Gemeente Rotterdam

Onderwerp:
Wob-besluit

Postadres:
Postbus 6575
3002 AN Rotterdam

Internet: rotterdam.nl

Inlichtingen: [redacted]
E-mail: [redacted]
Telefoon: [redacted]

Ons kenmerk: 4732-2019

Datum: 22 oktober 2019

PER AANGETEKENDE POST
Vooraf per e-mail: [redacted]

[redacted]

Geachte heer [redacted]

Wob-verzoek
Op 15 januari 2019 ontvingen wij van u het volgende verzoek om informatie (door u gedateerd op 15 januari 2019):

'Rapportage veiligheid overwegen Hoekse Lijn'

Uw verzoek wordt aangemerkt als een verzoek in de zin van de Wet openbaarheid van bestuur (Wob).

Verdaging
Bij brief d.d. 17 januari 2019 met nummer 4732-2019 is de ontvangst van uw verzoek bevestigd en is de beslistermijn verdaagd.

Inventarisatie en beoordeling
Op basis van uw verzoek hebben wij geïnventariseerd of, en zo ja welke, documenten beschikbaar zijn binnen de reikwijdte van uw verzoek. Tevens heeft op 5 juni 2019 een gesprek plaatsgevonden tussen u, de heer [redacted] BCO Gemeente Rotterdam) en de heer [redacted] Projectbureau Hoekse Lijn). Tijdens dit gesprek is besproken, voor welke documenten u dit WOB-verzoek heeft ingediend.

De geïnventariseerde documenten hebben wij opgenomen in een inventarisatielijst. Deze treft u als bijlage aan bij dit besluit. Per document is in de inventarisatielijst aangegeven hoe wij deze hebben beoordeeld en in hoeverre het document al dan niet (gedeeltelijk) openbaar kan worden gemaakt.

Onder de reikwijdte van dit verzoek vallen de documenten 1 en 2 uit de bijgevoegde inventarisatielijst.

Beslistermijn
Dit onderzoek heeft te veel tijd in beslag genomen en noodzaakt ons nu buiten de daartoe geldende wettelijke beslistermijn een besluit te nemen op uw aanvraag.

Wij betreuren het dat wij niet eerder op uw aanvraag hebben kunnen besluiten en bieden u daarvoor onze oprechte excuses aan.

BESLUIT

Met inachtneming van het voorgaande, tot gedeeltelijke openbaarmaking van de geanonimiseerde documenten [1 en 2] door schriftelijke overlegging bij dit besluit.

Overige informatie
Voor overige, reeds openbare informatie, verwijzen wij u naar openbare bronnen zoals www.rotterdam.nl waar openbare documenten integraal en eenvoudig opvraagbaar zijn.

Wij gaan ervan uit u hiermee afdoende te hebben geïnformeerd.

Hoogachtend,

het college van burgemeester en wethouders,
namens deze
[redacted]
Hoofd Projectmanagementbureau

Bijlagen:
1. **Inventarislijst**
2. **Document 1: Veiligheidsanalyses toekomstig vervoerssysteem Hoekse Lijn**
3. **Document 2: Verificatie- en validatierapport**

Niet eens met deze beslissing?

Dan kunt u, of een andere belanghebbende, een bezwaarschrift indienen. Dit moet binnen zes weken na de bekendmaking van het besluit. U stuurt het bezwaarschrift naar:

Het college van burgemeester en wethouders
t.a.v. de Algemene Bezwaarschriftencommissie
Postbus 1011, 3000 BA te ROTTERDAM
Faxnummer Algemene Bezwaarschriftencommissie: (010) 267 63 00.

In het bezwaarschrift moet in ieder geval staan:

- uw naam, adres en handtekening;
- uw telefoonnummer zodat contact met u opgenomen kan worden om samen met u te bespreken wat de beste aanpak van uw bezwaarschrift is;
- de datum waarop u bezwaar maakt;
- een omschrijving van het besluit waartegen u bezwaar maakt;
- de reden(en) van uw bezwaar.

U wordt verzocht tevens een kopie van dit besluit mee te zenden.

U kunt uw bezwaarschrift via internet ook digitaal indienen.

Zie: http://www.rotterdam.nl/product:bezwaar_indienen

Hiervoor is een DigiD of een E-herkenning voor bedrijven nodig.

U kunt het bezwaarschrift niet op een andere digitale wijze, bijvoorbeeld per e-mail, indienen.

U kunt, indien u een bezwaarschrift bij het college heeft ingediend, een verzoek om voorlopige voorziening (o.a. schorsing) indienen bij:

Rechtbank Rotterdam, sector Bestuursrecht, Postbus 50951, 3007 BM te ROTTERDAM.

Voor een dergelijk verzoek is griffierecht verschuldigd.

Verdere informatie kunt u vinden op de website van de rechtbank Rotterdam:

www.rechtspraak/nl/Gerechten/Rotterdam.

Inventarislijst

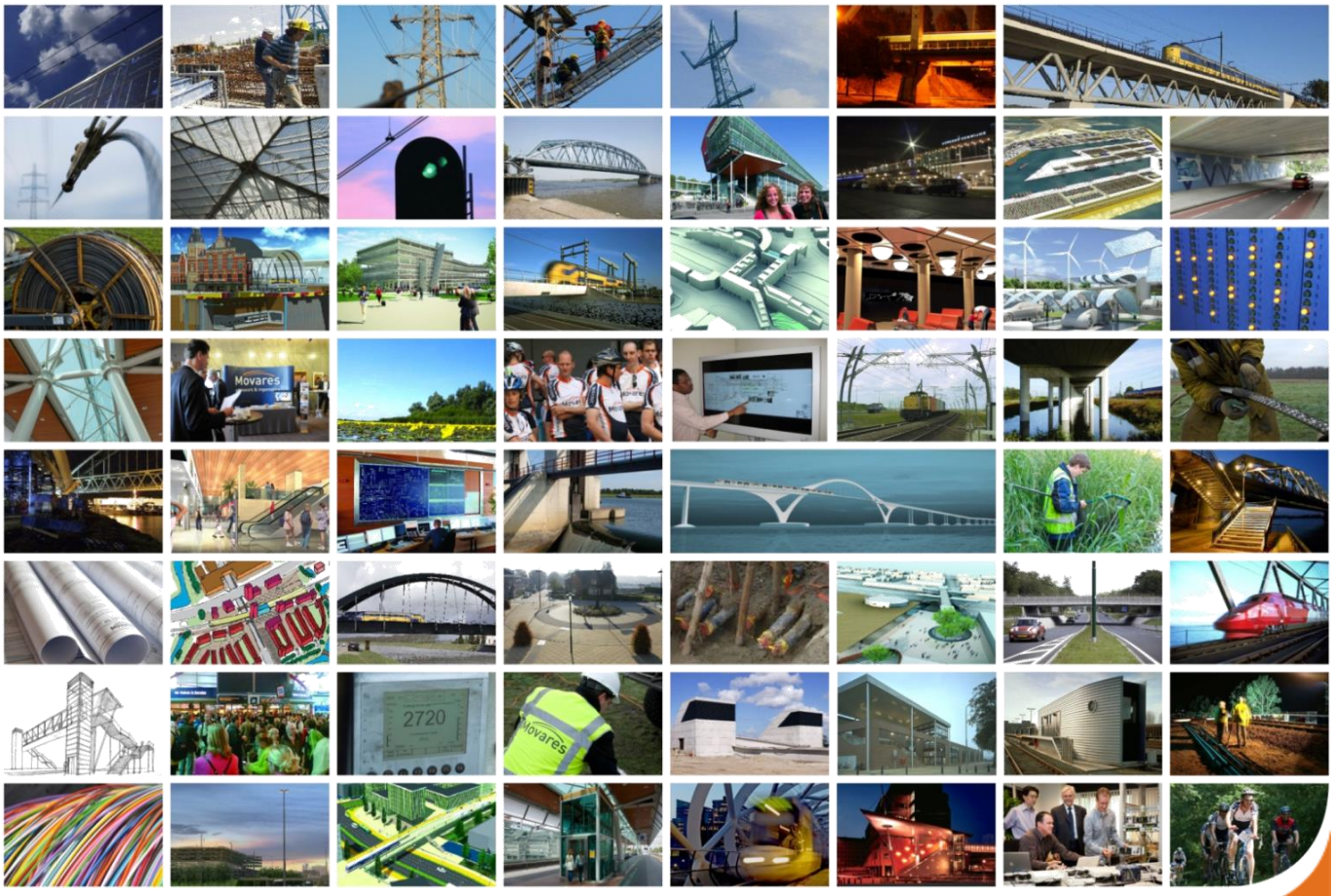
WOB-verzoek: Rapportage veiligheid overwegen Hoekse Lijn
Zaaknummer: 4732-2019:
Cluster: Stadsontwikkeling

Nr	Datum	Type document + onderwerp	Beoordeling	WOB-weigeringsgrond	*optionele kolom* **Afzender**	*optionele kolom* **Ontvanger**	*intern* **zienswijze**
1	21-9-2018	Veiligheidsanalyses toekomstig vervoerssysteem Hoekse Lijn	Deels openbaar	Art. 10 lid 2 sub e WOB - Eerbiediging van de persoonlijke levenssfeer			
2	26-2-2019	Verificatie- en validatierapport	Deels openbaar	Art. 10 lid 2 sub e WOB - Eerbiediging van de persoonlijke levenssfeer			

001

Veiligheidsanalyses toekomstig vervoerssysteem Hoekse Lijn

Verandering van het risico op overwegen en overpaden



2018/09/21 - Versie 3.0

wij verbinden

Autorisatieblad

Veiligheidsanalyses toekomstig vervoerssysteem Hoekse Lijn

Verandering van het risico op overwegen en overpaden

	Naam	Paraaf	Datum
Opgesteld door	[redacted]		
Controle door	[redacted]		
Vrijgave door	[redacted]		

Op dit autorisatieblad ontbreken de handtekeningen wegens de digitale verwerking van ons vrijgaveproces. Dit rapport is aantoonbaar vrijgegeven.

Samenvatting

Dit rapport beschrijft de analyse van de verandering van het risico op overwegen en overpaden van de Hoekse Lijn. Deze verandering heeft te maken met de omvorming van de Hoekse Lijn naar een metrovervoerssysteem met nieuw materieel, hogere railvoertuigfrequenties, nieuwe stations en een verlenging van de lijn in Hoek van Holland. Daarnaast zijn er autonome ontwikkelingen in de omvang van het wegverkeer, die niet door het project Hoekse Lijn worden veroorzaakt maar die wel invloed hebben op de overwegveiligheid.

In de analyse hebben we een kwantitatief risicomodel opgezet, waarbij we voor vijf verschillende risicogroepen de risico's in 2025 (in termen van totale aantallen dodelijke slachtoffers per jaar) relatief bepaald hebben ten opzichte van de risico's in de situatie met treinverkeer in het peiljaar 2014 (in het vervolg van het rapport vaak 'huidige situatie' genoemd). Hierbij is voor een aantal belangrijke eigenschappen van het systeem de invloed gemodelleerd van die eigenschap op de frequentie van aanrijdingen op overwegen en overpaden en op de gevolgen van deze aanrijdingen voor de verschillende risicogroepen. Door de relatieve risico's voor de verschillende overwegen en overpaden te combineren kan het totale relatieve risico in 2025 voor alle overwegen en overpaden samen worden berekend.

De analyse laat zien, dat het risico voor reizigers op overpaden in 2025 circa 1,4 maal zo groot is als in 2014. Het risico voor langzaam verkeer op overwegen zal in 2025 licht dalen ten opzichte van 2014. Het risico voor snelverkeer op overwegen zal ten opzichte van de huidige situatie substantieel dalen. Zonder de verlenging van de metrodienst van Hoek van Holland Haven naar Hoek van Holland Strand II is er een nog sterkere daling van het risico.

Het totale risico voor inzittenden van het railvoertuig (i.e. reizigers en rijdend personeel) zal naar verwachting toenemen met een factor 2,8 voor de situatie zonder verlenging (dus met de metrodienst tot aan Hoek van Holland Haven) en een factor 3,3 voor de eindsituatie inclusief de verlenging naar het nieuwe eindstation Hoek van Holland Strand II. Het persoonlijk risico voor de reiziger in het railvoertuig zal minder sterk toenemen, namelijk met ongeveer een factor 1,6 à 1,8.

De relatieve toename van de risico's voor inzittenden van het railvoertuig leidt waarschijnlijk niet tot een overschrijding van de veiligheidsdoelstellingen van het project Hoekse Lijn voor reizigers in het metrovoertuig en voor rijdend personeel zoals vastgelegd in het Integraal Veiligheidsplan Hoekse Lijn. Daarbij moet worden aangetekend dat we in deze analyse de bijdragen van de overige ongevalstypen aan het totale risico niet hebben bepaald.

Uit de analyse blijkt verder, dat de relatieve veranderingen van de risico's voor de verschillende risicogroepen met autonome ontwikkelingen niet substantieel anders zijn dan de risicoveranderingen exclusief autonome ontwikkelingen. De ontwikkelingen in de wegverkeersomvang hebben dus slechts een beperkt effect op de risico's.

Inhoudsopgave

Samenvatting **1**

1 Inleiding **4**
1.1 Context 4
1.2 Doel 4
1.3 Leeswijzer 5
1.4 Documenthistorie 5
1.5 Referenties 7

2 Onderzoeksvraag **9**
2.1 Vraagstelling 9
2.2 Scope 10
2.3 Algemene uitgangspunten 10

3 Ongevalsscenario's op overwegen en overpaden **12**
3.1 Inleiding 12
3.2 Overzicht scenario's 12
3.2.1. Overzicht scenario's reizigers op overpaden 12
3.2.2. Overzicht scenario's voetgangers op overwegen 13
3.2.3. Overzicht scenario's langzaam verkeer op overwegen 13
3.2.4. Overzicht scenario's gemotoriseerd verkeer op overwegen 13
3.2.5. Overzicht gevolgscenario's na aanrijding gemotoriseerd verkeer op overwegen 13

4 Analyse van ongevalscasuïstiek **16**
4.1 Inleiding 16
4.2 Incidenten op de Hoekse Lijn 16
4.3 Incidenten op heavy rail in de periode 1999-2008 16

5 Aanpak van de modellering **20**
5.1 Algemene modelleringsmethode 20
5.2 Het bepalen van de risicotoename 22
5.3 Keuze van factoren die invloed hebben op het risico 23
5.4 Gebruikte inputgegevens 26
5.5 Invloed op risico voor de verschillende factoren 28
5.5.1. Snelheid, remvertraging en massa van de trein 28
5.5.2. Wachttijden bij overwegen 31
5.5.3. De intensiteit van het treinverkeer 33
5.5.4. Aantal reizigers per trein 33
5.5.5. De sterkte van het treinmaterieel 33
5.5.6. Ontsporing na aanrijding wegverkeer 34
5.5.7. Escalatie van ontsporing 34
5.5.8. De intensiteit van het wegverkeer 35
5.5.9. Lay-out van de overweg en complexiteit van de situatie 35
5.5.10. De aanwezigheid van valhekken onder de overpadbomen 35
5.5.11. Het weghalen en toevoegen van overwegen 36
5.6 Samenvatting van modellering van invloeden 36

6 Resultaten **41**
6.1 Risicoverandering exclusief autonome effecten 41
6.1.1. Totaalresultaten *41*
6.1.2. Reizigers op overpaden *42*
6.1.3. Langzaam verkeer op overwegen *42*
6.1.4. Snelverkeer op overwegen *42*
6.1.5. Reizigers in trein / light-railvoertuig *43*
6.1.6. Bestuurders *43*
6.2 Risicoverandering inclusief autonome effecten 44
6.3 Inschatting van absolute risico's voor risicodragers 45

7 Conclusies **47**

Colofon **49**

Bijlage I **Uitwerking risicomodel**

Bijlage II **Uitwerking invloed massa bij aanrijdingen**

Bijlage III **Overzicht overwegen en overpaden**

Bijlage IV **Informatie uit rapport overwegen RandstadRail**

Bijlage V **Modelresultaten per risicogroep**

Bijlage VI **Gebruikte verkeersgegevens Hoekse Lijn**

1 Inleiding

1.1 Context

Dit document betreft een onderzoek naar de veiligheid van de overwegen op de Hoekse Lijn. De voorgenomen metro-exploitatie zal een aantal wijzigingen tot gevolg hebben. Het gaat dan om een gewijzigde dienstregeling met een hogere voertuigfrequentie en nieuw materieel, de aanleg van een reizigersoverpad bij het nieuwe (metro)station Steendijkpolder en de verlenging van de lijn naar het nieuwe station Hoek van Holland Strand II, waardoor nieuwe overwegen ontstaan. Dit alles heeft invloed op de overwegveiligheid op de Hoekse Lijn.

Voor het project Hoekse Lijn heeft het Projectbureau Hoekse Lijn van de gemeente Rotterdam een Integraal Veiligheidsplan (IVP) opgesteld [2]. In dit IVP worden de veiligheidsdoelstellingen van het project beschreven. Verder worden rollen, taken en verantwoordelijkheden van de verschillende partijen in het project vastgelegd. Voor de veiligheid van overweggebruikers zijn geen kwantitatieve eisen gesteld. De doelstelling is dat het overwegrisico voldoet aan de ALARP-doelstelling (As Low as Reasonably Practicable). Voldoen aan de ALARP-doelstelling betekent dat het niet verder mogelijk is om op een redelijke wijze significante veiligheidsverbeteringen te bereiken. Voor de overwegen en overpaden wordt door middel van een kwalitatieve analyse bepaald welke aanvullende risicoreducerende maatregelen er (in het kader van ALARP) gewenst zijn.

1.2 Doel

Het doel van dit rapport is, te beschrijven in hoeverre de overwegveiligheid op de Hoekse Lijn wordt beïnvloed door de voorgenomen metro-exploitatie en overige wijzigingen. Er is in een eerdere fase van het project een quick scan uitgevoerd, zie [1]. De verandering van het risico op overwegen zal uitgedrukt worden als een relatieve verandering van het risico ten opzichte van de situatie met treinverkeer in het peiljaar 2014 (in het vervolg van het rapport vaak 'huidige situatie' genoemd).

Ook zal dit rapport inzicht geven in de bijdrage van de verschillende overwegen aan het totale risico. Daarnaast zal voor enkele risicodragers op basis van de relatieve verandering van het risico ook het absolute risiconiveau worden bepaald.

Naast deze kwantitatieve analyse is een kwalitatieve analyse uitgevoerd naar de bijdrage van genomen en mogelijk nog te nemen maatregelen met betrekking tot overwegveiligheid. Daarbij wordt de vraag beantwoord of het overwegrisico voldoet aan de ALARP-doelstelling uit het IVP [2].

Dit rapport is een herziene versie van de analyse waarvan de eerste versie in de jaren 2008-2010 is opgesteld. Nadat het project Hoekse Lijn opnieuw is opgestart bij de gemeente Rotterdam heeft Movares in 2013-2015 ook de veiligheidsanalyses die eerder zijn opgesteld aangepast aan de nieuwste uitgangspunten en inputgegevens.[1]

In het voorjaar van 2017 heeft het Projectbureau Hoekse Lijn aan Movares gevraagd om de modellering van de invloed van de noodremvertraging te verfijnen en de

[1] Het peiljaar is gedurende het project enkele keren verschoven om de 'huidige situatie' te blijven weergeven. Het onbedoelde effect daarvan is dat wijzigingen die al zijn doorgevoerd door ProRail of andere partijen tijdens de looptijd van het project deel gaan uitmaken van de basissituatie, wat bijvoorbeeld bij de valhekken onder de overpadbomen niet logisch is (zie paragraaf 2.3).

berekening ook uit te voeren voor de eerste faseringsstap van de ombouw, i.e. exclusief het trajectdeel tussen Hoek van Holland Haven en het nieuwe eindstation Hoek van Holland Strand II. Daarnaast is er in de zomer van 2017 enkele keren overleg geweest met onder andere de RET en het Projectbureau Hoekse Lijn over de aspecten die relevant zijn voor de overwegrisico's. Op basis hiervan heeft Movares de analyse verder aangepast.

Het bureau Intergo heeft in opdracht van de RET een beoordeling uitgevoerd van versie 2.0 van dit rapport. Daarbij heeft Intergo enkele kwalitatieve aspecten, met name op human factors, nader onderzocht (zie [34]). Naar aanleiding van de rapportage van Intergo heeft Movares, in overleg met de opdrachtgever, de analyse op twee punten aangepast, namelijk de maximale zichtafstand van de machinist of bestuurder voor langzaam verkeer (zie Bijlage *I.2.1*) en de grenswaarde voor de risicoreductie vanwege de verbeterde mogelijkheden voor een tijdige noodremming (zie paragraaf 5.5.1). Het voorliggende rapport is de nieuwe versie waarin deze aanpassingen zijn verwerkt.

1.3 Leeswijzer

Dit rapport is als volgt opgebouwd.

In hoofdstuk 2 worden het doel en de scope van het onderzoek beschreven en worden algemene uitgangspunten geformuleerd. Vervolgens wordt in hoofdstuk 3 een overzicht gegeven van de verschillende scenario's voor aanrijdingen op overwegen en overpaden. In hoofdstuk 4 worden de resultaten beschreven van de analyse van geregistreerde incidenten op overwegen in Nederland. Hoofdstuk 5 geeft de methode weer voor het bepalen van de relatieve overwegrisico's, met daarbij een samenvatting van de modellering van de verschillende onderdeelfactoren per parameter en de gebruikte inputgegevens. In hoofdstuk 6 worden de resultaten van de modelberekeningen beschreven, gevolgd in hoofdstuk 7 door de conclusies. De uitgebreide beschrijving van de modellering is te vinden in Bijlage I en Bijlage II. Bijlage III bevat een overzicht van bestaande en toekomstige overwegen en overpaden. De belangrijkste onderdelen van de modellering die uit de overweganalyse van RandstadRail zijn overgenomen zijn weergegeven in Bijlage IV. Bijlage V bevat de detailresultaten van de analyse, per risicogroep en per overweg of overpad, zowel voor 2014 als voor 2025. Bijlage VI geeft een overzicht van gebruikte gegevens over de treinfrequenties en de omvang van het wegverkeer.

1.4 Documenthistorie

Uitgave	*Datum*	*Wijzigingen en opmerkingen*
Versies 0.1 t/m 0.5	Verschillende	Werkversies (intern Movares).
Versie 0.6	7 mei 2008	Conceptversie met beschrijving opzet model, voor [redacted].
Versie 0.7	20 mei 2008	Werkversie (intern Movares).
Versie 0.8	5 juni 2008	Opmerkingen [redacted] op versie 0.6 verwerkt. Nieuwe versie met modelbeschrijving voor [redacted].
Versies 0.9, 0.91, 0.92	Verschillende	Werkversies (intern Movares).
Versie 0.93	25 juli 2008	Opmerkingen [redacted] op versie 0.8 verwerkt. Resultaten, conclusies en samenvatting toegevoegd. Nieuwe versie voor [redacted].
Versie 0.94	21 oktober 2008	Opmerkingen [redacted] op versie 0.93 verwerkt. Nieuwe versie voor [redacted]

Versie 0.95	3 november 2008	Opmerkingen [redacted] op versie 0.94 verwerkt. Nieuwe verkeersgegevens toegepast. Alternatieve optie met handhaven overweg Marathonweg toegevoegd. Nieuwe versie voor [redacted].
Versie 0.96	16 januari 2009	Documenthistorie toegevoegd. Definitieve versie voor [redacted].
Versie 0.97	7 juli 2009	Opmerkingen [redacted] verwerkt. Overzicht ongevalsscenario's toegevoegd. Beschrijving casuïstiek overwegincidenten toegevoegd. Modellering invloed remvertraging aangepast. Modellering invloed valhekken toegevoegd. Resultaten en conclusies bijgewerkt.
Versie 0.98	16 april 2010	Opmerkingen [redacted] verwerkt. Verkeersgegevens Strandboulevard gecorrigeerd. Resultaten en conclusies bijgewerkt.
Versie 0.99	5 januari 2015	Omgezet naar nieuwe huisstijl, met nieuw kenmerk. Aangepast naar aanleiding van nieuwe uitgangspunten en gegevens.
Versie 0.101	16 januari 2015	Commentaar interne review [redacted] verwerkt.
Versie 1.0	19 januari 2015	Vrijgegeven versie. Geen wijzigingen.
Versie 1.1	2 juni 2017	Eerste aanpassingen naar aanleiding van gevraagde modelverfijningen, met voorstel voor modelaanpassingen.
Versie 1.2	23 juni 2017	Verder uitwerking van formules voor modelverfijningen invloed noodremvertraging.
Versie 1.3	27 november 2017	Aanvullende afspraken met Projectbureau Hoekse Lijn en RET voor modelaanpassingen verwerkt. Resultaten en conclusies bijgewerkt.
Versie 1.4	28 november 2017	Opmerkingen [redacted] verwerkt.
Versie 1.5	4 december 2017	Versie voor interne review. Geen wijzigingen.
Versie 1.6	4 december 2017	Versie met opmerkingen interne review [redacted].
Versie 1.7	8 december 2017	Opmerkingen interne review [redacted] en externe reviews [redacted] (Projectbureau Hoekse Lijn) en [redacted] (MRDH) verwerkt.
Versie 1.8	8 december 2017	Versienummer opgehoogd na importeren. Velden bijgewerkt. Geen inhoudelijke wijzigingen.
Versie 1.9	8 december 2017	Wijzigingen in Word geaccepteerd. Plaatsing van tabellen verbeterd. Geen inhoudelijke wijzigingen.
Versie 2.0	10 december 2017	Vrijgegeven versie. Geen wijzigingen.
Versie 2.1	14 september 2018	Aanpassingen modellering invloed noodremvertraging naar aanleiding van adviesrapport Intergo. Resultaten en conclusies bijgewerkt.
Versie 2.2	19 september 2018	Commentaar interne review [redacted] verwerkt.

1.5 Referenties

De volgende referenties worden in de analyse gebruikt:

[1] Vooronderzoek overwegveiligheid Hoekse Lijn, Gemeente Rotterdam, [redacted] versie 1.1, 5 februari 2008.

[2] Integraal Veiligheidsplan Hoekse Lijn, Projectbureau Hoekse Lijn, versie 2.0, 7 maart 2014.

[3] Veiligheid op de rails, Tweede Kadernota voor de veiligheid van het railvervoer in Nederland, Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 8 november 2004.

[4] Veiligheidsanalyse RandstadRail, Aanpassing risicoanalyse overwegen en oversteken, Holland Railconsult, kenmerk ET-MNJ-030061310 versie 1.2, 23 januari 2006.

[5] Veiligheidsanalyse RandstadRail, Studie veiligheid op hoofdlijnen RandstadRail, werkpakket 3a, Holland Railconsult, kenmerk ET-MNJ-010023816 - versie 1, 4 april 2001.

[6] Stilstaan bij Overwegen, Wachten tot het rode licht gedoofd is, ProRail, kenmerk RTi200302-03, 10 februari 2003.

[7] Netverklaring ProRail 2014 (bijlage 16), versie 1.7, 8 mei 2014, zie www.prorail.nl.

[8] Systeembeschrijving Hoekse Lijn, Projectbureau Hoekse Lijn, versie 2.3, 11 januari 2016.

[9] Risicomodel voor en risicoanalyse van overwegen, in opdracht van Infrabel N.V., Movares, kenmerk ONT-WK-070000485 versie 2.1, 23 november 2007.

[10] Delta-risicoanalyse voor reizigersovergangen, in opdracht van Infrabel N.V., Movares, kenmerk ONT-WK-070000514 versie 2.0, 7 november 2007.

[11] Globale toets overwegen, IVW, 28 november 2005.

[12] Bepaling risiconiveaus op overwegen, IVW, 22 november 2005.

[13] Verkeersgegevens Hoekse Lijn, Gemeente Rotterdam, Projectbureau Hoekse Lijn, Excel-bestand "20141201 Overweggegevens en reizigersaantallen.xls" in e-mail [redacted] d.d. 2 december 2014.

[14] Performance Technical Datasheet - RSG3, RET, documentnummer 5.056.391, versie 5.0, 17 februari 2017.

[15] Schematekeningen Hoekselijn Schiedam Centrum - Hoek van Holland, RET Beheer en Ontwikkeling, kenmerk P.331.SCH.001 Versie A - Blad 0 t/m 6, 8 november 2013.

[16] OBE-bladen Hoekse Lijn: Schiedam Centrum - Hoek van Holland, blad 1 en 2 d.d. 28 juni 2013, blad 3 d.d. 17 september 2009, blad 4 en 5 d.d. 17 december 2012 en blad 6 d.d. 20 april 2013, OBE-blad Schiedam Centrum, blad 1 d.d. 13 december 2012.

[17] Website spoorwegincidentbestrijding, www.spoorwegincidentbestrijding.nl.

[18] Materieelgegevens in BAMM-database op basis van gegevens RIB, NSM en NedTrain Consulting.

[19] Veiligheidsanalyse RandstadRail, Risicoanalyse ontsporingen, Analyse op hoofdlijnen, Railned Spoorwegveiligheid, kenmerk RnV/01/U44.006.221, versie 1.0, 3 september 2001.

[20] Gesprek van [redacted] met [redacted] van IVW Divisie Rail op 9 september 2003 (gebruikt in [19], zie Bijlage IV).

[21] OVS69133-1, Ontwerpvoorschrift Plaatsing en toepassing van lichtseinen, ProRail, versie 014, 1 oktober 2017.

[22] Notitie sluitingstijden overwegen Hoekse Lijn, Gemeente Rotterdam, [redacted], [redacted], 9 januari 2009.
[23] Integraal Programma van Eisen Hoekse Lijn infrastructuur, Projectbureau Hoekse Lijn, Excel-bestand "131217 IPvE versie 3.6.xls", versie 3.6, 17 december 2013.
[24] Casuïstiek van incidenten op overwegen van de Hoekse Lijn, ProRail, uittreksel uit ISO-database, Excel-bestand "20090407 Incidenten Hoekse Lijn [redacted]Movares.xls" d.d. 7 april 2009.
[25] Casuïstiek van incidenten van 1999 t/m 2008 op overwegen in Nederland, ProRail, uittreksel uit ISO-database, Excel-bestand "20090407 Incidenten 1999 - 2008 [redacted]Movares - Nederland totaal.xls" d.d. 7 april 2009.
[26] Website http://www.railwiki.nl/index.php/SLT_(SprinterLight_Train).
[27] Factsheet overwegen Hoekse Lijn, RET, versie 0.2, 14 september 2017.
[28] Veiligheid overwegen Hoekse Lijn, Verkeersveiligheidsaspecten dichtligtijden en wachttijden, [redacted], kenmerk MRD016Abf0003.02, eerste versie, 9 augustus 2017.
[29] Beoordelingskader Veiligheid Overwegen Hoekse Lijn, Movares, kenmerk E60-MGR-KA-1400085, versie 3.0, 14 september 2015.
[30] Jaarverslag spoorveiligheid 2015, Inspectie Leefomgeving en Transport, oktober 2016.
[31] 'Overwegcasuïstiek', mail van [redacted] d.d. 26-06-2017.
[32] Casuïstiek van 1996 t/m oktober 2016 van incidenten op overwegen in Nederland met letsel voor inzittenden, ProRail, Excel-bestand "20161116 Aanrijdingen op overwegen met letsel - voor Gemeente Rotterdam.xls" d.d. 16 november 2016.
[33] Ontwerptekeningen toekomstige overwegen Hoekse Lijn, RET, september 2015.
[34] Overwegen Hoekse Lijn, Kwalitatieve aspecten voorkomen aanrijdgevaar, Intergo, rapport nummer 4007, definitief, 16 mei 2018.

2 Onderzoeksvraag

2.1 Vraagstelling

De vraag die we in de analyse beantwoorden is:

In welke mate wordt de veiligheid van de overwegen op de Hoekse Lijn beïnvloed door de voorgenomen metro-exploitatie?

Deze invloed op het risico wordt (per risicodrager) gedefinieerd als de relatieve verandering van het totale risico in 2025 voor alle overwegen en overpaden samen, ten opzichte van de situatie met treinverkeer in het peiljaar 2014 (in het vervolg van het rapport vaak 'huidige situatie' genoemd). Dit totale risico is gedefinieerd als het verwachte aantal doden per jaar op alle overwegen en overpaden samen. Voor het risico van overweggebruikers komt deze maat overeen met de doelstellingen in de Tweede Kadernota [3]. Voor inzittenden van de railvoertuigen is ook het persoonlijk risico een relevante maat, waarvoor normen zijn gesteld in het IVP. Voor deze risicodragers wordt daarom ook de relatieve verandering van het persoonlijk risico bepaald. Dit wordt in paragraaf 5.2 uitgebreider beschreven.

Een van de veranderende invloedsfactoren is de verwachte toename van het wegverkeer op de overwegen van de Hoekse Lijn. Deze toename wordt niet veroorzaakt door het project Hoekse Lijn: zonder de ombouw van de Hoekse Lijn zou er ook een toename zijn van de omvang van het wegverkeer. Om die reden bepalen we in de basisvariant de relatieve verandering van het risico zonder de autonome ontwikkeling van het wegverkeer. Uiteraard nemen we de verandering van de aantallen reizigers op overpaden wel mee in de analyse, omdat die wel door het project Hoekse Lijn wordt veroorzaakt. Om de invloed van deze autonome ontwikkelingen in kaart te brengen zal naast de relatieve risicoverandering zonder deze ontwikkelingen ook de relatieve risicoverandering inclusief deze ontwikkelingen worden berekend.

Zoals gezegd blijven de wijzigingen in verband met de voorgenomen metro-exploitatie die worden meegenomen in de analyse niet beperkt tot de stijging van de voertuigfrequentie. Ook de veranderingen van materieeleigenschappen, baanvaksnelheid, reizigersaantallen en dus ook de omvang van het wegverkeer worden in de analyse meegenomen. Ook wordt rekening gehouden met aanvullende maatregelen, zoals valhekken onder de overpadbomen.

De ombouw van de Hoekse Lijn verloopt in fasen. In de eerste faseringsstap wordt het traject tussen Schiedam Centrum en Hoek van Holland Haven omgebouwd naar een metrolijn en aangesloten op het metronetwerk van Rotterdam. In de tweede faseringsstap (de eindsituatie) zal de metrolijn worden verlengd naar het nieuwe station Hoek van Holland Strand II. We zullen de relatieve verandering van het overwegrisico berekenen voor de situatie na de eerste en na de tweede faseringsstap, beide ten opzichte van de situatie voor de ombouw (peiljaar 2014).

Om een beeld te krijgen van de betekenis van de relatieve verandering van het overwegrisico zullen we waar mogelijk ook een inschatting geven van het absolute risico, gerelateerd aan de risicodoelstellingen van de Hoekse Lijn.

2.2 Scope

De scope van de analyse is als volgt afgebakend:

- De analyse beschouwt de bestaande en nieuwe overwegen en overpaden van de Hoekse Lijn, tussen station Schiedam Centrum en het toekomstig eindpunt Hoek van Holland Strand II. Overwegen en overpaden op andere delen van het spoorwegnet worden dus niet beschouwd.
- Het traject bevat ook een aantal particuliere overwegen, waarvan er enkele zullen worden gesaneerd bij de ombouw naar een metrolijn (zie bijlage III). Deze nemen we niet mee in de kwantitatieve analyse, omdat ze vanwege de zeer lage verkeersintensiteiten niet significant bijdragen aan het totale risico.
- De analyse vergelijkt de situatie met treinverkeer in het peiljaar 2014 met de situatie met metroverkeer in 2025 en met de situatie na de eerste faseringsstap, waarbij metroverkeer plaatsvindt tot aan het station Hoek van Holland Haven. Bij de eerste faseringsstap gaan we ervan uit dat de systemen (infrastructuur, materieel) gelijk zijn aan de systemen in de eindsituatie en dat metroverkeer plaatsvindt tussen Schiedam Centrum en Hoek van Holland Haven, met de frequenties zoals in de eindsituatie. Voor de situatie inclusief autonome ontwikkelingen houden we ook de wegverkeersintensiteiten van de eindsituatie aan.
- In de analyse worden alleen de risicodragers beschouwd die direct bij incidenten op overwegen betrokken kunnen zijn. Dit zijn:
    - treinreizigers;
    - bestuurders en ander treinpersoneel;
    - overweggebruikers (gemotoriseerd en langzaam verkeer);
    - reizigers die overpaden gebruiken.
- Het risico heeft betrekking op het overlijden van risicodragers. Andere risico's, zoals het gewond raken van risicodragers, verminderde beschikbaarheid vanwege incidenten, financiële schade en milieurisico's vallen buiten de scope van de analyse.
- In de analyse worden zowel aspecten uit het spoorsysteem (materieel, dienstregeling, overwegbeveiliging) als de omgeving (lay-out en complexiteit overweg, wegverkeersintensiteit) beschouwd.

2.3 Algemene uitgangspunten

In de analyse zullen we de volgende algemene uitgangspunten hanteren:

- De beveiliging van de verschillende overwegen is van een gelijk niveau (i.e. AHOB of AOB).[2]
  Het aspect overwegbeveiliging zal dus niet in de bepaling van de risicoverhoudingen tussen de verschillende overwegen en overpaden en de risicoverhoudingen tussen de situatie in 2014 en de situatie in 2025 worden meegenomen.
  De afgelopen jaren zijn als aanvullende maatregel de overpadbomen voorzien van valhekken. Deze zorgen ervoor dat de kans op incidenten waarbij reizigers onder de bomen door gaan sterk wordt gereduceerd. Deze maatregel wordt wel in de analyse meegenomen.
  In 2014 waren deze valhekken al aangebracht voor de overpaden van het baanvak Schiedam Centrum - Hoek van Holland Strand. Dit zou betekenen

[2] Het overpad bij station Hoek van Holland-Haven was in de beginsituatie van 2014 beveiligd door een AKI en niet door een AOB. Inmiddels zijn hier overpadbomen aangebracht. Door aan te nemen dat de beveiliging van dit overpad in 2014 al het niveau van een AOB heeft, wordt de risicoreductie ten gevolge van het aanleggen van de AOB niet meegenomen. Deze aanpak is dus conservatief.

dat de huidige en toekomstige overwegen hierin niet verschillen, dus dat dit aspect geen invloed heeft op de relatieve risicoverandering. Echter, het project Hoekse Lijn is al lang voor het aanbrengen van de valhekken gestart. Bovendien hebben de beschouwde casuïstiek en de verkeersgegevens voor de basissituatie betrekking op de periode dat er geen valhekken waren. Daarom is het redelijk om uit te gaan van de situatie waarbij de valhekken nog niet aanwezig waren in de treinsituatie.

