



Veiligheidsregio Hollandsmidden
Postbus 1123,
2302 BC Leiden
t.a.v. [REDACTED]

Breda: 04-12-2024

Projectnaam: Kerkstraat Bodegraven
Uw referentie:
Onze referentie: PR24060 / BR24X231

Geachte [REDACTED]

Op verzoek van Pastoriestaete B.V. zijn wij op dit moment bezig met de voorbereiding voor het uitvoeren van een computersimulatieberekening (CFD) voor de galerij van bovengenoemd project.

In het hiernavolgende aangepaste rapport is een samenvatting weergegeven van de door ons gehanteerde instellingen ten aanzien van het ontwerp van het complex, het CFD-model en de toetsingscriteria.

Hierbij het verzoek deze rapportage te beoordelen zodat wij kunnen starten met het CFD-onderzoek voor dit project.

Wij vertrouwen u hiermee van dienst te zijn geweest. Indien er nog vragen zijn vernemen wij dit graag van u.



[REDACTED]
@exiss.eu
Exiss B.V.



Uitgangspuntendocument CFD – simulatie warmte- en rookverspreiding

Projectnaam: Kerkstraat Bodegraven
Kerkstraat 57 t/m 71

Opdrachtgever: Pastoriestaete B.V.
Lemsteraak 2
2411 NC Bodegraven
T.a.v. [REDACTED]

Document opgemaakt op: 04-12-2024

Document opgemaakt door: [REDACTED]

Referentienummer: PR24060 / BR24X231

Aantal pagina's: 6 + bijlage(n)

Projectnaam: Kerkstraat Bodegraven
Onze referentie: PR24060 / BR24X231
Datum: 04-12-2024



Inhoudsopgave

1.	Uitgangspunten	2.
1.1	Doel van het onderzoek	
1.2	Uitgangspunten simulatie berekening	
1.3	Beoordelingscriteria	
2.	Gebouw uitvoering en principe werking ventilatie	3.
2.1	Bouwkundige uitvoering gebouw	
3.	Toelichting CFD-berekening	3.
3.1	Inleiding	
3.2	Achtergrond CFD model	
3.3	Rookproductie / Zichtlengte	
3.4	Te onderzoeken brandscenario's	
3.5	Stralingsflux ten gevolge van de warme rooklaag	
3.6	Relevante parameters en uitgangspunten CFD-onderzoek	

Bijlage I: Opgave uitwerking CFD-rapport
Bijlage II: Tekeningen Kerkstraat

1. Uitgangspunten

1.1 Doel van het onderzoek

Het doel van het onderzoek is het inzichtelijk maken van het verschil tussen de situatie bij brand in de beoogde uitvoering met binnentuin, welke deels is omsloten door de appartementen in vergelijking met dezelfde opbouw van deel van het complex, waarbij dit deel van het complex wel voldoet aan de voorwaarden voor het creëren van een niet besloten ruimte (zie bijlage II).

De galerij van het complex voldoet in basis aan de criteria voor een niet besloten ruimte, en zou op deze wijze kunnen worden uitgevoerd zonder dat in de gevel grenzend aan de galerij extra (brandwerende) voorzieningen moeten worden getroffen.

Het onderzoek moet aantonen dat de condities vergelijkbaar, of beter zijn, in de situatie zoals het complex nu ontworpen is.

1.2 Uitgangspunten simulatie berekening

- In het CFD-onderzoek wordt het gehele complex zoals ontworpen opgenomen, met als referentie onderzoek een model met alleen een vleugel van het complex;
- De uitgangspunten met betrekking tot materialisatie in relatie tot rookproductie en brandklasse worden overgenomen van de aangeleverde tekeningen;
- De basis voor het brandvermogen wordt gebaseerd op de NEN6093:2022; De ontwerpnorm natuurlijke rookwarmteafvoer systemen;
- Het onderzoek wordt uitgevoerd in twee scenario's: Één uitgaande van een nagenoeg windstille situatie, en een tweede scenario uitgaande van een windsnelheid van 5 m/s op een hoogte van 10 meter, gebaseerd op de berekening voor natuurlijke ventilatie uit de NEN1087;
- Waar brand- en of rookwerendheid is gedefinieerd in het model wordt uitgegaan van een rookwerendheid bij ambient condities (Ra) en de waarde van brandwerendheid zoals aangegeven op tekening;
- De woningen zijn bedoeld voor reguliere koop of huur, niet als zorgwoning; de gebruikers worden geacht zelfredzaam te zijn;
- Met het onderzoek moet worden aangetoond dat op de galerij waar de brandende woning aan grenst het klimaat en de condities in de beoogde bouwkundige situatie vergelijkbaar zijn of beter is dan de situatie wanneer dezelfde galerij zou voldoen aan de basisregels voor een niet besloten ruimte;
- De zichtlengte wordt weergegeven als zichtlengte naar lichtgevende objecten.

