



Hittestralingsberekeningen

Tankpark G1-1

FPC Risk Part of Sweco Referentie
5313324001

Datum
27.01.26

Opgesteld voor
GTS – Bulk Storage Solutions

Inhoudstafel

1	Algemeen	3
1.1	Introductie.....	3
1.2	Richtlijnen.....	3
1.3	Locatie omschrijving.....	3
2	Hittestralingsberekeningen	4
2.1	Achtergrond	4
2.2	Uitgangspunten hittestralingsberekeningen	5
2.3	Resultaten	5
2.3.1	Hittestralingscontouren tankbrand tankpark G1-1	5
3	Conclusie	10
4	Bijlage	11
4.1	Bijlage 1 – Phast 8.23 software	11

1 Algemeen

1.1 Introductie

GTS – Bulk Storage Solutions is onder andere gespecialiseerd in de opslag van biofuels, vloeibare meststoffen en petroleum gebaseerde producten. Hierbij wordt tankpark G1-1 (4 tanks) gebruikt voor de opslag van benzine en jet fuel.

GTS – Bulk Storage Solutions heeft aan FPC Risk, Part of Sweco, gevraagd om hittestralingsberekeningen uit te voeren voor de 4 tanks in tankpark G1-1 ter verificatie van de toegepaste koeldensiteiten op de omliggende tanks. Momenteel worden de tanks gekoeld aan 3 l/min/m². Zowel de tankwand als het dak zijn telkens voorzien van twee koelringen.

1.2 Richtlijnen

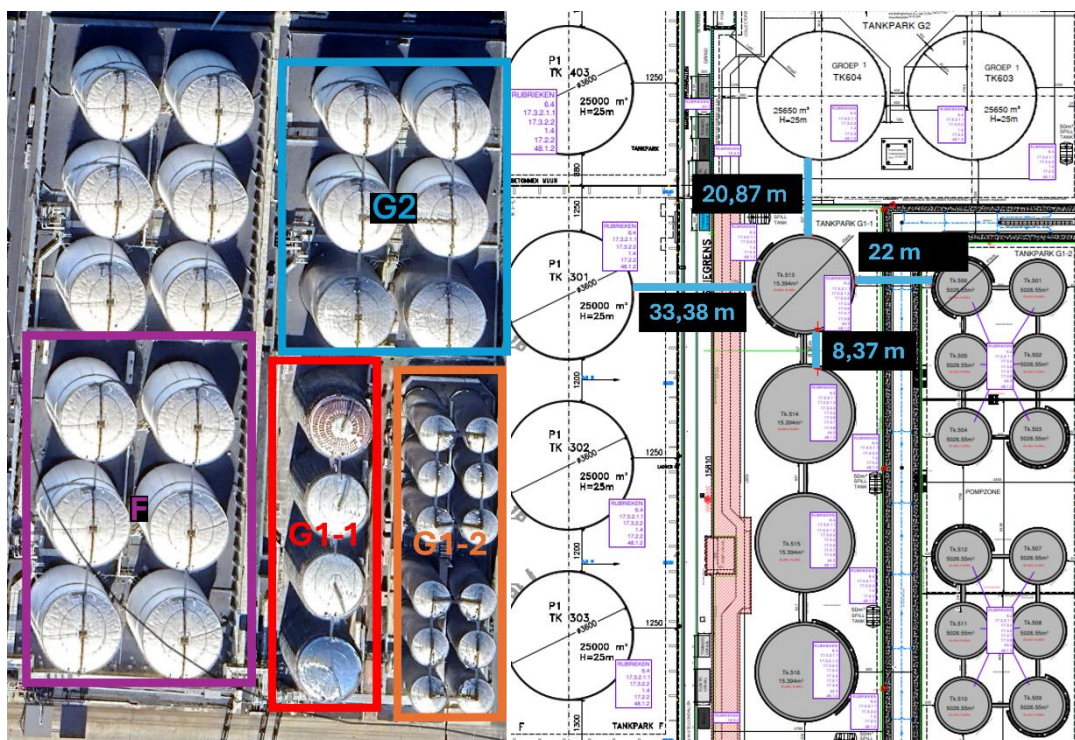
De volgende richtlijnen werden geraadpleegd:

- Energy Institute Model Code of Safe Practice Part 19 (EI 19);
- NFPA 15: Standard for Water Spray Fixed Systems for Fire Protection.