- Het risico voor personen in de trein (reizigers en treinpersoneel) wordt veroorzaakt door aanrijdingen met gemotoriseerd verkeer op overwegen. Aanrijdingen met langzaam verkeer op overwegen of reizigers op overpaden leveren dus geen risico op voor de inzittenden van de trein.

Naast deze algemene uitgangspunten zullen in de analyse ook meer specifieke uitgangspunten en aannamen worden gebruikt. Die worden in de betreffende paragrafen weergegeven.

3 Ongevalsscenario's op overwegen en overpaden

3.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt een overzicht gegeven van de verschillende ongevalsscenario's op overwegen en overpaden. Hierbij wordt onderscheid gemaakt in de verschillende gebruikers van overwegen en overpaden. Per categorie overweggebruikers worden de relevante oorzaken van een incident geïnventariseerd. Zelfdoding valt daarbij buiten de scope van de analyse.

Het overzicht is de basis voor de analyse van ongevalscasuïstiek (zie hoofdstuk 4) en de verdere modellering van het overwegrisico (zie hoofdstuk 5). Bij de analyse van ongevalscasuïstiek wordt een uitsplitsing gemaakt naar de oorzaken die in de ongevalsscenario's zijn geïdentificeerd.

3.2 Overzicht scenario's

3.2.1. Overzicht scenario's reizigers op overpaden

De volgende ongevalsscenario's zijn relevant voor reizigers op overpaden:

1. Een reiziger klimt over de bomen heen;
2. Een reiziger duikt onder de bomen door;
   dit wordt voor een groot deel voorkomen door valhekken onder de bomen;
3. Een reiziger valt bij het oversteken van het spoor;
4. Een reiziger blijft vastzitten tussen het spoor (bijvoorbeeld met een rollator, scootmobiel of rolstoel).[3]

Haast van de reiziger (die zijn trein wil halen) is in dit scenario een belangrijke invloedsfactor. Een voordeel van de Hoekse Lijn ten opzichte van het gemiddelde Nederlandse hoofdspoor is, dat op de Hoekse Lijn geen treinen met hoge snelheid de stations passeren. Tweede-treinsituaties (i.e. situaties waarbij een reiziger oversteekt na het passeren van de eerste trein en vervolgens wordt aangereden door een tweede trein)[4] leveren daardoor een lager risico op.

De bestuurder van het railvoertuig heeft tijd nodig om de situatie in te schatten en te reageren. In veel gevallen is de verblijftijd van de reiziger op de overweg klein, in de orde van enkele seconden. Er blijft dan een beperkte tijd over voor de remming. In sommige gevallen is de tijd wat langer door aarzeling of kan de bestuurder anticiperen vanwege voorbereidende bewegingen van de reiziger. De kans dat de reiziger niet wordt geraakt wordt dan wat groter bij betere remeigenschappen. Als de reiziger wel wordt geraakt is de snelheid bij de aanrijding kleiner.

Bij elk van deze scenario's kan onderscheid worden gemaakt in aanrijdingen door de eerste trein (meestal de trein die de reiziger wil halen of de trein die de reiziger net heeft verlaten) en aanrijdingen door een tweede trein.

---

[3] Naast deze scenario's wordt door het aanbrengen van valhekken onder de overpadbomen mogelijk ook een ander risico geïntroduceerd, namelijk van opsluiting van personen tussen de overpadbomen. Die personen kunnen dan niet meer ontsnappen door onder de bomen door te duiken. Dit risico kan worden gemitigeerd door het creëren van voldoende veilige opstelruimte binnen de bomen en door het markeren van het onveilige gebied (het Profiel van Vrije Ruimte). Beide maatregelen zijn of worden getroffen bij de ombouw van de Hoekse Lijn naar een metrolijn, dus dit risico wordt gemitigeerd.

[4] Uiteraard zijn ook situaties relevant waarbij een reiziger oversteekt vóór het passeren van een halterende trein en de reiziger vervolgens wordt aangereden door een andere trein, al vallen ze formeel niet onder de definitie van een tweede-treinsituatie.

3.2.2. Overzicht scenario's voetgangers op overwegen

De volgende ongevalsscenario's zijn relevant voor voetgangers op overwegen:

5. Een voetganger klimt over de bomen heen;
6. Een voetganger duikt onder bomen door;
7. Een voetganger betreedt de overweg via de open zijde van de overweg; dit is situatie-afhankelijk;
8. Een voetganger valt bij het oversteken van het spoor;
9. Een voetganger blijft vastzitten tussen het spoor.

Het verschil met de reizigers op overpaden is dat de voetgangers gemiddeld minder haast hebben en dat normaal gesproken het zicht niet belemmerd is door een stilstaand railvoertuig.

3.2.3. Overzicht scenario's langzaam verkeer op overwegen

De volgende ongevalsscenario's zijn relevant voor langzaam verkeer op overwegen:

10. Een verkeersdeelnemer duikt onder de bomen door;
11. Een verkeersdeelnemer zigzagt langs de bomen; dit is situatie-afhankelijk, i.e. het mag alleen worden verwacht als er geen aparte overgang voor langzaam verkeer is met hele bomen;
12. Een verkeersdeelnemer rijdt door de bomen heen;
13. Een verkeersdeelnemer betreedt de overweg via de open zijde van de overweg; ook dit is situatie-afhankelijk, i.e. het mag alleen worden verwacht als er geen aparte overgang voor langzaam verkeer is met hele bomen;
14. Een verkeersdeelnemer valt bij het oversteken van het spoor.

Vastzitten tussen het spoor is onwaarschijnlijk vanwege de (bijna) haakse kruisingen.

3.2.4. Overzicht scenario's gemotoriseerd verkeer op overwegen

De volgende ongevalsscenario's zijn relevant voor gemotoriseerd verkeer op overwegen:

15. Een wegvoertuig zigzagt langs de bomen; dit is situatie-afhankelijk, i.e. de kans hierop verschilt per overweg;
16. Een wegvoertuig strandt op de overweg; dit kan het gevolg zijn van technisch falen, van een file of van manoeuvreren; de laatste oorzaak is met name relevant op de overweg Slachthuisweg;
17. Een wegvoertuig merkt de gesloten overweg niet op en rijdt door de overwegbomen heen;
18. Een wegvoertuig wordt door een achterligger op de overweg geduwd.

In geval van een gestrand voertuig leidt een verbeterde noodremvertraging tot een significante reductie van het risico. Bij zigzaggen is de verblijftijd van het wegvoertuig op de overweg klein, dus daar is het effect van de remeigenschappen kleiner. Dit geldt ook voor het scenario waarbij het voertuig dwars door de bomen heen rijdt, zeg met 50 km/h. De kans op een aanrijding is in dit laatste geval relatief klein, tenzij de bestuurder van het wegvoertuig remt na het aanrijden van de overwegbomen.

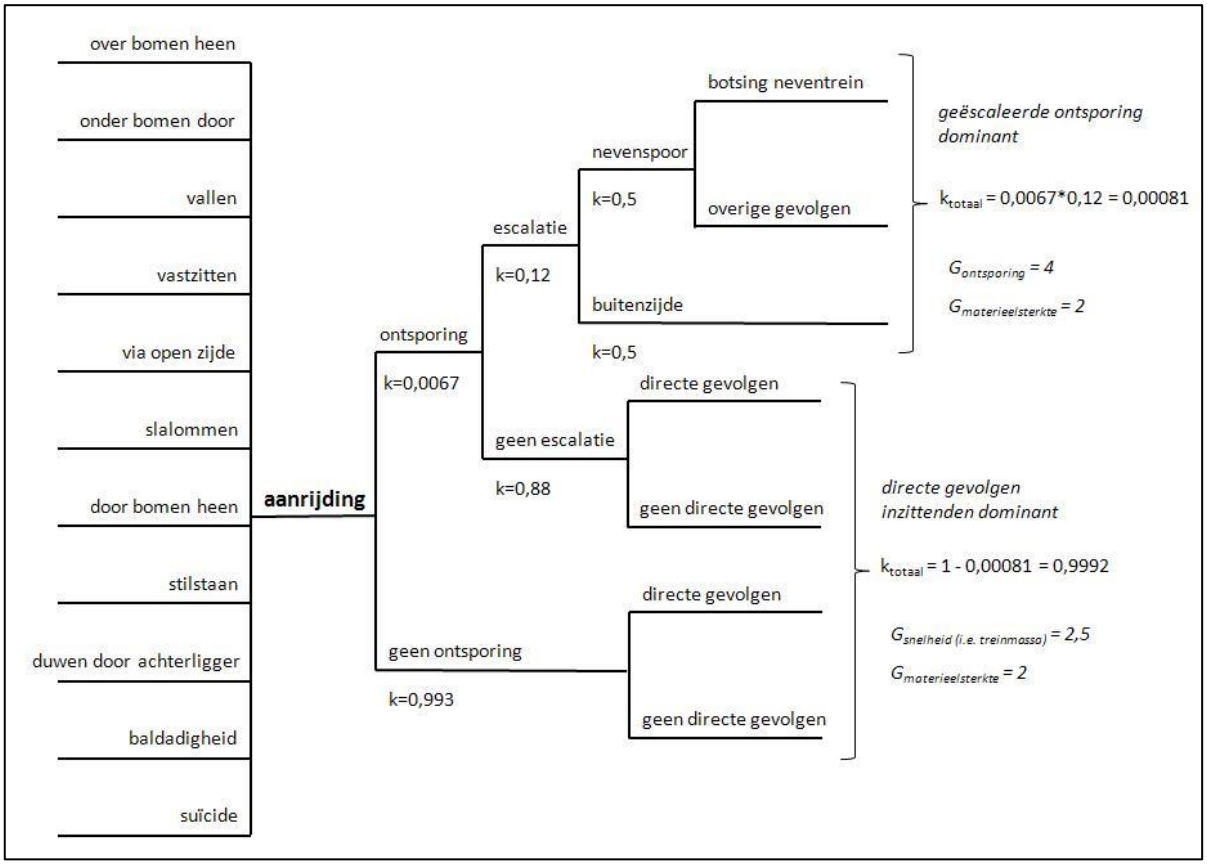
3.2.5. Overzicht gevolgscenario's na aanrijding gemotoriseerd verkeer op overwegen

Met name voor aanrijdingen met gemotoriseerd verkeer is er een risico van ontsporing van het railvoertuig, met verschillende mogelijke gevolgen. De verschillende gevolgscenario's na een aanrijding van gemotoriseerd verkeer zijn:

A. Geen ontsporing;
B. Een niet-geëscaleerde ontsporing (i.e. de ontspoorde wielen blijven de spoorstaven aan de verkeerde zijde volgen);

C. Een ontsporing richting het nevenspoor, gevolgd door een botsing met een railvoertuig op het nevenspoor;
D. Een ontsporing richting het nevenspoor, zonder botsing met een railvoertuig op het nevenspoor, maar wel met andere ernstige gevolgen zoals kantelen, scharen of aanrijding van een object;
E. Een ontsporing richting het nevenspoor, zonder ernstige gevolgen;
F. Een ontsporing richting de buitenzijde van de sporen, met ernstige gevolgen zoals kantelen, scharen of aanrijding object;
G. Een ontsporing richting de buitenzijde sporen, zonder ernstige gevolgen.

De gebeurtenissenboom van bovenstaande gevolgen en de mogelijke oorzaken zijn schematisch weergegeven in onderstaande "vlinderdas".



Figuur 1: "Vlinderdas" met gebeurtenissenboom voor mogelijke gevolgen van aanrijding op overweg.

Omdat de gevolgen van een aanrijding afhangen van de oorzaak van de aanrijding, moeten de kansen die in de rechterhelft van de vlinderdas worden weergegeven worden beschouwd als gemiddelde kansen over alle oorzaken. Deze kansen zijn de volgende:

- de kans op een ontsporing van het railvoertuig gegeven een aanrijding;
  dit is het product van de kans dat de aanrijding betrekking heeft op gemotoriseerd wegverkeer en de kans dat een aanrijding met gemotoriseerd wegverkeer leidt tot een ontsporing;
  voor de kans dat de aanrijding betrekking heeft op gemotoriseerd wegverkeer

houden we een kans aan van 49 / 168 = 0,29 (zie de casuïstiek in Tabel 3);
voor de kans dat een aanrijding met gemotoriseerd wegverkeer leidt tot een ontsporing houden we een kans aan van 0,023 (zie Bijlage IV);
de kans op een ontsporing van het railvoertuig gegeven een aanrijding wordt daarmee 0,0067;

- De kans op escalatie van de ontsporing;
  hiervoor houden we een kans aan van 0,12 (zie Bijlage IV);
- De kans dat het railvoertuig richting nevenspoor uitwijkt, gegeven een geëscaleerde ontsporing;
  we nemen aan dat de kans hierop gelijk is aan 0,5.

De kans op een botsing met een railvoertuig op het nevenspoor wordt beïnvloed door de treinfrequentie. De treinfrequentie heeft dus in theorie ook via de frequentie van treinverkeer op het nevenspoor een invloed op het risico voor inzittenden van het railvoertuig. De verwachting is dat die invloed beperkt is, om de volgende redenen:

- Slechts een klein deel van de aanrijdingen heeft betrekking op gemotoriseerd wegverkeer;
- Slechts een klein deel van de aanrijdingen met gemotoriseerd wegverkeer leidt tot ontsporing van het railvoertuig;
- Slechts een deel van de ontsporingen escaleert;
- Bij slechts een deel van de escalerende ontsporingen (ongeveer de helft) wijkt het railvoertuig uit richting het nevenspoor;
- In veel gevallen is de trein op het nevenspoor ver genoeg weg om een botsing te voorkomen; immers, een groot deel van de dag is de tijd tussen twee railvoertuigen op het nevenspoor minimaal 10 minuten; bovendien is in de toekomstige situatie de noodremvertraging van de metrovoertuigen aanzienlijk beter dan gemiddeld op heavy rail.

4 Analyse van ongevalscasuïstiek

4.1 Inleiding

De volgende stap is het analyseren van de casuïstiek van overwegincidenten. Hiervoor heeft ProRail ongevalsgegevens geleverd. We hebben twee sets gegevens gebruikt:

- Alle geregistreerde overwegincidenten op de Hoekse Lijn, i.e. van 1975 tot begin 2009 (zie [24]);
- De overwegincidenten op heavy rail in Nederland in een periode van 10 jaar (1999-2008) (zie [25]).

We gebruiken deze casuïstiek om een beeld te krijgen van de oorzaken van overwegincidenten en om de procentuele bijdrage van enkele oorzaken aan het totale overwegrisico in te schatten. In deze versie van de analyse zijn dezelfde ongevalsgegevens gebruikt als in de versie van 2010. De reden is dat deze set gegevens al voldoende uitgebreid is om een inschatting te kunnen maken van de bijdragen van de verschillende scenario's. Uitbreiding van de casuïstiek heeft dus te weinig toegevoegde waarde. ProRail heeft intussen wel het Programma Verbetering Veiligheid op Overwegen (PVVO) uitgevoerd, wat heeft gezorgd voor een significante verbetering van de veiligheid op overwegen. We gaan er van uit dat de procentuele bijdragen van de verschillende scenario's aan het totale risico daarbij niet substantieel zijn gewijzigd.

4.2 Incidenten op de Hoekse Lijn

De set incidenten op overwegen van de Hoekse Lijn bleek te klein om te gebruiken voor kwantitatieve schattingen van modelparameters. De belangrijkste gegevens uit deze set zijn samengevat in onderstaande tabel.

Omschrijving	Waarde
periode	maart 1975 - maart 2009
totaal aantal incidenten	345
aantal aanrijdingen bomen / installatie / hekken / bovenleiding e.d.	322
aantal aanrijdingen door trein	23
aantal dode overweggebruikers	7
aantal zwaargewonde overweggebruikers	7
aantal lichtgewonde overweggebruikers	4
aantal dode inzittenden trein	0
aantal zwaargewonde inzittenden trein	0
aantal lichtgewonde inzittenden trein	0

Tabel 1 Samenvatting van casuïstiek van ongevallen op overwegen Hoekse Lijn

4.3 Incidenten op heavy rail in de periode 1999-2008

De set van ongevalsgegevens voor heavy rail vanaf 1999 tot en met 2008 [24] bevat in totaal 5177 incidenten. Binnen deze set zijn er 168 incidenten met doden en/of zwaargewonden, dus op basis hiervan is een betrouwbaarder inschatting van de bijdrage van de verschillende scenario's mogelijk. Bij de verdere analyse is daarom uitgegaan van deze set ongevalsgegevens.

Deze incidenten worden ingedeeld in categorieën die zo veel mogelijk overeenkomen met de ongevalsscenario's uit hoofdstuk 3. Daarnaast wordt onderscheid gemaakt tussen aanrijdingen door de "eerste trein" en aanrijdingen door een tweede trein.

Omschrijving	Waarde
periode	1999 - 2008
totaal aantal incidenten	5177
totaal aantal incidenten met doden en/of zwaargewonden (overweggebruikers en inzittenden trein)	291
totaal aantal incidenten met doden en/of zwaargewonden op overwegen beveiligd met bomen[5] (alleen overweggebruikers, doden onder inzittenden trein komen niet voor)	168
totaal aantal incidenten met doden en/of zwaargewonden op overwegen met andere typen beveiliging (overweggebruikers en inzittenden trein)	123
totaal aantal dode overweggebruikers	228
totaal aantal doden in trein	2
totaal aantal zwaargewonde overweggebruikers	97
totaal aantal zwaargewonden in trein	10
totaal aantal lichtgewonde overweggebruikers	144
totaal aantal lichtgewonden in trein	48

Tabel 2 Samenvatting van casuïstiek van ongevallen op overwegen in Nederland in de periode 1999-2008

Bij de verdere analyse beperken we ons tot de incidenten waarbij doden en/of zwaargewonden vallen. Bovendien selecteren we alleen de incidenten op overwegen die een beveiliging hebben die vergelijkbaar is met een AHOB. In totaal houden we 168 incidenten over. De onderverdeling van de incidenten over de categorieën overweggebruikers (zoals geregistreerd in [24]) is weergegeven in onderstaande tabel.

Omschrijving	Waarde
totaal aantal incidenten in scope (i.e. met doden en/of zwaargewonden op overwegen beveiligd met bomen; zie vorige tabel)	168
aantal incidenten in scope met snelverkeer	49
aantal incidenten in scope met langzaam verkeer	119
aantal incidenten in scope met langzaam verkeer op overwegen	101
aantal incidenten in scope met reizigers op overpaden	18

Tabel 3 Onderverdeling van ongevallen op overwegen in Nederland in periode 1999-2008 in scope van analyse

Van de 168 incidenten in de scope van de analyse zijn de oorzaken in kaart gebracht, zowel voor snelverkeer als voor langzaam verkeer. Voor enkele incidenten is er een combinatie van meerdere oorzaken aan te wijzen. Hierdoor is de som van de aantallen incidenten per oorzaak iets groter dan het corresponderende aantal incidenten in de scope van de analyse.

Aan de resultaten is te zien, dat bij snelverkeer met name de oorzaken "door overweg heen", "slalommen" en "overweggebruiker kwam niet weg" een grote bijdrage leveren

[5] Dit komt overeen met de categorieën AHOB, ADOB, Mini AHOB en Voetpad AOB.

aan het risico. Bij langzaam verkeer zijn de belangrijkste oorzaken "onder bomen door", "slalommen" en "betreden via open zijde".

oorzaak	**incidenten met snelverkeer**		**incidenten met langzaam verkeer**	
	aantal	**%**	**aantal**	**%**
geduwd	1	2,0	0	0,0
onder bomen door	1	2,0	18	15,1
door overweg heen	14	28,6	1	0,8
slalommen[6]	15	30,6	52	43,7
mogelijke zelfdoding	1	2,0	5	4,2
gevallen	0	0,0	0	0,0
overweggebruiker kwam niet weg	11	22,4	9	7,6
betreden via open zijde	0	0,0	32	26,9
baldadigheid / weddenschap	1	2,0	4	3,4
onbekend	6	12,2	2	1,7
totaal	**50**	**102,0**	**123**	**103,4**

Tabel 4 Onderverdeling ongevallen op overwegen heavy rail naar oorzaken

In de modellering zullen we voor de oorzaken "onder bomen door" en "overweggebruiker kwam niet weg" per risicogroep de resultaten uit bovenstaande tabel gebruiken (zie paragraaf 5.5.1 en 5.5.10). Om die reden worden de betreffende resultaten voor langzaam verkeer nog verder uitgesplitst naar langzaam verkeer op overwegen en reizigers op overpaden. Dit is samengevat in onderstaande tabel.

oorzaak	**langzaam verkeer op overwegen**		**reizigers op overpaden**	
	aantal	**%**	**aantal**	**%**
onder bomen door	8	8%	10	56%
overweggebruiker kwam niet weg	6	6%	3	17%

Tabel 5 verdere onderverdeling ongevallen met langzaam verkeer per oorzaak

Tweede-treinsituaties vergroten de kans op een aanrijding op een overweg. In principe kunnen deze situaties optreden in combinatie met elke oorzaak voor de aanwezigheid van een overweggebruiker op een gesloten overweg. De kans dat een overweggebruiker de overweg betreedt is niet groter, maar de kans op een aanrijding neemt wel toe. Uit de casuïstiek blijkt, dat 3 incidenten met snelverkeer in de scope van de analyse te maken hebben met een tweede-treinsituatie. Voor langzaam verkeer zijn dit 34 incidenten. Tweede-treinsituaties komen echter in de huidige situatie ook al veel voor. In die zin is dit aspect geen onderscheidend kenmerk voor de relatieve verandering van het overwegrisico. Om die reden nemen we dit aspect niet expliciet mee.

[6] Slalommen is in dit verband iets breder gedefinieerd, i.e. als moedwillig de gesloten overweg betreden door langs de bomen te gaan. Onder de bomen door gaan, de overweg via de open zijde betreden en baldadigheid worden hier niet bij gerekend.

Specifiek voor de inzittenden van de railvoertuigen is ook geanalyseerd hoe vaak treinen zijn ontspoord als gevolg van een aanrijding op een overweg en wat de gevolgen van een aanrijding waren voor de inzittenden van de trein. Dit levert het volgende op:

- Alle doden en zwaargewonden in de trein zijn gevallen op overwegen met een beveiliging die op de Hoekse Lijn niet voorkomt. Deze incidenten vallen niet binnen de scope van de analyse, maar in het model wordt uiteraard wel meegenomen dat er een risico is dat inzittenden van het railvoertuig overlijden of zwaargewond raken.
- Bij 3 incidenten in de scope van de analyse ontspoort de trein na de aanrijding. Bij deze incidenten vallen dus geen doden of zwaargewonden.
- Er zijn in de periode 1999-2008 in Nederland geen aanrijdingen op overwegen opgetreden waarbij de trein na de ontsporing op een trein op het nevenspoor is gebotst.

5 Aanpak van de modellering

5.1 Algemene modelleringsmethode

De veiligheidssituatie op de Hoekse lijn kan in kaart worden gebracht via een systeem dat ervan uitgaat dat, hoewel een en ander wijzigt, veel van de omstandigheden hetzelfde zullen blijven. Daarnaast verschillen de overwegen op de Hoekse Lijn onderling ook niet veel voor wat betreft elementen die van invloed kunnen zijn op de veiligheid. Bijna alle overwegen kruisen twee sporen, de meeste worden gebruikt voor hetzelfde treinverkeer, het zijn (met uitzondering van het overpad bij Hoek van Holland-Haven in de beginsituatie van 2014) allemaal AHOB's of AOB's en een aantal van deze zaken zullen niet of nauwelijks wijzigen.

We hebben een model ontwikkeld dat de toename van het risico op de overwegen bepaalt. Dit model maakt gebruik van factoren waarmee het risico relatief bekeken wordt door met een risicofactor de risico's op de overwegen met elkaar te relateren. Zo betekent een verdubbeling van de treinverkeerintensiteit een verdubbeling van het risico. Dertien factoren bepalen in dit model het relatieve risico van de overwegen en overpaden nu ten opzichte van de overwegen en overpaden in 2025. Het gaat dus om de relatieve verandering van het risico, voor de verschillende risicogroepen, ten opzichte van het huidige risico. Dit model wordt toegepast op alle risicogroepen zoals genoemd in paragraaf 2.2. In de volgende paragrafen wordt de methode verder uitgewerkt.

Bij het modelleren van de invloed van de verschillende factoren wordt onderscheid gemaakt tussen invloeden op de kans op een aanrijding en invloeden op de gevolgen van een aanrijding. Sommige van deze dertien factoren (bijvoorbeeld de treinfrequentie) hebben alleen invloed op de kans op een aanrijding. Andere factoren (bijvoorbeeld de materieelsterkte) hebben alleen invloed op de gevolgen van een aanrijding. Ook zijn er factoren (bijvoorbeeld de treinsnelheid) die zowel invloed hebben op de kans als op de gevolgen van een aanrijding.

Bij de scheiding tussen kansen en gevolgen wordt de aanrijding zelf als de grens beschouwd. Dat betekent dat het risico van een ontsporing die het gevolg is van de aanrijding in zijn geheel binnen de gevolgen van de aanrijding wordt gemodelleerd. De voorwaardelijke kans op een ontsporing gegeven een aanrijding komt dus ook in de factoren voor de gevolgen van een aanrijding tot uitdrukking.

Voorafgaand aan de modellering van de invloed van de verschillende aspecten van het spoorsysteem hebben we eerst een inventarisatie gemaakt van mogelijke ongevalsscenario's rond overwegen en overpaden (zie hoofdstuk 3). Hierbij maken we onderscheid tussen de verschillende categorieën overweggebruikers. Vervolgens wordt een analyse uitgevoerd van ongevalscasuïstiek van overwegen en overpaden in Nederland (zie hoofdstuk 4). Door middel van deze analyse verkrijgen we inzicht in de bijdrage van de verschillende scenario's op overwegen en overpaden aan het totale overwegrisico. Dit inzicht gebruiken we in de modellering van de invloed van een aantal aspecten.

In de analyse wordt gebruik gemaakt van de volgende symbolen:

Grootheid	symbool	Eenheid	symbool
Tijd	t	seconde	s
Snelheid	v	meter/seconde	m/s
Versnelling/vertraging	a	meter/seconde^2	m/s^2
Massa	m	kilogram of ton	kg of ton
Energie	E	joule	J
Overweg O_n in 2014	O_n	dit is een label	-
Overweg O_n in 2025	OT_n	dit is een label	-
Risico op overweg O_n in 2014	R_n	doden per jaar	-
Risico op overweg O_n in 2025	RT_n	doden per jaar	-
Ratio van totaal risico 2025 en totaal risico 2014	$factor_{risico}$	dimensieloos	-
Risicoratio van overwegen O_n en O_m in 2014, i.e. R_n / R_m (voor alle n en m)	$f(O_m, O_n)$	dimensieloos	-
Risicoratio van overweg OT_n in 2025 en overweg O_m in 2014, i.e. RT_n / R_m (voor alle n en m)	$f(O_m, OT_n)$	dimensieloos	-
Relatieve verschil met betrekking tot aspect "*xyz*" van kanscomponent van risico van twee overwegen in 2014 en/of 2025	p_{xyz}	dimensieloos	-
Relatieve verschil met betrekking tot aspect "*xyz*" van gevolgcomponent van risico van twee overwegen in 2014 en/of 2025	G_{xyz}	dimensieloos	-
Beschikbare reactietijd voor bestuurder railvoertuig in 2014	$t_{r,oud}$	seconde	s
Beschikbare reactietijd voor bestuurder railvoertuig in 2025	$t_{r,nieuw}$	seconde	s
Noodremvertraging in 2014 (huidig materieel)	a_{oud}	meter/seconde^2	m/s^2
Noodremvertraging[7] in 2025 (RSG3-materieel)	a_{nieuw}	meter/seconde^2	m/s^2
Fractie incidenten motorvoertuigen met oorzaak "overweggebruiker kwam niet weg"	$\varphi_{stil,mv}$	dimensieloos	-
Fractie incidenten langzaam verkeer op overwegen met oorzaak "overweggebruiker kwam niet weg"	$\varphi_{stil,lv}$	dimensieloos	-
Fractie incidenten reizigers op overpaden met oorzaak "overweggebruiker kwam niet weg"	$\varphi_{stil,overpad}$	dimensieloos	-
Fractie incidenten reizigers op overpaden met oorzaak "onder bomen door"	$\varphi_{onder,overpad}$	dimensieloos	-
Reductiefactor vanwege valhekken voor kans op "onder bomen door" op overpaden	$\gamma_{hek,onder,overpad}$	dimensieloos	-
Aantal	#	dimensieloos	-

Tabel 6 overzicht van grootheden en symbolen

[7] Ook snelremvertraging genoemd.

5.2 Het bepalen van de risicotoename

De factor voor de totale risicotoename van de nieuwe situatie ten opzichte van de oude situatie wordt bepaald via de vergelijking.

$$factor_{risico} = \frac{Toekomstig_risico}{Huidig_risico}$$

Het totale (huidige of toekomstige) risico is gedefinieerd als het verwachte aantal doden per jaar op alle overwegen en overpaden samen. Dit wordt in de analyse voor alle risicogroepen als primaire maat voor het risico gehanteerd.

Voor inzittenden van de railvoertuigen is echter ook het persoonlijk risico een relevante maat. Voor deze risicodragers wordt daarom ook de relatieve verandering van het persoonlijk risico bepaald. Voor reizigers in de trein is het persoonlijk risico in [2] gedefinieerd als de overlijdenskans voor een reiziger per reizigerskilometer. Voor bestuurders is het persoonlijk risico in [2] gedefinieerd als de overlijdenskans voor een bestuurder per persoon per jaar. We zullen daarom voor reizigers in de trein de berekende relatieve verandering van het totale risico delen door de relatieve verandering van het aantal reizigerskilometers per jaar (zie paragraaf 5.4). Voor bestuurders zullen we de berekende relatieve verandering van het totale risico delen door de relatieve verandering van het aantal FTE bestuurders (zie ook paragraaf 5.4).

Er zijn op de 'huidige' Hoekse lijn (i.e. de beginsituatie van 2014) 17 overwegen en overpaden. Het betreft overwegen van het type AHOB en AOB, met uitzondering van het overpad Hoek van Holland-Haven.

Het model is gebaseerd op de volgende uitgangspunten:

- Alle overwegen op de Hoekse lijn zijn hetzelfde, op een beperkt aantal nader te noemen onderdelen na.
- Alle overwegen op de Hoekse lijn in de toekomst zijn gelijk aan die van nu, op een beperkt aantal nader te noemen aspecten na.
- Het risicoverschil tussen twee overwegen kan worden uitgedrukt met de ratio van hun risico's.

Met deze uitgangspunten is het mogelijk om de totale risicotoename te bepalen aan de hand van enkele bepalende onderdeelfactoren. Een uitwerking van dit model is te vinden in Bijlage I. Zoals reeds eerder gemeld, is in het door ons gebruikte model aangenomen dat de toename bepaald kan worden van het risico per overweg in 2025 ten opzichte van de situatie in 2014. Een factor bepaalt het risico van een overweg ten opzichte van een referentie-overweg. Deze factor $f(O_m, O_n)$ beschrijft de verhouding tussen het risico van overweg "n" en het risico van overweg "m" in de huidige situatie. De factor $f(O_m, O_n)$ bestaat weer uit verschillende risicofactoren. Deze worden beschreven in paragraaf 5.5.

Op dezelfde manier kan een overweg "n" in de toekomstige situatie vergeleken worden met een overweg "m" in de huidige situatie. Hiervoor wordt een soortgelijke factor $f(O_m, OT_n)$ gebruikt. Ook deze factor is opgebouwd uit verschillende risicofactoren voor de verschillende relevante aspecten.

Op deze manier kunnen de huidige en toekomstige risico's van de verschillende overwegen worden gerelateerd aan het risico van de referentie-overweg in de

huidige situatie. Voor de overweg O_m wordt dus in het model steeds de referentie-overweg gekozen. Deze overweg is per risicogroep gedefinieerd in Tabel 10.

5.3 Keuze van factoren die invloed hebben op het risico

Verondersteld wordt dat de factoren $f(O_m, O_n)$ en $f(O_m, OT_n)$ bepaald worden door een aantal onderdeelfactoren. Deze worden berekend aan de hand van verschillen tussen de overwegen nu en in de toekomst. Hierbij moet gedacht worden aan verschil in remvertraging van de trein, gewijzigde verkeersfrequentie, gewijzigde treinfrequentie, et cetera.

De situatie op de overwegen zal op de volgende wijze wijzigen:

Aspect	Beginsituatie (2014)	Toekomstige situatie
Rijdend materieel	Sprinter-materieel: circa 150 ton (zie [17])[8]	SG3-metromaterieel: circa 65 ton (zie [8])
Snelremvertraging	1,1 m/s^2	3,2 m/s^2 (zie [14])
Baanvaksnelheid	130 km/h (zie [7])	100 km/h (zie [8])
Beveiliging overpaden	AOB's[9] zonder valhekken	AOB's met valhekken (zie [23], eis HI.01.05.007)
Treinfrequentie	max. 160 treinen per etmaal (zie [13])	max. 264 treinen per etmaal (zie [13])
Verkeersfrequentie	Afhankelijk van overweg	Algemeen: toename (zie [13])
Aantal overwegen	17 overwegen (zie [13])	18 overwegen (3 nieuwe) (zie Bijlage III)

Tabel 7 belangrijkste wijzigingen Hoekse Lijn door ombouw naar metrolijn

De exacte gegevens zoals die in de analyse worden gebruikt zijn te vinden in paragraaf 5.4.

Daarnaast zijn er aspecten van overwegen die de verhoudingen van de risico's van de verschillende overwegen beïnvloeden, zoals lokale verschillen in verkeersfrequentie, lokale verschillen in treinfrequentie en de lay-out en complexiteit van een overweg.

Voor het bepalen van de aspecten die in de analyse van het relatieve risico worden meegenomen is onder andere gebruik gemaakt van het onderzoek voor Infrabel, waarbij Movares een model heeft opgesteld waarmee het risico voor de verschillende Belgische overwegen en overpaden kan worden vergeleken (zie [9] en [10]). In dit model wordt per overweg of overpad een groot aantal parameters ingeschat. Met behulp van een weging van deze parameters wordt voor de overweg een risicogetal bepaald. Hiermee is het mogelijk om de verschillende overwegen onderling te vergelijken. De lijst van parameters is gehanteerd als startpunt voor de selectie van parameters voor het model voor de Hoekse Lijn. Deze lijst is waar nodig aangevuld met parameters die zijn geïdentificeerd in de afwegingsmethodiek van IVW (Inspectie Verkeer en Waterstaat, de voorloper van de Inspectie Leefomgeving en Transport (ILT); zie [11] en [12]). Daarnaast zijn de andere relevante parameters toegevoegd die

[8] Ter vergelijking: de Sprinter Light Train (SLT) heeft een gewicht van 129 ton (4 bakken) dan wel 176 ton (6 bakken, zie bijvoorbeeld [26]). We houden in de analyse een gemiddeld gewicht aan van 150 ton.

[9] Met uitzondering van het overpad bij station Hoek van Holland Haven, dat in 2014 nog beveiligd was met een AKI.

voor de Hoekse Lijn in de toekomstige situatie gewijzigd zijn ten opzichte van de huidige situatie.

Om meer gedetailleerd de invloed van de wijzigingen van de Hoekse Lijn op de gevolgen van aanrijdingen op overwegen te kunnen bepalen, is aanvullend de modellering van het risico op overwegen van RandstadRail beschouwd (zie [4]). Uit dit model hebben we enkele extra parameters geselecteerd die in het model voor de Hoekse Lijn worden beschouwd.

Op basis van deze bronnen zijn dertien verschillende aspecten geïdentificeerd die bepalend zijn voor het risicoverschil. Andere aspecten worden niet expliciet meegenomen, bijvoorbeeld omdat die aspecten niet zullen wijzigen en omdat verwacht wordt dat de invloed van die aspecten op het totale risico van alle overwegen en overpaden samen klein is.

Deze dertien aspecten zijn:

- De snelheid van de trein;
- De remvertraging (noodrem);
- De massa van de trein;
- De wachttijden bij overwegen;
- Het aantal treinen per dag;
- Het aantal reizigers per trein;
- De sterkte van het treinmaterieel;
- De kans op ontsporing na een aanrijding met wegverkeer;
- De kans op escalatie van de ontsporing;
- De verkeersintensiteit;
- De lay-out van de overweg en de complexiteit van de situatie;
- De aanwezigheid van valhekken onder de overpadbomen;
- Het weghalen en toevoegen van overwegen;
  deze laatste is, in tegenstelling tot de overige aspecten, geen eigenschap van een overweg, maar is uiteraard wel een eigenschap van de Hoekse Lijn die het overwegrisico beïnvloedt; om die reden wordt dit aspect apart besproken.

Voor vijf verschillende typen risicodragers moet de factor voor de risicotoename ΔR worden bepaald.

Deze groepen zijn:

- Reizigers op overpaden;
- Langzaam verkeer (voetgangers, fietsers);
- Snelverkeer (auto's, vrachtauto's, motoren);
- Passagiers in trein / lightrail-voertuig;
  N.B.: de aanname is, dat voor conducteurs en ander rijdend personeel buiten de cabine een gelijke wijziging van het risico optreedt als voor passagiers in de trein;
- Machinist / Bestuurder.

Per onderdeelfactor zal bepaald worden wat de gevolgen zijn voor het risico bij de verschillende groepen.

