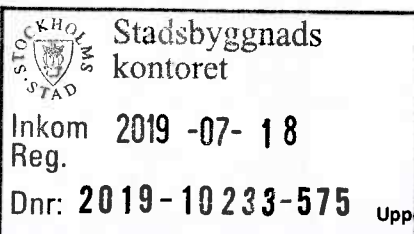


Uppdragsnamn
Klamparen 10

Uppdragsgivare
KLP Fastigheter

Handläggare
Martin Forssberg



Uppdragsnummer

111830

Datum

2019-06-26

Egenkontroll

MFG 2019-06-26

Internkontroll

SEN 2019-06-26

Brandtekniskt utlåtande – Brandgasventilation garage

I samband med till- och ombyggnation av Klamparen 10 genomförs renovering av befintliga lokaler. Detta omfattar exempelvis renovering av befintligt garage med en area av ca 3 000 m² enligt uppgift från uppdragsgivare. Garaget är placerat i plan 02 och är utfört som en gemensamhetsanläggning med angränsande bostadsrättsförening.

I Boverkets byggregler BFS 2011:6 med ändringar till BFS 2018:4 (BBR 26) anges i avsnitt 5:732 att källare ska förses med brandgasventilation eller motsvarande, vilket även omfattar garage. Brandgasventilationen ska ha sådan kapacitet att trappor inte ska behöva nyttjas för ventilering av brandgaser.

Alternativ 1 – Luckor för brandgasventilation

Eftersom garaget är utrustat med en automatisk vattensprinkleranläggning bör öppningar ha en area motsvarande 0,1 % av brandcellens nettoarea. Detta innebär en storlek motsvarande ca 3 m² vid ett utförande med luckor. Enligt Brandskyddshandboken bör ytorna för till- respektive frånluft vara ungefär lika stora. Detta innebär att minst 1,5 m² brandgasventilation krävs via garagets in-/utfart och minst 1,5 m² krävs via öppningar som finns tillgängliga via schakt inom garaget.

Alternativ 2 – Fläktar för brandgasventilation

Som alternativ till luckor för brandgasventilation kan befintliga schakt förses med fläktar för brandgasventilation. Fläktar ska ha en sammanlagd kapacitet som motsvarar 1,0 m/s över 3,0 m² öppningsarea för brandgasventilation. Detta innebär att fläktar ska ha en kapacitet på 3,0 m³/s. Port för in- respektive utfart används i detta fall som öppning för tilluft. Fläktar ska ha en temperaturtålighet på 300 °C i 120 minuter.

BRANDSKYDDSLAGET

Analytisk dimensionering

Klamparen 10

2019-02-08



Stadsbyggnads
kontoret

Inkom 2019 -07- 18
Reg.

Dnr: 2019-10233-575

Dokumenttyp: Analytisk dimensionering
Uppdragsnamn: Klamparen 10
Brandgasfyllnadsberäkning och strålningsberäkningar för atrier
Uppdragsnummer: 111830
Datum: 2019-02-08

Uppdragsledare: Torkel Dittmer
Handläggare: Daniel Håkansson
Tel: 08 588 188 03
E-post: daniel.hakansson@brandskyddslaget.se
Uppdragsgivare: KLP Fastigheter

Datum	Egenkontroll	Internkontroll	Version
2019-02-08	DHN	AMG, VWN	Första versionen

Innehållsförteckning

1.	INLEDNING	4
1.1	Syfte och mål	4
1.2	Version och Internkontroll.....	4
2.	GRUNDLÄGGANDE FÖRUTSÄTTNINGAR	4
2.1	Byggnadsbeskrivning och avgränsningar.....	4
2.2	Gällande regelverk.....	6
2.3	Metod	6
2.4	Acceptanskriterium.....	6
3.	ANALYS AV BRANDGASFYLLNAD	7
3.1	Indata.....	7
4.	BRANDTEKNISK KLASSIFICERING AV GLASPARTIER	11
4.1	Dimensionerande förutsättningar	14
4.2	Scenarier	14
4.3	Beräkningsgång.....	16
4.4	Resultat.....	18
5.	SLUTSATS	18
BILAGA - BRANDGASFYLLNADSBERÄKNINGAR ILLUSTRATIONER		19
REFERENSER		21

1. Inledning

1.1 Syfte och mål

Detta dokument är en analytisk dimensionering av brandteknisk klass för fönsterpartier i brandcellsgräns i Klamparen 10 i Stockholms kommun. Dokumentet syftar till att verifiera de lösningar som krävs för att tillfredsställande personsäkerhet ska uppnås inom skolan.

Denna analys är upprättad för att undersöka om glas mot atrier kan ha en lägre brandteknisk klass än vad som gäller för brandcellsgräns generellt.

Målet med analysen är att verifiera den kommande utformningen av Klamparen 10 och dess krav på brandteknisk klass för glaspardier i brandcellsgräns med avseende på personsäkerhet vid händelse av brand samt risk för brand- och brandgasspridning mellan olika brandceller.

1.2 Version och Internkontroll

Denna analytiska dimensionering utgör en första version.

Analysen omfattas av Brandskyddslagets internkontroll i enlighet med företagets kvalitetsledningssystem. Detta innebär en övergripande granskning av en annan konsult i företaget av rimligheten i de brandskyddstekniska förutsättningarna och de föreslagna brandskyddsåtgärderna.

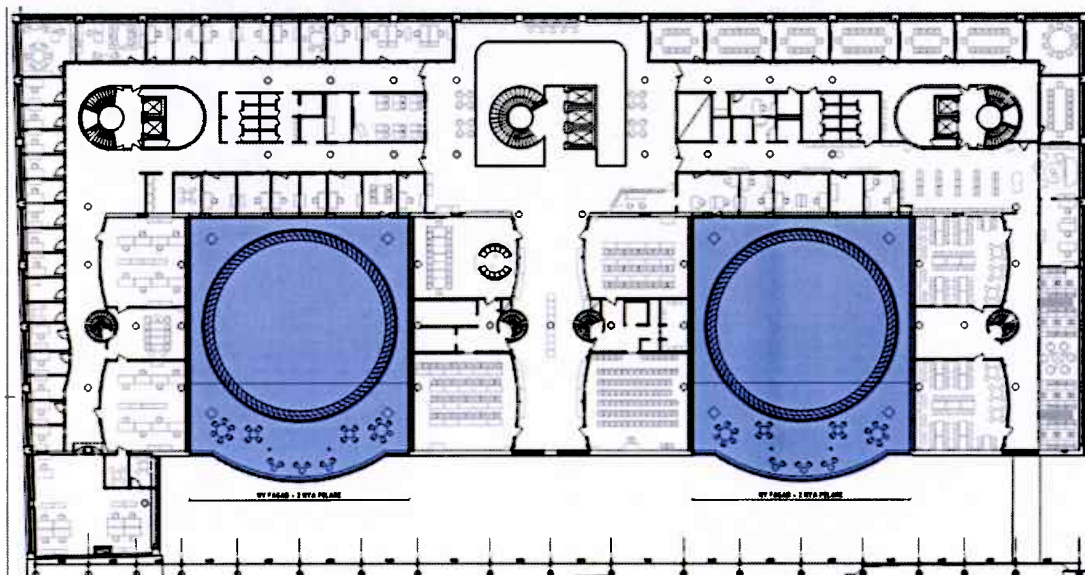
2. Grundläggande förutsättningar

Nedan anges de förutsättningar som gäller för analysen.

