

Rapport F.2010.1234.00.R001

Ontwerp Plantagelaan 2 Rotterdam

Maatregelen bij plasbrand

Status: DEFINITIEF



Adviseurs voor bouw, industrie, verkeer, milieu en software

NL^{LID} INGENIEURS

info@dgm.nl
www.dgm.nl

Van Pallandtstraat 9-11, Postbus 153
NL-6800 AD Arnhem
T +31 (0)26 351 21 41
F +31 (0)26 443 58 36

Casuariestraat 5, Postbus 370
NL-2501 CJ Den Haag
T +31 (0)70 350 39 99
F +31 (0)26 443 58 36

Morra 2, Postbus 671
NL-9200 AR Drachten
T +31 (0)512 52 23 24
F +31 (0)26 443 58 36

Geerweg 11, Postbus 640
NL-6130 AP Sittard
T +31 (0)46 411 39 30
F +31 (0)26 443 58 36



Colofon

Rapportnummer:	F.2010.1234.00.R001	
Plaats en datum:	Den Haag, 5 mei 2011	
Versie:	003	Status: DEFINITIEF
Opdrachtgever:	Ontwikkelingsbedrijf Rotterdam Postbus 6575 3002 AN ROTTERDAM	
Contactpersoon:	de heer C.Z.W. Kurver	
Telefoon:	010 489 71 03	
Fax:	-	
E-mail:	n.kurver@obr.rotterdam.nl	
Uitgevoerd door:	DGMR Bouw B.V.	
Informatie:	ing. A.V. (Alexander) Winthorst	
E-mail:	awi@dgmr.nl	
Telefoon:	070 350 39 99	
Fax:	026 443 58 36	
Auteur(s):	ing. A.V. (Alexander) Winthorst	
Eindverantwoordelijke: Voor deze:	ing. J.T. (Johan) Koudijs ir. B.H.G. (Björn) Peters	
Verwerkt door:	SRO SBA	

©DGMR Bouw B.V. Alle rechten voorbehouden. Wilt u (delen van) dit rapport kopiëren of vermenigvuldigen, vraagt u dan schriftelijk toestemming daarvoor bij DGMR Bouw B.V.

Inhoudsopgave

Pagina

1.	INLEIDING.....	4
1.1	Doel en vraagstelling.....	4
2.	SITUATIE EN WETTELIJK KADER	5
2.1	Beschrijving bouwplan	5
2.2	Planologische inpasbaarheid	5
2.3	Externe veiligheid	6
2.4	Plasbrandaandachtsgebied (PAG).....	6
2.5	Toetsingscriteria	7
3.	DEFINITIE ONGEVALSCENARIO EN EFFECTANALYSE	8
3.1	Kwalitatieve beschrijving	8
3.2	Effectanalyse	8
4.	MAATREGELEN	10
4.1	Scope.....	10
4.2	Zelfredzaamheid	10
4.3	Maatregelen aan het gebouw	12
5.	CONCLUSIES	13

Bijlage 1: plattegronden en gevels

Bijlage 2: berekening vlamafmeting

Bijlage 3: model Wintherm 8.8.1

1. Inleiding

Op de Plantagelaan in Rotterdam wordt een nieuwe opvang gerealiseerd voor dak- en thuislozen. Deze Intensief Beschermd Woonvoorziening (IBW) omvat 20 woonunits. Het pand is beoogd op circa 30 meter van de Nieuwe Maas en de Watertorenhaven, een transportroute voor onder meer brandbare vloeistoffen. Bij een ongeval kan een plasbrand ontstaan. In opdracht van Ontwikkelingsbedrijf Rotterdam is door DGMR onderzocht wat hiervan de gevolgen kunnen zijn voor de aanwezigen in het gebouw.

Het onderzoek is uitgevoerd op basis van de bouwkundige tekeningen behorende bij het definitief ontwerp van Drost + van Veen Architecten. Het betreft plattegronden, doorsneden en gevelaanzichten.

Bij de voorbereiding van de realisatie van het gebouw Plantagelaan 2 heeft de Veiligheidsregio Rotterdam (VRR) geadviseerd om nader onderzoek uit te voeren naar de noodzaak tot het treffen van maatregelen.

Het bouwplan voldoet aan de voorschriften uit het ontwerp bestemmingsplan van 3 augustus 2010. Daarom is geen omgevingsbesluit nodig voor de realisatie van het gebouw. De bouwvergunning¹ wordt niet getoetst aan de geldende regelgeving voor externe veiligheid. Door Ontwikkelingsbedrijf Rotterdam is aangegeven dat er na overleg door de VRR geadviseerd is om rekening te houden met het plasbrandaandachtsgebied (PAG).

1.1 Doel en vraagstelling

Het is wenselijk dat de gebruikers van het pand bij het optreden van een plasbrand voldoende tijd hebben om zichzelf in veiligheid te brengen. Met het huidige ontwerp van het gebouw is dat naar verwachting niet mogelijk. Bij het overleg met de veiligheidsregio Rotterdam op 12 augustus 2010 is er besproken dat, wanneer er niet veilig gevlucht kan worden, er minimaal gedurende 30 minuten veilig gewacht moet kunnen worden in het gebouw tot de brandweer de personen komt redden. Daarom dient onderzocht te worden welke (combinatie van) maatregelen leidt tot voldoende tijd voor de brandweer om de personen in veiligheid brengen.

De maatregelen zijn bedoeld ter bescherming van de aanwezigen. In dit rapport worden op basis van een analyse en berekeningen de volgende hoofdvragen beantwoord:

1. Welke maatregelen zijn nodig om in het geval van een plasbrand op de Nieuwe Maas een veilige vluchtsituatie te waarborgen voor de aanwezigen in het gebouw?
2. Zijn er mogelijk voorzieningen nodig aan het gebouw om de personen gedurende 30 minuten veilig te laten wachten tot de brandweer ze komt redden?

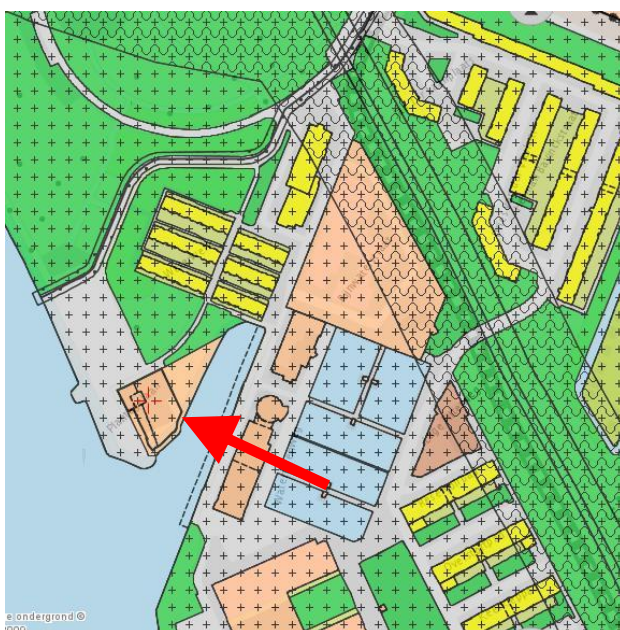
Op basis van de rapportage kan de initiatiefnemer, zo nodig in overleg met de gemeente en de VRR, in dit kader een gemotiveerde beslissing over te treffen maatregelen nemen.

¹ De Bouwbesluittoetsing van dit gebouw maakt geen onderdeel uit van het onderzoek.

