

Rotterdam, 20 juni 2025

Oplegger bij het rapport ‘Bestrijding incidenten gevaarlijke stoffen bij hoogspanningslijnen op emplacementen’ (d.d. 29 juni 2023) en het ‘addendum op het onderzoeksrapport’ (d.d. 18 april 2024) vanuit het Bevoegd Gezag (Rotterdam (DCMR) en VRR) en ProRail.

Het voorliggend rapport concludeert dat:

- incidentbestrijding onder hoogspanningslijnen goed mogelijk is, ook als er nog spanning op de kabels staat.
- er geen extra maatregelen nodig zijn omdat de kans op een incident onder een hoogspanningslijn maar (heel) klein is.

DCMR en VRR *onderschrijven de eerste conclusie*, maar zijn het *oneens* met de conclusie dat er geen extra maatregelen nodig zijn. ProRail *onderschrijft de beide conclusies* en stelt zich op basis daarvan op het standpunt dat er geen aanvullende maatregelen nodig zijn. Deze oplegger beschrijft het verschil van inzicht.

In het onderzoeksrapport ‘Bestrijding incidenten gevaarlijke stoffen bij hoogspanningslijnen op emplacementen’ (d.d. 29 juni 2023) en in het ‘addendum op het onderzoeksrapport’ (d.d. 18 april 2024) concluderen de adviesbureaus dat ‘inzet binnen de gewenste tijd veilig kan plaatsvinden wanneer de richtlijnen in acht genomen worden’. Hiermee wordt de hoofdvraag van het onderzoek met een positieve conclusie afgesloten.

Meer in detail concluderen de adviesbureaus dat ‘gegeven de al door ProRail (en Tennet) genomen preventieve en repressieve maatregelen, het optreden van een incident met gevaarlijke stoffen in de nabijheid van de hoogspanningslijnen als zeer onwaarschijnlijk moet worden aangemerkt en de scenario’s in de risicomatrix (CSM REA volgens de verordening (EG) Nr. 402/2013 van de Commissie van 30 april 2013) in het acceptabele (groene) gebied liggen’ (Rapport Incidentbestrijding emplacementen, Deelvraag 1, Hoofdstuk 5.1).

Hierbij wordt door de adviesbureaus opgemerkt dat het ‘treffen van extra maatregelen vanuit het afdekken van het restrisico niet noodzakelijk is’ en dat het ‘zeer onwaarschijnlijk is dat er een grote plasbrand zal voorkomen en dat deze situatie vanuit de risicogedachte geaccepteerd kan worden’.

Het Bevoegd Gezag Rotterdam (DCMR) en VRR zijn het met bovenstaande detail-conclusie niet eens
DCMR en VRR kijken met tevredenheid naar de algemene conclusie van de hoofdvraag in het rapport: het is mogelijk om incidenten onder hoogspanningslijnen veilig te bestrijden. Daarbij moeten belangrijke zaken wel geborgd zijn: bijvoorbeeld maatregelen om veilig naar opstelplaatsen bij het incident te kunnen komen, opleiding en training van brandweermensen of aparte procedures. Dit zijn algemene uitgangspunten die gangbaar zijn en gehanteerd worden bij incidentbestrijding met gevaarlijke stoffen in Nederland. De opgedane algemene kennis uit het rapport is zeer toepasbaar en bruikbaar om te delen met incidentbestrijders.

DCMR/VRR zijn het niet eens dat het rapport is uitgebreid met een deel waarin een onderzoek naar de kansen i.c.m. een risicomatrix vanuit spoorveiligheid worden onderzocht. Dit deel van het rapport is dan ook de hoofdreden waarom er geen overeenstemming is tussen DCMR/VRR en ProRail.

In algemeenheid klopt het hoofdstuk over de kansen inhoudelijk niet. Het rapport trekt volgens VRR/DCMR een verkeerde conclusie op basis van de aangevoerde risicomatrix die alleen van toepassing is op spoorveiligheid/arbo en niet op omgevingsveiligheid. Het “groen” zijn van het vakje in deze matrix zegt

daarom niets over omgevingsveiligheid en het beperken van het groepsrisico. Er wordt daarbij geen rekening gehouden met geldende regelgeving rondom omgevingsveiligheid vanuit onder andere de Omgevingswet en de Wet veiligheidsregio waaruit volgt dat maatregelen wel degelijk nodig kunnen zijn.

Specifiek voor de situatie in de Rotterdamse Haven geldt bijvoorbeeld dat het groepsrisico op Waalhaven-Zuid de oriëntatiewaarde met een factor 21 overschrijdt. Hiermee valt het emplacement, conform het Groepsrisicobeleid Rotterdam, onder de categorie 'zware verantwoording'. Bij de categorie 'zwaar' is een uitgebreide belangenafweging nodig, waarbij sprake is van een zeer uitgebreide verantwoordingsprocedure. Die leidt tot expliciete besluitvorming door het bevoegd gezag dat extra maatregelen nodig zijn om de bereikbaarheid van opstelposities op het emplacement te garanderen om daarmee adequaat op te kunnen treden in geval van een plasbrand met BLEVE-gevaar.

DCMR en VRR zijn van mening dat op basis van de gekozen risicomatrix de verkeerde algemene conclusie getrokken wordt dat er nooit extra maatregelen nodig zijn. DCMR en VRR zijn dan ook van mening dat besluitvorming over extra te nemen maatregelen door het plaatselijk bevoegd gezag moet plaatsvinden op basis van de specifieke plaatselijk omstandigheden en de geldende regelgeving, w.o. regels over het groepsrisico. ProRail kan daarbij geen rechten ontleen aan de conclusies uit dit rapport, in de ogen van het Bevoegd Gezag.

ProRail onderschrijft de detail-conclusies: geen aanvullende maatregelen

Door vier adviesbureaus is diepgaand onderzoek uitgevoerd naar de risico's en restrisico's van incidentbestrijding onder hoogspanningslijnen. Aanvullend hebben de adviesbureaus in het onderzoek met behulp van de risicomatrix naar het betreffende restrisico gekeken. Deze aanpak is feitelijk aanvullend op het reguliere risicomanagement vervoer gevaarlijke stoffen, zoals voorgeschreven in het RID. De adviesbureau komen op basis van het onderzoek tot een gewogen oordeel dat er geen aanvullende maatregelen getroffen hoeven te worden.

ProRail onderschrijft de conclusies van de adviesbureaus, zoals opgenomen in het onderzoeksrapport en het addendum, en stelt zich op basis van de conclusies op het standpunt dat er geen (aanvullende) maatregelen getroffen dienen te worden. In lijn met de conclusies zijn aanvullende maatregelen – afgezet tegen de reductie van het risico's voor de omgeving – niet proportioneel, niet kosteneffectief en vanuit maatschappelijk oogpunt niet verantwoord. Daarbij tekent ProRail tevens op dat het een reeds bestaande en lang vergunde situatie betreft, waarbij voldaan wordt aan de wettelijke grenswaarde. Dat het groepsrisico de oriëntatiewaarde overschrijdt kan gemotiveerd worden geaccepteerd. Daartoe hebben de vier adviesbureaus het onderzoek uitgevoerd.

De conclusies van de onderzoeksbureaus worden door TenneT en de Gezamenlijke Brandweer onderschreven. Daarbij tekent de Gezamenlijke Brandweer op dat, zoals dat altijd het geval is, de beoordeling óf ingezet gaat worden voorbehouden blijft aan de bevelvoerder ter plaatse en later in het incident bij de (hoogste) leidinggevende.

Voor ProRail geldt dat het uitgangspunt dat een incident bestreden moet kunnen worden binnen de gestelde kaders van de bedrijfsbrandweeraanwijzing, maar dat er omstandigheden kunnen zijn – waaronder windkracht, omvang van het incident, externe oorzaken – waarbij ook onder de huidige omstandigheden niet voldaan kan worden aan het criterium dat een incident onder 'alle omstandigheden' bereikt en bestreden moet kunnen worden. Zoals door de Gezamenlijke Brandweer is aangegeven is de beoordeling óf ingezet gaat worden altijd voorbehouden aan de bevelvoerder ter plaatse en later in het incident aan de (hoogst) leidinggevende. Aanvullend stelt ProRail ook reeds in haar bedrijfsbrandweerrapport dat een grote lekkage of instantaan falen een niet reëel en typerend scenario is. Het risico onder de hoogspanningslijnen is daar een afgeleide van.

De aangevoerde risicomatrix is een gangbaar en juridisch verankerd instrument voor het uitvoeren van risico inventarisaties en evaluaties en wordt gebruikt om de noodzaak van te nemen maatregelen af te wegen (CSM REA, volgens de verordening (EG) nr. 402/2013 van de Commissie van 30 april 2013). Deze is gebruikt als kwalitatieve vervolgstap (beoordeling scenario's) op de uitkomst van de kwantitatieve QRA (toetsing vergunbare situatie in relatie tot de omgeving). Dit is na oplevering van het onderzoeksrapport door de betrokken adviesbureaus nogmaals bevestigd.

Met betrekking tot de specifieke plaatselijke omstandigheden en het aangevoerde groepsrisico merkt ProRail concluderend op begrip te hebben voor het standpunt van DCMR/VRR dat er sprake moet zijn van een uitgebreide verantwoordingsprocedure. Naar de mening van ProRail is met de oplevering van twee onafhankelijke onderzoeksrapporten een uitgebreide en gedegen procedure doorlopen. De adviesbureau komen op basis van het onderzoek tot een gewogen oordeel dat er geen aanvullende maatregelen getroffen hoeven te worden.



RAPPORT

Bestrijding incidenten gevaarlijke stoffen bij hoogspanningslijnen op emplacementen

69465 – Vertrouwelijk – versie 29 juni 2023

Berenschot – Royal HaskoningDHV – Antea Group – DNV

Inhoudsopgave

Managementsamenvatting	3
Hoofdstuk 1.....	4
Introductie	4
1.1 Aanleiding.....	4
1.2 Opbouw rapport.....	4
1.3 Werkwijze deelvragen	5
1.4 Leeswijzer	5
Hoofdstuk 2.....	6
Deelvraag 1	6
2.1 Belangrijkste inzichten	6
2.2 Wat betekent dit voor de hoofdvraag?	7
Hoofdstuk 3.....	8
Deelvraag 2	8
3.1 Belangrijkste inzichten	8
3.2 Wat betekent dit voor de hoofdvraag?	9
Hoofdstuk 4.....	10
Deelvraag 3	10
4.1 Belangrijkste inzichten	10
4.2 Wat betekent dit voor de hoofdvraag?	11
Hoofdstuk 5.....	12
Uitkomsten.....	12
5.1 Conclusies.....	12
5.2 Reflecties.....	13
5.3 Tot slot	13

Managementsamenvatting

Naar aanleiding van een oefening van de Gezamenlijke Brandweer op emplacement Maasvlakte-Oost in de nabijheid van hoogspanningslijnen is op voorstel van Havenbedrijf Rotterdam en ProRail besloten een onafhankelijk onderzoek te laten uitvoeren door Antea Group, Berenschot, DNV en Royal Haskoning DHV. De onderzoeksbureaus is gevraagd om door middel van de beantwoording van drie deelvragen tot een conclusie te komen over de (on)mogelijkheden rond de bestrijding van incidenten met gevaarlijke stoffen onder en nabij hoogspanningslijnen op Maasvlakte-West en Waalhaven-Zuid.

Bij deelvraag 1 is onderzocht hoe een incident met gevaarlijke stoffen nabij hoogspanningslijnen bestreden kan worden, indien de hoogspanning niet is afgeschakeld en/of veiliggesteld. In het onderzoek is vastgesteld dat in alle gevallen van incidenten met gevaarlijke stoffen onder hoogspanningslijnen kan worden opgetreden, met uitzondering van fakkelbrand en in sommige gevallen bij een dreigende BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion). Dus ook bij plasbranden, mits veiligheidsafstanden van 25 meter tot de hoogspanningslijnen worden aangehouden voor het opstellen van hulpdiensten en 5 meter bij het blussen met een gebonden straal. De aanwezigheid van een hoogspanningslijn vormt daarom *geen* beperking voor de inzet van de brandweer.

In het kader van deelvraag 2 is onderzocht of het mogelijk is het afschakelen en veiligstellen van hoogspanning te versnellen, waardoor de brandweer sneller en veiliger zou kunnen optreden onder hoogspanningslijnen. Het onderzoek leidt tot de conclusie dat het verder versnellen van afschakeling en veiligstelling niet realistisch is vanwege vaste protocollen, maar vooral ook dat dit niet nodig is als de randvoorwaarden zoals beschreven in het kennisdocument 'Brandweeroptreden nabij elektriciteit' worden nageleefd. In dat geval blijft brandweerinzet binnen 20 minuten mogelijk. Verder toont het onderzoek aan dat de opstellijn van 25 meter een veilige afstand waarborgt, ook wanneer geleiders breken en/of masten omvallen na geleiderbreuk. Het onderzoek bevestigt het gestelde bij deelvraag 1, namelijk dat met inachtneming van deze opstellijn en door een blusstraal op minimaal 5 meter van de hoogspanningslijn te hanteren, brandweerinzet binnen 20 minuten op beide emplacementen kan worden gerealiseerd.

Bij deelvraag 3 is onderzocht of er vergelijkbare situaties zijn waarbij gevaarlijke stoffen zich in de nabijheid van hoogspanningslijnen bevinden, om hiervan te leren. Door middel van een GIS-analyse zijn honderden van dergelijke situaties in Nederland gevonden waar gevaarlijke stoffen worden vervoerd onder hoogspanningslijnen. Slechts twee ervan betreffen vergelijkbare situaties op emplacementen. Hoewel de aanwezigheid van hoogspanning de brandweerinzet in deze gevallen kan bemoeilijken, leiden de bevindingen van de andere twee deelvragen tot de conclusie dat er geen standaard extra risicobeheersingsmaatregelen nodig zijn voor deze situaties. Eventueel verder onderzoek moet uitwijzen of dit specifieke aandachtspunten oplevert. Het is echter belangrijk om aandacht te besteden aan het waarborgen van een effectieve inzet vanaf een afstand van 25 meter.

Kortom: het antwoord op de hoofdvraag luidt dat inzet binnen de gewenste tijd veilig kan plaatsvinden wanneer de richtlijnen in acht genomen worden.

Introductie

1.1 Aanleiding

Eind 2020 is tijdens een oefening van de Gezamenlijke Brandweer op emplacement Maasvlakte-Oost vastgesteld dat de vigerende richtlijnen voor een (arbo)veilig optreden een inzet in de directe nabijheid van TenneT-hoogspanningslijnen niet (zonder meer) mogelijk maakt. In deze situatie is sprake van een (arbo)risico op elektrocutie en/of op mechanisch falen van de lijnen of masten. Onder ongunstige omstandigheden kan zo een incidentscenario ontstaan waarbij niet – zoals vereist in de bedrijfsbrandweeraanwijzing en/of omgevingsvergunning milieu – binnen 20 minuten een aanvang gemaakt kan worden met de bestrijding, en het incident escaleert. Dezelfde situatie speelt mogelijk ook op de emplacementen Waalhaven-Zuid en Maasvlakte-West.

Op voorstel van Havenbedrijf Rotterdam en ProRail en na een positief besluit van alle partijen (gemeente Rotterdam, DCMR, VRR, TenneT en Gezamenlijke Brandweer Rotterdam) is besloten een onafhankelijk onderzoek te laten uitvoeren. Doel van het onderzoek is ten minste de mogelijkheden te verkennen om veilig onder of nabij bovengrondse hoogspanningslijnen een incident met gevaarlijke stoffen te bestrijden. Vanuit de premisse dat ook in het geval van het hierboven genoemde incidentscenario binnen 20 minuten een aanvang gemaakt dient te worden met de bestrijding, beoogt dit voorstel de onderzoeksdoelstellingen en -vragen te formuleren. Op basis hiervan hebben de relevante stakeholders, georganiseerd in de Bestuurlijke Kopgroep Havenemplacementen Rotterdam, opdracht voor de uitvoering verstrekt.

In het kader van dit voorstel heeft begin december 2022 een kennismakingsgesprek plaatsgevonden tussen ProRail en Havenbedrijf Rotterdam enerzijds en de vier bureaus Antea Group, Berenschot, DNV en Royal HaskoningDHV anderzijds. Hierbij is de vier bureaus gevraagd gezamenlijk een plan van aanpak op te stellen om de (on)mogelijkheden rond de bestrijding van incidenten met gevaarlijke stoffen onder en nabij hoogspanningslijnen nader te onderzoeken.

1.2 Opbouw rapport

Het onderzoek richt zich in de kern op de (on)mogelijkheden van de bestrijding van incidenten met gevaarlijke stoffen onder en nabij hoogspanningslijnen en -masten op Waalhaven-Zuid en Maasvlakte-West. De onderzoeksvraag omvat de volgende drie deelvragen:

1. Hoe kan een incident met gevaarlijke stoffen nabij hoogspanningslijnen en -masten worden bestreden, indien de hoogspanning niet is afgeschakeld en/of veiliggesteld?
2. Hoe kan het afschakelen en veiligstellen van hoogspanning worden versneld, zodat binnen 20 minuten met de daadwerkelijke bestrijding kan worden aangevangen, volgens de gebruikelijke werkwijze van de hulpdiensten?
3. Breng in beeld of er vergelijkbare situaties met gevaarlijke stoffen nabij hoogspanningslijnen en -masten zijn en of daarvan geleerd kan worden.

Het rapport volgt dezelfde structuur. Onder de deelvragen wordt een samenvatting van de antwoorden op deelvraag 1 tot en met 3 gegeven, waarbij ook de belangrijkste inzichten voor de hoofdvraag worden benoemd. In de bijlagen zijn vervolgens de uitgebreide beredenering en uitwerking van elk van de deelvragen opgenomen.

1.3 Werkwijze deelvragen

De uitvoering van het onderzoek is gedaan door vier bureaus: Antea Group, DNV, Royal HaskoningDHV en Berenschot. Ieder bureau heeft een deelvraag voor zijn rekening genomen en uitgewerkt in een deelrapport. Hierbij is de aanwezige expertise ingezet en zijn voor de analyses modellen en openbare bronnen gebruikt.

De eerste deelvraag is primair opgepakt door Antea Group. Hierbij is inzichtelijk gemaakt welke incidentscenario's met gevaarlijke stoffen mogelijkwijs kunnen plaatsvinden op de emplacementen, hoe deze bestreden kunnen worden (of niet) en vooral of dit ook veilig kan. Daarnaast is samen met collega's van RHDHV met name het scenario plasbrand onderzocht en hoe zich dat op deze twee emplacementen kan ontwikkelen.

De tweede deelvraag is vooral bestudeerd door DNV. Hierbij is met name onderzocht of er mogelijkheden zijn veiligstelling te versnellen bij incidenten met gevaarlijke stoffen.

RHDHV heeft de derde deelvraag op zich genomen. Hiervoor is een GIS-analyse gemaakt van Nederland om te onderzoeken in hoeverre er vergelijkbare situaties zijn als op de twee onderzochte emplacementen. Daarbij is ook gekeken naar basisnetroutes (voor zowel weg, water als spoor), zogeheten Bevi-situaties en naar andere emplacementen.

De projectleiding is verzorgd door Berenschot, dat ook diverse gesprekken heeft gevoerd met stakeholders om de context van de problematiek goed in beeld te brengen.

Voorgaande lijkt te impliceren dat er weinig overlap is geweest tussen de vier bureaus, maar niets is minder waar. Omdat het een zeer complex interdisciplinair vraagstuk betreft, hebben de bureaus alle drie de deelvragen gezamenlijk onderzocht en zijn vertegenwoordigers van de bureaus steeds betrokken geweest bij de uitwerking van de deelvragen.

In meerdere overleggen en sessies zijn de tussenresultaten en resultaten onderling gepresenteerd en besproken in het brede verband van het consortium. Deze (tussen)resultaten zijn met vertegenwoordigers van de verschillende betrokken partijen (zowel van opdrachtgeverszijde als die van het bevoegd gezag) ook in meerdere sessies besproken en becommentarieerd. De conclusies uit de deelonderzoeken zijn vervolgens samengebracht in voorliggende overkoepelende rapportage. De uitkomsten van dit onderzoek vertegenwoordigen het gezamenlijke inhoudelijke standpunt van de vier consortiumpartijen en geven onze visie weer op dit inhoudelijke vraagstuk. Mochten er vragen zijn na lezing van dit rapport, dan kunnen deze gesteld worden aan projectleider Vincent van der Vlies van Berenschot via v.vandervlies@berenschot.nl.

1.4 Leeswijzer

In hoofdstuk 2, 3 en 4 gaan wij achtereenvolgens in op de voornaamste uitkomsten en inzichten van de drie deelvragen. In ieder hoofdstuk presenteren wij beknopt de belangrijkste inzichten en wat die betekenen voor de beantwoording van de hoofdvraag. In hoofdstuk 5 volgen de belangrijkste conclusies, vergezeld van enkele reflecties op het vraagstuk en het onderzoek.

Voor een uitgebreide beantwoording van de deelvragen verwijzen wij de lezer graag naar de drie deelrapporten die uitgebreid ingaan op de aanpak, analyse en inzichten per deelvraag.

Deelvraag 1

Dit hoofdstuk geeft antwoord op de vraag:

Hoe kan een incident met gevaarlijke stoffen nabij hoogspanningslijnen en -masten worden bestreden, indien de hoogspanning niet is afgeschakeld en/of veiliggesteld?

Om een duidelijk beeld te schetsen van de bestrijdingsmogelijkheden, is in dit onderzoek ingegaan op 1) de incidentscenario's met gevaarlijke stoffen die bestreden zouden kunnen worden, 2) het gevaar van een incident met gevaarlijke stoffen nabij een hoogspanningslijn, 3) de bestrijdingsmogelijkheden van de brandweer bij de verschillende scenario's, en 4) voorstellen voor te nemen maatregelen.

2.1 Belangrijkste inzichten

Het vrijkomen van een gevaarlijke stof bij het rangeren van treinen kan leiden tot verschillende scenario's. Afhankelijk van de soort gevaarlijke stof die vrijkomt, de mate waarin dit gebeurt en of er al dan niet sprake is van ontsteking (en dus brand), kan een incident met een gevaarlijke stof ontstaan. Hierbij zijn de volgende scenario's denkbaar:

- a. Druppellekkage: bij een zeer geringe uitstroom van een gevaarlijke vloeistof zijn er alleen lokale effecten en is er geen direct gevaar voor de hoogspanningslijn. De inzet bestaat hierbij uit het opvangen van de lekkage in bijvoorbeeld een emmer en het afschuimen van deze emmer door middel van een draagbare schuimblusser om uitdamping tegen te gaan. Er is geen beperking voor de inzet nabij hoogspanningslijnen.
- b. Fakkelfeitel: na een aanrijding, botsing of kanteling kan lekkage optreden in een spoorwagoneelwagon of tankcontainer met brandbaar gas. Bij ontsteking is sprake van een fakkelfeitel. In al deze gevallen wordt het gevaar van naar boven gerichte hittestraling, richting de hoogspanningslijn, als zeer beperkt ingeschat. Een mogelijk gevaar is het aanstralen van een andere wagon met een gevaarlijke stof (zie scenario E). Dit scenario kan niet bestreden worden en is eerder al onderkend in een landelijk emplacementsonderzoek onder leiding van het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat.
- c. Toxische vloeistofplas: in dit geval is sprake van een uitdampende toxische plas met toxische effecten. De inzet bestaat uit het afdekken van de vloeistofplas met schuim om uitdamping tegen te gaan. Een dergelijke inzet door de brandweer kan, uitgaande van de uitgangspunten voor een veilige inzet, ook nabij hoogspanningslijnen plaatsvinden.
- d. Plasfeitel: het vrijkomen van een brandbare vloeistof die ontsteekt, heeft warmtestraling tot gevolg. Deze warmtestraling kan de geleider aanstralen, waardoor de geleider kan bezwijken. De inzet van de brandweer bestaat hierbij uit het afdekken van de vloeistofplas met schuim om de brand te blussen.
 - Bij een plasfeitel op een ballastbed is er geen gevaar van bezwijken van de hoogspanningslijn vanwege de geringe hittestraling.
 - Bij een plasfeitel op een porfierpad zal de hoogspanningslijn voldoende lang standhouden om een inzet mogelijk te maken.

- Bij een grotere plasbrand met hoge warmtestraling en mogelijk vlamcontact met de geleider is binnen enkele minuten de sterkte van de geleiders dusdanig verzwakt dat de kans op bezwijken groot is.
- e. Plasbrand/fakkelbrand met een dreigende BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion): een plasbrand kan leiden tot het aanstralen van een andere wagon gevuld met gevaarlijke stoffen, waarbij sprake kan zijn van drukopbouw in die wagon en daardoor een dreigende BLEVE. Bij een BLEVE is het zeer waarschijnlijk dat de geleider en/of masten zijn gefaald. De aanname is dat de aangestraalde ketelwagon na 20 tot 30 minuten kan bezwijken, met een BLEVE tot gevolg. Indien mogelijk wordt bij een plasbrand met dreigende BLEVE veilig ingezet op het blussen van de plasbrand. Dit door het afdekken van de plas met schuim en het koelen van de aangestraalde wagon, allemaal op ruime afstand. Bij signalen dat een BLEVE kan ontstaan, trekt de brandweer zich terug en laat waar mogelijk de koeling staan. Inzet nabij de hoogspanningslijn is in dit scenario niet anders dan inzet zonder hoogspanningslijn in de buurt.

Op basis van de uitgebreide beantwoording van de deelvraag (zie deelrapport 1) kan worden gesteld dat – uitgaande van de standaardprocedures voor een veilige inzet (onder andere veiligheidsafstand, niet-gebonden straal, gebruik schuim, inzetstraal 'laag houden') – ook een incident met gevaarlijke stoffen nabij een niet veiliggestelde hoogspanningslijn kan worden bestreden met inachtneming van de veiligheidsafstand van 25 meter van de hoogspanningslijn (zie deelvraag 2). Dit geldt voor alle incidentscenario's met gevaarlijke stoffen, behalve die waarin escalatie dreigt (fakkelbrand en/of plasbrand met mogelijke BLEVE). Dit is echter ook reeds de conclusie voor dit scenario indien dit niet in de nabijheid van een hoogspanningslijn plaatsvindt. De hoogspanningslijn is daarbij niet de 'beperkende' factor; het scenario op zich is al aanleiding voor de mogelijke escalatie. In die zin is er dus geen verschil in bestrijdbaarheid, hooguit in de mogelijke gevolgen voor de hoogspanningslijn.

Bij beantwoording van de deelvraag zijn alle scenario's ook in een risicomatrix opgenomen, waarbij aan elk scenario een score is toegekend. Alle scenario's liggen hierbij in het acceptabele gebied.

2.2 Wat betekent dit voor de hoofdvraag?

De bestrijdingsmogelijkheden voor mogelijke scenario's van incidenten met gevaarlijke stoffen op de emplacementen onder de hoogspanningslijnen zijn als volgt samen te vatten:

- Voor een deel van de scenario's is reguliere inzet in ieder geval mogelijk (druppellekkage, toxische vloeistofplas, kleine plasbranden in het ballastbed).
- Voor het scenario fakkelbrand is een offensieve inzet niet mogelijk. Dit staat los van de locatie van het incident en of dit onder hoogspanningslijnen plaatsvindt of niet.
- Bij een dreigende BLEVE is inzet mogelijk, maar alleen als er geen escalatie dreigt in de ontwikkeling van het scenario. Als inzet mogelijk is, kan op 25 meter afstand van de hoogspanningslijnen veilig ingegrepen worden.
- Voor het scenario (grote) plasbrand moet in de bestrijding rekening gehouden worden met een afstand van 25 meter tot hoogspanningslijnen. Bij inachtneming van die afstand kan het incident veilig bestreden worden op de emplacementen Maasvlakte-West en Waalhaven-Zuid.

Gezien deze inzetmogelijkheden zijn er geen aanvullende maatregelen nodig. Op basis van de risicomatrix is er geen noodzaak om aanvullende maatregelen te nemen om het resterende risico af te dekken. Evenmin is er reden om de situatie niet te accepteren en (rangeer)handelingen stop te zetten. Om het restrisico eventueel toch nog verder te beperken, valt te denken aan maatregelen die het ontstaan van een groot vloeistofplasoppervlak (en daarmee een grote plasbrand) voorkomen: een goed werkend ballastbed of een geul met ballast langs het spoor nabij hoogspanningslijnen.

Deelvraag 2

Dit hoofdstuk geeft antwoord op de vraag:

Hoe kan het afschakelen en veiligstellen van hoogspanning worden versneld, zodat binnen 20 minuten met de daadwerkelijke bestrijding kan worden aangevangen, volgens de gebruikelijke werkwijze van de hulpdiensten?

3.1 Belangrijkste inzichten

Veilige inzet

De 380kV-hoogspanningslijn bij de Maasvlakte is een kritische verbinding in het landelijke 380kV-hoogspanningsnet en kan alleen bij heel dringende noodzaak uit bedrijf genomen worden. De drie-circuit 150kV-hoogspanningslijn bij Waalhaven-Zuid is belangrijk voor de stroomvoorziening in de Rotterdamse haven en kan alleen in heel dringende gevallen uit bedrijf genomen worden. Dit kan in noodgevallen binnen 20 minuten gebeuren, maar het veiligstellen gebeurt op de locatie zelf. Dat is in geen geval binnen 20 minuten mogelijk, tenzij er mensen van TenneT permanent op locatie zijn en dat is onrealistisch. Uit ons onderzoek blijkt echter ook dat dit nadrukkelijk niet nodig is om veilig te kunnen ingrijpen.

De reden hiervoor zijn de richtlijnen voor veilig bestrijden zoals vastgelegd in het kennisdocument 'Brandweeroptreden nabij elektriciteit' van Brandweer Nederland uit 2020. In dat kennisdocument wordt onderscheid gemaakt tussen de categorieën 'distributie' en 'transport'. Zowel Maasvlakte-West als Waalhaven-Zuid vallen onder de categorie 'transport', omdat het gaat om 380kV-hoogspanningslijnen bij Maasvlakte-West en om een 150kV-hoogspanningslijn bij Waalhaven-Zuid. Voor 'transport' geldt conform het kennisdocument een opstellijn van 25 meter en een veiligheidsafstand van 5 meter onder de lijn als de hoogspanningslijn niet zelf betrokken is in het incident. Deze afstanden zijn in deelrapport 2 nogmaals bevestigd als conservatieve afstanden voor veilig optreden in conservatieve modellen.

Als er een melding komt van brand in de nabijheid van een hoogspanningslijn en geverifieerd is dat het werkelijk om de risicocategorie 'transport' gaat, zijn er drie scenario's:

- a. De locatie is (nog) niet veiliggesteld en er wordt defensief gebruik gemaakt van blusmiddelen om overslag of ernstige (milieu)schade te voorkomen, met inachtneming van de opstellijn en de veiligheidsafstand.

Bij dit scenario wordt defensief geblust conform het protocol uit het kennisdocument. Hierbij houdt de brandweer een afstand van 25 meter (opstellijn) tot een (mogelijk) onder spanning staande hoogspanningsinstallatie. Het blusmiddel blijft minimaal 5 meter (veiligheidsafstand) van de geleider. De benodigde tijd vanaf het moment dat de melding bij de meldkamer van de brandweer binnenkomt tot het moment dat kan worden begonnen met het daadwerkelijk bestrijden van het incident, is maximaal 20 minuten.

- b. De locatie is (nog) niet veiliggesteld en er wordt offensief gebruik gemaakt van onbemande blusmiddelen, omdat er sprake is van een dringende taak, met inachtneming van de opstellijn en veiligheidsafstand.

Als de hoogspanningslijn niet uit bedrijf genomen kan worden of wel uit bedrijf genomen kan worden, maar de hoogspanningslijn nog niet veiliggesteld is, kan de brandweer in urgente situaties in geval van een dringende taak in overleg met de Incidentcoördinator Netbeheer offensief blussen. Ook hierbij houdt de brandweer een afstand van 25 meter (opstellijn) tot een (mogelijk) onder spanning staande hoogspanningsinstallatie. Verder is de blusstraal opgebroken tegen de tijd dat deze binnen een afstand van 5 meter van de geleider is. Als er offensief geblust kan worden, is de benodigde tijd tot met het daadwerkelijk bestrijden van het incident kan worden begonnen maximaal 20 minuten. Hoe na offensief blussen (in een dringend geval, bij niet veiliggesteld werkgebied) kan worden teruggevallen op veiligstellen, hangt af van de situatie ter plaatse.

c. De locatie wordt veiliggesteld alvorens er kan worden gestart met de bestrijding van de brand.

In dit geval wordt pas begonnen met het daadwerkelijk bestrijden van het incident nadat TenneT de locatie heeft veiliggesteld is. Pas als vergrendeling en lokale aarders zijn aangebracht, kan de locatie op aangeven van de TenneT-werkverantwoordelijke worden veiliggesteld. Het veiligstellen zal, in verband met aanrijtijden, in de regel minimaal een uur duren vanaf het moment dat de melding van brand bij de meldkamer van de brandweer binnenkomt. Dit scenario is dus niet van toepassing op de twee emplacementen die wij onderzocht hebben, omdat daar nadrukkelijk wel veilig ingegrepen kan worden met inachtneming van de veiligheidsafstanden.

Eventueel bezwijken

In het vorige hoofdstuk zijn de scenario's geschetst waarin warmte de hoogspanningslijn kan aanstralen. Hierdoor kan de geleider bezwijken. Als alle geleiders het begeven, wordt de aangrenzende mast aan één zijde belast waardoor deze kan bezwijken. Dit gebeurt in het deel van de mast waar zich de zwaarst belaste profielen bevinden, meestal ergens in het midden van de mast en in de richting weg van de incidentlocatie. Het valbereik bedraagt in deze situatie ongeveer de helft tot twee derde van de hoogte van de mast.

Berekend is hoe lang het duurt voordat de geleiders en mast bezwijken als gevolg van de warmteontwikkeling van een brand. De geleiders worden onder normale bedrijfsomstandigheden belast tussen 10 en 25% van hun capaciteit; bij de masten tot ongeveer 50% van hun capaciteit. In geval van extreme belasting worden de masten belast tot ongeveer 85% van hun capaciteit. Als de temperaturen stijgen tot kritieke niveaus, neemt de sterkte van de componenten af, waardoor de geleiders en de masten uiteindelijk falen (zie deelrapport 2). De geleider zal bij falen echter nauwelijks uit de lijnrichting bewegen, met een dwarsverplaatsing van minder dan 2 meter. De opstellijn van 25 meter uit het kennisdocument 'Brandweeroptreden nabij elektriciteit' voldoet ruimschoots aan deze afstand.

3.2 Wat betekent dit voor de hoofdvraag?

De aanname achter de hoofdvraag is dat een inzet van de brandweer sneller en veiliger gestart kan worden als de hoogspanning sneller afgeschakeld en veiliggesteld kan worden. Uit het onderzoek blijkt dat het verder versnellen van de procedures om de hoogspanning af te schakelen en veilig te stellen voor geen van de drie scenario's redelijkerwijs mogelijk is. Desondanks is een brandweerinzet binnen 20 minuten wel mogelijk, uitgaande van een aantal randvoorwaarden in het kennisdocument 'Brandweeroptreden nabij elektriciteit'. Bij inachtneming van een opstellijn van 25 meter en een blusstraal op minimaal 5 meter van de hoogspanningslijn kan een veilige inzet plaatsvinden op de beide emplacementen en kan binnen 20 minuten worden begonnen met het daadwerkelijk bestrijden van het incident.

Deelvraag 3

4.1 Belangrijkste inzichten

In dit hoofdstuk brengen we in beeld of er vergelijkbare situaties met gevaarlijke stoffen nabij hoogspanning zijn en wat daarvan geleerd kan worden. Het onderzoek voor deze deelvraag bestond uit twee delen, te weten een generieke analyse en een specifieke analyse van de spoorse activiteiten in havengebied Rotterdam.

De generieke analyse richt zich op welke risicobronnen zich in de nabijheid van hoogspanning bevinden in Nederland en hoeveel dit er zijn. Risicobronnen zijn in dit geval spoor-, weg- of watertransportroutes, emplacementen, tankstations en zogeheten Brzo- en/of Bevi-inrichtingen. Hiertoe beantwoorden we de volgende vragen:

- Hoeveel situaties zijn er in Nederland waarbij de 25-meterzones van hoogspanningslijnen en de (potentiële) locaties van risicobronnen elkaar overlappen?
- Welk type risicobronnen betreft dit en wat betekent dit (op hoofdlijnen) voor de incidentbestrijding?
- In welke gebieden (gemeenten, provincies) liggen deze risicobronnen?

In Nederland hebben we 350 situaties gevonden met een overlap tussen de 25-meterzones van hoogspanningslijnen en de (potentiële) locaties van risicobronnen. Het betreft de volgende risicobronnen, verdeeld per provincie:

Tabel 1 Aantal risicobronnen in nabijheid hoogspanningslijnen, per type en per provincie

Provincie	Aantal risicobronnen in nabijheid hoogspanningslijnen, per type							
	Spoor	Water	Weg	Emplacement	Tankstation lpg/cng/lng	Brzo	Bevi overig	Totaal
Friesland	0	3	8	0	0	1	0	12
Groningen	10	4	11	0	0	0	0	25
Drenthe	6	0	8	0	0	0	0	14
Overijssel	14	1	14	0	3	1	0	33
Gelderland	20	6	23	1	0	0	1	51
Flevoland	2	1	3	0	0	0	0	6
Utrecht	6	1	9	0	0	0	0	16
Noord-Holland	8	2	13	0	0	0	0	23
Zuid-Holland	14	5	24	2	0	1	1	47
Zeeland	6	2	23	0	0	0	0	31
Noord-Brabant	18	2	30	0	1	1	1	53
Limburg	17	4	16	1 (2)	0	0	1	39
	121	31	182	4 (5)	4	4	4	350 (351)

In 16 van de 350 situaties gaat het om inrichtingen; slechts 4 hiervan zijn emplacementen, waaronder Waalhaven-Zuid en Maasvlakte-West. Daarnaast betreft het Brzo-inrichtingen (4), lpg- (cng-, lng-)tankstations (4) en overige Bevi-bedrijven waar brand en/of explosie kan optreden (4). Voor deze 16 situaties geldt een Wabo-vergunningplicht, waar de beoordeling van de brandbestrijdingsmogelijkheden deel van uitmaakt.

Op basis van visuele analyses is beoordeeld of hoogspanningslijnen een belemmering zouden kunnen vormen voor het optreden van de brandweer. Er is gekeken naar de mogelijkheden voor de brandweer om te kunnen opstellen en daarmee een brand te kunnen bestrijden bij de betreffende installatie/inrichting, zonder onder een hoogspanningslijn of binnen de veiligheidszone van 25 meter te staan. In slechts enkele situaties is sprake van een mogelijke belemmering. Hieronder vallen de emplacementen Waalhaven-Zuid en Maasvlakte-West en enkele inrichtingen (zie deelrapport 3).

Het restrisico in deze situaties is laag. Eventueel kan maatwerk worden overwogen om de situaties nader te onderzoeken en de omstandigheden voor de brandweer indien nodig te verbeteren. Conform de arbeidshygiënische strategie hebben bronmaatregelen daarbij de voorkeur boven afscherpende maatregelen. Deze maatregelen zijn niet noodzakelijk om de externe veiligheidssituatie te verbeteren.

De overige 334 situaties betreffen kruisingen met basisnetroutes (weg, water, spoor). Voor deze situaties is de beoordeling van de brandbestrijding geen voorwaarde voor een vergunning. Wel gelden voorwaarden voor de aanleg van de kruising van de hoogspanning over de betreffende routes. De bereikbaarheid van de locaties en daarmee de mogelijkheid voor bestrijding van een incident verschilt sterk. Tot op heden worden deze situaties niet als een verhoogd risico (h)erkend.

Met Havenbedrijf Rotterdam en TenneT zijn de toekomstige ontwikkelingen in het havengebied besproken. Momenteel is de exacte uitwerking hiervan nog onbekend. Vooralnog is de conclusie dat er geen grote veranderingen te verwachten zijn. Voor zover deze ontwikkelingen leiden tot het kruisen van (nieuwe) hoogspanningslijnen over (nieuwe) vergunningplichtige locaties met gevaarlijke stoffen, zullen in het kader van de bedrijfsbrandweerrapportage de bestrijdingsmogelijkheden specifiek moeten worden beoordeeld, met name of er voldoende opstel mogelijkheden zijn buiten de veiligheidszone van 25 meter.

4.2 Wat betekent dit voor de hoofdvraag?

De conclusie is dat er in Nederland honderden situaties zijn waarbij gevaarlijke stoffen onder hoogspanningslijnen door vervoerd worden en waar (ten minste theoretisch) de mogelijkheid bestaat op een incident met gevaarlijke stoffen onder een hoogspanningslijn. In Gelderland, Noord-Brabant en Zuid-Holland zijn de meeste overlapsituaties geïdentificeerd. Na analyse blijkt het slechts in twee gevallen om emplacementen te gaan. De aanwezigheid van hoogspanning kan hier in principe de bestrijding van een incident met gevaarlijke stoffen belemmeren, maar dit is niet specifiek onderzocht. Voor zover bij ons bekend, zijn er op andere locaties geen specifieke maatregelen getroffen om incidenten te voorkomen of incidentbestrijding te bevorderen. Gegeven de uitkomsten van de andere twee deelvragen, denken we niet dat het treffen van additionele risicobeheersingsmaatregelen voor die specifieke situaties per definitie nodig is. Ook verwachten wij geen precedentwerking vanuit dit onderzoek voor die emplacementen, noch voor de andere spoorse situaties.

Uitkomsten

5.1 Conclusies

Aan de hand van de antwoorden op de drie deelvragen presenteren we in dit hoofdstuk de algemene conclusies plus een beeld van de bestuurlijke belangen. Door de implicaties van de conclusies van de deelvragen te beschrijven, beschouwen we in dit hoofdstuk ook of aanvullende maatregelen noodzakelijk zijn om brandweerinzet op de beide emplacementen mogelijk te maken.

Bij **deelvraag 1** is onderzocht hoe een incident met gevaarlijke stoffen nabij hoogspanningslijnen en -masten bestreden kan worden, indien de hoogspanning niet is afgeschakeld en/of veiliggesteld. Uit de analyse blijkt dat als de gebruikelijke veiligheidsprocedures worden gevolgd (zoals het handhaven van de veiligheidsafstand van 25 meter van de hoogspanningslijn, het gebruik van schuim en het laag houden van de inzetstraal), er ook kan worden opgetreden bij een incident met gevaarlijke stoffen dat zich in de buurt van een niet beveiligde hoogspanningslijn voltrekt. Verder laat de analyse zien dat er in alle situaties met gevaarlijke stoffen opgetreden kan worden, zelfs als het incident zich in de nabijheid van een hoogspanningslijn voordoet. Voor potentiële escalatiescenario's, te weten een fakkelbrand of een scenario met een dreigende BLEVE, is eerder al onderkend dat die op emplacementen niet te bestrijden zijn (fakkelbrand) of alleen bij een niet dreigende escalatie (warme BLEVE). Belangrijk om op te merken is dat deze conclusie ook geldt voor scenario's waarbij geen hoogspanningslijn in de buurt is én voor alle emplacementen. De hoogspanningslijn zelf vormt dus niet de beperkende factor, dat is het scenario zelf. De mogelijkheid om het incident te bestrijden, is daarmee gelijk. Met het oog op deze inzetmogelijkheden is de conclusie dan ook dat aanvullende maatregelen niet per se nodig zijn.

In het kader van deelvraag 2 is gezocht naar een antwoord op de vraag of het afschakelen en veiligstellen van hoogspanning kan worden versneld. Zo ja, dan zou de brandweer sneller en veiliger kunnen inzetten onder hoogspanningslijnen en -masten. Het onderzoek toont echter aan dat het redelijkerwijs niet haalbaar is om de procedures voor het uitschakelen en veiligstellen van de hoogspanning verder te versnellen vanwege vaste protocollen. Dat is echter ook *niet nodig*. Brandweerinzet binnen 20 minuten is gewoon mogelijk, mits voldaan wordt aan de randvoorwaarden zoals beschreven in het kennisdocument 'Brandweeroptreden nabij elektriciteit'. De conclusie is dat met een blusstraal op minimaal 5 meter van de hoogspanningslijn en met inachtneming van een opstellijn van 25 meter, inzet van de brandweer binnen 20 minuten op beide emplacementen te realiseren is. Tevens blijkt uit het onderzoek dat zelfs als geleiders breken en masten omvallen na geleiderbreuk, de opstellijn van 25 meter uit het kennisdocument nog steeds een veilige afstand waarborgt.

Als laatste is bij deelvraag 3 beschouwd of er vergelijkbare situaties met gevaarlijke stoffen nabij hoogspanningslijnen zijn in Nederland, en zo ja, wat daarvan geleerd kan worden. Uit een GIS-analyse blijken er in Nederland honderden situaties te zijn waarbij gevaarlijke stoffen onder hoogspanningslijnen door vervoerd worden en waar, net als bij de onderzochte emplacementen, theoretisch de mogelijkheid bestaat op een incident. Verdere analyse van deze situaties leert dat slechts twee van deze situaties op emplacementen zijn. Hoewel de aanwezigheid van hoogspanning hier de bestrijding zou kunnen belemmeren, leiden de uitkomsten van de andere twee deelvragen tot de conclusie dat er geen additionele risicobeheersingsmaatregelen voor de spoorse situaties nodig zijn. Met andere woorden, op basis van dit onderzoek zijn er geen aanvullende maatregelen noodzakelijk om de risico's op deze emplacementen te verminderen. Wel moet aandacht worden besteed aan het waarborgen van een goede inzet vanaf 25 meter, waarbij de locatie van hydranten mogelijk een aandachtspunt vormt. Ook verwachten wij geen precedentwerking vanuit dit onderzoek voor die emplacementen, noch voor de andere spoorse situaties.

5.2 Reflecties

Naar aanleiding van deze uitkomsten geven wij nog enkele reflecties mee:

Reflecties ten aanzien van het onderzoek

Enkele uitkomsten binnen dit onderzoek waren anders dan eerder aangenomen en/of verwacht door betrokken partijen. Daarvoor zijn in onze ogen drie belangrijke oorzaken voor aan te wijzen. Allereerst was het binnen dit onderzoek mogelijk om dieper in te gaan op de materie dan voorheen. Dat hangt ook samen met het feit dat dit team van onderzoekers zeer integraal naar de problematiek heeft kunnen kijken. Met name het elektriciteitsaspect en de precieze werking van het ballastbed hebben daarmee extra aandacht gekregen, wat tot nieuwe inzichten geleid heeft. Tot slot zijn eerdere onderzoeken vanuit een andere vraagstelling benaderd.

Elk onderzoek kent een eigen context die van invloed is op de onderzoekers zelf, op de uitkomsten en op hoe deze in de praktijk landen. Normaliter zouden wij uitgaan van een minimale kans van optreden van deze incidenten, wat ook een zeer laag risico impliceert. In dit onderzoek hebben wij onszelf echter gedwongen ook te kijken naar wat er in worst-case scenario's zou kunnen gebeuren. Wij gaan er echter nog altijd van uit dat de kans van optreden minimaal is en willen benadrukken dat de behandelde worst cases niet als representatief moeten worden gezien. Mocht het toch fout gaan, dan kunnen de incidenten met inachtneming van de eerdergenoemde maatregelen goed bestreden worden.

Reflecties ten aanzien van de maatregelen

Een ander belangrijk punt is dat wat wij in dit onderzoek als veilig aanduiden, in de praktijk door de hulpdiensten niet als veilig ervaren hoeft te worden. Zij zijn uiteindelijk degenen die eventueel in de richting van een hoogspanningslijn staan te blussen bij een groot incident. De Gezamenlijke Brandweer geeft na lezing van het rapport aan dat zij de bevindingen en conclusies van het rapport onderschrijft, met de kanttekening dat – zoals dat altijd het geval is – de beoordeling óf ingezet gaat worden altijd voorbehouden blijft aan de bevelvoerder ter plaatse en later in het incident bij de (hoogst) leidinggevende.

5.3 Tot slot

De uitkomsten van dit onderzoek lijken goed nieuws voor de complexe situaties rond emplacementen. Dat mocht ook wel eens. Wij hopen dat dit de betrokken partijen nader tot elkaar brengt rond de vraagstukken bij emplacementen. De ingrediënten zijn er om samen een doorstart te maken.



WIJ ZIJN BERENSCHOT, GRONDLEGGER VAN VOORUITGANG

Nederland is continu in ontwikkeling. Maatschappelijk, economisch en organisatorisch verandert er veel. Al 85 jaar volgen wij als adviesbureau deze ontwikkelingen op de voet en werken we aan een vooruitstrevende samenleving. De behoefte om iets fundamenteels te betekenen voor mens en maatschappij zit in onze genen. Met onze adviezen en oplossingen hebben we dan ook actief meegebouwd aan het Nederland van vandaag. Altijd op zoek naar duurzame vooruitgang.

Alles wat we doen, is onderzocht, onderbouwd en vanuit meerdere invalshoeken bekeken. Zo komen we tot gefundeerde adviezen en slimme oplossingen. Die zijn op het eerste gezicht misschien niet altijd de meest voor de hand liggende. Juist deze eigenzinnigheid maakt ons uniek. Daarbij zijn we niet van symptoombestrijding. En gaan pas naar huis als het is opgelost.

Berenschot B.V.

Van Deventerlaan 31-51, 3528 AG UTRECHT
Postbus 8039, 3503 RA UTRECHT
030 2 916 916
www.berenschot.nl

Berenschot





RAPPORT

Incidentenbestrijding emplacementen

Beantwoording deelvraag 1

69465 – Vertrouwelijk – 29 juni 2023

Berenschot – Royal HaskoningDHV – Antea Group – DNV

Inhoudsopgave

Hoofdstuk 1	4
Inleiding	4
Hoofdstuk 2	5
De incidentscenario's met gevaarlijke stoffen	5
2.1 Ongevalscenario's	5
2.2 Incidentscenario's	7
Hoofdstuk 3	9
Gevaren van een incident nabij een hoogspanningslijn	9
3.1 Scenario druppellekkage	9
3.2 Scenario fakkelbrand	9
3.3 Scenario toxische plas	10
3.4 Scenario plasbrand	10
3.5 Scenario dreigende BLEVE (door plasbrand of fakkelbrand met aanstraling andere wagen)	16
Hoofdstuk 4	18
De bestrijdingsmogelijkheden van de brandweer	18
4.1 Brandweeroptreden nabij elektriciteit	18
4.2 Inzet bij de scenario's	20
4.3 Resumé	26
Hoofdstuk 5	27
Voorstellen voor te nemen maatregelen	27
5.1 De scenario's in de risicomatrix	27
5.2 Mogelijke aanvullende maatregelen	29
Hoofdstuk 6	30
Conclusie	30
Bijlage 1	31
Preventieve maatregelen/ Lines of Defence	31
Bijlage 2	52
Ethanolbrand emplacement Kijfhoek 2011	52
Bijlage 3	54
Plasoppervlakte bij spoor	54
Bijlage 4	57
Risicomatrix ProRail	57
Bijlage 5	60
Notitie RHDHV – bergingscapaciteit ballastbed	60

bijlage 6	88
Effectberekeningen van plasbranden	88

HOOFDSTUK 1

Inleiding

In het kader van het onderzoek naar de (on)mogelijkheden voor bestrijding van incidenten met gevaarlijke stoffen onder of nabij hoogspanningslijnen en -masten op Maasvlakte-West en Waalhaven-Zuid wordt in dit document ingegaan op de beantwoording van deelvraag 1:

Hoe kan een incident met gevaarlijke stoffen nabij hoogspanningsmasten en -lijnen worden bestreden, indien de hoogspanning niet is afgeschakeld en/of veiliggesteld?

Voor de uitwerking van deze deelvraag 1 wordt in de volgende hoofdstukken ingegaan op:

- de incidentscenario's met gevaarlijke stoffen die kunnen optreden
- het gevaar van een incident met gevaarlijke stoffen nabij een hoogspanningslijn
- de bestrijdingsmogelijkheden van de brandweer bij de verschillende scenario's.

HOOFDSTUK 2

De incidentscenario's met gevaarlijke stoffen

Allereerst is van belang na te gaan hoe een incident met gevaarlijke stoffen optreedt en over wat voor soort incidenten met wat voor soort gevaarlijke stoffen we het hebben. Dit is nodig om de effecten op de hoogspanningslijn en mogelijke maatregelen te kunnen bepalen.

2.1 Ongevalsscenario's

2.1.1 Ongevallen kunnen leiden tot een LoC

De mogelijke ongevalsscenario's op het emplacement zijn geïdentificeerd met behulp van de procesbeschrijving en de rekenmethodiek voor spoorwegemplacements. Voor de volledigheid: het gaat om ongevalsscenario's op een emplacement tijdens vergunningplichtige activiteiten en niet om ongevalsscenario's bij doorgaand treinverkeer. Dan gelden (bijvoorbeeld) veel hogere snelheden.

Op basis van de beschrijving van activiteiten en de ligging van de hoogspanningsverbinding kan sprake zijn van de volgende oorzaken van mogelijke ongevalsscenario's als gevolg van treimbewegingen ter hoogte van de hoogspanningsverbinding:

Tabel 1. Mogelijke ongevalsscenario's.

Handeling (mogelijke oorzaak die kan leiden tot een ongevalsscenario)	Vergunningplichtige handeling	Doorgaand treinverkeer
Interactie tussen treinen bij aankomst of vertrek (A/V)	x	x
Interactie tussen een aankomende of vertrekkende trein en een rangeerdeel (ITR)	x	x
Eenzijdig ongeval (EO)	x	x
Locwisselen en/of kopmaken (LOCW)	x	
Intrinsiek falen bij overstand (IF)	x	x

Deze ongevalsscenario's kunnen leiden tot een Loss of Containment (LoC) oftewel lekkage van een gevaarlijke stof. De volgende categorieën gevaarlijke stof¹ komen hierbij voor:

- A: Brandbaar gas (bijvoorbeeld lpg/propaan).
- B2: Giftig gas (bijvoorbeeld ammoniak).
- C3: Zeer brandbare vloeistoffen (bijvoorbeeld benzine).
- D3: Giftige vloeistoffen (bijvoorbeeld acrylonitril).
- D4: Zeer giftige vloeistoffen (bijvoorbeeld acroleïne).

2.1.2 Preventieve maatregelen om een ongeval en/of LoC te voorkomen

Ter voorkoming van ongevalsscenario's is er binnen de spoorsector een groot aantal preventieve maatregelen getroffen. Dit mede op basis van internationale (Europese) en nationale regelgeving en afspraken. Dit betreffen maatregelen op het gebied van infrastructuur, rijdend materieel, melding en alarmering, en organisatorische maatregelen. In bijlage 1 is een compleet overzicht opgenomen van deze preventieve maatregelen, gerelateerd aan de mogelijke oorzaken van een incident. Dit geeft per mogelijke oorzaak een overzicht van de aanwezige en getroffen maatregelen om te voorkomen dat die oorzaak en een daaruit voortvloeiend incident optreedt.

De genoemde maatregelen tonen aan dat in de spoorsector met name is ingezet op het voorkomen van een incident: de voorzieningen aan de linkerkant van de vlinderdas worden als primaire eisen gezien. Al deze genomen preventieve maatregelen voorkomen in grote mate het optreden van een mogelijke oorzaak, een daaruit voortvloeiend incident en daarmee ook een mogelijke lekkage van een gevaarlijke stof (waar we het in het kader van dit onderzoek over hebben).

2.1.3 Kans op een ongeval en op een LoC

Gegeven alle getroffen preventieve maatregelen zoals in detail opgenomen in bijlage 1, is de kans op het optreden van een incident zeer gering. Belangrijke maatregelen zijn:

- lage snelheden
- gecontroleerde processen met diverse technische veiligheden (Centraal Bediend Gebied, Automatische Trein Beïnvloeding)
- kwaliteit van en eisen aan het materieel (internationale en nationale regelgeving)
- kwaliteit van het personeel.

Door de getroffen maatregelen wordt het optreden van een botsing of ontsporing voorkomen en daarmee dat een dergelijke calamiteit zou leiden tot een lekkage (LoC) van een gevaarlijke stof.

In een onderzoek naar de casuïstiek van rangeerincidenten² constateert het RIVM dat er in Nederland in de periode 1996-2016 slechts één incident met een voor de externe veiligheid relevante uitstroom van gevaarlijke stof heeft plaatsgevonden. Dit betrof een incident tijdens het rangeren met behulp van het zogenaamde heuvelproces te Kijfhoek. Een dergelijk incident is niet representatief voor locaties waar geen heuvel ten behoeve van het rangeren aanwezig is (zie verder de beschouwing van dit incident in bijlage 2).

¹ Bij transport van gevaarlijke stoffen over het spoor wordt deze verdeling in stofcategorieën gehanteerd. Zie bijvoorbeeld de Regeling Basisnet en de Handleiding Risicoanalyse Transport (HART, RIVM-document).

² Bron: RIVM, onderzoek in het kader van de actualisatie van de faalfrequenties rangeeractiviteiten (2022-heden).

Omdat de verzameling data zeer beperkt is en bovendien niet representatief is voor rangeerlocaties waar geen heuvelproces plaatsvindt, is in dat onderzoek tevens gekeken naar de casuïstiek in West-Europa. Hieruit bleek in geen van de gevallen sprake geweest te zijn van een extern veiligheidseffect: het betrof in alle gevallen druppellekkages. Deze bevindingen komen overeen met de bevindingen van de Inspectie Leefomgeving en Transport (ILT), waar ook in Nederland bij spoor met name uitsluitend incidenten met druppellekkages bij afsluiters worden gemeld. Voorgaande leert dat er theoretisch sprake kan zijn van incidentscenario's ter hoogte van de hoogspanningsverbinding, maar dat de casuïstiek binnen West-Europa laat zien dat externe veiligheidsrelevante rangeerongevallen niet voorkomen (dit geldt in ieder geval voor een rangeerlocatie zonder heuvelproces). Dit betekent dat de kans op een rangeerincident al klein is, en dat hiermee het optreden van zo'n scenario ter hoogte van een hoogspanningsverbinding nog onwaarschijnlijker wordt.

2.2 Incidentscenario's

In 2.1 is geconcludeerd dat het optreden van een ongeval met daarbij het vrijkomen van een significante hoeveelheid gevaarlijke stof zeer onwaarschijnlijk is. Mocht dit toch gebeuren, dan spreken we van een incidentscenario. Afhankelijk van de soort gevaarlijke stof die dan vrijkomt, in welke hoeveelheden deze vrijkomt en of er wel of niet sprake is van ontsteking (en dus brand), kan het vrijkomen ervan leiden tot een incident met een gevaarlijke stof. Dit kan vervolgens leiden tot de volgende fysische effecten:

- Een druppellekkage bij een klein gat, van een brandbare of toxische vloeistof.
- Een uitdampende toxische vloeistof.
- Vrijkomen van een toxische wolk (in geval van een toxisch gas).
- Een plasbrand (in geval van een brandbare vloeistof).
- Een plasbrand die zorgt voor aanstralen van een andere wagon met een (dreigende) BLEVE.
- Een fakkelbrand (in geval van een brandbaar gas).
- Ontstaan van een brandbare wolk die ontsteekt in een vuurbal.

2.2.1 Emplacementenproject

In 2016 heeft het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (hierna: IenW) het landelijk emplacementenproject gestart. In dit project is onder regie van IenW samen met gemeenten, omgevingsdiensten, veiligheidsregio's, Brandweer Nederland, vervoerders, brancheorganisaties, het Ministerie van Veiligheid en Justitie en ProRail gewerkt aan uniforme, robuuste en kosteneffectieve afspraken over de eisen die op emplacementen worden gesteld aan veiligheid en geluid. In dit emplacementenproject zijn afspraken gemaakt omtrent de benodigde (repressieve) voorzieningen per emplacement (bijvoorbeeld ten aanzien van bluswatervoorziening en bereikbaarheid). In het bestuurlijk overleg van 8 februari 2018 is op hoofdlijnen overeenstemming bereikt over de voorzieningen per type emplacement. Hiermee is een belangrijk doel bereikt, te weten een eenduidige uitrusting van emplacementen in Nederland, wat van belang is voor preventie en incidentbestrijding.

In het landelijk emplacementsproject³ is bepaald dat rekening moet worden gehouden met de scenario's *toxische plas*, *plasbrand* en (*dreigende*) *BLEVE*. Daarbij wordt opgemerkt dat in het emplacementsproject deze beoordeling is gemaakt voor zowel de rangeeractiviteiten als het doorgaand spoorverkeer op de betreffende locatie. De voorzieningen zoals afgesproken in het landelijk emplacementsproject dienen hierbij als leidraad voor het inrichten van voorzieningen te Waalhaven-Zuid en Maasvlakte-West.

Binnen het emplacementsproject heeft de Expertgroep Voorzieningen en Maatregelen bepaald dat de scenario's *fakkelfbrand*, *koude BLEVE* en *toxisch gas* **niet bestreden kunnen worden**. Dit geldt voor alle emplacements in Nederland waar gevaarlijke stoffen worden behandeld en in alle situaties. De expertgroep volgde hiervoor de onderstaande redenering:

- Geen repressieve voorzieningen en maatregelen voor het scenario *fakkelfbrand*. In de expertgroep zijn berekeningen uitgevoerd ten aanzien van een fakkelfbrand en is nagedacht over mogelijke voorzieningen en maatregelen. Uiteindelijk heeft de expertgroep vastgesteld dat er geen specifieke voorzieningen en maatregelen genomen kunnen worden voor het scenario fakkelfbrand, vanwege het ontbreken van een reëel en veilig handelingsperspectief voor repressieve maatregelen.
- Geen repressieve voorzieningen en maatregelen voor de scenario's *koude BLEVE* en *toxisch gas*. Het betreffen hier scenario's waarvan de ontwikkeltijd dermate kort is dat repressief optreden is uitgesloten of scenario's waarvoor geen gevalideerde adequate repressieve maatregelen en voorzieningen bestaan.

Omdat er geen (adequate) repressieve maatregelen en voorzieningen bestaan, zijn deze scenario's niet opgenomen in het categoriseringsmodel van het emplacementsproject. Voor een mogelijke inzet door de brandweer wordt daarom gekeken naar een inzet bij de volgende scenario's:

- Druppellekkage.
- Toxische vloeistofplas.
- Plasbrand.
- Plasbrand met een dreigende BLEVE.

³ Verantwoordingsdocument Emplacementsproject (bijlage 4b).

HOOFDSTUK 3

Gevaren van een incident nabij een hoogspanningslijn

In hoofdstuk 2 is geconcludeerd dat de kans op het optreden van een scenario met vrijkomen van een grote hoeveelheid gevaarlijke stoffen nihil is. Van de in dat hoofdstuk beschouwde potentiële scenario's is in het emplacementenproject geconcludeerd dat het restrisico (deels) wel bestrijdbaar is; hiervoor wordt een voorzieningenpakket voorgesteld. Voor een mogelijke inzet van de brandweer wordt daarom gekeken naar een inzet bij de volgende scenario's:

- Druppellekkage.
- Toxische vloeistofplas.
- Plasbrand.
- Plasbrand (of fakkelbrand) met een dreigende BLEVE.

Hoewel in het landelijk emplacementenproject het scenario fakkelbrand reeds is aangemerkt als een niet-bestrijdbaar scenario, gaan we voor de volledigheid hier ook nog kort in op dit scenario.

In de volgende paragrafen beschrijven we de gevaren/effecten van de genoemde scenario's en welke invloed dit kan hebben op de hoogspanningslijn. Dit wordt vervolgens in hoofdstuk 4 meegenomen bij het onderzoeken van de mogelijkheden van bestrijding van de scenario's.

3.1 Scenario druppellekkage

Bij een druppellekkage gaat het om – het woord zegt het al – een zeer geringe uitstroom van een gevaarlijke vloeistof. Er zijn alleen lokale effecten en er is *geen direct gevaar* voor de hoogspanningslijn.

3.2 Scenario fakkelbrand

Als na een aanrijding of botsing sprake is van lekkage (uit een gat) in een spoorketelwagen of tankcontainer met een brandbaar gas, dan is bij ontsteking sprake van een fakkelbrand. Bij een botsing tussen twee wagens zal zich een lekkage in de flank voordoen, waarbij de fakkel naar de zijkant zal staan (en niet naar boven, naar de hoogspanningskabel). Bij een ontsporing en kanteling van een wagen, moet de wagen op een scherp voorwerp terechtkomen om een gat te laten ontstaan dat zorgt voor lekkage. Ook dan zal de fakkelbrand niet naar boven, naar de hoogspanningskabel gericht zijn. De kans op het initiële gevaar van hittestraling naar boven wordt derhalve als zeer beperkt ingeschat. Het rechtstreeks aanstralen van de geleiders of de masten is daarmee onwaarschijnlijk.

Een mogelijk gevaar is het aanstralen van een andere wagen met een gevaarlijke stof met mogelijke escalatie tot gevolg (zie voor dit scenario verder paragraaf 3.5).

Bij een zijwaarts gerichte fakkelbrand bestaat een mogelijk gevaar voor aanstraling van de hoogspanningsmast en de geleiders door de warmtestraling die vrijkomt bij de brand. De resultaten van de bijbehorende effectberekeningen zijn opgenomen in bijlage 6.

Een fakkelbrand die nabij een hoogspanningslijn ontstaat, kan – als de fakkel of de warmte daarvan richting de geleiders en/of de masten gaat – een hoge ‘geconcentreerde’ hittestraling genereren. Zo’n fakkelbrand kan ervoor zorgen dat de geleiders of masten in korte tijd bezwijken (zie uitwerking deelvraag 2).

Zoals gezegd, is in het landelijk emplacementenproject het scenario fakkelbrand aangemerkt als niet te bestrijden, vanwege het ontbreken van een reëel en veilig handelingsperspectief voor repressieve maatregelen. Een fakkelbrand zelf is niet te bestrijden of te blussen. Het voorkomen van escalatie naar een andere wagen door een fakkelbrand is niet haalbaar. Bij een fakkelbrand kan namelijk in zeer korte tijd een zeer hoge hittestraling ontstaan en dat kan leiden tot escalatie voordat repressief ingegrepen kan worden.

Een fakkelbrand nabij een hoogspanningslijn kan, als de fakkel of de warmte daarvan richting de geleiders en/of de masten gaat, een groot gevaar opleveren voor mogelijke escalatie naar de hoogspanningslijn (de kabel/masten bezwijken). Dit scenario is niet repressief te bestrijden. Een dergelijk scenario moet met preventieve voorzieningen worden voorkomen. Zie hiervoor paragraaf 2.1 en bijlage 1.

3.3 Scenario toxische plas

In geval van het vrijkomen van een toxische vloeistof kan er sprake zijn van een uitdampende toxische plas met toxische effecten. Een dergelijk scenario levert *geen direct gevaar* op voor de hoogspanningslijn.

3.4 Scenario plasbrand

In geval van het vrijkomen van een brandbare vloeistof die ontsteekt, is er sprake van een plasbrand met als effect warmtestraling. Het gevaar van deze warmtestraling kan zijn dat de geleider wordt aangestraald en dat deze daardoor bezwijkt.

3.4.1 Onderbouwing plasoppervlakte bij een plasbrand

De afgelopen jaren wordt in diverse rapporten over incidentbestrijding op emplacementen twee typen plasgroottes aangehouden: een generieke plasgrootte van 160 m² bij een instantaan falen van een ketelwagen en een generieke plasgrootte van 100 m² bij een continue uitstroom vanuit een ketelwagen.

Deze waarden voor plasgroottes zijn in een expertgroep in het kader van het landelijk emplacementenproject, overeengekomen en zijn gebaseerd, zo wordt gesteld, op oudere uitstroomproeven uit 1989⁴.

Daarnaast heeft TNO in 2014 onderzoek⁵ gedaan naar de werking van het ballastbed op de plasgrootte en de hittestraling van een plasbrand.

⁴ Notitie Save 1989 *Plasgrootte bij uitstroming op spoorwegemplacementen*, Ingenieurs-/adviesbureau SAVE 89314-903A1 juli 1989, opdrachtgever Nederlandse Spoorwegen.

⁵ TNO-rapport *Plasvorming door vloeistofuitstroming op havenemplacementen* - 2014 R10876, 13 juni 2014 pnr. 060.02192.

In bijlage 3 wordt ingegaan op de achtergronden en onderbouwing van plasgroottes op emplacementen vanuit een aantal onderzoeken. Daaruit blijkt dat de invloed van een ballastbed op onjuiste wijze is verdisconteerd in de aangenomen plasgroottes, daar die waren gebaseerd op oudere uitstroomprouven op zandgrond.

De onderzoeken uit 1989 en 2014 vullen elkaar aan en laten zien dat een plas op een emplacement zich heel anders kan ontwikkelen dan wanneer deze ontstaat op een ondergrond van zand of ballastbed. De onderbouwing om standaardplasgroottes van 160 m² en 100 m² aan te houden, ontbreekt. Want voor een goed ballastbed zijn immers geen experimentele prouven⁶ gedaan en een (rekenkundige) onderbouwing ontbreekt eveneens. De conclusies en redentie over deze te hanteren plasgroottes maken oneigenlijk gebruik van testresultaten uit 1989 en 2014.

De grootte en vorm van een plasbrand op een emplacement moet dus worden vastgesteld aan de hand van de feitelijk aanwezige condities op een emplacement en kunnen niet zomaar globaal voor alle emplacementen met één reël plasoppervlak worden aangeduid voor specifieke gevaarmerken. Daarbij moet de invloed van het ballastbed zeker worden meegenomen.

Gegeven de getroffen maatregelen en voorzieningen (zie bijlage 1), wordt voor een lekkagescenario op een emplacement (lage snelheden, diverse veiligheden) uitgegaan van een representatief scenario. Dit representatieve scenario is een lekscenario van een wagen met N-hexaan (voorbeeldstof voor stofcategorie C3), een vloeistofkolomhoogte van 2,5 meter en met een uitstroming uit een gat van 3 inch⁷. De uitstroom vanuit deze lekkage bedraagt dan 20 liter per seconde.

In bijlage 6 wordt ingegaan op de specifieke locaties op de twee emplacementen ter hoogte van de hoogspanningslijnen waar een vloeistofplas zou kunnen ontstaan en welke soorten plasbranden daarbij kunnen worden onderscheiden.

Er zijn drie locaties te onderscheiden waar een uitstroom zou kunnen plaatsvinden:

1. In het ballastbed in en tussen de sporen, resulterend in een brand in het ballastbed.
2. Tussen of langs de sporen op een andere ondergrond dan ballastbed (bijvoorbeeld op porfierpaden van zand/klei), resulterend in een smalle, langwerpige vloeistofplasbrand.
3. Op open terrein zoals naast de sporen – zand/klei/asfalt – waar de vloeistof zich onbelemmerd kan uitbreiden, resulterend in een min of meer cirkelvormige plas (grotere plasbrand).

In navolgende figuren is voor de emplacementen Waalhaven-Zuid en Maasvlakte-West ter hoogte van de hoogspanningslijnen aangegeven waar welke type plassen zouden kunnen ontstaan. Op beide luchtfoto's zijn reeds de beoogde en voor een deel nog aan te leggen calamiteitenwegen (in groen) zichtbaar.

⁶ De uitgevoerde uitstroomprouf op een opstelspoor bij ETT in Europoort (in 2013) betrof een oud en slecht onderhouden ballastbed. Dit is niet representatief voor een modern en goed onderhouden ballastbed.

⁷ Voor een onderbouwing van het 3" (75 mm) gat, zie het RIVM-rapport 2019-0208 Faalcijfers en faalmechanismen vervoer gevaarlijke stoffen per spoor Fase 1 - tussenrapportage actualisatie faalfrequenties (RIVM rapport 601038001/2011 A.G. Wolting).

Zie hiervoor de uitwerking en onderbouwing in het memo 'Bergingscapaciteit ballastbed' van RHDHV in bijlage 5. Uit de uitwerking in dit memo volgt dat de ballastbedden voldoende bergend vermogen hebben voor een lekkage uit een representatief scenario (gat van 3 inch). Er is zelfs voldoende capaciteit aanwezig om een eventueel grotere lekkage te kunnen opvangen en bergen.

De onderbouwing gaat uit van een ballastbed van voldoende dikte en zonder vervuiling van bijvoorbeeld zand in het ballastbed.

Ad 2, plasbrand op een porfierpad van zand/klei:

Bij een lekkage en daarmee uitstroom kan er vloeistof op de porfierpaden uitstromen. Hierdoor zal in eerste instantie een langgerekte plas kunnen ontstaan, maar de vloeistof zal daarin in het ballastbed onder de sporen stromen.

In het memo van RHDHV in bijlage 5 zijn ook dwarsdoorsneden van de opbouw van de emplacementen opgenomen. Die laten zien dat het emplacement Waalhaven-Zuid geheel is voorzien van drainage. Naast dat de vloeistof in het ballastbed (in de sporen) zal zakken, zal ook vloeistof tussen de sporen (porfierpaden) wegzakken, waardoor in de porfierpaden geen tot nauwelijks vloeistof zal blijven staan.

Op Maasvlakte-West liggen geen porfierpaden tussen de sporen. Een uitstroom zal óf worden opgevangen in het ballastbed (locatie 1) óf uitstromen naast de sporen (locatie 3). Het spoorbed ligt hier hoger, zodat uitstroom naast de sporen (naar open terrein) kan plaatsvinden, mocht het ballastbed verzadigd zijn.

Vanwege de uitstroom vanaf de paden in het ballastbed wordt ervan uitgegaan dat na verloop van tijd een beperkte plasbrand met een redelijke lengte aanwezig zou kunnen zijn op een pad.

Ad 3, grotere plasbrand:

Op enkele van de (thans nog) aanwezige grotere open stukken onder de hoogspanningslijnen aan de buitenzijde van de sporen (op beide emplacementen) worden calamiteitenwegen aangelegd. Dit maakt voor de mogelijke uitstroom en verspreiding van de vloeistof geen tot nauwelijks verschil: er kan nog steeds een groter plasoppervlak ontstaan. Bij Waalhaven-Zuid is onder de hoogspanningslijn ook een breder open stuk aanwezig tussen enkele sporen, waar mogelijk ook een grotere plas zou kunnen ontstaan.

3.4.2 Effectberekeningen scenario plasbrand

In bijlage 6 zijn de resultaten van verschillende effectberekeningen opgenomen. Hieronder volgen beknopt de resultaten.

3.4.2.1 Plasbrand op een ballastbed

Bij een voldoende ballastbed zal er geen plasbrand ontstaan met hoge warmtestraling⁸. De brand in het ballastbed levert een lage stralingsintensiteit.

Zoals vermeld in bijlage 5, wordt bij de emplacementen Waalhaven-Zuid en Maasvlakte-West ervan uitgegaan dat het ballastbed ter hoogte van de hoogspanningsverbindingen voldoende bergend vermogen heeft.

⁸ Zie TNO-rapport *Plasvorming door vloeistofuitstroming op havenemplacementen* - 2014 R10876, 13 juni 2014 pnr. 060.02192 en zie bijlage 1 onder '6 Blevé' voor enkele foto's ter illustratie.

3.4.2.2 Plasbrand op een porfierpad van zand/klei

Tussen en naast de sporen liggen de porfierpaden. Voor porfierpaden geldt:

- breedte tussen spoorstaven circa 2 meter
- breedte tussen grindbed van twee naast elkaar liggende sporen over het algemeen 1,5 meter of minder. Dus uitgegaan van breedte porfierpad van 1,5 meter.

Bij een brand waarbij uitstroming plaatsvindt over twee porfierpaden van zand/klei (aan beide zijden van een spoor), is een effectberekening ingewikkeld, ook vanwege afscherming door de wagens. Voor een conservatieve benadering is in bijlage 5 uitgegaan van een enkele rechthoekige plasbrand van 3 meter breed.

Tabel 2. Effectafstanden voor de scenario's langwerpige plasbranden

Breedte	Max. lengte	Max. kW/m ² op 18 m. hoogte
[m]	[m]	[kW/m ²]
1,5	9	1,2
3	18	3,8

3.4.2.3 Grotere plasbrand

De plasbranden op open terrein worden beperkt belemmerd en daarom wordt uitgegaan van cirkelvormige plasbranden. Opgemerkt wordt dat 10 en 20 m² geen echt grote plassen zijn, maar dergelijke plassen geven wel een beeld van welke plasmagrootte maximaal acceptabel is.

Tabel 3. Effectafstanden voor de scenario's grotere plasbranden

Plasoppervlak	Plasdiameter	Max. kW/m ² op 18 m. hoogte
[m ²]	[m]	[kW/m ²]
10	3,6	4,0
20	5,0	6,0
50	8,0	17,0
60	8,7	18,0
80	10,1	27,0
100	11,3	34,0
160	14,3	42,0

Dit resulteert in de volgende conclusies voor de verschillende locaties waar een plasbrand kan plaatsvinden:

1. In het ballastbed: verwaarloosbare warmtestraling op de omgeving en daarmee op de hoogspanningslijnen.
2. Tussen of langs de sporen op een andere ondergrond dan ballastbed (bijvoorbeeld de porfierpaden van zand/klei), resulterend in een smalle, langwerpige vloeistofplas en brand met een lage warmtestraling op de hoogspanningslijn van 1-4 kW/m².
3. Op open terrein (zand/klei/asfalt) – grotere plasbrand: hoge hittestraling op de hoogspanningslijn (> 40 kW/m²) en mogelijk vlamcontact met de geleiders.

3.4.3 Gevolgen warmtestraling op hoogspanningskabels en -masten

Voor het berekenen van de effecten op een hoogspanningslijn of -mast van een plasbrand op grondniveau is het goed om een beeld te hebben van de verschillende invloeden die een verhogend of verlagend effect hebben op de geleiders (koper/aluminium) of de mast (staal). Voor het bepalen van de warmtebelasting van de hoogspanningslijnen gelden de volgende invloeden:

- Warmteontwikkeling door stroom en weerstand in de hoogspanningslijn.
- Warmteontwikkeling door straling afkomstig van de brand.
- Warmteontwikkeling door convectie afkomstig van de brand.
- Warmteontwikkeling door overige straling (aarde/zon). Opgemerkt wordt dat de standaardwaarde voor zonnestraling 1 kW/m² is.
- Warmteafgifte door straling.
- Warmteafgifte door convectie.
- Warmteafgifte door geleiding in de stroomdraad.

Voor een plasbrand onder een hoogspanningslijn kunnen daarom drie situaties worden onderscheiden:

1. De hoogspanningslijn hangt of de mast staat in de vlammen – aan de orde bij een relatief grotere plasbrand. Als de hoogspanningslijn of -mast in de vlammen staat, zal zowel de hittestraling als de convectie afkomstig van de brand zorgen voor opwarming ervan.
2. De hoogspanningslijn hangt of de mast staat in de rook-/warmtekolom – aan de orde bij een relatief grotere plasbrand. Indien de hoogspanningslijn of -mast direct in de rook-/warmtekolom hangt, zal er geen tot zeer beperkte straling van de brand de hoogspanningslijn bereiken (eventuele straling door de zon zal eveneens geblokkeerd worden). Wel zal convectie van de brand zorgen voor opwarming ervan.
3. De hoogspanningslijn hangt of de mast staat niet in de rook-/warmte kolom. Bij kleinere plasbranden (bijvoorbeeld in het ballastbed of op een porfierpad) zal de rook-/warmtekolom worden verdund voordat deze bij een hoogspanningslijn of -mast kan komen en zal warmtestraling kunnen zorgen voor opwarming. De straling zal bij kleinere plasbranden beperkt zijn.

In het kader van dit onderzoek zijn berekeningen uitgevoerd waarin bovengenoemde situaties zijn beschouwd. Hierbij is op basis van de berekende warmtestraling de invloed op de sterkte van de geleiders (koper / aluminium) en de masten (staal) onderzocht. Zie hiervoor de rapportage van deelvraag 2, specifiek paragraaf 4.2.

De resultaten van de uitwerking van de informatie uit deelvraag 2 leveren de volgende conclusies op voor de verschillende locaties van plasbranden:

3.4.3.1 Plasbrand in een ballastbed

In geval van een brand in het ballastbed, met lage warmtestraling naar de omgeving, is er geen gevaar voor bezwijken van de hoogspanningslijn. De warmtestraling van een dergelijke brand in het ballastbed is laag en levert geen hoge warmtestraling op de geleiders op⁹.

3.4.3.2 Plasbrand op een porfierpad (niet ballastbed)

In geval van een smalle, langwerpige vloeistofplas en brand (tussen of langs de sporen op bijvoorbeeld porfierpaden van zand/klei; zeer onwaarschijnlijk dat dit plaatsvindt) is de warmtestraling op hoogte tussen de 1 en 4 kW/m². De hoogspanningslijnen en -masten zullen voldoende lang standhouden om een inzet te kunnen doen om de brand te bestrijden. Zie figuur 13 in het rapport van DNV (uitwerking deelvraag 2): een koperen geleider zal bij een dergelijke warmtestraling meer dan 25 minuten standhouden, een aluminium geleider meer dan 40 minuten.

3.4.3.3 Grotere plasbrand

In geval van een grotere plasbrand, met hoge warmtestraling en mogelijk vlamcontact met de geleider, is binnen enkele minuten (< 10 minuten) de sterkte van de geleiders dusdanig verzwakt dat de kans op bezwijken groot is. Zie figuur 11 en figuur 13 in het rapport over deelvraag 2.

Als sprake is van een grotere plasbrand waarbij een hoogspanningsmast met een hoge warmtestraling wordt aangestraald en er mogelijk vlamcontact is (mast staat in of nabij de plasbrand), dan is binnen enkele minuten (10 minuten) de sterkte van het staal dusdanig verzwakt dat de kans op bezwijken van de mast groot is. Zie figuur 12 en figuur 14 in het rapport over deelvraag 2.

3.5 Scenario dreigende BLEVE (door plasbrand of fakkelbrand met aanstraling andere wagen)

Een plasbrand (zie paragraaf 3.4) of een fakkelbrand (zie paragraaf 3.2) kan leiden tot het aanstralen van een andere wagen gevuld met gevaarlijke stoffen, waarbij sprake kan zijn van escalatie: drukopbouw in die wagen en daardoor een dreigende BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion).

Een brand in het ballastbed geeft, zoals aangegeven, geen hoge langdurige warmtestraling af, waardoor geen sprake is van het (snel) opwarmen van een andere wagen (zie ook bijlage 1). Gevaar van opwarming van een andere wagen ontstaat alleen bij een langdurige grote brand met hoge warmtestraling naar de omgeving (dus groot plasoppervlak), waarbij ook nog andere wagens in de nabijheid aanwezig moeten zijn.

Een 'warme BLEVE' is een zeer zeldzaam incident. Naar bekend, zijn in Europa tijdens het vervoer van gevaarlijke stoffen per spoor nog nooit warme BLEVE-incidenten opgetreden. Een warme BLEVE op een emplacement kan ontstaan als gevolg van een plasbrand of fakkelbrand, die is ontstaan door het instantaan falen van een ketelwagen, na een hoogenergetische botsing of ontsporing, met een brandbare vloeistof, gevolgd door ontsteking. De in de directe nabijheid van die plasbrand aanwezige ketelwagens (of tankcontainer) gevuld met brandbaar gas, worden hierdoor rondom aangestraald. Door opwarming van het reservoir van de ketelwagen kan de druk in de tank oplopen en kan de tankwand verzwakken.

⁹ Zie TNO-rapport *Plasvorming door vloeistofuitstroming op havenemplacementen* - 2014 R10876, 13 juni 2014 pnr. 060.02192 en zie bijlage 1 onder '6 BLEVE' voor enkele foto's ter illustratie.

