

Risiko for spredning av flammer og røyk gjennom brannskiller ved endringer i bruk av sprinkler og røykkontroll i boligkvarter på petroleumsinnretninger.

En masteroppgave ved studieretning "Masterprogram i
prosessteknologi/sikkerhetsteknologi".

Av: Jan-Øivind Hauken



Det matematisk-naturvitenskapelige fakultet.

Institutt for fysikk og teknologi

Forord

I arbeidet med denne oppgaven har jeg fått anledning til jobbe med interessante fagområder som ventilasjon, sprinkler og brannfysikk. Jeg har fått lære å bruke risikoanalyse og CFD simuleringsverktøy til å undersøke ulike problemstillinger. Det har vært utfordrende og lærerikt, og jeg vil takke de som har bidratt til at jeg har fått denne muligheten.

Takk til:

Camille Azzi og **GexCon AS** for veiledning og mange interessante diskusjoner undervegs.

Bjørn Johan Arntzen og **Universitetet i Bergen** for veiledning, og for å tilrettelegge mitt studieløp slik at det har vært mulig å gjennomføre parallelt jobb og familieliv.

Statoil ASA for å gi oss ansatte mulighet til faglig utvikling og videreutdanning. Tilrettelegging og støtte fra Selskapet og mine ledere, var avgjørende for at jeg har kunnet gjennomføre studiet.

Espen, Inge, Kristine og **Kristoffer** for å lese korrektur og komme med mange nyttige innspill.

Mest av alt vil jeg takke min fantastiske kone **Hilde**. Jeg hadde ikke ikke kunnet gjennomføre dette studiet uten din støtte, og alt det du hver dag gjør for oss andre i familien. Takk for at du passet på det som er viktig, da jeg syslet med andre ting.

Bergen, 27/9 2016

Jan-Øivind Hauken

Sammendrag

Målet med oppgaven har vært å undersøke hvordan endringer i bruk av sprinkler og brannspjeld i boligkvarter på petroleumsinnretninger, har påvirket risiko for spredning av flammer og røyk gjennom ventilasjonskanaler. Endringene er vurdert på bakgrunn av et utvalg løsninger brukt før 1990 ("gammel filosofi"), og løsninger brukt i dag ("ny filosofi").

Metode for undersøkning har bestått av:

1. Gjennomgang av forskriftskrav og et utvalg litteratur og tekniske data, for å kartlegge relevante likheter og ulikheter mellom innretninger bygget før 1990 og de som bygges i nyere tid.
2. Det er utført en risikoanalyse av hendelsen "Brann i kontor", hvor risiko er sammenlignet for gammel og ny filosofi.
3. Konsekvens for mulige utfall av hendelsen er kartlagt ved hjelp av numerisk fluid dynamikk, også kalt "Computational Fluid Dynamics (CFD)".

Risikoanalysen beskriver noen fordeler, men også ny risiko og sårbarhet knyttet til endringene fra "gammel" til "ny" filosofi. Det presenteres også noen forslag til forbedringer og risikoreducerende tiltak.

Innhold

1	Innledning.....	1
1.1	Mål.....	1
1.2	Bakgrunn.....	1
1.3	Metode.....	2
2	Teori og litteratur.....	4
2.1	Definisjon av ord og uttrykk.....	4
2.2	Brannfysikk.....	6
2.3	Innelukkede branner.....	7
2.3.1	Trykk/strømning i brannrom med stor åpning (dør/vindu).....	9
2.3.2	Trykk/strømning i brannrom med liten åpning (lekkasje).....	11
2.4	Valg av programvare for numeriske strømningsberegninger.....	13
2.5	Forskriftskrav.....	15
2.5.1	Brannskiller.....	15
2.5.2	Sprinkler.....	17
2.5.3	Ventilasjonssystemer.....	17
2.5.4	Oppsummert, endring av relevante krav.....	18
2.6	Relevante standarder.....	18
2.6.1	NORSOK S-001.....	18
2.6.2	ISO 15138.....	18
2.6.3	NORSOK H-003.....	19
2.7	Tidligere utført arbeid.....	21
2.7.1	SINTEF NBL 1993: Aktiv og passiv brannsikring relatert til brannspjeld. Del 1: Boligkvarter. (Wighus, Ragnar/Meland, Øystein/Mathisen, Hans Martin).	21
2.7.2	SINTEF NBL 2005: "NY KUNNSKAP OM BRANN OFFSHORE- En innføring i ny kunnskap om brann offshore, tilegnet gjennom de siste 10 års forskning – 2. utgave" fra 2005 [1]:	22
2.8	Ventilasjonssystemets funksjon.....	24

2.9	Kriterier for spredning av røyk/flammer i kanalsystem.....	25
2.10	Ulike kanalsystem, og hvordan dette kan påvirke spredning.....	30
2.10.1	Gradvis redusert fordelingskanal.....	30
2.10.2	Felles fordelingskammer.....	31
3	Risikoanalyse	33
3.1	Målsetning.....	33
3.2	Ulykkesmodell.....	37
3.3	Fysiske og operasjonelle forutsetninger.....	39
3.4	Farekilder og uønskede hendelser.....	40
3.5	Konsekvensanalyse, modellering av brannforløp.....	41
3.6	Hendelsestre	42
3.7	Usikkerheter og følsomhet	45
4	Resultater og diskusjon	47
4.1	CFD simuleringer	47
4.2	Effekt av sprinkler	53
4.3	Effekt av brannspjeld.....	53
4.4	Risikoanalyse	55
4.5	Forslag til forbedringer og risikoreduserende tiltak.....	56
4.5.1	Installere sprinklerbeskyttelse eller annen aktiv slokking.....	56
4.5.2	Ventilasjonskanaler med samme brannklasse som branncelle.....	57
4.5.3	Tilpasse design av kanalsystemer etter faktisk brannlast.....	57
4.5.4	Kartlegge og verifisere brannlast i lavrisiko rom.....	57
4.5.5	Stenge lufttilførsel til brannrom.....	57
5	Konklusjon.....	61
6	Bibliografi.....	62
	Vedlegg	i
	V1- Forutsetninger for modell brukt i CFD simuleringer.....	ii
	Forutsetninger for ventilasjonssystem.....	ii
	Forutsetninger for brannvegger.....	iii
	Forutsetninger for rom.....	iii
	V2- FDS, detaljer.....	iv

Trykk	iv
Strømning/turbulens.....	iv
Forbrenning.....	v
Mekanisk ventilasjon representert i FDS.....	v
Oppløsning i grid, celledørrelse	vii
V3- Beregning av branneffekt, HRR.	viii
V4- Ventilasjonssystemer/komponenter brukt i boligkvarter.....	xx
Kanalsystemer.....	xx
Vifter	xxi
Kanaler og isolasjon.....	xxiv
Brannspjeld	xxiv
Brannvegger og kanalgjennomførings integritet.....	xxv
V5- Materialer og egenskaper brukt i simuleringer.....	xxx
Isolasjon.....	xxxi
Stål.....	xxxi
Betong.....	xxxi
Gulvbelegg.....	xxxi
Vegger.....	xxxi
Tak	xxxi
Gulv.....	xxxi
V6- Resultat fra simuleringer.....	xxxii
AA.....	xxxii
AI.....	xxxvii
IA	xlii
II.....	xlvii
V7- Input FDS	liv
AA.....	liv
AI.....	lviii
IA	lxiii
II.....	lxviii

1 Innledning

1.1 Mål

Målet med oppgaven er å undersøke hvordan endringer i bruk av sprinkler og brannspjeld i boligkvarter på petroleums innretninger, har påvirket risiko for spredning av flammer og røyk gjennom ventilasjonskanaler.

1.2 Bakgrunn

Brannulykker bidrar hvert år til betydelig skade på mennesker og materielle verdier. De fleste dødsfall i brannulykker, skjer som følge av at mennesker eksponeres for røyk. Røyken inneholder giftige gasser og har høy temperatur. Røyk kan medføre redusert sikt for personer som forsøker å rømme, og begrense hvor effektivt de klarer å forflytte seg. Redusert sikt kan også resultere i annen skade (fall/slag) som gjør personell ute av stand til å rømme.

Ventilasjonsystemer utformes oftest med en eller flere felles luftbehandlingsenhet som betjener mange rom gjennom ventilasjonskanaler. Ved brann i ett av rommene, er det en mulighet for at røyk kan spres gjennom kanaler og dermed kunne gjøre skade, samt å hindre effektiv redning og evakuering. Spredning via lekkasjer i konstruksjoner (gulv, tak, vegger) vil begrenses til de omkringliggende rom, mens spredning via ventilasjonskanaler kan føre røyken også til andre områder. Tidligere var slike kanaler oftest utstyrt med brannspjeld for å hindre spredning av røyk.

Ordlyden i forskrifter og standarder har blitt endret med tiden, og innretningene som bygges nå har en annen filosofi enn tidligere for områder som vurderes å ha lav brannrisiko:

- "Gammel filosofi": Brannskiller har brannspjeld og rom har sprinkler. Begge aktiveres av høy temperatur (ca. 70 °C).
- "Ny filosofi": Brannskiller har ikke brannspjeld og rom har ikke sprinkler.

Bakgrunnen for å fjerne brannspjeld er at man i stedet ønsker å bruke ventilasjonssystemet aktivt, til å fjerne røyk og bidra til effektiv slokking og evakuering. Bakgrunn for ikke å installere sprinkler, synes å være at brennbart materiale nå ansees som mindre farlig enn tidligere.

Endringen synes å ha skjedd mellom 1980 og 1990-tallet. På denne tiden opplevde vi også i Norge noen tilfeller av branner hvor mange menneskeliv gikk tapt som følge av røykeksponering. Av de mest omtalte var brannen på skipet "Scandinavian star" (1990) og hotell "Caledonien" i Kristiansand (1986). Det var i begge tilfeller mange tekniske og menneskelige faktorer som påvirket utfallet. Hendelsene er ikke direkte sammenlignbare,

og de blir heller ikke analysert i detalj her. Det er likevel noen fellestrekk som er interessante som bakgrunn for denne oppgaven:

I en sakkyndig uttalelse fra SINTEF om brannforløp på "Scandinavian star" (Ejnar Danø, Kjell Schmidt Pedersen, 1991) konkluderes det at ventilasjonsanlegget ikke spredte røyk mellom lugarer. Videre er det vurdert som positivt at ventilasjonsanlegget for lugarene var operativt i deler av brannforløpet. Dette muliggjorde flere menneskers egen evakuering gjennom å opprettholde et overtrykk på lugarene, og dermed hindre/begrense røykinnmengning. Skipet hadde ikke sprinkleranlegg i korridorene (hvor brannen spredte seg raskt), og rapporten konkluderer at sprinkleranlegg her ville ha kunnet stoppe katastrofebrannen i en meget tidlig fase.

I granskningsrapport fra brannen på Caledonien (Direktoratet for brann- og eksplosjonsvern, Statens bygningstekniske etat, 1987), anbefales en rekke tiltak basert på erfaring fra granskingen. Anbefalinger for tekniske installasjoner var blant annet å installere sprinklerbeskyttelse og brannventilasjon/røykkontrollsystem. Mesteparten av de omkomne på Caledonien ble funnet på gjesterom. Rapporten konkluderer at røyk trengte inn på gjesterommene fra korridor gjennom utettheter i dører. Det ble ikke påvist at større mengder røyk ble spredt til gjesterom gjennom ventilasjonskanaler. Rommene hadde mekanisk avtrekk, men ikke mekanisk tilluft. Der ble i stedet tilført luft direkte fra utsiden, gjennom ventiler i fasade. Det ble funnet at vindforhold medførte betydelig forskjell på røykmengde i rommene, etter hvilken side av bygningen de lå på. Rom på lo side av bygningen hadde betydelig mindre røyk enn rom på le side. Alle de omkomne som ble funnet på i gjesterom, ble funnet på le side.

Erfaringer viser altså at sprinkler og ventilasjonssystemer i stor grad kan påvirke hvilken skade som påføres mennesker og materielle verdier. Dette gir motivasjon til å søke bedre forståelse av hvordan disse systemene kan benyttes for best mulig å redusere risiko ved brann.

1.3 Metode

For å kunne sammenligne risiko ved ny og gammel filosofi, må risiko først beskrives på sammenlignbar måte. Til dette har jeg valgt å gjøre en semi-kvantitativ risikoanalyse. Denne metoden kan brukes for å bryte ned risiko og analysere hvordan ulike enkeltfaktorer bidrar til total risiko. Ved å gjøre to tilsvarende analyser med ulike forutsetninger for brannspjeld og sprinkler, kan forskjellen i risiko beskrives.

Konsekvens av ulykke graderes i denne analysen på en konstruert skala fra 1-1000, ikke direkte kvantifisert som økonomiske tap eller tap av liv. Analysen tar utgangspunkt i en brann på kontor i et boligkvarter, og belyser hvordan risiko for spredning av røyk/brann påvirkes av om brannspjeld og sprinkler er tilgjengelig eller ikke.

Sannsynlighet for de ulike utfall beregnes fra antatt sviktsannsynlighet for relevante barrierer. Konsekvens for hvert utfall bestemmes ved å gjøre CFD simuleringer av tilhørende brannscenario. Resultat fra simuleringer danner grunnlag for konsekvensverdi. Til sist bestemmes og sammenlignes risiko ved å bruke en risikomatrise.

De fleste relevante beregningene jeg har funnet, er utført på 1990 tallet. Siden da har det vært en stor utvikling av både datamaskiner og programvare for simulering av brann, ventilasjon og generell fluid dynamikk. Programmer har nå funksjoner som gir mulighet for å integrere trykk/strømningsberegninger i ventilasjonsanlegg med øvrige brannsimuleringer. I denne oppgaven blir simuleringer gjort parallelt for både brannrom og ventilasjonssystem, slik at trykk og luftstrøm i ventilasjonskanaler oppdateres etter som brannen utvikles. Dette har vært viktig for å kunne kartlegge hvordan kapasitet for ventilasjonsanlegget endres under brann, og hvor mye luft/røyk som tilføres/fjernes fra brannrommet når vi tar hensyn til disse effektene. Videre gir det en bedre kartlegging av trykkforløp i brannrom og spredning av røyk.

For å kartlegge hva som er representative forutsetninger for utforming av rom og ventilasjonsløsning, gjøres en gjennomgang av design data for 4 installasjoner på norsk sokkel, samt et utvalg av relevante forskrifter i tidsrommet 1978-2016.

Siden hovedhensikten med analysen er å kartlegge røykspredning gjennom ventilasjonskanaler, vil det bli gjort en rekke forenklinger rundt:

- Forbrenningskjemi
- Utforming og kvalitet av utstyr/konstruksjoner i boligkvarter
- Pålitelighet for utstyr/barriereelementer.
- Beregnet frekvens for antenning/brann.

Forenklingene medfører at risikoanalysene ikke kan brukes til å si noe om hvor mye risiko slike branner bidrar med totalt eller relativt til andre farekilder. De kan bare brukes til sammenligning av risiko relativt til hverandre.

Siden formålet med analysen er å kartlegge forskjeller relatert til spredning av brann/røyk fra brannrom, er ikke forholdene inne i brannrommet analysert i detalj.

Konsekvensene av brannen analyseres over et brannforløp på 60 minutter, da kravet til brannskilletets integritet i aktuelle områder ofte er tilsvarende.

2 Teori og litteratur

I dette kapittel presenteres teori og litteratur som er brukt i arbeidet med oppgaven. Først omtales noe generell brannteori, samt noen mekanismer relatert til innelukkede branner og røykspredning. Deretter presenteres noen forskrifter, standarder og tidligere arbeider, for å belyse hvilke rammer som er og var førende for design av brannskiller, sprinkler og ventilasjonssystemer. Til sist beskrives noen typiske egenskaper for ventilasjonssystemer i boligkvarter, og hvordan disse påvirkes av brann.

2.1 Definisjon av ord og uttrykk

Tabell 1- Beskrivelse av ord og uttrykk.

Avtrekk	Luft som strømmer fra rom, og blåses til friluft via avtrekksvifte
Barriere	PTIL sin definisjon: "Med begrepet barriere menes tekniske, operasjonelle og organisatoriske elementer som enkeltvis eller til sammen skal redusere muligheten for at konkrete feil, fare- og ulykkesituasjoner inntreffer, eller som begrenser eller forhindrer skader/ulempen."
Boligkvarter	Den delen av innretningen som typisk inneholder: Lugarer, rekreasjonsområder, bespisning, kontorer og sentralt kontrollrom. Ofte omtalt som "LQ" fra engelsk: Living Quarter.
Branncelle	Et område, bestående av ett eller flere rom, som er avgrenset fra øvrige områder med brannskillende konstruksjoner.
Brannrom	Det rommet hvor brannen oppstår
Brannspjeld	Spjeld som har som funksjon å hindre strømming av branngasser gjennom et brannskille. Brannspjeld aktiveres ved detektert temperatur/brann/røyk, og forblir stengt gjennom brannforløpet.
CFD	"Computational Fluid Dynamics ". Engelsk forkortelse for numerisk fluid dynamikk.
FDS	"Fire dynamics simulator." Programvare brukt til CFD simuleringer.
Fordelingskanal	Kanal som transporterer luft til mer enn en branncelle.
Grenkanal	Kanal som transporterer luft til/fra en enkelt branncelle.
Hovedkanal	Kanal som transporterer hele viftens luftstrøm.

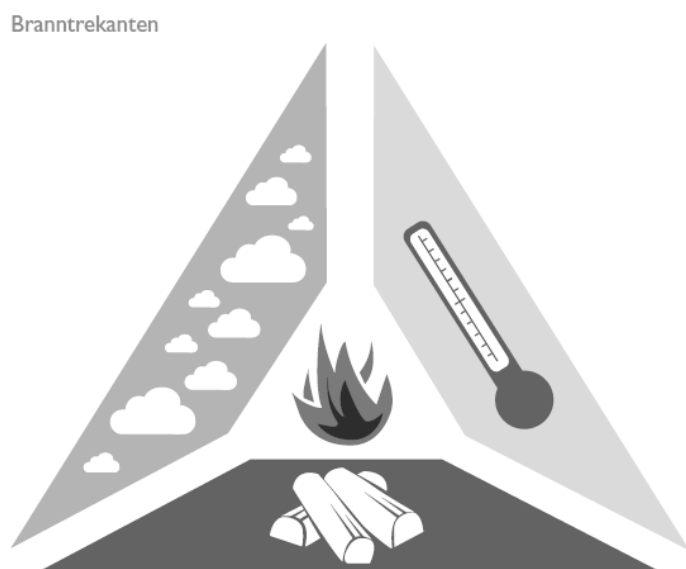
HVAC	Engelsk forkortelse som tidvis benyttes på norsk i mangel på veletablert alternativ: Heating, Ventilation, Air Conditioning.
Høyrisiko område	Et område som ikke oppfyller betingelser for lavrisiko.
Innretningsforskriften	Forskrift som angir krav til ytelse/utforming av faste installasjoner til bruk i petroleumsindustri på norsk sokkel.
Internkanal	Kanal som betjener kun 1 branncelle, og kun har utstrekning i denne branncelle.
Kanal (Ventilasjonskanal)	Føringsveier for ventilasjonsluft, oftest utformet i sirkulert eller rektangulært tverrsnitt og bygget av relativt tynne (0,7-3mm) stålplater.
Lavrisiko område	Et område med en brannlast tilstrekkelig lav til at branngasser vil bli ventilert bort via ventilasjonssystemet. (ref. NORSOK H-003)
Luftskifte	Et mål på hvor fort luften i et rom byttes ut av ventilasjon. Forkortes: AC/h, "air change pr. hour". Beregnes som: Tilført luftmengde pr time dividert på rommets volum, enhet= pr. time[h ⁻¹]).
NORSOK STANDARD	En serie standarder som utvikles i samarbeid mellom aktører innen norsk olje/gass virksomhet. Standardene bygger på internasjonale standarder, men tilføyer noen bestemmelser hvor dette vurderes som nødvendig.
OD	Oljedirektoratet
PTIL	Petroleumstilsynet
Selvantennelsestemperatur	Den temperatur for et gitt materiale, hvor dette antenner uten ekstern tennkilde, under normale atmosfæriske forhold.
SKR	Sentralt kontrollrom. Rom hvor de fleste prosess- og sikkerhetsfunksjoner styres fra.
Smeltesikring	Temperaturfølsomt element som gir etter/svikter ved en gitt temperatur.
Spjeld	Mekanisk innretning som har til formål å hindre/begrense luftstrøm gjennom en åpning eller ventilasjonskanal.
Sprinkler	Aktivt brannsløkkesystem med vann som slokkemiddel. Systemets dyser utløses enkeltvis ved at smeltesikring svikter ved høy temperatur.
Tilluft	Luft som strømmer fra luftbehandlingsanlegg/vifte til rom.

Tilstøtende rom	Det rommet som har felles tilkoblingspunkt på fordelingskanal med brannrom, og hvor røykspredning via kanaler først vil skje.
Øvrige rom	Alle rom, bortsett fra brannrom og tilstøtende rom, som forsynes av samme ventilasjonssystem som disse.

2.2 Brannfysikk

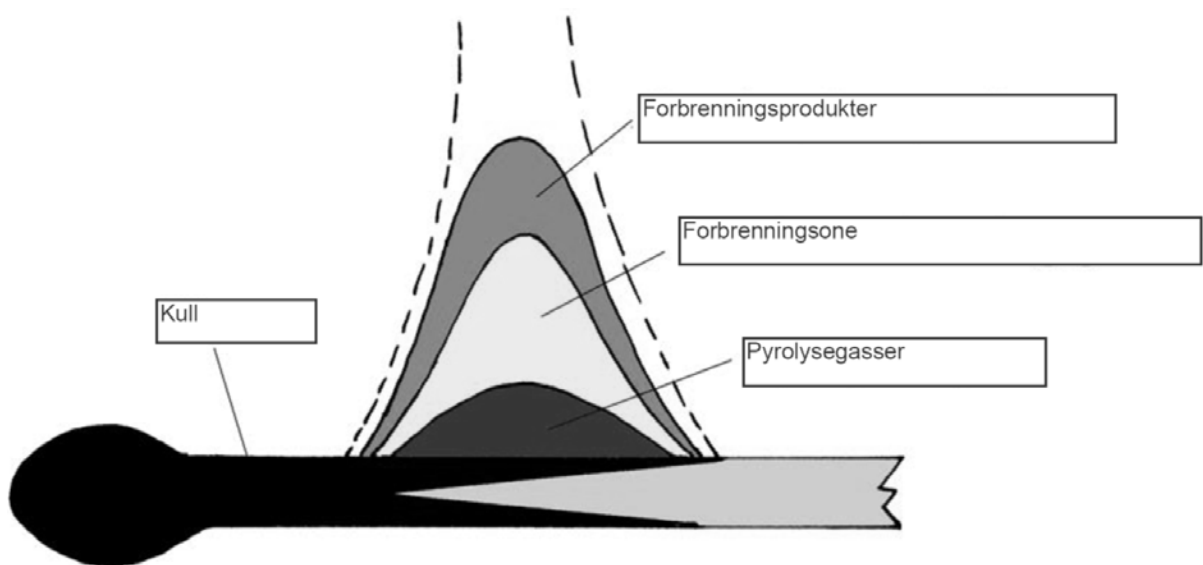
Brann er en kjemisk reaksjon hvor et brennbart materiale reagerer med oksygen i luften. Reaksjonen er eksoterm, og frigjør kjemisk energi som overføres til omgivelsene. For å starte den forbrenningsreaksjonen, må temperaturen økes, og det brennbare materialet omdannes til gass. Når reaksjonen først er startet, kan varmen som oppstår fra forbrenning, opprettholde den høye temperaturen. Betingelsene for at en brann skal kunne oppstå, beskrives ofte grafisk med en branntrekant (Figur 1). Trekanten består av de tre betingelser som må være til stede for å skape brann: Brennbart materiale, oksygen og temperatur.

I senere tid er det introdusert en fjerde betingelse for brann kalt; "Uhindret kjedereaksjon" (NFPA, 2016). I dette ligger at en brann må, for å opprettholdes, frigjøre tilstrekkelig energi til at brensel fortsetter å avgi mer brennbar gass. Dersom branneffekten reduseres, eller varmeoverføring mellom flammer og brensel begrenses i tilstrekkelig grad, vil brannen ikke kunne vedvare.



Figur 1- Branntrekant. Hentet fra www.brannvernforeningen.no

Den vanligste formen for forbrenning i tilfeller med innelukkede branner i rom, skjer med diffusjons flammer (Björn Karlsson, James G. Quintiere , 2000). I slike flammer befinner brennbar gass og oksygen seg på hver sin side av en flammefront, som vist i Figur 2. Eksempelen viser en diffusjonsflamme, hvor det brennbare materialet (fyrstikken) omdannes til pyrolysegasser, før disse kommer inn i forbrenningssonen og omdannes til forbrenningsprodukter. I motsatt retning kommer oksygen fra omgivelsene gjennom forbrenningsproduktene, og inn i forbrenningssonen.



Figur 2- Hentet fra <http://www.biochar-international.org>

I forbrenningssonen skjer den kjemiske reaksjonen, altså vil reaktanter (pyrolysegasser og oksygen) omdannes til forbrenningsprodukter, og energi frigjøres. Gasmolekylene drives mot flammen fra hver sin side ved hjelp av molekylær diffusjon.

Energi overføres i hovedsak fra forbrenningssonen til omgivelsene konvektivt via strøm av forbrenningsprodukter, og ved stråling.

Energi som overføres fra forbrenningssone mot det brennbare materialet, bidrar til oppvarming og pyrolyse av dette. Pyrolyse er en prosess hvor fast materiale (brensel) brytes ned til brennbar gass og restprodukter, som for eksempel kull.

2.3 Innelukkede branner

Boken "Enclosure Fire Dynamics" (Björn Karlsson, James G. Quintiere , 2000) omtaler hvordan brannodynamikk ved innelukkede branner kan beskrives og beregnes. Mekanisk ventilasjon og transport av luft/gasser gjennom kanalsystemer omtales i boken som "Forced flow effects". Dette er kun omtalt som fenomen, og ikke utdypet eller beskrevet videre. Denne boka (og mye annen litteratur) beskriver lufttilførsel til innelukkede branner som overstrømning gjennom åpninger (vinduer/dører), drevet av trykk og tetthetsforskjeller som følge av brannen. En vanlig forutsetning bak formler for manuelle beregninger, er at luften

tilføres fra og røyk strømmer direkte til "omgivelsene", altså en stor kilde/sluk hvor trykk, temperatur og annet, ikke påvirkes av varierende forhold i brannrommet.

Brannforløp i et rom kan deles opp i følgende faser:

- Antenning/Ignition
- Vekst/Growth
- Overtenning/Flashover
- Fult utviklet brann/Fully developed fire
- Avtagende/Decay

Starten på brannforløpet (Figur 3) kalles antenning/ignition. Her startes en eksoterm reaksjon, enten ved ekstern tennkilde eller selvantenning av brennbart materiale. Deretter kommer vekstfase/growth, hvor brannen ofte er brenselkontrollert. Da er det rikelig med oksygen i rommet, og brannens vekst er styrt av hvor raskt brennbart materiale frigjøres ved fordamping (flytende brensel) eller pyrolyse (fast brensel). Økende temperatur og strålevarme i rommet bidrar til at brennbart materiale raskere omdannes til gass, og brannens vekst akselererer inntil overtenning/flashover. Når rommet er overtent, er temperatur og strålevarme så høyt at alle brennbare overflater frigjør brennbar gass. Dette oppstår typisk ved temperatur på 500-600 C, eller når varmestråling mot gulv er 15-20kW/m² (Björn Karlsson, James G. Quintiere , 2000). Etter overtenning, vil en innelukket brann ofte gå fra å være brensel kontrollert, til å bli ventilasjonskontrollert. Nå er det overskudd av brennbar gass i rommet, og videre vekst begrenses av tilgang på oksygen. Flammene vil nå flyttes mot/gjennom åpninger hvor det er tilgang på oksygen.



Figur 3-Temperatur under brannforløp, hentet fra (Björn Karlsson, James G. Quintiere , 2000) side 31.

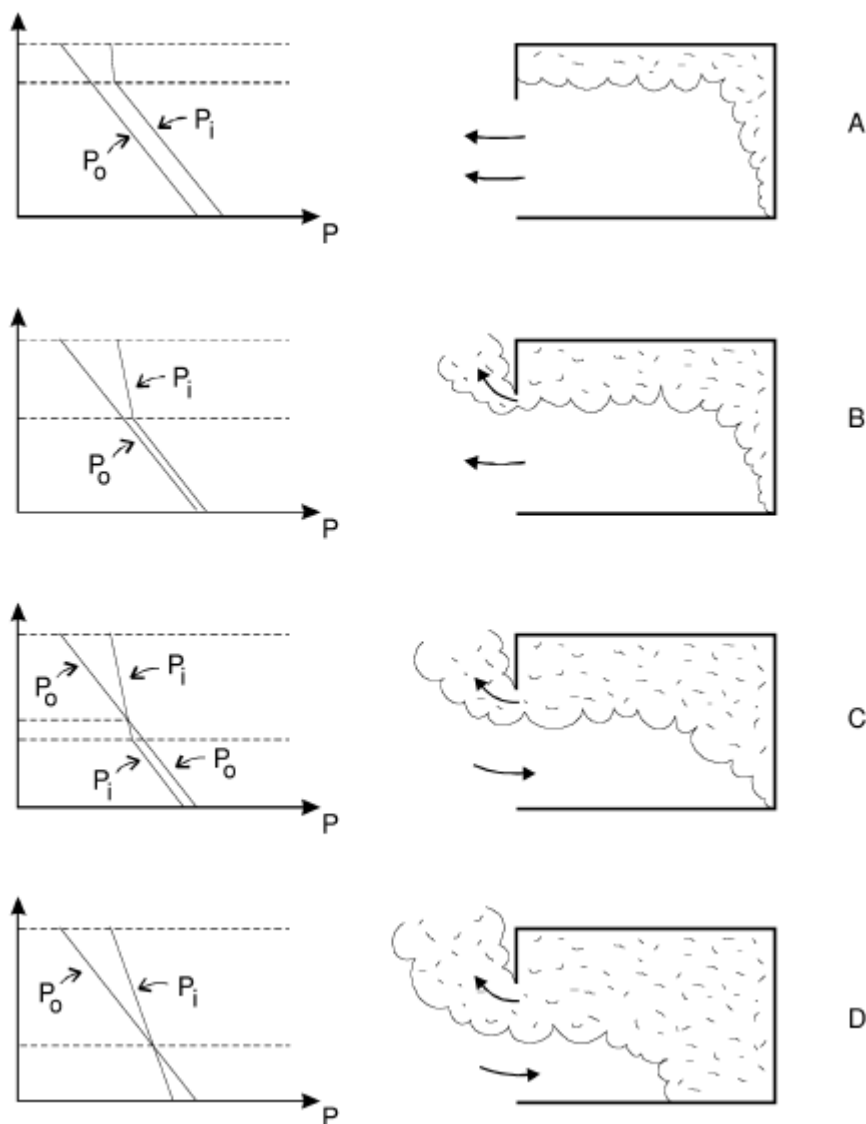
Når brannen har pågått så lenge at det brennbare materialet tar slutt, vil effekten og temperaturen avta. Mengden brennbar gass i rommet vil reduseres, og brannen kan på ny bli brensel kontrollert. Branneffekt (samt temperatur og trykk) i brannrommet vil avta.

Dersom lufttilførsel hindres eller slokkesystemer aktiveres undervegs i branntilløpet, kan branneffekten reduseres før brennbart materiale er brent opp.

2.3.1 Trykk/strømning i brannrom med stor åpning (dør/vindu).

Dersom brannrommet har en stor åpning mot omgivelsene, begrenses trykkendringer under brannforløpet. I Figur 4 viser skissene A, B, C,D ulike stadier av brannforløp i et rom med åpning mot omgivelser. Trykket i brannrom og omgivelser er i hvert stadium vist i diagram til venstre. Horisontal akse angir trykk, vertikal akse angir høyde over gulv. Det er to fenomener som skaper trykkforskjell mellom brannrom og omgivelser:

1. Ulik massetetthet for den varme røyken og den kaldere luften gjør at trykkgradienten blir ulik over og under røykskillet. Dette gir høyere trykk i røyk lag enn i luften i tilstøtende rom i samme høyde.
2. Oppvarming av luft/røyk medfører utvidelse av gassene i brannrommet, og disse vil presses ut gjennom åpninger. Dette gir trykkøkning i rommet, avhengig av hvor mye restriksjoner (friksjon/strømningsmotstand, vifter med mer).



Figur 4 Trykk/strømningsforløp i brannrom med åpning mot omgivelser. (Karlsson, Björn Quintiere, James G. s. 33.)

Stadie A: I starten av brannforløpet er trykket over hele åpningen i brannrommet (P_i) høyere enn omgivelsene (P_o) grunnet utvidelse av gasser. Luft presses ut av rommet.

Stadie B: Dette er øyeblikket (eller den korte perioden) hvor røyk laget når toppen av åpningen. Trykket i brannrom er fortsatt høyere over hele åpningen. Både luft og røyk presses ut av rommet.

Stadie C: Trykket i brannrom er høyere enn omgivelsene i øvre del av åpningen, men siden mye av den kalde luften som var i brannrommet blir varmet og trukket opp i røyk laget, synker trykket i nedre del lavere enn omgivelsene. Røyk presses derfor ut i øvre del av åpningen, mens frisk luft trekkes inn i nederste del. Dette stadiet kan vare over lengre tid, og brannen kan fortsatt vokse.

Stadie D: Her er hele rommet fylt med en blanding av røyk med tilnærmet lik temperatur. Brannen er fullt utviklet, og brannrommet vil i denne fasen ofte være overtent.

2.3.2 Trykk/strømning i brannrom med liten åpning (lekkasje).

I tilfeller hvor brannrommet ikke har frie åpninger mot omgivelser, men i stedet kun har små ventilasjonsåpninger, vil det kunne bygges opp betydelig trykk som følge av ekspanderende gasser som presses ut fra brannrom. I disse tilfeller vil forskjell i trykkgradient (punkt 1. i avsnitt over) bli av mindre betydning.

Her følger et eksempel på trykkforskjell som følge av tetthetsforskjell mellom brannrom og omgivelser (som skissert i Figur 4):

Formel 1-Tilstandsligningen for ideell gass.

$$PM = \rho RT$$

P= trykk= [Pa]

M=molar masse. For luft: 0,0289 kg/mol

ρ =massetetthet [kg/m³]

R=Idealgasskonstant=8,314 [J/K mol]

T=temperatur [K]

Trykk ved omgivelser settes til 101,3 KPa, temperatur til 293 K. Vi betrakter røyken i dette tilfellet som varm luft (673 K), og ser bort fra at forbrenningsproduktene endrer luftens molar masse.

Massetetthet for luft blir da:

$$\rho = \frac{PM}{RT} = \frac{101300 \text{ Pa} \times 0,0289 \text{ kg/mol}}{8,314 \text{ J/(K mol)} \times 293 \text{ K}} = 1,20 \text{ kg/m}^3$$

For røyk:

$$\rho = \frac{PM}{RT} = \frac{101300 \text{ Pa} \times 0,0289 \text{ kg/mol}}{8,314 \text{ J/(K mol)} \times 673 \text{ K}} = 0,52 \text{ kg/m}^3$$

Formel 2- Statisk trykk

$$P = \rho \times g \times h$$

g = tyngdens akselerasjon, = 9,81m/s²

h = høyde [m]

$$\frac{\delta P}{\delta h} = \rho \times g$$

ρ og g ansees konstant over relativt små endringer av høyde, og endring i statisk trykk kan da uttrykkes:

$$\Delta P = \rho \times g \times \Delta h$$

Satt inn for henholdsvis luft og røyk, kan endring av statisk trykk trykk per høydemeter uttrykkes:

$$\Delta P_{\text{luft}} = \rho \times g \times h = 1,20 \times 9,81 \times 1,0 = 11,77 \text{ Pa}$$

$$\Delta P_{\text{røyk}} = \rho \times g \times h = 0,52 \times 9,81 \times 1,0 = 5,10 \text{ Pa}$$

Det vil altså i dette tilfellet være en trykkforskjell på 6,67Pa for hver høydemeter mellom et volum fylt med luft, og et fylt med røyk. Dette blir relativt ubetydelig i forhold til effekten av ekspanderende gasser, som i noen tilfeller kan gi trykk i størrelsesorden 1000 Pa (Jan P. Stensaas, Bodil Aammes Mostue, 2005).

Røyk vil i realiteten ha en annen molar masse enn luft, siden den inneholder en rekke andre molekyler som: CO, NO_x, brensel, og har en annen konsentrasjon av O₂, CO₂, H₂O og N₂. Trykkforskjellen blir derfor ikke bare en funksjon av temperatur, men også av røykens sammensetning. Tilsvarende antagelse om konstant molar masse gjøres også i SFPE sin håndbok (DiNenno, 2008) s. 4-369, og den synes rimelig til dette formål.

Formel 3- Statisk trykk i brannrom, hentet fra (DiNenno, 2008) s. 4-369

$$\Delta P = K_s \times \left(\frac{1}{T_0} - \frac{1}{T_F} \right) \times h$$

T₀ = Temperatur i omgivelser [K]

T_F = Temperatur i brannrom. [K]

K_s = konstant = 3460

Denne formel gir samme svar (6,67Pa) som eksempelet over.

Så lenge betingelser i ventilasjonsåpninger ikke påvirkes av brannforløpet, kan trykk i og luftstrøm til/fra brannrom beskrives kun med variabler lokalt i brannrommet og konstante forhold i atmosfære. Dette kan være en rimelig antagelse dersom brannen er i et rom med åpninger direkte mot atmosfære.

Boligkvarterets skal, etter innretningsforskriften, utføres med brannsikre vegger/vinduer som er laget for å motstå 60 minutter brann. Vegger/gulv/tak kan være sveiste stålplater som er brannisolert, og kabel/rørgjennomføringer er laget for å tåle samme belastning. Det er derfor ikke rimelig å anta at en innvendig brann vil få betydelig åpent areal direkte mot atmosfære i løpet av 60 minutter. Brannrommet vil kun være forbundet med andre rom og atmosfære via et eller flere ventilasjonssystem. Strømning av luft inn og røyk ut mellom brannrom og atmosfære går gjennom kanaler og vifter. Dette gjør at det er flere eksterne parametere som avgjør hvor mye luft brannen tilføres, og i hvor stor grad trykket i brannrommet avlastes.

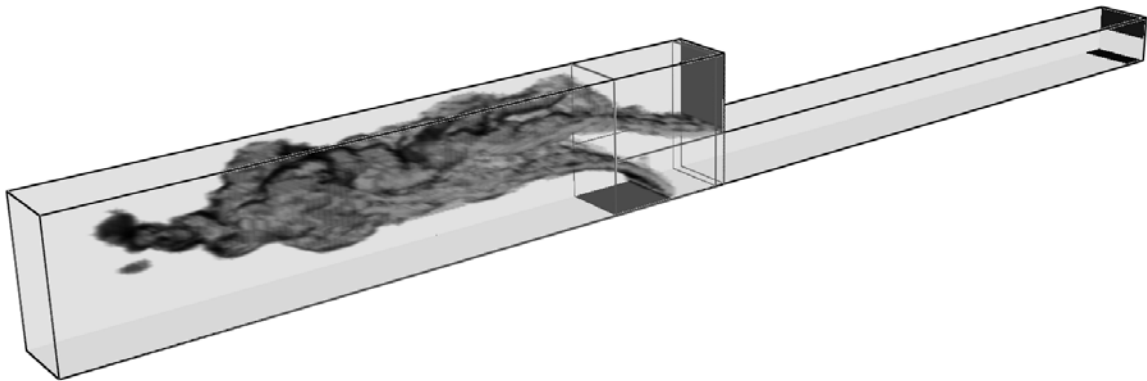
Brannrom med lufttilførsel og trykkavlastning kun via ventilasjonssystemer, avviker i stor grad fra forutsetning om direkte utveksling av luft og røyk med upåvirket kilde/sluk. Formler og metoder basert på slike forenklinger, kan derfor antas å gi store avvik i slike tilfeller.

2.4 Valg av programvare for numeriske strømningsberegninger

Jeg vurderte FDS som best egnet som verktøy til mitt formål, først og fremst grunnet muligheten til å simulere ventilasjonsanlegg på en realistisk måte, samt mulighet for å kartlegge strømninger av røyk/forbrenningsprodukter gjennom kanalsystemet.

Det er ikke utført en kartlegging av tilgjengelig programvare.

FDS er en programvare for numerisk fluid dynamikk, ofte omtalt som "CFD"-computational fluid dynamics. Resultater fra FDS kan visualiseres med "Smokeview", en tilhørende programvare. Figur 5 viser et eksempel på dette.



Figur 5-Eksempel på visualisering av HRR etter selvantenne innvendig en ventilasjonskanal, med Smokeview

Her omtales de mest relevante sidene med FDS, for mer beskrivelse, se "V2- FDS, detaljer."

FDS bruker en HVAC-nettverksmodell som beregner strømning og trykk i ventilasjonskanaler parallelt med beregninger i domenet for øvrig. Dette gir en stor fordel, ved at grensebetingelsene for kanalstrømningene oppdateres fortløpende gjennom hele brannforløpet. Vi unngår da å måtte modellere ventilasjonsstrømmer inn/ut av rommet som konstante strømmer, eller passive åpninger og lekkasjer hvor effekter av vifter og parallelle strømmer til andre rom ikke tas hensyn til.

Jeg har ikke klart å identifisere noen tidligere publiserte analyser eller simuleringer av denne problemstillingen, hvor trykk og strømning i ventilasjonskanaler og vifter blir korrigert undervegs i simuleringen. Det forutsettes i stedet konstant ventilasjonsmengde,

alternativt modelleres ventilasjonsåpninger i brannrom som "dyser" hvor luften strømmer til atmosfære. "Dysene" korrigerer luftstrømning fra brannrom etter trykk i rommet, men tar ikke hensyn til effekter fra andre sammenkoblede ventilasjonskanaler, eller endret luftstrøm gjennom vifte. For detaljer om disse effektene, se " V4- Ventilasjonssystemer/komponenter brukt i boligkvarter."

HVAC-nettverksmodellen som brukes i FDS kan ikke simulere forbrenning av gass i kanalnett, og vil derfor kun ta hensyn til forbrenning dersom gassen strømmer inn i et rom (beregningsdomene). Varm røyk vil blandes med luft i avtrekkskanaler, uten senere å strømme inn i et rom. Eventuell selvantennning av denne røyken, vil derfor ikke registreres av FDS.

For å analysere denne problemstillingen nærmere, registreres temperatur og nitrogen/brensel/oksygen/CO₂/vanndamp i avtrekksluft fra brannrommet og tilstøtende rom. Disse data brukes til å gjøre en mer detaljert simulering av den delen i kanalsystemet hvor disse to luftstrømmene blandes, for å se om brensel i de varme gassene vil antennes.

2.5 Forskriftskrav

Myndigheter setter blant annet krav til hvordan innretninger til bruk på norsk sokkel skal fungere, for å ha et akseptabelt sikkerhetsnivå. Disse kravene utformes som lover og forskrifter. Forskriftene beskriver et minimum påkrevet sikkerhetsnivå, og hvilke funksjoner som skal ivaretas for å oppnå dette. De beskriver ikke i detalj hvordan disse funksjonene skal ivaretas, men henviser ofte til standarder for mulige løsninger. Slike standarder beskriver mer detaljerte løsninger, og utgis av flere nasjonale og internasjonale organisasjoner som for eksempel:

- International Maritime Organization (IMO)
- International Organization for Standardization (ISO)
- Comité européen de normalisation (CEN)

I dette kapittel belyses de viktigste krav og retningslinjer som var og er førende for design av brannskiller, sprinkleranlegg og ventilasjonssystemer i offshore boligkvarter. Det er design av disse komponenter som i størst grad forventes å påvirke brannspredning via ventilasjonskanaler. Jeg har valgt å undersøke norske forskrifter fra 1978, 1992 og 2016 for å vurdere endringer i dette tidsrommet.

2.5.1 Brannskiller

"Forskrifter for produksjons- og hjelpesystemer på produksjonsanlegg mv., 1978" definerer krav til de ulike brannskiller (A, B og H klasse), og sier at gjennomføringer ikke skal svekke disse. Det henvises til "Midlertidige forskrifter for boligkvarter på produksjonsanlegg m v», utgitt av Oljedirektoratet 2.4.1979" for seksjonering av boligkvarter. Denne sier:

"Boligkvarter skal være bygget av ikke brennbare materialer og skal være seksjonert for å hindre spredning av brann."

"Forskrift om eksplosjons- og brannbeskyttelse av innretninger i petroleumsvirksomheten, 1992" sier:

"Boligkvarter skal utformes og beskyttes slik at de planlagte funksjoner kan opprettholdes ved en dimensjonerende ulykkeshendelse. " (.....) "Materialvalg og innvendig utforming av boligkvarteret skal være tilpasset brannrisikoen, og skal begrense brannspredning."

I dagens regelverk (Innretningsforskriften), stilles krav til brannskiller:

§30: " Hovedområdene på innretninger skal atskilles med brannskiller som minimum kan motstå de dimensjonerende brann- og eksplosjonslastene og minimum oppfylle brannklasse H-0 dersom de kan bli eksponert for hydrokarbonbranner. Rom som har viktige funksjoner og viktig utstyr, samt rom med høy brannrisiko, skal være atskilt fra omgivelsene med brannskiller som har brannklasse tilsvarende den branntypen og de etablerte brann- og eksplosjonslastene de vil være eksponert for. Gjennomføringer skal ikke svekke brannskillene. Dører i brannskiller skal være selvlukkende."

§ 31

Brannskiller i boligkvarter

Boligkvarteret skal være beskyttet av brannskiller som minst oppfyller brannklasse

- a) H-60 for yttervegger som vender mot et prosess- eller boreområde og kan eksponeres for brann fra disse,*
- b) A-60 for øvrige yttervegger,*
- c) A-0 for yttervegger på boligkvarteret som er plassert på en egen innretning i sikker avstand fra produksjons- eller boreinnretninger, og for yttervegger på nødskvarteret på enklere innretninger med overnattingsmulighet, dersom dette kvarteret er atskilt fra produksjons- eller brønnehodeområdet med et hovedbrannskille som minst oppfyller brannklasse H-0.*

Den innvendige utformingen av boligkvarteret skal være slik at den begrenser brannspredning.

§3:

"Brannskille av klasse A:

Et skille utført i ubrennbare materialer som oppfyller følgende kriterier:

- a) det er tilstrekkelig avstivet,*
- b) det hindrer spredning av flammer og røyk i minst én time av normert brannprøve,*
- c) det er utformet slik at gjennomsnittstemperaturen og temperaturen ikke på noe enkeltpunkt på ueksponert side stiger mer enn henholdsvis 140 °C og 180 °C over den opprinnelige temperaturen innenfor følgende tider:*
 - klasse A-60: 60 minutter,*
 - klasse A-30: 30 minutter,*
 - klasse A-15: 15 minutter,*
 - klasse A- 0: 0 minutter,*
- d) eventuelle isolasjonsmaterialer er brannprøvd ved en institusjon som er internasjonalt eller nasjonalt anerkjent på fagområdet.(...)"*

Fra veiledning til § 31:

For å oppfylle kravet til innvendig utforming som nevnt i andre ledd, bør standarden NORSOK S-001 kapittel 19.4.6 brukes.

Fra NORSOK S-001 kapittel 19.4.6 Living quarter (LQ):

Fire integrity of bulkheads and decks shall comply with chapter 9 of the MODU Code.

Med "MODU code" menes her " (IMO Resolution A.649: Code for the Construction and Equipment of Mobile Offshore Drilling Units, 2003)". Her beskrives blant annet hvordan ulike områder skal adskilles, og hvilke brannklasser brannskillene mellom disse skal ha. Områdene er delt inn i 11 ulike grupper, basert på brannrisiko. For brannskillevegg mellom "Control stations" og "Accommodation spaces", beskrives A60. "Control stations" omtales som områder hvor sentraliserte systemer for blant annet: Radio, navigasjon, posisjonering og brannbekjempelse er plassert. Sentralt kontrollrom vil da falle under denne kategorien, og

kreve A60 skille. Dette kommer også frem i veiledning til Innretningsforskriftens § 30 pkt. a).

2.5.2 Sprinkler

"Forskrifter for produksjons- og hjelpesystemer på produksjonsanlegg mv. " fra 1978 sier at sprinkleranlegg skal installeres i boligkvarter, og at minimumskapasitet skal være 6 l/min*m². Forskriften stiller også krav til å bruke materialer med lav flammespredning og røykutvikling.

"Forskrift om eksplosjons- og brannbeskyttelse i petroleumsvirksomhet, 1992" sier i § 35 at anlegg for brannbekjempelse skal monteres i områder med høy brannrisiko. I veiledning til denne paragraf settes minimumskrav til kapasitet i ulike områder, hvor boligkvarter er oppført med minimum sprinkler/vannforstøvning kapasitet på 6 l/min*m².

I dagens regelverk (Innretningsforskriften § 37), settes et tilsvarende krav til anlegg for brannbekjempelse i områder med høy brannrisiko, men dagens veiledning gir ikke lenger noen minimumskapasiteter i boligkvarter. I stedet henvises til NORSOK S-001 og NS-EN ISO 13702. NORSOK S-001 kapittel 20.4.5 stiller enda samme minimumskrav til sprinklerkapasitet i boligkvarter som veiledningen fra 1992 gjorde, men i kapittel. 19.4.6 belyses viktigheten av å vurdere materialers branntekniske egenskaper i boligkvarter *uten sprinkler*. I tabeller på s. 38-39 beskrives også at LQ ikke trenger automatiske sløkkesystemer, dersom mengde brennbart materiale er "tilstrekkelig lav". Altså åpnes det for ikke å ha sprinkler i boligkvarteret, til tross for formuleringen i kapittel 20.4.5. Hva som er tilstrekkelig lav, utdypes ikke.

2.5.3 Ventilasjonssystemer

"Forskrifter for produksjons- og hjelpesystemer på produksjonsanlegg mv. " fra 1978 stiller krav til brannskiller, og at gjennomføringer (deriblant ventilasjon) ikke skal svekke disse. Forskriften satte ikke noe krav til ventilasjonssystemets rolle ved intern brann ut over dette, men "Midlertidige forskrifter for boligkvarter på produksjonsanlegg m v», utgitt av Oljedirektoratet 2.4.1979" sier:

"Ventilasjonsanlegg skal være slik konstruert at giftige eller helsefarlige gasser, støv mv. hindres fra å trenge gjennom dette og inn i boligkvarter."

Røykspredning internt i boligkvarteret er ikke beskrevet spesifikt.

"Forskrift om eksplosjons- og brannbeskyttelse av innretninger i petroleumsvirksomheten, 1992" sier:

"Innretningens ventilasjonsanlegg skal utformes slik at røyk fra en dimensjonerende brann kan kontrolleres effektivt, for å sikre at både evakuering og brannbekjempelse kan gjennomføres på en forsvarlig og effektiv måte."

Innretningsforskriften § 14 (2016) sier:

"(...) Ventilasjonen skal også arrangeres slik at røyk fra branner kan kontrolleres, og slik at helsefarlige og brennbare gasser ikke kan trenge inn i innelukkede uklassifiserte områder. (.....) "

Veiledning til denne forskrift viser til NS-EN ISO 15238, NORSOK H-003 og S-001 for måter å oppfylle forskriftenes krav.

2.5.4 Oppsummert, endring av relevante krav

Krav til interne brannskiller i boligkvarter synes ikke å være betydelig endret, verken hvor brannskiller plasseres, eller hva disse skal tåle.

Krav til ventilasjonssystemers funksjon under brann i lavrisikoområder er endret, fra å skulle lukke branngasser inne i eksponert branncelle med brannspjeld, til å skulle transportere disse vekk og ikke installere spjeld.

Krav til sprinklersystem i boligkvarter har blitt noe endret i samme periode som endring av ventilasjonsfilosofi ved brann. Fra å være et eksplisitt krav i 1978, til i dag å være et valg.

2.6 Relevante standarder

Her følger en kort oversikt over de mest relevante deler av standarder som er henvist til fra dagens forskrift.

2.6.1 NORSOK S-001

Denne standard beskriver prinsipper og krav for å etablere sikkert design av offshore installasjoner for olje/gass. Den beskriver (sammen med ISO 13702) hvordan man skal etablere og opprettholde påkrevet nivå på sikkerhet for personell, miljø og materielle verdier. I denne sammenheng, er følgende kapittel relevante:

- **16 Natural ventilation and heating, ventilation and air conditioning (HVAC)**
- **19 Passive fire protection (PFP)**
- **20 Fire fighting systems**

ISO 13702 beskriver også at boligkvarter ikke trenger aktive slokkesystemer ut over portable slokkere, med kommentar om valg av brennbare materialer for å begrense mengde brensel.

2.6.2 ISO 15138

Denne standarden inneholder generelle krav og veiledninger for design, installasjon og testing av varme, kjøling og luftbehandlingssystemer for offshore petroleumsinnretninger. Standarden er relevant i denne sammenheng, da Innretningsforskriften henviser til denne via NORSOK H-003. Her er gjengitt deler av noen krav som er relevante i denne sammenheng.

Fire/gas damper controls:

Where several fire/gas dampers serve an area module, they shall be grouped such that automatic operation of any one shall automatically initiate operation of all the others.

Functional requirements

The design shall recognize that operation under fire-engulfed conditions can be required for some components.

Duct insulation

All supply-air systems should be insulated where thermal conservation and anti-condensation protection is required.

Extract and internal return air systems should not be insulated.

Where ducts penetrate fire-rated barriers, a sleeve of least 900 mm long shall be provided. The sleeve shall have the same fire rating as the barrier.

2.6.3 NORSOK H-003

Denne bygger i hovedsak på henvisning til ISO 15138, men beskriver noen tilleggskrav for norsk sokkel. Blant annet, beskrives en filosofi for sikring mot røykspredning via ventilasjonsanlegg som bygger på to ulike strategier for ikke-eksplosjonsfarlig område. Branner i eksplosjonsfarlig område er ikke omtalt, og er heller ikke relevant i denne sammenheng.

Utsnitt fra (NORSOK STANDARD H-003, 2010, s. 7):

To 5.2.5 Selection of controls philosophy

For the event of internal fire in a non-hazardous area with low fire risk, the strategy is to keep ventilation system serving area running. The background for this strategy is to provide maximum protection for personnel and equipment by removing smoke from fire area and escape ways.

A room is defined to have low fire risk when generation of combustion gases from a fire and thermal expansion of room air is lower than ventilation air extract and hence the fire will generate no spreading of smoke through ventilation ducts. With fire in such a room, the requirement for gas tightness for ducts penetrating fire-rated partitions will be maintained by operation of ventilation without installation of fire dampers. Actual low risk areas for an installation shall be identified and used for HVAC design.

Typical low risk areas are

- living quarter areas exclusive kitchen and laundry,
- local control room,
- central equipment room,
- transformer room,
- UPS/DC/AC converters,
- instrument room,
- telecommunication room,
- cable voids,
- engine rooms without hydrocarbons,
- workshop/storage without fire potential,
- HVAC rooms.

Non-hazardous areas with high fire risk shall be equipped with fire dampers in ventilation ducts penetrating fire-rated partitions. For the event of internal fire in such areas, strategy is to isolate area by closing of fire

dampers. These areas are normally protected by dedicated fire fighting systems. Actual high risk areas for an installation shall be identified and used for HVAC design.

Typical high risk areas are

- diesel engine rooms with fuel storage tanks,
- diesel treatment/separation rooms,
- hydraulic power unit (HPU) rooms,
- kitchen areas,
- laundry.

Avsnitt 2, del 2 i utsnittet over sier enkelt oversatt: "Ved brann i rom med lav brannrisiko, vil krav til gasstetthet av kanalgjennomføringer i brannskiller bli opprettholdt ved drift av ventilasjon, uten å installere brannspjeld". Denne påstanden må sees i sammenheng med Innretningsforskriften § 30, 3.ledd; "*Gjennomføringer skal ikke svekke brannskillene*", samt krav til temperaturøkning av brannskiller i forskriftenes § 3. Her fremkommer det at et brannskille skal ikke bare være gasstett, men i mange tilfeller også hindre oppvarming av overflater på ueksponert side. I de tilfeller hvor brannspjeld er nødvendig for å unngå uakseptabel oppvarming, kan disse ikke nødvendigvis utelates selv om røykproduksjonen er tilstrekkelig liten til at rommet defineres "lavrisiko" etter H-003.

Lavrisiko områder: Strategien skal være å fortsette ventilasjon under brann, for å fjerne røyk og tilføre frisk luft.

Høyrisiko områder: Strategien skal være å stenge ventilasjon under brann, for å hindre røyk å spre seg. Normalt utstyres slike rom også med slokkesystemer.

Et lavrisikoområde beskrives her som et område hvor produksjon av røyk (branngasser og termisk ekspansjon av luften som følge av brann) ikke overskrider avtrekksmengden i rommet, og dermed ikke spres røyk gjennom kanal.

Høyrisiko område er ikke definert, men implisitt kan dette forstås som: "Alle rom som ikke oppfyller definisjonen for lavrisiko", altså hvor røykproduksjon fra brann overskrider avtrekksmengde og røyk spres via kanalsystem.

Det er ikke gitt noen føring eller anbefaling om hvilken brannlast som skal legges til grunn for røykproduksjon.

H-003 beskriver spredning fra rom, og ikke fra branncelle. En branncelle kan bestå av flere rom, og intern røykspredning mellom disse vil ikke bryte branncellens integritet. Med denne definisjonen kan rom i samme branncelle få ulik brannrisiko.

2.7 Tidligere utført arbeid

2.7.1 SINTEF NBL 1993: Aktiv og passiv brannsikring relatert til brannspjeld. Del 1: Boligkvarter. (Wighus, Ragnar/Meland, Øystein/Mathisen, Hans Martin).

Rapporten tar utgangspunkt i datidens gjeldende forskrifter og veiledninger fra Oljedirektoratet (OD), og tar i hovedsak for seg ulmebranner som følge av røyking på seng i lugar som det mest sannsynlige scenario. Hendelser som resulterer i flammebranner vurderes i denne rapport som lite sannsynlige.

Konklusjonen i denne rapporten er også gjengitt i SINTEF rapport "NY KUNNSKAP OM BRANN OFFSHORE- En innføring i ny kunnskap om brann offshore, tilegnet gjennom de siste 10 års forskning – 2. utgave" fra 2005:

HOVEDKONKLUSJONER

Tidlig røykdeteksjon er meget viktig for overlevelsesmulighetene i startbrannrommet, og for muligheten for sikker evakuering.

Løsninger med mekanisk ventilasjon av lugarer og oppholdsområder bør primært baseres på fortrensningsprinsippet (friskluft tilført i gulvhøyde med lav hastighet). Dette ventilasjonsprinsippet vil ha klare fordeler med tanke på tidlig deteksjon av brannen, samt forbedret sikt ved evakuering av boligkvarteret. Omluft må ikke benyttes.

Ventilasjonsanlegget bør være i drift også etter at en brann er detektert. Ventilasjonsanlegget bør i første rekke være i drift for å hindre ukontrollert røykspredning i kanalsystemene. Ved omrøringsventilasjon av lugarer (lufttilførsel høyt i rommet) bør tilførselen til rommet stenges, men avsug bør være i drift.

Dersom ventilasjonsanlegget stoppes, og brannspjeld lukkes i avtrekkskanaler ved branndeteksjon, kan ikke røykspredning utelukkes i tilluftskanaler i samme seksjon som startbrannrommet ved fortrensningsventilasjon. Dette ventilasjonsprinsippet benytter ikke tilluft spjeld.