2. Situatie en wettelijk kader

2.1 Beschrijving bouwplan

Aan de Plantagelaan 2 in Rotterdam wordt nabij de Nieuwe Maas een nieuw woongebouw ontwikkeld met een totale gebruiksoppervlakte van circa 1.100 m². De Nieuwe Maas bevindt zich aan de zuidwestzijde van het gebouw en ligt op een afstand van circa 30 meter, gemeten van de zuidwestgevel tot de kade van de Nieuwe Maas. Over de Nieuwe Maas worden onder meer brandbare gassen en vloeistoffen vervoerd. In de onderstaande figuur is de ligging van het gebouw ten opzichte van de Nieuwe Maas geïllustreerd.



Figuur 1: ligging Plantagelaan 2 Rotterdam (bron: www.ruimtelijkeplannen.nl)

Het nieuwe gebouw bestaat uit twee bouwlagen (begane grond en de eerste verdieping). De begane grond ligt circa 0.6 m boven meetniveau. Via een 'bordes' en trap wordt de entree ontsloten. De hoogst gelegen vloer van een verblijfsgebied bevindt zich op circa 3.7 m boven meetniveau.

Voor de ontsluiting van de eerste verdieping zijn twee trappen aanwezig. De nooduitgangen bevinden zich aan de zuidwestzijde van het gebouw (aan de zijde van de Nieuwe Maas).

2.2 Planologische inpasbaarheid

Voor het gebied waar de Plantagelaan deel van uitmaakt, is een ontwerp bestemmingsplan opgesteld. Het betreft bestemmingsplan met kenmerk DWL-de Esch van 3 augustus 2010. Volgens dit bestemmingsplan is het mogelijk om op deze locatie een gebouw met vier verschillende bestemmingen te realiseren. Het geprojecteerde gebouw voldoet hiermee aan het ontwerp bestemmingsplan.

Uit figuur 1 blijkt dat tussen de bouwgrens voor het kavel Plantagelaan 2 en de Nieuwe Maas een gebied ligt dat alleen bestemd is voor verkeer. De gemeente Rotterdam heeft aangegeven dat het bouwplan aan de regels uit het bestemmingsplan voldoet. Een omgevingsbesluit is daarom niet nodig. Het bouwplan is planologisch inpasbaar.

Voordat het plan gerealiseerd kan worden is een bouwvergunning nodig. De besluiten over dergelijke vergunningen zijn niet gekoppeld aan de regelgeving voor externe veiligheid.

2.3 Externe veiligheid

Externe veiligheid gaat over het beperken van de blootstelling van mensen aan een verhoogd gevaar als gevolg van activiteiten met gevaarlijke stoffen. De aan de productie, het behandelen of het vervoer van gevaarlijke stoffen verbonden risico's moeten volgens het beleid externe veiligheid aanvaardbaar blijven. De wet- en regelgeving voor externe veiligheid is dan ook gestoeld op een risicobenadering.

Op grond van de risicobenadering worden grenzen gesteld aan de risico's gelet op de kwetsbaarheid van de omgeving en vice versa. Het begrip risico wordt in beeld gebracht door middel van twee begrippen: het plaatsgebonden risico en het groepsrisico. Voor transportassen zijn de regels vastgelegd in de Circulaire Risiconormering vervoer gevaarlijke stoffen (RNVGS). Voor het plaatsgebonden risico geldt een grens- en een richtwaarde. De beoordeling van het groepsrisico vindt niet plaats door toetsing aan een vaste norm maar door middel van het afleggen van een verantwoording. Het bevoegd gezag beoordeelt hierbij de aanvaardbaarheid van het groepsrisico in het Omgevingsbesluit.

2.4 Plasbrandaandachtsgebied (PAG)

Voor de meest vervoerde stofsoort, namelijk brandbare vloeistoffen, is een extra veiligheidsambitie gedefinieerd in de in voorbereiding zijnde wetgeving. Het meest denkbare scenario rond infrastructuur is namelijk een plasbrand. Het zogenoemde plasbrandaandachtsgebied (PAG) houdt rekening met de effecten van een plasbrand in een gebied rond de infrastructuur en is van toepassing bij omgevingsbesluiten. Het concept Besluit transportroutes externe veiligheid (artikel 8) en de brief van de minister van Verkeer en Waterstaat aan de Tweede Kamer van 18 februari 2010 aangaande het vervoer van gevaarlijke stoffen is deze veiligheidsambitie uitgewerkt.

Het is de verwachting dat het bouwplan langs de Nieuwe Maas, gegeven de omvang van het transport, een PAG zal krijgen. Het PAG is een zone aan weerszijde van de waterweg. In deze zone moet, nadat de nieuwe wetgeving in werking is getreden, extra aandacht worden besteed aan zelfredzaamheid en hulpverlening ter beperking van mogelijke gevolgen van een incident met brandbare vloeistoffen.

Indien gekozen wordt voor bebouwing binnen het PAG, gelden in dit gebied aanvullende bouwkundige veiligheidseisen. De minister van VROM heeft in haar brief van 19 december 2009 aan Tweede Kamer aangekondigd onderzoek uit te voeren naar aanvullende technische (veiligheids)maatregelen op bestaande voorschriften uit de huidige bouwregelgeving.

Aan de precieze invulling van deze aanvullende technische voorschriften en de formulering daarvan wordt gewerkt. Deze aanvullende technische voorschriften zullen worden opgenomen in de Algemene Maatregel van Bestuur (AMvB) waarmee het Bouwbesluit en het Gebruiksbesluit worden geïntegreerd. Deze AMvB is nog niet in werking getreden.

Op dit moment is het PAG nog niet in werking getreden en de invulling ook nog niet duidelijk. Het Rijk heeft een handreiking aangekondigd voor het omgaan met het PAG. Uitgangspunten daarbij zijn voornamelijk:

- Beargumenteren waarom binnen het PAG wordt gebouwd.
- Argumentatie in samenhang met mogelijkheden tot bestrijdbaarheid van een plasbrand, eventueel in combinatie met maatregelen aan het gebouw (zelfredzaamheid).
- Besluitvorming hierover is een zaak voor de gemeenten, waarbij lokaal maatwerk mogelijk is.

2.5 Toetsingscriteria

2.5.1 Veilig vluchten

Tijdens het vluchten langs een brand mogen personen beperkt worden blootgesteld aan warmtestraling. Veilig vluchten wordt mogelijk geacht indien de warmtestralingsflux niet hoger is dan 2.5 kW/m² bij langdurige blootstelling².

2.5.2 Brandoverslag

Bij een plasbrand is er mogelijk gevaar voor brandoverslag aanwezig. Ter beoordeling hiervan wordt een beroep gedaan op de norm NEN 6068. Volgens deze norm is gedurende 30 minuten onvoldoende weerstand tegen brandoverslag aanwezig indien de warmtestralingsflux ter plaatse van gevelopeningen hoger is dan 15 kW/m². Indien hier niet aan voldaan wordt biedt het gebouw onvoldoende bescherming voor de aanwezigen en zullen extra maatregelen getroffen moeten worden.

² IPO 10, catalogus bouwkundige maatregelen externe veiligheid.

3. Definitie ongevalsscenario en effectanalyse

3.1 Kwalitatieve beschrijving

De gevolgen van het vrijkomen van brandbare vloeistoffen (stofklasse LF2) worden in eerste instantie bepaald door de plasgrootte en of er al dan niet ontsteking van de gevormde vloeistofplas plaatsvindt. Voorbeeld van zeer brandbare vloeistoffen die langs het onderhavige bouwplan vervoerd worden zijn mengsels van koolwaterstoffen zoals benzine. Het ongevalsscenario plasbrand kan daarom optreden. Bij het continu vrijkomen van een brandbare vloeistof uit een gat in een schip zal zich bij ontsteking een plasbrand vormen. De fysische effecten van brandbare vloeistoffen zijn voornamelijk warmtestraling en convectie. De plasbrand kan daarmee leiden tot hoge warmtestraling en vlamcontact op het geprojecteerde gebouw.