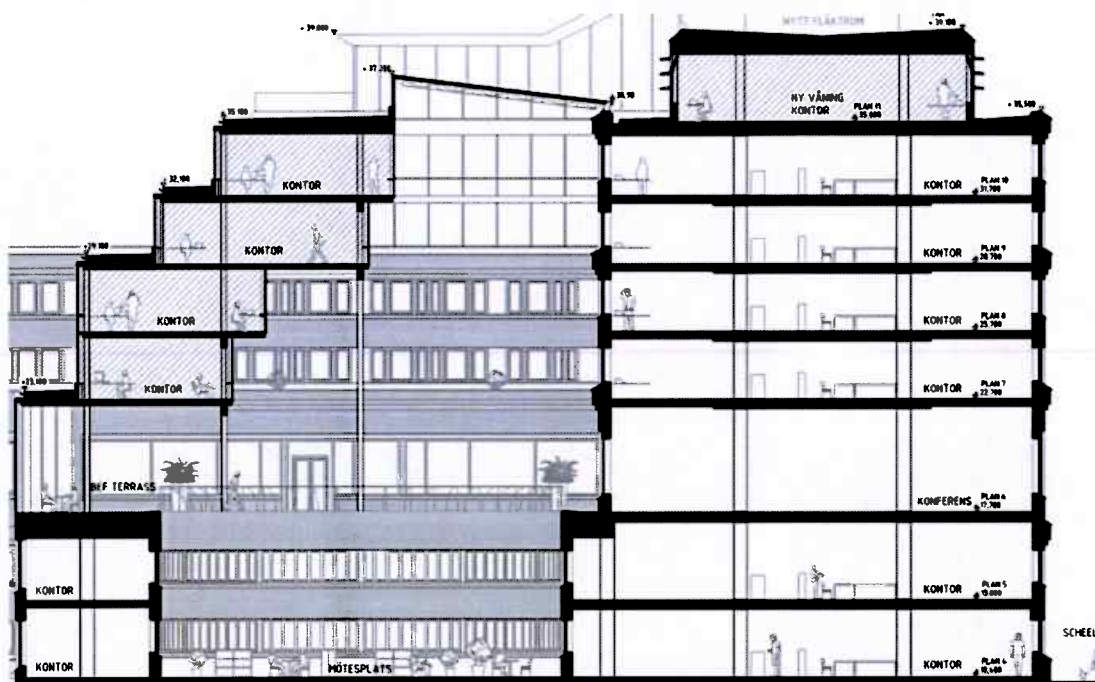
2.1 Byggnadsbeskrivning och avgränsningar

Klamparen 10 är en befintlig byggnad inom Stockholms kommun som ska byggas om samt till vilket medför att den befintliga yttergården förses med glastak.

I Figur 1 nedan illustreras atriernas placering inom Klamparen 10 på plan 1.



Figur 1. Översiktsplan för Klamparen 10. Blåmarkerat område anger ljusgårdarnas omfattning i plan 6.



Figur 2. Sektionskiss för Klamparen 10.

Byggnadens brandskydd är dimensionerat enligt brandskyddsbeskrivning samt tillhörande bilagor för Klamparen 10, upprättad av Brandskyddslaget.

De huvudsakliga tekniska system som förutsätts finnas tillgängliga är:

- Automatiskt släcksystem i form av automatisk vattensprinkleranläggning för samtliga delar förutom ljusgårdens högdelar (> 10 meter)
- Automatisk brandgasventilation i ljusgården fördelad på tre brandgasluckor i tak (geometrisk fri area 1,5 m² per lucka). Mängden tilluft motsvarar mängden frånluft och aktiveras på signal från automatiskt brandlarm inom byggnaden. Tilluft tas från lågt placerade utrymmen i samtliga scenarier. Aktivering sker rökdetektorer med utformning i enlighet med SBF 110.

Analysen berör endast atrier inom Klamparen 10 samt de fönster som tidigare var placerade i fasader för den befintliga byggnaden. Analytisk dimensionering är utförd för att undersöka vilka brandtekniska krav som erfordras för fönster som vetter mot atrier från de gamla yttergården.

Observera att brandspridning i vertikalled mellan fönster ej undersöks i denna analys då kontorsplanen är försedda med automatisk vattensprinkleranläggning som förutsätts begränsa en brand inom de olika kontorsplanen så att brandspridning ej sker i vertikalled mellan fönster samt att avståndet för samtliga plan förutom mellan plan 9 och plan 10 överstiger det minsta angivna avstånd som BBR anger på 1,2 m. Fönster i plan 10 ska utföras i brandteknisk klass E 60 och uppfyller därmed förenklad dimensionering. Aktivering av ett automatiskt släcksystem vid en brand ger stora effekter på förhållandena i byggnaden. Vid brandförloppsberäkningar anger exempelvis BBRAD3 [3] att de positiva (teoretiska) effekterna bl.a. inkluderar:

- *Minskad effektutveckling* - effektutvecklingen reduceras och efter sprinkleraktivering hålls den konstant under 1 minut och minskas därefter till 1/3 av effekten vid tidpunkten för aktivering. Denna minskning sker under den påföljande minuten.

- *Minskad brandbelastning och utgående strålning* – dimensionerande brandbelastning reduceras till 60 % av sitt ursprungliga värde alternativt kan utgående strålning reduceras 50 %.
- *Temperatursänkning* – temperaturen i brandgaserna antas begränsas till den temperatur som råder vid sprinkleraktivering.

Flera olika fullskaleexperiment med sprinkler har genomförts och koncentrationen av brandgaser minskar kraftigt med ett sprinklersystem. Bl.a. refereras i [10] till 10 fullskaleförsök där resultatet visar att det bildas betydligt lägre koncentrationer av kolmonoxid och koldioxid än då sprinklern inte fungerar. Även syrekoncentrationerna är högre, samtidigt som temperaturen i brandrummet sänks snabbt efter sprinkleraktivering.

2.2 Gällande regelverk

Byggnaden projekteras i enlighet med kraven för Boverkets byggregler BFS 2011:6 med ändringar t o m BFS 2018:4 (BBR 26) [2].

Med hänsyn till detta har en analys upprättad i enlighet med riktlinjerna som ges i Boverkets allmänna råd om analytisk dimensionering av byggnaders brandskydd (BBRAD, BFS 2011:27 med ändringar t.o.m. 2013:12) [3] utförts för lokalen.

2.3 Metod

Metoden för analysen är dels en scenarioanalys utförd i enlighet med de riktlinjer som ges i Boverkets allmänna råd om analytisk dimensionering av byggnaders brandskydd, BBRAD [3] samt dels strålningsberäkningar för att redogöra för strålningspåverkan från flamma mot angränsande fönster.

2.4 Acceptanskriterium

BBRAD anger acceptanskriterier vid utrymning enligt nedanstående tabell 1. Dessa är inte direkt tillämpbara för denna analytiska dimensionering eftersom huvudsyftet är att undersöka om fönsterpartier kan utföras i en lägre brandteknisk klass än vad det allmänna rådet i BBR anger.

Tabell 1. Acceptanskriterier vid scenarioanalys av utrymnings säkerhet enligt BBRAD 3.

Kriterium	Nivå
1. Brandgaslagrets nivå ovan golv	lägst 1,6 + (rumshöjden (m) x 0,1)
2. Siktbarhet, 2,0 ovan golv	10,0 m i utrymmen > 100 m ² 5,0 m i utrymmen ≤ 100 m ² . Kriteriet kan även tillämpas för situationer där köbildning inträffar i ett tidigt skede vid den plats kön uppstår.
3. Värmestrålning/Värmedos	max 2,5 kW/m ² eller en kortvarig strålning på max 10 kW/m ² i kombination med max 60 kJ/m ² utöver energin från en strålningsnivå på 1 kW/m ²
4. Temperatur	max 80 °C
5. Toxicitet, 2,0 m ovan golv	Kolmonoxidkoncentration (CO) < 2 000 ppm Koldioxidkoncentration (CO ₂) < 5 % Syrgaskoncentration (O ₂) > 15 %

Istället för att utnyttja ovanstående tabell används genomförd forskning inom ämnet som har visat på att vanliga floatglas spricker vid ca 10 kW/m² [11]. Det kan tilläggas att detta är ett hårdare krav än de råd som anges i BBRAD som gäller för brandspridning mellan byggnader och dess strålningsnivåer.

Rökfyllnadsberäkning utförs i Fire Dynamic Simulator (FDS), version 6.5.3, utvecklat av National Institute of Standards and Technology (NIST).