De combinatie van oplopende druk en opwarming van het staal (afname vloeigrens) kan ervoor zorgen dat de ketelwagen (na verloop van tijd) verzwakt. Indien de ketelwagen rondom door de plasbrand wordt aangestraald, wordt aangenomen dat de ketel na 20 tot 30 minuten kan bezwijken, met een BLEVE tot gevolg.

In geval van een fakkelbrand wordt aangenomen dat deze tijd tot bezwijken korter is, vanwege de hoge hittebelasting op een bepaalde plek. De veiligheden op de tankcontainer kunnen de druk afvoeren en drukopbouw voorkomen. Dit sluit de kans op een warme BLEVE echter niet uit.

De gevaren voor de hoogspanningslijn zijn in eerste instantie niet anders dan bij een plasbrand of een fakkelbrand: de warmtestraling van de initiële brand (zie paragraaf 3.2 en 3.4). Mocht een BLEVE in het onwaarschijnlijke geval daadwerkelijk optreden, dan zijn de gevolgen groot en is het zeer aannemelijk dat de geleider en/of de masten hierdoor falen.

HOOFDSTUK 4

De bestrijdingsmogelijkheden van de brandweer

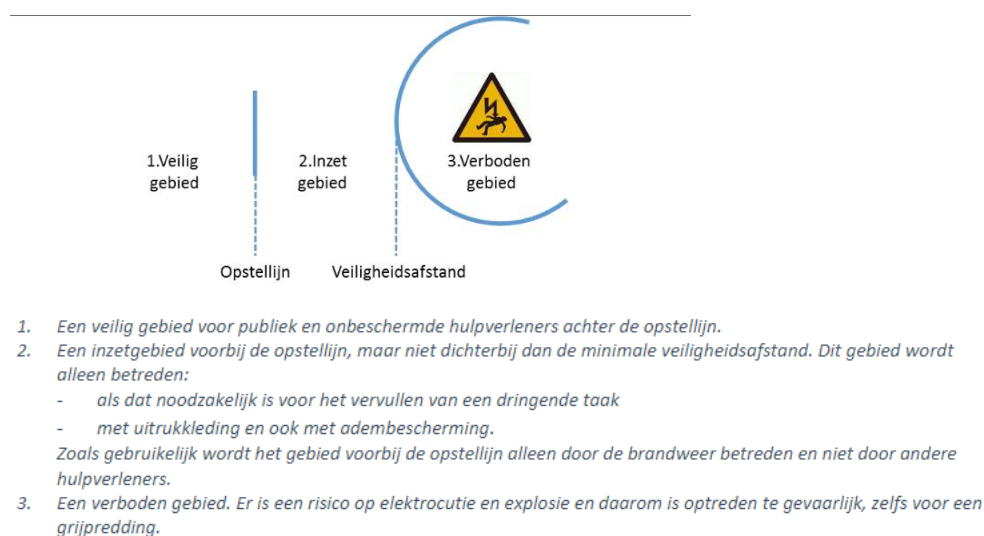
In de afgelopen tijd is fors geïnvesteerd in de infrastructuur wat betreft bereikbaarheid en bluswatervoorziening op de emplacementen Waalhaven-Zuid en Maasvlakte-West. Met de aanleg van calamiteitenwegen en een bluswaterleidingnet met brandkranen zijn de locaties nabij de hoogspanningslijnen goed bereikbaar voor de brandweer en er is voldoende bluswatervoorziening aanwezig.

De voorliggende vraag is of en zo ja hoe de brandweer een inzet kan plegen nabij de hoogspanningslijn, indien de hoogspanning niet is afgeschakeld en/of veiliggesteld. Daar gaan we in de volgende paragrafen nader op in.

4.1 Brandweeroptreden nabij elektriciteit

In een kennisdocument van Brandweer Nederland¹⁰ wordt ingegaan op de gevaren en (on)mogelijkheden van het optreden van de brandweer nabij elektriciteit.

Het gaat in de scenario's genoemd in hoofdstuk 3 om een scenario waarbij de elektriciteit niet direct betrokken is. Deze betreffen niet het blussen van een (deel van) een installatie voor de distributie of het transport van elektriciteit, en er is geen sprake van 'offensief' optreden richting de hoogspanningslijn zelf. Het gaat om een scenario in de buurt van (of onder) een hoogspanningslijn, waarbij een inzet van de brandweer geen direct gevaar van elektriciteit heeft, maar mogelijk wel een indirect gevaar van elektriciteit.



Figuur 3. Schematische weergave afstanden ten opzichte van elektriciteit.

¹⁰ Kennisdocument Brandweeroptreden nabij elektriciteit, Brandweer Nederland, definitief, versie 1.0, d.d. 10 april 2020.

Voor de opstellijn en de veiligheidsafstand voor 'transport' geldt conform het Brandweer Kennisdocument een opstellijn van 25 m en een veiligheidsafstand van 5 m (zie **Fout!** **Verwijzingsbron niet gevonden.**⁴).

Lijn of installatie is zelf betrokken bij incident?	Opstellijn ²	Veiligheidsafstand ³
Ja	Installatie: 25 m vanaf de buitenzijde van het terrein of gebouw vanwege het gevaar van voor een drukgolf.	25 m. De veiligheidsafstand is gelijk aan de opstellijn. Niemand moet voorbij de opstellijn gaan.
	Kabels/lijn: 25 m vanaf het punt waar de lijn de grond raakt, in verband met stapspanning.	
Nee	25 m, om rekening te houden met mogelijke escalatie.	5m om nabijheid te voorkomen ⁴ .

Figuur 4. Opstellijn en veiligheidsafstand bij categorie 'transport' (kennisdocument Brandweer Nederland, zie bijlage 7).

In het kennisdocument wordt een veiligheidsafstand van 25 meter aangehouden ten opzichte van wat in contact staat met elektriciteit, betrokken is of dreigt te raken (ook mogelijke escalatie). Dit wordt aangeduid als veilige afstand voor opstellen en optreden van de brandweer. Dit is dezelfde veiligheidsafstand die de brandweer ook hanteert bij de procedure incidentbestrijding gevaarlijke stoffen (kennisdocument Brandweer Nederland, bijlage VII, pagina 20).

Het uitgangspunt daarbij is dat alleen bij de inzet met een gebonden straal (in de richting van de hoogspanningslijn) mogelijk gevaar ontstaat. In het kennisdocument is daarover het volgende opgenomen:

"De brandweer gebruikt over het algemeen een niet-gebonden straal. Alleen als er een grote worplengte gehaald moet worden, wordt er een gebonden straal gebruikt. Tegen de tijd dat het water het object raakt is deze straal al in druppels uiteengevallen. Losse druppels geleiden geen elektriciteit richting de straalsoort. (Bijlage I, pagina 10)

Alleen een gebonden straal lage druk kan stroom geleiden in de richting van de straalsoort en de pomp. In gevallen die te maken hebben met transport en distributie kan dit tot gevaarlijke situaties leiden. Daarom wordt verwezen naar een veilige afstand in Bijlage X. Op deze afstand is de straal niet langer gebonden en geleidt daardoor niet tot nauwelijks stroom (Bijlage VII, pagina 20).

Om elektrocutie door indirecte geleiding te voorkomen, wordt er nabij transport en distributie van elektriciteit geen gebonden straal lage druk toegepast. Bij oudere modellen straalsoort bestaat de kans dat de straalsoortvoeder per ongeluk een gebonden straal maakt tijdens het dichtdraaien. Dit is geen probleem, omdat er niet direct op de installatie wordt ingezet. (Bijlage VII, pagina 21)"

En tot slot wordt in het kennisdocument over blusmiddelen gezegd:

Bij voorkeur wordt er CO₂ of leidingwater gebruikt bij optreden nabij elektriciteit.

Alle blusmiddelen kunnen veilig defensief gebruikt worden, mits de betreffende veiligheidsafstand gehandhaafd blijft tussen het blusmiddel en de voorziening voor elektriciteit (N.B. voor transport is deze afstand: 5 meter).

Daarbij wordt een aantal uitgangspunten genoemd voor het 'offensief' optreden bij elektriciteit (richting kabels en leiding)

NB Bij de scenario's uit dit rapport is geen sprake van offensief optreden: er wordt niet direct op/naar de hoogspanning gespoten, maar er wordt een plasbrand op maaiveld geblust. De uitgangspunten bieden wel een handvat voor het veilig optreden.

Offensief optreden in de richting van kabels of lijnen is uitsluitend toegestaan indien de blusstraal is opgebroken tegen de tijd dat de kabel of lijn geraakt wordt:

- Een straalpijp met open boring mag niet gebruikt worden.
- Voorbij circa een derde van de worplengte is de gebonden straal veilig, omdat deze dan in druppels uiteengevallen is. Een straalpijpvoerder kan zelf goed inschatten vanaf welke afstand de straal in druppels uiteenvalt.
- Gebruik niet meer worplengte dan noodzakelijk, maar zorg er in ieder geval voor dat het gebonden gedeelte niet de lijn of kabel raakt.
- Hoge druk, poeder, druklucht en schuim kunnen veilig ingezet worden, omdat bij gebruik van die blusmiddelen op korte afstand geen sprake meer is van een aaneengesloten straal.

4.1.1 Resumé

De standaardprocedure van de brandweer bij (hoog)spanning is het aanhouden van een veiligheidsafstand en het gebruik van een niet-gebonden straal. Uitgaande hiervan kan er opgetreden worden en een inzet plaatsvinden. Daarbij zal bij de scenario's veelal ingezet worden met schuim (zie paragraaf 4.2). Dit kan conform het kennisdocument van Brandweer Nederland veilig gebeuren.

4.2 Inzet bij de scenario's

4.2.1 Scenario druppellekkage

De inzet bij een druppellekkage zal bestaan uit het opvangen van de lekkage (de druppels) in bijvoorbeeld een emmer en deze emmer door middel van een draagbare schuimblusser afschuimen om uitdamping tegen te gaan. Een dergelijke inzet van de brandweer kan ook nabij de hoogspanningslijn plaatsvinden. Er is geen beperking voor de inzet.

4.2.2 Scenario fakkelbrand

Zoals reeds benoemd, is in het landelijk emplacementenproject het scenario fakkelbrand aangemerkt als een niet te bestrijden scenario, vanwege het ontbreken van een reëel en veilig handelingsperspectief voor repressieve maatregelen. Een dergelijke brand kan niet worden geblust, enkel de lekkende wagen zelf en de omgeving kan, als dit veilig kan, worden gekoeld om mogelijke escalatie te voorkomen. Echter (zoals ook in emplacementenproject wordt gesteld): *"Gezien de relatief lange inzetijd van 20 tot 30 minuten is de escalatiekans, dat wil zeggen de kans op slachtoffers bij hulpverleners, dermate groot dat het de vraag is of inzet van koeling een optie is."*

Gegeven het bovenstaande, is het scenario fakkelbrand dus sowieso een lastig tot niet te bestrijden scenario. Dit ongeacht of het een locatie onder of bij de hoogspanningslijn betreft. In de buurt van de hoogspanningslijn bestaat daarbij mogelijk het gevaar op het aanstralen van de geleiders of masten en daarmee het mogelijk bezwijken van de kabels en/of de masten. Daarbij wordt opgemerkt dat het rechtstreeks aanstralen van de geleiders of de masten onwaarschijnlijk is, omdat een fakkel waarschijnlijk niet gericht zal zijn naar geleiders of masten (zie ook paragraaf 3.2).

Inzet bij een fakkelbrand nabij de hoogspanningslijn levert een groot gevaar voor mogelijke escalatie naar de hoogspanningslijn (de kabel/masten bezwijken) en is daarmee een niet te bestrijden scenario voor de brandweer. Dit was ook al de conclusie van het 'standaard' scenario fakkelbrand (in het emplacementenproject). In die zin is er dus geen verschil in bestrijdbaarheid, hoeguit in de mogelijke gevolgen voor de hoogspanningslijn (zie hoofdstuk 5).

4.2.3 Scenario toxische plas

De bestrijding van een toxische vloeistofplas is afhankelijk van de windrichting en de soort stof. Als de uitstroom plaatsvindt op het grindbed, zal de omvang van de plas en de uitdamping eruit beperkt zijn. Een uitstroom op zand/grond kan een groter plasoppervlak opleveren, hoewel ook deze plas zal wegzakken in de bodem. Voorkeur en meest effectief is een directe inzet op de bron: het afdekken van de vloeistofplas met schuim om uitdamping tegen te gaan. Dit kan door middel van de dakmonitor van het blusvoertuig plaatsvinden.

Aan de hand van de uitgangspunten voor een veilige inzet (veiligheidsafstand, niet-gebonden straal, gebruik schuim, inzetstraal 'laag houden') kan een dergelijke inzet door de brandweer ook bij de hoogspanningslijn plaatsvinden en kan een vloeistofplas op maaiveld worden afgedekt. Een dergelijke inzet van de brandweer kan ook nabij de hoogspanningslijn plaatsvinden. Zie paragraaf 4.2.4 voor een nadere uitwerking.

Wanneer inzet niet mogelijk is, zal de plas zoals eerder vermeld snel reduceren door de werking van het ballastbed: de vloeistof zakt in het ballastbed of in de grond. Hierdoor zal de uitdamping sterk verminderen en zullen er geen tot nauwelijks effecten buiten de terreingrens optreden. Bij een inzet valt ook te denken aan het op andere wijze afdekken van de vloeistofplas, bijvoorbeeld door een specifiek hiervoor ontworpen zeil, waarmee verdere uitdamping geminimaliseerd wordt.

4.2.4 Scenario plasbrand

4.2.4.1 Inzet bij plasbrand in het ballastbed of kleinere plas tussen de sporen

Zoals uit hoofdstuk 3 blijkt, is in dit geval geen direct gevaar voor bezwijken van de hoogspanningskabels, omdat de warmtestraling niet dusdanig groot is. De bestrijding van een vloeistofplas die is ontstoken, is afhankelijk van de windrichting. Zoals eerder vermeld, zullen als gevolg van de werking van het aanwezige ballastbed de warmtestraling en vlammen worden beperkt en zal er bij een plasbrand in het ballastbed geen sprake zijn van grote warmtestraling.

Voorkeur en meest effectief is een directe inzet op de bron: het afdekken van de vloeistofplas met schuim om de brand te blussen. Dit kan door middel van de dakmonitor van het blusvoertuig plaatsvinden.

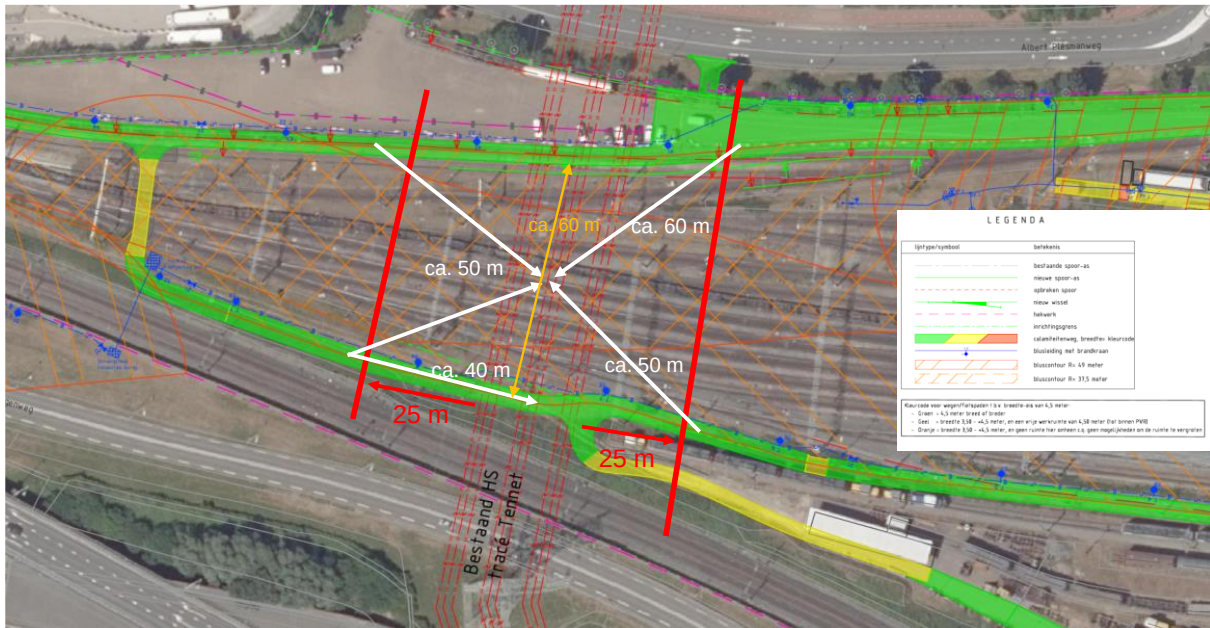
In de incidentbestrijdingsplannen¹¹ van de emplacementen Waalhaven-Zuid en Maasvlakte-West en in de daarbij behorende bijlagen¹² is de inzet bij een plasbrand gedetailleerd uitgewerkt. Voor een uitgebreide beschrijving van de brandweerinzet wordt naar die rapportages verwezen. Hierin wordt in detail ingegaan op de mogelijke inzet vanaf de calamiteitenwegen, verschillende worplengtes bij verschillende windrichtingen en dergelijke.

In de afgelopen tijd is er fors geïnvesteerd in de infrastructuur voor wat betreft bereikbaarheid en bluswatervoorziening op de beide emplacementen. Met de aanleg van calamiteitenwegen en een bluswaterleidingnet met brandkranen zijn de locaties nabij de hoogspanningslijnen goed bereikbaar voor de brandweer en is er voldoende bluswatervoorziening aanwezig.

In figuren 5 en 6 zijn op beide emplacementen de locaties nabij de kruisende hoogspanningslijnen zichtbaar.

¹¹ Rapportage Incidentbestrijding Emplacement Waalhaven-Zuid per 01-01-2023, ProRail, versie 10.0 d.d. 28 februari 2023. Rapportage Incidentbestrijding Emplacement Maasvlakte per 01-01-2023, ProRail, versie 10.0 d.d. 31 januari 2023.

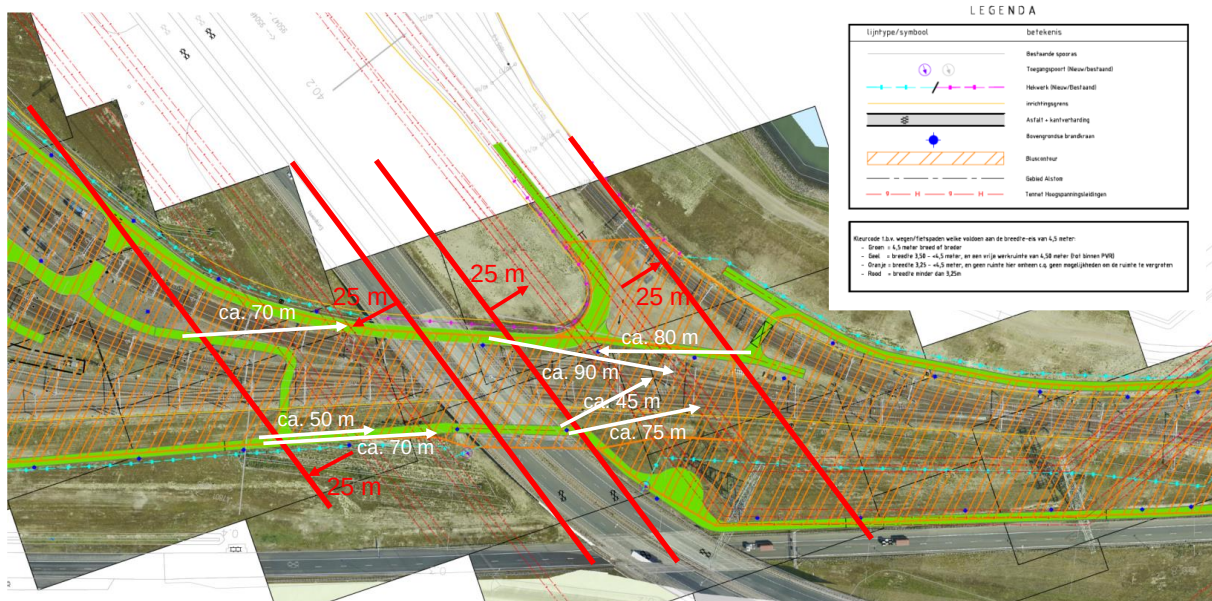
¹² O.a. Memo 'Kern van het inzetconcept' H2K en Kappetijn Safety Specialist, versie 3.3 d.d. 13 september 2021.



Figuur 5. Luchtfoto Waalhaven-Zuid nabij hoogspanningslijn met indicatie van afstanden

In figuur 5 zijn in groen de (aan te leggen) calamiteitenwegen weergegeven. De rode lijnen markeren een afstand van 25 meter tot aan de buitenste geleider van de hoogspanningslijn (dunnere rode lijnen), de veiligheidsafstand die genoemd wordt in het kennisdocument van Brandweer Nederland. Deze afstand moet minimaal aangehouden worden als veilige afstand en het opstellen van het blusvoertuig zal dus minimaal op deze afstand plaatsvinden. De daadwerkelijke opstelplaats kan op meer afstand zijn. Dit is situatieafhankelijk (onder andere type incident, warmtestraling, windrichting) en wordt door de bevelvoerder bepaald. Opstellen kan zowel aan de west- als aan de oostzijde van de hoogspanningslijn. Buiten de 25 meter afstand zijn langs de calamiteitenwegen aan beide zijden van de hoogspanningslijn voldoende brandkranen aanwezig voor de bluswatervoorziening (de blauwe stippen in figuur 5).

Met de witte pijlen is globaal de afstand aangegeven vanaf de opstelplaats tot aan een mogelijk incident: 40 tot 60 meter. Deze afstand is als worplengte met de dakmonitor van het blusvoertuig te overbruggen (zie memo 'Kern van het inzetconcept'). Mocht voor de opstelplaats een grotere afstand worden aangehouden, dan is de worplengte nog steeds voldoende om die te overbruggen (worplengte 'met de wind mee' ligt tussen de 80 en 100 meter). Met de schuine oranje lijnen in figuur 5 zijn de 'bluscontouren' getekend, die al inzichtelijk maken dat het gehele emplacement vanaf de calamiteitenwegen door de inzet met een blusvoertuig kan worden afgedekt.



Figuur 6. Luchtfoto Maasvlakte-West nabij hoogspanningslijnen met indicatie van afstanden.

Figuur 6 geeft een vergelijkbaar inzicht voor emplacement Maasvlakte-West. Ook hier zijn buiten de afstand van 25 meter vanaf de (buitenste geleider van de) hoogspanningslijn op de calamiteitswegen (groen) voldoende brandkranen aanwezig voor de bluswatervoorziening. Ook hier geven de schuine oranje lijnen de 'bluscontouren' aan, waaruit blijkt dat het gehele emplacement vanaf de calamiteitswegen door de inzet met een blusvoertuig kan worden afgedekt. De in figuur 4 opgenomen afstanden kunnen met de dakmonitor van het blusvoertuig worden gehaald. (zie memo 'Kern van het inzetconcept'). De worplengte 'met de wind mee' ligt tussen de 80 en 100 meter.

Mogelijk aandachtspunt op deze locatie is dat bij een bepaalde windrichting van onder het viaduct van de N15 moet worden ingezet. Dit kan aan de orde zijn in het hoogst ongunstige geval dat een incident plaatsvindt onder de geleiders die het dichtst bij het N15-viaduct lopen en dat bij een inzet van buiten de veilige afstand van 25 meter de worplengte met de dakmonitor van het blusvoertuig niet gehaald zou worden (bij 'tegenwind'). In dat zeer ongunstige geval kan bijvoorbeeld van onder het viaduct worden ingezet door gebruik te maken van mobiele monitoren.

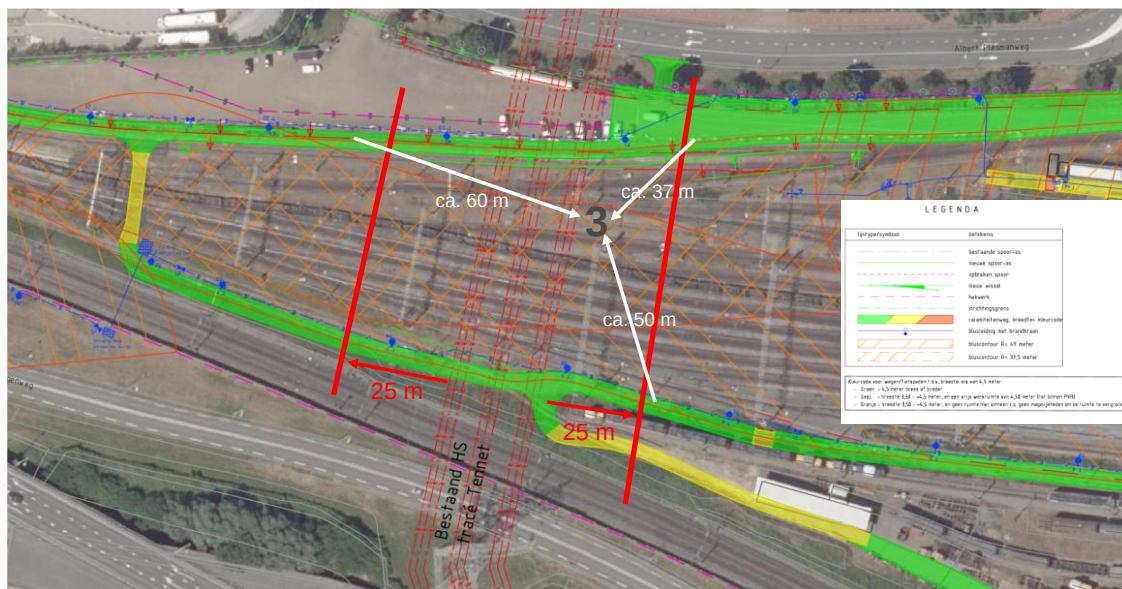
Zoals in paragraaf 4.1 is aangegeven, is een inzet met schuim door middel van de dakmonitor van het blusvoertuig mogelijk. Deze blusstraal zal gegeven de genoemde worplengtes 'uitwaaien' in druppels, waardoor geen gevaar voor elektrische geleiding ontstaat. Conform de procedures van de brandweer zal hierbij afstand bewaard moeten worden met de inzet ten opzichte van de hoogspanningsgeleiders. Een veilige afstand is 5 meter tot aan de geleiders (zie kennisdocument Brandweer Nederland, bijlage 7). De hoogspanningskabels bevinden zich circa 18 meter boven de grond. Als er 5 meter afstand gehouden dient te worden, mag de inzetstraal dus maximaal 13 meter hoog komen. De dakmonitor van het blusvoertuig zit op circa 3,5 meter hoogte. De 'inzethoogte' van de straal mag daarmee circa 10 meter zijn. Binnen deze 10 meter is een inzet prima te doen. De dakmonitor op het blusvoertuig bevindt zich op ongeveer dezelfde hoogte als eventuele wagens. Hiervoor hoeft dus niet veel hoogte te worden overbrugd.

Aan de hand van de uitgangspunten voor een veilige inzet (veiligheidsafstand, niet-gebonden straal, gebruik schuim, inzetstraal 'laag houden') kan een dergelijke inzet door de brandweer ook bij de hoogspanningslijn plaatsvinden en kan een vloeistofplas op maaiveld worden afgedekt, waardoor de brand wordt geblust. Is inzet niet mogelijk en vindt de uitstroom plaats boven het ballastbed, dan zal de plas zoals vermeld snel reduceren door de werking van het ballastbed. Dat betekent dat de vloeistof in het ballastbed zakt, waardoor de warmtestraling sterk zal verminderen en er geen tot nauwelijks sprake zal zijn van escalatie.

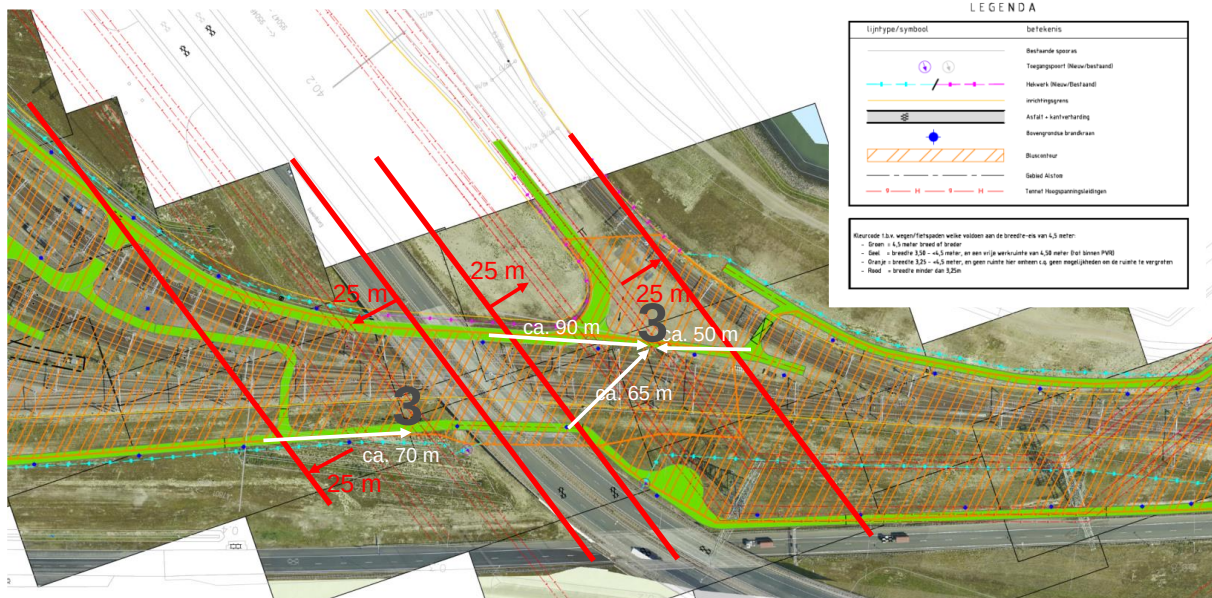
4.2.4.2 Inzet bij grotere plas (op zand, asfalt, klei)

Zoals uit hoofdstuk 3 blijkt, kan bij een grotere plasbrand sprake zijn van dusdanige hittestraling dat de kans groot is dat de geleiders binnen enkele minuten bezwijken. De hulpverleners zullen op veilige afstand moeten blijven, zoals ook reeds is opgenomen in de uitwerking en beschrijving in de voorgaande paragraaf: ten minste op een afstand van 25 meter van de hoogspanningskabels, conform de standaardinzet van de brandweer, voor het geval deze bezwijken en op de grond terechtkomen. Dan kan eenzelfde inzet plaatsvinden als beschreven in de vorige paragraaf. Aan de hand van de uitgangspunten voor een veilige inzet (veiligheidsafstand, niet-gebonden straal, gebruik schuim, inzetstraal 'laag houden') kan een dergelijke inzet door de brandweer ook bij de hoogspanningslijn plaatsvinden en kan een vloeistofplas op maaiveld worden afgedekt, waardoor de brand wordt geblust.

In figuur 5 en 6 zijn reeds ter indicatie de te overbruggen afstanden weergegeven vanaf de opstellocatie van het blusvoertuig, buiten de veiligheidsafstand van 25 meter van de geleiders. Figuur 7 en 8 tonen voor een voorbeeldlocatie de te overbruggen afstanden van een mogelijk grote plas (en daarmee plasbrand). Dit is met de inzet van de dakmonitor vanuit meerdere zijden (afhankelijk van de windrichting) te realiseren.



Figuur 7. Luchtfoto Waalhaven-Zuid nabij hoogspanningslijn met indicatie van afstanden tot aan mogelijke locatie van een grotere plasbrand



Figuur 8. Luchtfoto Maasvlakte-West nabij hoogspanningslijn met indicatie van afstanden tot aan mogelijke locatie van een grotere plasbrand

Als er echt sprake is van een dusdanig grote plasbrand en dusdanig hoge hittestraling of vlamcontact op de geleiders, zullen deze, zoals beschreven in hoofdstuk 3, binnen enkele minuten bezwijken – dus nog voordat de brandweer ter plaatse is. Er ontstaat dan een heel ander incidentscenario, dat in de volgende paragraaf staat beschreven.

4.2.4.3 Inzet nadat de hoogspanningskabel of -mast is bezweken

Indien toch sprake zou zijn van een incidentscenario waarbij binnen enkele minuten de geleiders en/of de masten bezwijken, dan ontstaat een heel ander incidentscenario. Al voordat de brandweer is aangekomen en ingezet kan worden, is al sprake van escalatie en zijn de geleiders al gefaald. Dan is bijvoorbeeld sprake van de initiële brand, maar ook van een mogelijke geknapte geleider die op de grond is gekomen, met eventuele gevolgen. Ook zullen zich andersoortige gevolgen voordoen, zoals grote stroomuitval.

Een dergelijk scenario is dusdanig van omvang en vraagt een dusdanig andersoortige inzet dat dit niet meer kan worden aangemerkt als een standaard bedrijfsbrandweerscenario. Het dient te worden gezien als een rampscenario. Op de plek zelf zal de brandweer in ieder geval zeer terughoudend moeten optreden in verband met het nog onder (rest)spanning kunnen staan van de geleiders. Dit kan door het in ieder geval aanhouden van de veiligheidsafstand van 25 meter (zie verder de rapportage van DNV in de uitwerking van deelvraag 2 dat hier dieper op ingaat). De nadere invulling hiervan valt buiten de scope van dit onderzoek.

4.2.5 Scenario dreigende BLEVE (door plasbrand of fakkelbrand)

4.2.5.1 Plasbrand met dreigende BLEVE

Een plas zal zoals vermeld snel reduceren door de werking van het ballastbed: de vloeistof zakt in het ballastbed, waardoor de warmtestraling sterk zal verminderen en er geen tot nauwelijks sprake zal zijn van escalatie. Onderdeel van deze onderbouwing is dan ook dat een plasbrand niet volledig kan uitbranden, omdat de brandweer een plasbrand zal bestrijden. Zoals hiervoor bij het scenario plasbrand al aangegeven, kan inzet door de brandweer plaatsvinden nabij de hoogspanningslijn, waardoor een plasbrand kan worden bestreden. Dit geldt voor een plasbrand in het ballastbed en voor een eventueel grotere plasbrand waar een BLEVE dreigt.

Daarbij wordt het volgende opgemerkt: bij een dreigende BLEVE zal met beleid moeten worden gehandeld en moet de brandweer een inschatting maken of een veilige inzet mogelijk is. Dit komt niet door de hoogspanningslijn, maar door het mogelijke gevaar van de BLEVE die kan optreden. Aangenomen wordt dat de aangestraalde ketelwagen na 20 tot 30 minuten kan bezwijken, met een BLEVE tot gevolg. Zoals in de vorige paragraaf vermeld, zal de brandweer binnen uiterlijk 20 minuten starten met de inzet. Als het veilig kan, zal worden ingezet op het blussen van de plasbrand (door het afdekken van de plas met schuim) en het koelen van de aangestraalde wagen. Dit kan op ruime veilige afstand. Zie hiervoor paragraaf 4.2.4.

Als er signalen zijn dat een BLEVE kan plaatsvinden, zal de brandweer zich terugtrekken en mogelijk de koeling laten staan. Inzet nabij de hoogspanningslijn is niet veel anders. Aan de hand van de uitgangspunten voor een veilige inzet (veiligheidsafstand, niet-gebonden straal, inzetstraal 'laag houden') kan een dergelijke inzet door de brandweer ook bij de hoogspanningslijn plaatsvinden.

Een dreigende BLEVE als gevolg van een plasbrand is sowieso een lastig te bestrijden scenario vanwege het gevaar van mogelijke escalatie. Als het scenario al zo moet worden aangemerkt onder 'normale' omstandigheden, dan is de situatie nabij de hoogspanningslijn niet anders.

4.2.5.2 Fakkelfbrand met dreigende BLEVE

Zoals in paragraaf 4.2.2 al gezegd, kan een fakkelfbrand niet worden geblust, enkel de lekkende wagen zelf en de aangestraalde wagen kan, als dit veilig kan, worden gekoeld om mogelijke escalatie te voorkomen.

Inzet bij een fakkelfbrand levert sowieso een groot gevaar op vanwege mogelijke escalatie naar andere wagens die in de nabijheid staan. De geconcentreerde hittestraling is dusdanig groot dat in korte tijd escalatie kan optreden. Het is daarmee een niet te bestrijden scenario voor de brandweer (zoals al eerder opgemerkt). In die zin is er dus geen verschil in bestrijdbaarheid wel of niet onder een hoogspanningslijn, hooguit in de mogelijke gevolgen voor de hoogspanningslijn (zie verder hoofdstuk 5).

Een dreigende BLEVE als gevolg van een fakkelfbrand is sowieso een gevaarlijk en nagenoeg niet te bestrijden scenario. Als het scenario al zo moet worden aangemerkt onder 'normale' omstandigheden, dan is de situatie nabij de hoogspanningslijn niet anders.

4.3 Resumé

Ook nabij de hoogspanningslijn kan bij alle brandweerscenario's een inzet gepleegd worden, rekening houdend met de standaardprocedures voor een veilige inzet. Uitzondering hierop is het scenario fakkelfbrand, waarbij escalatie dreigt (door aanstraling van andere wagens). Dit is echter ook reeds de conclusie voor dit scenario, indien dit niet in de nabijheid van een hoogspanningslijn plaatsvindt.

HOOFDSTUK 5

Voorstellen voor te nemen maatregelen

5.1 De scenario's in de risicomatrix

Om te kunnen bepalen of en zo ja in welke mate maatregelen nodig zijn om de scenario's eventueel te beheersen, maken we de scenario's wat betreft impact en waarschijnlijkheid inzichtelijk in een risicomatrix.

Voor de spoorwegen geldt Europese wetgeving om te bepalen of de fysieke risico's van wijzigingen acceptabel zijn (CSM REA-analyse¹³). Wanneer een expliciete risicobenadering nodig is, moet ProRail vanuit Europese wetgeving gebruikmaken van een risicomatrix. Hiermee kan vastgesteld worden of de (rest)risico's van fysieke scenario's acceptabel zijn of dat er (meer) mitigerende maatregelen noodzakelijk zijn om het risico op een acceptabel niveau te krijgen. Vervoerders die gebruikmaken van het spoor van ProRail, moeten overigens exact dezelfde matrix hanteren.

Via de risicomatrix zijn de scenario's die leiden tot een inzet van de brandweer op dezelfde wijze te behandelen als andere risico's die samenhangen met spoor. Hierdoor worden alle risico's behorend bij het spoorvervoer op eenzelfde manier behandeld en wordt voorkomen dat de keten van veiligheidsmaatregelen een zwakke schakel bevat. Of juist dat er onredelijk veel maatregelen getroffen (moeten) worden op één vlak, terwijl op een ander vlak de risico's bepalend zijn voor het overall risicobeeld. De risicomatrix kan dus worden gebruikt om inzicht te krijgen of de huidige situatie acceptabel is.

In bijlage 4 is de risicomatrix van ProRail weergegeven. De hiervoor beschreven scenario's zijn aan de hand van deze risicomatrix getoetst. Dit is gedaan tijdens een risicosessie met een vertegenwoordiging van ProRail en de Gezamenlijke Brandweer.

Tijdens deze sessie is gekeken naar:

- de incidentscenario's uitgaande van de standaardinzet van de brandweer
- de inzet van de brandweer in de nabijheid van een hoogspanningslijn
- de situatie waarbij een hoogspanningslijn en/of de (weers)omstandigheden de inzet beperken of onmogelijk maken en de mogelijkheid tot escalatie bestaat.

Op basis hiervan kan ook worden bepaald of vergroting van het risico door de aanwezigheid van een hoogspanningslijn extra mitigerende maatregelen noodzakelijk maakt of dat de huidige situatie acceptabel is. De bevindingen van de sessie en de vertaling van de scenario's naar de risicomatrix zijn te vinden in bijlage 4.

¹³ CSM REA volgens de verordening (EG) Nr. 402/2013 van de Commissie van 30 april 2013

Bij het bepalen van de waarschijnlijkheid van optreden van een scenario is rekening gehouden met de reeds getroffen maatregelen en de daadwerkelijke ongevals cijfers (casuïstiek over incidenten) (zie ook paragraaf 2.1 en bijlage 1). Bij de effecten is rekening gehouden met de fysieke effecten zoals beschreven in hoofdstuk 3. Op basis daarvan zijn de fysieke effecten van de scenario's ingeschat, waarbij ook het effect (impact) op storingen op de infra is meegenomen.

De volgende figuur toont de risicomatrix met daarin opgenomen de verschillende scenario's.

Risicomatrix netto risico ProRail 2021-2025						
KANS	IMPACT, wordt geresiteerd aan de beschrijvingen van ProRail					
	1. Geen tot zeer gering (A)	2. Gering (B)	3. Beperkt (C)	4. Aanstenlijk (D)	5. Groot (E)	6. Zeer groot (F)
5. Zeer regelmatig, meer dan 100 keer per jaar of dagelijks (100+)	5	6	7	8	9	10
5. Regelmatig, 10x per jaar of maandelijks tot 100x per jaar of dagelijks (10-100)	4	5,5	6	7	8	9
4. Waarschijnlijk, 1x per jaar tot 10x per jaar (1-10)	3 ● Druppellekkage	4	5,5	6	7	8
3. Incidenteel, 1x in 10 jaar tot 1x per jaar (1/10-1)	2	3	4	5,5	6	7
2. Onwaarschijnlijk, 1x in 100 jaar tot 1x in 10 jaar (1/100-1/10)	1	2	3	4	5,5	6
1. Zeer onwaarschijnlijk, minder dan 1x in 100 jaar	0	1	2 ● Plasbrand ● Toxische plas ● Dreigende BLEVE (door plasbrand)	3	4 ● Fakkelbrand ● Dreigende BLEVE (door fakkelbrand)	5 ● Plasbrand ● Toxische plas ● Fakkelbrand ● BLEVE

Figuur 9. Risicomatrix ProRail met de incidentscenario's

De blauwe stippen in de risicomatrix geven de scores van incidentscenario's op impact en waarschijnlijkheid weer, ervan uitgaande dat net als op andere locaties in Nederland 'gewoon' opgetreden kan worden. Uit hoofdstuk 4 blijkt dat de inzet door de brandweer gepleegd kan worden bij alle incidentscenario's behalve bij het scenario fakkelbrand (drukbrand) en als sprake is van een grote plasbrand. Alle scenario's zijn, gegeven de getroffen preventieve maatregelen (zie bijlage 1) en de casuïstiek over incidenten (zie hoofdstuk 2), echter zeer onwaarschijnlijk. Alleen het scenario druppellekkage wordt als waarschijnlijk scenario aangemerkt, omdat het ook daadwerkelijk een aantal malen per jaar voorkomt op een emplacement in Nederland. Dit scenario heeft echter geen impact op de omgeving.

De oranje stippen in de risicomatrix tonen de scores van de incidentscenario's op impact en waarschijnlijkheid, ervan uitgaande dat er geen inzet van de brandweer zou kunnen plaatsvinden. Bij enkele scenario's kan afhankelijk van de weersomstandigheden, stofgegevens en dergelijke een inzet onder of naast een hoogspanningslijn mogelijk niet volledig uitgevoerd worden. Hiervan uitgaande geven die scenario's in de risicomatrix een hogere impact dan het standaardscenario, maar omdat deze scenario's 'zeer onwaarschijnlijk' zijn, valt het uiteindelijke risico dat erbij hoort in het acceptabele (groene) gebied.

Na invulling van de scenario's in de risicomatrix blijken de incidentscenario's die kunnen optreden nabij de hoogspanningslijn die de emplacementen van Waalhaven-Zuid en Maasvlakte-West doorkruist, gegeven de reeds getroffen maatregelen en voorzieningen in het acceptabele (groene) gebied te liggen. Op basis van de risicomatrix is geen noodzaak om het restrisico met extra maatregelen af te dekken, laat staan de situatie niet te accepteren en (rangeer)handelingen stop te zetten.

5.2 Mogelijke aanvullende maatregelen

Hoewel uit de risicomatrix blijkt dat reeds voldoende preventieve maatregelen zijn getroffen (zie bijlage 1), noemen we hier toch enkele mogelijke aanvullende maatregelen om restrisico's te mitigeren.

Op basis van het voorgaande moet ervoor worden gezorgd dat er geen grote plasbranden kunnen ontstaan. Zoals vermeld, kunnen grote oppervlaktes zorgen voor grote branden, waarbij de geleiders in de vlammen dan wel in hoge hittestraling komen en binnen de tijd dat de brandweer een inzet kan doen, zouden kunnen bezwijken.

Door vloeistofplasbeperkende maatregelen te nemen ter hoogte van de hoogspanningslijnen, kan bij een uitstroom het vloeistofplasoppervlak worden beperkt, waarbij in geval van een ontsteking sprake zal zijn van een beperkte plasbrand zonder gevolgen binnen de inzetijd van de brandweer voor de hoogspanningslijn.

Ten denken valt aan de volgende eenvoudige maatregelen:

- Zorgen voor een goed ballastbed, ten minste ter hoogte van de hoogspanningslijnen. Dit betekent een voldoende diep, voldoende doorlatend, schoon (vrij van zand) en goed onderhouden ballastbed (zie verder onderzoek van TNO uit 2014).
- Vloeistofoppervlakbeperkende maatregelen langs het spoor (bijvoorbeeld een geul bestaande uit goed ballast) om een groot plasoppervlak te voorkomen. Een dergelijke maatregel wordt ook reeds op andere locaties in Nederland langs het spoor toegepast waar gevaarlijke stoffen worden vervoerd (en waar bijvoorbeeld gebouwen dichtbij het spoor staan). Een dergelijke maatregel dient wel afgestemd te worden op eisen voor spooronderhoud en toegankelijkheid van het spoor. En zo'n geul zal ook goed onderhouden moeten worden.

HOOFDSTUK 6

Conclusie

Deelvraag 1:

Hoe kan een incident met gevaarlijke stoffen nabij hoogspanningslijnen en -masten worden bestreden, indien de hoogspanning niet is afgeschakeld en/of veiliggesteld?

Antwoord:

Op basis van de uitwerking in voorgaande hoofdstukken kan worden gesteld dat uitgaande van de standaardprocedures voor een veilige inzet (onder andere veiligheidsafstand, niet-gebonden straal, gebruik schuim en inzetstraal 'laag houden') ook een incident met gevaarlijke stoffen nabij een hoogspanningslijn die niet is afgeschakeld en/of veiliggesteld kan worden bestreden. Dit geldt voor alle incidentscenario's met gevaarlijke stoffen, behalve de scenario's waar mogelijke escalatie dreigt (fakkelbrand en/of plasbrand met dreigende BLEVE). Dit is echter ook reeds de conclusie voor dit scenario indien dit niet in de nabijheid van een hoogspanningslijn plaatsvindt. De hoogspanningslijn is daarbij niet de 'beperkende' factor; het scenario op zich is de aanleiding voor mogelijke escalatie en belemmering voor de inzet.

Een uitgestroomde vloeistof tussen de sporen (in het ballastbed of op de porfierpaden) met een beperkte plasoppervlakte zal niet leiden tot dusdanige warmtestraling dat binnen de mogelijke inzettijd van de brandweer de integriteit van de hoogspanningslijnen of -masten zal worden aangetast. Daarmee is voor scenario's met deze uitstroom geen direct gevaar voor bezwijken.

Indien echter sprake is van een grotere plasbrand van een vloeistofplas met een groot oppervlak (op open terrein naast het spoor, zand, klei, asfalt), dan kan de warmtestraling en/of direct vlamcontact ervoor zorgen dat binnen de mogelijke inzettijd van de brandweer de sterkte van de geleiders kritisch is verzwakt, waardoor grote kans op bezwijken van de hoogspanningslijnen bestaat. Door het aanhouden van de veiligheidsafstanden zorgt de brandweer ervoor dat dit geen direct gevaar voor de inzet oplevert.

Een dergelijk scenario ingevuld in de risicomatrix laat zien dat ProRail reeds voldoende preventieve maatregelen heeft getroffen om een dergelijke grote plasbrand te voorkomen. Aanvullende maatregelen zijn daarmee niet direct noodzakelijk om de restrisico's af te dekken tot een acceptabel risiconiveau. Om het restrisico eventueel verder te beperken, valt te denken aan maatregelen die het ontstaan van een groot vloeistofplasoppervlak (en daarmee een grote plasbrand) voorkomen, zoals een goed werkend ballastbed of een geul met ballast langs het spoor nabij hoogspanningslijnen.

BIJLAGE 1

Preventieve maatregelen/ Lines of Defence

Inleiding

Deze bijlage beschrijft preventieve Lines of Defence die binnen het spoorvervoer aanwezig zijn en worden toegepast om incidenten te voorkomen, dan wel in geval van een incident te voorkomen dat een lekkage van gevaarlijke stoffen (Loss of Containment – LOC) plaatsvindt.

Per mogelijke oorzaak van een incident is opgenomen welke preventieve beheersmaatregelen binnen de hele keten van de spoorsector aanwezig zijn.

Voor emplacementen staan twee typen mogelijke oorzaken van een incidentscenario centraal:

- Botsing.
- Ontsporing.

Daarnaast wordt ingegaan op de volgende oorzaken van incidentscenario's:

- Intrinsiek falen.
- Druppellekkages,
- BLEVE.

Botsing trein – trein

Binnen een emplacement wordt onderscheid gemaakt tussen het Centraal Bediend Gebied (CBG) en het Niet-Centraal Bediend Gebied (NCBG).

Een Centraal Bediend Gebied is een gebied op het spoorwegnet:

- waar de bediening van de seinen en individuele infraobjecten plaatsvindt vanuit één centraal punt
- waarbinnen de samenhang van rijweginstelling en spoorbezetting vanuit één systeem wordt bewaakt.

Binnen het CBG rijden treinen volgens een (rangeer)plan en nadat daarvoor rijwegen zijn ingesteld door de treindienstleider. Spoorbezetting wordt gedetecteerd, de stand van seinen en het voor de rijwegen vergrendeld blijven van de stand van de wissels worden bewaakt en gestuurd door het beveiligingssysteem. De wissels, seinen en andere infraobjecten worden bediend vanuit de VL-post. De treindienstleider bevindt zich op de post, op afstand van het emplacement zelf. De communicatie tussen treindienstleider en machinist bestaat uit opdrachten/toestemmingen van de treindienstleider aan de machinist via de seinbeelden en uit telefonisch contact. In geval van nood kunnen zij elkaar bereiken via een alarmoproep die voorrang heeft op alle andere communicatie.

Op de emplacementen Maasvlakte-West en Waalhaven-Zuid vinden alle rangeerbewegingen met gevaarlijke stoffen ter hoogte van de hoogspanningsverbinding plaats binnen Centraal Bediend Gebied.

Een botsing binnen CBG op een emplacement kan plaatsvinden doordat ten onrechte een rood sein wordt gepasseerd. Achter het rode sein ligt een wissel of een spoor dat gereserveerd is voor een andere trein. Dit wordt het gevaarpunt genoemd. De trein die het rode sein passeert, rijdt na het rode sein door tot op het gevaarpunt. De machinisten merken niet of te laat op dat ze naar elkaar toe rijden. Daarna botsen de treinen op of nabij het gevaarpunt.

Een passage van een rood sein wordt een STS-passage genoemd (STS = Stop Tonend Sein). De trein die ten onrechte een rood sein passeert, wordt de STS-trein genoemd.

Er is dan sprake van drie achtereenvolgende ongewenste gebeurtenissen:

1. Een trein of rangeerdeel passeert een rood sein.
2. De trein of rangeerdeel bereikt het gevaarpunt.
3. Beide treinen/rangeerdelen botsen op of nabij het gevaarpunt.

In tabel 4 staan de drie ongewenste gebeurtenissen. Daartegenover staan de beheersmaatregelen die de gebeurtenis moeten voorkomen. De volgende kolom geeft aan wie voor de beheersmaatregel verantwoordelijk is. De laatste kolom geeft aan hoe de beheersmaatregel wordt geborgd. ProRail is als beheerder verantwoordelijk voor het ontwikkelen en beheren van alle treinbeveiligingssystemen met als doel het voorkomen van botsingen tussen treinen. De systeemeisen zijn vastgelegd en worden geborgd in bedrijfsvoorschriften, specificaties, systemen en technisch beleid. (OVS=ontwerpvoorschrift, PRC=procedure, RLN=richtlijn).

Tabel 4. Preventieve maatregelen ter voorkoming botsing binnen CBG

Oorzaak	Beheersmaatregel	Verantwoordelijk	Borging ProRail
Gebeurtenis 1. Een trein passeert een rood sein (stoptonend sein passage, STS-passage)			
Seinbeeld onjuist (zeer onwaarschijnlijk fenomeen)	Beveiligingssysteem, ontwerp en controle voor indienststelling, onderhoud volgens norm	ProRail	Spoorwegwet OVS60000 OVS69101 PRC0025 PRC00055
STS-passage, waarbij via een wissel of kruis in de flank van een rijweg gereden wordt	Flankbeveiliging bij rijwegen. Diverse technische maatregelen	ProRail	OVS69102
Beveiligingssysteem faalt	Fail-safe ontwerp van de beveiliging, terugvallen naar een veiliger toestand bij falen	ProRail	Spoorwegwet RLN00218
Sein niet of onvoldoende zichtbaar	Sein voldoet aan eisen zichtbaarheid	ProRail	Spoorwegwet OVS69133-1 Machinistenmeldpunt

Oorzaak	Beheersmaatregel	Verantwoordelijk	Borging ProRail
Machinist heeft geen tijd om te remmen	Sein voldoet aan eisen in relatie tot remwegafstanden	ProRail	Spoorwegwet OVS69132
Machinist remt te laat	Handelen machinist, ingrijpen van ATB en ATBvv	Machinist Spoorweg Wet art. 65 lid 2	Spoorwegwet, toezicht en Handhaving door ILT
Machinist is onvoldoende bekwaam	Normen Geschiktheid machinist	Spoorweg-onderneming	
Machinist is onwel	Dodemansinstallatie in de trein	Spoorweg-onderneming	
Remmen trein falen	Beproeving remsysteem vóór vertrek Toelating, onderhoud en controle materieel	Spoorweg-onderneming	
Trein rijdt te hard om d.m.v. remmen tot stilstand te komen	Treinbeïnvloedingssysteem ATB, Remcriterium	ProRail Spoorweg-onderneming	Spoorwegwet OVS69135-1
Gebeurtenis 2. De trein of het rangeerdeel bereikt het gevaarpunt			
Treinbeïnvloedingssysteem faalt	Onderhoud treinbeïnvloedingssysteem Meldingsprocedure van machinist, veiligheidsmelding	ProRail Spoorwegonderneming	Spoorwegwet RLN00218
Machinist niet bewust van passage rood sein	Alarmoproep treindienstleider via GSM-Rail	ProRail	Instructies TRDL
Gebeurtenis 3. Beide treinen / rangeerdelen botsen op of nabij het gevaarpunt			
Trein rijdt door	Alarmoproep treindienstleider	ProRail	Instructies TRDL
Niet-STIS-trein rijdt door	Niet-STIS-trein krijgt rood sein Machinist reageert op alarmoproep en remt	ProRail Spoorweg-onderneming	OVS69101

Hieronder een toelichting op de maatregelen in tabel 4.

GSM-Rail

GSM-Rail is een systeem voor radiocommunicatie voor [spoorwegen](#). GSM-R staat voor GSM-Rail. Een GSM-R-mobiele telefoon is behalve op zijn telefoonnummer ook te bereiken op zijn functionele (trein)nummer, zodat een treindienstleider door het intoetsen van het treinnummer direct de machinist van de betreffende trein te spreken krijgt zonder dat hij weet welk mobiele nummer de machinist heeft. De machinist dient zich bij aanvang van een rit dan ook eerst op zijn treinnummer te registreren.

Treinbeveiliging

Het CBG is voorzien van een sein- en wisselbedieningssysteem en een beveiligingssysteem. Het sein- en wisselbedieningssysteem stuurt de seinen en wissels aan, waarbij het via de seingeving ervoor zorgt dat treinen in tijd en ruimte gescheiden blijven.

Het effect van de toepassing van het beveiligingssysteem is dat de kans op onjuiste seinbeelden tot een minimum wordt beperkt. Hierdoor kan de machinist volledig vertrouwen op de juistheid van de seinbeelden.

Onderdeel van de beveiliging is de Automatische Trein Beïnvloeding (ATB). Emplacement Waalhaven-Zuid en het tracé Havenspoorlijn is aangesloten op ERTMS, dat werkt bij alle snelheden. ERTMS controleert of de machinist zich houdt aan de door de beveiliging gegeven snelheids- en remopdrachten. ERTMS dient ter ondersteuning voor een juiste opvolging van de lichtseinen en borden voor vaste snelheidsbeperkingen. Het ERTMS geeft door middel van cabineseinen informatie over toegelaten snelheden. Wanneer de machinist een opdracht tot snelheid verminderen niet opvolgt, brengt het ERTMS de trein automatisch tot stilstand (ATB-snelremming). De machinist kan deze remming pas onderbreken nadat de trein stilstaat.

Treinpaden voor doorgaande treinen op de hoofdsporen worden beveiligd door interlocking. De interlocking zal alleen een treinpad vrijgeven als er geen andere treinen aanwezig zijn op dit pad. Hierbij krijgt de doorgaande trein een groen of geel seinbeeld. Alle wissels binnen dit pad worden vastgelegd. Indien er andere treinen binnen het pad aanwezig zijn, dan is alleen 'rijden op zicht' mogelijk met seinbeeld 'geel knipper'; de maximumsnelheid is dan 40 km/uur. Voor treinen op de treinpaden op de hoofdsporen bewaakt ERTMS automatisch de snelheid en dat de trein niet voorbij het einde van het treinpad komt. Op deze wijze wordt interactie voorkomen.

Door middel van flankprotectie (eiswissels) en ERTMS wordt voorkomen dat treinen van de emplacementssporen uitkomen op treinpaden op de hoofdsporen.

Treinbewegingen op emplacementssporen worden door ERTMS beperkt tot max 40 km/uur. De doorgaande treinen die over emplacementssporen worden geleid, moeten altijd stoppen op het emplacement. Na stoppen krijgen de treinen pas bevoegdheid tot een nieuwe start.

Het effect van het treinbeïnvloedingssysteem is dat machinisten die te hard rijden na het passeren van een geel sein een waarschuwing krijgen. Als de machinist niet remt, geeft het treinbeïnvloedingssysteem een automatische remingreep, waarbij de trein onherroepelijk tot stilstand wordt gebracht.

Onderhoud treinbeveiliging

De onderhoudscontracten met de spooraannemer borgen dat de onderhoudsvoorschriften van de beveiligingssystemen worden gevolgd. De spooraannemers en hun technici zijn gecertificeerd om onderhoudswerk te mogen doen aan deze installaties. ProRail voert hierop audits uit bij de aannemers.

Sein voldoet aan eisen zichtbaarheid

De machinist moet in staat worden gesteld de seinen goed te zien. Daarom worden aan de plaatsing, zichtbaarheid, waarneembaarheid en betrouwbaarheid eisen gesteld. Als machinisten een slecht zichtbaar sein opmerken, melden zij dit bij een speciaal meldpunt, waarna ProRail zorgt voor verbetering van de zichtbaarheid.

Sein voldoet aan eisen in relatie tot remwegafstanden

De machinist moet in staat worden gesteld de seinen op tijd te zien, zodat hij voor een rood sein tot stilstand kan komen. Daarom worden de onderlinge afstanden van seinen bepaald in relatie tot de afstand die treinen nodig hebben om snelheid te verminderen. Daarnaast is de maximale snelheid op het emplacement 40 km/u. Tijdens het rangeerproces is de feitelijke snelheid vrijwel altijd lager (circa 20 km/u), bij de geduwde beweging gaat het om maximaal 6 km/uur (de machinist staat dan met afstandsbediening voor op de trein). De snelheden zijn geborgd in de procesafspraken met de vervoerder.

Flankbeveiliging

Flankbeveiliging is een maatregel in het ontwerp die zorgt dat een trein die een stoptonend sein (STS) passeert niet, of met een sterk verminderde kans, in de rijweg van een andere trein kan komen.

Rol treindienstleider

In het CBG wordt de rijweg beveiligd door het sein- en wisselbedieningssysteem en het beveiligingssysteem. De be- en bijsturing vindt plaats door de treindienstleider vanuit de VL-post Roosendaal. Besturing vindt plaats bij een afwijking in de jaardienst. Dit vindt bijvoorbeeld plaats als een extra trein ad-hoc wordt 'ingelegd'. Bijsturing vindt plaats bij een verstoring van de treindienst.

De treindienstleider:

- bedient de (niet-automatische) seinen en de wissels
- zorgt voor een totaal veilige rijweg
- is verantwoordelijk voor de veiligheid in zijn gebied

Indien een treindienstleider op zijn beeldscherm constateert dat een trein een rood sein is gepasseerd, plaatst hij een alarmoproep met behulp van GSM-R. Hiermee krijgen alle treinen in diens bediengebied de opdracht direct snelheid te verminderen en op zicht te rijden of stil te blijven staan. Nadat het alarmsignaal is afgegaan, kan de treindienstleider de STS-trein opdracht geven te stoppen. Het effect van de alarmoproep is dat de kans dat een trein na STS-passage botst tegen een andere trein wordt verminderd.

Niet-STSTrein krijgt rood sein

Zodra de STS-trein het blok inrijdt waarvoor hij geen toestemming heeft, zal een eventueel tot dat blok toegang gevend sein rood gaan tonen. Een andere trein zal met dat rode sein geconfronteerd worden. De machinist van die trein zal een snelremming inzetten en stoppen.

Eisen aan materieel in internationale wet- en regelgeving

Mocht er desondanks toch sprake zijn van een botsing met een gereedstaand treindeel bij deze snelheden, dan is het gezien de lage snelheid niet reëel te veronderstellen dat dit leidt tot het kantelen van een wagen of het anderszins beschadigen van de ladingomhulling. Daarbij wordt in Europees verband steeds vaker de volgende aanvullende LoD aan het materieel, te weten het crashbuffersysteem en de opklimbeveiliging, gebruikt.

Crash-buffers en opklimbeveiliging

Crashbuffers of -elementen zijn kreukelzones die botsingsenergie kunnen absorberen. Om afname van de functionaliteit te voorkomen, treedt een crashelement pas in werking bij snelheden boven de 12 km/uur. De opklimbeveiliging betreft een voorziening aan een wagen die voorkomt dat een wagen na een botsing tegen een andere wagen 'opklimt' waarna ladingcontainers beschadigd kunnen raken, bijvoorbeeld door een versterkt schot ter bescherming van de ketel tegen doorboring van een buffer.

Constructie-eisen wagen	De wagen is in staat krachten op te vangen bijvoorbeeld door middel van de buffers. In toenemende mate gebruiken verladers op basis van vrijwilligheid wagens met extra veiligheidsvoorzieningen zoals crashbuffers.
Constructie-eisen omhulling	Toepassen van de beladingsvoorschriften door de vuller en verlader, controle op kenbare gebreken door de vervoerder.

Ontsporing

Een ontsporing in CBG op een emplacement kan als volgt gaan:

Een rangeerdeel waarvan één of meer ketelwagens deel uitmaken, ontspoord met een of meer assen in het centraal bediende gebied (CBG). Een ketelwagen binnen het rangeerdeel schaaft, kantelt of rolt (deels) om, doordat het ontspoorde rangeerdeel in aanraking komt met een wissel, een gefundeerd object direct naast het spoor of een andere discontinuïteit in de spoorbaan. Tijdens het scharen, kantelen of omrollen komt de ketelwagen met grote kracht in aanraking met een gefundeerd object naast het spoor of een rijdende trein of rangeerdeel op het naastgelegen spoor. Hierdoor ontstaat een gat in de omhulling van de ketelwagen. De gevaarlijke stof komt ongecontroleerd vrij.

Rangeerdelen kunnen in het centraal bediende gebied ontsporen door:

1. een gebrek in de spoorweginfrastructuur
2. een gebrek van het rollend materieel of een beladingsfout
3. een handelingsfout van operationeel personeel van ProRail of een vervoerder.

In tabel 5 staan de ongewenste gebeurtenissen voor ontsporing CBG. Daartegenover staan de beheersmaatregelen die de gebeurtenis moeten voorkomen. De volgende kolom geeft aan wie voor de beheersmaatregel verantwoordelijk is. De laatste kolom geeft aan hoe de beheersmaatregel wordt geborgd.

Tabel 5. Maatregelen ter voorkoming van ontsporing CBG

Oorzaak	Beheersmaatregel	Verantwoordelijk	Borging ProRail
Ontsporing CBG door gebrek in de spoorweginfrastructuur			
Infradefect	Kwaliteit spoorweginfra: baanlichaam	ProRail	RLN00296 OVS00056-7.1
	Kwaliteit spoorweginfra: spoorstaaf, dwarsligger en ballast	ProRail	OVS00056-5.1
	Kwaliteit spoorweginfra: wissel en kruising	ProRail	RLN00062 OVS00056-6.1
	Tijdige detectie en herstel degeneratie spoorweginfra (inspectie en onderhoud)	ProRail	RLN00399 OHD00022 NKD0001 NKD0002
	Controle Veilige Berijdbaarheid na werkzaamheden	ProRail	PRC00036
Wissel of een ander beweegbaar infraobject ligt niet in veilige stand	Controle eindstand wissel of ander beweegbaar infraobject en rood sein indien niet in eindstand	ProRail	Zie botsing CBG

Oorzaak	Beheersmaatregel	Verantwoordelijk	Borging ProRail
Omgevingsinvloed	Extra controle risicolocaties spoorspatting en geen ballastroerende werkzaamheden bij extreme hitte	ProRail	Handboek Storingsmanagement RLN00165
	Voorwaarden aan werkzaamheden derden in omgeving spoor	ProRail	Vergunningverlening conform art 19 Spoorwegwet
	Spoorviaduct en -brug bestand tegen aanvaring/aanrijding	ProRail	OVS00030 PRC00070
Oorzaak	Line of Defence	Verantwoordelijk	Borging ProRail
Ontsporing CBG door gebrek aan materieel of beladingsfout			
Materieelgebrek	Vertrekcontrole	Vervoerder	Toegangs- overeenkomst
	Onderhoud materieel	Vervoerder	
	Detectie en alarmering bij hete as of heet wiel op doorgaand spoor	ProRail	OVS60902 Proces hot-boxmeting Werkwijze TRDL
	Detectie en alarmering bij gevaarlijk wieldefect of gevaarlijke beladingsfout op doorgaand spoor	ProRail	OVS60903 Proces Quo Vadis meting Werkwijze TRDL
Oorzaak	Line of Defence	Verantwoordelijk	Borging ProRail
Ontsporing CBG door handelingsfout operationeel personeel			
Snelheid rangeerdeel te hoog	Treinbeïnvloedingssysteem	ProRail (infra) Vervoerder (materieel)	Zie botsing CBG
	Snelheid rangeren is maximaal 40 km/u	Zie botsing NCBG	
Bedienen wissel of ander beweegbaar infraobject	Bedienen wissel of ander beweegbaar infraobject niet mogelijk indien trein kan passeren	ProRail	Zie botsing CBG
Achtergelaten stalen remslof	Verbod op gebruik losse stalen remslof voor parkeren materieel	Vervoerder	Toegangs- overeenkomst
Oorzaak	Line of Defence	Verantwoordelijk	Borging ProRail
Ketelwagen schaart, kantelt of rolt om en komt met grote kracht in aanraking met een object			

Oorzaak	Beheersmaatregel	Verantwoordelijk	Borging ProRail
Kunstwerk naast het spoor	Bebouwing naast en over spoor op voldoende afstand en/of voorzien van geleidingsconstructies	ProRail	OVS00030
Objecten naast het spoor	Geen gefundeerde lage palen (die een ketelwand kunnen penetreren) direct naast het spoor	ProRail	OVS00239 OVS00205 Specifieke actie: alle palen met risico verwijderd
Treinverkeer op nevenspoor	Alarmoproep naar andere machinisten en afremmen naar snelheid, Rijden op Zicht	ProRail Vervoerder	Werkwijze TRDL Toegangs-overeenkomst

Hieronder een toelichting op de maatregelen in tabel 5

Ontsporing door infrastructuurgebrek

Kwaliteit spoorweginfrastructuur

Als het baanlichaam of het spoor een ernstig defect heeft, kan een rangeerdeel daar op ontsporen. Vanwege het bijzondere karakter van wissels (het steeds heen en weer bewegen, de dunnere wisseltong, de krachten die treinen uitoefenen bij het richting veranderen) zijn wissels de meest kwetsbare onderdelen van de infrastructuur.

Om de kwaliteit van de spoorweginfra te borgen, heeft ProRail per infraobject procedures voor vrijgave van producten, maken van een infraontwerp, realisatie van een infraontwerp en de ingebruikname van de gerealiseerde infra. Het ontwerp, de aanleg en de ingebruikname van spoorweginfrastructuur vindt plaats door door ProRail erkende ingenieursbureaus en aannemers, waarbij veiligheidskritische ontwerp- en uitvoeringstaken alleen door gecertificeerd personeel mogen worden uitgevoerd. Het effect van de maatregel is dat de kwaliteit van de spoorweginfra bij aanleg goed is. Het belang van deze LoD is groot.

Tijdige detectie en herstel degeneratie spoorweginfra

Het onderhoud aan het spoor is uitbesteed aan spooraanneemers. De onderhoudsvoorschriften zijn gecontracteerd. De onderhoudsvoorschriften geven de normwaarden waar het spoor te allen tijde aan dient te voldoen. In de contracten is vastgelegd hoe de aannemer borgt dat het spoor aan de normen voldoet. ProRail doet audits bij de aannemers en voert metingen uit om dit te controleren. Omdat de inzet van de meettreinen op rangeerspooren niet goed mogelijk is, vinden de inspecties vrijwel geheel handmatig plaats.

Het effect van deze maatregel is dat de kwaliteit van de spoorweginfrastructuur goed blijft door adequaat onderhoud.

Controle veilige berijdbaarheid na werkzaamheden

Na werkzaamheden aan de spoorweginfrastructuur wordt de veilige berijdbaarheid voorafgaand aan de ingebruikname beoordeeld door bevoegd personeel. Het effect van deze maatregel is dat de kwaliteit van de spoorweginfrastructuur na werkzaamheden goed is.

Controle eindstand wissel of ander beweegbare infraobject

Rangeerdelen kunnen ontsporen indien een wissel of een ander beweegbaar infraobject (beweegbare brug) zich niet in een veilige eindstand bevindt. Voor het rangeren in CBG is een wissel het meest voorkomende beweegbare infraobject. Als een wissel niet in de juiste stand staat of als de wisseltong niet goed aansluit op de spoorstaaf, kan een wiel van een passerend rangeerdeel aan de verkeerde kant van de wisseltong terechtkomen, waarna het ontspoot. Het is wel mogelijk dat de machinist met een aanwijzing van de treindienstleider op lage snelheid passeert. De machinist beoordeelt hierbij visueel of de wisselstand goed is en de wisseltong aansluit.

De sturing van wissels of andere beweegbare infraobjecten en de controle dat het infraobject zich in de juiste positie bevindt, maakt in het CBG deel uit van het fail-safe beveiligingssysteem. Als het beweegbare infraobject zich niet in een veilige eindstand bevindt, zal het beveiligingssysteem geen rijweg toestaan. Het belang van deze LoD is zeer groot. Het maakt dat rangeerdelen wissels en andere beweegbare infraobjecten veilig kunnen passeren.

Extra controle risicolocaties spoorspatting en geen ballastroerende werkzaamheden bij extreme hitte

Bij extreme hitte manifesteert zich een nieuw ontsporingrisico. Door het uitzetten van de spoorstaven als gevolg van hoge temperaturen kan een spoorspatting plaatsvinden (vervorming spoorstaven door te hoge drukspanning). Indien een rangeerdeel over een spoorspatting rijdt, is de kans groot dat de trein ontspoot doordat bijvoorbeeld de spoorwijdte buiten de toleranties is gekomen. Bij verwachte extreme hitte vindt visuele beoordeling van de spoorweginfra (met name het spoorbed) op risicolocaties plaats. Ook worden eventuele ballastroerende werkzaamheden geannuleerd.

Het effect van deze maatregel is dat de kans op een spoorspatting bij extreme hitte verlaagd wordt. Het belang van deze LoD is zeer groot voor goederentreinen. Door de maatregelen is het landelijk aantal spoorspattingen van jaarlijks 50-100 gereduceerd tot jaarlijks minder dan 5. Het belang voor rangeerdelen is beperkt. De risicolocaties waarbij extra controles van de spoorweginfra worden uitgevoerd, bevinden zich op doorgaand spoor.

Voorwaarden aan werkzaamheden in directe omgeving spoor

Vanuit de Spoorwegwet is het voor derden niet toegestaan om zonder vergunning werkzaamheden in de omgeving van het spoor uit te voeren die de veilige berijdbaarheid kunnen bedreigen (bijvoorbeeld verzakking van het baanlichaam). ProRail verleent onder voorwaarden die tot doel hebben het borgen van de veilige berijdbaarheid vergunning aan derden voor de uitvoering van werkzaamheden in de directe omgeving van het spoor. Het effect van deze maatregel is dat er geen werkzaamheden in de directe omgeving van het spoor plaatsvinden die leiden tot infradefecten, zoals bijvoorbeeld een verzakking van het baanlichaam.

Spoorbrug en -viaduct bestand tegen aanvaring/aanrijding

De ontwerpisen voor spoordragende kunstwerken zorgen voor robuuste kunstwerken zodat bij een aanvaring of aanrijding door wegverkeer er geen bedreiging is voor de veilige berijdbaarheid van het spoor. Bestaande kunstwerken zijn niet altijd voldoende robuust. Bij een aanvaring of aanrijding van deze kunstwerken wordt het treinverkeer stilgelegd en de constructieve integriteit lokaal beoordeeld.

Het effect van deze maatregel is dat er geen rangeerdeel over een kunstwerk rijdt dat als gevolg van een aanvaring of aanrijding door wegverkeer niet meer veilig berijdbaar is. Het belang van deze LoD varieert, afhankelijk van de aanwezigheid van spoorbruggen en/of spoorviaducten.

Ontsporing door materieelgebrek of beladingsfout

Op de doorgaande sporen is een landelijk netwerk aanwezig van meetstations (Quo Vadis) die bij een passage van een trein een aantal veiligheidskritische wiel- en beladingsparameters meten. Uit de metingen kunnen afwijkingen worden vastgesteld die wijzen op een defect aan een wiel of as of beladingsfout. Deze afwijkingen worden direct aan de vervoerders doorgegeven, zodat zij de betreffende wagen uit bedrijf kunnen nemen voor onderhoud of de verlader kunnen aanspreken op naleving van de beladingsregels. Bij een afwijking met ontsporingengevaar geeft de treindienstleider de machinist opdracht om de trein stil te zetten en te laten controleren.

Quo Vadis en Hot Box-detectie

Hot Box-detectie en Quo Vadis zijn meetsystemen in het spoor die gebruikt worden om mogelijke defecten aan het rijdende deel van het spoorwagematerieel te signaleren.

Uit de metingen kunnen afwijkingen worden vastgesteld die wijzen op een defect aan een wiel of as. Deze afwijkingen worden direct aan de vervoerders doorgegeven, zodat zij de betreffende wagen uit bedrijf kunnen nemen voor onderhoud. Bij direct ontsporingengevaar kan de trein stil worden gezet. Treinen met een ernstig defect aan een wiel of as worden stilgezet voordat dit kan leiden tot een ontsporing.

Het Quo Vadis-meetsysteem meet de doorbuiging van de spoorstaaf tijdens wielpassage. De doorbuiging van de spoorstaaf hangt af van de aslast en van de kwaliteit van de wielen. Quo Vadis wordt daarom gebruikt om onregelmatigheden in de wielen te signaleren. Het Quo Vadis-meetsysteem maakt zelf een koppeling met het treinnummer. Zo wordt de vervoerder in kennis gesteld van de geregistreerde onregelmatigheden.

De Hot Box-detectiesystemen die in Nederland zijn geplaatst, meten met infrarood de temperatuur van een aslager en de temperatuur van de wielband. Hete aslagers worden gemeten om problemen met assen te detecteren, voordat deze leiden tot een falen. Hete wielen worden gemeten om vastgelopen remmen te detecteren.

Door middel van Hot Box wordt iedere trein op het basisnet om de 80 kilometer gemeten en binnen maximaal 80 kilometer na vertrek. Deze afstand is gekozen omdat warmlopers zich relatief langzaam ontwikkelen. De kans dat een trein binnen 80 kilometer na vertrek een warmloper ontwikkelt wordt, gegeven de remproef en vertrekcontrole, en op basis van ervaring, als heel klein ingeschat. Wanneer een grenswaarde overschreden wordt, gaat via voicecalling een bericht naar de verkeersleidingpost. De treindienstleider belt hierop de machinist. In geval van een Hot Box-melding wordt de trein direct stilgezet, in geval van een heet wiel of een hoge dynamische kracht wordt de trein stilgezet op het eerstvolgende punt waar dat kan zonder de treinenloop te verstoren. De machinist bepaalt wat er met de trein moet gebeuren.

Het effect van Quo Vadis en Hot Box-detectie is dat treinen met een ernstig defect aan een wiel of as worden stilgezet voordat het defect kan leiden tot ontsporing. Het belang van deze maatregel tegen ontsporing van goederentreinen is groot.

Ontsporing door handelingsfout operationeel personeel

Treinbeïnvloedingssysteem

Het treinbeïnvloedingssysteem voorkomt dat een ontsporingrisico ontstaat door een te hoge snelheid, bedienen van een wissel of ander beweegbaar infraobject tijdens passage van een trein. De treinbeïnvloeding geeft een remingreep bij een te hoge snelheid en voorkomt dat een wissel of ander beweegbaar object bediend kan worden indien een rijweg is ingesteld. Zie verder Botsing CBG.

Verbod op gebruik losse stalen remslof voor parkeren materieel

ProRail verbiedt het gebruik van losse stalen remsloffen door vervoerders. Tot 2012 was het toegestaan dat vervoerders een stalen remslof voor het wiel aanbrachten om te voorkomen dat geparkeerde rangeerdelen weggrollen. Indien voorafgaand aan het weggrijpen van het rangeerdeel vergeten wordt een losse stalen remslof weg te halen, zal het een rangeerdeel ontsporen als gevolg van de remslof. Landelijk vond er jaarlijks circa 1 ontsporing van een rangeerdeel plaats als gevolg van een vergeten losse stalen remslof.

Het effect van deze LoD is dat vervoerders veilige alternatieven gebruiken om te voorkomen dat geparkeerde rangeerdelen weggrollen (bijvoorbeeld houten remslof) en rangeerdelen niet meer kunnen ontsporen op een vergeten losse stalen remslof. Het belang van deze maatregel tegen ontsporing van rangeerdelen is groot.

Ketelwagen schaaft, kantelt of rolt om en komt met grote kracht in aanraking met object

Eisen aan bebouwing naast en boven het spoor

Voor de bouw van bruggen en viaducten gelden ontwerpeisen die de gevolgen van ontsporingen beperken. Bijvoorbeeld bouwwerken op voldoende afstand van het spoor of beschermd door middel van een geleidingsconstructie. De ontwerpeisen staan in OVS00030. Het effect van deze LoD is dat wordt voorkomen dat een ontsporing leidt tot een botsing met het object. Het belang van deze LoD varieert, afhankelijk van de aanwezigheid van kunstwerken.

Geen gefundeerde lage palen direct naast het spoor

Het niet toestaan van gefundeerde lage palen direct langs het spoor voorkomt dat bij een ontsporing waar een ketelwagen kantelt of omrolt de ketelwand wordt gepenetreerd. In de ontwerpeisen voor objecten langs het spoor (veiligheidshekwerken, voertuigkeringen) worden preventieve eisen gesteld aan de constructie. In 2009 vond in Italië te Viareggio een ontsporing op hoge snelheid plaats van een trein met gevaarlijke stoffen. Als gevolg van de ontsporing kwam een gekantelde ketelwagen terecht op een rechtopstaande spoorstaaf met LoC tot gevolg. Naar aanleiding van dit ongeval heeft ProRail op alle locaties waar met gevaarlijke stoffen wordt gerangeerd aanwezige rechtopstaande spoorstaven of vergelijkbare gefundeerde paaltjes verwijderd. Het effect van deze LoD is dat wordt voorkomen dat LoC optreedt als gevolg van het penetreren van de wand van een ketelwagen door een lage paal. Het belang van de LoD voor rangeren is beperkt als gevolg van de kleine kans op kantelen of omrollen van het rangeerdeel.

Alarmoproep naar machinisten en afremmen naar snelheid Rijden op Zicht

Door het plaatsen van een alarmoproep door de machinist of treindienstleider via GSM-R worden alle machinisten in het gebied automatisch gewaarschuwd. Een alarmoproep krijgt prioriteit boven andere oproepen. Machinisten remmen bij een alarmoproep af tot de snelheid Rijden op Zicht.

Het effect van de maatregel is dat treinen en rangeerdelen op naastgelegen sporen tijdig stoppen indien een ontspoorde trein deels in een naastgelegen spoor terecht is gekomen. Het belang van deze LoD is groot.

Intrinsiek falen

De oorzaken van het intrinsiek falen van een ketelwagen, waarbij een lekkage ontstaat, kunnen gelegen zijn in materiaalgebreken zoals bijvoorbeeld corrosie of overdruk.

Gevaarlijke stoffen worden in Europa (en dus in Nederland) per spoor vervoerd in wagens die op basis van internationale normen zijn toegelaten door de ILT of vergelijkbare instanties van EU-lidstaten. De belangrijkste regelgeving voor het veilig transport van gevaarlijke stoffen per spoor is in het RID vastgelegd. In het RID staan de eisen en uitgebreide veiligheidsvoorschriften voor onder meer het rijdend materieel, de reservoirs en het onderhoud, het laden en lossen van gevaarlijke stoffen en de opleiding van het verantwoordelijk personeel.

De vervoerder, verlader en houder van de wagen zijn verantwoordelijk voor de beheersing van de veiligheid van het materieel. Een veiligheidscertificaat wordt verstrekt door de inspectie aan een spoorwegonderneming wanneer deze een goed en werkend veiligheids- beheersysteem (VBS) heeft ingericht. Het VBS moet passen bij de organisatie en activiteiten van de spoorwegonderneming en wordt getoetst aan de vereisten van de Europese Verordening 1158/2010. ProRail sluit alleen toegangsovereenkomsten af met vervoerders met een door de ILT verleend veiligheidscertificaat.

Technische en veiligheidseisen spoorwegmaterieel

De wettelijke eisen aan het spoorwegmaterieel dat wordt toegelaten in Nederland voor het gebruik, het onderhoud, de compatibiliteit en interoperabiliteit van spoorvoertuigen, liggen vast in artikel 36 t/m 54 van de Spoorwegwet. Deze eisen op basis waarvan het spoorwegmaterieel wordt toegelaten, zijn conform Europese richtlijnen, internationale UIC-fiches en TSI's.

Deze eisen hebben onder andere betrekking op de constructie van het materieel, de veilige loop, het remwerk en -vermogen, brandveiligheid, samenwerking met de in de infrastructuur aanwezige beveiliging (bijvoorbeeld ATB of ERTMS¹⁴), de uitrusting en de milieueisen voor bijvoorbeeld de emissie van dieselmotoren. ILT kan een beperking aan de materieelinzet opleggen als gevolg van een ongewenst effect op de veiligheid die door het materieel veroorzaakt wordt (eventueel na een advies van ProRail over de compatibiliteit van het materieel met de infrastructuur).