1.3 Locatie omschrijving

Tankpark G1-1 bevat zelf 4 tanks. Deze tanks hebben allen een diameter van 28 meter en een hoogte van 25 meter. Alle tanks zijn ook voorzien van een vast dak.

Tankpark G1-1 is langs 3 zijden omgeven door andere tankparken (tankpark G1-2, tankpark F en tankpark G2), die elk ook hun eigen tanks bevatten (zie Figuur 1). De relevante afstanden tussen de tanks binnen tankpark G1-1 onderling en de afstanden tussen tanks in tankpark G1-1 en naburige tanks in de omliggende tankparken zijn visueel weergegeven in Figuur 1. Deze afstanden werden bepaald a.d.h.v de informatie die werd overhandigd aan FPC Risk.



Figuur 1: Aanduiding van de relevante tankparken (links) en relevante afstanden (rechts).

2 Hittestralingsberekeningen

2.1 Achtergrond

EI 19 stelt minimale tussenafstanden voor tanken met een vast dak met een diameter > 10 meter. Concreet dienen de tanks minstens $0,5 \times$ diameter grootste tank (of de diameter van de kleinste tank) van elkaar verwijderd zijn. In het geval van brandoverslag van een tank in tankpark G1-1 naar een tank in een naburig tankpark, wordt altijd voldaan aan deze voorwaarde. Dit betekent dat voor de blootgestelde tanks in een naburig tankpark een koeling van 2 l/min/m^2 zeker volstaat (conform EI 19).

In het geval van brandoverslag tussen tanks in tankpark G1-1 onderling, wordt niet voldaan aan deze voorwaarde ($28/2 > 8,37$). Vanwege de beperkte scheidingsafstanden moeten de koeldensiteiten bepaald worden op basis van de werkelijke hittestraling. Hiervoor wordt verwezen naar NFPA 15 voor de minimale vereiste koeldensiteiten per stralingsniveau.

De zones worden als volgt ingedeeld:

- $> 30 \text{ kW/m}^2$: $10,2 \text{ l/min/m}^2$ vereist;
- Tussen 30 kW/m^2 en $24,3 \text{ kW/m}^2$: $4,1 \text{ l/min/m}^2$ vereist;
- Tussen $24,3 \text{ kW/m}^2$ en $18,9 \text{ kW/m}^2$: 3 l/min/m^2 vereist;
- Tussen $18,9 \text{ kW/m}^2$ en 10 kW/m^2 : 2 l/min/m^2 vereist;
- $< 10 \text{ kW/m}^2$: geen koeling vereist.

Deze indeling is gebaseerd op NFPA 15 Annex 7.4.2 waarin wordt uitgelegd dat een koeldensiteit van $10,2 \text{ l/min/m}^2$ gebaseerd is op de densiteit nodig om de hittestraling te reduceren naar $18,9 \text{ kW/m}^2$.

Van deze 10,2 l/min/m² is 8,2 l/min/m² noodzakelijk voor de reductie en wordt de overige 2 l/min/m² als buffer genomen.

2.2 Uitgangspunten hittestralingsberekeningen

De hittestralingscontouren (2D en side view) zijn berekend met behulp van de Phast 8.23 software (zie 4.1).

Omdat de tanks voorzien zijn van een vast dak dient een full surface brand als maatgevend scenario te worden beschouwd. De uitgangspunten staan opgelijst in Tabel 1. Aangezien benzine en jet fuel geen deel uitmaken van de lijst met selecteerbare producten in de Phast.23 software, zijn beide producten benaderd door n-nonaan.

Parameter	Waarde
Product	n-nonaan
Plasdiameter (m)	28
Hoogte plas (m)	25
Hoogte observator (voor 2D contouren) (m)	25
Windsnelheid (m/s)	5
Pasquill stabiliteitsklasse	D

