

Brandweer	Veiligheidsregio Zaanstreek-Waterland	
	Datum: 04-07-2024	
	Akkoord: EB	
	Voorwaarden: Zie adviesbrief	
Zie opmerkingen in het rood		

O2023026135

CFD-simulaties brandveiligheid

Bibby Renaissance

P42523746e100

30 november 2023

revisie 0

Project	Bibby Renaissance
Locatie	N.v.t.
Onderwerp	CFD-simulaties brandveiligheid
Document	P42523746e100
Revisie	0
Datum	30 november 2023
Status	Definitief
Opdrachtgever	COA
Adviseur	Smits van Burgst Beveiliging
	Wilhelminakanaal Zuid 110 4903 RA Oosterhout
CFD expert	SIMSTUDIO International Consultants BV
	Baron de Coubertinlaan 6 2719 EL Zoetermeer info@simstudio-ic.com www.simstudio-ic.com

1	INLEIDING	3
1.1	Introductie	3
1.2	Onderzoeksdoel	3
2	MODEL	4
2.1	Slaapvertrek	4
2.2	Wandopbouw	6
2.3	Ventilatie	6
2.4	Scenario	7
2.5	Brandverloop	7
2.6	Beoordelingscriteria	8
3	CFD-MODELLERING	8
4	RESULTATEN	9
4.1	Brandverloop	9
4.2	Wand temperatuur naastgelegen vertrek	9
4.3	Temperatuur in het bovengelegen plenum	10
4.4	Temperatuur afzuig	12
5	CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	13

1 Inleiding

1.1 Introductie

Ten behoeve van noodopvang van asielzoekers heeft het COA (Centraal Orgaan opvang asielzoekers) de Bibby Renaissance voor bepaalde tijd overgehaald naar Nederland. De Bibby Renaissance is een zogenaamd Slaapschip. Het schip beschikt over 332 kamers, een restaurant, keuken, 2 sportzalen, bar/lounge en was faciliteiten.

Het schip is ontworpen en gebouwd conform de Solas. Daarmee voldoet het object niet of niet volledig aan de eisen gesteld aan een bouwwerk conform het bouwbesluit. Om inzicht te krijgen in de brandveiligheid ten aanzien van personen is een CFD onderzoek uitgevoerd.

1.2 Onderzoeksdoel

Het CFD onderzoek heeft tot doel om inzichtelijk te maken hoe een brand in een slaapvertrek effect kan hebben op het naastgelegen vertrek en op het plenum boven het slaapvertrek.

De vertrekken zijn uitgevoerd met een zelfsluitende deur. De ventilatie van de ruimte handmatig uitgeschakeld wanneer de sprinkler/deluge systeem wordt ingeschakeld. Het is vastgesteld dat dit tot 8 minuten na ontstaan brand kan duren. Per slaapvertrek is er een mechanisch gebalanceerd ventilatiesysteem. Wat inhoud dat er in het vertrek wordt toegevoerd en in de bijbehorende natte ruimte wordt afgezogen. Het debiet van de toevoer en de afvoer is daarbij in balans.