Door middel van berekeningen kan worden bepaald wat de oppervlakte van een plasbrand is bij het vrijkomen van brandbare vloeistoffen. Uit de berekeningen volgens 'Publicatiereeks Gevaarlijke Stoffen 2 – Methods for the Calculation of Physical Effects' (PGS2) blijkt dat bij een brand op water een plasbrand met een maximaal oppervlak van ongeveer 1.300 m² ontstaat. In bijlage 2 van deze rapportage is de berekening van de maximale plasbrand berekend.

3.2 Effectanalyse

Om de mogelijke consequenties van een plasbrand inzichtelijk te krijgen is het noodzakelijk om een kritisch c.q. conservatief scenario te definiëren. Hiertoe wordt uitgegaan van een scenario waarbij een tanker op de Nieuwe Maas ter hoogte van de zuidwestgevel van het gebouw zwaar beschadigd raakt. Gevolg is een lekkage waardoor uiteindelijk de volledige inhoud vrijkomt.

De consequenties van het ontsteken van deze plas zijn berekend middels de methode uit de PGS2. In hoofdstuk 6 ('Heat Flux from Fires') van deze reeks wordt aan de hand van verschillende invloeden een methode gegeven om de afmetingen van het vlamlichaam, de oriëntatie van het vlamlichaam ten opzichte van de ontvanger (in deze de gevel) en de oppervlaktestraling van het stralende lichaam te berekenen. Factoren die hierop van invloed zijn, zijn onder andere de windsnelheid en windrichting. Bij de berekening is er uitgegaan van zuidwestenwind met een snelheid van 5 m/s.

De warmteoverdracht door straling is naast de oppervlaktestraling van de bron, ook afhankelijk van de zogeheten 'zichtfactor'. Deze factor is representatief voor de fractie van de totale straling die het vlamoppervlak in alle richtingen verlaat en neerkomt op het doeloppervlak. Met behulp van het softwarepakket 'Wintherm 8.1.1' is het mogelijk aan driedimensionale vormen een oppervlaktetemperatuur (en daardoor een bronstraling) toe te kennen en de warmteoverdracht door straling naar andere objecten te berekenen.

De resultaten van de berekeningen zijn weergegeven op de tekeningen in bijlage 1. Hieruit volgt dat met voornoemde uitgangspunten geen vlamcontact ter plaatse van de gevel is te verwachten.

In bijlage 3 is dit nader geïllustreerd. Alle gebouwdelen zullen uitsluitend worden belast door warmtestraling. De optredende stralingsfluxen zijn aangegeven op de dak- en geveltekeningen. Hieruit kan geconcludeerd worden dat:

1. de stralingsfluxen op de gevels nergens hoger dan 15 kW/m^2 zijn. Dit betekent dat branduitbreiding volgens de norm NEN 6068:2008 niet te verwachten is;
2. de omvang van de stralingsfluxen ter plaatse van de zuidwestgevel te hoog zijn om het gebouw aan deze zijde te ontvluchten ($3.5\text{-}8 \text{ kW/m}^2$). De te realiseren maatregelen zijn afhankelijk van de zelfredzaamheid van de aanwezigen evenals de aanwezigheid van andere vluchtmogelijkheden;
3. de stralingsfluxen ter plaatse van het dak van het gebouw groter dan 15 kW/m^2 zijn waardoor volgens de NEN 6068:2008 hier wel gevaar voor brandoverslag aanwezig is.

In het volgende hoofdstuk worden de te realiseren voorzieningen nader beschouwd.

4. Maatregelen

Op basis van de resultaten uit hoofdstuk 3 worden in dit hoofdstuk de maatregelen die genomen kunnen worden beschouwd.

4.1 Scope

In dit rapport worden uitsluitend maatregelen aan de ontvanger beschouwd. Bronmaatregelen vallen buiten de scope van het onderzoek. Effectieve bronmaatregelen zoals het verlagen van de vaarsnelheid komen daarom niet aan bod. Ook andere ongevalsscenario's dan een plasbrand die kunnen optreden komen gezien de vraagstelling niet aan bod. Daarnaast is het aspect beheersbaarheid buiten beschouwing gelaten in dit rapport. Het adequaat kunnen bestrijden van een ongeval is vanzelfsprekend wel van belang. Onder meer de bereikbaarheid en de aanwezigheid van voldoende primaire blusmiddelen zijn belangrijke aandachtspunten.

Gezien de fase waarin het bouwplan verkeert en de stedenbouwkundige inpasbaarheid, zijn de volgende maatregelen als niet haalbaar aangemerkt:

- Afscherming door stralingswerende constructie. Een betonnen wand met hoogte waarop deze effectief afschermt (meer dan 30 meter) is niet inpasbaar.
- Watergordijn langs de gevels en op het dak. De betrouwbaarheid is lager dan brandtechnische voorzieningen aan de gevels en het dak.

4.2 Zelfredzaamheid

Zelfredzaamheid is het zichzelf kunnen onttrekken aan een dreigend gevaar, zonder daadwerkelijke hulp van hulpverleningsdiensten. Het zelfredzame vermogen van personen in de buurt van een risicobron is een belangrijke voorwaarde om grote effecten bij een incident te voorkomen. Centraal staat dat gebruikers van het pand bij het optreden van een plasbrand voldoende tijd hebben om zichzelf in veiligheid te brengen. De mate van het succes van zelfredzaamheid hangt af van drie elementen:

- de infrastructurele mogelijkheden, zowel in het gebouw als het omliggende gebied;
- de fysieke mogelijkheden van de aanwezigen;
- de mentale mogelijkheden van de aanwezigen.

Het voornaamste aspect in geval van een plasbrand is dat in ieder geval één vluchtroute altijd begaanbaar moet blijven. De capaciteit van deze vluchtroute wordt enerzijds bepaald door de snelheid waarmee branduitbreiding naar verblijfsgebieden in het gebouw kan plaatsvinden, en anderzijds door interne barrières in de vorm van brandscheidingen.

4.2.1 Infrastructureel

Op gebouwniveau dient aan de brandveiligheidsvoorschriften uit het Bouwbesluit 2003 te worden voldaan³. Alle gebouwingangen zijn gelegen aan de zuidwestzijde en grenzen zodoende aan de Nieuwe Maas. In het geval van een plasbrand is het dan ook niet mogelijk om het gebouw te ontluchten. Uit de berekening volgt immers dat de stralingsflux ter plaatsen van deze uitgangen te hoog zijn voor een veilige ontluchting (zie hierboven). Omdat er niet gevlucht kan worden, zijn er voorzieningen nodig waardoor personen in het gebouw in veiligheid kunnen worden gebracht tot de brandweer ze komt redden.

4.2.2 Fysieke mogelijkheden

Het gebouw zal in de meeste gevallen door personen gebruikt worden die fysiek zelfredzaam zijn. De personen die in het gebouw verblijven worden daar behandeld voor een verslaving. Incidenteel kan het uiteraard voorkomen dat aanwezigen verminderd alert zijn.

4.2.3 Mentale mogelijkheden

Door middel van de risicocommunicatie zullen aanwezigen in het gebouw op de hoogte worden gebracht van potentiële rampen. De waarschuwingstijd vanuit het 'Rampenplan Rotterdam' is hierbij van belang en moet gekoppeld worden aan het calamiteitenplan van het gebouw. Bij een plasbrand op de Nieuwe Maas zal de natuurlijke reactie vluchten zijn (in tegenstelling tot het vrijkomen van een onzichtbaar toxisch gas). Zoals is aangegeven zijn de stralingsfluxen ter plaatsen van de uitgangen van het gebouw te hoog voor een veilige ontluchting.

