

Bijlage 16

GEMEENTE ROTTERDAM
BRANDPREVENTIECOMMISSIE

COLOREDU
20200904
10:40:23 PM W. Europe Daylight Time

COMARHOU
20200917
07:28:43 AM W. Europe Daylight Time

vergunningen:

brandweer:

AKKOORD

Gevelopeningen kernen

voorwaarde: dit trappenhuis(en) worden
Voorzien van Ruimte bewaking AM en zijn
ze onderdeel van BMI en OAI

stadion feyenoord



Het nieuwe Feyenoord stadion

datum 5 mei 2020
vestiging Den Haag
uw kenmerk -
ons kenmerk B.2018.0550.13.N003
2e lezer/secr. MHA|SH

project Het nieuwe Feyenoord stadion
betreft Gevelopeningen in trappenhuizen
versie 002
auteur [REDACTED]
contactpersoon [REDACTED]
e-mail/telefoon [REDACTED]

Gevelopeningen in kernen trappenhuizen

1. Inleiding

DGMR Bouw B.V. heeft voor het project Het nieuwe Feyenoord stadion in Rotterdam beoordeeld of het mogelijk is om in de buitengevel van de kernen met daarin de trappenhuizen gevelopeningen zonder glas aan te brengen.

Voor het natuurlijk ventileren van de trappenhuizen is het namelijk gewenst om openingen in de gevel te maken. Daarnaast wil de architect ook openingen in de gevel hebben om voor daglicht in de trappenhuizen te zorgen, 's avonds geeft het een visueel effect.



figuur 1: gevelopeningen aan de buitenkant van de kernen

2. Uitgangspunten

Een belangrijke eigenschap is dat het gebouw is ingericht op het Stay in place-principe: bij een klein incident binnen of een groot incident buiten kunnen de supporters in het gebouw blijven. Voorzieningen in het gebouw zijn hierop afgestemd, zoals stralingswerend glas in de schil van het gebouw, dynamische vluchtrouteaanduiding, geluidsinstallatie waarmee iedereen kan worden toegesproken, enzovoorts.



figuur 2: voorbeeld dynamische vluchtrouteaanduiding met een rood kruis: geen toegang

3. Beoordeling gevelopeningen in kernen trappenhuizen

3.1 Regelgeving en bescherming tegen plasbrand

Een groot aantal van de kernen met daarin de trappenhuizen grenzen aan een verkeersroute (Nieuwe Maas en de spoorlijn tussen station Rotterdam Centraal en station Breda) waarover gevaarlijke stoffen (giftig en/of brandbaar, bijtend, explosief) vervoerd worden. Bij een incident op de verkeersroute is het risico aanwezig dat er een plasbrand ontstaat.

Aan de zijde van de Nieuwe Maas is het op basis van regelgeving niet nodig om de gevels van de kernen met daarin de trappenhuizen brandwerend uit te voeren. De afstand vanaf de rand van de vaarroute tot aan de gevel is namelijk groter dan 25 meter vanaf de waterlijn. In figuur 4 is een afbeelding van de situatie opgenomen.

Ook aan de zijde van het spoor zijn er op basis van gelijkwaardigheid geen brandwerende voorzieningen in de gevel nodig op basis van de regelgeving. De afstand vanaf de buitenste spoorstaaf tot aan de gevel is meer dan 30 meter of er is naast en boven het spoor een 60 minuten brandwerende afscheiding aangebracht tot op 30 meter afstand van de gevel.

De kernen en de schil van het gebouw aan de zijde van zowel de vaarroute als het spoor hebben toch voorzieningen in de schil, omdat de warmtestraling afkomstig van een plasbrand op een afstand van 25 meter (vaarroute) of 30 meter (spoorlijn) te groot is om lange tijd in te verblijven of doorheen te vluchten.

Om de aanwezige personen in de trappenhuizen te beschermen zijn wij er voorheen vanuit gegaan dat de gevels van de kernen met trappenhuizen aan de buitenzijde 60 minuten brandwerend zouden zijn. Omdat de gevels van de trappenhuizen van beton worden gemaakt is de brandwerendheid gegarandeerd. Er was voorheen nooit een reden dit te heroverwegen.