Tabel 1: Uitgangspunten berekeningen hittestralingscontouren

2.3 Resultaten

2.3.1 Hittestralingscontouren tankbrand tankpark G1-1

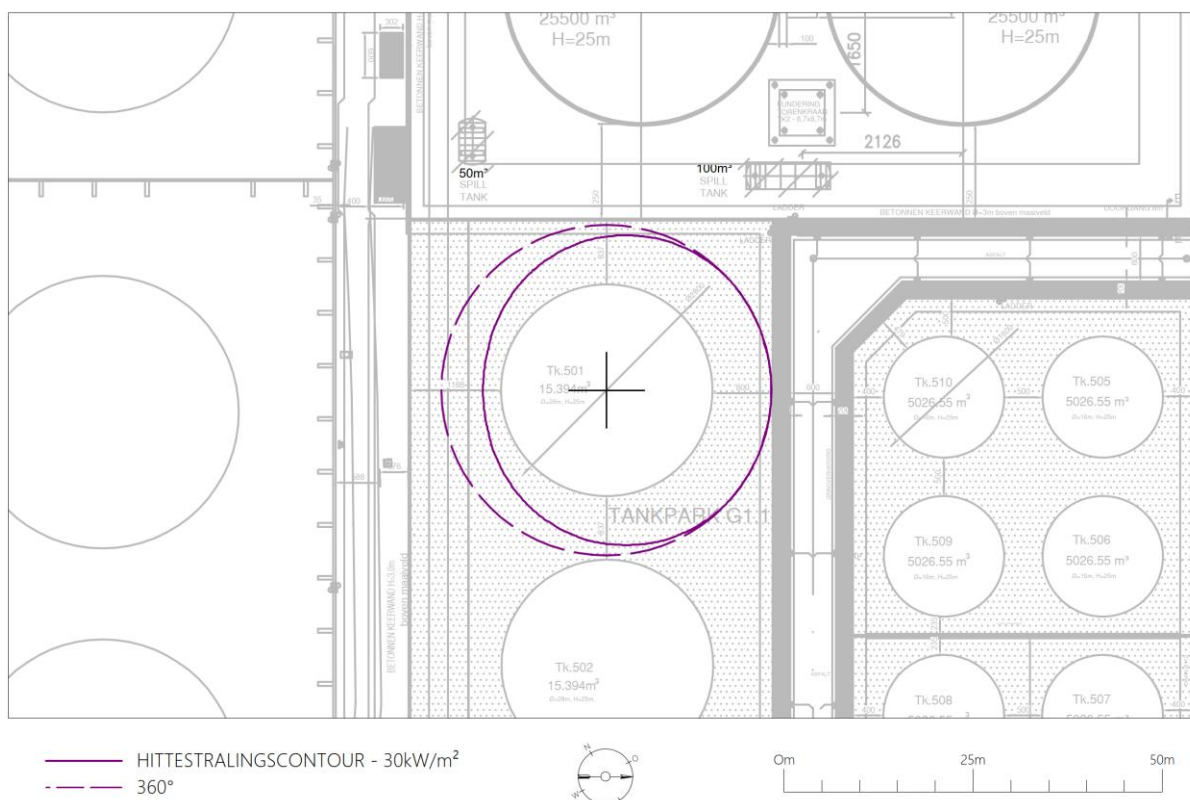
2.3.1.1 Overlap met tanks in tankpark G1-1

De bekomen hittestralingscontouren zijn weergegeven in Figuur 2 - Figuur 6. Figuur 2 - Figuur 5 geven de 2D (360°) hittestralingscontouren op tankhoogte (25 m) weer. De 360° hittestralingscontour is het resultaat van het uitzetten van de maximale reikwijdte van de hittestraling in alle windrichtingen. Aangezien de wind van richting kan veranderen dient, om de nodige koeldensiteiten te bepalen, gekeken te worden naar de 360° hittestralingscontour.