3. Analys av brandgasfyllnad

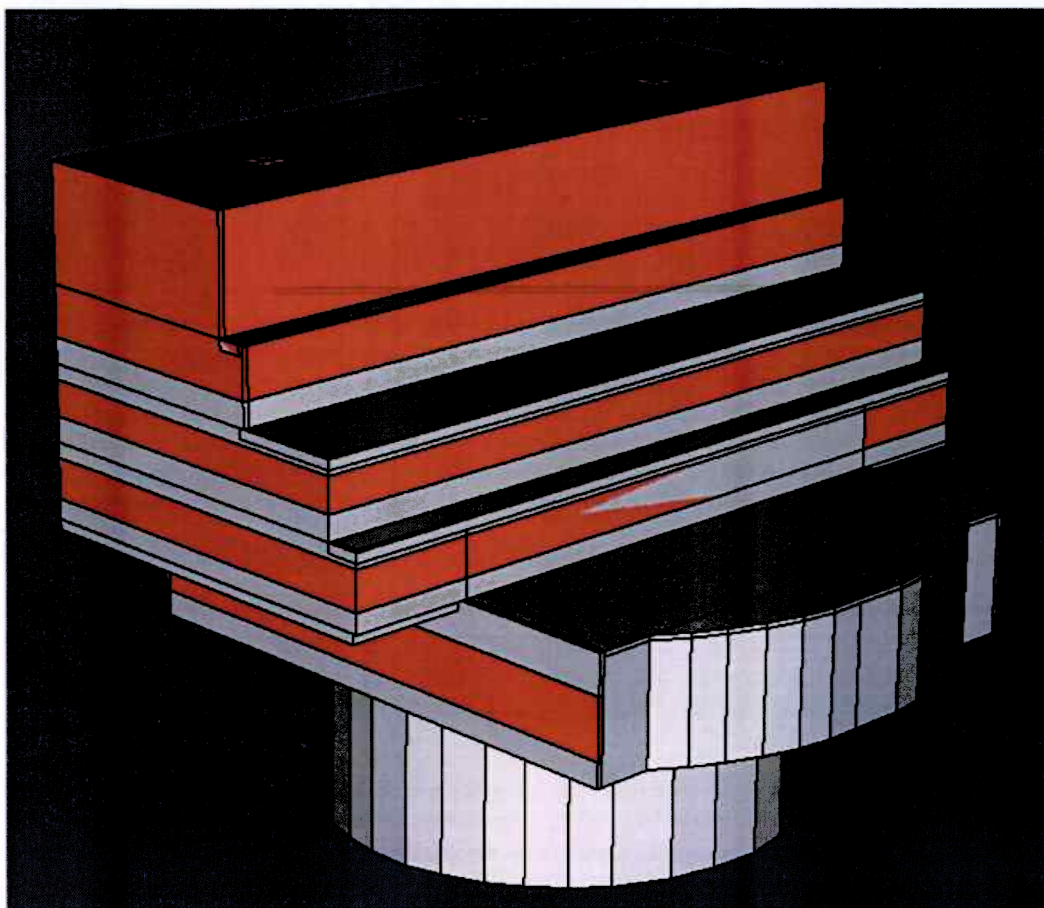
Nedan redogörs indata för analysen av klassificering av glaspartier inom atrier.

3.1 Indata

Nedan redovisas relevant indata som är angiven i beräkningsmodellen.

3.1.1 Geometri och brandplacering

I de brandgasfyllnadsberäkningarna som utförts har geometrin antagits vara begränsad till atriernas brandcell med undantag för de kontorslokaler som är belägna i plan 4-5 eftersom dessa bedömts vara mindre konservativa än de scenarier som valts nedan. Takhöjden inom atrierna är placerat på ca 26 meters höjd. Geometrin som tillämpats i modellen redovisas i figur 2 nedan. Observera att geometrin förenklats i modellen. Den angivna luftvolymen är dock i samma storleksordning som lokalerna, vilket bedöms vara den avgörande faktorn.



Figur 3. Geometrin i den tillämpade beräkningsmodellen.

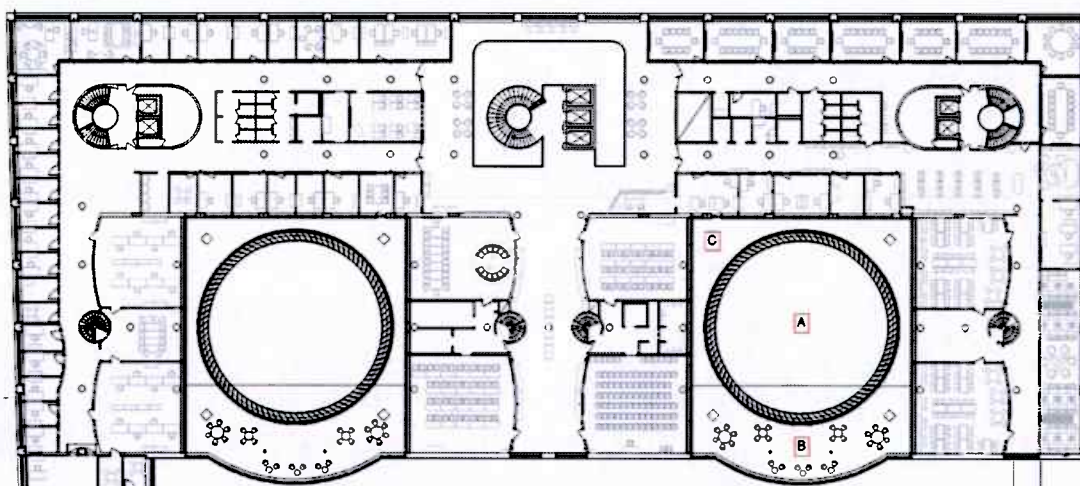
Andra indata i simuleringen som är av relevans är redovisade i nedanstående tabell.

Tabell 2. Annan relevant indata för simuleringarna.

Parameter	Indata
Byggnadsmaterial	Betong, fönster i stål
Placering brandgasluckor	Tak, jämnt fördelade
Simuleringstid	900 s

Simuleringstiden är ansatt till 900 sekunder för att steady state-förhållanden ska uppnås under simuleringen.

I brandgasfyllnadsberäkningarna studeras tre olika brandplaceringar, benämnda som A, B och C i nedanstående figur 3.



Figur 4. Brandplaceringar för respektive brandscenario.

- 1A** Detta scenario motsvarar en brand på atriernas lägsta möjliga plats (placering A enligt figur 3). Denna placering innebär att brandplymen stiger obehindrat upp till översta plan och ansamlas i ett brandgaslager som sedan sjunker.
- 3BGVA** Detta är i grunden samma scenario som 1A men i detta antas brandgasventilationen falla.
- 1B** Brandscenario 1B medför en brand inom entresolplanet under ovanliggande kontorslokaler på plan 7. Denna placering ger i ett tidigt förlopp upphov till en balkongplym där man kan förvänta sig en stor luftinträngning vilket medför ett snabbare sjunkande brandgaslager.
- 3BGVB** Detta är i grunden samma scenario som 1B men i detta antas brandgasventilationen falla.
- 3SB** Detta är i grunden samma scenario som 1B men i detta antas det automatiska vattensprinklersystemet falla.

1C Brandscenario 1C medför en brand på entresolplanet men i den höga del som låter brandplymen stiga obehindrat till översta planet. Denna yta är relativt begränsad då den även utgör gångstråk till möblerad zon inom entresolplanet.

3BGVC Detta är i grunden samma scenario som 1B men i detta antas brandgasventilationen falla.

Som kan noteras i ovanstående tabell så utförs inte simuleringar för fallerat sprinklersystem inom atriernas högdelar då denna inte är försedd med sprinklersystem på grund av höjden inom atrierna.