De volgende aspecten worden niet expliciet meegenomen:

- aantal gekruiste sporen: dit aantal sporen is voor alle overwegen en overpaden van de Hoekse Lijn gelijk aan 2; uitzonderingen zijn de overpaden bij de stations Vlaardingen-Centrum en Maassluis in de situatie voor de ombouw, waar één spoor wordt gekruist, en de overweg Vlaardingen Beethovensingel en de overweg Maassluis Julianalaan (zie [27]), waar naast de twee doorgaande sporen ook een derde spoor wordt gekruist dat in de normale operatie niet wordt gebruikt;
  deze parameter geeft in de meeste gevallen dus alleen een schaling van de deelrisico's; bovendien komt het aantal sporen impliciet terug in de treinfrequentie die gesommeerd wordt over het aantal sporen dat de overweg kruist (meestal 2);
  bij een overweg met 3 sporen is de ontruimingstijd voor de overweggebruikers iets langer; dit heeft alleen effect op het overwegrisico voor langzame overweggebruikers (bijvoorbeeld personen met een rollator) en dan alleen als de passerende trein op het spoor rijdt dat als laatste wordt gekruist door de overweggebruiker; voor de relatieve risico's en risicoverandering speelt dit aspect dus geen significante rol[10];
- maximum snelheid van gemotoriseerd verkeer: aangenomen wordt dat deze ongewijzigd blijft;
- langere wachttijden vanwege passerende goederentreinen: de frequentie van goederentreinen is erg klein ten opzichte van de frequentie van reizigerstreinen;
- type en categorie overwegbeveiliging: deze is voor alle overwegen (met uitzondering van het overpad Hoek van Holland-Haven[11]) min of meer gelijk;
- eigenschappen van de spoorbeveiliging:
  de spoorbeveiliging van het heavy-rail-baanvak tussen Schiedam en Hoek van Holland is NS'54 met ATB-EG (Automatische Treinbeïnvloeding Eerste Generatie) als spoorbeïnvloedingssysteem;
  de metrobeveiliging zal een ATP-systeem zijn (Automatic Train Protection) met remcurvebewaking; de baanapparatuur is compatibel met het bij RET in gebruik zijnde LZB-systeem (zie [8]);
  een relevant verschil tussen beide systemen is, dat de metrobeveiliging ingrijpt als een voertuig zonder autorisatie vertrekt vanaf een station; de beveiliging zorgt er onder andere voor dat het voertuig niet een open overweg achter het station kan berijden; een machinist van een trein kan onder ATB-EG wel zonder autorisatie vertrekken van een station (d.w.z. met een passage van een stoptonend sein oftewel STS-passage); vervolgens kan de machinist een open overweg berijden zonder dat het systeem ingrijpt; dit aspect wordt ook door Intergo benoemd in [34]);
  Uit de ongevallencasuïstiek van ProRail-overwegen (zie paragraaf 4.3) blijkt echter, dat de bijdrage van dit type ongevallen aan het overwegrisico

[10] Bij het wijzigen van het aantal sporen zou ook de invloed kunnen wijzigen van tweede-treinsituaties (zie paragraaf 3.2.1). Echter, doordat het aantal sporen dat in de normale operatie wordt gebruikt niet wijzigt levert dit bij de Hoekse lijn geen risicoverandering op.

[11] Uitgangspunt voor de eindsituatie is dat het overpad Hoek van Holland-Haven wordt verplaatst naar de nieuwe overweg Stationsweg. We beschouwen de overpadvoorziening van de toekomstige Stationsweg als het toekomstige overpad van station Hoek van Holland Haven. Daarnaast zal de naast het station gelegen Harwichweg ook voorzieningen hebben als overpad voor reizigers. De beveiliging van beide overpadvoorzieningen zal overeenkomen met een AOB (zie [33]). In de tijdelijke situatie na de ombouw met metroverkeer tot aan Hoek van Holland Haven zal er geen reizigersoverpad meer zijn.

verwaarloosbaar is; er is in Tabel 4 geen oorzakencategorie die betrekking heeft op een fout van de machinist in combinatie met het niet ingrijpen van de spoorbeveiliging; voor de 6 ongevallen met snelverkeer in de categorie 'onbekend' geldt dat deze niet te maken hebben met een STS-passage of een andere fout van de machinist; over de 2 ongevallen met langzaam verkeer uit de casuïstiek is weinig informatie beschikbaar; er is geen informatie geregistreerd die erop wijst dat er een STS-passage heeft plaatsgevonden, iets wat zeker zou zijn geregistreerd;
we nemen daarom aan dat de invloed van de spoorbeveiliging verwaarloosbaar is;

- het aantal inzittenden van een motorvoertuig: aangenomen wordt dat dit niet significant wijzigt.

5.4 Gebruikte inputgegevens

In de analyse zullen de volgende inputgegevens worden gebruikt:

- Huidig reizigersmaterieel:
  - type: Sprinter-materieel, één treinstel SGM met 2 of 3 bakken;
  - massa (zie [17]):
    2-wagenstel: leeg 108 ton, beladen 118 ton;
    3-wagenstel: leeg 143 ton, beladen 160 ton;
    we gaan daarom uit van 150 ton per stel (zie ook voetnoot 8);
  - maximale dienstsnelheid op de Hoekse Lijn: 125 km/h (zie [17]);
  - aanzetversnelling: van 0 tot 125 km/h in 75 seconden (zie [17]), dus een gemiddelde versnelling van 0.46 m/s^2;
  - dienstremvertraging: 0.6 m/s^2 (karakteristieke waarde voor reizigerstreinen, zie [18]);
  - noodremvertraging: 1.1 m/s^2 (karakteristieke waarde voor reizigerstreinen, zie [18]);
  - maximaal aantal zitplaatsen per voertuig (zie [17]):
    2-wagenstel: maximaal 132 zitplaatsen (inclusief klapzittingen);
    3-wagenstel: maximaal 237 zitplaatsen (inclusief klapzittingen).
- Toekomstig lightrail-materieel (zie [8]):
  - type: SG3 (Bombardier Flexity Swift), één of twee gekoppelde stellen;
  - massa per stel: leeg 64,3 ton, vol beladen 84,6 ton, zie [8];
    bij de bepaling van het risico voor inzittenden van het railvoertuig gaan we uit van 65 ton; aangezien een kleinere massa van het railvoertuig een hoger risico voor de inzittenden oplevert, is dit een conservatieve aanname;
  - maximale dienstsnelheid: 100 km/h;
  - comfort-aanzetversnelling: conservatieve aanname: 1 m/s^2;
  - dienstremvertraging: 0.8 m/s^2;
  - noodremvertraging[12]: gemiddeld 3.2 m/s^2 (zie [14], paragraaf 1.12);
  - maximaal aantal inzittenden per voertuig: 104 zitplaatsen en 166 staanplaatsen per metrostel, dus maximaal 270 reizigers per stel, ofwel 540 in geval van twee gekoppelde stellen, zie [8]);
  - verder is dit materieel voorzien van baanschuivers en afgeschermde draaistellen, om de gevolgen van een aanrijding met personen of voertuigen zo veel mogelijk te beperken, zie [8];

[12] Ook snelremvertraging genoemd. De waarde voor de metro is inclusief de inzet van magneetremmen.

de bijbehorende verlaging van het risico in de toekomstige situatie nemen we overigens niet expliciet mee.

- Huidige en toekomstige overwegen en overpaden: zie Bijlage III.
  De overweg Marathonweg in Vlaardingen wordt vervangen door een onderdoorgang. Ook de langzaam-verkeeroverweg Boslaan in Vlaardingen vervalt.
- Huidige baanvaksnelheid: maximaal 130 km/h, lokaal lager (zie [16]).
  De exploitatiesnelheden op de overwegen van Schiedam Centrum tot aan Hoek van Holland Haven zijn overgenomen van de RET-factsheet, zie [27].
  In de RET-factsheet zijn geen exploitatiesnelheden gegeven voor de trein voor de Stationsweg/Harwichweg (ten westen van de halte Hoek van Holland Haven). Deze exploitatiesnelheid is daarom als volgt bepaald. In het gebied aan de westzijde van het station gaan we voor de situatie in 2014 in van een snelheid van 40 km/h (zie [16], OBE-blad 6).
- Toekomstige baanvaksnelheden: 50 km/h op stations en overpaden (zie [23], eis NS02.02.01), 80 km/h tussen Hoek van Holland Haven – Hoek van Holland Strand II, 100 km/h elders (zie [15]).
  De exploitatiesnelheden op de overwegen van Schiedam Centrum tot aan Hoek van Holland Haven zijn overgenomen van de RET-factsheet, zie [27].
  In de RET-factsheet zijn nog geen exploitatiesnelheden gegeven voor de metro voor de overwegen op het traject Hoek van Holland Haven – Hoek van Holland Strand II. Deze exploitatiesnelheden zijn daarom als volgt bepaald:
  In het gebied rond de stations wordt voor de toekomstige situatie de geschatte feitelijke snelheid berekend op basis van een afname van de snelheid van 80 km/h naar 0 km/h richting het station met een remvertraging van 0.8 m/s^2 en met bovengenoemde aanzetversnelling vanaf het station. Daarbij wordt net als voor de huidige situatie aangenomen dat de snelheid aan het begin van het perron gelijk is aan 50 km/h.
- Huidige en toekomstige railvoertuigfrequenties: zie Bijlage VI, gebaseerd op [13].
- Huidige en toekomstige verkeersgegevens, inclusief aantallen reizigers op overpaden: zie Bijlage VI, overgenomen uit [13].
- Huidig aantal reizigerskilometers per jaar op de Hoekse Lijn: 40 miljoen (4E07) (eigen schatting).
- Aantal reizigerskilometers per jaar op de Hoekse Lijn in 2025: 71 miljoen (7,1E07), zie [2].
- De relatieve verandering van het aantal reizigerskilometers per jaar is dus gelijk aan 1,8.
- Huidig aantal FTE bestuurders (i.e. machinisten) op de Hoekse Lijn: 25 FTE (eigen schatting[13]).
- Aantal FTE bestuurders op de Hoekse Lijn in 2025: 26 FTE, zie [8].
- De relatieve verandering van het aantal FTE bestuurders is dus gelijk aan 1,0.
- Huidig aantal FTE conducteurs op de Hoekse Lijn: 25 FTE (eigen schatting op basis van de aanname dat op dit traject standaard met conducteurs wordt gereden).

[13] Het geschatte aantal FTE bestuurders is bijna even groot als het aantal FTE in 2025, terwijl de voertuigfrequenties en de aantallen voertuigkilometers per jaar meer zullen toenemen. De aantallen FTE's bestuurders worden gebruikt om de toename van het totale overwegrisico voor bestuurders te schalen naar een toename van het persoonlijk risico. Een groter aantal FTE in 2014 leidt tot een grotere waarde voor de relatieve verandering van het persoonlijk risico voor bestuurders. De aanname is dus conservatief.

- Aantal FTE medewerkers reizigerstoezicht op de Hoekse Lijn in 2025: 12 FTE, zie [8].
- Het totaal aantal FTE rijdend personeel op de Hoekse Lijn in 2025 is dus 38.

5.5 Invloed op risico voor de verschillende factoren

Zoals in paragraaf 5.2 en 5.3 is beschreven, worden voor de verschillende aspecten factoren gebruikt die het relatieve verschil in risico tussen overwegen weergeven. Voor sommige van deze aspecten (zeg voor aspect "*xyz*") worden factoren bepaald met betrekking tot de kans op een aanrijding (weergegeven met p_{xyz}). Voor andere aspecten worden factoren bepaald met betrekking tot de gevolgen van een aanrijding (weergegeven met G_{xyz}). Enkele aspecten kennen zowel een factor voor de kans op een aanrijding als een factor voor de gevolgen van een aanrijding. In de onderstaande paragrafen is bij de symbolen voor de factoren voor het gemak steeds de toevoeging "(O_m, O_n)" respectievelijk "(O_m, OT_n)" weggelaten.

De factoren worden zowel gebruikt voor de relatieve verschillen tussen verschillende overwegen in 2014 als voor de relatieve verschillen tussen een overweg in 2014 en een (mogelijk andere) overweg in 2025. Veelal wordt in de tekst het geval besproken waarbij het risico van een overweg in 2025 wordt vergeleken met het risico van dezelfde overweg in 2014. De vergelijking tussen verschillende overwegen in 2014 en de vergelijking tussen een overweg in 2025 en een andere overweg in 2014 worden op een soortgelijke manier uitgevoerd.

5.5.1. Snelheid, remvertraging en massa van de trein

Deze drie items zijn verbonden via de wetten van de klassieke mechanica en worden om die reden samen genomen.

<u>Invloed treinsnelheid op kans</u>
Een lagere snelheid van het treinverkeer leidt tot een kleinere kans dat de trein niet tijdig kan stoppen voor een obstakel op de overweg. Daarnaast leidt een aanrijding van een object op een overweg door een trein met een lagere treinsnelheid tot minder ernstige gevolgen.

We gaan ervan uit dat de snelheid van de trein een lineaire invloed heeft op de kans op een aanrijding. Dit geldt voor alle risicogroepen. Voor de factor voor de invloed van de treinsnelheid op de kans op een aanrijding nemen we dus aan:

$$p_{snelheid} = \frac{v_{nieuw}}{v_{oud}}.$$

Voor elke overweg wordt hierbij de snelheid aangehouden die de trein ter plaatse van de overweg kan halen, gegeven aanzet- en dienstremkarakteristieken van het materieel. Daarbij wordt ter plaatse van stations een vaste maximale snelheid van 50 km/h gehanteerd.

<u>Invloed remvertraging op kans</u>
De (nood)remvertraging van de trein is van invloed op de kans dat een trein door een noodremming een aanrijding kan voorkomen. Ook zal, als een aanrijding niet kan worden voorkomen, het effect van de aanrijding kleiner zijn bij een grotere noodremvertraging.

Een uitgebreide analyse is te vinden in Bijlage *I.2.1*.

Er geldt in ons model voor de remvertraging dat deze gevolgen heeft voor de kans op een aanrijding en de gevolgen van de aanrijding. Voor snelverkeer en inzittenden van het railvoertuig is het verband tussen remvertraging en kans op een aanrijding als volgt gemodelleerd:

$$p_{rem} = p_{rem,snelverkeer} = \left(\varphi_{stil,mv} \cdot \frac{t_{r,oud}}{t_{r,nieuw}}\right) + (1 - \varphi_{stil,mv}).$$

Op dezelfde manier geldt voor langzaam verkeer op overwegen:

$$p_{rem} = p_{rem,langzaam\ verkeer} = \left(\varphi_{stil,lv} \cdot \frac{t_{r,oud}}{t_{r,nieuw}}\right) + (1 - \varphi_{stil,lv})$$

Voor reizigers op overpaden geldt:

$$p_{rem} = p_{rem,overpaden} = \left(\varphi_{stil,overpad} \cdot \frac{t_{r,oud}}{t_{r,nieuw}}\right) + (1 - \varphi_{stil,overpad}).$$

Hierbij zijn $\varphi_{stil,mv}$, $\varphi_{stil,lv}$ en $\varphi_{stil,overpad}$ respectievelijk de fractie incidenten met snelverkeer (gemotoriseerd verkeer), langzaam verkeer op overwegen en reizigers op overpaden met de oorzaak "kwam niet weg". Volgens de analyse van casuïstiek in paragraaf 4.3 zijn deze fracties respectievelijk 22%, 6% en 17%.

De factor $\frac{t_{r,oud}}{t_{r,nieuw}}$ is de verhouding is tussen de beschikbare reactietijden in de oude en de nieuwe situatie. Deze factor is in het algemeen kleiner dan 1, dankzij de extra tijd die in de nieuwe situatie beschikbaar is om te beoordelen of er een noodzaak is om te stoppen voor een stilstaande overweggebruiker. Dit kan een gemotoriseerd voertuig zijn, maar ook een fiets, bromfiets of voetganger op een overweg of een reiziger op een overpad. De factor is gelijk aan de verwachte tijd die in de huidige situatie beschikbaar is voor de bestuurder om te beslissen of geremd moet worden vanwege stilstand van een overweggebruiker op een overweg, gedeeld door de corresponderende verwachte beschikbare tijd in de situatie van 2025. Hierbij wordt een maximale reductiefactor van $\frac{1}{5}$ aangehouden, vanwege het feit dat de mogelijkheden voor een tijdige reactie niet onbeperkt zijn. Er zal altijd een klein deel van de situaties zijn waarbij de bestuurder van het railvoertuig niet op tijd de conclusie trekt dat een noodremming noodzakelijk is. Deze kans is lastig in te schatten. De grenswaarde $\frac{1}{5}$ is een conservatieve schatting (zie ook [34], paragraaf 3.5).
De toegepaste reductiefactor wordt symbolisch weergegeven als $\frac{t_{r,oud}}{t_{r,nieuw}}$.
Dit alles is in Bijlage *I.2.1* uitgewerkt.

<u>Invloed treinmassa op gevolgen</u>
De massa van de trein kan een rol spelen bij de gevolgen van een aanrijding van een zwaar wegvoertuig door een trein. Een trein is in het algemeen zwaarder dan een metrovoertuig (zie ook paragraaf 5.4). Als de gewichten van het railvoertuig en het wegvoertuig meer van dezelfde orde zijn, is de verwachting dat de gevolgen voor de inzittenden van de trein groter zullen worden en voor de inzittenden van het

wegvoertuig kleiner. Dit kan bijvoorbeeld een rol spelen bij een aanrijding van een zwaar wegvoertuig zoals een vrachtwagen of hoogwerker door een metrovoertuig.

De vraag is in hoeverre deze invloed significant is. Dit wordt in Bijlage II uitgewerkt, afhankelijk van het type wegverkeersdeelnemer. De conclusie in Bijlage II is, dat de invloed van het treingewicht op het risico voor de wegverkeersdeelnemers beperkt is, dus die invloed nemen we niet mee. De invloed van het treingewicht op het risico voor de inzittenden van de trein is wel significant. Uit de berekeningen blijkt, dat de factor voor de inzittenden van de trein in verband met de lagere treinmassa circa 2,5 is. Deze zullen we dus aanhouden voor de risicogroepen "reiziger in trein" en "bestuurder". Bij de bespreking van de invloed van de treinsnelheid op de gevolgen van een aanrijding komt deze factor terug.

De factor 2,5 moet als volgt worden geïnterpreteerd. Het risico voor inzittenden van de trein op het ProRail-spoor wordt voornamelijk beïnvloed door extreme scenario's zoals aanrijdingen met zware wegvoertuigen (bijvoorbeeld een vrachtwagen of een hoogwerker). Het zeer kleine verwachte aantal slachtoffers onder inzittenden van de trein per jaar per overweg op hoofdspoor zal door de massaverandering van trein naar metro met grofweg een factor 2,5 toenemen. Dat betekent dat de gevolgen van met name de extreme scenario's ernstiger worden. Het wil niet zeggen dat de gevolgen van aanrijdingen met lichtere voertuigen of met langzaam verkeer voor de metro anders zullen zijn dan voor de trein. Deze categorie aanrijdingen draagt naar verwachting beperkt bij aan het risico voor inzittenden van het railvoertuig.

<u>Invloed treinsnelheid op gevolgen</u>
In Bijlage *I.2.1* wordt afgeleid, dat de snelheid van de trein kwadratisch doorwerkt in de gevolgen. Dit geldt in ieder geval voor alle risicodragers die door een trein aangereden kunnen worden. De factor $G_{snelheid}$ is voor weggebruikers dus als volgt gedefinieerd:

$$G_{snelheid} = G_{snelheid,wegverkeer} = \frac{{v_{nieuw}}^2}{{v_{oud}}^2}.$$

Voor langzaam verkeer op overwegen en reizigers op overpaden wordt daarbij aangenomen dat de gevolgen niet verder zullen toenemen vanaf een zekere grenswaarde voor de snelheid van de trein. Voor deze grenswaarde wordt 60 km/h aangehouden. Tot aan deze grenswaarde is de toename kwadratisch zoals hierboven beschreven.

Voor personen in de trein is naast het kwadratisch verband tussen treinsnelheid en gevolgen nog een aanvullend effect te zien. Hier zorgt de massa voor een extra factor 2,5 aan toename voor de gevolgen (zie Bijlage II).

$$G_{snelheid} = G_{snelheid,trein} = 2{,}5 \cdot \frac{{v_{nieuw}}^2}{{v_{oud}}^2}.$$

Deze factor 2,5 in verband met de gewijzigde massa is met name van belang in situaties waarbij de slachtoffers vallen bij de aanrijding zelf. Voor gevallen waarin de slachtoffers vallen bij een ontsporing van het voertuig als gevolg van de aanrijding spelen andere factoren een rol. In paragraaf 5.5.6 en 5.5.7 wordt uitgelegd hoe deze

twee situaties worden gecombineerd. Omdat het product van factoren met betrekking tot een ontsporing groter is dan het product van factoren met betrekking tot de directe gevolgen van de aanrijding, wordt conservatief voor alle aanrijdingen (i.e. ook de aanrijdingen zonder ontsporing) het product van factoren voor de ontsporing aangehouden. De factor 2,5 in bovenstaande formule wordt dus niet expliciet gebruikt.

De snelheid van de trein speelt in het model een grote rol, enerzijds door het lineaire verband met de kans op een aanrijding en anderzijds door het kwadratische verband met de gevolgen van een aanrijding. Het is dus van belang om de snelheid van de trein goed in te schatten. Hierbij spelen niet alleen de baanvaksnelheden een rol, maar ook de reële aanzetversnellingen en dienstremvertragingen.

<u>Invloed remvertraging op gevolgen</u>
De (nood)remvertraging van de trein is ook van invloed op de gevolgen van een aanrijding, in ieder geval bij situaties waarbij de bestuurder van het railvoertuig vroegtijdig de afwijkende situatie kan herkennen en een noodremming kan inzetten. Ook als deze noodremming een aanrijding niet voorkomt zal de snelheid op het moment van de aanrijding lager zijn, waardoor zeker voor aanrijdingen met gemotoriseerd verkeer de gevolgen minder ernstig zijn. De reductie van de gevolgen hangt af van de duur van de remming.

In Bijlage *I.2.1* wordt met een uniforme kansverdeling voor het startmoment van de noodremming een inschatting gemaakt van de gemiddelde reductie van de gevolgen van de aanrijding voor de trein en voor de metro. De gemiddelde verandering van de gevolgen wordt weergegeven als een factor die kleiner is dan 1 ($factor_{rem}$). Deze factor is van toepassing op de risicodragers snelverkeer op overwegen en inzittenden van het railvoertuig (bestuurders en reizigers).

Vervolgens berekenen we de invloed van het verschil in noodremvertraging van trein en metro op de gevolgen van een aanrijding. Dit doen we door de verhouding te bepalen van de hierboven berekende reductiefactoren vanwege de noodremming voor de metro en de trein. Deze factor passen we alleen toe op de scenario's waarbij gemotoriseerd verkeer stilstaat of anderszins niet op tijd wegkomt van de overweg:

$$G_{rem} = \left(\varphi_{stil,mv} \cdot \frac{factor_{rem,metro}}{factor_{rem,trein}}\right) + (1 - \varphi_{stil,mv}).$$

Hierbij is $\varphi_{stil,mv}$ (net als hierboven bij de invloed van de noodremvertraging op de frequentie van aanrijdingen) de fractie incidenten met gemotoriseerd verkeer met de oorzaak "kwam niet weg". Volgens de analyse van casuïstiek in paragraaf 4.3 is deze fractie gelijk aan 22%.

5.5.2. Wachttijden bij overwegen

Naarmate langer bij een overweg gewacht moet worden, zullen ongeduldige overweggebruikers beginnen met het passeren van gesloten overwegen. De wachttijd waarbij onveilig gedrag ontstaat verschilt per persoon. Gemiddeld zullen voetgangers en fietsers eerder geneigd zijn om de gesloten overwegbomen te passeren dan automobilisten. In [6] wordt aangenomen dat voor langzaam verkeer geldt dat bij wachttijden langer dan 40 seconden na sluiting van de bomen (dus langer dan circa 55 seconden na de passage van de aankondiging door de trein) de eerste mensen het er op zullen wagen. Voor snelverkeer wordt hiervoor 3 minuten aangehouden. Het

overwegrisico wordt in het algemeen bepaald door extreme situaties zoals langere dichtligtijden dan gebruikelijk of extreem risicovol gedrag van overweggebruikers. Daarom moeten we er rekening mee houden dat ook overwegen die gemiddeld minder lang dichtliggen dan bovenstaande grenswaarden risico opleveren.

In de praktijk blijken de sluitingstijden in de ProRail-situatie relatief ongunstig te zijn (zie [22]). Dit wordt veroorzaakt doordat alle treinen ingelegd worden als doorgaande treinen. Dit fenomeen speelt met name bij overwegen vlak na haltes. De bediening van de infrastructuur door ProRail Verkeersleiding maakt het voor de meeste haltes mogelijk om per trein aan te geven of de trein stopt op de halte voor de overweg of niet (het zogenaamde stop-door-criterium). Als voor het stop-criterium wordt gekozen, wordt de overweg na de halte pas enige tijd na het passeren van de aankondiging geactiveerd. In deze tijdvertraging is de extra tijd meegenomen vanwege het remmen en halteren. Het sein na de halte blijft rood tonen totdat de overweg is gesloten. In de praktijk wordt dus geen rekening gehouden met het feit dat alle reizigerstreinen stoppen op alle haltes.

Voor het risico op een overweg is niet alleen de gemiddelde waarde van de sluitingstijd van belang maar vooral ook de (on)regelmatigheid in de wachttijden. Als weggebruikers weten dat een treinpassage altijd lang duurt raken ze daaraan gewend en accepteren ze de wachttijd. Risico’s nemen echt toe als de trein de ene keer snel op de overweg arriveert en een andere keer na een veel langere wachttijd. Dit gebeurt bij overwegen vlakbij haltes met stoppende en doorgaande treinen. Als op de Hoekse Lijn alle metro’s altijd stoppen op de stations, dan leidt dat tot grote regelmatigheid in de wachttijd en dus tot een lager risico.

De aanname is, dat maatregelen worden genomen voor de nieuwe situatie om de wachttijden te beperken, zoals een aankondiging die is gebaseerd op het uitgangspunt dat elke reizigerstrein op elk station halteert, waarbij de snelheid op de kop van het station in ieder geval niet hoger is dan 50 km/h. In de huidige situatie is de aankondiging uitgelegd op de baanvaksnelheid van 130 km/h, terwijl het merendeel van de treinen op elk station halteert. Inmiddels is uit nader onderzoek gebleken dat de dichtligtijden van de overwegen naar verwachting sterk bekort zullen worden door o.a. de homogene dienstuitvoering van de metro [28]. In de kolom “% veiligheidswinst” van Tabel 8 staan de percentages incidenten waarbij ongeduld een rol speelt, dus die met kortere dichtligtijden gereduceerd kunnen worden. Deze percentages zijn rechtstreeks overgenomen uit [28].

overweg	**% veiligheidswinst**
Oosthavenkade	40%
Westhavenkade	30%
Wagnerstraat / Van Beethovensingel	40%
Prinses Julianalaan	30%
Burg. De Jonghkade / Deltaweg	40%
Maasweg	40%
Schenkeldijk	0%
Slachthuisweg	10%

Tabel 8: veiligheidswinst i.v.m. dichtligtijden

Deze percentages geven de maximale veiligheidswinst weer die behaald kan worden door het verkorten van de dichtligtijden. In [28] wordt aangenomen dat dit ook de werkelijke veiligheidswinst zal zijn. Daarbij wordt dus impliciet aangenomen dat de veel kortere dichtligtijd op de metrolijn ervoor zorgt dat deze scenario's niet meer voorkomen. In de praktijk zal er altijd een kans overblijven dat een overweggebruiker besluit om niet te wachten. We nemen daarom aan dat door de kortere dichtligtijden een reductie van 75% gehaald kan worden m.b.t. dit type incidenten.

Aangezien in de toekomstige situatie hekken onder de bomen toegepast worden op de reizigersoverpaden, wordt de factor "wachttijd" niet toegepast op de reizigersoverpaden. Verder is de aanname dat de bovenbeschreven veiligheidswinst geldt voor zowel langzaam verkeer als snelverkeer op bovenstaande overwegen en hiermee ook voor de inzittenden van railvoertuigen.

Op basis van bovenstaande gegevens is de factor $p_{wachttijd}$ als volgt gedefinieerd:

$$p_{wachttijd} = 1 - 0{,}75 * \%veiligheidswinst$$

5.5.3. De intensiteit van het treinverkeer

Van de intensiteit van het treinverkeer wordt aangenomen dat deze slechts invloed heeft op de kans op een botsing. Deze kans wordt beïnvloed volgens:

$$p_{\,aantal\ treinen} = \frac{treinfrequentie_{\,nieuw}}{treinfrequentie_{\,oud}}.$$

Hierbij wordt de invloed verwaarloosd van de treinfrequentie op het nevenspoor, die van belang is in geval van een aanrijding met een wegvoertuig gevolgd door een escalerende ontsporing richting nevenspoor. In Bijlage *I.2.3* wordt uitgelegd waarom dit acceptabel is.

5.5.4. Aantal reizigers per trein

Het aantal reizigers per trein is van invloed op het aantal te verwachten slachtoffers bij een ongeval. Deze factor is alleen van belang voor de risicogroep "Passagiers in de trein". Een mogelijke uitwerking van deze invloed zou een lineair verband zijn. Echter, het aantal dodelijke slachtoffers per jaar in de railvoertuigen zal gering zijn. Verder treden de grootste gevolgen voor de reizigers op aan de voorzijde van het railvoertuig. In werkelijkheid zal het verband tussen aantal inzittenden en aantal dodelijke slachtoffers dus veel minder sterk zijn. Om die reden nemen we vooralsnog aan dat het aantal reizigers per trein niet wijzigt, dus dat bovenstaande factor gelijk is aan 1:

$$G_{\,aantal\ reizigers} = 1.$$

Opgemerkt moet worden, dat het model de relatieve verandering van het verwachte totale aantal doden onder reizigers berekent. Als het totaal aantal reizigers per jaar toeneemt (door toename van het aantal treinen per jaar en/of toename van het aantal reizigers per trein) zal dit wellicht effect hebben op het totale aantal doden onder reizigers. Het persoonlijk risico voor reizigers verandert hierdoor echter niet.

5.5.5. De sterkte van het treinmaterieel

Deze factor verdisconteert het verschil in materieelsterkte tussen de light- en heavy-rail voertuigen. Heavy-railvoertuigen hebben een grotere statische baksterkte. Ook de locatie en grootte van de kreukelzone is hierbij van invloed.

In geval van een aanrijding met een wegvoertuig lopen de inzittenden van een railvoertuig op twee manieren risico. Enerzijds kunnen er slachtoffers vallen door de krachten en vervormingen die het directe gevolg zijn van de aanrijding. Daarnaast kan de aanrijding een ontsporing tot gevolg hebben, waarbij ook slachtoffers kunnen vallen.

In de risicoanalyse voor overwegen van RandstadRail wordt aangenomen dat bij een ontsporing de lichtere constructie van het light-railmaterieel in vergelijking met heavy-railmaterieel leidt tot twee keer zo grote gevolgen in termen van overlijden van inzittenden van het railvoertuig (zie [4]). Deze factor zullen we ook hier toepassen voor het scenario "ontsporing na aanrijding". Verder nemen we aan dat voor de directe gevolgen van een aanrijding de factor vanwege de gewijzigde materieelsterkte van dezelfde orde is als de bijbehorende materieelsterkte-factor in geval van een ontsporing, dus deze factor is voor de directe gevolgen ook gelijk aan 2. In de volgende paragrafen en in Bijlage I zal worden uitgelegd hoe de verschillende factoren voor de gevolgen voor inzittenden van het railvoertuig worden gecombineerd.

Voor reizigers en personeel in de trein wordt de factor vanwege de gewijzigde materieelsterkte dus:

$$G_{materieelsterkte} = 2.$$

Voor de overige risicodragers nemen we conservatief aan dat de materieelsterkte geen invloed heeft op het risico.

5.5.6. Ontsporing na aanrijding wegverkeer

Zoals in paragraaf 5.1 is aangegeven, valt in het model de gehele ontsporing binnen de gevolgen van een aanrijding. De grens tussen kansen en gevolgen van een aanrijding ligt immers bij de aanrijding zelf. De kans op ontsporing na een aanrijding wordt berekend op de wijze die ook in de analyse voor Randstadrail is gehanteerd (zie [4]). Dit leidt tot een factor voor de gevolgen van een aanrijding in geval van een ontsporing. In [4] wordt aangenomen dat deze factor gelijk is aan 4. Deze factor heeft betrekking op de risicogroepen "passagiers in de trein" en "bestuurders". Zie voor een nadere uitwerking Bijlage I.

Voor reizigers en personeel in de trein wordt de factor vanwege de gewijzigde kans op ontsporing dus:

$$G_{ontsporing} = 4.$$

Deze factor wordt in het model gecombineerd met andere factoren voor de invloed van andere aspecten op het risico voor inzittenden van de trein, aangezien slechts een deel van het risico voor inzittenden van de trein wordt veroorzaakt door ontsporingen na een aanrijding (zie paragraaf 5.5.7).

5.5.7. Escalatie van ontsporing

De kans op escalatie van een ontsporing wordt berekend op de wijze die ook in de analyse voor Randstadrail gehanteerd is (zie [4]). Dit levert voor de kans op escalatie zelf geen extra risicofactor op. De gevolgen voor de inzittenden na escalatie kunnen voor lightrail wel ernstiger zijn (zie paragraaf 5.5.5).

Echter, een geëscaleerde ontsporing levert maar een deel van het totale risico voor de inzittenden van het railvoertuig, aangezien ook direct bij de aanrijding slachtoffers

kunnen vallen. De factoren voor de gevolgen voor de inzittenden vanwege de aanrijding zelf en de gevolgen vanwege de eventuele ontsporing moeten dus worden gecombineerd tot een overkoepelende factor voor de verandering van de gevolgen. Hierbij wordt meegenomen dat een geëscaleerde ontsporing maar in een zeer beperkt deel van de aanrijdingen het gevolg zal zijn.

Dit leidt ertoe dat uiteindelijk voor de inzittenden van het railvoertuig een factor 5 wordt aangehouden voor de combinatie van materieelaspecten. Deze factor is in feite een gewogen gemiddelde van de factor 4 voor de grotere kans op ontsporing (zie paragraaf 5.5.6) en de factor 2,5 vanwege het massaverschil (zie paragraaf 5.5.1), gecombineerd met de factor 2 voor de grotere gevolgen na een geëscaleerde ontsporing (zie paragraaf 5.5.5). Bij de weging is gebruik gemaakt van de kans op een geëscaleerde ontsporing, zoals weergegeven in Figuur 1. De bijdrage van het scenario "geëscaleerde ontsporing" aan de relatieve verandering van het risico voor inzittenden van het railvoertuig blijkt niet significant te zijn. Zie voor een nadere uitleg ook Bijlage *I.2.7*.

5.5.8. De intensiteit van het wegverkeer

De kans op een aanrijding wordt beïnvloed door de intensiteit van het wegverkeer volgens een lineair verband. In dit geval wordt echter gebruik gemaakt van een effectieve verkeersfrequentie (zie [4] en [5]):

$$p_{\,intensiteit\ wegverkeer} = \frac{effectieve\ verkeersfrequentie_{\,nieuw}}{effectieve\ verkeersfrequentie_{\,oud}}.$$

Voor langzaam verkeer is de effectieve verkeersfrequentie gelijk aan de werkelijke frequentie. Voor snelverkeer is het verband tussen werkelijke en effectieve verkeersfrequentie weergegeven in Figuur 3 in Bijlage I.

5.5.9. Lay-out van de overweg en complexiteit van de situatie

De complexiteit van een overweg heeft betrekking op zaken als het aantal rijbanen per richting > 1, de aanwezigheid van een bocht in de weg, de aanwezigheid van een helling in de weg en andere relevante aspecten. In Bijlage *I.2.9* staat beschreven hoe één en ander kan worden bepaald. Vooralsnog houden we voor elke overweg dezelfde factor (i.e. een factor 1) aan voor de relatieve complexiteit van de situatie:

$$p_{complexiteit} = 1.$$

Met name voor de overweg Slachthuisweg is de complexiteit van de overweg een belangrijke invloedsfactor. Bij deze overweg zorgt de combinatie van een lastige verkeerssituatie met bochten aan beide zijden en een relatief grote bijdrage van (zwaar en lang) vrachtverkeer voor extra risico. Een mogelijke toekomstige uitbreiding van het model zou zijn om voor deze overweg een complexiteitsfactor groter dan 1 aan te nemen. Deze factor geldt dan voor de huidige en de toekomstige situatie. De factor is dan alleen van invloed op de weging van de risico's van de verschillende overwegen onderling.

5.5.10. De aanwezigheid van valhekken onder de overpadbomen

Bij de overpaden van de Hoekse Lijn zijn de overpadbomen voorzien van valhekken, die bij het sluiten van de bomen de doorgang onder de bomen afsluiten. De kans op een aanrijding wordt beïnvloed door de aanwezigheid van deze valhekken, volgens de volgende formule:

$$p_{hekken} = \left(\varphi_{onder,overpad} \cdot \gamma_{hek,onder,overpad}\right) + (1 - \varphi_{onder,overpad}).$$

Hierbij is $\varphi_{onder,overpad}$ de fractie incidenten op overpaden met oorzaak "onder bomen door". We houden hiervoor de waarde aan die is berekend op basis van de casuïstiek (zie Tabel 5):

$$\varphi_{onder,overpad} = 0{,}56.$$

Verder is $\gamma_{hek,onder,overpad}$ de reductiefactor als gevolg van toepassing van valhekken met betrekking tot de kans op een incident op een overpad met als oorzaak "onder bomen door". Hiervoor nemen we conservatief aan:

$$\gamma_{hek,onder,overpad} = 0{,}2.$$

Bovenstaande formules zijn alleen van toepassing op reizigers op overpaden.

5.5.11. Het weghalen en toevoegen van overwegen

Het totale risicomodel houdt rekening met het toevoegen en verwijderen van overwegen. Voorwaarde is wel dat de nieuwe overwegen voldoende overeenkomen met de overwegen die reeds aanwezig zijn op de Hoekse Lijn. Eventuele verschillen kunnen dan relatief worden beschreven met de onderdeelfactoren.

5.6 Samenvatting van modellering van invloeden

Bovengenoemde invloeden zijn in Tabel 9 samengevat.