Een voordeel bij de ontruiming van het gebouw is dat er 24 uur per dag medewerkers aanwezig zijn die de ontruiming kunnen begeleiden. Hierdoor kunnen de bewoners van het woongebouw als één groep benaderd worden. De BHV-organisatie moet op de hoogte zijn van de in dat geval te volgen procedure en vluchtroute. Een hoofdstuk 'ongevalscenario plasbrand' en een daaraan gekoppelde procedure moet daarom in het calamiteitenplan van het gebouw worden opgenomen. Aandachtspunt is dat bij een ongeval in de nabijheid van het gebouw er niet gevlucht mag worden tot de brandweer aanwezig is om de personen uit het gebouw te redden.

4.2.4 Conclusies

Het huidige ontwerp bevat geen vluchtweg die voldoende van de Nieuwe Maas is afgericht. Het is niet mogelijk om gebruik te maken van de grond achter het gebouw voor de ontluchting, aangezien deze grond wordt verpacht. De huurder van deze grond wil geen overpad verlenen. Dit betekent dat het gebouw zorg moet dragen voor voldoende veiligheid van de aanwezigen. Uit de resultaten van de berekeningen kan worden opgemaakt dat voorzieningen noodzakelijk zijn waardoor de aanwezigen, onder begeleiding van de BHV-organisatie, voldoende tijd wordt verschaft om de direct bedreigde gebieden te ontruimen. Het betreft de verblijfsruimten gelegen aan de zuidwestgevel.

³ Een beoordeling hiervan is geen onderdeel van het onderzoek in dit rapport.

4.3 Maatregelen aan het gebouw

Om er voor te zorgen dat personen gedurende 30 minuten in het gebouw kunnen verblijven zijn de volgende maatregelen noodzakelijk:

1. Ter plaatse van de gebouwdelen die door de plasbrand worden belast met een straling van meer dan 15 kW/m^2 dienen openingen (in de zin van NEN 6068) 30 minuten brandwerend te worden uitgevoerd. Dit betekent alle open delen in de dakconstructie (d.i. doorvoeren van kanalen voor installaties, ventilatieroosters, dakluiken e.d.).
2. De zuidwestgevel dient stralingswerend te worden uitgevoerd. Hiertoe kan er gekozen worden voor stralingswerende beglazing of brandwerende rolschermen. Aandachtspunt hierbij is dat alle te openen delen in deze gevel zelfsluitend moeten worden uitgevoerd. Als er gekozen wordt om rolschermen toe te passen zal hiervoor gebruikgemaakt moeten worden van een gecertificeerde installatie voor het sluiten van het rolscherm.

Gezien de in het ontwerp verwachte aanwezigheid van isolatieglas in de zuidwestgevel, noodzakelijk omdat de verblijfsgebieden geklimatiseerd zijn, is het zinvol om te kiezen voor stralingswerende beglazing. Soortgelijke constructies zijn namelijk door DGMR bij Efectis getest en kunnen gedurende 30 minuten aan het stralingscriterium (W) uit NEN 6069 voldoen⁴. Belangrijke voorwaarde is dat de HR-coating op positie 3 wordt aangebracht, ofwel de spouwzijde van het binnenblad. Elk type HR-coating dat op de markt beschikbaar is, volstaat hiertoe. Aanbevolen wordt om de uiteindelijke technische uitwerking voor te leggen aan DGMR.

Tot slot dienen de wanden tussen het woongebouw en de zuurstofopslag conform PGS-15 60 minuten brandwerend te worden uitgevoerd. Hieraan kan ondermeer voldaan worden met de beoogde kalkzandsteenwand met een dikte van 100 mm.

⁴ Overeenkomstig brandoverslag in verticale richting volstaat 30 minuten om een WBDBO van 60 minuten te realiseren.

5. Conclusies

In opdracht van Ontwikkelingsbedrijf Rotterdam is door DGMR onderzocht wat de gevolgen van een plasbrand kunnen zijn voor het beoogde IBW-gebouw aan de Plantagelaan 2 te Rotterdam. Op basis van de bovenstaande beoordeling wordt het volgende geconcludeerd:

- Uit de berekeningen volgt dat de optredende stralingsfluxen te hoog zijn om het gebouw aan de zuidwestzijde te kunnen ontluchten. Omdat het gebouw uitsluitend aan deze zijde kan worden verlaten dienen de aanwezigen bij een plasbrand door het gebouw beschermd te worden. Met het bevoegd gezag is er afgesproken dat dit gedurende 30 minuten noodzakelijk is.
- Gevaar voor branduitbreiding als gevolg van een plasbrand is conform NEN 6068 te verwachten ter plaatse van het dak. Om dit te voorkomen dienen alle openingen 30 minuten brandwerend te worden uitgevoerd.
- Er is conform NEN 6068 geen gevaar voor branduitbreiding te verwachten via de zuidwestgevel. Door de optredende stralingsfluxen zijn stralingswerende voorzieningen in deze gevel noodzakelijk. Hiertoe zijn enkele mogelijkheden voorhanden. Indien isolatieglas aanwezig is, dan wordt er geadviseerd om deze te voorzien van een aanvullende HR-coating.

Slotbeschouwing

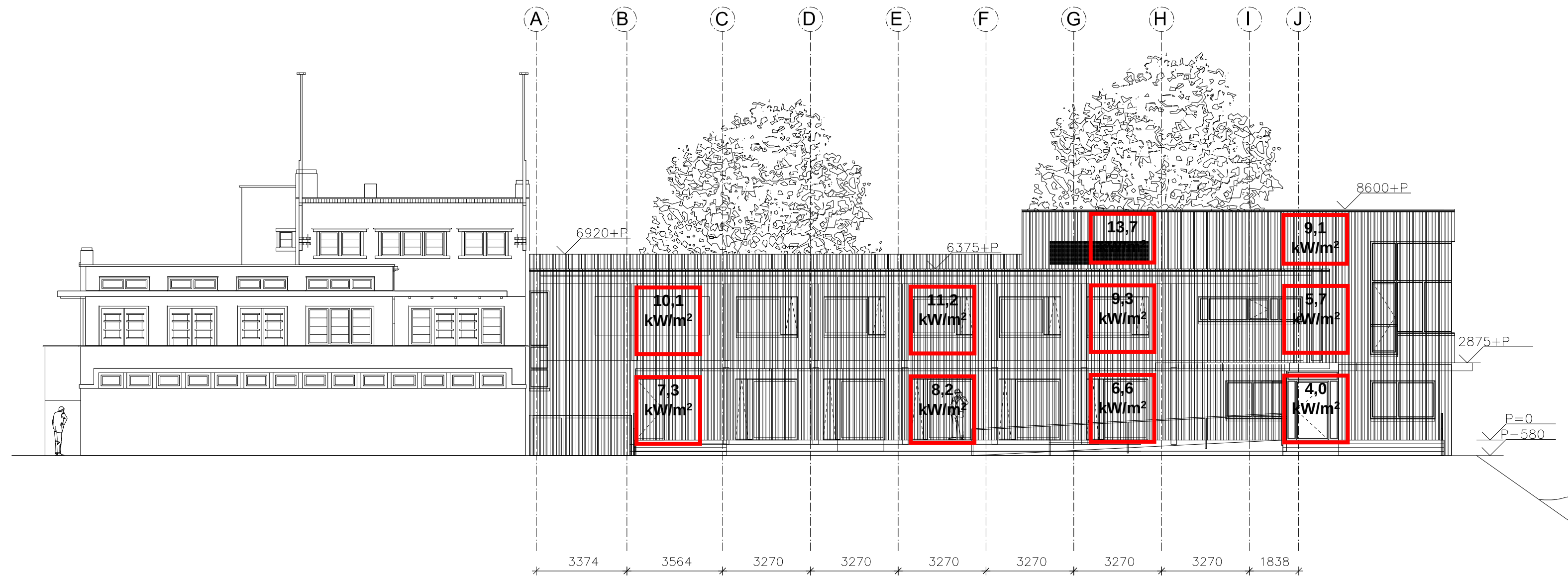
Bij de afweging over het nemen van maatregelen kan ook de kanscomponent van het risico worden betrokken. In dit rapport zijn uitsluitend de effecten van een plasbrand behandeld. Bij de aankondiging van de verankering van het plasbrandaandachtgebied in de wetgeving is overigens opgemerkt dat dit een effectbenadering is.