2 Model

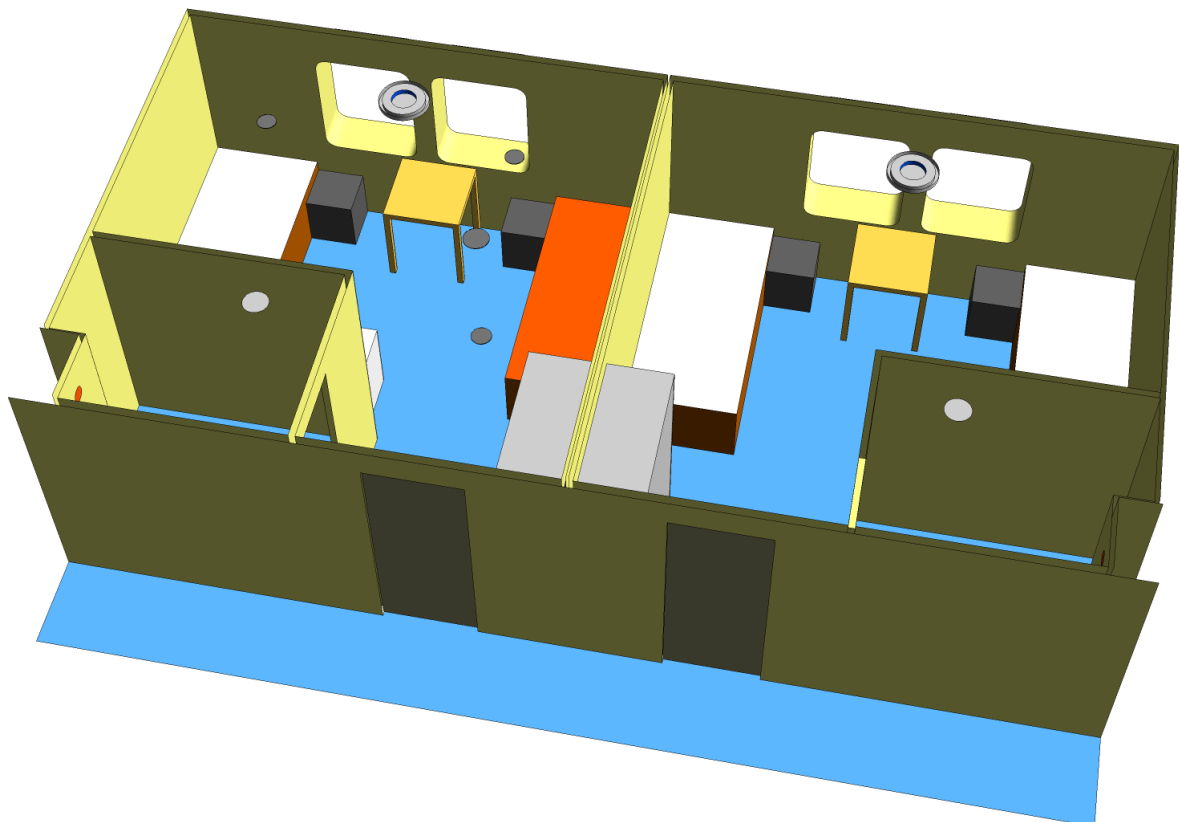
2.1 Slaapvertrek

Op basis van de verstrekte gegevens is een 3D CFD simulatiemodel gemaakt van twee slaapvertrekken, de voorgelegen gang en het bovengelegen plenum.

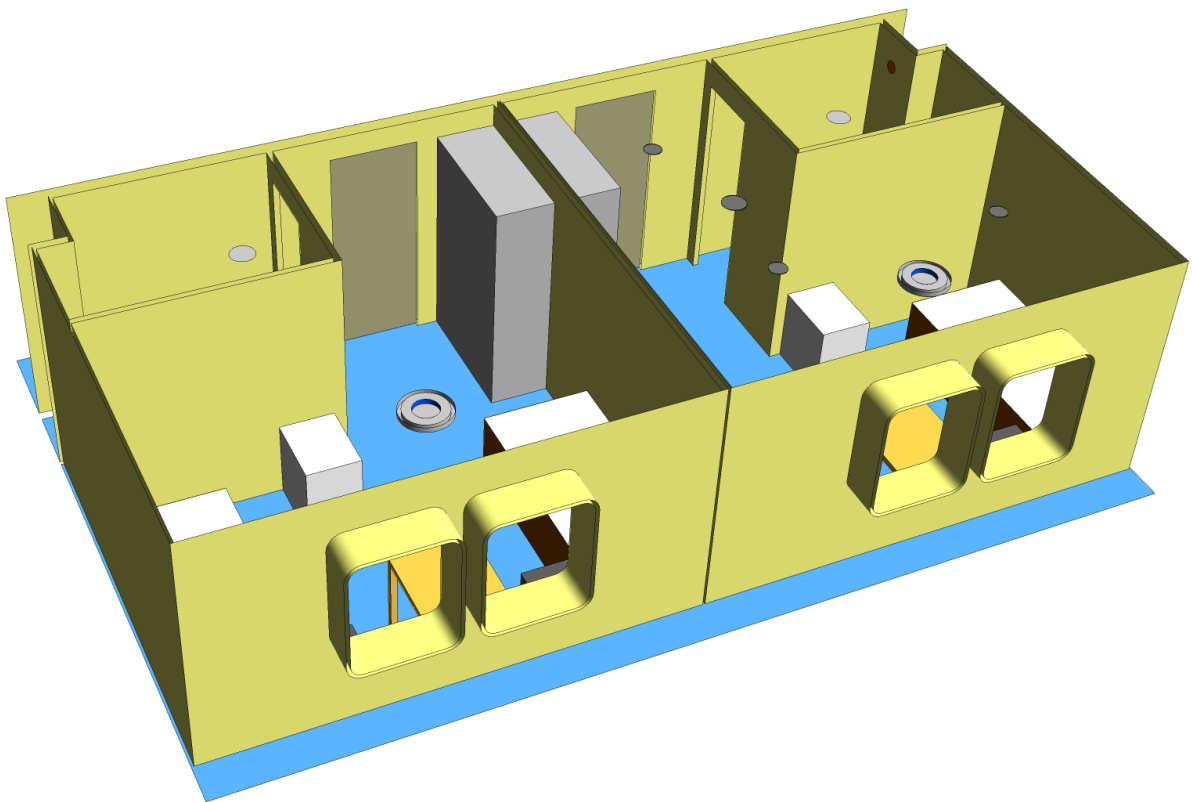
Onder de deur van het vertrek is een spleet met een hoogte van 1cm voorzien voor de druk effening in de ruimte. Dit omdat er een gebalanceerd mechanisch ventilatie systeem is en het lucht/rookmengsel ten gevolge van de brand afneemt in dichtheid en daarmee toeneemt in volume.

Figuur 1 en Figuur 2 tonen het voor de simulatie gebruikte 3D CFD model. Beide ruimte geven ruimte voor twee personen. Het betreft een beperkte inrichting bestaande uit, twee bedden, één kledingkast, tafeltje, twee nachtkastjes en een koelkast. Alle gebruikte materialen zijn vooral onbrandbaar (metaal) en anders brandvertragend uitgevoerd (bijvoorbeeld gordijn en matrassen).