Voor de natuurlijke ventilatie en het daglicht is het nu gewenst openingen in de trappenhuisgevel te maken. Dat betekent dat er mogelijk sprake is van een te hoge straling in het trappenhuis. Verder kan er misschien rook het trappenhuis in komen. Om hoeveel straling en rook dat nu gaat, wordt in deze notitie onderzocht. Vervolgens onderzoeken wij wat precies de omvang van het probleem is, omdat ieder trappenhuis anders is georiënteerd ten opzichte van een mogelijke brand.

4. Stralingsberekening

4.1 Rekenmethodiek

Met behulp van een computerprogramma is te bepalen wat de fractie vlam van de plasbrand zichtbaar is via de gevelopening. Vervolgens wordt de zichtfactor vermenigvuldigd met de bronstraling.

4.2 Uitgangspunten plasbrandberekening

Voor de omvang van de plasbrand is uitgegaan van een brandende vloeistofplas met een diameter van 27,64 meter met een omvang van 600 m² (overeenkomstig de uitgangspunten van VER). In het geval van het spoor bevindt de rand van de plasbrand zich op een afstand van 30 meter vanaf de kernen met daarin de trappenhuizen. Voor de vaarroute is uitgegaan van een afstand van minimaal 25 meter tussen de plasbrand en de kernen.

De afmetingen van de vlammen en de bronstraling zijn bepaald op basis van de bepalingsmethode uit de Publicatie Gevaarlijke Stoffen 2 (PGS 2). Hierbij is ook rekening gehouden met verschillende windsnelheden die ervoor zorgen dat de vlam in de richting van het gebouw geblazen wordt.

In onderstaande tabel zijn de resultaten van de berekening van de afmeting van de vlam en de bronstraling weergegeven.

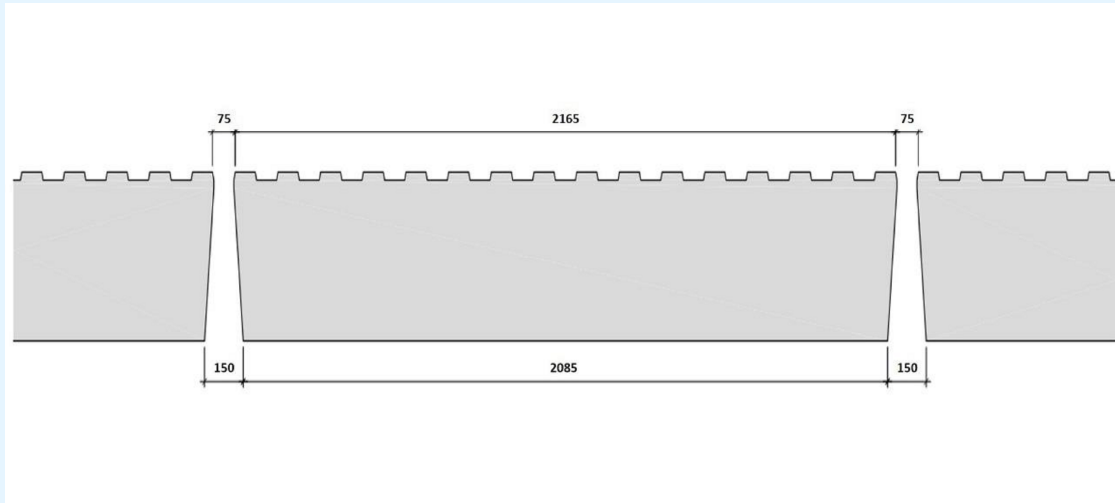
tabel 1: Afmetingen vlam en bronstraling (afhankelijk van windsnelheid)

	Wind 1.5 m/s	Wind 3.0 m/s	Wind 5.0 m/s	Wind 9.0 m/s
Gemiddelde vlamlengte [m]	40	35	31	28
Vlamhoek [graden] met verticaal	35	45	53	60
Werkelijke verlengde vlamdiameter [m]	30	33	36	39
Bronstraling [kW/m ²]	56.7	62.1	66.3	71.6

De resultaten bij een windsnelheid van 9 m/s zijn gebruikt om de warmtestralingsflux in de trappenhuizen achter de gevelopeningen en op 1 meter afstand van de gevelopening te berekenen. Er is voor de waarde bij een windsnelheid van 9 m/s gekozen, omdat bij deze windsnelheid de vlam de hoogste bronstraling heeft en de vlam door de wind het dichtst bij het gebouw komt.