In tabel 6 staan de ongewenste gebeurtenissen voor intrinsiek falen. Daartegenover staan de beheersmaatregelen die de gebeurtenis moeten voorkomen. De volgende kolom geeft aan wie voor de beheersmaatregel verantwoordelijk is.

¹⁴ ERTMS = European Rail Traffic Management System

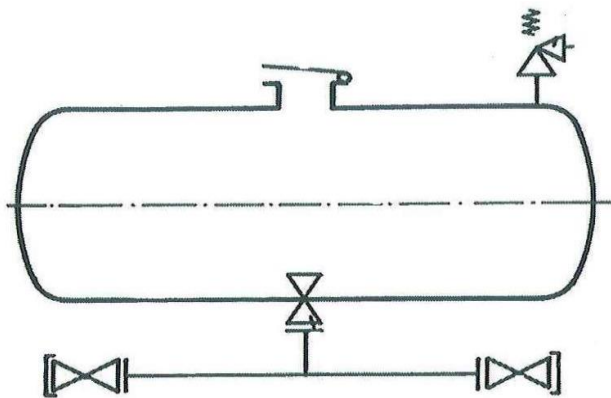
Tabel 6. Preventieve maatregelen ter voorkoming van intrinsiek falen.

Gebeurtenis	Line of Defence	Verantwoordelijk
Overdruk door overbelading	Gewichtscontrole na vullen	Verlader
	Controle vrachtbrief	Spoorwegonderneming
	Gebruik van RID voorgeschreven wagentypes	Verlader / spoorwegonderneming
Lekkage door open afsluiter	Dubbele afsluiters conform RID	Houder
	Visuele controle bij vertrek trein	Spoorwegonderneming
Lekkage door corrosie	Materiaaleisen bouw conform RID	Houder
	Kenmerk stofcode op stempelplaat	Houder
	Onderhoud ketels en tankcontainers	Houder/ spoorwegonderneming
Lekkage door defecte afsluiter	Dubbele afsluiters conform RID	Houder
	Bevestigingseisen conform RID	Houder
	Trillingsresistentie conform RID	Houder
	Controle op koppeling tankcontainer	Verlader/spoorwegonderneming
	Visuele controle bij vertrek en/of overname trein van verlader of andere spoorwegonderneming	Spoorwegonderneming
Lekkage bij aanhechting of las na losschieten ketel bij aankoppelen	Frame heeft kreukelzone	Houder
	Bevestigingseisen conform RID	Houder
	Inwendige afsluiters conform RID	Houder
	Inwendige standpijp conform RID	Houder
Lekkage bij pakking	Meerdere afsluiters per vulopening	Houder
	Onderhoud ketels en tankcontainers	Houder / spoorwegonderneming
	Visuele controle bij vertrek trein	Spoorwegonderneming
Druppellekkage	Constructie-eisen conform RID	Houder
	Controle op afsluiting na laden en lossen	Verlader / spoorwegonderneming
	Visuele controle bij vertrek trein	Spoorwegonderneming
	Toepassing parkeerregeling(detectie druppellekkages)	Spoorwegonderneming

Druppellekkages

Druppellekkages komen jaarlijks in Nederland 20 tot 30 keer voor. Het grootste deel daarvan vindt plaats op de Rotterdamse havenemplacementen en op Kijfhoek. Een enkele druppellekkage vindt plaats op de overige emplacementen in Nederland. Bij een druppellekkage is vrijwel altijd sprake van een lekkage aan de schroefdop aan de buitenzijde van de wagon. De vloeistof druppelt langs een schroefdop (stofkap) via een pakking naar buiten. Een druppellekkage is een lekkage, zoals het woord al zegt, waarbij druppels langzaam vrijkomen. Druppellekkages lijken vooral voor te komen bij wagens die leeg ongereinigd zijn. Bij druppellekkages gaat het in veel gevallen om ethylbenzeen, milieugevaarlijke stoffen, styreen of ethanol.

Met regelmaat gaat het om druppellekkages van een restproduct dat na het lossen nog aanwezig is in de standpijp. Voor stoffen als ethanol, methanol en styreen wordt onderstaande vloeistofketelwagen gebruikt. Als de standpijp tijdens het lossen van de wagon niet of onvoldoende is geleegd, kan de vloeistof uit de standpijp gaan lekken. De hoeveelheid product in de standpijp betreft een volume van maximaal 7-10 liter. Een dergelijke druppellekkage wordt verholpen door ProRail Incidentenbestrijding door het aftappen en schoonmaken van de standpijp. De restvloeistof wordt opgevangen en afgevoerd.



Figuur 10. Een schematische weergave van een vloeistofketelwagen, boven laden onder lossen.



Figuur 11. Vloeistofketelwagen boven laden onder lossen.

Voor druppellekkage is sprake van een ketenprobleem. Vervoerders en ProRail worden vaak geconfronteerd met druppellekkages die veroorzaakt worden door een onjuiste uitvoer van laden en lossen. Het laden en lossen wordt door de verlader gedaan. De vervoerders hebben een verantwoordelijkheid voor wagencontrole voor het vertrek van de trein.

Conform 1.4.2.2 RID: de vervoerder dient door middel van een visuele controle vast te stellen dat de wagens en de lading geen duidelijke gebreken, geen lekkage of scheuren vertonen, dat geen uitrustingsdelen ontbreken, enz.

Een druppellekkage wordt opgemerkt tijdens deze verplichte visuele controle door de machinist voor vertrek van de trein. Druppellekkages worden daarmee dus veelal op een emplacement ontdekt. Druppellekkages komen vaker voor in het voor- en najaar. Mogelijk zorgen temperatuurverschillen gedurende de dag voor een toename van druppellekkages. De taken en verantwoordelijkheden voor vuller staan beschreven in 1.4.3.3 RID en voor losser in 1.4.3.7 RID.

Bij een druppellekkage is de uitstroom zeer klein en levert daarmee veelal geen risico voor de omgeving op. De brandweer kan ter plaatse een snelle bovenwindse verkenning (in bluspak, ademlucht met explosiemeter) uitvoeren en vaststellen hoe groot de uitstroom daadwerkelijk is. Bij een druppellekkage kan er een lekbak (emmer) worden geplaatst. ProRail Incidentenbestrijding zal eenmaal ter plaatse de druppellekkage verhelpen door de standpijp leeg te maken en eventueel een plug te plaatsen. De ketelwagen wordt vervolgens RID klaargemaakt voor transport. In overleg met de ILT wordt besloten of het transport zijn weg mag vervolgen.

Een werkgroep met leden vanuit de gehele keten, de VNCI, ILT, vervoerders en ProRail, komt daarom met regelmaat bijeen in het operationeel RID-overleg. Gewerkt wordt aan de volgende verbeterpunten:

- ProRail: Het verder doorontwikkelen en uitrollen van het nieuwe meldingsformulier Incident Gevaarlijke stoffen richting alle vervoerders; verladers/opdrachtgevers zouden de vervoerders moeten aanspreken om de relevante informatie uit het formulier te willen ontvangen.
- ProRail: aanpassen van alarmering door middel van een groene-/rodeknopprocedure. Daarmee een meer gerichte reactie van de OHD. Afhankelijk van de gevaarmerken van de stof wordt alarmering gestuurd. Dit is operationeel voor de VR-RR. VR-ZHZ voor Kijfhoek volgt.
- De werkgroep Logistieke Veiligheid van de VNCI zal in samenspraak met VTG nagaan hoe de ECM (Entity in Charge of Maintenance) meer betrokken kan worden bij het herstellen van gebreken aan ketelwagens.
- Industrie zal in samenspraak met ProRail de protocollen voor het laten stoppen van treinen, druppellekkages en gestrande treinen verder uitwerken.
- De VNCI werkgroep Logistieke Veiligheid zal het aspect van het actief controleren van afsluiters die tijdens laden/lossen niet gebruikt worden (door verzegeling te verbreken en afsluiter te openen en pakking te controleren) tijdens een regulier overleg met de ILT bespreken.

De ILT ziet toe op het transport van gevaarlijke stoffen in Nederland. Conform artikel 47 Wet vervoer gevaarlijke stoffen wordt de ILT door de vervoerder en ProRail in kennis gesteld indien zich een ongeval of ongewoon voorval voordoet. De ILT beoordeelt bij een ongeval of ongewoon voorval of er gevaar voor de openbare veiligheid kan ontstaan. De ILT beoordeelt of de situatie na het ongeval of ongewoon voorval op eventueel gevaar en bepaalt of en zo ja hoe het verdere transport en/of de afhandeling conform de vervoerswetgeving kan worden uitgevoerd. De ILT wordt bij een (druppel) lekkage, conform bovenstaande, altijd in kennis gesteld.

BLEVE

Een warme BLEVE is een zeer zeldzaam incident. Er zijn in Europa tijdens het vervoer van gevaarlijke stoffen per spoor, naar bekend, nog nooit warme BLEVE-incidenten opgetreden.

Een warme BLEVE op een emplacement kan ontstaan als gevolg van een plasbrand die is ontstaan door het instantaan falen van een ketelwagen, na een hoogenergetische botsing of ontsporing, met zeer brandbare vloeistof, gevolgd door ontsteking. De in de directe nabijheid van die plasbrand aanwezige ketelwagens (of tankcontainer) gevuld met brandbaar gas, worden hierdoor rondom aangestraald. Door opwarming van het reservoir van de ketelwagen kan de druk in de tank oplopen en kan de tankwand verzwakken. De combinatie van oplopende druk en opwarming van het staal (afname vloeigrens) kan ervoor zorgen dat de ketelwagen (na verloop van tijd) verzwakt. Indien de ketelwagen rondom door de plasbrand wordt aangestraald, wordt aangenomen dat de ketel na 20 tot 30 minuten kan bezwijken, met een Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion (BLEVE) tot gevolg.

Hieronder volgt een overzicht van de beheersmaatregelen die in de gehele keten worden genomen om het incidentscenario BLEVE, als gevolg van het instantaan falen van een spoorketelwagen te voorkomen. Eerder is reeds ingegaan op de oorzaak botsen en ontsporen.

Beheersing plasbrand door opvang en afvoer capaciteit ballastbed

Het ballastbed heeft als functie te zorgen voor de stabiliteit van het spoor. Het is voor het veilig rijden van treinen van groot belang dat het ballastbed in goede conditie is en blijft. Een dikke laag hoekige stenen (steenslag) vormt het ballastmateriaal en is onderdeel van het zogeheten baanlichaam. De stenen vormen het ballastbed waarop de dwarsliggers liggen. Daarop liggen de spoorstaven waar de trein overheen rijdt. De stenen zorgen ervoor dat het spoor in een rechte lijn blijft liggen, dempen trillingen en voeren overtollig regenwater af. ProRail heeft in ontwerpvoorschriften vastgelegd aan welke eisen het ballastbed moet voldoen bij aanleg, en in de instandhoudingsvoorschriften staan de eisen voor tijdens het gebruik.

TNO heeft onderzoek verricht naar de vorming van plassen bij instantaan falen van een ketelwagen met brandbare vloeistof op de havenemplacementen. De conclusie van het onderzoek is dat de opname- en de afvoercapaciteit van een ballastbed een extra beheersmaatregel is, waardoor het risico op een warme BLEVE als gevolg van een plasbrand nog verder wordt gereduceerd. Dit onderzoek is in 2014 door TNO in dit kader uitgevoerd (TNO 2014 R11934). Hieronder staan de conclusies van het TNO-onderzoek.

In het onderzoek naar de ballast concludeert TNO: "Een vrijgekomen hoeveelheid vloeistof (zoals benzine, diesel of ethanol) zal meteen in het ballastbed van een emplacement doordringen. Indien het ballastbed van voldoende omvang is, vrij is van vervuiling en barrières daarbinnen en eventueel grondwater geen belemmering vormt, zal alle vloeistof in het ballastbed worden opgenomen en zal er geen plasbrand ontstaan die een bedreiging kan vormen voor de omgeving of andere wagens op het emplacement. De omvang van het ballastbed moet dan zodanig zijn dat in het vrije porievolume alle vrijgekomen vloeistof wordt opgenomen en dat daarbij het vloeistofniveau één of meer steendiktes (5 cm of meer) onder het oppervlakte van het ballastbed ligt.

Na opname van de vloeistof in het ballastbed zal de snelheid waarmee het plasoppervlak daalt, worden bepaald door de doorlaatbaarheid van de zandlaag, onder het ballastbed, en in geval van brand, de afbrandsnelheid."

Voor het TNO-onderzoek is het ballastbed van Waalhaven-Zuid gekozen. Uit bodemprofielen bleek dat Waalhaven-Zuid een 'worst case' emplacement is ten aanzien van de doorlaatbaarheid van het ballastbed, vanwege de aanwezige vervuiling met zand vlak onder het maaiveld.

Op basis van de bestudeerde monsters betekent dit voor emplacement Waalhaven-Zuid dat, in het geval waarin de vrijgekomen brandbare vloeistof tot aan de bovenkant van het ballastbed staat en ontstoken wordt, na circa 15 minuten het brandvermogen minder dan 1/10 zal bedragen van de waarde die bij een plasbrand van een vrij vloeistofoppervlak kan worden bereikt. De maximale waarde zal naar verwachting hooguit 40% hiervan bedragen.

In het TNO-rapport is ervan uitgegaan dat de laag met steenslag van het ballastbed van voldoende omvang is en vrij van vervuiling en barrières daarbinnen. Het is nooit 100% te garanderen dat het ballastbed op ieder moment op iedere m² altijd aan deze eisen voldoet. Ook in die gevallen dat het ballastbed er niet volledig aan voldoet, blijft het nog altijd een voorziening die de kleine kans op het optreden van een warme BLEVE nog verder zal reduceren.

Uit dit onderzoek is af te leiden dat, indien wordt voldaan aan de voorwaarden zoals hiervoor beschreven, andere scenario's dan 'instantaan falen' (met als gevolg plasbrand en warme BLEVE) maatgevend zullen worden voor de veiligheidsmaatregelen of voor de bepaling van de te treffen maatregelen.

Uit experimenten uitgevoerd door Efectis (Efectis, 2012) blijkt dat, wanneer een brandende vloeistof tot één à twee x steendikte onder het oppervlak van het ballastbed is gedaald, de vlammen nog slechts enkele centimeters hoog zijn en geen gevaar meer vormen ten aanzien van de dreiging van een BLEVE. Dit is geïllustreerd in figuur 12. In brandproeven, uitgevoerd door Efectis, werd de intensiteit van de brand gemeten als functie van het vloeistofniveau van enkele brandbare vloeistoffen (diesel en heptaan) in een 1 x 1 m² grote bak gevuld met grind uit een ballastbed. De vlamhoogtes als functie van de hoogte van het vloeistofniveau onder het grindoppervlak is duidelijk zichtbaar. Hieruit blijkt dat het brandvermogen vrijwel tot 0 is gedaald als het vloeistofniveau tot één à twee steendiktes (5-10 cm) onder het ballastoppervlak is gezakt. Dit wordt ook geïllustreerd door de kleine vlammen die dan nog zichtbaar zijn in figuur 12.



Vlammen in grindbed van 1 x 1 m, doorsnede (D) stenen: ca. 50 mm

Figuur 12. Vlamhoogtes bij verschillende (brandbare) vloeistofniveaus (Efectis, 2012)):

- 0 D: vloeistofniveau gelijk aan bovenkant grindbed
- 0,5 D: vloeistofniveau halve steendikte onder bovenkant grindbed
- 1 D: vloeistofniveau een steendikte onder bovenkant grindbed
- 2 D: vloeistofniveau twee steendiktes onder bovenkant grindbed

In aanvulling op de hiervoor beschreven proeven van Efectis, zijn in figuur 13 de vlammen weergegeven van een 'simpele' proef uitgevoerd door de Gezamenlijke Brandweer. In beide metalen bakken is 1 liter brandbare vloeistof gegoten en ontstoken: links in een bak met grind/ballast, rechts in een bak zonder grind/ballast. Links zijn nauwelijks vlammen (en daarmee warmtestraling) waar te nemen, rechts is sprake van vlammen (en warmtestraling).



Figuur 13. Vlamhoogtes bij vloeistof in grind/ballast en zonder grind/ballast (praktijkproef GB).

De aanwezigheid van een ballastbed is dus een maatregel om de effecten van een plasbrand te verkleinen, waarmee de kans op een mogelijke BLEVE wordt geminimaliseerd.

Convenant warme-BLEVE-vrij samenstellen en rijden van treinen

Het convenant is een overeenkomst tussen het ministerie, de chemische industrie (producenten en afnemers), vervoerders en infrabeheerder ProRail. Het is in 2012 door 23 partijen ondertekend, onder andere door DOW Chemical Terneuzen, DB Cargo en ProRail.

Het doel van dit convenant is te bewerkstelligen dat het vervoer van brandbare gassen per spoor op het grondgebied van Nederland geschiedt door middel van warme-BLEVE-vrij samengestelde treinen.

Een warme-BLEVE-vrij samengestelde trein is zo samengesteld dat een wagen met brandbaar gas zo veel mogelijk niet direct voor of achter een wagen met zeer brandbare vloeistof staat opgesteld. In meer detail: de afstand tussen een geheel of gedeeltelijk gevulde, anders dan een lege, ongereinigde tank met brandbare gassen en een geheel of gedeeltelijk gevulde, anders dan een lege, ongereinigde tank met zeer brandbare vloeistoffen bedraagt ten minste 18 meter óf de tank met brandbare gassen is gescheiden van de tank met zeer brandbare vloeistoffen door twee 2-assige wagens of een wagen met 4 of meer assen.

Brandbare gassen: gassen, aangeduid met de gevaarsidentificatiecode (GEVI-code) 23, 239 of 263, bedoeld in bijlage 1 bij de Regeling vervoer over de spoorweg van gevaarlijke stoffen (VSG).

Zeer brandbare vloeistoffen: vloeistoffen, aangeduid met de gevaarsidentificatiecode (GEVI-code) 33, 323, 333, 336, 338, 339, X323, X333 of X338, bedoeld in bijlage 1 bij de Regeling vervoer over de spoorweg van gevaarlijke stoffen (VSG).

ProRail verstrekt jaarlijks de realisatie aan het ministerie over het warme-BLEVE-vrije rijden, op basis waarvan de minister kan vaststellen in hoeverre de verplichtingen zijn nagekomen. Hieruit blijkt dat voor 97-99% aan deze verplichtingen is voldaan. De kans dat op een emplacement een beladen wagen met C3 (brandbare vloeistof) *naast* een wagen met brandbaar gas staat (op een naastgelegen spoor), is verwaarloosbaar klein¹⁵.

¹⁵ Dit blijkt bijvoorbeeld reeds uit het drukste goederenemplacement Kijfhoek, waar tijdens meerdere inspecties nooit een warme-BLEVE-combinatie is aangetroffen.

BIJLAGE 2

Ethanolbrand emplacement Kijfhoek 2011

Er zijn in Nederland geen plasbrandincidenten geweest op een emplacement dat vergelijkbaar is met Waalhaven-Zuid of de Maasvlakte. Er heeft zich wel een plasbrand voorgedaan op het emplacement in Kijfhoek in 2011.

Dit zijn de kenmerken van die brand in 2011:

- Op vrijdagavond 14 januari 2011 rond 21:35 uur ontstond na een botsing brand in een treinwagen met ethanol op rangeerterrein Kijfhoek. Na 25 uur is het incident achter de rug.
- Op rangeerterrein Kijfhoek worden goederenwagens met verschillende bestemmingen gesorteerd. Bij dit sorteerproces worden een of meer wagens over een heuvel geduwd, waarna zij door de zwaartekracht over een aantal wissels naar beneden rollen. Zo komen wagens voor dezelfde bestemming op hetzelfde spoor. Op de betreffende avond zijn twee setjes van elk vier wagens beladen met ethanol met een te hoge snelheid naar hun bestemmingsspoor gerold. Hierop vond eerst een botsing plaats met wagens die al op het spoor stonden en daarna een botsing tussen de beide setjes onderling.
- De botsing leidt tot schade aan de wagens en brand. Door de eerste botsing is een van de wagensetjes teruggerold. Uit het schadebeeld en een berekening volgt dat de tweede botsing het heftigst is geweest en met een impactsnelheid van maximaal 30 à 32 km/uur heeft plaatsgevonden. Bij deze botsingen raakten de frames van enkele wagens geknikt. Bij één wagen was de knik zodanig dat de ketel lek is geraakt, waardoor er ethanol kon uitstromen en vlam vatten.
- De Franse wagens zijn ontworpen in 1970 en er zijn circa 2.000 wagens van dit type in gebruik. Volgens opgave van de eigenaar hebben zich met dit wagentype geen eerdere botsingen voorgedaan waarbij lekkage van de ketel het gevolg is geweest. Dit type wagens wordt tegenwoordig niet meer nieuw gebouwd. Er zijn tegenwoordig zogeheten crashbuffers op de markt die meer energie kunnen absorberen. Deze crashbuffers zijn niet verplicht voor wagens van deze categorie gevaarlijke stoffen, maar wel voor wagens die bedoeld zijn voor een aantal stoffen die gevaarlijker zijn dan ethanol. Crashbuffers hadden wellicht een beter effect kunnen hebben op het verloop van de botsing. Uit ongevalsonderzoek is dat echter niet met zekerheid vast te stellen.
- Aangezien de brandende ethanolwagen is opengescheurd en de ketelwand naar binnen is gevouwen, is het niet mogelijk het vuur te doven. Er is toen voor gekozen de wagen gecontroleerd gekoeld uit te laten branden, preventief een schuimdeken aan te brengen en de omgeving actief te koelen. Van twee kanten wordt een schuimdeken aangebracht. De brand in de wagen duurde tot de volgende ochtend 10.00 uur.

- Om het aanstralen van de LPG-wagens zoveel mogelijk te beperken wordt in het begin van het incident aan ProRail opdracht gegeven om de LPG-wagens in de buurt van de brand te laten verplaatsen. Alle wagens staan gedurende het rangeerproces ontkoppeld en moeten handmatig worden gekoppeld zodat ze als een trein weggetrokken kunnen worden. Uiteindelijk wordt om 01:38 uur de helft van de aangestraalde LPG-trein weggetrokken en verder afgekoeld'
- Backoffice van ProRail geeft aan dat bij bestrijden de bovenleiding is afgeschakeld.
- Bron: Groot spanningsveld brand Kijfhoek, artikel in REPRESSIE nummer 3 maart 2011 (SDU-uitgevers)

Conclusie

Omdat de oorzaken van dat incident, het type proces (heuvelen) en het type wagen (relatief oud Frans model), niet van toepassing zijn op Waalhaven-Zuid of Maasvlakte anno 2023, is het scenario niet één-op-één geldig. Wel kan hieruit worden opgemaakt dat bij een lekkage de volledige uitstroom uiteindelijk zeer langzaam kan zijn en het relatief lang kan duren voordat deze volledig is uitgestroomd, zei het met op zijn laatst met een erg laag uitstroomdebiet.

BIJLAGE 3

Plasoppervlakte bij spoor

In de afgelopen 35 jaar (vanaf 1989 tot heden) zijn er een aantal verschillende plasoppervlakten gehanteerd die als maximumplasgrootte werden beschouwd voor een plasbrand op een emplacement. De waarden 600 m², 160 m² en 100 m² zijn hier bijvoorbeeld voor gebruikt. Hieronder worden 3 documenten behandeld waarbij de beschouwde plasgroottes die in de documenten staan worden toegelicht. De belangrijkste jaartallen en documenten die hierbij horen zijn:

- 1989: Notitie Save 1989 Plasgrootte bij uitstroming op spoorwegemplacements, Ingenieurs/adviesbureau SAVE 89314-903A1 juli 1989, opdrachtgever Nederlandse Spoorwegen.
- 2014: TNO-rapport Plasvorming door vloeistofuitstroming op havenemplacements - 2014 R10876, 13 juni 2014 prnr. 060.02192
- 2017/2018 Emplacementenproject – Expertgroep ‘maatregelen en voorzieningen’ – en zo overgenomen in onder andere Rapportage Incidentbestrijding, Emplacement Waalhaven-Zuid (2022) per 01-01-2023, ProRail, Versie 10.0, Status Definitief, Hoofdstuk 6)

1989 – Notitie SAVE - uitstroomtest

Belangrijkste conclusies:

- Live-test uitgevoerd op zand op emplacement Kijfhoek voordat er een ballastbed was.
- Een horizontaal gerichte, ‘instantane’ uitstroming van circa 60 seconden.
- ‘De ervaringen met uitstromingen van spoorketelwagens wijzen er op dat de uitstromende hoeveelheid vaak beperkt blijft tot maximaal 50% van de inhoud.’ Er wordt uitgegaan van maximaal 40 m³ wat uitstroomt.
- ‘De ondergrond bestond uit droog zand dat in afwijking van de gebruikelijke situatie bij NS niet is bedekt met ballast (grind of steenslag). Dit vergemakkelijkte het volgen van het proces, aangezien anders het water vrij snel wegzakt tussen de ballast en dan spreidt. Door de afwezigheid van ballast vindt een snellere spreiding plaats en een groter oppervlak.’
- Het overstroomde terreinoppervlak wordt geschat op 600 tot 650 m². De laagdikte van de vloeistofplas wordt op het moment van maximale spreiding aan de rand geschat op circa 2 cm. Na 10 minuten was het plasoppervlak gereduceerd tot circa 20% van de oorspronkelijke omvang (120-130 m²).

2014 – TNO-rapport Plasvorming door vloeistofuitstroming op havenemplacements

Belangrijkste conclusies:

- Locatie Waalhaven-Zuid leek de meest heterogene, d.w.z. behalve stenen bleek ook zand aanwezig relatief dicht onder het maaiveld. Bij de andere locatie (Botlek) vermeldde de profielen tot op grotere diepte voornamelijk de aanwezigheid van grover materiaal (stenen). Waalhaven-zuid leek derhalve meer een ‘worst case’, ten aanzien van doorlaatbaarheid.

- De verschillende deellocaties van Waalhaven-Zuid verschillen onderling enigszins van elkaar wat betreft de infiltratiesnelheid. Dit betreft echter alleen de zandlaag. De vloeistof zal vrijwel direct door de grindlaag heen zakken en pas op de zandlaag weerstand ondervinden tegen verder indringen.
- De snelheid waarmee een dergelijke plas verdwijnt, is dan afhankelijk van de doorlaatbaarheid van de zandlaag onder het grindbed. Uit experimenten uitgevoerd door Efectis (Efectis, 2012) blijkt dat, wanneer een brandende vloeistof tot ca. 2 x steendikte onder het oppervlak van het ballastbed is gedaald, de vlammen nog slechts enkele centimeters hoog zijn en geen gevaar meer vormen t.a.v. de dreiging van een BLEVE. In brandproeven, uitgevoerd door Efectis, blijkt dat het brandvermogen vrijwel tot 0 is gedaald als het vloeistofniveau tot 1 á 2 steendiktes (5-10 cm) onder het ballastoppervlak is gezakt.
- In het geval waarin de vloeistof het gehele grindbed vult, en dus tot aan de bovenkant van het grind staat, zal het, na ontsteking, 2 tot 4 minuten duren alvorens het brandvermogen tot een verwaarloosbare waarde is gedaald, d.w.z. totdat het vloeistofniveau tot 2 á 3 steendiktes onder het grindoppervlak is gedaald. Indien de vloeistof ook nog infiltreert in een onderlaag, zal het brandniveau sneller dalen. Dit is dan afhankelijk van de doorlaatbaarheid van deze onderlaag. Indien de grindlaag van het ballastbed van voldoende omvang (ruwweg 3-4 x het vrijgekomen vloeistofvolume) is om alle vrijgekomen brandbare vloeistof te bergen en daarin vrij is van vervuiling en barrières zal niet de grootte van het plasoppervlak maatgevend zijn voor de omvang en tijdsduur van een plasbrand (en de daarop gebaseerde bestrijdingsmaatregelen of risico's) maar de snelheid waarmee het vloeistofoppervlak in de ondergrond zakt.
- Indien de grindlaag in het ballastbed niet groot genoeg is om alle vrijgekomen vloeistof op te vangen, of indien doorstroming wordt gehinderd (denk aan porfierpaden), of indien delen van het grindbed lager liggen dan de omgeving (kuilen), dan wel geheel afwezig zijn (met een minder of niet doordringbaar oppervlak als gevolg), kunnen er vloeistofplassen ontstaan die vrije plasoppervlakken vormen waar dan plasbranden kunnen ontstaan. Dergelijke plasbranden kunnen aanzienlijk langer duren dan hierboven aangegeven, omdat zij kunnen worden "gevoed" vanuit het omringende ballastbed, waarin zich vloeistof heeft opgehoopt.
- In het geval waarin de vloeistof het gehele grindbed vult, en dus tot aan de bovenkant van het grind staat, zal het, na ontsteking, 2 tot 4 minuten duren.
- Update 2023: De TNO-proeven [in 2014] zijn dan ook uitgevoerd met het "oude" ballastbed van emplacement Waalhaven-Zuid met een dikte van 31,5 cm. (Rapportage Incidentbestrijding, Emplacement Waalhaven-Zuid per 01-01-2023 (behorend bij OLO aanvraagnummer 6585771, ProRail, Versie 10.0, Status Definitief, Hoofdstuk 6))

2017/2018 Emplacementenproject

Belangrijkste conclusies:

- In expertgroep (VRR, DCMR, ProRail) is een generieke plasgrootte van 160 m² bij een instantaan falen van een ketelwagen overeengekomen. Bij een continue uitstroom vanuit een ketelwagen wordt generiek uitgegaan van een plasgrootte van 100 m².
- De plasgrootte van 160 m² die is genomen is op basis van:
 - vrijkomen van volledige inhoud van een spoorketelwagen (85 m³), 80% reductie en toegepast op ballastbed
 - 'Indien 85 m³ vrijkomt, dan zal er bij een ballastbeddikte van 30 cm een oppervlak van 800 m² nodig zijn om alle vloeistof tot aan de bovenkant van het ballastbed te bergen. De observatie van 20% van het oppervlak is toegepast op dit oppervlak van 800 m², dit resulteert in een oppervlak van 160 m²'
 - Uitgegaan is, zo wordt gesteld, van gegevens Save-onderzoek 1989, terwijl

- daarin staat expliciet een uitstroming van 50% d.w.z. 40 m³ (en geen 100% van 80 m³).
- daar is destijds een experiment uitgevoerd op zandgrond en niet boven ballastbed
- daar een reductie van 80% na 10 min. voor plasgrootte geldt voor indringen van het water in zand en niet voor een andere stof in een ballastbed.

De waarden van 100 m² en 160 m² zijn in de jaren daarna gebruikt in diverse Incidentbestrijdingsplannen en bedrijfsbrandweerrapporten voor Emplacementen.

Conclusie

De onderzoeken uit 1989 en 2014 vullen elkaar aan en laten zien dat een plas op een emplacement zich heel anders kan ontwikkelen als deze op een ondergrond ontstaat dat bestaat uit zand, uit klei of uit ballastbed. De conclusies en redentie over plasgrootte zoals genomen in het Emplacementenproject (en overgenomen in diverse andere onderzoeken en rapporten daarna) maak een oneigenlijk gebruik van testresultaten uit 1989 en 2014. De onderbouwing voor 160 m² en 100 m² is zwak en de keuze ervoor arbitrair.

De grootte en vorm van een plasbrand op een emplacement moet dus worden vastgesteld aan de hand van de feitelijk aanwezige condities op een emplacement en kunnen niet zomaar globaal voor alle emplacementen met één reëel plasoppervlak worden aangeduid voor specifieke gevaarskenmerken.

BIJLAGE 4

Risicomatrix ProRail

Risicomatrix nettorisico ProRail 2021-2025						
KANS	IMPACT: wordt geresleerd aan de bedrijfswaarden van ProRail					
	1. Geen tot zeer gering (A)	2. Gering (B)	3. Beperkt (C)	4. Aanzienlijk (D)	5. Groot (E)	6. Zeer groot (F)
6. Zeer regelmatig, meer dan 100 keer per jaar of dagelijks (100+)	5	6	7	8	9	10
5. Regelmatig, 10x per jaar of maandelijks tot 100x per jaar of dagelijks (10-100)	4	5,5	6	7	8	9
4. Waarschijnlijk, 1x per jaar tot 10x per jaar (1-10)	3	4	5,5	6	7	8
3. Incidenteel, 1x in 10 jaar tot 1x per jaar (1/10- 1)	2	3	4	5,5	6	7
2. Onwaarschijnlijk, 1x in 100 jaar tot 1x in 10 jaar (1/100- 1/10)	1	2	3	4	5,5	6
1. Zeer onwaarschijnlijk, minder dan 1x in 100 jaar	0	1	2	3	4	5
IMPACT: wordt geresleerd aan de bedrijfswaarden van ProRail						
Fysieke veiligheid	Geen of zeer gering en herstelbaar letsel, geen medische behandeling. Voorbeelden: schram of buil.	Gering en herstelbaar letsel. Voorbeeld: verstuikte enkel.	Matig en herstelbaar letsel. Voorbeeld: gebroken arm/ brandwonden.	Eerstig en beperkt blijvend letsel. Voorbeeld: gecompliceerde breuk.	1 tm 5 personen overleden en/of zwaargewond met blijvende ernstige beperkingen. Voorbeeld calamiteit met zwaargewonden: gemis van arm, been, gehoor, zicht.	Meer dan 5 personen overleden en/of zwaargewond met blijvende ernstige beperkingen. Voorbeeld: grootschalige calamiteit.
Impactvolle storingen op de infra	Beschikbaarheid reizigers: Geen tot zeer gering effect. Beschikbaarheid Goederentrein: Geen tot zeer gering effect.	Beschikbaarheid reizigers: Vertragingenminuten: 1 - 39 Voorbeelden: spoorlopers, roodseinpassage, eenvoudige storing op rustiger baanvak. Beschikbaarheid Goederentrein: Vertraging goederentrein minder dan 30 minuten.	Beschikbaarheid reizigers: Vertragingenminuten: 40 - 679 Voorbeelden: wissel- of seinstoring op klein emplacement, overwegstoring, aanrijding persoon op rustiger baanvak. Beschikbaarheid Goederentrein: Vertraging goederentrein van 30 min. tot 3 uur.	Beschikbaarheid reizigers: Vertragingenminuten: 680 - 2399 Voorbeelden: aanrijding persoon op druk baanvak, brandmelding Schipholbinnen, wissel- of seinstoring op groot emplacement. Beschikbaarheid Goederentrein: Vertraging goederentrein tussen de 3 en 24 uur.	Beschikbaarheid reizigers: Vertragingenminuten: 2400 - 5999 Voorbeelden: (bijna) aanrijding wegverkeer met veel schade, extreem weer (storm, sneeuw, onweer en/of bliksem). Beschikbaarheid Goederentrein: Vertraging goederentrein tussen 24 en 48 uur versperd.	Beschikbaarheid reizigers: Vertragingenminuten: > 6000 Voorbeelden: grote ICT-storing, stroomstoring. Beschikbaarheid Goederentrein: Vertraging goederentrein meer dan 48 uur versperd.
Compliance: wet- en regelgeving	Geen afwijking/schending van wettelijke normen. 100% compliant.	Beperkte, kortdurende overschrijding van wettelijke normen.	Overtreding van wettelijke normen, bijv. aanschrijving van bevoegd gezag (bestuurlijke waarschuwing).	Overtreding van wettelijke normen, bijvoorbeeld bevoegd gezag kan een dwangsom of bestuursdwang opleggen.	Eerstige of langdurige overtreding van de wettelijke normen, bijvoorbeeld bestuurlijke rechtsvervolgving kan worden ingesteld.	Zeer ernstige overtreding van de wettelijke normen, bijvoorbeeld aanleiding voor de minister om beheerconcessie te heroverwegen.
Duurzaamheid	Risico gebeurtenis heeft 0 tot 5% impact op de realisatie van de doelstellingen van duurzaamheid.	Risico gebeurtenis heeft 6% tot 20% impact op de realisatie van de doelstellingen van duurzaamheid.	Risico gebeurtenis heeft 21% tot 40% impact op de realisatie van de doelstellingen van duurzaamheid.	Risico gebeurtenis heeft 41% tot 60% impact op de realisatie van de doelstellingen van duurzaamheid.	Risico gebeurtenis heeft 61% tot 80% impact op de realisatie van de doelstellingen van duurzaamheid.	Risico gebeurtenis heeft > 81% impact op de realisatie van de doelstellingen van duurzaamheid.
Reputatie/ Stakeholders (bijv. overheden en vervoerders)	Geen schade aan relatie met stakeholder zoals vervoerders en overheden. Geen negatieve aandacht in de (social) media.	Geringe schade aan relatie met vervoerders en/of overheden. Negatieve aandacht in de plaatselijke (social) media.	Beperkte schade aan relaties met vervoerders en/of overheden. Kortstondige negatieve aandacht in de regionale (social) media.	Aanzienlijke schade aan relaties en/of overheden. Middelrange negatieve aandacht in de nationale (social) media.	Grote schade aan relatie met vervoerders en/of stakeholders. Langdurige negatieve aandacht in de nationale media, vermeldingen in internationale (social) media.	Zeer grote schade aan relatie met vervoerders en/of overheden. Zeer langdurige negatieve aandacht in de internationale (social) media. Bedreiging voor concessie.
Financiële schade, kosten a: ProRail-niveau b: Project- of afdelingsniveau	a. Tot € 25.000,- b. 0% tot 5% van het budget.	a. Tussen de € 25.000,- en € 500.000,- b. 6% tot 20% van het budget.	a. Tussen de € 500.000,- en € 5 mln. b. 21% tot 40% van het budget.	a. Tussen de € 5 mln. en € 20 mln. b. 41% tot 60% van het budget.	a. Tussen de € 20 mln. en € 50 mln. b. 61% tot 80% van het budget.	a. Boven de € 50 mln. b. > 81% van het budget.
Toelichting risicoclassificatie	Zeer hoog					
	Hoog					
	Gemiddeld					
	Laag					
Onderwerp	Risicomatrix 2022-2025					
Titel	ProRail Risicomatrix 2022-2025_V0.1					
Eigenaar	Integriteit, Risk & Compliance					
Datum	29 oktober 2021					
Status	Concept					
Kenmerk Sharepoint	ritb					
De 'Risicomatrix 2016-2021' is bij de uitgifte van de risicomatrix 2022-2025 komen te vervallen.						

In navolgende tabel zijn de verschillende incidentscenario's opgenomen en is per scenario de waarschijnlijkheid en de impact ingeschat. Dit leidt tot een score en daarmee een 'plek' van dat scenario in de risicomatrix.

Dit is gedaan voor de scenario's uitgaande dat 'gewoon' door de brandweer opgetreden kan worden en uitgaande dat bestrijding door de brandweer niet kan plaatsvinden (en er mogelijk escalatie zou optreden).

Scenario	Deelscenario	Frequentie per jaar	Inzetmogelijkheden	Gevolg bij inzet	Opmerking	Risicomatrix na maatregelen (inzet)		
						Impact	Score	
Druppellekkage	standaard	4. Waarschijnlijk, 1x per jaar tot 10x per jaar	Opvangen in emmer. Met schuimblusser afdekken.	Geen	Mogelijk bij geen inzet zou dit verder kunnen ontwikkelen tot een groter incident, dat hangt van de stof en de omstandigheden af.			
	beperking vanwege hoogspanningslijn	4. Waarschijnlijk, 1x per jaar tot 10x per jaar	Geen verschil met standaardscenario.			A	3	groen
						A	3	groen
Fakkelbrand	standaard	1. Zeer onwaarschijnlijk, minder dan 1x in 100 jaar	Brand kan niet worden geblust: gecontroleerd laten uitbranden. Als dit veilig kan en er geen escalatiegevaar is: omliggende wagens koelen vanaf afstand.	Gecontroleerde brand.				
	Hoogspanningslijn, inzet wel mogelijk	1. Zeer onwaarschijnlijk, minder dan 1x in 100 jaar	Situatie van hoe fakkel staat en van weersomstandigheden of inzet mogelijk is. Als fakkel op geleiders of mast staat: grote kans op bezwijken. Per inzet wordt een inschatting gedaan wat mogelijk is.			E	4	groen
	Hoogspanningslijn, inzet niet mogelijk	1. Zeer onwaarschijnlijk, minder dan 1x in 100 jaar	Situatie van weeromstandigheden en de hoe van de fakkel maakt inzet onmogelijk.			E	4	groen
						F	5	groen
Toxisch vloeistofplas	standaard	1. Zeer onwaarschijnlijk, minder dan 1x in 100 jaar	Beperkte plas vanwege grindbed, afdekken met schuim via dakmonitor voertuig en anders met mobiele monitoren afschuimen.	Effecten blijven beperkt.				
	Hoogspanningslijn, inzet wel mogelijk	1. Zeer onwaarschijnlijk, minder dan 1x in 100 jaar	Geen groot verschil met standaardscenario. Inzet conform procedures brandweer: veilige afstand houden, straal lager houden en weghouden van de hoogspanningslijn. Dan is een inzet mogelijk.			C	2	groen
	Hoogspanningslijn, inzet niet mogelijk	1. Zeer onwaarschijnlijk, minder dan 1x in 100 jaar	Situatie van weer- en overige omstandigheden maakt inzet onmogelijk.			C	2	groen
						F	5	groen
Plasbrand	standaard	1. Zeer onwaarschijnlijk, minder dan 1x in 100 jaar	Beperkte plas vanwege grindbed, afdekken met schuim via monitor voertuig en anders met mobiele monitoren afschuimen.	Effecten blijven beperkt.				
	Hoogspanningslijn, inzet wel mogelijk	1. Zeer onwaarschijnlijk, minder dan 1x in 100 jaar	Geen groot verschil met standaardscenario. Inzet conform procedures brandweer: veilige afstand houden, straal lager houden en weghouden van de hoogspanningslijn. Dan is een inzet mogelijk.			C	2	groen
	Hoogspanningslijn, inzet niet mogelijk	1. Zeer onwaarschijnlijk, minder dan 1x in 100 jaar	Situatie van weer- en overige omstandigheden maakt inzet onmogelijk.			C	2	groen
						F	5	groen

Plasbrand dreiging BLEVE	standaard	1. Zeer onwaarschijnlijk, minder dan 1x in 100 jaar	Poging tot koeling/blussing wordt ingezet als dat kan, maar als er signalen zijn dat een Bleve kan plaatsvinden zal afstand worden genomen, koeling/blussing evt. laten staan.	Gecontroleerde brand.	Mogelijke grote effecten afhankelijk van omstandigheden.			
	Hoogspanningslijn, inzet wel mogelijk	1. Zeer onwaarschijnlijk, minder dan 1x in 100 jaar	Geen groot verschil met standaardscenario. Inzet conform procedures brandweer: veilige afstand houden, straal lager houden en weghouden van de hoogspanningslijn. Bij dreigende Bleve afstand houden			C	2	groen
	Hoogspanningslijn, inzet niet mogelijk	1. Zeer onwaarschijnlijk, minder dan 1x in 100 jaar	Situatie van weer- en overige omstandigheden maakt inzet onmogelijk.			C	2	groen
						F	5	groen
Fakkelbrand dreiging BLEVE	standaard	1. Zeer onwaarschijnlijk, minder dan 1x in 100 jaar	Poging tot koeling wordt ingezet als dat kan, maar als er signalen zijn dat een Bleve kan plaatsvinden zal afstand worden genomen, koeling/blussing evt. laten staan.	Gecontroleerde brand.	Mogelijke grote effecten afhankelijk van omstandigheden.			
	Hoogspanningslijn, inzet wel mogelijk	1. Zeer onwaarschijnlijk, minder dan 1x in 100 jaar	Geen groot verschil met standaardscenario. Inzet conform procedures brandweer: veilige afstand houden, straal lager houden en weghouden van de hoogspanningslijn. Bij dreigende Bleve afstand houden			E	4	groen
	Hoogspanningslijn, inzet niet mogelijk	1. Zeer onwaarschijnlijk, minder dan 1x in 100 jaar	Situatie van weer- en overige omstandigheden maakt inzet onmogelijk.			E	4	groen
						F	5	groen

BIJLAGE 5

Notitie RHDHV – bergingscapaciteit ballastbed

Van: Laurence van de Water Datum: 29 juni 2023
Aan: ProRail Status: Vertrouwelijk
Cc: Berenschot, Antea Group, DNV, RHDHV
Onderwerp: Bergingscapaciteit ballastbed

In dit memo is onderzocht of bij een lekkage van een ketelwagon op specifieke spoorlocaties, de lekkage kan leiden tot een plas op het maaiveld. Met een theoretisch rekenmodel is de bergingscapaciteit van het ballastbed bij uitstroming uit een ketelwagon benaderd voor verschillende scenario's en is uiteengezet welke overige aspecten hierop invloed kunnen hebben. Uit het memo kan geconcludeerd worden dat theoretisch gezien het ballastbed op de specifieke locaties ruim voldoende capaciteit biedt voor het representatieve scenario. Met behulp van worst-case scenario's is aangetoond bij welke overcapaciteit qua lekdebieten en verschillende ballastdiktes er sprake is van plasvorming en wanneer er sprake is van uitstroming uit het ballastbed. Dit zijn zeer extreme lekdebieten en uit het model volgt dat door de spreiding het ook in deze extreme situaties aannemelijk is dat vloeistofniveaus binnen 5 tot 10 minuten weer zullen zakken onder de margegrens 'plasvorming-geen plasvorming'.

1 Introductie

Dit memo bevat een ondersteunende uitwerking ten behoeve van het onderzoek naar de calamiteitenafhandeling van gevaarlijke stoffen per spoorvervoer onder hoogspanningslijnen. Specifiek gaat het onderzoek in op kruisingslocaties van hoogspanningslijnen met de emplacementen Waalhaven Zuid en Maasvlakte Oost, West en Westwest (Zuidelijke wisselstraat, genaamd de C2-bocht).

Binnen het onderzoek en uit gesprekken met stakeholders, waaronder de Gezamenlijke Brandweer, komt naar voren dat het effect van een ballastbed op plasbranden mogelijk niet geheel representatief wordt meegenomen. Het vermoeden is dat het ballastbed van sporen ervoor zorgt dat er geen plassen aan de oppervlakte kunnen ontstaan en dat in plaats van een plasbrand rekening moet worden gehouden met een zogenaamde 'barbecuebrand'. Dit heeft een andere impact op de hoogspanningslijn, andere restrisico's en andere mogelijkheden tot bestrijding van de brand.

De doelstelling van dit memo is om de bergingscapaciteit van een ballastbed op een leeglopende wagon met gevaarlijke stoffen te benaderen, om daarmee te bevestigen dat ter plaatse van sporen geen plassen aan de oppervlakte kunnen ontstaan.

Aanpak

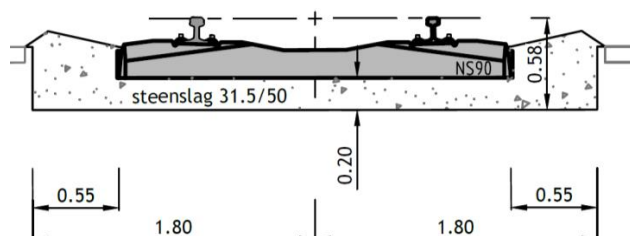
De aanpak voor het benaderen van de bergingscapaciteit is afhankelijk van de inputkwaliteit. De representativiteit van de benadering wordt ook beïnvloed door de degeneratie van het ballastbed in tijd. Daarom hanteert dit memo de volgende benadering:

1. Benaderen van de theoretische capaciteit van een ballastbed voor verschillende dieptes van een ballastbed.
Wat is de huidige theoretische bergingscapaciteit en wat is de maximaal haalbare theoretische bergingscapaciteit?
2. Wat zijn lokale omstandigheden en overige risico's?
Bijvoorbeeld afname van de kwaliteit van het ballastbed over de tijd, een hoge grondwaterstand, etc. Wat is hiervan het effect op de bergingscapaciteit?

Uitgangspunten

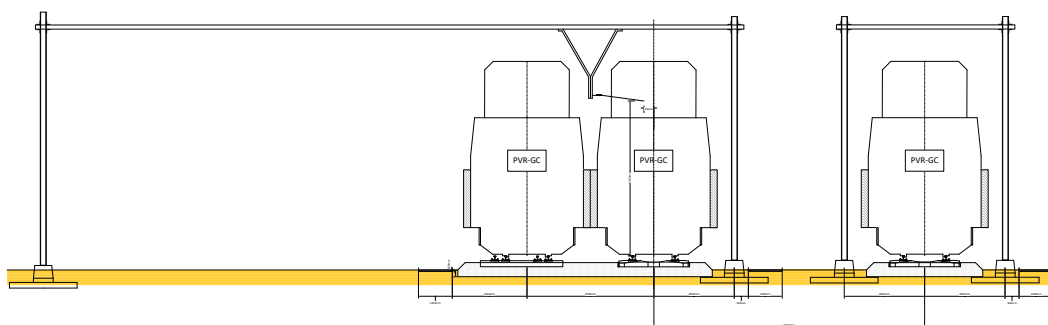
De volgende uitgangspunten en inputdocumenten gelden voor de benadering:

- Het onderzoek 'Incidentbestrijding bij hoogspanning' gaat uit van een gemiddeld representatief scenario (het zogenaamde brandweerscenario). Dit is een lekscenario van een wagon met N-hexaan, een vloeistofkolomhoogte van 2,5 meter en een uitstroming uit een gat van 3 inch. Het volume van een representatieve ketelwagon is 80 m³ waarbij het uitgangspunt is dat een leegloop van maximaal 40 m³ plaatsvindt. De lekkage bedraagt dan 20 liter per seconde. Deze memo beschouwt daarnaast een worst-case scenario met een leegloop van maximaal 60 m³ binnen 10 minuten (het zogenaamde catastrofaal-falenscenario), wat een lekkage betekent van 100 liter per seconde.
- Dwarsprofielen (specifieke locaties onderzoek)
 - *Waalhaven Zuid:*
Eind 2021/begin 2022 is de bovenbouw aan de westkant van het emplacement Waalhaven Zuid vernieuwd. In bijlage 2 zijn twee tekeningen opgenomen met daarin UO-dwarsprofielen van de bovenbouwvernieuwing en specifiek de uitvoering van het ballastbed. Daarin is onderstaand dwarsprofiel maatgevend, vanwege de meest kleine dwarsdoorsnede, en daarmee bepalend voor de bergingscapaciteit.

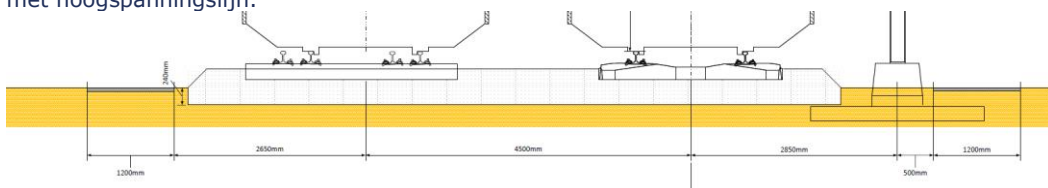


Figuur 14. Dwarsprofiel Waalhaven Zuid na bovenbouwvernieuwing, bron: ProRail ontwerptekening BBV.

- *Maasvlakte C2-bocht*
Van deze locatie zijn geen recente tekeningen bij het projectteam bekend. De locatie betreft een wisselstraat. Vanwege de levensduur is aangenomen dat het dwarsprofiel nagenoeg gelijk zal zijn aan nieuwbouwnormen en is vanuit nieuwbouwnorm een referentie dwarsprofiel opgesteld, zie hieronder het overzicht en een uitsnede ter plaatse van het dubbelspoor. In bijlage 2 is het dwarsprofiel ook opgenomen.



Figuur 15. Overzicht dwarsprofiel Maasvlakte C2-bocht ter plaatse van één van de kruisingen spoor met hoogspanningslijn.



Figuur 16. Uitsnede dwarsprofiel ter plaatse van ballastbed dubbelsporig gedeelte C2-bocht.

- Materialen voor beide locaties
 - Dwarsligger: NS90 (SPC00021-V007), versimpelde afmetingen betonlichaam:
 - Lengte 2520 mm, breedte 300 mm en hoogte 175 mm
 - De hoogte van de dwarsligger is op enkele plekken hoger, maar de dwarsligger is tot 175 mm afgedekt door het ballastbed. De afstand tussen dwarsliggers is gemiddeld 0,6 meter (hart-op-hart).
 - Ballastbed: fractie 31,5-50 mm. Vanwege bovenbouwvernieuwing (Waalhaven Zuid) en beperkte leeftijd (Maasvlakte) is deze fractie representatief voor de theoretische benadering, zonder inachtneming van slijtage.
 - Zandkwaliteit: uitgangspunt is minimale doorlatendheid vanwege beperkt beschikbare gegevens. Dit is een worst-case benadering.
- Gevaarlijke stoffen

De viscositeit van de uitstromende stof is van belang voor de benadering van het spreidingsgedrag. Over het spoor wordt een grote diversiteit van brandbare vloeistoffen getransporteerd. Uitgegaan is van de worst-case viscositeit¹⁶.
- In de bovenliggende rapportage¹⁷ van dit memo is een afbeelding opgenomen uit onderzoek van Efectis, 2012. Dit plaatje geeft de verschillende vlamhoogtes aan bij vloeistofbranden in grindbedden.

¹⁶ Deze viscositeit is gebaseerd op de voor het transport representatieve stoffen: n-hexaan: [Brief Profile - ECHA \(europa.eu\)](#); MeOH: [Brief Profile - ECHA \(europa.eu\)](#); n-nonaan: [Brief Profile - ECHA \(europa.eu\)](#)

¹⁷ Rapportage over beantwoording deelvraag 1 "20230405 - Rapportage Deelvraag 1 - Hoe kan incident met GV nabij hoogspanning worden bestreden – Concept"



Figuur 17. Vlamhoogtes bij grindbedden met verschillende vloeistofniveaus (Efectis, 2012).

Het toegepaste ballastbed bevat een steenfractie 31,5-50 mm. Deze analyse heeft als doel de beoordeling of een 'barbecuebrand' realistisch is. Dit betekent minimale tot geen vlammen aan bovenkant grindbed. Dit is worst case vergelijkbaar met 2D. Dit betekent een vloeistofniveau van 100 millimeter onder de bovenkant van het grindbed.

2 Kruisingslocaties hoogspanning-emplacement

Het onderzoek en daarmee ook dit memo gaan in op twee locaties van kruisingen van hoogspanningslijnen met emplacements waar gevaarlijke stoffen worden vervoerd. De twee locaties betreffen:

1. Waalhaven Zuid, nabij westelijke wisselstraat.
2. Zuidelijke wisselstraat naar Maasvlakte Oost, West en Westwest, genaamd de C2-bocht.

De lokale situaties verschillen zodanig van elkaar dat de plasvorming als gevolg van lekkages anders zal optreden. Hieronder een toelichting op de locaties.

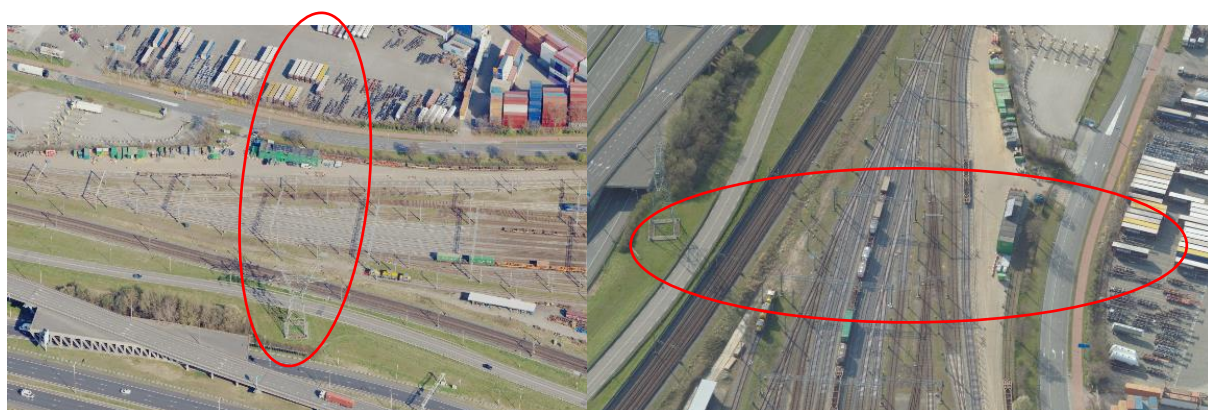
Waalhaven Zuid, nabij westelijke wisselstraat

Waalhaven Zuid is een emplacement langs de Havenspoorlijn, gerealiseerd in de jaren 60 van de vorige eeuw. Afgelopen jaren is het emplacement meerdere malen gewijzigd door:

- bovenbouwvernieuwing van verschillende sporen en wissels
- aanbrengen van aanvullende calamiteitenvoorzieningen
- voorzien van 25kV tractie-energievoorziening in 2006.

De locatie van de kruising is nabij de westelijke wisselstraat van het emplacement. De onderliggende sporen en wissels zijn eind 2020/begin 2021 grotendeels vernieuwd. Op deze locatie is het spoor met het volledige ballastbed vervangen voor de sporen 341 t/m 347 en het spoor 378 langs de verharding (lichtgrijze ballastbed in foto's figuur 18).

De specifieke kruisingslocatie betreft een goederenemplacement met aankomst-/vertreksporen, waardoor tussen de sporen paden aanwezig zijn ten behoeve van de bereikbaarheid door het treinpersoneel. Dit heeft tot gevolg dat het maatgevende dwarsprofiel bestaat uit een enkelspoor waarbij het ballastbed opgesloten is door een porfierpad met daaronder een zandbed. Voor een aantal van de aanwezige sporen geldt dat er een wissel gepositioneerd is recht onder de hoogspanningslijn of dat er tussen sporen een groter oppervlakte is met porfier of zandopvulling. Aan de noordelijke kant van de kruising is een verharding aanwezig ten behoeve van een laad- en loslocatie. Zie ook bijlage 2 voor een dwarsprofiel.





Figuur 18. Luchtfoto van de locatie Waalhaven Zuid waar hoogspanningslijnen het emplacement kruisen, bron: Cyclomedia. Onderste foto is situatie voor vernieuwing, bovenste foto's na vernieuwing eind 2020/begin 2021.

Alignement

De locatie betreft voornamelijk aankomst- en vertreksproen (opstelsproen waardoor de helling in het spoor beperkt is (rond de 1 promille). Dit betekent dat de kans op horizontale stroming van vloeistoffen door het ballastbed zeer klein is.

Zuidelijke wisselstraat naar Maasvlakte Oost, West en Westwest, genaamd de C2-bocht

De tweede locatie die binnen het onderzoek bekeken wordt, is de C2-bocht op emplacement Maasvlakte. Hier lopen twee hoogspanningslijnen met vier kruisingslocaties, waar deze ook kruisen met de N15. De kruisingen zijn gelokaliseerd ter plaatse van de wisselstraat tussen de Havenspoorlijn en de emplacementen Maasvlakte Oost, West en Westwest. Aan de oostelijke zijde van de kruisingen ligt nog een uithaalspoor, waardoor er naast binnenkomende en vertrekkende treinen ook rangeerbewegingen op deze locatie plaatsvinden. Onder de kruisingen liggen drie, vier of zes sproen, welke op een baanlichaam liggen met daarnaast een lege ruimte opgevuld met zand.



Figuur 19. Kruisingen hoogspanningslijnen met emplacementen in C2-bocht van de Maasvlakte, bron: Cyclomedia.

Alignement

De locatie betreft een wisselstraat met hellingen onder de 1 promille. Dit betekent dat de kans op horizontale stroming van vloeistoffen door het ballastbed zeer klein is.

3 Benadering theoretische bergingscapaciteit

Dit hoofdstuk beschrijft de benadering van de theoretische bergingscapaciteit van het ballastbed bij lekkages van vloeistoffen in het ballastbed.

Het gaat om een lekkage vanuit één specifiek punt voor de maatgevende locatie van een enkelspoor dat aan beide zijden ingekofferd is door een porfierpad met daaronder een zandbed. Gekeken wordt naar het kritische dwarsprofiel van één spoor dat aan beide kanten ingesloten is door een zandbed ten behoeve van een porfierpad. Bij locaties met wissels of dubbelspoor (zoals C2-bocht Maasvlakte) is het ballastbed significant breder (drie sporen minimaal), waardoor de bergingscapaciteit ook significant groter is.

NB Ook de omgeving is belangrijk vanwege de kans op uitstroming uit het ballastbed en plasvorming naast het spoor. Dit speelt bij Maasvlakte naar verwachting meer dan op Waalhaven. De situatie bij uitstroming uit het ballastbed als gevolg van de omgeving/hoogteligging wordt behandeld in hoofdstuk 4.

Allereerst benadert dit hoofdstuk het representatieve scenario (zogenaamde brandweerscenario)¹⁸ van een lekkende ketelwagon met een lekdebiët van 20 liter per seconde en leegloop van 40 m³. Daarna worden in dit hoofdstuk worst-case situaties benaderd op basis van het catastrofaal-falenscenario (leegloop van 60 m³ in 10 minuten ofwel gemiddeld 100 liter per seconde) om te analyseren hoe het ballastbed zich gedraagt bij grotere lekdebieten en waar de maximale waarden zitten in relatie tot verschillende ballastbeddiktes. Reden hiervoor is dat in de praktijk het lekdebiët niet gelijkmatig over de tijd verdeeld zal zijn en er voornamelijk een groter risico op plasvorming is in het moment na de start van de lekkage. Hogere debieten kunnen mogelijk over een zeer korte tijd tot plasvorming leiden, die zich daarna verder in de lengterichting van het ballastbed kan verspreiden.

De verschillende scenario's en meerdere variabelen voor de worst-case scenario's maken het lastig de vraag of een ballastbed voldoende bergingscapaciteit biedt bij hogere lekdebieten expliciet te beantwoorden. Uit de analyse volgt een over- of ondercapaciteit van het lekdebiët met een effect binnen een bepaalde tijd, waarbij op basis van expert judgement gezegd kan worden of het aannemelijk is dat de aanwezigheid van het ballastbed binnen korte tijd zal leiden tot een 'barbecuebrand'.

Toelichting

De daadwerkelijke snelheid waarmee de vloeistof zich door het ballastbed verspreidt, is lastig te voorspellen. Dit is mede afhankelijk van de dikte en dichtheid van het ballastbed. Ook het type vloeistof speelt een rol. De meer oliehoudende vloeistoffen hebben een hogere viscositeit en mengen slecht met water. Hierdoor zullen deze minder snel infiltreren in de bodem en minder makkelijk wegstromen in het ballastbed. Stoffen binnen de groep van hydroxylen (onder andere methanol, ethanol, propanol) zijn goed mengbaar met water en kunnen zich daardoor sneller door de ballast verspreiden en in de bodem infiltreren.

¹⁸ Dit scenario is het uitgangspunt van de bedrijfsbrandweerrapportage en is representatief voor het incident dat bestrijdbaar zou moeten zijn onder hoogspanningslijnen en daarmee de basis van het onderzoek incidentbestrijding onder hoogspanning op emplacementen Waalhaven en Maasvlakte

Algemeen: volume berging en bakjesmodel

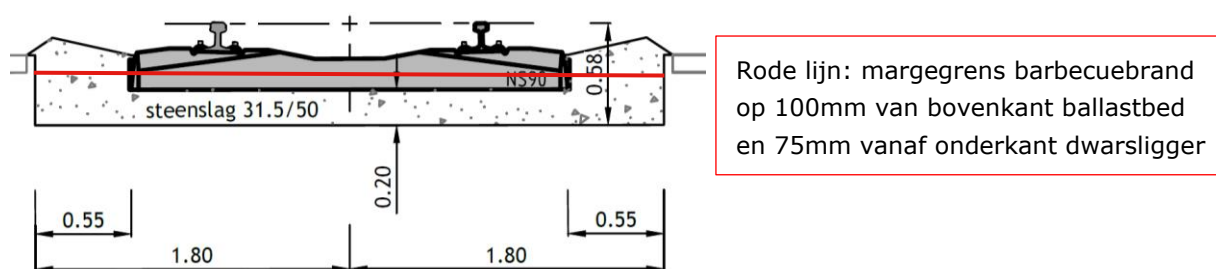
In tabel 7 is de potentieel beschikbare of statische berging in het ballastbed per strekkende meter berekend voor een enkel spoor met een ballastbed van 3,60 m breed en een effectieve poriefractie (lucht) van 0,4 (conform OVS00056-7.1). De spreidingslengte (totale lengte in lengterichting van het spoor aan beide zijden ketelwagon bij vlakke ondergrond) in het ballastbed geeft aan hoeveel lengte nodig is om de volledige uitstroom van een ketelwagon met een inhoud van 40 m³ en 60 m³ te kunnen bergen, uitgaande van de breedte ballastbed van 3,60 meter. In de laatste kolom is de afvoercapaciteit van het ballastbed berekend bij een doorlatendheid tussen 0,5 en 2 m/s vergelijkbaar met de literatuurwaarden voor grof grind. Onder de tabel is de berekening van de berging toegelicht.

Tabel 7. Spreidingslengte in lengterichting van het spoor met ballastbedbreedte van 3,6 meter bij statische bergingscapaciteit en afvoercapaciteit bij verschillende ballastdiktes.

Dikte onderlaag	Berging onderlaag	Berging bovenlaag	Berging totaal	Spreidingslengte bij 40 m ³	Spreidingslengte bij 60 m ³	Afvoercapaciteit (0,5-2,0 m/s)	
(m)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m)	(m)	(m ³ /s)	
0,20	0,29	0,07	0,36	112	168	0,14	0,58
0,25	0,36	0,07	0,43	93	139	0,18	0,72
0,30	0,43	0,07	0,50	80	119	0,22	0,86
0,35	0,50	0,07	0,57	70	104	0,25	1,01
0,40	0,58	0,07	0,65	62	93	0,29	1,15

Berekening berging ballastbed

Het ballastbed is ruwweg op te splitsen in twee delen: de onderlaag en de bovenlaag. Het volume van de onderlaag is per strekkende meter eenvoudig te bepalen aan de hand van de diepte onderlaag met een breedte van 3,6 meter. De bergingscapaciteit wordt bepaald door het volume te vermenigvuldigen met de effectieve poriefractie. Het maatgevende dwarsprofiel is als volgt opgebouwd:



Figuur 20. Dwarsprofiel Waalhaven Zuid na bovenbouwvernieuwing, bron: ProRail ontwerptekening BBV.

Voor de bovenlaag is dit lastiger te bepalen, doordat in het volume rekening moet worden gehouden met de marge vloeistofniveau-bovenkant ballastbed ten behoeve van een 'barbecuebrand' en het volume van de dwarsliggers. De marge vloeistofniveau-bovenkant ballastbed is als uitgangspunt bepaald op $2D=100\text{mm}$. Met een totale bovenlaagdikte van 175 mm volgt daaruit dat 75 mm de buffermaat van onderkant dwarsligger tot het maximale vloeistofniveau is om de gewenste 'barbecuebrand' te borgen.

Het volume van het ballastbed van de bovenlaag tot aan bovenkant vloeistofniveau is op basis van de afmetingen in de uitgangspunten:

"Volume onderkant dwarsligger tot maximaal vloeistofniveau – volume dwarsligger tot maximaal vloeistofniveau = netto volume ballastbed bovenlaag tot maximaal vloeistofniveau"

$$3,6\text{m} * 0,075\text{m} - (0,075\text{m} * 2,52\text{m} * 0,3\text{m})/0,6 = 0,27 \text{ m}^3/\text{m} - 0,095 \text{ m}^3/\text{m} = 0,175 \text{ m}^3/\text{m}.$$

De bergingscapaciteit van de bovenlaag tot aan maximale vloeistofniveau (margegrens 'barbecuebrand') is daarmee $0,07 \text{ m}^3/\text{m}$ (effectieve poriefractie 0,4).

Maatgevend dwarsprofiel enkelspoor vs. dubbelspoor

Het dwarsprofiel van een enkel spoor conform situatie Waalhaven Zuid is maatgevend. In het geval van de C2-bocht bij Maasvlakte is sprake van dubbelspoor en geen volledige opsluiting van de zijkanten van het ballastbed. De berging is in dat geval meer dan $0,77 \text{ m}^3$ per strekkende meter spoor, waardoor geen aparte benadering hiervoor benodigd is.

Benadering bakjesmodel

In werkelijkheid is de berging niet direct volledig beschikbaar, omdat de vloeistof zich vanaf het lek door de ballast zal verspreiden. Met een eenvoudig rekenmodel (aaneengeschaald bakjesmodel) is gekeken hoe een lekdebiet zich dynamisch (in de tijd) door het ballastbed verspreidt. Het bakjesmodel is een algemeen toegepast model in hydrologie. Dit rekenmodel is opgezet in een Excel-sheet op basis van een periode van 10 minuten.

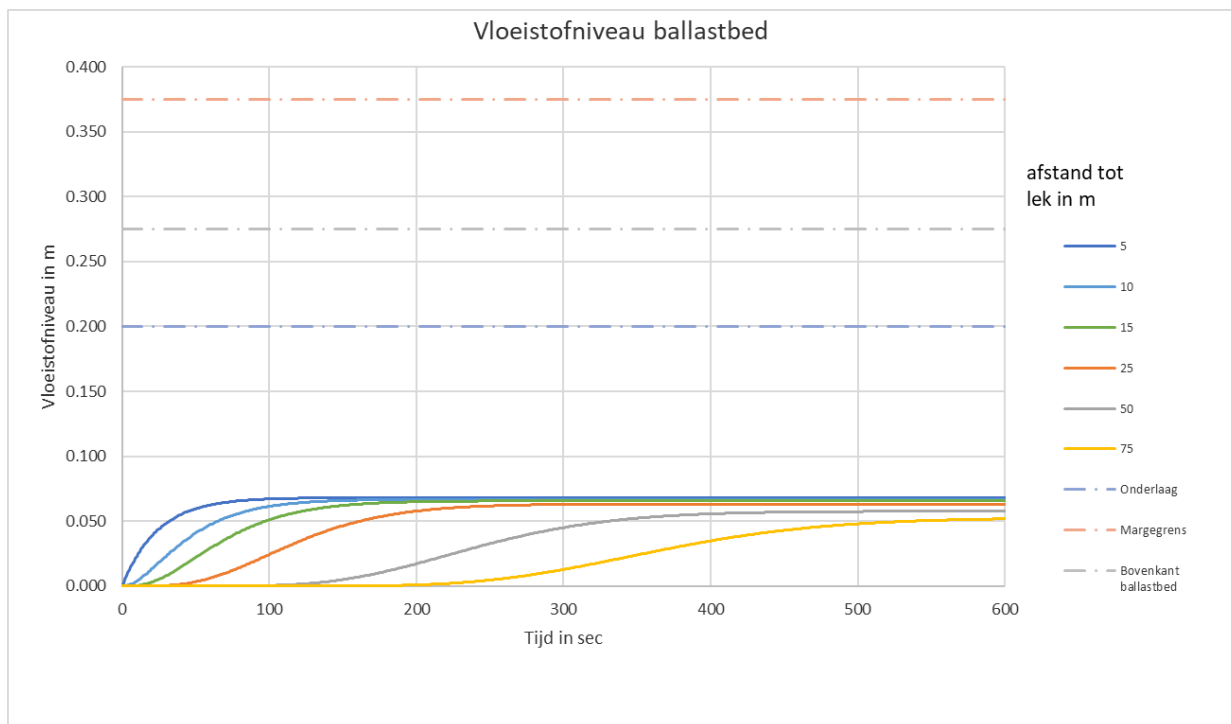
Het lekdebiet beweegt zich hierbij als een golf door het ballastbed. Plasvorming treedt op als de combinatie van afvoer en berging in het ballastbed onvoldoende is. De infiltratiecapaciteit van de bodem (onder het ballastbed) is meegenomen in het model met 5 m/dag, maar draagt beperkt bij aan de afvoer, omdat plasvorming vooral in de eerste minuten van een groot lek ontstaat. In de onderstaande berekeningen is gekeken naar een ballastbed met een onderlaag van respectievelijk 0,20 en 0,35 meter dikte met een poriefractie van 0,4 en een bovenlaag van 0,175 m (tussen de dwarsliggers) met een netto poriefractie van 0,26. Daarbij is een conservatieve horizontale doorlatendheid (stroomsnelheid) van het ballastbed aangehouden van 0,2 m/s.

Bij de berekeningen voor het representatieve scenario wordt een continu lekdebiet vanuit de ketelwagon verondersteld. Bij grotere lekkages (catastrofaal falen) geldt dit uitgangspunt niet, omdat het lekdebiet in dit geval snel afneemt met het vloeistofniveau in de ketel. De snelheid van de uitstroom (lekdebiet) bepaalt dus of de vloeistof binnen het ballastbed blijft of dat de vloeistof zich over een groter oppervlak in de omgeving verspreidt.

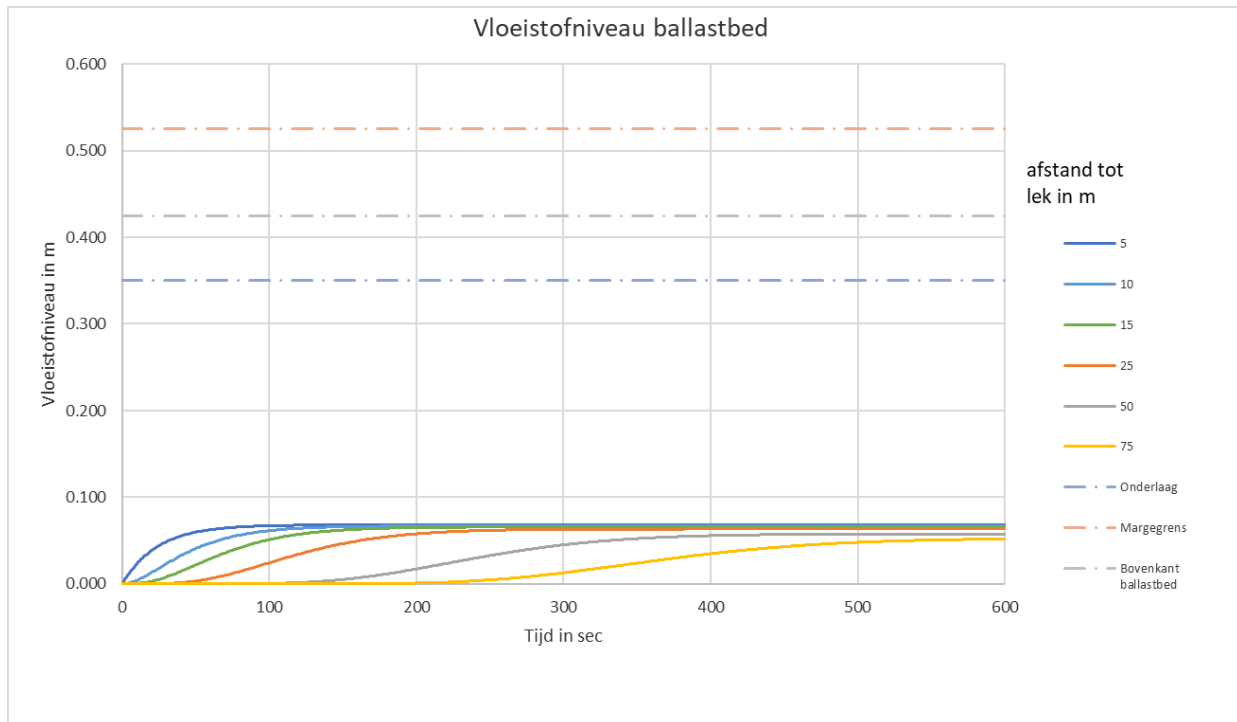
In de berekening wordt ervan uitgegaan dat het lekdebiet in beide richtingen van het ballastbed wegstroomt. Bij het volume van 40 m^3 betekent dit een verdeling van 20 m^3 aan beide zijden van het lek en bij het volume van 60 m^3 een verdeling van 30 m^3 over beide zijden van het lek.

Representatief scenario (brandweerscenario): leegloop 40 m³ met 20 l/s

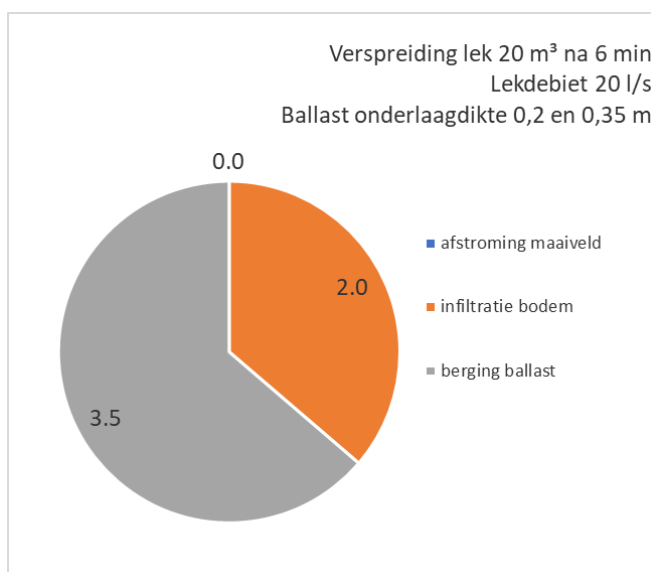
Er zijn twee berekeningen uitgevoerd, één met een ballastbed onderlaagdikte van 0,2 meter (minimale waarde bestaande situatie) en één met een ballastbed onderlaagdikte van 0,35 meter (nieuwbouwsituatie). De stijghoogte van de vloeistof bij 20 l/s en leegloop van 20 m³ per zijde zijn respectievelijk in figuur 21 (onderlaagdikte 0,2 meter) en figuur 22 (onderlaagdikte 0,35 meter) weergegeven. Figuur 23 presenteert de verdeling tussen infiltratie en berging na 6 minuten.



Figuur 21. Vloeistofniveau hoogte bij 20 l/s, een leegloop van 40 m³ en 0,2 m dikte onderlaag ballastbed



Figuur 22. Vloeistofniveau hoogte bij 20 l/s, een leegloop van 40 m³ en 0,35 m dikte onderlaag ballastbed.



Figuur 23. Spreiding van lek per zijde is voor 0,2 en 0,35 m ballastbed onderlaag dikte gelijk.

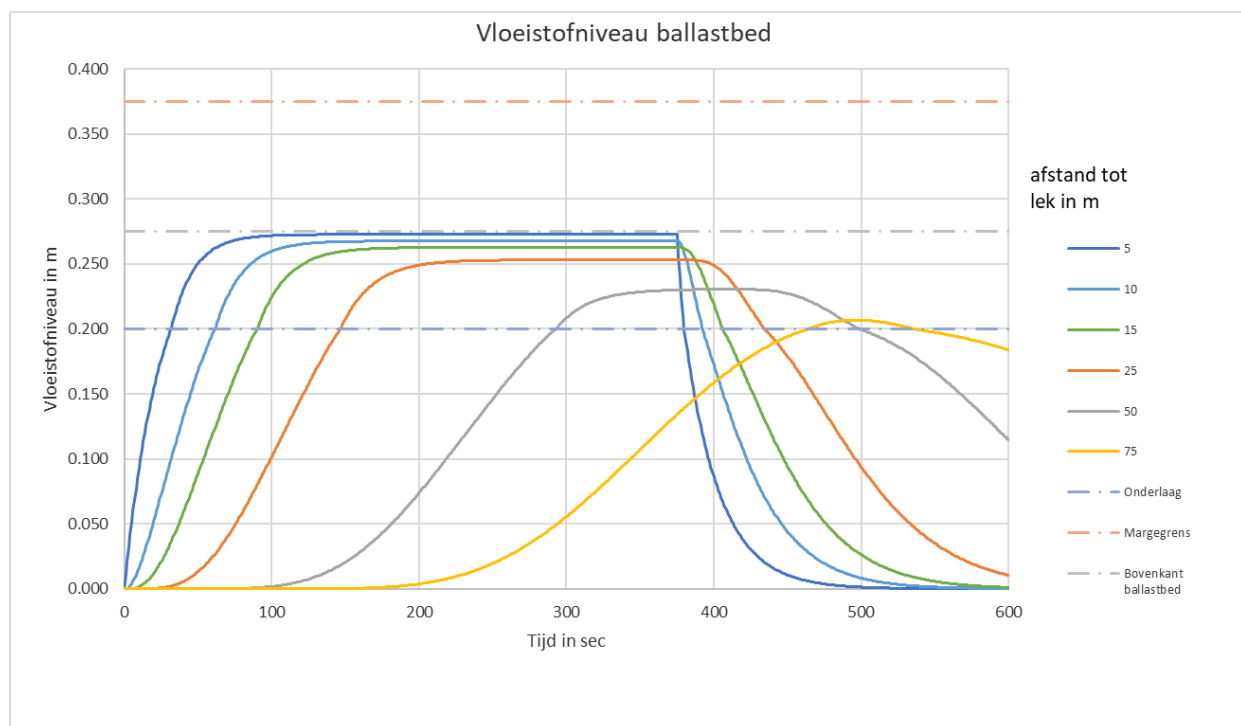
Worst-casescenario (catastrofaal falen): basis leegloop 60 m³ in 10 minuten

Het catastrofaal-falenscenario betreft een leegloop van 60 m³ in 10 minuten. Bij falen zal het lekdebit in eerste instantie groot zijn en dan afnemen met het vloeistofniveau in de ketel. De snelheid van de uitstroom (lekdebit) bepaalt dus of de vloeistof binnen het ballastbed blijft of dat de vloeistof zich over een groter oppervlak in de omgeving verspreidt. Ook bij deze benadering is onderscheid gemaakt in de ballastbed onderlaagdikte: er zijn berekeningen uitgevoerd voor een ballastbed onderlaagdikte van 0,2 meter (minimale waarde bestaande situatie) en voor een ballastbed onderlaagdikte van 0,35 meter (nieuwbouwsituatie).

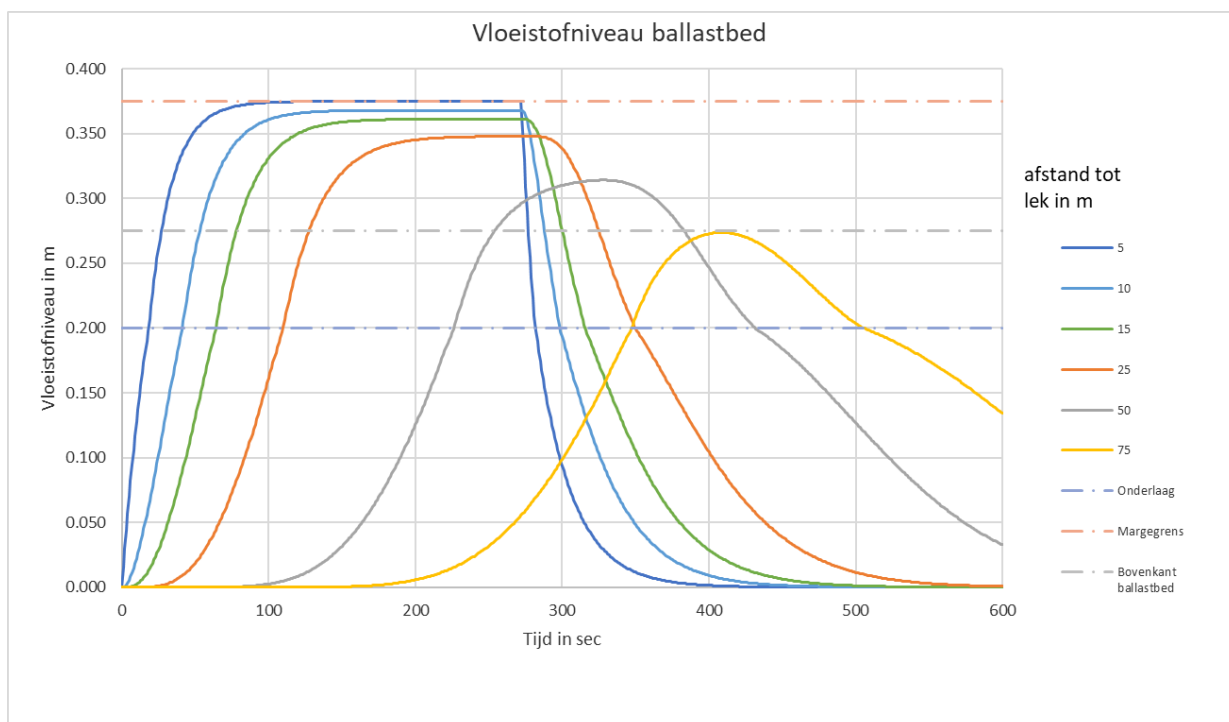
Ballastbed onderlaagdikte 0,2 meter

Er zijn twee berekeningen met een leegloop van 60 m^3 uitgevoerd, één met een debiet waarbij de vloeistofhoogte in het ballastbed tot onder de margegrens 'barbecuebrand' blijft (hoogte van een plasbrand van 100 mm onder bovenzijde ballast) en een debiet waarbij de vloeistof over het maaiveld begint te stromen. Deze zijn respectievelijk weergegeven in figuur 24 en 25. Om overschrijding van de margegrens te voorkomen, mag het debiet niet groter zijn dan 160 l/s (beide zijden een debiet van 80 l/s). Overloop naar het maaiveld treedt op bij een debiet van 220 l/s (beide zijden een debiet van 110 l/s).