3.1.2 Dimensionerande brand och angiven brandeffekt

Indata för beräkningarna är tagen från BBRAD. Dessa är framtagna för att undersöka utrymningssäkerhet inom byggnader men bedöms vara rimliga även för att undersöka brandspridning mellan brandceller. De effekter som är angivna i nedanstående tabell anses vara konservativa utifrån atriernas utformning och potentiella brandbelastning. Utöver utdata från genomförda simuleringar utförs även strålningsberäkningar för att komplettera resultaten från brandgasfyllnadsberäkningarna och ytterligare säkerställa de slutgiltiga slutsatserna. För vissa av scenarierna har olika aktiva brandtekniska system i lokalen antagits falla, och motsvarar därmed "erforderligt brandscenario 3" enligt detta råd. Tabell 2 nedan redovisar relevanta indatavärden för respektive scenario.

Observera att de aktiva system som berörs i analysen framförallt är brandgasventilation och sprinkler.

Tabell 2. Studerade brandscenarier.

Scenario	Placering	Maxeffekt [MW]	Tillväxthastighet [kW/s ²]	Sotproduktion [g/g]	Sprinkler	Brandgasventilation
1A	A	10	0,047	0,1	Nej	Ja
3BGVA	A	2	0,047	0,06	Nej	Nej
1B	B	1,4*	0,047	0,1	Ja	Ja
3BGVB	B	1,4*	0,047	0,06	Ja	Nej
3SB	B	2	0,047	0,06	Nej	Ja
1C	C	2	0,047	0,1	Nej	Ja
3BGVC	C	2	0,047	0,06	Nej	Nej

* Brandens maxeffekt är begränsad av den aktiverade sprinklern. Vid sprinkleraktivering hålls effekten konstant i 60 sekunder för att sedan sjunka till en tredjedel av värdet under nästkommande 60 sekunder och sedan hållas konstant på den nivån, i enlighet med riktlinjerna i BBRAD.

Programmet Detact-T2 har använts för att beräkna sprinkleraktiveringstid.

Aktiveringstemperatur 68 °C samt RTI 50 har antagits. Detact-T2 är en webbaserad programvara som bygger på formler för takjetstrålar och uppvärmning av brandplymer, den tar även hänsyn till den termiska trögheten för en detektor eller sprinklerhuvud genom dess RTI-värde (Response Time Index).

Tid till aktivering av brandgasventilation har ansatts till 2 minuter då detta bedöms som en rimlig tid till aktivering eftersom brandgasventilation ska styras på aktivering av brandlarm. Inom lågdelarna kan denna tid förväntas vara kortare än de ansatta två minuterna men detta påverkar ej brandförloppet eller brandgasfyllnaden inom atriet nämnvärt med hänsyn till dess volym.

Indatavärden för bränslets sammansättning, sotproduktion, "visibility factor" med mera är hämtade ur Boverkets allmänna råd om analytisk dimensionering av byggnaders brandskydd, BBRAD3 (BFS 2013:12) [3] samt BIV:s tillämpningsdokument *CFD-beräkningar med FDS* (utgåva 1) [5]. Se Tabell 3 avseende ett urval av indatavärden som används i FDS-beräkningarna.

Tabell 3. Urval av indata i FDS.

Parameter	Värde
Förbränningsmodell	Mixture Fraction Model
Bränslesammansättning	C: 4,56
	H: 6,56
	O: 2,34
	N: 0,4
Strålningsmodell	Finite Volume Radiation Model
Strålningsminimum	35 %
"Visibility factor"	8
Värmevärde	20 MJ/kg

3.1.3 Gridnät

Den totala beräkningsvolymen delas i FDS in i ett stort antal celler, som bildar ett gridnät, för vilka de valda kontinuitetsekvationerna löses. Den valda cellstorleken är direkt avgörande på tillförlitligheten av resultatet och är av största vikt i brandens närhet samt i områden med höga flödes hastigheter [5].

För brandscenario 1A har en kubisk grid med sidan 0,2 m tillämpats genom hela gridnätet. För övriga brandscenarier har en kubisk grid med sidan 0,1 m tillämpats vid och över branden. I övrigt har en kubisk grid med sidan 0,2 m använts genom hela beräkningsdomänen.

För att beräkna rimlig cellstorlek kring branden har det dimensionslösa uttrycket $D^*/\delta x$ använts, vilket är ett mått på hur väl upplöst flödesfältet är i brandmeshen. Tidigare studier har visat att detta värde bör ligga kring 10-20 runt branden och om brandrummet har hög rumshöjd ($D^*/H < 0,5$) bör $D^*/\delta x$ vara minst 15 [5]. $D^*/\delta x$ beror främst av brandens effektutveckling samt den största sidan på kontrollvolymerna kring branden. De aktuella värdena på dessa parametrar redovisas för de studerade scenarierna i Tabell 4 nedan.

Tabell 4. Värden på $D^*/\delta x$ för de olika scenarierna.

Scenario	Maximal effektutveckling [kW]	Cellens sida [m]	$D^*/\delta x$	D^*/H
1A	10000	0,2	12,1	0,1
3BGVA	2 000	0,1	12,7	0,05

1B 3BGVB	1400	0,1	11,0	0,23
3SB	2000	0,1	12,7	0,27
1C 3BGVC	2000	0,1	12,7	0,07

Ovanstående tabell visar att den tillämpade gridstorleken är god i brandens närhet i samtliga scenarier. $D^*/\delta x$ understiger 15 trots att D^*/H understiger 0,5, men $D^*/\delta x$ överstiger 10 vilket bedöms vara det mest kritiska. Vald gridstorlek bedöms vara acceptabel med hänsyn till analysens syfte.

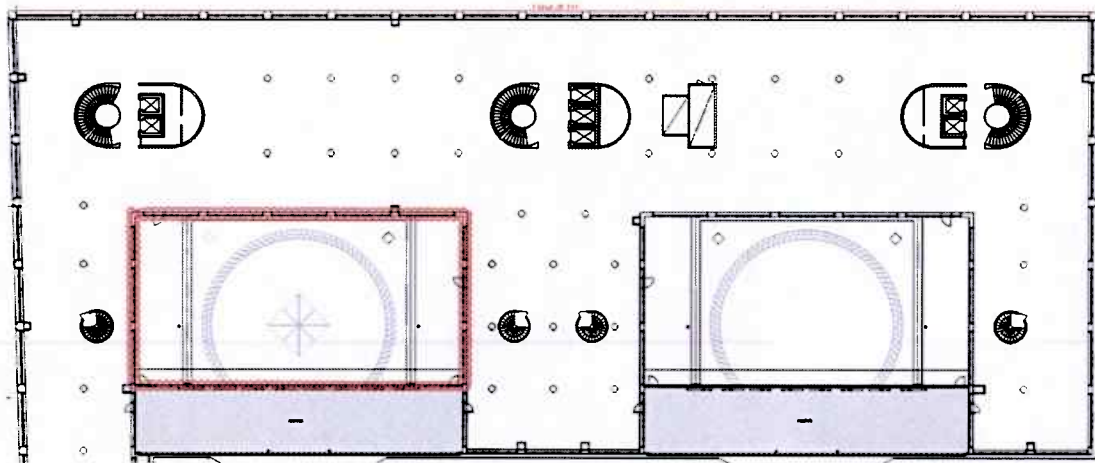
Det bör även tilläggas att nämnda rekommenderade gränsvärden enligt ovan är framtagna för FDS 5 [5]. FDS 6 har en annorlunda turbulensmodell än FDS 5, vilken har visat sig ge bra resultat både vid små och lite större gridstorlekar [6]. Sammanfattningsvis bedöms valda gridstorlekar som tillräckliga för analysens syfte.