1.3 Beoordelingscriteria

De beoordeling geschiedt door voor beide bouwkundige situaties een vergelijking te maken tussen de optredende condities op de galerij, hierbij wordt de temperatuur, de zichtlengte en de straling bepaald middels het CFD-onderzoek.

De temperatuur en de zichtlengte volgen direct uit het CFD-onderzoek, de straling wordt bepaald met behulp van de formules van Stefan – Boltzmann, hierbij wordt de straling berekend op basis van de dikte en de temperatuur van de optredende rooklaag.

Projectnaam: Kerkstraat Bodegraven
Onze referentie: PR24060 / BR24X231
Datum: 04-12-2024



2. Gebouw uitvoering

2.1 *Bouwkundige uitvoering gebouw*

Het complex bestaat een U-vormig woonblok van vier bouwlagen die tegenover elkaar worden gebouwd (zie bijlage II).

Vanaf de begane grond tot en met de derde verdieping zijn appartementen voorzien. Het souterrain is een stallingsgarage, deze heeft geen open verbinding met het complex erboven. Het complex wordt in een U vorm gebouwd en tussen de vleugels is een binnentuin/atrium voorzien, hierop sluiten de galerijen aan en is het centrale trappenhuis voorzien. De oostzijde van het complex is grotendeels open uitgevoerd.

In totaal zijn 35 appartementen voorzien, het hoogste verblijfsgebied ligt op 9 meter boven het meetniveau.

3. Toelichting CFD berekening

3.1 *Inleiding*

Om een voorspelling te doen naar de situatie op de galerij in geval van brand, wordt met behulp van "Computational Fluid Dynamics" (CFD) het effect van de natuurlijke trek tijdens een brand gesimuleerd. Voor het uitvoeren van deze simulatie wordt een 3-dimensionaal model van het complex opgezet. In dit model worden vervolgens de technische installaties en de regelstrategieën met behulp van wiskundige formules verwerkt.

3.2 *Achtergrond CFD-model*

De berekeningen worden uitgevoerd met gebruik van het CFD (Computational Fluid Dynamics) pakket van Phoenics. Deze software is gebaseerd op het zogenaamde eindige volume methode. Bij deze methode wordt de geometrie waarin de te simuleren stroming plaatsvindt, verdeeld in een eindig aantal volumecellen waarbinnen de van belang zijnde stromingsgrootheden constant worden verondersteld.

De stroming-grootheden zijn de statische druk, snelheidscomponenten, de luchttemperatuur en de grootheden welke behoren bij het turbulentiemodel. In deze berekeningen is gebruik gemaakt van het zogenaamde $k\epsilon$ - turbulentiemodel. De relaties tussen de stromingseenheden in elke volumecel en de aangrenzende volumecellen zijn vastgelegd met elementaire thermische en mechanische differentiaalvergelijkingen (de zogenaamde Navier-Stokes vergelijkingen).

De brand is gesimuleerd door binnen een vereenvoudigde geometrie een warmte- en rookbron in de brandruimte aan te brengen. De warmteoverdracht vindt plaats middels convectie. Bij de berekeningen is voor het bepalen van de zichtlengte de rookconcentratie per cel berekend. Hieruit is in het model de zichtlengte afgeleid.

In het model is opgenomen:

- Betonconstructie gebouw;
- De wrijvingsweerstand van de vloerconstructies en wandconstructies.

De positie van het appartement dat in brand staat is dusdanig gekozen dat een grote verspreiding van rook en warmte wordt aangenomen. Deze locatie is maatgevend voor de gehele galerij. De uitkomsten van deze berekeningen worden grafisch weergegeven.

3.3 Rookproductie / Zichtlengte

Meestal is het menselijke zicht, door de bij een brand geproduceerde rook, de beperkende factor bij het vluchten. De toxische eigenschappen van rook hebben meestal pas invloed indien personen niet kunnen voorkomen langdurig aanwezig te zijn in de rook of niet kunnen voorkomen in rook met hoge dichtheid of temperatuur terecht te komen (meestal omdat de getroffen personen door ontbrekend zicht de weg kwijtraken).