Med ventilasjonsanlegget i drift ved et sannsynlig brannforløp i lugar, vil røyktemperaturen i kanalsystemet (ved spjeldets plassering) neppe komme opp i spjeldets utløsningstemperatur.

Ved drift av ventilasjonsanlegget etter røykdeteksjon, og uheldig plassering av eksternt friskluftinntak i forhold til eksternt avtrekk, kan det oppstå "kortslutning" i ventilasjonen. Det vil si at røyken fra avtrekket trekkes inn i friskluftinntaket. I slike situasjoner, kreves et detektorstyrt og røyktett brannspjeld i inntaket, for stenging av frisklufttilførselen.

Automatiske brannspjeld i kanaler mellom områder bestående av lugarer og oppholdsrom, som utgjør en egen branncelle, kan fjernes til fordel for brannisolering av kanaler. Kanalisolasjon og gjennomføringstetting må ha en brannklasse tilsvarende områdets brannklasse.

I områder med spesielle krav til branncelleinndeling (kjøkken, vaskerom, etc.), bør både tilluftskanaler og avtrekkskanaler forsynes med brannspjeld tilsvarende områdets brannklasse. Krav til kanalisolasjon i full lengde foreslås utelatt, under forutsetning av at spjeld, innfesting etc. har samme brannklasse.

Brannspjeld bør prøves og godkjennes etter de samme kriterier som den konstruksjonen det er en del av. I spesielle tilfeller bør det vurderes tetthetskrav til brannspjeld under varmebelastning.

2.7.2 SINTEF NBL 2005: "NY KUNNSKAP OM BRANN OFFSHORE- En innføring i ny kunnskap om brann offshore, tilegnet gjennom de siste 10 års forskning – 2. utgave" fra 2005 [1]:

Denne rapporten bygger på konklusjoner fra (Wighus, Ragnar/Meland, Øystein/Mathisen, Hans Martin, 1993) på temaet brannspjeld, men kommer i tillegg med kriterier for når brannspjeld bør installeres, og eksempler på beregninger.

(Jan P. Stensaas, Bodil Aamnes Mostue, 2005):

6.2.3 Kriterier for røyk- og brannspredning via ventilasjonsanlegget

A. Røykspredning:

For at røyken skal spre seg motstrøms i tilluft kanalene, som er knyttet til samme ventilasjons-anlegg, må trykkøkning på grunn av forhindret termisk ekspansjon overstige tilluftstrykket i ventilasjonsåpningene. Tilluftstrykket er vanligvis i størrelsesorden 50 Pa. Det ble derfor etablert et kriterium for nødvendig trykkøkning i brannrommet på 70 Pa for å kunne forårsake nevneverdig trykkøkning på grunn av forhindret termisk ekspansjon av røykgassene. 70 Pa er en trykkøkning som ble antatt å være mer enn tilstrekkelig til å overkomme ventilasjonstrykket i tilluftskanalene. For røykspredning via avtrekkskanalene, er det ifølge Jensen (Jensen, 1993) nødvendig med en betydelig større trykkøkning, det vil si i størrelsesorden 500-1000 Pa.

B. Brannspredning:

For at røyken skal greie å antenne lett brennbare materialer i naborommet, ble det etablert en forutsetning at temperaturen i brannrommet måtte opp i ca. 500 °C i brannrommet. Dette kriteriet forutsetter at det skjer en avkjøling av røykgassene i ventilasjonskanalene på mellom 50-200 °C, og at røykgasser med temperatur på 300-

450 °C er tilstrekkelig til å antenne brennbare materialer i naborom tilknyttet samme ventilasjonssystem. Avkjølingen av røykgassene i kanalene er imidlertid sterkt avhengig av kanalenes lengde og av graden av isolering av kanalene.

Dersom ett av kriteriene A og B ble oppfylt, er det behov for brannspjeld i ventilasjonskanalene, fortrinnsvis i tilluftskanalene.

Senere i samme kapittel, oppsummeres hovedkonklusjonene etter utførte simuleringer av brann i et "frekvensomformer rom" på en plattform:

HOVEDKONKLUSJONER

Rom med vegger av heilsveiste skjøter kan bli ekstremt tette. Ved brann i slike rom kan det oppstå høye trykk på grunn av forhindret termisk ekspansjon av branngassene.

Det er blitt utviklet en beregningsmodell som beregner trykk- og temperaturøkning som man i verste fall kan forvente oppstår i tette rom, på grunn av forhindret termisk ekspansjon.

Beregningsmodellen overestimerer trykkøkningen på grunn av at den ikke tar hensyn til at trykkøkningen hindrer lufttilførselen til rommet. Dette medfører at man i virkeligheten oppnår lavere brannhastighet, branntemperatur og trykkøkning enn i beregningene.

Generelt kan man si at trykkøkningen på grunn av forhindret termisk ekspansjon er omvendt proporsjonal med lekkasjearialet til rommet i andre potens. Reduseres lekkasjearialet til det halve, vil trykkøkningen altså bli fire ganger større.

Beregningsmodellen anvendt i prosjekter har vist at trykkøkningen kan i verste fall komme opp i over 1000 Pa, ved branntemperaturer på godt over 1000 °C.

Rapportene ble skrevet i 1993/2005, og legger til grunn noen forutsetninger som kan ha endret seg siden den gang.

- Røyking på senga ble ansett å være den mest sannsynlige tennkilden ved brann i lugar. I dag installeres følsomme røykdetektorer på alle lugarer, og det er røykeforbud på alle lugarer. Antenning av sigarett på lugar må kunne anses som langt mindre sannsynlig nå enn da.
- Nye tennkilder er introdusert på lugarer siden 1993, f.eks. Laptop/nettbrett og lader for slike. Dette er elektrisk utstyr som i dag finnes på de fleste lugarer, og som ved svikt kan utgjøre en tennkilde.
- Det er mer utbredt med PCer, printere, skjermer, TV-spill og annet elektrisk utstyr i dag enn i 1993.

- Bygningsmessig tetthet er bedre i dag, ref. NORSOK C002- 11.6: Maksimal tillatt lekkasje er 1,7 AC/h@50Pa.

2.8 Ventilasjonssystemets funksjon

For å sikre akseptable arbeidsforhold og inneklima i boligkvarteret, må disse utstyres med ventilasjonssystemer. Disse utføres som "balanserte" ventilasjonssystemer, altså både tilføres og fjernes all luft gjennom ventilasjonssystemet, ingen luft strømmer gjennom fasade, vindu eller lignende. Under normal drift skal systemet kontinuerlig bytte ut luft for å fjerne forurensinger, og i mange tilfeller sørge for en tilfredsstillende temperatur.

Ventilasjonssystemet brukes også til å skape et lite overtrykk i boligkvarter, for å hindre at forurensinger/gass trekkes inn gjennom eventuelt åpninger. Disse funksjonene er relativt enkelt å verifisere ved å måle temperatur, luftfuktighet og konsentrasjon av forurensinger. En feil, endring eller skade på ventilasjonssystemet som medfører dårlig inneklima, vil derfor kunne registreres ganske raskt. Dersom varmelastning økes i et rom som følge av at nytt utstyr blir installert i ettertid, vil dette raskt føre til økt temperatur og oppdages. Kompenserende tiltak kan da iverksettes.

Dersom det begynner å brenne, skal det samme ventilasjonssystemet nå også ivareta en annen funksjon: Fjerne røyk tilstrekkelig raskt til at den ikke spres til andre rom. Denne funksjonen er ikke like lett å verifisere før situasjonen oppstår. En feil, endring eller skade som medfører redusert evne til å fjerne røyk, vil derfor vanskelig kunne avdekkes i ettertid. Dersom brannbelastning økes i et rom som følge av at nytt utstyr blir installert i ettertid, vil dette ikke umiddelbart gi noen konsekvens, før det begynner å brenne og røyken sprer seg.

Det er derfor viktig av rommets brannlast og ventilasjonssystemets kapasitet kartlegges i forkant. Ikke bare i normalt tilstand, men også ved trykk, tetthet og temperatur som kan oppstå ved brann.

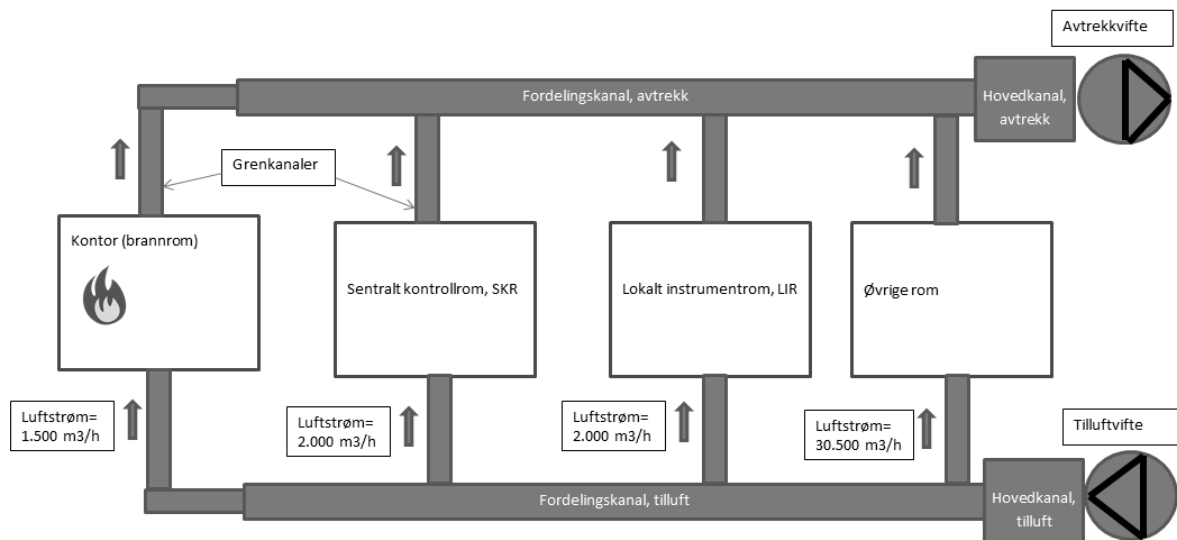
Et ventilasjonssystem i boligkvarter består i hovedsak av:

1. Et eller flere luftbehandlingsaggregat som henter frisk luft fra atmosfære, og varmer/kjøler/filtrerer/tørker/befukter denne, før en vifte blåser luften inn i kanaldistribusjonsnett.
2. Et kanaldistribusjonsnett som fordeler tilluft og avtrekk i alle rom.
3. En eller flere avtrekksvifter som trekker luft ut, og blåser den tilbake til atmosfære.

For detaljer om ulike komponenter og systemoppbygning, se vedlegg: "V4-Ventilasjonssystemer/komponenter brukt i boligkvarter."

Figur 7 viser ventilasjonsanlegget som er brukt i simuleringene for risikoanalysen i øyeblikket brannen starter. Disse forandres betydelig ettersom brannen utvikler seg. Avtrekk

blåses direkte til atmosfære, og tilluft hentes fra atmosfære. Det forutsettes at røyk fra avkast ikke kan strømme til luftinntak.



Figur 6-Skisse av hvordan ventilasjonssystem er modellert i simuleringer

2.9 Kriterier for spredning av røyk/flammer i kanalsystem.

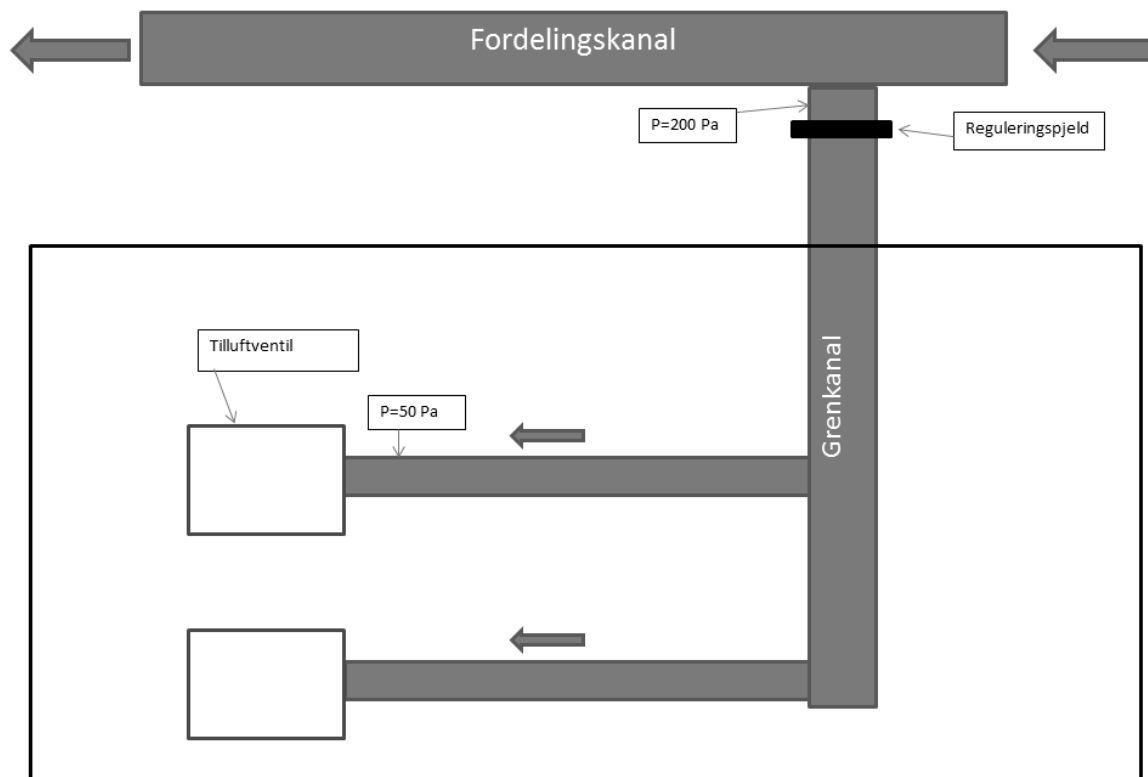
Røyk/flammer kan spres gjennom enten tilluft eller avtrekkskanalene, dersom strømmingen endrer retning i en eller flere kanaler. Hvor mye røyk, og hvilket trykk som kreves for å snu luftstrømmen, er derimot litt ulikt. I dette kapittel belyses noen av de mekanismer som driver spredning av røyk.

For at røyk skal kunne spres gjennom kanalsystemet, må den strømme mot normal strømningsretning i minst en grenkanal. Uten minst en reversert luftstrøm, vil all tilluft være ren luft, og all røyk vil strømme i retning mot avtrekksvifte og ut til atmosfære. Det antas at røyk ikke kan strømme eller diffundere i motsatt retning av gjennomsnittshastighet i kanalen.

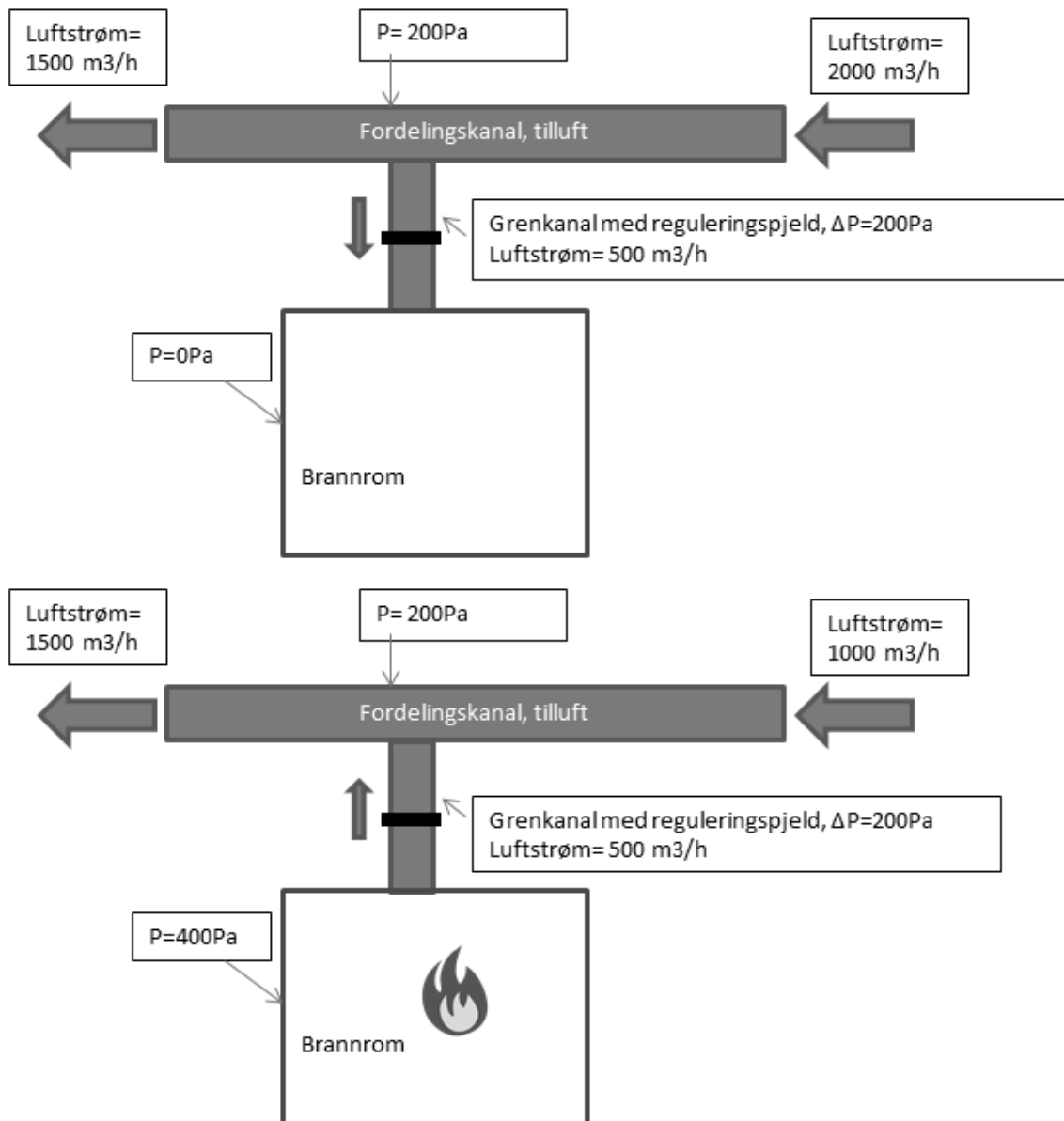
Et ventilasjonssystem består av mange sammenkoblede kanaler. En brann i et lukket rom vil åpenbart endre trykk og strømming i de grenkanaler som er direkte tilkoblet rommet. Denne endringen vil igjen påvirke fordelingskanalene i noen grad, og hovedkanalen i mindre grad. I eksemplene som følger gjøres noen forenklinger som å anta konstant trykk i fordelingskanal.

I Figur 8 vises en enkel detalj av en grenkanal til et rom med to internkanaler med tilluftventiler. For at røyk skal kunne spres mot strømningsretningen her, må trykk i

rommet overskride 200Pa, slik at røyk trykkes motstrøms i grenkanal, og inn i fordelingskanal. Trykk i selve tilluftventilen kan være 50Pa, eller enda lavere. Likevel må trykket helt tilbake til fordelingskanal utlignes, før strømning reverseres.



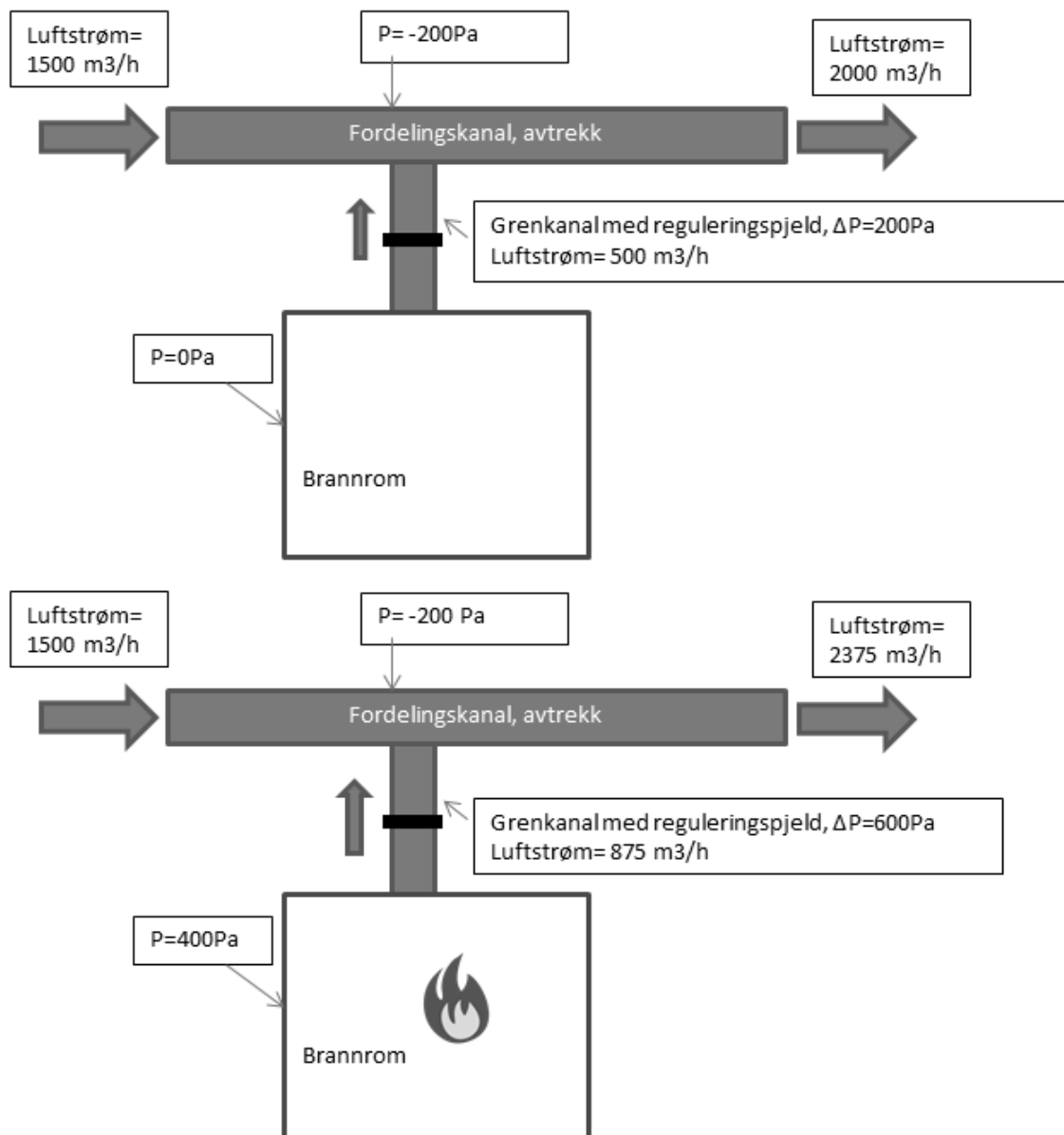
Figur 7-Trykk i grenkanal til et rom med to tilluftventiler.



Figur 8- Trykkøkning i brannrom, strømning gjennom tilluft kanal. Øvre figur viser trykk/strømning før brannen starter.

Figur 9 beskriver et rom før brannen starter (øverst), og i et øyeblikk hvor brannen antas å skape et overtrykk på 400 Pa i brannrom (nederst).

Dersom luftstrøm i grenkanalen er vesentlig mindre enn luftstrøm i fordelingskanal, vil trykket i fordelingskanal være lite påvirket av endringer i grenkanal. Dersom vi antar at trykk i fordelingskanal er konstant 200Pa i Figur 9, må brannen medføre en trykkøkning på minst 200Pa for å snu strømningsretningen i grenkanal. Ved 400Pa vil trykkdifferansen være like stor, men i motsatt retning. Luft/røyk fra brannrom strømmer nå tilbake til fordelingskanalen, blandes med tilluft, og strømmer videre til andre områder.



Figur 9- Trykkøkning i brannrom, strømning gjennom avtrekk kanal. Øvre figur viser trykk/strømning før brannen starter.

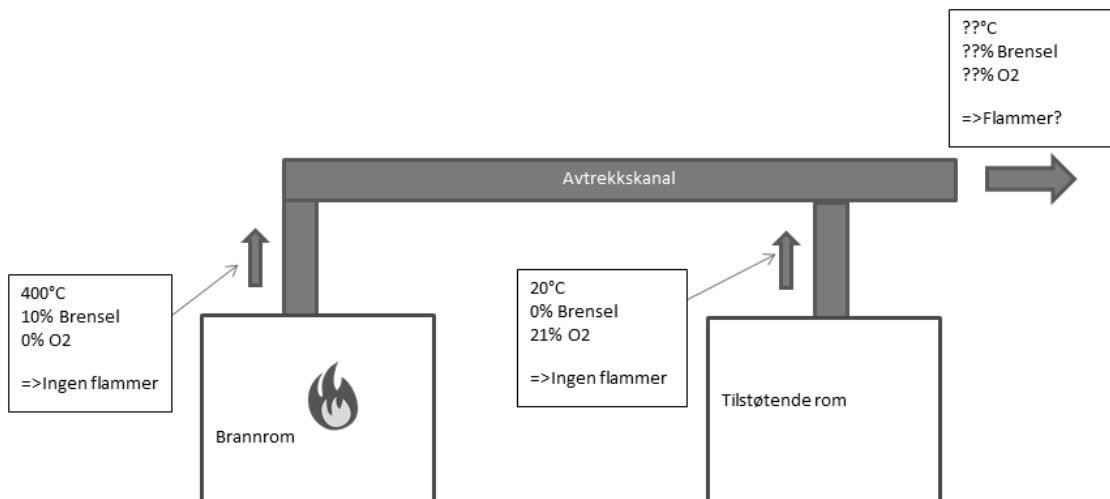
Ved å betrakte avtrekkskanalen i det samme brannrommet, blir resultatet annerledes. En trykkøkning på 400 Pa vil øke trykkgradient i grenkanalen, men ikke endre retning. Om vi antar at strømning i kanal er proporsjonal med kvadratroten av differansetrykk, endres denne til $866\text{ m}^3/\text{h}$, men strømning går fortsatt samme veg i alle kanaler. Røyken vil altså ikke spre seg gjennom avtrekkskanal.

Brannen må altså gi en volumøkning av gasser i brannrom tilsvarende minst $0,38\text{ m}^3/\text{s}$ for å opprettholde et overtrykk på 400 Pa i dette øyeblikket. I tillegg må lekkasje gjennom konstruksjoner foretrenges. 37% av volumet spredte seg motstrøms i tilluften og videre til andre områder, mens 63% ble fjernet via avtrekksystemet.

Dersom røyk skal kunne spres videre i avtrekksystemet, må også strømmingen i fordelingskanal endre retning. Røyken må fortrenge hele denne luftstrømmen (i eksempelet:1500m³/h) og øke trykket i fordelingskanal høyere enn trykket i andre rom, før røyk kan strømme i motsatt retning. Det må da produseres så mye røyk at trykkfallet i nedstrøms fordelingskanal og viftens sugetrykk til sammen økes med minst 200 Pa.

Det synes derfor rimelig å anta at røykspredning først vil skje gjennom tilluftkanaler. Dette forutsetter naturligvis at avtrekksviften er konstruert for å kunne transportere branngasser, slik at den ikke bryter sammen og undertrykk i kanaler dermed blir borte.

Avtrekksluften fra brannrommet vil derimot inneholde en varierende mengde varm røyk. Denne kan gi betydelig økt temperatur på overflate av uisolerte kanaler, også på utside av brannskille. Dette kan antenne nærliggende materiale, og dermed spre brannen. En annen risiko er at de kan varme opp omkringliggende struktur, kabler og annet. Selv om det ikke resulterer i brann, kan likevel oppvarming av slike objekter gi uønsket konsekvens.



Figur 10-Illustrerer eksempel på blanding av branngasser og oksygen i avtrekkskanal.

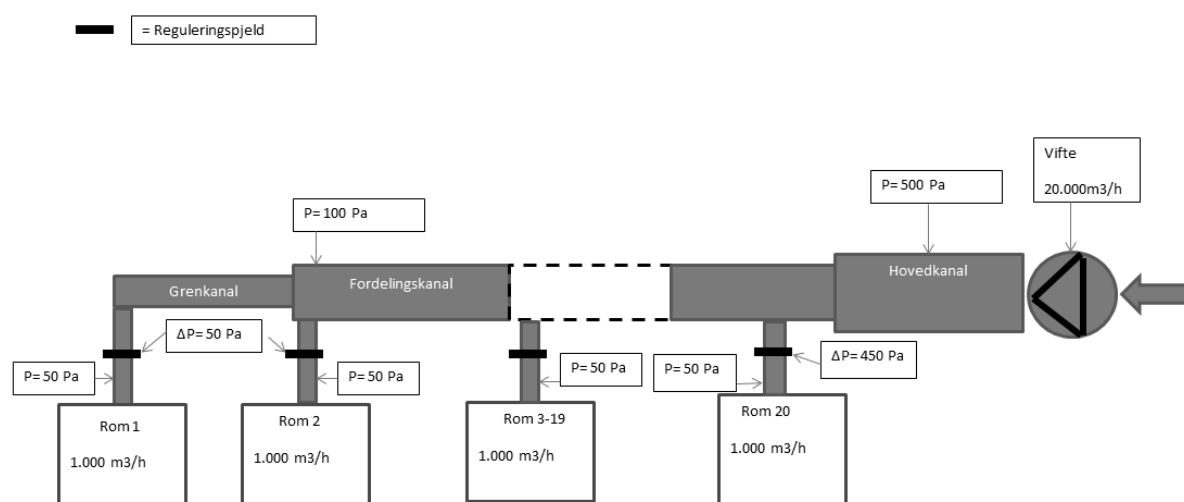
Brannen i et rom uten åpninger mot omgivelser vil kunne bli ventilasjonskontrollert. Høy temperatur og varmestråling kan da frigjøre mer brennbar gass enn det er tilgjengelig oksygen til å forbrenne. Avtrekksluften vil da inneholde mye uforbrent gass, og for lite oksygen til at gassen kan brenne. Siden flere brannområder ofte er tilkoblet samme avtrekk kanal, vil røyk fra et brannrom bli blandet med luft fra andre brannområder inne i kanalnett. Om temperaturen og konsentrasjonen av brensel er tilstrekkelig høy, kan røyken selvantenne når den tilføres oksygen. Dersom dette skjer, vil temperatur og volum av avtrekksluft å øke og gi økt risiko for spredning via avtrekkskanaler.

2.10 Ulike kanalsystem, og hvordan dette kan påvirke spredning.

Hvordan kanalsystemet er bygget, vil også påvirke spredning av røyk. Her følger en sammenligning av to ulike design av ventilasjonskanaler, for å illustrere dette.

2.10.1 Gradvis redusert fordelingskanal.

En metode for å utforme kanalføringer i boligkvarter, er som vist i Figur 12. Her fordeles luften fra vifte og hovedkanal, via en eller flere fordelingskanaler som gradvis blir mindre etter hvert som de kommer lengre bort fra viften (og strømming avtar). Både trykk og luftstrøm endres langs kanalens lengde, og grenkanalene som tilkobles kan derfor ha forskjellige trykk i tilkoblingspunktet. Dette kompenseres vanligvis ved å installere reguleringsspjeld med justerbart strømningsareal i alle grankanaler, slik at disse kan justeres for å oppnå ønsket motstand og luftmengde. På denne måten reduseres trykket nedstrøms reguleringsspjeld, men oppstrøms trykket ved tilkobling til fordelingskanal blir høyere for de grenkanaler som ligger nær viften. Siden det er trykket i fordelingskanal som er avgjørende for om røyk vil spres gjennom kanalnettet, vil det altså være av stor betydning hvor grenkanal fra brannrommet er tilkoblet.



Figur 11-Fordelingskanal med varierende trykk i fordelingskanal.

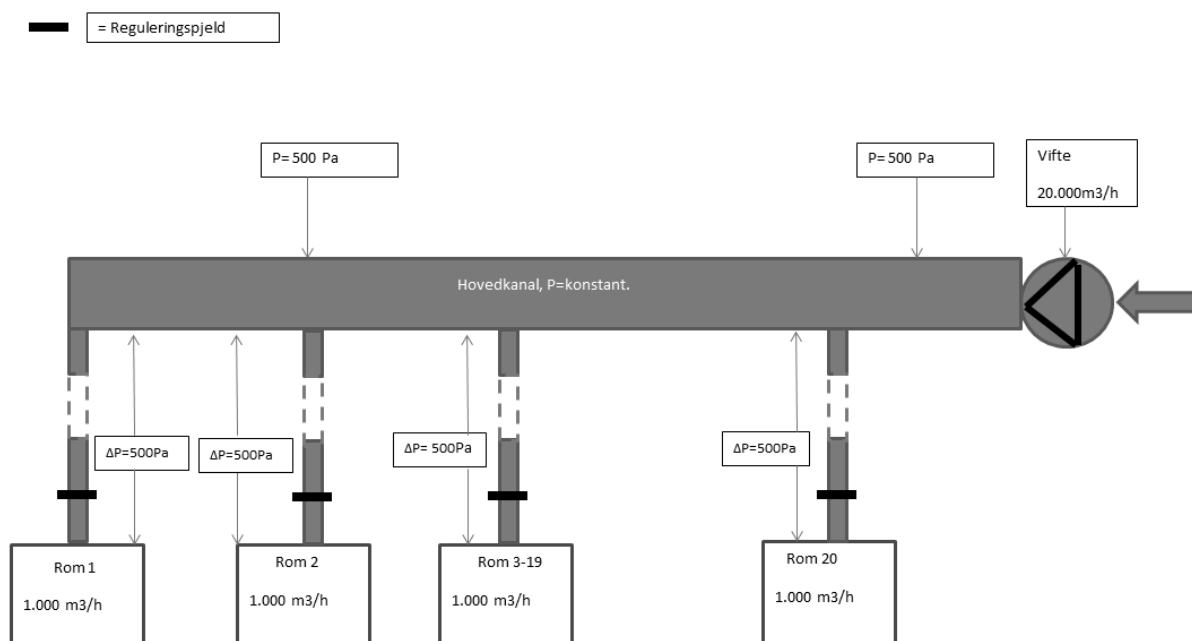
Figur 12 viser et forenklet ventilasjonsanlegg med kun en fordelingskanal som forsyner 20 identiske rom. Disse har samme ventilasjonsmengde (1.000m³/h) og brannlast. Rom 1 og 2 ligger lengst borte fra viften, og deres grenkanaler er tilkoblet ytterst på fordelingskanalen, hvor differansetrykket mellom rom og kanal er lavest (antatt 100Pa). Rom 20 er plassert like ved viftene, og dets grenkanaler er tilkoblet hovedkanal like ved viften. Strømningsmotstand for alle grenkanaler antas å være 50Pa, og trykk i rommene antas å være 0Pa (referanse). Alle reguleringsspjeld må da være justert slik at trykket på den siden av spjeldet som vender mot rommet, er 50 Pa. Trykket på den siden som vender mot fordelingskanal, blir ulikt for hvert rom. Trykkfall i fordelingskanaler fra første til siste grenkanal antas å være 400Pa, altså blir kanaltrykket ved viften 500Pa. Differansetrykket over reguleringsspjeld i rom 1 blir

da 50Pa, mens det for rom 20 blir 450Pa. Differansetrykket over hele grenkanal til rom 1 blir da 100Pa, mens det for rom 20 blir 500Pa.

For at røyk skal kunne spres til andre rom, må trykkgradient i minst en grenkanal endre retning. I rom 1 og 2, vil dette skje ved trykk i brannrom på 100 Pa, mens det for rom 20 først vil skje ved 500 Pa. Ved så høyt trykk, vil andre lekkasjer gjennom konstruksjon være betydelig større, og bidra til å redusere videre økning i trykk.

2.10.2 Felles fordelingskammer.

En annen (men tilsynelatende mindre vanlig) måte å designe kanalføringer på, er å utelate fordelingskanaler, og i stedet koble alle grenkanaler direkte på hovedkanal. Hovedkanal blir da et stort kammer, hvor trykk er tilnærmet likt i hele volumet.



Figur 12-Løsning uten fordelingskanal, gir samme trykk i alle grenkanaler.

Med en slik design vil trykk i tilkoblingspunkt for alle grenkanalene være tilnærmet likt. Dermed vil også alle grenkanaler ha likt differansetrykk, om vi forutsetter likt trykk i alle rom. Hele strømningsmotstanden i kanalnettet ligger i grenkanalen. Sammenlignet med "Design 1", gir dette alle grenkanaler like stor motstand som grenkanal 20.

På avtrekksiden vil røyk fra brannrom først møte oksygenholdig luft i hovedkanal, hvor den blandes med luft fra 19 andre rom. Da vil røyken kjøles betydelig mer ned, enn om den ble blandet med luft fra 1 rom (som for rom 1 og 2 i Figur 12). Mulighet for (og konsekvens av) selvantennning reduseres derfor.

Rommets bruk, utforming, ventilasjonsmengde og brannlast er derfor ikke tilstrekkelig til å bestemme om røyk spres i kanaler. Ventilasjonssystemets trykkforhold påvirker trykk i brannrom, strømningsretning og dermed røykspredning.

I simuleringer for denne oppgaven, er ventilasjonssystemet modellert med gradvis redusert fordelingskanal, ettersom dette synes å være mest brukt.

3 Risikoanalyse

Risikoanalysen utføres basert på metode som beskrevet av (M.Rausand og I. B. Utne, 2009), og bygger på en forenklet ulykke modell som kun omhandler brann i kontorområder i boligkvarteret. Boligkvarteret er valgt som område for vurdering av brannrisiko, da PTIL trekker frem brann her som en av de definerte fare/ulykke situasjonene med potensiell storulykkerisiko:

Den som har ansvaret for å drive forsvarlig petroleumsvirksomhet, må definere hvilke hendelser man må beskytte seg mot. Denne samlingen av mulige hendelser kalles definerte fare- og ulykkessituasjoner (DFU). For disse hendelsestypene må det etableres barrierer for å hindre at de medfører en ulykke eller alvorlig skade.

Definert liste

DFUene som har potensial for storulykker i petroleumsvirksomheten, kan forklares slik: (.....)

Brann/eksplosjon i andre områder:

Eksempel på slike hendelser er brann inne i boligkvarteret, som har potensial for å utvikle seg til en storulykke

Utklippet viser bare en av flere DFU'er, og er hentet fra Ptil (<http://www.ptil.no/artikler-i-sikkerhet-status-og-signaler-2012-2013/definitiv-fare-article9163-1094.html>).

Om man sammenligner mulig brannbelastning i et rom i boligkvarteret med prosessområder (hvor store mengder olje/gass står under trykk), vil brannlasten i boligkvarteret være relativt liten. Boligkvarteret kan ofte inneholde en del funksjoner som er viktige i håndtering av ulykke (som kontrollrom og beredskaps rom).. Det oppholder seg mye mennesker i boligkvarteret, og grunnet døgkontinuerlig operasjon vil det her finnes sovende personell også på dagtid. Konsekvensen av en intern brann med spredning av røyk, kan derfor tenkes å være stor, selv ved begrenset brannlast.

3.1 Målsetning

Formålet med risikoanalysen er et sammenligningsgrunnlag for hvordan risikonivået ved brann i boligkvarteret påvirkes av om:

- Brannspjeld aktiveres eller ikke.
- Sprinkler aktiveres eller ikke.

Risiko vurderes for et scenario med brann i kontor, lokalisert like ved og ventilert fra samme ventilasjonskanal som sentralt kontrollrom. Brannscenario vurderes for 60 minutter, tilsvarende krav for A60 skille til SKR.

Risiko beskrives som årlig frekvens for hvert mulig utfall av ulykken, multiplisert med tilhørende konsekvensverdi:

$$Risiko = Frekvens \times Konsekvens$$

Risiko klassifiseres etter følgende matrise:

Sannsynlighet-> Konsekvens	Svært høy >10 ⁻¹ pr år	Høy <10 ⁻¹ pr år	Middels <10 ⁻² pr år	Lav < 10 ⁻³ pr. år	Svært lav <10 ⁻⁴ pr. år
Svært høy (1000) (Tap av hoved- Sikkerhetsfunksjon)					
Høy (100) (Brann eskalerer internt)					
Middels (10) (Røykspredning)					
Lav (1) (Uakseptabel overflatetemperatur)					

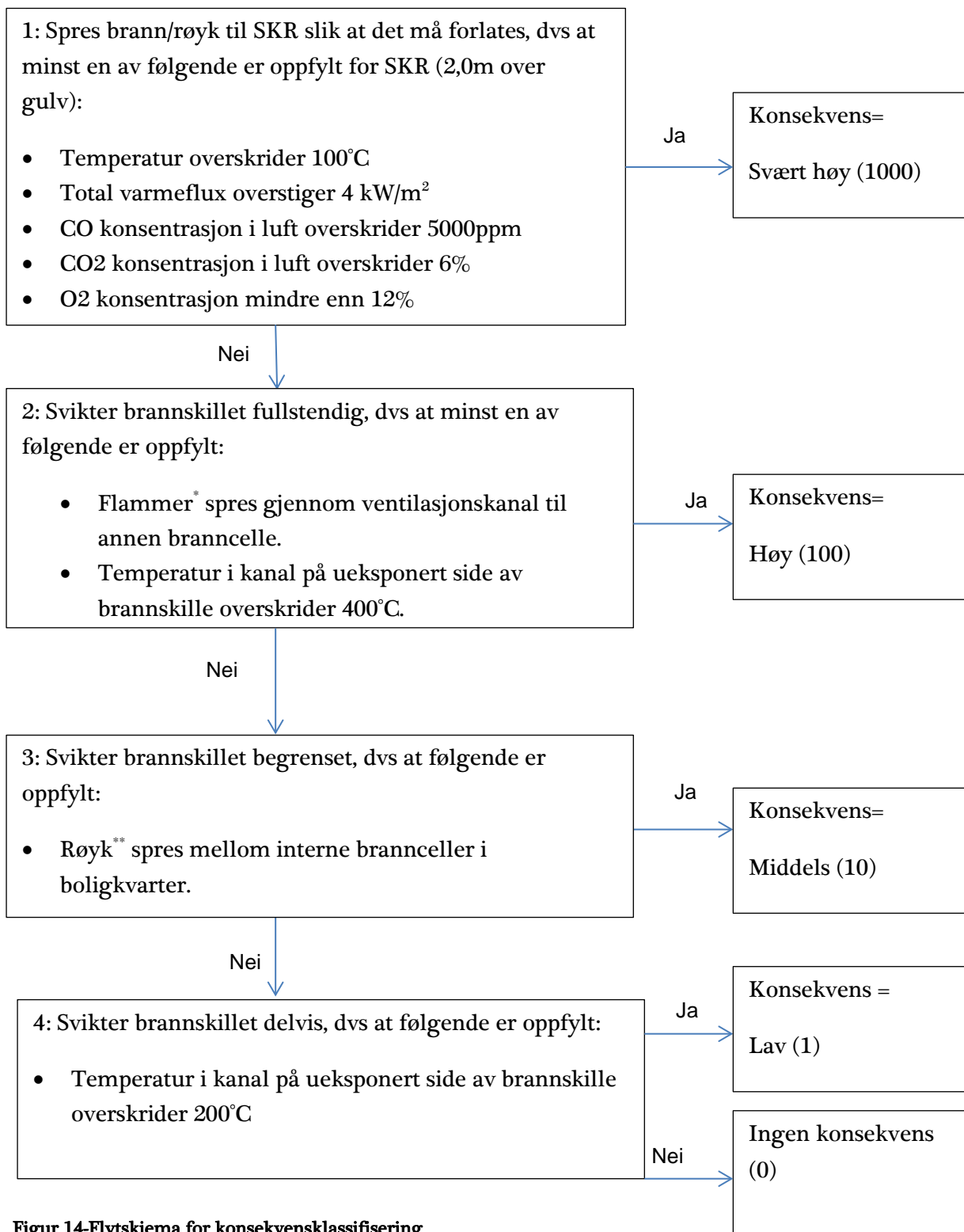
Figur 13- Risikomatrixe. Rød= Høy risiko, gul = middels risiko, grønn = lav risiko.

Sansynlighetsklasser:

Sansynlighetklasse "Svært høy" gis hendelser som har forventet frekvens høyere enn 10⁻¹ pr år. Sansynlighetklasse "Høy" gis hendelser som har frekvens lavere enn 10⁻¹ pr år, men høyere enn 10⁻² pr år, og så videre i følge konsekvensmatrisen.

Konsekvensklasser:

Brannskiller og tilhørende gjennomføringer av ventilasjonskanaler skal hindre at flammer/ røyk og høy temperatur overføres gjennom skillet. Innretningsforskriften setter akseptkriterier som tillater noe temperaturstigning, men gir ingen tilsvarende verdier for røykspredning. Konsekvensen av røykspredning vil naturligvis være avhengig av hvor mye røyk som trenger igjennom, hva denne inneholder og hvilken temperatur den har. Jeg velger derfor å klassifisere konsekvensene litt mer detaljert enn svikt/ikke svikt, etter i hvor stor grad brannskillet har sviktet. Konsekvens deles inn i 4 konsekvensklasser fra lav til svært høy, hver klasse gis en konsekvensverdi mellom 1 og 1000. Verdien har ingen enhet, så risiko får da enhet som frekvens [år⁻¹]. For å beregne konsekvenser i kroner, tap av liv e.l., måtte jeg gjort masse antagelser rundt personellets bevegelser i boligkvarter, samt kostnad for reparasjoner/produksjonstap. Disse ville blitt meget upresise, og ikke gitt noe bidrag til sammenligning av sprinkler/ventilasjonsfilosofi. Konsekvensverdien er derfor kun ment som sammenligningsgrunnlag. Høyere verdi indikerer mer alvorlig konsekvens, se Figur 15 for detaljer. Akseptkriteriene som brukes til å avgjøre om SKR må forlates, er hentet fra kapittel 6 i (DiNenno, 2008) og representerer verdier hvor mennesker settes ut av stand til å rømme («Tenability limits»).



Figur 14-Flytskjema for konsekvensklassifisering

*Flammer = Blanding av luft, brensel og forbrenningsprodukter hvor blandingsforhold og temperatur er slik at resterende brensel brenner, eller vil antenne når det kommer i kontakt med oksygen i på utsiden av eksponert branncelle.

** Røyk = Blanding av luft, brensel og forbrenningsprodukter hvor blandingsforhold og temperatur er slik at resterende brensel IKKE brenner eller vil antenne når det kommer i kontakt med oksygen i på utsiden av eksponert branncelle. Blandinger hvor ingen av kriteriene under punkt 1 er overskredet, ansees ikke som røyk.

Dersom brannskillet svikter på en slik måte at SKR må evakueres, regnes det som "Tap av hoved sikkerhetsfunksjon", og konsekvens settes til "Svært høy".

PTIL definerer hoved sikkerhetsfunksjoner på følgende måte i Innretningsforskriften § 7:

"For permanent bemannede innretninger skal følgende hoved sikkerhetsfunksjoner opprettholdes ved en ulykkessituasjon:

- a) hindring av eskalering av ulykkessituasjoner slik at personell som er utenfor den umiddelbare nærheten av ulykkesstedet, ikke skades,*
- b) hoved bæreevnen i bærende konstruksjoner inntil innretningen er evakuert,*
- c) beskyttelse av rom som er av betydning for bekjempelse av ulykkeshendelser slik at de er operative inntil innretningen er evakuert,*
- d) beskyttelse av innretningens sikre områder slik at disse er intakt inntil innretningen er evakuert,*
- e) minst én evakueringsvei fra ethvert område der personell kan oppholde seg inntil evakuering til innretningens sikre områder og redning av personell er gjennomført."*

Innretningsforskriftens § 11 sier at anlegg som inngår som elementer i realisering av hoved sikkerhetsfunksjoner, skal utformes slik at av hoved sikkerhetsfunksjoner ikke tapes ved ulykkelaster med forventet frekvens $>10^{-4}$ pr. år. Sentralt kontrollrom (SKR) ansees her som "rom av betydning for bekjempelse av ulykkeshendelser", og dets brannskille ansees som et element for realisering av funksjon. Multiplisert frekvens 10^{-4} og konsekvensverdi=1000, gir risikoverdi 0,1. Denne brukes som kriteriet for middels risiko i matrisen. Altså vil frekvens $>10^{-4}$ for slik hendelse gi høy risiko.

Øvrig svikt av brannskillet er delt opp i "fullstendig", delvis" og "begrenset", etter hvor stor konsekvens svikten antas å gi.

Fullstendig svikt vil si at brannen spres fra branncellen, enten gjennom flammer i kanalen, eller ved at kanalen på ueksponert side blir mer enn 400 °C, og dermed kan varme opp og antenne nærliggende brennbart materiale (Stensaas, 1998).

Delvis svikt vil si at røyk spres gjennom kanalnett, men ikke i slik grad at SKR må forlates.

Begrenset svikt vil si at røyk/flamme ikke spres, men at kravet (Innretningsforskriften § 3) til temperaturstigning <180 °C for enkelt punkt på ueksponert side av brannskillet brytes.

Starttemperatur i simuleringene er 20 °C, altså må temperatur i kanal overskride 200 °C.

(Stensaas, 1998) beskriver beregninger som er utført for en annen norsk installasjon (Troll C), for å kartlegge brannspredning og behov for brannspjeld. Her brukes også 200 °C som grenseverdi for når brannspredning kan skje på grunn av varme fra uisolerte kanaler utenfor branncellen.

Her gjøres en forenkling ved å anta at temperatur på kanalens utside og innside er lik.

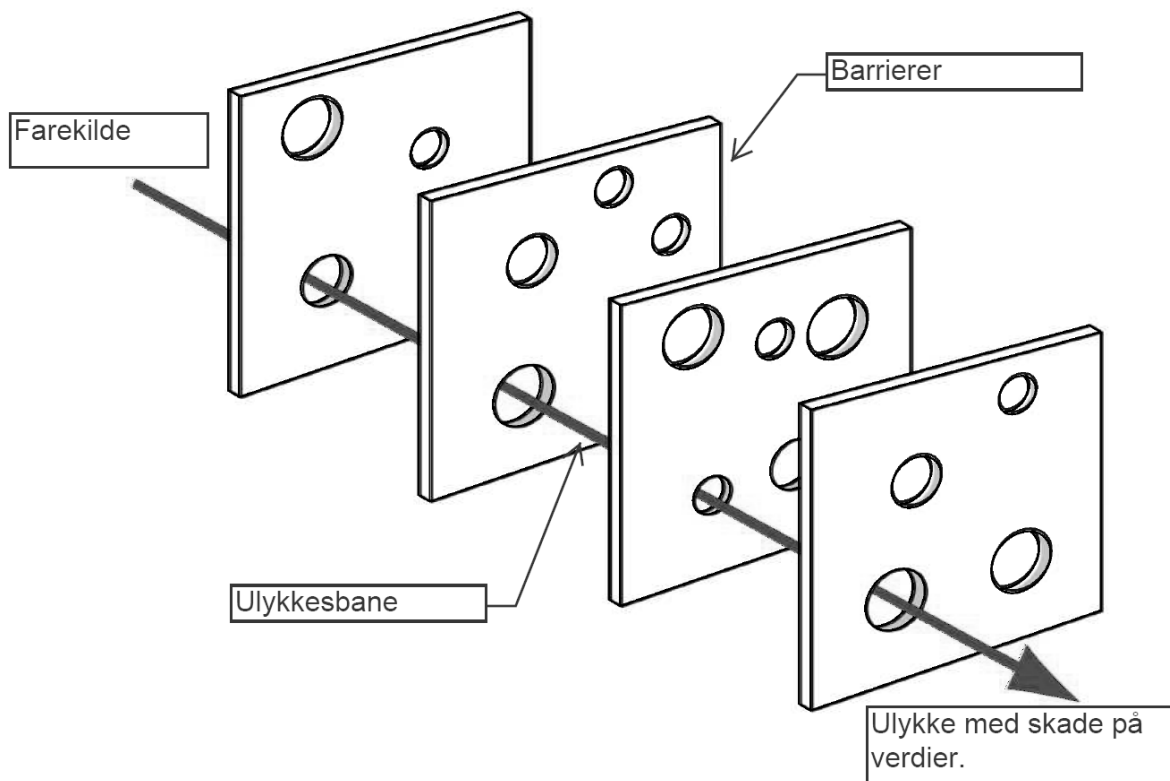
Temperatur på utsiden vil være noe lavere, avhengig av lufttemperatur, strømningshastighet

og i hvilken grad den er eksponert mot kaldere overflater for strålevarme. Siden brannen varer i nærmere 60 minutter, antas kanalens nærmeste omgivelser å bli varmet opp i slik grad at både stråling og konvektiv varme fra kanalens utside blir neglisjerbar mot slutten av brannen. Da vil temperatur på innside og utside avvike i mindre grad.

3.2 Ulykkesmodell

En ulykke kan generelt defineres som: "En akutt, uønsket og ikke-planlagt hendelseskjede som fører til tap av menneskeliv, eller skade på helse, miljø eller andre verdier" ref. M. Rausand og I. B. Utne). En måte å beskrive ulykker på, er ved hjelp av ulike ulykkesmodeller. Slike modeller brukes til å formidle/beskrive hvordan en farekilde kan utvikle seg til en ulykke, ofte visualisert i grafiske figurer. Detaljnivå og metode for beskrivelse varierer mellom de ulike modellene, avhengig av hva man ønsker å oppnå/beskrive.

For å illustrere et ulykkesforløp, brukes blant annet "Reasons sveitserostmodell". Her er barrierene visualisert som en rekke "osteskiver" som hindrer en farekilde å utvikle seg til en ulykke. "Ostesnivene" har hull, som symboliserer mangler/svekkelser i barrieren. Dersom alle barrierene har sammenfallende svekkelse, kan en ulykkesbane passere gjennom alle barrierer, og dermed kan en farekilde utvikles til en ulykke med skade på de verdier vi ønsker å verne.



Figur 15- Reasons sveitserostmodell (https://en.wikipedia.org/wiki/Swiss_cheese_model)

Farekilde:

Energi som frigjøres ved forbrenning av brennbart materiale kan skade liv, helse, miljø og verdier både direkte (høy temperatur, varmestråling) eller indirekte (røyk/sot). Slikt materiale kan være: Møbler, elektriske apparater, lagret materiell med mer.

Verdier:

I denne analysen vurderes i hvor stor grad ulykken fører til svekkelse av brannskillet og spredning av brann/røyk. Verdier som kan ta skade som følge av brann/røykspredning er:

- Menneskeliv/helse.
- Økonomiske/materielle verdier.
- Omdømme.

Skader på ytre miljø eller utenforstående (3.part) vurderes som lite relevant i dette tilfellet.

Barrierer:

PTIL sin definisjon er: "Med begrepet barriere menes tekniske, operasjonelle og organisatoriske elementer som enkeltvis eller til sammen skal redusere muligheten for at konkrete feil, fare- og ulykkessituasjoner inntreffer, eller som begrenser eller forhindrer skader/ulemper."

De barrierer som i dette tilfellet kan påvirke spredning av brann/røyk, er:

1. Rutiner for å begrense omfang og brennbarhet av brennbart materiale.
2. Rutiner for sikker håndtering/lagring av brennbart materiale.
3. Rutiner for kontroll av potensielle tennekilder.
4. Systemer for å detektere brann.
5. Systemer for å bekjempe brann.
6. Systemer/konstruksjoner for å begrense brannens utbredelse.

I tillegg antas det å være en rekke systemer/rutiner/barrierer knyttet til redning /evakuering i et brannscenario.

Ulykkesbane:

En ulykkesbane kan i dette tilfellet være et hvilket som helst mulig hendelsesforløp som gir en brann. Et eksempel på en ulykkesbane med svekkelse i samtlige barrierer kan være (nummerering angir hvilken barriere som er svekket, fra liste over):

En ny printer/kopimaskin etter installeres på et kontor, som opprinnelig ikke var tiltenkt dette (1). Ved siden av printer samler det seg over tid masse gamle utskrifter (2) som ikke blir hentet. Printer kobles til strømforsyning via en skjøteledning som

blir liggende i klem under printer, og glemmt (3). For å skjerme personell fra støy/varme fra printer, blir det montert (ikke-brannsikre) skillevegger(6) rundt, uten egen røykdetektor (4) eller sprinkler (5). Varmluft fra printer ventileres bort av via ventilasjonssystemet, uten brannspjeld (6). Over tid blir skjøteledningen utsatt for slitasje, og en natt dannes en lysbue. Lysbuen antenner først kabel og plastdeksel i bunnen av printeren, og denne eskalerer til papir som ligger i nærheten. Brannen har nå god tilgang på brennbart materiale (papir/plast) og oksygen (ventilasjonssystem). Først når brannen har utviklet tilstrekkelig effekt til å brenne gjennom skilleveggen, detekteres røyken. Når personell ankommer, er brannen for stor til å slukkes manuelt med stedige slukkemidler, og brannmannskaper må mobiliseres mens øvrig personell rømmer. Dette gir brannen tid til videre eskalering til kontormøbler o.l., og røyk fra brannrommet spres nå via den åpne avtrekkskanalen til øvrige områder i boligkvarteret, hvor personell som lå og sov nå forsøker å rømme. Personell kan da eksponeres for røyk, og settes ut av stand til å rømme.

Dette er et eksempel hvor samtlige av de definerte barrierene svikter i noen grad. Det er imidlertid ikke alltid nødvendig at alle barrierer svikter for at en ulykke kan oppstå.

3.3 Fysiske og operasjonelle forutsetninger

For "gammel" filosofi forutsettes at sprinkler og brannspjeld aktiveres etter 200s. For "ny" filosofi aktiveres ingen av delene.

Det har vært utfordrende å finne representative data på sannsynlighet for svikt av sprinkler, brannspjeld, deteksjon og slokking. En rapport fra "Opplysningskontoret for automatiske slokkeanlegg (OFAS)" (Adolfson, 2003) beskriver en pålitelighet på 98,3 % for danske sprinklersystemer, men at dette er vanskelig å beregne for norske anlegg grunnet manglende statistikk. "Amerikanske erfaringstall" opplyses her å vise 95 % pålitelighet. OFAS opplyser i brosjyremateriell på nettsiden sin at 97 % av alle branner slokkes eller kontrolleres i bygninger hvor sprinkleranlegg er montert (OFAS). Det er usikkert om erfaringstall fra bygninger er representative for petroleumsinstallasjoner. (Kevin Frank, Neil Gravestock, Michael Spearpoint, Charles Fleischmann, 2013) konkluderte med at et sprinklersystems tilgjengelighet med høy sannsynlighet var mellom 90 og 95 %. For brannspjeld

Siden denne oppgaven ikke har som mål å kartlegge de ulike barrierenes tilgjengelighet i detalj, har jeg grovt forenklet denne problemstillingen og forutsatt sannsynlighet for svikt som følger (se kapittel " Usikkerheter og følsomhet" for mer om dette):

- Brann/røyk deteksjon=5 %
- Brannspjeld=5 %
- Automatisk slokking (sprinkler)=5 %
- Manuell slokking = 55 % dersom branndeteksjon har sviktet, ellers 10 %.

Dersom brannen starter på kveld/natt, antas det ikke å være personell til stede på kontoret (50 % av døgnet). Om branndeteksjon svikter da, antas at ingen oppdager brannen før den er for stor til å kunne slukkes manuelt. Dersom branndeteksjon har fungert eller at brannen starter mens det er personell i rommet, forutsettes at slokking starter raskt, og at man lykkes å slukke brannen manuelt i 90 % av disse tilfellene.