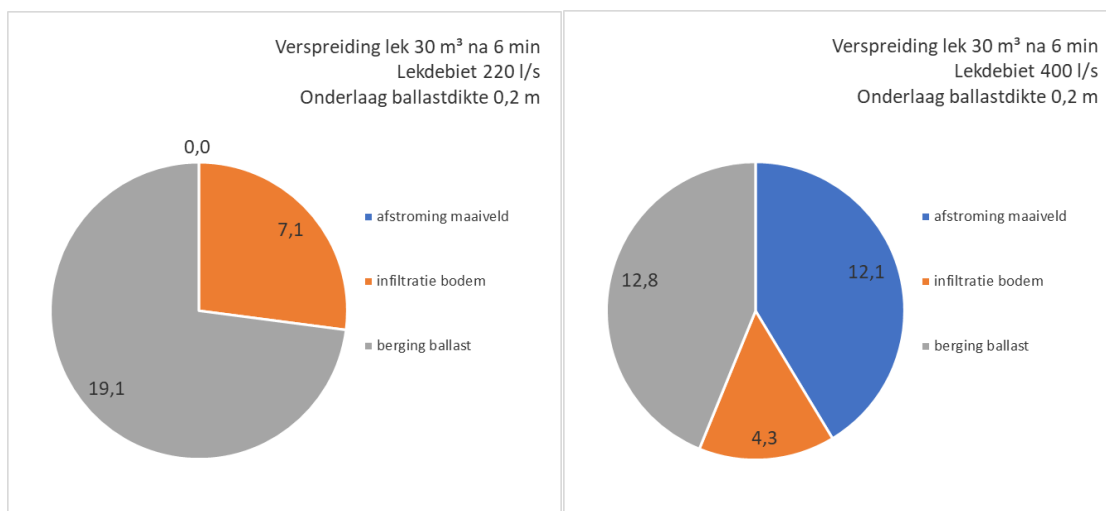
In de grafieken van figuur 26 is de verdeling van de vrijgekomen vloeistof weergegeven na 6 minuten: afstroming over maaiveld, infiltratie in de bodem en berging in het ballastbed. Uiteindelijk zal alle vloeistof (na enkele uren) in de bodem infiltreren. Ter vergelijking is ook een verdeling bij een extremer lekdebiet van 400 l/s weergegeven. Hierbij stroomt ongeveer een derde van de ketelinhoud uit het ballastbed naar naastgelegen maaiveld ($30/30 \text{ m}^3$ verdeeld over beide zijden).



Figuur 24. Verloop stijghoogte vloeistof ballastbed op verschillende afstanden van lek met leegloop van 60 m^3 , een ballastbed onderlaagdikte van 0,2 m en een lekdebiet van 160 l/s (80 l/s beide zijden lek).



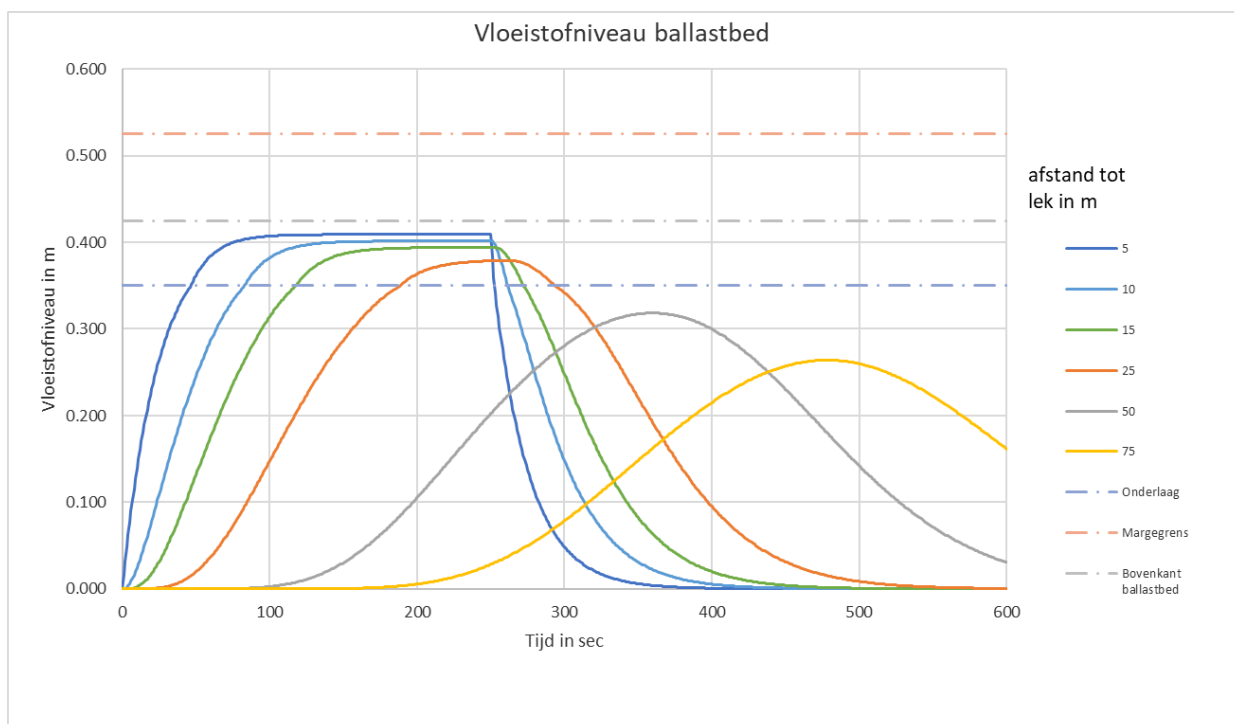
Figuur 25. Verloop stijghoogte vloeistof ballastbed op verschillende afstanden van lek met leegloop van 60 m^3 , een ballastbed onderlaagdikte van 0,2 m en een lekdebiët van 220 l/s (110 l/s beide zijden lek).



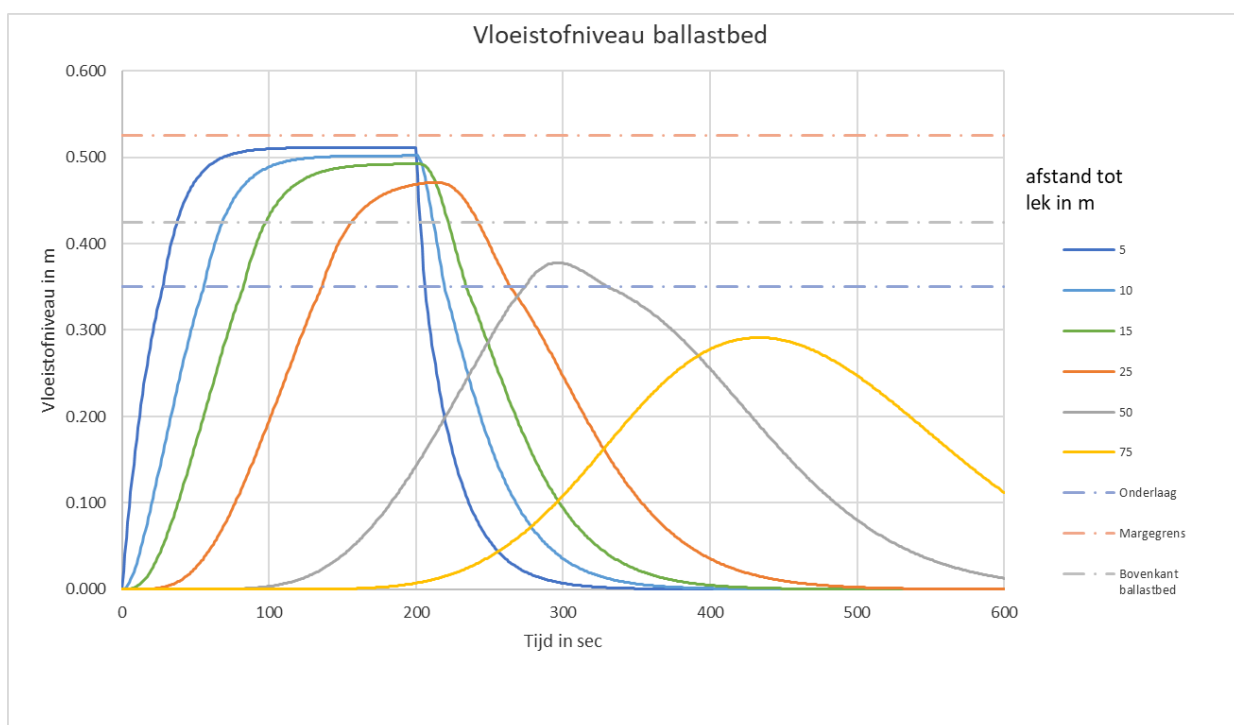
Figuur 26. Verdeling lekdebiët na 6 minuten (afstroming maaiveld, infiltratie bodem, berging ballast) bij een lekdebiët van 220 en 400 l/s.

Ballastbed onderlaagdikte 0,35 meter

In het dikkere ballastbed van 0,35 m is in eerste instantie een hoger debiet van 240 l/s (beide zijden een debiet van 120 l/s) aangehouden, waarbij de vloeistofhoogte in het ballastbed tot onder de hoogte van een plasbrand blijft met 100 mm onder bovenzijde ballast (figuur 27). Vervolgens is ook weer een debiet bepaald van 300 l/s (beide zijden een debiet van 150 l/s), waarbij de vloeistof over het maaiveld begint te stromen (**Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.** 28). Ook bij deze berekeningen is uitgegaan van een leegloop van 60 m^3 .

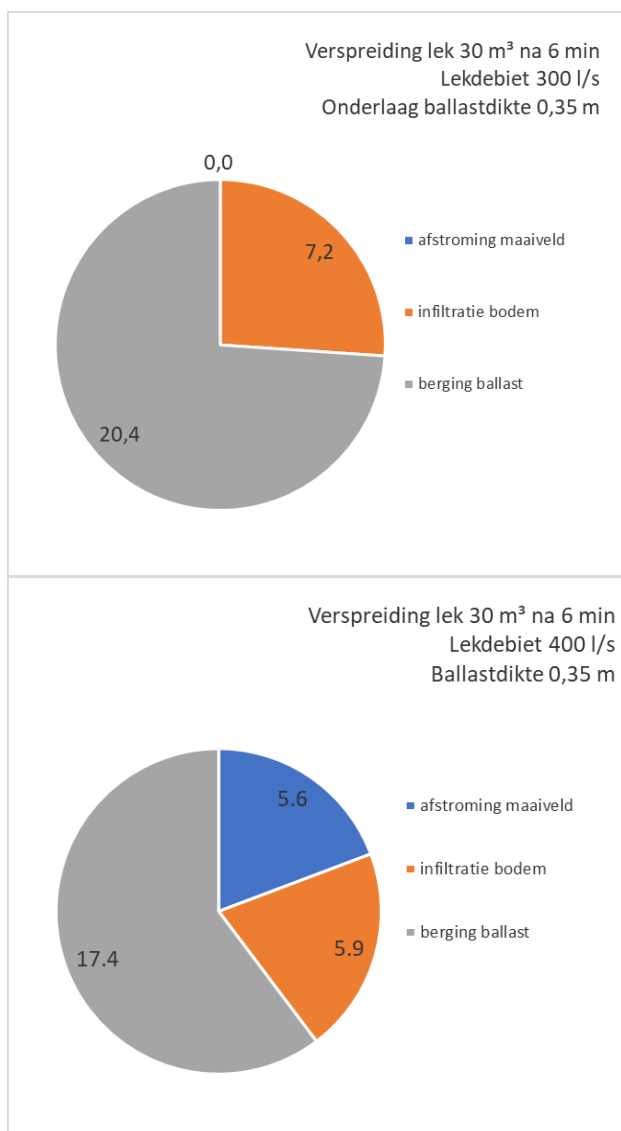


Figuur 27. Verloop stijghoogte vloeistof ballastbed op verschillende afstanden van lek met leegloop van 60 m^3 , een ballastbed onderlaagdikte van 0,35 m en een lekdebiet van 240 l/s (120 l/s beide zijden lek).



Figuur 28. Verloop stijghoogte vloeistof ballastbed op verschillende afstanden van lek met leegloop van 60 m^3 , een ballastbed onderlaagdikte van 0,35 m en een lekdebiet van 300 l/s (150 l/s beide zijden lek).

In de grafieken van figuur 29 is de verdeling van het lekdebiet weergegeven: afstroming over het maaiveld, de infiltratie in de bodem en de berging in het ballastbed na 6 minuten. Uiteindelijk zal alle vloeistof (na enkele uren) in de bodem infiltreren. Ter vergelijking is ook een verdeling bij een extremer lekdebiet van 400 l/s weergegeven. Hierbij stroomt ongeveer een vijfde van de ketelinhoud uit het ballastbed naar het naastliggende maaiveld (30/30 m³ verdeeld over beide zijden).



Figuur 29. Verdeling lekdebiet na 6 minuten (afstroming maaiveld, infiltratie bodem, berging ballast) bij een lekdebiet van 300 en 400 l/s.

Conclusie

De berekening met het bakjesmodel geeft een zeer laag vloeistofniveau bij het representatief scenario (brandweerscenario) van een lekkage met een lekdebiet van 20 liter per seconde en leegloop van 40 m³. Hiermee wordt ruim onder de margegrens van een 'barbecuebrand' gebleven en is veel overcapaciteit in de berging beschikbaar. Dit geldt voor zowel een ballastbed met een onderlaagdikte van 0,2 meter (bestaande situatie) als 0,35 meter (nieuwbouwsituatie).

Het uitgangspunt voor de worst-case scenario's is leegloop van 60 m³ in 10 minuten, wat betekent een lekkage met een uitstroom van 100 l/s. Omdat de uitstroom bij een lekkage niet gelijkmatig verloopt, is overcapaciteit nodig om plasvorming op en naast het ballastbed te voorkomen. De wenselijke overcapaciteit is beschouwd op basis van expert judgement. Het bakjesmodel geeft inzicht bij welke extreme lekdebieten de margegrens voor de 'barbecuebrand' bereikt wordt en wanneer uitstroming uit het ballastbed plaatsvindt. Deze extreme lekdebieten zijn direct afhankelijk van de diepte van het ballastbed. De resultaten zijn dat bij een ballastonderlaagdikte van 0,2 meter de margegrens van een 'barbecuebrand' wordt bereikt bij 160 l/s en bij een dikte van 0,35 meter bij 240 l/s.

De gemiddelde waarde voor uitstroming bij catastrofaal falen (100 l/s) ligt onder de waarde van 160 l/s voor een ballastbed onderlaagdikte van 0,2 meter, waardoor de benadering ook aantoont dat het worst-case scenario theoretisch voldoet aan de bergingscapaciteit. De grafieken van de theoretische benadering laten ook zien dat bij extreme lekdebieten en overschrijding van de margegrens 'barbecuebrand', het vloeistofniveau binnen 5-10 minuten weer zakt onder de margegrens.

De diepte van het ballastbed heeft impact op de bergingscapaciteit. Dit betekent dat het vergroten van de dikte van de onderlaag een doelmatige maatregel kan zijn voor het vergroten van de bergingscapaciteit. De noodzaak hiervoor is afhankelijk van de lokale situatie (zie ook hoofdstuk 4).

4 Praktijk: afname kwaliteit ballastbed & externe invloeden

De berekende bergingscapaciteit in hoofdstuk 3 is een theoretische benadering die in de praktijk afhankelijk is van verschillende factoren in de lokale situatie. Deze specifieke invloeden zorgen voor een afname van de bergingscapaciteit in de praktijk en/of voor ander gedrag van de spreiding van de lekkende vloeistof. Dit kan leiden tot uitstroming uit het ballastbed en daarmee zorgen voor plassen naast de spoorbaan en onder de hoogspanningslijn. Dit hoofdstuk behandelt de volgende invloeden:

- Afname kwaliteit ballastbed over tijd ('slijtage').
- Alignement van het spoor.
- Hoogteligging spoorbaan & omliggende terreinen (risico uitstroming vloeistof).
- Grondwater.
- Bluswater.

Afname kwaliteit ballastbed over tijd ('slijtage')

De kwaliteit van het ballastbed neemt af over de tijd. Dit heeft onder andere een negatieve invloed op de poriën en daarmee op de bergingscapaciteit. Dit komt primair door de volgende oorzaken:

- Breken/vergruizen van ballast onder belasting en trillingen van treinen.
- Vermenging van het onderliggende/naastliggende zandbed met het ballastbed.
- Vervuiling van het ballastbed door externe stoffen (afvallende lading, stof van buitenaf, etc.).

De afname over de tijd is afhankelijk van de intensiteit en type gebruik van het spoor en de lokale situatie. Een gemiddelde levensduur voor een standaard spoorconstructie is 15-20 jaar. De bergingscapaciteit neemt naar verwachting sneller af. Dit blijkt uit ervaring met de afvoer van hemelwater. Regelmatige monitoring van de kwaliteit van het ballastbed is dus aan te raden.

Alignement van het spoor

Het alignement van het spoor heeft invloed op de richting van uitstroming van vloeistoffen bij lekkages. Net als bij hemelwater zullen vloeistoffen bij grote hellingen ook in de lengterichting van het ballastbed gaan stromen; het ballastbed fungeert dan als een grindkoffer. Dit gedrag is in de praktijk bekend bij grote hellingen en grote hoeveelheden water, waarbij vaak ophoping of uitspoeling ontstaat op één specifieke locatie, zoals bij landhoofden van kunstwerken.

De locaties voor dit onderzoek betreffen locaties die nagenoeg vlak liggen (hellingen onder 1,5 promille), waardoor geen stroming in de langsrichting van het ballastbed te verwachten is; de hoeveelheid vloeistof bij een lekkage is beperkt en zal gelijkmatig uitstromen.

Hoogteligging spoorbaan & omliggende terreinen (risico uitstroming vloeistof)

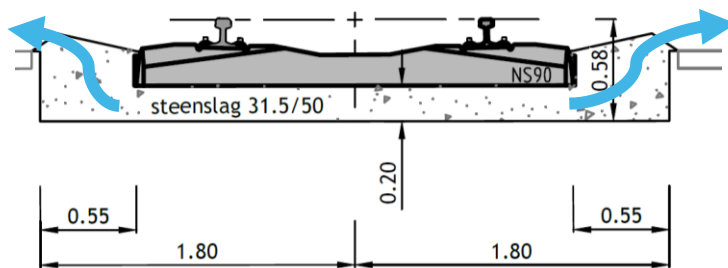
Naast de kwaliteit van het ballastbed en het alignement is de inrichting van de zijkanalen van de spoorbaan en omliggende terreinen ook van invloed op de richting van stroming. Het ballastbed heeft als primaire doel hemelwater af te voeren, wat bij een vrijebaansconstructie ook naar de zijkanalen van de spoorbaan moet kunnen. Om deze reden is op veel locaties van de vrije baan het inspectiepad naast het spoor lager gelegen (-0,5 m onder bovenkant spoorstaaf) dan op emplacementen (bovenkant dwarsligger $\approx$ 0,15 m onder bovenkant spoorstaaf). Concreet betekent dit dat op de locaties waar dit toegepast is aan de zijkant van het ballastbed uitstroming mogelijk is onder de margegrens 'barbecuebrand'. De onderkant van het ballastbed ligt lager dan deze zijkanalen, waardoor het ballastbed enige bergingscapaciteit heeft voordat zijdelingse uitstroming plaats gaat vinden.

Situatie Waalhaven

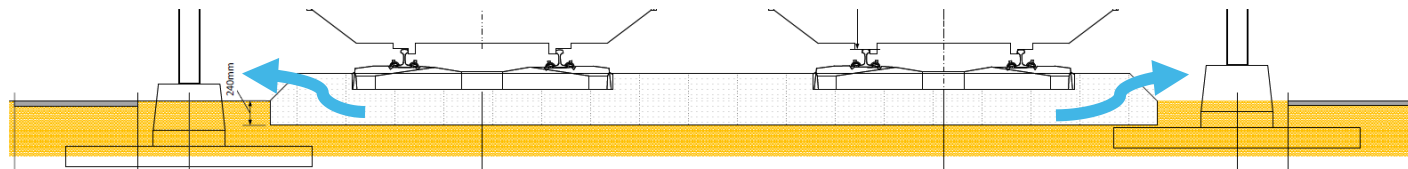
Op de specifieke locaties betreft het een emplacement (Waalhaven Zuid) en een wisselstraat richting emplacementen (C2-bocht Maasvlakte). Het emplacement op Waalhaven Zuid is nagenoeg vlak in het dwarsprofiel en de naastliggende gebieden liggen ongeveer op dezelfde hoogte. In het grof hoogteprofiel van bijlage 1 uit de Algemene Hoogtekaart Nederland (AHN4, www.ahn.nl) is te zien dat de spoorbaan en naastliggende terreinen ongeveer op dezelfde hoogte liggen. Door de aanwezigheid van een wissel bij het zuidelijkste spoor is de bergingscapaciteit lokaal al groter en het risico op uitstroming vanuit het ballastbed minimaal.

Situatie Maasvlakte

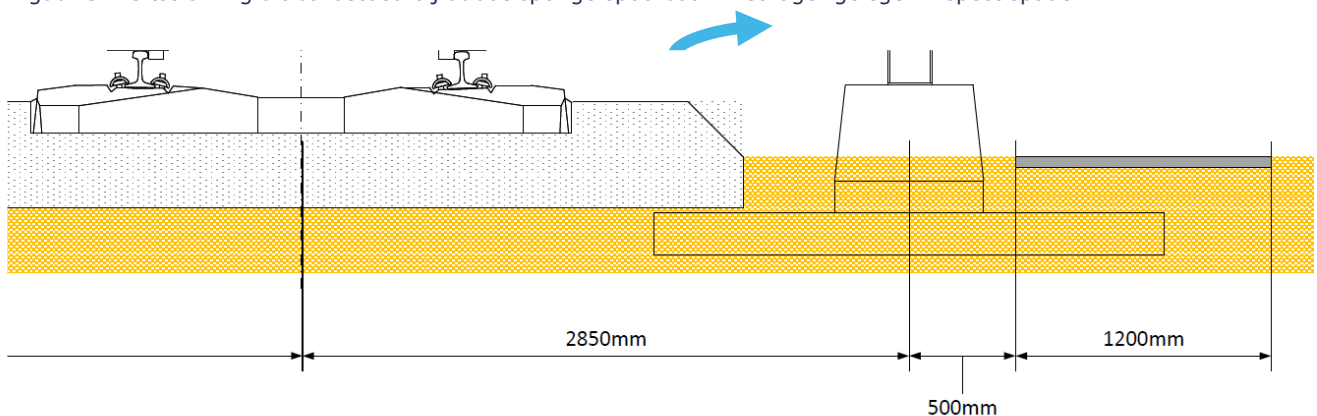
De lage ligging van het terrein naast het ballastbed is mogelijk van toepassing bij het dwarsprofiel van de C2-bocht (Maasvlakte), maar de exacte buitensituatie is niet bekend bij het projectteam. Doordat de locatie een ballastbed van een dubbelspoor betreft, is het ballastbed breder en wordt daarmee de bergingscapaciteit beperkt beïnvloed. Zie de visuele toelichting in figuur 30, 31 en 32.



Figuur 30. Uitstroming uit ballastbed bij emplacementen met paden aan beide zijden van een spoor.



Figuur 31. Uitstroming uit ballastbed bij dubbelsporige spoorbaan met lager gelegen inspectiepaden.



Figuur 32. Uitsnede van figuur 30 ten behoeve van duidelijk beeld verschil met uitstroming ballastbed op een emplacement.

Ter plaatse van de C2-bocht op de Maasvlakte ligt de wisselstraat op een spoorbaan. Met behulp van de grove dwarsprofielen van de AHN4 zijn op enkele plekken greppels te zien onder de hoogspanningslijn. Het verschil tussen de spoorbaan en het omliggende gebied is ongeveer een halve meter (de greppels buiten beschouwing gelaten). Het risico van uitstroming richting hoogspanningslijnen lijkt met de huidige beschikbare gegevens beperkt, maar kan niet worden uitgesloten.

In een nadere vervolgstudie kan met behulp van puntenwolken en/of inmetingen een nauwkeuriger beeld worden gevormd van het 3D-maaiveld rondom de spoorbaan. Op basis daarvan kan worden vastgesteld of aanvullende maatregelen nodig zijn om te garanderen dat de plasomvang beperkt blijft en/of de visie van de onderzoekspartijen te borgen dat een plas/incident bestrijdbaar is. Denk hierbij aan verhoging van het maaiveld om uitstroming te sturen naar buiten de kruising met de hoogspanningslijn.

Grondwater

Een hoge grondwaterstand kan ervoor zorgen dat de poriën van het ballastbed langdurig of permanent met water gevuld zijn. Dit kan een grote impact hebben op de bergingscapaciteit van het ballastbed en afhankelijk van het type gevaarlijke stof kan deze gaan drijven op het water in het ballastbed. Als gevolg daarvan kunnen alsnog plassen ontstaan aan de oppervlakte van de spoorconstructie. Het is daarom van belang ten behoeve van de bergingscapaciteit, en daarmee het voorkomen van plassen aan de oppervlakte ballastbed, om een hoge grondwaterstand ter plaatse van de kruising hoogspanningslijn-emplacement te voorkomen.

Een hoge grondwaterstand kan ontstaan door een permanent hoge grondwaterstand of tijdelijk door hevige regenval. Hoe lang een tijdelijk hoge grondwaterstand door hevige regenval nodig heeft om te zakken, is afhankelijk van de lokale situatie.

Van emplacement Waalhaven Zuid is bekend dat op het emplacement sprake is van wateroverlast en dat het emplacement is voorzien van een drainagesysteem om dit tegen te gaan. Onbekend is in welke mate het drainagesysteem zorgt voor droogstand van het ballastbed. Op de locatie C2-bocht Maasvlakte is niet bekend of er sprake is van wateroverlast. Er is op deze locatie geen drainagesysteem aanwezig.

De grondwaterstand kan worden verlaagd door middel van drainage en/of greppels of infiltratiekoffers. Hieronder zijn deze maatregelen toegelicht:

Drainage – Uit de beschouwing/berekening in hoofdstuk 3 volgt dat (beperkte) bodeminfiltratie onder het ballastbed beperkt bijdraagt aan het ontstaan van plasvorming. Door aanleg van drainage langs de sporen zal de infiltratiesnelheid onder het ballastbed dan ook niet relevant toenemen. Daarvoor is drainage ook niet bedoeld. Drainage zorgt er wel voor dat de grondwaterstand beter gereguleerd wordt en het vochtgehalte in de onverzadigde zone (tussen grondwaterstand en maaiveld) afneemt. Afhankelijk van het type vloeistof kan dit de infiltratiecapaciteit doen toenemen, maar meer voor effect op langere duur (enkele uren) in plaats van de eerste bepalende minuten voor plasvorming.

Greppels/infiltratiekoffers – Greppels of infiltratiekoffers evenwijdig aan het spoor kunnen als overloopvoorziening van het ballastbed fungeren. Tevens kunnen deze het bluswater sneller afvoeren, zodat de vloeistof uit de ketelwagon zich niet verder over het terrein verspreidt. De vraag is of hier ruimte voor is. In dit kader zou een opvangvoorziening op het laagstgelegen deel van het terrein ook kunnen bijdragen om plasvorming gecontroleerd te laten plaatsvinden op een specifieke locatie.

Bluswater

Bij ongevallen met gevaarlijke stoffen kan het gebeuren dat grote hoeveelheden bluswater worden ingezet ten behoeve van brandbestrijding of koeling van naastliggende objecten (onder andere voor het voorkomen van een BLEVE). Op basis van de eerdere benaderingen en onderbouwingen van dit memo moet erkend worden dat ook bluswater impact kan hebben op de bergingscapaciteit van het ballastbed en spreiding van een lekkage.

Het blusleidingsysteem heeft een capaciteit van 360 m³/uur, oftewel 100 liter/seconde. Bij volledige inzet komt dit neer op het gemiddelde uitstroomdebiet bij catastrofaal falen (ofwel het vijfvoudige van de representatieve lekkage) en zal het ballastbed sneller verzadigd raken. De kans op plasvorming aan de oppervlakte en naast het ballastbed is daarmee groter.

Dit betekent dat door de beperkte bodeminfiltratie ervan uitgegaan moet worden dat blus-/koelwater een negatief effect heeft op de bergingscapaciteit van het ballastbed. Bij gevaarlijke stoffen die drijven op water dient rekening te worden gehouden met het omhoog komen van de plas naar de oppervlakte van het ballastbed. Aanvullend onderzoek kan uitwijzen bij welke hoeveelheden bluswater het opdrijven een probleem kan worden, rekening houdend met de bergingscapaciteit van het ballastbed op de specifieke locatie.

5 Conclusies

De doelstelling van het memo was om te onderzoeken of er plassen aan de oppervlakte van het ballastbed kunnen ontstaan bij lekkage van een ketelwagen met gevaarlijke stoffen. Hiertoe bevat dit memo een theoretische analyse van de bergingscapaciteit en gaat het daarnaast in op de lokale omstandigheden en overige risico's die deze bergingscapaciteit beïnvloeden. Daarbij is specifiek ingezoomd op de emplacementen Waalhaven en Maasvlakte.

Conclusie theoretische analyse

De theoretische analyse wijst uit dat voor het gemiddelde representatieve scenario (brandweerscenario) van 20 l/s met leegloop van 40 m³ het ballastbed ruim voldoende bergingscapaciteit heeft. Hierdoor ontstaat geen plasvorming en zal een brand zich gedragen als een 'barbecuebrand'.

Ook de analyse van het worst-case scenario (catastrofaal falen 60 m³ in 10 minuten, gemiddeld 100 l/s, echter ongelijke verdeling van uitstroming over de tijd) toont aan dat het ballastbed beschikt over enige overcapaciteit:

- De analyse laat zien dat voor overschrijding van de margegrens 'barbecuebrand' lekdebieten van 160 tot 240 liter per seconde nodig zijn voor ballastbed onderlaagdiktes van 0,2 respectievelijk 0,35 meter.
- Bij hogere lekdebieten dan 220 tot 300 liter per seconde, voor 0,2 respectievelijk 0,35 meter ballastbed onderlaagdikte, treedt naast plasvorming aan de oppervlakte ballastbed ook uitstroming uit het ballastbed op.

Het theoretische model laat zien dat de vloeistof binnen 5 tot 10 minuten weer zakt onder de margegrens 'barbecuebrand'.

NB Voorwaarde bij bovenstaande conclusies zijn een minimale ballastonderlaagdikte van 0,2 tot 0,35 meter, een ballastbed dat een goede kwaliteit heeft en waarbij geen sprake is van permanente of tijdelijke grondwaterstand in het ballastbed. Onder deze omstandigheden biedt het ballastbed dus voldoende bergingscapaciteit.

Conclusie beschouwing lokale situatie en overige risico's

Lokale omstandigheden die van invloed zijn op de bergingscapaciteit, betreffen onder andere het alignement en de hoogteligging van de naastliggende terreinen. Deze leiden tot stroming of verplaatsing van de vloeistof en daarmee tot een andere spreiding dan het theoretische model. Ook de inzet van bluswater beïnvloedt de bergingscapaciteit.

Een eerste globale bureaustudie laat niet direct risico's zien, echter wel een aantal aandachtspunten voor de bestrijding en te verifiëren uitgangspunten voor de bergingscapaciteit.

Verificatie uitgangspunten kruisingen hoogspanningslijn en emplacement

- Het onderzoeken en monitoren van de kwaliteit van het ballastbed ter plaatse van de kruisingen met een nog te bepalen interval. Ten behoeve van deze monitoring dienen kwaliteitsnormen bepaald te worden voor de grens van minimale bergingscapaciteit.
- Een verificatie uit te voeren naar de permanente en tijdelijke grondwaterniveaus ter plaatse van de kruisingen hoogspanningslijnen en emplacementen. Indien een hoge grondwaterstand de bergingscapaciteit onacceptabel beïnvloedt, dan is het advies om de drainage ter plaatse van de kruising te verbeteren. Zowel de oorzaak van een permanent hoge grondwaterstand als die van een tijdelijk hoge grondwaterstand door hevige regenval dient onderzocht te worden.

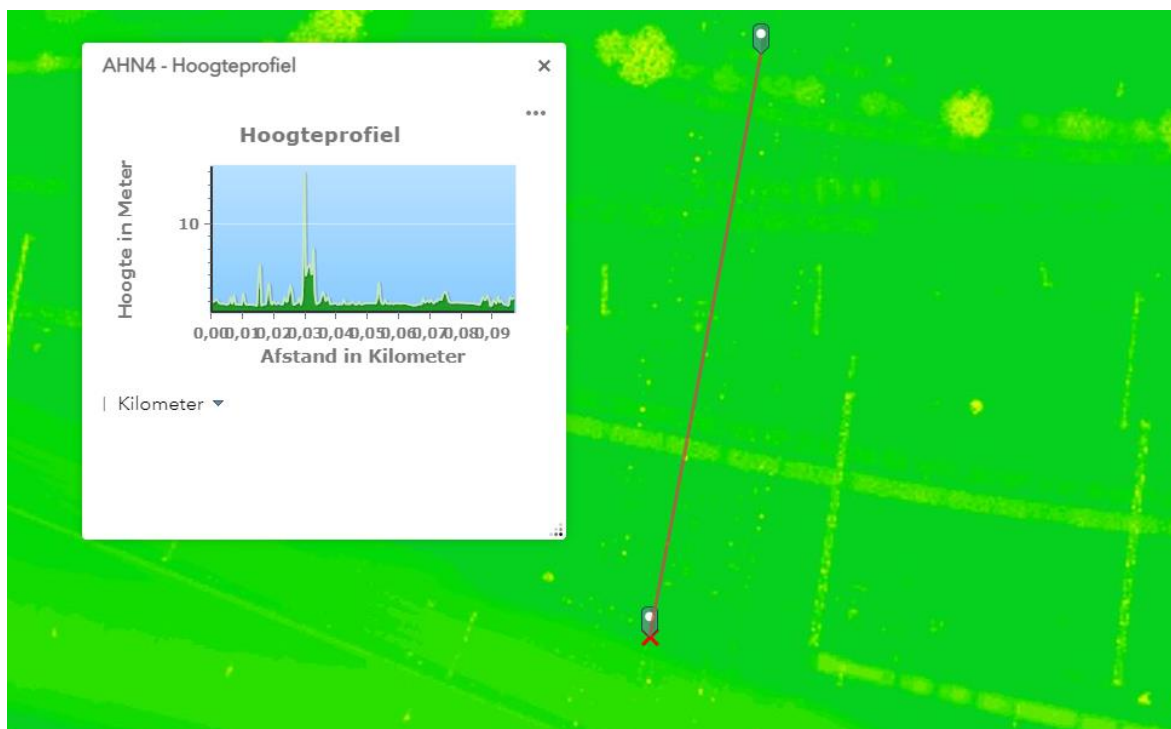
- Een verificatie van de hoogteligging van het spoor ten opzichte van omliggende terreinen. Hiermee dient bevestigd te worden dat er geen risico is op onwenselijke uitstroming uit het ballastbed en daarmee plasvorming op het maaiveld.

Impact bestrijdbaarheid calamiteiten

- Bij inzet bij een mogelijke calamiteit moet rekening worden gehouden met het feit dat bij lekkages en branden de vloeistoffen zich eenvoudiger verspreiden in de lengte van het ballastbed. De 'barbecuebrand' kan over langere lengte plaatsvinden, maar op een lager niveau ten opzichte van oppervlakte ballastbed. De spreiding is afhankelijk van meerdere factoren en gedetailleerdere kennis over de lengte van spreiding kan helpen aanvalsplannen rond specifieke spoor situaties te verbeteren.
- Bij drijvende vloeistoffen: het beperken of niet toepassen van bluswater/koelwater om het opstuwen van gevaarlijke stoffen te voorkomen. Het opstuwen van gevaarlijke stoffen kan leiden tot overschrijding van het vloeistofniveau boven de margegrens 'barbecuebrand' en/of plasvorming aan de oppervlakte van het ballastbed. Ook leidt het toevoegen van water tot een grotere spreiding van de gelekte vloeistof.
- Onbekend is de warmteontwikkeling bij 'barbecuebranden' in het ballastbed in relatie tot BLEVE- risico's onder verschillende omstandigheden.

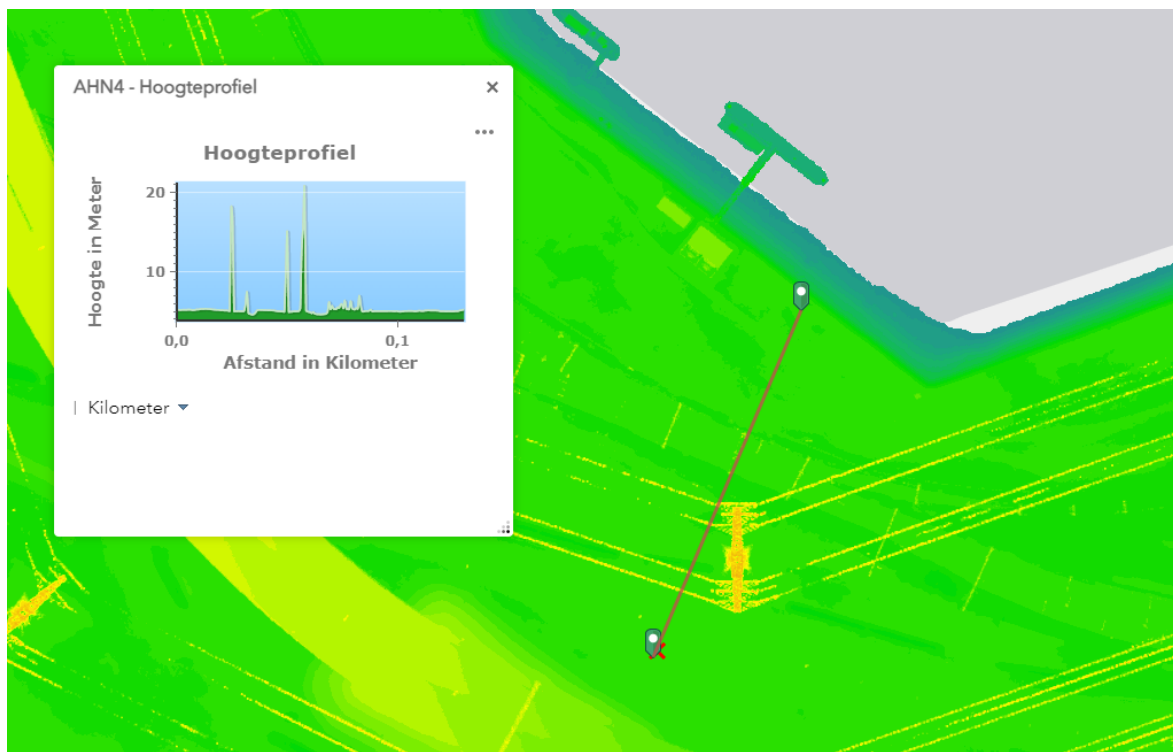
Bijblad A bij bijlage 5. Grove indicatie hoogte maaiveld

Locatie Waalhaven Zuid

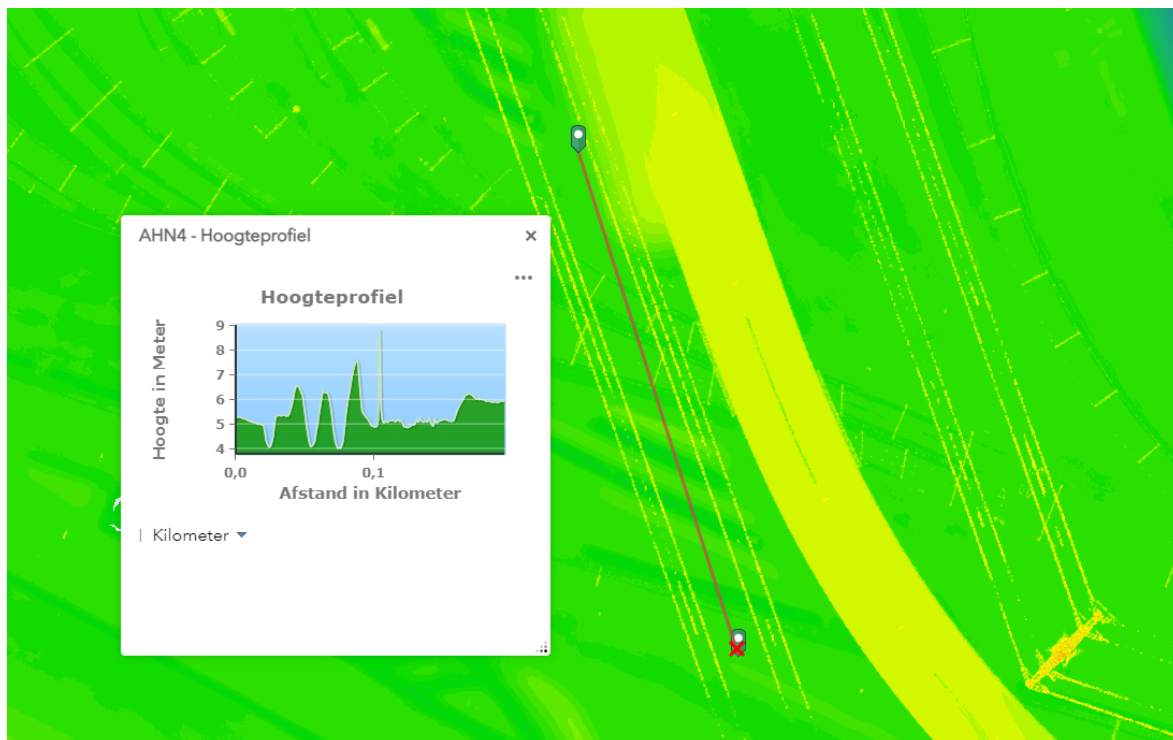


Figuur 33. Indicatie hoogteprofiel ter plaatse van kruising hoogspanningslijn en emplacement Waalhaven Zuid, de piek in hoogte is vermoedelijk een trein midden op het emplacement. Bron: www.ahn.nl

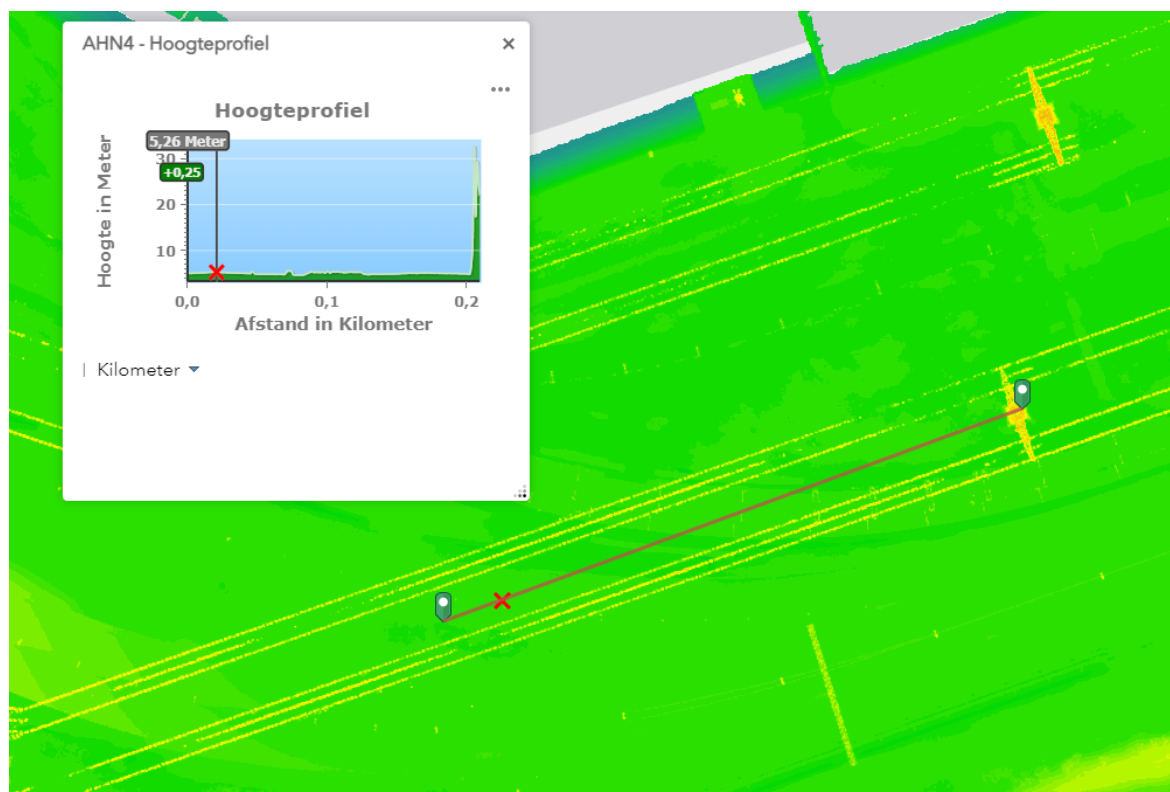
Locatie C2-bocht Maasvlakte



Figuur 34. Indicatie hoogteprofiel ter plaatse van kruisingen hoogspanningslijn en C2-bocht bij emplacementen Maasvlakte. Bron: www.ahn.nl.



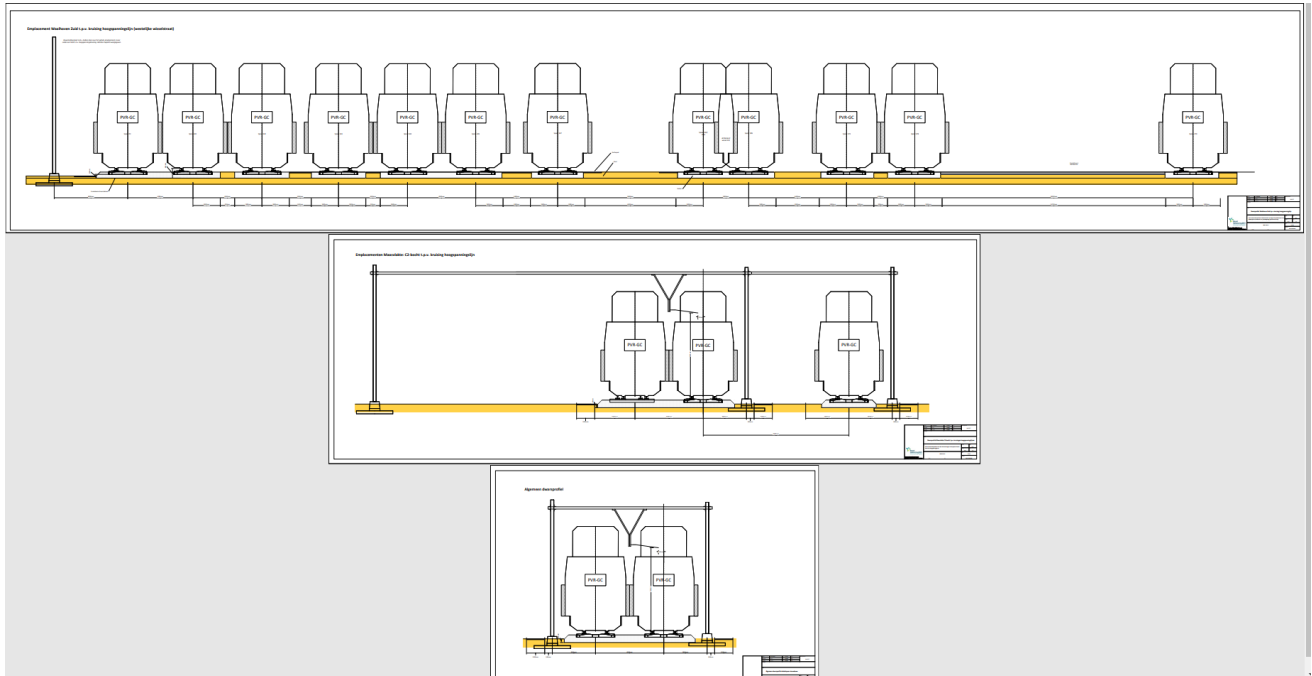
Figuur 35. Indicatie hoogteprofiel ter plaatse van kruisingen hoogspanningslijn en C2-bocht bij emplacementen Maasvlakte. Bron: www.ahn.nl.



Figuur 36. Indicatie hoogteprofiel ter plaatse van kruisingen hoogspanningslijn en C2-bocht bij emplacementen Maasvlakte. Bron: www.ahn.nl.

Bijblad B bij bijlage 5. Indicatieve dwarsprofielen

- Emplacement Waalhaven Zuid ter plaatse van kruising spoor met hoogspanningslijn.
- C2-bocht Maasvlakte ter plaatse van één van de kruisingen spoor met hoogspanningslijn.
- Standaard dwarsprofiel vrije baan.



Dit oorspronkelijke bestand is op aanvraag beschikbaar

BIJLAGE 6

Effectberekeningen van plasbranden

1 Inleiding

De effectafstanden van plasbranden worden bepaald door verschillende factoren. Er wordt daarom eerst dieper ingegaan op deze factoren voordat de berekeningen van de plasbranden uitgevoerd worden. Daarom worden de volgende punten behandeld:

- Plasvorming op emplacementen.
- Langwerpige rechthoekige plasbranden.
- Parameters van de uitgevoerde effectberekeningen.
- Berekende effectafstanden.
- Brandduur plasbrand.
- Fakkelflam en overige scenario's.

2 Plasvorming op emplacementen

Als er uitstroming uit een wagon plaatsvindt, is de grootte en de vorm van de plas afhankelijk van de ondergrond waarop deze uitstroomt. Er worden drie typen ondergronden voor emplacementen onderscheiden:

1. Puur zand of puur klei of puur asfalt
 - Plas kan zich onbelemmerd uitbreiden.
 - Vorm van plas: uitgaan van cirkelvormig.
 - Maximale plasgrootte kan zijn tot 600 m².
 - Bij een plas met een gemiddelde plasdiepte 6,7 cm kan de plasbrand maximaal 8 minuten duren.
2. Puur ballastbed
 - Bij voldoende ballastbed zakt de vloeistof snel tot onder 2 à 3 steendiktes onder het grindoppervlak en zal bij brand het brandvermogen een verwaarloosbare waarde hebben¹⁹.
 - In het geval waarin de vloeistof het gehele grindbed vult, en dus tot aan de bovenkant van het grind staat, zal na ontsteking het 2 tot 4 minuten duren voordat het brandvermogen tot een verwaarloosbare waarde is gedaald.
 - Vooralsnog wordt ervan uitgegaan dat een puur ballastbed met voldoende steendikte effectief werkt. Er wordt dus van uitgegaan dat de weersomstandigheden, zoals hevige regenval of strenge vorst, geen beperking opleveren voor de afvoercapaciteit van het ballastbed.
3. Overige mix van ondergrond

¹⁹ TNO-rapport *Plasvorming door vloeistofuitstroming op havenemplacementen* - 2014 R10876, 13 juni 2014
pnr. 060.02192



Figuur 38. Emplacement Maasvlakte-West ter hoogte van de hoogspanningslijn met locaties waar welk type vloeistofplas (en daarmee plasbrand) zou kunnen ontstaan

De effectafstanden van cirkelvormige plassen zijn relatief simpel in een rekenpakket te berekenen en die van de ballastbedbranden hoeven niet berekend te worden. De effectafstanden van langwerpige plassen zijn lastiger te bepalen, hier wordt nader op ingegaan in hoofdstuk 3.

3 Langwerpige rechthoekige plassen

Langwerpige rechthoekige plassen

Rechthoekige plassen zullen ontstaan als de lay-out van het spoor de vorm van de plas bepaalt. Hierin worden voor deze analyse twee verschillende situaties onderscheiden:

1. Plasvorming op porfierpaden.
2. Plasvorming naast het spoortraject.

Plasvorming op porfierpaden

Bij een uitstroming van een vloeistof op het spoor kan er afhankelijk van de plaatselijke omstandigheden een plas gevormd worden. Dat kan bijvoorbeeld het geval zijn als er tussen de sporen porfierpaden liggen die niet of onvoldoende ballastbed hebben. De situatie bij Waalhaven-Zuid is dusdanig dat tussen meerdere sporen dergelijke porfierpaden liggen.

Voor porfierpaden geldt het volgende:

- Breedte tussen spoorstaven circa 2 m. Op emplacementen van ProRail hebben de sporen voldoende ballastbed (dat wil zeggen 3 steendiktes of meer).
- Breedte tussen grindbed van twee naast elkaar liggende sporen over het algemeen 1,5 m of minder. Uitgegaan van breedte porfierpad van 1,5 m (conservatief).

Bij een brand waarbij uitstroming plaatsvindt uit een wagen op een spoor en ballastbed dat hoger ligt dan de porfierpaden aan weerszijden ervan, kan de vloeistof zich over één of twee porfierpaden verspreiden. Een berekening van twee porfierpaden met een lijnbron voor plasbrand is relatief ingewikkeld, ook vanwege de afscherming door de wagons. Daarom is voor zo'n situatie conservatief uitgegaan van een enkele rechthoekige plasbrand van 3 meter breed.

Plasvorming naast het spoortraject

Bij Maasvlakte-West is de situatie dat ter hoogte van de hoogspanningslijn de aankomstsporen richting het (bredere) emplacement lopen. Deze sporen liggen hoger (op ballast) met aan weerszijden de porfierpaden. Bij een uitstroom van een vloeistof kan op deze paden een vloeistofplas ontstaan langs de sporen.

Mocht de uitstroom groter zijn, zodanig dat uitstroom plaatsvindt tot buiten deze paden, dan kan sprake zijn van grotere plassen (situatie 3) die qua berekening worden benaderd als cirkelvormige plas.

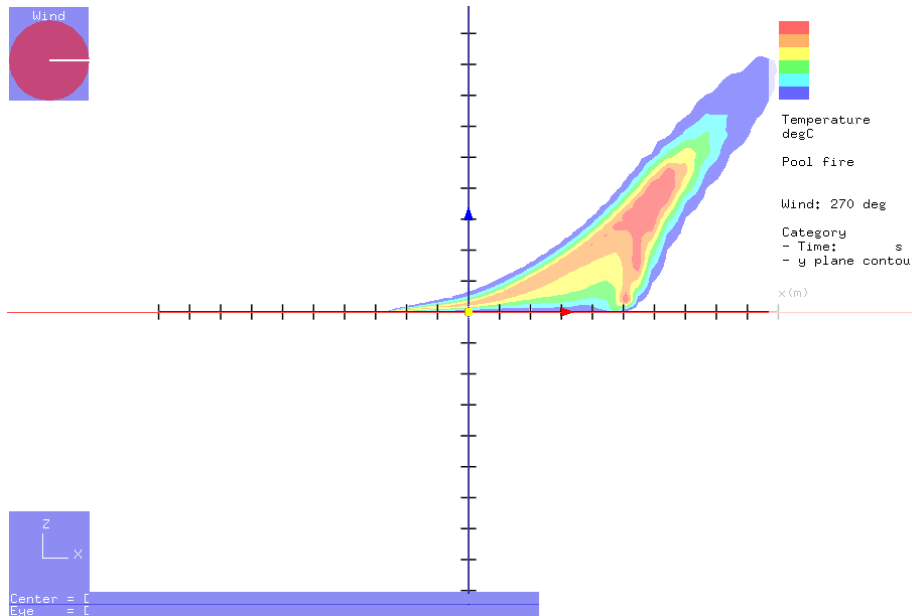
Rechthoekige plasbranden

De vorm van een plas heeft invloed op de effecten van de plasbrand, waaronder de verbrandingssnelheid [$\text{kg.s}^{-1}.\text{m}^{-2}$], de vlamstructuur en -lengte [m], de vlamtemperatuur [K] en de warmtestraling [kW.m^{-2}]. De verbrandingssnelheid van een plasbrand hangt nauw samen met de vlamstructuur, de temperatuurverdeling en de warmtestraling. De verbrandingssnelheid wordt bepaald door de warmteoverdracht van de plas met vloeistof met de warmteconvectie en -straling van de vlam en de warmtegeleiding door de randen van de plas. De vlamstructuur (vlamcontour) van een rechthoekige plasbrand heeft een trapeziumvorm. Dit komt door de asymmetrische luchttoevoer. Als gevolg hiervan zijn de verbrandingskenmerken van een rechthoekige plasbrand complexer dan bijvoorbeeld die van een cirkelvormige plas.

Er zijn verschillende experimenten gedaan met rechthoekige plasbranden. Voor een rechthoekige plasbrand met verschillende lengte-breedteverhoudingen blijkt dat de verbrandingssnelheid aanvankelijk afneemt en daarna weer toeneemt als de lengte-breedteverhouding toeneemt. Grofweg is dit verdeeld in twee regimes, namelijk tot een lengte-breedteverhouding van circa 6 tot 8 en een lengte-breedteverhouding die hoger ligt dan 6 tot 8. Tot de drempelwaarde van 6-8 (lengte-breedteverhouding) wordt uitgegaan van een constante vlamhoogte en constante maximale warmtestraling²⁰.

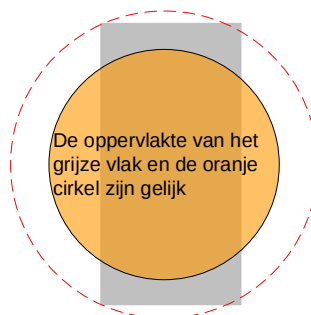
Bij een lengte-breedteverhouding van meer dan circa 6 tot 8 zullen de vlammen steeds hoger worden naarmate de lengte-breedteverhouding ook groter wordt. Opgemerkt wordt dat dit geldt als de wind over de lange zijde van de rechthoek gaat. Gaat de windrichting echter over de korte zijde van de rechthoek, dan zullen de effecten ongeveer gelijk zijn aan een equivalente vierkante plasbrand. Er is voor zeer lange rechthoekige plasbranden nog geen gevalideerd rekenmodel voorhanden om op een robuuste en generieke wijze zo'n rechthoekige plasbrand door te rekenen. Wel is duidelijk dat als de wind over de lange zijde van zo'n rechthoek gaat, zich hoge vlammen zullen ontwikkelen aan de benedenwindse rand van de plas, maar dat de vlamhoogte nabij het bovenwindse deel van de plas zeer beperkt zal zijn. Zie onderstaande figuur voor een impressie:

²⁰ Bron: Manhou Li et al. Experimental study and new-proposed mathematical correlation of flame height of rectangular pool fire with aspect ratio and mass burning rate. In: *Energy* Volume 255, 15 september 2022, 124604



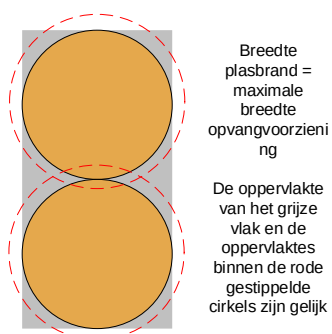
Modelleren van rechthoekige plassen

Zoals eerder benoemd zullen rechthoekige plasbranden waarvan de lengte-breedteverhouding 6-8 of minder is ongeveer gelijke effecten aan de rand van de plas hebben als een vierkante plasbrand. Daarom is gekozen voor de benadering van equivalente cirkelvormige plassen. Hierbij wordt niet simpelweg het oppervlak van de rechthoek gebruikt voor het oppervlak van de cirkel. Want anders kan de situatie ontstaan dat de effectafstand (gemeten uit het hart van de plasbrand) aan de lange zijde van de rechthoek buiten de plas reikt, terwijl aan de korte zijde de plas veel verder ligt dan



de cirkel (zie illustratie als voorbeeld):

Door een plasbrand te modelleren als een cirkelvormige plas met een oppervlakte gelijk aan een vierkant van de kortste breedte, wordt een realistischer effectafstand berekend zolang de lengte-breedteverhouding 6 of minder is. Dit illustreert de volgende figuur:



De diameter van de equivalente cirkel is in dat geval gelijk aan de kortste zijde van de rechthoek.

4 Parameters effectberekeningen

Parameters die bepalend zijn voor de berekening, zijn:

1. uitstroomhoeveelheid.
2. meteorologische omstandigheden.

Uitstroomhoeveelheid

Voor de uitstroomhoeveelheid is uitgegaan van het volgende:

- Inhoud van een tankwagon is 80 m³ (RIVM: Rekenmethode rangeerhandelingen spoorwegemplacements, 12 april 2021).
- Save-rapport 1989 gaat uit van 80 m³ en maximaal 50% uitstroom die bijdraagt aan het maximale plasoppervlak vanwege 'de ervaring leert'. Dat betekent een plas met een maximale inhoud van 40 m³.
- De uitstroom van de ethanolbrand Kijfhoek in 2011 duurde 12 uur, wat impliceert dat de uitstroom (na verloop van tijd) beperkt was.
- Uit uitstroomproeven op het spoor blijkt dat de tankwagon op den duur vacuüm trekt, waardoor uitstroom zeer wordt beperkt (rapport uitstroomproeven tankcontainers, locatie ETT/OCI en Euromax Maasvlakte, Save-rapport CB56, 22 oktober 2013).
- Bij een gat of scheur zal bij een tankwagon met atmosferische vloeistof alleen de vloeistof boven het gat kunnen vrijkomen. Bij een (relatief) volle wagon zal er na verloop van tijd een vacuüm boven in de tankwagon ontstaan, waardoor de uitstroom wordt beperkt.

Bij de uitstroom van een tankwagon kan in eerste instantie een grote uitstroom plaatsvinden, wat tot een relatief grote plas kan leiden. Er wordt van uitgegaan dat de eerste 50% van de tankwagoninhoud (40 m³) de grootte van de plas bepaalt en dat de overige 50% bij langzamere uitstroom in een latere fase vrijkomt als de brandweer al bezig is met een inzet.

Meteorologische omstandigheden

De meteorologische omstandigheden bepalen de maximale effectafstanden. Hiervoor gelden de volgende punten:

- Voor de berekeningen van effecten voor Brzo-bedrijven moet uitgegaan worden van F1,5 of D5 conform PGS 6 (maart 2021):
 - Bijlage G Installatiescenario's: als in het scenario wordt uitgegaan van een LoC in de open lucht, moet ook worden aangegeven van welk weertype wordt uitgegaan (F1,5 of D5).
 - Bijlage I Brandweerscenario I: indien F1,5 aantoonbaar niet realistisch is voor een Seveso-inrichting, kan worden gekozen voor D5.
 - Bijlage J Rampscenari's: ga uit van standaard weerscondities F1,5 en/of D5. Op verschillende ontstekingsmomenten binnen dat tijdsbestek kan de schade-effectomvang worden uitgewerkt onder de weerscondities D5 en/of F1,5.

Voor plasbranden geldt dat vanwege de grotere zuurstoftoevoer D5 grotere effecten geeft dan F1,5. Daarom is uitgegaan van D5 in de effectberekeningen. Opgemerkt wordt dat in de berekening wordt uitgegaan van cirkelvormige plassen. Daarmee is de windrichting niet bepalend.

Rekenmodel

Per 1 april 2020 is Safeti-NL versie 8 het door de Nederlandse overheid voorgeschreven rekenprogramma voor het berekenen van externe veiligheidsrisico's van inrichtingen en buisleidingen met gevaarlijke stoffen. Het rekenhart van Safeti-NL versie 8 is gelijk aan dat van Phast. In dit rapport is voor de berekeningen gebruik gemaakt van het rekenprogramma Phast versie 8.61, waarbij zo veel mogelijk de standaardwaarden en standaardopties in het programma zijn gehanteerd. Alternatieven of opties in Phast, zoals het CFD-model (KFX) of het 2-zonemodel, zijn niet gebruikt. De twee genoemde modellen zijn namelijk niet gevalideerd met praktijkdata.

5 Berekenende effectafstanden

De effecten die berekend worden met een effectberekening, zijn afhankelijk van de parameters voor de berekening en het model dat daarvoor wordt gebruikt. Uitgegaan wordt van:

- voorbeeldstof: N-hexaan
- weertype: D5
- afscherming en dergelijke zijn niet in de berekening betrokken
- in alle gevallen is uitgegaan van 40 m³ inhoud die vrijkomt
- maximale brandduur is zonder berging van plas in ballastbed of opname door bodem (zand/klei en dergelijke).

Er worden twee typen plassen onderscheiden waarvoor de effectafstanden bepaald worden:

1. Cirkelvormige plassen.
2. Rechthoekige plassen.

Daarnaast is er een berekening uitgevoerd voor fakkelbranden.

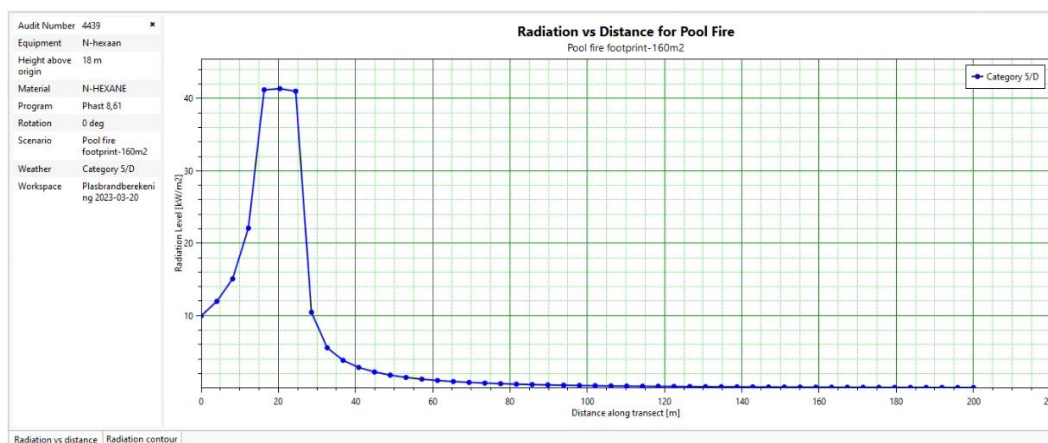
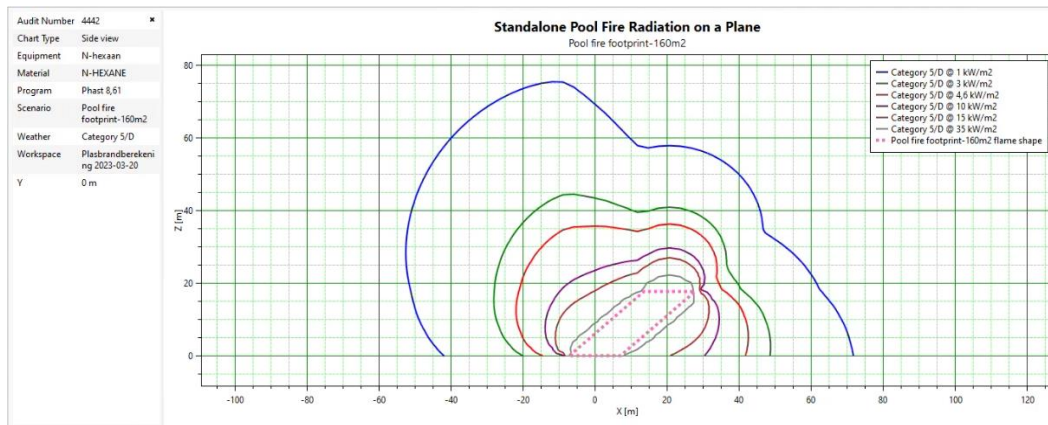
Cirkelvormige plassen

Onderstaande tabel toont een overzicht van de effecten:

Plasoppervlak	Plasdiameter	Max. kW/m ² op 18 m hoogte	Maximale brandduur
[m ²]	[m]	[kW/m ²]	[min]
10	3,6	4,0	476,2
20	5,0	6,0	238,1
50	8,0	17,0	95,2
60	8,7	18,0	79,4
80	10,1	27,0	59,5
100	11,3	34,0	47,6
160	14,3	42,0	29,8

Voor locaties waar plassen een onbeperkte omvang kunnen nemen, moet rekening gehouden worden met een hittestraling van meer dan 40 kW/m^2 op 18 meter hoogte. De vlammen van een grotere plasbrand kunnen tot 30 meter hoog komen.

Voor de beeldvorming is voor een plasbrand met een diameter van 160 m^2 in een dwarsdoorsnede een overzicht van de hittestraling op 18 meter aan de berekening toegevoegd.



Rechthoekige plassen

Met name als de ondergrond bestaat uit een mix van zand, klei en ballastbed en verschillende hoogteliggingen kent, zullen de plassen de vorm van het spoor en de directe omgeving van het spoor volgen. Vanwege de aanwezige belemmeringen kunnen dan geen cirkelvormige plassen ontstaan.

Bestaan er wel belemmeringen voor de vorm van de plas, dan zullen die waarschijnlijk een plas de vorm geven die overeenkomt met de lay-out van het spoor, dat wil zeggen rechthoekige plassen. Dat kan plasvorming tussen de sporen zijn, maar ook direct naast het spoor. Voor rechthoekige plassen geldt:

1. Tussen de sporen liggen de porfierpaden, hiervoor geldt:

- Breedte tussen spoorstaven circa 2 m.
- Breedte tussen grindbed van twee naast elkaar liggende sporen over het algemeen 1,5 meter of minder. Dus uitgegaan van breedte porfierpad van 1,5 m.

2. Bij een brand waarbij uitstroming plaatsvindt over twee porfierpaden (aan weerszijden van een spoor), is de berekening ingewikkeld, ook vanwege de afscherming door wagons. Een conservatieve benadering is uit te gaan van een enkele lijnbron van 3 meter breed.

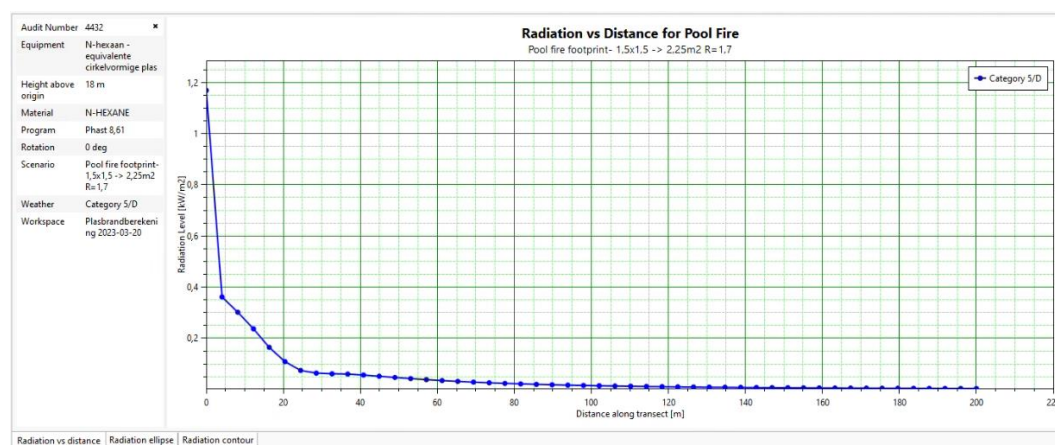
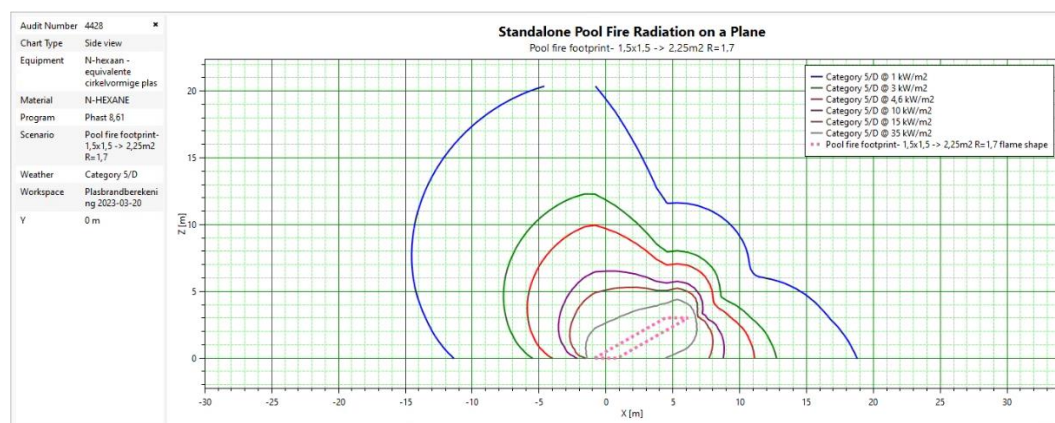
Een overzicht van de effecten staat in onderstaande tabel:

Breedte	Max. lengte	Max. kW/m ² op 18 m hoogte
[m]	[m]	[kW/m ²]
1,5	9	1,2
3	18	3,8

Uitgaande van een langwerpige vloeistofplas, moet op 18 meter hoogte rekening worden gehouden met een warmtestraling van 1 tot 4 kW/m².

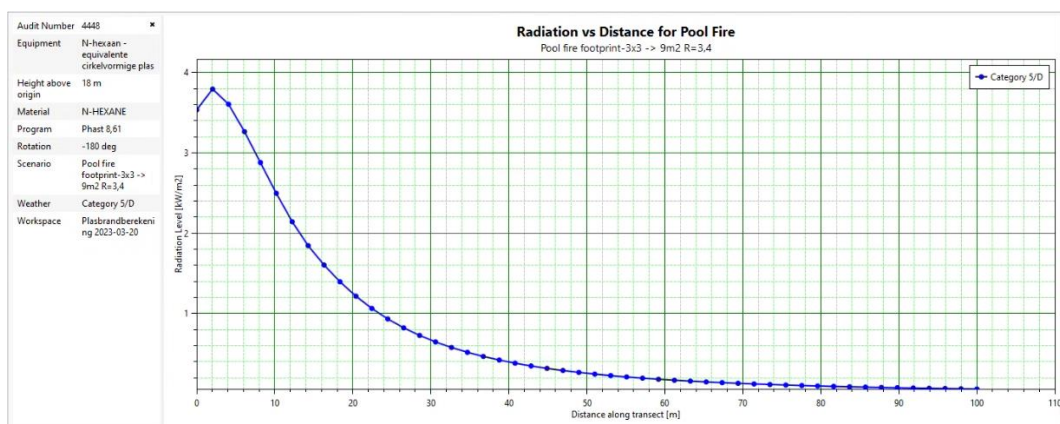
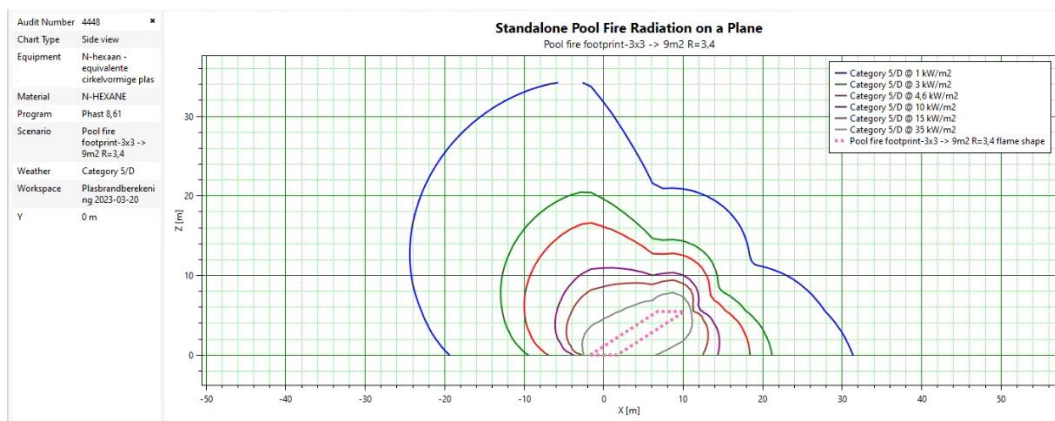
Een porfierpad van 1,5 meter breed

De equivalente diameter voor een vierkant van 1,5 m x 1,5 m is $R=1,7\text{m}$. Op 18 meter hoogte is de warmtestraling maximaal 1,2 kW/m². Opgemerkt wordt dat dit geldt voor een plas die beperkt blijft tot 1,5 x 9 meter. Een langere plas wordt niet aannemelijke geacht. De vloeistof zal dan eerder wegstromen in het ballastbed van de naastgelegen sporen.



Twee porfierpaden van samen 3 meter breed

Deze rechthoek is gesimuleerd door middel van equivalente cirkelvormige plassen. De equivalente diameter voor een vierkant van 3 m x 3 m is $R=3,4\text{m}$. Op 18 meter hoogte is de warmtestraling maximaal $3,8\text{ kW/m}^2$. Opgemerkt wordt dat dit geldt voor een plas die beperkt blijft tot 3 x 18 meter. Een langere plas wordt niet aannemelijke geacht. De vloeistof zal dan eerder wegstromen in het ballastbed van de naastgelegen sporen.



Fakkelbranden

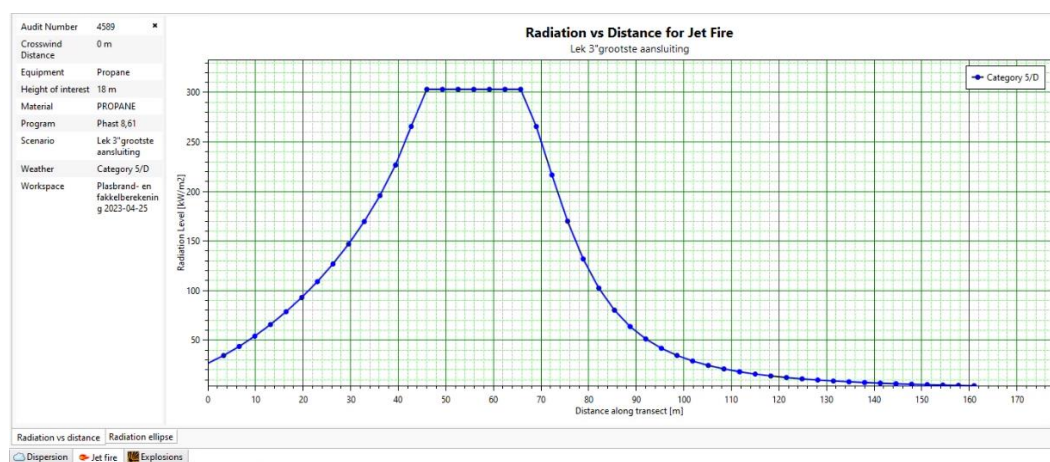
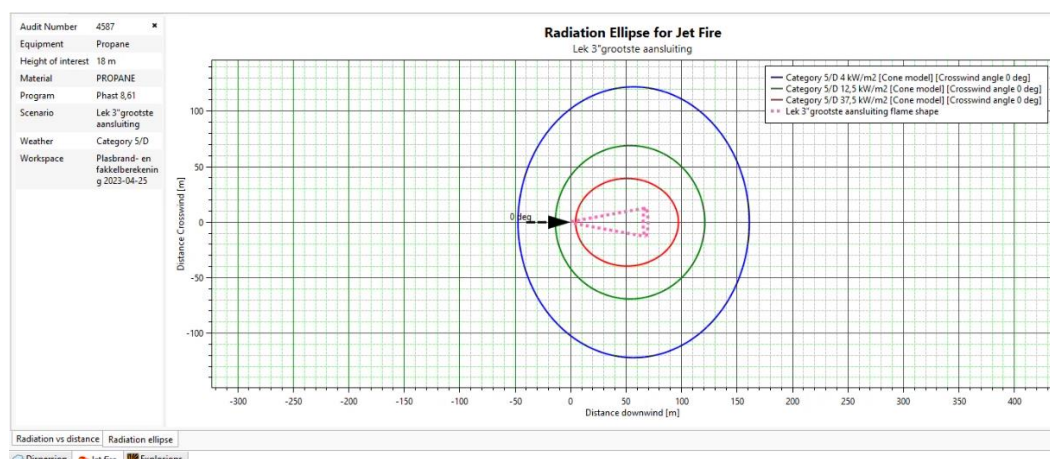
Een fakkelbrand kan ontstaan als er onder druk een brandbare vloeistof of brandbaar gas vrijkomt en direct ontsteking plaatsvindt. De grootste effecten van een fakkelbrand worden berekend voor een brandbaar gas dat tot vloeistof verdicht is. Voor spoorvervoer is dat categorie A, waarvoor propaan als voorbeeldstof wordt gebruikt. Daarnaast bepaalt de grootte van het gat de grootte van de effectafstanden. Standaardwaarden voor de gatgrootte zijn 1 en 3 inch²¹. Bij een uitstroming zal de volledige inhoud van 80 m^3 vrijkomen. Voor een propaanwagon is dat 41.125 kg .