Invloed op frequentie van aanrijdingen						
	Risicogroep					
Aspect	reizigers op overpaden	langzaam verkeer	snelverkeer	reizigers in trein	bestuurders	symbool
snelheid	lineair	lineair	lineair	lineair	lineair	$p_{snelheid}$
remvertraging[14]	$\varphi_{stil} \cdot \frac{t_{r,oud}}{t_{r,nieuw}} + (1 - \varphi_{stil})$	$\varphi_{stil} \cdot \frac{t_{r,oud}}{t_{r,nieuw}} + (1 - \varphi_{stil})$	$\varphi_{stil} \cdot \frac{t_{r,oud}}{t_{r,nieuw}} + (1 - \varphi_{stil})$	$\varphi_{stil} \cdot \frac{t_{r,oud}}{t_{r,nieuw}} + (1 - \varphi_{stil})$	$\varphi_{stil} \cdot \frac{t_{r,oud}}{t_{r,nieuw}} + (1 - \varphi_{stil})$	p_{rem}
treinmassa	-	-	-	-	-	-
wachttijd	-	$1 - 0{,}75 * \%winst$	$1 - 0{,}75 * \%winst$	$1 - 0{,}75 * \%winst$	$1 - 0{,}75 * \%winst$	$p_{wachttijd}$
treinfrequentie	lineair	lineair	lineair	lineair	lineair	$p_{aantal\ treinen}$
aantal reizigers per trein	-	-	-	-	-	-
materieelsterkte	-	-	-	-	-	-
kans op ontsporing	-	-	-	-	-	-
kans op escalatie ontsporing	-	-	-	-	-	-
verkeersintensiteit	lineair m.b.t.	lineair m.b.t.	lineair m.b.t.	lineair m.b.t.	lineair m.b.t.	$p_{intensiteit\ wegverkeer}$

[14] N.B.: De factor φ_{stil} hangt af van het type risicodrager.

(uitgesplitst, incl. aantal reizigers op overpaden)	frequentie reizigers op overpaden	frequentie langzaam verkeer	effectieve verkeersintensiteit snelverkeer	effectieve verkeersintensiteit snelverkeer	effectieve verkeersintensiteit snelverkeer	
lay-out en complexiteit	factor 1	factor 1	factor 1	factor 1	factor 1	$p_{complexiteit}$
valhekken onder overpadbomen	$\varphi_{onder} \cdot \gamma_{hek} + 1 - \varphi_{onder}$	-	-	-	-	p_{hekken}
toevoegen / weghalen overwegen	relatieve bijdragen	relatieve bijdragen	relatieve bijdragen	relatieve bijdragen	relatieve bijdragen	-
Invloed op gevolgen van aanrijdingen (aantal slachtoffers per aanrijding)						
	Risicogroep					
Aspect	reizigers op overpaden	langzaam verkeer	snelverkeer	reizigers in trein	bestuurders	symbool
snelheid	$\frac{v_{nieuw}{}^2}{v_{oud}{}^2}$	$\frac{v_{nieuw}{}^2}{v_{oud}{}^2}$	$\frac{v_{nieuw}{}^2}{v_{oud}{}^2}$	$2{,}5 \cdot \frac{v_{nieuw}{}^2}{v_{oud}{}^2}$	$2{,}5 \cdot \frac{v_{nieuw}{}^2}{v_{oud}{}^2}$	$G_{snelheid}$ (N.B.: factor 2,5 gecombineerd met factor 4 vanwege ontsporingskans, zie paragraaf 5.5.7)
remvertraging (zie ook voetnoot 14)	-	-	$\varphi_{stil} \cdot \frac{f_{r,metro}}{f_{r,trein}} + (1 - \varphi_{stil})$	$\varphi_{stil} \cdot \frac{f_{r,metro}}{f_{r,trein}} + (1 - \varphi_{stil})$	$\varphi_{stil} \cdot \frac{f_{r,metro}}{f_{r,trein}} + (1 - \varphi_{stil})$	G_{rem}
treinmassa	-	-	-	- (factor meegenomen bij invloed snelheid)	- (factor meegenomen bij invloed snelheid)	-
wachttijd	-	-	-	-	-	-
treinfrequentie	-	-	-	-	-	-
aantal reizigers per trein	-	-	-	factor 1	-	$G_{aantal\ reizigers}$
materieelsterkte	-	-	-	factor 2	factor 2	$G_{materieelsterkte}$
kans op ontsporing	-	-	-	factor 4	factor 4	$G_{ontsporing}$ (N.B.: bijdrage factor 4 valt weg in combinatie met factor 2,5 vanwege treinmassa, zie paragraaf 5.5.7)
kans op escalatie ontsporing	-	-	-	-	-	-
verkeersintensiteit	-	-	-	-	-	-

lay-out en complexiteit	-	-	-	-	-	-
valhekken onder overpadbomen	-	-	-	-	-	-
toevoegen / weghalen overwegen	-	-	-	-	-	-

Tabel 9 Samenvatting modellering invloeden parameters op risico voor verschillende risicogroepen

Per risicogroep kan berekend worden welk risico in 2025 verwacht mag worden. De relatieve toename van het risico kan worden bepaald met behulp van de vergelijking (Bijlage *I.1*):

$$factor_{risico} = \frac{f(O_{ref}, OT_1) + \ldots + f(O_{ref}, OT_{21})}{f(O_{ref}, O_1) + f(O_{ref}, O_2) + f(O_{ref}, O_3) + \ldots + f(O_{ref}, O_{17})}$$

Per risicogroep worden de factoren (f) als volgt bepaald.

Voor reizigers op overpaden is overweg O_4 als referentie-overweg gebruikt. $$f(O_4, O_n) = p_{rem}(O_4, O_n) \cdot p_{snelheid}(O_4, O_n) \cdot p_{aantal\ treinen}(O_4, O_n) \cdot p_{hekken}(O_4, O_n) \cdot G_{snelheid}(O_4, O_n) \cdot p_{intensiteit\ \ wegverkeer}(O_4, O_n) \cdot p_{complexiteit}(O_4, O_n)$$
Voor langzaam verkeer is overweg O_2 als referentie-overweg gebruikt. $$f(O_2, O_n) = p_{rem}(O_2, O_n) \cdot p_{snelheid}(O_2, O_n) \cdot p_{aantal\ treinen}(O_2, O_n) \cdot p_{wachttijd}(O_2, O_n) \cdot G_{snelheid}(O_2, O_n) \cdot p_{intensiteit\ \ wegverkeer}(O_2, O_n) \cdot p_{complexiteit}(O_2, O_n)$$
Voor snelverkeer is overweg O_2 als referentie-overweg gebruikt. $$f(O_2, O_n) = p_{rem}(O_2, O_n) \cdot p_{snelheid}(O_2, O_n) \cdot p_{aantal\ treinen}(O_2, O_n) \cdot p_{wachttijd}(O_2, O_n) \cdot G_{snelheid}(O_2, O_n) \cdot G_{rem}(O_2, O_n) \cdot p_{intensiteit\ \ wegverkeer}(O_2, O_n) \cdot p_{complexiteit}(O_2, O_n)$$
Voor reizigers in de trein is overweg O_2 als referentie-overweg gebruikt. $$f(O_2, O_n) = p_{rem}(O_2, O_n) \cdot p_{snelheid}(O_2, O_n) \cdot p_{aantal\ treinen}(O_2, O_n) \cdot p_{wachttijd}(O_2, O_n) \cdot G_{aantal\ reizigers}(O_2, O_n) \cdot G_{snelheid}(O_2, O_n) \cdot G_{rem}(O_2, O_n) \cdot p_{intensiteit\ \ wegverkeer}(O_2, O_n) \cdot p_{complexiteit}(O_2, O_n) \cdot G_{materieelsterkte}(O_2, O_n) \cdot G_{ontsporing}(O_2, O_n)$$

Voor bestuurders is overweg O_2 als referentie-overweg gebruikt.

$$f(O_2, O_n) = p_{rem}(O_2, O_n) \cdot p_{snelheid}(O_2, O_n) \cdot p_{aantal\ treinen}(O_2, O_n) \cdot p_{wachttijd}(O_2, O_n) \cdot G_{snelheid}(O_2, O_n) \cdot G_{rem}(O_2, O_n) \cdot p_{intensiteit\ \ wegverkeer}(O_2, O_n) \cdot p_{complexiteit}(O_2, O_n) \cdot G_{materieelsterkte}(O_2, O_n) \cdot G_{ontsporing}(O_2, O_n)$$

Tabel 10 Definitie van referentie-overweg per risicogroep en samenstelling van totale risicofactor per risicogroep

Er geldt dat per risicogroep equivalente vergelijkingen voor $f(O_{ref}, OT_n)$ worden gebruikt.

Niet alle overwegen zijn relevant voor alle risicogroepen. Zo zal een overpad of een fietspad geen serieus risico vormen voor treinpassagiers. Uit Tabel 11 kan worden afgelezen welke overwegen en overpaden voor elke risicogroep zijn meegerekend.

		reizigers op overpaden	langzaam verkeer	snel-verkeer	reizigers in trein	bestuur-ders
O_1	Boslaan, Vlaardingen		X			
O_2	Oosthavenkade, Vlaardingen		X	X	X	X
O_3	Westhavenkade, Vlaardingen		X	X	X	X
O_4	station Vlaardingen-Centrum	X				
O_5	Wagnerstraat, Vlaardingen		X	X	X	X
O_6	Marathonweg, Vlaardingen		X	X	X	X
O_7	station Vlaardingen-West	X	X			
O_8	recreatiepad, Maassluis		X			
O_9	Julianalaan, Maassluis		X	X	X	X
O_{10}	station Maassluis	X				
O_{11}	Deltaweg, Maassluis		X	X	X	X
O_{12}	Maasweg, Maassluis		X	X	X	X
O_{13}	station Maassluis-West	X	X			
O_{14}	Schenkeldijk, Hoek van Holland		X	X	X	X
O_{15}	Slachthuisweg, H. van Holland		X	X	X	X
O_{16}	station Hoek van Holland-Haven	X	X			
O_{17}	Stationsweg, Hoek van Holland		X	X	X	X
OT_1	Boslaan, Vlaardingen					
OT_2	Oosthavenkade, Vlaardingen		X	X	X	X
OT_3	Westhavenkade, Vlaardingen		X	X	X	X
OT_4	station Vlaardingen-Centrum	X				
OT_5	Wagnerstraat, Vlaardingen		X	X	X	X
OT_6	Marathonweg, Vlaardingen					
OT_7	station Vlaardingen-West	X	X			
OT_8	recreatiepad, Maassluis		X			
OT_9	Julianalaan, Maassluis		X	X	X	X
OT_{10}	station Maassluis	X				
OT_{11}	Deltaweg, Maassluis		X	X	X	X

OT_{12}	Maasweg, Maassluis		X	X	X	X
OT_{13}	station Maassluis-West	X	X			
OT_{14}	Schenkeldijk, Hoek van Holland		X	X	X	X
OT_{15}	Slachthuisweg, H van Holland		X	X	X	X
OT_{16}	station Hoek van Holland-Haven	X	X			
OT_{17}	Stationsweg, Hoek van Holland		X	X	X	X
OT_{18}	station Steendijkpolder, Maassluis	X				
OT_{19}	Strandweg, Hoek van Holland		X	X	X	X
OT_{20}	Paviljoensweg, Hoek v. Holland					
OT_{21}	Strandboulevard, Hoek v. Holland		X	X	X	X

Tabel 11 Type en relevante risicodragers per overweg

De verschillende typen overwegen en overpaden zijn in bovenstaande tabel als volgt met kleuren weergegeven:

Fietspad
Overpad (in sommige gevallen ook gebruikt door langzaam verkeer)
Overweg
Vervalt

6 Resultaten

In dit hoofdstuk worden de resultaten van het risicomodel weergegeven. We zullen de relatieve verandering van het risico per risicogroep weergeven, met daarbij een overzicht van de bijdragen van de verschillende overwegen en overpaden en uitleg over de belangrijkste invloeden die de relatieve verandering van het risico veroorzaken.

Het totale (huidige of toekomstige) risico is voor alle beschouwde risicogroepen primair gedefinieerd als het verwachte aantal doden in de risicogroep per jaar op alle overwegen en overpaden samen. De factor voor de totale risicotoename van de nieuwe situatie ten opzichte van de oude situatie wordt vervolgens bepaald via de vergelijking

$$factor_{risico} = \frac{Toekomstig_risico}{Huidig_risico}$$

Dit is in paragraaf 5.2 en verder uitgewerkt. Een factor 2,5 betekent dus een 2,5 keer zo groot risico in de toekomstige situatie als in de huidige situatie. Een factor 0,6 houdt in dat het risico in de toekomstige situatie 40% lager is dan in de huidige situatie.

Voor inzittenden van de railvoertuigen (reizigers en bestuurders) wordt daarnaast ook de verandering van het persoonlijk risico bepaald (zie paragraaf 5.2). Voor reizigers is het persoonlijk risico gedefinieerd als de overlijdenskans per reizigerskilometer. Voor bestuurders is het persoonlijk risico gedefinieerd als de overlijdenskans per persoon per jaar. Door de toename van de vervoersomvang (dus zowel het aantal reizigerskilometers als het aantal FTE bestuurders) zal de relatieve verandering van het persoonlijk risico voor deze risicogroepen kleiner zijn dan de relatieve verandering van het verwachte aantal dodelijke slachtoffers per jaar in deze risicogroepen.

We zullen bovendien zowel de relatieve risico's zonder wijziging van de wegverkeersfrequenties als de relatieve risico's inclusief gewijzigde wegverkeersfrequenties (dus met autonome invloeden) berekenen. Dit wordt beschreven in de volgende paragrafen.

6.1 Risicoverandering exclusief autonome effecten

6.1.1. Totaalresultaten

De totaalresultaten van relatieve risicoverandering per risicogroep (exclusief autonome effecten) zijn in Tabel 12 weergegeven.

In Bijlage V worden de modelresultaten per risicogroep en per overweg of overpad in detail weergegeven.

In de volgende paragrafen worden de resultaten per risicogroep verder besproken.

	Totaal risico 2025, relatief t.o.v. 2014		Persoonlijk risico 2025, relatief t.o.v. 2014	
Risicogroep	**tot Hoek van Holland Haven (zonder verlenging)**	**eindsituatie 2025**	**tot Hoek van Holland Haven (zonder verlenging)**	**eindsituatie 2025**
Reizigers op overpaden	1,3	1,4	-	-
Langzaam verkeer op overwegen	0,9	0,9	-	-
Snelverkeer op overwegen	0,5	0,7	-	-
Reizigers in trein/metro	2,8	3,3	1,6	1,8
Bestuurders	2,8	3,3	2,6	3,1

Tabel 12 Totaalresultaten van relatieve risico's per risicogroep in 2025 ten opzichte van 2014

6.1.2. Reizigers op overpaden

In Tabel 12 is te zien dat het risico voor reizigers op overpaden met ten hoogste een factor 1,4 toeneemt. Het verschil tussen de situatie zonder en met verlenging is relatief klein. De grootste bijdrage aan het risico wordt zowel in 2014 als in 2025 geleverd door het overpad Vlaardingen-Centrum, met name vanwege het grote aantal reizigers dat van het overpad gebruik maakt. In de toekomstige situatie levert ook het overpad van station Maassluis-West een belangrijke bijdrage, met name door het relatief grote aantal overweggebruikers. Dit overpad zorgt ook voor de grootste bijdragen aan de stijging van het risico.

6.1.3. Langzaam verkeer op overwegen

In Tabel 12 is te zien dat het risico voor langzaam verkeer op overwegen iets afneemt, zowel voor de situatie zonder als de situatie met de verlenging. De grootste bijdrage aan het risico wordt in 2014 geleverd door de Marathonweg in Vlaardingen, met name door de grote hoeveelheid langzaam verkeer die van de overweg gebruik maakt en de relatief hoge treinsnelheid op die locatie. Ook de Boslaan, Oosthavenkade, Westhavenkade, Wagnerstraat / Van Beethovensingel, Burg. De Jonghkade / Deltaweg en Maasweg leveren grote bijdragen aan het totale risico in de huidige situatie, met name door de hoge verkeersfrequenties. In 2025 zijn de Oosthavenkade, Westhavenkade, Wagnerstraat / Van Beethovensingel, Burg. De Jonghkade / Deltaweg en Maasweg dominant, ook vanwege de grote hoeveelheden langzaam verkeer.

6.1.4. Snelverkeer op overwegen

In Tabel 12 is te zien dat het risico voor snelverkeer op overwegen substantieel daalt. Zonder de verlenging is er een nog sterkere daling. De daling is onder andere het gevolg van het verdwijnen van de overweg Marathonweg. De grootste bijdrage aan het risico wordt in 2014 geleverd door de Marathonweg in Vlaardingen, de Maasweg in Maassluis en de Slachthuisweg in Hoek van Holland, met name vanwege de relatief hoge snelheid en de korte tijd die beschikbaar is voor het waarnemen van stilstaande voertuigen op de overweg. In 2025 komen de grootste bijdragen van de Oosthavenkade in Vlaardingen, de Maasweg in Maassluis en de Slachthuisweg in Hoek van Holland. Voor een aantal overwegen daalt het risico. De grootste winst wordt daarbij behaald door de betere remkarakteristieken van het materieel, de bijbehorende verbeterde mogelijkheden voor het railvoertuig om tijdig te stoppen voor stilstaande voertuigen en de aanzienlijk kortere dichtligtijden op een aantal overwegen.

6.1.5. Reizigers in trein / light-railvoertuig

In Tabel 12 is te zien dat het totale risico voor reizigers in het railvoertuig toeneemt met een factor 2,8 voor de situatie zonder verlenging en met een factor 3,3 voor de eindsituatie inclusief verlenging. Ook hier wordt de grootste bijdrage aan het risico in 2014 geleverd door de Marathonweg in Vlaardingen, de Maasweg in Maassluis en de Slachthuisweg in Hoek van Holland, ook weer vanwege de relatief hoge snelheid en de korte tijd die beschikbaar is voor het waarnemen van stilstaande voertuigen op de overweg. In 2025 komen de grootste bijdragen van de Oosthavenkade, de Westhavenkade en de Wagnerstraat in Vlaardingen, de Prinses Julianalaan, de Burg. De Jonghkade / Deltaweg en de Maasweg in Maassluis en de Slachthuisweg en de nieuwe overweg Strandboulevard in Hoek van Holland. Voor elke overweg neemt daarbij het risico toe. De belangrijkste oorzaken hiervoor zijn de kleinere botssterkte en de grotere kans op ontsporing van het light-railvoertuig en de toename van de treinfrequenties. De grotere kans op een tijdige remming (vanwege de verbeterde remkarakteristieken en bijbehorende toename van de beoordelingstijd van de situatie) kan dit onvoldoende compenseren.

Het verschil in relatief risico zonder en met verlenging is voor reizigers in het railvoertuig relatief groot. Dit komt met name door de bijdrage van de nieuwe overweg Strandboulevard, waarvoor de geschatte snelheid van het railvoertuig relatief hoog is.

In Tabel 12 is ook te zien dat het persoonlijk risico voor reizigers in het railvoertuig met een factor 1,6 tot 1,8 toeneemt. Zoals mag worden verwacht is de toename van het persoonlijk risico kleiner dan de toename van het totale risico voor alle reizigers samen.

Om de betekenis van deze relatieve toename te bepalen zullen we een inschatting maken van het absolute risico voor reizigers in het railvoertuig als gevolg van ongevallen op overwegen. Dit absolute risico vergelijken we met de veiligheidsdoelstelling voor de Hoekse Lijn. De resultaten zijn te vinden in paragraaf 6.3.

6.1.6. Bestuurders

In Tabel 12 is te zien dat ook het totale risico voor bestuurders toeneemt met een factor 2,8 tot 3,3. Hierbij spelen dezelfde modelaspecten een rol als bij het risico voor reizigers in het railvoertuig. Ook hier wordt de grootste bijdrage aan het risico in 2014 geleverd door de Marathonweg in Vlaardingen, de Maasweg in Maassluis en de Slachthuisweg in Hoek van Holland. In 2025 komen ook hier de grootste bijdragen van de Oosthavenkade, de Westhavenkade en de Wagnerstraat in Vlaardingen, de Prinses Julianalaan, de Burg. De Jonghkade / Deltaweg en de Maasweg in Maassluis en de Slachthuisweg en de nieuwe overweg Strandboulevard in Hoek van Holland. Voor elke overweg neemt daarbij het risico toe. De belangrijkste oorzaken hiervoor zijn weer de kleinere botssterkte en de grotere kans op ontsporing van het light-railvoertuig en de toename van de treinfrequenties. De grotere kans op een tijdige remming kan dit ook hier onvoldoende compenseren.

In Tabel 12 is ook te zien dat het persoonlijk risico voor bestuurders met een factor 2,6 tot 3,1 toeneemt. Voor bestuurders is de toename van het persoonlijk risico maar iets kleiner dan de toename van het totale risico voor alle bestuurders samen.

Om de betekenis van deze relatieve toename te bepalen zullen we een inschatting maken van het absolute risico voor rijdend personeel als gevolg van ongevallen op

overwegen. Dit absolute risico vergelijken we met de veiligheidsdoelstelling voor de Hoekse Lijn. De resultaten zijn te vinden in paragraaf 6.3.

De gedetailleerde resultaten per risicogroep en per overweg of overpad worden in Bijlage V gegeven.

6.2 Risicoverandering inclusief autonome effecten

In deze paragraaf worden opnieuw de resultaten van het risicomodel weergegeven, echter nu inclusief de invloed van de verandering van wegverkeersintensiteit. De verandering van aantallen reizigers op overpaden nemen we in alle gevallen mee in deze analyse, aangezien dit een aspect is dat wel samenhangt met de ontwikkeling van de Hoekse Lijn. Verder hebben we vanwege het ontbreken van gegevens over de fictieve huidige verkeersintensiteit op de toekomstige overwegen ten westen van station Hoek van Holland Strand I aangenomen, dat de fictieve huidige verkeersintensiteiten op die overwegen gelijk zijn aan de prognoses voor 2025.

	Totaal risico 2025, relatief t.o.v. 2014		**Persoonlijk risico 2025, relatief t.o.v. 2014**	
Risicogroep	**tot Hoek van Holland Haven (zonder verlenging)**	**eindsituatie 2025**	**tot Hoek van Holland Haven (zonder verlenging)**	**eindsituatie 2025**
Reizigers op overpaden	1,3	1,4	-	-
Langzaam verkeer op overwegen	1,1	1,1	-	-
Snelverkeer op overwegen	0,4	0,6	-	-
Reizigers in trein/metro	2,2	2,8	1,3	1,6
Bestuurders	2,2	2,8	2,2	2,7

Tabel 13 Totaalresultaten van relatieve risico's per risicogroep in 2025 ten opzichte van 2014, inclusief autonome verkeersontwikkelingen

Tabel 13 laat zien dat ook met de autonome ontwikkelingen de risico's voor reizigers op overpaden met ten hoogste een factor 1,4 toenemen, de risico's voor langzaam verkeer enigszins toenemen, de risico's voor snelverkeer op overwegen substantieel afnemen en de risico's voor personen in het railvoertuig relatief gezien met een factor 2 à 3 toenemen.

De verschillen met de resultaten exclusief autonome effecten zijn relatief klein. De afname van het risico voor snelverkeer op overwegen en inzittenden van het railvoertuig ten opzichte van de situatie zonder autonome effecten wordt voornamelijk veroorzaakt door de modellering van de effectieve verkeersfrequentie (zie paragraaf 5.5.8 en Figuur 3 in Bijlage I), waarbij een stijging van de intensiteit van snelverkeer niet per definitie leidt tot een stijging van het risico. Ook speelt mee dat de daling van de intensiteit van snelverkeer op de Burg. De Jonghkade / Deltaweg en de Maasweg in Maassluis nu wel is meegenomen in de analyse. De invloeden van de modelaspecten zijn verder vergelijkbaar met de invloeden zoals die zijn beschreven in paragraaf 6.1.

6.3 Inschatting van absolute risico's voor risicodragers

Bovenstaande resultaten geven een beeld van de relatieve verandering van de risico's voor de verschillende risicodragers. Voor de inzittenden van het railvoertuig is relatief een risicotoename te zien. De vraag is wat dit betekent voor de absolute risico's. Deze absolute risico's kunnen we vergelijken met de veiligheidsdoelen uit het IVP [2], dat is vastgesteld op 7 maart 2014 in de Stuurgroep Hoekse Lijn. We maken als volgt een inschatting voor de absolute risico's.

Voor de risico's voor overweggebruikers nemen we aan, dat per jaar op overwegen op hoofdspoor in Nederland gemiddeld 10 tot 15 doden vallen (zie [30]). Volgens [30] vinden de meeste dodelijke ongevallen plaats op overwegen die zijn beveiligd met een AHOB. In Nederland zijn er op dit moment ruim 1400 overwegen met (mini-)AHOB (zie [31]). Dit aantal neemt geleidelijk verder af. We gaan daarom conservatief uit van een constant aantal van 1400 overwegen met (mini-)AHOB in de jaren tot en met 2014 om voor de Hoekse Lijn in 2014 het risico te bepalen. In 2014 had de Hoekse Lijn 17 overwegen met bomen. Als we het totale overwegrisico in Nederland schalen naar het aantal overwegen kunnen we een inschatting maken van het verwachte aantal slachtoffers per jaar op de overwegen van de Hoekse Lijn in 2014. Dit risico is maximaal 15 doden per jaar * (17 / 1400) oftewel 0,18 doden per jaar op de Hoekse Lijn.

Door de wijzigingen van een treinsysteem naar een metrosysteem (exclusief het trajectdeel van Hoek van Holland Haven naar Hoek van Holland Strand II) verandert het risico voor overweggebruikers met een factor die ten hoogste gelijk is aan 1,3 (zie paragraaf 6.1.1). Dit betekent dat op de Hoekse Lijn na de ombouw gemiddeld 0,24 doden per jaar zullen vallen. Inclusief de verlenging is de relatieve factor maximaal 1,4, wat neerkomt op gemiddeld 0,26 doden per jaar in 2025. Omdat we het maximum van de relatieve factoren voor de verschillende risicodragers gebruiken is deze schatting vrij conservatief.

Voor inzittenden van het railvoertuig maken we gebruik van casuïstiek van ongevallen op overwegen met bomen met letsel voor inzittenden van de trein (zie [32]). In de periode van 1996 tot oktober 2016 (een periode van circa 20 jaar) is bij ongevallen op overwegen met bomen 1 dodelijk slachtoffer in de trein gevallen, bij de aanrijding met een hoogwerker in Dalfsen in februari 2016 waarbij de machinist om het leven is gekomen. Daarnaast is in die periode 1 zwaargewonde gevallen, bij een aanrijding op een overweg in Ermelo in november 1998. Dit betekent 0,05 doden per jaar in de trein op alle overwegen met (mini-)AHOB in Nederland. Als we dit naar rato van het aantal overwegen met bomen schalen naar de Hoekse Lijn (via de factor 17 / 1400), dan levert dit voor de Hoekse Lijn als treinsysteem een verwacht aantal doden per jaar in de trein op van 0,0006.

Door de wijzigingen van een treinsysteem naar een metrolijn (exclusief het trajectdeel van Hoek van Holland Haven naar Hoek van Holland Strand II) verandert het risico voor inzittenden met een factor 2,8 (zie paragraaf 6.1.1). Dit betekent dat op de Hoekse Lijn na de ombouw gemiddeld 0,0017 doden per jaar zullen vallen onder inzittenden. Inclusief de verlenging is de relatieve factor maximaal 3,3, wat neerkomt op gemiddeld 0,0020 doden per jaar onder inzittenden in 2025. Het verwachte aantal reizigerskilometers per jaar op de toekomstige Hoekse Lijn is 7,1E07 (zie [8], paragraaf 2.4). Voor de eerste fasering met vervoer tot Hoek van Holland Haven is dit 7,0E07 reizigerskilometers per jaar. Als we heel conservatief aannemen dat de 1

dode in 20 jaar in Nederland onder inzittenden van de trein een reiziger is geweest, dan is het persoonlijk risico voor reizigers als gevolg van ongevallen op overwegen ten hoogste 2,4E-11 doden per reizigerskilometer (voor de eerste fasering tot aan Hoek van Holland Haven) respectievelijk 2,8E-11 doden per reizigerskilometer (voor de eindsituatie inclusief de verlenging naar Hoek van Holland Strand II). De doelstelling in het Integraal Veiligheidsplan voor de Hoekse Lijn is maximaal 1,4E-10 doden per reizigerskilometer (zie [2]). Het risico voor reizigers in de metro vanwege ongevallen op overwegen bedraagt dus maximaal 17% respectievelijk 20% van de veiligheidsdoelstelling. Dit risico is in lijn met de veiligheidsdoelstelling uit het IVP. In deze analyse bepalen we niet de risico's voor andere ongevalstypen. In het IVP is de totale risicodoelstelling niet onderverdeeld in deelbudgetten voor de verschillende ongevalstypen, dus we kunnen het hierboven berekende risico niet toetsen aan een deelbudget.

Op dezelfde manier kunnen we berekenen wat het maximale persoonlijke risico is voor rijdend personeel als gevolg van ongevallen op overwegen. Uitgaande van 0,05 doden per jaar onder rijdend personeel op alle overwegen in Nederland is de verwachting dat op de toekomstige Hoekse Lijn gemiddeld 0,0017 doden per jaar zullen vallen onder rijdend personeel (voor de eerste fasering tot aan Hoek van Holland Haven) en gemiddeld 0,0020 doden per jaar onder rijdend personeel voor de eindsituatie in 2025 inclusief de verlenging. Het verwachte aantal FTE rijdend personeel is 38 (zie [8], paragraaf 2.5). Dit levert een overlijdenskans op voor rijdend personeel van 4,4E-05 per persoon per jaar (voor de eerste fasering tot aan Hoek van Holland Haven) respectievelijk 5,2E-05 per persoon per jaar (voor de eindsituatie inclusief verlenging). De veiligheidsdoelstelling voor rijdend personeel is een maximale overlijdenskans van 1,0E-04 per persoon per jaar (zie [2]). De ongevallen op overwegen verbruiken dus naar verwachting 44% respectievelijk 52% van de veiligheidsdoelstelling. Het ongevalstype aanrijdingen op overwegen verbruikt dus grofweg de helft van het totale risicobudget. Hierbij moet worden aangetekend dat het resultaat van de berekening sterk wordt beïnvloed door het dodelijke ongeval in Dalfsen dat aan het eind van de registratieperiode heeft plaatsgevonden.

De conclusie is, dat de relatieve toename van de risico's voor inzittenden van het railvoertuig waarschijnlijk niet leidt tot een overschrijding van de veiligheidsdoelstellingen van het project Hoekse Lijn voor reizigers in het metrovoertuig en voor rijdend personeel. Daarbij moet worden aangetekend dat we in deze analyse de bijdragen van de overige ongevalstypen aan het totale risico niet hebben bepaald.

7 Conclusies

De vraag die we in de analyse beantwoorden is:

In welke mate wordt de veiligheid van de overwegen op de Hoekse Lijn beïnvloed door de voorgenomen metro-exploitatie?

De conclusies van de analyse zijn de volgende:

1. Het risico voor reizigers op overpaden (in termen van totale aantallen dodelijke slachtoffers per jaar) is in 2025 circa 1,4 keer zo groot als in 2014. De overpaden Vlaardingen-Centrum en Maassluis-West leveren de grootste bijdrage aan het risico.
2. Het risico voor langzaam verkeer op overwegen is in 2025 daalt iets ten opzichte van 2014. De invloed van de verlenging van de metrodienst naar Hoek van Holland Strand II is daarbij klein.
3. Het risico voor snelverkeer op overwegen zal ten opzichte van de huidige situatie substantieel dalen. Zonder de verlenging is er een nog sterkere daling. Het verschil tussen beide toekomstige situaties wordt onder andere veroorzaakt door de nieuwe overweg Strandboulevard.
4. Het totale risico voor inzittenden van het railvoertuig (i.e. reizigers en rijdend personeel) zal naar verwachting toenemen met een factor 2,8 voor de situatie zonder verlenging en met een factor 3,3 voor de eindsituatie inclusief verlenging.
   Het persoonlijk risico voor rijdend personeel (i.e. de overlijdenskans per persoon per jaar) neemt toe met een factor 2,6 tot 3,1. Het persoonlijk risico voor reizigers (i.e. de overlijdenskans per reizigerskilometer) neemt minder sterk toe, namelijk met een factor 1,6 à 1,8.
5. De relatieve toename van de risico's voor inzittenden van het railvoertuig (i.e. reizigers en rijdend personeel) leidt waarschijnlijk niet tot een overschrijding van de veiligheidsdoelstellingen van het project Hoekse Lijn voor reizigers in het metrovoertuig en voor rijdend personeel zoals vastgelegd in het Integraal Veiligheidsplan Hoekse Lijn. Daarbij moet worden aangetekend dat we in deze analyse de bijdragen van de overige ongevalstypen het totale risico niet hebben bepaald.
6. De belangrijkste factoren die het risico verhogen zijn:
   - de toename van de treinfrequentie;
   - de vaak hogere treinsnelheden op overwegen, vanwege de goede aanzet- en remkarakteristieken;
   - de toename van de hoeveelheid langzaam verkeer op overwegen;
   - de toename van het aantal reizigers op overpaden;
   - de lagere botssterkte van het materieel en de grotere kans op ontsporing na een aanrijding, voor inzittenden van het light-railvoertuig.
7. Verlaging van het risico wordt voor een belangrijk deel veroorzaakt door betere remkarakteristieken van het light-railvoertuig. Hierdoor is er meer tijd beschikbaar voor beoordeling van situaties met een stilstaand voertuig op een overweg. De invloed hiervan is het duidelijkst te zien in het risico voor snelverkeer op overwegen. Ook de aanzienlijk kortere dichtligtijden van een aantal overwegen in de metrosituatie en het aanbrengen van valhekken onder

de reizigersoverpaden zorgen voor een daling van het risico.

8. De relatieve veranderingen van de risico's voor de verschillende risicogroepen zijn met autonome ontwikkelingen niet substantieel anders dan de risicoveranderingen exclusief autonome ontwikkelingen.

Colofon

Opdrachtgever Gemeente Rotterdam
[redacted]

Uitgave Movares Nederland B.V.

Divisie Rail
Afdeling Consultancy: RAMS en Risicobeheer

Daalse Kwint, 3e etage 'London'
Postbus 2855
3500 GW Utrecht

Telefoon 06 - 2021 1661

Ondertekenaar [redacted]

Projectnummer RA003662

Opgesteld door [redacted]

© 2015, Movares Nederland B.V.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand of openbaar gemaakt in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen, of enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Movares Nederland B.V.

Bijlage I Uitwerking risicomodel

I.1. Het bepalen van de risicotoename

De factor voor de totale risicotoename van de nieuwe situatie ten opzichte van de oude situatie wordt bepaald via de vergelijking.

$$factor_{risico} = \frac{Toekomstig\ Risico}{Huidig\ Risico}$$

Er zijn op de huidige plus toekomstige Hoekse Lijn 21 verschillende overwegen en overpaden (zie Bijlage III). Het betreft overwegen van het type AHOB en AOB.

In dit model wordt verondersteld dat:

- Alle overwegen op de Hoekse lijn zijn hetzelfde op slechts enkele aspecten na.
- Alle overwegen op de Hoekse lijn in de toekomst zijn gelijk aan die van nu op enkele aspecten na.
- Het risicoverschil tussen twee overwegen kan worden uitgedrukt met de ratio van hun risico's.

De aspecten die het verschil tussen de overwegen en dus het verschil in risico bepalen worden gereduceerd tot een factor $f(O_{ref}, O_n)$. $f(O_{ref}, O_n)$ is de ratio tussen de risico's die bestaan op de twee overwegen O_{ref} en O_n.

$f(O_{ref}, O_n) = \frac{R_n}{R_{ref}}$	$f(O_{ref}, O_n) =$ Risicoratio van overwegen O_n en O_{ref}. R_{ref} = Basisrisico dat bestaat op de referentieoverweg (onbekend). R_n = Risico dat bestaat op overweg O_n (onbekend).

Er wordt gebruik gemaakt van een referentierisico R_{ref} dat bestaat op overweg O_{ref}. Voor het risico op een willekeurige andere overweg O_n geldt dan $R_n = R_{ref} \cdot f(O_{ref}, O_n)$. Als overweg O_1 als referentie wordt genomen, geldt voor alle overwegen in de huidige situatie dus:

Overweg	$O_1 = O_{ref}$	O_2	O_3	…	…	O_{18}
R_n	$R_1 = R_{ref}$	$R_{ref} \cdot f(O_{ref}, O_2)$	$R_{ref} \cdot f(O_{ref}, O_3)$	…	…	$R_{ref} \cdot f(O_{ref}, O_{17})$

Het totale risico in de huidige situatie kan nu bepaald worden via:

$$Huidig\ Risico = \sum_{n=1}^{17} R_n = R_{ref}\left(1 + f(O_{ref}, O_2) + f(O_{ref}, O_3) + \ldots + \ldots + f(O_{ref}, O_{17})\right)$$

Hierbij is als voorbeeld gekozen om O_1 als referentie te nemen. Dan volgt:

$$f\left(O_{ref}, O_1\right) = \frac{R_1}{R_{ref}} = 1.$$

In de toekomst zal één overweg verdwijnen en zullen drie nieuwe overwegen en een overpad toegevoegd worden. Als OT_n een nieuwe overweg is of een toekomstige versie van een bestaande overweg, dan geldt voor het risico in de toekomst:

Overweg Toekomst	OT_1	…	OT_{17}	OT_{18}	…	OT_{21}
RT_n	$R_{ref} \cdot f\left(O_{ref}, OT_1\right)$	…	$R_{ref} \cdot f\left(O_{ref}, OT_{17}\right)$	$R_{ref} \cdot f\left(O_{ref}, OT_{18}\right)$	…	$R_{ref} \cdot f\left(O_{ref}, OT_{21}\right)$

Hierbij wordt voor de overweg die wordt verwijderd de risicofactor gelijkgesteld aan nul, onder meer doordat de toekomstige verkeersfrequentie gelijk is aan nul.