3.4 Farekilder og uønskede hendelser

Farekilden i dette scenario, er energi som frigjøres ved forbrenning av brennbart materiale. I de fleste områder i boligkvarter, vil det til enhver tid finnes ulike former av brennbart materiale. Selv om konstruksjoner som vegger, tak, gulv med mer tilstrebes utført i ubrennbare materialer ref. NORSOK S-001 19.4.5), vil det finnes møbler, tekstiler, overflatebelegg, elektrisk utstyr, kontorrekvisita o.l. som kan utgjøre en brannfare. Ettersom disse områdene også er ventilerte med friskluft, er det alltid tilgang på oksygen. Det mangler da kun en side i "branntrekanten"; Høy temperatur. Komponenter som kan skape høy nok temperatur til å starte en brann, er potensielle tennkilder. I boligkvarter kan dette være:

- Elektrisk utstyr (ved teknisk svikt eller feil bruk)
- Åpen flamme (lighter, stearinlys, sigarett)
- Selvantemming (f.eks. filler tilsmusset med olje eller lignende)
- Varme objekter (kokeplate, loddebolt)

Den uønskede hendelsen er "Antemming", og det skilles ikke på hva som forårsaker dette.

I risikoanalysen identifiseres 3 ulike brannforløp, avhengig av om manuelle eller automatiske slokkemiddel fungerer.

1. Brannen bekjempes tidlig i forløpet med manuelle slokkemiddel.
2. Brannen bekjempes undervegs i forløpet med automatiske slokkemiddel (sprinkler).
3. Brannen bekjempes ikke.

Dersom brannen slokkes ved kun å bruke manuelle slokkemidler, forutsettes dette å skje så tidlig i forløpet at brannen ikke vil føre til betydelig skade.

I Innretningsforskriftens § 30 og dens veiledning er det klare krav til hvilken belastning brannskiller med brannspjeld skal tåle, og hvordan dette skal testes. Jeg har derimot ikke lykkes i å identifisere like entydige krav til hvilken last som skal legges til grunn for røykspredning i ventilasjonssystem uten spjeld.

Branneffekt er derfor beregnet på følgende måte:

1. Først estimeres HRR kurve basert på data fra forsøk med fritt ventilert brann i kontormøbler, som vist i "ASHRAE Handbook of Smoke Control Engineering" (John H. Klote, James A. Milke, Paul G. Turnbull, Ahmed Kashef, Michael J. Ferreira, 2012).
2. Brann med estimert HRR kurve simuleres deretter i FDS, med riktig ventilasjonsforhold.
3. Resultatet av simuleringen blir en HRR kurve som tar hensyn til hvor mye oksygen som er tilgjengelig i rommet til enhver tid. Denne kurven brukes videre i simuleringene.

For detaljer, se V3- Beregning av branneffekt, HRR."

3.5 Konsekvensanalyse, modellering av brannforløp.

Utgangspunktet er likt for alle scenario, men to variabler avgjør brannens utvikling.

1: Automatisk slukking (sprinkler) svikter eller svikter ikke

Simuleringer hvor sprinkler svikter, modelleres med full branneffekt tilsvarende 3 kontorplasser (justert for tilgjengelig lufttilførsel). Simuleringer hvor sprinkler fungerer, er modellert med redusert branneffekt, og har i tillegg modellert inn en sprinklerdyse som bidrar til å kjøle ned brannrommet. Rommets størrelse tilsier at her typisk ville vært plassert 9-10 sprinklerdyser, som hver dekker ca. 10m² med 60 l/min. Basert på temperaturene som simuleringene gir, kjøles brannrommet ned ganske betydelig etter at ett hode har løst ut (til under hodenes utløsningstemperatur). Det forutsettes derfor at ikke flere hoder løser ut.

Det er flere måter et slukkeanlegg kan svikte på, med varierende svekkelse som resultat. Her er likevel kun vurdert tilfellene "fullstendig funksjon" og "fullstendig svikt". Enten fungerer sprinklersystemet og slukker brannen, eller så løser det ikke ut i det hele tatt.

2: Brannspjeld svikter eller svikter ikke

Det er flere måter et brannspjeld kan svikte på, med varierende svekkelse som resultat. Her er likevel kun vurdert tilfellene "fullstendig funksjon" og "fullstendig svikt". Enten fungerer spjeldet, og stenger 100 %, eller så løser det ikke ut og forblir 100 % åpent.

Totalt er det 4 ulike utfall av brannscenario som er simulert:

CHID	Sprinkler	Brannspjeld	HRR kurve	Konsekvensverdi
AA	Aktiv	Aktiv	1 kontor, sprinkler	0, Ingen konsekvens.
AI		Ikke aktiv	1 kontor, sprinkler	0, Ingen konsekvens.
IA	Ikke aktiv	Aktiv	1+2 kontor, ikke sprinkler	0, Ingen konsekvens.
II		Ikke aktiv	1+2 kontor, ikke sprinkler	100, Høy konsekvens

Figur 16- Oversikt over simulerte scenario. CHID= 1. bokstav angir Aktiv/Ikke aktiv sprinkler, 2. bokstav angir samme for brannspjeld.

3.6 Hendelsestre

Hendelsestreet som brukes her, tar utgangspunkt i "Antenning" som uønsket hendelse. Det skiller ikke på ulike årsaker og hendelsesforløp som leder frem til antenning, siden røykspredning ikke antas å bli påvirket av dette.

Sannsynlighet for antenning som er brukt i analysen er basert på "Accident statistics for fixed offshore units on the UK Continental Shelf" (Det Norske Veritas, 2007). Her er registrert totalt 945 branner i perioden 1980-2005. I denne perioden ar totalt antall akkumulert enhets år oppgitt til 4484. Dette gir en hendelsesfrekvens på 0,211 pr enhet år. Om man ser nærmere på disse 945 brannene, er 42 av disse oppgitt å være i boligkvarter/kontor områder. Her er ikke branner i tavlerom/utstysrom internt i boligkvarter tatt med, for teksten er ikke detaljert nok til å skille tavlerom i boligkvarter fra øvrige. Sett bort fra branner i tavle/utstysrom, blir da hendelsesfrekvens for brann i boligkvarter på 0,01 pr enhet år. Dette tallet er ikke direkte relevant for brann i kontor, som omtales nærmere under "Usikkerhet og følsomhet".

For hvert utfall, settes en konsekvensverdi fra risikomatrix basert på den konsekvens simuleringene viser for utfallet. Risikobidrag for hvert utfall beregnes deretter som produktet av tilhørende konsekvensverdi og gren sannsynlighet.

Total risiko for de to brann/ventilasjonsfilosofiene blir summen av risikobidrag for alle tilhørende utfall.

Konsekvensen av brann er antatt og ikke påvirkes av at manuell brannslukking har vært forsøkt, dersom den har sviktet.

Relative størrelser i hendelsestre, er relative til summen av alle grenhendelser.

Risikobidrag og grensannsynlighet har, som inngangshendelsen, enhet "pr. år". Summen av alle grensannsynligheter må være lik som frekvens for inngangshendelsen.

3.7 Usikkerheter og følsomhet

Sannsynlighet for svikt av de ulike barrierene er knyttet mye usikkerhet til. Ny og gammel filosofi har ulik følsomhet, da brannspjeld og sprinkler kun påvirker gammel. Tabell 4 viser endring i totalt risikobidrag ved variasjon av svikt sannsynlighet for henholdsvis sprinkler og spjeld.

Tabell 4- Svikt sannsynlighetens påvirkning på risikobidrag, gammel filosofi.

Sviktsansynlighet, %			Sviktsansynlighet, %		
Sprinkler	Risikobidrag	Endring %	Spjeld	Risikobidrag	Endring %
5	3,06E-04	0,0	5	3,06E-04	0,0
10	6,13E-04	100,0	10	6,13E-04	100,0
1	6,13E-05	-80,0	1	6,13E-05	-80,0

Her er risikobidraget proporsjonalt med svikt sannsynlighet i spjeld og sprinkler. Dette skyldes at det eneste utfallet som gir tellende konsekvens, er det hvor verken sprinkler eller spjeld aktiveres (II). Risiko ved gammel filosofi er dermed meget følsom for svikt i spjeld og sprinkler, mens ny filosofi ikke påvirkes.

Dersom svikt sannsynlighet for både spjeld og sprinkler økes til 10 %, vil sannsynlighet for spredning av brann være 1,25E-05, og risiko ved gammel filosofi fortsatt være lav i følge risikomatrikse. Resultatet vurderes derfor til å være robust.

Tabell 5- Svikt sannsynlighetens påvirkning på risikobidrag, gammel filosofi.

Sviktsansynlighet, %		
Deteksjon	Risikobidrag	Endring %
5	1,23E-01	0,0
10	1,45E-01	17,9
1	1,05E-01	-14,6

Tabell 6-Sviktsansynlighetens påvirkning på risikobidrag, ny filosofi.

Sviktsansynlighet, %		
Deteksjon	Risikobidrag	Endring %
5	3,06E-04	0,0
10	3,63E-04	18,6
1	2,61E-04	-14,7

Svikt sannsynlighet for deteksjon påvirker begge filosofier, i tilnærmet lik grad.

Ettersom jeg ikke klarte å oppdrive brannlasten fra regelverk eller de reelle installasjonene, måtte disse estimeres. Det er derfor usikkerhet rundt mengde brennbart materiale, og hva dette består av. Simuleringene tydet imidlertid på at det er lufttilførsel, og ikke mengde brensel som er begrensende for maks branneffekt og dermed termisk ekspansjon. Både romstørrelse og ventilasjonsmengde var tilsvarende for både nye og gamle installasjoner, og denne usikkerheten vurderes derfor å påvirke begge tilfeller i lik grad.

Det er stor usikkerhet knyttet til frekvens for antenning, som er inngangshendelsen i hendelsestreet. Dataunderlaget er gammelt, og inneholder hendelser fra mange andre områder enn kontor. Alle grensanssynligheter er direkte proporsjonal med inngangshendelsen, så risikobidraget er svært følsomt for feil. Ettersom jeg bruker den samme frekvensen for både ny og gammel filosofi, blir imidlertid resultat av feilen forholdsmessig like stor.

Resultatet kan derfor kun brukes til sammenligning av de to filosofiene, ikke til å si noe om bidrag til totalrisiko.

4 Resultater og diskusjon

Her presenteres først resultater fra de forskjellige simuleringer, og diskusjon av disse. Kun et utvalg av de data som er relevant for diskusjonen presenteres her. For mer data og detaljer, finnes dette i vedlegg "V6- Resultat fra simuleringer".

Deretter presenteres resultat fra risikoanalysen, og diskusjon av denne og hvordan brannspjeld og sprinkler påvirker risiko.

Til sist foreslås noen risikoreducerende tiltak.

4.1 CFD simuleringer

Hver simulering av brannrom og ventilasjon er gjennomgått etter metode som beskrevet i Figur 15. Kriterier for å vurdere om SKR regnes som tapt, vurderes mot registrerte verdier i 3 målepunkt, plassert på linje i 2,0m høyde, sentrert i SKR (varmestråling er registrert ved gulvnivå, vertikalt under hvert målepunkt).

- Målepunkt 1 er plassert 10 cm fra vegg som er lengst fra lekkasje mot brannrom.
- Målepunkt 2 er plassert midt i rommet.
- Målepunkt 3 er plassert 10 cm fra vegg som har lekkasje mot brannrom.

Alle verdier er vist som funksjon av tid i sekunder.

Oppsummert for scenario "AA":

- Ingen av kriteriene for "tap av SKR" er overskredet.
- Temperatur på overflate av kanaler er betydelig lavere enn 200 °C.
- Strømning endrer ikke retning i noe grenkanal.

Konsekvensen vurderes derfor til "Ingen konsekvens", konsekvensverdi = 0.

Oppsummert for scenario "AI":

- Ingen av kriteriene for "tap av SKR" er overskredet.
- Temperatur på overflate av kanaler er betydelig lavere enn 200 °C.
- Strømning endrer ikke retning i noe grenkanal.

Konsekvensen vurderes derfor til "Ingen konsekvens", konsekvensverdi = 0.

Oppsummert for scenario "IA":

- Ingen av kriteriene for "tap av SKR" er overskredet.
- Temperatur på overflate av kanaler er lavere enn 200 °C.
- Strømning endrer ikke retning i noe grenkanal.

Konsekvensen vurderes derfor til "Ingen konsekvens", konsekvensverdi = 0.

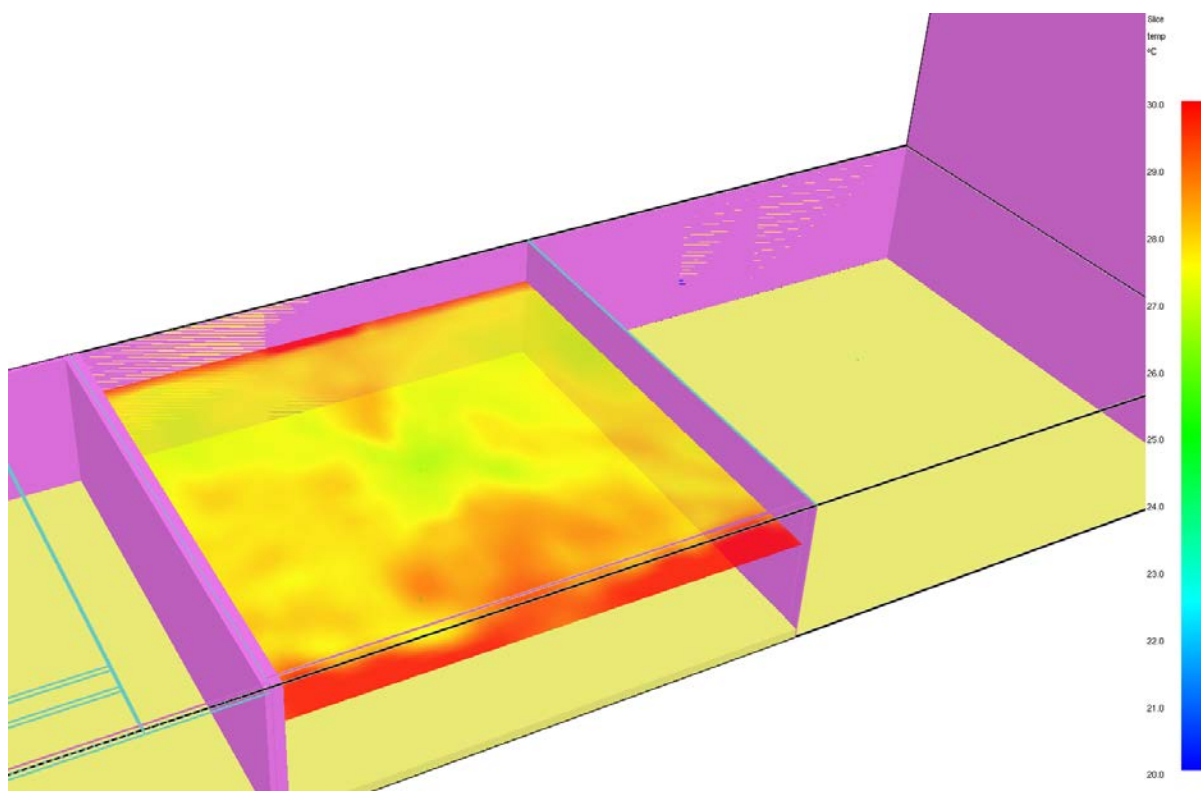
Oppsummert for scenario "II":

- Ingen av kriteriene for "tap av SKR" er overskredet.
- Temperatur i avtrekkskanal er over 400 °C.
- Strømning endrer retning i grenkanal for tilluft til brannrom, og gir spredning av branngasser til SKR. Gassene tynnes imidlertid ut i kanalen, og konsentrasjonen av disse er derfor lavere enn grenseverdi der de kommer inn i SKR.

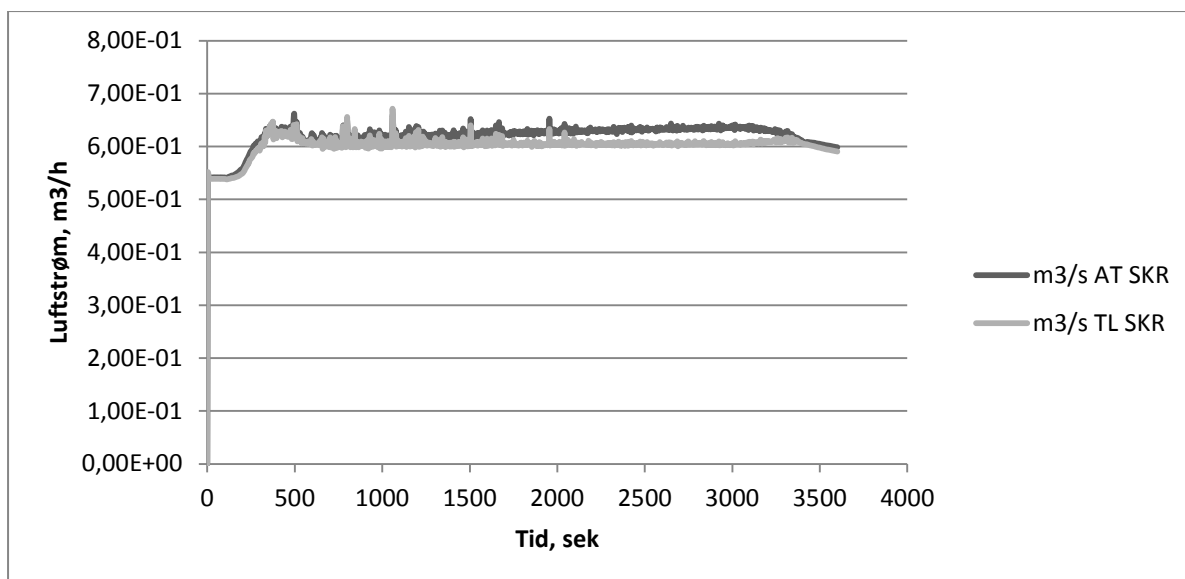
Konsekvensen vurderes derfor til "Høy", konsekvensverdi =100.

Siden scenario "II" var det eneste som medførte høy konsekvens, diskuteres disse resultater nærmere.

Om vi ser nærmere på temperatur i rommet, ser vi at det er en begrenset sone med høy temperatur like ved veggen (Figur 18). Temperatur øker i hele rommet, men overskrider ikke ca. 30 °C. Temperaturøkning tyder imidlertid på at røyk kommer inn i rommet.

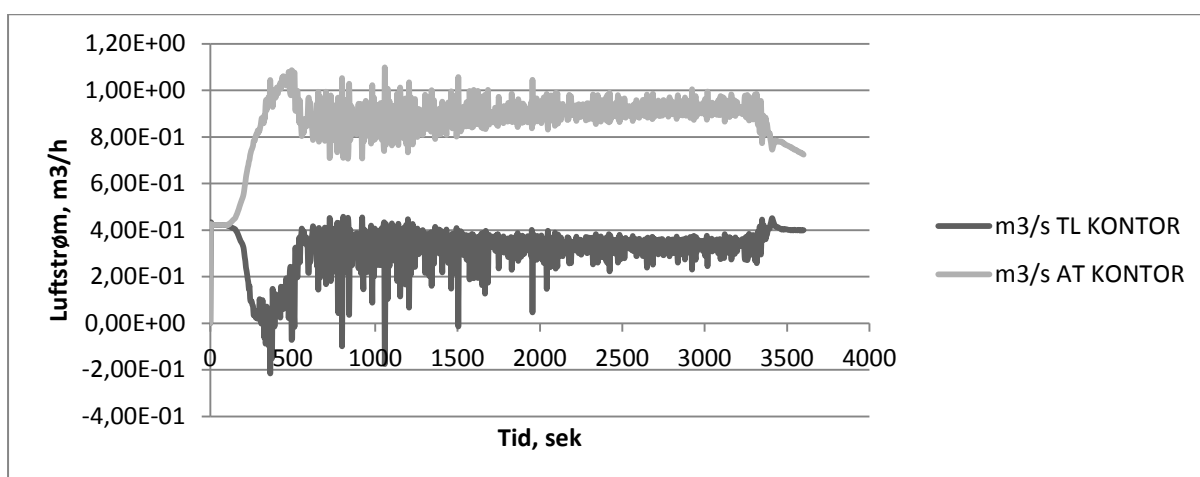


Figur 17- Viser temperatur fordeling i planet h= 2,0 meter over gulv i SKR.



Figur 18- II Ventilasjonsmengde SKR

Her registreres en liten økning av luftstrøm. Strømningsretning er uendret.



Figur 19-II Ventilasjonsmengde brannrom/kontor.

Avtrekksmengde stiger markant (ca. 140 % økning) i brannens vekstperiode. Dette skyldes at utvidelse av røyk skaper trykkøkning i rommet, og at trykkgradient i avtrekkskanal derfor øker. I tillegg reduseres luftens tetthet i øvre lag, hvor avtrekksventiler er plassert.

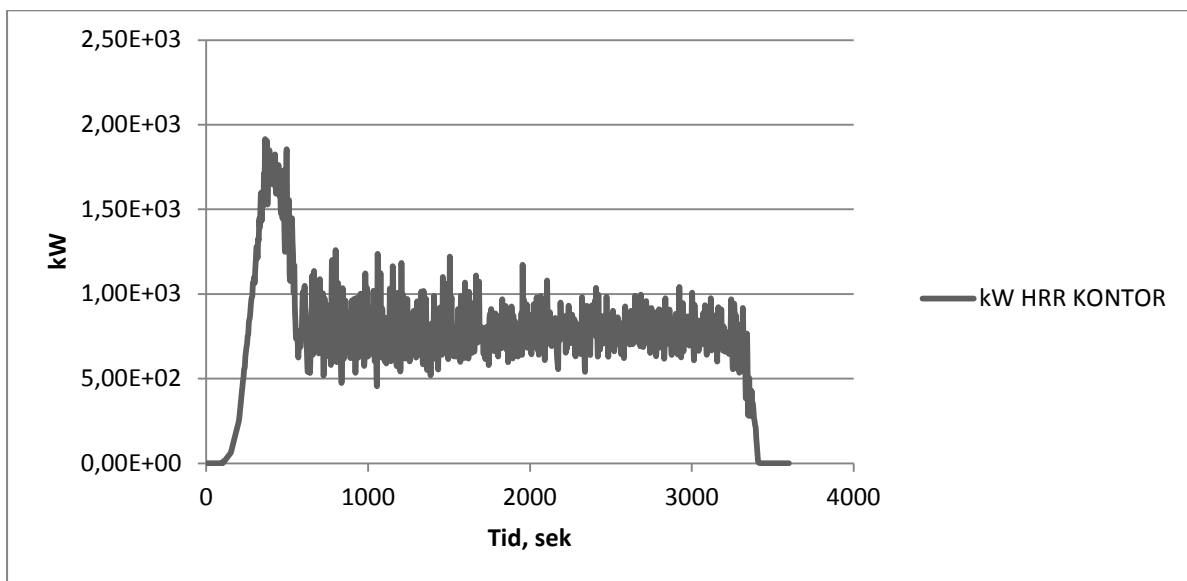
Videre ser vi at tilluft stømning også reduseres betydelig i samme periode, og i korte perioder endrer retning. I perioden $t=330$ til $t=375$ har tilluft kanalen en gjennomsnittlig negativ luftstrøm på 36 l/sek, altså et totalt røykvolum på 1,62 m³ som strømmer fra brannrommet tilbake i tilluft kanalen, og spres til andre rom (SKR). I tillegg er det noen svært korte perioder med negativ strømming senere.

Luften som strømmer til SKR i perioden $t=330$ til $t=375$ har følgende gjennomsnitt volumsammensetning:

- Brensel: $9,38E-08$
- CO_2 : $4,98E-03$
- CO : $1,26E-03$
- Sot: $1,08E-03$
- O_2 : 20,2 %
- Temperatur: $47,9\text{ }^\circ\text{C}$

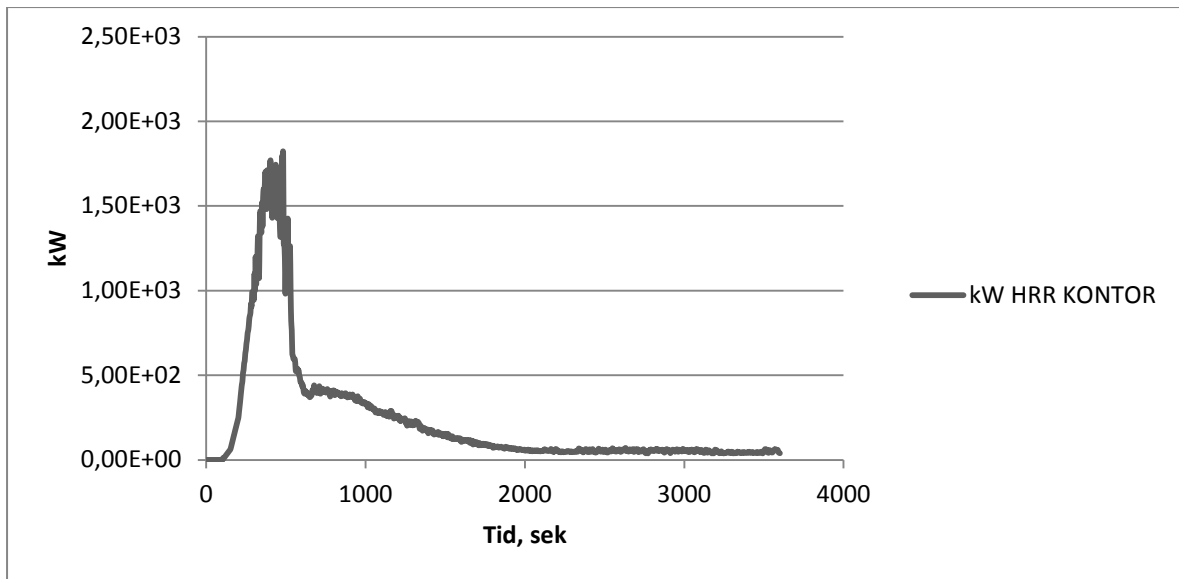
Ingen av grenseverdiene er overskredet, og temperaturen er for lav til at brensel kan selvantenne.

Perioden hvor røykspredning inntreffer (330 til 375 sekunder), sammenfaller med perioden frem mot maks effekt (HRR økende, ca. 1,5-1,8MW) som vist i Figur 21. Dette illustrerer at brannen har tilstrekkelig rask vekst til å oppnå høyeste effekt før oksygenet i rommet er brukt opp og brannen blir ventilasjonskontrollert (ca. 850kW). For detaljer, se: V3- Beregning av branneffekt, HRR.



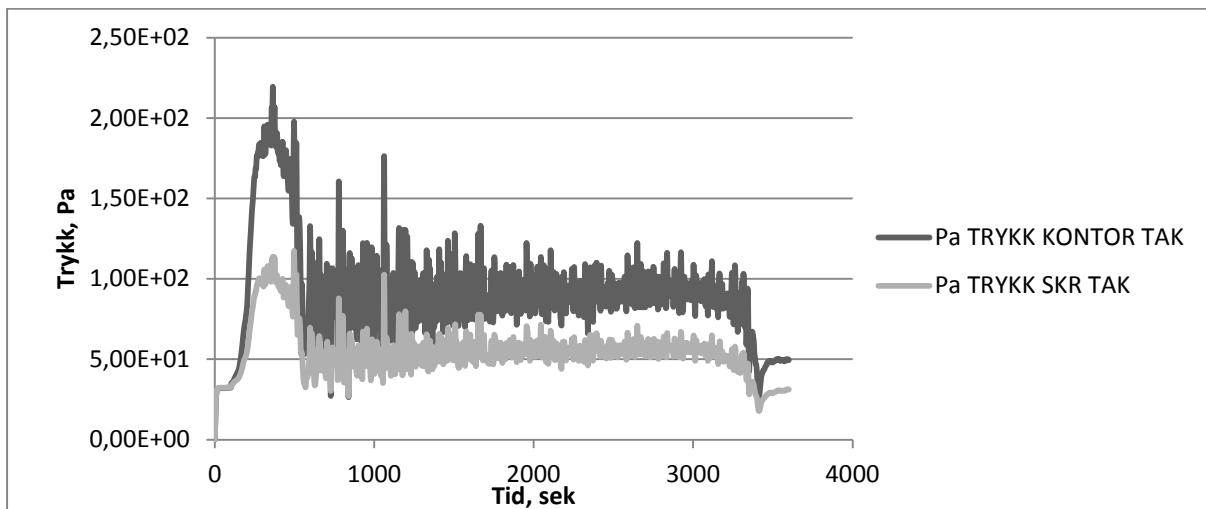
Figur 20-II HRR, Spjeld stenger ikke

Om vi sammenligner Figur 21 med Figur 22, ser vi hvordan stengte brannspjeld påvirker HRR. Disse to simuleringene (II og IA) er identiske, bortsett fra aktivering av spjeld i sistnevnte. Forløpet frem til maksimalverdi 1,8MW er tilsvarende i begge tilfeller, men stengte spjeld gir betydelig redusert HRR i perioden fra 500 sekunder og resten av brannforløpet. Dette tyder på at tilførsel av friskluft til brannrommet via ventilasjonsanlegget, bidrar til at brannen frigir mer energi.

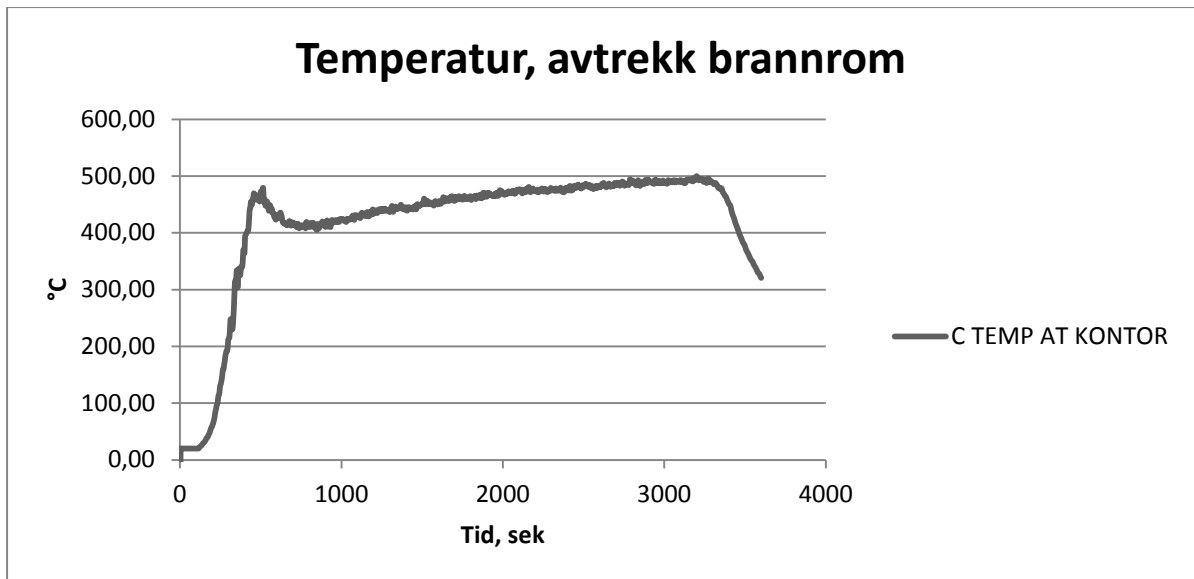


Figur 21-IA HRR Spjeld stenger ved t=200

Trykket i brannrom/kontor stiger fra ca. 30 til ca. 200Pa i perioden fra brannen starter til den når maksimal HRR etter ca. 360s. Det oppstår også en trykkøkning i SKR i denne perioden. Det er en konsekvens av trykkøkning i ventilasjonskanaler, grunnet det høye trykket i brannrommet.

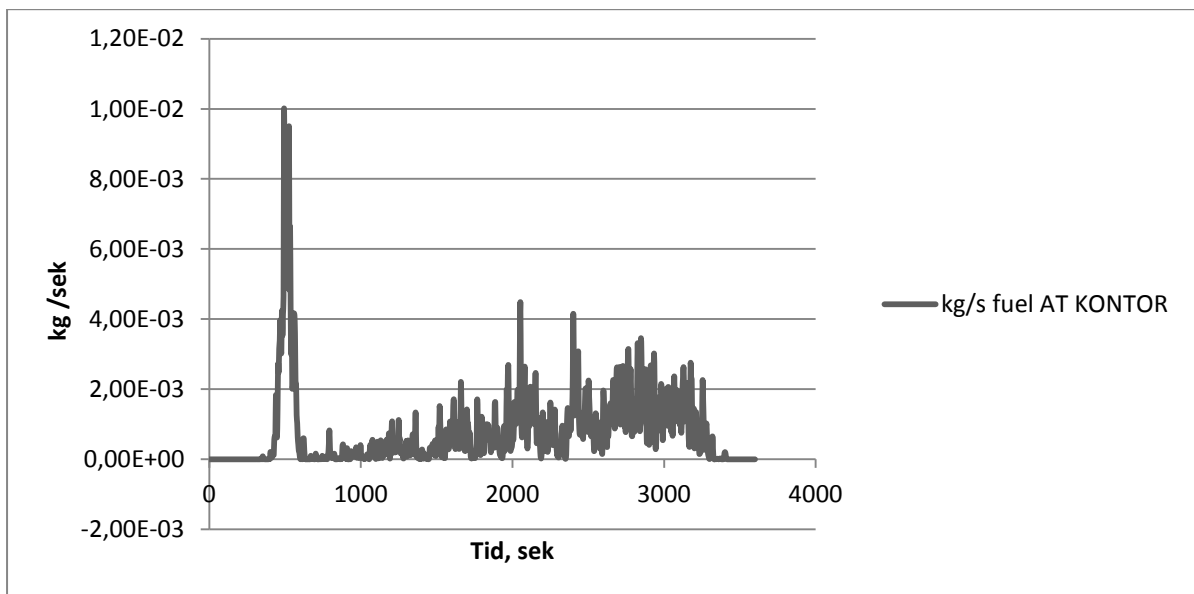


Figur 22- II Trykk i rom



Figur 23-II Temperatur i avtrekkskanal fra brannrom

Temperatur i avtrekkskanal stiger raskt som følge av brannen, og forblir i området 400-500 °C det meste av brannforløpet. Dette er høyere enn selvantennelsestemperatur for polyuretan (400 °C), og derfor kan brensel tenkes å antenne når det tilføres oksygen.



Figur 24-Mengde brensel i avtrekksluft fra brannrom.

Den største strømmen av brensel opptrer i samme periode som temperaturen har en lokal topp på ca. 480 °C. Perioden $t=480$ til $t=520$ analyseres derfor nærmere.

Gjennomsnittsverdier for avtrekk fra brannrom (kg/s), som brukes til simulering:

- Brensel: 6,32E-03
- O₂: 3,54E-02
- N₂: 3,36E-01

- CO₂: 7,78E-02
- H₂O: 2,40E-02
- Temperatur: 466,5 °C

Avtrekk fra SKR modelleres som luft med temp=24 °C, og strømning fra simuleringer: 6,34E-01 m³/sek.

Flere simuleringer ble gjort, og selvantennelsestemperaturen ble variert fra 300-400 °C. Resultatene viste at selvantennning i avtrekksluften ikke fant sted, selv ved antatt selvantennelsestemperatur på 300 °C.

4.2 Effekt av sprinkler

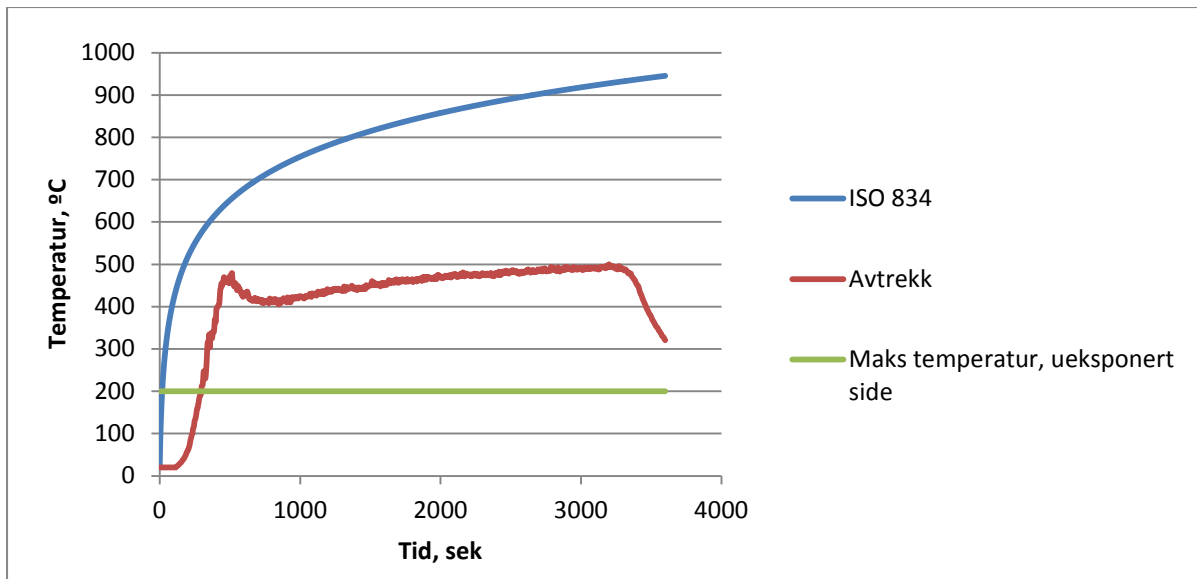
I de tilfeller hvor sprinkler aktiveres, begrenses temperatur i avtrekkskanalene til 60-80 °C, mot 300-500 °C dersom sprinkler ikke aktiveres.

Ingen av resultatene viste uakseptable forhold i SKR, men de høyeste temperaturer og konsentrasjonene av CO og CO₂ oppstår dersom sprinkler ikke aktiveres. Dette kan forklares av høyere branneffekt over lengre tid, altså frigjøres mer røyk og energi. Aktivisering av sprinkler hadde utelukkende positiv effekt. I tillegg til å redusere branneffekt og risiko for røykspredning, vil brannrommet og røyken kjøles ned. Dette reduserer også risiko for selvantennning dersom dører må åpnes i forbindelse med søk, redning eller slokking.

4.3 Effekt av brannspjeld

Simuleringene tyder på at aktivisering av brannspjeld har liten effekt for røykspredning til andre brannceller. Dette kan forklares ved at stengte spjeld gir høyt trykk i brannrom og dertil høy lekkasje gjennom vegger. Åpne spjeld gir lavere trykk og redusert lekkasje gjennom vegger, men i stedet strømmer en liten mengde varme branngasser direkte inn gjennom tilluft kanalen. Åpne spjeld gir også betydelig økt mengde frigitt energi i brannrommet, som følge av økt lufttilførsel til brannen. Totalt sett, ble det lavere konsentrasjoner av røyk i SKR ved å la spjeldene stå åpne.

Aktivisering av brannspjeld vil hindre at varm røyk og flammer kan strømme gjennom avtrekkskanal og varme denne opp til uakseptabel temperatur. Et A60 brannskille skal i følge Innretningsforskriften § 3 tåle en brann med temperatur etter ISO834, uten at noe punkt på ueksponert side varmes opp mer enn 180 °C etter 60min. En slik "ISO-brannkurve" oppnår temperatur på 945 °C. Figur 26 viser ISO-kurven, og simulert temperatur i avtrekkskanalener uten aktivert sprinkler eller brannspjeld. Kanalen er betydelig varmere enn maksimalkravet store deler av tiden, selv om temperaturen i avtrekk fra brannrommet er betydelig lavere enn hva brannskillet skal tåle. Makstemperatur på 200 °C tilsvarer 20 °C start temperatur.



Figur 25- Sammenligning av ISO834 og simulert temperatur i avtrekk, mot maksimal temperatur på ueksponert side av A60 skille. (II)

4.4 Risikoanalyse

Her presenteres og diskuteres resultat av risikoanalyse og sammenligning av ny og gammel filosofi.

Ingen utfall ga konsekvens = lav, middels eller svært høy.

Konsekvens for eskalering av brann internt blir:

- Ny filosofi (uten brannspjeld og sprinkler) :Høy (100)
- Gammel filosofi (med brannspjeld og sprinkler) : Høy (100)

Total frekvens for eskalering av brann internt blir:

- Ny filosofi (uten brannspjeld og sprinkler) :1,23E-03 pr. år
- Gammel filosofi (med brannspjeld og sprinkler) : 3,06E-06 pr. år

Plassert i risikomatrisen, endres risiko fra "lav" til "høy". Konsekvensen er uendret (høy), men sannsynligheten har økt.

Sannsynlighet-> Konsekvens	Svært høy >10 ⁻¹ pr år	Høy <10 ⁻¹ pr år	Middels <10 ⁻² pr år	Lav < 10 ⁻³ pr. år	Svært lav <10 ⁻⁴ pr. år
Svært høy (1000) (Tap av hoved- Sikkerhetsfunksjon)					
Høy (100) (Brann eskalerer internt)			N		G
Middels (10) (Røykspredning, hindrer evakuering)					
Lav (1) (Røykspredning, hindrer ikke evakuering)					

Figur 26-Risikomatrise. "G"-gammel filosofi, "N"-ny filosofi Rød= Høy risiko, gul = middels risiko, grønn = lav risiko.

Risikoanalysen viser en økning i risiko fra gammel til ny filosofi. Dette betyr ikke at nye boligkvarter er mindre sikre enn gamle. Det tyder på at dersom øvrige forhold er identiske, vil brann i en branncelle uten brannspjeld og sprinkler ha større sannsynlighet for å spre brann/røyk, enn i tilsvarende branncelle med brannspjeld og sprinkler.

Årsaken til forskjell i beregnet risiko er at alle scenario hvor brannspjeld og/eller sprinkler aktiveres, ga neglisjerbar konsekvens. Med "gammel filosofi" må altså: Spjeld, sprinkler og manuell slokking svikte samtidig for å medføre betydelig konsekvens. For "ny filosofi" er det tilstrekkelig at manuell slokking svikter.

Her ligger mange forutsetninger til grunn for analysen, både for simuleringer og hendelses tre. Mange av disse forutsetningene var grove men nødvendige forenklinger for å kunne redusere antall kombinasjoner til kun "ny" og "gammel" filosofi. Det er naturligvis innbyrdes forskjeller mellom både nye og eldre installasjoner, som gir ulik effekt av ulike utfall. De utfallene som ga risikobidrag i denne analysen, var de som ga konsekvensene:

- Høy overflatetemperatur på kanaler
- Spredning av røyk gjennom tilluft kanal.

Høy overflatetemperatur vil ha svært ulik effekt, avhengig av hvor disse kanalene er plassert om bord. Dersom de føres fra brannrom direkte til atmosfære, vil konsekvensen internt i boligkvarter være begrenset. Om kanalene derimot føres gjennom sentralt kontrollrom, rømningsveier eller parallelt med kritiske kabler/struktur, vil en høy overflatetemperatur kunne gi spredning av brann og andre uheldige konsekvenser.

Spredning av røyk gjennom kanaler kan også ha svært ulik effekt ved ulike installasjoner. I simuleringer for denne analysen var det forutsatt felles fordelingskanal til SKR og kontorer. Dette resulterte i at røyk kom inn i SKR. Installasjoner som har separat grenkanal for tilluft til fra hovedkanal til SKR (se prinsippet for "Felles fordelingskammer."), vil ikke få røyk inn i SKR. Den vil i stedet kunne strømme til andre områder som har felles fordelingskanal med brannrom.

4.5 Forslag til forbedringer og risikoreduserende tiltak.

Å fjerne røyk fra brannrom ved å benytte samme ventilasjonssystem som for klima/komfort ventilasjon, synes å være et effektivt, risikoreduserende tiltak i områder med lav brannrisiko. Ventilasjonssystemet må bygges uansett, så merkostnadene antas å være marginale sammenlignet med å bygge et eget røykventilasjonsanlegg. Løsningen har imidlertid noen sårbarheter, men noen enkle tiltak kan redusere disse:

4.5.1 Installere sprinklerbeskyttelse eller annen aktiv slokking.

I branner hvor manuell slokking ikke lykkes, vil aktivering av sprinkler eller tilsvarende system redusere risiko for spredning av røyk/brann gjennom ventilasjonskanaler.

4.5.2 Ventilasjonkanaler med samme brannklasse som branncelle.

Å utføre hele kanalen i samme brannklasse som den/de brannskiller den bryter, synes som et effektivt risikoreduserende tiltak. Risikoanalysen ville da gitt lavere risikobidrag for ny enn gammel filosofi.

Dette tiltaket har størst effekt på avtrekk. Avtrekksviften må også være bygget for å tåle den høye temperaturen som oppstår. Dersom denne viften svikter i et system uten brannspjeld, kan røyk spres ukontrollert til flere brannceller.

4.5.3 Tilpasse design av kanalsystemer etter faktisk brannlast.

Risiko for spredning av røyk/flammer i ventilasjonkanaler kan i noen tilfeller reduseres ved å velge kanaldesign hvor felles fordelingskanaler erstattes med flere parallelle grenkanaler. Dette medfører at tilluftskanalenene motstår høyere trykk i brannrom før røyken spres motstrøms. Videre gir det lavere temperatur i avtrekkskanal hvor varme branngasser blandes med luft og reduserer derfor risiko for selvantennning av eventuelt gjenværende brensel. Det er viktig å merke seg at trykk i et lukke brannrom, er et resultat av branneffekt og utforming av ventilasjonkanaler. Selv om branneffekt er identisk i flere rom, vil trykket denne brannen påfører rommet være bestemt av hvor mye motstand røyken møter når den strømmer gjennom kanalene. Det er derfor ikke mulig å overføre resultater av røykspredningsberegninger mellom to ellers identiske rom, dersom ventilasjonkanalene er ulike. Generalisering av resultater og vurderinger mellom flere rom eller installasjoner er derfor vanskelig.

4.5.4 Kartlegge og verifisere brannlast i lavrisiko rom

Petroleumsinnretninger til havs er kostbare, komplekse installasjoner som kan bli stående i lang tid. Et eksempel er Statfjord A, som startet produksjon i 1979 og fortsatt er i drift i dag. Etter flere tiår i drift endres behov, og det kan bli nødvendig å benytte rom til andre formål en de først var tiltenkt. Dette kan påvirke brannbelastning betydelig, og dermed også endre hvorvidt ventilasjon i rommet klarer å fjerne røyk fra en brann. Ved å kartlegge og kvantifisere hvilken brannlast ventilasjonsanlegget klarer å håndtere i hvert rom, kan disse verdiene brukes til å følge opp brannbelastning i installasjonens driftsfase. Det er mye enklere å kontrollere innhold av brennbart materiale i et rom dersom akseptkriteriet kvantifiseres i MJ eller kg, enn om det beskrives som "lavt" eller "tilstrekkelig lavt". Oppfølging og begrensning av brannbelastning gjennom installasjonens driftsfase kan være en effektiv barriere mot storulykke, men da bør kriteriene være målbare.

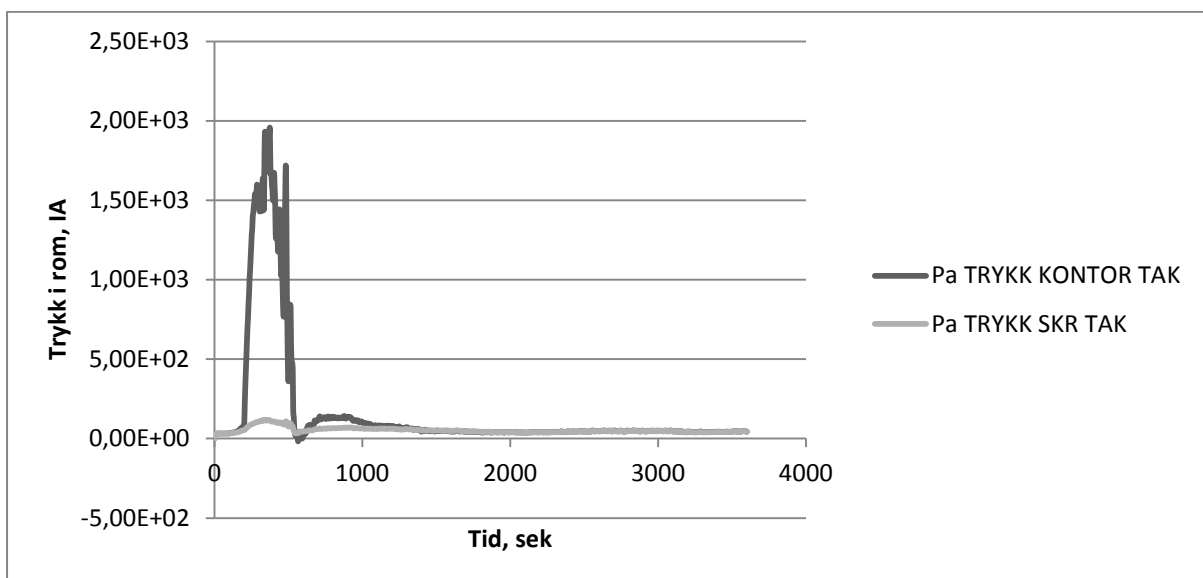
4.5.5 Stenge lufttilførsel til brannrom.

Røykspredning ved innelukkede branner drives i all hovedsak av trykkforskjell mellom brannrom og øvrige rom, uavhengig om spredningen skjer gjennom kanaler eller lekkasjer i konstruksjon. Ventilasjonsanlegget kan påvirke denne trykkforskjellen, og dermed bidra til å kontrollere røykens bevegelser. Erfaringene fra "Scandinavian star" og "Caledonien", var at tilførsel av friskluft med høyere trykk i enkelte områder, effektivt begrenset røykspredning til disse. Simuleringene i denne oppgaven har vist at det å fjerne røyk fra brannrom via ventilasjonen, kan bidra til å begrense trykk.

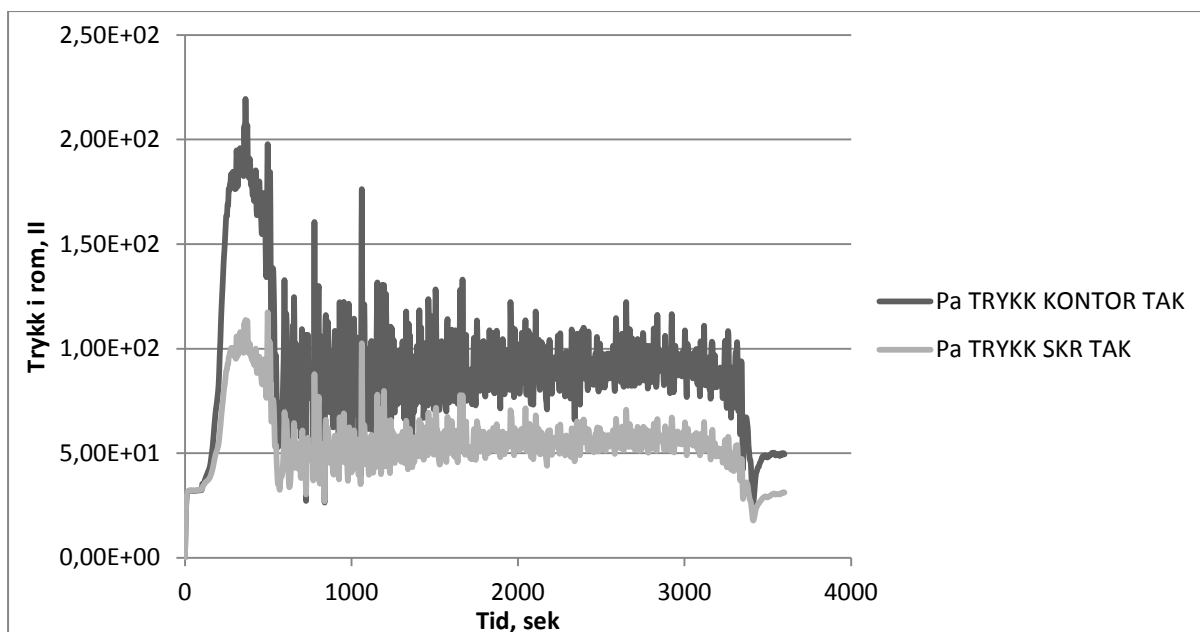
Det virker naturlig å anta at kombinasjonen av disse to effekter kan bidra ytterligere positivt, altså: Redusere trykk i brannrom ved å fjerne røyk og samtidig øke trykk i øvrige rom ved å tilføre dem mer friskluft.

En enkel måte å oppnå begge disse effekter, er å stenge tilluft til brannrom, men la avtrekk stå åpen. Da unngår vi at lufttilførsel bidrar til ytterligere trykkøkning og oksygentilførsel i brannrom, men i stedet trykkes mer friskluft inn i øvrige rom og bidrar til trykkøkning der. En annen fordel er at spjeldet da kan være plassert på ueksponert side av brannen, og dermed ikke utsettes for belastning som høyt trykk og temperatur.

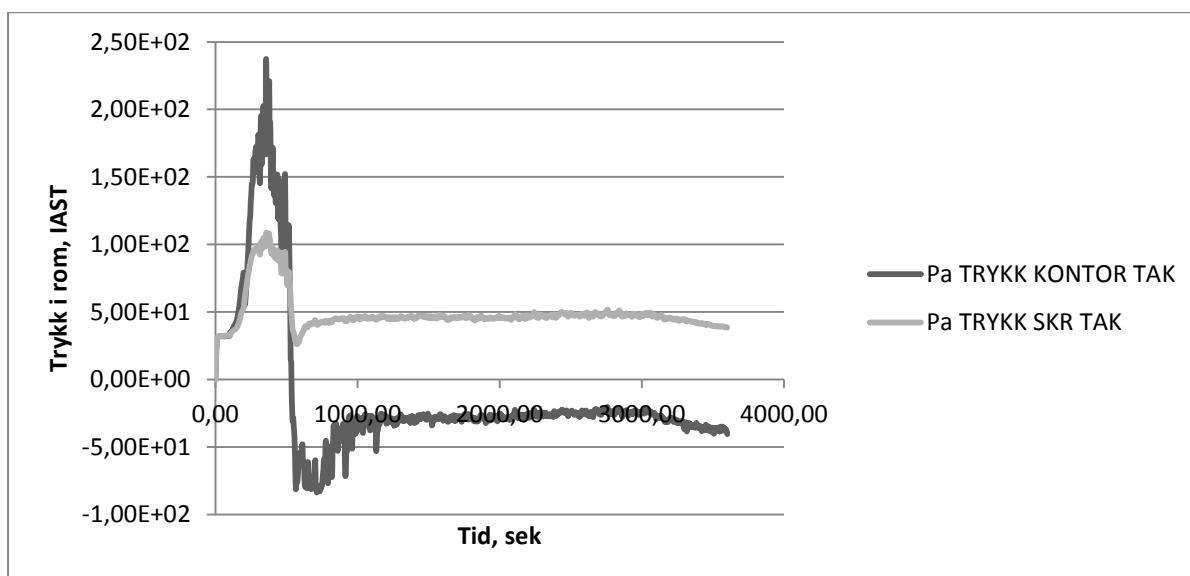
For å illustrere effekten av dette, er brannscenario "IA" (uten sprinkler, med brannspjeld) gjort på nytt, men uten effekten av brannspjeld i avtrekk. Om vi sammenligner resultatene ser vi en tydelig reduksjon i trykkdifferanse og lekkasje, og redusert konsentrasjon av røykgasser i SKR.



Figur 27-Trykk i rom ved aktivert spjeld i tilluft og avtrekk



Figur 28- Trykk i rom uten aktiverte spjeld



Figur 29-Trykk i rom ved aktivert spjeld kun i tilluft

Figur 28 til Figur 30 viser hvordan trykk i brannrom (kontor) og tilstøtende rom (SKR) forløper gjennom simuleringene. Selv om branneffekt er den samme i alle tre scenario, ser vi tydelig forskjell på trykkdifferansen. Ved å aktivere begge spjeld, får vi en maks trykkdifferanse på ca. 1900Pa mellom rommene. Differansen reduseres til ca. 100Pa ved å holde begge spjeld åpne, men den vedvarer over lengre tid.

Om avtrekk holdes åpent mens tilluft stenges, blir trykkdifferanse ca. 100Pa i vekstfasen, men reduseres så til ca. -75Pa, altså et lavere trykk i brannrom enn i tilstøtende rom. Det vil

bidra til å unngå lekkasje av branngasser fra brannrom, både gjennom kanaler og konstruksjon. Dette gir da lavere konsentrasjon av branngasser i tilstøtende rom.

En annen positiv effekt med å redusere trykk et i brannrom, er at dører påvirkes mindre. NORSOK C-002 krever maksimalt 250N åpningskraft for dør i hoved rømningsvei, og dette kan påvirkes av høyt trykk i brannrom.

5 Konklusjon

Risikoanalysen tyder på at "gammel filosofi" (aktivering av sprinkler og brannspjeld) har lavere risiko enn "ny filosofi" (uten sprinkler og brannspjeld), under de her antatte forutsetninger. Det er imidlertid ikke funnet grunnlag for å påstå dette generelt. Andre forhold, som brannlast og ventilasjonsanleggets utforming, har stor betydning for denne risiko, og disse forhold vil kunne variere fra rom til rom.

Aktivering av brannspjeld har positive og negative effekter. De positive er: Redusert temperatur i avtrekkskanaler og mindre frigitt energi fra brann. De negative er: Høyere trykk i brannrom, og dermed økt lekkasje av røyk til omkringliggende rom.

Aktivering av sprinkler ga kun positive effekter.

Dersom uisolerte avtrekkskanaler føres gjennom brannskiller hvor det stilles krav til maksimal temperaturstigning, eller dersom kanalens trasé ligger i nærheten av varmesensitive komponenter, kan dette medføre uheldige konsekvenser dersom avtrekksystemet benyttes under en brann.

Å fjerne røyk fra brannrom ved å benytte samme ventilasjonssystem som for klima/komfort ventilasjon, synes å være et effektivt, risikoreducerende tiltak i områder med lav brannrisiko. Ventilasjonssystemet må bygges uansett, så merkostnadene antas å være marginale sammenlignet med å bygge eget røykventilasjonsanlegg. Løsningen har imidlertid noen sårbarheter, men noen enkle tiltak kan redusere disse:

- Branneffekt, termisk utvidelse og ventilasjonsanleggets ytelse ved brann bør kartlegges og defineres for hvert rom og branncelle, for å sikre at betingelsene i NORSOK H-003 for "lav risiko" faktisk oppfylles.
- Beregninger/simuleringer for både brann og ventilasjon bør gjøres parallelt, for å få tilstrekkelig kartlegging av røykspredning og endringer i ventilasjonskapasitet.
- Det bør etableres rutiner for å verifisere faktiske brannlast og ventilasjonens ytelse, også i driftsfase.
- Sprinkler, eller andre automatiske sløkkesystemer, kan redusere risiko for spredning av røyk/brann betydelig.
- Ventilasjonskanaler som bryter brannskiller uten å utstyres med spjeld, bør utføres med samme brannmotstand som brannskillet, i hele sin lengde. Dette er spesielt viktig for avtrekkskanaler.
- Fordeling av luftstrømninger i kanalsystemer, bør velges på en slik måte at den reduserer risiko for røykspredning.
- Å aktivere stengespjeld på tilluft til brannrom kan bidra til betydelig reduksjon av trykk, og dermed redusere risiko for røykspredning. Det kan i tillegg redusere temperatur og branneffekt ved å redusere oksygentilførsel til brannrom.
- Vifter, viftemotor og øvrig utstyr i avtrekksystem som forutsettes brukt til å fjerne røyk, må konstrueres for å tåle de temperaturer systemet kan utsettes for.