Vanwege de voorgaande redenen wordt rookproductie over het algemeen gerelateerd aan de vermindering van menselijk zicht die door de aanwezigheid van rook wordt veroorzaakt. Echter de menselijke zichtlengte is afhankelijk van vele objectieve en subjectieve factoren, zoals:

- Contrast tussen bekeken voorwerp en zijn achtergrond
- De mate van verlichting van het voorwerp, of indien het voorwerp zelf licht geeft, de helderheid
- De kleur van de rook (wegens de verhouding tussen absorptie en verstrooiing)
- Overige lichtbronnen waarvan het licht door de rook verstrooid wordt
- Fysiologische effecten van de rook (zoals oogirritatie en bewustzijnsvermindering)
- Waarnemingsvermogen van de persoon.

De rookdichtheid kan worden bepaald via de verzwakking van een lichtbundel die zich door de rook voortplant.

De zichtlengte wordt berekend met de volgende vergelijking: $ZL = C/RD$

ZL = De zichtlengte voor lichtgevende voorwerpen in m;

C = De contrastfactor (3)

RD = De rookdichtheid in de garage in bel/m.

Bovengenoemde vergelijking komt voor uit in 1960 tot 1980 uitgevoerde studies met proefpersonen, alhoewel deze studies oud zijn wordt deze vergelijking nog steeds gehanteerd voor de bepaling van zichtlengte.

3.4 Te onderzoeken brandscenario's

3.4.1 Bepaling brandlocatie en brandvermogen

Voor dit blok is een woning op de begane grond geselecteerd (zie bijlage II)

De woning heeft een oppervlak van 88 m². op basis van de NEN6093 wordt uitgegaan van een brandoppervlak van 50% met een vermogen van 250 kW/m².

Het totale vermogen bij een brand in deze woning is zodoende bepaald op 44 x 250 is 11.000 kW.

De NEN6093:2022 is de ontwerpnorm voor de bepaling van rookwarmteafvoerinstallaties, deze norm wordt in Nederland als basis aangehouden voor deze berekeningen. Hierbij wordt als basis voor het brandvermogen 50% van het totale oppervlak aangehouden, waarbij alle niet brandwerende openingen in het compartiment volledig bezweken zijn. Het brandvermogen en uitbreidingsnelheid in de NEN6093 is gebaseerd op de NEN-EN1991-1-2. Dit wordt gezien als worstcasescenario.

Projectnaam: Kerkstraat Bodegraven
Onze referentie: PR24060 / BR24X231
Datum: 04-12-2024



In het model wordt een brandobject gemodelleerd welke stapsgewijs toeneemt in afmeting en afgegeven vermogen op basis van een matig groeiend brand (tijdsconstante 300s). Op het moment dat de brand aanvangt wordt verondersteld dat de voordeur van de woning open staat en alle openingen tussen de woning en de buitenlucht gesloten zijn. Na 6 minuten wordt verondersteld dat alle openingen naar de buitenlucht, die niet brandwerend zijn uitgevoerd, volledig open zijn (ramen en deuren tussen woning en buitenlucht).

3.4.2 Brandsimulaties

Het onderzoek is een vergelijk tussen de beoogde bouwkundige situatie en een scenario waarbij de galerij van de betreffende woning zou voldoen aan de criteria voor een niet besloten ruimte, hierbij wordt een deel van het complex niet meegenomen in het CFD-model.

Per scenario worden twee onderzoeken uitgevoerd, een onderzoek uitgaande van windstil weer en een onderzoek uitgaande van een windsnelheid van 5 m/s op een hoogte van 10 meter zoals benoemd in de NEN1087 voor de bepaling van de ventilatie van een niet besloten ruimte.

3.5 Stralingsflux ten gevolge van de warme rooklaag

3.5.1 Inleiding stralingsberekening

Het CFD-model heeft de mogelijkheid om de stralingsflux te bepalen op vooraf gedefinieerde objecten, echter straling simuleren in een situatie waar weinig luchtsnelheid aanwezig is en ook nog in een groot volume is voor een turbulentiemodel complex en maakt de simulatie onstabiel en het kost veel extra rekentijd. Zodoende is ervoor gekozen om de warmteflux te berekenen met de methodiek van Stefan – Boltzmann, dit heeft ook als voordeel dat dit goed te valideren is.

De formule van Stefan - Boltzmann wordt veelal gebruikt om o.a. de straling ten gevolge van de zon te berekenen en hiermee advies te geven met betrekking tot blootstelling aan de zon. Tevens wordt deze formule toegepast bij het ontwerpen van RWA-systemen in atria waarbij (dicht) onder de rooklaag door moet worden gevlucht.

3.5.2 Berekening van de straling uit de rooklaag

In tabellen wordt een opsomming gegeven van de hoeveelheid straling vanuit de rooklaag. Per brandsimulatie wordt bepaald wat de optredende rooklaagdikte en rooklaagtemperatuur is.

