etter 30 minutter forventes at alle har evakuert byggene, og ingen personer har grunn til å måtte oppholde seg i nærheten av brannen. Reduksjon i brannmotstand vil derfor ikke utgjøre en fare for personer. Brannvesen er i rimelig avstand til byggene og kunne være disponibel på plassen etter 30 minutter for å utføre slokkeinnsats, og vil således ivareta verdisikring av byggene.

4 Konklusjon

Fraviksvurderingen viser at reduksjon i brannklassifisering av deler av

- vegg i fasaden til EI30
- og vinduer i fasade til brannklasse EW30

er tilfredsstillende. Sprinkleranlegg har høy pålitelighet og er betraktet som en sikkerhetsmargin. Gitt sprinklersvikt viser resultater at det ikke vil være brannspredningsfare mellom byggene de første 30 minutter av et brannforløp. Alle er forventet å være evakuert. Reduksjon i brannmotstand utgjør derfor ingen fare for personer.

Etter 30 minutter antas brannvesenet å være disponibel til slokkeinnsats for verdisikring. Reduksjon i brannmotstand ivaretar derfor et akseptabelt brannsikkerhetsnivå iht. TEK §11-7.



5 Referanser

- [1] Boverkets författningssamling, Boverkets ändring av verkets allmänna råd (2011:27) om analytisk dimensjonering av byggnaders brandskydd, Karlskrona, Sverige: Boverket, 2013.
- [2] Tarfik-, Bygge- og Boligstyrelse, «Kap. 8 Eftervisning,» 2020.
- [3] K. Opstad og J. Steenaas, «Håndbok i Branntekniske Analyser og Beregninger,» Trondheim, 1998.
- [4] Standard Norge, «SN-INSTA/TS 950, Analytisk brannteknisk prosjektering - Komparativ metode for verifikasjon av brannsikkerhet i byggverk,» 2019.
- [5] D. Drysdale, An Introduction to Fire Dynamics, 3rd red., Wiley & Sons, 2005.
- [6] J. G. Quintiere og B. Karlsson, Enclosure Fire Dynamics, CRC Press, 2000.
- [7] K. McGrattan, S. Hostikka, R. McDermott, J. Floyd, C. Weinschenk og K. Overholt, «Fire Dynamics Simulator user's guide,» National Institute of Standards and Technology (NIST), Gaithersburg, Md., 2020.
- [8] K. McGrattan, S. Hostikka, R. McDermott, J. Floyd, C. Weinschenk og K. Overholt, «Fire Dynamics Simulator Technical Reference Guide Volume 1: Mathematical Model,» National Institute of Standards and Technology (NIST), Gaithersburg, Md, 2020.
- [9] Various, SFPE Handbook of fire protection engineering, 3ed red., Quincy, Mass. : Bethesda, Md.: National Fire Protection Association ; Society of Fire Protection Engineers., 2002.
- [10] Boverkets författningssamling, «Boverkets ändring av verkets allmänna råd (2011:27) om analytisk dimensionering av byggnaders brandskydd,» 2013.
- [11] D. f. b. (DIBK), «Røykventilasjon Temaveiledning HO-3/2000,» 2000.
- [12] R. Alpert, «Calculation of respons time of ceiling-mounted fire detectors.,» *Fire Technology*, vol. 8, pp. 181-195, 1972.
- [13] S. N. (NS), «Risikovurdering av brann i byggverk (NS 3901),» 2012.
- [14] B. C. Hagen, Brannteknisk Rømningsanalyse, Trondheim: Tapir Akademiske Forlag, 2008.
- [15] G. Proulx, Movement of People: The evacuation timing., 3rd red., P. J. DeNenno, Red., SFPE handbook of Fire Protection Engineering, National Fire Protection Association (NFPA), 2002, pp. 3-349-3-351.
- [16] R. Jönsson, S. Bengtson og H. Frantzych, Brannskyddshåndboken, Lund Tekniska Högskola (LTH), 2002, pp. 80-81.
- [17] J. H. Klote og J. A. Milke, «Principles of Smoke Management,» American Society of Heating, Refrigeration and Air-Condition Engineers, Inc, 2002.
- [18] H. E. Nelson og F. W. Mowrer, Emergency movement, SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, 3rd red., National Fire Protection Association (NFPA), 2002, pp. 3-367 - 3-372.
- [19] Norsk Standard (NS), «Eurocode 1: Laster på konstruksjoner Del 1-2: Allmenne laster Laster på konstruksjoner NS-EN 1991-1-2 2002+NA 2008,» 2008.
- [20] Byggforsk, «Nødevendig rømningstid ved brann,» 2016.
- [21] Boverkets författningssamling, «Boverkets ändring av verkets allmänna råd (2011:27) om analytisk dimensionering av byggnaders brandskydd,» 2013.
- [22] Tarfik-, Bygge- og Boligstyrelse, «Kap. 8 Eftervisning,» 2020.
- [23] HO-3/2000, «Røykventilasjon Temeveiledning,» 2000.