Het totale risico in de toekomstsituatie kan nu bepaald worden via:

$$Toekomstig_Risico = \sum_{n=1}^{21} RT_n = R_{ref}\left(f\left(O_{ref}, OT_1\right) + \ldots + f\left(O_{ref}, OT_{17}\right) + f\left(O_{ref}, OT_{18}\right) + \ldots + f\left(O_{ref}, OT_{21}\right)\right)$$

Voor het bepalen van ΔR wordt het toekomstig risico gedeeld door het huidig risico:

$$factor_{risico} = \frac{R_{ref}\left(f\left(O_{ref}, OT_1\right) + \ldots + f\left(O_{ref}, OT_{21}\right)\right)}{R_{ref}\left(1 + f\left(O_{ref}, O_2\right) + f\left(O_{ref}, O_3\right) + \ldots + f\left(O_{ref}, O_{17}\right)\right)}$$

vereenvoudiging levert:

$$factor_{risico} = \frac{f\left(O_{ref}, OT_1\right) + \ldots + f\left(O_{ref}, OT_{21}\right)}{1 + f\left(O_{ref}, O_2\right) + f\left(O_{ref}, O_3\right) + \ldots + f\left(O_{ref}, O_{17}\right)}$$

Duidelijk wordt dat de totale risicotoename $factor_{risico}$ kan worden bepaald door uitsluitend te kijken naar de factoren $f\left(O_{ref}, O_n\right)$ en $f\left(O_{ref}, OT_n\right)$.
Omdat zowel R_{ref} als R_n en RT_n onbekend zijn, kan $f\left(O_{ref}, O_n\right)$ niet direct gevonden worden. Wel is het mogelijk om de aspecten te identificeren die bepalend zijn voor het risicoverschil bij overwegen. Deze aspecten kunnen dan gebruikt worden om een vergelijking voor $f\left(O_{ref}, O_n\right)$ op te stellen. Dit wordt beschreven in de volgende paragrafen.

I.2. Het bepalen van factoren die het verschil uitmaken

Verondersteld wordt dat de factoren $f\left(O_{ref}, O_n\right)$ respectievelijk $f\left(O_{ref}, OT_n\right)$ bepaald worden door een aantal onderdeelfactoren die bepaald worden aan de hand van verschillen tussen de overwegen nu en in de toekomst. Hierbij moet gedacht worden aan verschil in remvertraging van de trein, gewijzigde verkeersfrequentie, gewijzigde treinfrequentie enz.

De situatie op de overwegen zal op de volgende wijze wijzigen:

Aspect	Huidige situatie	Toekomstige situatie
Rijdend materieel	Zwaar materieel: circa 150 ton	Licht materieel: circa 65 ton
Noodremvertraging	1,1 m/s^2	3,2 m/s^2
Baanvaksnelheid	130 km/h (zie [7])	100 km/h
Beveiliging overpaden	AOB's[15] zonder valhekken	AOB's met valhekken (zie [23])
Treinfrequentie	max. 160 treinen per etmaal	max. 264 treinen per etmaal
Verkeersfrequentie	Afhankelijk van overweg	Afhankelijk van overweg, algemeen: toename
Aantal overwegen	17 overwegen	18 overwegen (3 nieuwe)

Dertien verschillende onderdeelfactoren die bepalend zijn voor het risicoverschil zijn geïdentificeerd. Dit is in paragraaf 5.3 uitgebreider beschreven.

De factoren zijn:

- Snelheid van de trein;
- Remvertraging;
- Massa van de trein;
- Wachttijden bij de overweg;
- Treinfrequentie;
- Het aantal reizigers per trein;
- De sterkte van het treinmaterieel;
- Kans op ontsporing;
- Kans op escalatie van ontsporing;
- Verkeersfrequentie (inclusief aantallen reizigers op overpaden);
- Layout en complexiteit van de situatie bij de overweg;
- Aanwezigheid van valhekken onder de overpadbomen;
- Toevoegen of weghalen van overwegen en overpaden.

Voor vijf verschillende risicogroepen moet de risicotoename ΔR bepaald worden. Deze groepen zijn:

- Reizigers op overpaden;
- Langzaam verkeer (voetgangers, fietsers);
- Snelverkeer (auto's, vrachtauto's, motoren);
- Passagiers in de trein;
- Bestuurder.

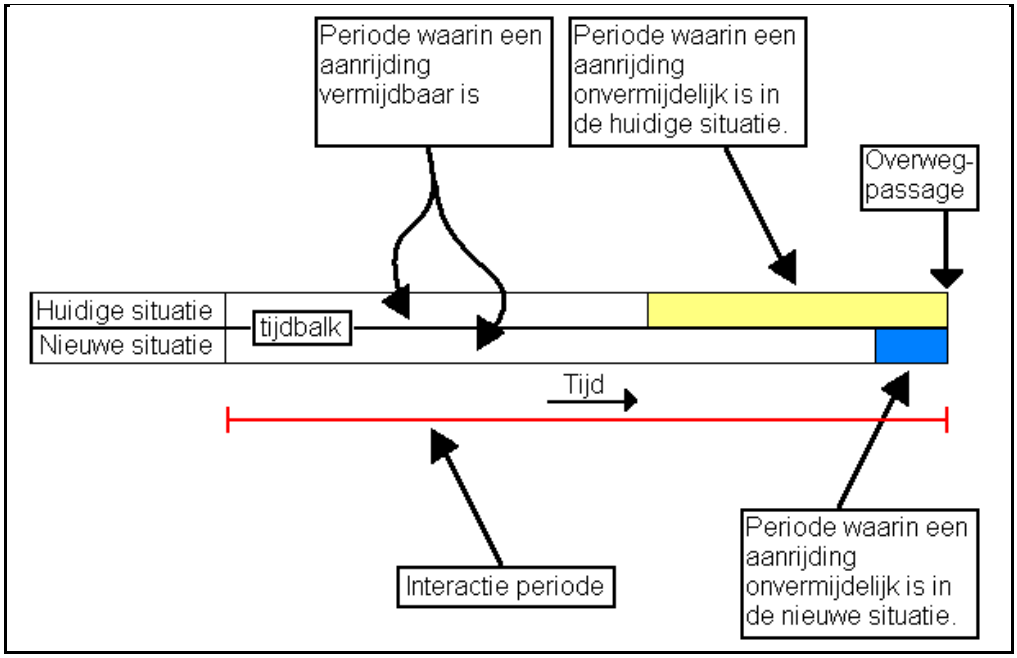
N.B.: De aanname is, dat conducteurs en ander rijdend personeel dat zich niet in de cabine bevindt een gelijke verandering van het risico ondervinden als reizigers in de trein. Om die reden worden deze risicodragers niet apart beschouwd.

[15] Met uitzondering van het overpad bij station Hoek van Holland Haven, dat in 2014 nog beveiligd was met een AKI.

Per onderdeelfactor zal nu bepaald worden wat de gevolgen zijn voor het risico bij de verschillende groepen.

I.2.1. Snelheid, remvertraging en massa van de trein
Deze drie items zijn verbonden via de wetten van de klassieke mechanica en worden om die reden samen genomen.

Invloed remvertraging op frequentie van aanrijdingen
Bij het bepalen van de invloed van de remvertraging op de botskans van een trein met wegverkeer, wordt ervan uitgegaan dat de remvertraging (a) mede bepalend is voor de tijdperiode waarin een botsing onvermijdelijk is. Deze periode is de tijd die een trein nodig heeft om met vertraging a vanaf beginsnelheid $v(0)$ eindsnelheid $v(t)$ te bereiken. In de analyse wordt aangenomen dat de botskans rechtevenredig is met de tijdperiode waarin een botsing kan ontstaan ten opzichte van de interactieperiode. Hierbij begint de periode dat een aanrijding onvermijdelijk is op het moment dat de kop van de trein zich op noodremwegafstand bevindt en eindigt op het moment dat de kop van de trein de overweg bereikt. Een en ander is schematisch in Figuur 2 weergegeven. Er is in de illustratie van Figuur 2 uitgegaan van een ongewijzigde treinfrequentie. Bij een gewijzigde treinfrequentie zal de ratio tussen de oude en de nieuwe frequentie gebruikt worden om het relatieve risico te corrigeren (zie paragraaf I.2.3).



Figuur 2: Deze afbeelding laat zien hoe de periode waarin een aanrijding onvermijdelijk is lineair verband houdt met de tijdsperiode waarin een botsing kan ontstaan ten opzichte van de interactieperiode.

Er geldt:

$v(t) = v(0) + a \cdot t$ Verg. (1)	$v(t) = Eindsnelheid$ $v(0) = Beginsnelheid$ $a = Versnelling$ $t = Tijd$

Uit de bovenstaande vergelijking blijkt dat de tijdsperiode waarin een botsing onvermijdelijk is, rechtevenredig is met de beginsnelheid en omgekeerd evenredig met de versnelling. Voor de factor voor de invloed van de treinsnelheid op de kans op een aanrijding nemen we dus aan:

$$p_{snelheid} = \frac{v_{nieuw}}{v_{oud}}.$$

In het geval dat vanaf baanvaksnelheid ($v(0)$) afgeremd wordt naar stilstand $v(t) = 0$ geldt:

$$t = -\frac{v(0)}{a}$$

Bij gelijke baanvaksnelheid (deze wordt apart verrekend, zoals boven is aangegeven) zijn de ratio's van de tijden, die in de oude en de nieuwe situatie nodig zijn om tot stilstand te komen, een eerste orde benadering voor de gewijzigde kans op een aanrijding:

$$f = \frac{t_{nieuw}}{t_{oud}} = \frac{-\frac{v(0)}{a_{nieuw}}}{-\frac{v(0)}{a_{oud}}} \Rightarrow f = \frac{a_{oud}}{a_{nieuw}}$$

Een alternatieve aanpak zou zijn om uit te gaan van de ratio’s tussen de benodigde afstanden in plaats van benodigde tijden. Nadere bestudering van de bewegingsvergelijking leert dat deze ratio’s hetzelfde zijn.

In plaats van bovenstaande eerste orde benadering zullen we een iets complexere aanpak hanteren, die onder andere rekening houdt met de oorzaak voor de aanwezigheid van de overweggebruiker op de gesloten overweg en met zichtafstanden. Dit wordt hieronder verder uitgewerkt.

Invloed reactietijd bestuurder op frequentie van aanrijdingen

In bovenstaande formules is uitgegaan van de vereenvoudigde situatie, waarin een overweggebruiker op een willekeurig moment op de baan komt en daar blijft staan, waarbij de bestuurder op het moment dat de overweggebruiker het spoor betreedt direct een remming inzet. Hierbij wordt dus geen rekening gehouden met situaties waarbij een voertuig (ruim voordat een trein in de buurt van een overweg komt) met bijvoorbeeld pech op een overweg tot stilstand is gekomen, maar de remweg van de trein te lang is om dit tijdig te zien. Bij aanrijdingen die hebben plaatsgevonden in de registratieperiode van 10 jaar op de Hoekse Lijn betrof het veelal situaties waarbij een wegvoertuig met pech tot stilstand was gekomen, of moeite had om de overweg te

verlaten vanwege een moeilijke verkeerssituatie rondom de overweg. Uit de analyse van landelijke casuïstiek is verder gebleken, dat ook voor langzaam verkeer op overwegen en reizigers op overpaden de oorzaak "overweggebruiker kwam niet weg" een significante bijdrage aan het risico geeft (zie paragraaf 4.3).

Met het sneller remmend materieel zal bij een snelheid van 100 km/h een afstand van circa 120 meter voldoende zijn. In de huidige situatie is bij 130 km/h circa 590 meter nodig. Op de Hoekse Lijn zitten weinig krappe bogen, dus kan de machinist of bestuurder op een groot deel van het traject ver kijken, waarbij bogen in het traject met objecten langs de baan dit zicht uiteraard kunnen belemmeren. Er is door de kortere remweg in theorie circa 470 meter extra om een stilstaand object te herkennen en te beoordelen of stoppen noodzakelijk is. Bij een remweg van circa 120 m zal het in veel gevallen mogelijk zijn om tijdig stil te staan. Bij een remweg van 590 m zullen de benodigde zichtlengte, de mogelijkheid om op afstand een gevaarlijke situatie in te schatten en de alertheid van de bestuurder in veel gevallen factoren zijn die de kans op een aanrijding vergroten.

Deze verbetering wordt meegerekend door de tijd die beschikbaar is vanaf het aankondigingspunt in 2014 te vergelijken met de situatie in 2025. Daarbij nemen we aan dat de beoordeling door de bestuurder van de situatie met een stilstaand wegvoertuig zal starten als het railvoertuig zich op een afstand van 400 m tot de overweg bevindt. Deze afstand is gelijk aan de grootste zichtbaarheidsafstand uit OVS69133-1 [21], waarbij een seinbeeld correct waarneembaar moet zijn. Enerzijds is met name een wegvoertuig groter dan een sein, anderzijds is het seinbeeld door de verlichting eenvoudiger te interpreteren dan de manoeuvres van een voertuig, zeker in de avond en nacht. Bovendien is beoordeling van grote afstand onmogelijk als het spoor zich in een boog bevindt. De inschatting is dat op grotere afstanden dan 400 m het correct interpreteren van de stilstand van een voertuig zeer moeilijk zal zijn. Verder is in het model de verlaging van het risico kleiner als deze startafstand groter wordt gekozen, zoals uit onderstaande beschrijving van de modellering duidelijk zal worden. De keuze van een startafstand van 400 m is dus conservatief. In [34] wordt deze afstand voor stilstaande wegvoertuigen onderschreven. Voor voetgangers en langzaam verkeer wordt in [34] onderbouwd dat bij daglicht een maximale afstand van 270 m realistisch is. Bij verminderd zicht zal deze afstand kleiner zijn. We houden voor voetgangers en langzaam verkeer zowel voor daglicht als voor situaties met beperkt zicht de waarde 270 m aan. Voor de berekening van de relatieve risicoverandering is dit conservatief, aangezien de relatieve veiligheidswinst van de grotere noodremvertraging bij grotere zichtafstanden kleiner is.

Bij de bepaling van de tijd die beschikbaar is gaan we niet uit van de baanvaksnelheid ter plaatse, maar van de snelheid zoals die ter plaatse gereden zal worden, gegeven halteringen en aanzet- en remkarakteristieken (zie paragraaf 5.4). Hierdoor zal in veel gevallen de werkelijke snelheid van het railvoertuig op het moment van reactie op een stilstaand voertuig op een overweg beduidend lager zijn dan de baanvaksnelheid van 130 km/h respectievelijk 100 km/h. De benodigde remweg is daardoor ook aanzienlijk korter.

Bij een huidige beginsnelheid van bijvoorbeeld 100 km/h heeft de trein in 2014 ca. 335 m nodig om tot stilstand te komen. De beschikbare afstand om in te schatten dat er

iets mis is wordt dan gelijk aan 400 m - 335 m = 65 m. De beschikbare tijd is dus de periode waarin 65 m wordt afgelegd. Dat is bij 100 km/h 2,4 s. In de situatie van 2025 heeft het lightrail-voertuig bij een beginsnelheid van 100 km/h slechts 120 m nodig om tot stilstand te komen. Er is in dat geval een periode waarin 280 m kan worden afgelegd over om te beoordelen of er iets op de overweg aan de hand is. In dit geval heeft de bestuurder dus 10,1 s tijd voor de beoordeling. In de huidige situatie is het 2,4 s. De risicoreductiefactor wordt symbolisch weergegeven als $\frac{t_{r,oud}}{t_{r,nieuw}}$. Deze risicoreductiefactor is in dit voorbeeld gelijk aan $\frac{2,4}{10,1}$. Hierbij wordt een maximale reductiefactor van $\frac{1}{5}$ aangehouden, vanwege het feit dat de mogelijkheden voor een tijdige reactie niet onbeperkt zijn. Er zal altijd een klein deel van de situaties zijn waarbij de bestuurder van het railvoertuig niet op tijd de conclusie trekt dat een noodremming noodzakelijk is. Deze kans is lastig in te schatten. De grenswaarde $\frac{1}{5}$ is een conservatieve schatting (zie ook [34], paragraaf 3.5). Deze begrenzing van de reductiefactor tot $\frac{1}{5}$ wordt onder andere toegepast als de beschikbare reactietijd in de huidige situatie heel klein is of zelfs negatief (i.e. als de noodremweg ongeveer gelijk is aan of groter is dan de maximale zichtafstand van 400 m respectievelijk 270 m). De begrenzing van de reductiefactor wordt bewerkstelligd door de reactietijd voor de huidige situatie zodanig aan te passen dat deze $\frac{1}{5}$ is van de berekende reactietijd voor de nieuwe situatie. Indien overwegen niet meer bestaan in de toekomstige situatie wordt voor de huidige reactietijd het gemiddelde genomen van de reactietijden van vergelijkbare overwegen.

De beschreven risicoreductiefactor wordt niet toegepast op het totale risico. De betere mogelijkheden om tijdig een situatie te beoordelen en een noodremming in te zetten hebben immers alleen effect op het deel van de aanrijdingen dat veroorzaakt wordt door overweggebruikers die niet tijdig de overweg weten te verlaten. We introduceren daarom variabelen $\varphi_{stil,mv}$, $\varphi_{stil,lv}$ en $\varphi_{stil,overpad}$, respectievelijk voor de fractie incidenten met snelverkeer (gemotoriseerd verkeer) op overwegen met oorzaak "kwam niet weg", de fractie incidenten met langzaam verkeer op overwegen met oorzaak "kwam niet weg" en de fractie incidenten op overpaden met oorzaak "kwam niet weg". Volgens de analyse van casuïstiek in paragraaf 4.3 zijn deze fracties respectievelijk 22%, 6% en 17%.

De remvertraging heeft alleen invloed op die fractie incidenten. De factor voor de invloed van de remvertraging op de kans op een aanrijding wordt dan voor snelverkeer en inzittenden van het railvoertuig als volgt:

$$p_{rem} = p_{rem,snelverkeer} = \left(\varphi_{stil,mv} \cdot \frac{t_{r,oud}}{t_{r,nieuw}}\right) + (1 - \varphi_{stil,mv}). \quad \text{Verg. (2)}$$

Op dezelfde manier geldt voor langzaam verkeer op overwegen:

$$p_{rem} = p_{rem,langzaam\,verkeer} = \left(\varphi_{stil,lv} \cdot \frac{t_{r,oud}}{t_{r,nieuw}}\right) + (1 - \varphi_{stil,lv})$$

Voor reizigers op overpaden geldt:

$$p_{rem} = p_{rem,overpaden} = \left(\varphi_{stil,overpad} \cdot \frac{t_{r,oud}}{t_{r,nieuw}}\right) + (1 - \varphi_{stil,overpad}).$$

Voor elke overweg hebben deze formules een andere waarde, vanwege de verschillen in snelheden ter plaatse, waardoor de beschikbare reactietijden variëren.

De periode waarin een bestuurder/machinist de mogelijkheid heeft om te beoordelen dat er iets op de overweg staat speelt zich in de toekomstige situatie af op een kleinere afstand vanaf de overweg. Hierdoor zal de huidige situatie in werkelijkheid nog wat slechter scoren dan in bovenstaande formules is gemodelleerd. De aanname dat verg. (2) een juiste weergave is van de gewijzigde kans op een aanrijding is dus conservatief.

De belangrijkste aannamen voor p_{rem} zijn:

- De ratio van tijden beschikbaar in de huidige en toekomstige situatie om te beoordelen of er iets op de baan staat levert een lineaire wijziging van de kans op een aanrijding vanwege een stilstaande overweggebruiker. De overweggebruiker kan een gemotoriseerd voertuig zijn, maar ook langzaam verkeer of een voetganger op een overweg of overpad. Dit lineaire verband is conservatief, want het moment waarop beoordeeld moet worden of een object op de baan staat speelt zich af op een punt dichter bij de overweg.
- Het waarnemen van een stilstaand voertuig op een overweg en het correct concluderen dat dit voertuig stilstaat is mogelijk vanaf een afstand van ten hoogste 400 m voor gemotoriseerd verkeer en 270 m voor voetgangers en langzaam verkeer.

Invloed remvertraging op gevolgen van aanrijdingen

Vergelijking (2) zegt uitsluitend iets over de kans dat een botsing optreedt. Voor de gevolgen van een aanrijding kan gekeken worden naar de totale energie-overdracht die bij een botsing plaatsvindt. In het geval van wegverkeer, zowel langzaam als snel, wordt geredeneerd dat de aangereden partij via een inelastische botsing naar de snelheid van de trein wordt gebracht. Deze aanname kan worden gedaan, omdat in de meeste gevallen de massa van de trein de massa van het wegverkeer ruim overstijgt en het dus niet uitmaakt voor het wegverkeer wat de massa van de trein is. Een analyse hierover is te vinden in Bijlage II. In werkelijkheid zal een deel van de kinetische energie worden omgezet in vervorming van de beide objecten, maar de aanname in het model is dat dit geen invloed heeft op de verhouding tussen de gevolgen in de nieuwe situatie en de gevolgen in de oude situatie.

De energie die nodig is om het aan te rijden voorwerp te versnellen hangt af van de massa van dat voorwerp ($m_{wegverkeer}$) en de snelheid $v(t)$ van de trein bij het passeren van de overweg.
De energie (en dus de ernst van de gevolgen) wordt berekend via:

$E(t) = \frac{1}{2} \cdot m_{wegverkeer} \cdot v(t)^2$ Verg. (3)	$E = Energieoverdracht$ $v(t) = Eindsnelheid$

m.b.v. verg. (1) komen we dan op: $$E(t) = \frac{1}{2} \cdot m_{wegverkeer} \cdot (v(0) + a \cdot t)^2$$	$m_{wegverkeer} = Massa$ wegverkeer $t = Tijd$

Voor de gevolgen van een aanrijding kan gekeken worden naar één periode uit Figuur 2. De hoeveelheid energie die wordt overgedragen op het moment van een aanrijding hangt kwadratisch af van de snelheid van de trein op dat moment. Deze snelheid neemt af tijdens de remming. De over te dragen energie wordt dus steeds kleiner naarmate de remming langer duurt.

We geven met t_{stop} de tijdsduur aan die de trein nodig heeft om te stoppen. We hebben in het voorgaande al beschreven dat een grotere noodremvertraging ervoor zorgt dat in meer gevallen een aanrijding wordt voorkomen. Het is bovendien aannemelijk dat bij een grotere noodremvertraging een eventuele aanrijding later in de noodremming plaatsvindt. Dit betekent dat de snelheid ook al meer is verlaagd.

De bestuurder van het railvoertuig zal pas een noodremming inzetten als hij detecteert dat een overweggebruiker niet op tijd de overweg zal verlaten. Daarvoor moet de bestuurder gedurende enige tijd de overweg en de overweggebruiker kunnen zien en aan het gedrag kunnen herkennen dat dit een afwijkende situatie is.

Bij de invloed van de noodremvertraging op de gevolgen gaan we ervan uit dat deze invloed alleen significant is voor aanrijdingen met gemotoriseerd verkeer en alleen in scenario's waarbij gemotoriseerd verkeer niet op tijd weg kan komen van de overweg. Immers, bij situaties waarbij pas kort voor passage van het railvoertuig een remming wordt ingezet zal de afname van de snelheid beperkt zijn. Daarnaast speelt mee dat met name bij reizigers op overpaden en langzaam verkeer op overwegen het merendeel van de ongevallen het gevolg is van bewust of onbewust onveilig gedrag van de overweggebruiker dat niet vroegtijdig te herkennen is, bijvoorbeeld het oversteken van het spoor vlak voor de trein passeert. Verder is voor langzaam verkeer de invloed van de snelheid van het railvoertuig minder van invloed op de gevolgen dan bij gemotoriseerd verkeer. Om deze redenen laten we bij dit aspect reizigers op overpaden en langzaam verkeer op overwegen buiten beschouwing.

De aanname bij gemotoriseerd verkeer is, dat de afwijkende situatie in de meeste gevallen pas wordt herkend als de overweg is geactiveerd (nominaal circa 22 seconden voor passage van het railvoertuig) en dat het vervolgens nog tenminste 5 seconden duurt voordat de bestuurder van het railvoertuig de conclusie trekt dat een noodremming noodzakelijk is. De noodremming zal onder deze aannamen niet eerder worden ingezet dan 17 seconden voor passage van de overweg. Deze minimale waarde geven we aan met T (dus T = 17 s). Als de afwijkende situatie zich later manifesteert dan bij het activeren van de overweg zal de noodremming ook pas later worden ingezet. We nemen daarom aan dat het begintijdstip van de noodremming uniform verdeeld is, met als ondergrens voor het interval 17 seconden voor passage van de overweg en als bovengrens het moment van passage van de overweg. Voor deze

periode van de uniforme verdeling bepalen we de gemiddelde energie van de aanrijding gegeven een noodremming.

Als de totale tijd voor de noodremming tenminste even groot is als T = 17 seconden, dan berekenen we de gemiddelde gevolgen over de totale periode van de uniforme verdeling. Als de totale remtijd kleiner is dan T = 17 seconden, dan zullen we uiteraard alleen de gevolgen berekenen over de periode van de remtijd, aangezien voor eerdere tijdstippen een aanrijding niet optreedt. Onder deze aannamen zijn per interactieperiode de gevolgen van een botsing gemiddeld:

$$E_{gemiddeld} = \frac{\int_0^T \frac{1}{2} m_{weg} \cdot (v(0) - a \cdot t)^2 \partial t}{T}$$

waarbij a de noodremvertraging is (d.w.z. een positieve waarde).

We beschouwen eerst het geval dat T ten hoogste gelijk is aan de totale benodigde remtijd t_{rem}. De gemiddelde energie is dan te schrijven als:

$$E_{gemiddeld} = \frac{\frac{1}{2} m_{weg}}{T} \cdot \int_0^T \left((v(0))^2 - 2v(0) \cdot a \cdot t + a^2 \cdot t^2 \right) \partial t$$

dus

$$E_{gemiddeld} = \frac{\frac{1}{2} m_{weg}}{T} \cdot \left[T \cdot (v(0))^2 - v(0) \cdot a \cdot T^2 + \frac{a^2}{3} T^3 \right]$$

Voor dit geval is deze formule te vereenvoudigen tot

$$E_{gemiddeld} = \frac{m_{weg}}{2} \cdot \left[(v(0))^2 - v(0) \cdot a \cdot T + \frac{a^2}{3} T^2 \right]$$

Vervolgens beschouwen we het geval dat T groter is dan de totale benodigde remtijd t_{rem}. In dat geval is de botsingsenergie bij tijdsduren t groter dan t_{rem} gelijk aan 0, dus geldt voor de gemiddelde energie:

$$E_{gemiddeld} = \frac{\frac{1}{2} m_{weg}}{T} \cdot \int_0^{t_{rem}} \left((v(0))^2 - 2v(0) \cdot a \cdot t + a^2 \cdot t^2 \right) \partial t$$

dus

$$E_{gemiddeld} = \frac{\frac{1}{2} m_{weg}}{T} \cdot \left[t_{rem} \cdot (v(0))^2 - v(0) \cdot a \cdot {t_{rem}}^2 + \frac{a^2}{3} {t_{rem}}^3 \right]$$

Voor beide gevallen is de gemiddelde energie dus te schrijven als

$$E_{gemiddeld} = \frac{\frac{1}{2} m_{weg}}{T} \cdot \left[t_{max} \cdot (v(0))^2 - v(0) \cdot a \cdot {t_{max}}^2 + \frac{a^2}{3} {t_{max}}^3 \right]$$

waarbij t_{max} de bovengrens is van het integratie-interval, dus

$$t_{max} = \min(t_{rem}, T)$$

Als er geen noodremming zou worden ingezet zou de botsenergie hoger zijn, namelijk

$$E = \frac{m_{weg}}{2} \cdot \left(v(0)\right)^2$$

De invloed van de noodremming voor de trein en de metro kunnen we dus bepalen door de reductiefactor te berekenen voor de botsenergie als gevolg van de remming:

$$factor_{rem} = \frac{\frac{\frac{1}{2}\, m_{weg}}{T} \cdot \left[t_{max} \cdot \left(v(0)\right)^2 - v(0) \cdot a \cdot t_{max}{}^2 + \frac{a^2}{3} t_{max}{}^3\right]}{\frac{m_{weg}}{2} \cdot \left(v(0)\right)^2}$$

dus

$$factor_{rem} = \frac{\frac{1}{T} \cdot \left[t_{max} \cdot \left(v(0)\right)^2 - v(0) \cdot a \cdot t_{max}{}^2 + \frac{a^2}{3} t_{max}{}^3\right]}{\left(v(0)\right)^2}$$

Vanwege de mogelijke verlaging van de botssnelheid is deze factor ten hoogste gelijk aan 1.

Vervolgens berekenen we voor scenario's waarbij stilstand van wegvoertuigen een rol speelt de invloed van het verschil in noodremvertraging van trein en metro op de gevolgen van een aanrijding. Dit doen we door de verhouding te bepalen van de hierboven berekende reductiefactoren vanwege de noodremming voor de metro en de trein:

$$G_{rem,stil} = \frac{factor_{rem,metro}}{factor_{rem,trein}}$$

Bovenstaande factor $G_{rem,stil}$ passen we alleen toe op de scenario's waarbij voldoende tijd is om een situatie te beoordelen en een remming in te zetten waardoor de snelheid significant wordt verlaagd:

$$G_{rem} = \left(\varphi_{stil,mv} \cdot \frac{factor_{rem,metro}}{factor_{rem,trein}}\right) + (1 - \varphi_{stil,mv}).$$

Hierbij is $\varphi_{stil,mv}$ de fractie incidenten met snelverkeer (gemotoriseerd verkeer) met de oorzaak "kwam niet weg". Volgens de analyse van casuïstiek in paragraaf 4.3 is deze fractie gelijk aan 22%.

Zoals we hierboven al hebben benoemd passen we deze factor $G_{rem,stil}$ alleen toe op de gevolgen voor snelverkeer op overwegen en voor inzittenden van het railvoertuig.

N.B.: De invloed van de snelheid van het railvoertuig an sich (d.w.z. zonder noodremming) op de gevolgen van een aanrijding wordt hieronder apart beschouwd.

Invloed snelheid treinverkeer
Ook als er geen noodremming wordt ingezet, is de snelheid van de trein of metro ter plaatse van de overweg van invloed op de gevolgen van een aanrijding. De modellering van deze invloed wordt hieronder uitgewerkt.

Wanneer verondersteld wordt dat de massa van het wegverkeer in de toekomst niet wijzigt, kan bij het vergelijken van de twee verschillende situaties de massa $m_{wegverkeer}$ buiten beschouwing worden gelaten. Te zien is dat alleen een wijziging in de baanvaksnelheid nog een rol speelt. Er geldt voor de toenamefactor voor de gevolgen (waarbij we de invloed van een noodremming buiten beschouwing laten) :

$$G_{snelheid,wegverkeer} = \frac{E_{nieuw}}{E_{oud}} = \frac{m_{wegverkeer} \cdot \frac{v(0)_{nieuw}{}^2}{2}}{m_{wegverkeer} \cdot \frac{v(0)_{oud}{}^2}{2}} = \frac{v(0)_{nieuw}{}^2}{v(0)_{oud}{}^2},$$

ofwel in verkorte notatie

$$G_{snelheid,wegverkeer} = \frac{v_{nieuw}{}^2}{v_{oud}{}^2}. \qquad \text{verg. (5)}$$

Voor langzaam verkeer op overwegen en reizigers op overpaden wordt daarbij aangenomen dat de gevolgen niet verder zullen toenemen vanaf een zekere grenswaarde voor de snelheid van de trein. Immers, bij hogere treinsnelheden zal de kans op overlijden van de aangereden persoon naderen tot 1. De gevolgen zullen dus kwadratisch toenemen met de treinsnelheid, tot aan de gekozen grenswaarde. Voor deze grenswaarde wordt 60 km/h aangehouden.

De belangrijkste aannamen voor $G_{snelheid,wegverkeer}$ zijn:

- De ernst van de gevolgen bij een aanrijding met wegverkeer is voor dat wegverkeer lineair afhankelijk van de energie die nodig is om het wegverkeervoertuig te versnellen naar de snelheid van de trein.
- Het verschil tussen de massa van de trein en het wegvoertuig is zo groot dat het voor een wegvoertuig niet uitmaakt of een aanrijding plaatsvindt met een light- of een heavy-railvoertuig (zie Bijlage II voor een nadere onderbouwing).

Invloed massa trein en wegvoertuig op gevolgen van aanrijdingen
Verg. (4) en (5) gelden in principe ook voor de inzittenden van de trein. De trein verliest namelijk de energie die nodig is om het voertuig te versnellen. Echter, voor reizigers en personeel in de trein is de massa van de trein wel van belang. Bij een lichte trein heeft een botsing een grotere vertraging tot gevolg die wel merkbaar is voor de inzittenden van de trein. Het scheelt voor de passagiers ongeveer een factor 2,5 als ze in een lichte trein zitten (65000 kg) ten opzichte van een situatie met een zware trein (150.000 kg). Een analyse hierover is te vinden in Bijlage II.

Hier geldt voor de gevolgen:

$$G_{snelheid,trein} = 2{,}5 \cdot \frac{v_{nieuw}{}^2}{v_{oud}{}^2}. \qquad \text{verg. (6)}$$

De belangrijkste aannamen voor $G_{snelheid,trein}$ zijn:

- De ernst van de gevolgen bij een aanrijding met wegverkeer is voor de trein lineair afhankelijk van de energie die nodig is om het wegverkeervoertuig te versnellen naar de snelheid van de trein.
- Het verschil in massa tussen light- en heavy-rail is zo groot dat een lightrail voertuig een vertraging zal ondervinden die 2,5 keer zo groot is in vergelijking met een heavyrail voertuig bij een aanrijding (zie Bijlage II).

Deze factor 2,5 in verband met de gewijzigde massa is met name van belang in situaties waarbij de slachtoffers vallen bij de aanrijding zelf. Voor gevallen waarin de slachtoffers vallen bij een ontsporing van het voertuig als gevolg van de aanrijding spelen andere factoren een rol. In paragraaf I.2.6 en I.2.7 wordt uitgelegd hoe deze twee situaties worden gecombineerd.

I.2.2 Wachttijden bij overwegen
Zie voor de modellering van dit aspect de hoofdtekst (paragraaf 5.5.2).

I.2.3. Intensiteit treinverkeer
Van de intensiteit van het treinverkeer wordt aangenomen dat deze een lineaire invloed heeft op de kans op een botsing. Deze kans wordt beïnvloed volgens:

$$p_{aantal\ treinen} = \frac{treinfrequentie_{nieuw}}{treinfrequentie_{oud}}.$$

Voor overpaden kan deze intensiteit lager zijn als het overpad slechts één spoor kruist. De treinfrequentie wordt dan gehalveerd.

In het model wordt de invloed verwaarloosd van de treinfrequentie op het nevenspoor. Deze treinfrequentie is van belang in geval van een aanrijding op een overweg, gevolgd door een escalerende ontsporing richting nevenspoor. Bij een aanrijding op een overweg is de kans op een dergelijk scenario echter niet heel groot. Er moet daarbij aan verschillende voorwaarden worden voldaan (zie ook paragraaf 3.2.5):

- het moet gaan om een aanrijding met gemotoriseerd verkeer;
  op basis van de casuïstiek in Tabel 3 houden we hiervoor een voorwaardelijke kans aan van 49 / 168 = 0,29;
- de aanrijding met gemotoriseerd wegverkeer moet leiden tot ontsporing van het railvoertuig;
  hiervoor houden we een kans aan van 0,023 (zie Bijlage IV);
- de ontsporing moet escaleren;
  hiervoor houden we een kans aan van 0,12 (zie Bijlage IV);
- het ontspoorde railvoertuig moet richting nevenspoor uitwijken;
  we nemen aan dat de kans hierop gelijk is aan 0,5;
- het railvoertuig op het nevenspoor moet zo dichtbij zijn dat een botsing niet meer met een noodremming kan worden voorkomen; met name deze laatste voorwaarde wordt beïnvloed door de treinfrequentie op het nevenspoor; door de veel betere remeigenschappen van de metrovoertuigen zal de kans op een botsing worden beperkt;
  de kans hierop is naar verwachting aanzienlijk kleiner dan 1.

De kans dat aan deze reeks voorwaarden wordt voldaan is relatief klein: op basis van bovenstaande schattingen is de kans kleiner dan 0,04%. De casuïstiek laat ook zien dat de kans op een aanrijding, gevolgd door een ontsporing met vervolgens botsing met een neventrein zeer klein is (zie paragraaf 4.3). Om die reden laten we de invloed van de treinfrequentie op het nevenspoor buiten beschouwing.

I.2.4. Het aantal reizigers per trein

Het aantal reizigers per trein is van invloed op het aantal te verwachten slachtoffers bij een ongeval. Deze factor is alleen van belang voor de risicogroep "reizigers in de trein". Een mogelijke uitwerking is een lineair verband tussen het aantal reizigers per trein en het aantal te verwachten doden en gewonden. Deze benadering is erg conservatief. Immers, het aantal dodelijke slachtoffers per jaar in de railvoertuigen zal gering zijn. Verder treden de grootste gevolgen voor de reizigers op aan de voorzijde van het railvoertuig. In werkelijkheid zal het verband tussen aantal inzittenden en aantal dodelijke slachtoffers dus veel minder sterk zijn. Om die reden nemen we vooralsnog aan dat het aantal reizigers per trein niet wijzigt, dus dat bovenstaande factor gelijk is aan 1:

$$G_{aantal\ reizigers} = 1.$$

I.2.5. De sterkte van het treinmaterieel

Deze factor verdisconteert het verschil in materieelsterkte tussen de light- en heavy-rail voertuigen. De verwachting is dat heavy-railvoertuigen een grotere statische baksterkte hebben. Ook de locatie en grootte van de kreukelzone is hierbij van invloed. Op dit moment is hierover beperkt informatie beschikbaar.

Het is lastig om in te schatten op welke manier dit aspect het risico voor personen in het voertuig beïnvloedt. Immers, personen in het voertuig lopen enerzijds risico doordat ze zich in het deel van het voertuig bevinden dat vervormt bij de aanrijding of de ontsporing die daar het gevolg van kan zijn, maar anderzijds door de grote versnellingen die uitgeoefend worden bij de aanrijding van een object op de overweg. Welke factor hierbij doorslaggevend is, is niet eenvoudig in te schatten.

Voor personen en voertuigen op de overweg is aangenomen dat deze factor geen rol speelt. Verondersteld wordt dat de effecten van de materieeleigenschappen zodanig zijn dat de situatie voor overweggebruikers gunstiger wordt. De aanname dat de sterkte van het treinmaterieel geen invloed heeft op het effect van een aanrijding op overweggebruikers is dan conservatief.