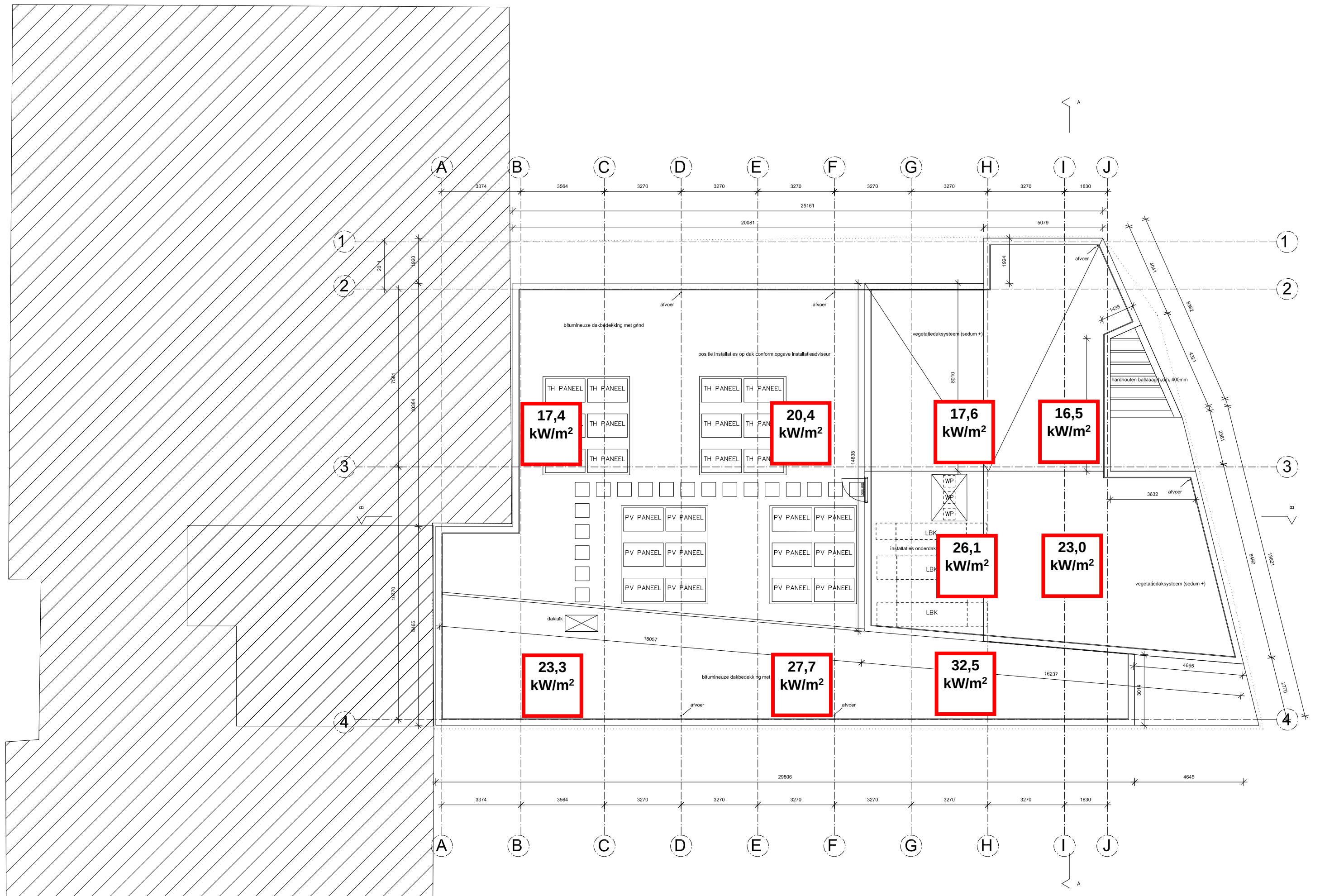
Den Haag, 5 mei 2011

DGMR Bouw B.V.

Bijlage 1

Plattegronden en gevels





Berekening vlamafmeting

Stap 1

$$\begin{aligned}A_0 &= \pi/4 \times d_h^2 \\&= \pi/4 \times 0.5^2 \\&= 0.1963 \text{ m}^2\end{aligned}$$

Stap 2

$$\begin{aligned}v_0 &= C_0 \times (2 \times g \times h_i)^{1/2} \\&= 0.7 \times (2 \times 9.80665 \times 7.64)^{1/2} \\&= 8.5688 \text{ m/s}\end{aligned}$$

Stap 3

$$\begin{aligned}a &= (C_0 \times A_0/A_t)^2 \times g \\&= (0.7 \times 0.1963/19.63)^2 \times 9.80665 \\&= 4.808 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}^2\end{aligned}$$

Stap 4

$$m'' = 0.085 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{s}$$

Stap 5

$$\begin{aligned}\tau &= m'' \times t/(\rho \times \delta) \\&= 0.085 \times t/(882 \times 0.02) \\&= 3.2124 \cdot 10^{-3} \times t\end{aligned}$$

Stap 6

$$\begin{aligned}\Phi &= m'' \times \pi \times R^2/(\rho \times A_0 \times v_0) \\&= 0.085 \times 3.1416 \times R^2/(882 \times 0.1963 \times 8.5688) \\&= 1.7995 \cdot 10^{-4} \times R^2\end{aligned}$$

Stap 7

$$\begin{aligned}\beta' &= (a \times \delta \times \rho/(v_0 \times m'')) \\&= (4.808 \cdot 10^{-4} \times 0.02 \times 882/(8.5688 \times 0.085)) \\&= 1.7466 \cdot 10^{-2}\end{aligned}$$

Stap 8

$$\begin{aligned}\Phi(\tau) &= 1 + \beta'(1 - \tau) - [1 - \Phi_i + \beta'(1 - \tau_i)] e^{-(\tau - \tau_i)} \\&= 1 + 1.7466 \cdot 10^{-2} \times (1 - \tau) - (1 + 1.7466 \cdot 10^{-2}) \times e^{-\tau}\end{aligned}$$

Stap 9

$$\begin{aligned}T_{\max} &= \ln((1 + \beta')/\beta') \\&= \ln((1 + 1.7466 \cdot 10^{-2})/1.7466 \cdot 10^{-2}) \\&= 4.0648\end{aligned}$$

$$\tau = 3.2124 \cdot 10^{-3} \times t$$

$$\begin{aligned}t_{\max} &= 4.0648/3.2124 \cdot 10^{-3} \\&= 1265 \text{ s} \\&= 0.35 \text{ h}\end{aligned}$$

Stap 10

$$\begin{aligned}\Phi_{\max} &= 1 + (1.7466 \cdot 10^{-2} \times (1 - 4.0648)) - (1 + 1.7466 \cdot 10^{-2}) \times e^{-4.0648} \\ &= 1.0535\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}R_{\max} &= (\Phi/1.7995 \cdot 10^{-4})^{1/2} \\ &= (0.9998/1.7995 \cdot 10^{-4})^{1/2} \\ &= 16.408 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}D_{\max} &= 2 \times R_{\max} = 2 \times 16.408 \\ &= 32.81 \text{ m}\end{aligned}$$