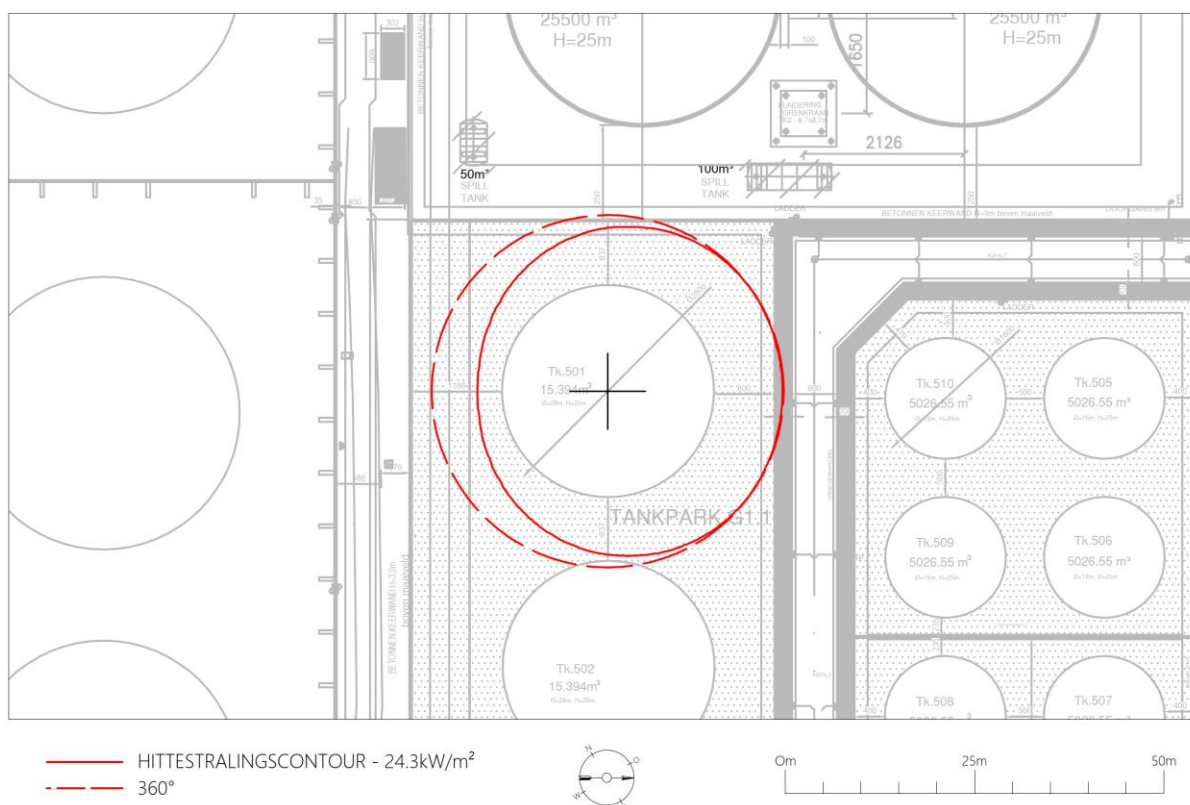
De hittestralingscontouren zijn slechts uitgezet voor één van de vier tanks. Aangezien alle vier de tanks dezelfde diameter hebben, zullen de hittestralingscontouren voor een tankbrand in één van de andere tanks identiek zijn. En omdat alle tanks even hoog zijn en op dezelfde afstand van elkaar staan, zal ook de mate van overlap tussen de 360° hittestralingscontouren en de naburige tanks hetzelfde zijn. Dit betekent dat in geval van een tankbrand telkens dezelfde zone aan dezelfde hoeveelheid hittestraling wordt blootgesteld.

Voor de twee middelste tanks van tankpark G1-1 geldt echter dat deze vanuit twee richtingen aan hittestraling kunnen worden blootgesteld, aangezien zij langs twee zijden een naburige tank hebben. Voor deze twee tanks dient de gepaste koeldensiteit dus langs beide zijden te worden voorzien. Voor de twee tanks die zich aan het uiteinde van tankpark G1-1 bevinden, geldt dit enkel voor één zijde.

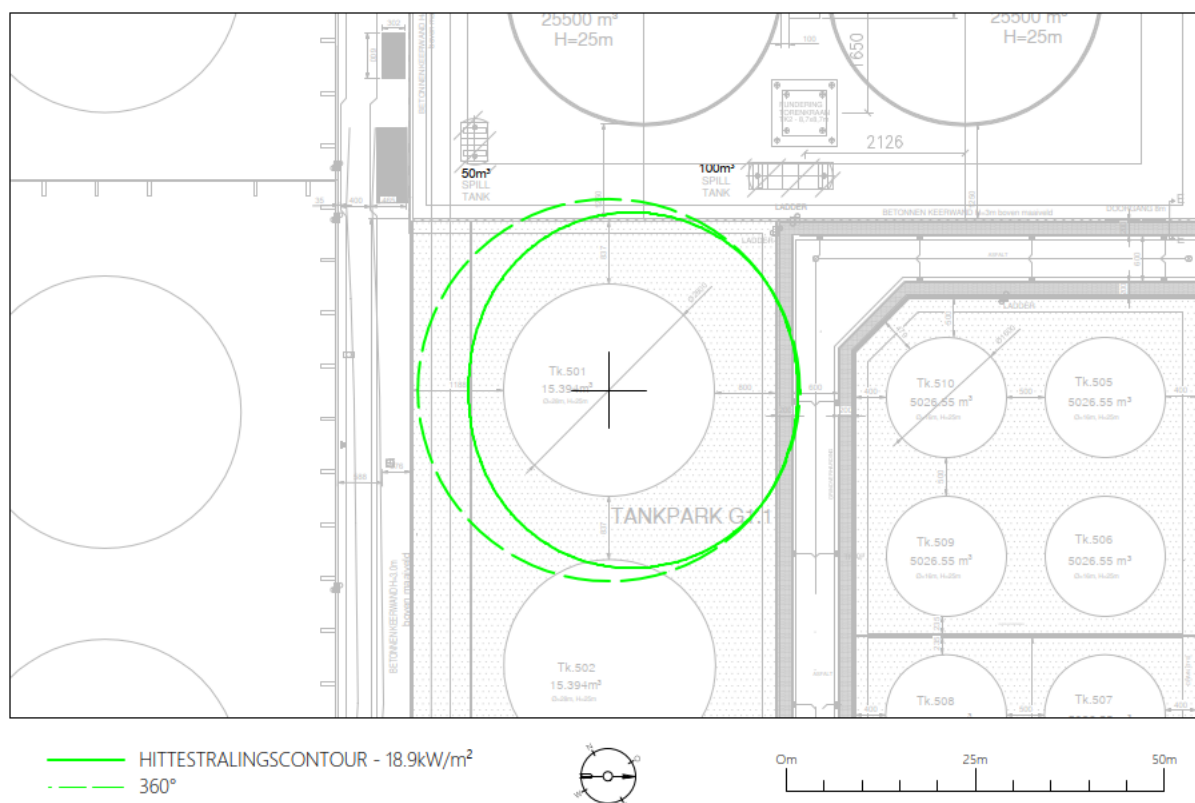
Figuur 6 geeft bijkomend het zijaanzicht van de hittestralingscontouren weer. Deze toont de verticale reikwijdte van de hittestralingscontouren ter hoogte van de naburige tank.