In geval van een aanrijding met een wegvoertuig lopen de inzittenden van een railvoertuig op twee manieren risico. Enerzijds kunnen er slachtoffers vallen door de krachten en vervormingen die het directe gevolg zijn van de aanrijding. Daarnaast kan de aanrijding een ontsporing tot gevolg hebben, waarbij ook slachtoffers kunnen vallen.

In de risicoanalyse voor overwegen van RandstadRail (zie [4]) is specifiek voor de gevolgen van een aanrijding op een overweg gevolgd door ontsporing van het railvoertuig een inschatting gemaakt van de invloed van het materieeltype op de gevolgen voor de inzittenden (zie ook paragraaf I.2.6 en I.2.7). Daarbij wordt

aangenomen dat de gevolgen van een geëscaleerde ontsporing bij light-railvoertuigen twee keer zo zwaar zijn als bij heavy-rail, vanwege de gewijzigde voertuigconstructie. Deze factor 2 zullen we ook in deze analyse aanhouden voor de inzittenden, zowel voor de directe gevolgen van een aanrijding als voor de gevolgen van een ontsporing na een aanrijding.

Voor reizigers en personeel in de trein wordt de factor vanwege de gewijzigde materieelsterkte dus:

$$G_{materieelsterkte} = 2.$$

Voor de overige risicodragers nemen we conservatief aan dat de materieelsterkte geen invloed heeft op het risico.

I.2.6. Kans op ontsporing na aanrijding wegverkeer
Zoals in paragraaf 5.1 is aangegeven, valt in het model de gehele ontsporing binnen de gevolgen van een aanrijding. De grens tussen kansen en gevolgen van een aanrijding ligt immers bij de aanrijding zelf.

In de risicoanalyse overwegen voor RandstadRail [4] wordt een inschatting gemaakt van de kans dat een railvoertuig ontspoort, gegeven een aanrijding met gemotoriseerd wegverkeer op een overweg (zie Bijlage IV). Voor heavy-rail is de geschatte kans op ontsporing gelijk aan 0,023. De totale kans op ontsporing is nog kleiner, vanwege het aandeel van gemotoriseerd verkeer in de aanrijdingen op overwegen (zie paragraaf 3.2.5). De verwachting is dat de kans op ontsporing voor metrovoertuigen groter is dan voor heavy-railvoertuigen, vanwege de kleinere massa van metrovoertuigen. Voor de relatieve verandering van de kans op ontsporing moet een factor $f_{ontsporing}$ worden meegenomen. In [4] wordt aangenomen dat deze factor gelijk is aan 4. Deze factor heeft betrekking op de risicogroepen "passagiers in de trein" en "bestuurders".

Voor reizigers en personeel in de trein wordt de factor vanwege de gewijzigde kans op ontsporing dus:

$$G_{ontsporing} = 4.$$

Deze factor heeft expliciet betrekking op het deel van de aanrijdingen dat leidt tot een ontsporing. In paragraaf I.2.7 wordt beschreven hoe de overall factor voor de invloed van de grotere kans op ontsporing wordt afgeleid.

I.2.7. Kans op escalatie van de ontsporing
In de risicoanalyse overwegen voor RandstadRail [4] wordt ook een inschatting gemaakt van de kans dat een ontsporing van een railvoertuig escaleert. De geschatte kans op escalatie gegeven een ontsporing is 0,12 (zie Bijlage IV). De aanname is, dat een ontsporing alleen gevolgen heeft in termen van doden als de ontsporing escaleert. Voor de gevolgen van een geëscaleerde ontsporing van een light-railvoertuig in vergelijking met de gevolgen voor een heavy-railvoertuig wordt een factor 2 aangehouden, die te maken heeft met de gewijzigde materieelconstructie (zie ook paragraaf I.2.5). Deze factor zullen we in deze paragraaf niet apart meenemen, aangezien die al wordt toegepast bij de parameter "materieelsterkte".

Het scenario "slachtoffers vallen bij geëscaleerde ontsporing na aanrijding" levert voor de personen in het railvoertuig een risicofactor 4 op vanwege de grotere kans op ontsporing voor light-rail, plus een factor 2 vanwege de gewijzigde materieelsterkte (zie paragraaf I.2.5). Het andere scenario waarbij slachtoffers zouden kunnen vallen is het scenario "slachtoffers vallen direct bij aanrijding", waarbij de trein niet ontspoort, maar waarbij de versnellingen zo groot zijn dat door de botsing slachtoffers vallen in het railvoertuig. Dit scenario levert voor de personen in het railvoertuig een factor 2,5 op vanwege de gewijzigde verhoudingen van massa van railvoertuig en massa van wegvoertuig (zie paragraaf I.2.1), plus een factor vanwege de gewijzigde materieelsterkte. Als we aannemen dat deze laatste factor van dezelfde orde is als de bijbehorende materieelsterkte-factor in geval van een ontsporing, dan is de totale factor (4 * 2 = 8) in het scenario " slachtoffers vallen bij geëscaleerde ontsporing na aanrijding" groter dan de factor in het scenario "slachtoffers vallen direct bij aanrijding" (grootte-orde 2,5 * 2 = 5).

De vraag is, welk van beide scenario's dominant is voor het totale risico voor de reizigers in de trein en de bestuurder als gevolg van aanrijdingen op overwegen. In Figuur 1 (zie paragraaf 3.2.5) is aangegeven dat de totale geschatte kans is op een geëscaleerde ontsporing na een aanrijding zeer klein is, namelijk circa 0,0067 * 0,12 = 0,00081. Weliswaar zijn de gemiddelde gevolgen van een geëscaleerde ontsporing groter dan de directe gevolgen van een aanrijding. Er mag echter worden aangenomen dat de bijdrage van het scenario "geëscaleerde ontsporing" aan de relatieve verandering van het risico voor inzittenden van het railvoertuig niet significant is.

Uiteindelijk wordt voor de inzittenden van het railvoertuig een factor 5 aangehouden voor de combinatie van materieelaspecten. Deze factor is in feite een gewogen gemiddelde van de factor 4 voor de grotere kans op ontsporing en de factor 2,5 vanwege het massaverschil, gecombineerd met de factor 2 voor de grotere gevolgen na een geëscaleerde ontsporing. Bij de weging is gebruik gemaakt van de kans 0,00081 op een geëscaleerde ontsporing. Dit betekent dat de factor 4 voor de grotere kans op een ontsporing wegvalt tegen de factor 2,5 voor de gewijzigde massa van het railvoertuig.

I.2.8 De intensiteit van het wegverkeer

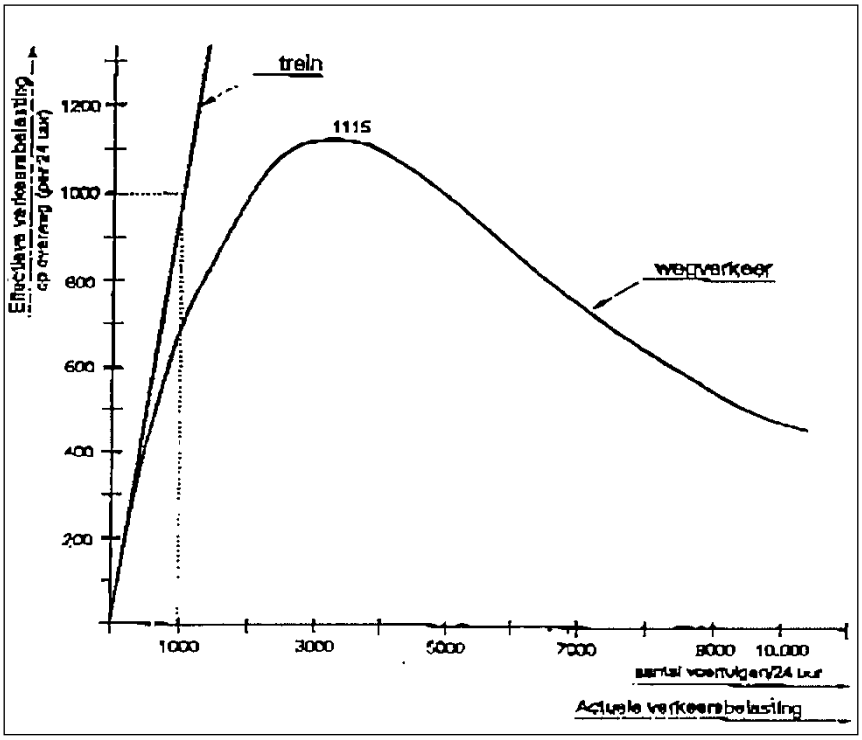
Voor de intensiteit van het wegverkeer geldt hetzelfde als voor het treinverkeer. In dit geval wordt echter gebruik gemaakt van een effectieve verkeersfrequentie.

$$p_{\,intensiteit\ wegverkeer} = \frac{effectieve\ verkeersfrequentie_{\,nieuw}}{effectieve\ verkeersfrequentie_{\,oud}}.$$

Voor langzaam verkeer is de effectieve verkeersfrequentie gelijk aan de werkelijke frequentie. Voor snelverkeer is het verband tussen werkelijke en effectieve verkeersfrequentie weergegeven in Figuur 3 (zie ook [4] en [5]).

Het verband tussen werkelijke en effectieve verkeersfrequentie is uit onderzoek gebleken. Voor waarden tot 300 à 400 voertuigen per etmaal is de effectieve frequentie gelijk aan de actuele. Voor hogere waarden tot ca. 3000 per etmaal neemt de effectieve frequentie toe met de actuele maar minder dan recht evenredig. Boven de 3000 per etmaal neemt de effectieve frequentie zelfs af. Dit betekent dat de overweg veiliger wordt als er méér wegverkeer overheen gaat. Dit lijkt in tegenspraak met de intuïtie.

De verklaring is dat de snelheid van het wegverkeer afneemt als de frequentie toeneemt. Een lagere snelheid zorgt voor een lager risico (zie ook de modellering in [5]).
Voor reizigers op overpaden is de frequentie van reizigers die het overpad benutten van belang. Hierbij speelt een rol dat in sommige gevallen slechts een deel (bijvoorbeeld de helft) van de in- en uitstappende reizigers het overpad zal gebruiken. Dit is al in de verkeersgegevens verwerkt (zie [13]).



Figuur 3: Relatie tussen werkelijke en effectieve verkeersfrequentie

I.2.9 layout van de overweg en complexiteit van de situatie
De complexiteit van een **overweg** is van een groot aantal factoren afhankelijk. Hierbij moet gedacht worden aan de volgende zaken:

- Het aantal rijbanen per richting > 1;
- De aanwezigheid van een bocht in de weg die het zicht op de overweg beperkt;
- De aanwezigheid van een helling in de weg;
- Meer dan 2 wegen aan een kant van de overweg binnen een afstand van 25m van de overweg;
- De aanwezigheid van parallelwegen langs het spoor;
- De aanwezigheid van een VRI (VerkeersRegelInstallatie), al dan niet gekoppeld aan de overwegsignalering;
- De aard van het verkeer (bijvoorbeeld een groot aandeel van vrachtverkeer dat mogelijk meer problemen heeft met krappe bochten);
- De aanwezigheid van een complexe verkeerssituatie direct na de overweg, die ervoor kan zorgen dat het voertuig de sporen niet geheel vrijmaakt (bijvoorbeeld bij de overweg Slachthuisweg).

De complexiteit van een **overpad** heeft betrekking op:
- De markering van de overgang en de looproutes (hekwerken kunnen hier ook een rol in spelen)
- Objecten (b.v. gebouwtjes, borden, struiken) die de zichtbaarheid van de overgang belemmeren
- Breedte van de overgang in verhouding tot het aantal reizigers
- Helling naar overgang
- Helling op de overgang (verkant spoor)
- Kruisende bewegingen vlakbij het overpad van reizigersstromen gaande naar / komende van verschillende treinen

De complexiteit van de overgangen heeft uitsluitend betrekking op de risicogroep **voetgangers**.

Het is lastig om de verschillende factoren die de complexiteit beïnvloeden onderling te wegen. Vooralsnog houden we voor elke overweg dezelfde factor (i.e. een factor 1) aan voor de relatieve complexiteit van de situatie:

$$p_{complexiteit} = 1.$$

Een mogelijke uitbreiding van het model is, dat experts gevraagd zal worden om een score voor de complexiteit toe te kennen aan elke overweg. De aanname zal zijn dat deze scores lineair verband houden met de kans op een aanrijding.

$$p_{complexiteit} = \frac{\sum score\ van\ overwegen_{nieuw}}{\sum score\ van\ overwegen_{oud}}.$$

Om iets te kunnen zeggen over overwegen die nog geplaatst gaan worden, worden de complexiteitsfactoren vergeleken met de referentie-overweg.

Met name voor de overweg Slachthuisweg is de complexiteit van de overweg een belangrijke invloedsfactor. Bij deze overweg zorgt de combinatie van een lastige verkeerssituatie met bochten aan beide zijden en een relatief grote bijdrage van (zwaar en lang) vrachtverkeer voor extra risico. Dit blijkt ook uit de beschouwde ongevalscasuïstiek. Een mogelijke toekomstige uitbreiding van het model zou zijn om voor deze overweg een complexiteitsfactor groter dan 1 aan te nemen. Deze factor geldt dan voor de huidige en de toekomstige situatie. De factor is dan alleen van invloed op de weging van de risico's van de verschillende overwegen onderling. Overigens is de layout van de overweg Slachthuisweg in de afgelopen jaren al verbeterd.

I.2.10. De aanwezigheid van valhekken onder de overpadbomen
Bij de overpaden van de Hoekse Lijn zijn de overpadbomen inmiddels voorzien van valhekken (zie [29]), die bij het sluiten van de bomen de doorgang onder de bomen afsluiten. Deze valhekken zorgen voor een flinke reductie van het aantal incidenten met reizigers op overpaden waarbij de reiziger onder de overpadboom door gaat. Voor de beschrijving van deze invloed introduceren we een variabele $\varphi_{onder,overpad}$ voor de fractie incidenten op overpaden met oorzaak "onder bomen door". Op basis van de analyse van de casuïstiek in paragraaf 4.3 nemen we aan:

$$\varphi_{onder,overpad} = 0{,}56.$$

Ook introduceren we een variabele $\gamma_{hek,onder,overpad}$ voor de reductiefactor als gevolg van toepassing van valhekken met betrekking tot de kans op een incident op een overpad met als oorzaak "onder bomen door". De valhekken zullen de incidenten niet met 100% kans voorkomen (over de bomen klimmen is immers nog steeds mogelijk), maar er zal wel een drastische reductie optreden van de kans op een dergelijk incident. We nemen daarom aan dat de kans op een dergelijk incident met minimaal 80% afneemt, dus

$$\gamma_{hek,onder,overpad} = 0{,}2.$$

De reductie van 80% is een voorzichtige (en dus conservatieve) inschatting.

De factor voor de invloed van de valhekken op de kans op een aanrijding wordt dan als volgt:

$$p_{hekken} = \left(\varphi_{onder,overpad} \cdot \gamma_{hek,onder,overpad}\right) + (1 - \varphi_{onder,overpad}).$$

Deze formule is alleen van toepassing op reizigers op overpaden. Sommige overpaden worden in de praktijk ook door langzaam verkeer gebruikt. Het effect op deze risicogroep verwaarlozen we, mede omdat uit de casuïstiek blijkt dat het aandeel van deze incidenten voor langzaam verkeer op overwegen beperkt is (zie paragraaf 4.3). Bovendien is het voor een fietser aanzienlijk moeilijker om onder de overpadboom door te gaan, ook als deze geen valhekken heeft.

I.2.11. Het weghalen en toevoegen van overwegen

Het totale risicomodel houdt rekening met het toevoegen en verwijderen van overwegen. Voorwaarde is wel dat de nieuwe overwegen voldoende overeenkomen met de overwegen die reeds aanwezig zijn op de Hoekse Lijn. Eventuele verschillen kunnen dan relatief beschreven worden met de onderdeelfactoren.

Bijlage II Uitwerking invloed massa bij aanrijdingen

Bij botsingen is de massa of massaverhouding van de betrokken voertuigen van belang voor de gevolgen van de botsing.

Deze analyse probeert antwoord te geven op de vraag of een botsing van een conventionele trein met een wegvoertuig andere gevolgen heeft voor de betrokken partijen als een botsing van een wegvoertuig met een light-railvoertuig. De betrokken partijen zijn in dit geval de inzittenden van de trein, i.e. treinpersoneel en passagiers en eventuele overweggebruikers (i.e. langzaam en snel verkeer).

Het model is bedoeld om een inschatting te maken van de verschillen tussen de beide situaties en is een sterke vereenvoudiging van de werkelijkheid. Het resultaat is relatief en geeft inzicht in hoe gevolgen van de twee type botsingen zich tot elkaar verhouden. Het is niet bedoeld om absolute gevolgen van aanrijdingen te bestuderen.

In het model wordt aangenomen dat een trein met massa m_{trein} die voortbeweegt met snelheid v_1 een hoeveelheid kinetische energie heeft van

$$E_1 = \frac{1}{2} \cdot m_{trein} \cdot v_1^{\,2}$$

Na de botsing zullen de trein en het wegvoertuig met massa $m_{wegvoertuig}$ gezamenlijk verder gaan met een nieuwe snelheid v_2. Deze nieuwe configuratie heeft een energie:

$$E_2 = \frac{1}{2} \cdot \left(m_{trein} + m_{wegvoertuig}\right) \cdot v_2^{\,2}$$

Bij een botsing zal normaal gesproken een gedeelte van de kinetische energie van de trein worden gebruikt voor vervorming en opwarming. Dit is lastig in kaart te brengen, omdat zaken als materiaal en constructie van de betrokken voertuigen een rol spelen. In de werkelijkheid zijn deze zaken samen met de versnelling/vertraging een maat voor de gevolgen van een botsing. De vervorming en opwarming zullen gedeeltelijk buiten beschouwing worden gelaten. Wel zal rekening worden gehouden met een kreukelzone omdat het niet mogelijk is om een stilstaand voertuig instantaan van 0 km/h naar v_2 te brengen. Deze kreukelzone kost in dit model echter geen energie. Er kan gesteld worden dat in dit model de energie die normaal gesproken wordt gebruikt voor indeuken en opwarmen nu gaat zitten in de versnelling. Eventuele versnellingen die uit dit model worden afgeleid zullen dus anders zijn dan die in de werkelijkheid verwacht mogen worden. Er is indeuk/opwarmenergie geruild voor acceleratie/vertragingsenergie.

Er wordt aangenomen dat de kinetisch energie voor en na de botsing hetzelfde zijn:

$$E_1 = E_2 \Rightarrow \frac{1}{2} \cdot m_{trein} \cdot v_1^{\,2} = \frac{1}{2} \cdot \left(m_{trein} + m_{wegvoertuig}\right) \cdot v_2^{\,2}$$

Nu kan v_2 bepaald worden:

$$v_2 = \frac{\sqrt{\left(m_{trein} + m_{wegvoertuig}\right) \cdot m_{trein}} \cdot v_1}{m_{trein} + m_{wegvoertuig}}$$

Er wordt een zekere lengte van de kreukelzone verondersteld (X). Deze kreukelzone is nodig om de trein van v_1 naar v_2 te brengen en het wegvoertuig van 0 naar v_2.

$$X = v_1 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2 = v_1 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot \left(v_2 - v_1\right) \cdot t = v_1 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{\sqrt{\left(m_{trein} + m_{wegvoertuig}\right) \cdot m_{trein}} \cdot v_1}{m_{trein} + m_{wegvoertuig}} - v_1 \right) \cdot t$$

Hieruit volgt dat geldt voor:

$$t = \frac{2 \cdot X \cdot \left(m_{trein} + m_{wegvoertuig}\right)}{v_1 \cdot \left(m_{trein} + m_{wegvoertuig} + \sqrt{\left(m_{trein} + m_{wegvoertuig}\right) \cdot m_{trein}}\right)}$$

Eerst wordt gekeken naar de gevolgen voor een wegvoertuig met variërende onbekende massa. De tijd t die nodig is om het voertuig van 0 naar v_2 te brengen kan berekend worden voor situaties waar gebotst wordt met een heavyrail trein en een lightrail trein. Als deze tijd bekend is kan de versnelling en dus de gevolgen die het voertuig ondergaat berekend worden.

En geldt voor de versnelling:

$$a_{wegvoertuig} = \frac{v_2 - 0}{t} = \frac{\frac{\sqrt{\left(m_{trein} + m_{wegvoertuig}\right) \cdot m_{trein}} \cdot v_1}{m_{trein} + m_{wegvoertuig}} - 0}{t}$$

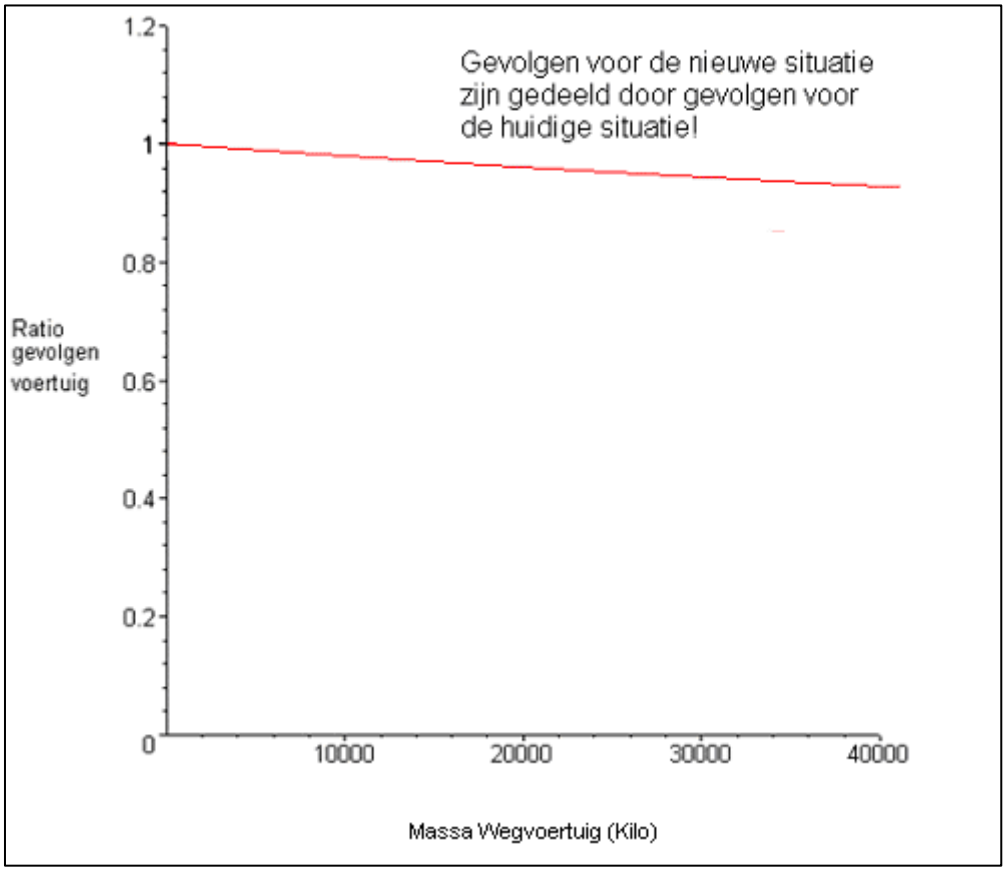
Deze versnellingen is een maat voor de gevolgen van een aanrijding en deze kan berekend worden voor situaties met treinen van bijvoorbeeld 150.000 kilo en 65.000 kilo.

Door de versnellingen op elkaar te delen kunnen de twee situaties met elkaar vergeleken worden.

$$\text{Ratio Gevolgen} = \frac{a_{wegvoertuig}\,(m_{trein} = 150000)}{a_{wegvoertuig}\,(m_{trein} = 65000)}.$$

Dit levert een formule voor de “gevolgen ratio” op waarin alleen de massa van het wegvoertuig nog voorkomt. De kreukelzone X en de beginsnelheid v_1 zijn verdwenen. Er worden dus situaties vergeleken bij gelijke beginsnelheid van de trein en er wordt vanuit gegaan dat de totale kreukelzone (trein+voertuig) niet wijzigt.

Dit is in een grafiek gezet.



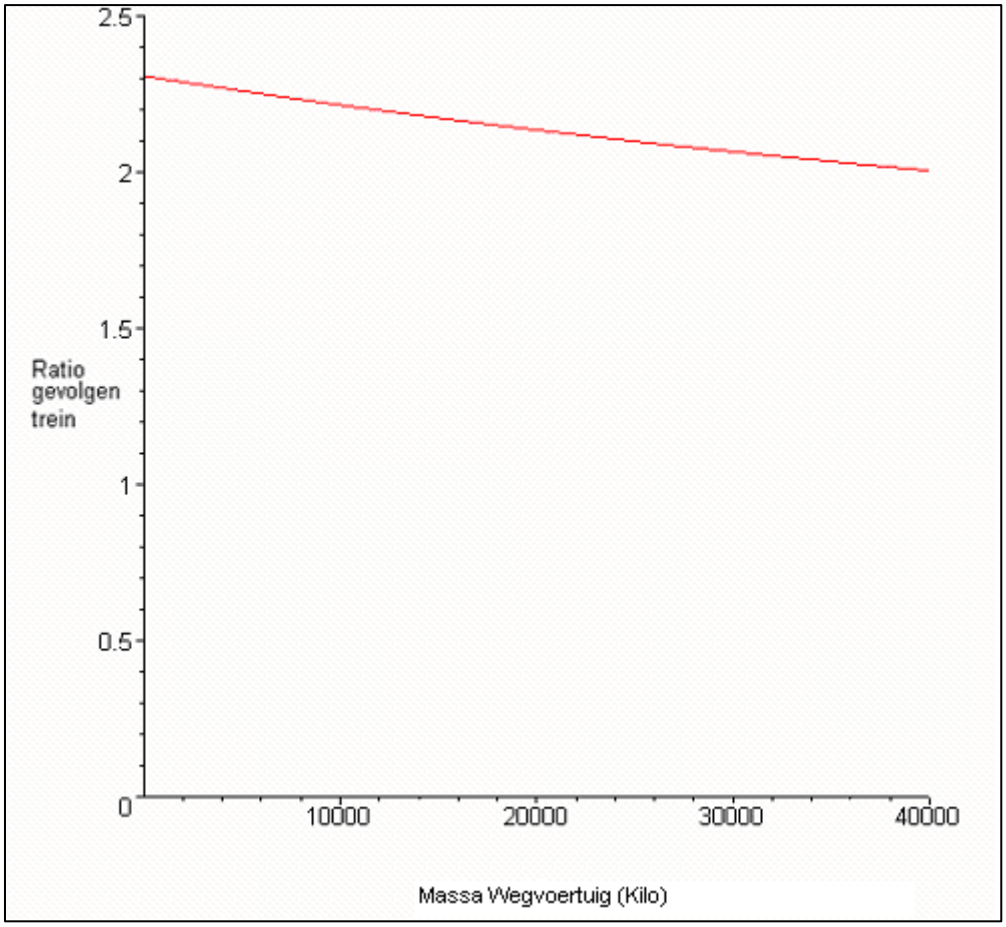
De grafiek laat zien dat het dus niet uitmaakt of wegverkeer op een overweg door een zware of een lichte trein wordt aangereden. Er is alleen een lichte verbetering van ongeveer 10% te zien voor hele zware voertuigen die geraakt worden zodanig dat de trein het volle gewicht treft.

De gevolgen voor de inzittenden van de trein zijn ook vergeleken. Zij ondergaan een andere versnelling, namelijk van v_1 naar v_2.

Er geldt dan:

$$a_{trein} = \frac{v_2 - v_1}{t} = \frac{\frac{\sqrt{\left(m_{trein} + m_{wegvoertuig}\right) \cdot m_{trein}} \cdot v_1}{m_{trein} + m_{wegvoertuig}} - v_1}{t}$$

Op analoge wijze aan de eerder getoonde analyse kan nu ook een “gevolgen-ratio”-grafiek verkregen worden voor de inzittenden van de trein.



Hieraan is duidelijk te zien dat de gevolgen voor de mensen in de trein, afhankelijk van het aan te rijden voertuig tussen de 2 en 2,5 keer zo groot zijn.

Bovenstaande factoren zijn bepaald op basis van een treinmassa van circa 150 ton en een massa van het metrovoertuig van circa 65 ton, dus met een enkel treinstel en een enkel metrostel (zie paragraaf 5.4). Als we in plaats daarvan zowel voor de trein als de metro rekenen met dubbele stellen, is de verandering van de factoren (1 voor wegverkeer en 2,5 voor inzittenden) slechts beperkt.

Bijlage III Overzicht overwegen en overpaden

Deze bijlage bevat een overzicht van de huidige (i.e. situatie in peiljaar 2014) en toekomstige overwegen en overpaden van de Hoekse Lijn. Deze lijst is voor een groot deel gebaseerd op het overzicht in [8], waar nodig aangevuld of bijgewerkt met informatie uit de RET-factsheet [27].

Bij deze lijst is ervan uitgegaan dat de verkeersintensiteit op de overweg Nieuw Oranjekanaal (een dienstweg voor de Maeslantkering, ongeveer ter hoogte van km 19) verwaarloosbaar is, zowel in de huidige als de toekomstige situatie. Deze overweg wordt in de analyse dus niet beschouwd. Verder is het uitgangspunt dat het eerder geplande station Oranjebuitenpolder niet gerealiseerd zal worden.

symbolen	km (bron[16])	locatie	status	beveiliging	opmerkingen
O_1, OT_1	4.535 (OBE)	Boslaan, Vlaardingen	openbare overweg, langzaam verkeer	AOB	overweg wordt verwijderd
O_2, OT_2	5.331 (SSP)	Oosthavenkade, Vlaardingen	openbare overweg	AHOB	
O_3, OT_3	5.423 (SSP)	Westhavenkade, Vlaardingen	openbare overweg	AHOB	
O_4, OT_4	5.538 (SSP)[17]	station Vlaardingen-Centrum	reizigers-overpad	AOB	
O_5, OT_5	6.026 (SSP)	Wagnerstraat / Van Beethovensingel, Vlaardingen	openbare overweg	AHOB	
O_6, OT_6	7.078 (SSP)	Marathonweg, Vlaardingen	openbare overweg	AHOB	overweg wordt gesaneerd
O_7, OT_7	7.729 (SSP)[18]	station Vlaardingen-West	openbare overweg, enkel voetpad[19]	AOB	
O_8, OT_8	10.176 (SSP)	recreatiepad, Maassluis	openbare overweg, langzaam verkeer	AOB	
-	10.342 (SSP)	boerenoverpad	niet openbare overweg	hekken	overweg niet meegenomen in analyse, overweg wordt gesaneerd
O_9, OT_9	11.732 (SSP)	Prinses Julianalaan / Vlaardingse Dijk, Maassluis	openbare overweg	AHOB	
O_{10}, OT_{10}	12.188 (SSP)	station Maassluis	reizigers-overpad	AOB	
O_{11}, OT_{11}	12.454 (SSP)	Burg. De Jonghkade / Deltaweg, Maassluis	openbare overweg	AHOB	

[16] OBE = OBE-bladen ProRail [16], SSP = statisch snelheidsprofiel metrobeveiliging (zie [27]), ontwerp = ontwerp toekomstige overwegen RET [33].
[17] In de ProRail-situatie ligt dit overpad op km 5.470 (volgens de OBE-bladen).
[18] In de ProRail-situatie ligt dit overpad op km 7.767 (volgens de OBE-bladen).
[19] Dit voetpad wordt ook door ander langzaam verkeer gebruikt.

O_{12}, OT_{12}	12.671 (SSP)	Maasweg, Maassluis	openbare overweg	AHOB	
O_{13}, OT_{13}	13.730 (SSP)[20]	station Maassluis-West	openbare overweg, langzaam verkeer	AOB	
O_{14}, OT_{14}	15.615 (SSP)	Schenkeldijk, Hoek van Holland	openbare overweg	AHOB	
-	16.349 (OBE)	privé-overpad / boerenoverpad	niet openbare overweg	hekken	overweg niet meegenomen in analyse, overweg wordt gesaneerd
-	17.763 (SSP)	Polderhaakweg	niet openbare overweg	hekken	overweg niet meegenomen in analyse, overweg wordt gesaneerd
-	19.112 (SSP)	WILO Nieuw Oranjekanaal	niet openbare overweg	WILO	overweg niet meegenomen in analyse, overweg wordt gesaneerd
O_{15}, OT_{15}	21.393 (SSP)	Slachthuisweg, Hoek van Holland	openbare overweg	AHOB	
O_{16}, OT_{16}	23.100 (OBE)	station Hoek van Holland-Haven	openbare overweg, langzaam verkeer	2014: AKI; toekomstig: AOB	vervalt als zelfstandig overpad, overpad-functie op overwegen naast station
O_{17}, OT_{17}	23.220 (OBE)	Stationsweg, Hoek van Holland	openbare overweg	AHOB	
OT_{18}	14.897 (SSP)	station Steendijkpolder, Maassluis	reizigers-overpad	AOB (zie [13])	nieuw
OT_{19}	24.005 (ontwerp)	Strandweg, Hoek van Holland	openbare overweg	AHOB	nieuw
OT_{20}	24.3	Paviljoensweg, Hoek van Holland	niet openbare overweg, vervallen in nieuw ontwerp Hoekse Lijn	n.v.t.	vervallen
OT_{21}	24.447 (ontwerp)	Strandboulevard, Hoek van Holland	openbare overweg	AHOB	nieuw

[20] In de ProRail-situatie ligt dit overpad op km 13.708 (volgens de OBE-bladen).

Bijlage IV Informatie uit rapport overwegen RandstadRail

In de modellering wordt op enkele punten gebruik gemaakt van modelaspecten die zijn ontleend aan het model voor het overwegrisico voor RandstadRail (zie [4]). In deze bijlage worden de belangrijkste gegevens uit [4] geciteerd, waar nodig enigszins bewerkt. Het doel van deze bijlage is om het rapport beter op zichzelf leesbaar te maken.

[begin citaat [4], paragraaf 5.2.2]

Een incident heeft een bepaalde kans op ontsporing. We nemen aan dat incidenten met de volgende weggebruikers geen ontsporing tot gevolg hebben:
- voetganger;
- fietser;
- dier;
- bromfiets;
- motor;
- scooter.

De kans op ontsporing bij een incident met de overige weggebruikers kan als volgt afgeschat worden:
- Uit [19] volgt dat er in de periode 1981 tot 1995 in totaal 33 ontsporingen met heavy rail na incidenten op overwegen zijn geweest. Dit zijn er gemiddeld 2,2 per jaar.
- Uit de ProRail database is de volgende selectie gemaakt:
  - periode: 1991 tot en met 2000;
  - aard onregelmatigheid: botsing met trein (alle categorieën);
  - exclusief de hierboven genoemde weggebruikers;
  - exclusief zelfdodingen.

  Uit deze selectie volgen 948 incidenten, dit zijn gemiddeld 95 incidenten per jaar.
- Hieruit kan geschat worden dat de kans op een ontsporing na een incident met gemotoriseerd wegverkeer voor heavy rail 0,023 is.

Voor RR-rail wordt deze kans 4 keer zo hoog ingeschat (zie [19], figuur 1). Een ontsporing heeft vervolgens een voorwaardelijke kans op escalatie. Bij een geëscaleerde ontsporing is er vervolgens een kans dat een reiziger overlijdt. De uiteindelijke mortaliteit berekenen we door de onderstaande factoren met elkaar te vermenigvuldigen.

Tabel 12 Parameters voor het berekenen van de mortaliteit voor reizigers

Parameter	Waarde	Bron
P(ontsporing|incident) voor heavy Rail	0,023	incidentgegevens ProRail, [19]
Omrekenfactor heavy rail -> RR-rail	4	[19]
P(escalatie|ontsporing)	0,12	[19]
P(overlijden|geëscaleerde ontsporing) voor heavy rail	0,004	[19]
Correctiefactor light rail voor overlijdenskans	2*)	[20]

*) De factor 2 drukt uit dat de overlijdenskans gegeven een geëscaleerde ontsporing in een light-rail-voertuig tweemaal zo groot is als in een trein.

[einde citaat [4], paragraaf 5.2.2]

Bijlage V Modelresultaten per risicogroep

Deze bijlage bevat per risicogroep de resultaten van het risicomodel per overweg en overpad, zowel voor de huidige als voor de toekomstige situatie. Hierbij zijn de autonome ontwikkelingen in het wegverkeer niet meegenomen. Verder is het uitgangspunt gehanteerd dat de overweg Marathonweg in Vlaardingen wordt verwijderd. De resultaten geven de risico's weer voor alle personen in de betreffende risicogroep samen.

In de tabellen is steeds de referentie-overweg (of het referentie-overpad) voor die risicogroep door middel van een dikke rand van de kolom weergegeven.