4. Brandteknisk klassificering av glaspartier

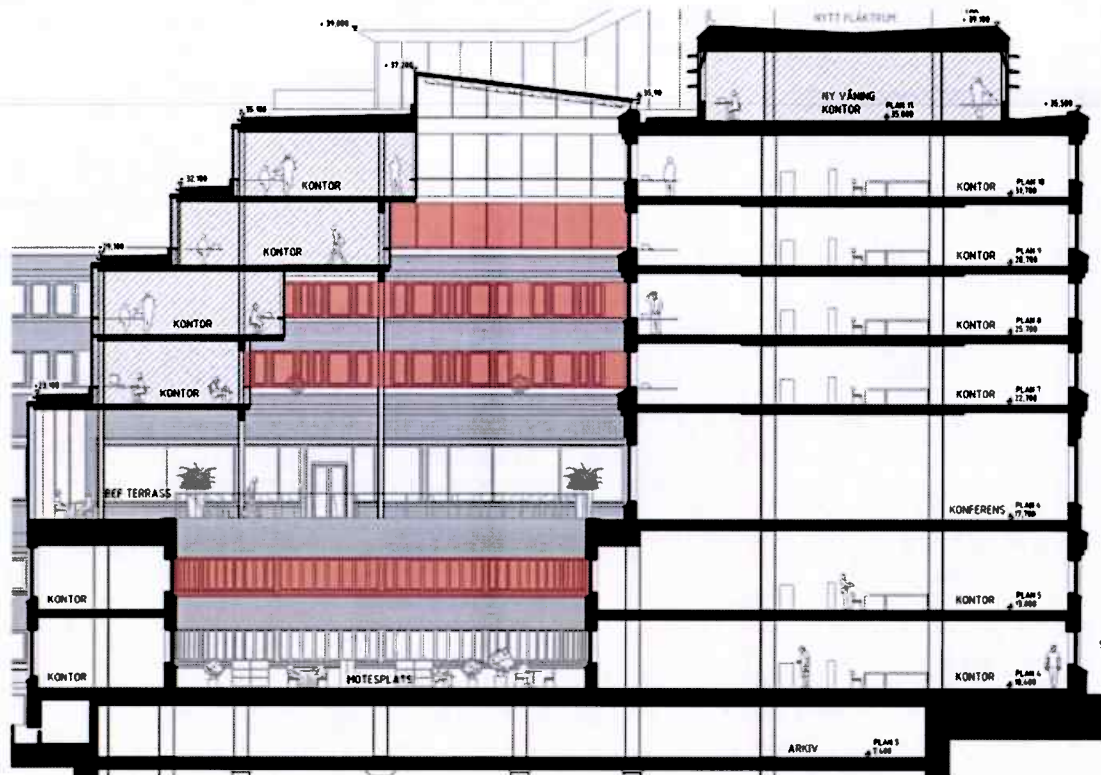
Verifieringen nedan är genomförd för att utreda om möjlighet finns till att ha en lägre brandteknisk klass på glaspartier mot ljusgården.

Detta har gjorts genom att studera vilken temperaturpåverkan en brand kan ha mot de fasader som vetter mot atrierna då dessa tidigare var exponerad mot utemiljö, se nedanstående figurer för vilka ytor/glaspartier som avses.

Hänsyn har ej tagits till glaspartier i plan 4 och 6 med hänsyn till att brand potentiellt kan uppkomma direkt mot dessa partier och för att säkerställa brandspridning mellan brandceller ska därför dessa utföras i brandteknisk klass EI 60. Fönsterpartier i det översta planet, plan 10, ska utföras i brandteknisk klass E 60 för att säkerställa att flamma från brand ej kan slå ut genom fönster och påverka den bärande konstruktionen inom respektive atrier. Från det nästöversta våningsplanet (plan 9) har beräkningar utförts med hjälp av ekvationer från SS-EN 1991-1-2 bilaga B för att beräkna flammans utbreddning genom fönster. De ekvationer som anges i bilagan kan under vissa förutsättningar ge orimliga värden men värden bedöms rimliga i det aktuella fallet. De värden som antagits är en 5 MW brand samt att flamma slår ut genom ett enskilt fönster med måtten 1,5 * 1,9 meter. Flamhöjden beräknas då till ca 2,3 m från fönster vilket med marginal understiger höjden till bärande konstruktionsdelar. Det kan även tilläggas att kontorslokalerna är försedda med automatisk vattensprinkleranläggning och att en 5 MW brand anses osannolik.



Figur 5. Glaspartier som utreds i fasad är molnade. Gäller dock båda atrier.

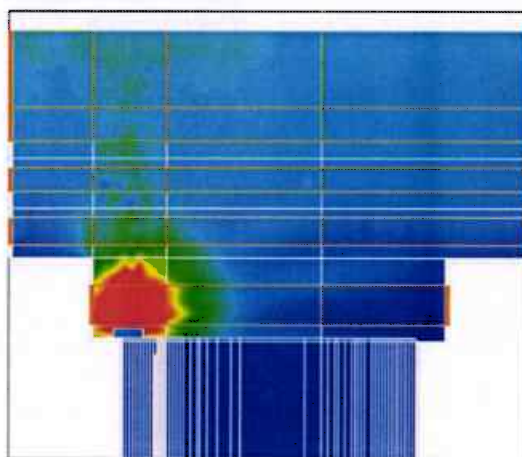


Figur 6. Glaspartier som utreds är rödmarkerade. Gäller båda atrier.

Brandens placeringar har beskrivits i ovanstående avsnitt och dessa placeringar har bedömts motsvara rimliga och konservativa uppskattningar på vilken strålningspåverkan glaspartier kan tänkas utsättas för. De förutsättningar som beskrivits ovan bedöms vara konservativa med hänsyn till dess storlek och möjliga möblering i framtiden.

Vid analys av strålningspåverkan har två olika beräkningsmetoder använts för att göra en bedömning av möjligheten att utföra glaspartier i en lägre brandteknisk klass. I den första metoden har temperaturuppskattningar tagits från FDS, fönsterpartiernas byggnadsmaterial har ansatts till stål då detta medför en högre konduktivitet för material och en snabbare uppvärmning. Utöver FDS har även strålningsberäkningar utförts eftersom FDS underskattar strålningsinverkan från branden. Uppmätta temperaturer mot fasad är sammanställda i nedanstående tabell och som kan observeras så uppnås endast temperaturer uppemot 230 °C mot fönster inom atrierna. Nedanstående tabell har sammanställt de högst uppmätta temperaturerna som generellt uppmättes i brandens direkta närhet. Observera att denna temperatur är den adiabatiska yttemperaturen, vilket innebär den teoretiskt högsta temperaturen som kan uppnås mot ytan. Den adiabatiska yttemperaturen tar inte hänsyn till någon energiförlust i den mottagande kroppen.

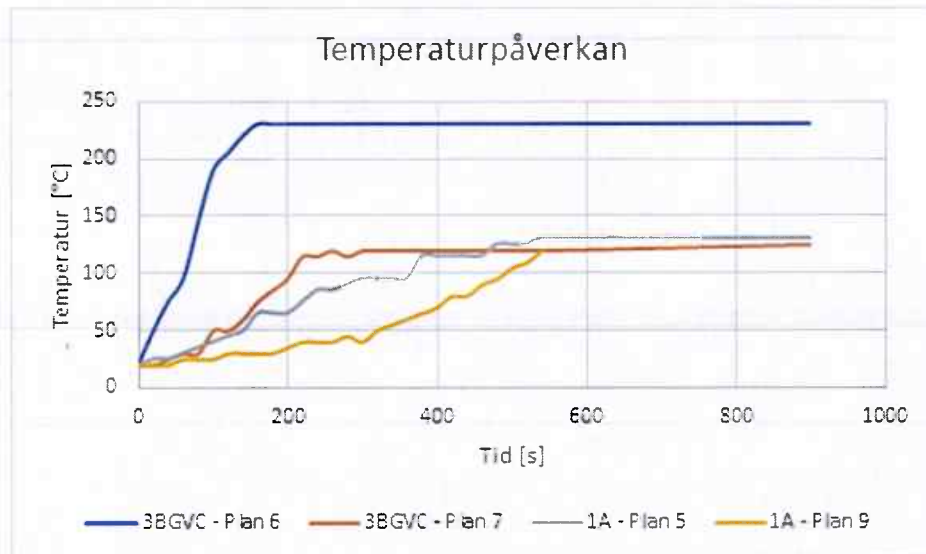
Scenario	Temperatur huvudbyggnad	Temperatur tillbyggnad
1A	130	130
3BGVA	70	70
1B	30	40
3BGVB	85	30
3SB	180	50
1C	65	230
3BGVC	230	100



Figur 7. Exempel över temperaturpåverkan på huvudbyggnadens fasad vid scenario 1C. Maximal temperatur är 230 °C och illustreras i rött medan grönt intervall är mellan 60-90 °C.