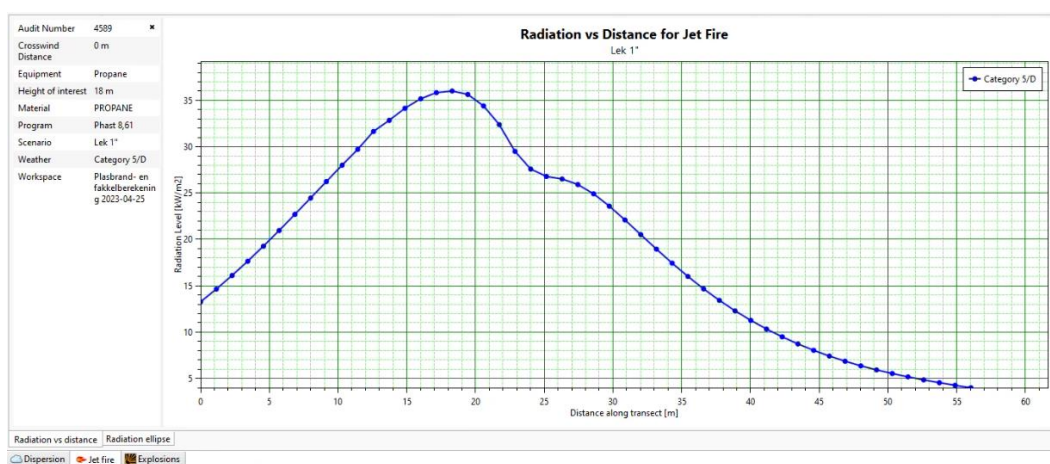
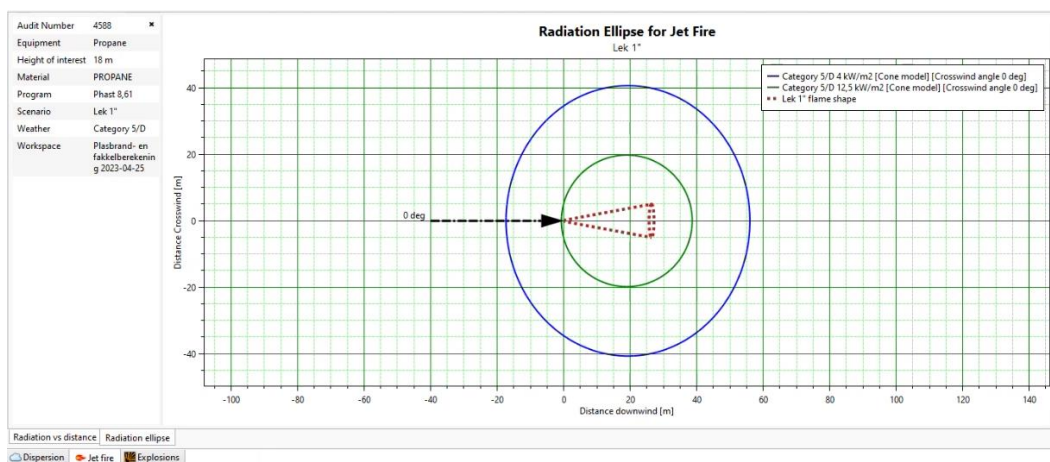
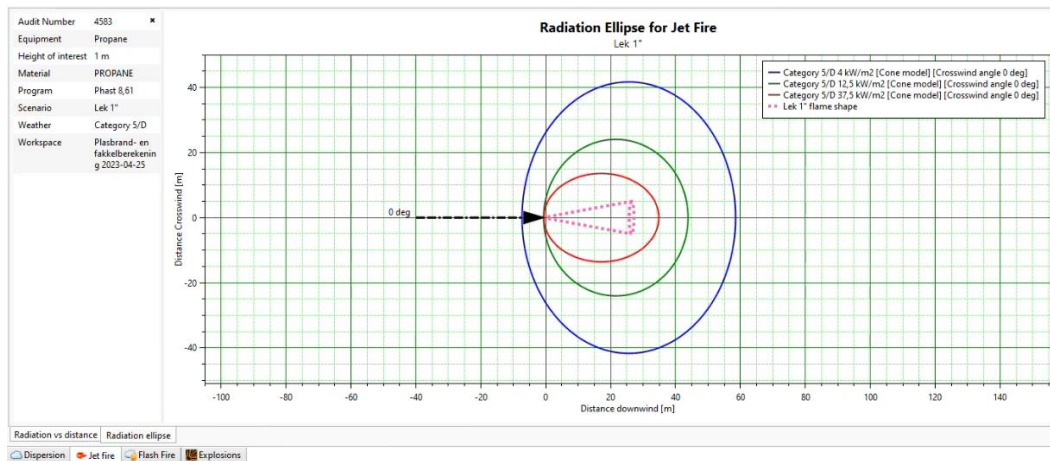
Gatgrootte	Vlamlengte	Max. straling	Max. kW/m ² op 18 m hoogte	Brandsnelheid	Maximale brandduur
["]	[m]	[kW/m ²]	[kW/m ²]	[kg/s]	[min]

²¹ Voor onderbouwing van 3 inch (75 mm) gat zie het RIVM-rapport 2019-0208 *Faalcijfers en faalmechanismen vervoer gevaarlijke stoffen per spoor Fase 1 - tussenrapportage actualisatie faalfrequenties* (RIVM-rapport 601038001/2011 A.G. Wolting)

Gatgrootte	Vlamlengte	Max. straling	Max. kW/m ² op 18 m hoogte	Brandsnelheid	Maximale brandduur
1	26,7	223	36	7,41	92,5
3	68,5	303	303	66,75	10,3

Voor de beeldvorming volgen enkele weergaven van deze fakkelbranden uit Phast.





6 Brandduur plasbrand

De duur van een plasbrand wordt door verschillende factoren bepaald:

- **Brandsnelheid van de stof.** Voor verschillende chemische brandbare vloeistoffen zoals hexaan, ethanol, octaan, acetone gelden verschillende waarden die variëren van 18 tot 0,84 cm/min. Uitgegaan wordt van N-hexaan als representatieve stof (modelstof voor stofklasse C3). N-hexaan heeft volgens Safeti-NL een brandsnelheid van 0,014 cm/s (0,84 cm/min).

- *Diepte van de plas.* Als er 40 m³ vrijkomt, is de (indirecte, effectieve) diepte van de plas gelijk aan $\text{diepte [in m]} = 40 \text{ [m}^3\text{]} / \text{oppervlakte [in m}^2\text{]}$. Een plas kan op zichzelf niet zo diep zijn, maar vanwege continue voeding uit bijvoorbeeld het ballastbed de plasbrand langer laten duren. In dat geval moet het volume van de voeding ook betrokken worden bij het bepalen van de indirecte, effectieve diepte.
- *Wel of geen zuurstofbeperking.* Voor grote plassen en plassen die omringd worden door objecten, kan zich het effect van zuurstofbeperking voordoen. Dit fenomeen wordt niet meegenomen in dit onderzoek.

Stof	Dichtheid	Brandsnelheid	Brandsnelheid
	[kg/m ³]	[m/s]	[cm/min]
N-hexaan	669,3	0,00014	0,8426
Ethanol	799,0	0,000030	0,1779
N-octaan	714,8	0,00010	0,6142
Acetone	802,8	0,000055	0,3310

In navolgende tabel ter indicatie de berekende brandduur bij verschillende plasoppervlaktes van de stof N-hexaan.

Plasoppervlak	Brandsnelheid			Inhoud plas	Effectieve diepte plas	Maximale brandduur
[m ²]	[kg/s]	[l/s]	[cm/s]	[m ³]	[cm]	[min]
10	0,94	1,41	0,014	40	400,0	472,2
20	1,82	2,73	0,014	40	200,0	244,6
50	4,67	6,98	0,014	40	80,0	95,5
60	5,52	8,25	0,014	40	66,7	80,8
100	9,32	13,92	0,014	40	40,0	47,9
160	14,86	22,20	0,014	40	25,0	30,0
200	18,68	27,91	0,014	40	20,0	23,9
600	55,59	83,05	0,014	40	6,7	8,0

- De weergegeven plasdiepten zijn theoretisch; in de praktijk kunnen op het emplacement dergelijke plassen niet een diepte hebben van (bijvoorbeeld) 2 of 4 meter. In die gevallen zal altijd verdere uitstroom plaatsvinden en het oppervlak groter worden dan 10 of 20 m².
- De weergegeven brandduur is zonder inzet van de brandweer (blussen), dus waarbij de brand onbeperkt, zonder ingrijpen, zou doorbranden.

Conclusie

Een maximale plas van 600 m^2 die kan ontstaan op een ondergrond van zand, klei of asfalt, zou in 8 minuten opgebrand kunnen zijn. Bij een plas van 160 m^2 kan dat tot een half uur duren en kleinere plassen zouden zelfs vele uren kunnen doorbranden.



WIJ ZIJN BERENSCHOT, GRONDLEGGER VAN VOORUITGANG

Nederland is continu in ontwikkeling. Maatschappelijk, economisch en organisatorisch verandert er veel. Al 85 jaar volgen wij als adviesbureau deze ontwikkelingen op de voet en werken we aan een vooruitstrevende samenleving. De behoefte om iets fundamenteels te betekenen voor mens en maatschappij zit in onze genen. Met onze adviezen en oplossingen hebben we dan ook actief meegebouwd aan het Nederland van vandaag. Altijd op zoek naar duurzame vooruitgang.

Alles wat we doen, is onderzocht, onderbouwd en vanuit meerdere invalshoeken bekeken. Zo komen we tot gefundeerde adviezen en slimme oplossingen. Die zijn op het eerste gezicht misschien niet altijd de meest voor de hand liggende. Juist deze eigenzinnigheid maakt ons uniek. Daarbij zijn we niet van symptoombestrijding. En gaan pas naar huis als het is opgelost.

Berenschot B.V.

Van Deventerlaan 31-51, 3528 AG UTRECHT
Postbus 8039, 3503 RA UTRECHT
030 2 916 916
www.berenschot.nl

Berenschot





RAPPORT

Incidentenbestrijding emplacements

Beantwoording deelvraag 2

69465 – Vertrouwelijk – 29 juni 2023

Berenschot – Royal HaskoningDHV – Antea Group – DNV

Inhoudsopgave

Hoofdstuk 1.....	3
Inleiding.....	3
Hoofdstuk 2.....	6
Huidige procedures	6
Hoofdstuk 3.....	8
Achtergrond elektrische veiligheid	8
3.1 Ontlading en veiligheidsafstand.....	8
3.2 Stap- en aanraakspanning en opstellijn.....	9
Hoofdstuk 4.....	12
Mechanische risico's tijdens brand	12
4.1 Aanpak	12
4.2 Tijd tot falen	14
4.3 Valsimulatie van de geleider	18
Hoofdstuk 5.....	21
Tijdverloop huidige procedures	21
Hoofdstuk 6.....	25
Mogelijkheden om te versnellen.....	25
Hoofdstuk 7	26
Samenvatting en conclusie.....	26
Hoofdstuk 8.....	27
Referenties.....	27

HOOFDSTUK 1

Inleiding

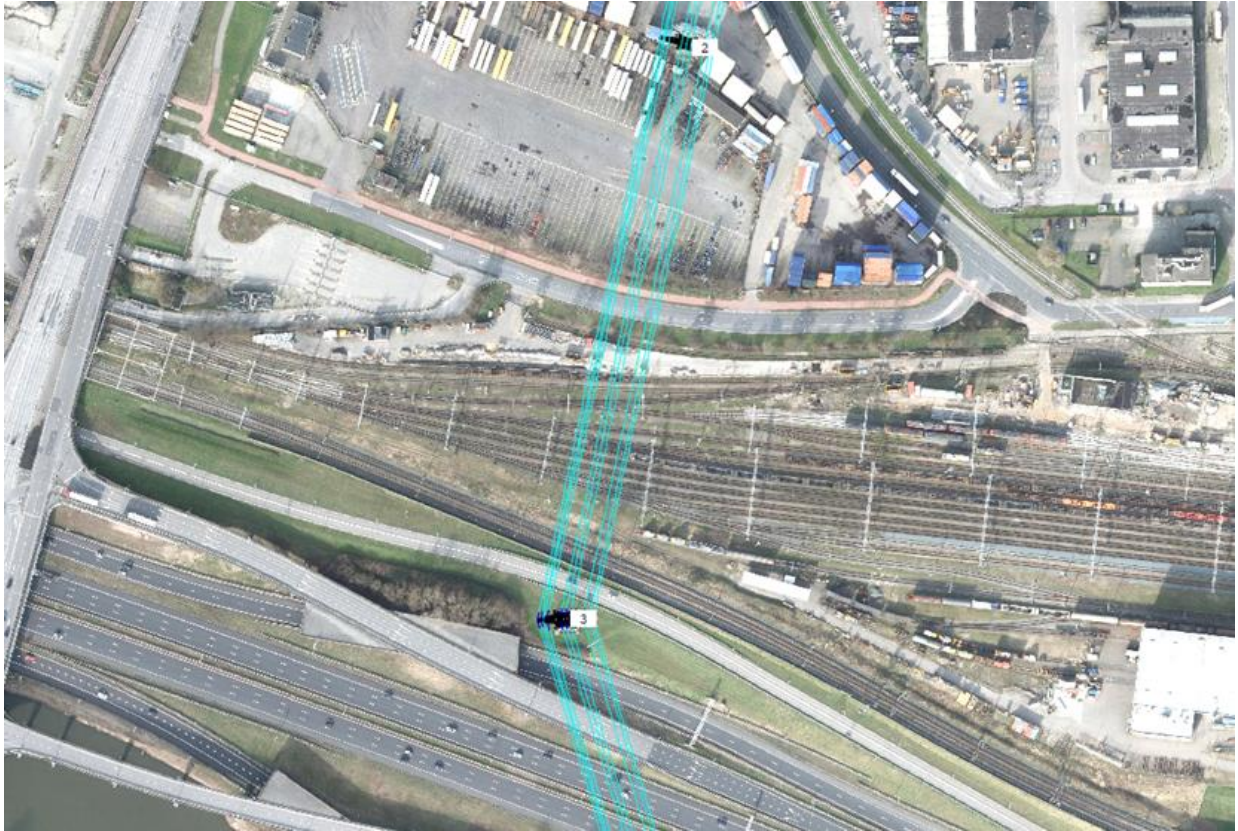
In het kader van het onderzoek naar de (on)mogelijkheden van bestrijding van incidenten met gevaarlijke stoffen onder of nabij hoogspanningslijnen en -masten op Maasvlakte-West en Waalhaven-Zuid wordt in dit document ingegaan op de beantwoording van deelvraag 2:

Hoe kan het afschakelen en veiligstellen van hoogspanning worden versneld, zodat binnen 20 minuten met de daadwerkelijke bestrijding kan worden aangevangen, volgens de gebruikelijke werkwijze van de hulpdiensten.

Bij deze deelvraag zijn de volgende subvragen gesteld:

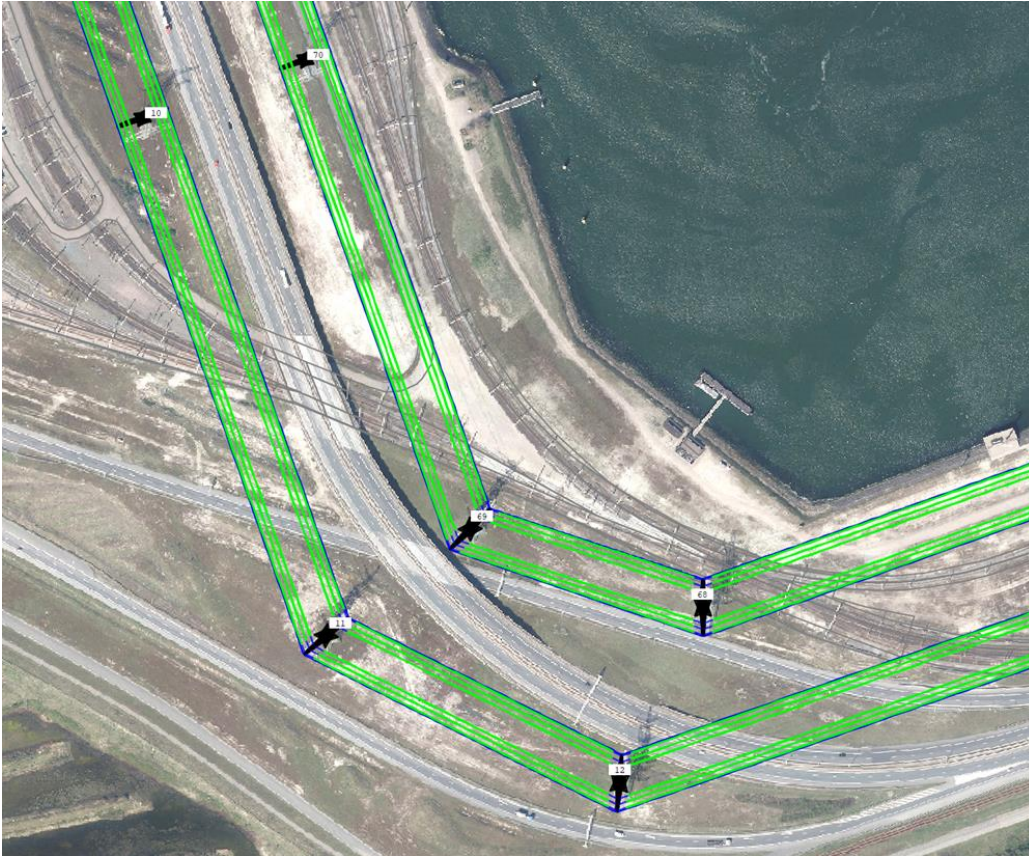
- Geef aan welke actie door welke partij moet worden ondernomen om versneld te kunnen afschakelen en veiligstellen.
- Geef het tijdverloop aan van deze acties, van het moment van melding van het incident tot het moment dat met bestrijding kan worden begonnen.
- Geef aan of (aangepaste) regelgeving of nieuwe afspraken nodig zijn om de voorgestelde werkwijze mogelijk te maken en zo ja, welke.

De situatie bij Waalhaven-Zuid is weergegeven in Figuur 1. Een 150kV-hoogspanningslijn kruist het emplacement Waalhaven-Zuid tussen mast 2 en 3.

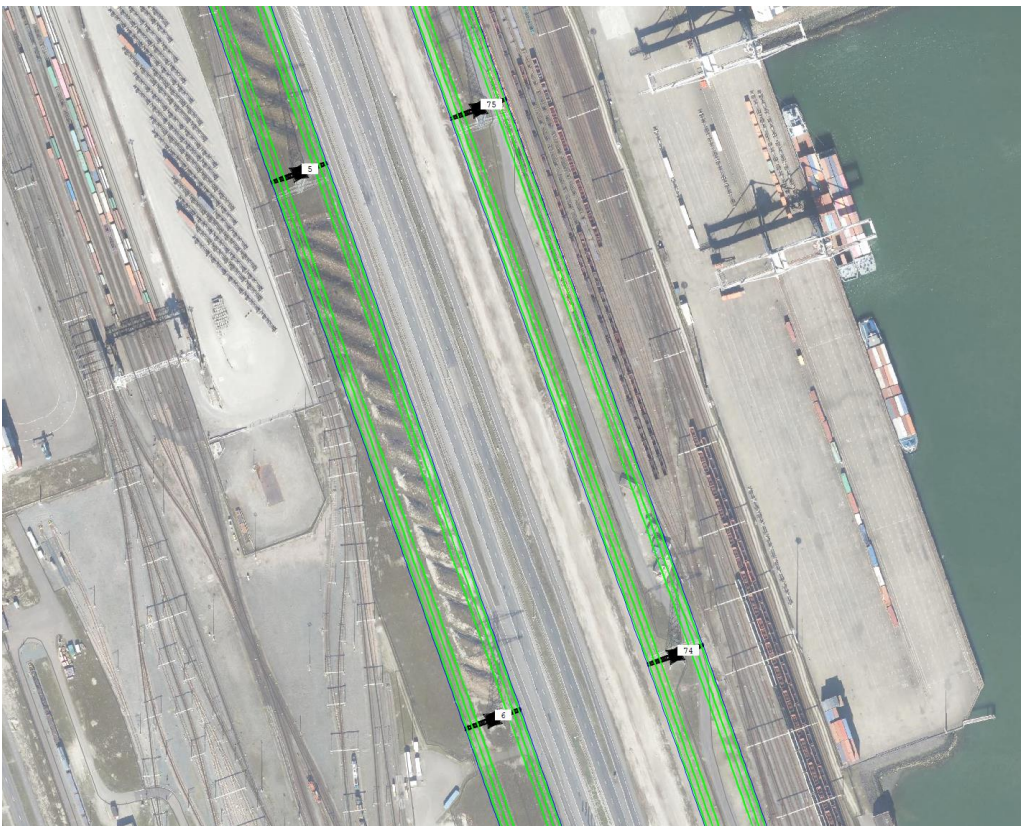


Figuur 1. De kruising van de 150KV-hoogspanningslijnen met emplacement Waalhaven-Zuid.

De situatie bij Maasvlakte-West is weergegeven in Figuur 2 en Figuur 3. Twee 380kV-hoogspanningslijnen kruisen het emplacement Maasvlakte-West; de oostelijke hoogspanningslijn tussen mast 69 en 70, de westelijke lijn tussen masten 10 en 11. Bij het veld tussen de masten 5 en 6 loopt het emplacement parallel met de hoogspanningslijn op ongeveer 20 meter afstand.



Figuur 2. De kruisingen van de 380kV-hoogspanningslijnen met emplacement Maasvlakte-West.



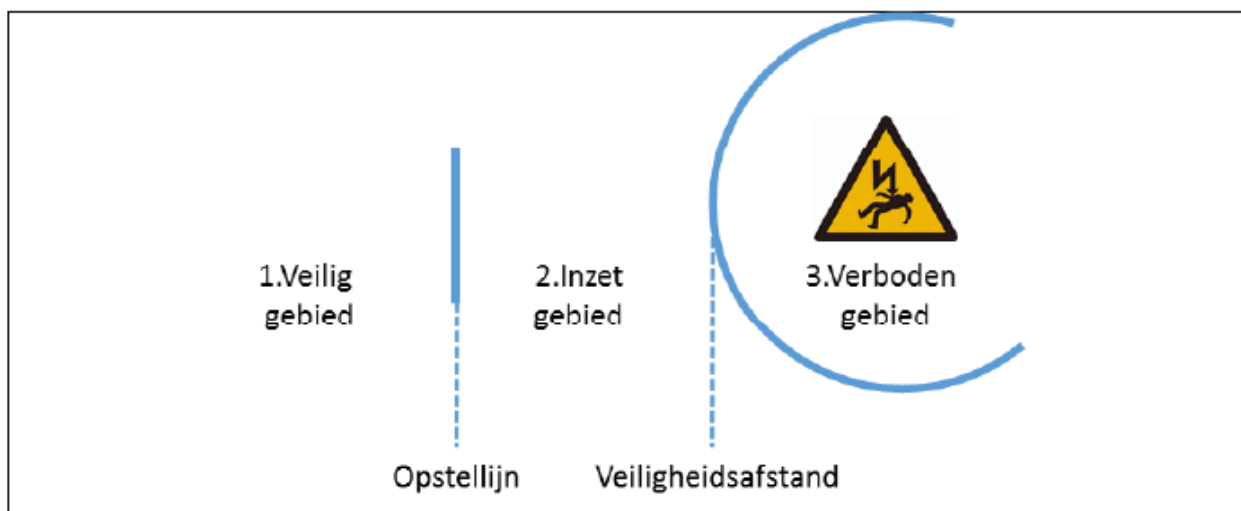
Figuur 3. De parallelloop van de 380kV-hoogspanningslijn (tussen mast 5 en 6) met emplacement Maasvlakte-West.

HOOFDSTUK 2

Huidige procedures

Voordat antwoord gegeven kan worden op de vraag of de bestaande procedure versneld kan worden, is het zaak de bestaande procedure in kaart te brengen. De procedure voor het bestrijden van incidenten nabij hoogspanningslijnen en -masten is beschreven in het kennisdocument van Brandweer Nederland: 'Brandweeroptreden nabij elektriciteit' [4]. In het TenneT-document 'Uw veiligheid en de ongestoorde werking van de bovengrondse hoogspanningsverbinding' [3] is informatie opgenomen over het uitvoeren van werkzaamheden nabij hoogspanningslijnen.

In het kennisdocument van Brandweer Nederland zijn de opstellijn en veiligheidsafstand opgenomen die aangehouden dienen te worden bij brandweeroptreden nabij hoogspanning. Beide zijn schematisch weergegeven in Figuur 4.



Figuur 4. Opstellijn en veiligheidsafstand (bron: kennisdocument Brandweer Nederland [4]).

De opstellijn en veiligheidsafstand zijn spanningsafhankelijk. In genoemd kennisdocument wordt onderscheid gemaakt tussen de categorieën 'distributie' en 'transport'. Zowel Maasvlakte-West als Waalhaven-Zuid valt in de categorie 'transport', omdat het 380kV-hoogspanningslijnen bij Maasvlakte-West en een 150kV-hoogspanningslijn bij Waalhaven-Zuid betreft. Voor 'transport' geldt conform het kennisdocument een opstellijn van 25 meter en een veiligheidsafstand van 5 meter als de hoogspanningslijn niet zelf betrokken is in het incident (zie In Hoofdstuk 3 gaan we nader in op de achtergrond van de opstellijn en veiligheidsafstand.

Tabel 1).

In Hoofdstuk 3 gaan we nader in op de achtergrond van de opstellijn en veiligheidsafstand.

Tabel 1 Opstellijn en veiligheidsafstand bij categorie 'transport' (bron: kennisdocument Brandweer Nederland [4])

Lijn of installatie is zelf betrokken bij incident?	Opstellijn ²	Veiligheidsafstand ³
Ja	Installatie: 25 m vanaf de buitenzijde van het terrein of gebouw vanwege het gevaar van voor een drukgolf.	25 m. De veiligheidsafstand is gelijk aan de opstellijn. Niemand moet voorbij de opstellijn gaan.
	Kabels/lijn: 25 m vanaf het punt waar de lijn de grond raakt, in verband met stapspanning.	
Nee	25 m, om rekening te houden met mogelijke escalatie.	5m om nabijheid te voorkomen ⁴ .

De opstellijn van 25 meter is ook vanuit TenneT een afstand die minimaal aangehouden dient te worden. Achter de opstellijn bevindt zich het 'veilig gebied' waar de brandweer zich veilig kan bevinden.

Het kennisdocument maakt onderscheid tussen defensief en offensief gebruik van blusmiddelen. Wanneer met de blusmiddelen de veiligheidsafstand tot de geleiders van de hoogspanningslijn wordt aangehouden, spreekt het kennisdocument van 'defensief gebruik van blusmiddelen'. Alle blusmiddelen kunnen veilig ingezet worden bij defensieve inzet.

Indien er dicht bij de geleider geblust moet worden en de veiligheidsafstand niet wordt aangehouden, spreekt het kennisdocument van 'offensief gebruik van blusmiddelen'. 'Offensief gebruik van blusmiddelen' is alleen mogelijk wanneer er sprake is van een 'dringende taak', bijvoorbeeld als er reddend opgetreden moet worden of er grote belangen op het spel staan.

HOOFDSTUK 3

Achtergrond elektrische veiligheid

De twee belangrijkste mechanismen waar in het kader van elektrische veiligheid nabij hoogspanningslijnen rekening mee gehouden moet worden, zijn ontladingen en stap- en aanraakspanningen. De veiligheidsafstand is gerelateerd aan ontladingen, de opstellijn aan stap- en aanraakspanning. Op beide aspecten wordt hieronder kort ingegaan.

3.1 Ontlading en veiligheidsafstand

Een hoogspanningslijn is zodanig ontworpen dat onder alle bedrijfsomstandigheden een eventuele ontlading naar externe objecten wordt voorkomen. De afstanden tot externe objecten, zoals huizen, bomen en voertuigen, moet daarom altijd groter zijn dan de interne afstanden in de hoogspanningslijn.

De interne afstanden in de hoogspanningslijn betreffen de afstanden tussen de onder spanning staande geleider en de ondersteunende constructie (de mast). Als de interne afstand in de mast kleiner is dan de afstand tot externe objecten, vinden eventuele ontladingen plaats over de isolatoren of rechtstreeks naar de mastconstructie en niet naar het externe object.

De kans op ontlading is het grootst wanneer er overspanningen in het hoogspanningsnet optreden. Overspanningen – kortstondige spanningen hoger dan de bedrijfsspanning – treden op bij een blikseminslag in de hoogspanningslijn en bij schakelhandelingen in het hoogspanningsnet.

De interne afstanden in de mast zijn zodanig ontworpen dat de hoogspanningslijn het gewenste niveau van betrouwbaarheid heeft. De interne afstanden zijn zodanig gekozen dat niet bij iedere blikseminslag of schakelhandeling er een ontlading over de isolator optreedt. Als er een ontlading over de isolator plaatsvindt, neemt de beveiliging de hoogspanningslijn uit bedrijf, wat de kans op een stroomstoring van gebruikers tot gevolg heeft.

Verder is de hoogspanningslijn zodanig ontworpen dat de afstand naar alle aanwezige externe objecten afgestemd is op de interne afstanden. Dit betekent dat de isolatiewaarde van de externe afstanden altijd groter moet zijn dan de interne afstanden. De externe afstanden zijn gebaseerd op de norm voor hoogspanningslijnen NEN-EN 50341: 'Bovengrondse hoogspanningslijnen voor wisselspanning hoger dan 1 kV' [6].

Het is van groot belang dat er geen personen of objecten, of een ononderbroken waterstraal, dichterbij de onder spanning staande geleider komen dan de afstand naar externe objecten die voor het ontwerp is aangehouden.

De in het kennisdocument van Brandweer Nederland [4] gespecificeerde veiligheidsafstand van 5 meter voor transport voldoet aan de voor hoogspanningslijnen in Nederland van toepassing zijnde afstanden.

3.2 Stap- en aanraakspanning en opstellijn

Om een inschatting te maken van de veiligheidsrisico's in het geval een hoogspanningslijn bezwijkt, zijn de stap- en aanraakspanning relevant bij het neerkomen van geleiders. Als een geleider van een in bedrijf zijnde hoogspanningslijn breekt en de grond raakt, ontstaat kortsluiting tussen de onder spanning staande geleider en de aarde. De beveiliging van de hoogspanningslijn schakelt de hoogspanningslijn dan uit, maar kortstondig zal er een grote stroom van de geleider naar aarde vloeien. Als de kortsluiting plaatsvindt dicht bij de mast, zal het aardingsstelsel van de hoogspanningslijn deze veilig terugleiden naar het onderstation. In deze situatie is wel een risico op aanraakspanning ('touch voltage'), als iemand de mast aanraakt tijdens de kortsluiting en het lichaam onderdeel van het elektrische circuit wordt.

Als de kortsluiting plaatsvindt op enige afstand van de mast (en dus verder van de mastaarding), kan dit resulteren in een gevaarlijke situatie als gevolg van de spanningen die ontstaan als de stroom in de grond verdwijnt. Deze spanningen nemen de vorm aan van een trechter rond de overslaglocatie, waarbij de hoogste spanning optreedt op de overslaglocatie. Aanwezige personen in deze trechter kunnen blootgesteld worden aan hoge stapspanningen ('step voltages') wanneer hun voeten op enige afstand van elkaar staan en het lichaam onderdeel van het elektrische circuit wordt.

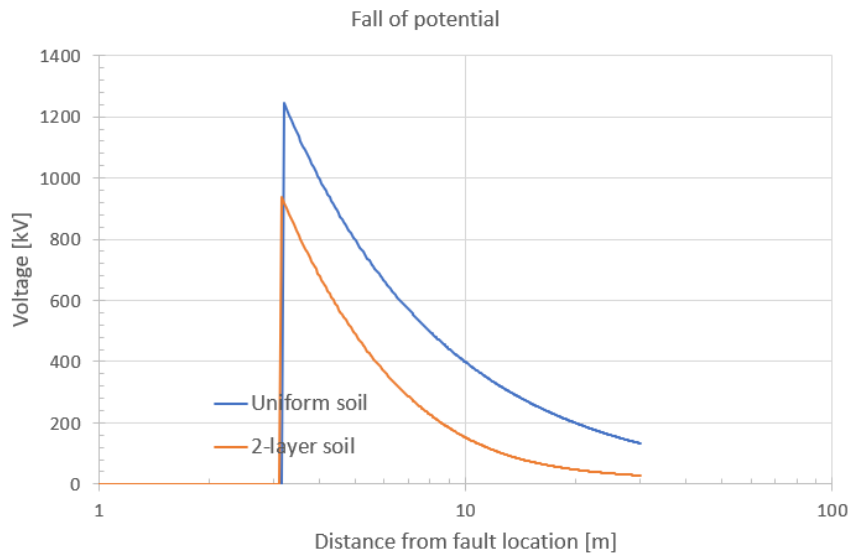
Als de kans bestaat dat een geleider breekt en kortsluiting naar aarde kan ontstaan, is het van groot belang dat er voldoende afstand tot deze locatie wordt aangehouden. Het kennisdocument van Brandweer Nederland [4] schrijft daarom een afstand (de opstellijn) van 25 meter voor die aangehouden moet worden tot de locatie waar kortsluiting kan ontstaan.

In het kader van het huidige onderzoek is een berekening uitgevoerd voor het verifiëren van de minimaal aan te houden afstand (de opstellijn) in verband met stapspanningen.

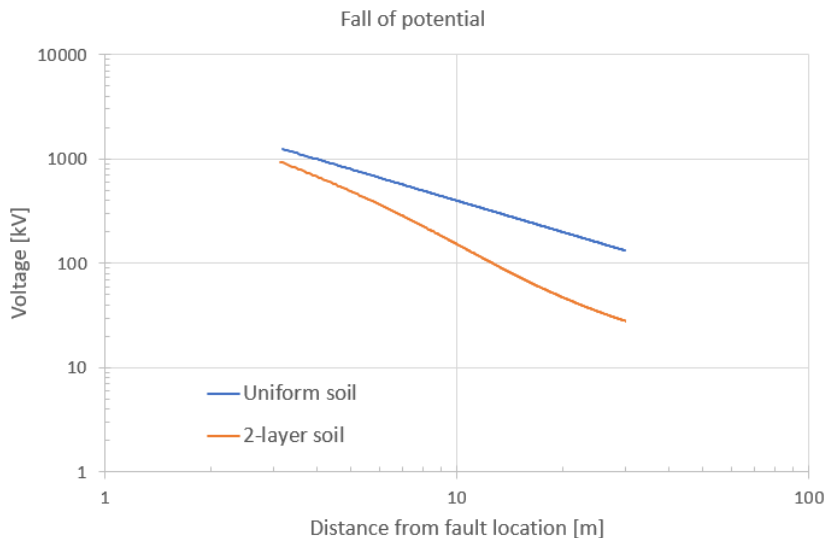
De spanningstrechter heeft normaal gesproken dezelfde vorm, maar zijn maximale potentiaal en de grootte van de trechter worden bepaald door de stroomsterkte en de weerstand van de bodem. Voor de berekening zijn de volgende conservatieve uitgangspunten genomen:

- Kortsluitstroom 50 kA. Een kortsluitstroom van 50 kA is de maximum kortsluitstroom die in een 380kV-hoogspanningslijn kan voorkomen. In het 150kV-hoogspanningsnet is de kortsluitstroom aanzienlijk lager.
- Afschakeltijd kortsluitstroom 500 ms. De beveiliging van de hoogspanningslijn zal de hoogspanningslijn binnen 70 ms afschakelen. Als deze beveiliging niet zou aanspreken, neemt de back-upbeveiliging de hoogspanningslijn binnen 270 ms uit bedrijf.
- De bodemweerstand is in Nederland relatief goed, onder andere door de aanwezigheid van grondwater. Voor de berekening zijn twee situaties bekeken. Een heel conservatieve situatie met een uniforme grondweerstand van 500 Ω m en een iets minder conservatieve situatie met een top laag van 6 meter van 500 Ω m met daaronder een bodemweerstand van 100 Ω m.
- De berekening is uitgevoerd op basis van slecht schoeisel met een weerstand van 1.000 Ω . Deze waarde voor slecht schoeisel is conform NEN-EN 50341 [6]. In werkelijkheid zullen incidentbestrijders schoeisel met een veel hogere weerstand dragen.

De spanningsval ('potentiaaltrechter') op basis van deze uitgangspunten is gegeven in Figuur 5, en nogmaals in Figuur 6 met een logaritmische schaal. De figuren laten de spanningsval zien voor de twee genoemde bodemsamenstellingen. De eerste drie meter van de grafiek is de locatie van de kortsluiting. De berekeningen zijn geverifieerd met XGSLab-software.



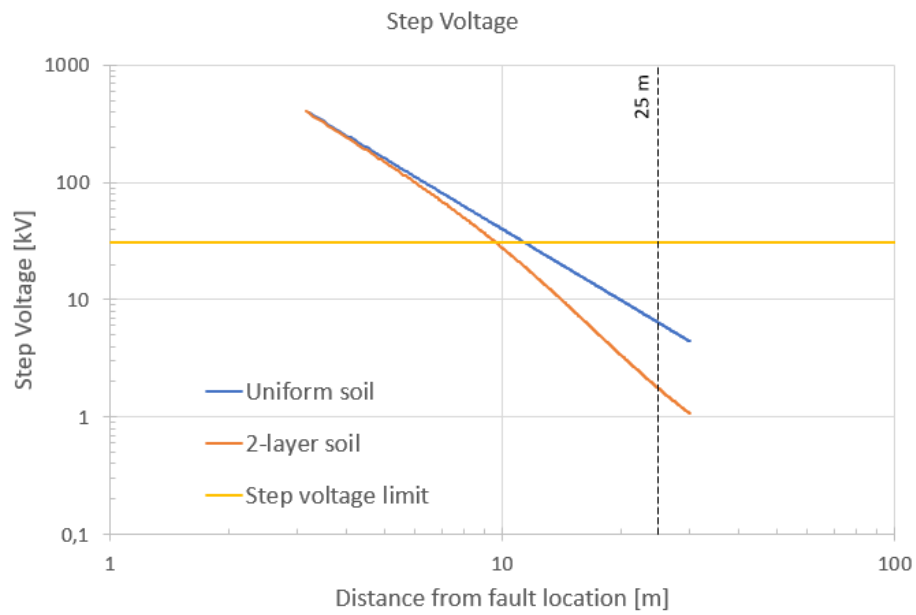
Figuur 5. Spanningstrechter bij kortsluiting naar aarde.



Figuur 6. Spanningstrechter bij kortsluiting naar aarde (logaritmische schaal).

De bij deze spanningstrechter behorende stapspanning is berekend met IEC/TS 60479-1: 'Effects of current on human beings and livestock' [7], waarin de toegestane lichaamsstromen zijn beschreven, en NEN-EN 50341 [6]. De resultaten van de berekeningen zijn gegeven in Figuur 77. De rode en de blauwe lijn zijn voor de situatie met uniforme bodemweerstand respectievelijk de situatie met een boven- en onderlaag met verschillende bodemweerstand. De horizontale lijn geeft de acceptabele stapspanning weer voor de situatie met slecht schoeisel (gele lijn).

Uit de grafiek blijkt dat de veilige afstand tot de foutlocatie ongeveer 10 meter is. De in het kennisdocument van Brandweer Nederland [4] aangehouden waarde van 25 meter voor de opstellijn voldoet ruimschoots aan deze, met conservatieve uitgangspunten, berekende waarde. Deze 25 meter opstellijn is tevens voldoende om mechanische veiligheidsrisico's uit te sluiten bij het neerkomen van de geleiders (zie paragraaf 4.3).



Figuur 7. Stapspanning bij twee bodemsamenstellingen, met slecht schoeisel.

HOOFDSTUK 4

Mechanische risico's tijdens brand

Tijdens de incidentbestrijding zijn er naast elektrische risico's ook mechanische risico's in de nabijheid van de hoogspanningslijn. Door warmteontwikkeling onder de hoogspanningslijn kan de geleider bezwijken. Als alle geleiders bezwijken, wordt de aangrenzende mast eenzijdig belast. Hier zijn niet alle masten op ontworpen. In dat geval bestaat de kans dat een mast bezwijkt. Voor de kans op bezwijken van een mast moet onderscheid gemaakt worden tussen hoekmasten en steunmasten. In hoekmasten zijn de geleiders naar beide kanten van de mast afgespannen; in een steunmast zijn de geleiders opgehangen. Een hoekmast is ontworpen om een eenzijdige belasting op te nemen [6]. Een steunmast is hier niet op ontworpen, maar de kans op bezwijken is, door de aanwezige reserves, ook bij een steunmast klein. Als de mast bezwijkt door breuk van alle geleiders in een veld, zal deze vallen in lijnrichting weg van de bezweken geleiders.

Als een mast bezwijkt, gebeurt dit in het deel van de mast waar zich de zwaarst belaste profielen bevinden. Dit is in de regel niet aan de onderkant van de mast maar ergens in het midden. Mede door het knikken van profielen zal het valbereik minder groot zijn dan de masthoogte en uitkomen op ongeveer twee derde van de hoogte van de mast.

Indien de brand zich in de directe nabijheid van de mast bevindt, zal ook het maststaal sterkte verliezen als gevolg van de brand. Als de brand voldoende omvang heeft, zullen in het algemeen de geleiders bezwijken voordat de mast bezwijkt.

De geleiders in de hoogspanningslijnen bij Maasvlakte-West zijn aluminium geleiders met een stalen kern. De geleiders bij Waalhaven-Zuid zijn van koper. Er is berekend hoe lang het duurt voordat de geleiders en mast bezwijken als gevolg van de warmteontwikkeling van een brand.

4.1 Aanpak

In dit onderzoek zijn de Europese bouwnormen voor het ontwerp van staal- en aluminiumconstructies onder brandomstandigheden toegepast: Eurocodes EN 1991-1-2 [8], EN 1993-1-2 [9] en EN 1999-1-2 [10]. Ook is literatuur over warmteoverdracht meegenomen in het onderzoek [11, 12]. Op basis van deze normen en literatuur zijn de mast en de geleider geanalyseerd.

Er zijn twee benaderingen gebruikt om de temperatuurstijging in de metalen onderdelen te berekenen. De eerste benadering kan als conservatief worden beschouwd, aangezien deze alleen rekening houdt met warmtegeleiding en convectieve koeling. De geleider bevindt zich in de vlammen en/of de rook.

Bij de tweede benadering heeft de geleider geen direct contact met de warmtebron, maar warmt deze op door stralingswarmte. De temperatuurstijging wordt berekend, rekening houdend met stralingswarmte en -koeling.

4.1.1 Nettowarmte op basis van warmtegeleiding

De componenten worden als onbeschermd metaal beschouwd. In deze benadering neemt het metaal alle warmte van de warmtecontouren op. Dit betekent dat het absorptievermogen van de geleider 100% is. Volgens EN 1993-1-2 en EN 1999-1-2 kan de temperatuurstijging in staal en aluminium volgens onderstaande berekening worden verkregen:

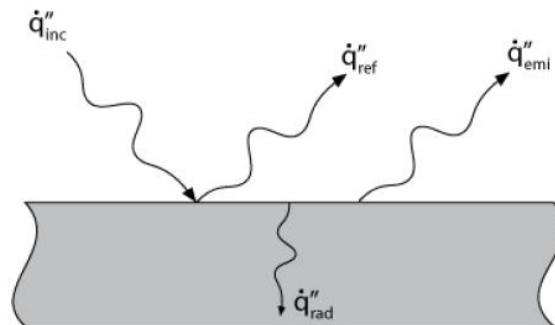
$$\Delta\theta_{a,t} = k_{sh} \frac{A_m/V}{c_a \rho_a} \dot{h}_{net,d} \Delta t \quad (1)$$

waarin:

$\Delta\theta_{a,t}$	temperatuurstijging van het metaal
k_{sh}	correctiefactor voor het schadueffect
A_m/V	doorsnedefactor van het onbeschermd metaal [1/m]
A_m	oppervlakte van de component per lengte-eenheid [m ² /m]
V	volume van de component [m ³ /m]
c_a	soortelijke warmte van metaal [J/kgK]
$\dot{h}_{net,d}$	warmtestralingscontour [W/m ²]
Δt	tijsinterval [s]
ρ_a	soortelijke massa van metaal [kg/m ³]

4.1.2 Nettowarmte op basis van stralingswarmte

Een realistischer benadering is dat de geleider een deel van de warmte van het vuur reflecteert en bovendien een groter deel van de warmte afgeeft als de geleider warmer wordt. Figuur 8 toont schematisch de warmtestraling, reflectie en koeling van de geleider.



Figuur 8. Schematische weergave warmtestraling.

De volgende formules zijn van toepassing:

$$\dot{q}_{rad} = \alpha_s \dot{q}_{inc} - \dot{q}_{emi}$$

$$\dot{q}_{emi} = \epsilon \sigma T_s^4$$

$$\dot{q}_{net} = \dot{q}_{rad} - \dot{q}_{cooling}$$

waarin:

$\dot{q}_{rad}$ = geabsorbeerde warmte [W/m²]

$\dot{q}_{inc}$ = stralingswarmte [W/m²]

$\dot{q}_{emi}$ = gereflecteerde warmte [W/m²]

$\dot{q}_{cool}$ = convectieve koeling [W/m²]

$\dot{q}_{net}$ = nettowarmte [W/m²]

α_s = absorptievermogen

ϵ = emissiviteit

σ = Stefan-Boltzmann constante [W/(m² x K⁴)]

T_s = Oppervlaktetemperatuur [K]

Met behulp van de warmtestralingscontouren en de materiaal- en geometrische eigenschappen van de component kan de temperatuurstijging in de specifieke tijdsperiode worden geschat. EN 1993-1-2 en E1999-1-2 specificeren de bijbehorende reductiefactoren van de elasticiteitsmodulus voor staal en aluminium. Er bestaat geen norm voor koper, daarom wordt een soortgelijke formule gebruikt. De gebruikte materiaaleigenschappen voor koper zijn bepaald op basis van literatuur [11, 12]. Tabel 2 geeft de reductiefactoren voor aluminium, staal en koper bij verschillende temperaturen, gebaseerd op de normen en literatuur. Het smeltpunt van aluminium is ongeveer 660°C, van staal meer dan 2.500°C en van koper ongeveer 1.085°C.

Tabel 2 De elasticiteitsmodulus van aluminium en de reductiefactor voor de elastische rekgrens van staal en koper conform de normen en literatuur

Reductiefactor elasticiteitsmodulus aluminium	Reductiefactor elastische rekgrens (f_y) van staal	Reductiefactor elastische rekgrens (f_y) van koper
Voor <100°C: 1.0	Voor <400 °C: 1.0	Voor <400 °C: 0.6
Voor <200°C: 0.86	Voor <500 °C: 0.78	Voor <500 °C: 0.4
Voor <300°C: 0.68	Voor <600 °C: 0.47	Voor <600 °C: 0.3

De geleiders worden onder normale bedrijfsomstandigheden belast tussen 10 en 25% van hun capaciteit. De masten worden onder normale bedrijfsomstandigheden tot ongeveer 50% van hun capaciteit belast. Onder extreme belastingsituaties worden de masten belast tot ongeveer 85% van hun capaciteit.

Als de temperaturen stijgen tot de kritieke niveaus aangegeven in Tabel 2, zal de sterkte van de componenten afnemen en uiteindelijk zullen de geleiders en de masten falen. In paragraaf 4.2 wordt de tijd tot falen voor de verschillende componenten geschat.

4.2 Tijd tot falen

4.2.1 Analyse op basis van warmtegeleiding

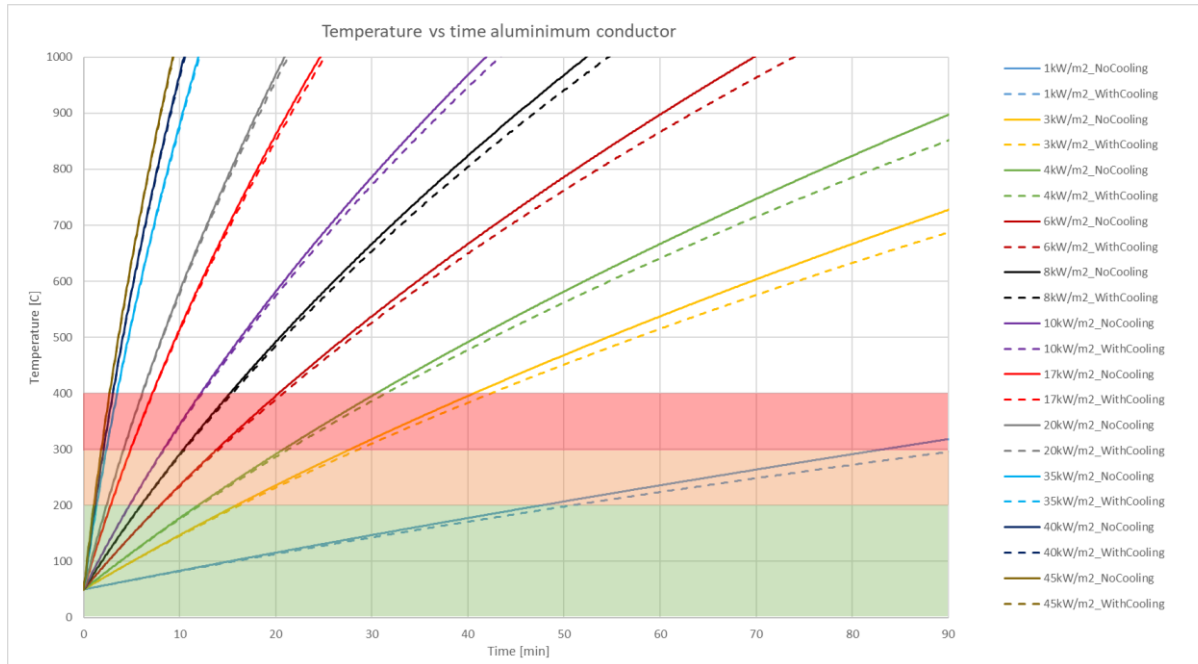
Figuur 99 toont de temperatuurontwikkeling van aluminium en koper voor verschillende warmtestralingscontouren. De stippellijn geeft de temperatuurstijging weer bij een windsnelheid van 0,1 m/s in de windrichting loodrecht op de geleiders.

De groene, oranje en rode temperatuurgebieden geven een indruk van de risico's bij verschillende materiaaltemperaturen. Wanneer het materiaal een temperatuur in de groene zone heeft, is er geen risico op falen, in de oranje zone bestaat er een aanzienlijk risico op falen en in de rode zone zal er vrijwel zeker falen van de component optreden.

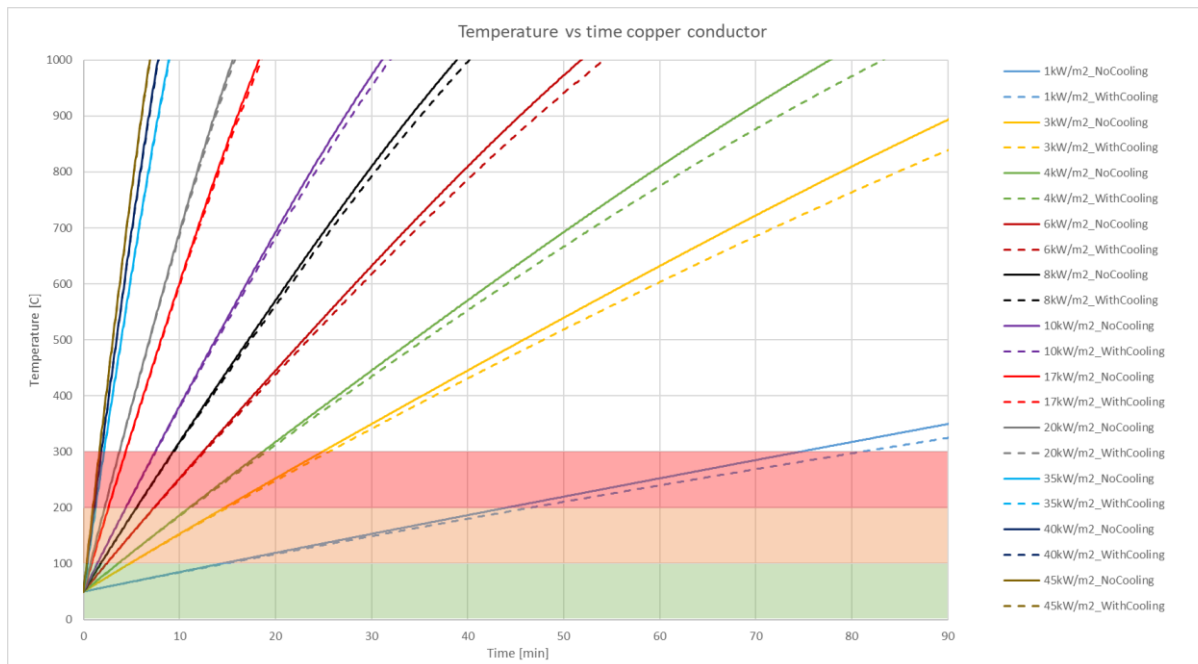
Bij hoge warmtestralingscontouren (boven 35kW/m²) bereikt aluminium in 3 minuten een temperatuur van 300°C, wat betekent dat het aluminium 30% van zijn sterkte verliest. Dit is een kritiek moment en kan nog versterkt worden, omdat de geleider bij hogere temperatuur uitzet en dus nog dichter bij de vuurbron komt. De koperen geleider bereikt een temperatuur van 200°C in enkele minuten, waarbij een reductie van 20% van zijn elastische rekgrens optreedt.

Als de geleider zich in een warmtestralingscontour bevindt van 1 kW/m² en 3 kW/m², bereikt aluminium binnen 30 minuten een temperatuur van 300°C bij 3 kW/m² en binnen 90 minuten bij 1

kW/m^2 . De koperen geleider bereikt binnen 15 minuten een temperatuur van 200°C bij 3 kW/m^2 . Bij 1 kW/m^2 duurt dit 45 minuten.



(a)

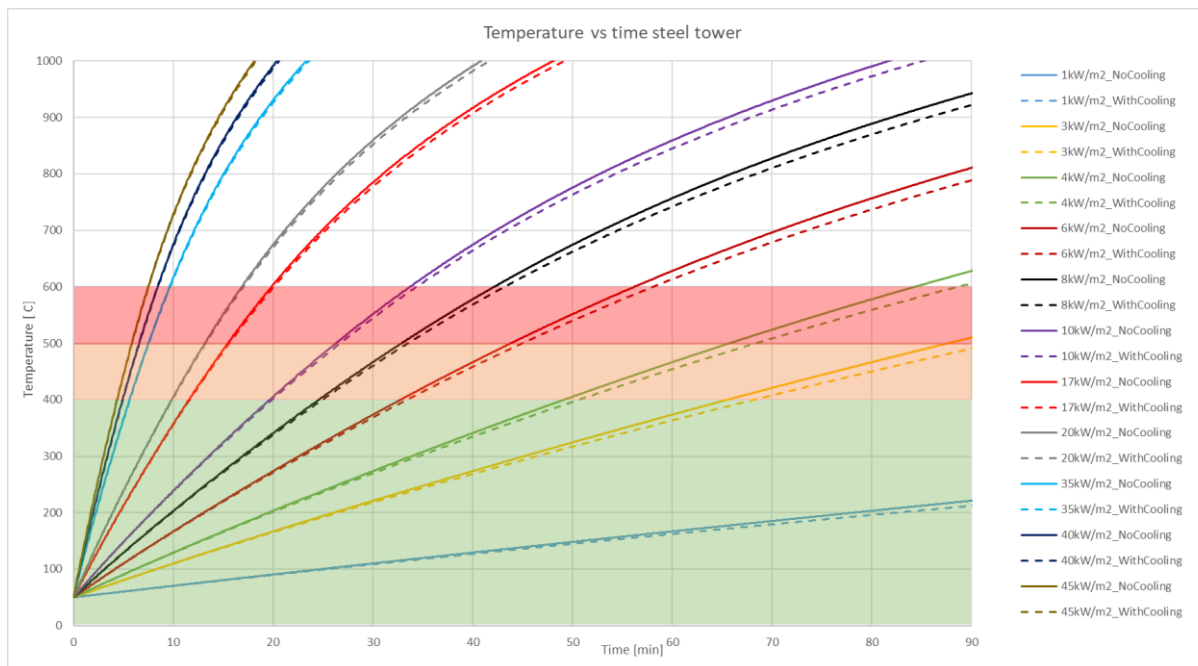


(b)

Figuur 9. De temperatuurontwikkeling in (a) aluminium en (b) koper van de geleider op basis van warmtegeleiding.

De stalen mast bestaat uit L-profielen. Mastonderdelen worden belast tot verschillende percentages van hun capaciteit, maar de randstijlen worden normaal belast tot ongeveer 50% van hun capaciteit in de dagelijkse belasting en 85% onder extreme belasting.

Wanneer het staal een temperatuur bereikt van 500°C, zal de elastische rekgrens 20% lager zijn. Figuur 50 laat zien dat dit 9 minuten duurt bij 40 kW/m², 67 minuten bij 4 kW/m² en 90 minuten bij 3 kW/m².



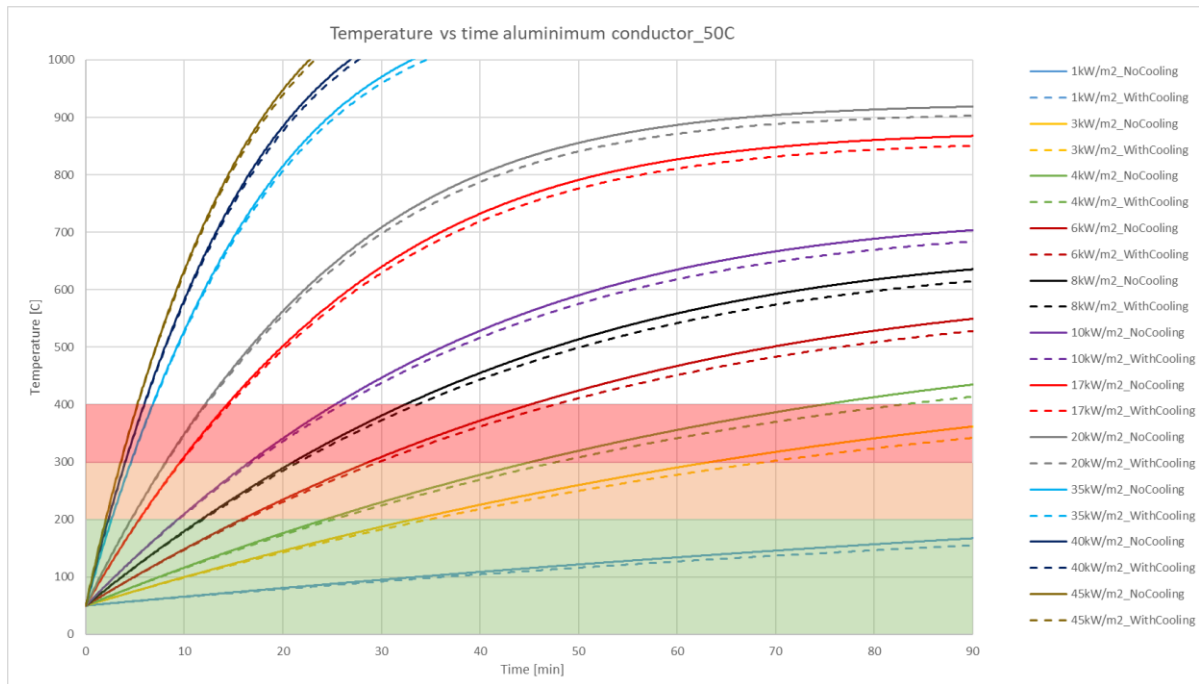
Figuur 50. Temperatuurontwikkeling in de stalen L-profielen van de mast op basis van warmtegeleiding.

4.2.2 Analyse op basis van stralingswarmte

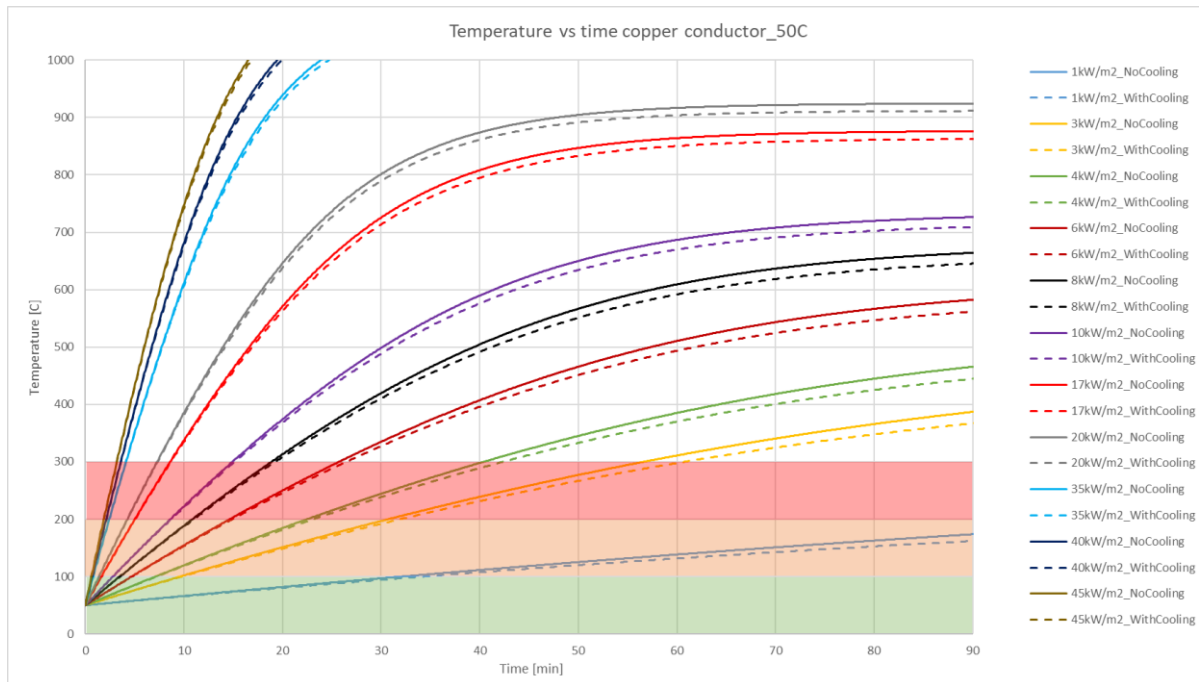
Figuur 11 en 12 tonen de temperatuurstijging van aluminium, koper en staal bij berekening van de nettowarmte met behulp van stralingswarmte en rekening houdend met koeling door straling en door convectie. De temperatuurstijging convergeert op een bepaald niveau als gevolg van de koelingseffecten.

Bij hoge warmtestralingscontouren (boven 35 kW/m²) bereikt aluminium in 5 minuten een temperatuur van 300°C, wat betekent dat het aluminium 30% van zijn sterkte verliest. Dit is een kritiek moment en kan nog versterkt worden, omdat de geleider bij hogere temperatuur uitzet en dus nog dichterbij de vuurbron komt. De koperen geleider bereikt een temperatuur van 200°C in enkele minuten, waarbij een reductie van 20% van zijn elastische rekgrens optreedt.

Als de geleider zich in een warmtestralingscontour bevindt van 1 kW/m² en 3 kW/m², bereikt aluminium binnen 60 minuten een temperatuur van 300°C bij 3 kW/m² en binnen meer dan 90 minuten bij 1 kW/m². De koperen geleider bereikt binnen 30 minuten een temperatuur van 200°C bij 3 kW/m². Bij 1 kW/m² duurt dit 90 minuten.



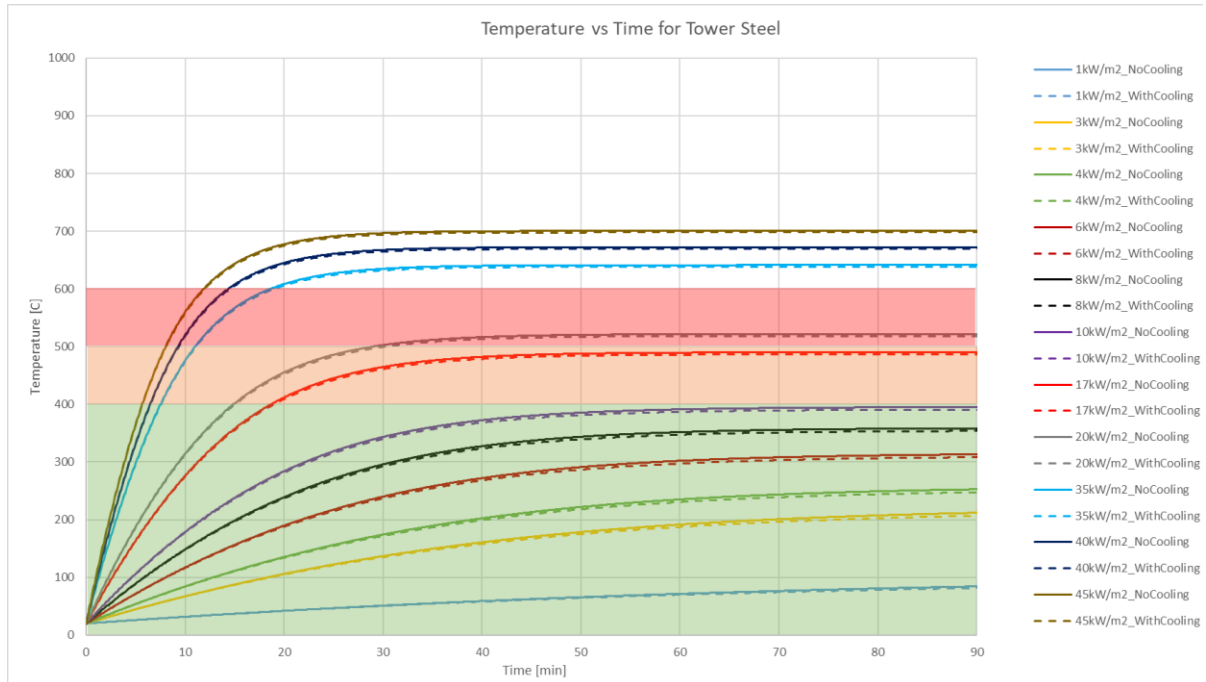
(a)



(b)

Figuur 61. De temperatuurontwikkeling in (a) aluminium en (b) koper, rekening houdend met stralingswarmte en -koeling.

Wanneer staal een temperatuur van 500°C bereikt, zal de elastische rekgrens 20% lager zijn. Figuur 12 laat zien dat dit 10 minuten duurt in de 40 kW/m²-zone. Het staal zal de 500°C niet bereiken bij stralingswarmte lager dan 17 kW/m².



Figuur 72. Temperatuurontwikkeling in de stalen L-profielen van de mast, rekening houdend met stralingswarmte en -koeling.

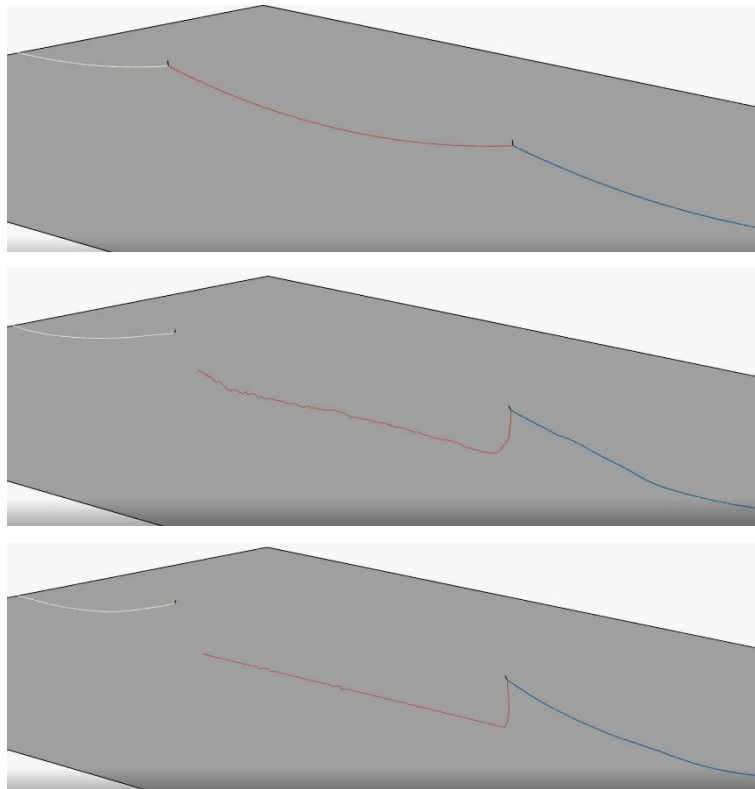
4.3 Valsimulatie van de geleider

Om vast te stellen hoeveel afstand de incidentbestrijders tot de geleiders moeten aanhouden als er gevaar is dat geleiders bezwijken en vallen, zijn simulaties uitgevoerd met Abaqus eindig-elementensoftware. Hierbij zijn twee breukscenario's gesimuleerd:

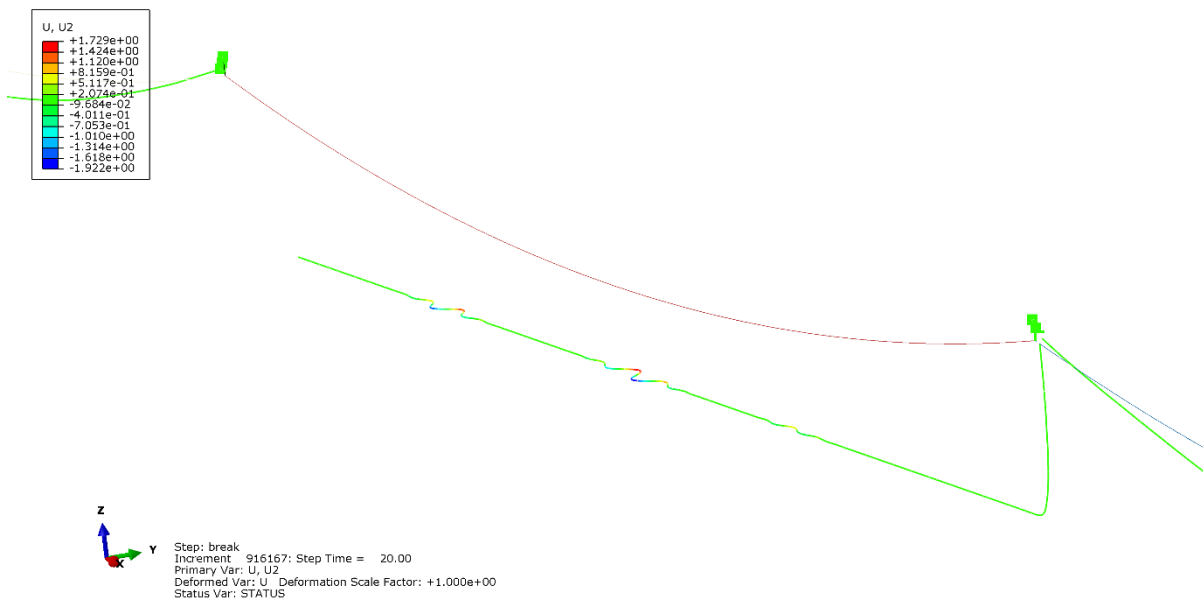
- de geleider breekt vlak bij de mast
- de geleider breekt in het midden van het veld.

Figuur 83 en Figuur 105 tonen drie fasen voor deze twee scenario's: vóór, tijdens en na de val van de geleider.

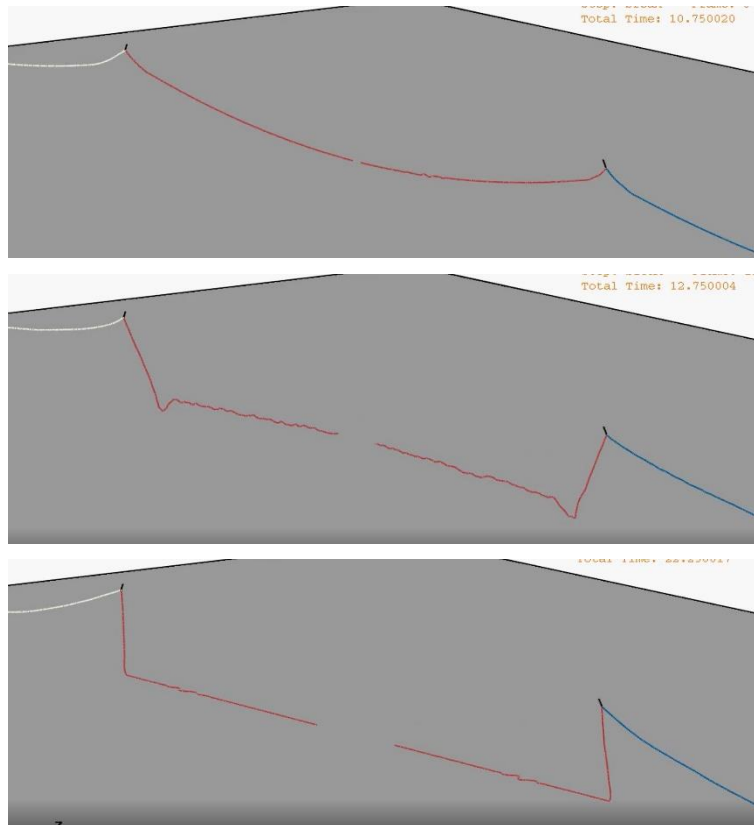
De geleider ondervindt krachten in longitudinale en verticale richting en geen krachten in transversale richting. De geleider zal daarom nauwelijks uit de lijnrichting bewegen. Figuur 14 en Figuur 116 tonen de positie van de geleider op de grond na de val. De dwarsverplaatsing is minder dan 2 meter. De opstellijn van 25 meter uit het kennisdocument van Brandweer Nederland [4] voldoet ruimschoots aan deze afstand.



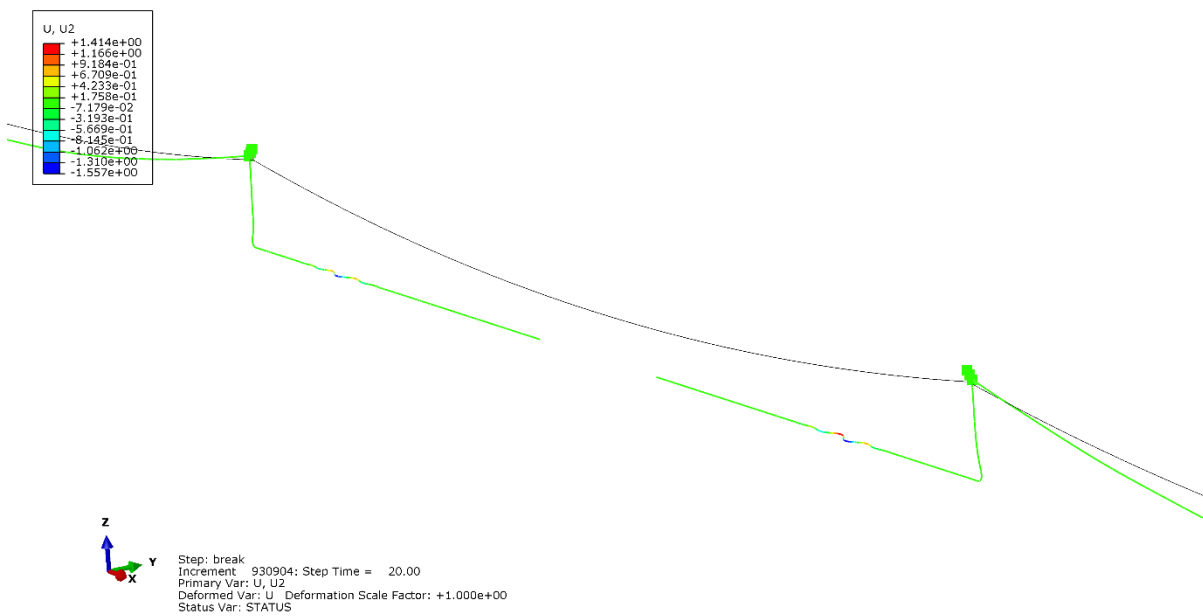
Figuur 83. Geleider breekt vlak bij de mast: positie van de geleider vóór, tijdens en na de val.



Figuur 94. Positie van de geleider op de grond na de val bij breuk vlak bij de mast.



Figuur 105. Geleider breekt in het midden van het veld: positie van de geleider vóór, tijdens en na de val.



Figuur 116. Positie van de geleider op de grond na de val bij breuk in het midden van het veld.

HOOFDSTUK 5

Tijdverloop huidige procedures

Hieronder is het tijdverloop van incidentbestrijding conform de huidige procedures beschreven.

Als er een melding van brand bij de meldkamer van de brandweer (MKB) binnenkomt en deze brand in de nabijheid van een hoogspanningslijn is, neemt de MKB contact op met de centrale meldkamer (CMK) van TenneT. De CMK neemt vervolgens contact op met het landelijk besturingscentrum (LBC) van TenneT dat contact opneemt met de TenneT alarmdienst (AD).

In verband met brand worden de operationeel installatieverantwoordelijke (OIV) en de werkverantwoordelijke (WV) van TenneT direct gealarmeerd door de AD. De CMK brengt de brandweer in contact met de binnen TenneT verantwoordelijke persoon in de rol van incidentcoördinator netbeheer (ICN). In de regel wordt de OIV als ICN aangesteld.

Het overleg tussen de brandweer en de OIV over de situatie op de plaats van het incident kan plaatsvinden binnen enkele minuten na de eerste melding van de brand bij de brandweer.

De dienstdoende WV en storingsdienst/alarmdienst van TenneT gaan naar de locatie van het incident. De inzet van aanvullende dienstdoende TenneT-medewerkers (onder andere de repressiedienst) wordt geactiveerd.

De brandweer gaat naar de locatie en treft de benodigde voorbereidingen voor het bestrijden van de brand. De eerste bevelvoerder van de brandweer ter plaatse verifieert de locatie. De meldkamers van de brandweer en van TenneT verifiëren onderling of het werkelijk om de risicocategorie 'transport' gaat. Als de incidentcoördinator netbeheer al ter plaatse is, gebeurt deze afstemming ter plekke en anders telefonisch.

Vanaf dit moment zijn er drie scenario's mogelijk:

- a. De locatie is (nog) niet veiliggesteld en er wordt defensief gebruik gemaakt van blusmiddelen om overslag of ernstige (milieu)schade te voorkomen, met inachtneming van de opstellijn en veiligheidsafstand.
- b. De locatie is (nog) niet veiliggesteld en er wordt offensief gebruik gemaakt van onbemande blusmiddelen, omdat er sprake is van een dringende taak, met inachtneming van de opstellijn en veiligheidsafstand.
- c. De locatie wordt veiliggesteld alvorens kan worden gestart met de bestrijding van de brand.

Scenario A. Niet veiliggesteld werkgebied – defensief blussen

Als de hoogspanningslijn niet uit bedrijf genomen kan worden of wel uit bedrijf genomen kan worden maar nog niet veiliggesteld is, kan de brandweer altijd blussen conform het protocol beschreven in het kennisdocument van Brandweer Nederland [4] voor defensief blussen. Daarbij moeten te allen tijde de volgende opstellijn en veiligheidsafstanden aangehouden worden:

- De brandweer houdt een afstand van 25 meter (opstellijn) aan tot een (mogelijk) onder spanning staande hoogspanningsinstallatie.

- Het blusmiddel blijft minimaal 5 meter (veiligheidsafstand) van de geleider.

De ruimte onder de geleider hangt af van de zeeg van de geleider, die varieert afhankelijk van de temperatuur van de geleider. De geleidertemperatuur hangt af van de stroom en de weersomstandigheden. Bij hoge stroom, een hoge omgevingstemperatuur en weinig wind zal de geleider meer doorhangen. Bij maximale zeeg is de afstand tussen geleider en maaiveld tussen de 15 en 20 meter voor de verschillende locaties. Deze maximale zeeg komt slechts korte tijd per jaar voor, maar in deze situatie is er nog 10 tot 15 meter ruimte beschikbaar onder de geleider om te kunnen blussen met inachtneming van de 5 meter veiligheidsafstand tot de geleider.

Er is overleg tussen de OIV en de bevelvoerder brandweer voordat met de bestrijding begonnen wordt.

Het duurt maximaal 20 minuten vanaf het moment dat de melding bij de meldkamer van de brandweer binnenkomt, totdat met de daadwerkelijke bestrijding kan worden begonnen. Dit is de tijd die de brandweer nodig heeft om uit te rukken en de opstelplaats in te richten.

Na verloop van tijd, bij arriveren van WV'er TenneT op de locatie van het incident en medewerkers op de stations, kan mogelijk worden teruggevallen op de flow 'veiligstellen'.

Scenario B. Niet veiliggesteld werkgebied – offensief blussen

Als de hoogspanningslijn niet uit bedrijf genomen kan worden of wel uit bedrijf genomen kan worden, maar nog niet veiliggesteld is, kan de brandweer in urgente situaties in geval van een dringende taak in overleg met de incidentcoördinator netbeheer blussen conform het protocol beschreven in het kennisdocument van Brandweer Nederland [4] voor offensief blussen:

- De brandweer houdt een afstand van 25 meter (opstellijn) aan tot een (mogelijk) onder spanning staande hoogspanningsinstallatie.
- De blusstraal is opgebroken tegen de tijd dat deze binnen een afstand van 5 meter van de geleider is.

De OIV heeft overleg met de juiste instanties en met het TenneT LBC over de te treffen maatregelen. Er is overleg tussen OIV en de bevelvoerder brandweer voordat met de bestrijding begonnen wordt.

Als tot offensief blussen besloten wordt, duurt het maximaal 20 minuten vanaf het moment dat de melding bij de meldkamer van de brandweer binnenkomt, totdat met de daadwerkelijke bestrijding kan worden begonnen. Dit is de tijd die de brandweer nodig heeft om uit te rukken en de opstelplaats in te richten.

Na verloop van tijd, bij arriveren van WV'er TenneT op de locatie van het incident en medewerkers op de stations, kan mogelijk worden teruggevallen op de flow 'veiligstellen'. Hoe na offensief blussen (in dringend geval, bij niet veiliggesteld werkgebied) kan worden teruggevallen op veiligstellen, hangt af van de situatie ter plaatse.

Scenario C – veiligstellen van de locatie

De OIV kan een hoogspanningslijn laten uitschakelen na overleg met de juiste instanties. Opgemerkt wordt dat de 380kV-hoogspanningslijn bij Maasvlakte een kritische verbinding in het landelijke 380kV-hoogspanningsnet is en dat deze alleen bij heel dringende noodzaak uit bedrijf genomen zal kunnen worden. De drie-circuit 150kV-hoogspanningslijn bij Waalhaven-Zuid is belangrijk voor de stroomvoorziening in de Rotterdamse haven en zal eveneens alleen bij heel dringende noodzaak uit bedrijf genomen kunnen worden.

Wanneer de hoogspanningslijn uitgeschakeld kan worden, kan de OIV de vermogensschakelaars in de onderstations op afstand door het TenneT LBC laten openen. Vervolgens kan de OIV de aarders in de stations op afstand door het TenneT LBC in laten zetten.

Het openen van de vermogensschakelaars en het inzetten van de aarders is niet voldoende om de locatie veilig te stellen. Voor veiligstellen moeten nog twee taken uitgevoerd worden:

1. De aarders in de onderstations moeten handmatig vergrendeld worden om wederinschakeling te voorkomen.
2. De WV moet lokaal op locatie van het incident aarding aanbrengen, omdat er nog restspanning op de geleiders aanwezig kan zijn.

Pas als vergrendeling en lokale aarders zijn aangebracht, kan de locatie op aangeven van de WV worden veiliggesteld. Het veiligstellen zal, in verband met aanrijtijden, in de regel minimaal 60 minuten duren vanaf het moment dat de melding van brand bij de meldkamer van de brandweer binnenkomt.

Het tijdverloop van deze drie scenario's is weergegeven in Figuur 127.

HOOFDSTUK 6

Mogelijkheden om te versnellen

In hoofdstuk **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.** zijn drie scenario's beschreven voor het bestrijden van een incident nabij hoogspanningslijnen en -masten:

- Bij scenario A wordt defensief geblust conform het protocol uit het kennisdocument van Brandweer Nederland. De benodigde tijd totdat met de daadwerkelijke bestrijding van het incident kan worden begonnen, is maximaal 20 minuten.
- Bij scenario B wordt offensief geblust conform het protocol uit het kennisdocument van Brandweer Nederland. Als er offensief geblust kan worden, is de benodigde tijd totdat met de daadwerkelijke bestrijding van het incident kan worden begonnen maximaal 20 minuten. Offensief blussen is alleen mogelijk in geval van een dringende taak.
- Bij scenario C wordt pas begonnen met het daadwerkelijk bestrijden van het incident nadat TenneT de locatie heeft veiliggesteld. Het veiligstellen van de locatie duurt minimaal 60 minuten.

Het verder versnellen van de procedures is voor geen van de drie scenario's redelijkerwijs mogelijk. Er kan, conform de scenario's A en B, binnen 20 minuten worden begonnen met het daadwerkelijk bestrijden van het incident.