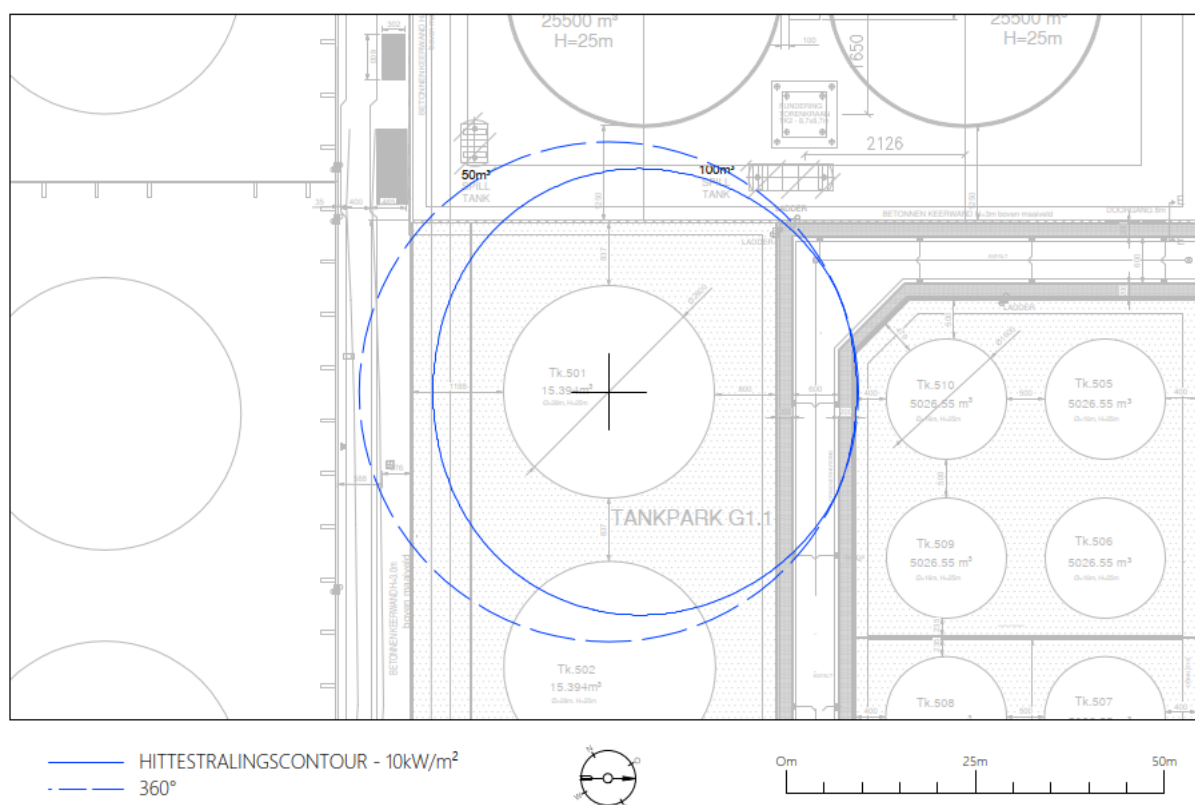
Figuur 2: 2D (360°) 30 kW/m² hittestralingscontour voor een tankbrand in één van de tanks in tankpark G1-1.