6 Vedlegg: Beskrivelse av Internt Utviklet 3-D Beregningsverktøy for Varmestråling

De tre ulike varmeoverføringsmekanismene er varmeledning, varmekonveksjon og varmemestråling. Varmeledning er varmetransport i faste materialer eller stillestående fluid. Konveksjon er varmetransport med fluidstrømning. Varmestråling er transport av varme vha. elektromagnetisk bølger og behøver ingen medium å transportere i. I fullt utviklet rombranner er varmemestråling den dominerende varmeoverføringsmekanismen. Utendørs hvor en studerer varmeoverføring over lange avstander er varmemestråling den varmeoverføringsmekanismen som er av interesse.

Den generelle likningen for varmemestråling mellom en avgiver og mottaker uttrykkes som [5] [6]

$$\dot{q}_r'' = \varphi \sigma \epsilon (T_f^4 - T_s^4)$$

hvor ϵ er emissivitet – overflatens absorpsjonsevne, σ Stefan-Boltzmanns konstant, og φ konfigurasjonsfaktoren, som er avgivers fraksjon av mottakers relative synsfelt. T_f er flammetemperatur eller den varme flatens temperatur, og T_s mottakers overflatetemperatur.

I mange tilfeller er det mer interessant eller praktisk å regne ut avgitt stråling fra en flamme eller varm flate i gitt distanser, og i stedet for mottatt stråling på en eller flere flater. Grunnen til dette er at det informasjon om flaten som mottar stråling ikke er nødvendig, og det matematiske uttrykket vil bli forenklet. Prinsippet bak det matematiske uttrykket er at strålingen sprer seg homogent som et kuleskall, der avgitt varmemestråling fra brannen fordeles over kulens areal, for en gitt radius, r , fra brannens senter til mottaker. Varmestrålingen avgitt fra en flate ved distansen r , er uttrykt som

$$\dot{q}_r'' = \frac{[\text{avgitt stråling}]}{[\text{areal kuleskall i distanse } r]}$$

Flammers gjennomsnittlige temperatur er vanskelig å estimere i praktiske problemstillinger, og vanskelig å anta med en akseptabel usikkerhet. Med avgitt varmemestråling med antatt branneffekt blir uttrykket [6]

$$\dot{q}_r'' = \frac{\dot{Q}(1 - \chi)}{4\pi r^2}$$

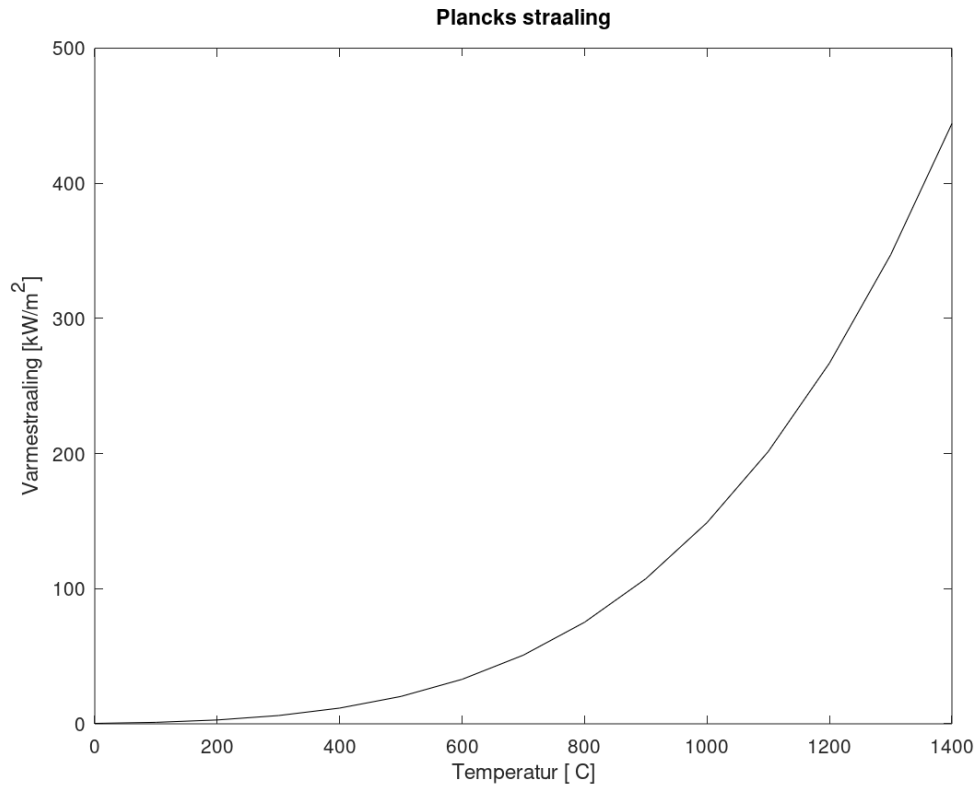
$\dot{Q}$ er branneffekt og $(1 - \chi)$ strålingsandelen. I tilfeller der varmemestråling fra en varm flate utregnes i stedet, er avgitt stråling uttrykt iht. Planck's stråling (*black-body emissive power* [5])