HOOFDSTUK 7

Samenvatting en conclusie

Voor het beantwoorden van deelvraag 2:

‘hoe kan het afschakelen en veiligstellen van hoogspanning worden versneld, zodat binnen 20 minuten met de daadwerkelijke bestrijding kan worden aangevangen, volgens de gebruikelijke werkwijze van de hulpdiensten’

zijn in eerste instantie de bestaande procedures voor incidentbestrijding nabij hoogspanningslijnen in kaart gebracht. Deze procedures staan beschreven in het kennisdocument van Brandweer Nederland [4].

Volgens deze procedures kan de incidentbestrijding plaatsvinden wanneer de incidentbestrijders een opstellijn van 25 meter tot de hoogspanningslijn, en met de blusmiddelen een veiligheidsafstand van 5 meter tot de geleiders in acht nemen.

In het kader van het onderzoek zijn op basis van de relevantie elektrische aspecten de benodigde opstellijn en veiligheidsafstand met conservatieve aannames bepaald voor hoogspanningslijnen in de categorie ‘transport’. De conclusie is dat de in het kennisdocument van Brandweer Nederland voorgeschreven opstellijn en veiligheidsafstand voldoen aan de berekende waarden.

De aanrijtijd van de brandweer en het inrichten van de opstelplaats door de brandweer duren maximaal 20 minuten. Met inachtneming van de opstellijn van 25 meter en de veiligheidsafstand van 5 meter kan binnen 20 minuten met de daadwerkelijke bestrijding aangevangen worden.

HOOFDSTUK 8

Referenties

- /1/ EPRI, The transmission line reference book 345 kV and above, Second edition, revised. EL-2500, 1987.
- /2/ EPRI, The transmission line reference book – 200 kV and above, Third edition, 1011974, 2005.
- /3/ Uw veiligheid en de ongestoorde werking van de bovengrondse hoogspanningsverbinding, TenneT, februari 2017.
- /4/ Kennisdocument brandweeroptreden nabij elektriciteit, Brandweer Nederland, 10 april 2020.
- /5/ NEN-1010: Veiligheidsbepalingen voor laagspanningsinstallaties, Nederlandse Norm uitgegeven door het Nederlands Normalisatie Instituut.
- /6/ NEN-EN 50341: Bovengrondse hoogspanningslijnen voor wisselspanning hoger dan 1 kV, Nederlandse Norm uitgegeven door het Nederlands Normalisatie Instituut.
- /7/ IEC/TS 60479-1: Effects of current on human beings and livestock - Part 1: General aspects.
- /8/ EN 1991-1-2: Eurocode 1 - Actions on structures - Part 1-2: General actions - Actions on structures exposed to fire.
- /9/ EN 1993-1-2: Eurocode 3: Design of steel structures - Part 1-2: General rules - Structural fire design.
- /10/ EN 1999-1-2: Eurocode 9: Ontwerp en berekening van aluminium constructies - Deel 1-2: Ontwerp en berekening van constructies bij brand.
- /11/ CIGRE TB 601: Guide for thermal rating calculations of overhead lines.
- /12/ Sandström, J., 2008. Temperature calculations in fire exposed structures with the use of adiabatic surface temperatures.



WIJ ZIJN BERENSCHOT, GRONDLEGGER VAN VOORUITGANG

Nederland is continu in ontwikkeling. Maatschappelijk, economisch en organisatorisch verandert er veel. Al vijftientig jaar volgen wij als adviesbureau deze ontwikkelingen op de voet en werken we aan een vooruitstrevende samenleving. De behoefte om iets fundamenteels te betekenen voor mens en maatschappij zit in onze genen. Met onze adviezen en oplossingen hebben we dan ook actief meegebouwd aan het Nederland van vandaag. Altijd op zoek naar duurzame vooruitgang.

Alles wat we doen, is onderzocht, onderbouwd en vanuit meerdere invalshoeken bekeken. Zo komen we tot gefundeerde adviezen en slimme oplossingen. Die zijn op het eerste gezicht misschien niet altijd de meest voor de hand liggende. Juist deze eigenzinnigheid maakt ons uniek. Daarbij zijn we niet van symptoombestrijding. En gaan pas naar huis als het is opgelost.

Berenschot B.V.

Van Deventerlaan 31-51, 3528 AG UTRECHT
Postbus 8039, 3503 RA UTRECHT
030 2 916 916
www.berenschot.nl

Berenschot





RAPPORT

Incidentenbestrijding emplacementen

Beantwoording additionele onderzoeksvragen

69465 – Vertrouwelijk – 29 juni 2023

Berenschot – Royal HaskoningDHV – Antea Group – DNV

Inhoudsopgave

Hoofdstuk 1.....	3
Inleiding.....	3
Hoofdstuk 2.....	4
Additionele onderzoeksvraag 2	4
Hoofdstuk 3.....	12
Additionele onderzoeksvraag 3	12

HOOFDSTUK 1

Inleiding

In het kader van het onderzoek naar de (on)mogelijkheden voor bestrijding van incidenten met gevaarlijke stoffen onder of nabij hoogspanningslijnen en -masten op Maasvlakte-West en Waalhaven-Zuid beantwoorden we in dit document twee additionele onderzoeksvragen.

Additionele onderzoeksvraag 2 kent twee deelvragen:

Wat zijn de effecten van het in contact brengen van hoogspanningsgeleiders met de infrastructuur van een emplacement en wagons met gevaarlijke stoffen?

Deze tweeledige additionele onderzoeksvraag wordt behandeld in Hoofdstuk 2 van dit rapport.

Additionele onderzoeksvraag 3 luidt:

Welke mogelijkheden zijn er om emplacementen en bovengrondse hoogspanningslijnen van elkaar te scheiden?

In antwoord op deze onderzoeksvraag worden de mogelijkheden tot ontvlechten behandeld in Hoofdstuk 3 van dit rapport.

HOOFDSTUK 2

Additionele onderzoeksvraag 2

Hierna behandelen we de deelvragen bij de additionele onderzoeksvraag 2:

Wat zijn de effecten van het in contact brengen van hoogspanningsgeleiders met de infrastructuur van een emplacement en wagons met gevaarlijke stoffen?

Welke gevaren zijn er bij de incidentbestrijding na het neerkomen van hoogspanningsgeleiders?

Aan welke normen voldoet de hoogspanningslijn, wat is de betrouwbaarheid van de hoogspanningslijn?

Hoogspanningslijnen in Nederland zijn ontworpen conform de destijds vigerende versies van de norm NEN 1060. Dit was de Nederlandse voorloper van de huidige Europese norm EN 50341-1:2013 met nationale bijlage NEN-EN 50341-2-15:2019. De betrouwbaarheid van de hoogspanningslijnen berekend met die norm stemt overeen met Eurocode gevolgklasse CC2. Voor hoogspanningslijnen is dit de hoogste klasse. Hoogspanningslijnen gebouwd voordat de Europese norm van toepassing werd, zijn gebouwd volgens de NEN 1060 en voldoen aan de eisen voor bestaande bouw (NEN 8700).

Om de betrouwbaarheid van de bestaande hoogspanningslijnen te garanderen, heeft TenneT een uitgebreid inspectie-, onderhouds- en vervangingsprogramma.

Geef een kwalitatieve inschatting van de kans op het neerkomen van geleiders van een hoogspanningslijn

De kans op het neerkomen van geleiders is extreem klein. In Nederland zijn er geen gevallen bekend van het spontaan neerkomen van in bedrijf zijnde geleiders. Als geleiders neerkomen, heeft dat in vrijwel alle gevallen een externe oorzaak. Denk aan weersomstandigheden, zoals ijsafzetting of zware windstoten. In de afgelopen twintig jaar zijn tweemaal masten gefaald door valwinden.

Daarnaast kan aanrijshade een geleider doen bezwijken. Hetzelfde geldt voor brand direct onder de hoogspanningslijn. In 2007 en 2017 is schade ontstaan door aanvaring met een helikopter van Defensie.

Tijdens werkzaamheden aan de hoogspanningslijn is er enkele keren een geleider neergekomen. Om te voorkomen dat een geleider die breekt of valt op het spoor of een weg terechtkomt, worden bij werkzaamheden aan spoor- en wegwakruisingen jukken geplaatst. Figuur 1 toont enkele voorbeelden.

Recentelijk zijn in Flevoland tijdens werkzaamheden in de aanliggende stations geleiders te ver door gaan hangen. Hierbij is ook een bovenleiding van het spoor door de geleiders geraakt. Deze storing was het gevolg van een extreem zeldzame samenloop van omstandigheden, waarbij een kortsluiting in het hoogspanningsnet is ontstaan, niet is afgeschakeld en lang is blijven staan. Deze storing heeft geen precedent.



Figuur 1. Jukken over het spoor bij werkzaamheden aan geleiders bij spoorkruisingen.

Welke beveiligingen kunnen ervoor zorgen dat na draadbreek de spanning wordt afgeschakeld?

Alle componenten van een transmissienetwerk zijn beveiligd met redundante systemen plus back-upsystemen. Wanneer een component gestoord is, schakelt deze beveiliging de betreffende component uit. Op deze wijze zijn ook hoogspanningslijnen beveiligd.

De beveiliging van de hoogspanningslijnen bij de emplacementen Waalhaven-Zuid en Maasvlakte-West bestaat uit distantiebeveiliging plus differentiaalbeveiliging. Distantiebeveiliging meet continu de impedantie van de hoogspanningslijn. Wanneer er door een fout een sluiting ontstaat, zal de impedantie van het circuit lager worden. In dat geval geeft het distantierelais een signaal naar de vermogensschakelaars in de hoogspanningsstations aan beide kanten van de hoogspanningslijn om te openen en de hoogspanningslijn uit bedrijf te nemen.

Differentiaalbeveiliging vergelijkt continu de hoeveelheid stroom die aan beide kanten van de hoogspanningslijn loopt. Wanneer er een fout op de hoogspanningslijn is, zal de stroom aan beide zijden van de hoogspanningslijn niet gelijk zijn. In dat geval geeft de differentiaalbeveiliging een signaal naar de vermogensschakelaars in de hoogspanningsstations aan beide kanten van de hoogspanningslijn om te openen en de hoogspanningslijn uit bedrijf te nemen.

De voedingen, meettransformatoren en trip circuits van de beveiligingssystemen zijn volledig gescheiden en redundant uitgevoerd. In geval van een probleem met één van de voedingen blijft de andere voeding en dus de beveiliging in bedrijf.

Een fout in een hoogspanningslijn wordt ook waargenomen door de distantiebeveiliging van aanliggende hoogspanningslijnen. In het extreem zeldzame geval dat de beide redundante systemen een fout op de lijn niet zouden afschakelen, wordt de fout afgeschakeld door de beveiliging van aanliggende lijnen.

De hoogspanningslijn is aangesloten op een rail in het onderstation. In het extreem zeldzame geval dat de vermogensschakelaar niet goed functioneert, zal de schakelaarreservebeveiliging de betreffende rail in het station afschakelen, zodat de fout afgeschakeld wordt.

Hoe lang duurt het voordat de beveiligingen aanspreken en de hoogspanningslijn afgeschakeld wordt?

TenneT stelt als eis dat de fout binnen 100 ms is afgeschakeld. In werkelijkheid spreekt de beveiliging binnen 20 ms aan en schakelt de vermogensschakelaar de fout vervolgens binnen 50 ms af.

In het geval de primaire beveiliging niet functioneert, stelt TenneT als eis dat de back-upbeveiliging de fout binnen 270 ms heeft afgeschakeld. De schakelaarreservebeveiliging is ingesteld op 170 ms, zodat alle schakelaars op de rail de hoogspanningslijn binnen 270 ms afschakelen.

Welke onzekerheden zijn er rond de aanwezige beveiligingen en schakelapparatuur (detectiemechanismen, faalkansen, afhankelijkheden, ...)?

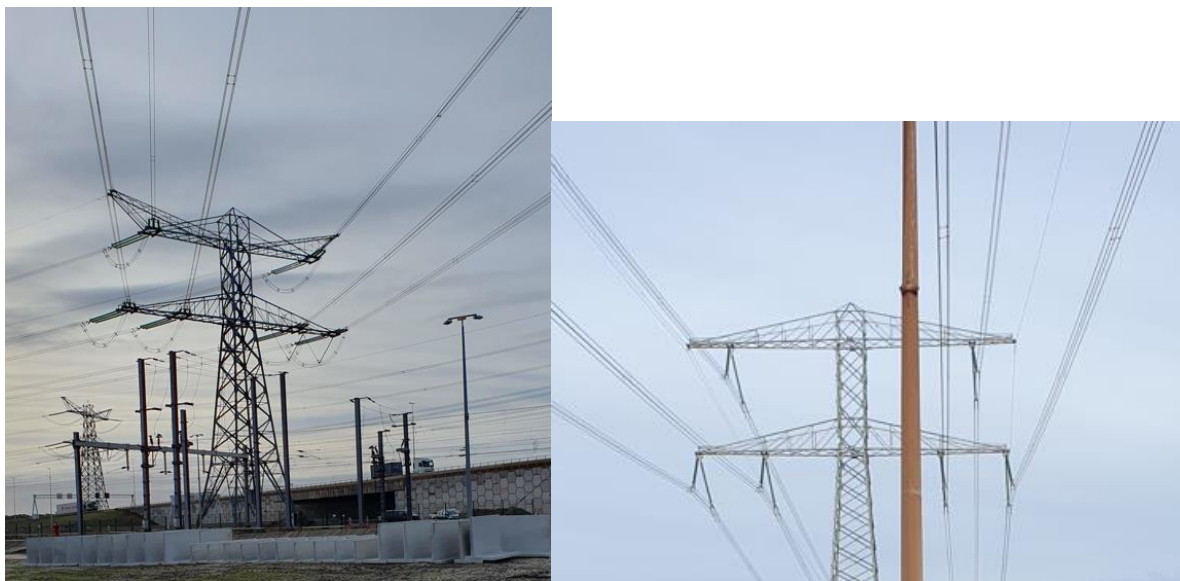
De beveiligingen inclusief meettransformatoren, trip circuits en voedingen zijn redundant uitgevoerd. Om common cause failures te voorkomen, zijn de twee beveiligingen van hoogspanningslijnen niet identiek uitgevoerd, bijvoorbeeld door twee verschillende typen beveiliging toe te passen en/of verschillende leveranciers te kiezen. Een gebruikelijk concept voor hoogspanningslijnen is distantiebeveiliging en differentiaalbeveiliging, zoals toegepast bij de hoogspanningslijnen bij Maasvlakte-West en Waalhaven-Zuid.

Als beide beveiligingsrelais niet zouden functioneren, wordt de fout gedetecteerd en afgeschakeld door de distantiebeveiliging van de aanliggende lijnen. In geval de vermogensschakelaar niet functioneert, zal de schakelaarreservebeveiliging de fout afschakelen.

Welk effect kunnen de neergekomen geleiders hebben op incidentbestrijders als deze op het emplacement zijn? (nog aanwezige spanning, falen van andere geleiders of masten, doorlopende sporen, elektrodynamische fenomenen, ...)

Conform het kennisdocument 'Brandweeroptreden nabij elektriciteit' van Brandweer Nederland dienen incidentbestrijders een opstellijn van 25 meter van de hoogspanningslijn aan te houden. Zie hiervoor ook de rapportages betreffende de primaire onderzoeksvragen.

De hoogspanningslijn bij Maasvlakte is een twee-circuit 380kV-hoogspanningslijn. Ieder circuit bevindt zich aan één zijde van de mast en een circuit bestaat uit drie fasen. Iedere fase van de 380kV-hoogspanningslijn bestaat uit vier geleiders, zie Figuur 2.



Figuur 2. 380kV-hoogspanningslijn bij Maasvlakte: twee circuits van ieder drie fasen met vier geleiders per fase.

De hoogspanningslijn bij Waalhaven-Zuid is een drie-circuit 150kV-hoogspanningslijn. Eén circuit bevindt zich aan de ene kant van de mast, één in het midden en één aan de andere kant van de mast. Een circuit bestaat uit drie fasen en iedere fase van de 150kV-hoogspanningslijn bestaat uit één geleider, zie Figuur 3.



Figuur 3. 150kV-hoogspanningslijn bij Waalhaven-Zuid: drie circuits van ieder drie fasen met één geleider per fase.

Als de geleider faalt terwijl het circuit nog onder spanning staat, zal kortsluiting ontstaan op het punt waar de geleider de grond raakt. De kortsluiting zal een zogenaamde spanningstrechter in de grond veroorzaken. In verband met deze spanningstrechter moeten incidentbestrijders de voorgeschreven afstand van 25 meter als opstellijn respecteren om te voorkomen dat zij aan een te grote stapspanning blootgesteld worden.

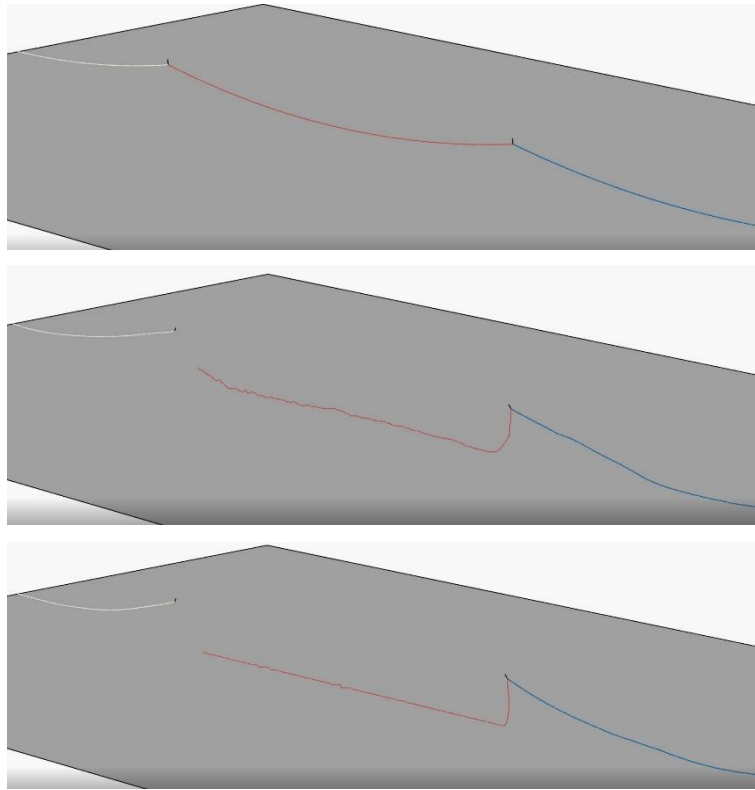
Zoals hierboven beschreven, zal de beveiliging de hoogspanningslijn binnen 70 ms afschakelen. Na het afschakelen kan er nog capacitieve of inductieve spanning op de gevallen geleider staan. Daarom moet afstand tot de geleiders gehouden worden totdat TenneT de situatie veiliggesteld heeft.

Bij het vallen van de geleider spelen het eigen gewicht van de geleider en de trekkracht waarmee de geleider afgespannen is een rol. Als gevolg van deze krachten zal de geleider, als deze breekt, onder de lijn neerkomen. Om vast te stellen hoeveel afstand incidentbestrijders tot de geleiders moeten aanhouden als er gevaar is dat geleiders bezwijken en vallen, zijn simulaties uitgevoerd met Abaqus eindige-elementensoftware. Er zijn twee breukscenario's gesimuleerd:

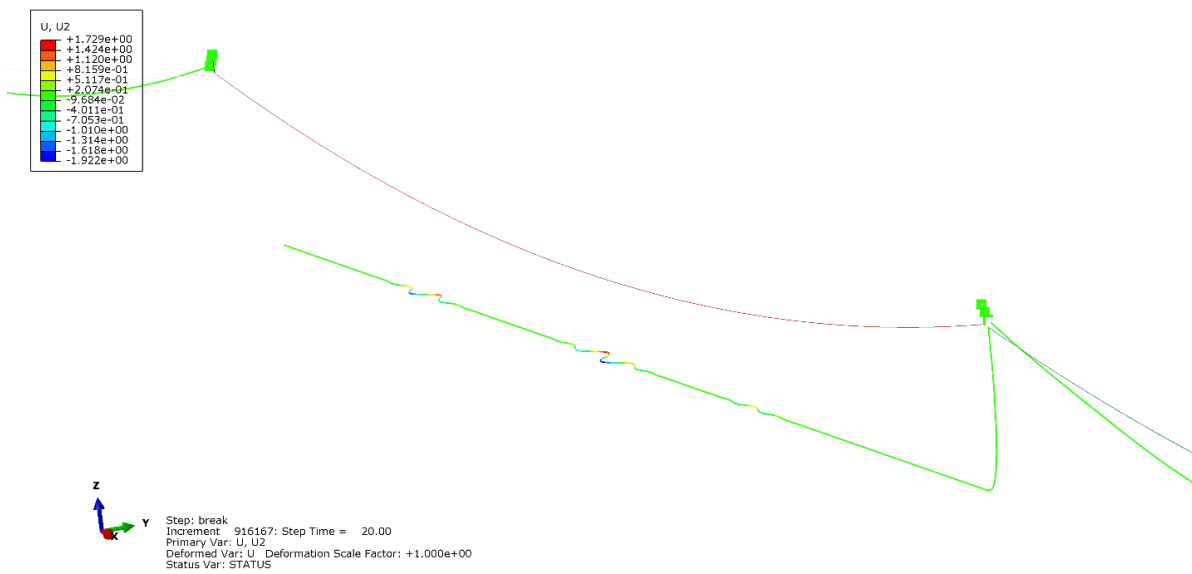
- De geleider breekt vlak bij de mast.
- De geleider breekt in het midden van het veld.

Figuur 4 en Figuur 6 tonen drie fasen voor deze twee scenario's: vóór, tijdens en na de val van de geleider.

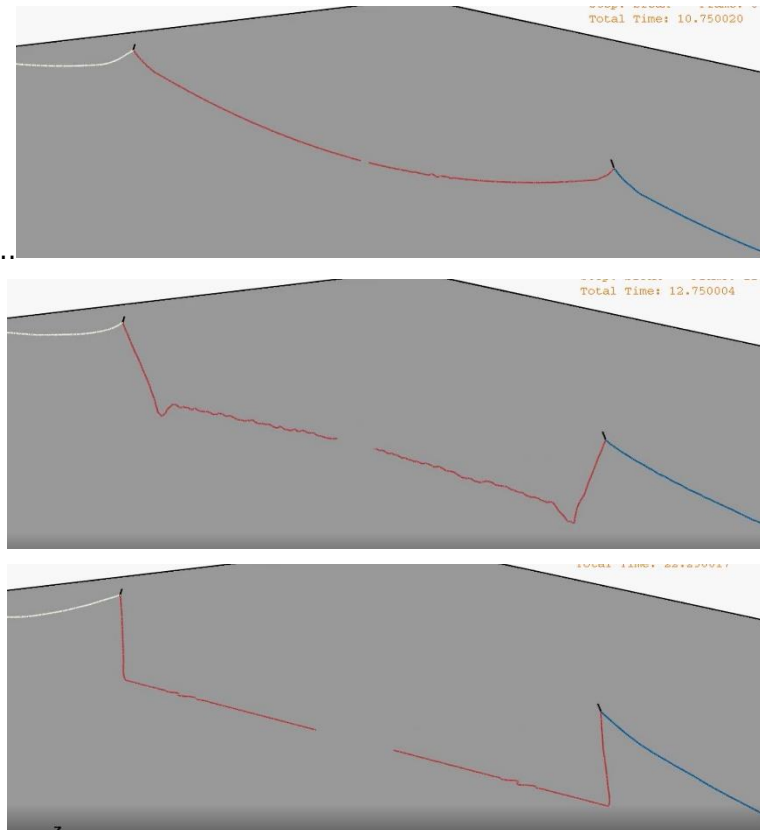
De geleider ondervindt krachten in longitudinale en verticale richting en geen krachten in transversale richting. Daarom zal de geleider nauwelijks uit de lijnrichting bewegen. Figuur 5 en Figuur 7 tonen de positie van de geleider op de grond na de val. De dwarsverplaatsing is minder dan 2 meter. De opstellijn van 25 meter uit het kennisdocument van Brandweer Nederland voldoet ruimschoots aan deze afstand.



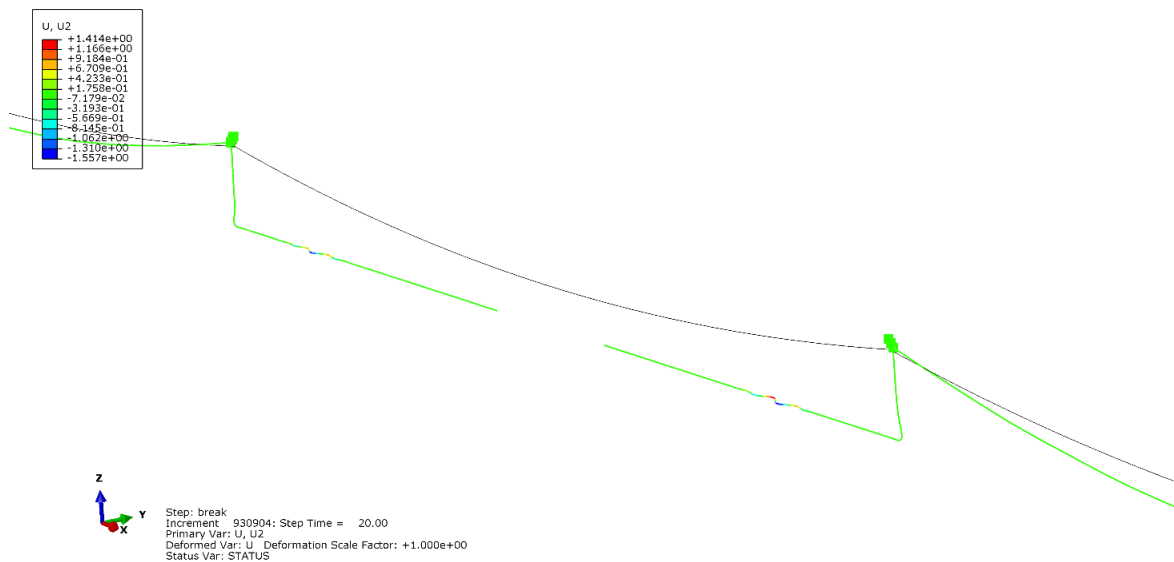
Figuur 4. Geleider breekt vlak bij de mast: positie van de geleider vóór, tijdens en na de val.



Figuur 5. Positie van de geleider op de grond na de val bij breuk vlak bij de mast.



Figuur 6. Geleider breekt in het midden van het veld: positie van de geleider vóór, tijdens en na de val.



Figuur 7. Positie van de geleider op de grond na de val bij breuk in het midden van het veld.

Indien een geleider breekt, ontstaat er een eenzijdige belasting op de aangrenzende masten. Op deze belasting is de mast ontworpen; de kans is klein dat hij hierdoor bezwijkt. Indien veel of alle geleiders tegelijk breken, ontstaat er een grote eenzijdige belasting op de aangrenzende masten. Hier zijn niet alle masten op ontworpen. In dat geval bestaat de kans dat een mast bezwijkt.

Voor de kans op bezwijken van een mast moet onderscheid gemaakt worden tussen hoekmasten en steunmasten. In hoekmasten zijn de geleiders naar beide kanten van de mast afgespannen; in een steunmast zijn de geleiders opgehangen. Een hoekmast is ontworpen om een eenzijdige belasting op te nemen. Een steunmast is hier niet op ontworpen, maar de kans op bezwijken is, door de aanwezige reserves, ook bij een steunmast klein. Als de mast bezwijkt door breuk van alle geleiders in een veld, zal deze vallen in lijnrichting weg van de bezweken geleiders.

Als een mast bezwijkt, gebeurt dit in het deel van de mast waar zich de zwaarst belaste profielen bevinden. Dit is in de regel niet aan de onderkant van de mast maar ergens in het midden. Mede door het knikken van profielen, zal het valbereik minder groot zijn dan de masthoogte en uitkomen op ongeveer twee derde van de hoogte van de mast.

Welk effect kunnen neergekomen geleiders hebben op de infrastructuur van emplacement en aansluitend railnetwerk?

Als een hoogspanningsgeleider valt, zal deze normaal gesproken het bovenleidingsysteem van het spoor raken. Als een geleider breekt en op de bovenleiding valt, kan door het gewicht van de geleiders schade aan de bovenleiding ontstaan. Als een geaard deel (bijvoorbeeld de draagconstructie of een spoorstaaf) geraakt wordt, zal de beveiliging van de hoogspanningslijn de hoogspanning binnen 70 ms afschakelen.

Als de geleider op een onder spanning staand deel van de 25kV-spoorvoeding valt, zal het 25kV-systeem op 150 kV (Waalhaven-Zuid) of 380 kV (Maasvlakte-West) komen te staan. De isolatie van het 25kV-systeem is hier niet op berekend en er zal direct overslag over isolatoren plaatsvinden. Hiermee komt zowel de 25kV-spoorvoeding als de hoogspanning (150 kV of 380 kV) aan aarde te liggen, zodat de beveiligingen van beide systemen de spanning zullen afschakelen.

Welk effect kunnen hoogspanningsgeleiders hebben op het verloop van een incident (scenario), zowel enkelvoudig als meervoudig (één of meer wagons onder hoogspanning)

Door de aanwezigheid van een bovenleiding bij de emplacementen Waalhaven-Zuid en Maasvlakte-West kan de geleider niet rechtstreeks op een wagon vallen. In het extreem onwaarschijnlijke geval dat dit toch zou gebeuren, ontstaat direct een sluiting naar aarde omdat de ketelwagon van staal is en de spoorstaven geaard zijn. De beveiliging van de hoogspanningslijn schakelt de hoogspanningslijn binnen 70 ms af. Om een eerste indruk te krijgen van het risico dat de kortsluiting naar een ketelwagon het staal van de wagon zou kunnen laten doorsmelten, zijn indicatieve berekeningen uitgevoerd. Deze berekeningen laten zien dat de beveiliging van de hoogspanningslijn de kortsluiting snel genoeg afschakelt om doorsmelten van het staal te voorkomen.

HOOFDSTUK 3

Additionele onderzoeksvraag 3

Hieronder gaan we in op de additionele onderzoeksvraag 3:

Welke mogelijkheden zijn er om emplacementen en bovengrondse hoogspanningslijnen van elkaar te scheiden?

Algemene aspecten scheiden van emplacementen en hoogspanningslijnen

Het scheiden van emplacementen en hoogspanningslijnen vergt aanzienlijke aanpassingen aan de hoogspanningslijnen. Op beide locaties is nauwelijks tot geen ruimte voor aanpassingen in verband met aanwezige bovengrondse en ondergrondse infrastructuur.

Aanpassingen aan de hoogspanningslijnen vergen grote inspanning van TenneT's resources. De energietransitie legt een zware druk op TenneT's beperkte resources; deze zijn al volledig bezet.

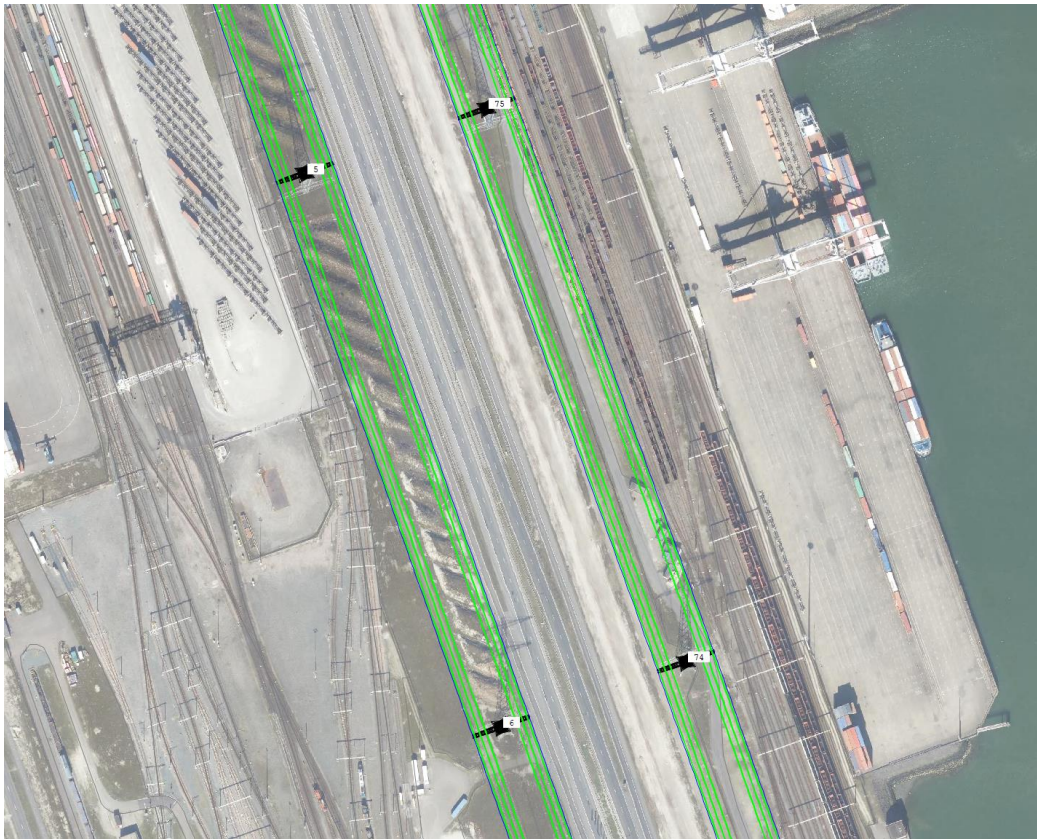
Voor aanpassingen aan hoogspanningslijnen moeten deze voor langere tijd uit bedrijf. Door de toenemende druk op het hoogspanningsnet is dit heel moeilijk realiseerbaar. Om uitbedrijftijden te verkorten, zouden tijdelijke bypasses aangelegd kunnen worden. Hiervoor is op beide locaties nauwelijks tot geen ruimte.

Conclusie: het scheiden van emplacementen en hoogspanningslijnen is moeilijk realiseerbaar.

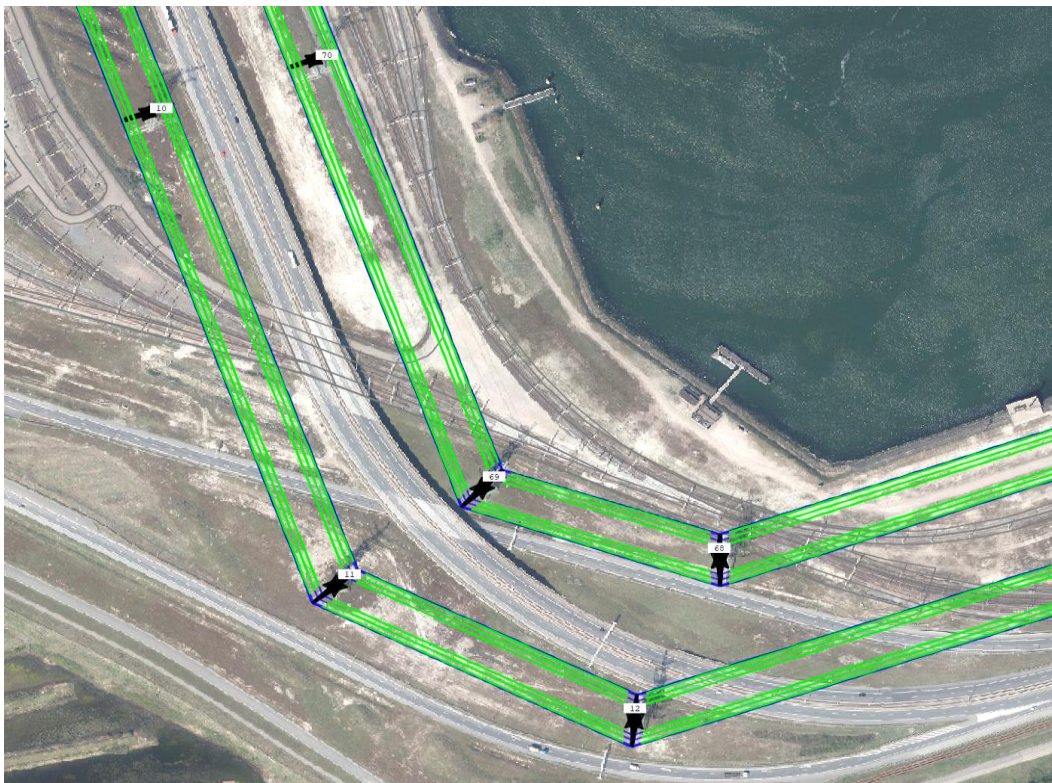
PLS-CADD-modellen

Ten behoeve van de analyse zijn hoogspanningslijnen gemodelleerd in de software PLS-CADD. Met deze software kan de hoogte van de hoogspanningslijn worden bepaald afhankelijk van de omgevingscondities en stroombelasting (die de geleidertemperatuur bepalen). De modellen omvatten de kruisingen van de hoogspanningslijn bij de emplacementen Maasvlakte-West en Waalhaven-Zuid.

Bovenaanzichten van de kruisingen van de 380kV-hoogspanningslijnen met emplacement Maasvlakte-West zijn weergegeven in Figuur 8 en Figuur 9. De 380kV-hoogspanningslijn Maasvlakte-Crayestein (MVL-CRT380) kruist het emplacement tussen mast 10 en 11 en er is een parallelloop op korte afstand tussen mast 5 en 6. De 380kV-hoogspanningslijn Maasvlakte-Westerlee (WL-MVL380) kruist het emplacement tussen mast 69 en 70.



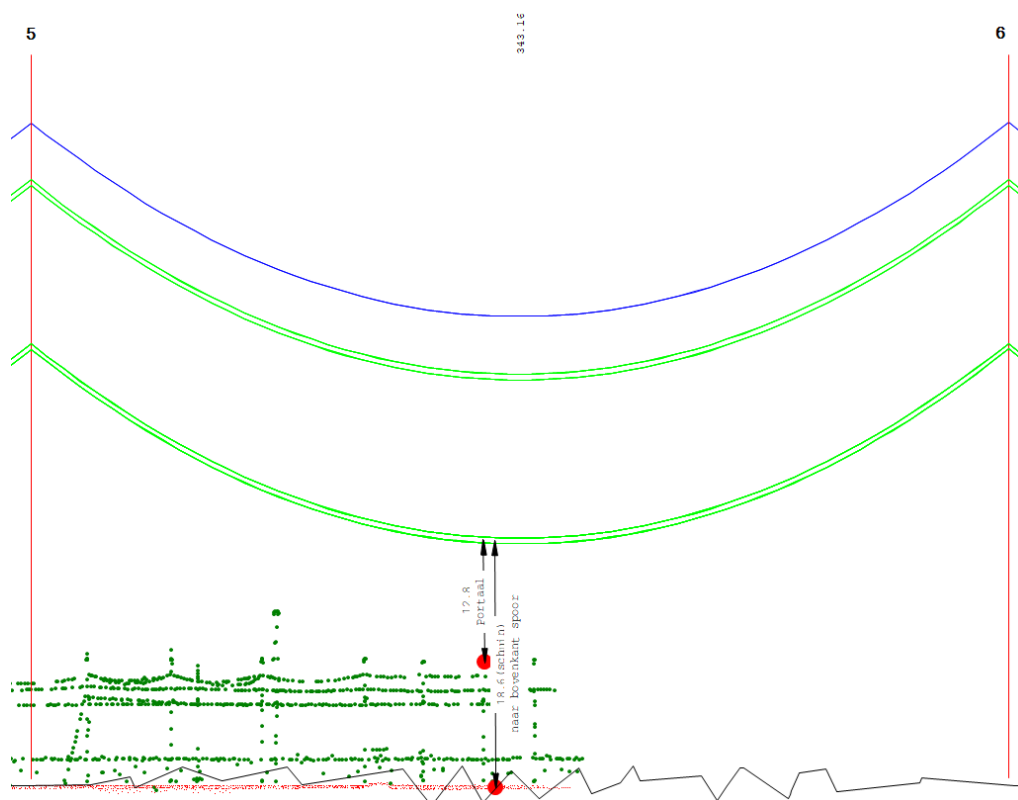
Figuur 8. Parallelloop (mast 5-6) van de 380kV-hoogspanningslijnen Maasvlakte-Crayestein met emplacement Maasvlakte-West.



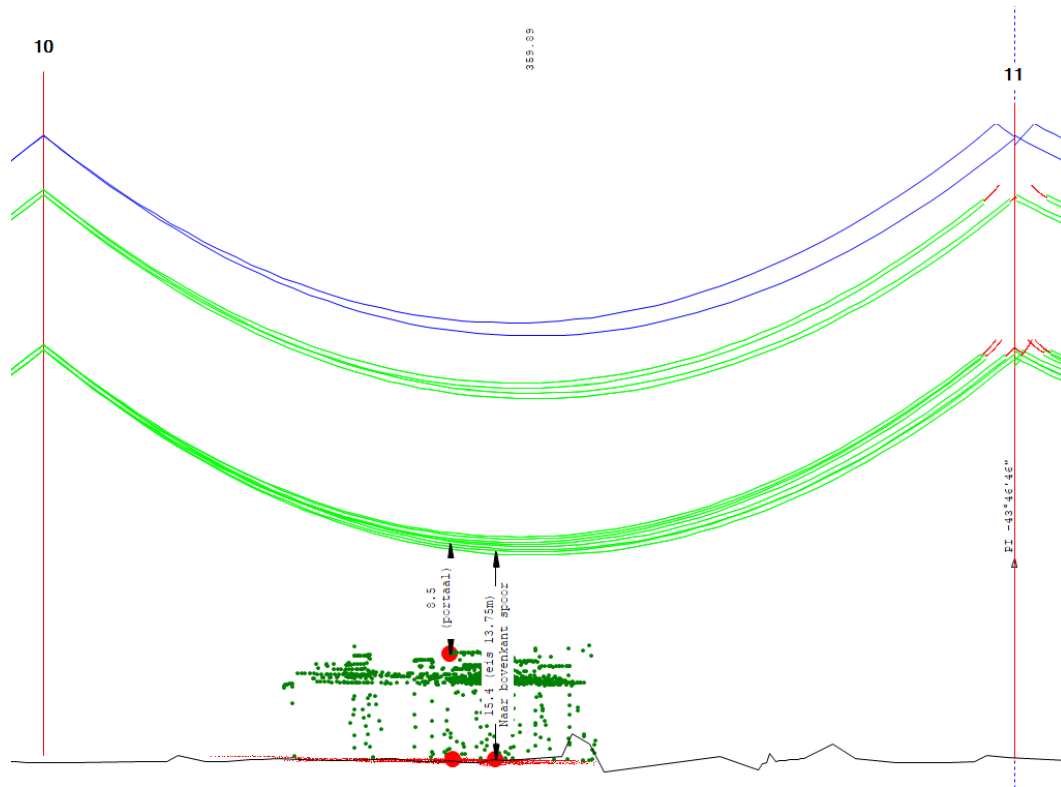
Figuur 9. Kruising van de 380kV-hoogspanningslijnen Maasvlakte-Crayestein (10-11) en Maasvlakte-Westerlee 69-70) met emplacement Maasvlakte-West.

Figuur 10, 11 en Figuur 12 tonen de lengteprofielen bij maximale geleidertemperatuur voor de parallelloop ter hoogte van mast 5-6 (MVL-CRT380) en de kruisingen ter hoogte van de masten 10-11 (MVL-CST380) en 69-70 (WL-MVL380). De afstanden tussen de geleiders van de hoogspanningslijnen en het spoor is 18,6 meter voor veld 5-6, 15,4 meter voor veld 10-11 en 13,7 meter voor veld 69-70. Conform norm NEN-EN 50341-2-15:2019 dient de afstand bij geëlektrificeerd spoor minimaal 13,7 meter te zijn tussen spoorstaaf en geleider van de 380kV-hoogspanningslijn (let op: ratio tussen verticaal en horizontaal in het lengteprofiel is 1:5). De minimale afstand tussen de bovenleidingportalen naar de 380kV-geleiders is ook weergegeven in het lengteprofiel.

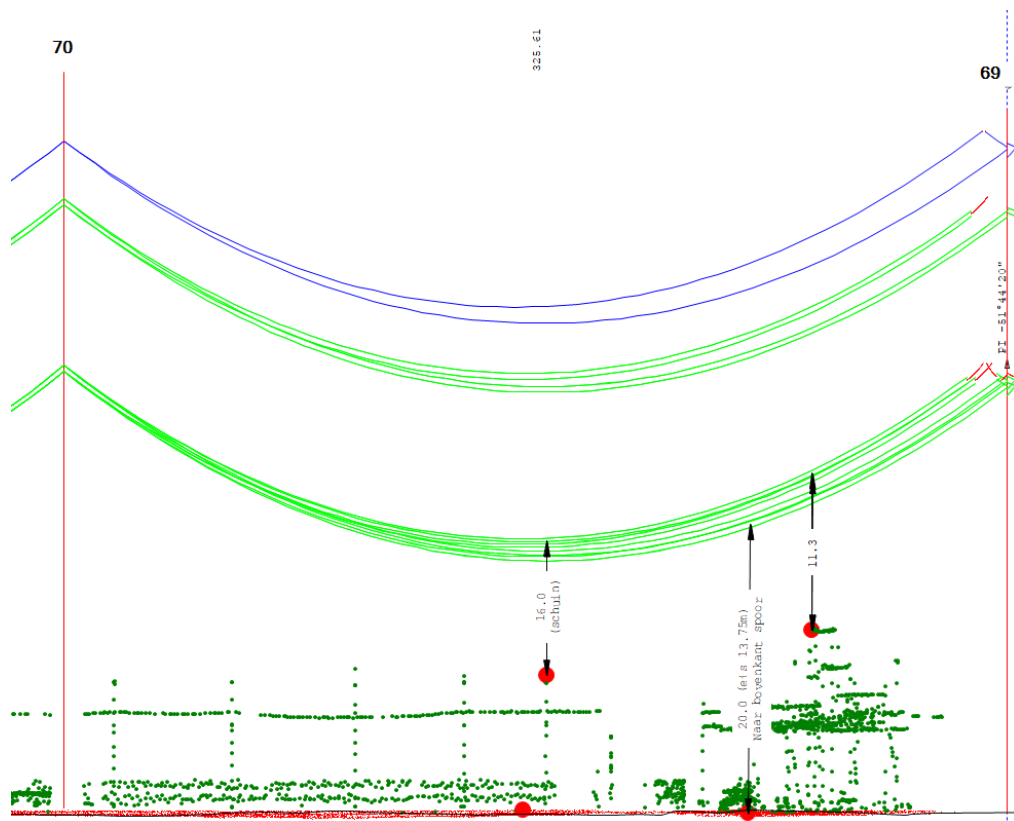
De geleiders zullen het grootste deel van de tijd op een lagere temperatuur bedreven worden dan de maximum geleidertemperatuur. Allen bij maximale stroombelasting en gelijktijdige ongunstige weersomstandigheden hebben de geleiders de maximale temperatuur. Het grootste deel van de tijd hangen de geleiders dus hoger dan weergegeven in de lengteprofielen.



Figuur 10. Lengteprofiel parallelloop tussen mast 5 en 6.

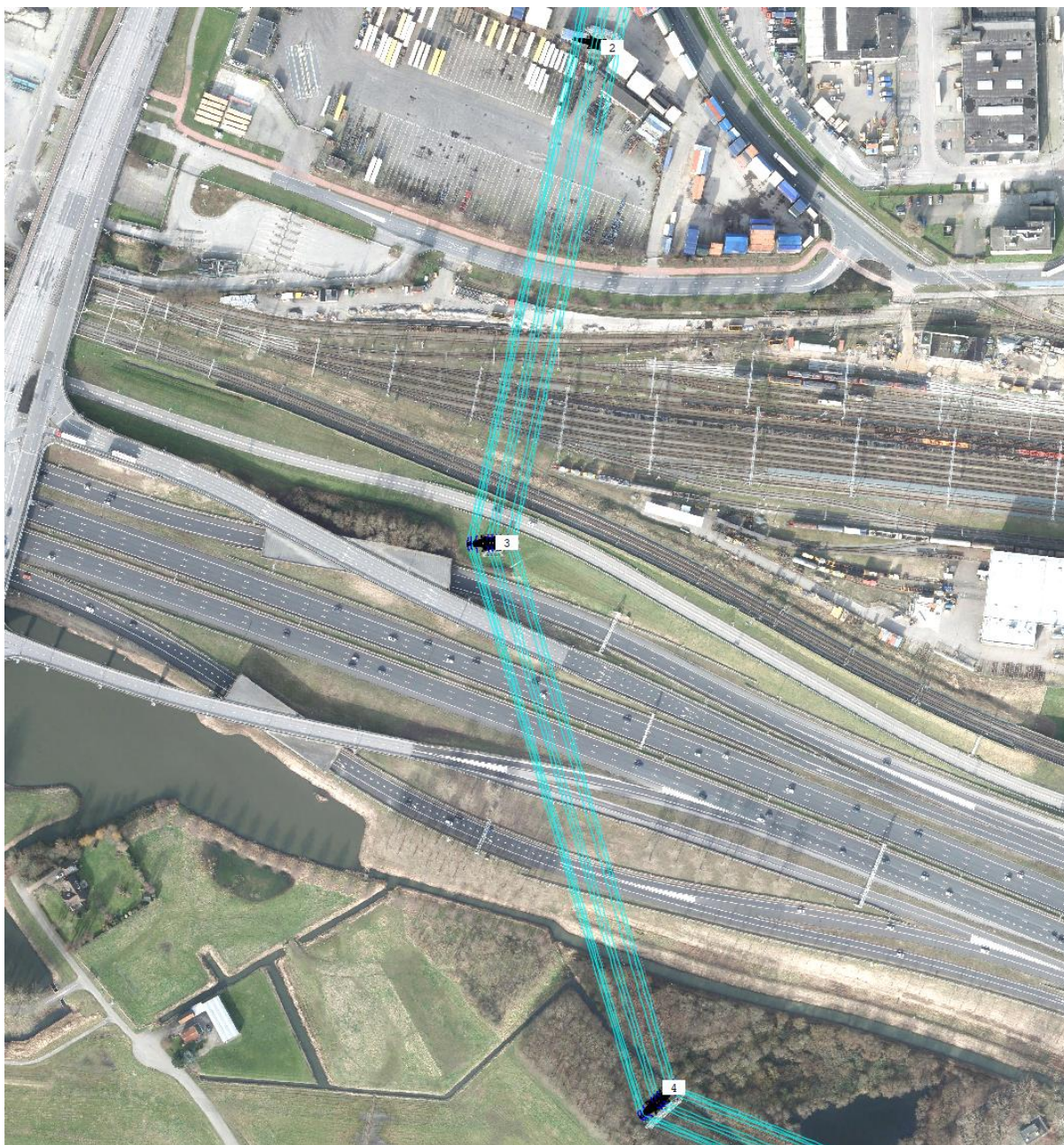


Figuur 11. Lengteprofiel kruising tussen mast 10 en 11.



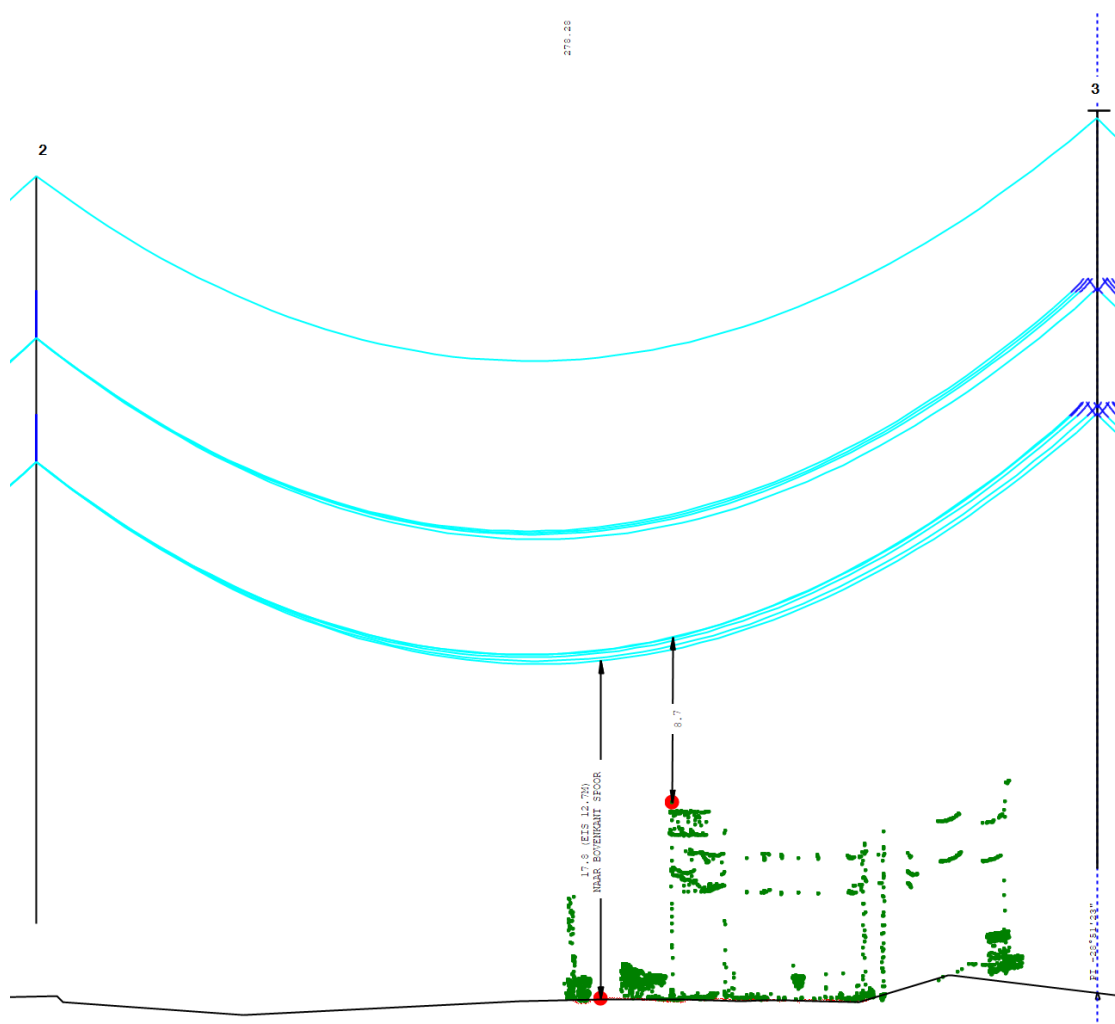
Figuur 12. Lengteprofiel kruising tussen mast 69 en 70.

Een bovenaanzicht van de kruisingen van de 150kV-hoogspanningslijn Waalhaven-Crayestein met emplacement Waalhaven-Zuid is weergegeven in Figuur 13. De 150kV-hoogspanningslijn kruist het emplacement tussen mast 2 en 3.



Figuur 13. Kruising van de 150kV-hoogspanningslijn Waalhaven-Crayestein met emplacement Waalhaven-Zuid.

Figuur 14 toont een afstand van 17,8 meter tussen spoor en de geleiders van de 150kV-hoogspanningslijn; deze dient minimaal 12,7 meter te zijn bij maximale zeeg van de geleiders, conform norm NEN-EN 50341-2-15:2019. Tevens is de minimale afstand tussen de bovenleidingportalen naar de 150kV-geleiders weergegeven.



Figuur 14. Lengteprofiel kruising tussen mast 2 en 3.

De geleiders hoger plaatsen, zodat eronder geblust kan worden

Conform het kennisdocument 'Brandweeroptreden nabij elektriciteit' van Brandweer Nederland kan er onder de geleider geblust worden als incidentbestrijders een opstellijn van 25 meter van de hoogspanningslijn aanhouden en een veiligheidsafstand van 5 meter met het blusmiddel tot de geleiders hanteren. Zie hiervoor ook de rapportage betreffende de primaire onderzoeksvragen. De geleiders hoger plaatsen is daarom niet nodig, omdat er al onder de geleiders geblust mag worden.

Wanneer de geleiders 20 meter hoger gehangen worden, wordt voor een deel van de brandscenario's de tijd tot falen verlengd tot enkele tientallen minuten (zie de rapportages van de deelvragen 1 en 2). Niet alle scenario's zouden hiermee gemitigeerd worden.

Het hoger plaatsen van geleiders zou een grote inspanning vergen. Om de geleiders 20 meter hoger te hangen, zullen de masten en funderingen van aangrenzende masten vervangen moeten worden. Tevens zullen in de aanliggende velden en masten aanpassingen nodig zijn. De werkzaamheden zouden lange uitbedrijftijden vergen of bypasses, waarvoor op beide locaties nauwelijks ruimte is vanwege de aanwezige boven- en ondergrondse infrastructuur. Het hoger plaatsen van geleiders wordt dan ook als een niet-realistisch scenario beschouwd.

Afschermen, zodat gebroken geleiders niet op een emplacement vallen

Om te kunnen beoordelen of er iets tussen bovenleiding en hoogspanningslijn gebouwd kan worden, is het nodig te weten wat de eisen aan zo'n constructie zijn. Een extra constructie brengt complicaties met zich mee, ook voor incidentbestrijding.

Ondergronds brengen van de hoogspanningslijnen

TenneT-beleid is dat 380kV-verbindingen in het Rotterdamse havengebied bovengronds worden uitgevoerd. Zie hiervoor onder andere het Structuurschema Elektriciteitsvoorziening (SEVIII).

Door de aanwezige ondergrondse infrastructuur is er bij Maasvlakte geen ruimte voor kabelcircuits. Voor de 150kV-hoogspanningslijn zouden gedetailleerde netwerkstudies nodig zijn, de verwachting is echter dat verkabelen grote implicaties heeft voor het netwerk. Een ander aspect bij de 150kV-hoogspanningslijn bij Waalhaven is dat deze verbinding al deels ondergronds is uitgevoerd. Verdere verkabeling zal leiden tot extra complicaties, onder andere voor de beveiliging van de verbinding. Een ander nadeel van kabels is de lange reparatietijd, wat een negatief effect heeft op de beschikbaarheid. Het verkabelen van hoogspanningslijnen heeft elektrotechnische consequenties voor het net. Het elektrische gedrag van kabels verschilt sterk van het elektrisch gedrag van hoogspanningslijnen, wat effect heeft op het systeemgedrag, de stabiliteit en de kwaliteit van het net. Hieronder volgt een korte uitleg van de elektrotechnische consequenties van verkabelen.

De capaciteit van een kabel is veel groter dan die van een hoogspanningslijn. Een kabel genereert reactief vermogen, wat onder bepaalde omstandigheden leidt tot spanningsverhogingen in het netwerk. Om de spanningshuishouding op orde te houden, moet blindstroomcompensatie geïnstalleerd worden. In de stations is ruimte voor deze apparatuur benodigd. De toepassing van kabels leidt tot een verlaging van de eerste resonantiefrequentie van het net, met als groot risico dat bij gewone bedrijfsvoeringsactiviteiten (in- of uitschakelen van een component) al spanningsopslingeringen kunnen ontstaan. Dit is schadelijk voor het net. De combinatie van kabels en blindstroomcompensatie vermeerderd ook het aantal resonantiefrequenties. Dit zal effect hebben op de harmonischen in het net en kan leiden tot overspanningen. Aangezien het aantal installaties in het net dat harmonischen produceert toeneemt met het aansluiten van windparken, PV-parken, vermogenselektronica en HVDC-componenten, neemt het risico op het versterken van achtergrond-harmonischen tot boven acceptabele waarden ('netvervuiling') toe.

Gedetailleerde studies naar de spanningshuishouding, blindstroomcompensatie, asymmetrie, harmonischen en transiënten zullen uitgevoerd moeten worden om de effecten van het toevoegen van meer kabels in kaart te brengen, de risico's te beoordelen en de haalbaarheid van mitigerende maatregelen te onderzoeken.

Verplaatsen van sporen

Het Rotterdams havengebied kenmerkt zich door bedrijven met een haven waar goederen en stoffen worden aan- en afgevoerd per zeeschip, waarbij een deel van deze goederen via spoor wordt af- of aangevoerd. Voor een efficiënte bediening van de aanwezige bedrijven bevinden zich vijf emplacementen in het Rotterdamse havengebied, die elk de achterliggende nabijgelegen bedrijven bedienen. Dit betreft de emplacementen (van west naar oost):

- Maasvlakte
- Europoort
- Botlek
- Pernis

- Waalhaven-Zuid.

Vanaf Waalhaven-Zuid is het volgende emplacement Kijfhoek te Barendrecht: alle treinen die vanuit Europoort nog een nadere sortering op bestemming moeten ondergaan, worden te Kijfhoek fijngesorteerd.

Het fysiek scheiden van de hoogspanningsverbinding en het emplacement zou vanuit het emplacement bezien betekenen dat óf het emplacement wordt verplaatst óf de rangeerprocessen worden uitgeplaatst naar een andere emplacementslocatie. Beide opties worden hierna uiteengezet.

Verplaatsen van emplacement Waalhaven-Zuid

Emplacement Pernis is de meest nabijgelegen locatie. Verplaatsen naar een of meer andere emplacementen zou logistiek onlogisch zijn. In Figuur 15 is een uitsnede van de emplacementen Pernis (links, zwart omcirkeld) en Waalhaven-Zuid (rechts, rood omcirkeld) weergegeven.



Figuur 15. Locatie emplacementen Pernis en Waalhaven-Zuid.

De emplacementen worden aan de zuidzijde begrensd door de A15 en aan de noordzijde bevinden zich de te bedienen bedrijven. Tussen Pernis en Waalhaven-Zuid wordt de route nog gekruist door de A4 die aftakt van de A15 richting de Beneluxtunnel.

Nog afgezien van de kosten is op de afbeelding zichtbaar dat het verplaatsen van de emplacementssporen fysiek niet mogelijk is, omdat het gebied volledig ingevuld is door wegen en bedrijven.

Verplaatsen van rangeeractiviteiten

Indien de functie voor rangeren van gevaarlijke stoffen te Waalhaven vervalt, voorzien wij de volgende mogelijke consequenties:

- Het rangeerwerk wordt uitgeplaatst naar een ander emplacement. De vraag is of op het meest nabijgelegen emplacement – Pernis – voldoende ruimte aanwezig is. Gezien het huidige gebruik, is dit niet realistisch.
- Onverlet voorgaande geldt dat indien verplaatsen van rangeeractiviteiten logistiek al mogelijk is, de doorgaande treinen nog altijd het emplacement zullen passeren, en dat geldt ook voor het deel onder de hoogspanningsverbinding. Zonder handelingen op het emplacement blijft dezelfde stroom wagons (met gevaarlijke stoffen) als doorgaand verkeer plaatsvinden. Veiligheidstechnisch gezien zal met het stoppen van handelingen op het emplacement niets veranderen aan de totale situatie.

- Een andere optie is om uitsluitend het rangeren met gevaarlijke stoffen uit te plaatsen. Het is voor een verlader – in dit geval met name de containerterminal – doorgaans niet interessant om alleen voor gevaarlijke stoffen een andere modaliteit te kiezen. De verlader zal dan voor al zijn transport kiezen voor een andere modaliteit. In dat geval zal dit het wegverkeer betreffen (het bereik per binnenvaart is minder fijnmazig; indien dit een optie zou zijn geweest, heeft een verlader hier vaak al voor gekozen). Uit oogpunt van veiligheid heeft vervoer via spoor doorgaans de voorkeur boven transport via weg. Daarbij wordt opgemerkt dat de aan- en afvoerroutes over het wegennetwerk verkeersstromen hebben die ook overkruisingen van hoogspanningsverbindingen tegenkomen. Met de toename in het wegverkeer leidt dit tot een verhoogde ongevalskans op de weg met gevaarlijke stoffen.

Discussie casuïstiek en gevolgen uitplaatsen rangeeractiviteiten

Bij het stopzetten van de rangeeractiviteiten met gevaarlijke stoffen te Waalhaven-Zuid zal het transport zich verplaatsen naar een andere modaliteit. Het passeren van verkeer van gevaarlijke goederen onder de hoogspanningsverbinding blijft daarbij nog steeds bestaan – via de weg dan wel via doorgaand treinverkeer.

Het uitplaatsen van rangeeractiviteiten heeft een risicoverhogend effect:

- Verladers zullen nog steeds bediend moeten worden door middel van het benodigde rangeerwerk dat wordt verplaatst naar een andere locatie. Hierdoor zal het treinverkeer van een ander havenemplacement naar Waalhaven-Zuid en dus op de havenspoorlijn toenemen. Deze treinbewegingen van en naar Waalhaven-Zuid vinden plaats via de sporen gelegen onder de hoogspanningsverbinding.
- Ook bij de uitplaatsing naar wegverkeer zal er sprake zijn van een hoger risico, daar de kans op incidenten over de weg groter is en de inzet van de overheidsbrandweer mogelijk minder gericht op gevaarlijke stoffen. Daarbij wordt opgemerkt dat de aan- en afvoerroutes via wegen lopen waar dezelfde hoogspanningsverbinding overheen ligt (A15). Met de toename in het wegverkeer leidt dit tot een verhoogde ongevalskans met gevaarlijke stoffen.

Overall gezien leidt het uitplaatsen of het verbieden van rangeeractiviteiten met gevaarlijke stoffen tot een verslechtering van de veiligheid in de omgeving ter hoogte van Waalhaven-Zuid en de havenemplacementen waar alsnog de benodigde rangeerbewegingen moeten plaatsvinden.

Verplaatsen van hoogspanningslijnen

Het verplaatsen van hoogspanningslijnen is vanwege de aanwezige boven- en ondergrondse infrastructuur een heel complexe opgave, die geen voordelen oplevert:

- Door de aanwezige ondergrondse infrastructuur, inclusief de leidingenstrook, is er nauwelijks tot geen ruimte om nieuwe funderingen voor masten aan te leggen.
- Werkzaamheden aan weg- en spoorkruisingen zijn complexe operaties waarvoor onder andere additionele veiligheidsmaatregelen nodig zijn, zoals het plaatsen van jukken.
- Door de aanwezige infrastructuur is er nauwelijks ruimte voor de benodigde werkterreinen.
- Figuur 9 en Figuur 13 tonen de kruisingen van de hoogspanningslijnen met spoor en wegen. Het verplaatsen van de hoogspanningslijnen zal betekenen dat spoor en weg op andere locaties gekruist gaan worden. De kruisingen worden verplaatst, maar verdwijnen niet. Er is geen realistisch tracé te vinden dat voordelen oplevert.



WIJ ZIJN BERENSCHOT, GRONDLEGGER VAN VOORUITGANG

Nederland is continu in ontwikkeling. Maatschappelijk, economisch en organisatorisch verandert er veel. Al vijftientig jaar volgen wij als adviesbureau deze ontwikkelingen op de voet en werken we aan een vooruitstrevende samenleving. De behoefte om iets fundamenteels te betekenen voor mens en maatschappij zit in onze genen. Met onze adviezen en oplossingen hebben we dan ook actief meegebouwd aan het Nederland van vandaag. Altijd op zoek naar duurzame vooruitgang.

Alles wat we doen, is onderzocht, onderbouwd en vanuit meerdere invalshoeken bekeken. Zo komen we tot gefundeerde adviezen en slimme oplossingen. Die zijn op het eerste gezicht misschien niet altijd de meest voor de hand liggende. Juist deze eigenzinnigheid maakt ons uniek. Daarbij zijn we niet van symptoombestrijding. En gaan pas naar huis als het is opgelost.

Berenschot B.V.

Van Deventerlaan 31-51, 3528 AG UTRECHT
Postbus 8039, 3503 RA UTRECHT
030 2 916 916
www.berenschot.nl

Berenschot





RAPPORT

Incidentenbestrijding emplacementen

Beantwoording deelvraag 3

69465 – Vertrouwelijk – 29 juni 2023

Berenschot – Royal HaskoningDHV – Antea Group – DNV

Inhoudsopgave

Hoofdstuk 1.....	3
Inleiding.....	3
Hoofdstuk 2.....	4
Deel 1: generieke analyse	4
2.1 Scope.....	4
2.2 Werkwijze.....	5
2.3 Presentatie resultaten	5
2.4 Beantwoording onderzoeksvragen generieke analyse	35
Hoofdstuk 3.....	38
Specifieke analyse: spoor en hoogspanning in Rotterdam.....	38
3.1 Doel en scope	38
3.2 Resultaten specifieke analyse.....	39
3.3 Toekomstige ontwikkelingen	42
Hoofdstuk 4.....	45
Beschouwing van de resultaten.....	45

HOOFDSTUK 1

Inleiding

Deelvraag 3 onderzoekt of er vergelijkbare situaties met gevaarlijke stoffen nabij hoogspanning zijn, zoals het geval is bij het emplacement Waalhaven en emplacement Maasvlakte. Het plan van aanpak bestaat bij deze deelvraag uit twee delen:

Deel 1: generieke analyse

De generieke analyse richt zich op welke risicobronnen zich in de nabijheid van hoogspanning bevinden in Nederland en hoeveel dit er zijn. Dit deel geeft antwoord op de volgende vragen:

- a. Hoeveel situaties zijn er in Nederland met overlap tussen de 25-meterzones van hoogspanningslijnen en de (potentiële) locaties van risicobronnen?
- b. Welk type risicobronnen betreft dit en wat betekent dit (op hoofdlijnen) voor de incidentbestrijding?
- c. In welke gebieden (gemeenten, provincies) liggen deze risicobronnen?

De 25-meterzones vloeien voort uit het uitgangspunt van TenneT voor bescherming van hulpdiensten bij bestrijding van incidenten nabij hoogspanningslijnen. De locaties van risicobronnen betreffen de percelen (als bepaald door de terreingrenzen) behorend bij de voor dit onderzoek als relevant benoemde risicovolle activiteiten. Dit zijn activiteiten benoemd in Bijlage VII van het (toekomstig) Besluit kwaliteitseisen leefomgeving, voor zover deze kunnen leiden tot incidenten in omvang vergelijkbaar of groter dan bij het bulkvervoer van gevaarlijke stoffen over het spoor. De basisnetten spoor, weg en water maken deel uit van Bijlage VII.

De generieke analyse richt zich niet op de overlap tussen buisleidingen en hoogspanning. De beheersing van het risico en de afspraken over incidentbestrijding voor deze situaties vinden plaats conform NEN 3654, waaraan zowel TenneT als de (gas)leidingbeheerders zich hebben geconformeerd.

Deel 2: specifieke analyse spoorse activiteiten in havengebied Rotterdam

De specifieke analyse zoomt in op de overlapsituaties tussen hoogspanning en rangeerlocaties en/of doorgaand spoor in het havengebied Rotterdam. Daarnaast geven we een doorkijk naar de toekomst. Hiervoor zijn in overleg met het Havenbedrijf Rotterdam, TenneT en ProRail de beoogde ontwikkelingen voor hoogspanning en spoor in de haven in beeld gebracht.

Deze analyse resulteert in specifieke informatie over bestaande en toekomstige spoorse overlapsituaties in de Rotterdamse haven. Tevens benoemen we welke overige risicosituaties er (te verwachten) zijn en/of hier mogelijk mitigerende maatregelen noodzakelijk zijn.

HOOFDSTUK 2

Deel 1: generieke analyse

2.1 Scope

Om de generieke analyse te kunnen uitvoeren, moet vastgesteld worden welk deel van het hoogspanningsnet binnen de scope valt. Ook moet benoemd worden op welke risicobronnen de analyse betrekking heeft. Daarnaast is de te kiezen afmeting van de overlapzone relevant.

Voor de analyse zijn de situaties relevant waarbij de brandweer binnen de 25-meterzone van hoogspanning de mogelijkheid moet hebben een incident met gevaarlijke stoffen te bestrijden zonder elektrocutiegevaar. Elektrocutie kan ontstaan door de effecten van het incident (zoals warmtestraling en -convectie, overdruk) en/of de noodzakelijk toe te passen bestrijdingsstrategie. Daarnaast ligt de focus op activiteiten die kunnen leiden tot incidenten in omvang vergelijkbaar of groter dan bij het bulkvervoer van gevaarlijke stoffen over het spoor.

Deze scope leidt tot de volgende afbakeningen:

Afbakening hoogspanning

Alle (bovengrondse) hoogspanningslijnen, inclusief masten en daaraan gerelateerde stations met een spanning van 110 kV en hoger.

Bepaling overlapzone

De overlapzone wordt bepaald door de zone van 25 meter ten opzichte van de buitenste hoogspanningslijn¹. Deze 25-meterzones vloeien voort uit het uitgangspunt van TenneT voor bescherming van hulpdiensten bij bestrijding van incidenten nabij hoogspanningslijnen.

De locaties van risicobronnen betreffen de percelen (als bepaald door de terreingrenzen) behorend bij de voor dit onderzoek als relevant benoemde risicovolle activiteiten (zie onder) en de tracés van de basisnetroutes.

Relevante risicobronnen

Uitgangspunt voor de identificatie van de te beschouwen risicobronnen zijn de risicovolle activiteiten opgenomen in Bijlage VII van het (toekomstig) Besluit kwaliteitseisen leefomgeving. Binnen het kader van deze analyse zijn hiervan niet relevant:

- Buisleidingen en daaraan gerelateerde activiteiten².
- Windturbines.
- Activiteiten met toxische, oxiderende of verstikkende stoffen.

¹ De basis van deze zone is de zogenaamde stapspanning: het spanningsverschil tussen twee plekken waar een persoon de grond raakt. Bij een (te) grote spanning kan elektrocutie optreden.

² De beheersing van het risico en de afspraken over incidentbestrijding bij de overlap tussen buisleidingen en hoogspanning vinden plaats conform NEN 3654, waaraan zowel TenneT als de (gas)leidingbeheerders zich hebben geconformeerd.

- Kleinschalige of ondergrondse opslag van brandbare vloeistoffen of gassen.

Samengevat betreft de scope daarmee de huidige Bevi-bedrijven waar brandbare en/of explosieve stoffen aanwezig zijn en de huidige basisnetten spoor, weg en water. Bijlage VII benoemt aanvullend tevens waterstoftankstations en activiteiten met lng en cng (Liquified (L) en Compressed (C) Natural Gas).

2.2 Werkwijze

Middelen

De analyse is uitgevoerd met behulp van een algemeen beschikbare GIS-applicatie (ArcGis, versie 2.9.5) en openbaar toegankelijke bronnen:

- EV-signaleringskaart.
- TenneT hoogspanningskaart (Hoogspanningsnet Nederland Assetgegevens TenneT TSO B.V.).
- ProRail-luchtfotobestand (<https://spoorinbeeld.nl/>)

Aanpak

Per type risicobron (risicovolle activiteit en basisnet) is gekeken op welke geografische locaties zich overlapzones bevinden. Vervolgens zijn per type risicobron criteria opgesteld om de situaties te selecteren die binnen de scope van de analyse bijzondere aandacht verdienen, omdat er kans- of effectvergrotenende factoren aanwezig zijn. Bij spoor zijn deze criteria bijvoorbeeld de aanwezigheid van wissels; bij Brzo-inrichtingen betreft dit de ligging over de installaties of gebouwen. Bij de toelichting van de resultaten zijn per type risicobron de specifieke criteria genoemd.

Presentatie

Per type risicobron zijn mogelijke situaties op kaart weergegeven, waar de mogelijkheden voor de brandweer om te kunnen opstellen en een brand te kunnen bestrijden zonder onder een hoogspanningslijn of binnen de veiligheidszone van 25 meter te staan, niet gegarandeerd kunnen worden. Daarnaast zijn gecompliceerde situaties weergegeven waarbij verschillende risicobronnen en hoogspanning bij elkaar komen. Hiervan zijn overzichtstabellen opgenomen in paragraaf 2.3. Een volledig overzicht van alle overlappende situaties is per type risicobron opgenomen in de bijlage (Excel-files).

2.3 Presentatie resultaten

De resultaten zijn als volgt gepresenteerd:

- Spoorse situaties: analyse van de overlapsituaties van hoogspanningslijnen met Bevi-emplacementen (2.3.1.A), Basisnet spoor (2.3.1.B) en overige spoorse situaties (2.3.1.C).
- Basisnet overig: analyse van de overlapsituaties van hoogspanningslijnen met het Basisnet weg (2.3.2) en het Basisnet water (2.3.3).
- Bevi-inrichtingen: analyse van de overlapsituaties van hoogspanningslijnen met Brzo-inrichtingen (2.3.4), lpg-, H₂, lng- en cng-tankstations (2.3.5) en overige Bevi-inrichtingen (2.3.6).

2.3.1 Spoorse situaties

Tabel 1 benoemt de benaming en definities van de verschillende spoorbanen.

Tabel 1. Benaming en definities spoorbanen.

Benaming	Definitie	Bron
Vrije baan	Een vrije baan is een gebied dat twee dienstregelpunten of twee PPLG 's met elkaar verbindt.	ProRail
Emplacement	Een emplacement is een gebied van de railinfrastructuur dat bestemd en ingericht is om treinen te doen stoppen, beginnen, eindigen, inhalen, kruisen, opstellen of rangeren en voorzien van ten minste één wissel.	ProRail
PPLG-spoor	Een PPLG-spoor is een binnen een PPLG geldende aanduiding van een spoor . PPLG staat voor Provinciaal Programma Landelijk Gebied.	ProRail
Stamlijn	Een stamlijn is het spoor en de wissels, waarop meer spooraansluitingen zijn aangesloten ter ontsluiting van een bedrijvenpark aan de hoofdspoorweg.	ProRail
Raccordement	Een raccordement is een spoorweg die niet bestemd is voor openbaar vervoer en die aansluit aan een openbare spoorweg.	ProRail
Uithaalspoor	Een uithaalspoor is een spoor in het verlengde van een bundel parallel liggende sporen, met als doel een trein van het ene naar het andere spoor te kunnen rangeren.	ProRail
Opstelspoor	Een opstelspoor is een spoor bedoeld voor het opstellen van materieel.	ProRail
Wachtspoor	Een wachtspoor is een spoor waarop materieel gedurende enige tijd neergezet kan worden als het volgende deel van het af te leggen traject nog niet vrij is. De trein blijft deel uitmaken van de treindienst. Dit is een tegenhanger van 'opstelspoor', waarbij het opgestelde materieel geen onderdeel is van de treindienst.	ProRail

2.3.1.1 Bevi-emplacementen

Fout! Verwijzingsbron niet gevonden. toont een overzicht van alle geïdentificeerde overlapsituaties. De Excel-file met de gedetailleerde gegevens is opgenomen in de bijlage.

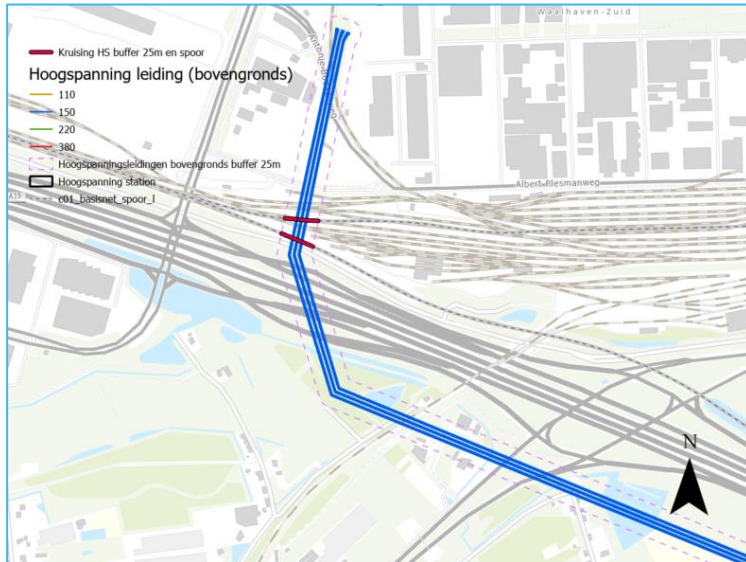
Tabel 2. Overzicht geïdentificeerde overlapsituaties hoogspanning vs Bevi-emplacementen.

Nummer	Naam	Locatie
1	ProRail Waalhaven	Rotterdam (Zuid-Holland)
2	ProRail Maasvlakte	Rotterdam (Zuid-Holland)
3	Container Uitwisselpunt Betuweroute	Overbetuwe (Gelderland)
4	Spoorwegemplacement Blerick	Venlo (Limburg)

Emplacement 1: ProRail Waalhaven (spoorsegmenten 201Q.3, 201R.3)

Locatie: Rotterdam (Zuid-Holland)

Bijzonderheden: 150 kV hoogspanning kruist van zuid naar noord de A15, de vrije baan, het emplacement en vervolgens de Albert Plesmanweg en de Antonie Bodaanweg.



Figuur 1. Spoorsegmenten 201Q.3, 201R.3 en 204E.1 (emplacement Waalhaven).

Emplacement 2: ProRail Maasvlakte

Locatie: Rotterdam (Zuid-Holland)

Bijzonderheden: Twee 380 kV hoogspanningslijnen kruisen het Maasvlakte-emplacement aan de zuidoostzijde en lopen vervolgens parallel aan de west- en oostzijde, waarbij de A15 er tussenin ligt. Er worden verschillende opstel- en wachsporen gekruist.



Figuur 2. Maasvlakte-emplacement.

Emplacement 3: Container Uitwisselpunt Betuweroute

Locatie: Overbetuwe (Gelderland)

Bijzonderheden: Een 380 kV lijn loopt parallel aan het emplacement en kruist het emplacement aan de westzijde. Een 150 kV lijn kruist (ondergronds) het emplacement en verschillende spoorbanen. Een tweede 150 kV lijn kruist het spoor ter plaatse van de oostelijke terreingrens van het emplacement.

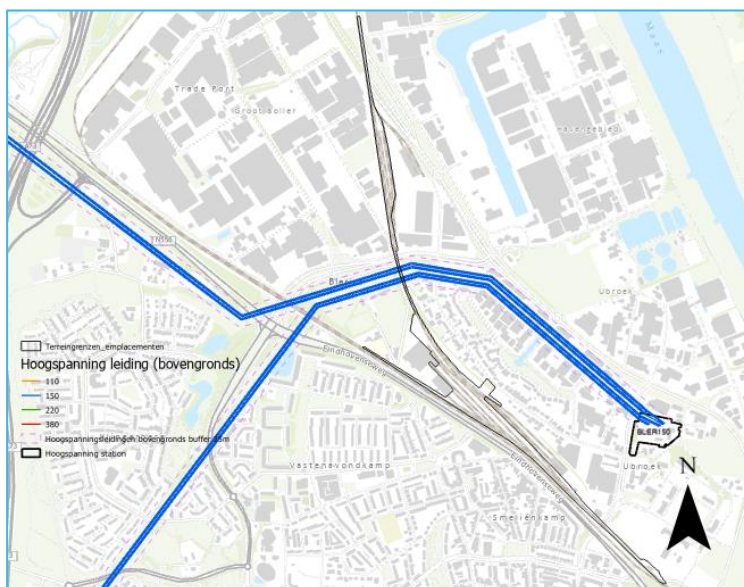


Figuur 3. Container Uitwisselpunt Betuweroute.

Emplacement 4: Spoorwegemplacement Blerick

Locatie: Venlo (Limburg)

Bijzonderheden: Hier kruist een hoogspanningslijn van 150 kV tussen de twee emplacementsdelen in de terreingrens en de spoorlijn.



Figuur 4. Spoorwegemplacement Blerick.

2.3.1.2 Basisnet spoor

De Excel-file met de gedetailleerde gegevens van alle overlapsituaties Basisnet spoor en hoogspanning is opgenomen in bijlage 1. In totaal betreft het 121 situaties, waarvan een aantal in elkaars directe nabijheid ligt, bijvoorbeeld een splitsing van sporen (voorbeeld: Barendrecht).