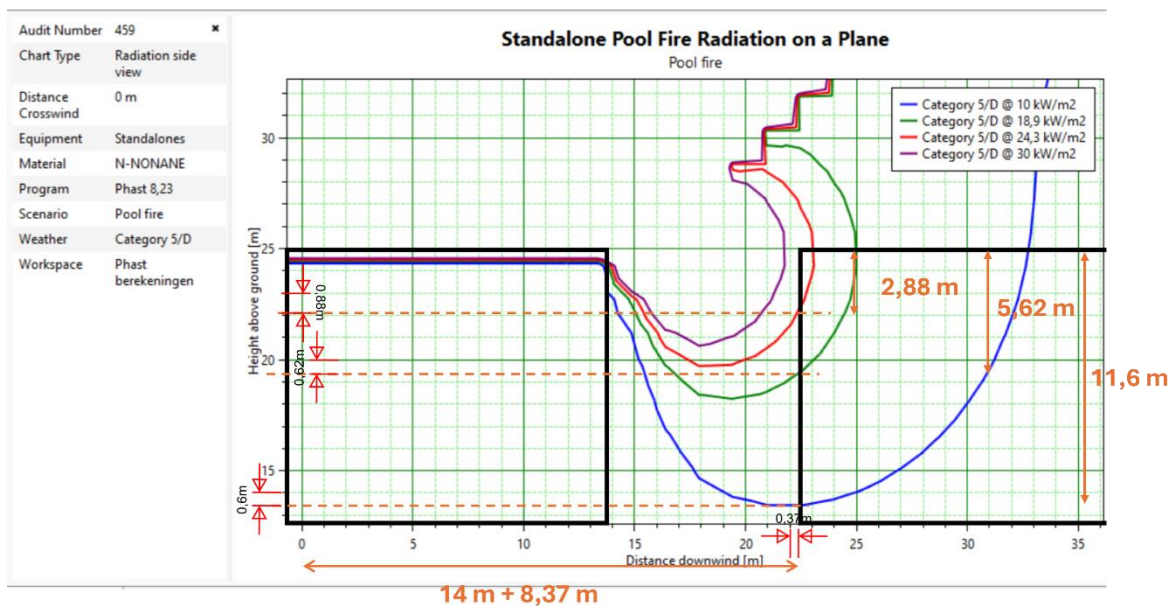
Figuur 3: 2D (360°) 24,3 kW/m² hittestralingscontour voor een tankbrand in één van de tanks in tankpark G1-1.



Figuur 4: 2D (360°) 18,9 kW/m² hittestralingscontour voor een tankbrand in één van de tanks in tankpark G1-1.



Figuur 5: 2D (360°) 10 kW/m² hittestralingscontour voor een tankbrand in één van de tanks in tankpark G1-1.



Figuur 6: Zijaanzicht van de berekende hittestralingscontouren. Deze toont aan dat ter hoogte van de naburige tank (op een afstand van 22,37 m) de 24,3 kW/m², 18,9 kW/m² en 10 kW/m² hittestralingscontouren respectievelijk een verticale reikwijdte van 2,88 m; 5,62 m en 11,6 m hebben

Om te bepalen welk deel van de daken van de naburige tanks aan welke densiteit dient te worden gekoeld, wordt gekeken naar de overlap tussen de 360° hittestralingscontouren en de naburige tank (zie Figuur 2 - Figuur 5). Zoals vermeld in 2.1 gelden de volgende richtlijnen met betrekking tot de vereiste koeldensiteit:

- > 30 kW/m²: 10,2 l/min/m² vereist;
- Tussen 30 kW/m² en 24,3 kW/m²: 4,1 l/min/m² vereist;
- Tussen 24,3 kW/m² en 18,9 kW/m²: 3 l/min/m² vereist;
- Tussen 18,9 kW/m² en 10 kW/m²: 2 l/min/m² vereist;
- < 10 kW/m²: geen koeling vereist.