Reizigers op overpaden

2014

Overweg	km 4.5, Boslaan, Vlaardingen	km 5.3, Oosthavenkade, Vlaardingen	km 5.4, Westhavenkade, Vlaardingen	km 5.5, station Vlaardingen-Centrum	km 6.0, Wagnerstraat, Vlaardingen	km 7.0, Marathonweg, Vlaardingen	km 7.7, station Vlaardingen-West	km 10.1, recreatiepad, Maassluis	km 11.7, Prinses Julianalaan, Maassluis	km 12.1, station Maassluis	km 12.4, Burg. De Jonghkade / Deltaweg, Maassluis	km 12.6, Maasweg, Maassluis	km 13.7, station Maassluis-West	km 15.6, Schenkeldijk, Hoek van Holland	km 21.3, Slachthuisweg, Hoek van Holland	km 23.1, station Hoek van Holland-Haven	km 23.2, Stationsweg, Hoek van Holland					TOTAAL RISICO
Overweg	O1	O2	O3	O4	O5	O6	O7	O8	O9	O10	O11	O12	O13	O14	O15	O16	O17	O18	O19	O20	O21	
remvertraging	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1					
zichttijd	1,4	8,2	12,0	12,1	2,3	1,1	29,2	1,1	3,3	46,1	3,9	1,5	18,2	1,3	1,1	13,2	19,2					
baanvaksnelheid	22,9	16,9	14,5	14,4	22,0	30,6	8,2	36,1	21,0	5,6	20,4	25,1	11,5	36,1	31,7	13,9	11,1					
treinmassa	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1					
treinfrequentie	160	160	160	80	132	132	132	132	132	66	132	132	132	80	80	50	50					
wegfrequentie	0	0	0	4697	0	0	1215	0	0	2968	0	0	1086	0	0	932	0					
complexiteit	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1					
wachttijden	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1					
# reizigers per trein	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000					
materieelsterkte	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1					
ontsporingskans	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1					
escalatiekans	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1					
valhekken				1			1			1			1			1						
kans	0	0	0	1	0	0	0,22	0	0	0,18	0	0	0,29	0	0	0,12	0					
gevolgen	1,3	1,3	1,0	1	1,3	1,3	0,3	1,3	1,3	0,15	1,3	1,3	0,64	1,3	1,3	0,92	0,6					
Risico 2014 (Rn)	0	0	0	1	0	0	0,07	0	0	0,03	0	0	0,18	0	0	0,11	0					1,4

2025

Overweg	km 4.5, Boslaan, Vlaardingen	km 5.3, Oosthavenkade, Vlaardingen	km 5.4, Westhavenkade, Vlaardingen	km 5.5, station Vlaardingen-Centrum	km 6.0, Wagnerstraat, Vlaardingen	km 7.0, Marathonweg, Vlaardingen	km 7.7, station Vlaardingen-West	km 10.1, recreatiepad, Maassluis	km 11.7, Prinses Julianalaan, Maassluis	km 12.1, station Maassluis	km 12.4, Burg. De Jonghkade / Deltaweg, Maassluis	km 12.6, Maasweg, Maassluis	km 13.7, station Maassluis-West	km 15.6, Schenkeldijk, Hoek van Holland	km 21.3, Slachthuisweg, Hoek van Holland	km 23.1, station Hoek van Holland-Haven	km 23.2, Stationsweg, Hoek van Holland	km 14,9, station Steendijkpolder, Maassluis	km 24,0, Strandweg	km 24,3, Paviljoensweg	km 24,4, Strandboulevard	TOTAAL RISICO
Overweg	O1	O2	O3	O4	O5	O6	O7	O8	O9	O10	O11	O12	O13	O14	O15	O16	O17	O18	O19	O20	O21	
remvertraging	-3,2	-3,2	-3,2	-3,2	-3,2	-3,2	-3,2	-3,2	-3,2	-3,2	-3,2	-3,2	-3,2	-3,2	-3,2	-3,2	-3,2	-3,2	-3,2	-3,2	-3,2	
zichttijd	1,4	10,6	13,1	22,2	8,9	5,4	24,3	5,5	10,3	32,3	9,5	7,4	16,4	6,4	5,5	17,3	12,6	15,6	13,2	8,7	8,7	
baanvaksnelheid	0,0	19,7	17,1	11,3	21,9	27,6	10,4	27,6	20,1	8,1	21,1	24,2	14,4	25,8	27,5	13,9	17,6	15,0	17,0	22,2	22,2	
treinmassa	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
treinfrequentie	0	264	264	132	264	264	264	204	204	102	204	204	204	102	102	102	102	204	102	0	102	
wegfrequentie	0	0	0	7288	0	0	2269	0	0	5005	0	0	2008	0	0	1362	0	592	0	0	0	
complexiteit	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
wachttijden	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
# reizigers per trein	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	
materieelsterkte	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
ontsporingskans	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
escalatiekans	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
valhekken				0,56			0,56			0,56			0,56			0,56		0,56				FASE 1:
																						1,8
kans	0	0	0	1,0	0	0	0,6	0	0	0,4	0	0	0,6	0	0	0,2	0	0,2	0	0	0	
gevolgen	0,0	1,3	1,3	0,6	1,3	1,3	0,5	1,3	1,3	0,3	1,3	1,3	1,0	1,3	1,3	0,9	1,3	1,1	1,3	1,3	1,3	TOTAAL:
Risico 2025 (RTn)	0	0	0	0,6	0	0	0,3	0	0	0,1	0	0	0,6	0	0	0,2	0	0,2	0	0	0	2,0

Langzaam verkeer op overwegen

2014

Overweg	km 4.5, Boslaan, Vlaardingen	km 5.3, Oosthavenkade, Vlaardingen	km 5.4, Westhavenkade, Vlaardingen	km 5.5, station Vlaardingen-Centrum	km 6.0, Wagnerstraat / Van Beethovensingel, Vlaardingen	km 7.0, Marathonweg, Vlaardingen	km 7.7, station Vlaardingen-West	km 10.1, recreatiepad, Maassluis	km 11.7, Prinses Julianalaan, Maassluis	km 12.1, station Maassluis	km 12.4, Burg. De Jonghkade / Deltaweg, Maassluis	km 12.6, Maasweg, Maassluis	km 13.7, station Maassluis-West	km 15.6, Schenkeldijk, Hoek van Holland	km 21.3, Slachthuisweg, Hoek van Holland	km 23.1, station Hoek van Holland-Haven	km 23.2, Stationsweg, Hoek van Holland					TOTAAL RISICO
Overweg	O1	O2	O3	O4	O5	O6	O7	O8	O9	O10	O11	O12	O13	O14	O15	O16	O17	O18	O19	O20	O21	
remvertraging	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1					
zichttijd	1,4	8,2	12,0	12,1	2,3	1,1	29,2	1,1	3,3	46,1	3,9	1,5	18,2	1,3	1,1	13,2	19,2					
baanvaksnelheid	22,9	16,9	14,5	14,4	22,0	30,6	8,2	36,1	21,0	5,6	20,4	25,1	11,5	36,1	31,7	13,9	11,1					
treinmassa	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1					
treinfrequentie	160	160	160	80	132	132	132	132	132	66	132	132	132	80	80	50	50					
wegfrequentie	900	1450	1953	0	1800	1620	360	300	800	0	1450	1600	1500	80	220	20	120					
complexiteit	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1					
wachttijden	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1					
# reizigers per trein	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000					
materieelsterkte	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1					
ontsporingskans	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1					
escalatiekans	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1					
kans	1,09	1	1,1	0	1,5	2,3	0,09	0,51	0,6	0	1,1	1,7	0,6	0,08	0,2	0,003	0,02					
gevolgen	1	1	0,76	0,75	1	1	0,24	1	1	0,11	1	1	0,5	1	1	0,7	0,44					
Risico 2014 (Rn)	1,09	1	0,9	0	1,5	2,3	0,02	0,51	0,6	0	1,1	1,7	0,3	0,08	0,2	0,002	0,01					11,3

2025

Overweg	km 4.5, Boslaan, Vlaardingen	km 5.3, Oosthavenkade, Vlaardingen	km 5.4, Westhavenkade, Vlaardingen	km 5.5, station Vlaardingen-Centrum	km 6.0, Wagnerstraat, Vlaardingen	km 7.0, Marathonweg, Vlaardingen	km 7.7, station Vlaardingen-West	km 10.1, recreatiepad, Maassluis	km 11.7, Prinses Julianalaan, Maassluis	km 12.1, station Maassluis	km 12.4, Burg. De Jonghkade / Deltaweg, Maassluis	km 12.6, Maasweg, Maassluis	km 13.7, station Maassluis-West	km 15.6, Schenkeldijk, Hoek van Holland	km 21.3, Slachthuisweg, Hoek van Holland	km 23.1, station Hoek van Holland-Haven	km 23.2, Stationsweg, Hoek van Holland	km 14,9, station Steendijkpolder, Maassluis	km 24,0, Strandweg	km 24,3, Paviljoensweg	km 24,4, Strandboulevard	TOTAAL RISICO
Overweg	O1	O2	O3	O4	O5	O6	O7	O8	O9	O10	O11	O12	O13	O14	O15	O16	O17	O18	O19	O20	O21	
remvertraging	-3,2	-3,2	-3,2	-3,2	-3,2	-3,2	-3,2	-3,2	-3,2	-3,2	-3,2	-3,2	-3,2	-3,2	-3,2	-3,2	-3,2	-3,2	-3,2	-3,2	-3,2	
zichttijd	1,4	10,6	13,1	22,2	8,9	5,4	24,3	5,5	10,3	32,3	9,5	7,4	16,4	6,4	5,5	17,3	12,6	15,6	13,2	8,7	8,7	
baanvaksnelheid	0,0	19,7	17,1	11,3	21,9	27,6	10,4	27,6	20,1	8,1	21,1	24,2	14,4	25,8	27,5	13,9	17,6	15,0	17,0	22,2	22,2	
treinmassa	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
treinfrequentie	0	264	264	132	264	264	264	204	204	102	204	204	204	102	102	102	102	204	102	0	102	
wegfrequentie	900	1450	1953	0	1800	0	360	300	800	0	1450	1600	1500	80	220	20	120	0	300	0	500	
complexiteit	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
wachttijden	1	0,7	0,775	1	0,7	1	1	1	0,775	1	0,7	0,7	1	1	0,925	1	1	1	1	1	1	
# reizigers per trein	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	
materieelsterkte	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
ontsporingskans	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
escalatiekans	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	FASE 1:
																						9,6
kans	0	1,3	1,7	0	1,8	0,0	0,2	0,4	0,6	0	1,1	1,4	1,1	0,05	0,15	0,007	0,05	0	0,1	0	0,3	
gevolgen	0,0	1,0	1,0	0,46	1,0	1,0	0,4	1,0	1,0	0,23	1,0	1,0	0,8	1,0	1,0	0,7	1,0	0,81	1,0	1,0	1,0	TOTAAL:
Risico 2025 (RTn)	0,0	1,3	1,7	0	1,8	0,0	0,1	0,4	0,6	0	1,1	1,4	0,8	0,05	0,15	0,005	0,05	0	0,1	0	0,3	10,1

Snelverkeer op overwegen

2014

Overweg	km 4.5, Boslaan, Vlaardingen	km 5.3, Oosthavenkade, Vlaardingen	km 5.4, Westhavenkade, Vlaardingen	km 5.5, station Vlaardingen-Centrum	km 6.0, Wagnerstraat, Vlaardingen	km 7.0, Marathonweg, Vlaardingen	km 7.7, station Vlaardingen-West	km 10.1, recreatiepad, Maassluis	km 11.7, Prinses Julianalaan, Maassluis	km 12.1, station Maassluis	km 12.4, Burg. De Jonghkade / Deltaweg, Maassluis	km 12.6, Maasweg, Maassluis	km 13.7, station Maassluis-West	km 15.6, Schenkeldijk, Hoek van Holland	km 21.3, Slachthuisweg, Hoek van Holland	km 23.1, station Hoek van Holland-Haven	km 23.2, Stationsweg, Hoek van Holland					TOTAAL RISICO
Overweg	O1	O2	O3	O4	O5	O6	O7	O8	O9	O10	O11	O12	O13	O14	O15	O16	O17	O18	O19	O20	O21	
remvertraging	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1					
zichttijd	7,0	15,9	21,0	21,1	8,2	2,0	45,1	2,0	9,5	69,5	10,3	4,5	29,5	2,3	2,0	22,6	30,9					
baanvaksnelheid	22,9	16,9	14,5	14,4	22,0	30,6	8,2	36,1	21,0	5,6	20,4	25,1	11,5	36,1	31,7	13,9	11,1					
treinmassa	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1					
treinfrequentie	160	160	160	80	132	132	132	132	132	66	132	132	132	80	80	50	50					
wegfrequentie	0	1100	1115	0	710	400	0	0	1015	0	990	1080	0	20	830	--	550					
complexiteit	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1					
wachttijden	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1					
# reizigers per trein	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000					
materieelsterkte	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1					
ontsporingskans	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1					
escalatiekans	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1					
kans	0	1	0,8	0	0,8	1,4	0	0	1,1	0	1,0	1,9	0	0,05	1,8	0	0,09					
gevolgen	1,9	1	0,7	0,7	1,8	3,6	0,23	5,3	1,6	0,11	1,5	2,4	0,5	5,3	3,9	0,7	0,4					
Risico 2014 (Rn)	0	1	0,6	0	1,5	5,0	0	0	1,7	0	1,5	4,5	0	0,24	7,0	0	0,04					23,0

2025

Overweg	km 4.5, Boslaan, Vlaardingen	km 5.3, Oosthavenkade, Vlaardingen	km 5.4, Westhavenkade, Vlaardingen	km 5.5, station Vlaardingen-Centrum	km 6.0, Wagnerstraat, Vlaardingen	km 7.0, Marathonweg, Vlaardingen	km 7.7, station Vlaardingen-West	km 10.1, recreatiepad, Maassluis	km 11.7, Prinses Julianalaan, Maassluis	km 12.1, station Maassluis	km 12.4, Burg. De Jonghkade / Deltaweg, Maassluis	km 12.6, Maasweg, Maassluis	km 13.7, station Maassluis-West	km 15.6, Schenkeldijk, Hoek van Holland	km 21.3, Slachthuisweg, Hoek van Holland	km 23.1, station Hoek van Holland-Haven	km 23.2, Stationsweg, Hoek van Holland	km 14,9, station Steendijkpolder, Maassluis	km 24,0, Strandweg	km 24,3, Paviljoensweg	km 24,4, Strandboulevard	TOTAAL RISICO
Overweg	O1	O2	O3	O4	O5	O6	O7	O8	O9	O10	O11	O12	O13	O14	O15	O16	O17	O18	O19	O20	O21	
remvertraging	-3,2	-3,2	-3,2	-3,2	-3,2	-3,2	-3,2	-3,2	-3,2	-3,2	-3,2	-3,2	-3,2	-3,2	-3,2	-3,2	-3,2	-3,2	-3,2	-3,2	-3,2	
zichttijd	7,0	17,2	20,7	33,8	14,8	10,1	36,8	10,2	16,7	48,4	15,6	12,8	25,4	11,4	10,2	26,7	19,9	24,3	20,8	14,5	14,5	
baanvaksnelheid	0,0	19,7	17,1	11,3	21,9	27,6	10,4	27,6	20,1	8,1	21,1	24,2	14,4	25,8	27,5	13,9	17,6	15,0	17,0	22,2	22,2	
treinmassa	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
treinfrequentie	0	264	264	132	264	264	264	204	204	102	204	204	204	102	102	102	102	204	102	0	102	
wegfrequentie	0	1100	1115	0	710	0	0	0	1015	0	990	1080	0	20	830	0	550	0	1005	0	1115	
complexiteit	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
wachttijden	1	0,7	0,775	1	0,7	1	1	1	0,775	1	0,7	0,7	1	1	0,925	1	1	1	1	1	1	
# reizigers per trein	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	
materieelsterkte	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
ontsporingskans	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
escalatiekans	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	FASE 1:
																						12,6
kans	0	1,3	1,2	0	1,0	0,0	0	0	1,1	0	1,0	1,3	0	0,02	0,8	0	0,3	0	0,6	0	0,9	
gevolgen	0,0	1,4	1,0	0,4	1,7	2,7	0,38	2,7	1,4	0,23	1,6	2,0	0,7	2,3	2,6	0,67	1,1	0,8	1,0	1,7	1,7	TOTAAL:
Risico 2025 (RTn)	0	1,8	1,3	0	1,6	0,0	0	0	1,5	0	1,6	2,7	0	0,04	2,1	0	0,3	0	0,6	0	1,5	15,0

Reizigers in trein / light-railvoertuig

2014

Overweg	km 4.5, Boslaan, Vlaardingen	km 5.3, Oosthavenkade, Vlaardingen	km 5.4, Westhavenkade, Vlaardingen	km 5.5, station Vlaardingen-Centrum	km 6.0, Wagnerstraat, Vlaardingen	km 7.0, Marathonweg, Vlaardingen	km 7.7, station Vlaardingen-West	km 10.1, recreatiepad, Maassluis	km 11.7, Prinses Julianalaan, Maassluis	km 12.1, station Maassluis	km 12.4, Burg. De Jonghkade / Deltaweg, Maassluis	km 12.6, Maasweg, Maassluis	km 13.7, station Maassluis-West	km 15.6, Schenkeldijk, Hoek van Holland	km 21.3, Slachthuisweg, Hoek van Holland	km 23.1, station Hoek van Holland-Haven	km 23.2, Stationsweg, Hoek van Holland					TOTAAL RISICO
Overweg	O1	O2	O3	O4	O5	O6	O7	O8	O9	O10	O11	O12	O13	O14	O15	O16	O17	O18	O19	O20	O21	
remvertraging	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1					
zichttijd	7,0	15,9	21,0	21,1	8,2	2,0	45,1	2,0	9,5	69,5	10,3	4,5	29,5	2,3	2,0	22,6	30,9					
baanvaksnelheid	22,9	16,9	14,5	14,4	22,0	30,6	8,2	36,1	21,0	5,6	20,4	25,1	11,5	36,1	31,7	13,9	11,1					
treinmassa	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1					
treinfrequentie	160	160	160	80	132	132	132	132	132	66	132	132	132	80	80	50	50					
wegfrequentie	0	1100	1115	0	710	400	0	0	1015	0	990	1080	0	20	830	--	550					
complexiteit	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1					
wachttijden	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1					
# reizigers per trein	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000					
materieelsterkte	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1					
ontsporingskans	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1					
escalatiekans	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1					
kans	0	1	0,8	0	0,8	1,4	0	0	1,1	0	1,0	1,9	0	0,05	1,8	0	0,1					
gevolgen	1,9	1	0,7	0,73	1,8	3,6	0,23	5,3	1,6	0,11	1,5	2,4	0,46	5,3	3,9	0,7	0,4					
Risico 2014 (Rn)	0	1	0,6	0	1,5	5,0	0	0	1,7	0	1,5	4,5	0	0,24	7,0	0	0,04					23,0

2025

Overweg	km 4.5, Boslaan, Vlaardingen	km 5.3, Oosthavenkade, Vlaardingen	km 5.4, Westhavenkade, Vlaardingen	km 5.5, station Vlaardingen-Centrum	km 6.0, Wagnerstraat, Vlaardingen	km 7.0, Marathonweg, Vlaardingen	km 7.7, station Vlaardingen-West	km 10.1, recreatiepad, Maassluis	km 11.7, Prinses Julianalaan, Maassluis	km 12.1, station Maassluis	km 12.4, Burg. De Jonghkade / Deltaweg, Maassluis	km 12.6, Maasweg, Maassluis	km 13.7, station Maassluis-West	km 15.6, Schenkeldijk, Hoek van Holland	km 21.3, Slachthuisweg, Hoek van Holland	km 23.1, station Hoek van Holland-Haven	km 23.2, Stationsweg, Hoek van Holland	km 14,9, station Steendijkpolder, Maassluis	km 24,0, Strandweg	km 24,3, Paviljoensweg	km 24,4, Strandboulevard	TOTAAL RISICO
Overweg	O1	O2	O3	O4	O5	O6	O7	O8	O9	O10	O11	O12	O13	O14	O15	O16	O17	O18	O19	O20	O21	
remvertraging	-3,2	-3,2	-3,2	-3,2	-3,2	-3,2	-3,2	-3,2	-3,2	-3,2	-3,2	-3,2	-3,2	-3,2	-3,2	-3,2	-3,2	-3,2	-3,2	-3,2	-3,2	
zichttijd	7,0	17,2	20,7	33,8	14,8	10,1	36,8	10,2	16,7	48,4	15,6	12,8	25,4	11,4	10,2	26,7	19,9	24,3	20,8	14,5	14,5	
baanvaksnelheid	0,0	19,7	17,1	11,3	21,9	27,6	10,4	27,6	20,1	8,1	21,1	24,2	14,4	25,8	27,5	13,9	17,6	15,0	17,0	22,2	22,2	
treinmassa	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	
treinfrequentie	0	264	264	132	264	264	264	204	204	102	204	204	204	102	102	102	102	204	102	0	102	
wegfrequentie	0	1100	1115	0	710	0	0	0	1015	0	990	1080	0	20	830	0	550	0	1005	0	1115	
complexiteit	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
wachttijden	1	0,7	0,775	1	0,7	1	1	1	0,775	1	0,7	0,7	1	1	0,925	1	1	1	1	1	1	
# reizigers per trein	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	
materieelsterkte	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
ontsporingskans	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
escalatiekans	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	FASE 1:
																						63,2
kans	0	1,3	1,2	0	1,0	0,0	0	0	1,1	0	1,0	1,3	0	0,02	0,8	0	0,3	0	0,6	0	0,9	
gevolgen	0,0	6,8	5,1	2,2	8,4	13,3	1,9	13,3	7,1	1,1	7,8	10,2	3,6	11,6	13,2	3,4	5,4	3,9	5,0	8,6	8,6	TOTAAL:
Risico 2025 (RTn)	0	9,0	6,3	0	8,2	0,0	0	0	7,6	0	7,8	13,4	0	0,22	10,7	0	1,7	0	2,8	0	7,4	75,2

Bestuurders

2014

Overweg	km 4.5, Boslaan, Vlaardingen	km 5.3, Oosthavenkade, Vlaardingen	km 5.4, Westhavenkade, Vlaardingen	km 5.5, station Vlaardingen-Centrum	km 6.0, Wagnerstraat, Vlaardingen	km 7.0, Marathonweg, Vlaardingen	km 7.7, station Vlaardingen-West	km 10.1, recreatiepad, Maassluis	km 11.7, Prinses Julianalaan, Maassluis	km 12.1, station Maassluis	km 12.4, Burg. De Jonghkade / Deltaweg, Maassluis	km 12.6, Maasweg, Maassluis	km 13.7, station Maassluis-West	km 15.6, Schenkeldijk, Hoek van Holland	km 21.3, Slachthuisweg, Hoek van Holland	km 23.1, station Hoek van Holland-Haven	km 23.2, Stationsweg, Hoek van Holland					TOTAAL RISICO
Overweg	O1	O2	O3	O4	O5	O6	O7	O8	O9	O10	O11	O12	O13	O14	O15	O16	O17	O18	O19	O20	O21	
remvertraging	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1					
zichttijd	7,0	15,9	21,0	21,1	8,2	2,0	45,1	2,0	9,5	69,5	10,3	4,5	29,5	2,3	2,0	22,6	30,9					
baanvaksnelheid	22,9	16,9	14,5	14,4	22,0	30,6	8,2	36,1	21,0	5,6	20,4	25,1	11,5	36,1	31,7	13,9	11,1					
treinmassa	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1					
treinfrequentie	160	160	160	80	132	132	132	132	132	66	132	132	132	80	80	50	50					
wegfrequentie	0	1100	1115	0	710	400	0	0	1015	0	990	1080	0	20	830	--	550					
complexiteit	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1					
wachttijden	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1					
# reizigers per trein	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000					
materieelsterkte	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1					
ontsporingskans	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1					
escalatiekans	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1					
kans	0	1	0,8	0	0,8	1,4	0	0	1,1	0	1,0	1,9	0	0,05	1,8	0	0,1					
gevolgen	1,9	1	0,7	0,73	1,8	3,6	0,23	5,3	1,6	0,11	1,5	2,4	0,46	5,3	3,9	0,7	0,4					
Risico 2014 (Rn)	0	1	0,6	0	1,5	5,0	0	0	1,7	0	1,5	4,5	0	0,24	7,0	0	0,04					23,0

2025

Overweg	km 4.5, Boslaan, Vlaardingen	km 5.3, Oosthavenkade, Vlaardingen	km 5.4, Westhavenkade, Vlaardingen	km 5.5, station Vlaardingen-Centrum	km 6.0, Wagnerstraat, Vlaardingen	km 7.0, Marathonweg, Vlaardingen	km 7.7, station Vlaardingen-West	km 10.1, recreatiepad, Maassluis	km 11.7, Prinses Julianalaan, Maassluis	km 12.1, station Maassluis	km 12.4, Burg. De Jonghkade / Deltaweg, Maassluis	km 12.6, Maasweg, Maassluis	km 13.7, station Maassluis-West	km 15.6, Schenkeldijk, Hoek van Holland	km 21.3, Slachthuisweg, Hoek van Holland	km 23.1, station Hoek van Holland-Haven	km 23.2, Stationsweg, Hoek van Holland	km 14,9, station Steendijkpolder, Maassluis	km 24,0, Strandweg	km 24,3, Pavilijoensweg	km 24,4, Strandboulevard	TOTAAL RISICO
Overweg	O1	O2	O3	O4	O5	O6	O7	O8	O9	O10	O11	O12	O13	O14	O15	O16	O17	O18	O19	O20	O21	
remvertraging	-3,2	-3,2	-3,2	-3,2	-3,2	-3,2	-3,2	-3,2	-3,2	-3,2	-3,2	-3,2	-3,2	-3,2	-3,2	-3,2	-3,2	-3,2	-3,2	-3,2	-3,2	
zichttijd	7,0	17,2	20,7	33,8	14,8	10,1	36,8	10,2	16,7	48,4	15,6	12,8	25,4	11,4	10,2	26,7	19,9	24,3	20,8	14,5	14,5	
baanvaksnelheid	0,0	19,7	17,1	11,3	21,9	27,6	10,4	27,6	20,1	8,1	21,1	24,2	14,4	25,8	27,5	13,9	17,6	15,0	17,0	22,2	22,2	
treinmassa	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	
treinfrequentie	0	264	264	132	264	264	264	204	204	102	204	204	204	102	102	102	102	204	102	0	102	
wegfrequentie	0	1100	1115	0	710	0	0	0	1015	0	990	1080	0	20	830	0	550	0	1005	0	1115	
complexiteit	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
wachttijden	1	0,7	0,775	1	0,7	1	1	1	0,775	1	0,7	0,7	1	1	0,925	1	1	1	1	1	1	
# reizigers per trein	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	
materieelsterkte	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
ontsporingskans	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
escalatiekans	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	FASE 1:
																						63,2
kans	0	1,3	1,2	0	1,0	0,0	0	0	1,1	0	1,0	1,3	0	0,02	0,8	0	0,3	0	0,6	0	0,9	
gevolgen	0,0	6,8	5,1	2,2	8,4	13,3	1,9	13,3	7,1	1,1	7,8	10,2	3,6	11,6	13,2	3,4	5,4	3,9	5,0	8,6	8,6	TOTAAL:
Risico 2025 (RTn)	0	9,0	6,3	0	8,2	0,0	0	0	7,6	0	7,8	13,4	0	0,22	10,7	0	1,7	0	2,8	0	7,4	75,2

Bijlage VI Gebruikte verkeersgegevens Hoekse Lijn

In deze bijlage worden de verkeersgegevens weergegeven die in de analyse zijn gebruikt. De gegevens zijn in eerste instantie overgenomen uit [13]. Waar nodig zijn de gegevens aangepast op basis van nieuwe ontwerpen van de overwegen en nieuwe projectkeuzes. Als bron voor deze aanpassingen gebruiken we de factsheet van de RET (zie [27]) voor de overwegen tussen Schiedam Centrum en station Hoek van Holland Haven en [33] voor de overwegen die pas bij de verlenging van de metrodienst naar Hoek van Holland Strand II relevant worden.

Overwegen en overpaden Hoekse Lijn

				Aantal treinen per etmaal		Huidige verkeersintensiteit (gem. per etmaal)			Verkeersintensiteit 2025 (gem. per etmaal)		
km	Locatie	Status	Beveiliging	huidig	2025	mv	lv	reizigers	mv	lv	reizigers
4.5	Boslaan, Vlaardingen	openbare overweg, langzaam verkeer	AOB	160		--	900	--			
5.3	Oosthavenkade, Vlaardingen	openbare overweg	AHOB	160	264	2799	1450	--	6918	1813	--
5.4	Westhavenkade, Vlaardingen	openbare overweg	AHOB	160	264	3303	1953	--	8846	2441	--
5.5	Station Vlaardingen-Centrum (N.B.: overpad wijzigt van enkelsporig overpad naar twee enkelsporige overpaden)	reizigers-overpad	AOB	80	132 (per enkelsporig overpad)	--	--	4697	--	--	7288
6.0	Wagenstraat / Van Beethovensingel, Vlaardingen	openbare overweg	AHOB	132	264	7128	1800	--	9416	2250	--
7.0	Marathonweg, Vlaardingen	openbare overweg	AHOB	132		12876	1620	--			
7.7	Station Vlaardingen-West	openbare overweg, langzaam verkeer	AOB	132	264	--	360	1215	--	450	2269
10.1	Recreatiepad, Maassluis	openbare overweg, langzaam verkeer	AOB	132	204	--	300	--	--	375	--
11.7	Prinses Julianalaan / Vlaardingse Dijk, Maassluis	openbare overweg	AHOB	132	204	4850	800	--	7490	1000	--
12.1	Station Maassluis	reizigers-overpad	AOB	66	102	--	--	2968	--	--	5005

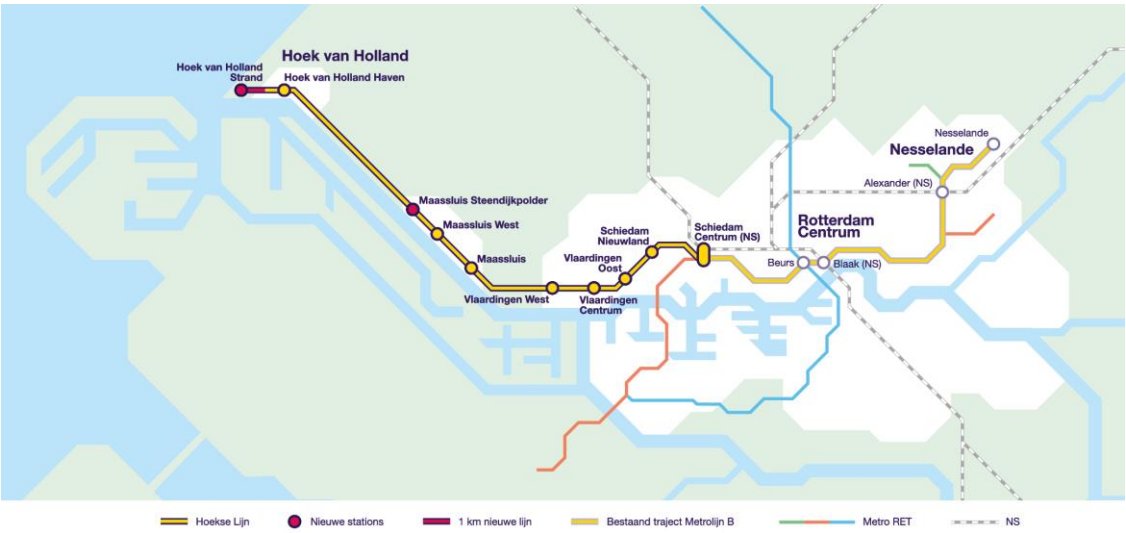
12.4	Burg. De Jonghkade / Deltaweg, Maassluis	openbare overweg	AHOB	132	204	5070	1450	--	4710	1800	--
12.6	Maasweg, Maassluis	openbare overweg	AHOB	132	204	2680	1600	--	2120	2000	--
13.7	Station Maassluis-West	openbare overweg, langzaam verkeer	AOB	132	204	--	1500	1086	--	1900	2008
14.9	Station Steendijkpolder, Maassluis	reizigers-overpad	AOB		204				--	--	592
15.6	Schenkeldijk, Hoek van Holland	openbare overweg	AHOB	80	102	20	80	--	25	100	--
19.1	Station Oranjebuitenpolder,Hoek van Holland										
21.3	Slachthuisweg, Hoek van Holland	openbare overweg	AHOB	80	102	1500	220	--	1700	220	--
23.1	Station Hoek van Holland-Haven	openbare overweg, langzaam verkeer	AOB	50	102	--	20	932	--	25	1362
23.2	Stationsweg, Hoek van Holland	openbare overweg	AHOB	50	102	800	120	--	1000	150	--
24.0	Strandweg	openbare overweg	AHOB		102				2000	300	--
24,3	Paviljoensweg (vervallen in ontwerp voor verlenging Hoekse Lijn)										
24.4	Strandboulevard	openbare overweg	AHOB		102				3600	500	--

	BGC-getallen 2004 verhoogd met 10%
	Etmaaltotalen IN+UIT uit vervoerwaardestudies van Goudappel Coffeng, verhoogd met 10%. Voor de overpaden (m.u.v. Vlaardingen-Centrum en Maassluis) is aangenomen dat de helft van alle in- en uitstappers van het overpad gebruik maakt.
	Opgave Gem. Vlaardingen d.d. 10-6-2014
	Opgave Gem. Maassluis d.d. 13-10-2008
	Opgave Gem. Maassluis d.d. 17-9-2013
	Opgave Gem. Maassluis d.d. 2-7-2014
	Opgave Gem. Rotterdam d.d. 19-12-2007
	Opgave Gem. Rotterdam d.d. 2-10-2013
	Eigen schatting Projectbureau Hoekse Lijn (PBHL)

Titel: **Verificatie- en Validatierapport Overwegen (inrichting en installaties)**

Opdrachtgever: Gemeente Rotterdam
Datum: 26 februari 2019
Versie: 1.3

Functie	Naam	Paraaf
Opgesteld (Adviseur V&V) op basis van documenten uitvoering	[redacted]	
Getoetst (Contractmanager)	[redacted]	
Getoetst (Beheerder)	[redacted]	
Vrijgegeven (Manager Uitvoering)	[redacted]	



Inhoud

1 Inleiding 5
1.1 Dit rapport 5
1.2 Scope 5
1.3 Referenties 6
2 Gevolgd proces 8
3 Aanpassingen aan de overwegen 10
3.1 Vervallen, aangepaste, gereconstrueerde en nieuwe overwegen en overpaden 10
3.2 Veiligheidsverbeteringen 12
3.3 As-built-tekeningen 13
4 Eisen 14
5 Proces van verificatie en validatie 16
6 Resultaten van verificatie en validatie 17
6.1 Overzicht van resultaten 17
6.2 Onderbouwing van resultaten 17
6.3 Verlichting 25
7 Conclusie 26
7.1 Conclusie 26
7.2 Afwijkingen 26
7.3 Restpunten 27
8 Lijst van bijlagen 28

Wijzigingen

Versie No.	**Omschrijving wijziging**	**Naam opsteller**
Versie 0.1	Eerste conceptversie op basis van *Rapport autonome overwegen ombouw Hoekse Lijn*, RET, [redacted], versie 0.3, 18 juni 2018, HL-SBV-RP-OVW-00001.	[redacted]
Versie 0.2	Opmerkingen van [redacted] (PbHL) verwerkt. Opmerkingen van [redacted](RET) verwerkt.	[redacted]
Versie 0.3	Opmerkingen van [redacted](PbHL) verwerkt.	[redacted]
Versie 1	Hoofdstuk 9 aangepast tot lijst van open punten betreffende de overwegen en betreffende het rapport.	[redacted]
Versie 1.1	Hoofdstuk 3 aangepast: paragrafen 3.1 t/m 3.5 door een nieuwe tekst in één paragraaf vervangen.	[redacted]
Versie 1.2	Opmerkingen van [redacted], [redacted]en [redacted] [redacted] verwerkt. Rapporttitel aan scope aangepast. Lijst van bijlagen nog niet aangepast.	[redacted]
Versie 1.3	Overige opmerkingen verwerkt. Lijst van bijlagen aangepast.	[redacted]

1 Inleiding

1.1 Dit rapport

Verificatie- en validatierapport
Dit rapport beschrijft de verificatie en validatie (V&V) van de inrichting van de overwegen van de omgebouwde Hoekse Lijn.

Informatiedossier
Dit rapport zal als onderdeel van een informatiedossier aan ILT worden opgeleverd, ten behoeve van de vergunning voor indienststelling voor de omgebouwde Hoekse Lijn.

Eisen aan inhoud
In een verificatie- en validatierapport dient in elk geval beschreven te zijn: het systeem of object, de eisen aan het systeem, het proces van verificatie & validatie, het resultaat van de verificatie & validatie en de beheersing van eventuele afwijkingen.

Aanleiding voor V&V: Hoekse Lijn
De V&V is een noodzakelijke activiteit als gevolg van de ombouw van de Hoekse Lijn. In de oude situatie was deze lijn een NS-lijn voor exploitatie met heavy-rail-materieel. Tussen Schiedam Centrum en Hoek van Holland Haven is de lijn omgebouwd naar een metrolijn. Daarbij zijn bepaalde overwegen vervallen, andere overwegen aangepast en nieuwe en overpaden aangelegd. De omgebouwde lijn is aangesloten op de bestaande metrolijn B. Tot het emplacement Vulcaanhaven is medegebruik door heavy-rail-goederenverkeer mogelijk.[1]

Basis voor dit rapport
Dit verificatie- en validatierapport is gebaseerd op [V&V-rapport RET].

1.2 Scope

Objecten van V&V: overwegen omgebouwde Hoekse Lijn
De hier beschreven V&V heeft betrekking op de overwegen en overpaden in de Hoekse Lijn op het traject van Schiedam Centrum tot en met Hoek van Holland Haven - tijdelijk station. In de situatie na het ombouwproject zijn deze voorzien van overwegbeveiligingen van het type AOB[2] of AHOB[3]. De verificatie heeft betrekking op de situatie na het ombouwproject. In de komende jaren wordt de lijn verlengd naar Hoek van Holland Strand. Deze V&V heeft geen betrekking op de overwegen in die verlenging.

Scope: eisen aan overweginrichting en -installaties
De V&V heeft betrekking op de [iPVE]-eisen aan de inrichting en de installaties van de overwegen. (Tussen vierkante haken staan de referenties uit § 1.3.). Deze eisen gaan over de veiligheid en over het technisch functioneren van de installaties.

[1] Bron: [Bestuurlijke overeenkomst]

[2] AOB = Automatische OverpadBomen; toegepast op perronoverpaden.

[3] AHOB = Automatische Halve OverwegBomen.

Eisen aan aansturing vanuit spoorbeveiliging: buiten scope; afgestemd en geborgd
In het [iPVE] bevinden zich ook eisen aan de aansturing van de overwegen en overpaden vanuit de spoorbeveiliging. Het gaat hierbij om de aankondigingstijden en de dichtligtijden. Dit bevindt zich buiten de scope van dit rapport. De bijbehorende eisen en de V&V zijn elders beschreven. Het raakvlak met de spoorbeveiliging is afgestemd en geborgd.

Niet in scope: aantonen veiligheidsniveau
Aantonen van het veiligheidsniveau van de Hoekse Lijn (waaronder de overwegen) behoort tot de scope van de safety case voor de Hoekse Lijn.