I ovanstående Figur 7 redogörs för den temperatur som uppnås mot fönstertyorna inom det simulerade förloppet på 15 minuter. Vid analys av brandens påverkan uppnås "steady state" för temperaturen uppnås efter ca 5-6 minuter i simuleringen.

I nedanstående Figur 8 redogörs för olika temperaturpåverkan under tid i de mest kritiska scenarierna. Utifrån dessa kan man utläsa att den temperatur som fönster uppnår inom simuleringstiden uppgår till ca 120 °C för alla plan förutom plan 6 där temperaturen uppgår till ca 230 °C. Observera att temperaturer är tagna från olika scenarier och därav är brandplaceringen också olika.



Figur 8. Sammanställning av temperaturpåverkan mot fönster i utvalda våningsplan.

Den andra beräkningsgången som använts är att strålningsberäkningar är utförda baserat på handberäkningar, se förutsättningar och beräkningsgång för strålningsberäkningarna nedan.

4.1 Dimensionerande förutsättningar

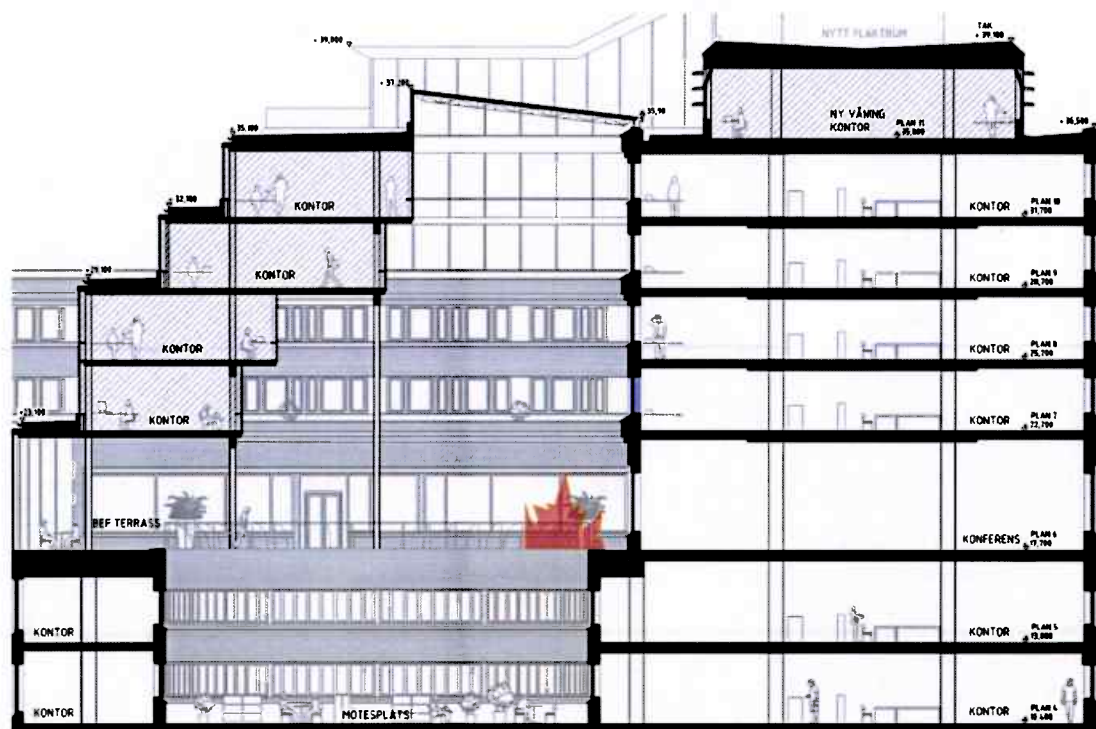
Följande antaganden har gjorts för de beräkningar som redovisas i denna analys:

- Atrier dimensioneras utifrån en brandbelastning om maximalt 800 MJ/m². I och med detta antas utfallande strålning från ljusgården enligt BBRAD 3 till 84 kW/m². Detta motsvarar ungefär en yttemperatur på 830 °C, vilket bedöms vara rimligt för flammen.
- Brandplacering förutsätts vara enligt brandplacering C i ovanstående avsnitt för att uppnå den mest konservativa strålningsinverkan på fönsterpartierna. Detta medför en brandplacering ca 1 m ut från fönsterpartier.
- För glaspartier i plan 5 förutsätts brandplacering vara enligt brandplacering A.

4.2 Scenarier

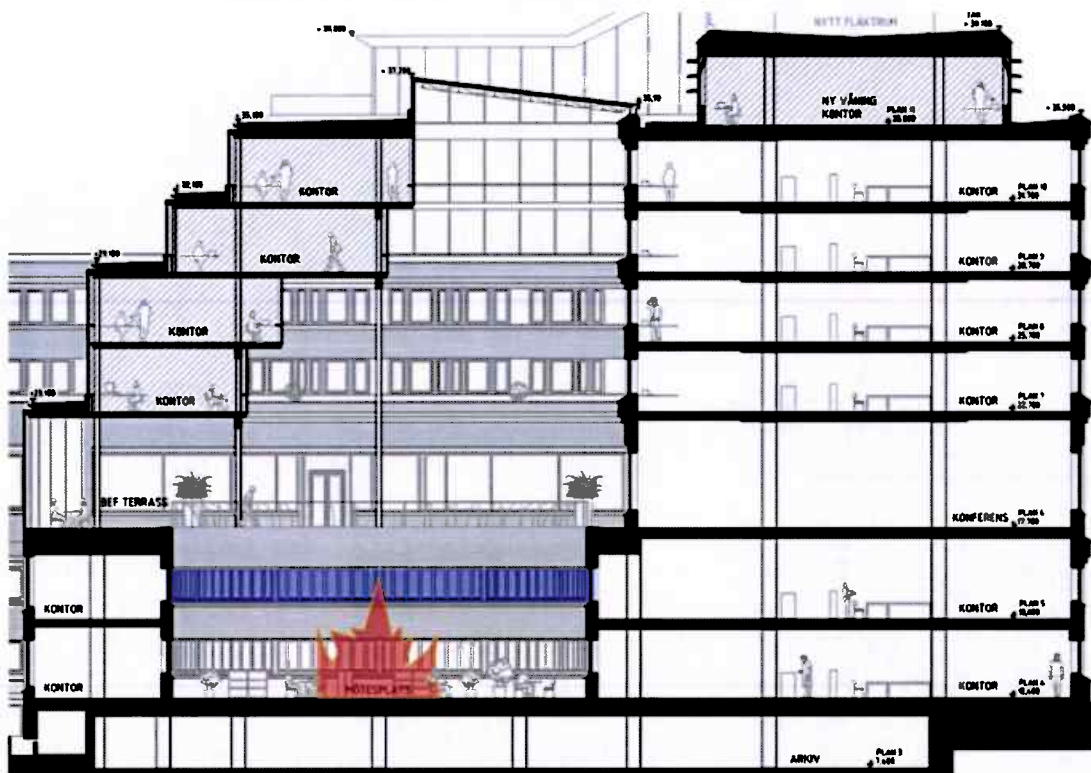
Beräkning av den infallande strålningen utförs i det fallet då brandcellsgräns utgörs av glaspartier som vid brand kan utsätta personer inom angränsande brandcell för kritisk strålningspåverkan. Detta föranleder att flera scenarier analyseras i denna bilaga enligt figurer nedan. Strålningspåverkan beräknas endast mot glaspartier.

Scenario 1: Strålningspåverkan mot fönsterparti i plan 7 från atrier.