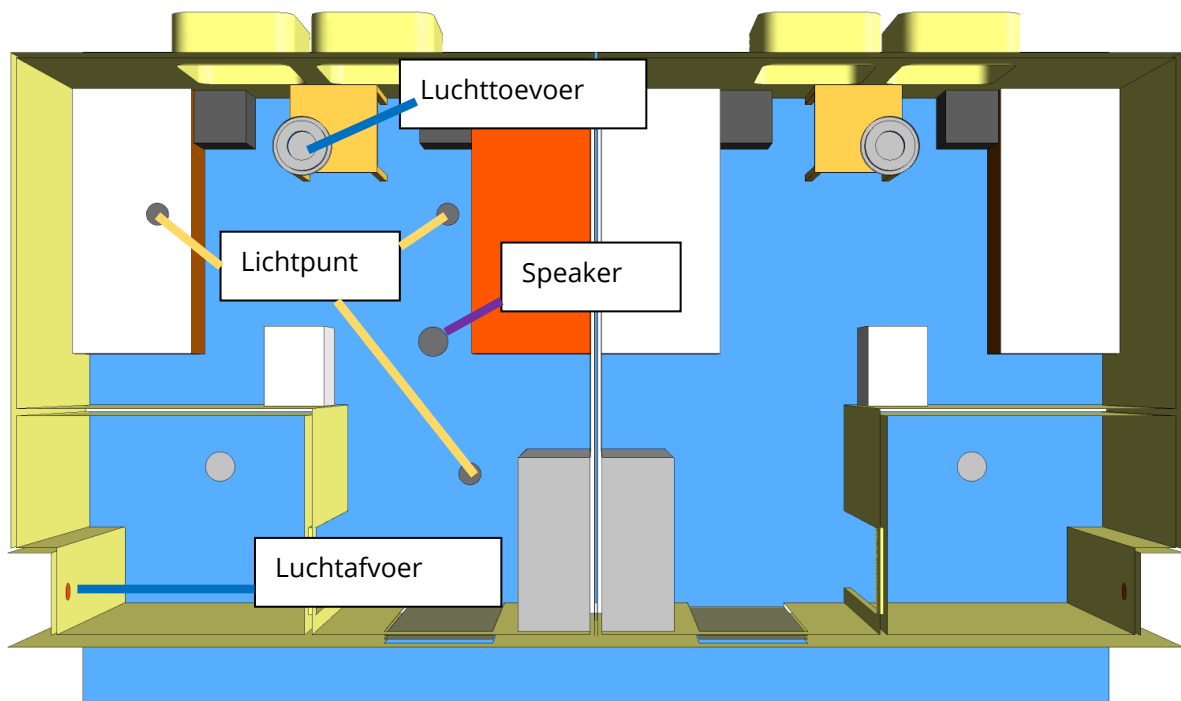
In het plafond zijn drie luchtpunten, een speaker en toevoer ventilatie rooster voorzien. In de natte cel is op een hoogte van 1,8m een afzuigrooster voorzien. De locatie van deze elementen zijn aangegeven in Figuur 3.



Figuur 1: 3D CFD simulatie model twee slaapvertrekken, view 1.



Figuur 2: 3D CFD simulatie model twee slaapvertrekken, view 2.



Figuur 3: Bovenaanzicht 3D CFD model met aanwijzing verschillende componenten.

2.2 Wandopbouw

De slaapcabines zijn in het schip opgebouwd als afzonderlijke modules. Voor de bouw is gebruik gemaakt van panelen opgebouwd uit steenwal tussen twee aluminium platen. De wanden en plafonds van de cabines voldoen aan Solas B0, wat inhoudt dat de wanden vlam en rookdicht zijn. De wanden tussen de vertrekken en de hal en de plafonds boven de hal zijn uitgevoerd conform klasse B15, wat inhoudt dat deze ook ten minste 15min brandweerstand bieden.

Het dient opgemerkt te worden dat in de praktijk gebleken is dat de wanden tussen de vertrekken en naar de hal dezelfde opbouw hebben. Beiden zijn deze gevuld met steenwol wat een grote weerstand biedt tegen warmtedoorslag.

De panelen zijn 30mm dik. Tussen de panelen van het vertrek en de panelen van het naastgelegen vertrek of hal zit 20mm luchtspouw.

Gezien aluminium weinig effect heeft op de thermische eigenschappen van de panelen zijn voor de wanden en het plafond de thermische eigenschappen van steenwol gegeven:

Dichtheid = 160 kg/m^3

Soortelijke warmte = 1030 J/kg K

Geleidingscoëfficiënt = 0.039 W/m K

Absorptiecoëfficiënt = 0.95

De lichtpunten en de speaker worden verondersteld aan de bovenzijde afgedekt te zijn met een aluminium plaat van 1 mm dik. In de simulatie is ervan uitgegaan dat de lucht/ruommengsel tot de aluminium plaat kan stromen. In andere woorden, alsof de verlichtingspunten en de speaker niet aanwezig zijn.

Het plafond van de hal is opgebouwd uit een paneel met daarop een 30mm dikke deken van steenwol welke voor 20cm overlapt met het plafond van de slaapvertrekken.

2.3 Ventilatie

De slaapvertrekken zijn voorzien van een gebalanceerd mechanisch ventilatie systeem. Dit houdt in dat er zowel mechanisch lucht wordt toegevoerd en lucht wordt afgezogen. De luchttoevoer bevindt zich in het slaapvertrek en de afvoer in de natte cel. Het volume debiet van de toevoer en de afzuig zijn gelijk, gebalanceerd.

Omwille van vereffening van druk is er een 1cm hoge spleet onder de deur voorzien. Dit om disbalans op te kunnen vangen. Tevens in de simulatie om de druk die ontstaat door de toename van volume (afname dichtheid) ten gevolge van de veronderstelde brand.

Het debiet van de ventilatie is $280 \text{ m}^3/\text{uur}$. De ventilatie dient handmatig uitgeschakeld te worden.