Deze paragraaf bevat afbeeldingen van situaties waar sprake is van:

- aanwezigheid van wissels onder de hoogspanningslijn
- aanwezigheid van wachtspooren onder de hoogspanningslijn.

of waarop vier of meer van onderstaande criteria van toepassing zijn:

- Aanwezigheid van wissels onder de hoogspanningslijn.
- Aanwezigheid van wachtspooren onder de hoogspanningslijn.
- De hoogspanningslijn kruist de spoorlijn onder een grote hoek. Dit is het geval wanneer de veiligheidszone van een hoogspanningslijn voor meer dan 100 meter over een spoortracé valt en/of sprake is van een parallelle ligging over langere afstand (500 meter).
- De hoogspanningslijn kruist meer dan vier spoorbanen.
- Meerdere hoogspanningsverbindingen kruisen één spoortracé binnen korte afstand.
- Aanwezigheid van een risicovergroten factor binnen de veiligheidszone van de hoogspanningslijn.

De selectie is gebaseerd op de kwalitatieve verwachting dat deze situaties in relatie tot incidentbestrijding complexer zouden kunnen zijn. Het is geenszins een waardering van het risico van de betreffende situatie. Tabel 3 toont een overzicht van de overlapsituaties waarvan afbeeldingen zijn weergegeven.

Tabel 3. Overlapsituaties Basisnet Spoor en hoogspanning (selectie van 29 situaties op 14 locaties). De gemarkeerde situaties zijn onderdeel van Bevi-emplacementen; #### betreft lijnen waarvoor een PAG is aangewezen.

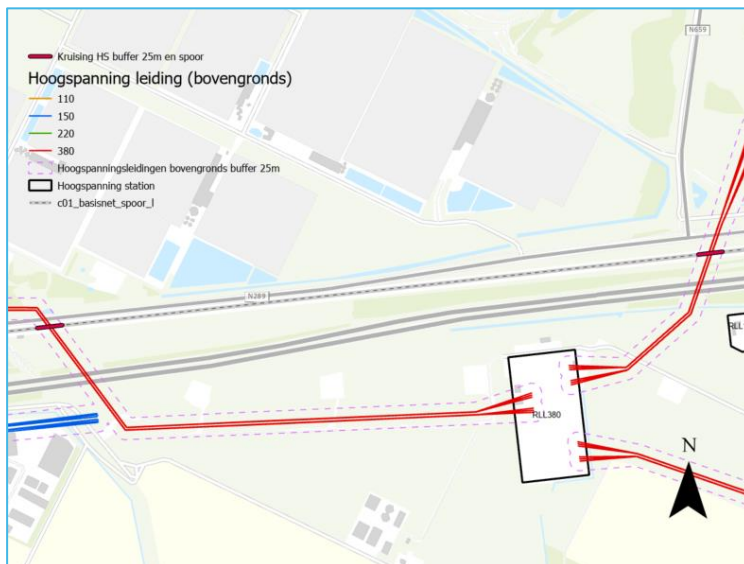
Naam (FID)	Type spoor	Naam/Beschrijving	#A	#C3
Locatie 1, Figuur 5: Reimerswaal				
11Z.1 (2)	Vrije baan	Reimerswaal (Zeeland)	10.300	2.700
Locatie 2, Figuur 6: Roosendaal				
12D.1 (4)	Vrije baan	Roosendaal (Noord-Brabant)	4.350	1.450
Locatie 3, Figuur 7: Woerden				
30BG.2 (15)	Vrije baan	Woerden (Utrecht)	1.440	6.020
Locatie 4, Figuur 8: Diemen				
30CU.4 (21)	Vrije baan	Diemen (Noord-Holland)	1.440	5.670
30CU.5 (22)	Vrije baan		1.440	5.670
470J.1 (127)	Vrije baan		-	350
470K.1 (128)	Vrije baan		-	350
Locatie 5, Figuur 9: Moerdijk				
35AB.5 (33)	Vrije baan	Moerdijk (Noord-Brabant); Wachtspoor tbv industrieterrein Moerdijk	19.020	20.340
120A.1 (73)	Uithaal-/opstelspoor		1.000	4.600
Locatie 6, Figuur 10: Tilburg				
61B.1 (53)	Vrije baan	Tilburg (Noord-Brabant)	700	1.050
Locatie 7, Figuur 11: Overbetuwe				
62A.1 (54)	Vrije baan	Overbetuwe (Gelderland); deels onderdeel van Container Uitwisselpunt Betuweroute	1.000	-
202Y.2 (98)	Uithaal-/opstelspoor		50.850	110.380
Locatie 8, Figuur 12: Barendrecht				
30A.1 (13)	Vrije baan	Barendrecht (Zuid-Holland)	360	4.400

Naam (FID)	Type spoor	Naam/Beschrijving	#A	#C3
201A.1 (88)	Vrij baan		34.630	144.480
201B1.2 (89)	Vrije baan		35.150	138.890
440A.1 (123)	Uithaal-/opstelspoor		1.080	2.720
445C.1 (125)	Uithaal-/opstelspoor		1.080	2.720
Locatie 9, Figuur 13: Rotterdam				
201Q.3 (90)	Uithaal-/opstelspoor	Rotterdam (Zuid-Holland); deels onderdeel	17.080	67.070
201R.3 (91)	Uithaal-/opstelspoor	van emplacement Waalhaven; onderdeel	17.080	67.070
204E.1 (105)	Vrije baan	Havenspoorlijn	33.130	130.110
Locatie 10, Figuur 14: Rotterdam				
201AM.7 (92)	Vrije baan	Rotterdam (Zuid-Holland); onderdeel Havenspoorlijn	39.700	141.840
Locatie 11, Figuur 15: Rotterdam				
201AN.7 (93)	Vrije baan	Rotterdam (Zuid-Holland); deels onderdeel	39.700	141.840
201AO.7 (94)	Vrije baan	van emplacement Maasvlakte; onderdeel	39.700	141.840
201AP.7(95)	Uithaal-/opstelspoor	Havenspoorlijn	39.700	141.840
Locatie 12, Figuur 16: Overbetuwe				
202Q.2 (101)	Uithaal-/opstelspoor	Overbetuwe (Gelderland); deels onderdeel van	50.850	110.380
202R.2 (102)	Vrije baan	Container Uitwisselpunt Betuweroute	50.850	110.380
Locatie 13, Figuur 17: Groningen				
420C.1 (122)	Vrije baan / Uithaal-/opstelspoor	Groningen (Groningen); onderdeel van niet-Bevi-emplacement	1.750	8.750
Locatie 14, Figuur 18: Rotterdam				
205A.1 (129)	Uithaal-/opstelspoor	Rotterdam (Zuid-Holland); betreft	39.700	141.840
205B.1 (130)	Uithaal-/opstelspoor	emplacement Maasvlakte	39.700	141.840

Basisnet spoor, Locatie 1 – (2) 11Z.1 (Vrije baan)

Locatie: Reimerswaal (Zeeland)

Bijzonderheden: Het spoor kruist twee keer een 380 kV lijn naast de A58, het spoor loopt evenwijdig aan meerdere hoogspanningsstations.



Figuur 5. Spoorsegment 11Z.1.

Basisnet spoor, Locatie 2 – (4) 12D.1 (Vrije baan)

Locatie: Roosendaal (Noord-Brabant)

Bijzonderheden: Het spoor kruist meerdere 150 kV lijnen vlak naast een hoogspanningsstation. In de nabijheid liggen meerdere wissels.

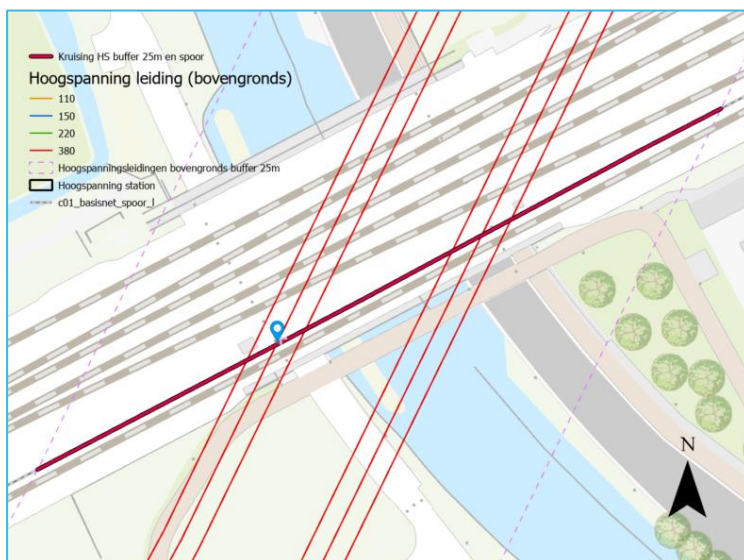


Figuur 6. Spoorsegment 12D.1.

Basisnet spoor, Locatie 3 – (15) 30BG.2 (Vrije baan)

Locatie: Woerden (Utrecht)

Bijzonderheden: het spoor loopt met enkele wissels onder een 380 kV lijn door over een brug.

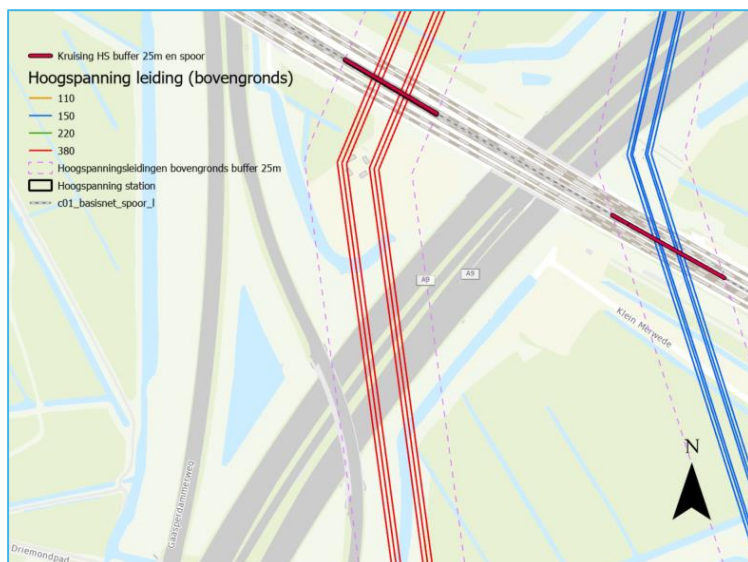


Figuur 7. Spoorsegment 30BG.2.

Basisnet spoor, Locatie 4 – (21, 22, 127 en 128) 30CU.4 + 30CU.5 + 470K.1 + 470J.1 (alle Vrije baan)

Locatie: Diemen (Noord-Holland)

Bijzonderheden: Een 380 kV lijn kruist hier de A9 en verschillende spoorsegmenten met wissels, een 150kV lijn kruist het spoor. De A9 loopt onder het spoor door.

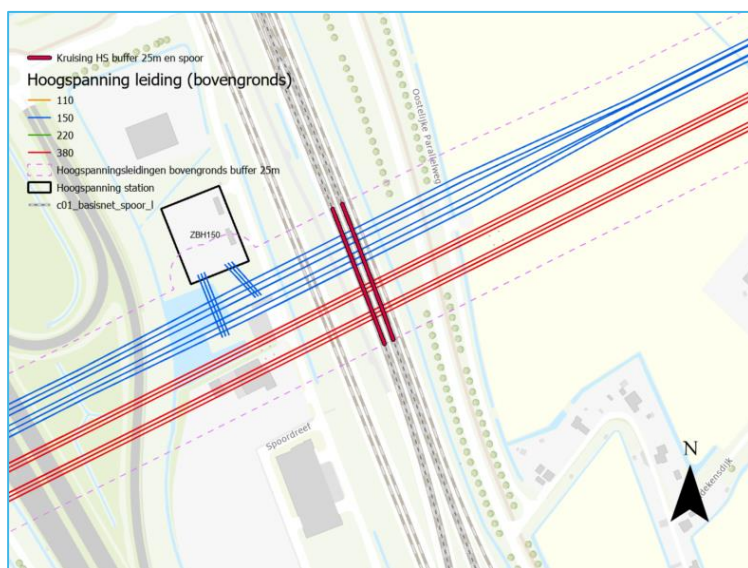


Figuur 8. Spoorsegmenten 30CU.4, 30CU.5, 470K.1 en 470J.1.

Basisnet spoor, Locatie 5 - (33 en 73) 35AB.5 (Vrije baan) + 120A.1 (Uithaal-/opstelspoor)

Locatie: Moerdijk (Noord-Brabant)

Bijzonderheden: Naast een hoogspanningsstation kruisen een 380 kV en 150 kV lijn meerdere spoorbanen. De A16 loopt ten westen van het spoor (zie 2.3.2). Ten noorden van de overkruising bevindt zich het Station Lage Zwaluwe en een uithaal-/opstelspoor ten behoeve van het industrieterrein Moerdijk.



Figuur 9. Spoorsegmenten 35AB.5 en 120A.1.

Basisnet spoor, Locatie 6 - (53) 61B.1 (Vrije baan)

Locatie: Tilburg (Noord-Brabant)

Bijzonderheden: Twee hoogspanningslijnen van 380 kV en 150 kV kruisen hier meerdere spoorbanen.

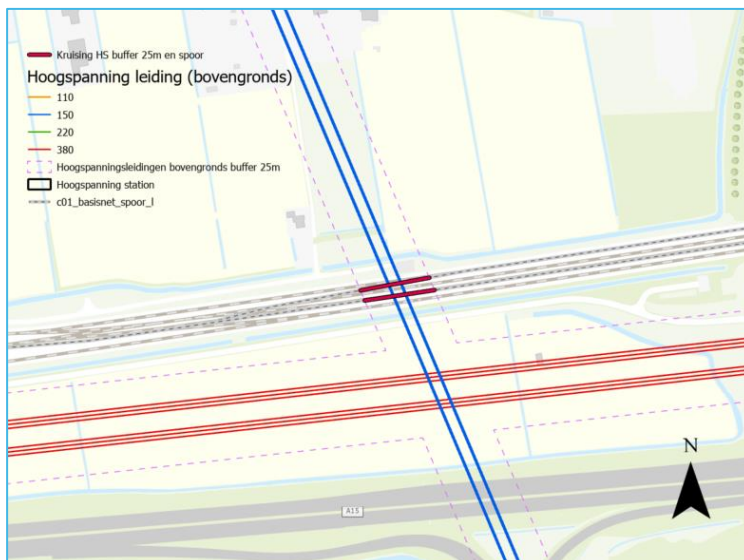


Figuur 10. Spoorsegment 61B.1.

Basisnet spoor, Locatie 7 (54 en 98) 62A.1 (Vrije baan) + 202Y.2 (Uithaal-/opstelspoor, onderdeel emplacement Container Uitwisselpunt Betuweroute)

Locatie: Overbetuwe (Gelderland)

Bijzonderheden: Een 150 kV lijn kruist het spoor in de nabijheid van wissels (deel van het emplacement Container Uitwisselpunt Betuweroute, zie ook 2.3.1.A). Evenwijdig aan het spoor loopt een 380 kV lijn en de A15.

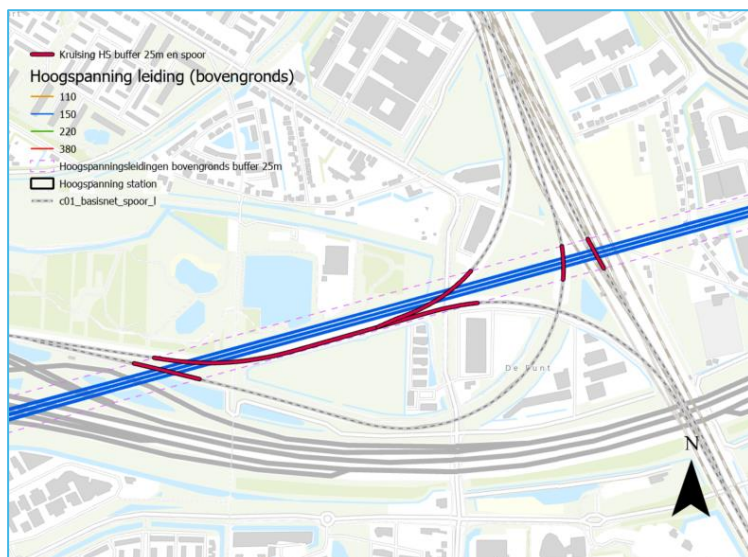


Figuur 11. Spoorsegment 62A.1.

Basisnet spoor, Locatie 8 (13, 88, 89, 123 en 125) 30A.1+ 201A.1 + 201B.2 + 440A.1 (allen Vrije baan) + 445C.1 (Vrije baan + uithaal-/opstelspoor)

Locatie: Barendrecht (Zuid-Holland)

Bijzonderheden: Een 150 kV lijn kruist hier een groot aantal spoorsegmenten, inclusief wachtspoor en wissels. Evenwijdig aan de hoogspanningslijn loopt ten zuiden de A15, met op- en afritten (zie ook 2.3.2).

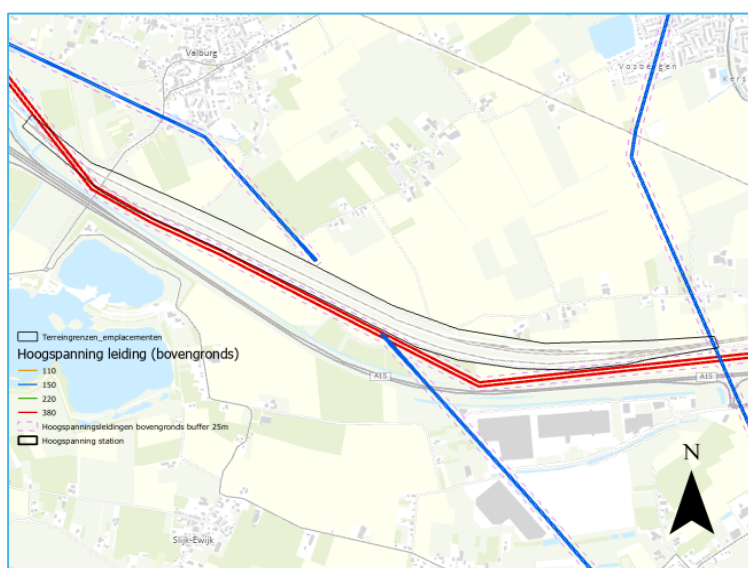


Figuur 12. Spoorsegmenten 30A1, 201A.1, 201B.2, 440A.1 en 445C.1.

Basisnet spoor, Locatie 9 (90, 91 en 105) 201Q.3 + 201R.3 (Uithaal-/opstelsporen, onderdeel emplacement Waalhaven) + 204E.1 (Vrije baan)

Locatie: Rotterdam (Zuid-Holland)

Bijzonderheden: 105 is de kruising van de 150 kV lijn over de vrije baan aan de zuidzijde van emplacement Waalhaven (zie 2.3.1.A). De lijn kruist ook de A15 (met op- en afritten en wisselstroken, zie 2.3.2).

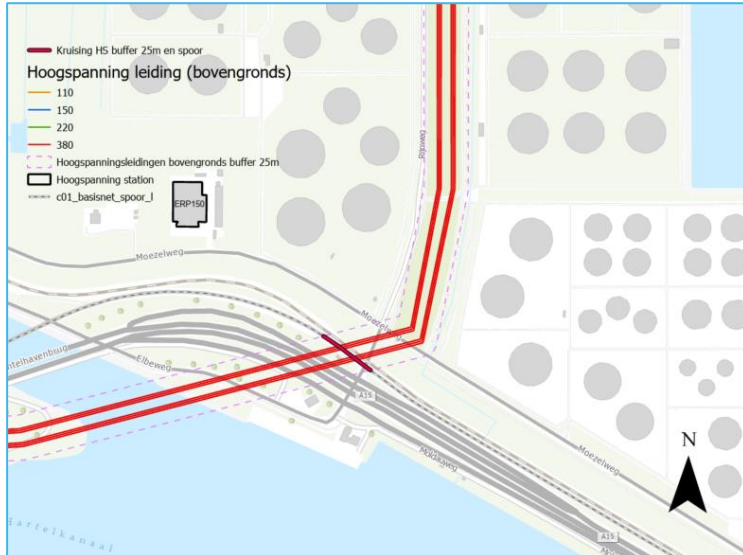


Figuur 13. Spoorsegmenten 201Q.3, 201R.3 en 204E.1.

Basisnet spoor, Locatie 10 – (92) 201AM.7 (Vrije baan)

Locatie: Rotterdam (Zuid-Holland)

Bijzonderheden: Een 380 kV lijn kruist de A15 en het spoor, om vervolgens naar het noorden af te buigen. Hier loopt de hoogspanningslijn tussen verschillende opslagtanks door (zie ook 2.3.2 en 2.3.5).



Figuur 14. Spoorsegment 201AM.7.

Basisnet spoor, Locatie 11 – (93, 94 en 95) 201AN.7 + 201AO.7 (beiden Vrije baan) + 201AP.7 (Uithaal-/opstelspoor, onderdeel van emplacement Maasvlakte)

Locatie: Rotterdam (Zuid-Holland)

Bijzonderheden: Een 380 kV lijn loopt hier meerdere kilometers parallel aan het spoor en de A15 (zie 2.3.2).



Figuur 15. Spoorsegmenten 201AN.7 + 201AP.7 + 201AO.7.

Basisnet spoor, Locatie 12 – (101 en 102) 202Q.2 (Uithaal-/opstelspoor, onderdeel van emplacement Container Uitwisselpunt Betuweroute) + 202R.2 (Vrije baan)

Locatie: Overbetuwe (Gelderland)

Bijzonderheden: Een 380 kV lijn kruist meerdere spoorbanen met wissels. Evenwijdig aan het spoor loopt de A15. Nabij bevindt zich ook knooppunt Valburg (zie ook 2.3.2).

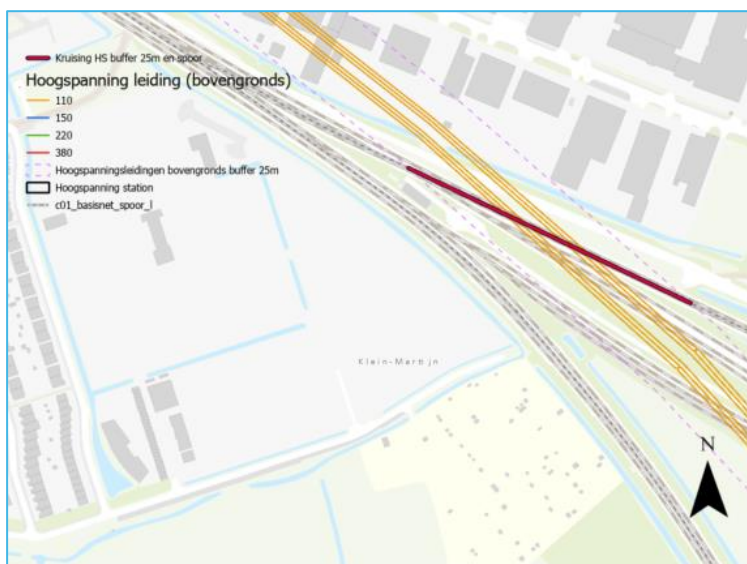


Figuur 16. Spoorsegment 202Q.3 en 202R.3.

Basisnet spoor, Locatie 13 – (122) 420C.1 (vrije baan)420C.1 (Uithaal-/opstelspoor)

Locatie: Groningen (Groningen)

Bijzonderheden: Een 110 kV lijn kruist hier een groot aantal sporen met wissels.

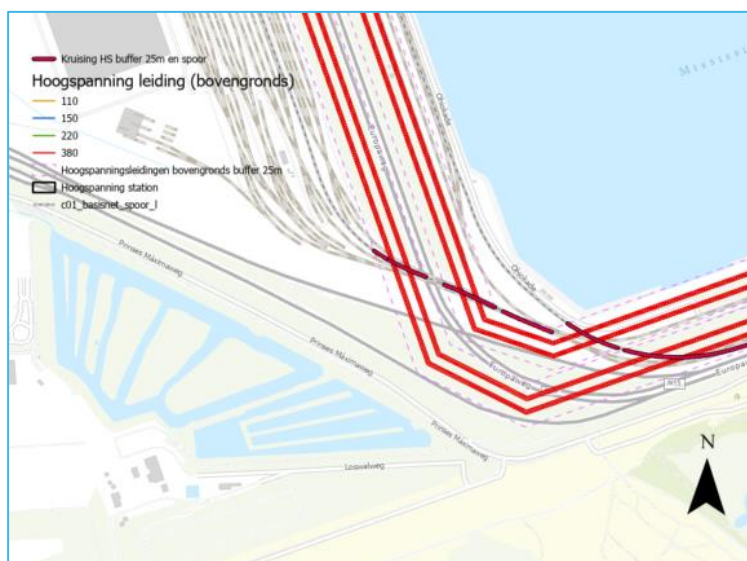


Figuur 17. Spoorsegment 420C.1.

Basisnet spoor, Locatie 14 – (129 en 130) 205A.1 + 205B.1 (Uithaal-/opstelsporen, onderdeel van emplacement Maasvlakte)

Locatie: Rotterdam (Zuid-Holland)

Bijzonderheden: Een 380 kV lijn kruist hier het emplacement Maasvlakte 2.



Figuur 18. Spoorsegment 205A.1 en 205B.1.

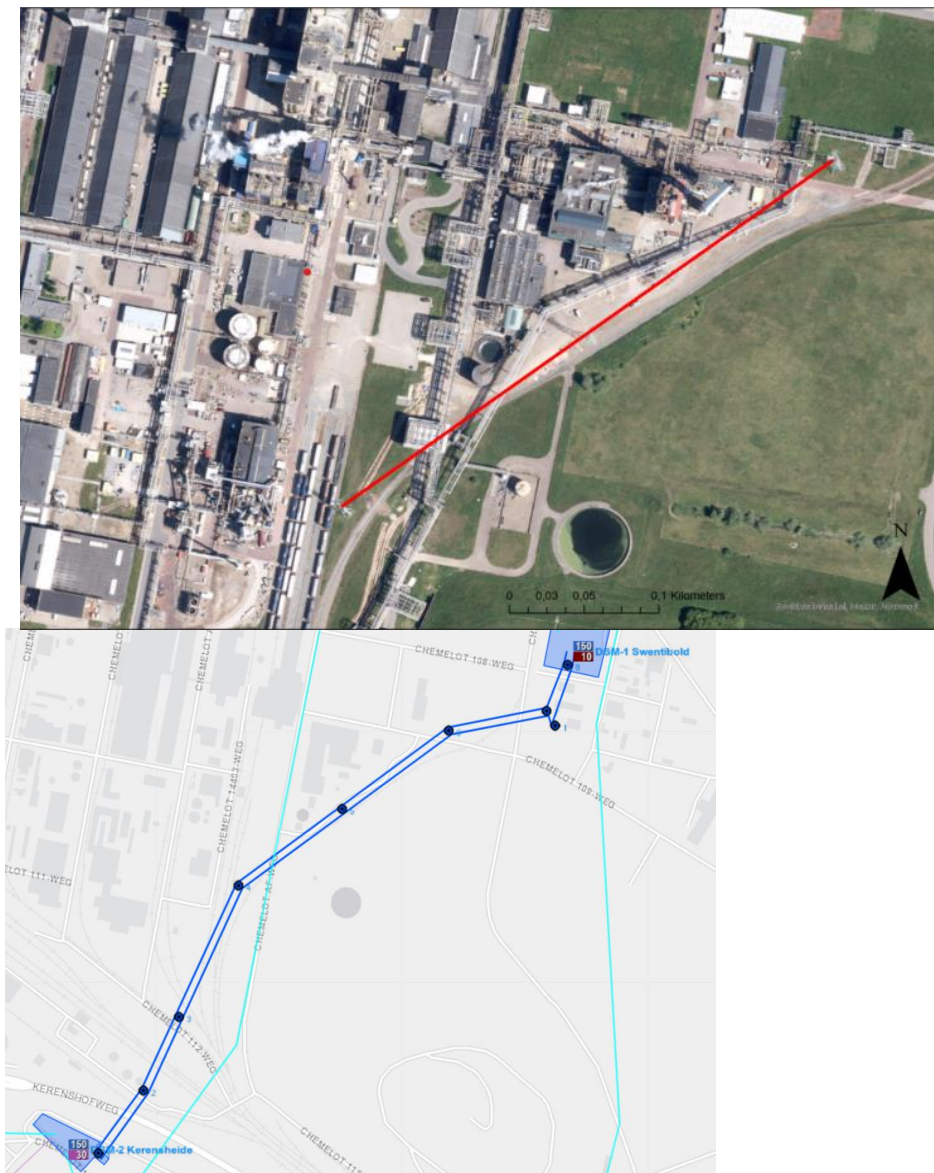
2.3.1.3 Overige spoorse situaties

Naast de overlapsituaties met Bevi-emplacementen en Basisnet spoor is er nog een andere opmerkelijke situatie geïdentificeerd waar spoor en hoogspanning elkaar overlappen. Deze situatie komt bij de gevolgde werkwijze niet direct naar voren, omdat:

- geen sprake is van hoogspanning in het beheer van TenneT (of andere algemene netbeheerder)
- de specifieke locatie niet als Bevi-emplacement bekend is, maar onderdeel is van een inrichting.

Het betreft een opstellocatie voor treinen met gevaarlijke stoffen op het terrein van Chemelot bij de chemische fabriek CZZF.

Een hoogspanningslijn van DSM loopt hier over diverse rangeersporen en tevens over naastgelegen leidingbruggen met (naar verwachting) gevaarlijke stoffen. De situatie en ligging van de hoogspanningslijn is in het bovenste plaatje weergegeven met rood in [Figuur 19](#). De ligging van de lijn wordt in het onderste plaatje getoond.



Figuur 19. Spoorsituatie en hoogspanning bij Chemelot.

2.3.2 Basisnet weg

De Excel-file met de gedetailleerde gegevens van alle overlapsituaties Basisnet weg en hoogspanning is opgenomen in bijlage 1. In totaal betreft het 613 overlapsituaties die vaak gegroepeerd aanwezig zijn: een hoogspanningslijn loopt over meerdere rijbanen, op- en afritten en kruisende wegen. Geografisch betreft het 182 locaties.

Tabel 4 geeft een overzicht van die situaties waar sprake is van:

- hoeklengte³ $\geq$ 150 meter, en
- aantal transporten GF3 per wegvak per jaar $\geq$ 3000, en
- plasbrand aandachtsgebied aanwezig? = ja

Dit overzicht betreft locaties waar relatief veel transporten van brandbare en explosieve stoffen plaatsvinden in combinatie met een 'ruime' overlap met de hoogspanning. Het is geenszins een waardering van het risico van de betreffende situatie. Het aantal transporten GF3 zegt iets over het groepsrisico, terwijl het aantal transporten LF1 en LF2 de aanwezigheid van een plasbrandaandachtsgebied bepalen. LF3-transporten worden niet gemonitord in het basisnet en zijn geen criterium. Incidenten met LF1-, LF2- en GF3-transporten kunnen leiden tot schade aan de hoogspanningslijnen als gevolg van brand en/of explosie.

Van enkele situaties met bijzondere kenmerken zijn afbeeldingen opgenomen, zoals:

- een knooppunt in combinatie met een spoorlijn
- het kruisen met een groot aantal wegvakken
- 'extreme' lengte van het overlapgebied.

NB Behalve over basisnetroutes vindt het vervoer van gevaarlijke stoffen over de weg ook over regionale en lokale wegen plaats. Ook hier kan sprake zijn van locaties waar nabij de kruising met hoogspanning de bestrijding lastig of onmogelijk is. De hoeveelheden transporten zijn over het algemeen laag, ofwel per definitie een lage kans van optreden en daarmee een laag risico.

Tabel 4. Overlaplocaties Basisnet weg en hoogspanning (geïdentificeerd op basis van de selectie van 44 situaties waarvoor de criteria hoeklengte $>$ 150 meter, PAG en GF3 $>$ 3000 van toepassing zijn).

Wegvak (FID)*	Naam/beschrijving	# rijbanen	# GF3 p/jaar
Locatie 1, Figuur 20: Knooppunt Diemen (4 geselecteerde overlapsituaties)			
N2 (14)	A1: Knp. Diemen - Knp. Muiderberg ($L_{hoek} < 150$ meter)	3	4000
N107 (110)	A9: afrit 1 (Amsterdam-Bijlmermeer) - Knp. Diemen ($L_{hoek} < 150$ meter)	4	3000
N107 (113)	A9: afrit 1 (Amsterdam-Bijlmermeer) - Knp. Diemen ($L_{hoek} < 150$ meter)	5	3000
N107 (146)	A9: afrit 1 (Amsterdam-Bijlmermeer) - Knp. Diemen	4	3000
N1 (212)	A1: Knp. Watergraafsmeer - Knp. Diemen	4	4000
N1 (219)	A1: Knp. Watergraafsmeer - Knp. Diemen ($L_{hoek} < 150$ meter)	4	4000
N107 (253)	A9: afrit 1 (Amsterdam-Bijlmermeer) - Knp. Diemen ($L_{hoek} < 150$ meter)	3	3000
N107 (261)	A9: afrit 1 (Amsterdam-Bijlmermeer) - Knp. Diemen	4	3000
N2 (286)	A1: Knp. Diemen - Knp. Muiderberg ($L_{hoek} < 150$ meter)	3	4000
N1 (332)	A1: Knp. Watergraafsmeer - Knp. Diemen	4	4000
N1 (497)	A1: Knp. Watergraafsmeer - Knp. Diemen ($L_{hoek} < 150$ meter)	4	4000
N107 (536)	A9: afrit 1 (Amsterdam-Bijlmermeer) - Knp. Diemen ($L_{hoek} < 150$ meter)	3	3000
Locatie 2: A1 tussen afrit 26 en 28 (1 geselecteerde overlapsituatie)			
O3 (29)	A1: afrit 26 (Lochem) - afrit 28 (Rijssen)	3	4000

³ De lengte van het wegvak, spoorwegtrace of waterweg dat binnen 25 meter van de buitenste hoogspanningslijn ligt.

O3 (378)	A1: afrit 26 (Lochem) - afrit 28 (Rijssen) ($L_{hoek} < 150$ meter)	3	4000
O3 (505)	A1: afrit 26 (Lochem) - afrit 28 (Rijssen) ($L_{hoek} < 150$ meter)	3	4000
Locatie 3, Figuur 21: A2 tussen afrit 5 en afrit 6 (1 geselecteerde overlapsituatie)			
U73 (19)	A2: afrit 5 (Breukelen) - afrit 6 (Maarssen)	5	4000
U73 (495)	A2: afrit 5 (Breukelen) - afrit 6 (Maarssen)	5	4000
Locatie 4: A2 tussen Knooppunt De Hogt en afrit 33 (2 geselecteerde overlapsituaties)			
B72 (338)	A2: Knp. De Hogt - afrit 33 (Waalre) N2	3	8400
B72 (539)	A2: Knp. De Hogt - afrit 33 (Waalre) N2	3	8400
Locatie 5: Knooppunt Kerensheide (1 geselecteerde overlapsituatie)			
L86 (124)	A2: afrit 48 (Urmond) - Knp. Kerensheide ($L_{hoek} < 150$ meter)	3	4000
L42 (264)	A2: Knp. Kerensheide - afrit 50 (Beek) ($L_{hoek} < 150$ meter)	3	4000
L86 (312)	A2: afrit 48 (Urmond) - Knp. Kerensheide	3	4000
Locatie 6, Figuur 22: Knooppunt Markiezaat (2 geselecteerde overlapsituaties)			
B127 (135)	A4: afrit 30 (Hoogerheide) - Knp. Markiezaat ($L_{hoek} < 150$ meter)	1	5715
B35 (158)	A4: Knp. Markiezaat - A4 Grens België ($L_{hoek} < 150$ meter)	1	3098
Ze10 (268)	[-] (A4 naar A58) ($L_{hoek} < 150$ m en $GF3 < 3000$)	3	2000
Ze10 (313)	A58: afrit 32 (Kruiningen) - Knp. Markiezaat ($L_{hoek} < 150$ meter)	2	4000
Ze10 (394)	A58: afrit 32 (Kruiningen) - Knp. Markiezaat	3	4000
Ze10 (410)	A58: afrit 32 (Kruiningen) - Knp. Markiezaat ($L_{hoek} < 150$ meter)	2	4000
Ze10 (419)	A58: afrit 32 (Kruiningen) - Knp. Markiezaat ($L_{hoek} < 150$ meter)	2	4000
Ze10 (467)	A58: afrit 32 (Kruiningen) - Knp. Markiezaat ($L_{hoek} < 150$ meter)	2	4000
Ze10 (518)	A58: afrit 32 (Kruiningen) - Knp. Markiezaat	2	4000
Locatie 7: A12 tussen afrit 14 en afrit 15 (2 geselecteerde overlapsituaties)			
U85 (234)	A12: afrit 14 (Woerden) - afrit 15 (De Meern)	4	8466
U85 (407)	A12: afrit 14 (Woerden) - afrit 15 (De Meern)	4	8466
Locatie 8: A12 tussen afrit 20 en afrit 21 (1 geselecteerde overlapsituatie)			
U79 (67)	A12: afrit 20 (Driebergen) - afrit 21 (Maarn)	3	4000
U79 (415)	A12: afrit 20 (Driebergen) - afrit 21 (Maarn) ($L_{hoek} < 150$ meter)	3	4000
Locatie 9: A12 tussen afrit 21 en afrit 22 (1 geselecteerde overlapsituatie)			
U80 (361)	A12: afrit 21 (Maarn) - afrit 22 (Maarsbergen)	3	4000
Locatie 10: A12 tussen afrit 22 en afrit 23 (1 geselecteerde overlapsituatie)			
U11 (3)	A12: afrit 22 (Maarsbergen) - afrit 23 (Veenendaal) ($L_{hoek} < 150$ meter)	3	4000
U11 (8)	A12: afrit 22 (Maarsbergen) - afrit 23 (Veenendaal) ($L_{hoek} < 150$ meter)	4	4000
U11 (289)	A12: afrit 22 (Maarsbergen) - afrit 23 (Veenendaal) ($L_{hoek} < 150$ meter)	4	4000
U11 (368)	A12: afrit 22 (Maarsbergen) - afrit 23 (Veenendaal)	3	4000
Locatie 11, Figuur 23: A15 Maasvlakte (6 geselecteerde overlapsituaties)			
Z65 (7)	A15: Maasvlakte - afrit 10 (Havens 5700-6200) ($L_{hoek} < 150$ meter)	3	7022
Z65 (89)	A15: Maasvlakte - afrit 10 (Havens 5700-6200)	2	7022
Z65 (109)	A15: Maasvlakte - afrit 10 (Havens 5700-6200) ($L_{hoek} < 150$ meter)	4	7022
Z65 (132)	A15: Maasvlakte - afrit 10 (Havens 5700-6200) ($L_{hoek} < 150$ meter)	3	7022
Z65 (175)	A15: Maasvlakte - afrit 10 (Havens 5700-6200) ($L_{hoek} < 150$ meter)	2	7022
Z65 (176)	A15: Maasvlakte - afrit 10 (Havens 5700-6200) ($L_{hoek} < 150$ meter)	2	7022
Z65 (201)	A15: Maasvlakte - afrit 10 (Havens 5700-6200) ($L_{hoek} < 150$ meter)	2	7022
Z65 (208)	A15: Maasvlakte - afrit 10 (Havens 5700-6200) ($L_{hoek} < 150$ meter)	4	7022
Z65 (210)	A15: Maasvlakte - afrit 10 (Havens 5700-6200)	2	7022
Z65 (244)	A15: Maasvlakte - afrit 10 (Havens 5700-6200) ($L_{hoek} < 150$ meter)	2	7022
Z65 (251)	A15: Maasvlakte - afrit 10 (Havens 5700-6200) ($L_{hoek} < 150$ meter)	2	7022
Z65 (269)	A15: Maasvlakte - afrit 10 (Havens 5700-6200) ($L_{hoek} < 150$ meter)	3	7022
Z65 (272)	A15: Maasvlakte - afrit 10 (Havens 5700-6200)	1	7022
Z65 (274)	A15: Maasvlakte - afrit 10 (Havens 5700-6200) ($L_{hoek} < 150$ meter)	3	7022

Z65 (299)	A15: Maasvlakte - afrit 10 (Havens 5700-6200) ($L_{hoek} < 150$ meter)	3	7022
Z65 (301)	A15: Maasvlakte - afrit 10 (Havens 5700-6200)	3	7022
Z65 (316)	A15: Maasvlakte - afrit 10 (Havens 5700-6200) ($L_{hoek} < 150$ meter)	2	7022
Z65 (323)	A15: Maasvlakte - afrit 10 (Havens 5700-6200) ($L_{hoek} < 150$ meter)	3	7022
Z65 (384)	A15: Maasvlakte - afrit 10 (Havens 5700-6200) ($L_{hoek} < 150$ meter)	2	7022
Z65 (474)	A15: Maasvlakte - afrit 10 (Havens 5700-6200)	2	7022
Z65 (504)	A15: Maasvlakte - afrit 10 (Havens 5700-6200) ($L_{hoek} < 150$ meter)	2	7022
Z65 (541)	A15: Maasvlakte - afrit 10 (Havens 5700-6200)	2	7022
Locatie 12, Figuur 24: Knooppunt Vaanplein (2 geselecteerde overlapsituaties)			
Z74 (36)	[-] (A15-A16) ($L_{hoek} < 150$ meter)	3	19958
Z74 (184)	[-] (A29-A15) ($L_{hoek} < 150$ meter)	3	15819
Z74 (36)	[-] (A15-A16) ($L_{hoek} < 150$ meter)	3	19958
Z74 (345)	A15: Knp. Vaanplein - Knp. Ridderkerk-Noord	3	39917
Z74 (348)	A15: Knp. Vaanplein - Knp. Ridderkerk-Noord ($L_{hoek} < 150$ meter)	4	39917
Z74 (517)	[-] (A29-A15)	3	8667
Z74 (526)	A15: Knp. Vaanplein - Knp. Ridderkerk-Noord ($L_{hoek} < 150$ meter)	3	39917
Locatie 13, Figuur 25: Ter plaatse van op/afrit A15 van/naar N3 bij Papendrecht (2 geselecteerde overlapsituaties)			
Z78 (61)	[-]	2	11524
Z98 (83)	N3 bij afrit A15 ($L_{hoek} < 150$ meter)	5	8316
Z98 (166)	[-]	2	4158
Z98 (284)	[-] ($L_{hoek} < 150$ meter)	2	4158
Locatie 14, Figuur 26: Knooppunt Valburg (6 geselecteerde overlapsituaties)			
G16 (18)	A15: afrit 34 (Echteld) - Knp. Valburg	2	10044
G16 (81)	A15: afrit 34 (Echteld) - Knp. Valburg ($L_{hoek} < 150$ meter)	2	10044
G17 (101)	[-] (#GF3 < 3000)	3	2000
G16 (108)	[-]	3	5022
G5 (204)	A50: Knp. Grijsoord - Knp. Valburg	2	4000
G17 (232)	A15: Knp. Valburg - Knp. Ressen ($L_{hoek} < 150$ meter)	2	4000
G5 (241)	[-] (#GF3 < 3000)	3	2000
G5 (245)	A50: Knp. Grijsoord - Knp. Valburg	2	4000
G5 (256)	[-] (#GF3 < 3000)	3	2000
G16 (434)	A15: afrit 34 (Echteld) - Knp. Valburg	2	10044
G17 (469)	A15: Knp. Valburg - Knp. Ressen ($L_{hoek} < 150$ meter)	2	4000
G17 (476)	A15: Knp. Valburg - Knp. Ressen	2	4000
G5 (483)	[-] (#GF3 < 3000)	3	2000
G16 (510)	A15: afrit 34 (Echteld) - Knp. Valburg	2	10044
Locatie 15, A17 tussen afrit 25 en afrit 26 (3 geselecteerde overlapsituaties)			
B12 (15)	A17: afrit 26 (Ind.Moerdijk 0-400) - afrit 25 (Zevenbergen) ($L_{hoek} < 150$ meter)	2	3335
B12 (129)	A17: afrit 26 (Ind.Moerdijk 0-400) - afrit 25 (Zevenbergen)	3	3335
B12 (357)	A17: afrit 26 (Ind.Moerdijk 0-400) - afrit 25 (Zevenbergen) ($L_{hoek} < 150$ meter)	2	3335
B12 (454)	A17: afrit 26 (Ind.Moerdijk 0-400) - afrit 25 (Zevenbergen)	2	3335
B12 (496)	A17: afrit 26 (Ind.Moerdijk 0-400) - afrit 25 (Zevenbergen) ($L_{hoek} < 150$ meter)	3	3335
B12 (527)	A17: afrit 26 (Ind.Moerdijk 0-400) - afrit 25 (Zevenbergen)	3	3335
Locatie 16, Figuur 27: Knooppunt Hooipolder (2 geselecteerde overlapsituaties)			
B41 (145)	A27: afrit 24 (Ind.Avelingen) - Knp. Hooipolder ($L_{hoek} < 150$ meter)	2	4000
B134 (185)	A27: Knp. Hooipolder - afrit 19 (Oosterhout)	2	3000
B102 (257)	A59-N59: afrit 31 (Terheijden) - Knp. Hooipolder ($L_{hoek} < 150$ meter, geen PAG)	2	4000
B102 (376)	A59-N59: afrit 31 (Terheijden) - Knp. Hooipolder ($L_{hoek} < 150$ meter, geen PAG)	2	4000
B134 (424)	A27: Knp. Hooipolder - afrit 19 (Oosterhout)	2	3000
B102 (466)	A59-N59: afrit 31 (Terheijden) - Knp. Hooipolder ($L_{hoek} < 150$ meter, geen PAG)	2	4000
B41 (479)	A27: afrit 24 (Ind.Avelingen) - Knp. Hooipolder ($L_{hoek} < 150$ meter)	2	4000
B102 (551)	A59-N59: afrit 31 (Terheijden) - Knp. Hooipolder ($L_{hoek} < 150$ meter, geen PAG)	2	4000
Locatie 17:			
G3 (60)	A50: Knp. Hattermerbroek - Knp. Beekbergen ($L_{hoek} < 150$ meter)	2	3000

G3 (271)	A50: Knp. Hattemerbroek - Knp. Beekbergen ($L_{hoek} < 150$ meter)	2	3000
G3 (275)	A50: Knp. Hattemerbroek - Knp. Beekbergen ($L_{hoek} < 150$ meter)	3	3000
G3 (296)	A50: Knp. Hattemerbroek - Knp. Beekbergen	3	3000
G3 (306)	A50: Knp. Hattemerbroek - Knp. Beekbergen ($L_{hoek} < 150$ meter)	2	3000
G3 (379)	A50: Knp. Hattemerbroek - Knp. Beekbergen ($L_{hoek} < 150$ meter)	3	3000
G3 (399)	A50: Knp. Hattemerbroek - Knp. Beekbergen ($L_{hoek} < 150$ meter)	2	3000
G3 (422)	A50: Knp. Hattemerbroek - Knp. Beekbergen ($L_{hoek} < 150$ meter)	2	3000
G3 (521)	A50: Knp. Hattemerbroek - Knp. Beekbergen ($L_{hoek} < 150$ meter)	2	3000
G3 (529)	A50: Knp. Hattemerbroek - Knp. Beekbergen	2	3000

Locatie 18: A12 tussen afrit 22 en afrit 23 (1 geselecteerde overlapsituatie)

B6 (38)	A58: Knp. De Baars - afrit (Oirschot)	2	4065
B6 (78)	A58: Knp. De Baars - afrit (Oirschot) ($L_{hoek} < 150$ meter)	3	4065
B6 (106)	A58: Knp. De Baars - afrit (Oirschot) ($L_{hoek} < 150$ meter)	2	4065
B6 (329)	A58: Knp. De Baars - afrit (Oirschot) ($L_{hoek} < 150$ meter)	2	4065

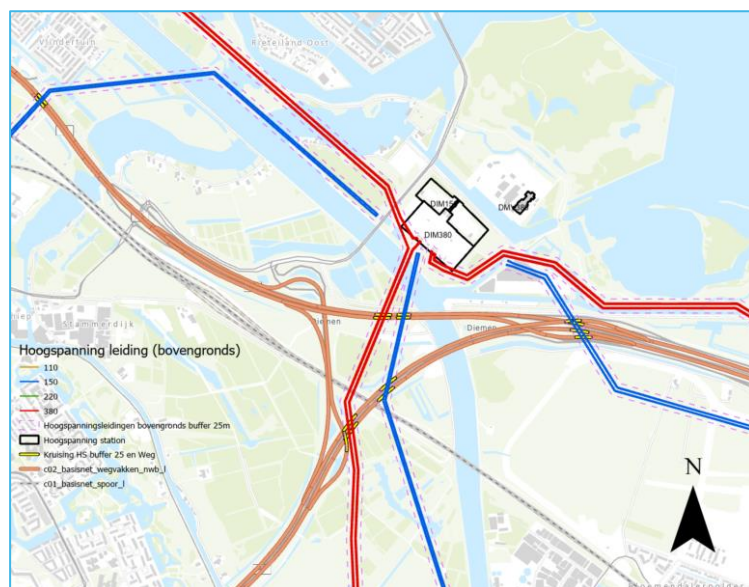
Locatie 19, A73 nabij afrit 3 (5 geselecteerde overlapsituaties)

B84 (193)	A73: afrit 3 (Malden) - afrit 5 (Haps)	2	3428
B84 (270)	A73: afrit 3 (Malden) - afrit 5 (Haps) ($L_{hoek} < 150$ m)	2	3428
B84 (380)	A73: afrit 3 (Malden) - afrit 5 (Haps)	2	3428
B84 (512)	A73: afrit 3 (Malden) - afrit 5 (Haps)	2	3428
G26 (533)	A73: afrit 1A (Wijchen) - afrit 3 (Malden)	2	4124
G26 (547)	A73: afrit 1A (Wijchen) - afrit 3 (Malden)	2	4124

Locatie 1: Knooppunt Diemen

Locatie: Diemen (Noord-Holland)

Bijzonderheden: Een spoorlijn en hoogspanningslijnen van 380 kV en 110 kV kruisen de wegvakken op meerdere plaatsen op en nabij het knooppunt.



Figuur 200. Locatie 1, Knooppunt Diemen.

Locatie 3: A2 tussen afrit 5 en afrit 6

Locatie: Stichtse Vecht (Utrecht), afrit 5 (Breukelen) – afrit 6 (Maarsse)

Bijzonderheden: De aanwezigheid van een spoorbaan, hoogspanningslijnen en een hoogspanningsstation zorgt voor een complexe situatie.



Figuur 211. A2: afrit 5 (Breukelen) – afrit 6 (Maarsse).

Locatie 6: Knooppunt Markiezzaat

Locatie: Knooppunt Markiezzaat

Bijzonderheden: Een 150 kV hoogspanningslijn doorkruist het knooppunt, waardoor meerdere wegvakken binnen de gestelde 25m veiligheidszone liggen.



Figuur 222. Locatie 6, Knooppunt Markiezzaat.

Locatie 11: A15 Maasvlakte

Locatie: Rotterdam (Zuid-Holland)

Bijzonderheden: De aanwezigheid van verschillende spoorbanen op het Maasvlakte-emplacement en een 380 kV hoogspanningslijn tussen de spoorbanen en de A15 aan beide zijden van de weg zorgt voor een complexe situatie.

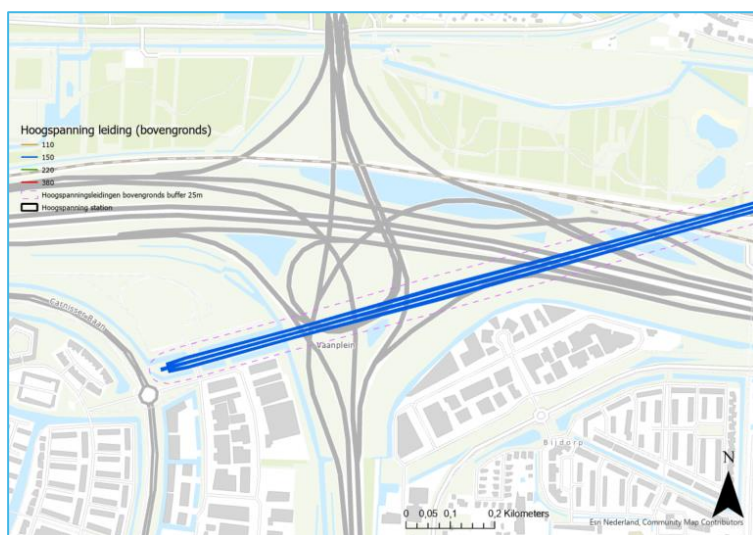


Figuur 233. A15: Maasvlakte – Afrit 10.

Locatie 12: Knooppunt Vaanplein

Locatie: Knooppunt Vaanplein

Bijzonderheden: Een 150 kV hoogspanningslijn doorkruist meerdere wegvakken op het knooppunt. Hierdoor vallen verschillende wegvakken binnen de gestelde 25m veiligheidszone.



Figuur 244. Locatie 12, Knooppunt Vaanplein.

Locatie 13: Ter plaatse van op-/afrit A15 van/naar N3 bij Papendrecht

Locatie: Papendrecht (Zuid-Holland)

Bijzonderheden: Parallele ligging van de A15 en een 150 kV lijn in combinatie met een belangrijke (omrij)route voor transport van gevaarlijke stoffen, waarvan de op- en afritten nabij de hoogspanning liggen, zorgt voor een complexe situatie.



Figuur 255. A15: Op-/Afrut N3 nieuwe situatie (Links) & oude situatie (Rechts).

Locatie 14: Knooppunt Valburg

Locatie: Knooppunt Valburg

Bijzonderheden: Meerdere hoogspanningslijnen van 150 kV en 380 kV kruisen knooppunt Valburg.

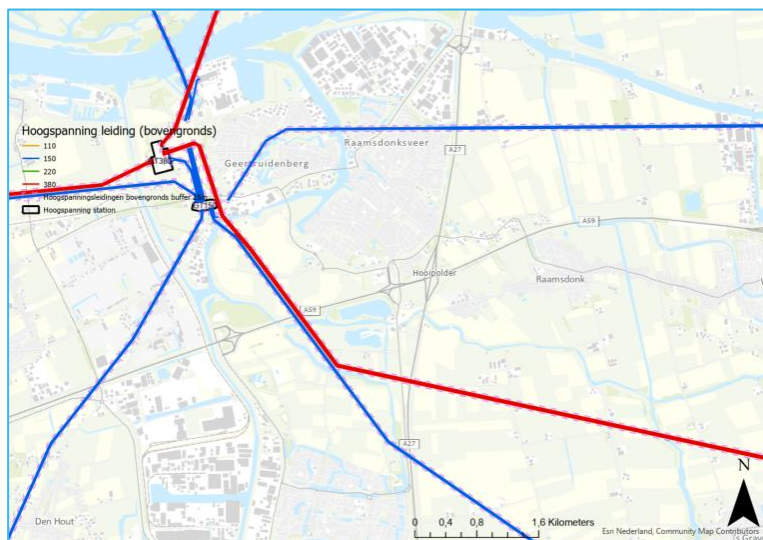


Figuur 266. Locatie 14, Knooppunt Valburg.

Locatie 16: Knooppunt Hooipolder

Locatie: Knooppunt Hooipolder

Bijzonderheden: Meerdere hoogspanningslijnen van 150 kV en 380 kV kruisen de A59 en A27 van en naar knooppunt Hooipolder.



Figuur 277. Locatie 16, Knooppunt Hooipolder.

2.3.3 Basisnet water

Het Excelbestand met de gedetailleerde gegevens van alle overlapsituaties Basisnet water en hoogspanning is opgenomen in bijlage 1. In totaal betreft het 31 situaties.

Deze paragraaf bevat de afbeeldingen van die situaties waar:

- een sluis aanwezig is onder de hoogspanningslijn
- de hoogspanningslijn de waterweg kruist onder een grote hoek ($>150^\circ$) of parallel ligt over grote afstand.

Dit overzicht betreft locaties waar transporten van brandbare en explosieve stoffen geruime tijd kunnen stilliggen in combinatie met een 'ruime' overlap met de hoogspanning. Het is geenszins een waardering van het risico van de betreffende situatie.

Vier situaties voldoen aan deze twee criteria. Deze zijn in tabel 5 weergegeven.

Tabel 5. Overlaplocaties Basisnet water en hoogspanning (geïdentificeerd op basis van de selectie van situaties waarvoor de criteria hoeklengte >150 meter en aanwezigheid sluis van toepassing zijn).

Nummer	Vaarroute	Locatie
1	Amsterdam-Rijnkanaal	IJburg (gemeente)
2	Kanaal door Zuid-Beveland	Hansweert (gemeente)
3	Schelde-Rijnkanaal	Hoogerheide (gemeente)
4	Julianakanaal	Maasbracht (gemeente)

Basisnet water, Locatie 1: Amsterdam-Rijnkanaal nabij IJburg

Bijzonderheden: Op deze locatie loopt de vaarroute parallel aan een 150 kV hoogspanningslijn, en kruist de vaarroute een 150 kV en 380 kV hoogspanningslijn nabij een hoogspanningsstation.



Figuur 288. Amsterdam-Rijnkanaal nabij IJburg.

Basisnet water, Locatie 2: Kanaal door Zuid-Beveland nabij Hansweert

Bijzonderheden: Het kanaal wordt onderbroken door twee sluizen. Hierdoor liggen schepen met gevaarlijke lading voor langere tijd stil onder een 380 kV en 150 kV hoogspanningslijn.



Figuur 29. Kanaal door Zuid-Beveland.

Basisnet water, Locatie 3: Schelde-Rijnkanaal nabij Hoogerheide

Bijzonderheden: het kanaal wordt onderbroken door twee sluizen. Hierdoor liggen schepen met gevaarlijke lading voor langere tijd stil onder een 380 kV en 150 kV hoogspanningslijn.



Figuur 290. Schelde-Rijnkanaal.

Basisnet water, Locatie 4: Julianakanaal nabij Maasbracht

Bijzonderheden: De vaarroute kruist hier in korte tijd twee 380 kV hoogspanningslijnen en één 150 kV lijn.



Figuur 301. Julianakanaal.

2.3.4 Bevi-inrichtingen: lpg-tankstations

De Excel-file met de gedetailleerde gegevens van alle overlapsituaties lpg-tankstations en hoogspanning is opgenomen in bijlage 1. In totaal betreft het 43 situaties waar een lpg-tankstation binnen 100 meter van een hoogspanningslijn ligt.

Op basis van een visuele analyse is beoordeeld of de hoogspanningslijn een belemmering zou kunnen vormen voor het optreden van de brandweer. Er is gekeken naar de mogelijkheden voor de brandweer om te kunnen opstellen en daarmee een brand te kunnen bestrijden zonder onder een hoogspanningslijn of binnen de veiligheidszone van 25 meter te staan, in de situatie waar het vulpunt en/of opstelplaats van de tankauto binnen 50 meter van de hoogspanningslijn ligt. Dit zijn situaties waarbij een brand of (dreigende) explosie kan leiden tot schade en niet kan worden ingegrepen.

Dit was vier keer mogelijk het geval. Deze situaties zijn opgenomen in Tabel 6. Lpg-

Tabel 6. Lpg-tankstations met vulpunt en/of opstelplaats onder of nabij (<25 meter) van hoogspanningslijn.

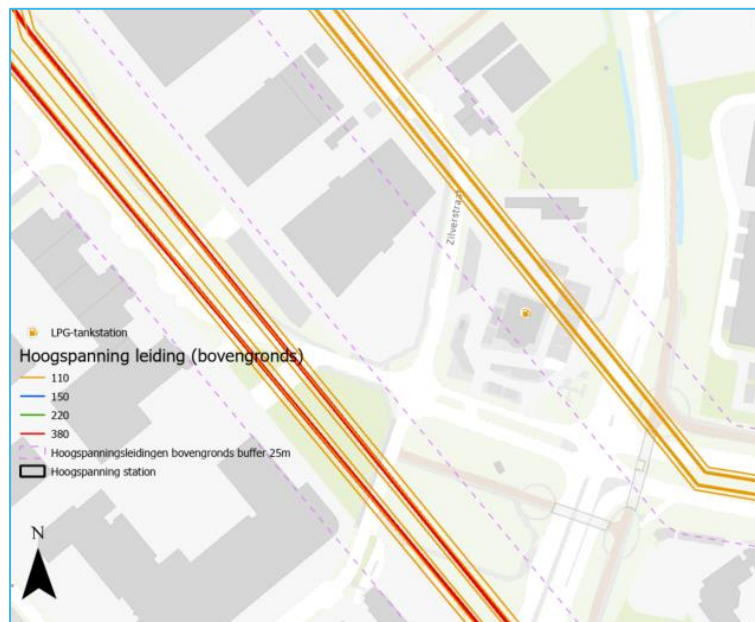
Nr (FID)	Naam	Locatie
1 (5)	Shell-station Hengelo-Zuid	Overijssel
2 (9)	NET BV	Noord-Brabant
3 (11)	BP Station de Bolder	Overijssel
4 (12)	Leus Twentepoort	Overijssel

Hieronder worden de locaties verder toegelicht.

Shell-station Hengelo Zuid

Locatie: Hengelo (Overijssel)

Bijzonderheden: Een 110 kV hoogspanningslijn loopt direct over het lpg-tankstation.



Figuur 312. Shell-station Hengelo-Zuid.

Lpg-tankstation Net.BV

Locatie: Maashorst, Noord-Brabant

Bijzonderheden: Er is een 150 kV hoogspanningslijn ten westen van het lpg-tankstation gesitueerd. Dit is een belemmering voor het opstellen van de brandweer, omdat het tankstation aan de overige zijden wordt ingesloten door bebouwing.

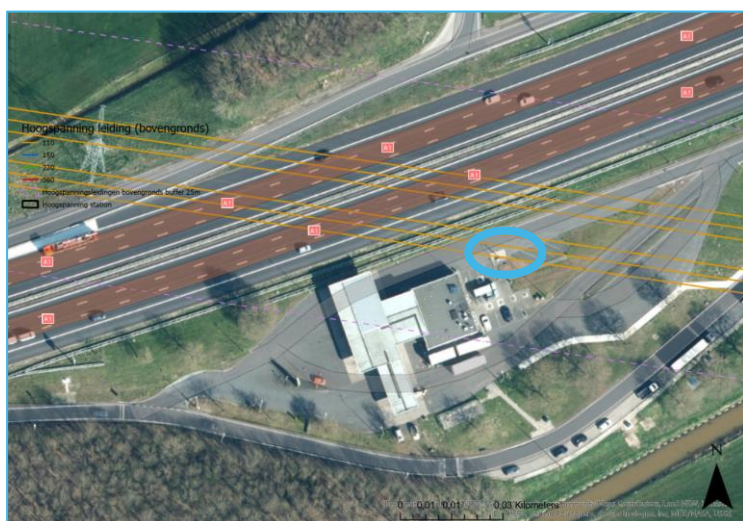


Figuur 323. Lpg-tankstation Net.BV.

Total tankstation: BP Station de Bolder

Locatie: Rijssen-Holten, Overijssel

Bijzonderheden: Het vulpunt ligt onder de hoogspanningslijnen (blauw omrand). Daarnaast is de brandweer erg beperkt in het aantal locaties waar zij buiten de 25-meterzone kan opstellen bij bestrijding van een brand.



Figuur 334. Lpg-tankstation BP Station de Bolder.

Bosma Transport en Opslag B.V.

Locatie: Heerenveen (Friesland)

Bijzonderheden: Dit Brzo-bedrijf ligt onder de 25-meterzone van een 110 kV lijn. Vanwege de ligging van het gebouw is er beperkt de ruimte om ten zuiden op te stellen.



Figuur 356. Bosma Transport en Opslag B.V. onder de veiligheidszone van een hoogspanningslijn.

Team Terminal B.V.

Locatie: Rotterdam (Zuid-Holland)

Bijzonderheden: De ligging van het Brzo-bedrijf in relatie tot de hoogspanningslijn zorgt voor een complexe situatie, omdat hier in het geval van een (plas)brand onder de hoogspanningslijn opgesteld moet worden.



Figuur 367. Team Terminal B.V. Een hoogspanningslijn tussen de opslagtanks in.

Diversey Netherlands Productions B.V.

Locatie: Enschede (Overijssel)

Bijzonderheden: De ligging van het Brzo-bedrijf in relatie tot de hoogspanningslijn zorgt voor een complexe situatie, omdat hier niet alle delen van het bedrijf goed bereikbaar zijn zonder op te stellen onder een hoogspanningslijn.

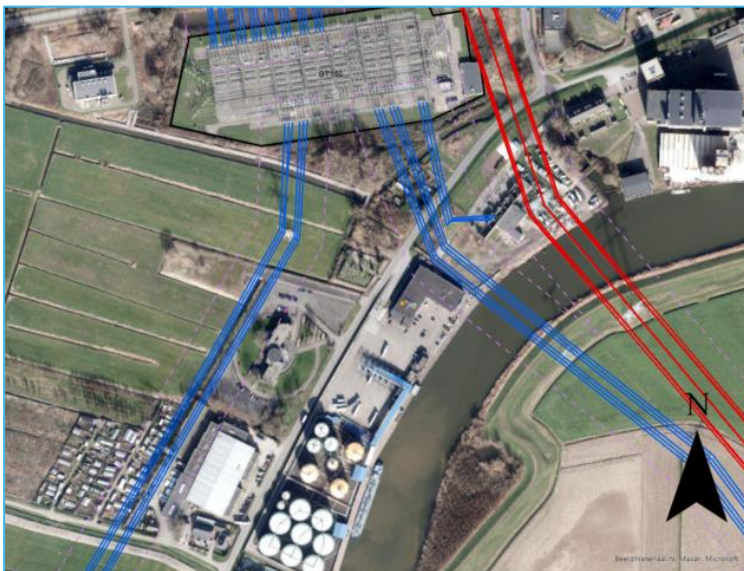


Figuur 37. Diversey Netherlands Productions B.V.

VARO Energy Tankstorage B.V.

Locatie: Geertruidenberg (Noord-Brabant)

Bijzonderheden: De ligging van het Brzo-bedrijf in relatie tot de hoogspanningslijnen zorgt voor een complexe situatie. Afhankelijk van de mogelijke locatie van een brand, leveren de hoogspanningslijnen problemen op. Daarom is besloten deze situatie mee te nemen.



Figuur 38. VARO Energy Tankstorage B.V., in relatie tot verschillende hoogspanningslijnen.

2.3.6 Bevi-inrichtingen anders dan emplacement, lpg-tankstation of Brzo-bedrijf

In deze analyse is gekeken naar de Bevi-inrichtingen anders dan een emplacement, lpg-tankstation of Brzo-bedrijf. Er zijn vier relevante situaties geconstateerd, zie tabel 8.

Tabel 8. Relevante Bevi-inrichtingen.

Nummer	Bedrijfsnaam	Locatie
1	Loon- en Grondverzetbedrijf W. Arts B.V	Noord-Brabant
2	WPA-Robertus Zeker & Vast BV	Gelderland
3	OT-Holding	Zuid-Holland
4	Maatschap Jenniskens-van Soest	Limburg

Er zijn specifieke situaties waarbij de hoogspanningslijn direct over de Bevi-inrichting loopt, of waarbij sprake is van het samenkomen van meerdere risicobronnen. Hiervan zijn onderstaande situatieschetsen gemaakt.

Maatschap Jenniskens-van Soest

Locatie: Ysselsteyn (Limburg)

Bijzonderheden: De 380 kV hoogspanningslijn loopt direct over de inrichting.

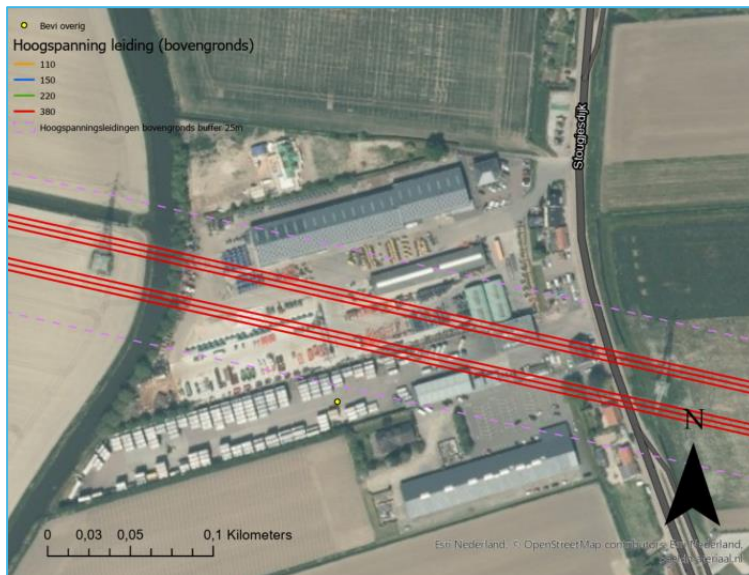


Figuur 39. Maatschap Jenniskens-van Soest.

OT-Holding

Locatie: Hoeksche Waard (Zuid-Holland)

Bijzonderheden: De 380 kV hoogspanningslijn loopt direct over de inrichting.



Figuur 40. OT-Holding.

2.4 Beantwoording onderzoeksvragen generieke analyse

Hierna beantwoorden we de drie centrale vragen van de generieke analyse.

- A. Hoeveel situaties zijn er in Nederland met overlap tussen de 25-meterzones van hoogspanningslijnen en de (potentiële) locaties van risicobronnen?
- C. In welke gebieden (gemeenten, provincies) liggen deze risicobronnen?

In Nederland zijn op basis van dit onderzoek 350 situaties gevonden, waarbij er overlap is tussen de 25-meterzones van hoogspanningslijnen en de (potentiële) locaties van risicobronnen. Het betreft hierbij de volgende risicobronnen, verdeeld naar provincie:

Tabel 9. Aantal risicobronnen in nabijheid hoogspanning, per type en provincie.

Provincie	Aantal risicobronnen in nabijheid hoogspanning, per type (beantwoording vraag A en C)							
	Spoor	Water	Weg	Emplacement	Tankstation lpg/cng/Ing	Brzo	Bevi overig	Totaal
Friesland	0	3	8	0	0	1	0	12
Groningen	10	4	11	0	0	0	0	25
Drenthe	6	0	8	0	0	0	0	14
Overijssel	14	1	14	0	3	1	0	33
Gelderland	20	6	23	1	0	0	1	51
Flevoland	2	1	3	0	0	0	0	6
Utrecht	6	1	9	0	0	0	0	16
Noord-Holland	8	2	13	0	0	0	0	23
Zuid-Holland	14	5	24	2	0	1	1	47
Zeeland	6	2	23	0	0	0	0	31
Noord-Brabant	18	2	30	0	1	1	1	53
Limburg	17	4	16	1 (2)	0	0	1	39
	121	31	182	4 (5)	4	4	4	350 (351)

B. Welk type risicobronnen betreft dit en wat betekent dit (op hoofdlijnen) voor de incidentbestrijding?

In totaal betreft het 350 situaties, waarvan het in 16 situaties gaat om inrichtingen. Slechts 4 hiervan zijn emplacementen, waaronder die van Waalhaven en Maasvlakte. Daarnaast betreft het Brzo-inrichtingen (4), lpg- (cng-, Ing-)tankstations (4) en overige Bevi-bedrijven waar brand en/of explosie kan optreden (4). Voor deze 16 situaties geldt een Wabo-vergunningplicht, waarvan de beoordeling van de brandbestrijdingsmogelijkheden deel uitmaakt.

Op basis van visuele analyses is beoordeeld of de hoogspanningslijn een belemmering zou kunnen vormen voor het optreden van de brandweer. Er is gekeken naar de mogelijkheden voor de brandweer om te kunnen opstellen en daarmee een brand te kunnen bestrijden bij de betreffende installatie/inrichting, zonder onder een hoogspanningslijn of binnen de veiligheidszone van 25 meter te staan. Er zijn slechts enkele situaties waarbij dit mogelijk een aandachtspunt is. Hieronder vallen de emplacementen Waalhaven en Maasvlakte en enkele inrichtingen.

Hoewel het restrisico in deze situaties laag is, kan/moet hier maatwerk worden overwogen om de omstandigheden voor de brandweer te verbeteren (Basis: Arbowet). Conform de arbeidshygiënische strategie hebben bronmaatregelen daarbij de voorkeur boven afscherpende maatregelen. Deze maatregelen zijn niet noodzakelijk om de externe veiligheidssituatie te verbeteren.

De overige 334 situaties zijn kruisingen met basisnetroutes, waarvan 121 spoorkruisingen. Voor deze situaties is de beoordeling van de brandbestrijding geen voorwaarde. Wel gelden voorwaarden voor de aanleg van de kruising van de hoogspanning over de betreffende routes. De bereikbaarheid van de locaties en daarmee de mogelijkheid voor bestrijding van een incident verschilt sterk. Tot op heden worden deze situaties niet als een verhoogd risico (h)erkend.



Figuur 41. Overzicht geïdentificeerde situaties versus betekenis voor de bestrijding.

Conclusie. In Nederland komen weinig situaties voor waar de bestrijding van brand en/of een (dreigende) explosie van aanwezige gevaarlijke stoffen door de aanwezigheid van hoogspanning belemmerd kan worden. Het treffen van additionele maatregelen voor die specifieke situaties hoeft dus geen precedentwerking te hebben.

HOOFDSTUK 3

Specifieke analyse: spoor en hoogspanning in Rotterdam

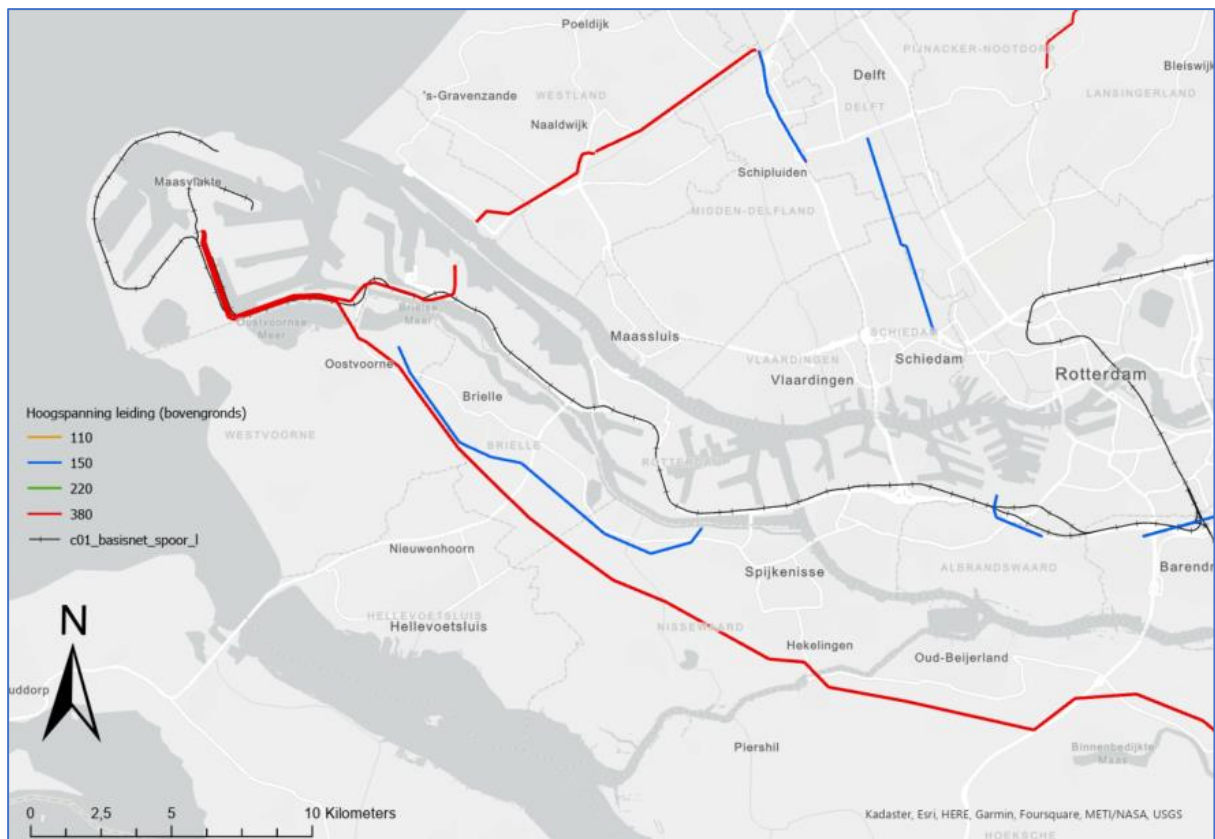
3.1 Doel en scope

Nadat op landelijk niveau de overlap tussen hoogspanningslijnen en risicobronnen in kaart is gebracht, is gekeken naar het havengebied van Rotterdam. Deze specifieke analyse zoomt in op de overlapsituaties tussen hoogspanning en rangeerlocaties en/of doorgaand spoor, waarbij er ook doorkijkje naar de toekomst wordt gegeven om te kunnen anticiperen op komende ontwikkelingen. In overleg met het Havenbedrijf Rotterdam, TenneT en ProRail zijn de beoogde ontwikkelingen voor hoogspanning en spoor in de haven in beeld gebracht.

Deze analyse resulteert in specifieke informatie over bestaande en toekomstige spoorse overlapsituaties in de Rotterdamse haven. Tevens benoemen welke overige risicosituaties er (te verwachten) zijn en/of hier mogelijk mitigerende maatregelen noodzakelijk zijn.

De scope van de specifieke analyse wijkt af van die van de generieke analyse, met als verschil dat alleen gekeken wordt naar spoorse situaties (vrije baan/opstel-, wacht-, wissel- en uithaalsporen). Wel geven we daarnaast een doorkijkje naar de toekomst.

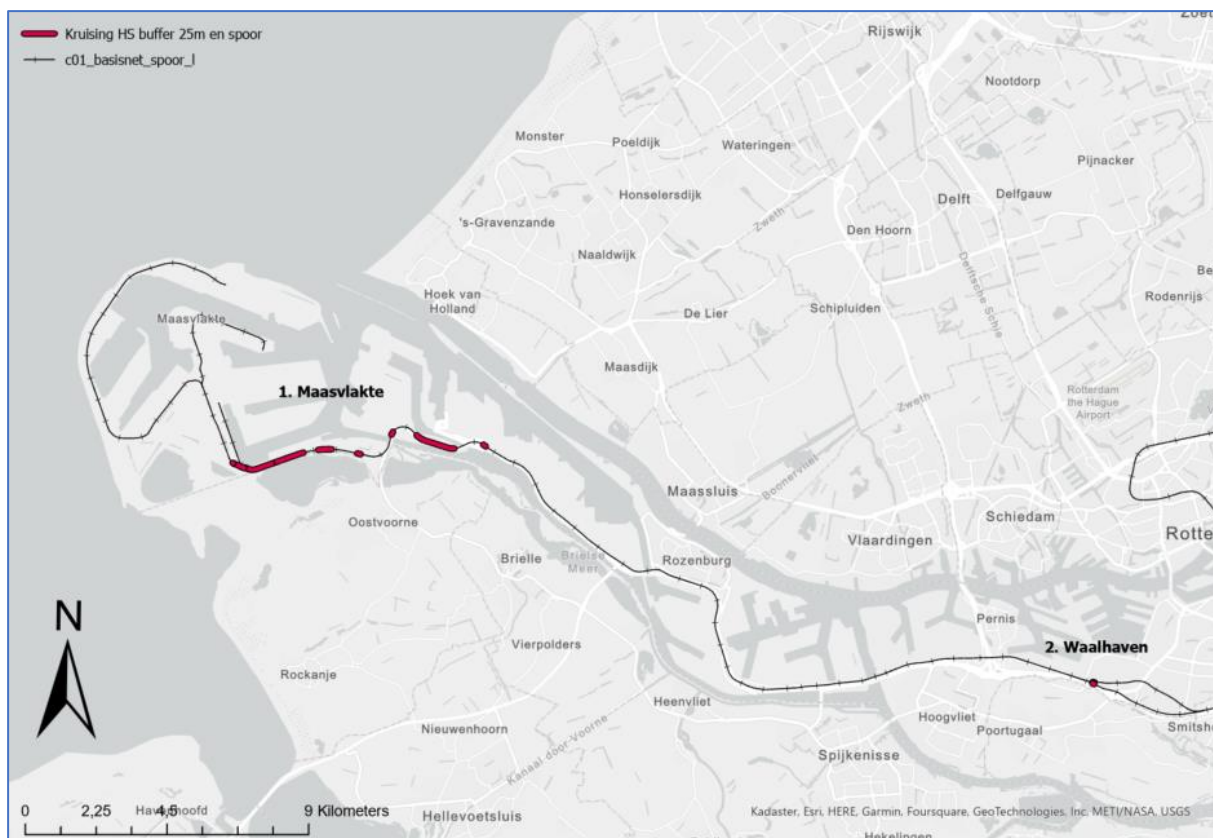
De opgestelde kaders over het hoogspanningsnet en de overlap blijven gelijk. Figuur 42 geeft de ligging van het havengebied met bijbehorende basisnetspoorroutes en hoogspanningslijnen weer.



Figuur 42. Havengebied van Rotterdam met bijbehorende basisnetspoorroutes en hoogspanningslijnen.

3.2 Resultaten specifieke analyse

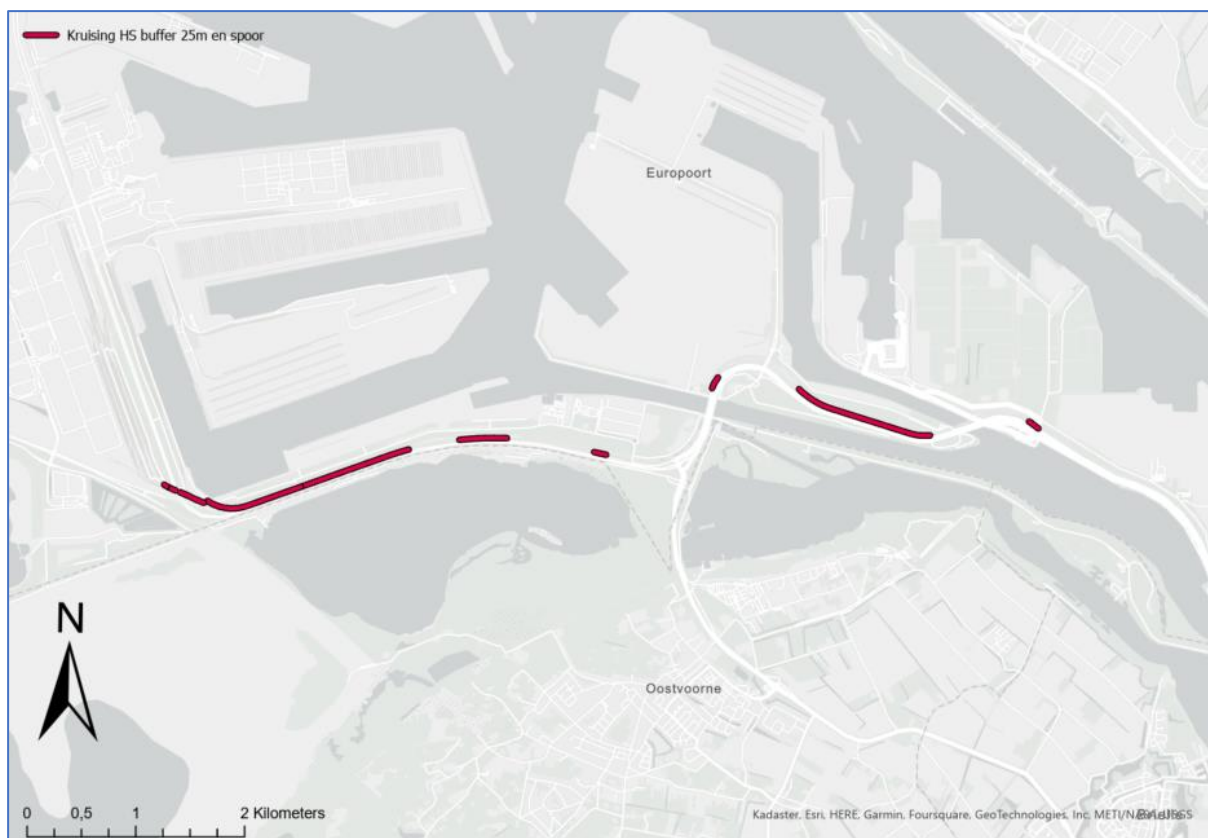
Per type risicobron zijn in de specifieke analyse de situaties die mogelijk bijzondere aandacht vergen op kaart weergegeven. Tevens zijn daarvan overzichtstabellen in de bijlagen opgenomen (Excel-files). Figuur 44 toont de situaties met overlap tussen hoogspanningslijnen, het Basisnet spoor en de emplacementen in het havengebied van Rotterdam.