6 Bibliografi

(n.d.).

Adolfsen, T. K. (2003). *Hvordan er kvaliteten på sprinkleranlegg i Norge?*
Opplysningskontoret for sprinkleranlegg.

Björn Karlsson, James G. Quintiere . (2000). *Enclosure Fire Dynamics*". CRC Press.

COLLEEN A.WADE ,MICHAEL SPEARPOINT, ADAM BITTERN, KEVIN (WEI-HENG)
TSAL. (2007). Assessing the Sprinkler Activation Predictive Capability of the
BRANZFIRE Fire Model. *Fire Technology, Vol. 43, No. 3, September*, 175-193.

Det Norske Veritas. (2007). Retrieved 05 03, 2016, from www.hse.gov.uk:
<http://www.hse.gov.uk/research/rrpdf/rr566.pdf>

DiNunno, P. J. (2008). *The SFPE Handbook of fire protection engineering 4th ed.* NFPA.

Direktoratet for brann- og eksplosjonsvern, Statens bygningstekniske etat. (1987). *Rapport om brannen ved Hotel Caledoninen, Kristiansand 5.9.86.* Direktoratet for brann- og eksplosjonsvern, Statens bygningstekniske etat.

Ejnar Danø, Kjell Schmidt Pedersen. (1991). *Brannen på M/S "Scandinavian star" 7 april 1990. Sakkyndig uttalelse om det fysiske brannforløp.* SINTEF.

Floyd, J. (2011). COUPLING A NETWORK HVAC MODEL TO A COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS. Hughes Associates, Inc.

Geir Jensen m.fl. (2015, 11 12). *BV Nett Veileder for brannsikker ventilering Versjon 4.*
Retrieved 03 04, 2016, from www.cowi.no:
http://www.cowi.no/SiteCollectionDocuments/cowi/no/menu/Rapporter/Veileder_brannsikker_ventilasjon.pdf

<https://pages.nist.gov/fds-smv/>. (n.d.). Retrieved 06 01, 2016

(2003). *IMO Resolution A.649: Code for the Construction and Equipment of Mobile Offshore Drilling Units.* IMO.

Jan P. Stensaas, Bodil Aamnes Mostue. (2005). *NY KUNNSKAP OM BRANN OFFSHORE- En innføring i ny kunnskap om brann offshore, tilegnet gjennom de siste 10 års forskning – 2. utgave*". Sintef NBL.

Jensen, L. (1993). *Spridning av rok och brandgaser i ventilationssystem.* Lunds tekniska högskola.

- John H. Klote, James A. Milke, Paul G. Turnbull, Ahmed Kashef, Michael J. Ferreira. (2012). *Handbook of Smoke Control Engineering*. ASHRAE.
- Kevin Frank, Neil Gravestock, Michael Spearpoint, Charles Fleischmann. (2013). A review of sprinkler system effectiveness studies. *Fire Science Reviews*.
- Kevin McGrattan, Simo Hostikka, Randall McDermott, Jason Floyd, Craig Weinschenk, Kristopher Overholt. (2013). *Fire Dynamics Simulator, User's Guide*. NIST.
- Kevin McGrattan, Simo Hostikka, Randall McDermott, Jason Floyd, Craig Weinschenk, Kristopher Overholt. (2013). *NIST Special Publication 1018; Sixth Edition: Fire Dynamics Simulator Technical Reference Guide*. Baltimore: NIST.
- M.Rausand og I. B. Utne. (2009). *Risikoanalyse -teori og metoder*. Tapir Akademisk forlag.
- NFPA. (2016). <http://www.nfpa.org>: Retrieved 07 15, 2016, from <http://www.nfpa.org>: <http://www.nfpa.org/news-and-research/news-and-media/press-room/reporters-guide-to-fire-and-nfpa/all-about-fire#tri>
- NORSOK STANDARD H-003*. (2010). Standard Norge.
- NORSOK STANDARD S-001 Technical safety*. (2008). Standard Norge.
- NS-EN ISO 13702*. (2015). *NS-EN ISO 13702*. Standard Norge.
- OFAS. (n.d.). www.slokkeanlegg.no. Retrieved 09 01, 2016, from <http://www.slokkeanlegg.no/novus/upload/file/OFAS/ofas-brosjyre-ma-alt-se-svart-ut-2012.pdf>
- Oljedirektoratet. (1978). *Forskrifter for produksjons- og hjelpesystemer på produksjonsanlegg m.v. for utvinning av petroleumsforekomster i indre norske farvann, norsk sjøterritorium og den del av kontinentalsokkelen som er undergitt norsk statshøyhet*. Oljedirektoratet.
- Oljedirektoratet. (1979). *Midlertidige forskrifter for boligkvarter på produksjonsanlegg m. v. for utvinning av petroleumsforekomster i indre norske farvan, norsk sjøterritorium og den del av kontinentalsokkelen som er undergitt norsk statshøyhet*. Oljedirektoratet.
- Oljedirektoratet. (1992). *Forskrift om eksplosjons- og brannbeskyttelse av innretninger i petroleumsvirksomheten, Fastsatt av OD 7. februar 1992*. Oljedirektoratet.
- Stensaas, J. P. (1998). *A Verification of the Need for Fire Dampers in Ventilation Channels Passing through Fire Partitions in 17 Rooms on the Troll C Platform*. SINTEF.
- Wighus, Ragnar/Meland, Øystein/Mathisen, Hans Martin. (1993). Aktiv og passiv brannsikring relatert til brannspjeld. Del 1: Boligkvarter. Sintef NBL.

Vedlegg

V1- Forutsetninger for modell brukt i CFD simuleringer.

For å finne et mest mulig representativt for å modellere ventilasjonssystem og brannskiller, har jeg undersøkt forskriftskrav og tekniske data (tegninger og spesifikasjoner) for 4 installasjoner som i dag opereres på norsk sokkel. 2 av installasjonene er bygget i perioden 1980-1990, mens 2 er bygget etter 2000.

Intensjonen har vært å finne ulikheter og fellestrekk mellom de løsninger som er bygget etter gamle og nye retningslinjer/standarder, og dermed kunne gjøre sammenlignbare simuleringer for begge konsepter og analysere forskjellene i resultater.

Forutsetninger for ventilasjonssystem.

- Tilluft og avtrekk forsynes fra sentrifugalvifte. Øvrige komponenter i ventilasjonssystem påvirkes ikke av trykkendringer.
- Viftene forsyner flere brannområder via kanaler. Kanaler passerer gjennom brannceller.
- Tilluft og avtrekk kanalnett utføres i uisolert stålplate, ca. 1mm tykk.
- Luftmengder og trykk er justert med spjeld som er låst fast i posisjon etter oppstart.
- Tilluft og avtrekksmengder er justert slik at det i normaltilstand oppstår et overtrykk innendørs på ca. 50Pa.
- Avtrekksluft trekkes ut av sentrifugalvifte. Det er ikke installert varmegjenvinner, filter eller andre komponenter som påvirkes av røyk i avtrekk.
- Luftinntak og avkast er tilstrekkelig adskilt til å unngå å trekke røyk inn sammen med friskluft.
- Ventilasjonskanaler velges med tverrsnitt slik at gjennomsnitts strømningshastighet er 5m/s ref. "NS-EN ISO 15138:2007 kapittel 5.3.2.3.5 Duct systems".
- Ventilasjonsluftmengder til hvert rom velges slik at luftskifte blir: 5,5AC/h for kontor, 7,0 AC/h for SKR og LIR, og 4,0 for resten av boligkvarter.
- LIR og SKR har fortrengningsventilasjon, altså tilluft tilføres nær gulvnivå, og avtrekk i tak.
- Kontor har fortynningsventilasjon, altså tilluft og avtrekksventiler plassert i tak.
- Kanaler isoleres ikke, med unntak av en meter ved gjennomføring av brannskille.
- Interne fordelingskanaler i branncellen modelleres ikke.

For "gammel filosofi" forutsettes i tillegg til generelle forutsetninger:

- Kanalgjennomføringer i brannskiller er utstyrt med brannspjeld som stenger ved avtrekkstemperatur på ca. 70 °C.
- Sprinkleranlegg er montert i boligkvarter, og løser ut på ca. 70 °C.

For "ny filosofi" forutsettes:

- Ingen brannspjeld i brannskiller for lavrisiko områder i boligkvarter.

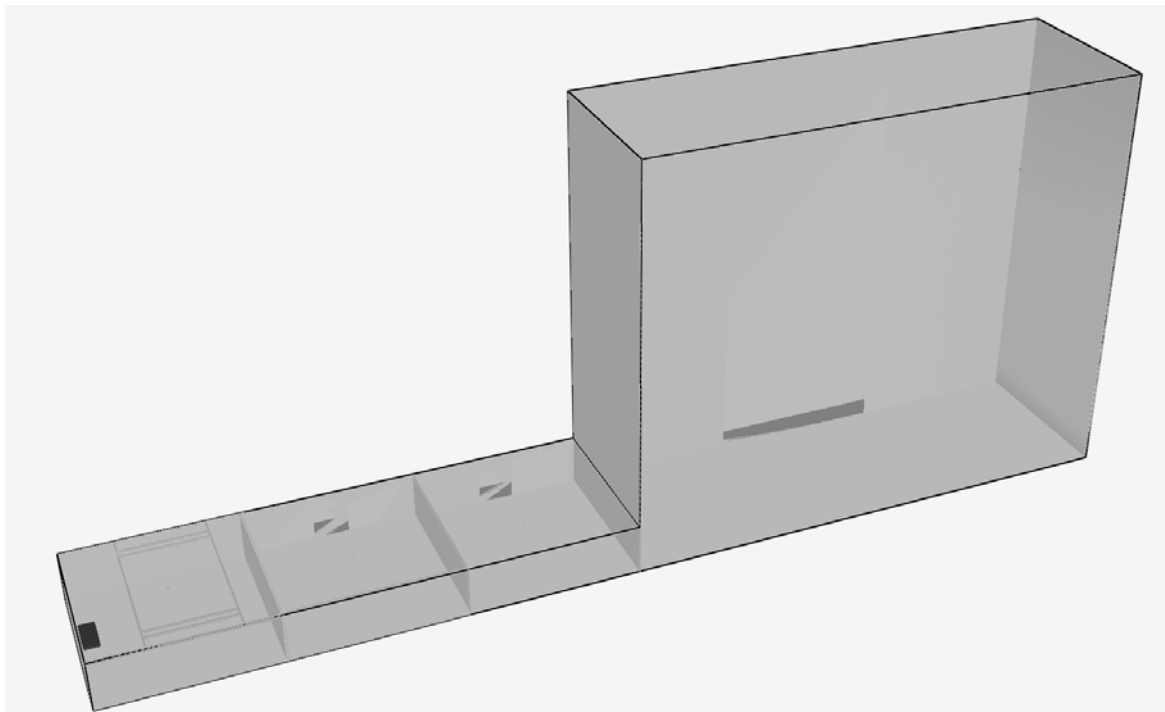
- Ingen sprinkleranlegg installert i lavrisikoområder i boligkvarter.

Forutsetninger for brannvegger.

- Sentralt kontrollrom utføres med brannskillevegger klasse A60
- Etasjeskiller utføres i klasse A60.

Forutsetninger for rom.

- Samme romløsning for ny og gammel filosofi.
- Modellen er en sterkt forenklet versjon av et boligkvarter.
- Kontor, Sentralt kontroll rom (SKR), og Lokalt instrument rom (LIR) antas plassert like i nærheten av hverandre.
- Interne vegger (uten brannklasse) i branncelle er ikke modellert.
- Resten av boligkvarteret er modellert som et stort, tomt rom



Figur 30- Geometrisk modell, visualisert i Smokeview. Tak og nærstående vegger er her gjennomsiktige.

Kontor:

- $B \times L \times H = 10 \times 10 \times 2,8$ meter.
- Normal ventilasjonsmengde: 1.500m³/h

SKR:

- $B \times L \times H = 10 \times 10 \times 2,8$ meter.
- Normal ventilasjonsmengde: 2.000m³/h

LIR:

- $B \times L \times H = 10 \times 10 \times 2,8$ meter.

- Normal ventilasjonsmengde: 2.000m³/h

Resten av boligkvarter:

- Modelleres som ett stort rom, BxLxH= 10x30x25 meter.
- Normal ventilasjonsmengde: 30.500m³/h

Lekkasje mellom de ulike rom modelleres som et lekkasjeareal som gir 1,7 AC/h ved 50Pa differansetrykk, ref. NORSOK C002- 11.6. Lekkasjearealet fordeles jevnt over rommets areal, og settes konstant. Lekkasjemengden mellom rommene vil variere som funksjon av trykkdifferanse mellom disse.

Brannskiller og gjennomføringer testes etter IMO Resolution A.754(18), og denne setter krav til størrelse på åpninger som kan opptre under brann. Den setter imidlertid ikke noen begrensning for hvor mange åpninger, eller hvor stort areal som aksepteres. Simuleringene viser temperaturer som er langt lavere enn det IMO testen krever, og det vurderes derfor som en rimelig antagelse at det ikke oppstår betydelig økning i lekkasjeareal ved de branneffekter som brukes i simuleringene.

V2- FDS, detaljer.

Informasjon om FDS/SMV er hentet fra NIST sine nettsider (<https://pages.nist.gov/fds-smv/>). I denne oppgaven er FDS versjon 6.5.1 brukt.

Trykk

FDS løser numerisk et oppsett av ikke kompressible Navier-Stokes ligninger som er tilpasset strømning med lav hastighet ($Ma < 0,3$). En lokal endring i trykk vil derfor i FDS forplante seg umiddelbart i hele trykksonen, i stedet for å skape en trykkbølge som utbres gradvis med lydhastighet. Lydhastighet i luft er normalt ca. 300m/s, mens strømningshastigheter i brann er i størrelsesorden 10 m/s.

Det er mulig å dele modellen inn i ulike trykk soner. Dette medfører at trykket i hver sone kan variere uavhengig av hverandre. Dette er praktisk i tilfeller hvor man ønsker å kartlegge trykkvariasjoner i ulike rom.

FDS betrakter trykket i et hvert punkt som summen av et bakgrunns trykk (background pressure) og en strømningsforstyrrelse (flow-induced perturbation).

Strømning/turbulens

FDS er en LES (Large Eddy Simulation) modell, laget for å simulere luftstrømning med lave hastigheter ($Ma < 0,3$). LES prinsippet betyr at alle størrelser i strømningsfeltet blir filtrert med en filterbredde tilsvarende celledørrelse. Da kan all materie med tilhørende egenskaper i hver celle representeres som en enhet, hvor alle egenskaper (tetthet, hastighet, trykk, temperatur o.l.) er felles for hele cellen.

Dette er en forenkling som medfører at modellen ikke direkte tar hensyn til mekanismer som oppstår i lengdeskala mindre enn cellen ("sub grid scale"). Dette løses ved å bruke empiriske modeller for å beregne effekten av disse mekanismene, basert på informasjon i den enkelte og tilstøtende celler. Deretter kan de berørte størrelsene i strømningsfeltet korrigeres.

FDS håndterer effekten av turbulens i lengdeskala mindre enn gridceller ("sub grid scale") ved å legge til en turbulent viskositet i tillegg til den dynamiske viskositeten for strømmingen. Turbulent viskositet beregnes etter Deardorff's modell. Termisk- og masse-diffusivitet beregnes deretter fra turbulent viskositet.

Forbrenning

Forbrenning kan modelleres på to ulike måter i FDS: Blandingsbestemt eller reaksjonsbestemt. Jeg har brukt blandingsbestemt.

Blandingsbestemt forbrenning ("mixing-controlled") modelleres ved å anta umiddelbare kjemiske reaksjoner i forbrenningen. FDS vil da la reaktanter omdannes til produkter med det samme de blandes, så lenge temperaturen er høyere enn selvantennelsestemperatur, og sløkking ikke inntreffer. FDS modellerer sløkking ved å sette som kriterium at det må frigjøres nok energi til å øke temperatur i kontrollvolum til over en kritisk flammetemperatur for at forbrenning skal skje. Kritisk flammetemperatur er satt til 1327 °C.

Reaksjonsbestemt ("finite-rate") tar hensyn til reaksjonstid mellom reaktantene. Disse må altså være i kontakt en gitt tid før de omdannes til produkter. Denne metoden krever svært finmasket inndeling av grid, og er lite egnet for større brannscenario.

FDS kan håndtere flere ulike typer brensel, men den forenklede forbrenningsmodellen som jeg bruker her, kan kun håndtere en type gassformig brensel om gangen. Jeg har valgt å bruke polyuretan, $C_{6,3}H_{7,1}NO_{2,1}$ ref (DiNenno, 2008) som brensel, siden dette kan finnes i møbler o.l. som kan forekomme på et kontor. I virkeligheten vil det naturligvis være flere andre brensel som deltar i forbrenning av kontormøbler (trevirke, andre plastmaterialer med mer). Siden brannen i simuleringer for denne oppgaven er definert av HRR som input, vil FDS korrigere frigitt masse etter spesifikk brennverdi.

Mekanisk ventilasjon representert i FDS.

Dersom ventilasjonskanaler skulle modelleres direkte i beregningsdomenet i FDS, ville dette blitt svært arbeidskrevende både for modellering og simulering. Slike kanaler kan ha mange bend og forgreninger som gir kompleks geometri.

Dette løser FDS derfor ved å bruke en egen HVAC nettverksmodell som beregner strømning i kanalsystemet ref. (Floyd, 2011). Ved hjelp av denne kan ventilasjonsanlegget modelleres med kanaler og vifter som kobles sammen med noder. Tilluft/avtrekk ventiler i rom defineres i FDS som "vent", og disse knyttes til samme noder som i HVAC modellen. Beregningsdomenet og HVAC modellen utveksler da informasjon om trykk, temperatur og luftens sammensetning i disse felles nodene.

Dette forenkler simuleringene i kanalene, men skaper også noen begrensninger knyttet til HVAC-modellen. De mest relevante i denne sammenheng er:

1. Det er ingen forbrenningsligninger, og tas derfor ikke hensyn til forbrenning i kanalnettet. Selv om FDS simulerer forbrenning/flammer i luft som strømmer inn i kanalen, vil reaksjonen ikke videreføres i HVAC-beregningene. Likeledes vil brensel fra en node som blandes med oksygen fra en annen, ikke brenne. Dette løser jeg ved å kjøre egne simuleringer hvor en seksjon av kanalen modelleres i FDS, og luftstrømmenes sammensetning og temperatur hentes fra brannsimuleringen. Det blir da mulig å simulere at varm røyk med uforbrent brensel blandes med oksygenholdig luft fra tilstøtende rom. Dette for å se om det oppstår flammer i kanal på ueksponert side av brannskillet.
2. Ingen akkumulering av masse eller tidsforsinkelse av massestrøm i kanaler. Det som strømmet inn i en kanal, antas å strømme ut i motsatt ende i samme øyeblikk. Dette var et problem med tidligere versjoner av FDS, og resulterer i urealistiske trykksvingninger. I de nyere versjonene håndteres dette ved å begrense hvor ofte trykket mellom HVAC-modell og FDS skal utveksles.

Ventilasjonssystem:

- Sentrifugalvifte tilluft, med kapasitet:
 - 43.200m³/h@0Pa
 - 36.000m³/h ved normal driftstrykk
 - 0m³/h@1.000Pa
- Sentrifugalvifte avtrekk, med kapasitet:
 - 43.200m³/h@0Pa
 - 36.000m³/h @normal driftstrykk
 - 0m³/h@700Pa
- Kanalsystem modelleres med strupinger for å oppnå overtrykk ca. 50Pa i normaltstand (før brann) i alle rom.
- I de scenario hvor brannspjeld skal aktiveres, skjer dette etter 200 sekunder, tilsvarende som sprinkler.

FDS skiller ikke mellom rette kanaler og bend, eller andre enheter med strømningsmotstand. Her betraktes kanalnettet kun som rette kanaler. Kanalens lengde og tverrsnitt eneste input, og dette bruker FDS til å beregne strømningsmotstand. Når vi definerer kanalens lengde i FDS, må vi derfor legge til en lengde som gir tilsvarende strømningsmotstand som forventet antall bend, spjeld o.l. for hver kanal.

Opprinnelig ventilasjonsrate (før brannen påvirker ventilasjonen) modelleres ved å oppgi viftekurve i FDS, og deretter justere kanallengder(og dermed strømningsmotstand) slik at luftmengdene blir rett. Dette tilsvarer motstanden som et reguleringsspjeld gir i et virkelig kanalnett.

Ventilasjonssystemet vil nå oppføre seg mer likt et reelt ventilasjonssystem, uten at vi trenger å sette urimelige begrensninger for trykk eller strømning. Da vil FDS beregne faktisk strømning i alle kanalene for hvert tids steg, basert på faktiske trykkvariasjoner og tetthetsendringer som følge av brann. Endring av viftens leverte mengde som følge av endret trykk, vil også tas hensyn til.

Oppløsning i grid, cellestørrelse

For hvert beregningsdomene, må det angis en cellestørrelse i x-y og z retning.

Cellestørrelsen avgjør hvor detaljert informasjonen fordeles i domenet. Et finmasket grid (små celler) vil kunne beskrive små, lokale variasjoner mer nøyaktig, mens et grovmasket (store celler) i større grad vil resultere i gjennomsnittsverdier midlet over større volum. Et finmasket grid vil føre til økt tidsforbruk for simuleringen. Det er derfor hensiktsmessig å spesifisere grid fint nok til å gi et tilstrekkelig detaljnivå til formålet, men ikke så mye mer enn det.

For rommene LIR og "Øvrige rom", har jeg brukt svært grov oppløsning, med gridceller på 1x1m. Dette gir lite nøyaktighet for lokale variasjoner, men er vurdert OK ettersom jeg ikke henter noe informasjon fra disse rommene. De er kun med i simuleringen for å skape realistiske strømningsforhold i ventilasjonsanlegget. HVAC-modellen bruker middelveier for alle størrelser over hele ventilasjonsåpningen, så høy oppløsning i rommet bidrar lite til økt nøyaktighet.

FDS benytter forholdet mellom en karakteristisk brann diameter (D^*) og nominell cellestørrelse (δx) for å beskrive nødvendig cellestørrelse for vertikale røykstrømmer drevet av oppdrift.

Formel 4- karakteristisk brann diameter (D^*), hentet fra FDS User's guide s. 37.

$$D^* = \left(\frac{\dot{Q}}{\rho_{\infty} c_p T_{\infty} \sqrt{g}} \right)^{\frac{2}{5}}$$

Forholdet $D^*/\delta x$ bør være mer enn 5 for å sikre tilstrekkelig oppløsning av slike strømmer. Karakteristisk brann diameter er en funksjon av branneffekt/HRR, og vil derfor variere gjennom brannforløpet. Den bør derfor evalueres ved den branneffekt som opptrer på det tidspunkt hvor høy nøyaktigheten er interessant. I dette tilfellet er det perioden hvor sprinklerhode og brannspjeld løses ut, $t=200s$ og $HRR=252kW$. Dette gir $D^*/\delta x = 5,5$ ved $\delta x=0,1m$. Jeg velger derfor gridceller med størrelse 0,1m i brannrom. For detaljer, henvises leseren til kapittel 6.3.6 (Kevin McGrattan, Simo Hostikka, Randall McDermott, Jason Floyd, Craig Weinschenk, Kristopher Overholt, 2013).

V3- Beregning av branneffekt, HRR.

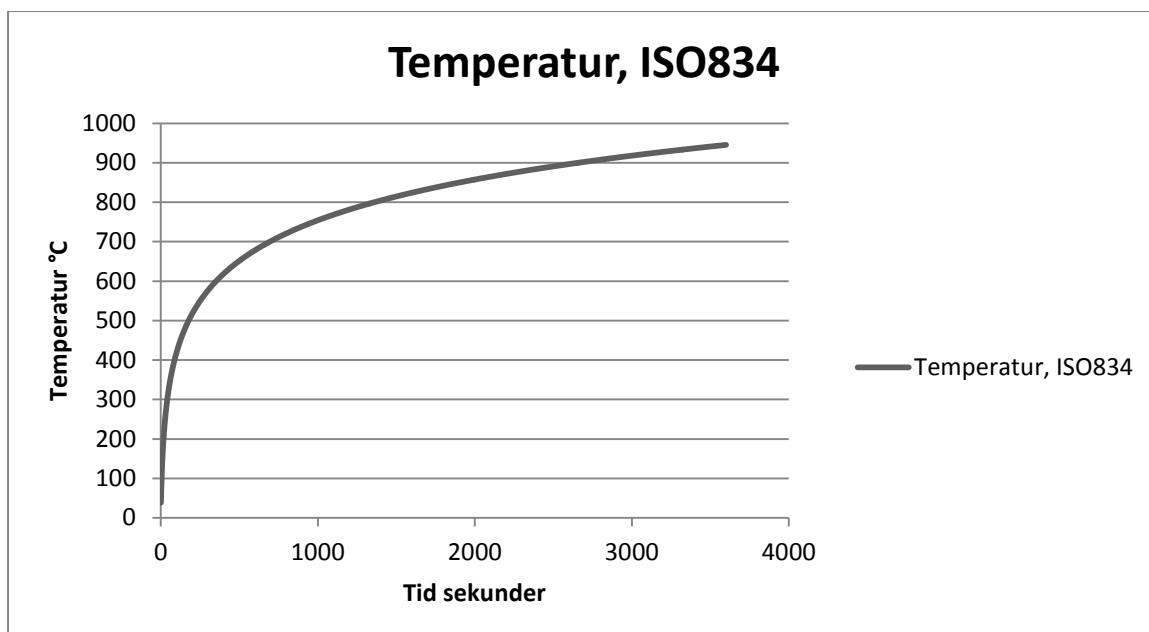
Alle brannscenario simuleres som flammebrann. Både sprinkler og brannspjeld aktiveres av høy temperatur, og ulmebranner er vurdert ikke å ha tilstrekkelig effekt til å aktivere noen av delene (Wighus, Ragnar/Meland, Øystein/Mathisen, Hans Martin, 1993). Konsekvensen av en ulmebrann vil derfor være den samme, uavhengig av om spjeld og sprinkler er installert eller ikke.

Designbrannen blir gitt som input til FDS ved branneffekt som funksjon av tid. FDS regner dette om til en frigitt mengde brensel pr. sek., basert på det aktuelle brenselets brennverdi. Programmet vil deretter selv korrigere reell effekt fra forbrenning (HRR), etter hvor mye oksygen som til en hver tid er tilgjengelig. Dersom en celle inneholder mer brensel enn hva det finnes tilgjengelig oksygen til å forbrenne, vil FDS korrigere ved kun å tillate en andel av brenselet å omdannes til produkter, resten vil forbli brensel. Det uforbrente brenselet vil kunne strømme ut av cellen, og blandes med oksygen i en annen celle på et annet tidspunkt. Dersom forholdene for forbrenning da er til stede, vil brenselet forbrennes og energi frigis da på et senere tidspunkt enn da brenselet ble avgitt til. Dette betyr at faktisk HRR som funksjon av tid i simuleringen, kan avvike fra den HRR vi har gitt som input.

Brannskiller og gjennomføringer skal imidlertid dimensjoneres og testes etter en brann som definert ved temperaturkurve i ISO 834. Denne kurven angir kun en temperatur som funksjon av tid, men sier ikke noe om hvilken branneffekt rommet blir utsatt for. Kurven beskrives av Formel 3, hvor t er tid i minutter.

Formel 5- Temperaturkurve beskrevet av ISO 834

$$T = 345 \log_{10} (8t + 1) + 20$$

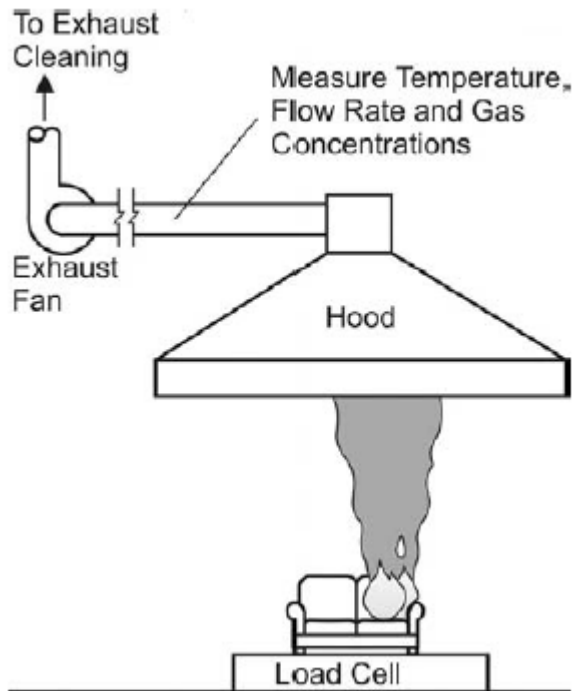


Figur 31- ISO 834 temperaturkurve

Det har ikke lyktes å finne kvantifiserte krav/føringer i forskrift eller standard, som beskriver hvilken branneffekt et ventilasjonsanlegg skal kunne ventilere bort. Det har heller ikke lyktes å oppdrive noen beregninger av dimensjonerende ulykkelaster for interne branner i boligkvarter, fra verken de nye eller gamle installasjonene jeg har undersøkt.

Jeg har derfor valgt å definere branneffekt basert på metode beskrevet i (John H. Klote, James A. Milke, Paul G. Turnbull, Ahmed Kashef, Michael J. Ferreira, 2012) kapittel 5, men korrigert resultatet for å ta hensyn til at brannen er i lukket rom med begrenset lufttilførsel.

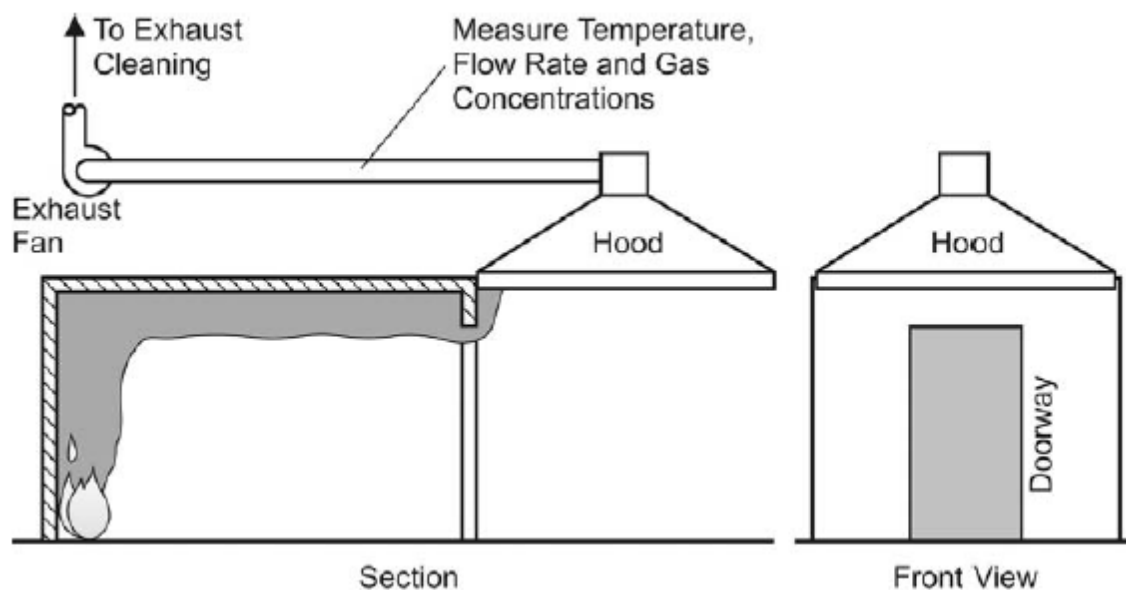
Hvor mye effekt brannen vil klare å avgi, er avhengig av hvor mye brennbart materiale som frigjøres. Dette kan testes for ulike materialer eller utstyr, og resultat fra slike tester kan brukes til å beregne branneffekt (John H. Klote, James A. Milke, Paul G. Turnbull, Ahmed Kashef, Michael J. Ferreira, 2012) presenterer et utvalg av slike resultater.



Figur 32- Fra Handbook of Smoke Control Engineering s. 159

Figur 34 skisserer hvordan slike tester utføres med et åpent kalorimeter. Her brenner testobjektet med ubegrenset tilgang til oksygen, og røyken fjernes kontinuerlig. HRR kurvene som kommer fra slike tester blir derfor ikke helt representative for hvordan objektet vil brenne i en innelukket brann. I et lukket rom vil den varme røyken fra brannen samles under taket i et røyksjikt, og føre til økt varmestråling tilbake til objektet. Dette vil kunne øke pyrolyse rate, slik at brennbart materiale frigjøres raskere. Dersom røyksjiktets tykkelse øker så mye at det møter objektet, vil både temperatur og luftens sammensetning (O_2 , CO_2 , H_2O , sot o.l.) kunne påvirke forbrenning og dermed HRR. Figur 35 viser en annen metode, hvor objektet brennes inne i et rom, og det dannes et røyksjikt i rommet. Røyken trekkes så ut gjennom øverste tverrsnitt av døråpning, mens oksygen tilføres via nedre tverrsnitt.

Det er rimelig å anta brannen ville utvikle seg annerledes dersom døren var lukket, og at data fra slike tester derfor kan også avvike fra hvordan tilsvarende objekt vil brenne i et lukket rom.



Figur 33-Fra Handbook of Smoke Control Engineering s. 159

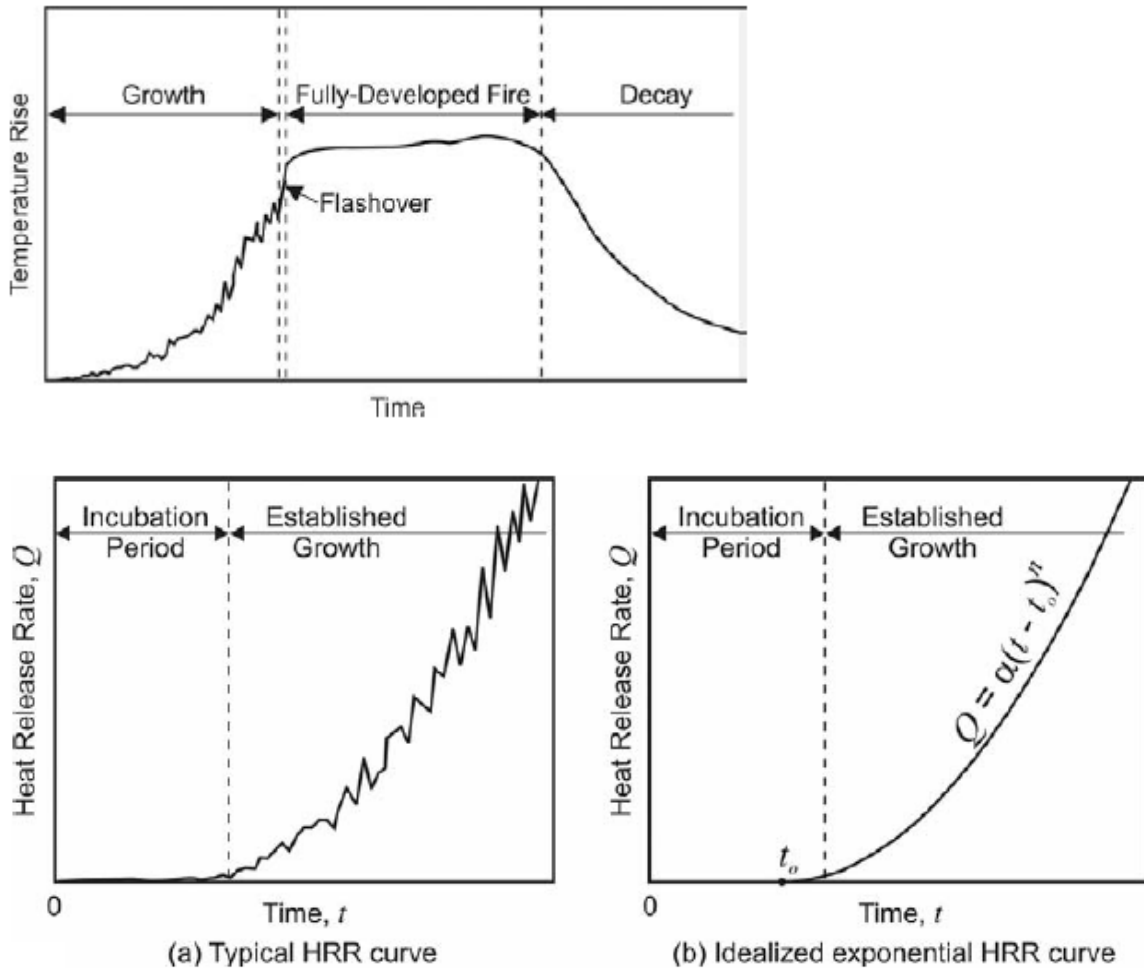
Brannbelastning for simuleringene bygger på kurvene fra Figur 37 med følgende forutsetninger:

- Brannbelastningen i kontor begrenses til 3stk kontorplasser som type "2 Sided (A)" i Figur 37.
- Brannforløpet starter med antenning i en av kontorlassene.
- Det er 2,5 meter mellom kontorlassene

En måte å beskrive brannforløp i et rom er vist i Figur 36. Etter antenning går det noe tid hvor brannens effekt forblir neglisjerbar lav. Denne tiden kalles her "inkubasjonstid". Etterhvert begynner brannen å spre seg, og vokse. Når brannen vokser, får den også tilgang på mer brensel, siden økning i effekt også øker pyrolyse rate.

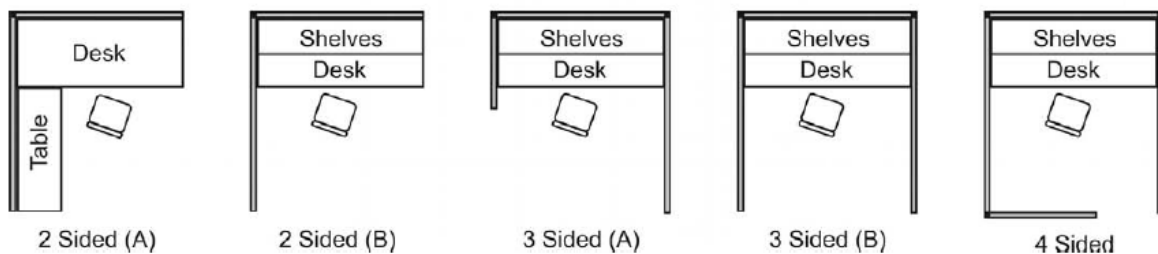
Dette gir en eksponentiell vekstfase, som beskrives som $Q = \alpha(t - t_0)^2$, hvor $Q = \text{HRR}$, $t = \text{tid}$ og $t_0 = \text{tidspunkt hvor HRR starter å stige}$.

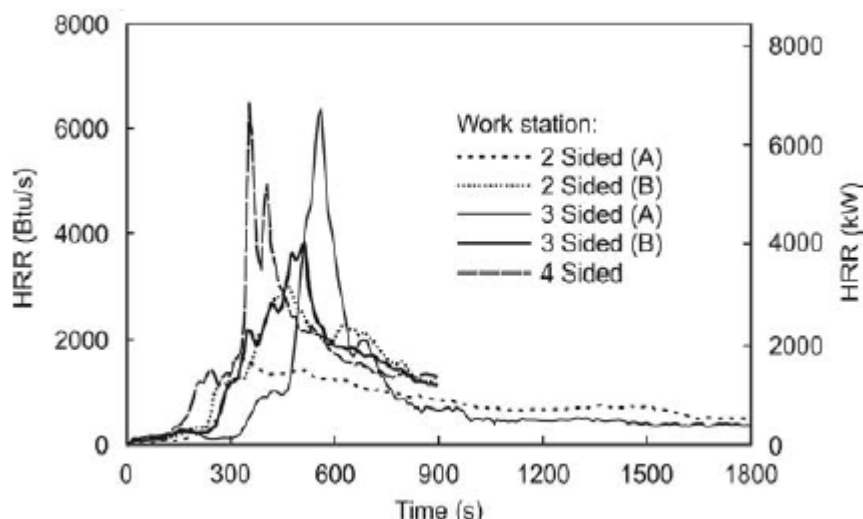
Veksten pågår inntil rommet blir overtent, og brannen er fullt utviklet. HRR forblir da på et tilnærmet konstant nivå, før den faller markant ettersom brenselet tar slutt.



Figur 34-Fra Handbook of Smoke Control Engineering s. 151

HRR som vises for type "2 Sided (A)" i Figur 37, avviker noe fra en tilnærmet konstant effekt ved fullt utviklet brann og markant reduksjon til slutt. Her er det i stedet registrert en maks HRR på ca. 1700kW, og den starter nærmest umiddelbart å avta nærmest lineært gjennom resten av brannforløpet.





Figur 35-Fra Handbook of Smoke Control Engineering s. 163

Formel 5 gir sammenhengen mellom HRR og strålingsintensitet, og " Handbook of Smoke Control Engineering " oppgir at verdi for $q''_{r,i}$ varierer fra 10kW/m² for tynne, lett antenkelige materialer, til 20kW/m² for tykke materialer.

Formel 6- Nødvendig strålingsintensitet for antenning, fra Handbook of Smoke Control Engineering s. 166.

$$Q_{r,i} = 4\pi \times R^2 \times q''_{r,i}$$

$Q_{r,i}$: HRR fra brann (på kontorclass 1).

R: Avstand fra senter av brann (kontorclass 1 til kontorclass 2).

$q''_{r,i}$: Nødvendig strålingsintensitet for antenning.

Avstand mellom senter av brann om neste kontorclass er 2,5 meter, og jeg forutsetter $q''_{r,i} = 15\text{kW}$. Dette gir:

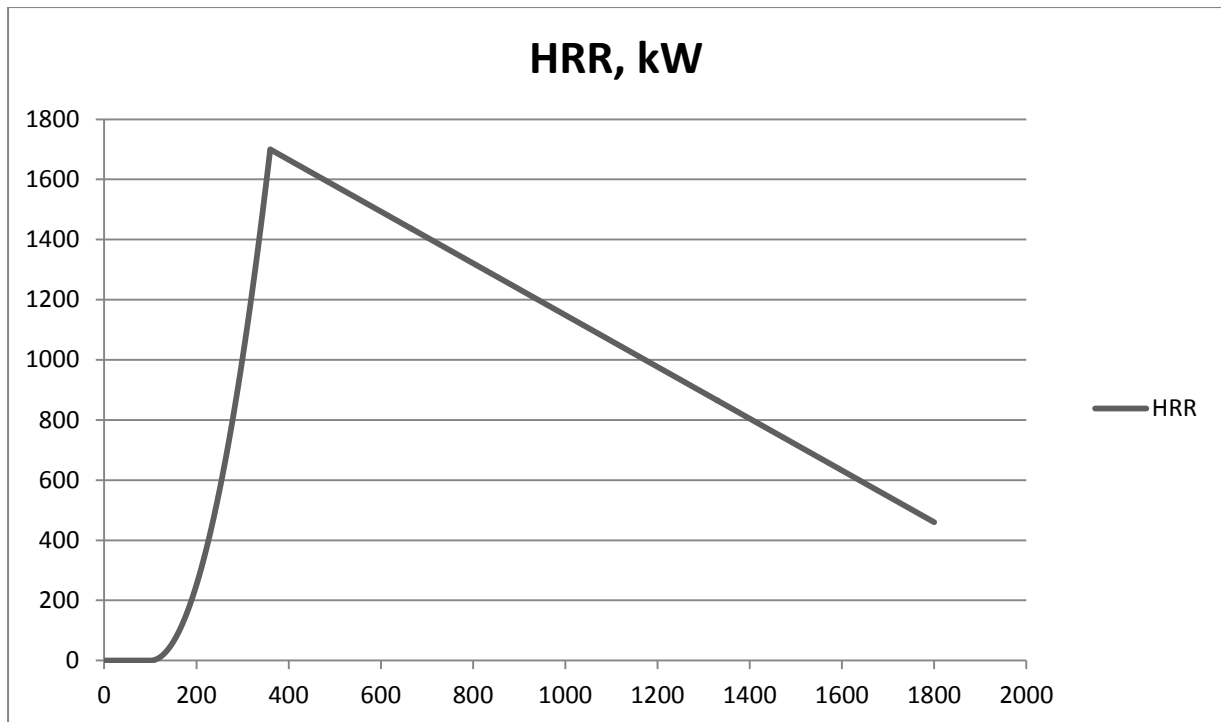
$$Q_{r,i} = 4\pi \times 2,5^2 \times 15 = 1178\text{kW}.$$

Denne branneffekten oppnås etter ca. 300 sek ifølge Figur 38, og HRR kurve for de to andre kontorclassene forskyves derfor med 300 sek senere enn den første.

HRR kurve for fritt ventilert brann i en kontorclass beskrives basert på Figur 37 som følger:

- Inkubasjonstid (tid fra antenning til vekst har startet), ref. Figur 36) er 120s
- I vekstfasen (100s til 360s), forutsettes HRR å følge kurven: $Q = \alpha(t-t_0)^2$, til $Q_{\text{maks}} = 1700\text{kW}$.
- Etter vekstfase avtar HRR lineært frem til $t = 1800\text{s}$ og $Q = 460\text{kW}$.

Dette gir $t_0 = 100$ og $\alpha = 0,02515$, og brannkurve som vist i Figur 38.



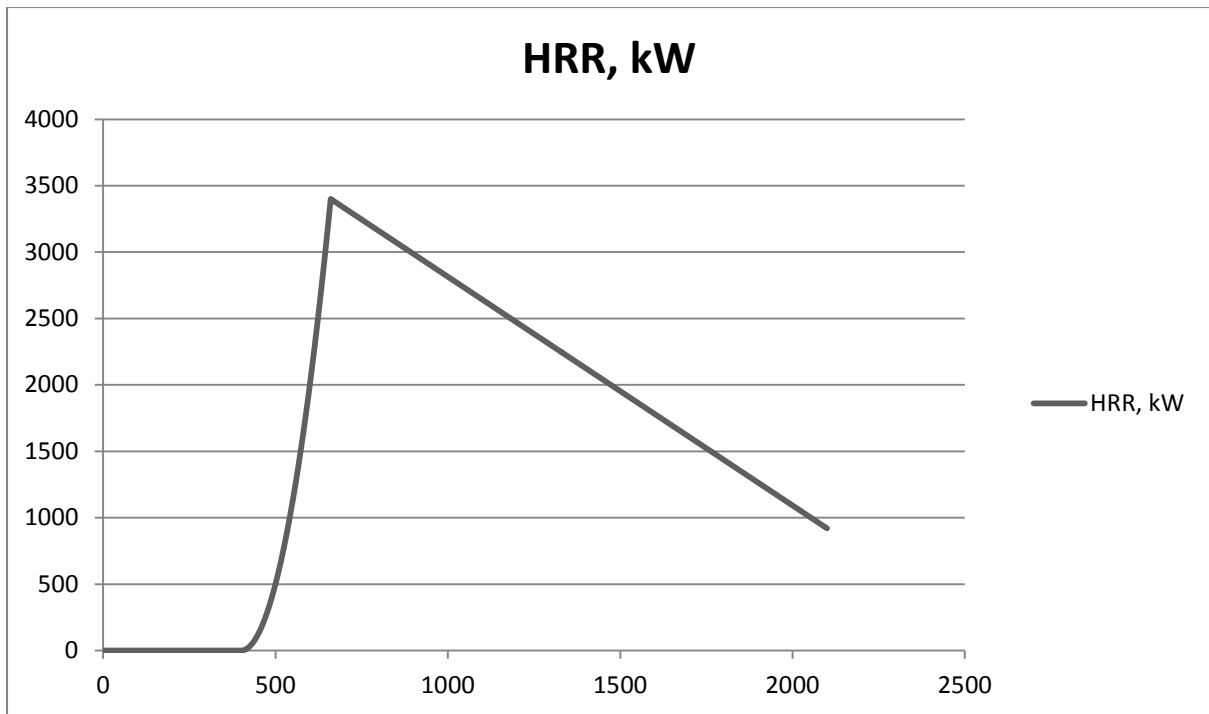
Figur 36-HRR for 1 kontorlass

HRR kurve for øvrige to kontorlasser beskrives som følger:

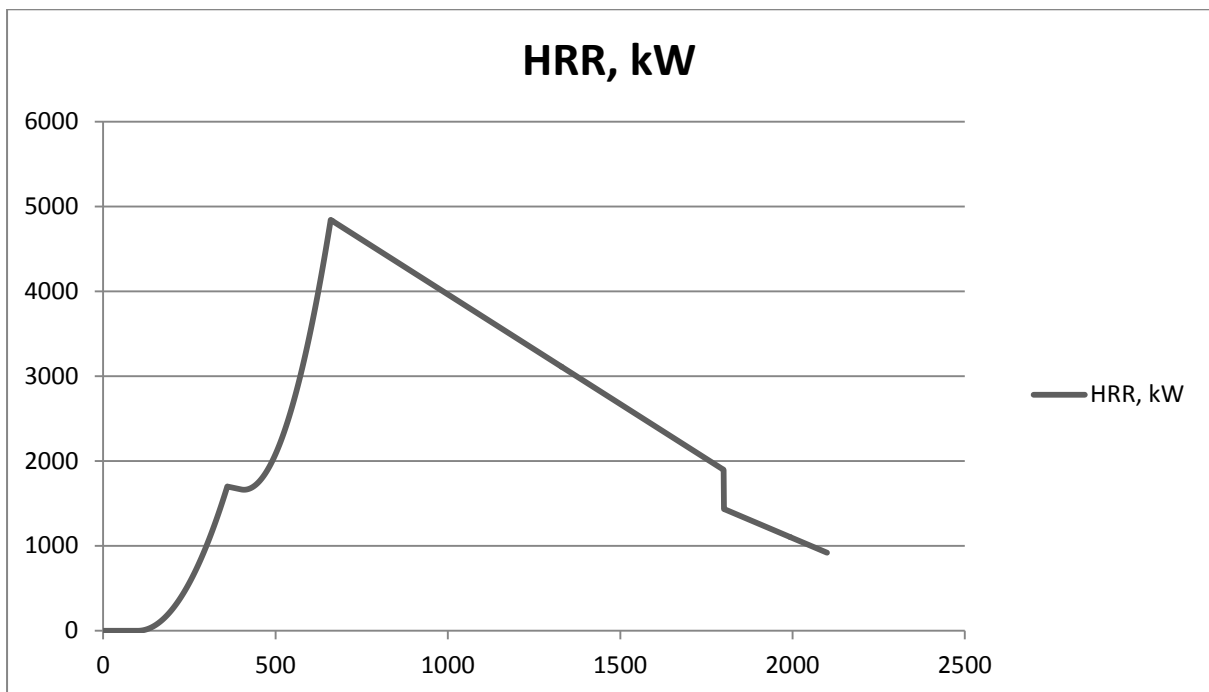
- Inkubasjonstid ref. Figur 36) settes til 420s
- I vekstfasen (400s til 660s), antas HRR å følge kurven: $Q=\alpha(t-t_0)^2$, til $Q_{maks}=3400kW$.
- Etter vekstfase avtar HRR lineært frem til $t=2100s$ og $Q=920kW$ som vist i Figur 37.

Dette gir $t_0=400$ og $\alpha=0,0503$, og følgene brannkurve som vist i Figur 39.

Total brannbelastning for hele brannforløpet (uten slokking) blir da som vist i Figur 40.



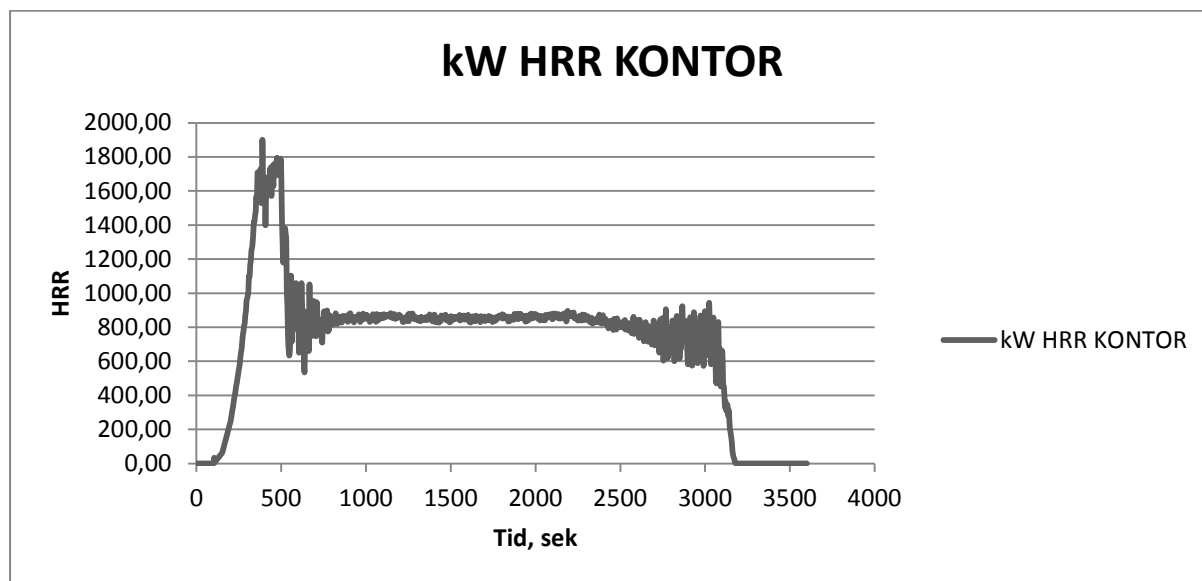
Figur 37-HRR for 2 kontorplasser



Figur 38- Summert HRR for 3 kontorplasser, fritt ventilert brann.

Etter å ha kjørt noen simuleringer med branneffekt fra Figur 40, viser FDS at det ikke er tilstrekkelig oksygen i rommet til å kunne opprettholde så høy effekt. Data som ble brukt var som nevnt hentet fra forsøk med godt ventilerte branner, altså der oksygentilgang ikke var

begrensende. Simuleringene gir derfor grunn til å anta at branneffekt vil bli betydelig lavere enn hva data fra godt ventilerte brannforsøk tilsier.



Figur 39- Beregnet branneffekt fra FDS, begrenset ventilasjon.

Om vi sammenligner Figur 40 og Figur 41, ser vi at brannen ikke når antatt maksverdi på 4800kW, men i stedet at denne begrenses til ca. 1800kW i en kort periode, og etter ca. 600 sekunder forblir omkring 850kW frem til ca. 3000 sekunder ut i brannforløpet.

Simuleringene viser at dette skyldes mangel på oksygen, slik at alt brenselet ikke kan forbrennes like fort som det frigjøres. Brannen får lavere maksimalverdi, og varer derfor lenger før brenselet er brent opp.

I fasen med stabil branneffekt (850kW), er lufttilførselen til rommet via tilluft kanal ca. 0,3 m³/s. Molarmasse og massetetthet for luft er henholdsvis 0,0289 kg/mol og 1,20kg/m³, som gir en luftstrøm: $\frac{0,3\text{m}^3/\text{s} \times 1,20\text{kg}/\text{m}^3}{0,0289\text{kg}/\text{mol}} = 12,46\text{mol}/\text{s}$

Luften inneholder 21 vol % oksygen, som har en molarmasse lik 32g/mol. Dette gir en tilført mengde oksygen til rommet: $12,46 \frac{\text{mol}}{\text{s}} \times 0,21 \times 32 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 83,73\text{g}/\text{s}$

Ved forbrenning av de fleste hydrokarboner, er mengde frigitt energi pr. kg oksygen som deltar i reaksjonen, nærmest konstant lik 13,1MJ/kgO₂ (Björn Karlsson, James G. Quintiere, 2000). Verdien for forbrenning av polyuretan er 13,06MJ/kgO₂ (DiNenno, 2008). Oksygenet som tilføres rommet, kan da potensielt bidra til en effekt: $83,73 \frac{\text{g}}{\text{s}} \times 13,1 \frac{\text{kJ}}{\text{g}} = 1097\text{kW}$

En branneffekt på 850kW, tilsvarer da at ca. 77 % av tilført O₂ deltar i forbrenningsreaksjonen i denne perioden.

Brannen er først brensel kontrollert, men blir ventilasjonskontrollert etter ca. 600 sekunder. Brannen vil oppnå en maks effekt som er betydelig høyere enn hva ventilasjonsbegrensningene skulle tilsi før den blir ventilasjonskontrollert.

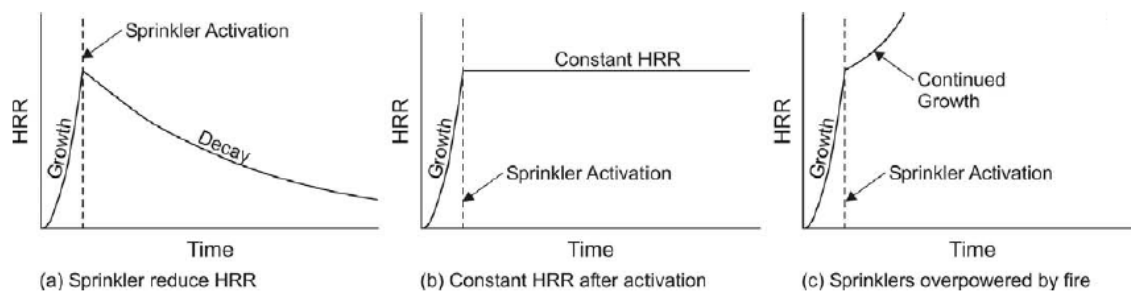
Jeg har derfor først kjørt simuleringer med HRR kurve basert på metode fra (John H. Klote, James A. Milke, Paul G. Turnbull, Ahmed Kashef, Michael J. Ferreira, 2012), og deretter korrigert for redusert ventilasjon. De endelige simuleringene er gjort med HRR tilsvarende Figur 41.

Andel sot som produseres av forbrenningen oppgis i FDS som en konstant faktor, "soot yield". Denne angir hvor stor andel av brenselets masse som omdannes til sot. For fleksibel polyuretan, er denne 0,188, og for trefiberplater er den 0,008 (John H. Klote, James A. Milke, Paul G. Turnbull, Ahmed Kashef, Michael J. Ferreira, 2012). For brann i møbler, angir (Jan P. Stensaas, Bodil Aamnes Mostue, 2005) en soot yield på 1-2 %, men at denne kan være høyere ved innelukkede branner. Jeg har forutsatt "soot yield" på 0,1. "CO yield" er satt til 0,03 basert på tabell 9.2 i (Björn Karlsson, James G. Quintiere, 2000).

Effekt av sprinkler

Sprinkler kan redusere HRR betydelig, ved at vannet:

- Fordamper/ekspanderer og fortrenger oksygen.
- Kjøler røyk/overflater og reduserer varmestråling/pyrolyse rate.
- Kjøler det brennbare materialet, og reduserer pyrolyse rate.
- Dekker brennbart materiale og hindrer tilgang på oksygen.
- Kjøler flammene, og reduserer reaksjonsrate i forbrenning.



Figur 40-Fra Handbook of Smoke Control Engineering s. 155

Figur 42 beskriver tre mulige utfall av hvordan et sprinkleranlegg kan påvirke HRR i en brann. Sprinkler kan føre til at HRR reduseres, holdes konstant, eller forsetter å øke (i redusert hastighet). Det er flere forhold som påvirker hvor godt sprinkler klarer å kontrollere en brann:

- Hvor raskt sprinkler utløser.
- Hvor raskt brannen vokser.
- Om brannen skjermes (av møbler e.l.) fra vanndråpene

Et mål på hvor rask en brann utvikler seg, er tiden det tar for brannen å nå $HRR=1055kW/1000Btu/s$ (Figur 43).