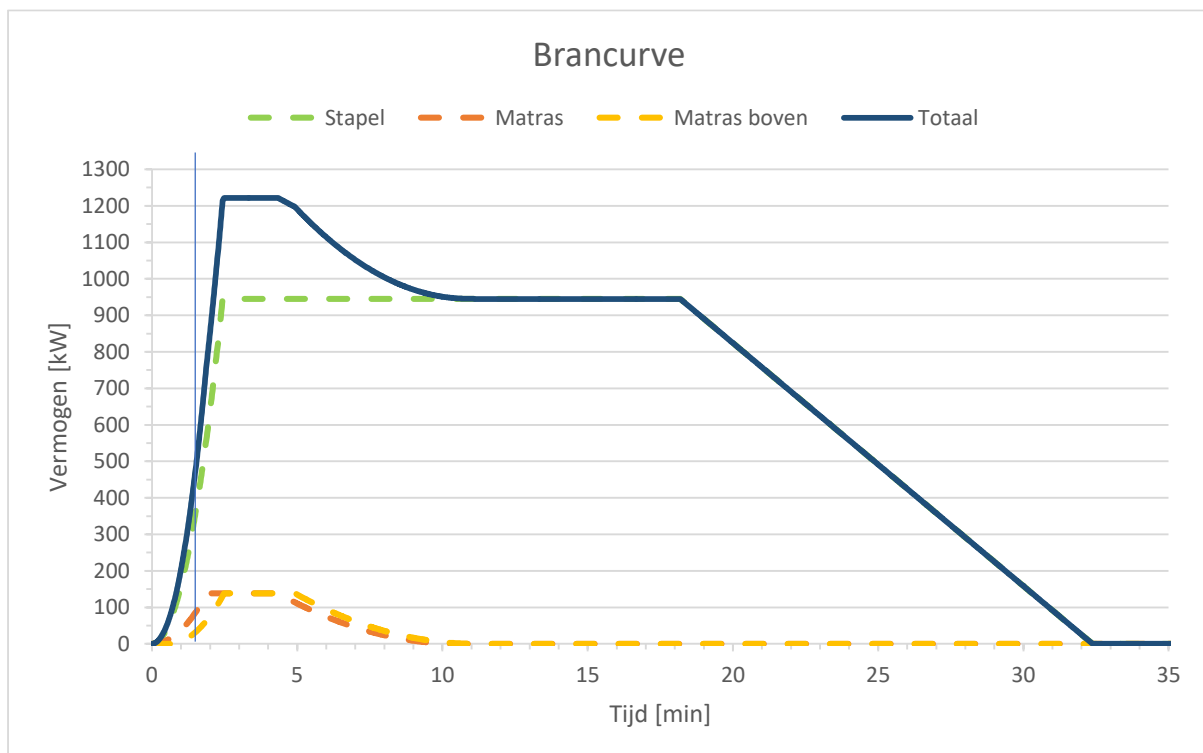
2.4 Scenario

De vertrekken zijn voorzien van een rookmelder. Na rook/brandmelding dient handmatig de ventilatie uitgeschakeld te worden en het sprinkler/deluge systeem handmatig ingeschakeld te worden. In overleg met de adviseur en de beoordelende partijen is vastgesteld dat dit tot 8 minuten na ontstaan van de brand kan duren.

2.5 Brandverloop

In overleg met de adviseur en de beoordelende partijen is een realistisch brandverloop bepaald waarbij uitgegaan wordt dat kleding en dergelijke op een hoop op het matras in brand worden gestoken. Hierdoor ontstaat een snel groeiende brand. Gezien de beperkte toestroom van lucht (en daarmee zuurstof) is de brand met een verbrandingsmodel gemodelleerd. Vandaar is het getoonde brandverloop vertaald in de hoeveelheid brandbaar gas. Dit gas wordt vrijgelaten vanaf het bed vanuit een oppervlakte bepaald op basis van 250kW/m^2 referentie brandgrootte. Het oppervlak verandert gedurende de tijd. Wanneer er niet voldoende zuurstof is bij de brand om tot volledige verbranding te komen blijft de toevoer van brandbaar gas conform de brandcurve gehandhaafd. Met andere woorden de pyrolyse van brandbaar gas wordt niet afhankelijk gesteld aan het uitdoven van de brand ten gevolge van gebrek aan zuurstof.

Het brandverloop als weergegeven in Figuur 4 is voor dit onderzoek toegepast, uitgaande van volledige ontbranding.



Figuur 4: Toegepast brandverloop.

2.6 Beoordelingscriteria

Het doel van de simulatie is om het effect van een brand in een slaapvertrek op het naastgelegen slaapvertrek en het bovengelegen plenum inzichtelijk te maken. De personen in de naastgelegen ruimte moeten gedurende de tijd tot het sprinkler/deluge systeem in ingeschakeld veilig te kunnen verblijven in hun slaapvertrek.

3 CFD-modellering

De simulatie is uitgevoerd met behulp van het softwarepakket ANSYS CFX. Dit softwarepakket is geschikt voor vele toepassingen en in ruime mate gevalideerd.

De standaard differentiaalvergelijkingen voor de stroming van fluïda en warmteoverdracht worden voor elke cel opgelost. In Tabel 3 staan de belangrijkste toegepaste instellingen beschreven.