$$\dot{q}_e'' = \sigma \epsilon T_h^4$$

Planck's stråling som funksjon av tid er presentert i Figur 4. Som gir avgitt varmemestråling

$$\dot{q}_r'' = \frac{\dot{q}_e''}{4\pi r^2} (dx)^2$$

der dx er oppløsningen i 3D rom.



Figur 4: Planck's stråling som funksjon av temperatur.

Likningen for stråling løses i 3 dimensjoner på et grid med diskrete punkter vha. Matlab. En mer detaljert beskrivelse av den numeriske løsningen er gitt i vedlegget, med stråling fra en flamme som eksempel, inkl. validering av modellen.

Varmestraalingen basert på punkt-kilde-prinsippet der strålingen er gitt av strålingsandelen til branneffekten fordelt over et kuleskall til en gitt distanse, r . Matematisk er varmestraalingen uttrykt som

$$\dot{q}_r'' = \frac{\dot{q}_e'' dx^2}{4\pi r^2}$$

Der $\dot{q}_e''$ er bestemt av hva som stråler. For varmestraaling fra flammer der branneffekten, $\dot{Q}$, er estimert eller kjent er $\dot{q}_e'' = \dot{Q}(1 - \chi)$. $(1 - \chi)$ er brannens strålingsfraksjon. Fra varme flater med konstant temperatur uttrykkes den med Planck's stråling, $\dot{q}_e'' = \sigma \epsilon T_h^4$.

Likningen løses for flere punkter i et 3-dimensjonalt koordinatsystem ved å inndele bakken og veggens flate inn i et kvadratisk rutenett. Flammen er inndelt på tilsvarende vis, der flammen stråler fra 4 flater, avhengig av flammens høyde og grunnflate. Inndelingen er vist i Figur 5 hvor kvadratenes sidelengde er den numeriske parameteren dx . Likningssettet er løst vha. programmeringsspråket Matlab der strålingen regnes ut fra et lite kvadrat av flammen

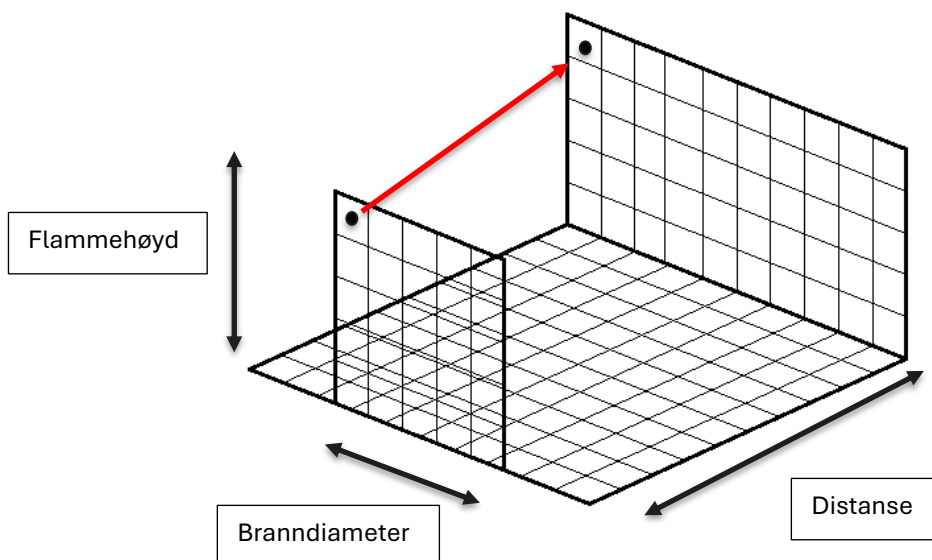
$$\dot{q}_{j,k} = \frac{\dot{q}_e''}{d \cdot l_f} dx^2$$