4.3 Uitgangspunten gevelopening

De betonnen wanden van de kernen van de trappenhuizen hebben ter plaatse van de gevelgaten een dikte van 400 mm. De openingen in de gevel hebben een breedte van 75 mm en hebben een minimale hart op hart afstand van 2.5 meter. De hoogte van de opening is maximaal 2.5 meter.



figuur 3: detail gevelopening (boven is buiten, onder is binnen)

4.4 Resultaten berekening

Uit de warmtestralingsberekeningen die gemaakt zijn voor de gevelopening blijkt dat de warmtestralingsflux direct naast de opening circa 4 kW/m^2 bedraagt. Op 0.5 meter afstand bedraagt de warmtestralingsflux 3.2 kW/m^2 . Op een afstand van 1 meter van de gevelopening is de warmtestralingsflux minder dan 1.5 kW/m^2 . Dit laatste is een waarde waar je zonder schade langere tijd aan bloot gesteld kan worden. Aan waarden van 3.2 kW/m^2 en 4 kW/m^2 niet, maar de paar seconden van het langslopen geeft geen schade.

Als op het moment van het ontstaan van een plasbrand mensen kunnen doorlopen is er geen risico. Ter indicatie: de afdaalsnelheid of oploopsnelheid bedraagt 30 seconden per verdieping, loopafstand per 1 verdieping over klimlijn pakweg 15 meter, de feitelijke loopsnelheid $0,5 \text{ m/s}$; breedte opening 75 mm, blootstellingstijd $7/50 = 0,15$ seconden. Op de trapsteken kan de blootstelling langer duren, maar is de afstand ook groter.

Als een persoon 20 cm naar voor of naar achter kan bewegen is het gevaar geweken.

Langs de openingen lopen is dus een klein risico, het risico is groter als:

- Supporters beneden op het plein uitkomen in de volle stralingsflux (en volle rook).
- De supporters stil moeten blijven staan in het trappenhuis, omdat men niet verder kan lopen.

Uitgangspunt voor de berekening is dat de plasbrand precies vóór de gevelopeningen in het trappenhuis ligt. Ligt de plasbrand niet vóór het trappenhuis, maar (iets) opzij, dan dringt de warmtestraling niet door tot het trappenhuis.

5. Rookverspreiding

Bij een brand is de kans aanwezig dat via de gevelopeningen rook in de trappenhuizen terecht komt. Dit geldt voor scenario's op het spoor of de Nieuwe Maas, maar ook bij een incident op de concourse, of in het gebouw zelf. Een plasbrand is door zijn omvang het grootste gevaar.

Bij een plasbrand is de kans op rook in het trappenhuis beperkt. Bij een plasbrand van 600 m² is het vermogen van de brand zeer groot, in de orde van 1 GW. Hierdoor is de rook zeer warm en stijgt de rook afhankelijk van de windsnelheid verticaal op. Bij een windsnelheid van 1.5 m/s stijgt de rook onder een hoek van 30 graden ten opzichte van de verticaal op. Bij een windsnelheid van 9.0 m/s stijgt de rook onder een hoek van 60 graden ten opzichte van de verticaal op. Pas wanneer het temperatuurverschil tussen de rookpluim en de lucht is afgenomen tot enkele tientallen graden Celsius verspreidt de rooklaag zich horizontaal. Alleen wanneer de omvang van de (plas)brand beperkt is of wanneer een brandstof 'moeilijk wil branden' is het vermogen laag. Alleen dan is het mogelijk dat een rookwolk bij de trappenhuizen terecht komt.