Brannkurven i dette tilfellet gir en tid på 305s for å oppnå $HRR= 1055kW$. Brannen har da en "medium" veksthastighet, og sprinkler antas derfor å ha god effekt.

	$\alpha, \text{Btu/s}^3$	$\alpha, \text{kW/s}^2$	t_g, s
Slow	0.002778	0.002931	600
Medium	0.01111	0.01127	300
Fast	0.04444	0.04689	150
Ultra Fast	0.1778	0.1878	75

Figur 41-Brannens veksthastighet Fra Handbook of Smoke Control Engineering s. 155

For beregning av sprinklernes effekt på HRR, viser ASHRAE's håndbok til studie utført av Madrzykowski og Vettori (1992) og Evans (1993). Her oppgis formler som uttrykker redusert HRR etter aktivert sprinkler:

Formel 7 Fra Handbook of Smoke Control Engineering s. 155.

$$Q = Q_{act} \times e^{-\left(\frac{t-t_{act}}{\tau}\right)}$$

Q = HRR etter utløst sprinkler [kW]

Q_{act} = HRR ved tidspunkt da sprinkler aktiveres [kW]

t = tid fra antenning, [s]

t_{act} = tid da sprinkler aktiveres, [s]

τ = tidskonstant for brannreduksjon, [s]

Formel 8 Handbook of Smoke Control Engineering s. 155.

$$\tau = C_{\tau} \times W^{-1,85}$$

w = vanntetthet for sprinkler

C_τ = konstant: 3,0

Formel 6 er utviklet for branner i kontor, og antas derfor å passe bra i denne sammenheng. Vanntetthet for sprinkler i boligkvarter settes til 6mm/min=0,1mm/s, tilsvarende NORSOK S-001.

Det gir:

$$\tau = C_{\tau} \times W^{-1,85} = 3,0 \times 0,1^{-1,85} = 212$$

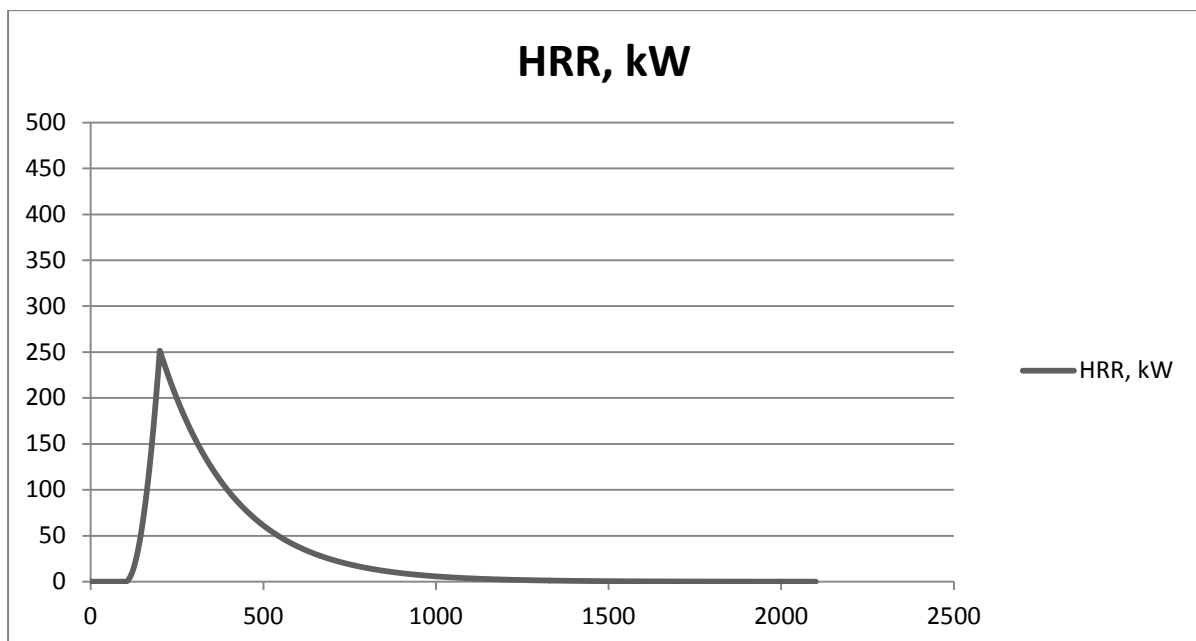
$$Q = Q_{act} \times e^{-\left(\frac{t-t_{act}}{\tau}\right)} = Q_{act} \times e^{-\left(\frac{t-t_{act}}{212}\right)}$$

Tidspunktet for når sprinkler aktiveres (t_{act}) er avgjørende for brannforløpet. Dette er avhengig av brannbelastning, vertikal/horisontal avstand til brann, HRR og sprinklerens "respons time index" (RTI) som forteller hvor fort en sprinkler aktiveres av økt temperatur. Her velger jeg å bruke aktiveringstid basert på forsøk utført av (COLLEEN A.WADE, MICHAEL SPEARPOINT, ADAM BITTERN, KEVIN (WEI-HENG) TSAI., 2007). Deres forsøk brukte en brann med tilsvarende HRR som i mine simuleringer, og sprinklere med tilsvarende utløsningstemperatur (68C). Brannen som ble brukt av Colleen m.fl. hadde HRR=78 kW ved t=180s, mens brann i mine simuleringer har HRR=78kW ved t=156 s.

Takhøyde i forsøkene var 2,4m, og brannen starter 0,65m over gulv. Dette gir sammenlignbar vertikal avstand mellom brann og tak som i simuleringene. Sprinklernes responstid er funnet å være i området 180-250s, og jeg velger å bruke $t_{act} = 200s$, som gir $Q_{act}=252 \text{ kW}$.

Brannen vil derfor ikke spre seg fra den første kontorlassen, siden varmestrålingen aldri oppnår tilstrekkelig effekt til å antenne kontorlass 2 og 3 (1178kW). Videre forutsettes at kun 1stk sprinkler løser ut, siden brannen avtar etter dette og det utløste hodet bidrar til nedkjøling av luften.

Den korrigerte HRR kurven for branneffekt ved utløst sprinkler blir da som vist i Figur 44.



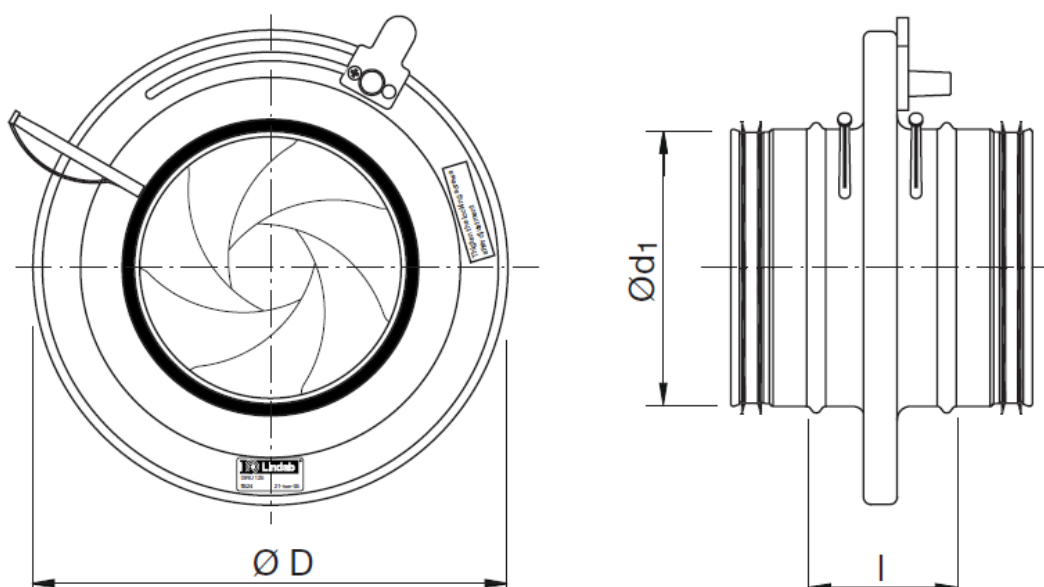
Figur 42-HRR for 1 kontorlass, sprinkler aktivert

V4- Ventilasjonssystemer/komponenter brukt i boligkvarter.

Kanalsystemer

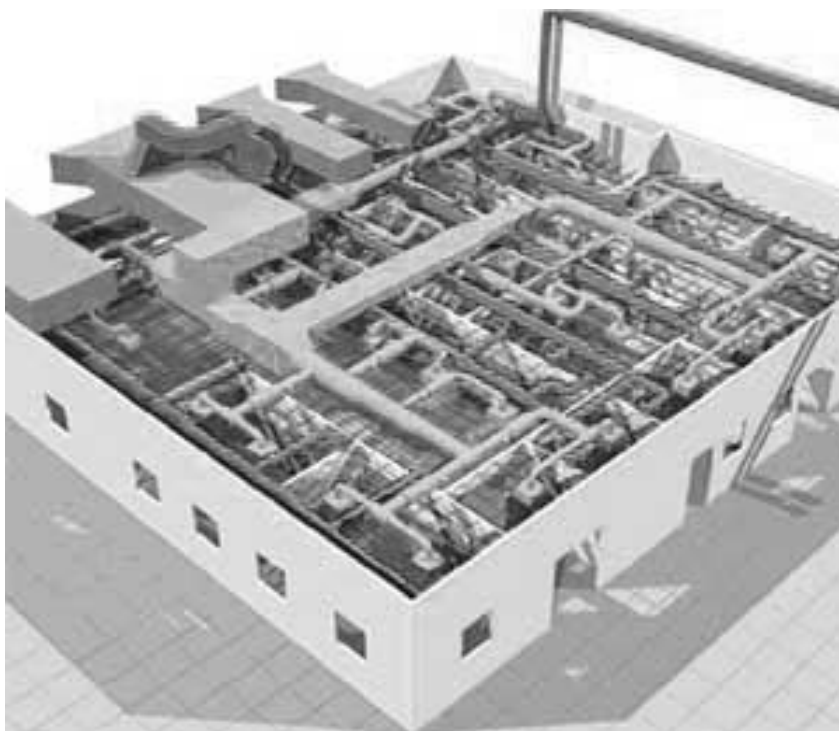
Kanalsystemer er oftest konstruert av sirkulære og rektangulære kanaler utført i stålplate 0,7-3,0 mm tykk. Disse kan være isolerte eller uisolerte, avhengig av bruk. Kanaler er oftest påført brannisolasjon i en begrenset utstrekning der den føres inn/ut av en branncelle. Plassering av og antall brannspjeld varierer avhengig av hvilken filosofi som ligger til grunn for ventilasjon ved brann.

Kanalsystemene er utstyrt med en hel rekke reguleringsspjeld som brukes for å justere luftmengde og trykk i ulike rom. Rom i lavrisikoområder er typisk justert inn med et overtrykk mot atmosfære. Noen områder kan være utstyrt med aktive reguleringssystemer for luftmengde, hvor spjeldposisjon varierer etter behov. Det synes som offshoreinstallasjoner oftest benyttet løsning hvor regulering spjeldene i kanalnettet låses i fast posisjon etter justering ved oppstart.



Figur 43-Typisk mengde reguleringsspjeld, hentet fra Lindab.com.

Ettersom både avstand til vifte og nødvendig luftmengde varierer mye mellom de ulike rom/brannceller, er justeringen på disse spjeld ulike. Nedstrøms er trykk i hovedsak bestemt av strømningsmotstand i grenkanal, ventiler og eventuelt overtrykk i rom. Dette varierer noe fra rom til rom, men er typisk i størrelsesorden 20-100Pa (Jan P. Stensaas, Bodil Aamnes Mostue, 2005). Trykk i fordelingskanal varierer derfor etter hvor langt fra viften man befinner seg. Det er dette trykket som hindrer at trykk i brannrommet kan presse røyk mot normal strømningsretning og inn i annen grenkanal og branncelle.



Figur 44- Eksempel på typisk kanalføring- hentet fra www.truecadd.com.

Fra NORSOK S-001 punkt 16.5 -Survivability requirements (som omhandler naturlig ventilasjon og HVAC):

The system and components shall be designed and protected to ensure that it will remain operative during incidents where the system has a role or form a safety barrier.

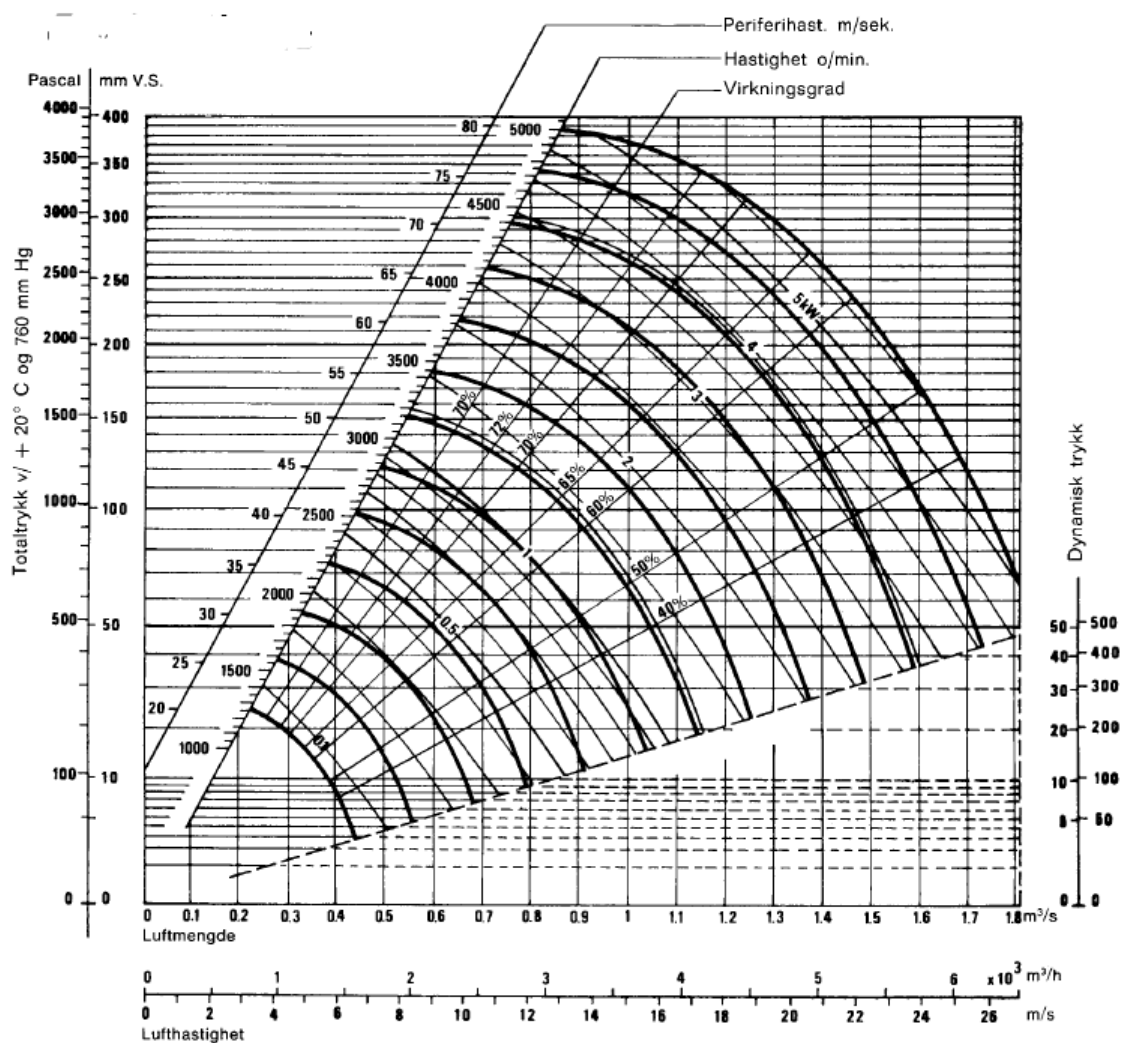
I dette ligger at kanaler som skal ha som funksjon å ventilere bort røyk fra en brann, må fungere ved de trykk og temperaturer som opptrer i kanalnettet under brann. Det er laget standarder som beskriver hvordan brannkanaler kan testes etter NS-EN 1366-1, og klassifiseres etter NS-EN 13501-3. Disse standarder er imidlertid ikke omtalt i Innretningsforskriften eller dens veiledning.

Avtrekksystemer i disse områder synes sjelden å være utstyrt med filter eller varmegjenvinner. Problemstillinger knyttet til slike komponenter under brann er derfor ikke omtalt videre her.

Vifter

Det er i stor grad benyttet sentrifugalvifter av ulike typer til ventilasjonsformål. Felles for slike vifter, er at luftmengden de leverer avhenger av hvor stor motstand det er i kanalen de leverer mot. Dette beskrives med et viftediagram, som er ulik for hver enkelt viftemodell. Det kan variere hvor mye informasjon produsenter legger inn på viftediagrammer. Et eksempel er vist i figur 2, hvor kapasitetskurver, effekt og virkningsgrad er vist ved ulike turtall. Heltrukne, fete kurver i diagrammet, er kapasitetskurver. Disse forteller hvor mye luftstrømning vifta leverer (x-akse) ved ulik differansetrykk (y-akse), ved ett bestemt turtall.

Hver kapasitetskurve representerer ett konstant turtall, fra 1300 til 5000 o/min i dette eksempelet. Mange systemer opereres med konstant turtall på viftene, og levert luftmengde vil da variere etter hvor høyt differansetrykket over viften er til en hver tid, langs en kapasitetskurve. Noen vifter har en kapasitetsregulering som kan justere viftekapasitet for å kompensere for varierende trykk/behov. Trykkvariasjoner forekommer i normal drift som følge av varierende; vindretning/styrke, åpne dører, motstand i kanalnett/filter og annet. En brann vil også kunne endre dette trykket betydelig.



Figur 45

Figur 47 viser et eksempel på viftekurve, hentet fra <http://www.bruvik.no>

Vifter brukt til disse formål jobber typisk mot et driftstrykk på 1000-2000Pa, og luftmengder på 5.000-50.000m³/h.

Kammervifte

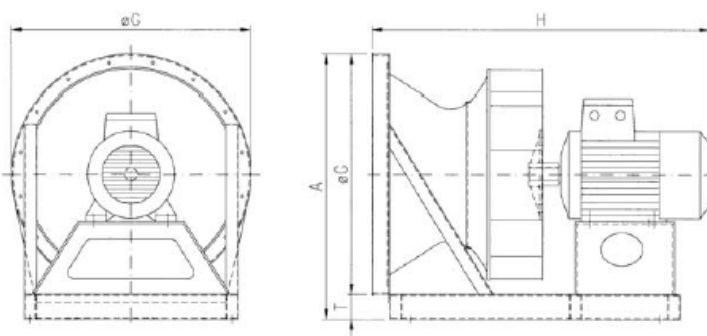


Målskisse

Kammervifte er en "åpen" sentrifugalvifte med rotor som har bakoverbøyde kurvede blader.

Typisk anvendelsesområde er innblåsnings-/avtrekksvifte i aggregat.

Kapasitetsoområde er 300-150 000 m³/h mot trykk 100 – 4 000 Pa.



Figur 46- Kammervifte

Figur 48- Kammervifte viser eksempel på kammervifte, og er hentet fra:
<http://www.bruvik.no>

Fra NORSOK S-001 (kapittel 16 omhandler naturlig ventilasjon og HVAC):

Survivability requirements

The system and components shall be designed and protected to ensure that it will remain operative during incidents where the system has a role or form a safety barrier.

I dette ligger at en vifte som skal ha som funksjon å ventilere bort røyk fra en brann, må være bygget for å kunne fungere ved de trykk og temperaturer som opptrer i kanalnettet under brann. Det er laget standarder som beskriver hvordan slike vifter kan testes og klassifiseres; NS-EN 12101-3 og NS-EN 13501-4. Disse standarder er imidlertid ikke omtalt i Innretningsforskrift/veiledning.

Ettersom kammervifter har motoren plassert inne i luftstrømmen, må naturligvis motoren også tåle temperaturen som oppstår ved brann. En elektrisk motor av den typen som brukes til vanlige ventilasjonsvifter, tåler maksimal omgivelses temperatur på ca. 40 °C i kontinuerlig drift. Motorer som ikke er bygget for å brukes ved høyere temperatur, må kunne forventes å svikte dersom temperaturen vesentlig overskrider 40C. Normal

temperatur i avtrekksluften (uten brann) er typisk i størrelsen 25 °C. Det må kunne antas at en brann kan medføre temperaturøkning over 15K, og at ordinære viftemotorer ikke er egnet til dette formål.

Hvilke temperaturer som kan oppstå i viften, avhenger av største branneffekt i de rom som viften betjener, samt hvor mye luft som tilføres fra andre rom under brannen. Både vifte og motor bør derfor tilpasses belastning i hvert enkelt tilfelle.

Kanaler og isolasjon.

Ventilasjonskanaler som brukes til offshore installasjoner, utføres etter ISO 15138 (henvist fra Innretningsforskrift, via NORSOK H-003). Her beskrives kanalklasser i typene A, B, C, D, E og F. Klasse F er omtalt som "fire rated duct", uten at det stilles noen klart definerte ytelseskrav til branntekniske egenskaper. ISO 15138 viser også til EN-1505/1506/1507/12237. Disse standarder beskriver mål/toleranser og metode for tetthetsprøving av kanaler til bruk i bygninger. Resultatene av testen oppgis som en tetthetsklasse, avhengig av hvor stor lekkasje kanalene har, og hvor høyt trykk de testes ved. Testen sier imidlertid ikke noe om kanalenes motstandsevne mot brann.

Kapitel B1.4 i ISO 15138 beskriver isolering av kanaler. Blant annet beskrives her at avtrekk og omluftkanaler ikke skal isoleres: "Extract and internal return air systems should not be insulated."

Videre, står det: "Where ducts penetrate fire-rated barriers, a sleeve of least 900 mm long shall be provided. The sleeve shall have the same fire rating as the barrier." Dette samsvarer med føringer i MODU-code, men der kun for kanaler med $0,02 < \text{tverrsnitt} < 0,075 \text{ [m}^2\text{]}$ som føres gjennom A-skiller.

Altså kan det forventes at ventilasjonskanaler (både tilluft og avtrekk) ikke brann isoleres, med unntak av et lite stykke (900mm) hvor kanalen går gjennom klassifisert brannskillevegg.

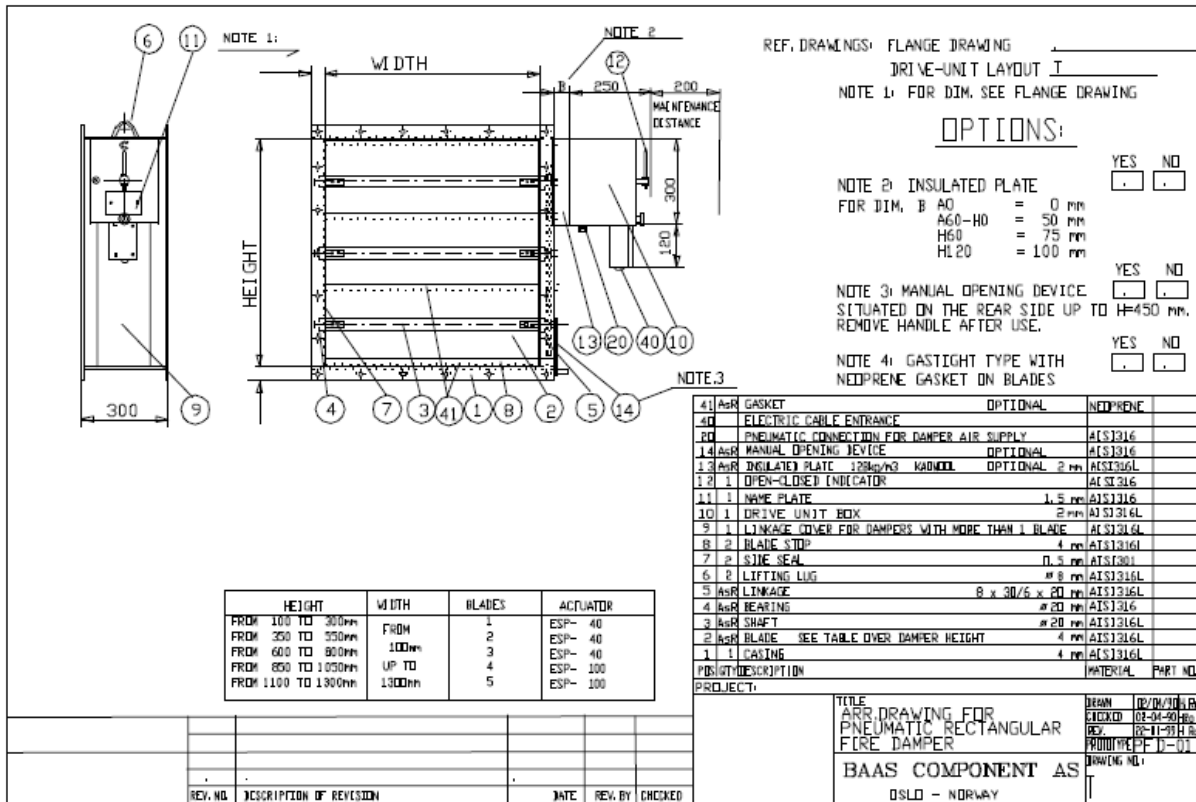
Brannspjeld

Et brannspjeld er en mekanisk innretning som har som oppgave å stenge ventilasjonskanalen slik at ikke røyk/flammer kan trenge igjennom på kanalens innside.

Det finnes flere ulike typer brannspjeld, og de aktiveres og beveges på forskjellige måter. En type som synes mye brukt på offshoreinstallasjoner, er en pneumatisk type som åpnes med trykkluft, og stenges med en mekanisk retur fjær. Fjæren står da spent (og spjeldet er åpent) så lenge det er trykkluft tilgjengelig, og den presser spjeldet til lukket posisjon dersom trykkluften forsvinner.

Spjeldene aktiveres enten med en ventil som slipper ut trykkluften på signal fra kontrollsystemet, eller med en smeltesikring i luftstrøm som svikter ved høy temperatur (ca.

70 °C). Dersom spjeld kun aktiveres av smeltesikring, vil røyk som er kaldere enn aktiveringstemperatur for smeltesikring kunne strømme forbi.



Figur 47- Eksempel på et brannspjeld, fra www.baascomponent.com

I veiledningen til innretningsforskriftens § 30 er det henvisning til standarden IMO Resolution A.754 (18) for prøvemeter for ventilasjonsgjennomføringer. Her beskrives også test av spjeld, og settes krav til hvor store åpninger det tillates i et spjeld under brann. Det er derimot ikke begrensninger for hvor mye røyk som kan lekke ut, og testen utføres med tilnærmet ingen differansetrykk over spjeld.

Brannvegger og kanalgjennomføringers integritet

Offshoreinstallasjoner (i likhet med skip, bygninger og andre tilsvarende objekter) deles inn i brannceller for å begrense utbredelse av en brann. Disse brann-cellene begrenses av brannsikre konstruksjoner (vegger/gulv/tak), og slike konstruksjoner testes og sertifiseres etter definerte ytelseskrav. Dette kan blant annet være krav til å:

- Hindre spredning av branngasser i et gitt tidsintervall.
- Hindre oppvarming av ueksponert side av skillet til en gitt temperatur i et gitt tidsintervall.

Det er ikke til å unngå at de brannsikre konstruksjonene må brytes enkelte steder. Dører er nødvendig for tilkomst, og gjennomføring for kabler, rør og ventilasjonskanaler er

nødvendig for å kunne bruke områdene og utstyret de inneholder. Det er da et krav (innretningsforskriftens § 30) til at penetrasjonen ikke skal svekke branncelle begrensende konstruksjon, altså at brannintegritet for konstruksjon med gjennomføring skal være like god som resten av konstruksjonen. I veiledningen til innretningsforskriftens § 30 er det henvist til standarden IMO Resolution A.754 (18) for prøvemetoder for gjennomføringer som kanaler, rør- og kabel gjennomføringer.

For rør/kabel penetrasjoner kan dette løses ved å velge ubrennbare, temperaturstabile materialer for penetrerende objekt, samt å installere tett omsluttende og brannsikre pakninger som tetter mellom objekt og branncelle begrensende konstruksjon.

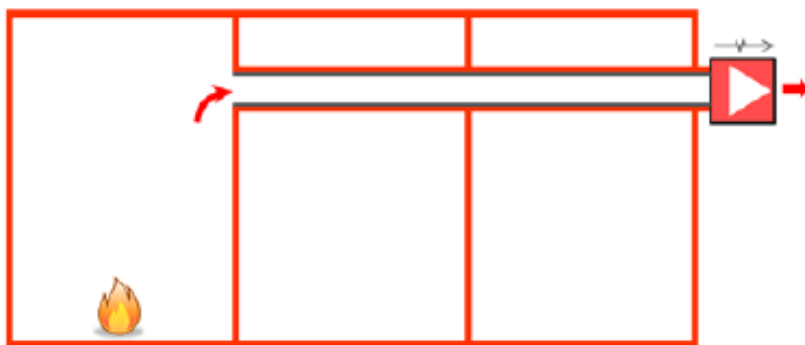


Figur 48- hentet fra www.mctbrattberg.com

Dersom det gjennomgående objektet (rør/kabel/kanal) har høy termisk konduktivitet (som objekter av metall), kan dette gi uakseptabel overflatetemperatur på ueksponert side av brannskillet. Dette kan løses ved å påføre termisk brannisolasjon på rør/kanal i nødvendig utstrekning fra brannskillet.

For gjennomføring av ventilasjonsluft (via kanaler eller overstrømningsventiler) er ikke denne strategien alene tilstrekkelig, siden disse representerer en åpning direkte fra branncellens (og dermed brannens) volum, til annen branncelle (se Figur 51). Det hjelper da lite om kanalen i seg selv er tett og at det er tett mellom kanal og konstruksjon, hvis kanalens innvendige tverrsnitt forblir en åpning hvor branngasser kan strømme fritt ut fra branncelle og inn i en annen. Man vil da kunne få branngasser inn i ueksponert branncelle, samtidig som at kanalen vil bli varmet opp og representere en varme/tennkilde på ueksponert side av brannskille. Det er flere måter å løse dette på, og Figur 51 viser eksempel på noen konsepter som brukes i nordisk byggebransje.

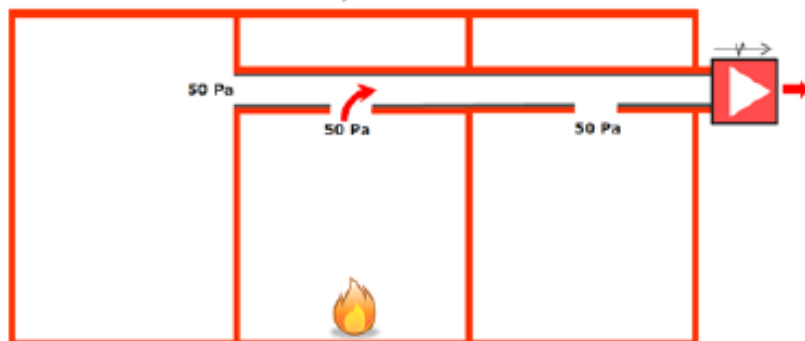
Brannisolert avtrekk (brann innenfra)



a

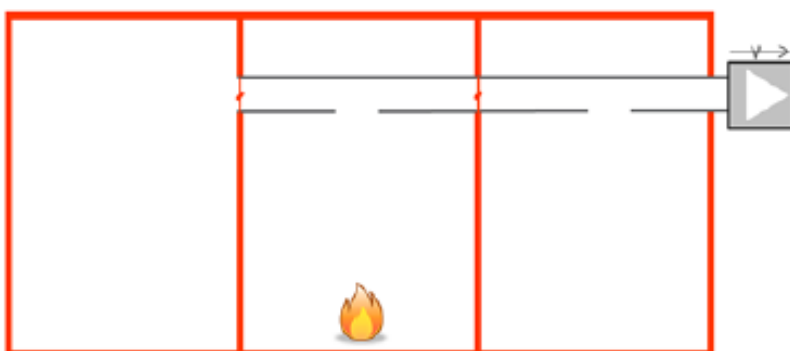
Brannisolert avtrekk med åpne ventiler (dansk løsning)

<300 Pa: For å trekke ut brannrøyk som kommer inn i kanalnett



c

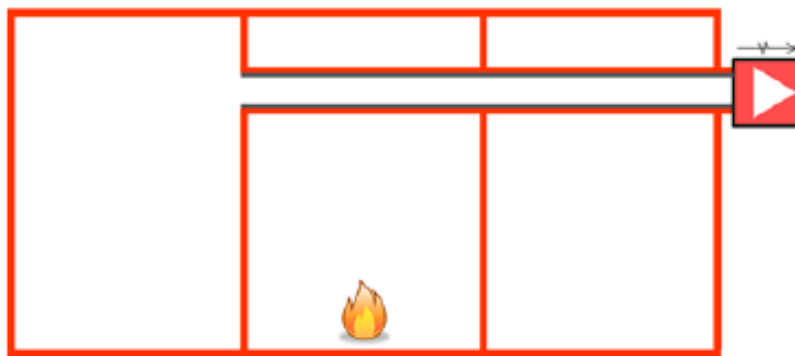
Brannspjeld



e

Figur 49 - hentet fra "COWI: BV Nett Veileder for brannsikker ventilering Versjon 4, Geir Jensen m.fl.", fortsetter på neste side

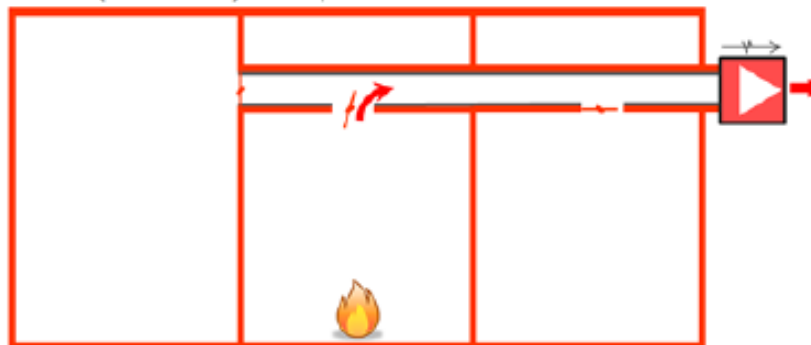
Brannisolert avtrekk (brann utenfra)



b

Brannisolert røykavtrekkssystem med røykkontrollspjeld

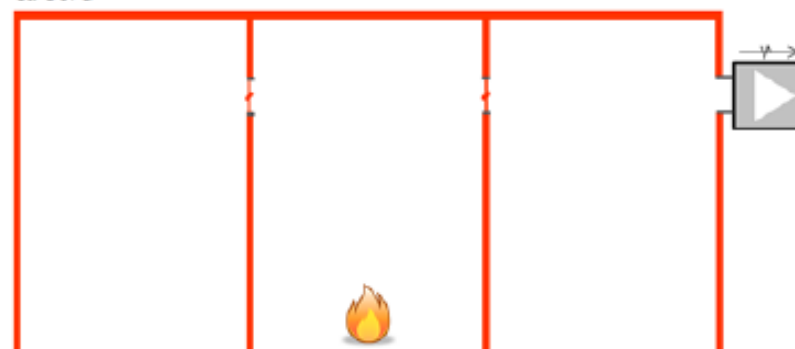
>300 Pa (500-1500 Pa): For å påvirke brannen i rommet



d

Brannspjeld som overstrømsventiler

ca 50Pa



f

Figur 51 del a-f viser prinsippene, alle røde streker markerer brannmotstand lik kravet til branncelle.

Figur 51 del a og b viser at når kanalnett brukes til trekk ut blir kanalene en del av startbranncellen og at de må tåle brann hhv utenfra og innenfra. Røykvifte må tåle beregnet varmelast (bypass og sikker strømforsyning ikke vist).

Figur 51 del c viser prinsipp for røykmotstand i form av trykkfall over ventil for vanlige trekk ut-anlegg testet for <300 Pa.

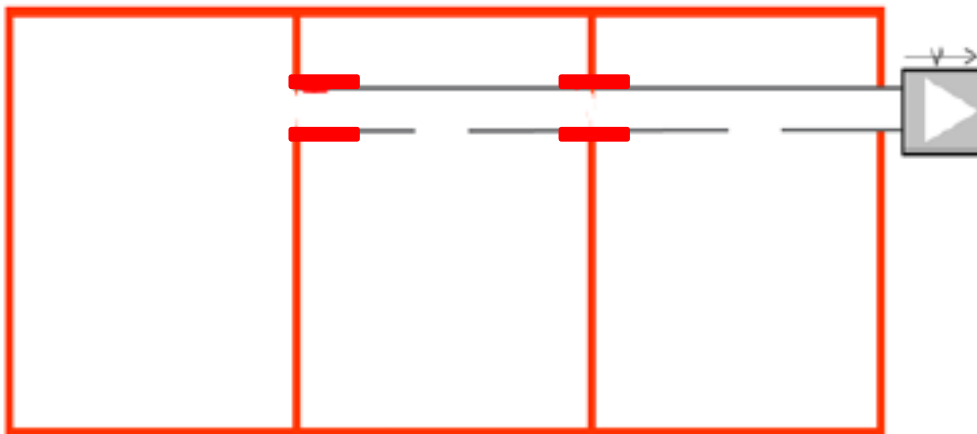
Figur 51 d viser røykavtrekkssystem, som altså er forsert avtrekk med trykkdifferanser innen 500-1500 Pa for å fjerne varme og røyk fra brannrommet. Derved blir forholdene i brannrommet bedre for opphold og redning.

Figur 51 del e og f viser hhv løsning med brannspjeld i kanalnett (e) og som overstrømsventiler (f) uten kanaltilknytning.

Tidligere ble brannsikring av ventilasjonsgjennomføringer på norsk sokkel (også i lavrisiko områder), oftest løst ved å installere brannspjeld i/ved gjennomføring av brannskiller (som Figur 51 del e). Brannspjeld stenger automatisk når avtrekkstemperaturen stiger (ofte ved ca. 70 °C), og hindrer røyk/flammer å strømme gjennom kanalen til annen branncelle. I de tilfeller det er nødvendig å begrense temperatur på uekspontert side i en gitt tid, kombineres spjeldet med at kanalen påføres isolasjon. Spjeldet hindrer da strømming av branngasser på innsiden av kanal, og isolasjonen hindrer at kanaloverflate på uekspontert side oppnår uakseptabel temperatur.

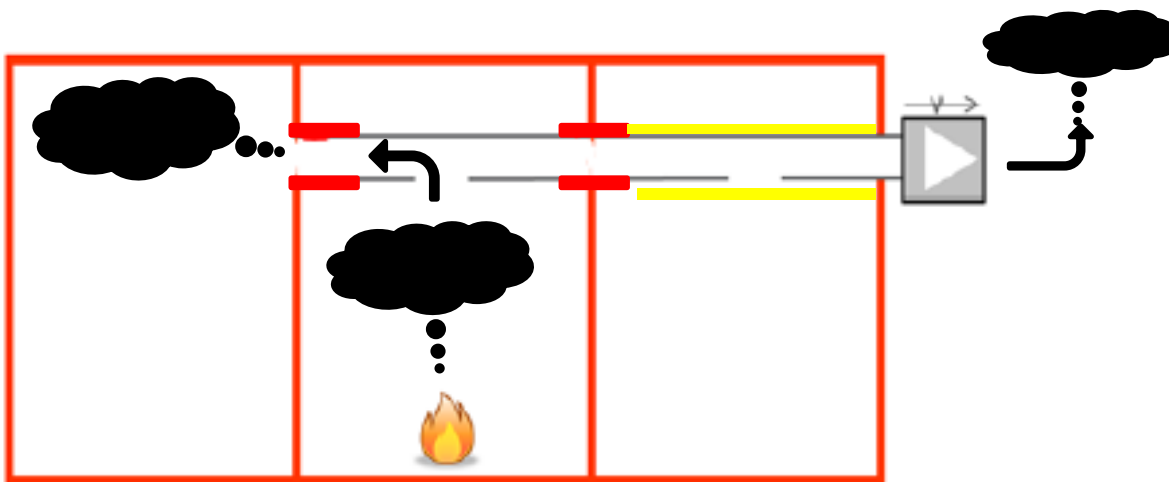
Dagens løsninger på norsk sokkel er basert på en filosofi om at viften skal klare å fjerne røyken, som beskrevet i NORSOK H-003 kapittel 4.2. Filosofien ligner litt på den som skisseres i Figur 51 del c, men vifte og kanaler for øvrig utføres ikke med brannklasse lik branncellens.

Vi får da et brannskille som vist i Figur 52, hvor brannspjeld er fjernet, og erstattet av et kort stykke isolasjon.



Figur 50- Illustrerer delvis isolert kanalnett uten brannspjeld

Som skissert i Figur 53 er det nå mulig for røyk (sorte piler) å transporteres via kanaler gjennom brannskiller, dersom trykket i brannrommet blir høyere enn tilstøtende rom. I tillegg vil kanalene varmes opp fra innsiden av flammer og /eller varm røyk, og de uisolerte kanalene kan eksponere objekter i andre brannceller for konvektiv- og strålevarme (markert gult).



Figur 51- Illustrerer mulig spredning av røyk og varme gjennom uisolerte kanaler uten spjeld

V5- Materialer og egenskaper brukt i simuleringer

Materialene som er brukt i simuleringene, har jeg gitt egenskaper som opplyst her:

<http://www.engineeringtoolbox.com>

<http://www.rockwool.no/r%c3%a5dgivning/brosjyrer+og+brukerveiledninger/produktdatablad>
Samt spesifikasjoner fra de faktiske installasjoner jeg hadde tilgang til.

Disse egenskaper varierer med temperatur, men variasjonen har svært ulik betydning. Tetthet og varmekapasitet varierer lite, og har derfor begrenset effekt. Konduktivitet til stål varierer noe, men stålet bidrar med lite av konstruksjonens totale varmemotstand. Isolasjonen har derimot stor variasjon, fra 0,036 ved 10C, til 0,073 ved 220C ifølge data fra Rockwool. I tillegg bidrar isolasjonen mye mer til total varmemotstand. Denne egenskapen må derfor være temperaturavhengig variabel i simuleringene.

Isolasjon

Tetthet [kg/m³]:110

Termisk konduktivitet [W/(m*K)]: 0,035-0,07.

Spesifikk varmekapasitet [kJ/(kg*K)]0,8

Stål

Tetthet [kg/m³]:7700

Termisk konduktivitet [W/(m*K)]:43

Spesifikk varmekapasitet [kJ/(kg*K)]0,49

Betong

Tetthet [kg/m³]:2300

Termisk konduktivitet [W/(m*K)]:1,5

Spesifikk varmekapasitet [kJ/(kg*K)]0,75

Gulvbelegg

Tetthet [kg/m³]: 1500

Termisk konduktivitet [W/(m*K)]:0,2

Spesifikk varmekapasitet [kJ/(kg*K)]: 1,6

Materialene er brukt til å modellere følgende (forenklede) bygningselementer i FDS:

Vegger

Rekkefølge fra overflate mot rom, og inn i vegg:

1. 0,5mm stålplate
2. 100mm isolasjon
3. 0,5mm stålplate

Tak

Rekkefølge fra overflate mot rom, og opp i taket:

1. 0,5mm stålplate
2. 100mm isolasjon
3. 0,5mm stålplate

Gulv

Rekkefølge fra overflate mot rom, og ned i gulvet:

1. 2,0mm gulvbelegg
2. 50mm betong
3. 100mm isolasjon

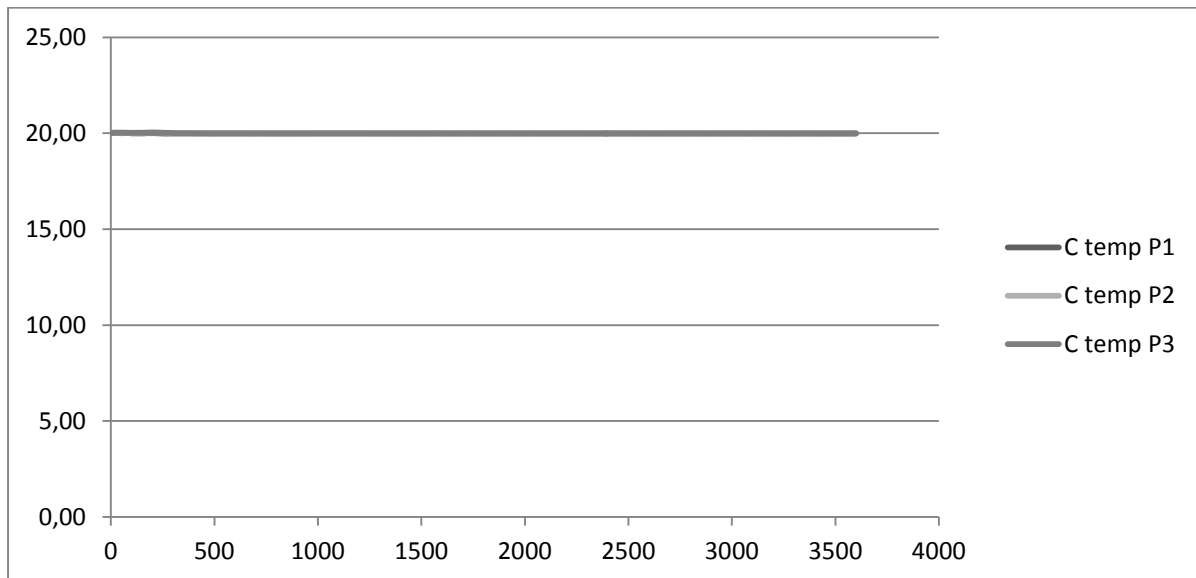
Bygningselementene er vesentlig forenklet, og inneholder hverken bærende konstruksjoner eller overflatesjikt/maling. Dette for å ha symmetriske elementer og forenkle modelleringen.

V6- Resultat fra simuleringer

AA

Simulering av brann hvor både sprinkler og brannspjeld aktiveres.

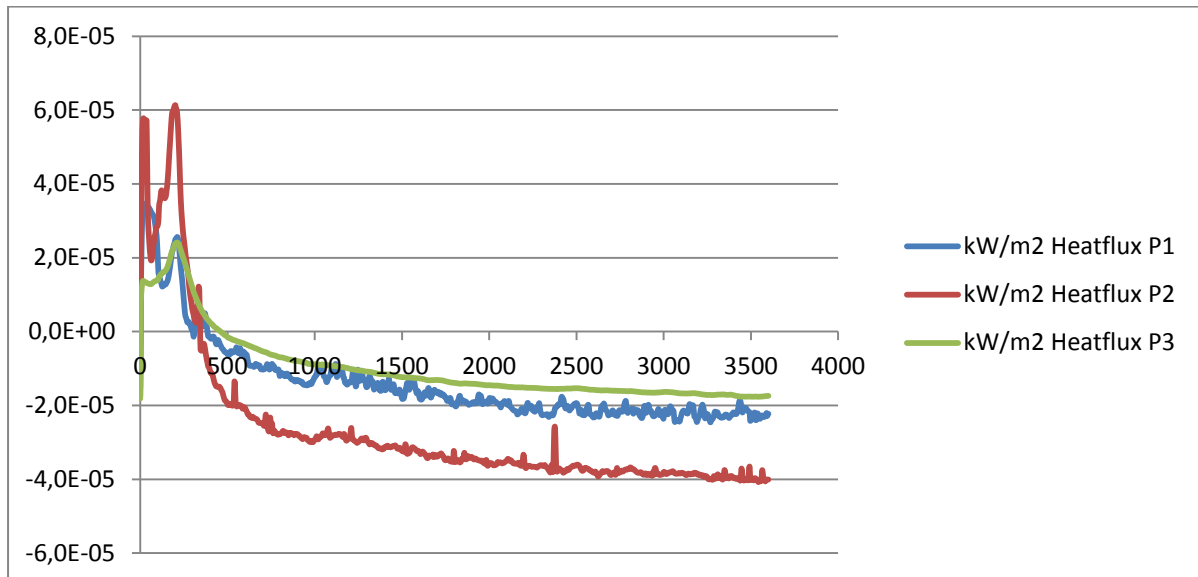
6.1.1.1 Temperatur:



Figur 52-AA temperaturkurve

Her registreres tilnærmet ingen temperaturøkning i SKR. Variasjonene er innenfor 0,04 °C.

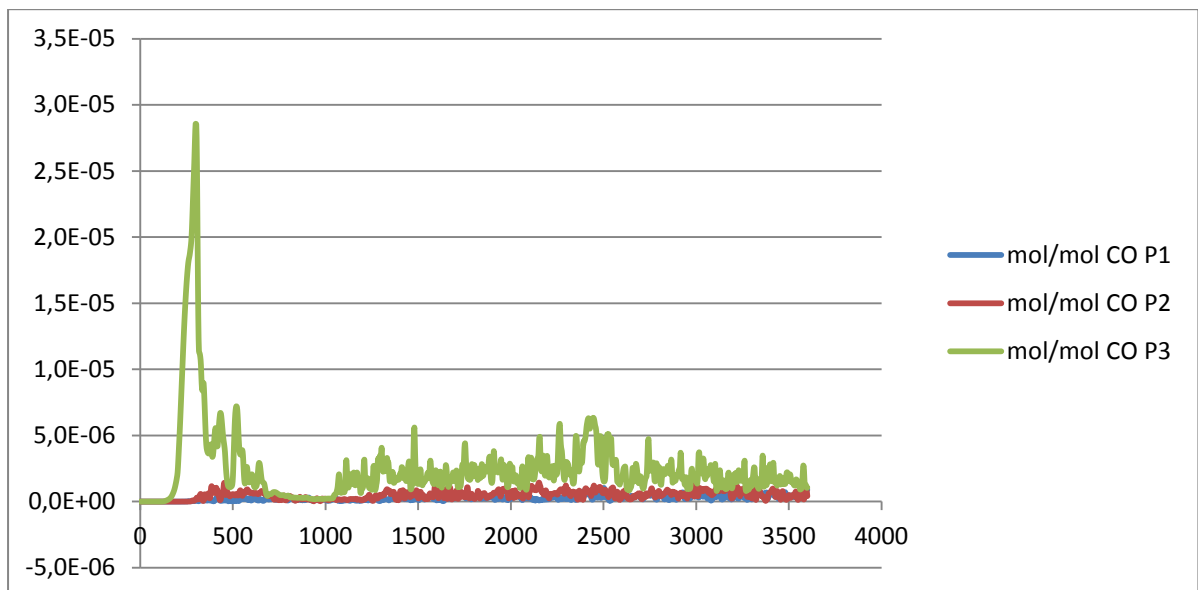
6.1.1.2 Varmestråling:



Figur 53- AA varmestråling

Her registreres ingen betydelig varmestråling i SKR.

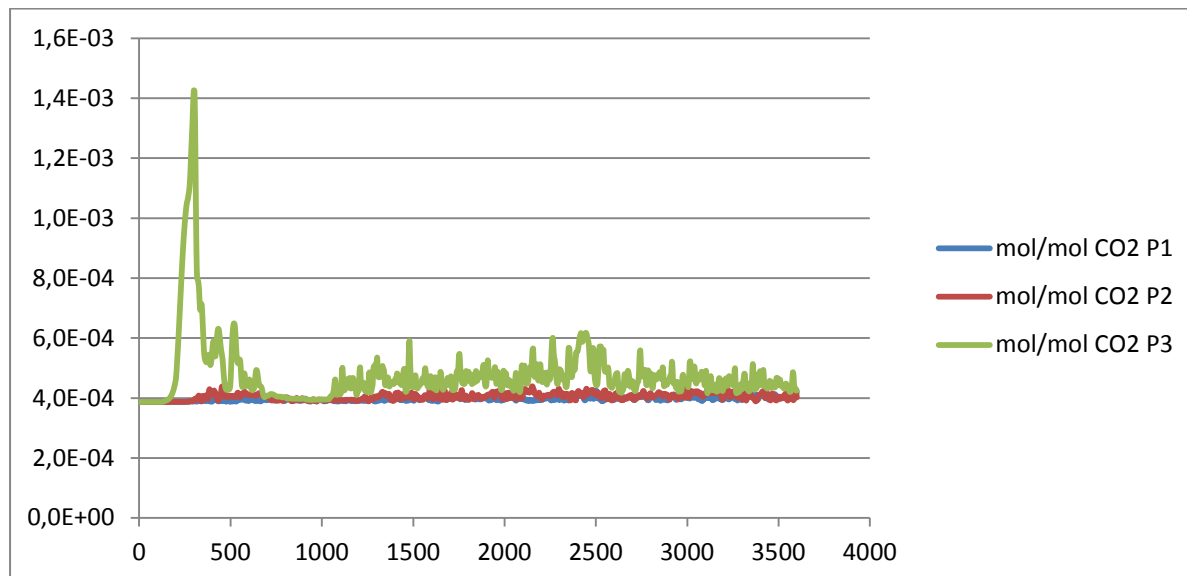
6.1.1.3 CO konsentrasjon



Figur 54- AA CO konsentrasjon

Her registreres ingen kritisk økning i CO konsentrasjon i SKR.

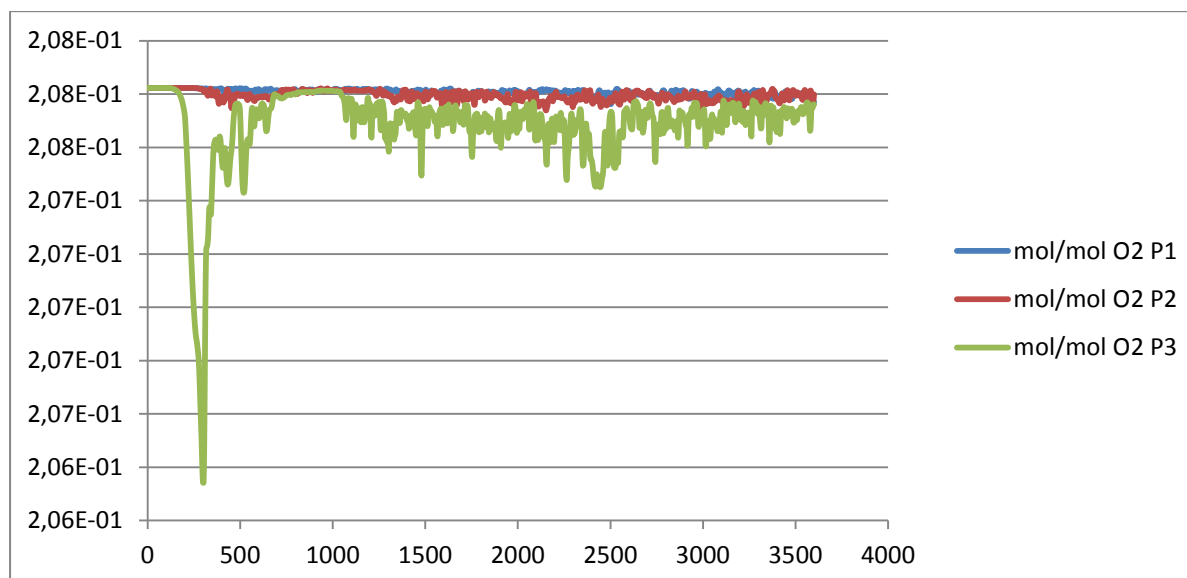
6.1.1.4 CO2 konsentrasjon



Figur 55-AA CO2 konsentrasjon

Her registreres ingen kritisk økning i CO2 konsentrasjon i SKR.

6.1.1.5 O2

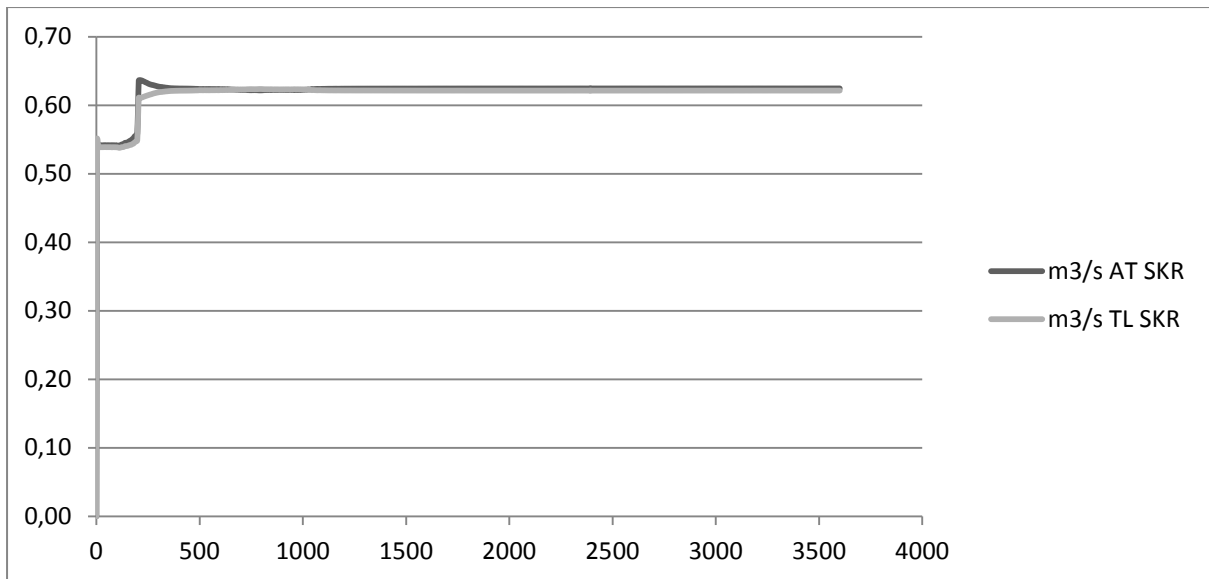


Figur 56- AA O2 konsentrasjon

Her registreres ingen kritisk reduksjon i O2 konsentrasjon i SKR.

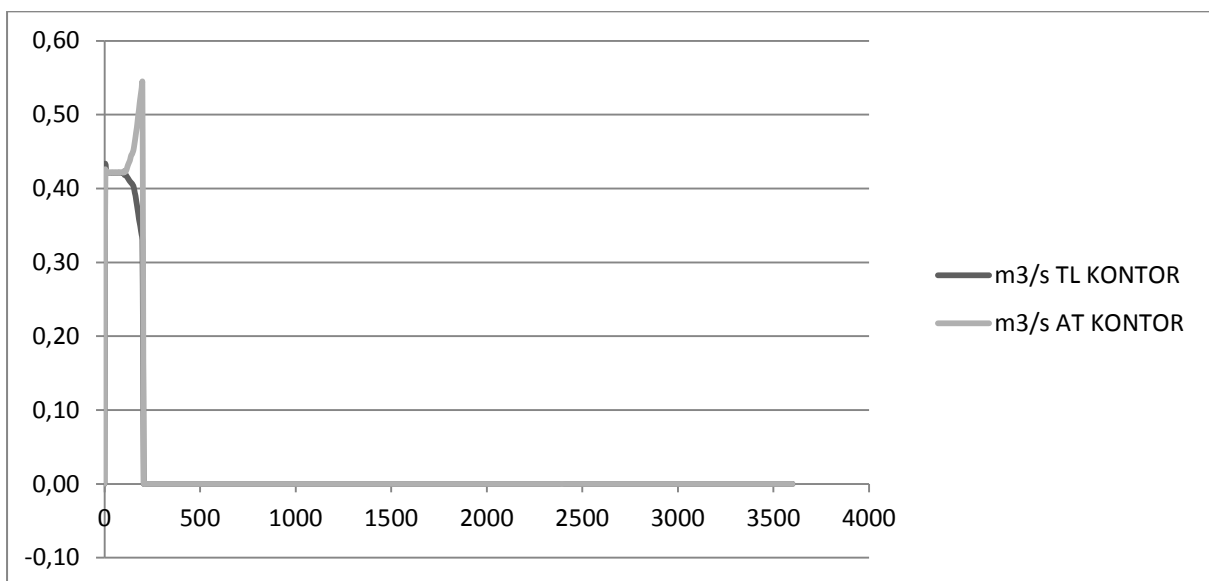
6.1.1.6 Spredning av flammer/røyk

For å vurdere om flammer/røyk spres i kanalnettet, kontrolleres først om strømningsretning i noen grenkanaler endres under brann. Dette kan i så fall tyde på at røyk fortrenger ventilasjonsluft.