Parameter	Beschrijving
Cel type	Hybride, combinatie van tetraëders, piramides en prismalagen
Cel grootte	Dynamisch, variërend tussen 0,01 en 0,6 m rondom het cellenblok
Aantal cellen	66,4 miljoen
Simulatie type	Tijdsafhankelijk
Convergentie criteria	RMS maximaal $5 \cdot 10^{-4}$
Tijdstap	Tussen 0.1s en 1 s
Iteraties	2 t/m 10 per tijdstap, afhankelijk van de bereikte convergentie
Fluïde	Lucht, gemodelleerd als een ideaal gas
Turbulentie model	Shear Stress Transport model RANS
Straling	Discrete transfer model, 32 rays, Gray, Participating media
Brandmodel	Verbrandingsmodel

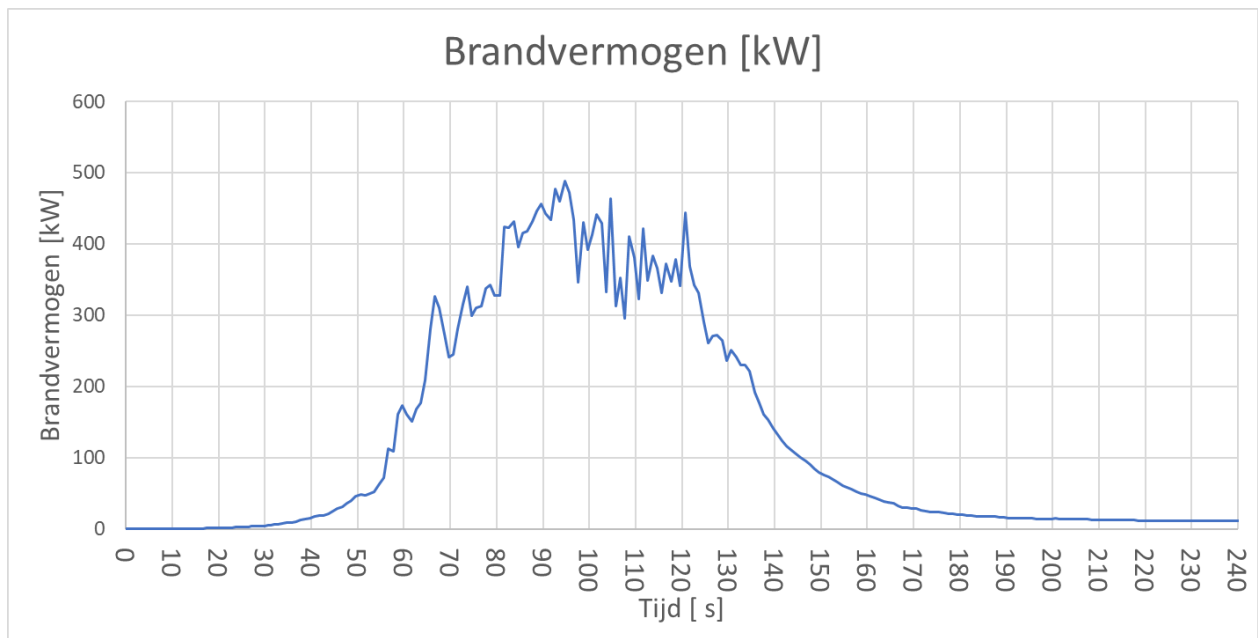
4 Resultaten

4.1 Brandverloop

De brand is gemodelleerd gebruikmakend van een verbrandingsmodel. Hierin wordt de beschikbare zuurstof meegenomen om de uiteindelijke verbranding te berekenen ten gevolge van de chemische reactie.

Door het gebrek aan toevoer van zuurstof wordt de brand beperkt ten opzichte van haar potentieel. Een brandbaar gas wordt vrijgelaten in de ruimte om de referentie brand te kunnen voeden.

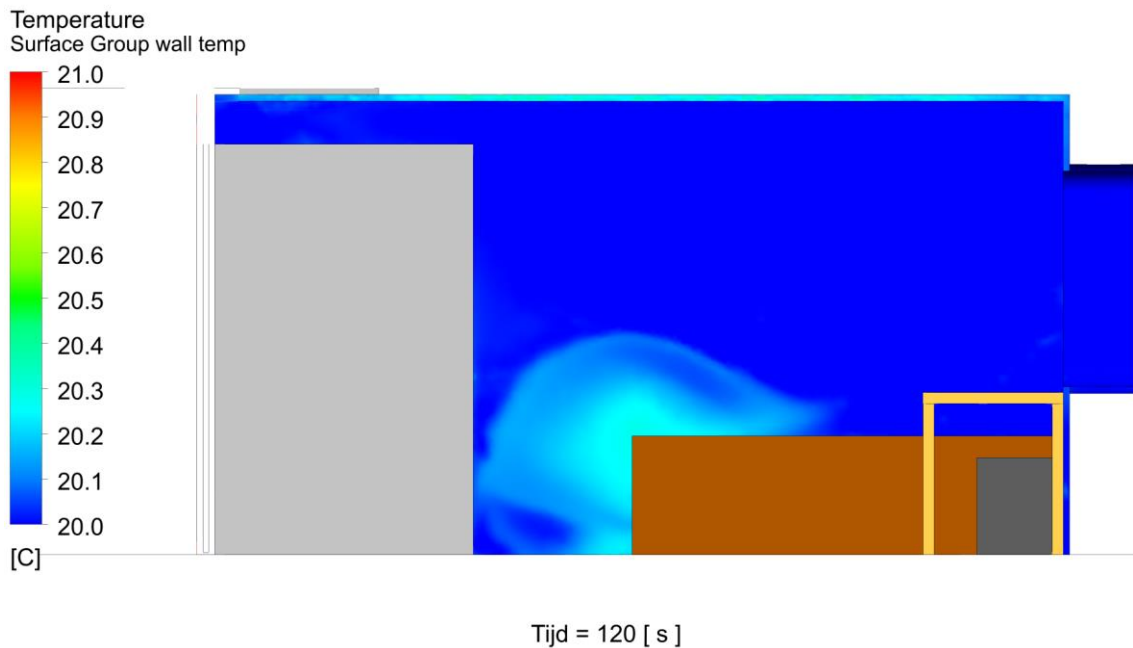
Uit de simulatie blijkt dat na circa 80s de brandgroei wordt beperkt door het gebrek aan zuurstof in de ruimte. Hier verandert het brandverloop van een brandstof beheerste brand naar een zuurstof beheerste brand. Na circa 120s neemt de brand snel af naar het niveau dat mogelijk is met de betreffende hoeveelheid zuurstof in de ruimte. De brand neemt af naar circa 10kW op 240s, op welk niveau de brand gedurende het overige brandverloop wordt gehouden.