Bij trappenhuizen die op een grotere afstand liggen neemt de dichtheid van de rook (de hoeveelheid rook per kubieke meter lucht) verder zijn af en stijgt de rook al verder op.

Als er rook tegen een trappenhuis aan waait, is die rook niet direct in het trappenhuis. De gaten in de gevel zijn maar 75 mm breed en worden om de 2,5 meter aangebracht. De gaten worden over ongeveer de halve hoogte gemaakt en lopen niet helemaal door.

Er is een drijvende kracht nodig om de rook binnen te laten stromen. Net als bij een overdrukinstallatie moet er ook lucht *uit* het trappenhuis kunnen stromen voordat er rook in het trappenhuis in kan stromen. We onderscheiden hiervoor twee mogelijke situaties:

1. De wind blaast over de hele hoogte van het trappenhuis ongeveer even hard. Dan staat op alle openingen dezelfde druk. Als aan de gebouwszijde de deuren dicht zijn, dan kan lucht alleen via de kieren rond de deuren uitstromen. Wat er aan lucht uitstroomt kan er aan rook naar binnen stromen. De lucht in het trappenhuis vermengt zich langzaam met de rook. Omdat we óf een sluis hebben aan de kant van het stadion óf extra voorzieningen hebben aangebracht om de deur luchtdicht te maken, is de hoeveelheid lucht die kan binnenstromen beperkt. Als er een deur open wordt gedaan tussen het trappenhuis en de omloop kan er meer lucht uit het trappenhuis stromen, wat wordt aangevuld met de rook van buiten. Het instromende debiet van rook is in te schatten, en daarmee is uit te rekenen hoe snel het trappenhuis onveilig wordt voor vluchtende personen. In onderstaande tabel is berekend hoe lang het duurt voordat de inhoud van het hele trappenhuis bij een windsnelheid van 9 m/s is vervangen door lucht van buiten. De lucht moet een lange route afleggen om buiten te komen: gaten, de wokkelvorm van het trappenhuis, deuren, omloop, en dan naar buiten. We gaan ervan uit dat de weerstand hiervan tot gevolg heeft dat de luchtverplaatsing over de gaten 2/3 van de windsnelheid buiten is.

tabel 2: berekening hoe snel de inhoud van een wokkeltrap is vervangen door met rook vervuilde lucht

	Waarde	eenheid
lengte trappenhuis	12	m
breedte trappenhuis	5,9	m
oppervlakte trappenhuis	70,4	m ²
hoogte trappenhuis	23,9	m
volume 2x wokkel	1683	m ³
volume 1x wokkel	841	m ³
aantal gaten per trappenhuis	5	
breedte gaten	0,075	m
hoogte trappenhuis	23,9	m
ongeveer de helft gat	12	m
oppervlakte gaten	0,9	m ²
snelheid over gaten	6	m/s
instroming per seconde	5,4	m ³ /s
doorspoelen heel trappenhuis	156	s

We zien dat bij deze windsnelheid de deuren 2,5 minuut open moeten staan voordat het trappenhuis één keer is doorgespoeld door met rook vervuilde lucht van buiten. Steeds als de deur wordt gesloten stopt de luchtstroming. Het trappenhuis wordt onveilig als de zichtlengte tussen 5 á 10 meter is.

De personen die zich bij aanvang van het incident in het trappenhuis bevinden, moeten omhoog het gebouw in, omdat de Main Concourse niet veilig is. Dat duurt ongeveer een halve minuut per bouwlaag.

2. De wind blaast met een sterk verticaal profiel tegen het trappenhuis: boven de hoogste stuwdruk, onderin de laagste. Ook met alle deuren naar het gebouw gesloten treedt nu een continue toevoer van rook op bovenin het trappenhuis, gebalanceerd door uitstroom aan de onderzijde.