Figur 57- AA Ventilasjonsmengde SKR

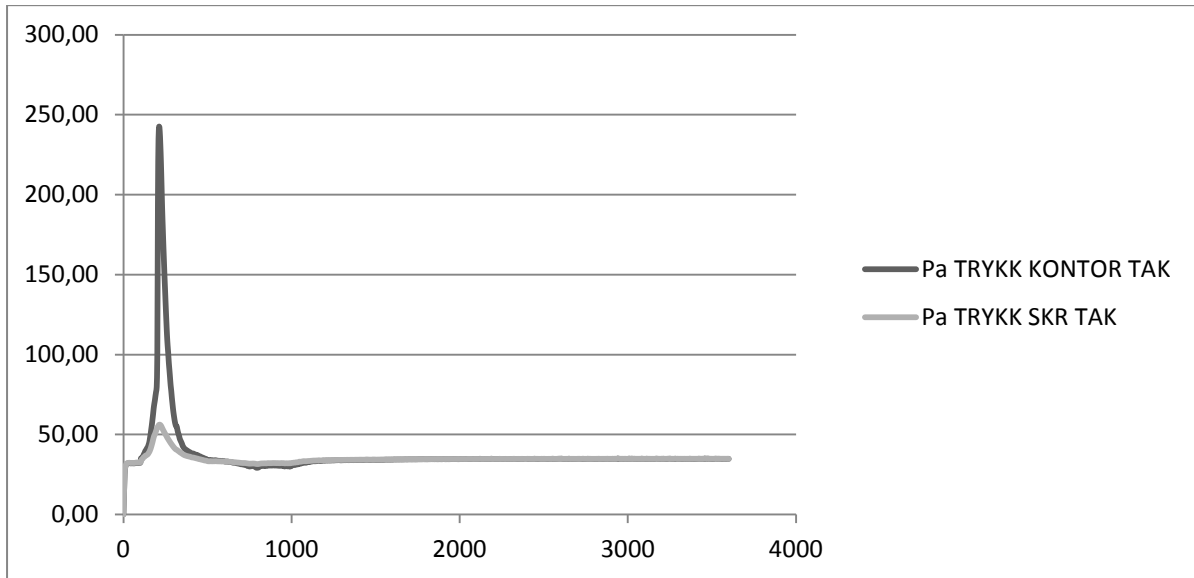
Her registreres en liten økning i ventilasjonsmengde i SKR ved $t=200$, altså når brannspjeld til kontor stenger. Dette skyldes at mer luft nå blir presset over i andre grenkanaler. Strømningsretning er uendret.



Figur 58-AA Ventilasjonsmengde brannrom/kontor.

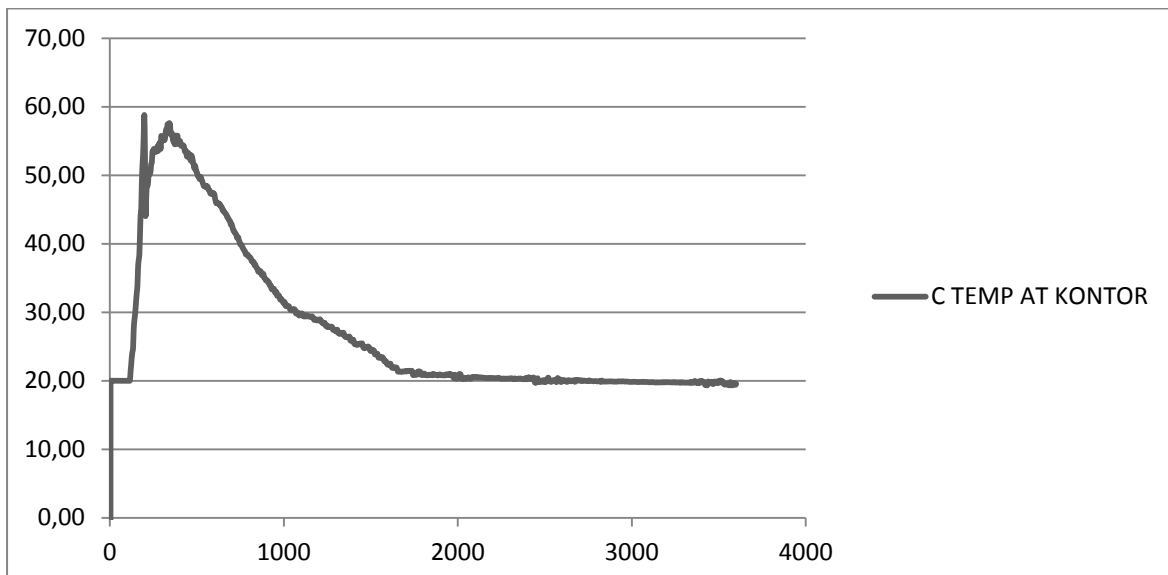
Avtrekksmengde stiger markant i perioden fra brannen starter, til spjeld stenges. Dette skyldes at ekspansjon av røyk skaper trykkøkning i rommet, og at trykkgradient i avtrekkskanal derfor øker. I tillegg reduseres luftens tetthet i øvre lag, hvor avtrekksventiler er plassert.

Videre ser vi at tilluft mengde reduseres tilsvarende i samme periode. Dette skyldes at trykkøkning i rommet gir redusert trykkgradient i tilluft kanal. Ved $t=200$ reduseres luftmengde til 0 m³/h for begge kanaler, dette fordi brannspjeld aktiveres.



Figur 59- AA Trykk i rom

Trykket i brannrom stiger fra ca. 30 til ca. 250Pa i perioden fra brannen starter til sprinkler aktiveres. Det oppstår også en mindre trykkøkning i SKR i denne perioden. Det er en konsekvens av at brannen skaper et økt trykk i grenkanaler.



Figur 60-AA Temperatur i avtrekkskanal fra brannrom

Siden brannspjeld stenger, vil ikke røyken strømme gjennom og varme opp kanal på ueksponert side. Temperatur i avtrekkskanal er i tillegg langt under 200 °C, så det er ikke mulig at kanalens utside blir uakseptabel varm.

Oppsummert for scenario "AA":

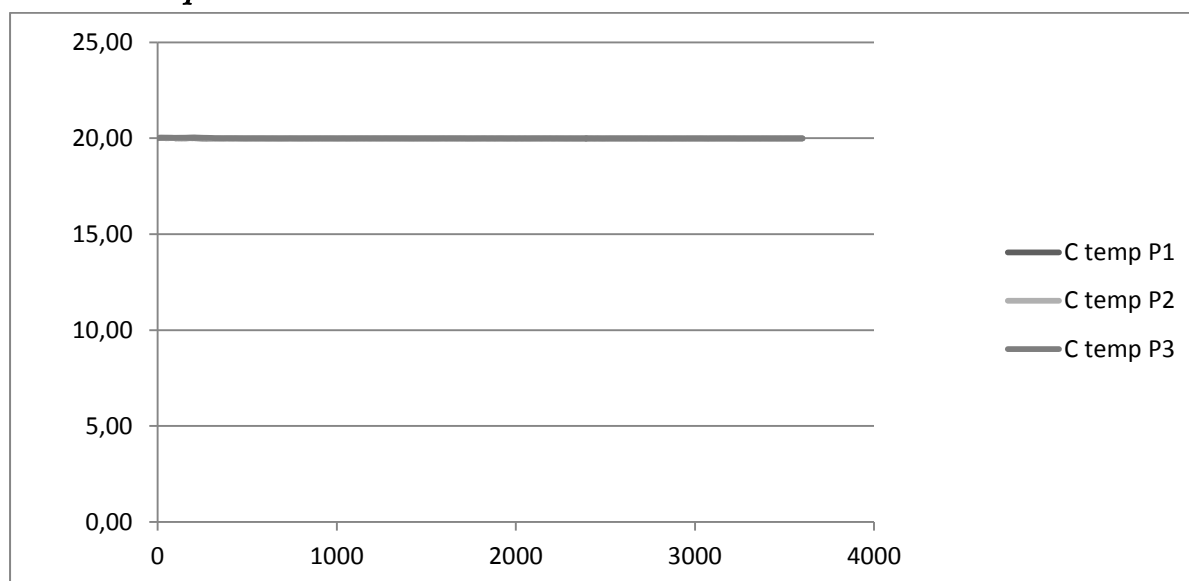
- Ingen av kriteriene for "tap av SKR" er overskredet.
- Temperatur i kanaler er langt under 200 °C.
- Strømning endrer ikke retning i noe grenkanal.
- Trykket i brannrommet stiger slik at det kan bli vanskelig å åpne dører i perioden 200 til 260 sekunder.

Konsekvensen vurderes derfor til "Ingen konsekvens", konsekvensverdi = 0.

AI

Simulering av brann hvor sprinkler aktiveres, men brannspjeld ikke aktiveres.

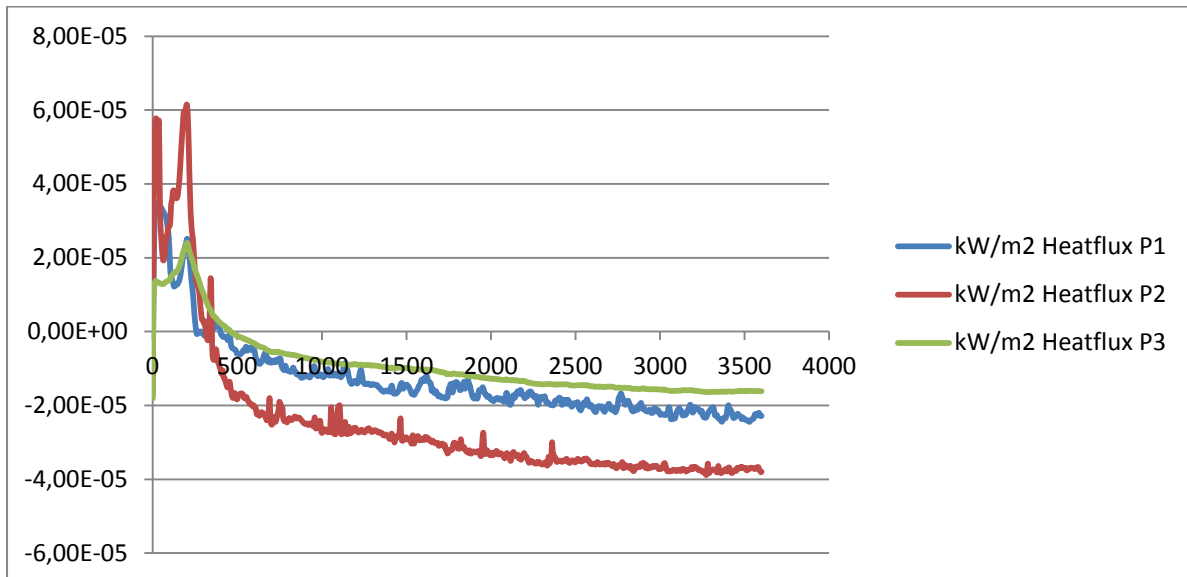
6.1.1.7 Temperatur:



Figur 61-AI temperaturkurve

Her registreres tilnærmet ingen temperaturøkning i SKR. Variasjonene er innenfor 0,04 °C.

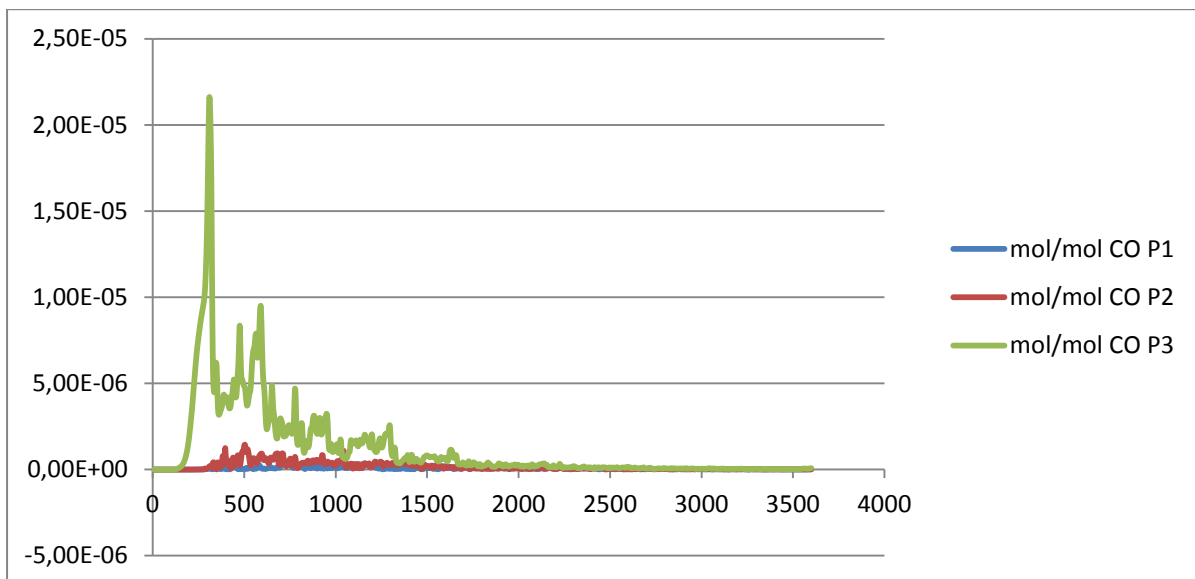
6.1.1.8 Varmestråling:



Figur 62- AI varmestråling

Her registreres ingen betydelig varmestråling i SKR.

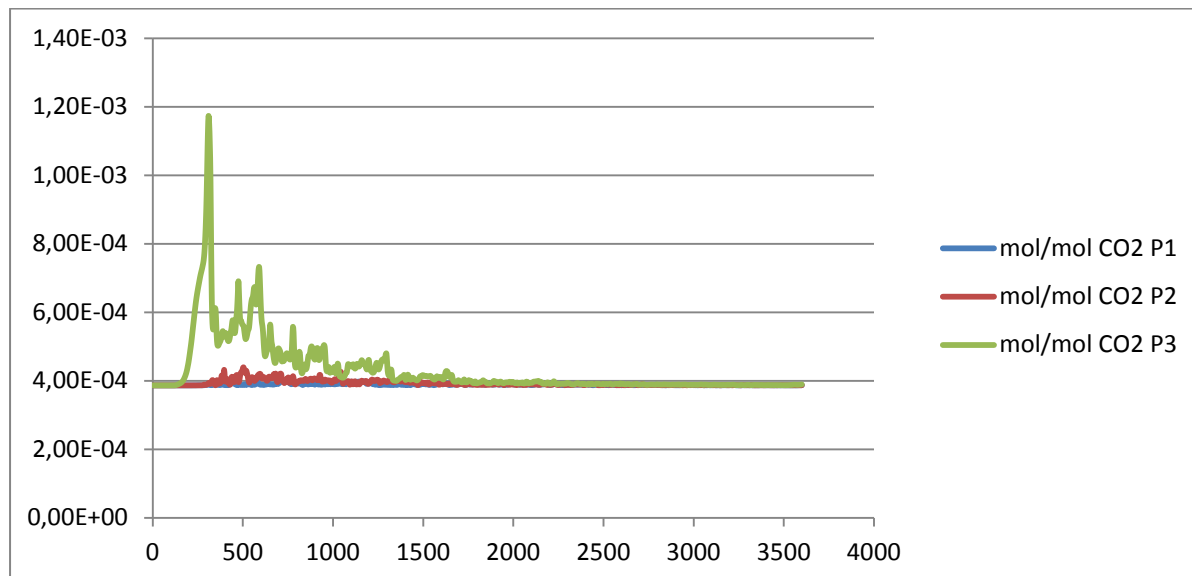
6.1.1.9 CO konsentrasjon



Figur 63- AI CO konsentrasjon

Her registreres ingen kritisk økning i CO konsentrasjon i SKR.

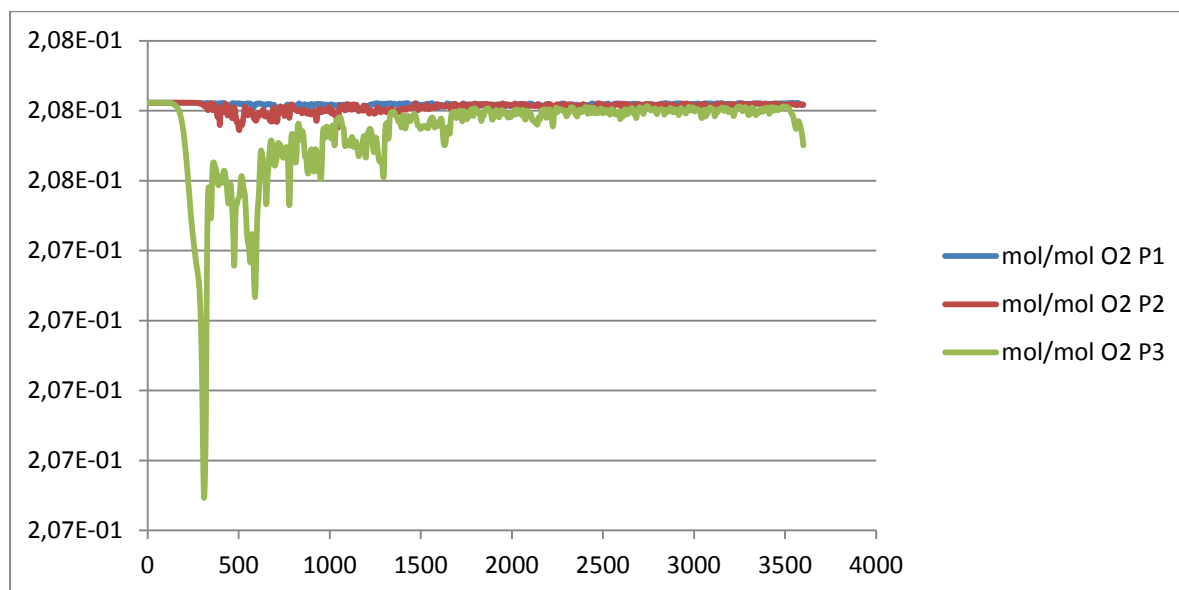
6.1.1.10 CO2 konsentrasjon



Figur 64-AI CO2 konsentrasjon

Her registreres ingen kritisk økning i CO2 konsentrasjon i SKR.

6.1.1.11 O2

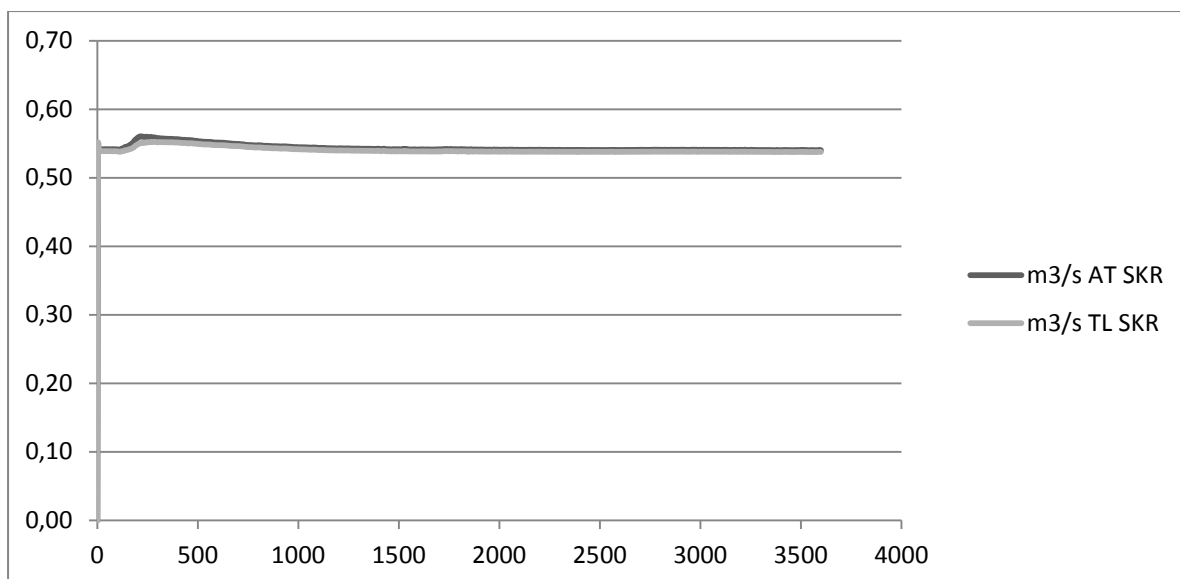


Figur 65- AI O2 konsentrasjon

Her registreres ingen kritisk reduksjon i O2 konsentrasjon i SKR.

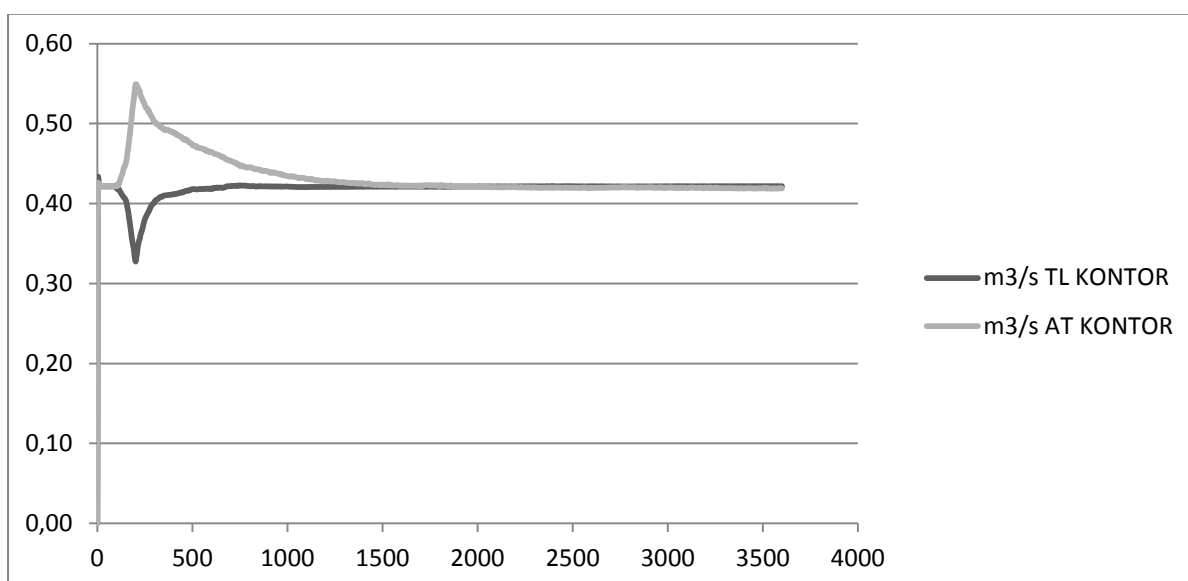
6.1.1.12 Spredning av flammer/røyk

For å vurdere om flammer/røyk spres i kanalnett, kontrolleres først om strømningsretning i noen grenkanaler endres under brann. Dette kan i så fall tyde på at røyk fortrenger ventilasjonsluft.



Figur 66- AI Ventilasjonsmengde SKR

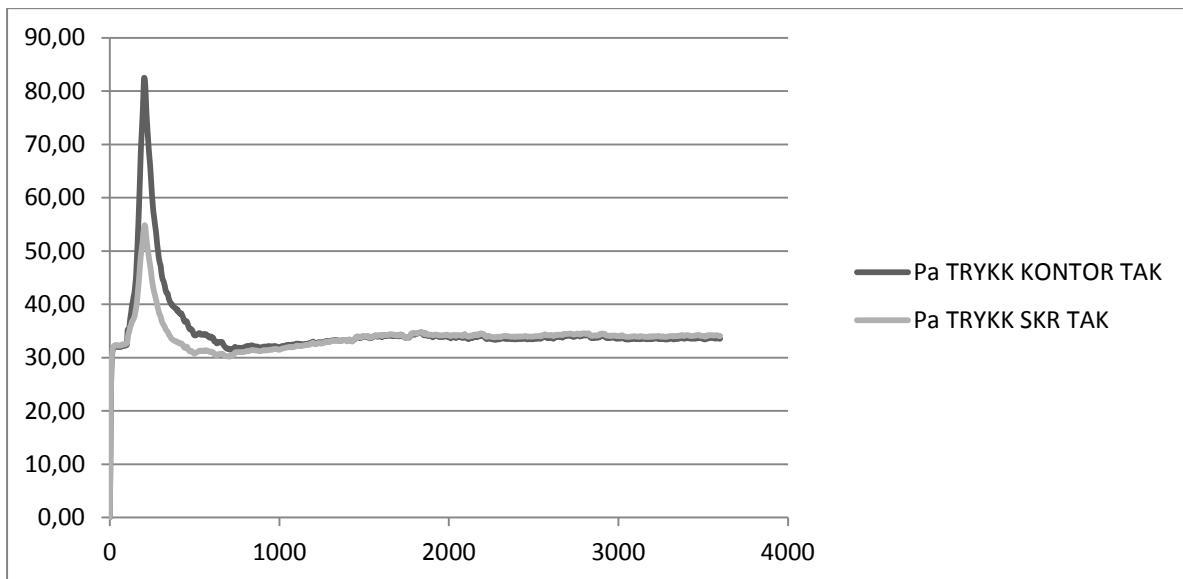
Her registreres en ubetydelig endring av luftstrøm i perioden med brann. Strømningsretning er uendret.



Figur 67-AI Ventilasjonsmengde brannrom/kontor.

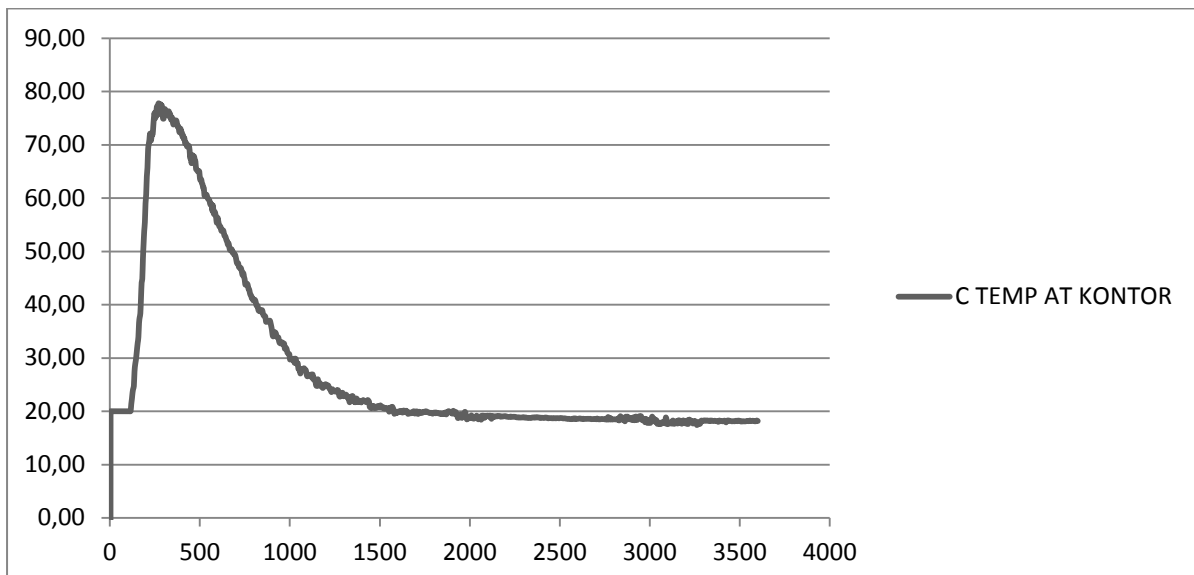
Avtrekksmengde stiger markant i perioden fra brannen starter, til sprinkler aktiveres (og branneffekt avtar). Dette skyldes at ekspansjon av røyk skaper trykkøkning i rommet, og at trykkgradient i avtrekkskanal derfor øker. I tillegg reduseres luftens tetthet i øvre lag, hvor avtrekksventiler er plassert. Når branneffekt avtar, går luftstrømmen tilbake mot opprinnelig verdi.

Videre ser vi at tilluft mengde reduseres tilsvarende i samme periode. Dette skyldes at trykkøkning i rommet gir redusert trykkgradient i tilluft kanal. Luftmengde er likevel betydelig og i riktig retning under hele brannforløpet, altså er strømningsretning uendret.



Figur 68- AI Trykk i rom

Trykket i brannrom stiger fra ca. 30 til ca. 80Pa i perioden fra brannen starter til sprinkler aktiveres. Det oppstår også en noe mindre trykkøkning i SKR i denne perioden. Det er en konsekvens av at brannen skaper et økt trykk i grenkanaler.



Figur 69-AI Temperatur i avtrekkskanal fra brannrom

Temperatur i avtrekkskanal er langt under 200 °C, så det er ikke mulig at kanalens utside blir uakseptabel varm. Temperaturen er så lav at det vurderes usannsynlig med flammer i kanal.

Oppsummert for scenario "AI":

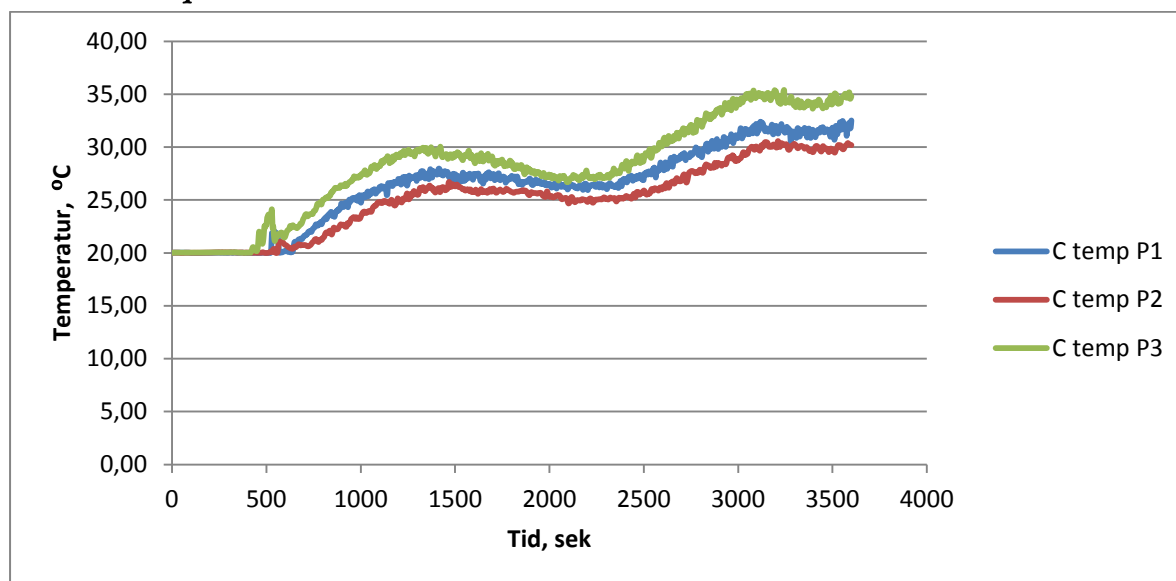
- Ingen av kriteriene for "tap av SKR" er overskredet.
- Temperatur i kanaler er langt under 200 °C.
- Strømning endrer ikke retning i noe grenkanal.

Konsekvensen vurderes derfor til "Ingen konsekvens", konsekvensverdi = 0.

IA

Simulering av brann hvor sprinkler ikke aktiveres, men brannspjeld aktiveres.

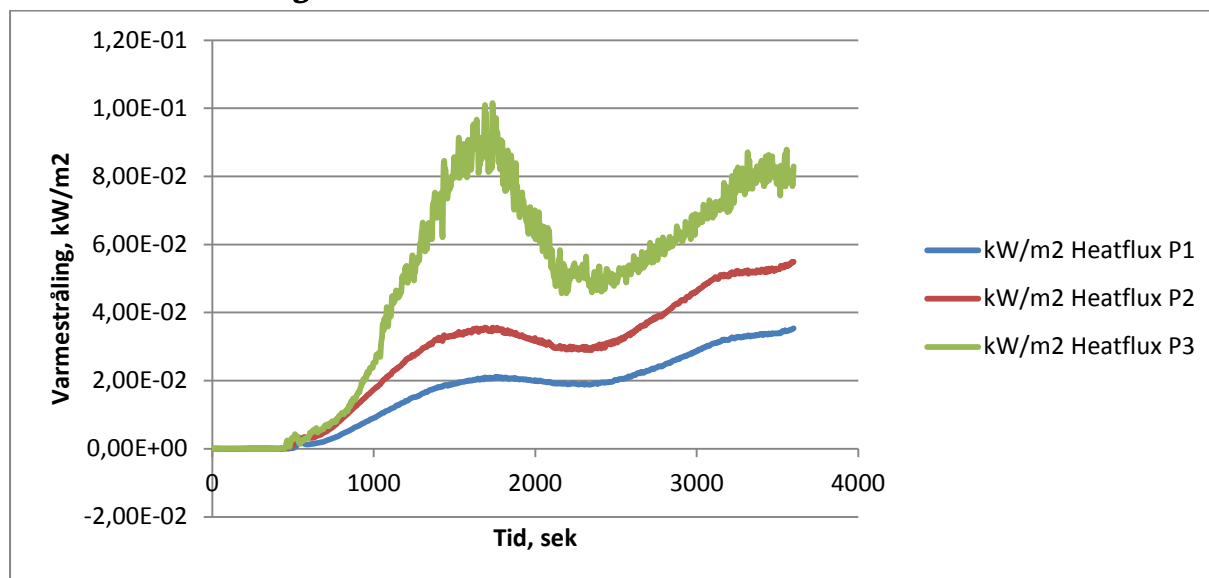
6.1.1.13 Temperatur:



Figur 70-IA temperaturkurve

Her registreres noe temperaturøkning i SKR, men fortsatt betydelig lavere enn grenseverdi.

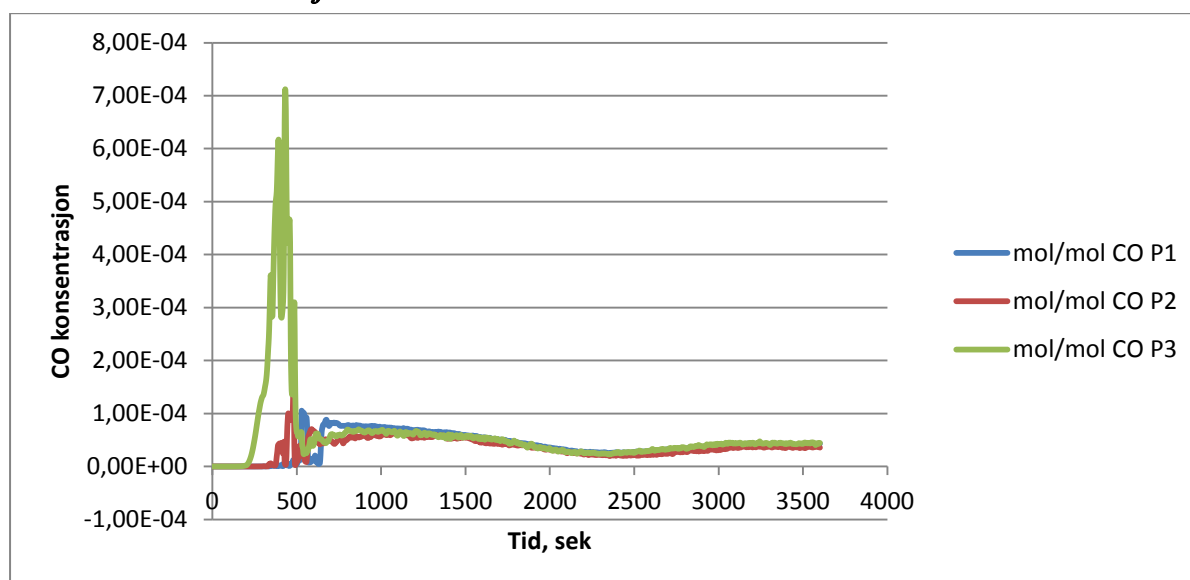
6.1.1.14 Varmestråling:



Figur 71- IA varmemstråling

Her registreres ingen betydelig varmemstråling i SKR.

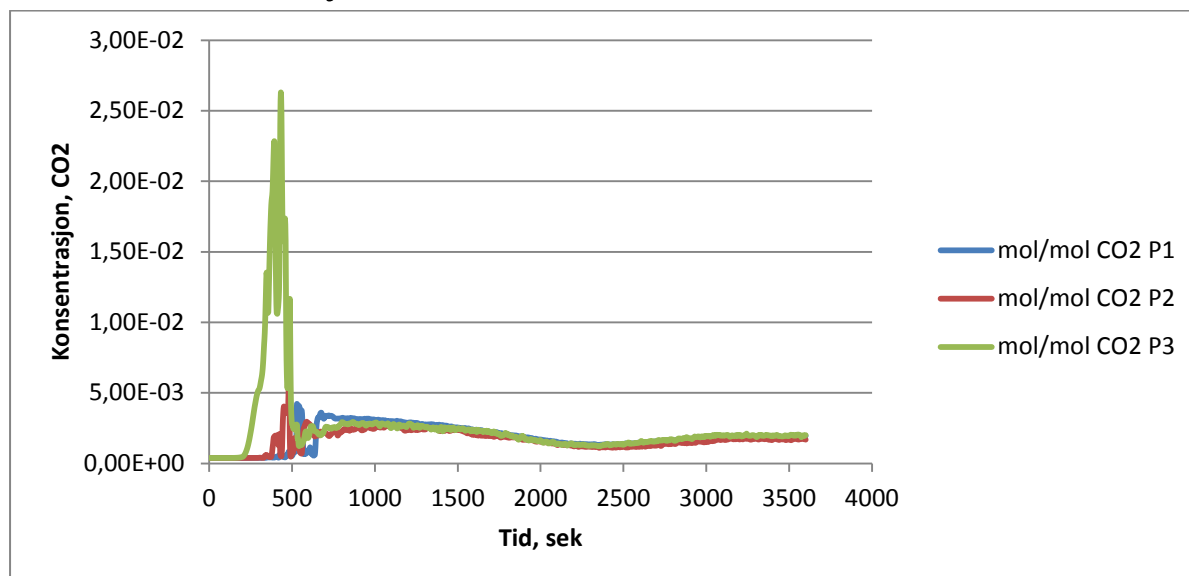
6.1.1.15 CO konsentrasjon



Figur 72- IA CO konsentrasjon

Her registreres økning i CO konsentrasjon i SKR i P3 (nærmest vegg med lekkasje). Denne når maksimalverdi på 7,12E-4, som er vesentlig lavere enn grenseverdi for CO.

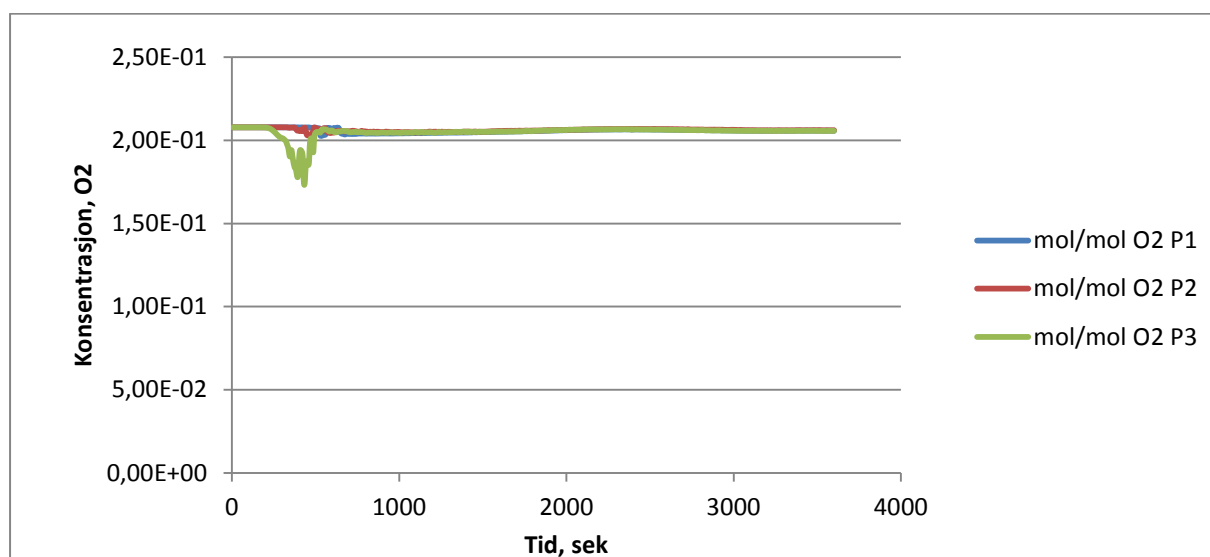
6.1.1.16 CO2 konsentrasjon



Figur 73-IA CO2 konsentrasjon

Her registreres økning i CO2 konsentrasjon i SKR. konsentrasjon i P3 når maksimalverdi på 2,63E-2, som er 43,8 % av grenseverdi.

6.1.1.17 O2

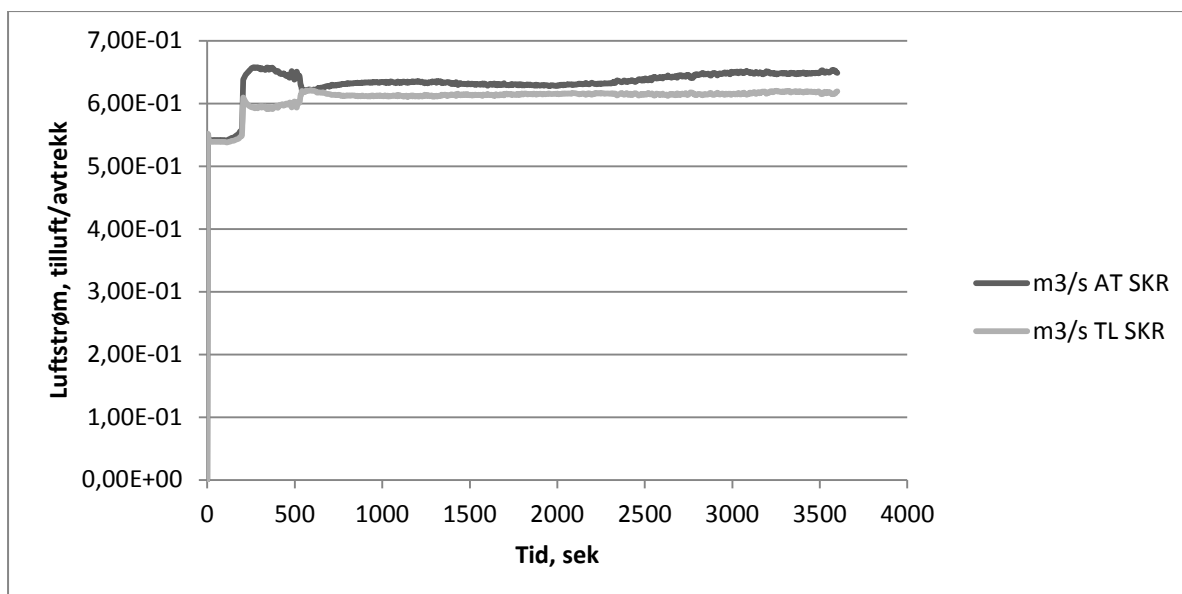


Figur 74- IA O2 konsentrasjon

Her registreres reduksjon i O2 konsentrasjon i SKR. O2 konsentrasjon når laveste verdi på 1,75E-1, som er 46 % over nedre grenseverdi.

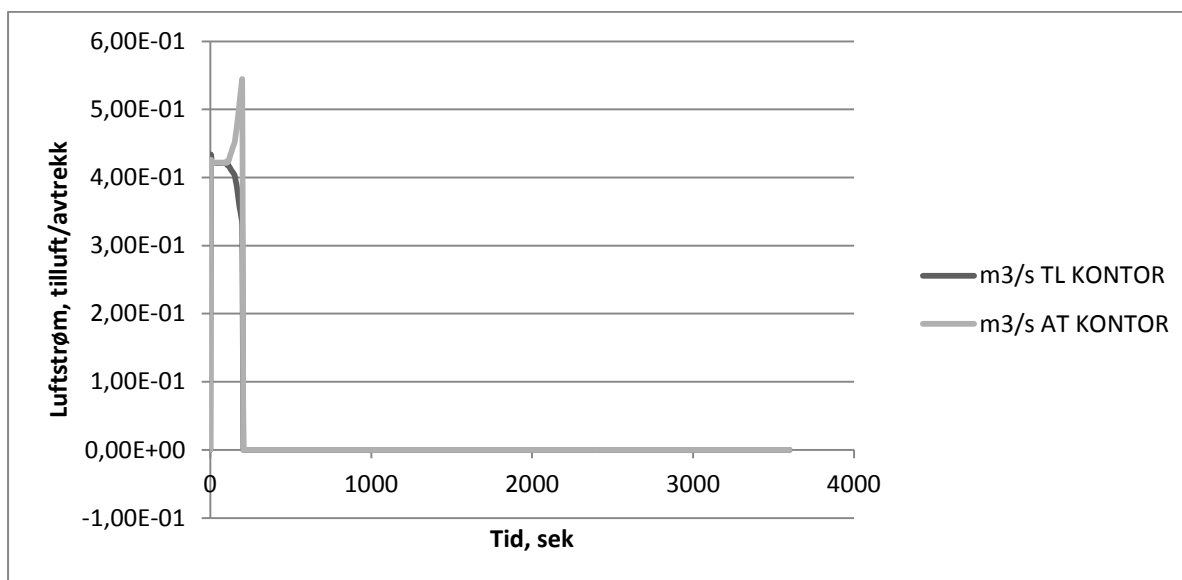
6.1.1.18 Spredning av flammer/røyk

For å vurdere om flammer/røyk spres i kanalnettet, kontrolleres først om strømningsretning i noen grenkanaler endres under brann. Dette kan i så fall tyde på at røyk fortrenger ventilasjonsluft.



Figur 75- IA Ventilasjonsmengde SKR

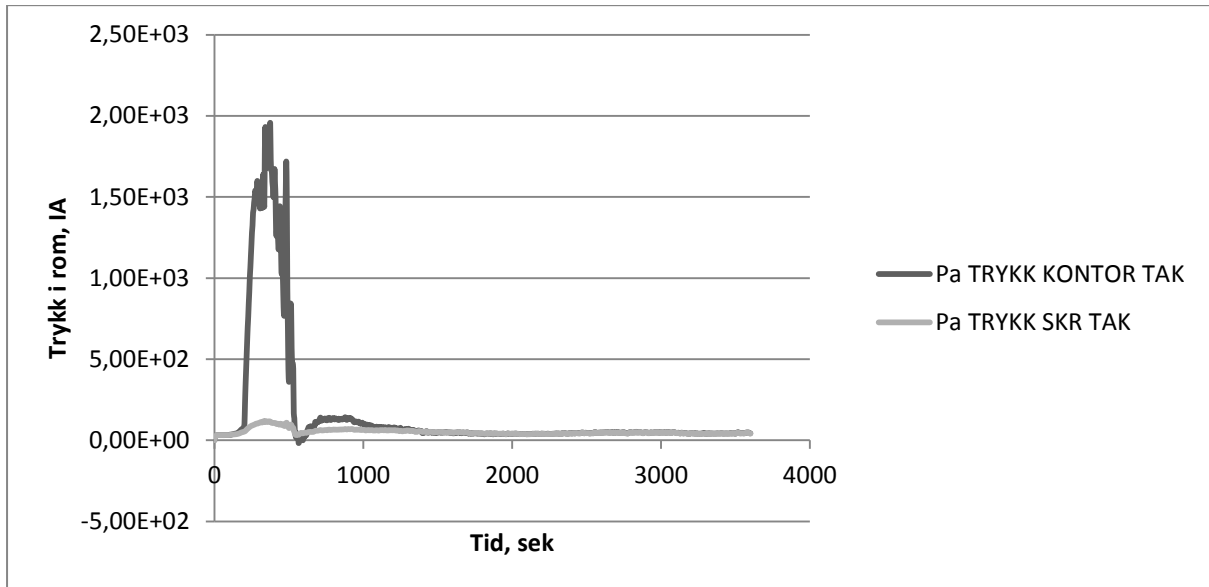
Her registreres en lite endring av luftstrøm i perioden med brann. Avtrekksmengden øker noe mer enn tilluft, avviket er størst i brannens vekstfase. Dette skyldes at SKR tilføres luft/røyk fra brannrommet gjennom lekkasje i vegg, og i denne fasen er trykkforskjell mellom rommene svært stor (ca. 1900Pa). Strømningsretning i kanaler er uendret.



Figur 76-IA Ventilasjonsmengde brannrom/kontor.

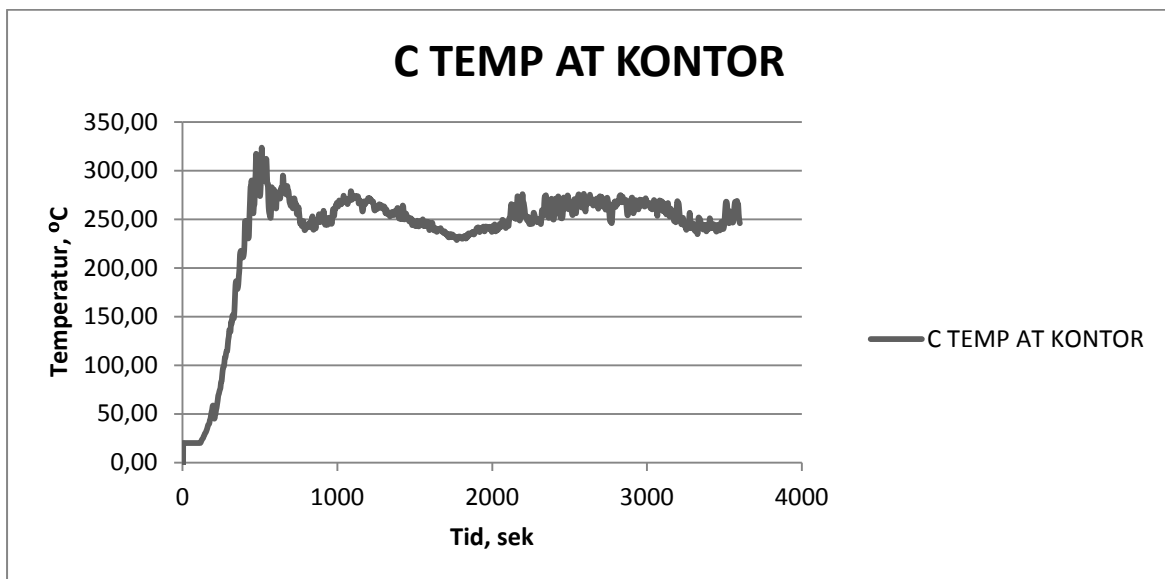
Avtrekksmengde stiger markant i perioden fra brannen starter, til spjeld stenges. Dette skyldes at ekspansjon av røyk skaper trykkøkning i rommet, og at trykkgradient i avtrekkskanal derfor øker. I tillegg reduseres luftens tetthet i øvre lag, hvor avtrekksventiler er plassert.

Videre ser vi at tilluft mengden reduseres tilsvarende i samme periode. Dette skyldes at trykkøkning i rommet gir redusert trykkgradient i tilluft kanal. Ved $t=200$ reduseres luftmengde til 0 m³/h for begge kanaler, dette fordi brannspjeld aktiveres.



Figur 77- IA Trykk i rom

Trykket i brannrom stiger raskt fra ca. 30 til ca. 2000Pa i perioden fra brannen starter til den når maksimal HRR ved $t=360$ s. Det oppstår også en mindre trykkøkning i SKR i denne perioden. Det er en konsekvens av at mer røyk presses gjennom lekkasje i vegg, grunnet det svært høye trykket i brannrommet.



Figur 78-IA Temperatur i avtrekkskanal fra brannrom

Temperatur i avtrekkskanal ligger i området 250 til 300 grader. Ettersom brannspjeld er stengt i dette tilfellet, vil ikke de varme gassene strømme gjennom, og isolasjon av kanal gjennomføring vil hindre oppvarming av kanal på uekspontert side av brannskillet.

Oppsummert for scenario "IA":

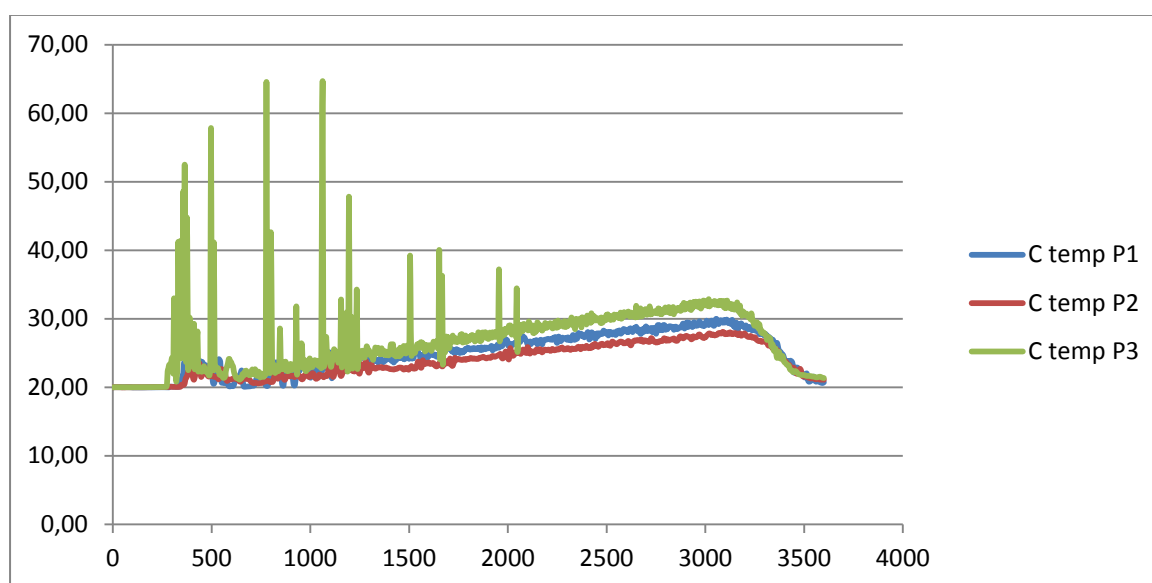
- Ingen av kriteriene for "tap av SKR" er overskredet.
- Temperatur i kanaler er under 200 °C.
- Strømning endrer ikke retning i noe grenkanal.

Konsekvensen vurderes derfor til "Ingen konsekvens", konsekvensverdi = 0.

II

Simulering av brann hvor sprinkler ikke aktiveres, og brannspjeld ikke aktiveres..

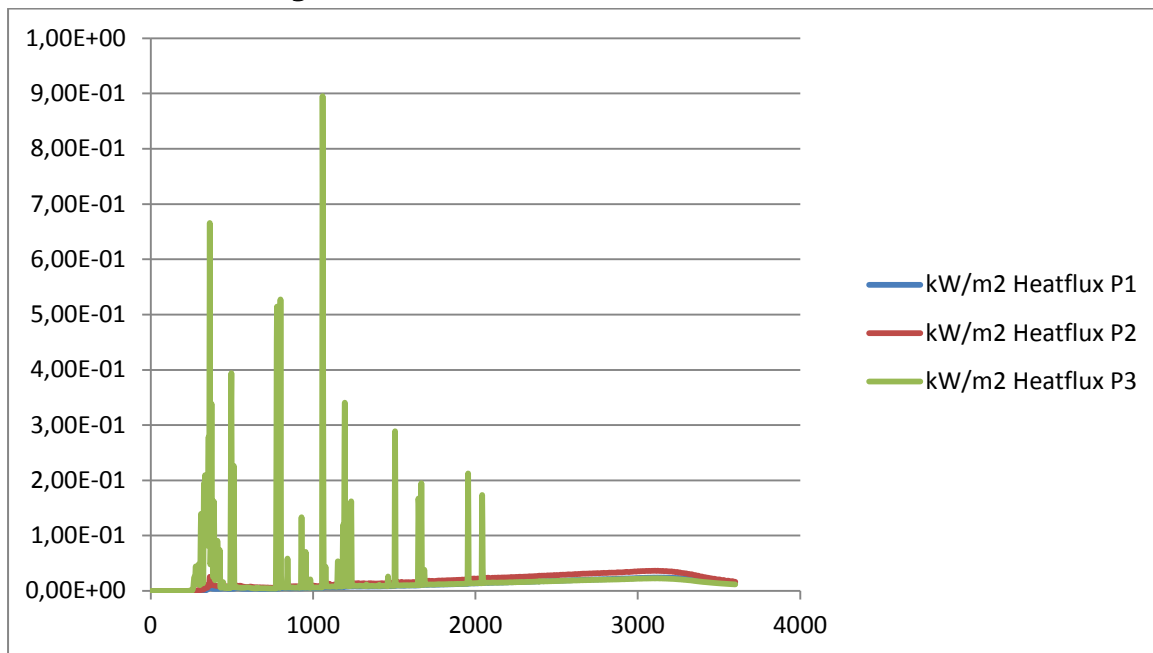
6.1.1.19 Temperatur:



Figur 79-II temperaturkurve

Her registreres noe temperaturøkning i SKR, men lavere enn grenseverdi. De høye toppene på temperaturkurven for P3 har typisk varighet på 3-5 sek. Dette antas å skyldes at punktet er plassert like ved vegg hvor all lekkasje fra brannrom kommer inn. De store og raske endringene i temperatur skyldes lokale strømnings forhold like ved veggen, og påvirker ikke resten av rommet. Ellers følger P3 tilsvarende trend som P1 og P2, og et temperaturforløp som stiger jevnt fra 20 til ca. 30 grader synes representativt for rommet.