Figuur 43. Overlapsituaties in het havengebied.

Maasvlakte

In dit gebied zijn er acht kruisingen tussen de hoogspanningslijnen en het spoor, verdeeld over zes spoorsegmenten. De hoogspanningslijn heeft een voltage van 380 kV. Deze locatie kenmerkt zich door de lengte van de overlap (op sommige plekken enkele honderden meters) en het Emplacement Maasvlakte. [Figuur 44](#) geeft een overzicht van de situatie en [Tabel](#) geeft de overlapsituaties weer.



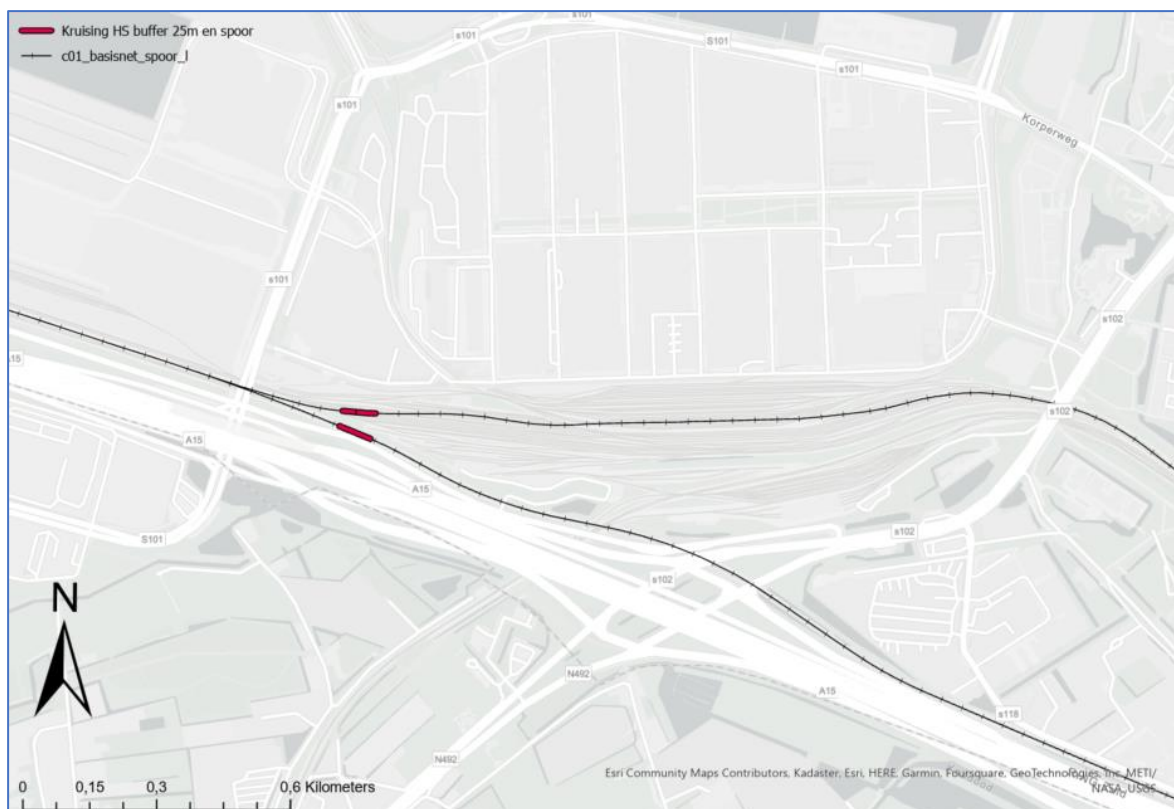
Figuur 44. Overzicht van de situatie Maasvlakte.

Tabel 10. Overlapsituaties Maasvlakte.

Spoorsegment	Type spoor	Lengte overlap (meter)	Figuur in hoofdstuk 2
205B.1	Emplacement	30	Figuur 18
205A.1	Emplacement	315	Figuur 18
201AP.7	Emplacement	892	Figuur 15
201AO.7	Vrije baan	1724	Figuur 15
201AN.7	Vrije baan	1298	Figuur 15
201AM.7	Vrije baan	300	Figuur 14

Waalhaven

Nabij emplacement Waalhaven bevinden zich twee kruisingen tussen de hoogspanningslijn en het spoor, verdeeld over drie spoorsegmenten. De hoogspanningslijn heeft een voltage van 150 kV. Deze locatie kenmerkt zich door de overkruising van wacht-, opstel- en wisselsporen, waarop treinwagons met gevaarlijke stoffen gerangeerd worden op het Emplacement Maasvlakte. Figuur 45 geeft een overzicht van de situatie en Tabel 11 geeft de overlapsituaties weer.



Figuur 45. Overzicht van de situatie Waalhaven.

Tabel 11. Overlapsituaties Waalhaven.

Spoorsegment	Type spoor	Lengte overlap (meter)
201R.3	Emplacement	25
201Q.3	Emplacement	50
204E.1	Vrije baan	76

3.3 Toekomstige ontwikkelingen

Interview TenneT – Havenbedrijf Rotterdam

Met Havenbedrijf Rotterdam en TenneT zijn de toekomstige ontwikkelingen in het havengebied besproken. Dit betreft specifiek de toekomstige ontwikkelingen die invloed hebben op kruisingen tussen hoogspanningslijnen en spoor.

Benoemd zijn de volgende ontwikkelingen:

- Een hoogspanningsstation (inclusief hoogspanningslijnen van en naar) nabij de ECT Terminal B.V. Deze ontwikkeling bevindt zich ten noorden van het emplacement Maasvlakte. Nu reeds liggen er hoogspanningslijnen nabij het spoor, zowel op het emplacement als ter hoogte van ECT. Door de ontwikkeling van het hoogspanningsstation worden mogelijk extra kruisingen gerealiseerd.

- Een hoogspanningsstation (inclusief hoogspanningslijnen van en naar) op de Maasvlakte ten zuiden van het emplacement Maasvlakte-Zuid. Naar verwachting leidt deze ontwikkeling niet tot extra kruisingen. Het voornemen is de aansluitingen op het hoogspanningsnet ondergronds te realiseren (bekabeling).
- Een hoogspanningsstation op Europoort (inclusief verplaatsing van de hoogspanningslijnen). Deze ontwikkeling heeft consequenties voor de kruisingen 201AM.7 (zie figuur 14) en 201AN.7 (zie figuur 15). Naar verwachting zal het aantal kruisingen over het spoor afnemen (twee in plaats van drie).
- Doorontwikkeling Maasvlakte emplacement -Zuid en -Oost. Hier bevinden zich reeds kruisingen van de hoogspanning met het spoor of is sprake van een nabijgelegen ligging (parallel).

Vooralsnog is de conclusie (met uitzondering van de locatie nabij ECT) dat er geen grote veranderingen worden voorzien. Voor zover deze ontwikkelingen leiden tot het kruisen van de hoogspanningslijn over vergunningplichtige locaties met gevaarlijke stoffen, zullen in het kader van de bedrijfsbrandweerrapportage de bestrijdingsmogelijkheden specifiek moeten worden beoordeeld. Staat de combinatie van (voorgenomen) hoogspanningslijn en (voorgenomen) gevaarlijke activiteiten bestrijding op een afstand van 25 meter van de hoogspanning toe? Zijn er voldoende opstel mogelijkheden? Zoals aangegeven in de generieke analyse is deze beoordeling maatwerk.

Ontwerpinvesteringsplan Net op land

Van TenneT hebben de onderzoekers het ontwerp-investeringsplan Net op land ontvangen. Ten aanzien van de ontwikkelingen in de haven van Rotterdam is hieruit het volgende af te leiden.

De capaciteitsknelpunten in deelnet Zuid-Holland zijn grotendeels gerelateerd aan de verduurzamingsplannen (elektrificatie) van de industrie in de Rotterdamse haven. Zoals enkele jaren geleden uitgewerkt in de visie voor de Rotterdamse haven, is als oplossingsrichting voor de knelpunten een opdeling in kleine deelnetten (loadpockets) voorzien. Om deze structuur te kunnen realiseren, zijn meer 380/150 kV transformatoren voorzien en is een verzwaring van het 150 kV net nodig. Deze projecten zijn reeds opgenomen in IP2020. Van een deel van de projecten zijn investeringsvoorstellen intern goedgekeurd en deze zijn in basisontwerpfase. Een aantal projecten bevindt zich nog in de studiefase (technische en planologische haalbaarheid in onderzoek). Aangezien geen van de projecten in de Rotterdamse haven al in realisatie is, blijven de knelpunten in IP2022 zichtbaar.

Tabel 12. Overzicht van de voorgenomen uitbreidingsinvesteringen.

Uitbreidingsinvesteringen in het deelnet Zuid-Holland met onderliggende knelpunten								
Projectnr.	Projectnaam	IBN	Fase	Geïsignaleerd knelpunt op	In scenario(s)	2022 Risico	2025 Risico	2030 Risico
002.974	Europoort 150 kV, opwaard. kortsluitvastheid	2025	Basis-ontwerp	Station Europoort 150 kV	KA	lk 3f	lk 3f	lk 3f
				Veroudering overspanningsafleiders		kw	kw	kw
				Veroudering muur- en dakdoorvoeringen		kw	kw	kw
003.061	Oudeland, realisatie 150 kV-station	2025	Basis-ontwerp	Station Rotterdam Waalhaven-Vondelingenweg 150 kV	KA	100 MW/6u	100 MW/6u	100 MW/6u
				Botlek - Vondelingenweg 150 kV	ND			n-1
				Rotterdam Waalhaven - Vondelingenweg 150 kV	ND			n-0
				Botlek - Oudeland 150 kV	ND			n-2
002.770	Verplaatsen klijntaansluiting van uitloper Merseyweg	2026	Basis-ontwerp	Station Merseyweg 150 kV	KA	kw	kw	kw
002.905	Marconistraat 150 kV, aanbrengen railbeveiliging	2028-2030	Basis-ontwerp	Station Rotterdam Marconistraat 150 kV	KA	rail n-1	rail n-1	rail n-1
002.909	Botlek- Geervliet Noorddijk 150 kV, verzwaren 4 circuits naar 500 MVA per stuk	2027-2029	Studie	Station Botlek 150 kV	KA	lk 3f	lk 3f	lk 3f
				Geervliet Noorddijk - Tinte - Europoort 150 kV	IA, ND		n-2	n-1
				Maasvlakte - Europoort 150 kV	IA, KA, ND	n-1	n-0	n-0
				Botlek - Geervliet Noorddijk 150 kV	ND		n-1	n-0
				Maasvlakte 380/150 kV-transformatoren	ND		n-2	n-0
				Simonshaven 380 kV/150 kV-transformator	ND		n-2	n-0
				Europoort - Theemsweg 150 kV	IA, ND		n-1	n-1
				Botlek - Geervliet 150 kV	IA, KA, ND	n-1	n-0	n-0
				Geervliet - Geervliet Noorddijk 150 kV	IA, KA, ND		n-1	n-0
003.452	Aanleg derde 150 kV circuit Alblasserdam – Arkel	2029-2031	Studie	Alblasserdam-Arkel 150 kV	KA		100 MW/6u	100 MW/6u
003.062	Verzwaren 150 kV-verbinding Geervliet Noorddijk-Middelharnis	2029-2031	Studie	Geervliet Noorddijk - Middelharnis 150 kV	IA, KA, ND	n-1	n-1	n-1

De genoemde projecten maken hier deel van uit. Op basis van deze tabel zijn geen aanvullende mogelijke kruisingen te identificeren.

HOOFDSTUK 4

Beschouwing van de resultaten

De centrale vragen van deelonderzoek 3 zijn:

- a. Hoeveel situaties zijn er in Nederland met overlap tussen de 25-meterzones van hoogspanningslijnen en de (potentiële) locaties van risicobronnen?
- b. Welk type risicobronnen betreft dit en wat betekent dit (op hoofdlijnen) voor de incidentbestrijding?
- c. In welke gebieden (gemeenten, provincies) liggen deze risicobronnen?

In Nederland zijn in dit onderzoek 350 situaties gevonden met overlap tussen de 25-meterzones van hoogspanningslijnen en de (potentiële) locaties van risicobronnen. Het betreft risicobronnen ofwel activiteiten die in potentie kunnen leiden tot incidenten in omvang vergelijkbaar of groter dan bij het bulkvervoer van gevaarlijke stoffen over het spoor. De meeste daarvan bevinden zich in Zuid-Holland, Gelderland en Noord-Brabant.

334 situaties betreffen kruisingen met basisnetroutes, waarvan 121 spoorkruisingen. Voor deze situaties is de beoordeling van de brandbestrijding geen voorwaarde. Er gelden algemene voorwaarden voor de aanleg van de kruising van de hoogspanning over de betreffende routes. De bereikbaarheid van de locaties en daarmee de mogelijkheid voor bestrijding van een incident verschilt sterk. Tot op heden worden deze situaties niet als een verhoogd risico (h)erkend.

16 situaties betreffen inrichtingen. Slechts 4 hiervan zijn emplacements, waaronder die van emplacements Waalhaven en Maasvlakte. Het eerste algemene beeld is dat er bij de inrichtingen voldoende ruimte is voor de brandweer om te kunnen opstellen en daarmee een brand te kunnen bestrijden bij de betreffende installatie/inrichting, zonder onder een hoogspanningslijn of binnen de veiligheidszone van 25 meter te staan. Locatiespecifiek zal dit nader beoordeeld kunnen worden. Het betreft immers een relatief gering aantal situaties, waarbij een maatwerkbeoordeling passend is.

Recent casuïstiek onderzoek toont aan dat er in Nederland géén rangeerincidenten zijn met loss of containment op vergelijkbare emplacements, alleen incidenten met doorgaand treinverkeer. Bij de maatwerkbeoordeling is het belangrijk dit gegeven mee te wegen.

Met het Havenbedrijf Rotterdam en TenneT zijn de toekomstige ontwikkelingen in het havengebied besproken. Dit betreft specifiek de toekomstige ontwikkelingen die invloed hebben op kruisingen tussen hoogspanningslijnen en spoor. Momenteel is de exacte uitwerking hiervan nog onbekend. Vooralnog is de conclusie dat er geen grote veranderingen te verwachten zijn.

Voor zover deze ontwikkelingen leiden tot het kruisen van (nieuwe) hoogspanningslijn over (nieuwe) vergunningplichtige locaties met gevaarlijke stoffen, zullen in het kader van de bedrijfsbrandweerrapportage de bestrijdingsmogelijkheden specifiek moeten worden beoordeeld, specifiek of er voldoende opstel mogelijkheden zijn buiten de veiligheidszone van 25 meter.



WIJ ZIJN BERENSCHOT, GRONDLEGGER VAN VOORUITGANG

Nederland is continu in ontwikkeling. Maatschappelijk, economisch en organisatorisch verandert er veel. Al 85 jaar volgen wij als adviesbureau deze ontwikkelingen op de voet en werken we aan een vooruitstrevende samenleving. De behoefte om iets fundamenteels te betekenen voor mens en maatschappij zit in onze genen. Met onze adviezen en oplossingen hebben we dan ook actief meegebouwd aan het Nederland van vandaag. Altijd op zoek naar duurzame vooruitgang.

Alles wat we doen, is onderzocht, onderbouwd en vanuit meerdere invalshoeken bekeken. Zo komen we tot gefundeerde adviezen en slimme oplossingen. Die zijn op het eerste gezicht misschien niet altijd de meest voor de hand liggende. Juist deze eigenzinnigheid maakt ons uniek. Daarbij zijn we niet van symptoombestrijding. En gaan pas naar huis als het is opgelost.

Berenschot B.V.

Van Deventerlaan 31-51, 3528 AG UTRECHT
Postbus 8039, 3503 RA UTRECHT
030 2 916 916
www.berenschot.nl

Berenschot



Notitie

memonummer 1.0
datum 18 april 2024
aan ProRail
van Antea Group
kopie
project ProRail Vervolg incidentbestrijding thv Tennet leiding
projectnr. 0490256.100
betreft **Aanvullende vragen op Onderzoeksrapport Hoogspanningslijnen**

1 Inleiding

In voorliggende notitie wordt ingegaan op de gestelde aanvullende vragen over het Onderzoeksrapport 'Bestrijding incidenten met gevaarlijke stoffen bij hoogspanningslijnen op emplacementen' d.d. 29 juni 2023 van het consortium van bureaus: Berenschot – Royal HaskoningDHV – Antea Group – DNV.

Voorliggende notitie is dan ook een addendum op het Onderzoeksrapport 'Bestrijding incidenten met gevaarlijke stoffen bij hoogspanningslijnen op emplacementen' d.d. 29 juni 2023.

Het onderzoeksrapport is op 29 juni 2023 opgeleverd en daarna door ProRail ingediend bij Bevoegd gezag (DCMR) en haar adviseur (VRR). Daarna zijn door Bevoegd gezag aanvullende vragen gesteld, die ook, met behulp van het consortium, zijn beantwoord. Ook zijn diverse overlegmomenten geweest waar het onderzoeksrapport het onderwerp van gesprek was. Een laatste inhoudelijk gesprek tussen ProRail en VRR spitte zich toe op de bereikbaarheid van de emplacementen Waalhaven-Zuid en Maasvlakte West en de bestrijdbaarheid (worplengte van de blusstraal van het blusvoertuig). Dit is samengevat in een gespreksverslag 'Verslag gesprek Jack-Arie d.d. 11102023 inzake Onderzoek Hspl Consortium 29062023'.

Vanuit dat verslag zijn een aantal adviezen/vragen gekomen om nader te onderzoeken en uit te werken. In voorliggende notitie wordt op die gestelde vragen antwoord gegeven.

De conclusie wat betreft bestrijdbaarheid vanuit het onderzoeksrapport van 29 juni 2023 was dat er, gegeven de al door ProRail (en Tennet) genomen preventieve en repressieve maatregelen, het optreden van een incident met gevaarlijke stoffen in de nabijheid van de hoogspanningslijnen als zeer onwaarschijnlijk moet worden aangemerkt en de scenario's in de risicomatrix het acceptabele (groene) gebied te liggen. Op basis hiervan is er geen noodzaak om het restrisico met extra maatregelen af te dekken.

Voorliggende notitie is in concept doorgenomen met vertegenwoordigers van ProRail, DCMR, VRR en Gezamenlijke Brandweer op dinsdag 27 februari 2023 en op dinsdag 9 april, te weten:

- Jack Konings namens ProRail
- Lionel Rademaker namens DCMR
- Arie van den Berg namens VRR
- Marko Broeders namens GB
- Raymond Bras namens de GB (niet op 9 april)
- Govert Jongsma namens Antea Group (adviseur ProRail en auteur notitie)

Besproken aandachtspunten vanuit dat gezamenlijke overleg zijn in notitie verwerkt.

2 De aanvullende vragen vanuit het gespreksverslag

In het gespreksverslag 'Verslag gesprek Jack-Arie d.d. 11102023 inzake Onderzoek Hspl Consortium 29062023' wordt gevraagd een vijftal aannames te toetsen en worden op onderwerpen bereikbaarheid en opstellen i.r.t. de opstelling van 25 meter een aantal vragen gesteld. We gaan hier in de navolgende paragrafen op in.

2.1 Aannames op basis van het onderzoeksrapport

De navolgende aannames a) t/m e) worden gedaan. Bij elke aanname een kort antwoord.

a) *Op ondergrond type 1 (ballast met voldoende bergend vermogen) is er bij een plasbrand geen risico op falen van de hoogspanningslijnen en/of masten.*

Eens.

Uit het Onderzoeksrapport volgt dat een ballastbed ruim voldoende bergend vermogen heeft om een lekkage te kunnen bergen. De vloeistof zal wegzakken in het ballastbed. Bij een voldoende ballastbed, zal er geen plasbrand ontstaan met hoge warmtestraling. De brand in het ballastbed levert een verwaarloosbare warmtestraling op de omgeving ('barbecuebrand').

Zie onder andere Deelvraag 1 paragraaf 3.4.2.1: *Bij een voldoende ballastbed zal er geen plasbrand ontstaan met hoge warmtestraling. De brand in het ballastbed levert een lage stralingsintensiteit. Zoals vermeld in bijlage 5, wordt bij de emplacementen Waalhaven-Zuid en Maasvlakte-West ervan uitgegaan dat het ballastbed ter hoogte van de hoogspanningsverbindingen voldoende bergend vermogen heeft.*

En de conclusie aan het einde van paragraaf 3.4.2.3: 1. In het ballastbed: verwaarloosbare warmtestraling op de omgeving en daarmee op de hoogspanningslijnen.

In paragraaf 3.4.3.1 staat:

In geval van een brand in het ballastbed, met lage warmtestraling naar de omgeving, is er geen gevaar voor bezwijken van de hoogspanningslijn. De warmtestraling van een dergelijke brand in het ballastbed is laag en levert geen hoge warmtestraling op de geleiders op

b) *Op ondergrond type 2 (andere ondergrond dan ballast, bijv. op porfierpaden van zand en klei) is er bij een plasbrand pas na verloop van tijd risico op falen van de hoogspanningslijnen en/of masten (25 minuten Waalhaven en 40 minuten Maasvlakte)*

Eens, alleen als sprake zou zijn van een langgerekte plasbrand tussen of langs de sporen die ook de genoemde tijd aanwezig blijft. De vloeistof zal echter na verloop van tijd in het naastgelegen ballastbed vloeien. Er is daarmee niet sprake van een langdurige plasbrand op een porfierpad, na verloop van tijd is sprake van een brand in het ballastbed (type 1 - zie a)).

Type 2 locaties betreffen locaties tussen of langs de sporen op een andere ondergrond dan ballastbed (b.v. op porfierpaden van zand/klei), resulterend in een smalle, langwerpige vloeistofplas.

Bij een lekkage en daarmee uitstroom, kan er vloeistof op de porfierpaden uitstromen. Dit zal in eerste instantie een langgerekte plas kunnen vormen met de breedte van het porfierpad (circa 1,5 meter of minder).

In (de bijlagen van) het Onderzoeksrapport is berekend welke warmtestraling een dergelijke 'langgerekte' plas zou genereren. In paragraaf 3.4.3.2 is opgenomen:

In geval van een smalle, langwerpige vloeistofplas en brand (tussen of langs de sporen op bijvoorbeeld porfierpaden van zand/klei; zeer onwaarschijnlijk dat dit plaatsvindt) is de warmtestraling op hoogte tussen de 1 en 4 kW/m². De hoogspanningslijnen en -masten zullen voldoende lang standhouden om een inzet te kunnen doen om de brand te bestrijden. Zie figuur 13 in het rapport van DNV (uitwerking deelvraag 2): een koperen geleider zal bij een dergelijke warmtestraling meer dan 25 minuten standhouden, een aluminium geleider meer dan 40 minuten

En conform paragraaf 4.2.4.1:

Zoals uit hoofdstuk 3 blijkt, is in dit geval geen direct gevaar voor bezwijken van de hoogspanningskabels, omdat de warmtestraling niet dusdanig groot is.

- c) *Op ondergrond type 3 (op open terrein naast de sporen, zand-klei-asfalt, is er bij een plasbrand op korte termijn risico op falen van de hoogspanningslijnen en/of masten*

Eens.

Zoals in het Onderzoeksrapport in paragraaf 3.4.3.3 staat over de geleiders: *In geval van een grotere plasbrand, met hoge warmtestraling en mogelijk vlamcontact met de geleider, is binnen enkele minuten (< 10 minuten) de sterkte van de geleiders dusdanig verzwakt dat de kans op bezwijken groot is. Zie figuur 11 en figuur 13 in het rapport over deelvraag 2.*

En over de masten:

Als sprake is van een grotere plasbrand waarbij een hoogspanningsmast met een hoge warmtestraling wordt aangestraald en er mogelijk vlamcontact is (mast staat in of nabij de plasbrand), dan is binnen enkele minuten (10 minuten) de sterkte van het staal dusdanig verzwakt dat de kans op bezwijken van de mast groot is. Zie figuur 12 en figuur 14 in het rapport over deelvraag 2.

- d) *Bij een plasbrand op ondergrond type 1 en type 2 kan veilig onder de hoogspanningslijnen worden doorgereden (aspect bereikbaarheid)*

Eens. Vanwege lage warmtestraling worden masten/geleiders niet dusdanig aangestraald dat op korte termijn kans is op bezwijken.

(zie antwoorden bij a) en b)

- e) *Bij een plasbrand op ondergrond type 3 kan niet veilig onder de hoogspanningslijnen worden doorgereden (aspect bereikbaarheid)*

Indien echt sprake is van een dergelijke grote brand, dan is binnen enkele minuten (<10min) een grote kans op bezwijken. (zie paragraaf 3.4.3.3). Grote kans dus dat de geleiders en/of masten al zijn bezweken voor aankomst van de brandweer. Als de hoogspanningslijnen nog niet zijn bezweken kan er inderdaad niet veilig onder de hoogspanningslijnen worden doorgereden.

2.2 Bereikbaarheid bij 'type 3' locaties

Laat de onderzoekers/deskundigen van het onderzoeksrapport per bereikbaarheidsroute/calamiteitenweg op/over/langs ondergrond type 3 locaties beoordelen of er bij een plasbrand op/nabij die ondergrond type 3 locaties langs gereden kan/mag worden

Dit betreft grotere open stukken naast de sporen - zand/klei/asfalt – waar de vloeistof zich onbelemmerd kan uitbreiden.

In een zeer uitzonderlijk geval dat hier een lekkage vanuit een spoorketelwagon zou optreden, zou hier een groter plasoppervlak kunnen ontstaan. Het ontstaan van een lekkage (gegeven de aanwezige preventieve voorzieningen) en ook precies op deze locatie wordt als zeer onwaarschijnlijk aangemerkt. Om deze reden is in het onderzoeksrapport uit juni 2023 ook geconcludeerd dat deze locaties/situaties geaccepteerd kunnen worden, vanuit de *risicogedachte*: er zijn daarom geen aanvullende maatregelen nodig.

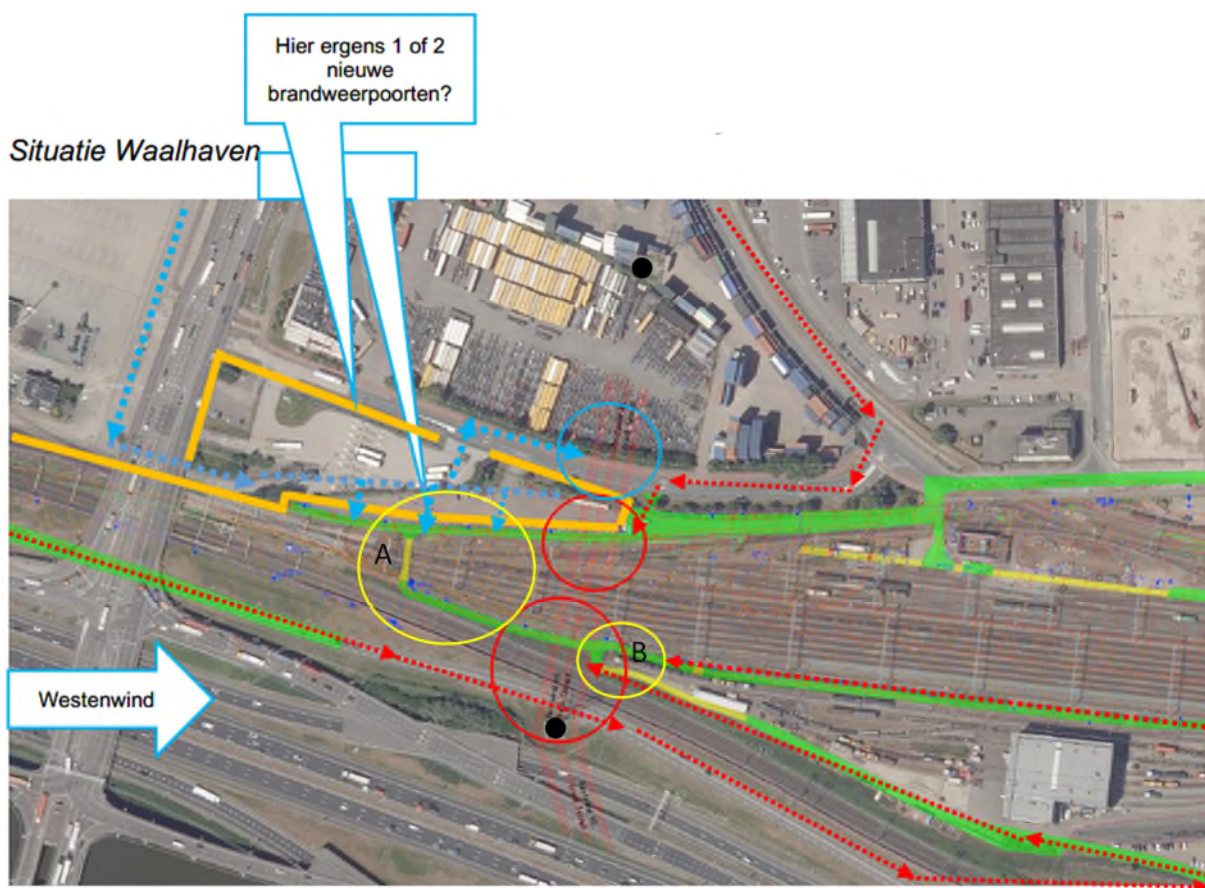
Is het vanuit een *effectbenadering* (kunnen aanpakken van elk effect) toch gewenst om aanvullende maatregelen te treffen voor met name de bereikbaarheid van deze locaties, dan worden in de navolgende paragraafjes ingegaan op mogelijkheden daartoe.

In het 'gespreksverslag' is hiertoe reeds een voorzet gedaan. Die voorzetten (aangegeven op luchtfoto's met de calamiteitenwegen op de emplacementen) zijn hierna opgenomen waarbij per locatie er op wordt ingegaan.

Waalhaven-Zuid

Het gebied van het emplacement ten westen van de hoogspanningslijn (gele cirkel met letter A op onderstaande luchtfoto) is momenteel alleen bereikbaar door onder de hoogspanningslijn door te rijden (zie de blauwe en rode cirkels op onderstaande luchtfoto). Dit omdat de openbare weg die toegang geeft tot het emplacement¹ (de Albert Plesmanweg) een doodlopende weg is.

De calamiteitenweg aan de zuidzijde van het emplacement, ten oosten van de hoogspanningslijn (gele cirkel met letter B op onderstaande luchtfoto) is momenteel bereikbaar door onder de hoogspanningslijn door te rijden (via 'letter A'). Alternatief is aanrijden via de oostzijde (via de Vondelingenweg en de Blindeweg, zie rode pijl op de luchtfoto). Deze rijdroute over de Vondelingenweg moet ook onder de hoogspanningslijn worden doorgereden, hetzelfde deel van de lijn die ook over het emplacement loopt.



¹ De vraag werd nog gesteld of het in het geval van bezwijken van een hoogspanningslijn boven het emplacement ook kan leiden tot het op de grond komen van de lijnen 'aan de andere zijde' van de mast. In bovenstaande luchtfoto of ten zuiden of ten noorden van de zwarte stippen (dat zijn de hoogspanningsmasten). Ten noorden van de noordelijke mast zou in dat geval de hoogspanningslijn neer komen op de aanrijdroute (de Albert Plesmanweg).

De mast ten zuiden van het emplacement is een hoekmast. De 'zeeg' (hoe diep ze hangen) van de geleiders aan zuidkant van de mast zal geen invloed ondervinden van breuk boven het emplacement. De mast ten noorden van het emplacement is een steunmast. Daar zou de zeeg beperkt kunnen toenemen bij een breuk boven het emplacement, echter is op deze locatie is de zeeg vrij kort (lengte tot een volgende mast) en de toegepaste isolatorconfiguratie is gunstig, wat maakt dat het zakken beperkt zal zijn.

Zoals genoemd is het zeer onwaarschijnlijk dat er een grote plasbrand zal voorkomen (type 3 locatie) en kan deze situatie vanuit de risicogedachte worden geaccepteerd.

Wil men deze situatie toch verbeteren (om ook locaties A en B op bovenstaande luchtfoto in alle situaties en gevallen bereikbaar te houden), dan kan de bereikbaarheid worden verbeterd, de voorzet daartoe is reeds gedaan in het 'gespreksverslag':

- **Locatie A:** Een extra toegangshek om vanuit het terrein van RSC/Terminal Rotterdam het emplacement te kunnen bereiken (zie blauwe pijlen). Dit lijkt een eenvoudige optie voor het extra verbeteren bereikbaarheid van de westzijde van de hoogspanningslijn.
- **Locatie B:** Aanrijden via de A15 en via toegang aan de oostzijde van het emplacement (Groene Kruisweg) aanrijden. Deze aanrijdroute zal wel wat langer zijn, waarmee de opkomsttijd in dat geval ook wat langer zal zijn (circa 13 minuten, op basis van opkomsttijdberekening door GB).

Het aanrijden naar deze locatie via deze route zou eventueel alleen nodig zijn in geval van een grote lekkage en plasbrand (ondergrond type 3) onder de hoogspanningslijn en bij oosten/zuidoostenwind. De langere opkomsttijd dient in dat geval geaccepteerd te worden.

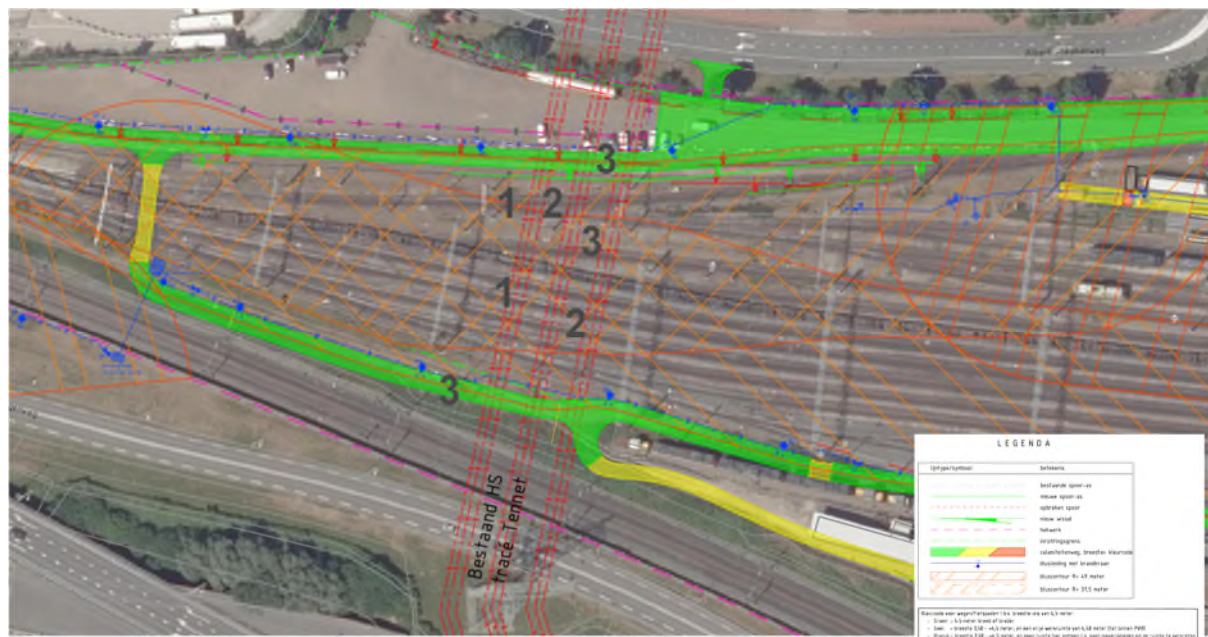
Bij bijvoorbeeld westenwind zal gekozen worden voor de opstellocaties aan de westzijde van de hoogspanningslijn.

Een andere mogelijkheid voor beide locaties (A en B) is:

- Zorgen dat er geen grotere open stukken meer aanwezig zijn onder de hoogspanningslijn (alle 'type 3' locaties upgraden naar type 1 of type 2), door bijvoorbeeld het aanbrengen van ballast, of een geul (met ballast) voor opvang van een vloeistoflekkage.

In dat geval kan veilig onder de hoogspanningslijn worden doorgereden en is een extra toegangshek of het omrijden via de A15 met een opkomsttijd van 13 minuten niet nodig.

Ter illustratie hieronder op luchtfoto de locaties waar welke type vloeistofplas (en daarmee plasbrand) zou kunnen ontstaan (overgenomen uit het Onderzoeksrapport van 29 juni 2023)



Maasvlakte – nabij ECT

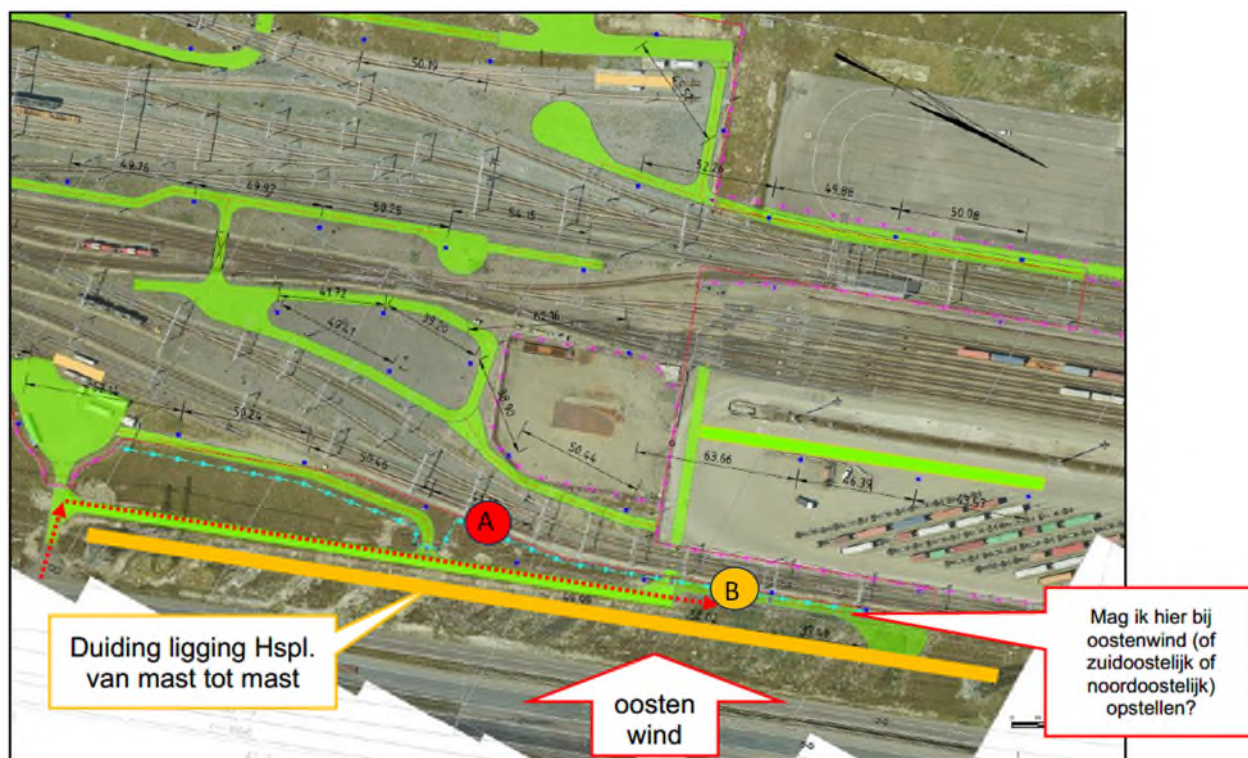
In Onderzoeksrapport van juni 2023 is deze locatie nabij ECT niet beschouwd.

Het gaat hier om het evenwijdig lopen van de hoogspanningslijn aan het spoor en de calamiteitenweg, zie onderstaande luchtfoto (NB: het noorden is 'rechts').

Hierbij is de vraag of geval van een grote brand nabij het spoor in de buurt van de hoogspanningslijn er van de meest oostelijke calamiteitenweg (die parallel aan de hoogspanningslijn loopt) gebruik gemaakt kan/mag worden. Zie de rood ingetekende stippellijn op de luchtfoto.

Daarbij is het relevant te weten of en in welke mate een plasbrand naast een hoogspanningslijn van invloed is op de hoogspanningslijn.

Situatie ECT:



Op bovenstaande luchtfoto zijn met twee stippen twee locaties aangeduid ter illustratie van een mogelijke locatie van een plasbrand (A en B).

De rode locatie A – deze is gelegen op circa 10 - 11 meter vanaf de hoogspanningslijn:

- In geval van een plasbrand type 1 of 2 (ballastbed/porfierpad) is er geen dusdanige aanstraling van de hoogspanningslijnen: de oostelijke calamiteitenweg parrallel aan het spoor kan gebruikt worden.
- In geval een grotere plasbrand (type 3):
 - o Bij *westenwind/zuidwestenwind* wordt de hittestraling (en de rook!) richting de hoogspanningslijn en de calamiteitenweg geblazen. Bij een grote plasbrand is ook bij een brand die niet pal onder de hoogspanningslijn plaatsvind, maar daarnaast, er in de richting van de wind de hittestraling op hoogte dusdanig dat er binnen korte tijd kan op bezwijken van de geleiders is (zie bijlage 6 - rapport Effectberekeningen Hoofdstuk 5). De oostelijke calamiteitenweg wordt dan niet gebruikt: deze ligt benedenwinds (in de rook) en de hittestraling is richting de hoogspanningslijn waarmee er een gevaar is voor het binnen korte tijd bezwijken van de lijn.

Overigens is de standaard procedure is toch al om bovenwinds een brand te benaderen; dit kan middels de calamiteitenwegen ten westen van het spoor (zie luchtfoto)

- O Bij *oostenwind/zuidoostenwind*: De hittestraling (en de rook) wordt niet richting de hoogspanningslijn geblazen, maar er vanaf. De afstand tussen de buitenste geleider van de hoogspanningslijn en de locatie van de brand is circa 10-11 meter. De meeste warmtestraling wordt daarmee van de hoogspanningslijn afgeblazen. Op basis van de eerder uitgevoerde effectberekeningen (zie onderzoeksrapport deelvraag 1 – bijlage 6 – hoofdstuk 5) kan op hoogte van de hoogspanningslijn (circa 18 meter) nog steeds sprake zijn van een dusdanige warmtestraling dat binnen korte tijd de hoogspanningslijn zou kunnen bezwijken. Dit kan nog steeds plaatsvinden voordat de brandweer ter plaatse is. Daarmee dient ook bij een brand naast een hoogspanningslijn (op bijvoorbeeld 10 meter afstand) voor de zekerheid uit te worden gegaan van een veiligheidsafstand van 25 meter. Daarmee kan in dat geval de oostelijke calamiteitenweg parallel aan het spoor/de hoogspanningslijn niet gebruikt worden als bereikbaarheidsweg of als opstellocatie.
De calamiteitenweg aan de westzijde van het spoor kan gebruikt worden.

De oranje locatie B – deze is gelegen nagenoeg onder de hoogspanningslijn :

- In geval van een plasbrand type 1 of 2 (ballastbed/porfierpad) is er geen dusdanige aanstraling van de hoogspanningslijnen: de oostelijke calamiteitenweg parrallel aan het spoor kan gebruikt worden.
- In geval een grotere plasbrand (type 3):
Zowel bij *westenwind/zuidwestenwind* als bij *oostenwind/zuidoostenwind* is omdat deze locatie nagenoeg onder de hoogspanningslijn is gelegen de hittestraling op hoogte dusdanig dat er binnen korte tijd kans is op bezwijken van de geleiders is. Daarmee dient ook in dat geval een veiligheidsafstand van 25 meter aangehouden te worden.
De oostelijke calamiteitenweg parallel aan het spoor/de hoogspanningslijn kan dan niet worden gebruikt.

De calamiteitenweg en opstellocaties aan de westzijde van het spoor kan gebruikt worden.

Wat betreft bereikbaarheid of opstellocaties zijn er op deze locatie daarmee geen problemen.

Zoals genoemd is het zeer onwaarschijnlijk dat er een grote plasbrand zal voorkomen (type 3 locatie) en kan deze situatie vanuit de risicogedachte worden geaccepteerd.

Ook via de Ohioakade kan op in dat geval niet aan de noord/noordoostzijde van deze locatie B worden gekomen, vanwege de loop van de hoogspanningslijn over de aanrijdroute. Enige mogelijkheid voor deze locatie op dit moment zijn de opstellocaties aan de westzijde (zie verderop in deze notitie de uitwerking wat betreft opstellocaties en worplengtes).

- Het onderzoeken of het aantakken van de aanrijdroute vanaf de Ohio-kade op de bestaande calamiteitenweg ten westen van de betreffende hoogspanningslijn mogelijk is ('links van letter B' op de luchtfoto hiervoor), zodat bij het aanrijden via de Ohio-kade niet onder een hoogspanningslijn heen hoeft te worden gereden om op de calamiteitenweg ten westen van 'letter B' te komen. Nagegaan moet worden of dit mogelijk is, ook in verband met de leidingen die hier onder de grond lopen.

LEGENDA

Lijntype/symbool	Opmerking
	Rede lijn
	Blauwe lijn
	Groene lijn
	Gele lijn
	Zwarte lijn
	Blauwe stip
	Oranje gestippeld gebied
	Groen gestippeld gebied
	Geel gestippeld gebied
	Zwart gestippeld gebied
	Rood gestippeld gebied

De afbeelding toont een luchtfoto van een wegkruising met een groen lichtstelsel. De weg is verdeeld in verschillende zones, die zijn aangegeven met verschillende kleuren en lijntypes. De zones zijn nummer 1, 2 en 3. De zones zijn aangegeven met verschillende kleuren en lijntypes. De zones zijn aangegeven met verschillende kleuren en lijntypes.

2.3 Opstellen in relatie tot opstellijn 25 meter

De 25 meter is de veiligheidsafstand zoals genoemd in het 'Kennisdocument Brandweeroptreden nabij electriciteit'.

Deze 25 meter is een veilige afstand om electrocutie te voorkomen indien de lijn de grond raakt ('stapspanning'). Dit is nader uitgelegd in de uitwerking van Deelvraag 2 - hoofdstuk 3.

Als de kans bestaat dat een geleider breekt en kortsluiting naar aarde kan ontstaan, is het van groot belang dat er voldoende afstand tot deze locatie wordt aangehouden. Het kennisdocument van Brandweer Nederland [4] schrijft daarom een afstand (de opstellijn) van 25 meter voor die aangehouden moet worden tot de locatie waar kortsluiting kan ontstaan.

Door DNV is in de uitwerking van Deelvraag 2 gerekend aan wat een veilige afstand zou zijn bij het neerkomen van de kabels op de grond en de stapspanning die dan optreedt. Daarover is opgenomen:

Uit de grafiek blijkt dat de veilige afstand tot de foutlocatie ongeveer 10 meter is. De in het kennisdocument van Brandweer Nederland [4] aangehouden waarde van 25 meter voor de opstellijn voldoet ruimschoots aan deze, met conservatieve uitgangspunten, berekende waarde.

Omdat het standaardprocedure van de brandweer is, is in het rapport de 25 meter als opstellocatie aangehouden. Advies om altijd een opstellocatie buiten de 25 meter aan te houden.

Bij geen gevaar voor bezwijken kan vanuit deze opstellocatie de incidentlocatie eventueel 'offensief' worden benaderd (bv bij een brand in het ballastbed). Dit is aan beoordeling en besluit van de bevelvoerder/OvD.

In geval van het neerkomen van de geleiders op de grond de veiligheden zorgen voor afschakelen.

Zie Deelvraag 2 - De Additionele Onderzoeksvragen - pagina 6

TenneT stelt als eis dat de fout binnen 100 ms is afgeschakeld. In werkelijkheid spreekt de beveiliging binnen 20 ms aan en schakelt de vermogensschakelaar de fout vervolgens binnen 50 ms af.

In het geval de primaire beveiliging niet functioneert, stelt TenneT als eis dat de back-upbeveiliging de fout binnen 270 ms heeft afgeschakeld. De schakelaarreservebeveiliging is ingesteld op 170 ms, zodat alle schakelaars op de rail de hoogspanningslijn binnen 270 ms afschakelen.

De mechanische risico's zijn ook beschouwd in Deelvraag 2 - in hoofdstuk 4. De geleiders zullen bij bezwijken 'recht' naar beneden vallen, en ook de masten zullen in de richting van de lijnen vallen.

De geleider ondervindt krachten in longitudinale en verticale richting en geen krachten in transversale richting. De geleider zal daarom nauwelijks uit de lijnrichting bewegen. Figuur 14 en Figuur 16 tonen de positie van de geleider op de grond na de val. De dwarsverplaatsing is minder dan 2 meter. De opstellijn van 25 meter uit het kennisdocument van Brandweer Nederland [4] voldoet ruimschoots aan deze afstand.

Resumé:

Ondergrond type 1 (ballast met voldoende bergend vermogen):

25 meter opstellijn is eerste opstellijn, eventueel kan incident dichterbij benaderd worden.

Ondergrond type 2 (andere ondergrond dan ballast op porfierpaden van zand en klei):

25 meter opstellijn is eerste opstellijn, eventueel kan incident dichterbij benaderd worden.

Ondergrond type 3 (op open terrein naast de sporen):

25 meter opstellijn is noodzakelijk

Overigens: mocht een ballastbed zich in de praktijk niet zo gedragen als zou moeten, dat wil zeggen niet voldoende bergend vermogen hebben (bijvoorbeeld door overtollige regenval), dan kan toch sprake zijn van een brand op het ballastbed die meer warmtestraling geeft. In dat geval kan een dergelijke situatie als 'type 3' te worden gezien en dient een veiligheidsafstand van 25 meter te worden aangehouden. De 25 meter veiligheidsafstand is daarmee altijd een goed vertrekpunt als opstellocatie voor een inzet.

2.4 Opstellocaties en worplengte

Hoogte van de blusstraal

Zoals genoemd in het onderzoeksrapport van juni 2023, gebaseerd op het kennisdocument van brandweer Nederland², dient ingeval van een blussing een veilige afstand van minimaal 5 meter afstand gehouden te worden van een 'gebonden' blusstraal tot een elektriciteit geleidend object (bijvoorbeeld de hoogspanningslijnen). De hoogspanningskabels bevinden zich circa 18 meter boven de grond. Als er 5 meter afstand gehouden dient te worden, mag de inzetstraal dus maximaal 13 meter hoog komen. De dakmonitor van het blusvoertuig zit op circa 3,60 meter hoogte.

In 2021 is op verzoek van ProRail een CFD model opgesteld specifiek voor het bepalen van worplengte en application rate voor een inzet met blusmiddelen (schuim en water) op het emplacement Waalhaven-Zuid. In dat onderzoek is omschreven op welke wijze het CFD model tot stand is gekomen, waarna het is toegepast voor een tweetal blusvoertuigen: de autospuit (van de GB) en de blustrein. Er zijn in dat onderzoek van 2021 een groot aantal simulaties uitgevoerd, op basis waarvan ProRail de inzetconcepten voor incidentbestrijding heeft bepaald en uitgewerkt in het Incidentbestrijdingsrapport. De basis van het gebruikte model is gelegd in 2021 en is beschreven in rapport "CFD model worplengte + application rate spoor"³.

Aan de hand van die simulaties van de blusstraal, kan naast de worplengte die wordt gehaald, ook de hoogte van de blusstraal worden afgeleid. Dit is in plaatjes weergegeven in [bijlage 1](#) bij deze notitie.

Voor de in het onderzoek van 2021 beschouwde situaties is met de berekening van de hoogte op basis van de verticale hellingshoek en de helft van de horizontale afstand de maximale hoogte bepaald. Dit leidt tot de volgende hoogtes:

Nr	Situatie	Worplengte (m)	Verticale hoek (°)	Hoogte straal (m)	Hoogte vanaf de grond (m)
I ⁴	Meewind	84	12	8,9	12,5
II	Haaks op de wind	49	8	3,4	7,0
III	Iets tegen de wind in	30	8	2,1	5,7
IV	Incident op 45° met wind mee	60	8	4,2	6,3

In alle situaties is de maximale hoogte van de blusstraal minimaal 5 meter vanaf de hoogspanninggeleiders.

Worplengte

Vanaf de mogelijke opstellocaties op de calamiteitenwegen naast de sporen, buiten de 25 meter opstellijnen zijn in de navolgende figuren de cirkels/contouren met een afstand van 49 meter worplengte rond deze opstellocaties weergegeven. Deze 49 meter is in de incidentbestrijdingsplannen als maatgevende te overbruggen afstand genomen, waarbij 'haaks op de wind' gespoten moet worden. Ook is in die plannen het uitgangspunt dat vanaf twee tegenover elkaar liggende bluscontouren van 49 meter voldoende 'dekking' is gerealiseerd.

² Kennisdocument Brandweeroptreden nabij elektriciteit, Brandweer Nederland, definitief, versie 1.0, d.d. 10 april 2020.

³ Rapport 'CFD model worplengte + application rate spoor, locatie Waalhaven-Zuid', projectnummer 0467444.100 d.d. 13 september 2021.

⁴ Voor het halen van een worplengte in de situatie 'meewind' van 104 meter (of nog verder) is een hellingshoek benodigd van 20° (of meer). In dat geval komt de blusstraal 'te hoog': dat wil zeggen binnen de 5 meter van bij de hoogspanningsgeleiders. Op zich hoeft dat met een niet gebonden straal niet direct een probleem te zijn, maar vooralsnog hebben we die worplengte niet verder meegenomen.

Waalhaven-Zuid



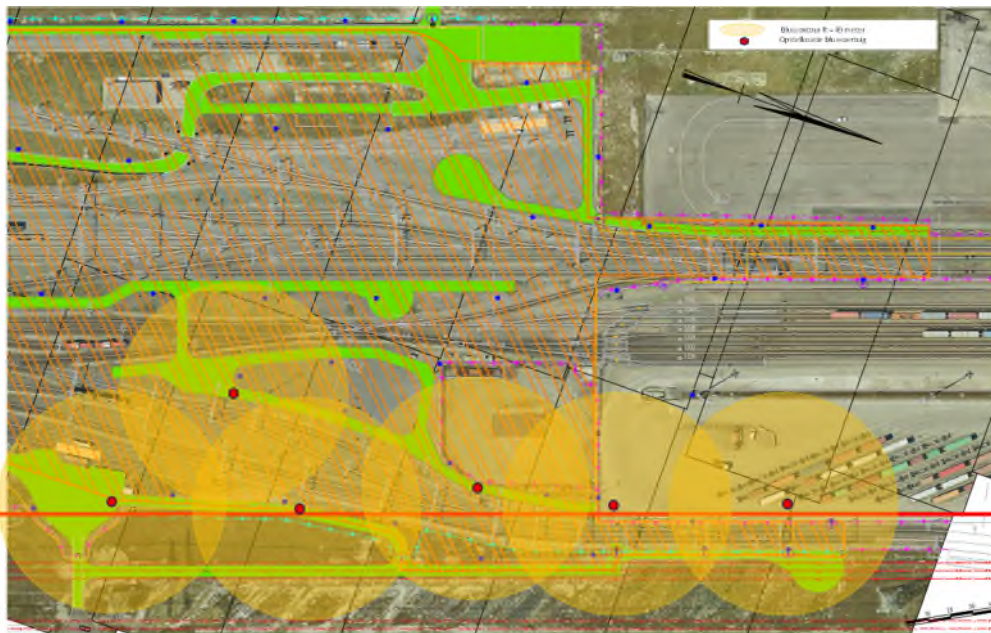
Zoals in het Onderzoeksrapport uit juni 2023 en in het 'gespreksverslag' reeds opgenomen dat zijn er op emplacement Waalhaven-Zuid geen of zeer beperkte problemen wat betreft opstellocaties en worplengtes, uitgaande van de 25 meter opstellijnen.

In het midden is een klein 'gat' zichtbaar die met een worplengte van 49 meter niet kan worden bereikt (blauwe omkadering). Er is daar echter geen probleem:

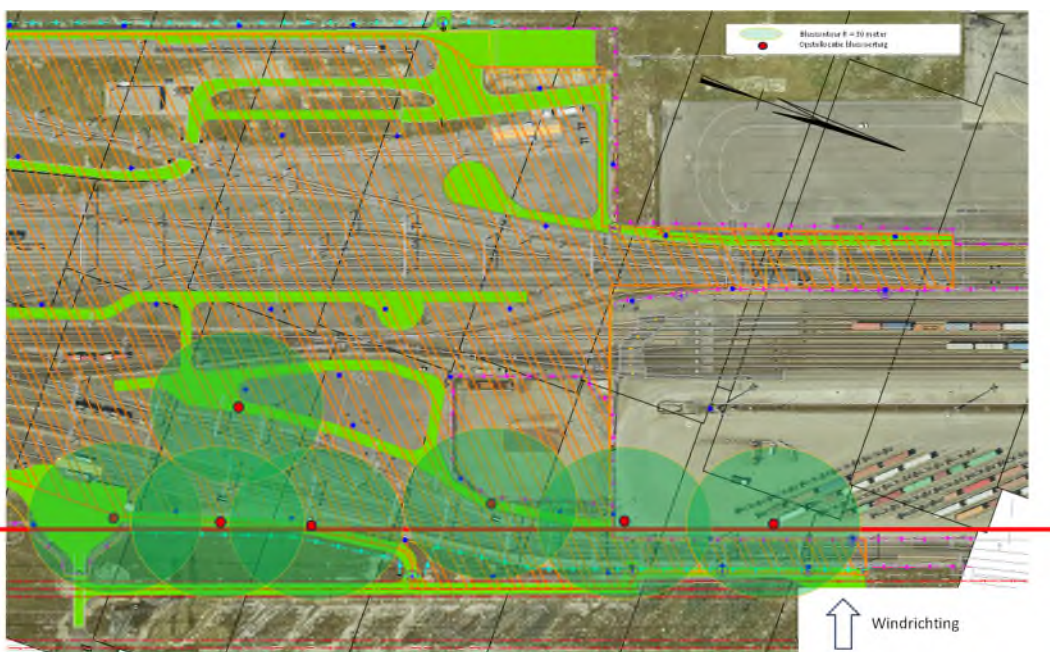
- Vanuit één van de opstellocaties is deze locatie met een grotere worplengte 'wind mee' (84 meter) of 'schuin met de wind mee' (60 meter) altijd wel te bereiken.
- Deze locatie bevindt zich onder en tussen de sporen: daar is ballast aanwezig en er zal daar dus geen grote brand zijn die de hoogspanningslijn bedreigt

Maasvlakte – nabij ECT

Deze locatie is zoals eerder in deze notitie beschreven bereikbaar.



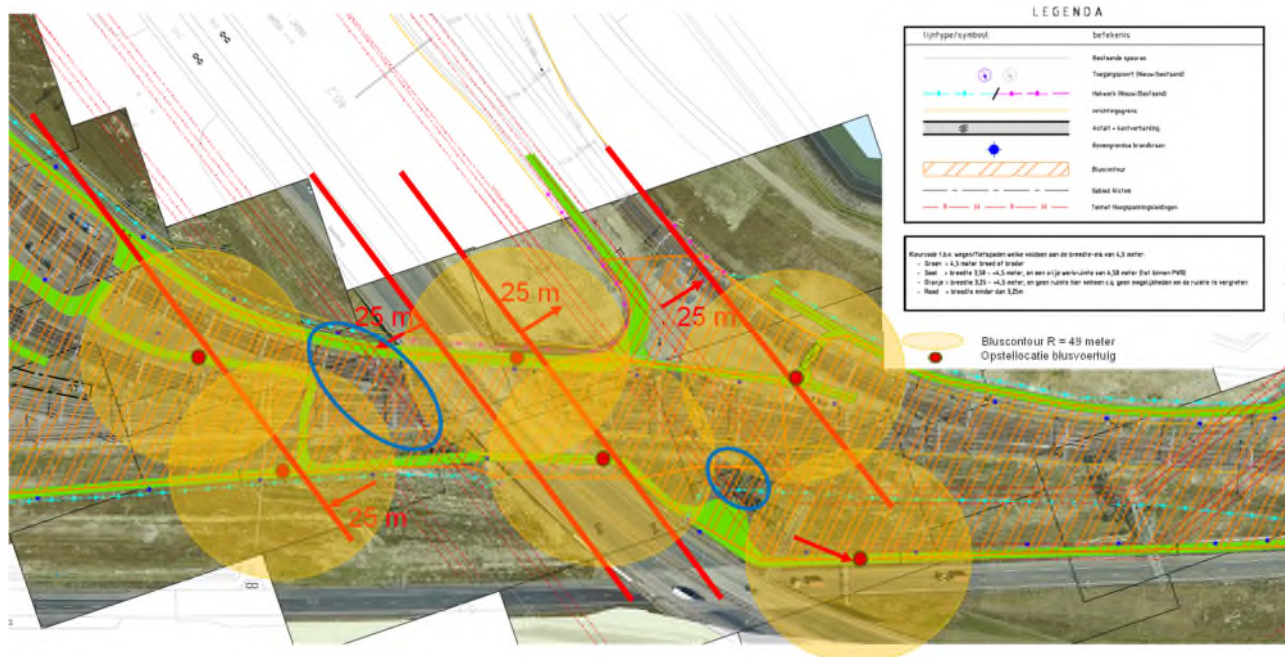
Ook als de calamiteitenweg aan de oostzijde, parallel aan de hoogspanningslijn, niet gebruikt kan worden als aanrijdroute/opstelplaats is elke locatie met een bluscontour van 49 meter (haaks op de wind) af te dekken. Ook met de bluscontouren van 30 meter (iets tegen de wind in), waarvan uit moet worden gegaan bij wind uit het oosten, kan welke locatie worden afgedekt.



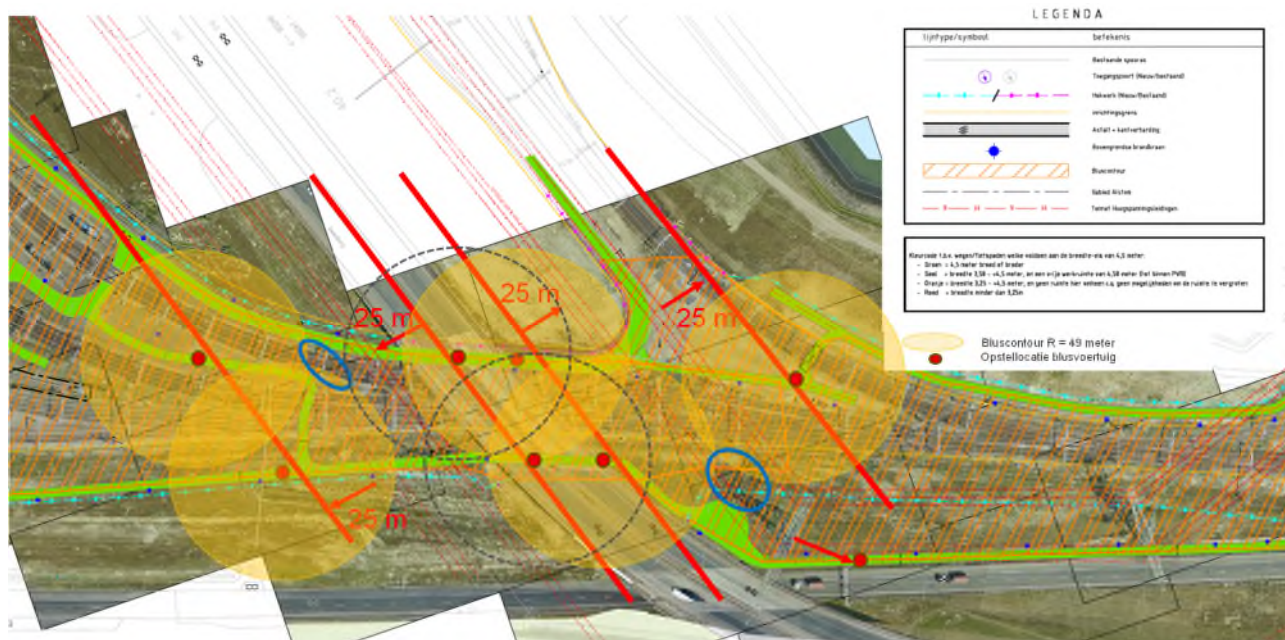
Bovenstaande houdt in dat er altijd wel een opstellocatie aanwezig is vanwaar een mogelijke brand binnen de sporen bestreden kan worden. In veel gevallen zal sprake zijn van een gunstiger windrichting en daarmee grotere te realiseren worplengte.

Maasvlakte – C2-bocht

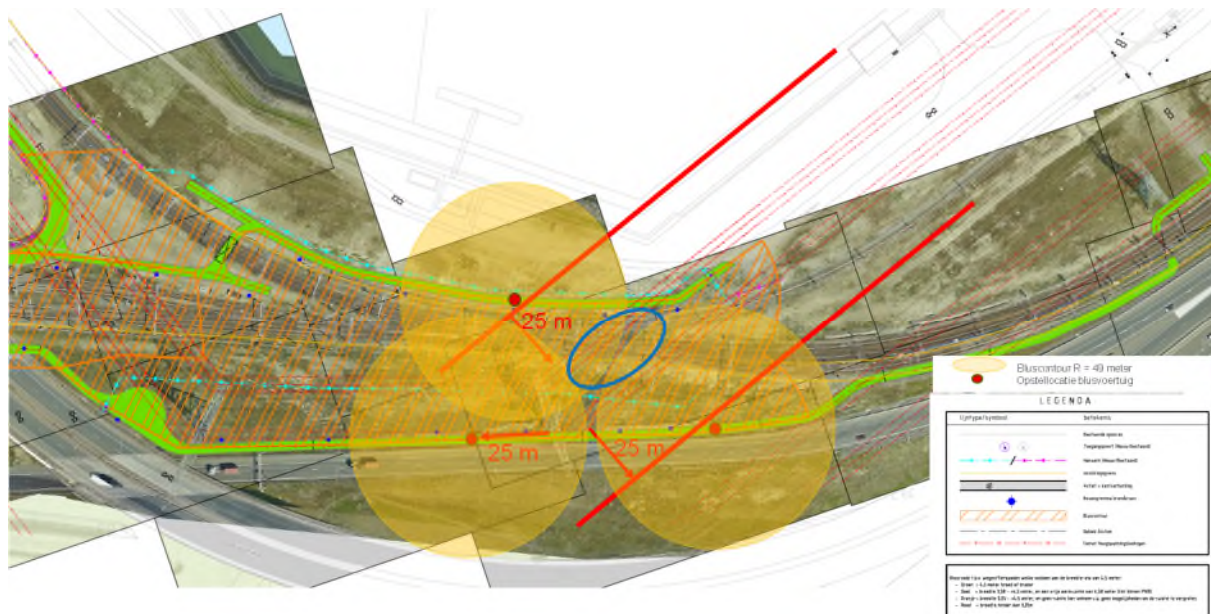
In navolgende luchtfoto's zijn de bluscontouren (49 meter) vanaf de mogelijke opstellocaties buiten den 25-meter opstellijn weergegeven. Er zijn twee plaatjes van de situatie nabij het N-15 viaduct: een *zonder* de opstellocaties (en bluscontouren) onder viaduct, en een *met* de opstellocaties (en bluscontouren) onder het viaduct (zwart gestippelde contouren).



Situatie zonder de opstellocaties onder het N-15 viaduct



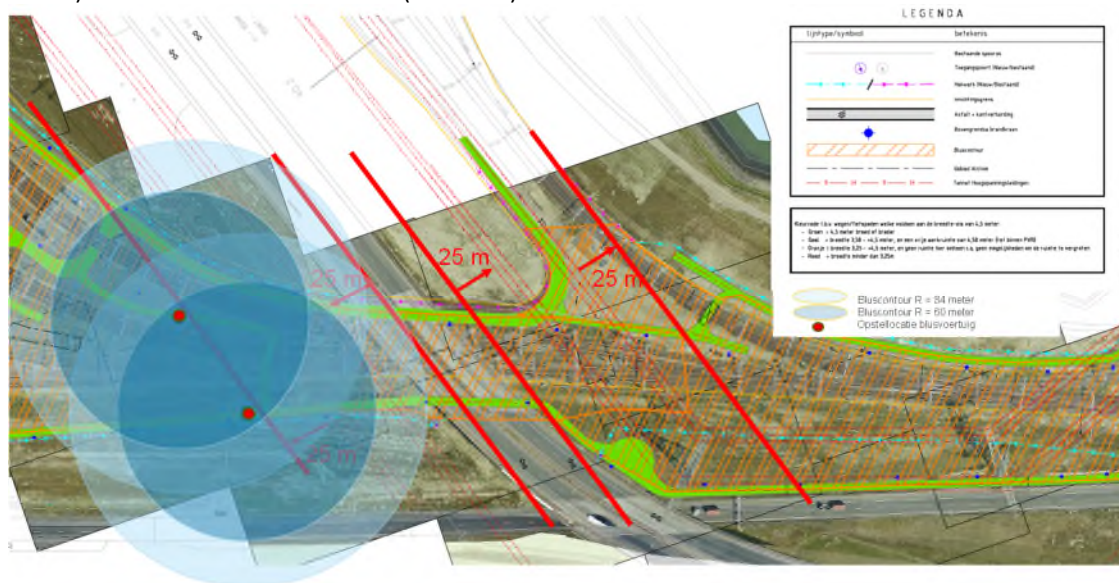
Situatie zonder met de opstellocaties onder het N-15 viaduct



Voor emplacement Maasvlakte West nabij de C2-bocht zijn er uitgaande van de bluscontouren van 49 meter vanaf de opstellocaties uitgaande van de 25 meter lijnen mogelijk aandachtspunten, zie de blauw omcirkelde locaties.

Dit betreft drie locaties:

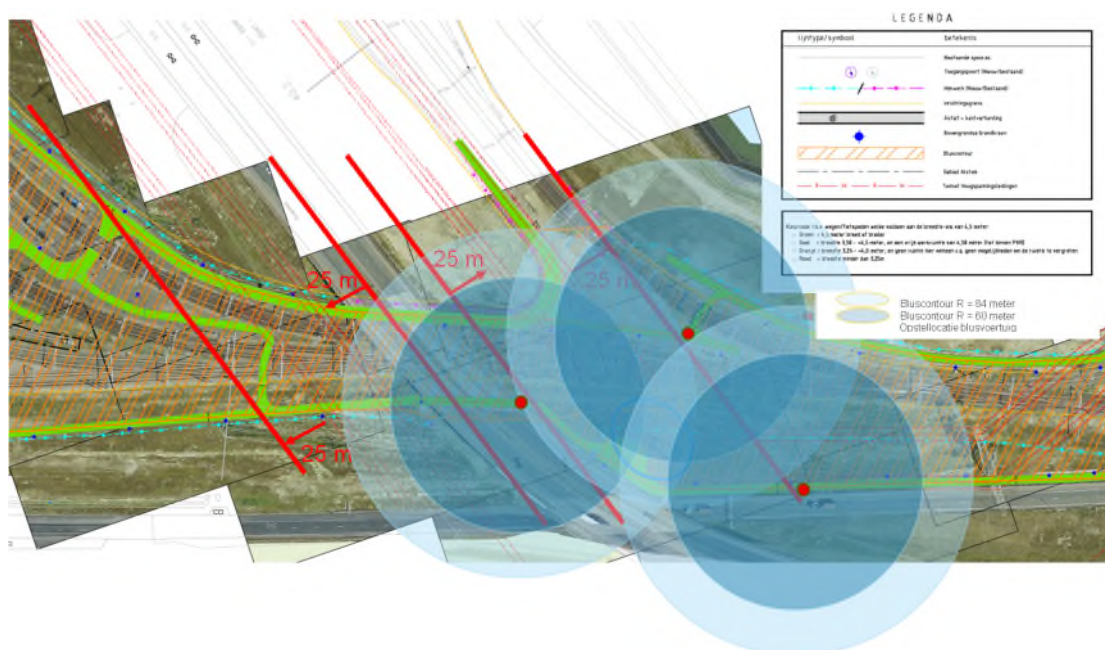
1. De locatie direct ten westen van het viaduct onder de N15 (blauwe omkadering).
Uitgaande van een bijvoorbeeld wind uit het westen is deze locatie prima vanaf de opstellocaties aan de westzijde te bereiken. Zie de navolgende figuur met de grotere worplengtes in geval van 'wind mee' (84 meter) of 'schuin met de wind mee' (60 meter).



Echter in geval van een wind uit het oosten dient van onder het viaduct van de N15 ingezet te worden.

Uitkomst van de detailbeschouwing is dat er opgetreden kan worden en een blusinzet kan worden gedaan, echter dat vanonder het viaduct niet de hele 'bluscontour' gerealiseerd kan worden. Ook de inzet van straatmonitoren biedt geen dekkende oplossing.

2. De locatie aan de oostzijde van het viaduct onder de N15, ten zuiden van de sporen (blauwe omkadering). Deze locatie is vanuit de drie opstellocaties daarom heen echter wel te bereiken met een grotere worplengte in geval van 'wind mee' (84 meter) of 'schuin met de wind mee' (60 meter). Zie de navolgende figuur.



Bij een wind vanuit het noordoosten is deze locatie op dit moment niet of zeer lastig te bereiken vanaf de aanwezige opstellocaties. Er is vanwege de loop van de hoogspanningslijnen aan de noordoostzijde van die locatie geen opstellocatie mogelijk. Hier zijn overigens ook geen oplossingen voor: vanwege de loop van de hoogspanningslijnen en de sporen en de kabels/leidingen in de grond is het extra aanbrengen van calamiteitenwegen/opstellocaties niet mogelijk.

3 Resumé

Zoals eerder in deze notitie gesteld is de conclusie wat betreft bestrijdbaarheid vanuit het onderzoeksrapport van 29 juni 2023 dat er, gegeven de al door ProRail (en Tennet) genomen preventieve en repressieve maatregelen, het optreden van een incident met gevaarlijke stoffen in de nabijheid van de hoogspanningslijnen als zeer onwaarschijnlijk moet worden aangemerkt en de scenario's in de risicomatrix het acceptabele (groene) gebied te liggen. Op basis hiervan is er geen noodzaak om dit restrisico op de emplacementen Waalhaven-Zuid en/of Maasvlakte West met extra maatregelen af te dekken.

Naar aanleiding van vragen van DCMR en VRR is gekeken naar de bereikbaarheid en inzetbaarheid van de emplacementlocaties. Wil men toch maatregelen treffen om de bereikbaarheid en/of inzetbaarheid, dan zijn per locatie de volgende maatregelen mogelijk.

Waalhaven Zuid

- Een extra toegangshek aanbrengen om vanuit het terrein van RSC/Terminal Rotterdam het emplacement te kunnen bereiken aan de westzijde van de hoogspanningslijn.
- Aanrijden via de A15 en via toegang aan de oostzijde van het emplacement (Groene Kruisweg) aanrijden (alleen nodig in geval van zuidoosten wind). Deze aanrijdroute zal wel wat langer zijn, waarmee de opkomsttijd in dat geval ook wat langer zal zijn (circa 13 minuten, op basis van opkomsttijdberekening door GB). De langere opkomsttijd dient in dat geval geaccepteerd te worden.

Een andere mogelijkheid is:

- Zorgen dat er geen grotere open stukken meer aanwezig zijn onder de hoogspanningslijn (de 'type 3' locaties upgraden naar type 1 of type 2), door bijvoorbeeld het aanbrengen van ballast, of een geul (met ballast) voor opvang van een vloeistoflekkage.
In dat geval kan veilig onder de hoogspanningslijn worden doorgereden en is een extra toegangshek of het omrijden via de A15 met een opkomsttijd van 13 minuten niet nodig.

Maasvlakte – nabij ECT

Op deze locatie zijn geen aanvullende maatregelen nodig.

Maasvlakte – C2-bocht

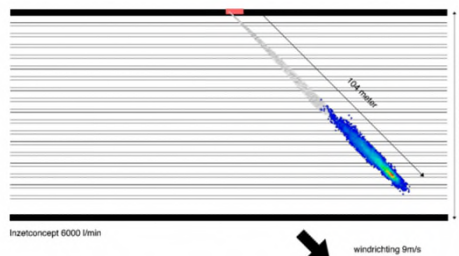
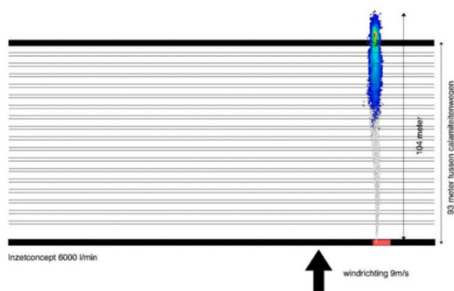
- Het upgraden van de schouwpad (zand/grindweg) langs emplacement Maasvlakte-Oost, zodat de aanrijdroute langs het water (Ohiokade) gebruikt kan worden als aanrijdroute vanuit het noorden richting de oostzijde van de N15/de hoogspanningslijn. Het kunnen gaan gebruiken van deze aanrijdroute voor het bereiken van de oostzijde biedt opties voor de brandweer om uitgaande van de specifieke omstandigheden op een juiste opstellocatie te kunnen komen.
Het daarbij onderzoeken of het aantakken van de aanrijdroute vanaf de Ohiokade op de bestaande calamiteitenweg ten westen van de daar aanwezige hoogspanningslijn mogelijk is, zodat bij het aanrijden via de Ohiokade niet onder een hoogspanningslijn heen hoeft te worden gereden om op de calamiteitenweg te komen.
- Het in geval van een brand op Maasvlakte-West regelen dat er vanuit twee kazernes wordt aangereden (aparte drukknop voor 'brand' op Maasvlakte-West).
Het is dan voor de hand liggend dat vanuit het oosten vanuit de brandweerkazerne Elbeweg wordt aangereden via de Beerweg / Loswalweg. Op die manier kan er vanuit twee locaties worden aangereden en zijn, in geval van een brand, er twee eenheden ter plaatste om een brand op deze locatie aan te pakken.

Een deel aan de westzijde van het N-15 viaduct en een deel geheel aan de oostzijde van het emplacement ten oosten van de C2-bocht is niet geheel met de bluscontouren af te dekken. Deze situatie (dit restrisico) dient geaccepteerd te worden.

Een eenvoudige oplossing/maatregel is hier niet mogelijk, een upgrade van de ondergronden 'type 3' naar type 1 of 2 is niet nodig. In de praktijk zal de brandweer deze situatie oplossen en tot een inzet over gaan.

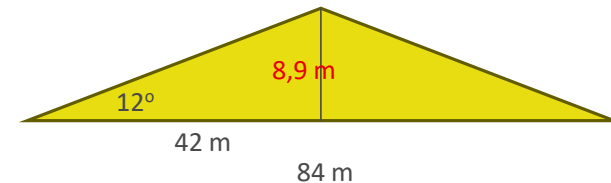
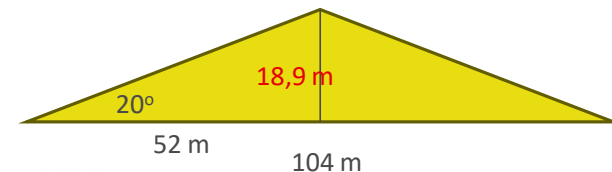
Bijlage 1 Berekening hoogte van de blusstraal vanuit CFD-studie

Situatie I: meewind
 Worplengte: 104 meter
 Verticale hoek: 20°
 Worplengte: 84 meter
 Verticale hoek: 12°



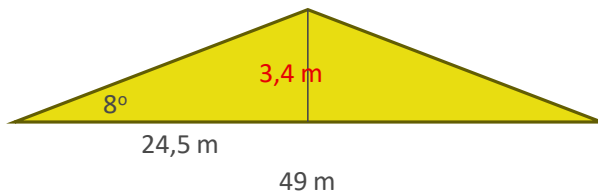
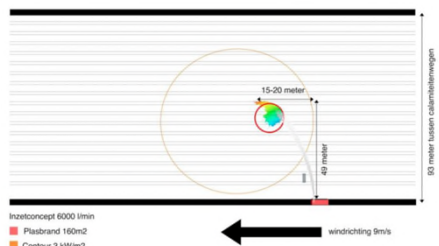
Ver hoek	Inzetdiepte
12	84.5
20	104.5
30	116.5
45	124.0

Autospuit 6000 liter/min



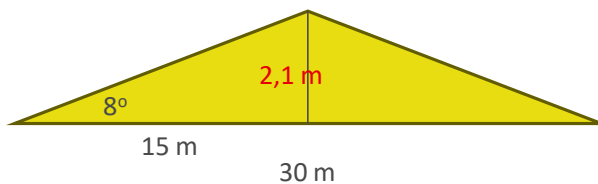
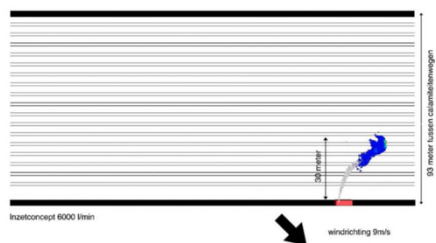
Max hoogte : 8,9 + 3,6 = 12,5 m

Situatie II: Haaks op de wind
 Worplengte: 49 meter
 Verticale hoek: 8°



Max hoogte : 3,4 + 3,6 = 7 m

Situatie III: Iets tegen wind in
 Worplente: 30 meter
 Verticale hoek: 8°



Max hoogte : 2,1 + 3,6 = 5,7 m

Schuimstraal: randvoorwaarden autospuits

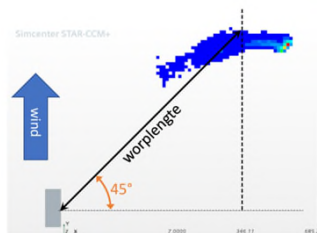
De locatie en richting van de nozzle. Voor elke simulatie wordt bepaald:

- Hoogte boven de grond (3.61 m)
- Horizontale hoek ten opzichte van de wind
- Verticale hoek

Hoogspanninglijnen hangen op 18 meter van de grond.

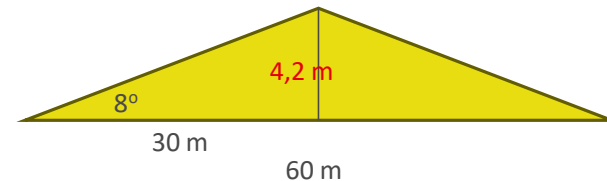
Veiligheidsafstand = 5 meter: dus maximale hoogte schuimstraal = 13 meter

Situatie IV: Incident op 45° met wind mee
 Worplengte: 60 meter
 Verticale hoek: 8°



verticale hoek nozzle	Worplengte op 45° (m)									
20										
18										
16										
14										
12										
10										
8										
6										
4										
2										
0										
	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140
	horizontale hoek nozzle									

Autospuit 6000 liter/min



Max hoogte : 2,1 + 4,2 = 6,3 m