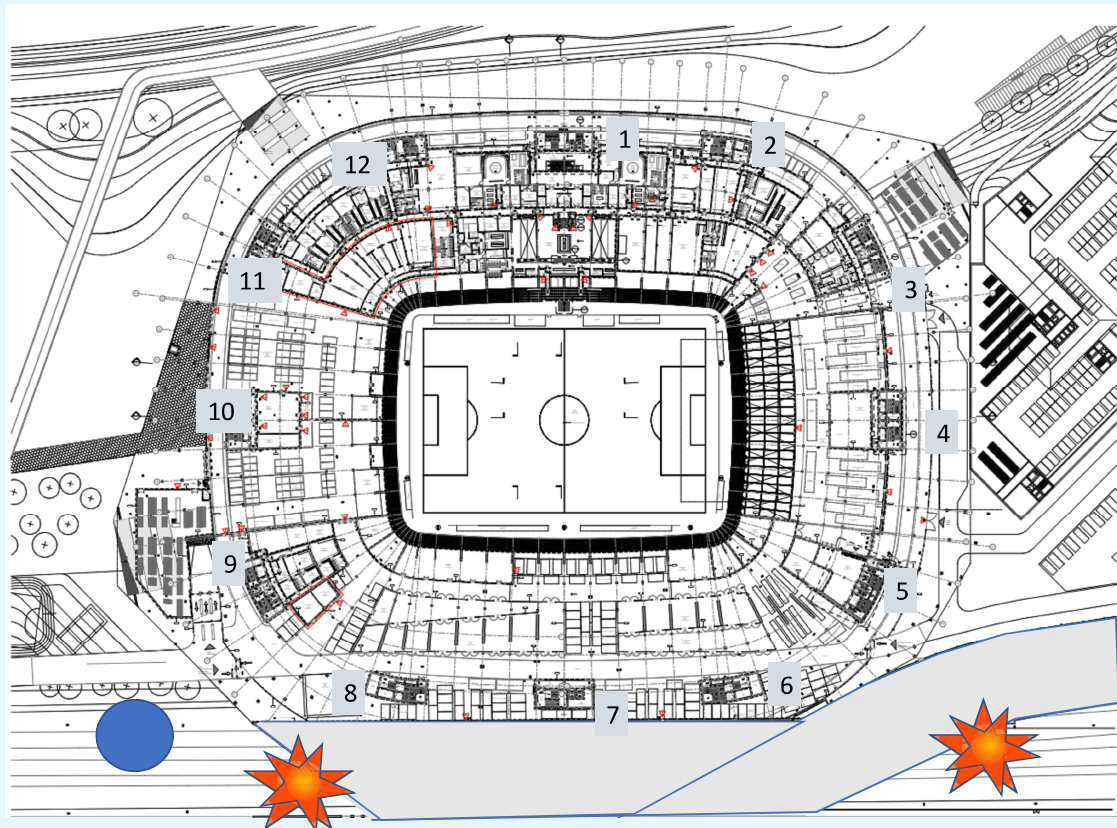
Voor zover de instromende rook warm is, zal door schoorsteeneffect in het trappenhuis een tegengesteld drukverschil ontstaan dat de toestroom van rook gedeeltelijk of geheel tegengaat. Het instromende debiet is lager dan in de vorige situatie omdat de oppervlakte instroomopening de helft is en de stroomsnelheid een stuk lager is.

6. Omvang risico

Wat we weten van de warmtestraling afkomstig van een plasbrand récht voor het trappenhuis, dat de straling in het trappenhuis direct in de gevelopening ongeveer 4 kW/m² kan zijn. Ligt de plasbrand niet vóór het trappenhuis, maar iets opzij, dan dringt de straling niet door tot het trappenhuis. Als je bij volle straling op gewone snelheid langs de opening loopt, is er geen risico. Als je iets naar voren of naar achteren buigt is óók het gevaar geweken. Alleen als je vaststaat in het trappenhuis en je je niet kan afwenden of doorlopen, dan is er gevaar voor brandwonden.

Voor wat betreft de rook concluderen we dat bij een grote brand de rook opstijgt. Als de wind (lood)recht op een trappenhuis staat én het vermogen van een brand beperkt is, kan verdunde rook bij open deuren tussen het trappenhuis en verdieping het trappenhuis instromen. Dat trappenhuis moet snel worden ontruimd. Bij een windsnelheid van 9 m/s is in 2,5 minuut de gehele inhoud van het trappenhuis 1x vervangen. Dat gebeurt alleen zolang er een deur naar het trappenhuis open staat. Als de trapdeuren dicht zijn, gebeurt er niets. Bij een hogere luchtsnelheid gaat dat sneller, maar is de rook sterker verdund.