Figur 9. Scenario 1 - Blåmarkerat fönster utgör det fönster som infallande strålning beräknas mot.

Scenario 2: Strålningspåverkan i plan 5 från atrier.



Figur 10. Scenario 2 - Blåmarkerade fönster utgör de fönster som infallande strålning beräknas mot.

De undersökta strålningsscenarierna och de ingående parametrarna - avstånd till utrymmande samt strålande area, presenteras nedan.

4.3 Beräkningsgång

Den infallande strålningen som når omgivningen beror av brandgasernas temperatur, synfaktorn och strålningskällans emissivitet (se ekvation 1) [7]. Emissiviteten anger strålningskällans förmåga att avge värmeenergi. Denna faktor är beroende av materialets temperatur och ytegenskaper. Som exempel har en spegelblank yta mycket lägre emissivitet än en mörk ojämn yta. I följande beräkning så används emissiviteten 0,7 då det kan förutsättas att bränslet är av sotande karaktär [7].

$$\dot{q}'' = \varepsilon * \sigma * T^4 * \phi_{tot}$$

Ekvation 1

Emissivitet, $\varepsilon = 0,7$

Stefan Boltzmanns konstant, $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-11} [kW/m^2K]$

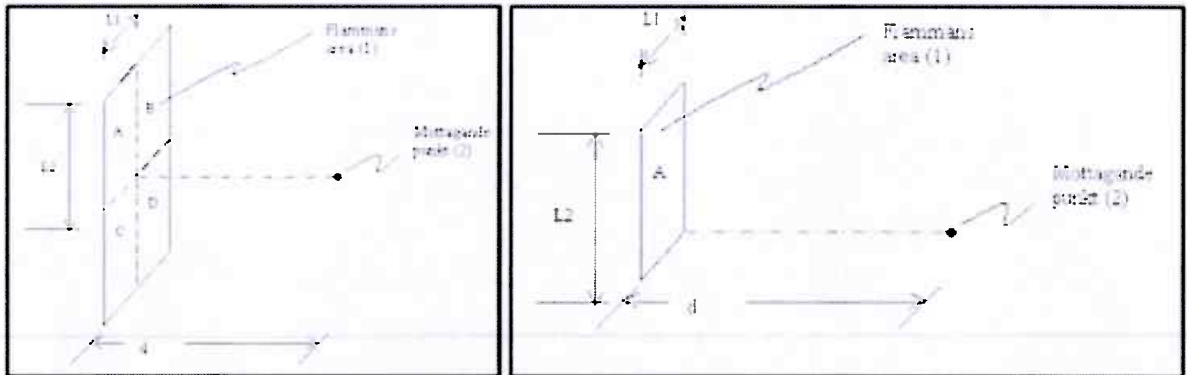
Flammans temperatur, $T = 830 \text{ }^\circ\text{C} (1103 \text{ K})$

Synfaktor, ϕ

Mottagna strålningsenergin, \dot{q}''

4.3.1 Synfaktor

Synfaktorn, ϕ anger hur stor andel av den emitterade strålningen som når den mottagande punkten eller ytan. Vid beräkningen av synfaktorn för en fritt brinnande flamma så antas det att branden är rektangulär, vilket är ett konservativt antagande.



Figur 11. Beräkning av synfaktor, ϕ .

Synfaktorn, ϕ mellan flammans och den mottagande punkten är en geometrisk konstruktion som beräknas enligt nedan (Drysdale, 2011):

$$\phi_{tot} = \phi_A + \phi_B + \phi_C + \phi_D \quad \text{Ekvation 2}$$

Där varje del av den totala synfaktorn ϕ_{tot} (ϕ_A , ϕ_B , ϕ_C och ϕ_D) beräknas enligt följande ekvation:

$$\phi_A = \frac{1}{2\pi} \left(\frac{X}{\sqrt{1+X^2}} \tan^{-1} \frac{Y}{\sqrt{1+X^2}} + \frac{Y}{\sqrt{1+Y^2}} \tan^{-1} \frac{X}{\sqrt{1+Y^2}} \right) \quad \text{Ekvation 3}$$

Där $X = \frac{L_1}{d}$ och $Y = \frac{L_2}{d}$ beräknas enligt Figur 11.

4.3.2 Den strålade ytans area och flamhöjd

Vid beräkning av den infallande strålningen utgås det, enligt ovan, från den strålade ytans area. I aktuellt fall representeras denna area av den antagna branden med en effektutveckling på 2 MW, denna effektutveckling bedöms vara rimligt med hänsyn till den begränsade ytan inom atrierna. Brandens area är framtagen från jämförelser av Chow och Yin mellan CFD-modeller och två plymekvationer, där båda plymekvationerna har visat sig stämma väl överens med experimentella data [9]. Flamhöjden uppskattas med ekvationer ur Enclosure fire dynamics [8] och empiriskt framtagna ekvationer av Heskestad.

Ingående parametrar vid bedömning av den infallande strålningsnivån för respektive scenario redovisas nedan. Observera att avstånd för scenario 2 är baserat på att brand startar intill vägg och avståndet är därmed antaget utifrån brandens koniska flamma.

Scenario	Strålade area (D x h)	Avstånd från golv till glasparti
1	1,7 x 3,2 m ²	5,8 m
2	3,1 x 6,1	0,75 m

4.4 Resultat

Enligt ovan beskriven beräkningsmetod har strålningsintensiteten beräknats för de mottagande ytorna samt en kontroll på den temperaturökning som sker mot fönsterpartier. I de fall strålningspåverkan överstiger de accepterade strålningsnivåer enligt BBRAD 3 har fortsatta beräkningar gjorts för att uppnå strålningsnivåer som kan accepteras. Den inledande beräkningen är utförd med oklassade glas vilket innebär att om godkända strålningsnivåer uppnås i kombination med en acceptabel temperaturökning samt maxtemperatur för dessa kan glas utföras oklassat. Enligt Figur 8 utsätts de oklassade glasen för en medeltemperatur upp mot ca 120 °C. Brandskyddslagets bedömning är att glasen kan utföras oklassade. Detta baseras på diverse utförda brandtester där floatglas (planglas) klarat betydligt högre temperaturer än i det aktuella fallet. Bedömningen baseras också på den långsamma temperaturökningen för glasen (betydligt mindre än standarbrandkurvan), samt den låga maxtemperaturen som glasen utsätts för. I de fall nivåer överskred accepterade kriterier har fortsatta beräkningar gjorts. Denna infallande strålning redovisas nedan i Tabell 5:

Infallande strålning har ej beräknats för glaspartier i plan 2 eftersom flamma beräknats överstiga glaspartiernas placering.

Tabell 5. Resultat strålningsberäkning.

Scenario	Infallande strålning [kW/m ²]
1	3,1
2	66,4

Då beräkning för scenario 2 överstiger det angivna acceptanskriteriet på 10 kW/m² så behöver dessa utföras i brandteknisk klass EW 60 som medför en reducering av den infallande strålningen med 95 %. Detta ger en slutlig infallande strålning på 3,32 kW/m².