Figuur 5: Brandverloop zuurstof beheerste brand.

4.2 Wand temperatuur naastgelegen vertrek

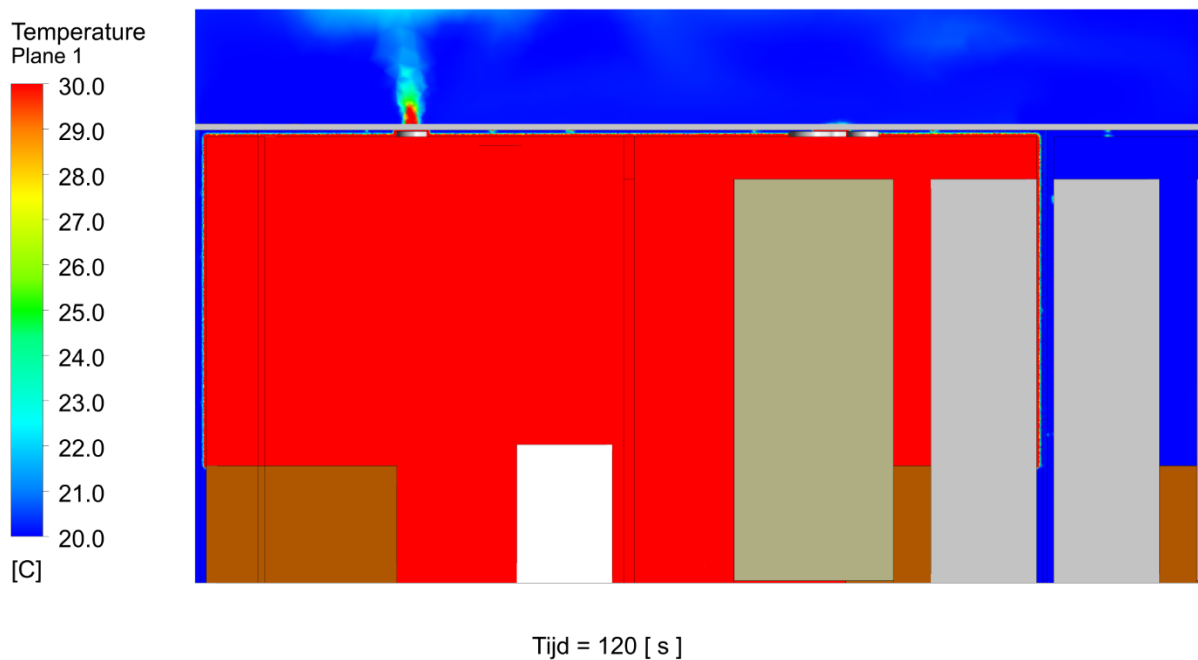
Gezien de beperking van de brand ten gevolge van gebrek aan zuurstof wordt de wand in de brandruimte slechts gedurende een kort tijdsbestek blootgesteld aan hoge temperaturen. De thermische eigenschappen van de steenwol panelen zorgt ervoor dat er nagenoeg geen warmtedoorslag door de panelen optreedt. Figuur 6 toont de temperatuur aan de wand in de naastgelegen ruimte op 120s na het ontstaan van de brand. Dit is de maximaal geobserveerde temperatuur aan de wand in de over de gesimuleerde tijd. Zoals in het figuur getoond stijgt de temperatuur met maximaal 0.3°C. Hiermee kan gesteld worden dat de wand opbouw tussen de ruimte effectief is in het beschermen van personen in de naastgelegen ruimte.