Niet ieder trappenhuis is op dezelfde manier gelegen ten opzichte van een mogelijke plasbrand. Een deel van de trappenhuizen ligt ver van iedere mogelijke haard vandaan, een ander deel ligt aan het water óf aan het spoor. Een incident aan het water onttrekt zich langzaam, zodat iedereen zich nog in veiligheid kan brengen. Een mogelijk incident aan het spoor kan zich sneller onttrekken. Het is dus van belang te weten wáár het incident plaatsvindt.



figuur 4: situatietekening met trappenhuizen en mogelijke locaties spoorincident. De blauwe cirkel geeft de schaal van een plasbrand van 600 m² weer.

Incident op het water

Trappenhuis 1, 2, 3, 10, 11, en 12, liggen dicht op een locatie waar mogelijk een plasbrand op het water kan plaatsvinden. Een incident op het water voltrekt zich langzamer dan op het spoor en zie je aankomen. Men kan actie ondernemen en bedreigde trappenhuizen afsluiten en/of ontruimen. Trappenhuis 4 en 9 liggen al weer verder weg, de overige trappenhuizen liggen zo ver van de vaarroute dat ze niet kunnen worden bedreigd door de straling of rook vanaf het water.

Incident op het spoor

Een incident op het spoor kan zich ineens voltrekken, waardoor het mogelijk is dat er direct een brand nabij een trappenhuis ontstaat.

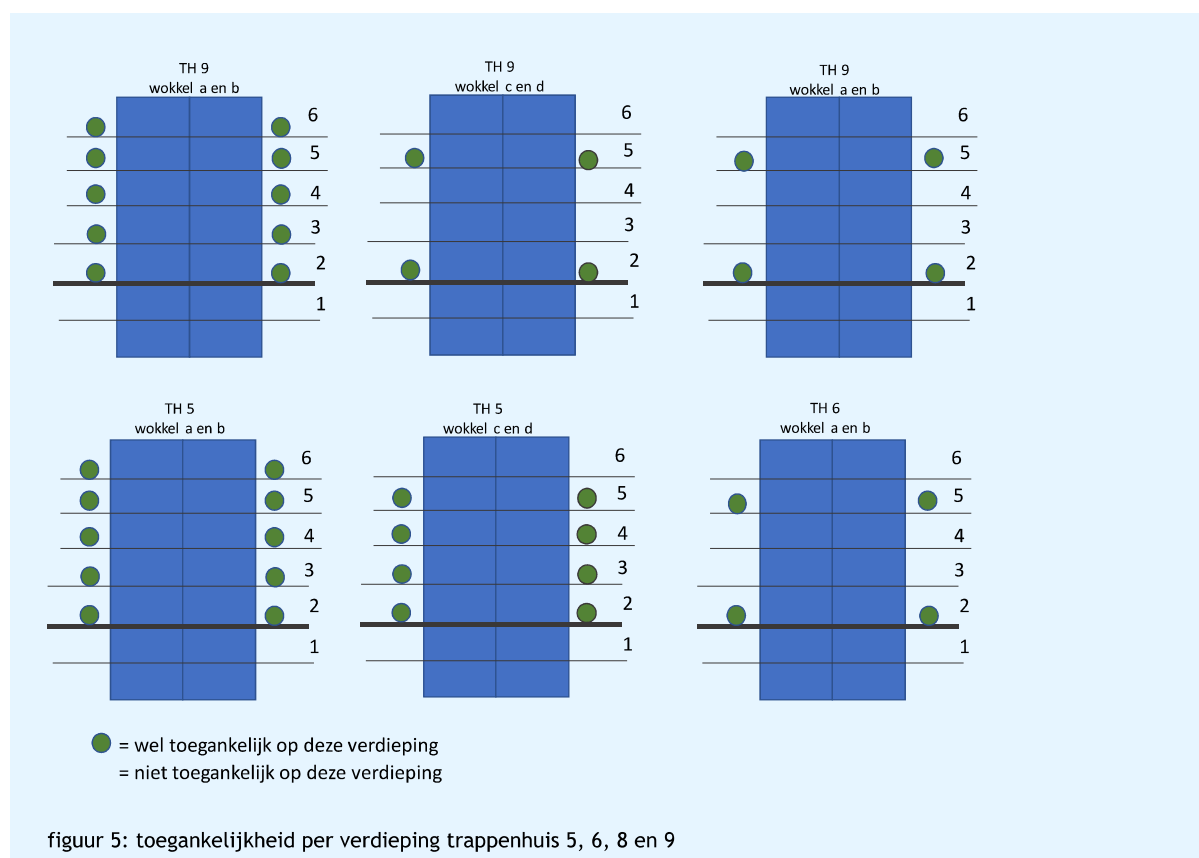
We zien op de situatietekening dat dat vooral trappenhuis 5, 6, 8 en 9 betreft. Trappenhuis 7 is veilig voor straling vanwege de afstand tot het spoor, maar kan nog wel last krijgen van verdunde rook. Andere trappenhuizen zijn veilig door afstand voor rook en straling.