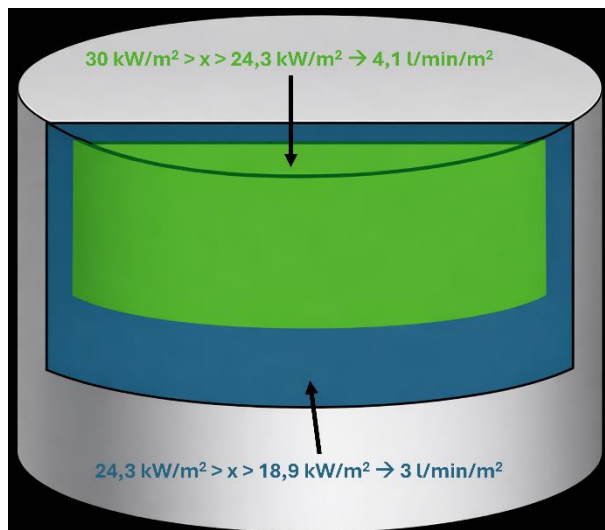
De hittestralingscontouren tonen aan dat er nergens koeling aan 10,2 l/min/m² vereist is. De naburige tank bevindt zich namelijk niet binnen de 30 kW/m² hittestralingscontour. De 24,3 kW/m², 18,9 kW/m² en 10 kW/m² hittestralingscontour overlappen echter wel met de naburige tank. Aangezien de overlap van de 24,3 kW/m² en 18,9 kW/m² hittestralingscontour met de naburige tank zeer beperkt is, in verhouding tot het totale oppervlak van deze tank, levert het huidige koelsysteem op het dak voldoende debiet om het dakoppervlak dat wordt blootgesteld aan een hittestraling van 30 kW/m² > x > 24,3 kW/m² te koelen aan een debiet van 4,1 l/min/m².

Om te bepalen welk deel van de tankwand aan welke densiteit dient te worden gekoeld, wordt gekeken naar de volgende twee factoren:

- De zone van de tankwand die zich binnen de 2D 360° hittestralingscontour bevindt (zie Figuur 2 - Figuur 5).
- De verticale reikwijdte ter hoogte van de naburige tank (zie Figuur 6).

De zone van de tankwand die wordt afgebakend door deze grenzen dient gekoeld te worden aan de overeenkomstige, gepaste densiteit (zie 2.1).

Figuur 7 geeft een visuele representatie van de bepaling van welke zones aan welke densiteit dienen te worden gekoeld.



Figuur 7: Visuele representatie van welke zone van de naburige tank aan welke densiteit dient te worden gekoeld.

Analoog aan hierboven dient geen enkele zone van de tankwand gekoeld te worden aan 10,2 l/min/m². De naburige tank bevindt zich namelijk niet binnen de 30 kW/m² hittestralingscontour. De 24,3 kW/m²; 18,9 kW/m² en 10 kW/m² hittestralingscontour overlappen echter wel met de naburige tank. Ter hoogte van de naburige tank hebben de 24,3 kW/m²; 18,9 kW/m² en 10 kW/m² hittestralingscontour respectievelijk een verticale reikwijdte van 2,88 m; 5,62 m en 11,6 m (zie Figuur 6).

Dit betekent het volgende (zie Figuur 7 voor een visuele representatie):

- Over een verticale afstand van 2,88 m, vanaf de bovenkant van de tankwand, dient een zone van de tankwand gekoeld te worden aan 4,1 l/min/m², een tweede zone aan 3 l/min/m² en een derde zone aan 2 l/min/m².
- Over een verticale afstand van 2,88 m < x < 5,62 m, vanaf de bovenkant van de tankwand, dient een zone van de tankwand gekoeld te worden aan 3 l/min/m² en een tweede zone aan 2 l/min/m².
- Over een verticale afstand van 5,62 m < x < 11,6 m, vanaf de bovenkant van de tankwand, dient een zone van de tankwand gekoeld te worden aan 2 l/min/m².

De tankwanden van de tanks in tankpark G1-1 worden momenteel gekoeld aan 3 l/min/m². De tanks zijn voorzien van twee koelringen: één op 24,460 m hoogte en een tweede op 17,3 m hoogte. De bovenste koelring voorziet dus de bovenste 7,16 m van de tankwand van een koeling (3 l/min/m²). De hittestralingsberekeningen tonen aan dat er in de eerste 2,88 m een zone van de tankwand aan 4,1 l/min/m² dient gekoeld te worden. De laatste 1,54 m (7,16 - 5,62m) dient echter slechts aan een densiteit van 2 l/min/m² gekoeld te worden. Dit overschot is niet voldoende om het te kort bovenaan de tankwand te compenseren.