til hvert av punktene på veggen og bakken (rød pil i Figur 5). For en varm flate vil brannens diameter og flammehøyde erstattes med flatens kjente dimensjoner. I resultatene er det



anvendt en oppløsning på $dx=0.25$ m. Deretter repeteres det samme for neste kvadrat av flammen, inntil strålingen fra hele flammen er utregnet. Strålingen i hvert punkt kan da uttrykkes som rekkeuttrykket

$$\dot{q}_{inc}''(x, y, z) = \sum_{j=1}^{d/dx} \sum_{k=1}^{l_f/dx} \dot{q}_{j,k}$$



Figur 5: Inndeling av 3-D koordinatsystem for løsning av strålingslikningen.

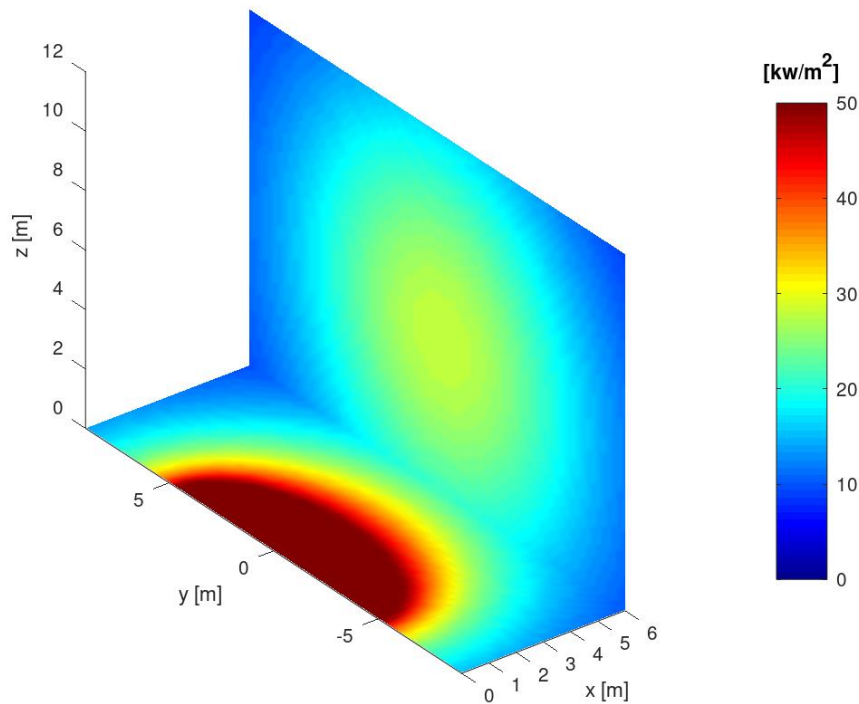
Strålingsmodellen i Matlab er kvalitetssikret mot CFD-verktøyet *Fire Dynamics Simulator* (FDS) [7] [8]. Identisk problemstilling ble løst med strålingsmodellen og FDS. Inndata for beregningene er gitt i Tabell 2.

Tabell 2: Inndata i beregningen.

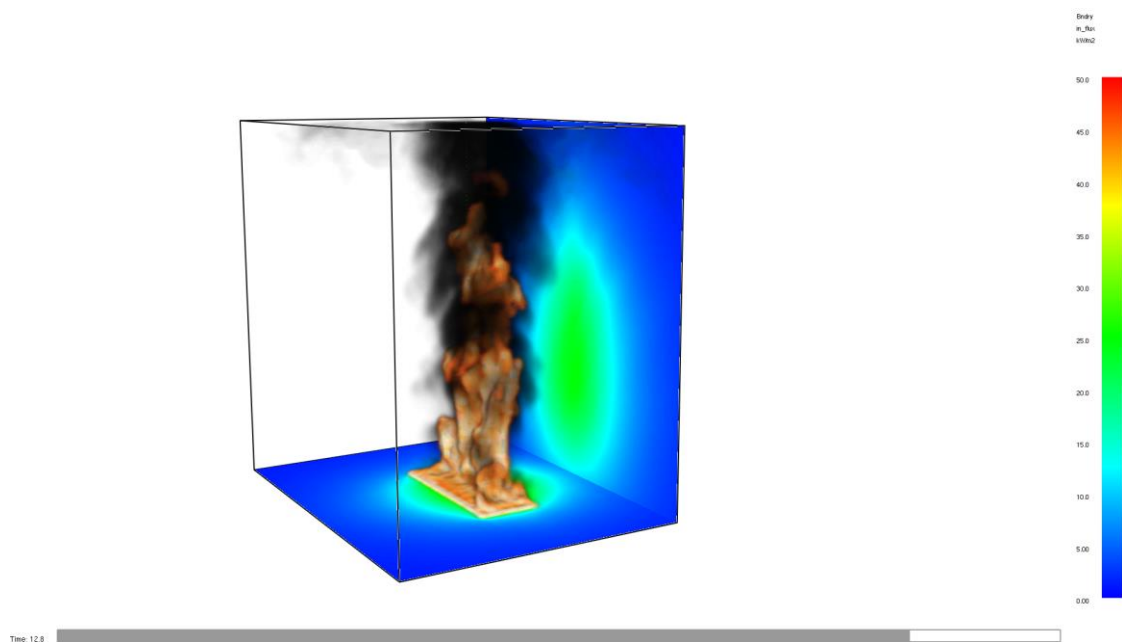
Variabel	Verdi
$\dot{Q}$, branneffekt	56 MW
l_f , flammehøyde (Heskestad)	10,5 m
d, brann diameter	5,5 m
δ , distanse fra brann til vegg	6,0 m