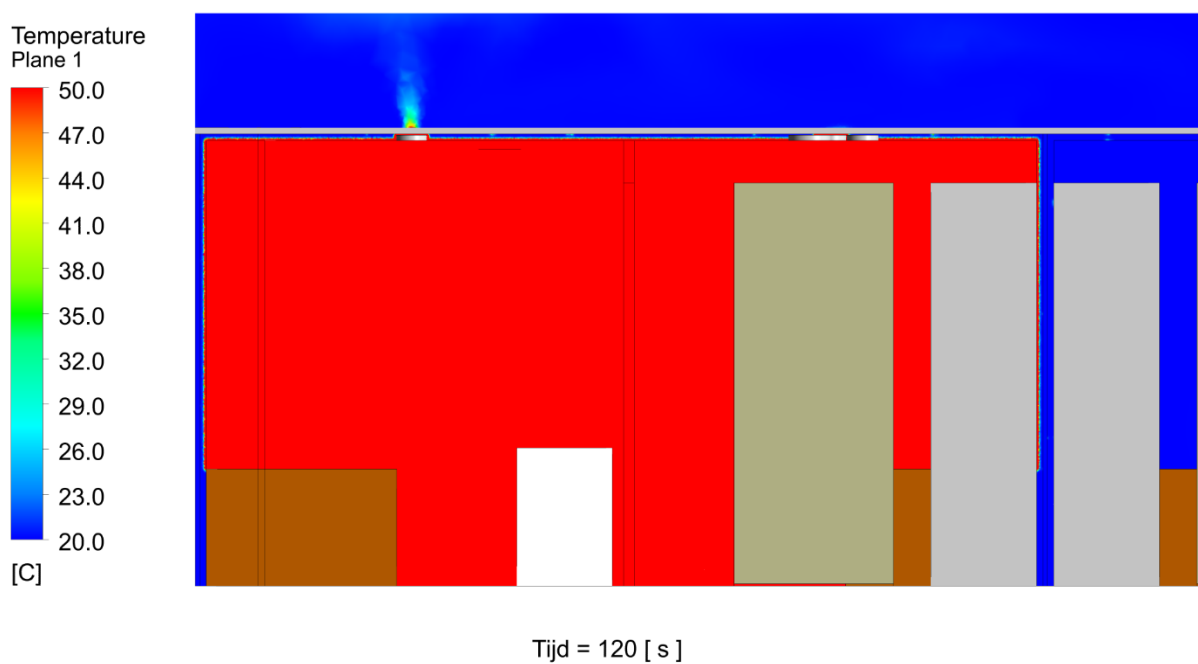
Figuur 6: Wand temperatuur naastgelegen ruimte, 120s.

4.3 Temperatuur in het bovengelegen plenum

Op de plaatsen van de lichtpunten en speaker is uitgegaan van een aluminium plaat welke rookstroom naar het plenum tegen gaat. De aluminium plaat is dun en heeft een hoge geleidingscoëfficiënt. Hierdoor stroomt warmte op deze plaatsen makkelijker naar het plenum. De oppervlakken van deze plekken zijn gering waardoor er ook slechts een gering effect optreedt. Figuur 7 en Figuur 8 tonen de temperatuur op een doorsnede door één van de verlichtingsarmaturen op verschillende schalen. Hieruit is af te leiden dat lokaal ter hoogte van de doorvoer temperaturen oplopen tot 50°C op 120 s (piek brand). Een pluim van warme lucht is te zien welke voornamelijk tussen de 20°C en 40°C ligt. Op basis van deze resultaten wordt gesteld dat er geen risico tot brandoverslag naar het plenum op zal treden.



Figuur 7: Temperatuur verdeling plenum ter hoogte verlichtingsdoorvoer, range 20-30°C.

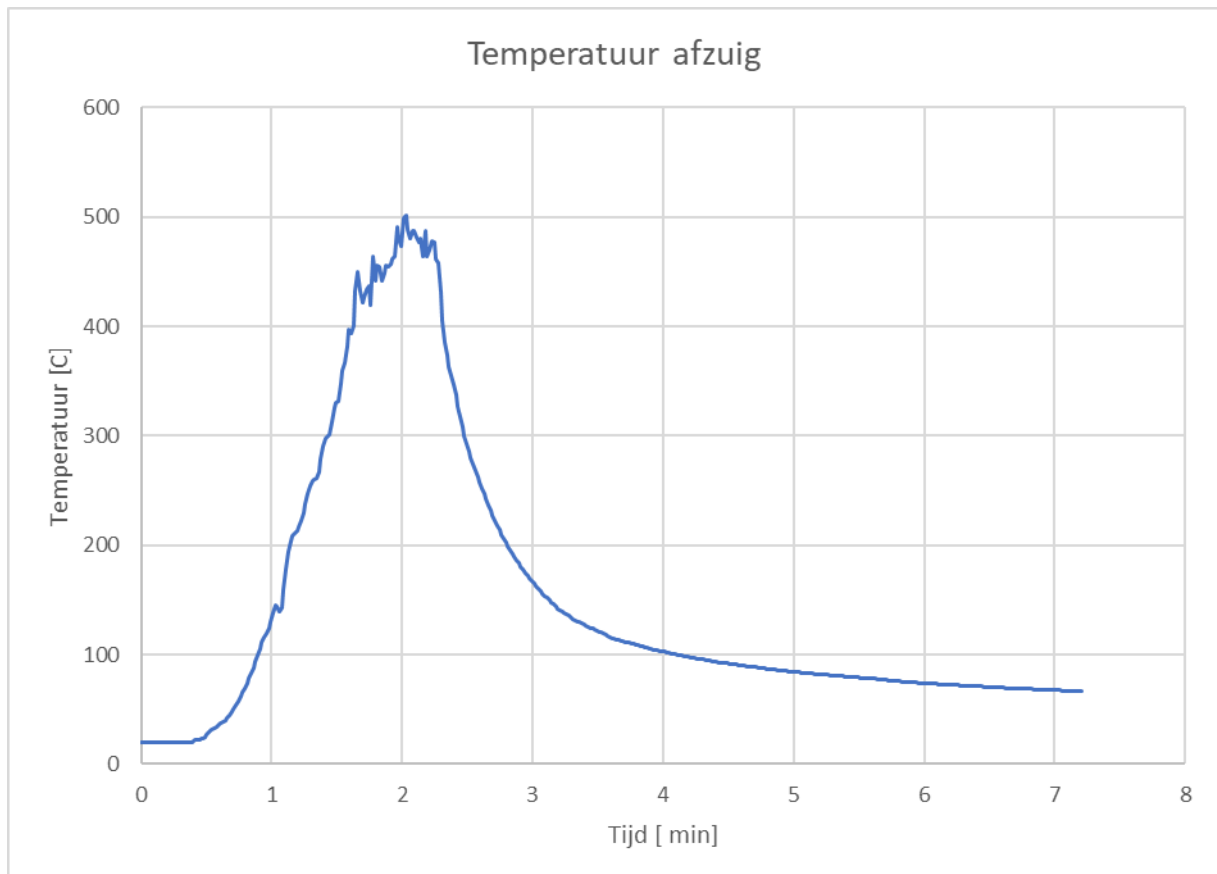


Figuur 8: Temperatuur verdeling plenum ter hoogte verlichtingsdoorvoer, range 20-50°C.