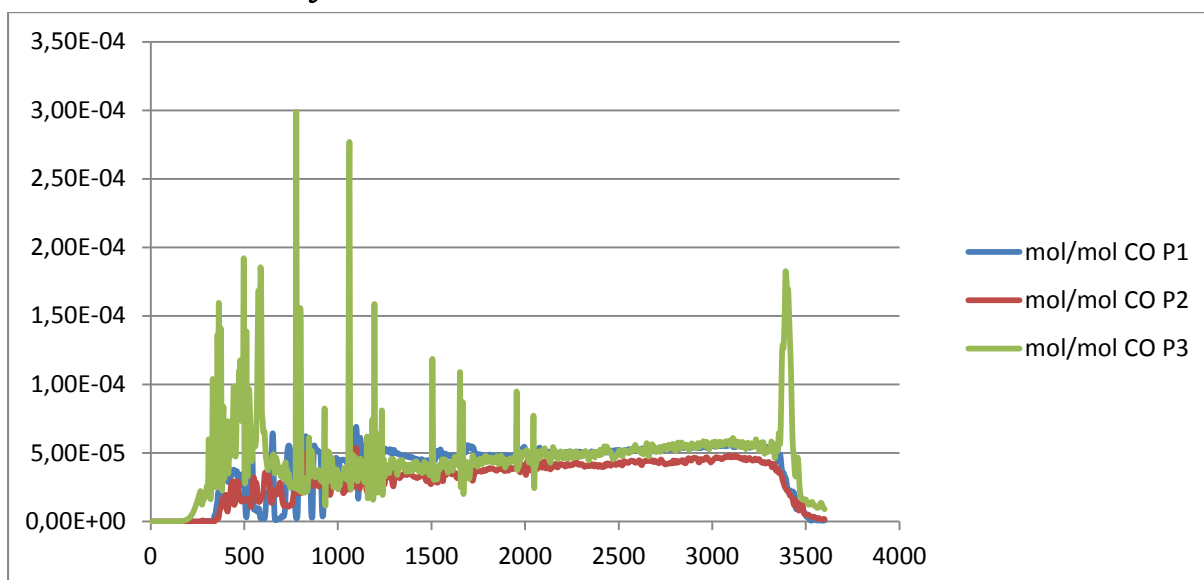
6.1.1.20 Varmestråling:



Figur 80- II varmestråling

Her registreres ingen betydelig varmestråling i SKR. Maksimalverdier for P3 vedvarer over periode på 3-5 sek, og er sammenfallende med temperaturtoppene. De høye enkeltverdiene vurderes derfor som ikke representative.

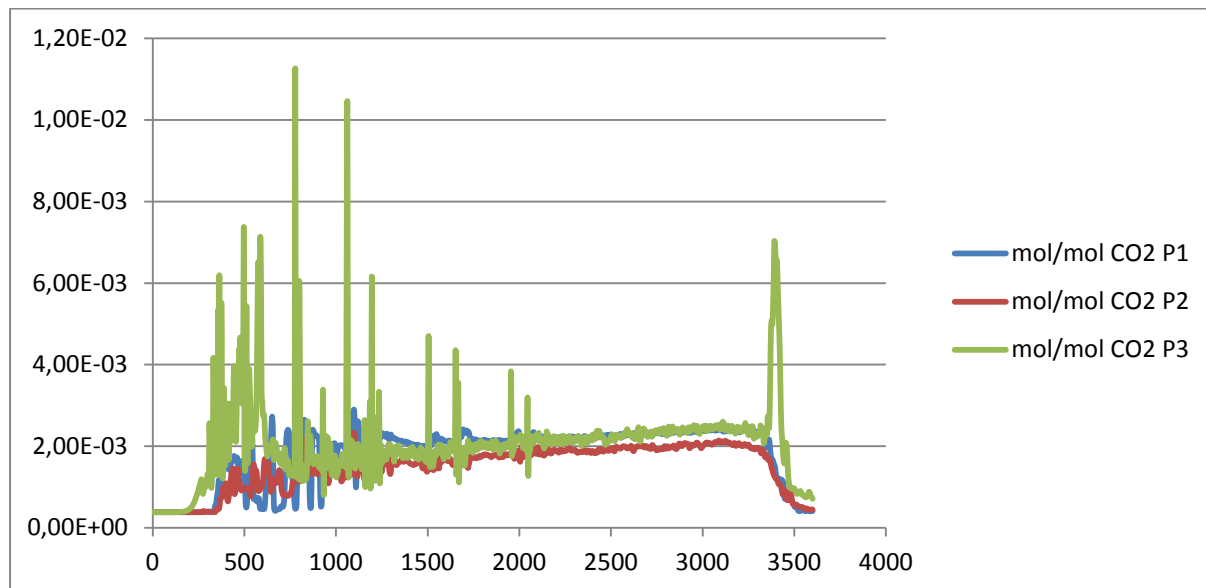
6.1.1.21 CO konsentrasjon



Figur 81- II CO konsentrasjon

Her registreres ikke kritisk økning av CO konsentrasjon i SKR. Maksimalverdier for P3 vedvarer over periode på 3-5 sek, og er sammenfallende med temperaturtoppene. De høye enkeltverdiene vurderes derfor som ikke representative.

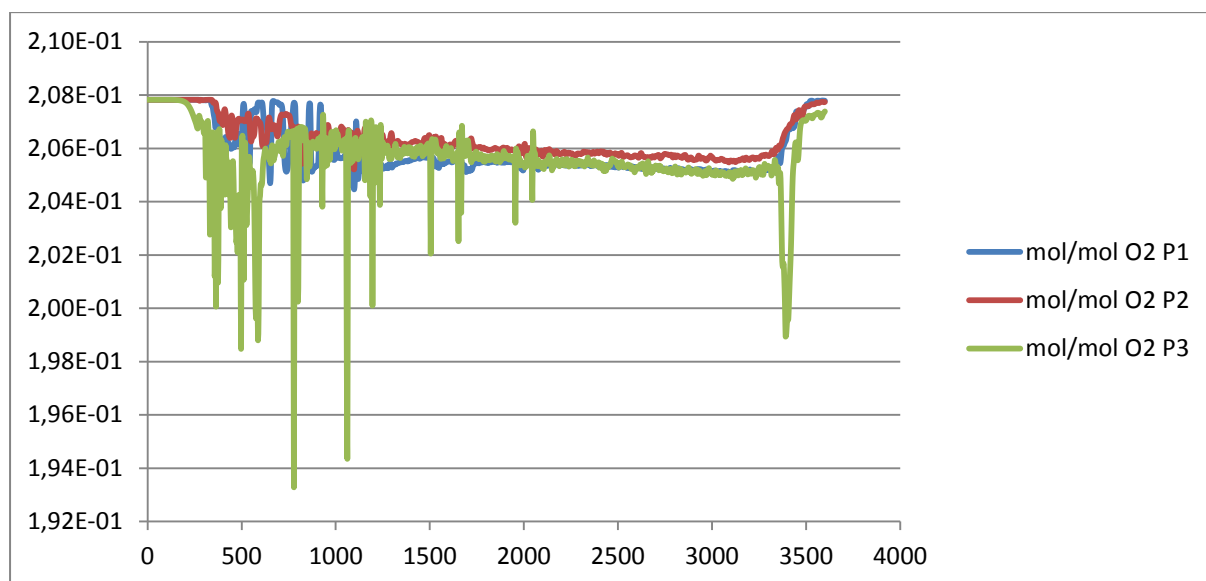
6.1.1.22 CO2 konsentrasjon



Figur 82-II CO2 konsentrasjon

Her registreres ikke kritisk økning i CO2 konsentrasjon i SKR. Maksimalverdier for P3 vedvarer over periode på 3-5 sek, og er sammenfallende med temperaturtoppene. De høye enkeltverdiene vurderes derfor som ikke representative.

6.1.1.23 O2

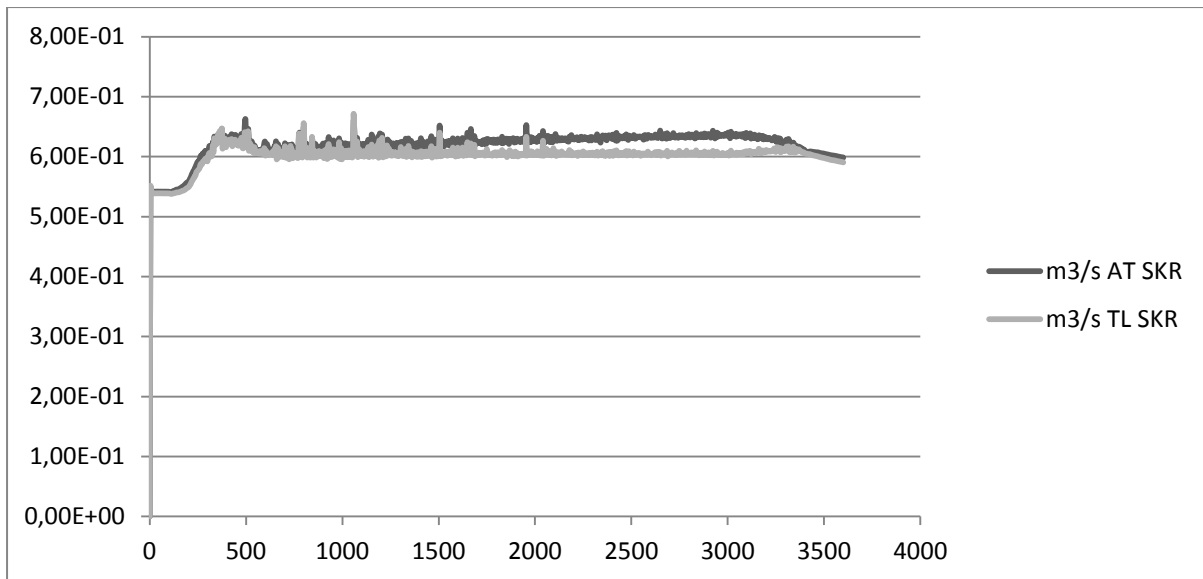


Figur 83- II O2 konsentrasjon

Her registreres ikke kritisk reduksjon i O2 konsentrasjon i SKR.

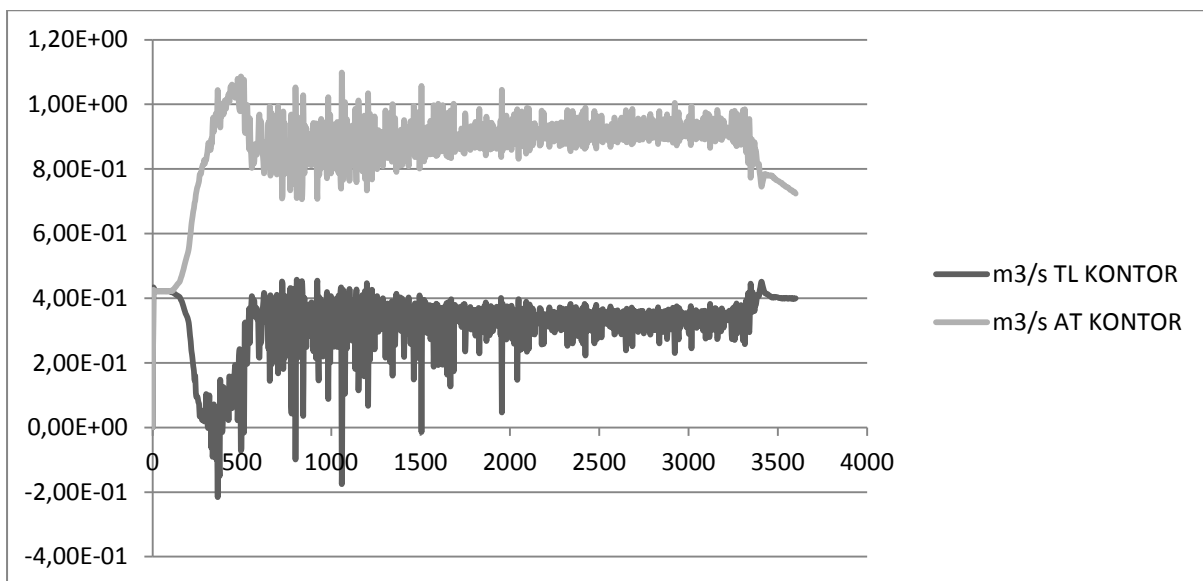
6.1.1.24 Spredning av flammer/røyk

For å vurdere om flammer/røyk spres i kanalnett, kontrolleres først om strømningsretning i noen grenkanaler endres under brann. Dette kan i så fall tyde på at røyk fortrenger ventilasjonsluft.



Figur 84- II Ventilasjonsmengde SKR

Her registreres en liten økning av luftstrøm. Strømningsretning er uendret.



Figur 85-II Ventilasjonsmengde brannrom/kontor.

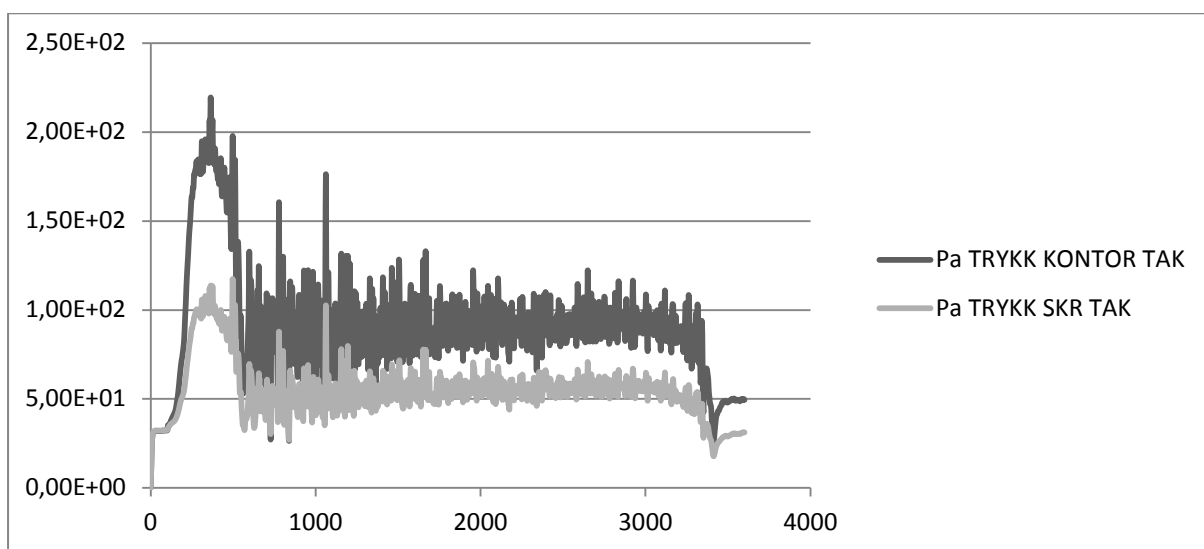
Avtrekksmengde stiger markant (ca. 140 %) i brannens vekstperiode. Dette skyldes at ekspansjon av røyk skaper trykkøkning i rommet, og at trykkgradient i avtrekkskanal derfor øker. I tillegg reduseres luftens tetthet i øvre lag, hvor avtrekksventiler er plassert.

Videre ser vi at tilluft mengden også reduseres betydelig i samme periode. Dette skyldes at trykkøkning i rommet gir redusert trykkgradient i tilluft kanal, og i korte perioder blir denne negativ. I perioden $t=330$ til $t=375$ har tilluft kanalen en gjennomsnittlig negativ luftstrøm på 36 l/sek, altså et totalt volum på 1,62 m³ som strømmer fra brannrommet tilbake i tilluft kanalen, og spres til andre rom (SKR). I tillegg er det noen svært korte perioder med negativ strømning senere.

Luften som strømmer til SKR perioden $t=330$ til $t=375$ har følgende tidsmidlet volumsammensetning:

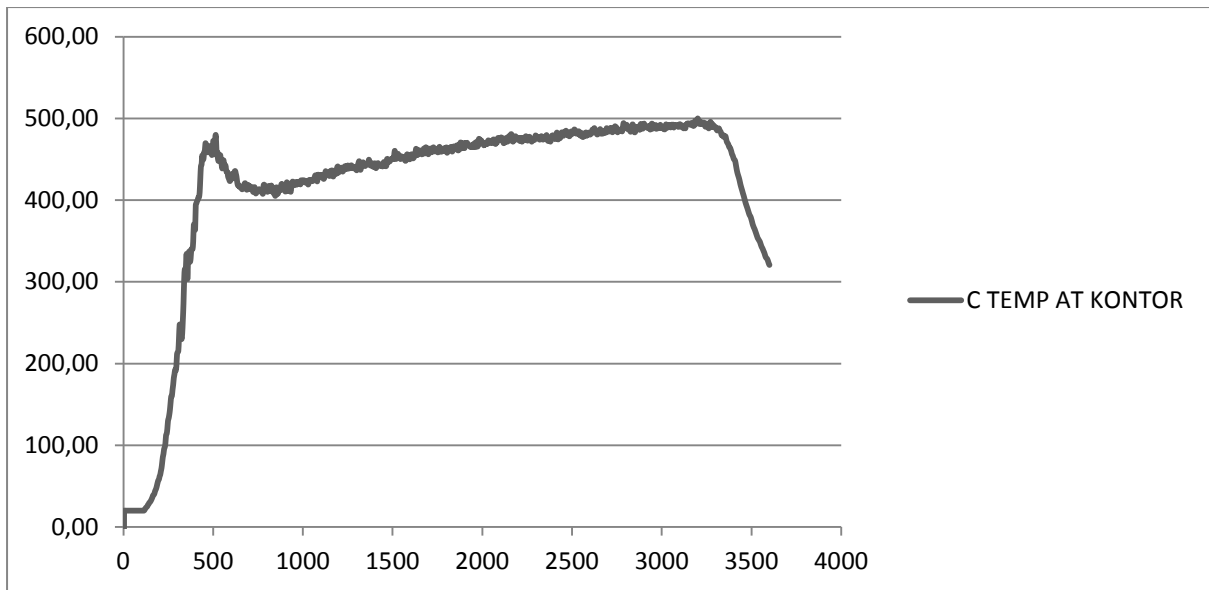
- Brensel: $9,38E-08$
- CO_2 : $4,98E-03$
- CO : $1,26E-03$
- Sot: $1,08E-03$
- O_2 : 20,2 %
- Temperatur: $47,9\text{ }^\circ\text{C}$

Ingen av grenseverdiene er overskredet, og temperaturen er for lav til at flammer kan oppstå.



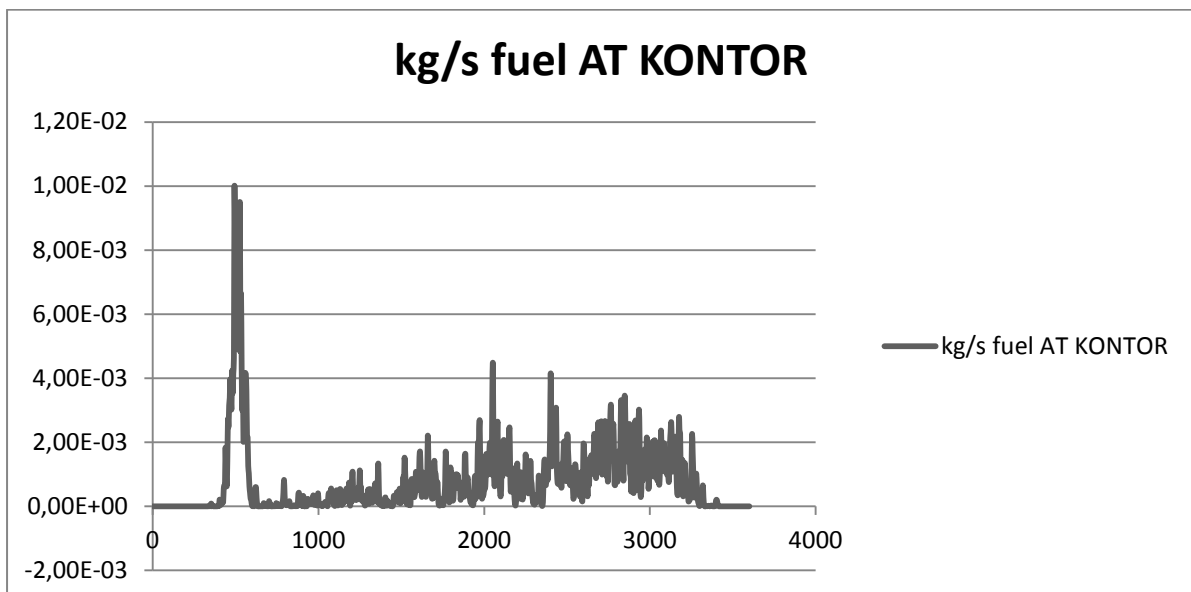
Figur 86- II Trykk i rom

Trykket i brannrom/kontor stiger raskt fra ca. 30 til ca. 200Pa i perioden fra brannen starter til den når maksimal HRR etter ca. 360s. Det oppstår også en trykkøkning i SKR i denne perioden. Det er en konsekvens av trykkøkning i ventilasjonskanaler, grunnet det høye trykket i brannrommet.



Figur 87-II Temperatur i avtrekkskanal fra brannrom/kontor

Temperatur i avtrekkskanal stiger raskt som følge av brannen, og forblir i området 400-500 °C det meste av brannforløpet. Dette er tilstrekkelig varmt til at uforbrent brensel kan forbrenne når den tilføres oksygen, så dette modelleres nærmere for å avdekke om det oppstår flammer i kanalen.



Figur 88-Mengde brensel i avtrekksluft fra brannrom.

Den største strømmen av brensel opptrer i samme periode som temperaturen har en lokal topp på ca. 480 °C. Perioden $t=480$ til $t=520$ analyseres derfor nærmere.

Gjennomsnittsverdier for avtrekk fra brannrom (kg/s), som brukes til simulering:

- Brensel: 6,32E-03
- O₂: 3,54E-02

- N2: 3,36E-01
- CO2: 7,78E-02
- H2O: 2,40E-02
- Temperatur: 466,5 °C

Avtrekk fra SKR modelleres som vanlig luft med temp=24 °C, mengde: 6,34E-01 m³/sek.

Flere simuleringer ble gjort, og selvantennelsestemperaturen ble variert fra 300-400 °C. Resultatene viste at antenning ikke fant sted, selv ved selvantennelsestemperatur på 300 °C. Det vurderes som

Oppsummert for scenario "II":

- Ingen av kriteriene for "tap av SKR" er overskredet.
- Temperatur i avtrekkskanal er over 400 °C.
- Strømning endrer retning i grenkanal for tilluft til brannrom, og gir spredning av brangasser til SKR. Gassene tynnes imidlertid ut i kanalen, og konsentrasjonen av disse er derfor lavere enn grenseverdi når de kommer inn i SKR.

Konsekvensen vurderes derfor til "Høy", konsekvensverdi =100.

V7- Input FDS

AA

```
&HEAD CHID='AA', TITLE='Roykspredning' /

&MESH ID='KONTOR', IJK=100,100,30 XB=0,10,0,10,0,3 /
&MESH ID='SKR', IJK=50,50,15 XB=10,20,0,10,0,3 /
&MESH ID='LIR', IJK=10,10,3 XB=20,30,0,10,0,3 /
&MESH ID='Øvrige rom', IJK=30,10,25 XB=30,60,0,10,0,25 /

Trykksoner

&ZONE XB=0,10,0,10,0,3, LEAK_AREA(4)=0.0145, LEAK_AREA(2)=0.0015 /
&ZONE XB=10,20,0,10,0,3 /
&ZONE XB=20,30,0,10,0,3 /
&ZONE XB=30,60,0,10,0,25 /

&MISC DT_HVAC=2 /

&TIME T_END=3600, RESTRICT_TIME_STEP=FALSE, /
&REAC FUEL = 'POLYURETHANE'
  FYI = 'C_6.3 H_7.1 N O_2.1, NFPA Handbook, Babrauskas'
  SOOT_YIELD = 0.1
  CO_YIELD = 0.03
  N = 1.0
  C = 6.3
  H = 7.1
  O = 2.1 /

&SPEC ID='OXYGEN'/
&SPEC ID='CARBON MONOXIDE'/
&SPEC ID='WATER VAPOR'/
&SPEC ID='CARBON DIOXIDE'/
&SPEC ID='SOOT'/

&MATL ID = 'Stål'
  SPECIFIC_HEAT = 0.49
  CONDUCTIVITY = 43
  DENSITY = 7700.0 /

&MATL ID = 'Isolasjon'
  SPECIFIC_HEAT = 0.8
  DENSITY = 110.0
  CONDUCTIVITY_RAMP = 'k_ramp' /

&RAMP ID='k_ramp', T=10., F=0.036 /
&RAMP ID='k_ramp', T=50., F=0.041 /
&RAMP ID='k_ramp', T=100., F=0.048 /
&RAMP ID='k_ramp', T=150., F=0.058 /
&RAMP ID='k_ramp', T=200., F=0.068 /
&RAMP ID='k_ramp', T=220., F=0.076 /

&MATL ID = 'Gulvbelegg'
  CONDUCTIVITY = 0.2
  SPECIFIC_HEAT = 0.75
  DENSITY = 1500. /

&MATL ID = 'Betong'
  SPECIFIC_HEAT = 0.75
  CONDUCTIVITY = 1.5
  DENSITY = 2300.0 /
```

&SURF ID = 'Gulv'
RGB = 200,200,100
MATL_ID(1:3,1) = 'Gulvbelegg','Betong', 'Isolasjon'
THICKNESS(1:3) = 0.002, 0.05, 0.01 /

&SURF ID = 'Vegg'
RGB = 200,100,200
MATL_ID(1:3,1) = 'Stål','Isolasjon','Stål'
THICKNESS(1:3) = 0.0005,0.099,0.0005 /

&SURF ID = 'Lekkvegg SKR'
RGB = 200,100,200
MATL_ID(1:3,1) = 'Stål','Isolasjon','Stål'
THICKNESS(1:3) = 0.0005,0.099,0.0005
LEAK_PATH = 1,2 /

&SURF ID = 'Lekkvegg øvrig'
RGB = 200,100,200
MATL_ID(1:3,1) = 'Stål','Isolasjon','Stål'
THICKNESS(1:3) = 0.0005,0.099,0.0005
LEAK_PATH = 1,4 /

&SURF ID = 'Tak'
RGB = 100,200,200
MATL_ID(1:3,1) = 'Stål','Isolasjon','Stål'
THICKNESS(1:3) = 0.0005,0.099,0.0005 /

&SURF ID='Pult', RGB=0,100,0, MATL_ID='Stål', THICKNESS=0.005 /
&SURF ID='Brann', RGB=100,0,0, HRRPUA=0.5, RAMP_Q='q_ramp' /

***Brannkurve 1 kontor plass, sprinkler.

&RAMP ID='q_ramp', T=0, F=0 /
&RAMP ID='q_ramp', T=100, F=0 /
&RAMP ID='q_ramp', T=150, F=63 /
&RAMP ID='q_ramp', T=200, F=252 /
&RAMP ID='q_ramp', T=250, F=199 /
&RAMP ID='q_ramp', T=300, F=157 /
&RAMP ID='q_ramp', T=360, F=118 /
&RAMP ID='q_ramp', T=500, F=61 /
&RAMP ID='q_ramp', T=750, F=19 /
&RAMP ID='q_ramp', T=1000, F=6 /
&RAMP ID='q_ramp', T=1520, F=0 /

*****Kontor

&OBST XB=0,10,0,10,0,0,1, SURF_ID='Gulv' / Gulv
&OBST XB=0,10,0,10,2,9,3, SURF_ID='Tak', OUTLINE=.TRUE./ Tak
&OBST XB=0,10,0,0,1,0,3, SURF_ID='Vegg', OUTLINE=.TRUE. / Vegg1
&OBST XB=0,10,9,9,10,0,3, SURF_ID='Lekkvegg SKR' / Vegg2
&OBST XB=0,0,0,1,0,10,0,3, SURF_ID='Lekkvegg øvrig' / Vegg3
&OBST XB=9,9,10,2,0,10,0,3, SURF_ID='Vegg' / Vegg4

&OBST XB=0,1,1,1,4,6,0,8,1, SURF_ID='Pult' /
&VENT XB=0,1,1,1,4,6,1,1 SURF_ID='Brann' / Brann

*****SKR

&OBST XB=10,20,0,10,0,0,1 SURF_ID='Gulv' / Gulv
&OBST XB=10,20,0,10,2,9,3, SURF_ID='Tak', OUTLINE=.TRUE./ Tak
&OBST XB=10,20,0,0,1,0,3, SURF_ID='Vegg', OUTLINE=.TRUE. / Vegg1
&OBST XB=10,20,9,9,10,0,3, SURF_ID='Lekkvegg SKR' / Vegg2
&OBST XB=19,95,20,05,0,10,0,3, SURF_ID='Vegg' / Vegg4

****LIR

&OBST XB=20,30,0,10,0,0,1, SURF_ID='Gulv' / Gulv
&OBST XB=20,30,0,10,2,9,3, SURF_ID='Tak', OUTLINE=.TRUE./ Tak
&OBST XB=20,30,0,0,1,0,3, SURF_ID='Vegg', OUTLINE=.TRUE. / Vegg1
&OBST XB=20,30,9,9,10,0,3, SURF_ID='Vegg' / Vegg2

*****Øvrige rom

&OBST XB=30,60,0,10,0,0,1 SURF_ID='Gulv' / Gulv
&OBST XB=30,60,0,10,24,9,25, SURF_ID='Tak', OUTLINE=.TRUE./ Tak
&OBST XB=30,60,0,0,1,0,25 SURF_ID='Vegg', OUTLINE=.TRUE. / Vegg1
&OBST XB=30,60,9,9,10,0,25, SURF_ID='Vegg' / Vegg2
&OBST XB=29,95,30,05,0,10,0,25, SURF_ID='Vegg' / Vegg3
&OBST XB=59,9,60,0,10,0,3, SURF_ID='Lekkvegg øvrig' / Vegg4
&OBST XB=59,9,60,0,10,3,25, SURF_ID='Vegg' / Vegg4

*****Sprinkler

&PART ID='water drops', SPEC_ID='WATER VAPOR', DIAMETER=2000, SAMPLING_FACTOR=100, AGE=10/
&PROP ID='SPR', PART_ID='water drops', FLOW_RATE=60, SPRAY_ANGLE=10,70, OFFSET=0,5, PARTICLE_VELOCITY=10, /
&DEVC ID='Sprinkler', XYZ=5,5,2,7, PROP_ID='SPR', ORIENTATION=0,0,-1, QUANTITY='TIME', SETPOINT=200, /

*****HVAC

&VENT ID='HVAC TL ØVRIGE ROM', XB=40,50,9,9,9,0,2,1,2, SURF_ID='HVAC', COLOR='BLUE'/
&VENT ID='HVAC TL LIR', XB=24,26,9,9,9,0,2,1,2, SURF_ID='HVAC' COLOR='BLUE'/
&VENT ID='HVAC TL SKR', XB=14,16,9,9,9,0,2,1,2, SURF_ID='HVAC', COLOR='BLUE'/
&VENT ID='HVAC TL KONTOR', XB=3,8,8,5,9,3,3, SURF_ID='HVAC', COLOR='BLUE'/
&HOLE XB=3,8,8,5,9,2,8,3, /

&VENT ID='HVAC AT ØVRIGE ROM' XB=40,50,4,6,24,9,24,9, SURF_ID='HVAC' COLOR='RED'/
&VENT ID='HVAC AT LIR' XB=24,26,4,6,2,9,2,9, SURF_ID='HVAC' COLOR='RED'/
&VENT ID='HVAC AT SKR' XB=14,16,4,6,2,9,2,9, SURF_ID='HVAC' COLOR='RED'/
&VENT ID='HVAC AT KONTOR' XB=3,8,1,1,5,3,3, SURF_ID='HVAC' COLOR='RED', /
&HOLE XB=3,8,1,1,5,2,8,3, /

&HVAC TYPE_ID='FAN', ID='TL vifte', MAX_FLOW=12, MAX_PRESSURE=1000. /
&HVAC TYPE_ID='FAN', ID='AT vifte', MAX_FLOW=12, MAX_PRESSURE=700. /

&HVAC TYPE_ID='NODE', ID='node 1', DUCT_ID='duct 1', ambient=.true, xyz=0,0,3 /
&HVAC TYPE_ID='NODE', ID='node 2', DUCT_ID='duct 1', duct 2', duct 3', xyz=0,0,3 /
&HVAC TYPE_ID='NODE', ID='node 3', DUCT_ID='duct 2', VENT_ID='HVAC TL ØVRIGE ROM' xyz=0,0,0 /
&HVAC TYPE_ID='NODE', ID='node 4', DUCT_ID='duct 3', duct 4', duct 5', xyz=0,0,3 /
&HVAC TYPE_ID='NODE', ID='node 5', DUCT_ID='duct 4', VENT_ID='HVAC TL LIR' xyz=0,0,3 /
&HVAC TYPE_ID='NODE', ID='node 6', DUCT_ID='duct 6', duct 7', duct 5', xyz=12,0,3 /
&HVAC TYPE_ID='NODE', ID='node 7', DUCT_ID='duct 6', VENT_ID='HVAC TL SKR', xyz=5,3,0 /
&HVAC TYPE_ID='NODE', ID='node 8', DUCT_ID='duct 7', VENT_ID='HVAC TL KONTOR', xyz=5,3,0 /
&HVAC TYPE_ID='NODE', ID='node 9', DUCT_ID='duct 8', VENT_ID='HVAC AT KONTOR', xyz=0,0,3 /
&HVAC TYPE_ID='NODE', ID='node 10', DUCT_ID='duct 8', duct 9', duct 10', xyz=0,0,3 /
&HVAC TYPE_ID='NODE', ID='node 11', DUCT_ID='duct 9', VENT_ID='HVAC AT SKR', xyz=0,0,3 /
&HVAC TYPE_ID='NODE', ID='node 12', DUCT_ID='duct 10', 'duct 11', duct 12', xyz=0,0,3 /
&HVAC TYPE_ID='NODE', ID='node 13', DUCT_ID='duct 11', VENT_ID='HVAC AT LIR', xyz=10,5,1 /
&HVAC TYPE_ID='NODE', ID='node 14', DUCT_ID='duct 12', 'duct 13', duct 14', xyz=15,5,25 /
&HVAC TYPE_ID='NODE', ID='node 15', DUCT_ID='duct 13', VENT_ID='HVAC AT ØVRIGE ROM', xyz=15,5,25 /
&HVAC TYPE_ID='NODE', ID='node 16', DUCT_ID='duct 14', ambient=.true, xyz=15,5,25 /

&HVAC TYPE_ID='DUCT', ID='duct 1', NODE_ID='node 1', node 2', AREA=2, LENGTH=400,0, ROUGHNESS=0.001, FAN_ID='TL vifte' /

&HVAC TYPE_ID='DUCT', ID='duct 2', NODE_ID='node 2', node 3' AREA=1.69, LENGTH=450,0, ROUGHNESS=0.001 /
&HVAC TYPE_ID='DUCT', ID='duct 3', NODE_ID='node 2', node 4', AREA=0.308, LENGTH=50,0, ROUGHNESS=0.001 /
&HVAC TYPE_ID='DUCT', ID='duct 4', NODE_ID='node 4', node 5', AREA=0.112, LENGTH=75,0, ROUGHNESS=0.001 /
&HVAC TYPE_ID='DUCT', ID='duct 5', NODE_ID='node 4', node 6', AREA=0.196, LENGTH=15,0, ROUGHNESS=0.001 /
&HVAC TYPE_ID='DUCT', ID='duct 6', NODE_ID='node 6', node 7', AREA=0.112, LENGTH=65,0, ROUGHNESS=0.001 /
&HVAC TYPE_ID='DUCT', ID='duct 7', NODE_ID='node 6', node 8', AREA=0.084, LENGTH=50,0, ROUGHNESS=0.001, DAMPER=.TRUE., DEVC_ID='TIMER' /
&HVAC TYPE_ID='DUCT', ID='duct 8', NODE_ID='node 9', node 10', AREA=0.084, LENGTH=50,0, ROUGHNESS=0.001, DAMPER=.TRUE., DEVC_ID='TIMER' /
&HVAC TYPE_ID='DUCT', ID='duct 9', NODE_ID='node 11', node 10', AREA=0.112, LENGTH=65,0, ROUGHNESS=0.001 /

&HVAC TYPE_ID='DUCT', ID='duct 10', NODE_ID='node 10','node 12', AREA=0.196, LENGTH=15.0, ROUGHNESS=0.001 /
 &HVAC TYPE_ID='DUCT', ID='duct 11', NODE_ID='node 13','node 12', AREA=0.112, LENGTH=75.0, ROUGHNESS=0.001 /
 &HVAC TYPE_ID='DUCT', ID='duct 12', NODE_ID='node 12','node 14', AREA=0.308, LENGTH=50.0, ROUGHNESS=0.001 /
 &HVAC TYPE_ID='DUCT', ID='duct 13', NODE_ID='node 15','node 14', AREA=1.69, LENGTH=450.0, ROUGHNESS=0.001 /
 &HVAC TYPE_ID='DUCT', ID='duct 14', NODE_ID='node 14','node 16', AREA=2, LENGTH=400.0, ROUGHNESS=0.001,
 FAN_ID='AT vifte' /

&DEVC QUANTITY='TIME',ID='TIMER',SETPOINT=200,INITIAL_STATE=.TRUE.,XYZ=0,0,0/

*****Testpunkter

&DEVC ID='temp P1', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ= 15,,2,2 /
 &DEVC ID='temp P2', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ= 15,5,2 /
 &DEVC ID='temp P3', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ= 15,9,8,2 /
 &DEVC ID='Heatflux P1', QUANTITY='GAUGE HEAT FLUX', IOR=3, XYZ= 15,,2,0 /
 &DEVC ID='Heatflux P2', QUANTITY='GAUGE HEAT FLUX', IOR=3, XYZ= 15,5,0 /
 &DEVC ID='Heatflux P3', QUANTITY='GAUGE HEAT FLUX', IOR=3, XYZ= 15,9,8,0 /
 &DEVC ID='O2 P1', QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC_ID='OXYGEN', XYZ= 15,,2,2 /
 &DEVC ID='O2 P2', QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC_ID='OXYGEN', XYZ= 15,5,2 /
 &DEVC ID='O2 P3', QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC_ID='OXYGEN', XYZ= 15,9,8,2 /
 &DEVC ID='CO P1', QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC_ID='CARBON MONOXIDE', XYZ= 15,,2,2 /
 &DEVC ID='CO P2', QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC_ID='CARBON MONOXIDE', XYZ= 15,5,2 /
 &DEVC ID='CO P3', QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC_ID='CARBON MONOXIDE', XYZ= 15,9,8,2 /
 &DEVC ID='CO2 P1', QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ= 15,,2,2 /
 &DEVC ID='CO2 P2', QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ= 15,5,2 /
 &DEVC ID='CO2 P3', QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ= 15,9,8,2 /
 &DEVC ID='sot P1', QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC_ID='SOOT', XYZ= 15,,2,2 /
 &DEVC ID='sot P2', QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC_ID='SOOT', XYZ= 15,5,2 /
 &DEVC ID='sot P3', QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC_ID='SOOT', XYZ= 15,9,8,2 /
 &DEVC ID='Heatflux kontor', QUANTITY='GAUGE HEAT FLUX', IOR=3, XYZ= 1,1,0 /

*****OUTPUT HVAC

&DEVC QUANTITY='DUCT VOLUME FLOW' ID='TL KONTOR' DUCT_ID='duct 7' /
 &DEVC QUANTITY='DUCT VOLUME FLOW' ID='AT KONTOR' DUCT_ID='duct 8' /
 &DEVC QUANTITY='DUCT VOLUME FLOW' ID='TL ØVRIGE ROM' DUCT_ID='duct 2' /
 &DEVC QUANTITY='DUCT VOLUME FLOW' ID='AT ØVRIGE ROM' DUCT_ID='duct 13' /
 &DEVC QUANTITY='DUCT VOLUME FLOW' ID='TL TOT' DUCT_ID='duct 1' /
 &DEVC QUANTITY='DUCT VOLUME FLOW' ID='AT TOT' DUCT_ID='duct 14' /
 &DEVC QUANTITY='DUCT VOLUME FLOW' ID='AT SKR', DUCT_ID='duct 9' /
 &DEVC QUANTITY='DUCT VOLUME FLOW' ID='TL SKR', DUCT_ID='duct 6' /
 &DEVC QUANTITY='DUCT VOLUME FLOW' ID='AT LIR', DUCT_ID='duct 11' /
 &DEVC QUANTITY='DUCT VOLUME FLOW' ID='TL LIR', DUCT_ID='duct 4' /

&SLCF PBX=0.6, QUANTITY='TEMPERATURE' /
 &SLCF PBX=5, QUANTITY='TEMPERATURE' /
 &SLCF PBX=15, QUANTITY='TEMPERATURE' /
 &SLCF PBX=25, QUANTITY='TEMPERATURE' /
 &SLCF PBX=45, QUANTITY='TEMPERATURE' /
 &SLCF PBZ=2, QUANTITY='TEMPERATURE' /
 &SLCF PBZ=2, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='POLYURETHANE', /
 &SLCF PBZ=2 QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='OXYGEN',/
 &SLCF PBZ=2, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE',/
 &SLCF PBZ=2, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON MONOXIDE',/

&DEVC XYZ=1,0,2,2,8, QUANTITY='PRESSURE', ID='TRYKK KONTOR TAK' /
 &DEVC XYZ=13,1,2,8, QUANTITY='PRESSURE', ID='TRYKK SKR TAK' /

&DEVC ID='HRR KONTOR', QUANTITY='HRR', XB=0,10,0,10,0,3 /
 &DEVC ID='HRR SKR', QUANTITY='HRR', XB=10,20,0,10,0,3 /
 &DEVC ID='HRR LIR', QUANTITY='HRR', XB=20,30,0,10,0,3 /
 &DEVC ID='HRR ØVRIG', QUANTITY='HRR', XB=30,60,0,10,0,25 /

&SLCF PBX=6, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='POLYURETHANE', /
 &SLCF PBY=6, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='POLYURETHANE',/

&SLCF PBX=5, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='OXYGEN',/
&SLCF PBX=5, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='OXYGEN',/
&SLCF PBX=16, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='POLYURETHANE',/

&SLCF PBX=4, QUANTITY='PRESSURE',/

&SLCF ID='slukking', QUANTITY='EXTINCTION', PBX=4, /
&SLCF ID='slukking', QUANTITY='EXTINCTION', PBX=14, /
&SLCF ID='slukking', QUANTITY='EXTINCTION', PBX=24, /
&SLCF ID='slukking', QUANTITY='EXTINCTION', PBX=34, /

***Massestrøm AT brannrom

&DEVC QUANTITY='DUCT MASS FLOW' ID='fuel AT KONTOR', DUCT_ID='duct 8', SPEC_ID='POLYURETHANE' /
&DEVC QUANTITY='DUCT MASS FLOW' ID='O2 AT KONTOR', DUCT_ID='duct 8', SPEC_ID='OXYGEN' /
&DEVC QUANTITY='DUCT MASS FLOW' ID='N2 AT KONTOR', DUCT_ID='duct 8', SPEC_ID='NITROGEN' /
&DEVC QUANTITY='DUCT MASS FLOW' ID='CO2 AT KONTOR', DUCT_ID='duct 8', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE' /
&DEVC QUANTITY='DUCT MASS FLOW' ID='H2O AT KONTOR', DUCT_ID='duct 8', SPEC_ID='WATER VAPOR' /
&DEVC QUANTITY='DUCT MASS FLOW' ID='CO AT KONTOR', DUCT_ID='duct 8', SPEC_ID='CARBON MONOXIDE' /
&DEVC QUANTITY='DUCT MASS FLOW' ID='sot AT KONTOR', DUCT_ID='duct 8', SPEC_ID='SOOT' /
&DEVC QUANTITY='DUCT TEMPERATURE' ID='TEMP AT KONTOR', DUCT_ID='duct 8' /

*****Volumfraksjoner AT SKR

&DEVC QUANTITY='DUCT VOLUME FRACTION' ID='fuel AT SKR', DUCT_ID='duct 9', SPEC_ID='POLYURETHANE' /
&DEVC QUANTITY='DUCT VOLUME FRACTION' ID='O2 AT SKR', DUCT_ID='duct 9', SPEC_ID='OXYGEN' /
&DEVC QUANTITY='DUCT VOLUME FRACTION' ID='N2 AT SKR', DUCT_ID='duct 9', SPEC_ID='NITROGEN' /
&DEVC QUANTITY='DUCT VOLUME FRACTION' ID='CO2 AT SKR', DUCT_ID='duct 9', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE' /
&DEVC QUANTITY='DUCT VOLUME FRACTION' ID='H2O AT SKR', DUCT_ID='duct 9', SPEC_ID='WATER VAPOR' /
&DEVC QUANTITY='DUCT VOLUME FRACTION' ID='CO AT SKR', DUCT_ID='duct 9', SPEC_ID='CARBON MONOXIDE' /
&DEVC QUANTITY='DUCT VOLUME FRACTION' ID='sot AT SKR', DUCT_ID='duct 9', SPEC_ID='SOOT' /
&DEVC QUANTITY='DUCT TEMPERATURE' ID='TEMP AT SKR', DUCT_ID='duct 9' /

*****Volumfraksjoner TL SKR

&DEVC QUANTITY='DUCT VOLUME FRACTION' ID='fuel TL SKR', DUCT_ID='duct 6', SPEC_ID='POLYURETHANE' /
&DEVC QUANTITY='DUCT VOLUME FRACTION' ID='O2 TL SKR', DUCT_ID='duct 6', SPEC_ID='OXYGEN' /
&DEVC QUANTITY='DUCT VOLUME FRACTION' ID='N2 TL SKR', DUCT_ID='duct 6', SPEC_ID='NITROGEN' /
&DEVC QUANTITY='DUCT VOLUME FRACTION' ID='CO2 TL SKR', DUCT_ID='duct 6', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE' /
&DEVC QUANTITY='DUCT VOLUME FRACTION' ID='H2O TL SKR', DUCT_ID='duct 6', SPEC_ID='WATER VAPOR' /
&DEVC QUANTITY='DUCT VOLUME FRACTION' ID='CO AT SKR', DUCT_ID='duct 6', SPEC_ID='CARBON MONOXIDE' /
&DEVC QUANTITY='DUCT VOLUME FRACTION' ID='sot AT SKR', DUCT_ID='duct 6', SPEC_ID='SOOT' /
&DEVC QUANTITY='DUCT TEMPERATURE' ID='TEMP TL SKR', DUCT_ID='duct 6' /

&TAIL /

AI

&HEAD CHID='AI', TITLE='Roykspredning' /

&MESH ID='KONTOR', IJK=100,100,30 XB=0,10,0,10,0,3 /
&MESH ID='SKR', IJK=50,50,15 XB=10,20,0,10,0,3 /
&MESH ID='LIR', IJK=10,10,3 XB=20,30,0,10,0,3 /
&MESH ID='Øvrige rom', IJK=30,10,25 XB=30,60,0,10,0,25 /

Trykksoner

&ZONE XB=0,10,0,10,0,3, LEAK_AREA(4)=0.0145, LEAK_AREA(2)=0.0015 /
&ZONE XB=10,20,0,10,0,3 /
&ZONE XB=20,30,0,10,0,3 /
&ZONE XB=30,60,0,10,0,25 /

&MISC DT_HVAC=2 /

&TIME T_END=3600, RESTRICT_TIME_STEP=FALSE, /

&REAC FUEL = 'POLYURETHANE'

FYI = 'C_6.3 H_7.1 N O_2.1, NFPA Handbook, Babrauskas'


```

SOOT_YIELD = 0.1
CO_YIELD = 0.03
N      = 1.0
C      = 6.3
H      = 7.1
O      = 2.1 /

&SPEC ID='OXYGEN'/
&SPEC ID='CARBON MONOXIDE'/
&SPEC ID='WATER VAPOR'/
&SPEC ID='CARBON DIOXIDE'/
&SPEC ID='SOOT'/

&MATL ID      = 'Stål'
SPECIFIC_HEAT = 0.49
CONDUCTIVITY  = 43
DENSITY       = 7700.0 /

&MATL ID      = 'Isolasjon'
SPECIFIC_HEAT = 0.8
DENSITY       = 110.0
CONDUCTIVITY_RAMP = 'k_ramp' /

&RAMP ID='k_ramp', T=10., F=0.036 /
&RAMP ID='k_ramp', T=50., F=0.041 /
&RAMP ID='k_ramp', T=100., F=0.048 /
&RAMP ID='k_ramp', T=150., F=0.058 /
&RAMP ID='k_ramp', T=200., F=0.068 /
&RAMP ID='k_ramp', T=220., F=0.076 /

&MATL ID      = 'Gulvbelegg'
CONDUCTIVITY  = 0.2
SPECIFIC_HEAT = 0.75
DENSITY       = 1500. /

&MATL ID      = 'Betong'
SPECIFIC_HEAT = 0.75
CONDUCTIVITY  = 1.5
DENSITY       = 2300.0 /

&SURF ID      = 'Gulv'
RGB           = 200,200,100
MATL_ID(1:3,1) = 'Gulvbelegg','Betong', 'Isolasjon'
THICKNESS(1:3) = 0.002, 0.05, 0.01 /

&SURF ID      = 'Vegg'
RGB           = 200,100,200
MATL_ID(1:3,1) = 'Stål','Isolasjon','Stål'
THICKNESS(1:3) = 0.0005,0.099,0.0005 /

&SURF ID      = 'Lekkvegg SKR'
RGB           = 200,100,200
MATL_ID(1:3,1) = 'Stål','Isolasjon','Stål'
THICKNESS(1:3) = 0.0005,0.099,0.0005
LEAK_PATH = 1,2 /

&SURF ID      = 'Lekkvegg øvrig'
RGB           = 200,100,200
MATL_ID(1:3,1) = 'Stål','Isolasjon','Stål'
THICKNESS(1:3) = 0.0005,0.099,0.0005
LEAK_PATH = 1,4 /

&SURF ID      = 'Tak'
RGB           = 100,200,200

```

MATL_ID(1:3,1) = 'Stål','Isolasjon','Stål'
THICKNESS(1:3) = 0.0005,0.099,0.0005 /

&SURF ID ='Pult', RGB=0,100,0, MATL_ID='Stål', THICKNESS=0.005 /
&SURF ID ='Brann', RGB=100,0,0, HRRPUA=0.5, RAMP_Q='q_ramp' /

***Brannkurve 1 kontorplass, sprinkler.

&RAMP ID='q_ramp', T=0, F=0 /
&RAMP ID='q_ramp', T=100, F=0 /
&RAMP ID='q_ramp', T=150, F=63 /
&RAMP ID='q_ramp', T=200, F=252 /
&RAMP ID='q_ramp', T=250, F=199 /
&RAMP ID='q_ramp', T=300, F=157 /
&RAMP ID='q_ramp', T=360, F=118 /
&RAMP ID='q_ramp', T=500, F=61 /
&RAMP ID='q_ramp', T=750, F=19 /
&RAMP ID='q_ramp', T=1000, F=6 /
&RAMP ID='q_ramp', T=1520, F=0 /

*****Kontor

&OBST XB=0,10,0,10,0,0,1, SURF_ID='Gulv' / Gulv
&OBST XB=0,10,0,10,2,9,3, SURF_ID='Tak', OUTLINE=.TRUE./ Tak
&OBST XB=0,10,0,0,1,0,3, SURF_ID='Vegg', OUTLINE=.TRUE. / Vegg1
&OBST XB=0,10,9,9,10,0,3, SURF_ID='Lekkvegg SKR' / Vegg2
&OBST XB=0,0,0,1,0,10,0,3, SURF_ID='Lekkvegg øvrig' / Vegg3
&OBST XB=9,9,10,2,0,10,0,3, SURF_ID='Vegg' / Vegg4

&OBST XB=0,1,1,1,4,6,0,8,1, SURF_ID='Pult' /
&VENT XB=0,1,1,1,4,6,1,1 SURF_ID='Brann' / Brann

****SKR

&OBST XB=10,20,0,10,0,0,1 SURF_ID='Gulv' / Gulv
&OBST XB=10,20,0,10,2,9,3, SURF_ID='Tak', OUTLINE=.TRUE./ Tak
&OBST XB=10,20,0,0,1,0,3, SURF_ID='Vegg', OUTLINE=.TRUE. / Vegg1
&OBST XB=10,20,9,9,10,0,3, SURF_ID='Lekkvegg SKR' / Vegg2
&OBST XB=19,95,20,05,0,10,0,3, SURF_ID='Vegg' / Vegg4

****LIR

&OBST XB=20,30,0,10,0,0,1, SURF_ID='Gulv' / Gulv
&OBST XB=20,30,0,10,2,9,3, SURF_ID='Tak', OUTLINE=.TRUE./ Tak
&OBST XB=20,30,0,0,1,0,3, SURF_ID='Vegg', OUTLINE=.TRUE. / Vegg1
&OBST XB=20,30,9,9,10,0,3, SURF_ID='Vegg' / Vegg2

*****Øvrige rom

&OBST XB=30,60,0,10,0,0,1 SURF_ID='Gulv' / Gulv
&OBST XB=30,60,0,10,24,9,25, SURF_ID='Tak', OUTLINE=.TRUE./ Tak
&OBST XB=30,60,0,0,1,0,25 SURF_ID='Vegg', OUTLINE=.TRUE. / Vegg1
&OBST XB=30,60,9,9,10,0,25, SURF_ID='Vegg' / Vegg2
&OBST XB=29,95,30,05,0,10,0,25, SURF_ID='Vegg' / Vegg3
&OBST XB=59,9,60,0,10,0,3, SURF_ID='Lekkvegg øvrig' / Vegg4
&OBST XB=59,9,60,0,10,3,25, SURF_ID='Vegg' / Vegg4

*****Sprinkler

&PART ID='water drops', SPEC_ID='WATER VAPOR', DIAMETER=2000, SAMPLING_FACTOR=100, AGE=10/
&PROP ID='SPR', PART_ID='water drops', FLOW_RATE=60, SPRAY_ANGLE=10,70, OFFSET=0.5, PARTICLE_VELOCITY=10, /
&DEVC ID='Sprinkler', XYZ=5,5,2,7, PROP_ID='SPR', ORIENTATION=0,0,-1, QUANTITY=TIME, SETPOINT=200, /

*****HVAC

&VENT ID='HVAC TL ØVRIGE ROM', XB=40,50,9,9,9,0,2,1,2, SURF_ID='HVAC', COLOR='BLUE'/
&VENT ID='HVAC TL LIR', XB=24,26,9,9,9,0,2,1,2, SURF_ID='HVAC' COLOR='BLUE'/
&VENT ID='HVAC TL SKR', XB=14,16,9,9,9,0,2,1,2, SURF_ID='HVAC', COLOR='BLUE'/
&VENT ID='HVAC TL KONTOR', XB=3,8,8,5,9,3,3, SURF_ID='HVAC', COLOR='BLUE'/
&HOLE XB=3,8,8,5,9,2,8,3, /

&VENT ID='HVAC AT ØVRIGE ROM' XB=40,50,4,6,24.9,24.9, SURF_ID='HVAC' COLOR='RED'/
&VENT ID='HVAC AT LIR' XB=24,26,4,6,2.9,2.9, SURF_ID='HVAC' COLOR='RED'/
&VENT ID='HVAC AT SKR' XB=14,16,4,6,2.9,2.9, SURF_ID='HVAC' COLOR='RED'/
&VENT ID='HVAC AT KONTOR' XB=3,8,1,1.5,3,3, SURF_ID='HVAC' COLOR='RED', /
&HOLE XB=3,8,1,1.5,2.8,3, /

&HVAC TYPE_ID='FAN', ID='TL vifte', MAX_FLOW=12, MAX_PRESSURE=1000. /
&HVAC TYPE_ID='FAN', ID='AT vifte', MAX_FLOW=12, MAX_PRESSURE=700. /

&HVAC TYPE_ID='NODE', ID='node 1', DUCT_ID='duct 1', ambient=.true, xyz=0,0,3 /
&HVAC TYPE_ID='NODE', ID='node 2', DUCT_ID='duct 1','duct 2','duct 3', xyz=0,0,3 /
&HVAC TYPE_ID='NODE', ID='node 3', DUCT_ID='duct 2', VENT_ID='HVAC TL ØVRIGE ROM'xyz=0,0,0 /
&HVAC TYPE_ID='NODE', ID='node 4', DUCT_ID='duct 3','duct 4','duct 5', xyz=0,0,3 /
&HVAC TYPE_ID='NODE', ID='node 5', DUCT_ID='duct 4', VENT_ID='HVAC TL LIR'xyz=0,0,3 /
&HVAC TYPE_ID='NODE', ID='node 6', DUCT_ID='duct 6','duct 7','duct 5', xyz=12,0,3 /
&HVAC TYPE_ID='NODE', ID='node 7', DUCT_ID='duct 6', VENT_ID='HVAC TL SKR', xyz=5,3,0 /
&HVAC TYPE_ID='NODE', ID='node 8', DUCT_ID='duct 7', VENT_ID='HVAC TL KONTOR', xyz=5,3,0 /
&HVAC TYPE_ID='NODE', ID='node 9', DUCT_ID='duct 8', VENT_ID='HVAC AT KONTOR', xyz=0,0,3 /
&HVAC TYPE_ID='NODE', ID='node 10', DUCT_ID='duct 8','duct 9','duct 10', xyz=0,0,3 /
&HVAC TYPE_ID='NODE', ID='node 11', DUCT_ID='duct 9', VENT_ID='HVAC AT SKR', xyz=0,0,3 /
&HVAC TYPE_ID='NODE', ID='node 12', DUCT_ID='duct 10', 'duct 11','duct 12', xyz=0,0,3 /
&HVAC TYPE_ID='NODE', ID='node 13', DUCT_ID='duct 11', VENT_ID='HVAC AT LIR', xyz=10,5,1 /
&HVAC TYPE_ID='NODE', ID='node 14', DUCT_ID='duct 12', 'duct 13','duct 14', xyz=15,5,25 /
&HVAC TYPE_ID='NODE', ID='node 15', DUCT_ID='duct 13', VENT_ID='HVAC AT ØVRIGE ROM', xyz=15,5,25 /
&HVAC TYPE_ID='NODE', ID='node 16', DUCT_ID='duct 14', ambient=.true, xyz=15,5,25 /

&HVAC TYPE_ID='DUCT', ID='duct 1', NODE_ID='node 1','node 2', AREA=2, LENGTH=400.0, ROUGHNESS=0.001, FAN_ID='TL vifte' /
&HVAC TYPE_ID='DUCT', ID='duct 2', NODE_ID='node 2','node 3' AREA=1.69, LENGTH=450.0, ROUGHNESS=0.001 /
&HVAC TYPE_ID='DUCT', ID='duct 3', NODE_ID='node 2','node 4', AREA=0.308, LENGTH=50.0, ROUGHNESS=0.001 /
&HVAC TYPE_ID='DUCT', ID='duct 4', NODE_ID='node 4','node 5', AREA=0.112, LENGTH=75.0, ROUGHNESS=0.001 /
&HVAC TYPE_ID='DUCT', ID='duct 5', NODE_ID='node 4','node 6', AREA=0.196, LENGTH=15.0, ROUGHNESS=0.001 /
&HVAC TYPE_ID='DUCT', ID='duct 6', NODE_ID='node 6','node 7', AREA=0.112, LENGTH=65.0, ROUGHNESS=0.001 /
&HVAC TYPE_ID='DUCT', ID='duct 7', NODE_ID='node 6','node 8', AREA=0.084, LENGTH=50.0, ROUGHNESS=0.001 /
&HVAC TYPE_ID='DUCT', ID='duct 8', NODE_ID='node 9','node 10', AREA=0.084, LENGTH=50.0, ROUGHNESS=0.001 /
&HVAC TYPE_ID='DUCT', ID='duct 9', NODE_ID='node 11','node 10', AREA=0.112, LENGTH=65.0, ROUGHNESS=0.001 /
&HVAC TYPE_ID='DUCT', ID='duct 10', NODE_ID='node 10','node 12', AREA=0.196, LENGTH=15.0, ROUGHNESS=0.001 /
&HVAC TYPE_ID='DUCT', ID='duct 11', NODE_ID='node 13','node 12', AREA=0.112, LENGTH=75.0, ROUGHNESS=0.001 /
&HVAC TYPE_ID='DUCT', ID='duct 12', NODE_ID='node 12','node 14', AREA=0.308, LENGTH=50.0, ROUGHNESS=0.001 /
&HVAC TYPE_ID='DUCT', ID='duct 13', NODE_ID='node 15','node 14', AREA=1.69, LENGTH=450.0, ROUGHNESS=0.001 /
&HVAC TYPE_ID='DUCT', ID='duct 14', NODE_ID='node 14','node 16', AREA=2, LENGTH=400.0, ROUGHNESS=0.001, FAN_ID='AT vifte' /