De nozzles van de bovenste koelring, ter hoogte van de zone van de tankwand die binnen de 24,3 kW/m² hittestralingscontour valt, dienen in totaal een extra debiet van 1,63 l/min/m_{omtrek} te leveren.

Aangezien ongeveer 7,9 m aan omtrek van de tank binnen de 24,3 kW/m² hittestralingscontour ligt, komt dit neer op een totaal van 12,9 l/min extra. De nozzels bevinden zich telkens op een afstand van 2,75 m van elkaar. Dit extra debiet dient dus door 3 nozzels geleverd te worden. Dit komt neer op 4,3 l/min extra per nozzel. Het kan zijn dat dit extra debiet momenteel al geleverd wordt door hydraulische balanceren van het systeem. Dit dient echter in detail te worden nagegaan.

Ter hoogte van de onderste koelring dienen geen aanpassingen gemaakt te worden.

2.3.1.2 Overlap met tanks in een naburig tankpark

Figuur 6 toont aan dat de 10 kW/m² hittestralingscontour op tankhoogte zich niet verder dan 33 meter uitstrekt, gemeten vanaf het middelpunt van de brandende tank. Dit impliceert dat de naburige tanks in de omliggende tankparken niet gekoeld hoeven te worden in het geval van een brand in één van de tanks in tankpark G1-1. De scheidingsafstanden zijn namelijk telkens voldoende groot (zie Figuur 1).

3 Conclusie

In dit verslag werd aan de hand van hittestralingsberekeningen bepaald welk deel (van de wand/dak) van de naburige tanks dient te worden gekoeld en aan welke dichtheid, in het geval van een tankbrand in één van de tanks in tankpark G1-1.

Wegens de beperkte overlap van de berekende hittestralingscontouren met een naburige tank in tankpark G1-1 dient het koelsysteem dat zich op de daken van de tanks bevindt niet te worden aangepast.

Voor het koelen van de tankwand van een naburige tank dienen de 3 nozzels van de bovenste koelring, die zich bevinden ter hoogte van de overlap van de 24,3 kW/m² hittestralingscontour met de tankwand, een totaal extra debiet van 12,9 l/min te leveren. Hierbij is het belangrijk op te merken dat voor de twee middelste tanks van tankpark G1-1 geldt dat deze vanuit twee richtingen aan hittestraling kunnen worden blootgesteld, aangezien zij langs twee zijden een naburige tank hebben. Voor deze twee tanks dient deze aanpassing dus langs beide zijden te worden voorzien. Voor de twee tanks die zich aan de uiteinden van tankpark G1-1 bevinden, geldt dit slechts voor één zijde. Het kan zijn dat dit extra debiet momenteel al geleverd wordt door hydraulische balanceren van het systeem. Dit dient echter in detail te worden nagegaan.

Ter hoogte van de onderste koelring dienen geen aanpassingen te worden gemaakt.

In het geval van een tankbrand in één van de tanks in tankpark G1-1 dient, vanwege de voldoende grote scheidingsafstand, geen enkele tank in de omliggende tankparken te worden gekoeld.

4 Bijlage

4.1 Bijlage 1 – Phast 8.23 software

PHAST is een softwaretoepassing ontwikkeld door DNV en wordt gebruikt voor Hazard Consequence Modelling (HCM). De software heeft meer dan 10.000 gebruikers verspreid diverse organisaties. PHAST wordt gebruikt in verschillende sectoren, waaronder de olie- en gasindustrie, petrochemie, farmacie, waterstofproductie, evenals in de publieke sector en de academische wereld.

Phast is in staat om de hittestralingscontouren van plasbranden/tankbranden te modelleren. Het model (pool fire) wordt gebruikt om de thermische straling op elk punt rondom het vuur te voorspellen. De vlam van de plasbrand/tankbrand wordt gemodelleerd als een cilinder die straling uitstraalt vanaf de zijanten van de cilinder. De cilinder kan door de wind worden gekanteld en de vlam kan buiten de oorspronkelijke diameter van de brand worden getrokken.

PHAST is in staat om de hittestralingscontour te voorspellen die wordt gegenereerd door een volledige tankbrand of bundbrand. Diverse factoren, zoals windsnelheid, intensiteit van de hittestraling en het niveau van de ontvanger, kunnen door PHAST in aanmerking worden genomen tijdens de berekeningsprocedure. Hierdoor kan PHAST betrouwbaardere resultaten bieden dan handmatige berekeningen.