Voor trappenhuizen 5, 6, 8 en 9 is het van belang wanneer het incident plaatsvindt. Rondom een wedstrijd zijn er drie perioden: de periode vóór de wedstrijd (instroom), de wedstrijd en periode na de wedstrijd (uitstroom).

Bij een incident vóór een wedstrijd kan iedereen snel naar binnen, omdat er niet al te veel mensen tegelijk in de trappenhuizen zijn. Supporters komen immers verspreid aan. We moeten dan wellicht nog kijken of er ergens op een lager gelegen verdieping dan de bovenste nog de mogelijkheid moet zijn om snel(ler) het trappenhuis uit te kunnen. We introduceren dan wel weer een extra risico in het kader van security die bij iedere wedstrijd aanwezig is.

De huidige situatie is in onderstaande figuur weergegeven. De groene bolletjes geven aan dat er een deur aanwezig is op die verdieping naar één van de wokkels van een wokkeltrappenhuis.

Kleine toelichting: trappenhuis 9 en 5 hebben vier wokkeltrappen.



Tijdens de wedstrijd is in principe niemand in de trappenhuizen.

Na de wedstrijd kunnen veel mensen tegelijk in het trappenhuis zijn. Als men niet naar buiten kan is de hele massa niet zomaar omgekeerd en weer op een veilige plek. Met de bovendeur geopend en harde wind kan dit leiden tot een onveilige situatie qua rook en straling. Bezoekers kunnen vast staan en zich niet afwenden van de trap.

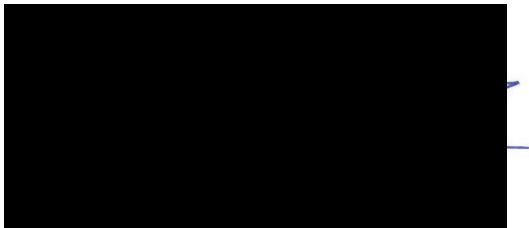
Gelukkig moeten een aantal dingen samenvallen om een gevaarlijke situatie te krijgen.

Het ongeluk moet precies in de 8-10 minuten NA de wedstrijd plaatsvinden.

De adviseur voor externe veiligheid heeft aangegeven dat de kans op een incident op het spoor, precies op het moment dat het gebouw leegstroomt na een wedstrijd, tussen de 10^{-7} en 10^{-8} is. Met deze kans kan het gebeuren dat mensen in het trappenhuis brandwonden oplopen als gevolg van straling van 4 kW/m^2 .

De kans dat er tijdens dat incident ook nog eens harde wind in precies de verkeerde richting staat is uiteraard nog kleiner. In dat geval kan ook de rook een risico zijn.

We stellen voor dit als restrisico te accepteren, maar wel nog een afweging te maken of op lager gelegen verdiepingen de mogelijkheid moet komen om het trappenhuis uit te vluchten.



DGMR Bouw B.V.