Stap 11

$$\begin{aligned}t_{\text{rel}} &= (A_t/(C_0 \times A_0)) \times (2 \times h_i/g)^{1/2} \\ &= (19.63/(0.7 \times 0.1963)) \times (2 \times 7.64/9.80665)^{1/2} \\ &= 178 \text{ s} \\ &= 0.01 \text{ h}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}T &= 3.2124 \cdot 10^{-3} \times t \\ &= 3.2124 \cdot 10^{-3} \times 178 \\ &= 0.57\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Phi &= 1 + (1.7466 \cdot 10^{-2} \cdot (1 - 0.57)) - (1 + 1.7466 \cdot 10^{-2})e^{-0.57} \\ &= 0.43614\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}t_{\text{tot}} &= t_{\text{rel}} + \delta \times \rho/m'' \\ &= 178 + 0.03 \times (882/0.085) \\ &= 489.5 \text{ s}\end{aligned}$$

Stap 12

$$\begin{aligned}u_c &= (g \times m'' \times D/\rho_{\text{air}})^{1/3} \\ &= (9.80665 \times 0.085 \times 32.81/1.2243)^{1/3} \\ &= 2.816 \text{ m/s}\end{aligned}$$

Stap 13

$$\begin{aligned}u^* &= u_w/u_c \\ &= 5/2.816 \\ &= 1.775\end{aligned}$$

Stap 14

$$\begin{aligned}L/D &= 55 \times (m''/(\rho_{\text{air}} \times (g \times D)^{1/2}))^{0.67} \times (u^*)^{-0.21} \\ &= 55 \times (0.085/(1.2243 \times (9.80665 \times 32.81)^{1/2}))^{0.67} \times (1.77)^{-0.21} \\ &= 1.1797\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}L &= 1.1797 \times D \\ &= 1.1797 \times 32.81 \\ &= 38.71 \text{ m}\end{aligned}$$

Step 15

$$\begin{aligned}\text{Fr}_{10} &= uw^2/(g \times D) \\ &= 5^2/(9.80665 \times 32.81) \\ &= 0.0776\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Re} &= uw \times D/\nu \\ &= 5 \times 38.71/7.513 \cdot 10^{-6} \\ &= 2.18 \cdot 10^7\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\tan\Theta/\cos\Theta &= 0.666 \times (\text{Fr}_{10})^{0.333} \times (\text{Re})^{0.117} \\ &= 0.666 \times (0.0776)^{0.333} \times (2.18 \cdot 10^7)^{0.117} \\ &= 2.0542\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Theta &= \arcsin(((4 \times c^2 + 1)^{1/2} - 1)/(2 \times c)) \\ &= \arcsin(((4 \times 2.0542^2 + 1)^{1/2} - 1)/(2 \times 2.0542)) \\ &= 51.84^\circ\end{aligned}$$

Step 16

$$\begin{aligned}D'/D &= 1.5 \times (\text{Fr}_{10})^{0.069} \\ &= 1.5 \times (0.0776)^{0.069} \\ &= 1.369\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}D' &= 1.2599 \times 32.81 \\ &= 44.929 \text{ m}\end{aligned}$$

Step 17

$$\begin{aligned}\text{SEP}_{\text{act}} &= 140 \cdot 10^3 \times e^{-0.12 \times D} + 20 \cdot 10^3 \times (1 - e^{-0.12 \times D}) \\ &= 140 \cdot 10^3 \times e^{-0.12 \times 32.81} + 20 \cdot 10^3 \times (1 - e^{-0.12 \times 32.81}) \\ &= 2730.38 + 19609.94 = 23.338 \cdot 10^3 \text{ J/m}^2 \cdot \text{s}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{SEP}_{\text{max}} &= F_s \times m'' \times \Delta H_c / (1 + 4 \times L/D) \\ &= 0.4 \times 0.085 \times 4.0185 \cdot 10^7 / (1 + 4 \times 1.1797) \\ &= 23.89 \cdot 10^4 \text{ J/m}^2 \cdot \text{s}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{SEP}_{\text{act}} &= \text{SEP}_{\text{max}} \times (1 - \zeta) + \text{SEP}_{\text{soot}} \times \zeta \\ &= 23.89 \cdot 10^4 \times (1 - 0.8) + 20 \cdot 10^3 \times 0.8 \\ &= 6.378 \cdot 10^4 \text{ J/m}^2 \cdot \text{s}\end{aligned}$$

C_G	constant Walden's rule (2.66)	m
d_d	droplet diameter (2.143a)	m
d_h	hole diameter (2.208)	m
d_p	(inner) pipe diameter (2.31)	m
d_v	vessel diameter (2.68b)	m
d_0	droplet diameter at ground level (2.151)	m
d_M	maximum rain-out droplet (2.148)	m
d_R	radius ratio defined by (2.134a)	-
D	diffusion coefficient (2.144b)	m^2/s
D_c	toxic load (2.214)	$(kg/m^3)^n \cdot s$
f_D	Darcy friction factor defined by (2.201a)	-
f_F	Fanning friction factor (2.204)	-
F_1	function of pressure (2.118)	-
F_2	function of pressure (2.127)	N/m^2
F_3	function of pressure (2.129a)	-
F_4	function of pressure (2.128a)	N/m^2
$f_{\Phi v1}$	flow dependent parameter in Diers model (2.65)	-
$f_{\Phi v2}$	flow dependent parameter in Diers model (2.65)	-
g	gravitational acceleration (2.68A)	m/s^2
G	mass flux (2.94)	$kg/(m^2 \cdot s)$
h_f	fluid height (2.93)	m
h_h	height leak in vessel (par. 2.6.3.1)	m
h_L	liquid height (2.70)	m
$h_{L,0}$	pipe inlet height (2.96)	m
$h_{L,2}$	pipe height at end of second flow regime (2.96)	m
$h_{L,e}$	pipe outlet height (2.105)	m
$h_{L,3}$	height difference in third regime (2.105)	m
h_s	source height (2.148)	m
H	specific enthalpy (2.4)	J/kg
H_e	specific enthalpy at exit conditions (2.1a)	J/kg
H_f	specific enthalpy after flashing (2.1a)	J/kg
H_j	specific enthalpy after evaporation droplets (2.156)	J/kg
H_L	specific enthalpy of liquid (2.116)	J/kg
H_V	specific enthalpy of vapour (2.140)	J/kg
$H_{L,0}$	idem at initial storage temperature (2.116)	J/kg
H_0	specific enthalpy at initial conditions (2.5)	J/kg
Δh_L	height difference during the flow (2.96)	m
Δh_{Lp}	head loss defined by (2.202)	m
i	time-step counter	-
k_B	droplet evaporation coefficient (2.146)	m^2/s
K_i	resistance coefficient defined by (2.209)	-
l_p	pipe length (2.31)	m
l_v	length cylinder (par. 2.6.3.1)	m