&DEVIC QUANTITY='TIME',ID='TIMER',SETPOINT=200,INITIAL_STATE=.TRUE.,XYZ=0,0,0/

*****Testpunkter

&DEVIC ID='temp P1', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ= 15,,2,2 /
&DEVIC ID='temp P2', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ= 15,5,2 /
&DEVIC ID='temp P3', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ= 15,9,8,2 /
&DEVIC ID='Heatflux P1', QUANTITY='GAUGE HEAT FLUX', IOR=3, XYZ= 15,,2,0 /
&DEVIC ID='Heatflux P2', QUANTITY='GAUGE HEAT FLUX', IOR=3, XYZ= 15,5,0 /
&DEVIC ID='Heatflux P3', QUANTITY='GAUGE HEAT FLUX', IOR=3, XYZ= 15,9,8,0 /
&DEVIC ID='O2 P1', QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC_ID='OXYGEN', XYZ= 15,,2,2 /
&DEVIC ID='O2 P2', QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC_ID='OXYGEN', XYZ= 15,5,2 /
&DEVIC ID='O2 P3', QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC_ID='OXYGEN', XYZ= 15,9,8,2 /
&DEVIC ID='CO P1', QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC_ID='CARBON MONOXIDE', XYZ= 15,,2,2 /
&DEVIC ID='CO P2', QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC_ID='CARBON MONOXIDE', XYZ= 15,5,2 /
&DEVIC ID='CO P3', QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC_ID='CARBON MONOXIDE', XYZ= 15,9,8,2 /
&DEVIC ID='CO2 P1', QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ= 15,,2,2 /
&DEVIC ID='CO2 P2', QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ= 15,5,2 /
&DEVIC ID='CO2 P3', QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ= 15,9,8,2 /
&DEVIC ID='sot P1', QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC_ID='SOOT', XYZ= 15,,2,2 /
&DEVIC ID='sot P2', QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC_ID='SOOT', XYZ= 15,5,2 /
&DEVIC ID='sot P3', QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC_ID='SOOT', XYZ= 15,9,8,2 /

&DEVC ID='Heatflux kontor', QUANTITY='GAUGE HEAT FLUX', IOR=3, XYZ= 1,1,0 /

*****OUTPUT HVAC

&DEVC QUANTITY='DUCT VOLUME FLOW' ID='TL KONTOR' DUCT_ID='duct 7'/
&DEVC QUANTITY='DUCT VOLUME FLOW' ID='AT KONTOR' DUCT_ID='duct 8'/
&DEVC QUANTITY='DUCT VOLUME FLOW' ID='TL ØVRIGE ROM' DUCT_ID='duct 2'/
&DEVC QUANTITY='DUCT VOLUME FLOW' ID='AT ØVRIGE ROM' DUCT_ID='duct 13'/
&DEVC QUANTITY='DUCT VOLUME FLOW' ID='TL TOT' DUCT_ID='duct 1'/
&DEVC QUANTITY='DUCT VOLUME FLOW' ID='AT TOT' DUCT_ID='duct 14'/
&DEVC QUANTITY='DUCT VOLUME FLOW' ID='AT SKR', DUCT_ID='duct 9'/
&DEVC QUANTITY='DUCT VOLUME FLOW' ID='TL SKR', DUCT_ID='duct 6'/
&DEVC QUANTITY='DUCT VOLUME FLOW' ID='AT LIR', DUCT_ID='duct 11'/
&DEVC QUANTITY='DUCT VOLUME FLOW' ID='TL LIR', DUCT_ID='duct 4'/

&SLCF PBX=0.6, QUANTITY='TEMPERATURE' /
&SLCF PBX=5, QUANTITY='TEMPERATURE' /
&SLCF PBX=15, QUANTITY='TEMPERATURE' /
&SLCF PBX=25, QUANTITY='TEMPERATURE' /
&SLCF PBX=45, QUANTITY='TEMPERATURE' /
&SLCF PBZ=2, QUANTITY='TEMPERATURE' /
&SLCF PBZ=2, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='POLYURETHANE', /
&SLCF PBZ=2 QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='OXYGEN',/
&SLCF PBZ=2, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE',/
&SLCF PBZ=2, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON MONOXIDE',/

&DEVC XYZ=1,0,2,2,8, QUANTITY='PRESSURE', ID='TRYKK KONTOR TAK' /
&DEVC XYZ=13,1,2,8, QUANTITY='PRESSURE', ID='TRYKK SKR TAK' /

&DEVC ID='HRR KONTOR', QUANTITY='HRR', XB=0,10,0,10,0,3 /
&DEVC ID='HRR SKR', QUANTITY='HRR', XB=10,20,0,10,0,3 /
&DEVC ID='HRR LIR', QUANTITY='HRR', XB=20,30,0,10,0,3 /
&DEVC ID='HRR ØVRIG', QUANTITY='HRR', XB=30,60,0,10,0,25 /

&SLCF PBX=6, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='POLYURETHANE', /
&SLCF PBY=6, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='POLYURETHANE',/
&SLCF PBX=5, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='OXYGEN',/
&SLCF PBY=5, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='OXYGEN',/
&SLCF PBX=16, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='POLYURETHANE',/

&SLCF PBY=4, QUANTITY='PRESSURE',/

&SLCF ID='slukking', QUANTITY='EXTINCTION', PBX=4, /
&SLCF ID='slukking', QUANTITY='EXTINCTION', PBX=14, /
&SLCF ID='slukking', QUANTITY='EXTINCTION', PBX=24, /
&SLCF ID='slukking', QUANTITY='EXTINCTION', PBX=34, /

***Massestrøm AT brannrom

&DEVC QUANTITY='DUCT MASS FLOW' ID='fuel AT KONTOR', DUCT_ID='duct 8', SPEC_ID='POLYURETHANE' /
&DEVC QUANTITY='DUCT MASS FLOW' ID='O2 AT KONTOR', DUCT_ID='duct 8', SPEC_ID='OXYGEN' /
&DEVC QUANTITY='DUCT MASS FLOW' ID='N2 AT KONTOR', DUCT_ID='duct 8', SPEC_ID='NITROGEN' /
&DEVC QUANTITY='DUCT MASS FLOW' ID='CO2 AT KONTOR', DUCT_ID='duct 8', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE' /
&DEVC QUANTITY='DUCT MASS FLOW' ID='H2O AT KONTOR', DUCT_ID='duct 8', SPEC_ID='WATER VAPOR' /
&DEVC QUANTITY='DUCT MASS FLOW' ID='CO AT KONTOR', DUCT_ID='duct 8', SPEC_ID='CARBON MONOXIDE' /
&DEVC QUANTITY='DUCT MASS FLOW' ID='sot AT KONTOR', DUCT_ID='duct 8', SPEC_ID='SOOT' /
&DEVC QUANTITY='DUCT TEMPERATURE' ID='TEMP AT KONTOR', DUCT_ID='duct 8' /

*****Volumfraksjoner AT SKR

&DEVC QUANTITY='DUCT VOLUME FRACTION' ID='fuel AT SKR', DUCT_ID='duct 9', SPEC_ID='POLYURETHANE' /
&DEVC QUANTITY='DUCT VOLUME FRACTION' ID='O2 AT SKR', DUCT_ID='duct 9', SPEC_ID='OXYGEN' /
&DEVC QUANTITY='DUCT VOLUME FRACTION' ID='N2 AT SKR', DUCT_ID='duct 9', SPEC_ID='NITROGEN' /
&DEVC QUANTITY='DUCT VOLUME FRACTION' ID='CO2 AT SKR', DUCT_ID='duct 9', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE' /
&DEVC QUANTITY='DUCT VOLUME FRACTION' ID='H2O AT SKR', DUCT_ID='duct 9', SPEC_ID='WATER VAPOR' /
&DEVC QUANTITY='DUCT VOLUME FRACTION' ID='CO AT SKR', DUCT_ID='duct 9', SPEC_ID='CARBON MONOXIDE' /

&DEVC QUANTITY='DUCT VOLUME FRACTION' ID='sot AT SKR', DUCT_ID='duct 9', SPEC_ID='SOOT'/
&DEVC QUANTITY='DUCT TEMPERATURE' ID='TEMP AT SKR', DUCT_ID='duct 9' /

*****Volumfraksjoner TL SKR

&DEVC QUANTITY='DUCT VOLUME FRACTION' ID='fuel TL SKR', DUCT_ID='duct 6', SPEC_ID='POLYURETHANE' /
&DEVC QUANTITY='DUCT VOLUME FRACTION' ID='O2 TL SKR', DUCT_ID='duct 6', SPEC_ID='OXYGEN' /
&DEVC QUANTITY='DUCT VOLUME FRACTION' ID='N2 TL SKR', DUCT_ID='duct 6', SPEC_ID='NITROGEN' /
&DEVC QUANTITY='DUCT VOLUME FRACTION' ID='CO2 TL SKR', DUCT_ID='duct 6', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE' /
&DEVC QUANTITY='DUCT VOLUME FRACTION' ID='H2O TL SKR', DUCT_ID='duct 6', SPEC_ID='WATER VAPOR' /
&DEVC QUANTITY='DUCT VOLUME FRACTION' ID='CO AT SKR', DUCT_ID='duct 6', SPEC_ID='CARBON MONOXIDE' /
&DEVC QUANTITY='DUCT VOLUME FRACTION' ID='sot AT SKR', DUCT_ID='duct 6', SPEC_ID='SOOT' /
&DEVC QUANTITY='DUCT TEMPERATURE' ID='TEMP TL SKR', DUCT_ID='duct 6' /

**Noder forgreningspunkt

DEVC ID='Forgrening AT SKR', QUANTITY='NODE TEMPERATURE', NODE_ID='node 10' /
DEVC ID='Forgrening AT fuel SKR', QUANTITY='NODE MASS FRACTION', SPEC_ID='POLYURETHANE', NODE_ID='node 10' /
DEVC ID='Forgrening AT O2 SKR', QUANTITY='NODE MASS FRACTION', SPEC_ID='OXYGEN', NODE_ID='node 10' /

DEVC ID='Forgrening TL LIR', QUANTITY='NODE TEMPERATURE', NODE_ID='node 4' /
DEVC ID='Forgrening TL fuel LIR', QUANTITY='NODE MASS FRACTION', SPEC_ID='POLYURETHANE', NODE_ID='node 4' /
DEVC ID='Forgrening TL O2 LIR', QUANTITY='NODE MASS FRACTION', SPEC_ID='OXYGEN', NODE_ID='node 4' /

DEVC ID='Forgrening TL SKR', QUANTITY='NODE TEMPERATURE', NODE_ID='node 6' /
DEVC ID='Forgrening TL fuel SKR', QUANTITY='NODE MASS FRACTION', SPEC_ID='POLYURETHANE', NODE_ID='node 6' /
DEVC ID='Forgrening TL O2 SKR', QUANTITY='NODE MASS FRACTION', SPEC_ID='OXYGEN', NODE_ID='node 6' /

DEVC ID='Forgreningstrykk TL LIR', QUANTITY='NODE PRESSURE DIFFERENCE', NODE_ID='node 4', 'node 5' /
DEVC ID='Forgreningstrykk TL SKR', QUANTITY='NODE PRESSURE DIFFERENCE', NODE_ID='node 6', 'node 7' /
DEVC ID='Forgreningstrykk TL KONTOR', QUANTITY='NODE PRESSURE DIFFERENCE', NODE_ID='node 6', 'node 8' /

&TAIL /

IA

&HEAD CHID='IA', TITLE='Roykspredning' /

&MESH ID='KONTOR', IJK=100,100,30 XB=0,10,0,10,0,3 /
&MESH ID='SKR', IJK=50,50,15 XB=10,20,0,10,0,3 /
&MESH ID='LIR', IJK=10,10,3 XB=20,30,0,10,0,3 /
&MESH ID='Øvrige rom', IJK=30,10,25 XB=30,60,0,10,0,25 /

Trykksoner

&ZONE XB=0,10,0,10,0,3, LEAK_AREA(4)=0.0145, LEAK_AREA(2)=0.0015 /
&ZONE XB=10,20,0,10,0,3 /
&ZONE XB=20,30,0,10,0,3 /
&ZONE XB=30,60,0,10,0,25 /

&MISC DT_HVAC=2, RESTART=TRUE. /

&TIME T_END=3600, RESTRICT_TIME_STEP=FALSE., /

&REAC FUEL = 'POLYURETHANE'

FYI = 'C_6.3 H_7.1 N O_2.1, NFPA Handbook, Babrauskas'

SOOT_YIELD = 0.1

CO_YIELD = 0.03

N = 1.0

C = 6.3

H = 7.1

O = 2.1 /

&SPEC ID='OXYGEN'/

&SPEC ID='CARBON MONOXIDE'/

&SPEC ID='WATER VAPOR'/

&SPEC ID='CARBON DIOXIDE'/

&SPEC ID='SOOT'/

&MATL ID = 'Stål'
SPECIFIC_HEAT = 0.49
CONDUCTIVITY = 43
DENSITY = 7700.0 /

&MATL ID = 'Isolasjon'
SPECIFIC_HEAT = 0.8
DENSITY = 110.0
CONDUCTIVITY_RAMP = 'k_ramp' /

&RAMP ID='k_ramp', T=10., F=0.036 /
&RAMP ID='k_ramp', T=50., F=0.041 /
&RAMP ID='k_ramp', T=100., F=0.048 /
&RAMP ID='k_ramp', T=150., F=0.058 /
&RAMP ID='k_ramp', T=200., F=0.068 /
&RAMP ID='k_ramp', T=220., F=0.076 /

&MATL ID = 'Gulvbelegg'
CONDUCTIVITY = 0.2
SPECIFIC_HEAT = 0.75
DENSITY = 1500. /

&MATL ID = 'Betong'
SPECIFIC_HEAT = 0.75
CONDUCTIVITY = 1.5
DENSITY = 2300.0 /

&SURF ID = 'Gulv'
RGB = 200,200,100
MATL_ID(1:3,1) = 'Gulvbelegg','Betong', 'Isolasjon'
THICKNESS(1:3) = 0.002, 0.05, 0.01 /

&SURF ID = 'Vegg'
RGB = 200,100,200
MATL_ID(1:3,1) = 'Stål','Isolasjon','Stål'
THICKNESS(1:3) = 0.0005,0.099,0.0005 /

&SURF ID = 'Lekkvegg SKR'
RGB = 200,100,200
MATL_ID(1:3,1) = 'Stål','Isolasjon','Stål'
THICKNESS(1:3) = 0.0005,0.099,0.0005
LEAK_PATH = 1,2 /

&SURF ID = 'Lekkvegg øvrig'
RGB = 200,100,200
MATL_ID(1:3,1) = 'Stål','Isolasjon','Stål'
THICKNESS(1:3) = 0.0005,0.099,0.0005
LEAK_PATH = 1,4 /

&SURF ID = 'Tak'
RGB = 100,200,200
MATL_ID(1:3,1) = 'Stål','Isolasjon','Stål'
THICKNESS(1:3) = 0.0005,0.099,0.0005 /

&SURF ID = 'Pult', RGB=0,100,0, MATL_ID='Stål', THICKNESS=0.005 /
&SURF ID = 'Brann', RGB=100,0,0, HRRPUA=0.5, RAMP_Q='q_ramp' /

***Brannkurve 3 kontorplass, uten sprinkler.

&RAMP ID='q_ramp', T=0, F=0 /
&RAMP ID='q_ramp', T=100, F=0 /
&RAMP ID='q_ramp', T=150, F=63 /
&RAMP ID='q_ramp', T=200, F=252 /

&RAMP ID='q_ramp', T=360, F=1800 /
&RAMP ID='q_ramp', T=500, F=1800 /
&RAMP ID='q_ramp', T=550, F=900 /
&RAMP ID='q_ramp', T=3000, F=900 /
&RAMP ID='q_ramp', T=3200, F=0 /

*****Kontor

&OBST XB=0,10,0,10,0,0,1, SURF_ID='Gulv' / Gulv
&OBST XB=0,10,0,10,2,9,3, SURF_ID='Tak', OUTLINE=.TRUE./ Tak
&OBST XB=0,10,0,0,1,0,3, SURF_ID='Vegg', OUTLINE=.TRUE. / Vegg1
&OBST XB=0,10,9,9,10,0,3, SURF_ID='Lekkvegg SKR' / Vegg2
&OBST XB=0,0,0,1,0,10,0,3, SURF_ID='Lekkvegg øvrig' / Vegg3
&OBST XB=9,9,10,2,0,10,0,3, SURF_ID='Vegg' / Vegg4

&OBST XB=0,1,1,4,6,0,8,1, SURF_ID='Pult' /
&VENT XB=0,1,1,4,6,1,1 SURF_ID='Brann' / Brann

*****SKR

&OBST XB=10,20,0,10,0,0,1 SURF_ID='Gulv' / Gulv
&OBST XB=10,20,0,10,2,9,3, SURF_ID='Tak', OUTLINE=.TRUE./ Tak
&OBST XB=10,20,0,0,1,0,3, SURF_ID='Vegg', OUTLINE=.TRUE. / Vegg1
&OBST XB=10,20,9,9,10,0,3, SURF_ID='Lekkvegg SKR' / Vegg2
&OBST XB=19,95,20,05,0,10,0,3, SURF_ID='Vegg' / Vegg4

*****LIR

&OBST XB=20,30,0,10,0,0,1, SURF_ID='Gulv' / Gulv
&OBST XB=20,30,0,10,2,9,3, SURF_ID='Tak', OUTLINE=.TRUE./ Tak
&OBST XB=20,30,0,0,1,0,3, SURF_ID='Vegg', OUTLINE=.TRUE. / Vegg1
&OBST XB=20,30,9,9,10,0,3, SURF_ID='Vegg' / Vegg2

*****Øvrige rom

&OBST XB=30,60,0,10,0,0,1 SURF_ID='Gulv' / Gulv
&OBST XB=30,60,0,10,24,9,25, SURF_ID='Tak', OUTLINE=.TRUE./ Tak
&OBST XB=30,60,0,0,1,0,25 SURF_ID='Vegg', OUTLINE=.TRUE. / Vegg1
&OBST XB=30,60,9,9,10,0,25, SURF_ID='Vegg' / Vegg2
&OBST XB=29,95,30,05,0,10,0,25, SURF_ID='Vegg' / Vegg3
&OBST XB=59,9,60,0,10,0,3, SURF_ID='Lekkvegg øvrig' / Vegg4
&OBST XB=59,9,60,0,10,3,25, SURF_ID='Vegg' / Vegg4

*****HVAC

&VENT ID='HVAC TL ØVRIGE ROM', XB=40,50,9,9,9,9,0,2,1,2, SURF_ID='HVAC', COLOR='BLUE'/
&VENT ID='HVAC TL LIR', XB=24,26,9,9,9,9,0,2,1,2, SURF_ID='HVAC' COLOR='BLUE'/
&VENT ID='HVAC TL SKR', XB=14,16,9,9,9,9,0,2,1,2, SURF_ID='HVAC', COLOR='BLUE'/
&VENT ID='HVAC TL KONTOR', XB=3,8,8,5,9,3,3, SURF_ID='HVAC', COLOR='BLUE'/
&HOLE XB=3,8,8,5,9,2,8,3, /

&VENT ID='HVAC AT ØVRIGE ROM' XB=40,50,4,6,24,9,24,9, SURF_ID='HVAC' COLOR='RED'/
&VENT ID='HVAC AT LIR' XB=24,26,4,6,2,9,2,9, SURF_ID='HVAC' COLOR='RED'/
&VENT ID='HVAC AT SKR' XB=14,16,4,6,2,9,2,9, SURF_ID='HVAC' COLOR='RED'/
&VENT ID='HVAC AT KONTOR' XB=3,8,1,1,5,3,3, SURF_ID='HVAC' COLOR='RED', /
&HOLE XB=3,8,1,1,5,2,8,3, /

&HVAC TYPE_ID='FAN', ID='TL vifte', MAX_FLOW=12, MAX_PRESSURE=1000. /
&HVAC TYPE_ID='FAN', ID='AT vifte', MAX_FLOW=12, MAX_PRESSURE=700. /

&HVAC TYPE_ID='NODE', ID='node 1', DUCT_ID='duct 1', ambient=.true, xyz=0,0,3 /
&HVAC TYPE_ID='NODE', ID='node 2', DUCT_ID='duct 1', duct 2', duct 3', xyz=0,0,3 /
&HVAC TYPE_ID='NODE', ID='node 3', DUCT_ID='duct 2', VENT_ID='HVAC TL ØVRIGE ROM' xyz=0,0,0 /
&HVAC TYPE_ID='NODE', ID='node 4', DUCT_ID='duct 3', duct 4', duct 5', xyz=0,0,3 /
&HVAC TYPE_ID='NODE', ID='node 5', DUCT_ID='duct 4', VENT_ID='HVAC TL LIR' xyz=0,0,3 /
&HVAC TYPE_ID='NODE', ID='node 6', DUCT_ID='duct 6', duct 7', duct 5', xyz=12,0,3 /
&HVAC TYPE_ID='NODE', ID='node 7', DUCT_ID='duct 6', VENT_ID='HVAC TL SKR', xyz=5,3,0 /
&HVAC TYPE_ID='NODE', ID='node 8', DUCT_ID='duct 7', VENT_ID='HVAC TL KONTOR', xyz=5,3,0 /
&HVAC TYPE_ID='NODE', ID='node 9', DUCT_ID='duct 8', VENT_ID='HVAC AT KONTOR', xyz=0,0,3 /
&HVAC TYPE_ID='NODE', ID='node 10', DUCT_ID='duct 8', duct 9', duct 10', xyz=0,0,3 /

```

&HVAC TYPE_ID='NODE', ID='node 11', DUCT_ID='duct 9', VENT_ID='HVAC AT SKR', xyz=0,0,3 /
&HVAC TYPE_ID='NODE', ID='node 12', DUCT_ID='duct 10', 'duct 11','duct 12', xyz=0,0,3 /
&HVAC TYPE_ID='NODE', ID='node 13', DUCT_ID='duct 11', VENT_ID='HVAC AT LIR', xyz=10,5,1 /
&HVAC TYPE_ID='NODE', ID='node 14', DUCT_ID='duct 12', 'duct 13','duct 14', xyz=15,5,25 /
&HVAC TYPE_ID='NODE', ID='node 15', DUCT_ID='duct 13', VENT_ID='HVAC AT ØVRIGE ROM', xyz=15,5,25 /
&HVAC TYPE_ID='NODE', ID='node 16', DUCT_ID='duct 14', ambient=.true, xyz=15,5,25 /

```

```

&HVAC TYPE_ID='DUCT', ID='duct 1', NODE_ID='node 1','node 2', AREA=2, LENGTH=400.0, ROUGHNESS=0.001, FAN_ID='TL
vifte' /
&HVAC TYPE_ID='DUCT', ID='duct 2', NODE_ID='node 2','node 3' AREA=1.69, LENGTH=450.0, ROUGHNESS=0.001 /
&HVAC TYPE_ID='DUCT', ID='duct 3', NODE_ID='node 2','node 4', AREA=0.308, LENGTH=50.0, ROUGHNESS=0.001 /
&HVAC TYPE_ID='DUCT', ID='duct 4', NODE_ID='node 4','node 5', AREA=0.112, LENGTH=75.0, ROUGHNESS=0.001 /
&HVAC TYPE_ID='DUCT', ID='duct 5', NODE_ID='node 4','node 6', AREA=0.196, LENGTH=15.0, ROUGHNESS=0.001 /
&HVAC TYPE_ID='DUCT', ID='duct 6', NODE_ID='node 6','node 7', AREA=0.112, LENGTH=65.0, ROUGHNESS=0.001 /
&HVAC TYPE_ID='DUCT', ID='duct 7', NODE_ID='node 6','node 8', AREA=0.084, LENGTH=50.0, ROUGHNESS=0.001,
DAMPER=.TRUE., DEVC_ID='TIMER' /
&HVAC TYPE_ID='DUCT', ID='duct 8', NODE_ID='node 9','node 10', AREA=0.084, LENGTH=50.0, ROUGHNESS=0.001,
DAMPER=.TRUE., DEVC_ID='TIMER' /
&HVAC TYPE_ID='DUCT', ID='duct 9', NODE_ID='node 11','node 10', AREA=0.112, LENGTH=65.0, ROUGHNESS=0.001 /
&HVAC TYPE_ID='DUCT', ID='duct 10', NODE_ID='node 10','node 12', AREA=0.196, LENGTH=15.0, ROUGHNESS=0.001 /
&HVAC TYPE_ID='DUCT', ID='duct 11', NODE_ID='node 13','node 12', AREA=0.112, LENGTH=75.0, ROUGHNESS=0.001 /
&HVAC TYPE_ID='DUCT', ID='duct 12', NODE_ID='node 12','node 14', AREA=0.308, LENGTH=50.0, ROUGHNESS=0.001 /
&HVAC TYPE_ID='DUCT', ID='duct 13', NODE_ID='node 15','node 14', AREA=1.69, LENGTH=450.0, ROUGHNESS=0.001 /
&HVAC TYPE_ID='DUCT', ID='duct 14', NODE_ID='node 14','node 16', AREA=2, LENGTH=400.0, ROUGHNESS=0.001,
FAN_ID='AT vifte' /

```

```

&DEVC QUANTITY='TIME',ID='TIMER',SETPOINT=200,INITIAL_STATE=.TRUE.,XYZ=0,0,0/

```

*****Testpunkter

```

&DEVC ID='temp P1', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ= 15,,2,2 /
&DEVC ID='temp P2', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ= 15,5,2 /
&DEVC ID='temp P3', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ= 15,9,8,2 /
&DEVC ID='Heatflux P1', QUANTITY='GAUGE HEAT FLUX', IOR=3, XYZ= 15,,2,0 /
&DEVC ID='Heatflux P2', QUANTITY='GAUGE HEAT FLUX', IOR=3, XYZ= 15,5,0 /
&DEVC ID='Heatflux P3', QUANTITY='GAUGE HEAT FLUX', IOR=3, XYZ= 15,9,8,0 /
&DEVC ID='O2 P1', QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC_ID='OXYGEN', XYZ= 15,,2,2 /
&DEVC ID='O2 P2', QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC_ID='OXYGEN', XYZ= 15,5,2 /
&DEVC ID='O2 P3', QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC_ID='OXYGEN', XYZ= 15,9,8,2 /
&DEVC ID='CO P1', QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC_ID='CARBON MONOXIDE', XYZ= 15,,2,2 /
&DEVC ID='CO P2', QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC_ID='CARBON MONOXIDE', XYZ= 15,5,2 /
&DEVC ID='CO P3', QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC_ID='CARBON MONOXIDE', XYZ= 15,9,8,2 /
&DEVC ID='CO2 P1', QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ= 15,,2,2 /
&DEVC ID='CO2 P2', QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ= 15,5,2 /
&DEVC ID='CO2 P3', QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ= 15,9,8,2 /
&DEVC ID='sot P1', QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC_ID='SOOT', XYZ= 15,,2,2 /
&DEVC ID='sot P2', QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC_ID='SOOT', XYZ= 15,5,2 /
&DEVC ID='sot P3', QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC_ID='SOOT', XYZ= 15,9,8,2 /
&DEVC ID='Heatflux kontor', QUANTITY='GAUGE HEAT FLUX', IOR=3, XYZ= 1,1,0 /

```

*****OUTPUT HVAC

```

&DEVC QUANTITY='DUCT VOLUME FLOW' ID='TL KONTOR' DUCT_ID='duct 7'/
&DEVC QUANTITY='DUCT VOLUME FLOW' ID='AT KONTOR' DUCT_ID='duct 8'/
&DEVC QUANTITY='DUCT VOLUME FLOW' ID='TL ØVRIGE ROM' DUCT_ID='duct 2'/
&DEVC QUANTITY='DUCT VOLUME FLOW' ID='AT ØVRIGE ROM' DUCT_ID='duct 13'/
&DEVC QUANTITY='DUCT VOLUME FLOW' ID='TL TOT' DUCT_ID='duct 1'/
&DEVC QUANTITY='DUCT VOLUME FLOW' ID='AT TOT' DUCT_ID='duct 14'/
&DEVC QUANTITY='DUCT VOLUME FLOW' ID='AT SKR', DUCT_ID='duct 9'/
&DEVC QUANTITY='DUCT VOLUME FLOW' ID='TL SKR', DUCT_ID='duct 6'/
&DEVC QUANTITY='DUCT VOLUME FLOW' ID='AT LIR', DUCT_ID='duct 11'/
&DEVC QUANTITY='DUCT VOLUME FLOW' ID='TL LIR', DUCT_ID='duct 4'/

```

```

&SLCF PBX=0.6, QUANTITY='TEMPERATURE' /

```


&SLCF PBX=5, QUANTITY='TEMPERATURE' /
&SLCF PBX=15, QUANTITY='TEMPERATURE' /
&SLCF PBX=25, QUANTITY='TEMPERATURE' /
&SLCF PBX=45, QUANTITY='TEMPERATURE' /
&SLCF PBZ=2, QUANTITY='TEMPERATURE' /
&SLCF PBZ=2, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='POLYURETHANE', /
&SLCF PBZ=2 QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='OXYGEN',/
&SLCF PBZ=2, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE',/
&SLCF PBZ=2, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON MONOXIDE',/

&DEVC XYZ=1,0,2,2,8, QUANTITY='PRESSURE', ID='TRYKK KONTOR TAK' /
&DEVC XYZ=13,1,2,8, QUANTITY='PRESSURE', ID='TRYKK SKR TAK' /

&DEVC ID='HRR KONTOR', QUANTITY='HRR', XB=0,10,0,10,0,3 /
&DEVC ID='HRR SKR', QUANTITY='HRR', XB=10,20,0,10,0,3 /
&DEVC ID='HRR LIR', QUANTITY='HRR', XB=20,30,0,10,0,3 /
&DEVC ID='HRR ØVRIG', QUANTITY='HRR', XB=30,60,0,10,0,25 /

&SLCF PBX=6, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='POLYURETHANE', /
&SLCF PBX=6, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='POLYURETHANE',/
&SLCF PBX=5, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='OXYGEN',/
&SLCF PBX=5, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='OXYGEN',/
&SLCF PBX=16, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='POLYURETHANE',/

&SLCF PBX=4, QUANTITY='PRESSURE',/

&SLCF ID='slukking', QUANTITY='EXTINCTION', PBX=4, /
&SLCF ID='slukking', QUANTITY='EXTINCTION', PBX=14, /
&SLCF ID='slukking', QUANTITY='EXTINCTION', PBX=24, /
&SLCF ID='slukking', QUANTITY='EXTINCTION', PBX=34, /

***Massestrøm AT brannrom

&DEVC QUANTITY='DUCT MASS FLOW' ID='fuel AT KONTOR', DUCT_ID='duct 8', SPEC_ID='POLYURETHANE' /
&DEVC QUANTITY='DUCT MASS FLOW' ID='O2 AT KONTOR', DUCT_ID='duct 8', SPEC_ID='OXYGEN' /
&DEVC QUANTITY='DUCT MASS FLOW' ID='N2 AT KONTOR', DUCT_ID='duct 8', SPEC_ID='NITROGEN' /
&DEVC QUANTITY='DUCT MASS FLOW' ID='CO2 AT KONTOR', DUCT_ID='duct 8', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE' /
&DEVC QUANTITY='DUCT MASS FLOW' ID='H2O AT KONTOR', DUCT_ID='duct 8', SPEC_ID='WATER VAPOR' /
&DEVC QUANTITY='DUCT MASS FLOW' ID='CO AT KONTOR', DUCT_ID='duct 8', SPEC_ID='CARBON MONOXIDE' /
&DEVC QUANTITY='DUCT MASS FLOW' ID='sot AT KONTOR', DUCT_ID='duct 8', SPEC_ID='SOOT' /
&DEVC QUANTITY='DUCT TEMPERATURE' ID='TEMP AT KONTOR', DUCT_ID='duct 8' /

*****Volumfraksjoner AT SKR

&DEVC QUANTITY='DUCT VOLUME FRACTION' ID='fuel AT SKR', DUCT_ID='duct 9', SPEC_ID='POLYURETHANE' /
&DEVC QUANTITY='DUCT VOLUME FRACTION' ID='O2 AT SKR', DUCT_ID='duct 9', SPEC_ID='OXYGEN' /
&DEVC QUANTITY='DUCT VOLUME FRACTION' ID='N2 AT SKR', DUCT_ID='duct 9', SPEC_ID='NITROGEN' /
&DEVC QUANTITY='DUCT VOLUME FRACTION' ID='CO2 AT SKR', DUCT_ID='duct 9', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE' /
&DEVC QUANTITY='DUCT VOLUME FRACTION' ID='H2O AT SKR', DUCT_ID='duct 9', SPEC_ID='WATER VAPOR' /
&DEVC QUANTITY='DUCT VOLUME FRACTION' ID='CO AT SKR', DUCT_ID='duct 9', SPEC_ID='CARBON MONOXIDE' /
&DEVC QUANTITY='DUCT VOLUME FRACTION' ID='sot AT SKR', DUCT_ID='duct 9', SPEC_ID='SOOT' /
&DEVC QUANTITY='DUCT TEMPERATURE' ID='TEMP AT SKR', DUCT_ID='duct 9' /

*****Volumfraksjoner TL SKR

&DEVC QUANTITY='DUCT VOLUME FRACTION' ID='fuel TL SKR', DUCT_ID='duct 6', SPEC_ID='POLYURETHANE' /
&DEVC QUANTITY='DUCT VOLUME FRACTION' ID='O2 TL SKR', DUCT_ID='duct 6', SPEC_ID='OXYGEN' /
&DEVC QUANTITY='DUCT VOLUME FRACTION' ID='N2 TL SKR', DUCT_ID='duct 6', SPEC_ID='NITROGEN' /
&DEVC QUANTITY='DUCT VOLUME FRACTION' ID='CO2 TL SKR', DUCT_ID='duct 6', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE' /
&DEVC QUANTITY='DUCT VOLUME FRACTION' ID='H2O TL SKR', DUCT_ID='duct 6', SPEC_ID='WATER VAPOR' /
&DEVC QUANTITY='DUCT VOLUME FRACTION' ID='CO AT SKR', DUCT_ID='duct 6', SPEC_ID='CARBON MONOXIDE' /
&DEVC QUANTITY='DUCT VOLUME FRACTION' ID='sot AT SKR', DUCT_ID='duct 6', SPEC_ID='SOOT' /
&DEVC QUANTITY='DUCT TEMPERATURE' ID='TEMP TL SKR', DUCT_ID='duct 6' /

**Noder forgreningspunkt

DEVC ID='Forgrening AT SKR', QUANTITY='NODE TEMPERATURE', NODE_ID='node 10' /
DEVC ID='Forgrening AT fuel SKR', QUANTITY='NODE MASS FRACTION', SPEC_ID='POLYURETHANE', NODE_ID='node 10' /

DEVC ID='Forgrening AT O2 SKR', QUANTITY='NODE MASS FRACTION', SPEC_ID='OXYGEN', NODE_ID='node 10' /

DEVC ID='Forgrening TL LIR', QUANTITY='NODE TEMPERATURE', NODE_ID='node 4' /

DEVC ID='Forgrening TL fuel LIR', QUANTITY='NODE MASS FRACTION', SPEC_ID='POLYURETHANE', NODE_ID='node 4' /

DEVC ID='Forgrening TL O2 LIR', QUANTITY='NODE MASS FRACTION', SPEC_ID='OXYGEN', NODE_ID='node 4' /

DEVC ID='Forgrening TL SKR', QUANTITY='NODE TEMPERATURE', NODE_ID='node 6' /

DEVC ID='Forgrening TL fuel SKR', QUANTITY='NODE MASS FRACTION', SPEC_ID='POLYURETHANE', NODE_ID='node 6' /

DEVC ID='Forgrening TL O2 SKR', QUANTITY='NODE MASS FRACTION', SPEC_ID='OXYGEN', NODE_ID='node 6' /

DEVC ID='Forgreningstrykk TL LIR', QUANTITY='NODE PRESSURE DIFFERENCE', NODE_ID='node 4', 'node 5' /

DEVC ID='Forgreningstrykk TL SKR', QUANTITY='NODE PRESSURE DIFFERENCE', NODE_ID='node 6', 'node 7' /

DEVC ID='Forgreningstrykk TL KONTOR', QUANTITY='NODE PRESSURE DIFFERENCE', NODE_ID='node 6', 'node 8' /

&TAIL /

II

&HEAD CHID='II', TITLE='Roykspredning' /

&MESH ID='KONTOR', IJK=100,100,30 XB=0,10,0,10,0,3 /

&MESH ID='SKR', IJK=50,50,15 XB=10,20,0,10,0,3 /

&MESH ID='LIR', IJK=10,10,3 XB=20,30,0,10,0,3 /

&MESH ID='Øvrige rom', IJK=30,10,25 XB=30,60,0,10,0,25 /

Trykksoner

&ZONE XB=0,10,0,10,0,3, LEAK_AREA(4)=0.0145, LEAK_AREA(2)=0.0015 /

&ZONE XB=10,20,0,10,0,3 /

&ZONE XB=20,30,0,10,0,3 /

&ZONE XB=30,60,0,10,0,25 /

&MISC DT_HVAC=2 /

&TIME T_END=3600, RESTRICT_TIME_STEP=FALSE, /

&REAC FUEL = 'POLYURETHANE'

FYI = 'C_6.3 H_7.1 N O_2.1, NFPA Handbook, Babrauskas'

SOOT_YIELD = 0.1

CO_YIELD = 0.03

N = 1.0

C = 6.3

H = 7.1

O = 2.1 /

&SPEC ID='OXYGEN'/

&SPEC ID='CARBON MONOXIDE'/

&SPEC ID='WATER VAPOR'/

&SPEC ID='CARBON DIOXIDE'/

&SPEC ID='SOOT'/

&MATL ID = 'Stål'

SPECIFIC_HEAT = 0.49

CONDUCTIVITY = 43

DENSITY = 7700.0 /

&MATL ID = 'Isolasjon'

SPECIFIC_HEAT = 0.8

DENSITY = 110.0

CONDUCTIVITY_RAMP = 'k_ramp' /

&RAMP ID='k_ramp', T=10., F=0.036 /

&RAMP ID='k_ramp', T=50., F=0.041 /

&RAMP ID='k_ramp', T=100., F=0.048 /

&RAMP ID='k_ramp', T=150., F=0.058 /

&RAMP ID='k_ramp', T=200., F=0.068 /

&RAMP ID='k_ramp', T=220., F=0.076 /

&MATL ID = 'Gulvbelegg'
CONDUCTIVITY = 0.2
SPECIFIC_HEAT = 0.75
DENSITY = 1500. /

&MATL ID = 'Betong'
SPECIFIC_HEAT = 0.75
CONDUCTIVITY = 1.5
DENSITY = 2300.0 /

&SURF ID = 'Gulv'
RGB = 200,200,100
MATL_ID(1:3,1) = 'Gulvbelegg','Betong','Isolasjon'
THICKNESS(1:3) = 0.002, 0.05, 0.01 /

&SURF ID = 'Vegg'
RGB = 200,100,200
MATL_ID(1:3,1) = 'Stål','Isolasjon','Stål'
THICKNESS(1:3) = 0.0005,0.099,0.0005 /

&SURF ID = 'Lekkvegg SKR'
RGB = 200,100,200
MATL_ID(1:3,1) = 'Stål','Isolasjon','Stål'
THICKNESS(1:3) = 0.0005,0.099,0.0005
LEAK_PATH = 1,2 /

&SURF ID = 'Lekkvegg øvrig'
RGB = 200,100,200
MATL_ID(1:3,1) = 'Stål','Isolasjon','Stål'
THICKNESS(1:3) = 0.0005,0.099,0.0005
LEAK_PATH = 1,4 /

&SURF ID = 'Tak'
RGB = 100,200,200
MATL_ID(1:3,1) = 'Stål','Isolasjon','Stål'
THICKNESS(1:3) = 0.0005,0.099,0.0005 /

&SURF ID = 'Pult', RGB=0,100,0, MATL_ID='Stål', THICKNESS=0.005 /
&SURF ID = 'Brann', RGB=100,0,0, HRRPUA=0.5, RAMP_Q='q_ramp' /

***Brannkurve 3 kontorplass, uten sprinkler.

&RAMP ID='q_ramp', T=0, F=0 /
&RAMP ID='q_ramp', T=100, F=0 /
&RAMP ID='q_ramp', T=150, F=63 /
&RAMP ID='q_ramp', T=200, F=252 /
&RAMP ID='q_ramp', T=360, F=1800 /
&RAMP ID='q_ramp', T=500, F=1800 /
&RAMP ID='q_ramp', T=550, F=900 /
&RAMP ID='q_ramp', T=3000, F=900 /
&RAMP ID='q_ramp', T=3200, F=0 /

*****Kontor

&OBST XB=0,10,0,10,0,0,1, SURF_ID='Gulv' / Gulv
&OBST XB=0,10,0,10,2,9,3, SURF_ID='Tak', OUTLINE=.TRUE. / Tak
&OBST XB=0,10,0,0,1,0,3, SURF_ID='Vegg', OUTLINE=.TRUE. / Vegg1
&OBST XB=0,10,9,9,10,0,3, SURF_ID='Lekkvegg SKR' / Vegg2
&OBST XB=0,0,0,1,0,10,0,3, SURF_ID='Lekkvegg øvrig' / Vegg3
&OBST XB=9,9,10,2,0,10,0,3, SURF_ID='Vegg' / Vegg4

&OBST XB=0,1,1,1,4,6,0,8,1, SURF_ID='Pult' /
&VENT XB=0,1,1,1,4,6,1,1 SURF_ID='Brann' / Brann

****SKR

&OBST XB=10,20,0,10,0,0,1 SURF_ID='Gulv' / Gulv
&OBST XB=10,20,0,10,2,9,3, SURF_ID='Tak', OUTLINE=.TRUE./ Tak
&OBST XB=10,20,0,0,1,0,3, SURF_ID='Vegg', OUTLINE=.TRUE. / Vegg1
&OBST XB=10,20,9,9,10,0,3, SURF_ID='Lekkvegg SKR' / Vegg2
&OBST XB=19.95,20.05,0,10,0,3, SURF_ID='Vegg' / Vegg4

****LIR

&OBST XB=20,30,0,10,0,0,1, SURF_ID='Gulv' / Gulv
&OBST XB=20,30,0,10,2,9,3, SURF_ID='Tak', OUTLINE=.TRUE./ Tak
&OBST XB=20,30,0,0,1,0,3, SURF_ID='Vegg', OUTLINE=.TRUE. / Vegg1
&OBST XB=20,30,9,9,10,0,3, SURF_ID='Vegg' / Vegg2

*****Øvrige rom

&OBST XB=30,60,0,10,0,0,1 SURF_ID='Gulv' / Gulv
&OBST XB=30,60,0,10,24,9,25, SURF_ID='Tak', OUTLINE=.TRUE./ Tak
&OBST XB=30,60,0,0,1,0,25 SURF_ID='Vegg', OUTLINE=.TRUE. / Vegg1
&OBST XB=30,60,9,9,10,0,25, SURF_ID='Vegg' / Vegg2
&OBST XB=29.95,30.05,0,10,0,25, SURF_ID='Vegg' / Vegg3
&OBST XB=59.9,60,0,10,0,3, SURF_ID='Lekkvegg øvrig' / Vegg4
&OBST XB=59.9,60,0,10,3,25, SURF_ID='Vegg' / Vegg4

*****HVAC

&VENT ID='HVAC TL ØVRIGE ROM', XB=40,50,9,9,9,9,0,2,1,2, SURF_ID='HVAC', COLOR='BLUE'/
&VENT ID='HVAC TL LIR', XB=24,26,9,9,9,9,0,2,1,2, SURF_ID='HVAC' COLOR='BLUE'/
&VENT ID='HVAC TL SKR', XB=14,16,9,9,9,9,0,2,1,2, SURF_ID='HVAC', COLOR='BLUE'/
&VENT ID='HVAC TL KONTOR', XB=3,8,8,5,9,3,3, SURF_ID='HVAC', COLOR='BLUE'/
&HOLE XB=3,8,8,5,9,2,8,3, /

&VENT ID='HVAC AT ØVRIGE ROM' XB=40,50,4,6,24,9,24,9, SURF_ID='HVAC' COLOR='RED'/
&VENT ID='HVAC AT LIR' XB=24,26,4,6,2,9,2,9, SURF_ID='HVAC' COLOR='RED'/
&VENT ID='HVAC AT SKR' XB=14,16,4,6,2,9,2,9, SURF_ID='HVAC' COLOR='RED'/
&VENT ID='HVAC AT KONTOR' XB=3,8,1,1,5,3,3, SURF_ID='HVAC' COLOR='RED', /
&HOLE XB=3,8,1,1,5,2,8,3, /

&HVAC TYPE_ID='FAN', ID='TL vifte', MAX_FLOW=12, MAX_PRESSURE=1000. /
&HVAC TYPE_ID='FAN', ID='AT vifte', MAX_FLOW=12, MAX_PRESSURE=700. /

&HVAC TYPE_ID='NODE', ID='node 1', DUCT_ID='duct 1', ambient=.true, xyz=0,0,3 /
&HVAC TYPE_ID='NODE', ID='node 2', DUCT_ID='duct 1','duct 2','duct 3', xyz=0,0,3/
&HVAC TYPE_ID='NODE', ID='node 3', DUCT_ID='duct 2', VENT_ID='HVAC TL ØVRIGE ROM'xyz=0,0,0 /
&HVAC TYPE_ID='NODE', ID='node 4', DUCT_ID='duct 3','duct 4','duct 5', xyz=0,0,3 /
&HVAC TYPE_ID='NODE', ID='node 5', DUCT_ID='duct 4', VENT_ID='HVAC TL LIR'xyz=0,0,3 /
&HVAC TYPE_ID='NODE', ID='node 6', DUCT_ID='duct 6','duct 7','duct 5', xyz=12,0,3 /
&HVAC TYPE_ID='NODE', ID='node 7', DUCT_ID='duct 6', VENT_ID='HVAC TL SKR', xyz=5,3,0 /
&HVAC TYPE_ID='NODE', ID='node 8', DUCT_ID='duct 7', VENT_ID='HVAC TL KONTOR', xyz=5,3,0 /
&HVAC TYPE_ID='NODE', ID='node 9', DUCT_ID='duct 8', VENT_ID='HVAC AT KONTOR', xyz=0,0,3 /
&HVAC TYPE_ID='NODE', ID='node 10', DUCT_ID='duct 8','duct 9','duct 10', xyz=0,0,3 /
&HVAC TYPE_ID='NODE', ID='node 11', DUCT_ID='duct 9', VENT_ID='HVAC AT SKR', xyz=0,0,3 /
&HVAC TYPE_ID='NODE', ID='node 12', DUCT_ID='duct 10', 'duct 11','duct 12', xyz=0,0,3 /
&HVAC TYPE_ID='NODE', ID='node 13', DUCT_ID='duct 11', VENT_ID='HVAC AT LIR', xyz=10,5,1 /
&HVAC TYPE_ID='NODE', ID='node 14', DUCT_ID='duct 12', 'duct 13','duct 14', xyz=15,5,25 /
&HVAC TYPE_ID='NODE', ID='node 15', DUCT_ID='duct 13', VENT_ID='HVAC AT ØVRIGE ROM', xyz=15,5,25 /
&HVAC TYPE_ID='NODE', ID='node 16', DUCT_ID='duct 14', ambient=.true, xyz=15,5,25 /

&HVAC TYPE_ID='DUCT', ID='duct 1', NODE_ID='node 1','node 2', AREA=2, LENGTH=400,0, ROUGHNESS=0.001, FAN_ID='TL vifte' /
&HVAC TYPE_ID='DUCT', ID='duct 2', NODE_ID='node 2','node 3' AREA=1.69, LENGTH=450,0, ROUGHNESS=0.001 /
&HVAC TYPE_ID='DUCT', ID='duct 3', NODE_ID='node 2','node 4', AREA=0.308, LENGTH=50,0, ROUGHNESS=0.001 /
&HVAC TYPE_ID='DUCT', ID='duct 4', NODE_ID='node 4','node 5', AREA=0.112, LENGTH=75,0, ROUGHNESS=0.001 /
&HVAC TYPE_ID='DUCT', ID='duct 5', NODE_ID='node 4','node 6', AREA=0.196, LENGTH=15,0, ROUGHNESS=0.001 /
&HVAC TYPE_ID='DUCT', ID='duct 6', NODE_ID='node 6','node 7', AREA=0.112, LENGTH=65,0, ROUGHNESS=0.001 /

&HVAC TYPE_ID='DUCT', ID='duct 7', NODE_ID='node 6','node 8', AREA=0.084, LENGTH=50.0, ROUGHNESS=0.001/
 &HVAC TYPE_ID='DUCT', ID='duct 8', NODE_ID='node 9','node 10', AREA=0.084, LENGTH=50.0, ROUGHNESS=0.001, /
 &HVAC TYPE_ID='DUCT', ID='duct 9', NODE_ID='node 11','node 10', AREA=0.112, LENGTH=65.0, ROUGHNESS=0.001 /
 &HVAC TYPE_ID='DUCT', ID='duct 10', NODE_ID='node 10','node 12', AREA=0.196, LENGTH=15.0, ROUGHNESS=0.001 /
 &HVAC TYPE_ID='DUCT', ID='duct 11', NODE_ID='node 13','node 12', AREA=0.112, LENGTH=75.0, ROUGHNESS=0.001 /
 &HVAC TYPE_ID='DUCT', ID='duct 12', NODE_ID='node 12','node 14', AREA=0.308, LENGTH=50.0, ROUGHNESS=0.001 /
 &HVAC TYPE_ID='DUCT', ID='duct 13', NODE_ID='node 15','node 14', AREA=1.69, LENGTH=450.0, ROUGHNESS=0.001 /
 &HVAC TYPE_ID='DUCT', ID='duct 14', NODE_ID='node 14','node 16', AREA=2, LENGTH=400.0, ROUGHNESS=0.001,
 FAN_ID='AT vifte' /

*****Testpunkter

&DEVC ID='temp P1', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ= 15,,2,2 /
 &DEVC ID='temp P2', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ= 15,5,2 /
 &DEVC ID='temp P3', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ= 15,9,8,2 /
 &DEVC ID='Heatflux P1', QUANTITY='GAUGE HEAT FLUX', IOR=3, XYZ= 15,,2,0 /
 &DEVC ID='Heatflux P2', QUANTITY='GAUGE HEAT FLUX', IOR=3, XYZ= 15,5,0 /
 &DEVC ID='Heatflux P3', QUANTITY='GAUGE HEAT FLUX', IOR=3, XYZ= 15,9,8,0 /
 &DEVC ID='O2 P1', QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC_ID='OXYGEN', XYZ= 15,,2,2 /
 &DEVC ID='O2 P2', QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC_ID='OXYGEN', XYZ= 15,5,2 /
 &DEVC ID='O2 P3', QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC_ID='OXYGEN', XYZ= 15,9,8,2 /
 &DEVC ID='CO P1', QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC_ID='CARBON MONOXIDE', XYZ= 15,,2,2 /
 &DEVC ID='CO P2', QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC_ID='CARBON MONOXIDE', XYZ= 15,5,2 /
 &DEVC ID='CO P3', QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC_ID='CARBON MONOXIDE', XYZ= 15,9,8,2 /
 &DEVC ID='CO2 P1', QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ= 15,,2,2 /
 &DEVC ID='CO2 P2', QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ= 15,5,2 /
 &DEVC ID='CO2 P3', QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', XYZ= 15,9,8,2 /
 &DEVC ID='sot P1', QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC_ID='SOOT', XYZ= 15,,2,2 /
 &DEVC ID='sot P2', QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC_ID='SOOT', XYZ= 15,5,2 /
 &DEVC ID='sot P3', QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC_ID='SOOT', XYZ= 15,9,8,2 /
 &DEVC ID='Heatflux kontor', QUANTITY='GAUGE HEAT FLUX', IOR=3, XYZ= 1,1,0 /

*****OUTPUT HVAC

&DEVC QUANTITY='DUCT VOLUME FLOW' ID='TL KONTOR' DUCT_ID='duct 7' /
 &DEVC QUANTITY='DUCT VOLUME FLOW' ID='AT KONTOR' DUCT_ID='duct 8' /
 &DEVC QUANTITY='DUCT VOLUME FLOW' ID='TL ØVRIGE ROM' DUCT_ID='duct 2' /
 &DEVC QUANTITY='DUCT VOLUME FLOW' ID='AT ØVRIGE ROM' DUCT_ID='duct 13' /
 &DEVC QUANTITY='DUCT VOLUME FLOW' ID='TL TOT' DUCT_ID='duct 1' /
 &DEVC QUANTITY='DUCT VOLUME FLOW' ID='AT TOT' DUCT_ID='duct 14' /
 &DEVC QUANTITY='DUCT VOLUME FLOW' ID='AT SKR', DUCT_ID='duct 9' /
 &DEVC QUANTITY='DUCT VOLUME FLOW' ID='TL SKR', DUCT_ID='duct 6' /
 &DEVC QUANTITY='DUCT VOLUME FLOW' ID='AT LIR', DUCT_ID='duct 11' /
 &DEVC QUANTITY='DUCT VOLUME FLOW' ID='TL LIR', DUCT_ID='duct 4' /

&SLCF PBX=0.6, QUANTITY='TEMPERATURE' /
 &SLCF PBX=5, QUANTITY='TEMPERATURE' /
 &SLCF PBX=15, QUANTITY='TEMPERATURE' /
 &SLCF PBX=25, QUANTITY='TEMPERATURE' /
 &SLCF PBX=45, QUANTITY='TEMPERATURE' /
 &SLCF PBZ=2, QUANTITY='TEMPERATURE' /
 &SLCF PBZ=2, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='POLYURETHANE', /
 &SLCF PBZ=2 QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='OXYGEN' /
 &SLCF PBZ=2, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE' /
 &SLCF PBZ=2, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON MONOXIDE' /

&DEVC XYZ=1,0,2,2,8, QUANTITY='PRESSURE', ID='TRYKK KONTOR TAK' /
 &DEVC XYZ=13,1,2,8, QUANTITY='PRESSURE', ID='TRYKK SKR TAK' /

&DEVC ID='HRR KONTOR', QUANTITY='HRR', XB=0,10,0,10,0,3 /
 &DEVC ID='HRR SKR', QUANTITY='HRR', XB=10,20,0,10,0,3 /
 &DEVC ID='HRR LIR', QUANTITY='HRR', XB=20,30,0,10,0,3 /
 &DEVC ID='HRR ØVRIG', QUANTITY='HRR', XB=30,60,0,10,0,25 /

&SLCF PBX=6, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='POLYURETHANE', /

&SLCF PBX=6, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='POLYURETHANE',/
&SLCF PBX=5, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='OXYGEN',/
&SLCF PBX=5, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='OXYGEN',/
&SLCF PBX=16, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='POLYURETHANE',/

&SLCF PBX=4, QUANTITY='PRESSURE',/

&SLCF ID='slukking', QUANTITY='EXTINCTION', PBX=4, /
&SLCF ID='slukking', QUANTITY='EXTINCTION', PBX=14, /
&SLCF ID='slukking', QUANTITY='EXTINCTION', PBX=24, /
&SLCF ID='slukking', QUANTITY='EXTINCTION', PBX=34, /

***Massestrøm AT brannrom

&DEVC QUANTITY='DUCT MASS FLOW' ID='fuel AT KONTOR', DUCT_ID='duct 8', SPEC_ID='POLYURETHANE' /
&DEVC QUANTITY='DUCT MASS FLOW' ID='O2 AT KONTOR', DUCT_ID='duct 8', SPEC_ID='OXYGEN' /
&DEVC QUANTITY='DUCT MASS FLOW' ID='N2 AT KONTOR', DUCT_ID='duct 8', SPEC_ID='NITROGEN' /
&DEVC QUANTITY='DUCT MASS FLOW' ID='CO2 AT KONTOR', DUCT_ID='duct 8', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE' /
&DEVC QUANTITY='DUCT MASS FLOW' ID='H2O AT KONTOR', DUCT_ID='duct 8', SPEC_ID='WATER VAPOR' /
&DEVC QUANTITY='DUCT MASS FLOW' ID='CO AT KONTOR', DUCT_ID='duct 8', SPEC_ID='CARBON MONOXIDE' /
&DEVC QUANTITY='DUCT MASS FLOW' ID='sot AT KONTOR', DUCT_ID='duct 8', SPEC_ID='SOOT' /
&DEVC QUANTITY='DUCT TEMPERATURE' ID='TEMP AT KONTOR', DUCT_ID='duct 8' /

*****Volumfraksjoner AT SKR

&DEVC QUANTITY='DUCT VOLUME FRACTION' ID='fuel AT SKR', DUCT_ID='duct 9', SPEC_ID='POLYURETHANE' /
&DEVC QUANTITY='DUCT VOLUME FRACTION' ID='O2 AT SKR', DUCT_ID='duct 9', SPEC_ID='OXYGEN' /
&DEVC QUANTITY='DUCT VOLUME FRACTION' ID='N2 AT SKR', DUCT_ID='duct 9', SPEC_ID='NITROGEN' /
&DEVC QUANTITY='DUCT VOLUME FRACTION' ID='CO2 AT SKR', DUCT_ID='duct 9', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE' /
&DEVC QUANTITY='DUCT VOLUME FRACTION' ID='H2O AT SKR', DUCT_ID='duct 9', SPEC_ID='WATER VAPOR' /
&DEVC QUANTITY='DUCT VOLUME FRACTION' ID='CO AT SKR', DUCT_ID='duct 9', SPEC_ID='CARBON MONOXIDE' /
&DEVC QUANTITY='DUCT VOLUME FRACTION' ID='sot AT SKR', DUCT_ID='duct 9', SPEC_ID='SOOT' /
&DEVC QUANTITY='DUCT TEMPERATURE' ID='TEMP AT SKR', DUCT_ID='duct 9' /

*****Volumfraksjoner TL SKR

&DEVC QUANTITY='DUCT VOLUME FRACTION' ID='fuel TL SKR', DUCT_ID='duct 6', SPEC_ID='POLYURETHANE' /
&DEVC QUANTITY='DUCT VOLUME FRACTION' ID='O2 TL SKR', DUCT_ID='duct 6', SPEC_ID='OXYGEN' /
&DEVC QUANTITY='DUCT VOLUME FRACTION' ID='N2 TL SKR', DUCT_ID='duct 6', SPEC_ID='NITROGEN' /
&DEVC QUANTITY='DUCT VOLUME FRACTION' ID='CO2 TL SKR', DUCT_ID='duct 6', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE' /
&DEVC QUANTITY='DUCT VOLUME FRACTION' ID='H2O TL SKR', DUCT_ID='duct 6', SPEC_ID='WATER VAPOR' /
&DEVC QUANTITY='DUCT VOLUME FRACTION' ID='CO AT SKR', DUCT_ID='duct 6', SPEC_ID='CARBON MONOXIDE' /
&DEVC QUANTITY='DUCT VOLUME FRACTION' ID='sot AT SKR', DUCT_ID='duct 6', SPEC_ID='SOOT' /
&DEVC QUANTITY='DUCT TEMPERATURE' ID='TEMP TL SKR', DUCT_ID='duct 6' /
&TAIL /