4.4 Temperatuur afzuig

In de natte cel wordt gedurende het brandverloop lucht/rookmengsel afgezogen. De temperatuur hiervan is gemonitord gedurende de simulatie. Wanneer de brand zijn piek bereikt neemt de temperatuur in de afzuig toe tot maximaal 500°C. Op 85s na het ontstaan van de brand bereikt de temperatuur bij de afzuig 300°C. Op 120s wordt de maximale temperatuur van 501°C behaald. Op 149s daalt de temperatuur weer tot onder de 300°C.

Het dient beoordeeld te worden of de temperatuur van het lucht rookmengsel een risico levert voor branduitbreiding naar andere plaatsen.



Figuur 9: Verloop temperatuur afzuig lucht rookmengsel gedurende het brandverloop.

5 Conclusies en aanbevelingen

Ten behoeve van noodopvang van asielzoekers heeft het COA (Centraal Orgaan opvang asielzoekers) de Bibby Renaissance voor bepaalde tijd overgehaald naar Nederland. De Bibby Renaissance is een zogenaamd Slaapschip. Het schip beschikt over 332 kamers, een restaurant, keuken, 2 sportzalen, bar/lounge en was faciliteiten.

Het schip is ontworpen en gebouwd conform de Solas. Daarmee voldoet het object niet of niet volledig aan de eisen gesteld aan een bouwwerk conform het bouwbesluit. Om inzicht te krijgen in de brandveiligheid ten aanzien van personen is een CFD onderzoek uitgevoerd.

Het CFD onderzoek heeft tot doel om inzichtelijk te maken hoe een brand in een slaapvertrek effect kan hebben op het naastgelegen vertrek en op het plenum boven het slaapvertrek.

De vertrekken zijn uitgevoerd met een zelfsluitende deur. De ventilatie van de ruimte handmatig uitgeschakeld wanneer de sprinkler/deluge systeem wordt ingeschakeld. Het is vastgesteld dat dit tot 8 minuten na ontstaan brand kan duren. Per slaapvertrek is er een mechanisch gebalanceerd ventilatiesysteem. Wat inhoudt dat er in het vertrek wordt toegevoerd en in de bijbehorende natte ruimte wordt afgezogen. Het debiet van de toevoer en de afvoer is daarbij in balans.

De vertrekken zijn voorzien van een rookmelder. Na rook/brandmelding dient handmatig de ventilatie uitgeschakeld te worden en het sprinkler/deluge systeem handmatig ingeschakeld te worden. In overleg met de adviseur en de beoordelende partijen is vastgesteld dat dit tot 8 minuten na ontstaan van de brand kan duren.

In overleg met de adviseur en de beoordelende partijen is een realistisch brandverloop bepaald. Gezien de beperkte toestroom van lucht (en daarmee zuurstof) is de brand met een verbrandingsmodel gemodelleerd.

Uit de simulatie blijkt dat na circa 80s de brandgroei wordt beperkt door het gebrek aan zuurstof in de ruimte. Hier verandert het brandverloop van een brandstof beheerste brand naar een zuurstof beheerste brand. Na circa 120s neemt de brand snel af naar het niveau dat mogelijk is met de betreffende hoeveelheid zuurstof in de ruimte. De brand neemt af naar circa 10kW op 240s, op welk niveau de brand gedurende het overige brandverloop wordt gehouden.

Gezien de beperking van de brand ten gevolge van gebrek aan zuurstof wordt de wand in de brandruimte slechts gedurende een kort tijdsbestek blootgesteld aan hoge temperaturen. De temperatuur van de wand stijgt met maximaal 0.3°C na 120s. Hiermee kan gesteld worden dat de wand opbouw tussen de ruimte effectief is in het beschermen van personen in de naastgelegen ruimte.

Op de plaatsen van de lichtpunten en speaker is uitgegaan van een aluminium plaat welke rookstroom naar het plenum tegen gaat. De aluminium plaat is dun en heeft een hoge geleidingscoëfficiënt. Lokaal ter hoogte van de doorvoer lopen temperaturen op tot 50°C op 120s (piek brand). Een pluim van warme lucht is te zien welke voornamelijk tussen de 20°C en 40°C ligt. Op basis van deze resultaten wordt gesteld dat er geen risico tot brandoverslag naar het plenum op zal treden.

In de natte cel wordt gedurende het brandverloop lucht/rookmengsel afgezogen. De temperatuur hiervan is gemonitord gedurende de simulatie. Wanneer de brand zijn piek bereikt neemt de temperatuur in de afzuig toe tot maximaal 500°C. Op 85s na het ontstaan van de brand bereikt de temperatuur bij de afzuig 300°C. Op 120s wordt de maximale temperatuur van 501°C behaald. Op 149s daalt de temperatuur weer tot onder de 300°C.

Het dient beoordeeld te worden of de temperatuur van het lucht rookmengsel een risico levert voor branduitbreiding naar andere plaatsen.