I Figur 6 er resultatene fra strålingsmodellen presentert. Figur 7 viser tilsvarende resultater for FDS. I FDS er beregningsdomenet løst opp i 15 cm store gridceller, dx . Med inndata gitt Tabell 2 gir dette et forholdstall, $D^*/dx=31.5$, hvor D^* er karakteristisk brann diameter. Erfaringsvis konvergerer løsningen $4 < D^*/dx < 16$ [7], dvs. at flammen er svært godt løst opp. En høyoppløst flamme er helt essensielt for strålingsberegning fordi flammens form er av vesentlig betydning for resultatene. Antall diskrete strålingsvinkler er økt fra 100 til 1.000 vinkler per gridcelle [8].

Varmtraaling fra brann approksimert som et rektangel med punkt-kilde-model

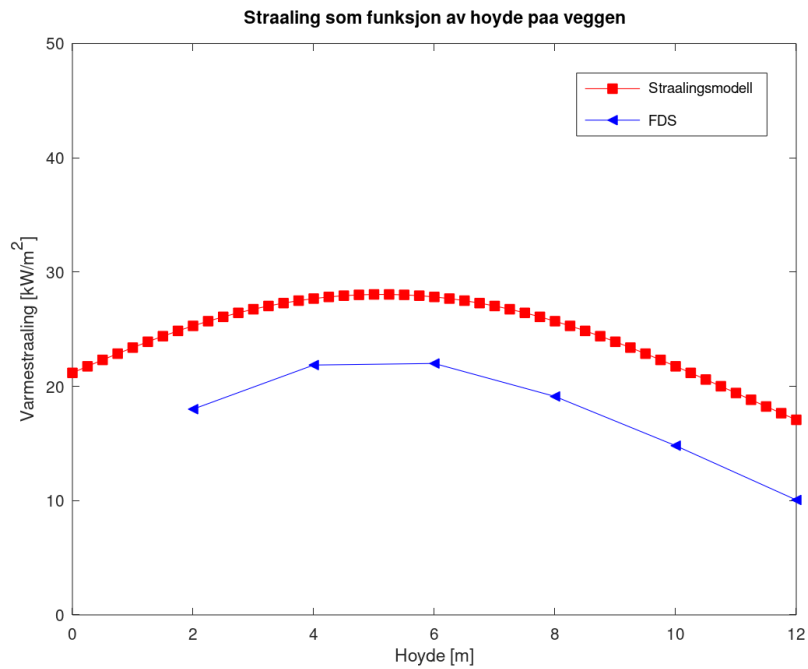


Figur 6: Visuell presentasjon av resultater fra strålingsmodellen



Figur 7: Visuell presentasjon av resultater fra FDS.

I Figur 8 er stråling som funksjon av veggens høyde sammenliknet for strålingsmodellen og FDS. Strålingsmodellen gir en maksimal stråling på 28 kW/m^2 , mens FDS gir 22 kW/m^2 . Strålingsmodellen overestimerer med en differanse på 6 kW/m^2 , som tilsvarer ca. 25% differanse fra resultatene fra FDS. Merk at det er fornuftig å anta at FDS gir mer korrekte data enn strålingsmodellen fordi det er en langt mer kompleks modell som er i stand til å beregne flammens form mer presist enn forenkling til et rektangel. Men dette er likevel ikke gitt i alle tilfeller. Differansen vurderes til å være akseptabel.



Figur 8: Sammenlikning av varmestraaling på parallell vegg mellom strålingsmodell og FDS.