5. Slutsats

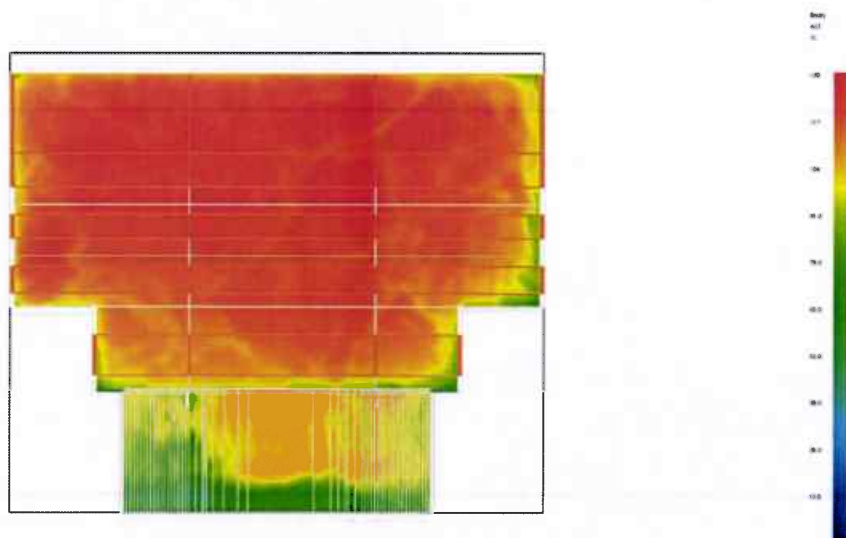
Med grund i ovanstående är det Brandskyddslagets bedömning att brand- och utrymningssäkerheten för ljusgården inom Klamparen 10 är tillfredsställande med aktuell utformning angivna i rapporten. Utförda strålningsberäkningar visar på följande slutsatser/åtgärder med hänsyn till temperaturpåverkan samt strålningspåverkan från de konservativt teoretiska bränder som antagits inom Klamparen 10:

- Plan 4 och 6 ska utföras med glas som uppfyller brandteknisk klass EI 60 förutsatt att dessa utgör hyresgästgräns.
- Plan 5 ska utföras med glas som uppfyller brandteknisk klass EW 60 förutsatt att detta utgör hyresgästgräns.
- Plan 10 ska utföras med glas som uppfyller brandteknisk klass E 60.
- Övriga partier (dvs. i plan 7, 8 och 9) kan utföras oklassade.
- Brandgasventilation ska inom respektive atrier utgöras av minst 5 m² till- och frånluft för att säkerställa utrymningssäkerheten. Tilluft kan till viss del tillgodoräknas i huvudentréerna men övrig area ska utgöras av lågt placerade öppningsbara luckor/fönster direkt mot det fria inom ljusgården.

Vid förändringar som påverkar denna analys kan kompletterande beräkningar dock behövas för att fortsatt säkerställa detta.

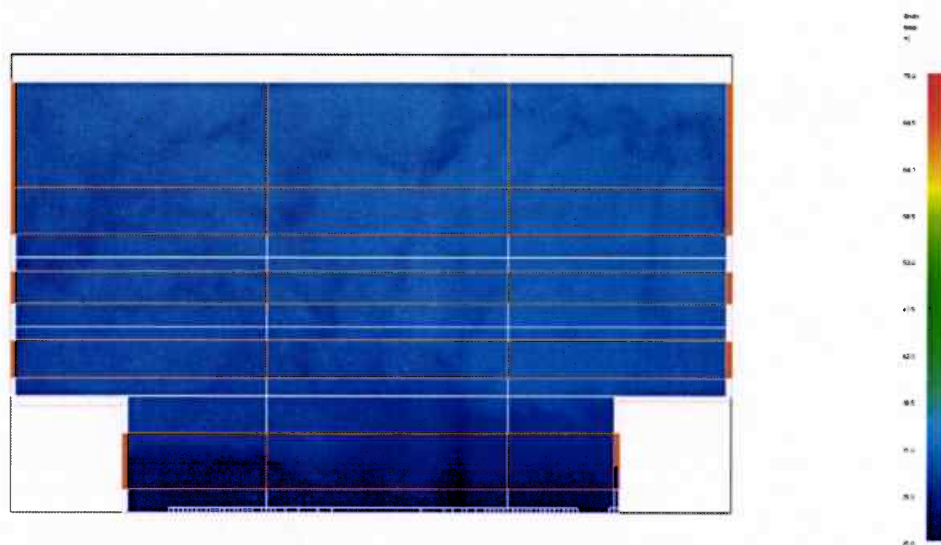
Bilaga - Brandgasfyllnadsberäkningar illustrationer

Nedan visas en ögonblicksbild för temperaturpåverkan för några av de olika scenarierna mot huvudbyggnaden. Röd färg i figurer nedan indikerar en högre temperatur, skalan för de olika bilder skiljer sig dock beroende på scenariots maxtemperatur. Blå färg innebär alltid en temperatur på 0 °C.

Scenario 1A

Figur 12. Illustration över temperaturpåverkan mot huvudbyggnadens fasad i scenario 1A.

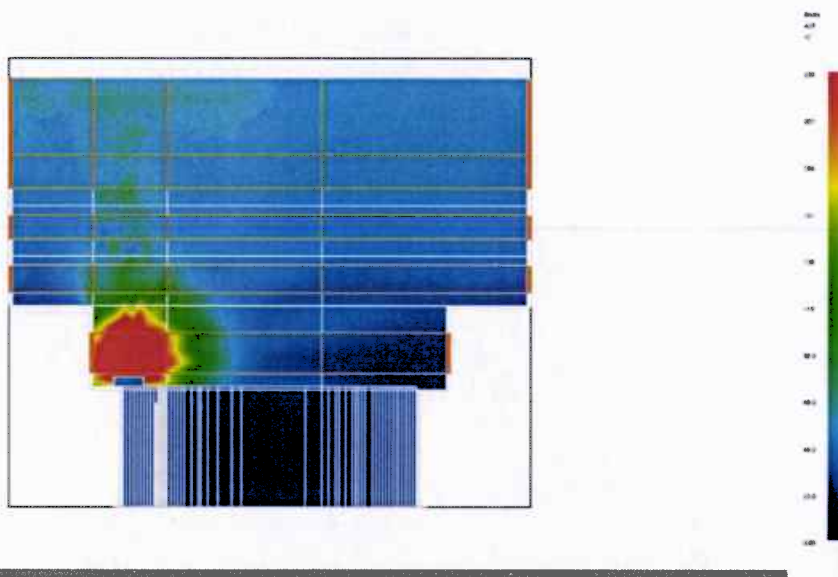
Grön temperaturspann ligger inom intervallet 45 – 85 °C för scenario 1A.

Scenario 1B

Figur 13. Illustration över temperaturpåverkan mot huvudbyggnadens fasad i scenario 1B.

Grön temperaturspann ligger inom intervallet 40 – 55 °C för scenario 1B.

Scenario 1C



Figur 14. Illustration över temperaturpåverkan mot huvudbyggnadens fasad i scenario 1C.

Grön temperaturspann ligger inom intervallet 70 – 150 °C för scenario 1C.

Referenser

- [1] *BSB Klamparen 10*, Brandskyddslaget, 2018-09-06.
- [2] *Boverkets Byggregler, BBR 26* (BFS 2011:6 med ändringar t.o.m. 2018:4), Boverket 2018.
- [3] *Boverkets allmänna råd om analytisk dimensionering av byggnaders brandskydd, BBRAD 3* (BFS 2011:27 med ändringar t.o.m. 2013:12), Boverket 2011
- [4] *Pedestrian planning and design*, John, J. Fruin, Metropolitan Association of Urban Designers and Environmental Planners, 1971.
- [5] *CFD-beräkningar med FDS*, Föreningen för Brandteknisk Ingenjörsvetenskap (BIV), 2013.
- [6] FDS_SMV Developer Blog] Hydrodynamics and Turbulence, "Discussion Group Site for FDS and Smokeview," 05 11 2012. [Online]. Available: <https://groups.google.com/forum/#!topic/fds-smv/1RnSGM4rPul>. [hämtad 2018-05-20].
- [7] Drysdale, D. (2011). *An Introduction to Fire Dynamics*. Edinburgh: John Wiley Sons.
- [8] Karlsson, B & Quintere, J (1999). *Enclosure Fire Dynamics*. Boca Raton: CRC Press.
- [9] Chow, W.K., & Yin, R. (2002). *Discussion on two plume formulae with Computational Fluid Dynamics*. Journal of Fire Science, 20, 179-201.
- [10] Remiss "Konsekvensutredning av nya brandskyddsregler – Bilaga E. Boverket, Karlskrona. 2010-06-09
- [11] Grubits S.J., *Building Separation and Fire Source Features, Technical Record 517*, National Building Technology Centre Department of Housing and Construction, Australia, 1985.