De bijbehorende stralingsberekening is: $Q = \epsilon * \sigma * T^4$

Waarbij: ϵ = emissiecoëfficiënt
 σ = constante van Stefan - Boltzmann $5,67 \times 10^{-8}$
 T = Temperatuur (K)

De emissiecoëfficiënt is afhankelijk van de rooklaagdikte volgens de formule:
 $\epsilon = 1 - e^{-0,5 * d}$, waarbij de factor 0,5 straling uit een rooklaag representeert.

Projectnaam: Kerkstraat Bodegraven
 Onze referentie: PR24060 / BR24X231
 Datum: 04-12-2024



3.6 Relevante parameters en uitgangspunten CFD-onderzoek

Parameter:	Instelling:
Tijdstappen:	1 seconden per tijdstap (totaal 1800 sec)
Aantal iteraties	Tussen de 50 en de 250 per tijdstap
Convergentie	Maximaal 0,25% (Global Convergence Criterion)
Gridverdeling	Cartesian, lineair grid cellen variërend van 0,2 x 0,2 x 0,2 in het gebied rondom de brand en op de galerijen tot ca. 1 x 1 x 1 (lxbxh) buiten de galerij en boven het gebouw.
Samenstelling lucht	Lucht, gemodelleerd als ideaal gas.
Rook	Gemodelleerd als scalaire variabele
Straling	Geen straling gemodelleerd, warmteafgifte aangenomen als 70% van het totale vermogen als compensatie voor het stralingsverlies Het effect en gevolg van straling wordt berekend zoals in paragraaf 3.5 is aangegeven.
Wanden/vloeren/balken	Opgelegde ruwheid van beton incl. kleine obstakels zoals armaturen e.d. opgenomen.
Warmtegeleiding beton	1,8 W/m ² /K
Conditie bij start simulatie	0 Pa druk en omgevingstemperatuur van T = 20 °C
Conditie rond natuurlijke toevoer	Aangenomen omgevingstemperatuur van T = 20 °C
Rookpotentieel	330 m ² /kg
Optische dichtheid	Zie paragraaf 3.3
Mechanische toe-en afvoer	n.v.t.
Brandmodel	Dynamisch volume, energie op basis van berekening NEN6093 rookmassastroom gekoppeld aan warmteproductie.
Brandvermogen	In overleg met bevoegd gezag nader te bepalen, afhankelijk van de gekozen woning in het onderzoek.
Turbulentiemodel	k _ε Model (k Epsilon)

Het onderzoek wordt uitgevoerd bij een omgevingstemperatuur van 20 °C, een hogere of lagere omgevingstemperatuur heeft maar zeer beperkte invloed op de optredende temperatuur. Bij eerdere referentie onderzoeken die zijn uitgevoerd blijkt dat bij een toename van de buitentemperatuur van bijvoorbeeld 10 °C de mengluchttemperatuur ook ca. 10 °C toeneemt.

Projectnaam: Kerkstraat Bodegraven
Onze referentie: PR24060 / BR24X231
Datum: 04-12-2024



Bijlage I: Opgave uitwerking CFD-rapport

Na de uitvoering van de overeengekomen onderzoeken wordt een volledig CFD-rapport uitgewerkt waarin het onderzoek wordt toegelicht incl. conclusie op basis van de resultaten.

Er wordt een numeriek overzicht gemaakt van de berekende temperaturen op de maatgevende hoogtes (welke ook gebruikt worden als basis van de stralingsberekeningen).

Daarnaast worden de volgende beelden grafisch gepresenteerd:

Tijdstap 2,5-5-7,5-10-12,5-15-17,5-20-25 en 30 minuten:

Afb. Zichtlengte in m; doorsnede op een hoogte van 1,8 meter

Afb. Temperatuur op een hoogte van 1,8 meter

Afb. Zichtlengte in m; doorsnede over de galerij

Afb. Temperatuur doorsnede over de galerij

Van bovengenoemde grootheden worden ook filmpjes, in tijdstappen van 30 seconden, gegenereerd uit het CFD-model en als bijlage van het rapport toegevoegd.

Projectnaam: Kerkstraat Bodegraven
Onze referentie: PR24060 / BR24X231
Datum: 04-12-2024

Bijlage II: Tekeningen Kerkstraat

Afbeelding 1: DO tekening begane grond, omgevingsvergunning



Projectnaam: Kerkstraat Bodegraven
Onze referentie: PR24060 / BR24X231
Datum: 04-12-2024

Afbeelding 2: DO tekening begane grond, referentie onderzoek