L_v	heat of vaporisation (2.66)	J/kg
$L_{v,w}$	heat of vaporisation of water (2.161)	J/kg
$LN(x)$	natural logarithm of argument x	-
$^{10}LOG(x)$	common logarithm of argument x	-
Δl_i	distance along the pipe from rupture to interface (2.126)	m
n	number of moles (2.9a)	-
N_t	number of time-steps (2.12)	-
p	pressure ratio (2.47b)	-
p_{cr}	critical flow pressure ratio (2.47d)	-
p_f	final pressure ratio (2.47c)	-
P	(absolute) pressure (2.8)	N/m ²
P_a	ambient (atmospheric) pressure (2.1b)	N/m ²
P_c	critical pressure of the chemical (2.11a)	N/m ²
P_e	exit pressure in the pipe (2.1b)	N/m ²
P_h	(hydraulic) liquid pressure (2.195)	N/m ²
P_i	upstream pressure at interface (2.46)	N/m ²
P_{aL}	external pressure above liquid (2.195)	N/m ²
P_R	reduced pressure (2.11)	-
Pr	Prandtl number (2.144c)	-
P_v°	saturated vapour pressure (2.1d)	N/m ²
P_0	initial pressure (2.95)	N/m ²
P^*	corrected pressure (2.118c)	N/m ²
ΔP	pressure drop (2.29a)	N/m ²
q_s	mass flow (discharge rate) (2.14)	kg/s
$q_{s,e}$	exit flow rate (2.121)	kg/s
$q_{s,0}$	initial mass outflow (discharge) rate (2.35)	kg/s
$q_{s,\phi m=1}$	initial mass flow rate vapour only (2.82)	kg/s
Q	(total) mass content (2.83)	kg
Q_H	heat transferred into a system (2.18a)	J/mol
Q_L	liquid mass (2.71)	kg
Q_0	initial total mass content (2.35)	kg
Q_V	vapour mass (2.72)	kg
$Q_{V,0}$	initial vapour mass (2.81)	kg
R	gas constant (2.9a)	J/(mol·K)
Re	Reynolds number (2.98)	-
RH	relative humidity (2.157)	-
s_p	circumference of a pipe (2.208)	m
S_L	specific entropy of liquid phase (2.111)	J/(kg·K)
S_V	specific entropy of vapour phase (2.111)	J/(kg·K)
t	time from the start of the outflow (2.12)	s
t_0	time when droplet reaches the ground (2.150)	s
t_v	duration vapour blown-out (2.81)	s
t_B	time constant in the Wilson model (2.35)	s
t_E	maximum time validity model (2.42)	s
Δt_E	duration release remaining liquid (2.130b)	s

T	absolute temperature (2.8)	K
T_c	critical temperature of a chemical (2.11b)	K
T_d	droplet temperature (2.146)	K
T_{disp}	temperature after expansion to ambient (2.178)	K
T_e	exit temperature (2.113)	K
T_j	temperature after evaporation droplets (2.155)	K
T_m	melting point (2.113)	K
T_{sh}	shatter temperature limit (2.3)	K
T_B	normal boiling point (2.1d)	K
T_0	initial temperature (2.39c)	K
T_R	reduced temperature (2.11)	-
T_{3p}	triple point temperature (par. 2.2.3.3)	K
$\delta T_{sc,0}$	initial sub-cooling (par. 2.3.4.4.2)	K
u	(fluid) velocity (2.6)	m/s
u_a	wind speed (2.177)	m/s
u_b	bubble rise velocity (2.59)	m/s
u_g	gas velocity (2.204a)	m/s
u_d	droplet free fall velocity (2.145)	m/s
u_e	fluid velocity at exit (2.1a)	m/s
u_f	fluid velocity after flashing (2.1a))	m/s
u_j	fluid velocity after evaporation droplets (2.166)	m/s
u_s	speed of sound (2.39a)	m/s
$u_{s,L}$	speed of sound in liquid (2.122)	m/s
$u_{s,V}$	speed of sound in vapour (2.120)	m/s
u_L	velocity liquid phase (2.114)	m/s
u_V	superficial (average) vapour velocity (2.58)	m/s
u_{VR}	dimensionless superficial velocity (2.61)	-
$u_{VR,bf}$	minimum value u_{VR} for bubbly flow (2.62a)	-
$u_{VR,cf}$	minimum value u_{VR} for churn flow (2.62c)	-
U	internal energy of the gas (2.18a)	J/mol
v	specific volume (2.8)	m ³ /kg
v_F	specific volume fluid (2.93)	m ³ /kg
$v_{F,e}$	fluid specific volume at the outlet (2.103)	m ³ /kg
$v_{F,i}$	specific volume at resistance site (2.108)	m ³ /kg
v_L	specific volume of the liquid phase (2.95)	m ³ /kg
v_V	specific volume vapour (2.110)	m ³ /kg
V_c	critical volume (2.11d)	m ³ /mol
V	vessel volume (2.71)	m ³
V_{disp}	V after expansion to ambient windspeed (2.177)	m ³
V_f	cloud volume after flashing (2.171)	m ³
V_j	cloud volume after evaporation droplets (2.176)	m ³
$V_{L,E}$	expanded 'liquid' volume in the vessel (2.69)	m ³
$V_{L,0}$	initial liquid volume in the vessel (2.69)	m ³
V_p	pipeline volume (2.136)	m ³
V_R	reduced volume (2.11d)	-
We	Weber number (2.142)	-
x	length variable along the pipe (2.97)	m
x_s	distance to the source (2.210)	m
z	compressibility factor (2.10a)	-

Greek symbols

β	isothermal compressibility (2.7)	m^2/N
γ	specific heat ratio (Poisson ratio) defined by (2.26)	-
ε	wall roughness (2.40)	m
η_L	dynamic viscosity of liquid phase (2.102)	$\text{N}\cdot\text{s}/\text{m}^2$
η_V	dynamic viscosity of vapour phase (2.102)	$\text{N}\cdot\text{s}/\text{m}^2$
η_{tp}	dynamic viscosity two-phase fluid (2.101)	$\text{N}\cdot\text{s}/\text{m}^2$
λ	thermal conductivity (2.144c)	$\text{J}/(\text{m}\cdot\text{s}\cdot\text{K})$
μ_i	molecular mass (weight) chemical i (2.9b)	kg/mol
ξ	liquid fraction in vessel (2.84)	-
ρ	density (2.9c)	kg/m^3
ρ_F	average fluid density (2.91)	kg/m^3
ρ_L	liquid density (2.59)	kg/m^3
ρ_{tp}	density two-phase fluid (2.101)	kg/m^3
ρ_V	vapour density (2.58)	kg/m^3
ρ_e	density at exit (2.1b)	kg/m^3
ρ_f	density after flashing (2.1b)	kg/m^3
ρ_j	density after evaporation droplets (2.176)	kg/m^3
σ	surface tension (2.59)	N/m
σ_x	downwind dispersion parameter (2.210)	m
ζ	constant (2.33)	-
τ_{cr}	dimensionless sonic blow-down time (2.46)	-
τ_i	specific volume ratio defined by (2.108)	-
τ_s	dimensionless subsonic blow-down time (2.47a)	-
τ_v	time constant in Weiss model (2.43)	s
ν_a	kinematic viscosity of air (2.145)	m^2/s
ν_L	liquid kinematic viscosity (2.67)	m^2/s
ν_V	vapour kinematic viscosity (2.67)	m^2/s
ϕ	filling degree vessel (2.63)	m^3/m^3
$\phi_{m,e}$	quality (mass fraction vapour) at the exit (2.58)	kg/kg
Φ_m	quality (mass fraction vapour) (2.92)	kg/kg
$\Phi_{m,f}$	quality (mass fraction vapour) after flashing (2.2)	kg/kg
Φ_v	void fraction (2.62a)	m^3/m^3
$\Phi_{v,av}$	average void fraction (2.63)	m^3/m^3
ψ	outflow coefficient (2.22)	-

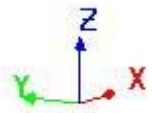
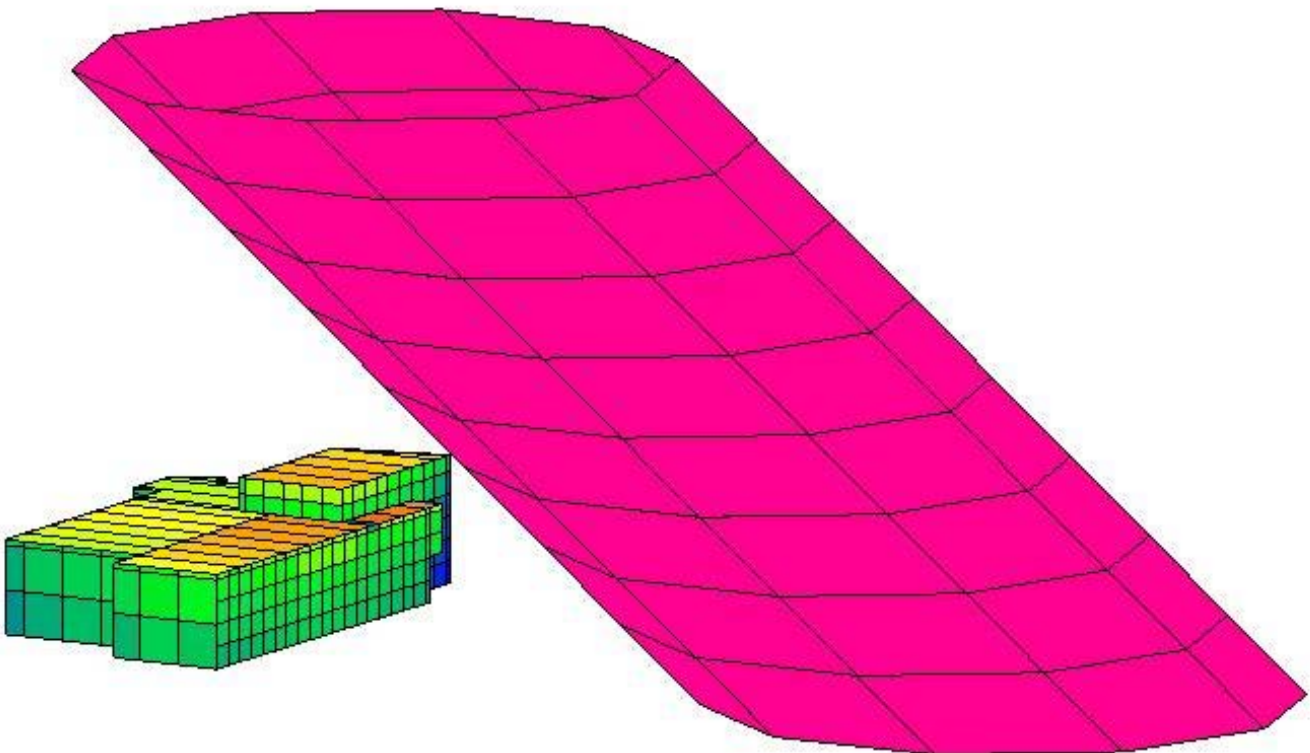
Mathematical symbols

C	general constant
ΔX	change in quantity X
δX	small change in quantity X
dx	differential of X
∂X	partial differential of X

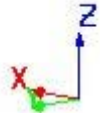
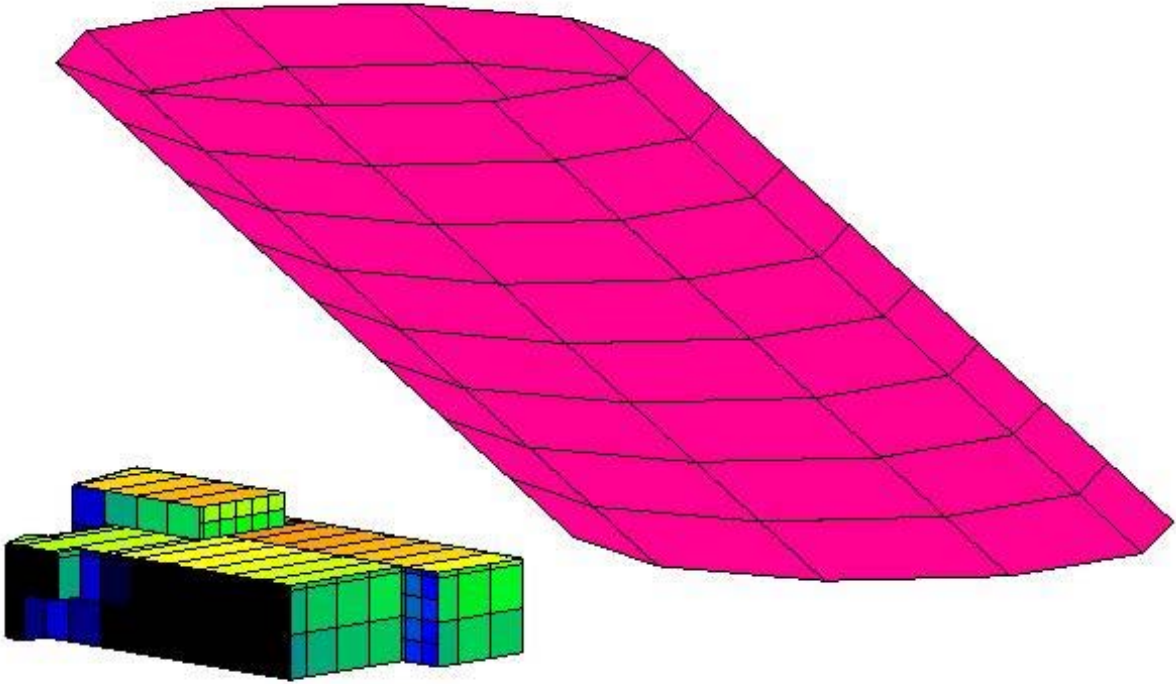
Note: the numbers between brackets refer to equations.

Wintherm 8.8.1 model

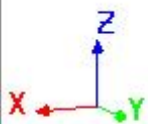
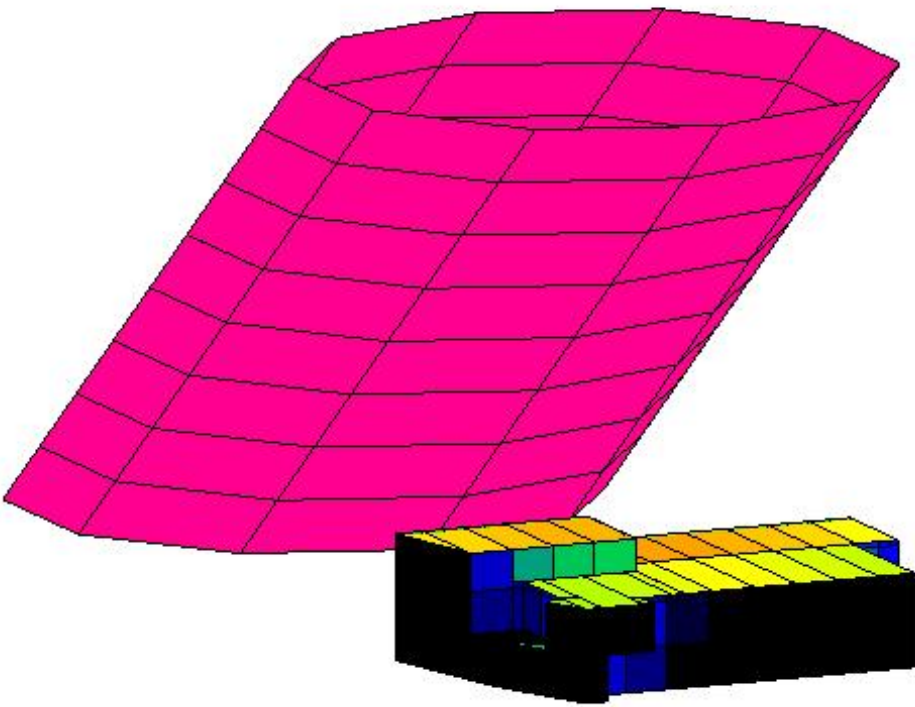
Model size (mm):
X = 38308.6
Y = 90641.6
Z = 37973



Model size (mm):
X = 38308.6
Y = 90641.6
Z = 37973



Model size (mm):
X = 38308.6
Y = 90641.6
Z = 37973



Model size (mm):

X = 38308.6

Y = 90641.6

Z = 37973