Toevoerende wegen: buiten scope; afgestemd en geborgd
De inrichting van de naar de overwegen toevoerende wegen is de verantwoordelijkheid van de wegbeheerders (gemeenten). Met deze partijen heeft het Projectbureau Hoekse Lijn intensief overleg gevoerd, ter afstemming van de huidige ontwerpen van de overwegen. De wegbeheerders hebben de aanpassingen die door de ombouw van de Hoekse Lijn noodzakelijk waren, uitgevoerd. Het raakvlak met de toevoerende wegen is derhalve afgestemd en geborgd.

1.3 Referenties

Verwijzingen naar de lijst van referenties (§ 1.3) zijn tussen vierkante haken geplaatst. Voorbeeld: '[Bestuurlijke overeenkomst]'.

Lijst van referenties:

[Baanschouw]	RET, *Baanschouw overwegen Hoekselijn*, van [redacted], 2 oktober 2018
[Bestuurlijke overeenkomst]	Bestuurlijke overeenkomst Hoekse Lijn deel 1, op 17 december 2012 ondertekend door [redacted]
[Goudappel Coffeng]	Goudappel Coffeng in opdracht van MRDH, *Veiligheid overwegen Hoekse Lijn / Verkeersveiligheidsaspecten wegvakken en overwegen*, 6 november 2017, MRD016/Ole/0002.06
[iPVE]	PMB Rotterdam, *Integraal Programma van Eisen Hoekse Lijn infrastructuur*, versie 3.9 (PMB Rotterdam is het projectmanagementbureau van de gemeente Rotterdam)
[Offerte]	Movares, *Offerte verificatierapport overwegen Hoekse Lijn*, 26 juni 2018
[Ontwerpverantwoording Arcadis]	ARCADIS, memo *Ontwerpverantwoording overwegen Hoekse Lijn, Oosthavenkade t/m Slachthuisweg*, [redacted] 3 april 2018, referentie 079805864 0.1

[ProRail-richtlijn]	ProRail-richtlijn voor overwegbeveiliging RLN20420-1 v003 (Bestaat uit RLN20420, OVS20420, OVS20430 en OVS20438)
[Restpunten]	Projectbureau Hoekse Lijn, *190108 Restpunten overwegen* (Excel-document)
[V&V-rapport RET]	RET, *Rapport autonome overwegen ombouw Hoekse Lijn*, [redacted], 18 juni 2018, versie 0.3, HL-SBV-RP-OVW-00001

2 Gevolgd proces

Hieronder is globaal het gevolgde proces beschreven. De aanpassingen aan de overwegen zijn beschreven in hoofdstuk 0 en de eisen in hoofdstuk 4.

Ontwerp en realisatie overwegen
In opdracht van het Projectbureau Hoekse Lijn heeft het ingenieursbureau van RET in 2014 en 2015 de overwegen laten ontwerpen en realiseren. Dit vormde een onderdeel van het project van de ombouw van de Hoekse Lijn. De ontwerpen (tekeningen) zijn opgesteld op basis van:

- de beschikbare informatie zoals beheertekeningen vanuit de toenmalige beheerder van de spoorinfrastructuur (ProRail);
- de verwachte aanpassingen als gevolg van het ombouwproject Hoekse Lijn;
- aanvullende plannen vanuit de gemeenten Maassluis, Vlaardingen en Rotterdam.

Uitgangspunten
Bij de realisatie van de ombouw werd duidelijk dat de oorspronkelijke beheertekeningen van ProRail niet actueel waren. Naar aanleiding daarvan hebben RET en ingenieursbureau Arcadis samen een lijst van uitgangspunten voor de overwegen opgesteld. Hierbij zijn sommige bepalingen in de [ProRail-richtlijn] naar de metrosituatie vertaald, omdat metroverkeer niet helemaal hetzelfde is als verkeer met heavy-rail-materieel. Deze uitgangspunten zijn, met commentaar tussen accolades:

- De vigerende richtlijn en ontwerpvoorschriften voor overwegen van ProRail, de RLN20420, OVS20420, OVS20430 en OVS20438.
- De grens van het Profiel van Vrije Ruimte (PVR) ligt op 1,60 meter uit hart spoor. Dat is 0,40 m minder dan in de oude situatie. Daardoor is de afstand tussen hart spoor en boom niet 4,50 meter maar 4,10 meter (1,60 m + 2,50 m). {Hier is een ontwerpvoorschrift van ProRail aangepast, omdat metroverkeer een ander PVR heeft dan heavy-rail-verkeer.}
- Hoewel het een metro bedrijf betreft handhaaft men de borden “Wacht tot het rode licht gedoofd is, er kan nog een trein komen”.
- Netto aankondiging conform standaard voorschriften ProRail.
- Kruismarkering ook op de rijstroken voor het snelverkeer; dit is een aanbeveling van bureau Goudappel Coffeng (zie ook onderaan deze paragraaf).
- Het “LET OP TREIN” bord wordt alleen geplaatst bij overwegen zonder lampen. Op de overwegen met lampen wordt het normale “Wacht” bord geplaatst.

Bron: [Ontwerpverantwoording Arcadis].

Inmeten
Vervolgens heeft Arcadis de installaties van de overwegen ingemeten en van het inmeten een set opnameverslagen opgesteld. Tijdens het inmeten zijn enkele afwijkingen gebleken, die in de verslagen vermeld zijn. Deze afwijkingen zijn later hersteld.

As-built-tekeningen
Op basis van het inmeten heeft Arcadis een set as-built-tekeningen gemaakt. Deze zijn opgenomen in Bijlage 3.

Ontwerpverantwoording
Tenslotte heeft Arcadis de overwegen as built getoetst aan de ProRail-eisen aan overweginrichting en -installaties. Het resultaat van deze toetsing is beschreven in de [Ontwerpverantwoording Arcadis]. Het Projectbureau Hoekse Lijn beschouwt dit document als een verificatie- en validatierapport.

Aanbevelingen Goudappel Coffeng
Bureau Goudappel Coffeng heeft in rapport [Goudappel Coffeng] aanbevelingen gedaan over het aanvullend aanbrengen van kruismarkeringen op de rijbanen. Deze aanbevelingen zijn in de hierboven genoemde uitgangspunten verwerkt. Of deze aanbevelingen opgevolgd zijn, volgt uit het resultaat van de V&V zoals beschreven in hoofdstuk 6. De overige aanbevelingen in het rapport hebben betrekking op de weginrichting en zijn doorgegeven aan de wegbeheerders.

Keuringen
Vóór de indienststelling moeten overwegen gekeurd worden, om te bepalen of de overweg conform ontwerp gebouwd is en of de installatie goed functioneert. Dit is gebeurd op basis van bestaande ProRail-regelgeving; de reden daarvoor is dat RET geen directe regelgeving beschikbaar heeft.

De keuringen zijn te verdelen naar acceptatieprotocollen (ACP's) en meetstaten. De volgende keuringen zijn uitgevoerd, waarbij alleen ACP20422-8 afhankelijk is van toepassing van de ANA-bel:

- ACP's:
  - *HL_ACP_AB_001_ACCEPTANCE_PROTOCOL_AB_CONTROL_PANEL*;
  - *ACP20432-1-V001 - Overwegbeveiliging VRS Railway Industry bv Ahob en langzaam verkeer ahob*;
  - *ACP20422-8-V002 - Waarschuwingsmiddelen overweg / Akoestische signaalgevers*;
  - *ACP20424-2 V001 - Overige voorzieningen overwegen / Laadgelijkrichters*;
  - *ACP20424-1 V001 - Overige voorzieningen overwegen / Batterijkast / Accu's / Spanningsbewaking*;
- Metingen:
  - metingen relais conform *OHD60201 relais algemeen - V002* en *OHD60201-1 relais B1 -V002*;
  - metingen kabels en leidingen volgens *OHD61300-3*;
  - aardverspreidingsweerstandsmeting.

Keuringsrapporten zijn te vinden in bijlage 4.

Aanvullingen op uitgangspunten
Projectbureau Hoekse Lijn heeft later besloten extra maatregelen op de overpadbeveiliging toe te passen: de bomen op fietspaden zijn van hangwerken voorzien en de bomen op de reizigersoverpaden (Steendijkpolder en Maassluis Centrum) van LED-knipperlichten. De hangwerken zijn bedoeld voor het voorkomen van het onder de bomen door duiken. Deze extra maatregelen vormen aanvullingen op de hierboven genoemde uitgangspunten.

3 Aanpassingen aan de overwegen

3.1 Vervallen, aangepaste, gereconstrueerde en nieuwe overwegen en overpaden

Hieronder zijn van oost naar west alle vervallen, aangepaste, gereconstrueerde en nieuwe overwegen en overpaden op een rij gezet. De overwegbeschrijvingen zijn deels ontleend aan [Ontwerpverantwoording Arcadis].

Boslaan (fietsoversteek nabij Vulcaanhaven in Vlaardingen)
Uitgevoerde mutatie: Vervallen.

Oosthavenkade (Vlaardingen)
Oude situatie: Overweg aan één kant van een haven met een spoor-ophaalbrug. Hoofdrijbaan met aan de westzijde een in twee richtingen te berijden fietspad, alles voorzien van een AHOB-installatie.
Uitgevoerde mutatie: Reconstructie als gevolg van herinrichting weginfra. Zie ook § 3.2, punten a, e.

Westhavenkade (Vlaardingen)
Oude situatie: Overweg aan andere kant van haven met spoor-ophaalbrug. Hoofdrijbaan met aan de westzijde een voetpad en aan de oostzijde een in twee richtingen te berijden fietspad, alles voorzien van een AHOB-installatie.
Uitgevoerde mutatie: Reconstructie als gevolg van herinrichting weginfra. Zie ook § 3.2, punten a, d, e.

Vlaardingen Centrum (Vlaardingen)
Oude situatie: Noordelijk en zuidelijk spoor met eilandperron ertussen; één overpad, over het noordelijke spoor, met AOB-installatie.
Uitgevoerde mutatie: Halte heringericht; bestaand overpad over het noordelijke spoor 20 m verplaatst en nieuw overpad over Z-spoor aangelegd met AOB-installatie. De overpaden hebben de status van interwijkverbinding gekregen en zijn dienovereenkomstig uitgerust. Zie ook § 3.2, punten a, b, d, e.

Van Beethovensingel (Vlaardingen)
Oude situatie: Overweg met AHOB-installatie met een hoofdrijbaan met smalle middenberm en links en rechts een fietspad en een voetpad.
Uitgevoerde mutatie: Reconstructie (kleine aanpassingen aan overweginrichting). Zie ook § 3.2, punten a, d.

Marathonweg (Vlaardingen)
Uitgevoerde mutatie: Vervallen (vervangen door onderdoorgang).

Vlaardingen West (Vlaardingen)
Oude situatie: Twee sporen (zijperrons) met één openbaar overpad met functies zowel perronoverpad als interwijkverbinding met AOB-installatie.
Uitgevoerde mutatie: Halte heringericht (zijperron - twee sporen - eilandperron - één spoor); bestaand overpad 50 m verplaatst en verbreed; nieuw openbaar overpad over het ene spoor aangelegd met AOB-installatie. Zie ook § 3.2, punten a, b, d, e.

Recreatiepad (Vlaardingen)
Oude situatie: Overweg met een in twee richtingen te berijden fietspad met AHOB-installatie, met bij metropassage een volledige afsluiting.

Uitgevoerde mutatie: Kleine aanpassingen aan overweginrichting. Zie ook § 3.2, punt d.

Boerenoverpad (km 10,3)
Uitgevoerde mutatie: Vervallen.

Prinses Julianalaan (Maassluis)
Oude situatie: Overweg met een AHOB met een hoofdrijbaan en aan de westzijde een voetpad.
Uitgevoerde mutatie: Reconstructie (aanpassingen aan overweginrichting: bajonethekken vervangen door bomen). Zie ook § 3.2, punten a, c, e.

Maassluis Centrum (Maassluis)
Oude situatie: Eén reizigers-overpad over één spoor met AOB-installatie.
Uitgevoerde mutatie: Overpad een paar meter verplaatst. Zie ook § 3.2, punten a, b, d, e.

Deltaweg (Maassluis)
Oude situatie: Overweg met een AHOB met een hoofdrijbaan met smalle middenberm en aan de westzijde een voetpad en een fietspad op de rijbaan en aan de oostzijde een vrijliggend fiets- en voetpad.
Uitgevoerde mutatie: Kleine aanpassingen aan overweginrichting. Zie ook § 3.2, punt a.

Maasweg (Maassluis)
Oude situatie: Overweg met AHOB met een hoofdrijbaan met brede middenberm en aan elke zijde een voetpad.
Uitgevoerde mutatie: Kleine aanpassingen aan overweginrichting. Zie ook § 3.2, punt a.

Maassluis West (Maassluis)
Oude situatie: Twee sporen; openbaar overpad met AOB, met als functies zowel perronoverpad als interwijkverbinding voor langzaam verkeer (niet breed genoeg voor de vervulling van beide functies).
Uitgevoerde mutatie: Bestaand overpad 15 m verplaatst; ernaast nieuw fietsoverpad aangelegd, met AHOB die bij treinpassage het volledige fietspad afsluit. De overpaden hebben de status van interwijkverbinding gekregen en zijn dienovereenkomstig uitgerust. Zie ook § 3.2, punten a, b, d, e.

Steendijkpolder (Maassluis)
Oude situatie: Geen oude situatie, want het is een nieuw station.
Uitgevoerde mutatie: Nieuw overpad over twee sporen, dat naar noordzijde ontsluit, met AOB. Zie ook § 3.2, punten a, b, e.

Schenkeldijk (Hoek van Holland; dat is gemeente Rotterdam)
Geografie: De Schenkeldijk ligt ongeveer op de grens van Hoek van Holland (gemeente Rotterdam) en gemeente Maassluis; om precies te zijn loopt de grens langs de oostrand van de Schenkeldijk. De wegen aan de oostzijde van de Schenkeldijk behoren tot gemeente Maassluis en die aan de westzijde tot gemeente Rotterdam.
Oude situatie: Overweg met AHOB en alleen een hoofdrijbaan.
Uitgevoerde mutatie: Kleine aanpassingen aan overweginrichting. Zie ook § 3.2, punt d.

Onbeveiligde privé-overweg (km 16,3)
Uitgevoerde mutatie: Vervallen.

Boerenoverpad (km 17,7)
Uitgevoerde mutatie: Vervallen.

Haakweg (Hoek van Holland)
Oude situatie: Overweg met AHOB met een hoofdrijbaan en links en rechts een fietspad achter de AHOB-steller langs.
Uitgevoerde mutatie: Kleine aanpassingen aan overweginrichting. Zie ook § 3.2, punt a.
Geplande mutaties: VRI of tweekleurenlicht, eerst los en later op de nieuw te bouwen rotonde; aanpassing van overwegbevloering voor reconstructie, mede in relatie tot project H6-weg.

3.2 Veiligheidsverbeteringen

Aan de overwegen en overpaden zijn veiligheidsverbeteringen uitgevoerd. Deze zijn hieronder thematisch gerangschikt.

a) Kruismarkering op de weg
Op alle overpaden en op alle overwegen met fiets- en/of voetpaden is standaard kruismarkering aangebracht voor een verhoogde attentiewaarde. In aanvulling hierop is ook kruismarkering op de rijbanen aangebracht. Dit kan ook daar aan een verhoogde attentiewaarde bijdragen.

b) Hangwerk
Hangwerk is een voorziening tegen het onder de bomen door kruipen. Hangwerken zijn toegepast bij alle reizigersoverpaden en openbare overwegen op stations. Omdat het bij station Maassluis West een gecombineerde overweg voor voetgangers en fietsers betreft, is besloten om ook de fietsbomen van hangwerk te voorzien.

c) Aantal te kruisen sporen
Door verwijdering van het goederenspoor is bij de Prinses Julianalaan de oversteeklengte kleiner geworden, waardoor de oversteektijd korter is.

d) VeloSTRAIL
Fietsers, mensen met een rollator, rolstoelgebruikers en voetgangers met kinderwagens of bagagetrolleys hebben allen een vergrote kans dat ze in de groef van de spoorwegovergang vast komen te zitten. Op alle reizigersoverpaden of openbare overwegen op stations, op het voetgangersdeel van de overweg Westhavenkade, en op de overwegen Beethovensingel, Recreatiepad en Schenkeldijk is dit risico weggenomen door de toepassing van veloSTRAIL Dit houdt in dat de flensgroef met een eenvoudig te vervangen slijtdeel afgesloten wordt. (Voor meer informatie: zie Bijlage 2.)

e) Overweginrichting
Er zijn verschillende verbeteringen aan de overweginrichting doorgevoerd. De grootste veiligheidswinst is behaald door het afsluiten van het voetpad met een boom in plaats van een zigzaghek bij de overwegen Oosthavenkade, Westhavenkade en PrinsesJulianalaan. Verder zijn alle reizigersoverpaden van knipperlichten voorzien.

Spijlenhekwerken
Op diverse plaatsen zijn spijlenhekwerken aangebracht, ter voorkoming van het om een gesloten boom heen lopen of fietsen.

Zichtlijnen
Om het zicht op de overwegen te verbeteren, is ervoor gekozen om zogenaamde LSO-kasten (lage standaard overwegkasten) toe te passen. Op een aantal overwegen heeft dit voor verbetering van het zicht op de overweg geleid, doordat er in de oude situatie hoge relaiskasten stonden.

3.3 As-built-tekeningen

Zoals in hoofdstuk 2 beschreven is, zijn de aanpassingen vastgelegd in de as-built-tekeningen van Arcadis.

4 Eisen

Integraal Programma van Eisen
Voor de infrastructuur van de Hoekse Lijn heeft het projectmanagementbureau van de gemeente Rotterdam een Integraal Programma van Eisen [iPVE] opgesteld.

iPVE-eisen aan overwegen
De [iPVE]-eisen aan overwegen binnen de scope (§ 1.2) zijn weergegeven in Tabel 1. De namen van de kolommen zijn aan het [iPVE] ontleend.

ProRail-richtlijn
Eis NS07.02.02 verklaart de [ProRail-richtlijn] van toepassing. Omdat metroverkeer niet helemaal hetzelfde is als verkeer met heavy-rail-materieel, zijn sommige bepalingen in de [ProRail-richtlijn] naar de metrosituatie vertaald. Het resultaat daarvan zijn de in hoofdstuk 2 beschreven uitgangspunten[4]:

- De vigerende richtlijn en ontwerpvoorschriften voor overwegen van ProRail, de RLN20420, OVS20420, OVS20430 en OVS20438.
- De grens van het Profiel van Vrije Ruimte (PVR) ligt op 1,60 meter uit hart spoor. (Reden: metroverkeer is anders dan heavy-railverkeer.) Dat is 0,40 m minder dan in de oude situatie. Daardoor is de afstand tussen hart spoor en boom niet 4,50 meter maar 4,10 meter (1,60 m + 2,50 m).
- Hoewel het een metro bedrijf betreft handhaaft men de borden “Wacht tot het rode licht gedoofd is, er kan nog een trein komen”.
- Kruismarkering ook op de rijstroken voor het snelverkeer; dit is een aanbeveling van bureau Goudappel Coffeng (zie ook onderaan deze paragraaf).
- Het “LET OP TREIN” bord wordt alleen geplaatst bij overwegen zonder lampen. Op de overwegen met lampen wordt het normale “Wacht” bord geplaatst.

Deze uitgangspunten gelden als de means of compliance voor het voldoen aan de eis NS07.02.02.

Tabel 1: iPVE-eisen aan overwegen

PvE-deel	*Paragraaf*	*Eis-titel*	*Eis-nummer*	*Eis-tekst*	*Toelichting*
SYS	Beveiliging & Beheersing	Overweg- / overpad-installaties	HI.01.05.007	Op alle overwegen en overpaden van de Hoekse Lijn dienen kruisingen te worden beveiligd met Automatische Halve OverwegBomen (AHOB), en voor langzaam verkeer met Automatische OverwegBomen (AOB) voorzien van valhekken.	
SYS	Veiligheid	Eisen overwegen / overpaden	NS07.02.02	Bij de inrichting van overwegen en -paden dient te worden voldaan aan ProRail richtlijn RLN20420-1 Versie 003.	De ProRail richtlijn is van toepassing verklaard omdat er bij RET geen voorschriften op dit vlak beschikbaar zijn
SYS	Haltes	Zichthoek bij overpad / overweg	SI.05.01.091	Een gelijkvloerse kruising direct naast het perron dient door de machinist overzien te kunnen worden vanaf de opstelplaats van het treinvoertuig met een (obstakelvrije) zichthoek van 27° naar beide zijden van het spoor.	
HFD	Baan & Spoor	Levensduur bestaande infrastructuur	NH02.01B	De resterende levensduur van bestaande Hoekse Lijn infrastructuuronderdelen dient zodanig te zijn, dat een grote buitendienstelling van langer dan een weekend niet eerder dan 5 jaar na de ingebruikname van het Hoekse Lijn	

[4] Het uitgangspunt "Netto aankondiging conform standaard voorschriften ProRail" (genoemd in de lijst uitgangspunten in hoofdstuk 2) behoort tot de spoorbeveiliging en valt daardoor buiten de scope van dit rapport.

				vervoersysteem nodig is. Het budget is kaderstellend.	
SYS	Uitvoering	Hergebruik	HI.02.08.006	Bestaande infrastructuurelementen van de bestaande spoorlijn Schiedam - Hoek van Holland dienen zoveel mogelijk te worden hergebruikt.	

5 Proces van verificatie en validatie

Verantwoordelijkheid voor aantonen
In Tabel 2 is te zien welke partij voor het aantonen van de relevante [iPVE]-eisen verantwoordelijk is. Voor drie van de eisen heeft leverancier Bombardier de verantwoordelijkheid. Dit geldt op grond van het zogenaamde C2-contract; dit is het contract met de systeemleverancier van de nieuwe treinbeveiliging. De overige verantwoordelijken zijn de RET en Projectbureau Hoekse Lijn (PbHL). Bron: [V&V-rapport RET].

Scope
In § 1.1 is de scope van dit rapport beschreven. Daaruit volgt dat de eisen waar Bombardier verantwoordelijk voor is, buiten de scope van dit rapport vallen. Ook de beoordeling door de safety manager Hoekse Lijn valt buiten de scope; over het voldoen aan de desbetreffende eis geeft het vervolg van dit rapport echter wèl relevante informatie.

Wijze van aantonen
In Tabel 2 is tevens de wijze van aantonen weergegeven. Bron: [iPVE].

Tabel 2: iPVE-eisen, aantonende partij en wijze van aantonen

Eis nummer	***Eistekst***	**Verantwoordelijke partij voor aantonen**	**Wijze van aantonen**
HI.01.05.007	Op alle overwegen en overpaden van de Hoekse Lijn dienen kruisingen te worden beveiligd met Automatische Halve OverwegBomen (AHOB), en voor langzaam verkeer met Automatische OverwegBomen (AOB) voorzien van valhekken.	RET (namens Projectbureau Hoekse Lijn)	Design review
NS07.02.02	Bij de inrichting van overwegen en -paden dient te worden voldaan aan ProRail richtlijn RLN20420-1 Versie 003.	RET (namens Projectbureau Hoekse Lijn)	Design review [Ontwerpverantwoording Arcadis] (Zie toelichting onder tabel)
SI.05.01.091	Een gelijkvloerse kruising direct naast het perron dient door de machinist overzien te kunnen worden vanaf de opstelplaats van het treinvoertuig met een (obstakelvrije) zichthoek van 27° naar beide zijden van het spoor.	Projectbureau Hoekse Lijn	Design review
NH02.01B	De resterende levensduur van bestaande Hoekse Lijn infrastructuuronderdelen dient zodanig te zijn, dat een grote buitendienstelling van langer dan een weekend niet eerder dan 5 jaar na de ingebruikname van het Hoekse Lijn vervoersysteem nodig is. Het budget is kaderstellend.	RET (namens Projectbureau Hoekse Lijn)	Berekeningen
HI.02.08.006	Bestaande infrastructuurelementen van de bestaande spoorlijn Schiedam - Hoek van Holland dienen zoveel mogelijk te worden hergebruikt.	RET (namens Projectbureau Hoekse Lijn)	Design review

Toelichting bij eis NS07.02.02
De verificatie en validatie op deze eis is uitgevoerd door Arcadis en beschreven in [Ontwerpverantwoording Arcadis]; zie ook hoofdstuk 2. Het Projectbureau Hoekse Lijn beschouwt deze ontwerpverantwoording als een verificatie- en validatierapport. In dit rapport heeft Arcadis de as-built-tekeningen getoetst aan de eisen aan de overweginrichting. Het document beschrijft tevens de afwijkingen die Arcadis daarbij gevonden heeft. Sommige afwijkingen zijn later hersteld; bij de overige is met redenen vermeld dat ze acceptabel zijn. Tevens beschrijft Arcadis eventuele andere bijzonderheden. Het memo is opgenomen in Bijlage 1.

6 Resultaten van verificatie en validatie

6.1 Overzicht van resultaten

Overzicht resultaten
Een overzicht van de resultaten van de toetsing aan de eisen uit Tabel 1 is vermeld in Tabel 3. Bron voor de kolommen 'V&V-resultaat' en 'V&V-toelichting': [V&V-rapport RET].

Toelichting per eis
Een toelichting per eis bij deze resultaten is hieronder te vinden in § 6.2.

Tabel 3: Verificatie- en validatietabel

Eis nummer	*Eistekst*	Partij	Wijze van aantonen	V&V-resultaat	V&V-toelichting
HI.01.05.007	Op alle overwegen en overpaden van de Hoekse Lijn dienen kruisingen te worden beveiligd met Automatische Halve OverwegBomen (AHOB), en voor langzaam verkeer met Automatische OverwegBomen (AOB) voorzien van valhekken.	RET (namens Projectbureau Hoekse Lijn)	Design review	Voldoet	Zie § 6.2
NS07.02.02	Bij de inrichting van overwegen en -paden dient te worden voldaan aan ProRail richtlijn RLN20420-1 Versie 003.	RET (namens Projectbureau Hoekse Lijn)	Design review	Voldoet	Zie § 6.2
SI.05.01.091	Een gelijkvloerse kruising direct naast het perron dient door de machinist overzien te kunnen worden vanaf de opstelplaats van het treinvoertuig met een (obstakelvrije) zichthoek van 27° naar beide zijden van het spoor.	Projectbureau Hoekse Lijn	Design review	Voldoet	Zie § 6.2
NH02.01B	De resterende levensduur van bestaande Hoekse Lijn infrastructuuronderdelen dient zodanig te zijn, dat een grote buitendienstelling van langer dan een weekend niet eerder dan 5 jaar na de ingebruikname van het Hoekse Lijn vervoersysteem nodig is. Het budget is kaderstellend.	RET (namens Projectbureau Hoekse Lijn)	Design review	Voldoet	Zie § 6.2
HI.02.08.006	Bestaande infrastructuurelementen van de bestaande spoorlijn Schiedam - Hoek van Holland dienen zoveel mogelijk te worden hergebruikt.	RET (namens Projectbureau Hoekse Lijn)	Design review	Voldoet	Zie § 6.2

6.2 Onderbouwing van resultaten

iPVE-eis HI.01.05.007

Eis
Op alle overwegen en overpaden van de Hoekse Lijn dienen kruisingen te worden beveiligd met Automatische Halve OverwegBomen (AHOB), en voor langzaam verkeer met Automatische OverwegBomen (AOB) voorzien van valhekken.

Overwegen behalve Recreatiepad voldoen aan eis
Alle overwegen voldoen aan de eis, behalve het Recreatiepad. Dit volgt uit de as-built-tekeningen HL-SBV-TEK-000nn in Bijlage 3.

Recreatiepad
Het Recreatiepad wijkt af van de eis zoals geformuleerd in Tabel 1 in hoofdstuk 4: de AOB is niet van hangwerk voorzien. De [ProRail-richtlijn] stelt namelijk voorwaarden aan het toepassen van hangwerk en het Recreatiepad kan niet aan al deze voorwaarden voldoen. Zie de as-built-tekening in Bijlage 3. Desondanks stelt het Projectbureau Hoekse Lijn dat het pad geschikt voor gebruik[5] is. Het heeft daar het volgende argument voor. De tekst van de eis is afkomstig van een oude eis[6]: "Overpaden voor reizigers over de sporen bij haltes dienen beveiligd te zijn met AOB's en valhekken." Tijdens de vorming van de huidige eis is "overpaden voor reizigers" onbedoeld veranderd in "overpaden voor langzaam verkeer". Het Recreatiepad is slechts bedoeld voor reizigers en valt daardoor niet onder de oude eis.

Conclusie
Hiermee stelt het Projectbureau Hoekse Lijn dat aan de eis voldaan is, met uitzondering van één overpad, dat volgens Projectbureau Hoekse Lijn wèl geschikt voor gebruik is.

iPVE-eis NS07.02.02
Eis
Bij de inrichting van overwegen en -paden dient te worden voldaan aan ProRail richtlijn RLN20420-1 Versie 003.

Ontwerpverantwoording
De ontwerpende partij (Arcadis) heeft bij haar ontwerp een verificatie- en validatierapport opgesteld in de vorm van de [Ontwerpverantwoording Arcadis], opgenomen in Bijlage 1. In dit memo geeft Arcadis uitgebreide beschrijvingen van de afwijkingen ten opzichte van de voor de overwegen bepaalde uitgangspunten[7] en het al dan niet akkoord zijn van deze afwijkingen. Hieronder zijn deze afwijkingen benoemd, evenals belangrijke aandachtspunten buiten de scope van de uitgangspunten.

Oosthavenkade (Vlaardingen)
Tussenberm (binnen scope)
Ordeel in [Ontwerpverantwoording Arcadis]
Een tussenberm tussen fietspad en rijbaan heeft normaal een breedte van 2,25 meter. In dit ontwerp is deze maximaal 5cm smaller. Deze afwijking is akkoord.[8]

Westhavenkade (Vlaardingen)
Tussenberm (binnen scope)
Ordeel in [Ontwerpverantwoording Arcadis]
Een tussenberm tussen fietspad en rijbaan heeft normaal een breedte van 2,25 meter. In dit ontwerp is deze 25 cm (zuidoostzijde) en 15 cm (noordoostzijde) smaller. Deze afwijking betreft een bestaande situatie. Omdat het fietspad door de ligging van het kanaal aan de oostzijde van de Westhavenkade niet verder naar het oosten verschoven kan worden is het niet mogelijk de tussenberm te verbreden. Omdat het verder een bestaande situatie is wordt deze situatie zo geaccepteerd.

[5] Fit for use.

[6] Het nummer van de oude eis was SI.02.02.005.

[7] De uitgangspunten zijn beschreven in hoofdstuk 4.

[8] Dit akkoord is het resultaat van een expertbeoordeling, op basis van de status van Arcadis als een door ProRail erkend bedrijf.

Bovenleiding (binnen scope)
Ordeel in [Ontwerpverantwoording Arcadis]
Het bovenleidingportaal aan de westzijde van de overweg bevindt zich op circa 1,5 m vanaf de westelijke rand van de bevloering. Dat wijkt af van de norm dat deze op minimaal 3 meter uit de rand van de bevloering moet staan. Deze norm is vastgesteld met het oog op het gevaar van aanrijding van een portaal of mast en/of de meestal grotere kans op ernstigere gevolgen als een wegvoertuig door een trein geraakt wordt en daarna tegen een bovenleiding paal gedrukt wordt. Verplaatsing van een portaal of mast is bijna nooit een optie, omdat dit altijd leidt tot verplaatsing van een aantal naastliggende portalen/masten en verplaatsingen leiden tot hoge kosten. Het is dus zeker juist om palen buiten de 3 meter maat te houden om, na een aanrijding tussen een metro en wegvoertuig, de gevolgschade te beperken. In dit geval staat de paal te dicht op de bevloering maar naast het voetpad en daarmee lijkt het acceptabel, rekening houdende met het feit dat als een motorvoertuig door een metro geraakt wordt deze aanrijding verder dan 3 meter uit de paal plaatsvindt en daarmee wel aan de eis wordt voldaan.

Oordeel safety manager Hoekse Lijn
De safety manager Hoekse Lijn heeft de situatie geaccepteerd. De reden hiervoor is dat er, zoals Arcadis schrijft, dat het voetpad een extra bufferruimte verschaft, zodat de norm effectief gezien gehaald wordt.

Richtlijn
Formeel is de situatie niet in strijd met de [ProRail-richtlijn], want deze richtlijn geldt voor nieuwe overwegen en de overweg Westhavenkade is geen nieuwe overweg.

Vlaardingen Centrum (Vlaardingen)
Abrupte aansluiting van overpad op fietspad (buiten scope, maar reëel veiligheidsrisico)
Ordeel in [Ontwerpverantwoording Arcadis]
Aandachtspunt bij het zuidelijke overpad is de ongunstige ligging van het in twee richtingen te berijden fietspad ten zuiden van en parallel aan het spoor. Dit fietspad tussen de Westhavenkade en de Van Beethovensingel ligt bij het overpad van Vlaardingen Centrum zeer dicht op de zuidelijke Aob steller van het zuidelijk overpad. Reizigers die van het overpad af komen kunnen onbewust zo het fietspad oplopen omdat men dat op een zo korte afstand van het overpad niet verwachten. Met de tegenwoordige snelle elektrische aangedreven fietsen kan dat tot onaangename aanrijdingen leiden. In de verdere ontwikkeling van het gebied zal men hier maatregelen moeten treffen om deze onverwachtse situatie duidelijk te maken aan de reizigers. Het plaatsen van bijvoorbeeld een hekwerk evenwijdig aan het fietspad en op de rand van het trottoir en het fietspad kan reizigers dwingen een bocht te maken zodat ze niet rechtstreeks van het overpad zo op het fietspad kunnen komen. Aan de zuidzijde van het fietspad komt een aansluiting met een voetpad voor de ontsluiting van de woonwijk die daar gerealiseerd gaat worden. Mogelijk dat een zebrapad de oversteek kan vergemakkelijken.

Toelichting
De hierboven beschreven situatie is zichtbaar op de tekening HL-SBV-TEK-00004_I van Vlaardingen Centrum in bijlage 3.

Maatregel
Als mogelijke maatregel noemt Arcadis hierboven een hekwerk. De gemeente heeft inderdaad een bajonethek geplaatst.

Risico gebruik overpad door fietsers (buiten scope, maar reëel veiligheidsrisico)
Ordeel in [Ontwerpverantwoording Arcadis]
Naast de ligging van het fietspad zo dicht op het overpad is ook het gebruik van het overpad een aandachts- en zorgpunt. Bij aanleg van een woonwijk(-je) ten zuiden van het fietspad maar ook door het fietspad zelf zullen er fietsers bij het overpad aankomen. Op dit moment is er bij Vlaardingen Centrum uitsluitend een fietsenstalling aan de noordzijde van het spoor. Ons is onbekend of er ook aan de zuidzijde stallingsmogelijkheden komen. Zonder die mogelijkheden, maar ook door de ligging van woonwijk ten zuiden en winkels ten noorden kan je de verwachting uitspreken dat deze twee overpaden als interwijkverbinding gaan dienstdoen. Daar zijn de overpaden echter niet op ingericht waardoor een menging zal ontstaan van reizigers/voetgangers en fietsers. Mogelijk dat de overpaden daar dan ook toe moeten worden omgebouwd met in dit geval een vrij liggend in twee richtingen te berijden fietspad aan de oostzijde van de overweg. Dat zal overigens tot hoge kosten leiden in verband met de te verplaatsen relaiskasten en aankondigingen van de overpaden. Daarbij staat een Ahob voor een langzaam verkeer overweg waar fietsers gebruik van maken op 4,50 meter uit hart spoor (heavy rail) wat hier 3,85 meter zou kunnen zijn. Dat is 1,15 meter verder naar buiten dan de Aob paal nu aan die zijde. Tussen de Ahob en het fietspad is dan eigenlijk geen opstelruimte als de Ahob gesloten is. Deze situatie is dus een zorgpunt.

Maatregel
Na de in hoofdstuk 3 beschreven aanpassingen en na de beoordeling door Arcadis heeft het Projectbureau Hoekse Lijn de status van het overpad voor voetgangers opgewaardeerd tot interwijkverbinding (met AOB). Het project is momenteel in uitvoering of gereed.

Fietsers worden gedacht het overpad niet fietsend te betreden. Er zal daarom geen fiets-AHOB komen.

Van Beethovensingel (Vlaardingen)
Opbouw overweg (binnen scope)
Ordeel in [Ontwerpverantwoording Arcadis]
De algehele opbouw van de overweg is nog volgens een oude standaard van ProRail. De Ahobstellers staan geheel rechts van de weg aan de buitenzijde van de overweg en naast het voetpad. Tegenwoordig worden deze stellers tussen de hoofdrijbaan en het fietspad geplaatst zodat de zichtbaarheid van de installatie voor het snelverkeer aanzienlijk beter is. Ook de aanwezige middenberm, met daarop een enkelvoudig knipperlicht, is veel te smal, 0,70 tot 0,74 meter terwijl dat volgens het voorschrift 1,60 m moet zijn. Binnen de ontwerpopdracht zat niet het opwaarderen van de overweg naar een nieuwe standaard. Omdat het een oud overweg ontwerp betreft en ombouw naar de nieuwe standaard tot uitbreiding van de bevloering en aanpassing van de aankondigingspunten in de baan zal leiden had dit bij de eerdere ombouw van de spoorbaan meegenomen moeten worden. Ombouw nu leidt tot zeer hoge kosten, het is aan het project en de gemeente of ze die nog willen maken.

Oordeel safety manager Hoekse Lijn
Zoals Arcadis schrijft, gaat het om een oud overwegontwerp dat aan de destijds geldende standaard voldoet. Ombouw ten behoeve van voldoen aan de huidige standaard zou hoge kosten vergen en verhoudingsgewijs weinig extra veiligheid opleveren.

Diverse maatregelen door gemeente (buiten scope, maar reëel veiligheidsrisico)
Ordeel in [Ontwerpverantwoording Arcadis]
Met de gemeente is afgesproken dat er tussen voet- en fietspad links van de weg nog vanaf de Ahob boom 5 meter lange hekken komen om het om de boom heen lopen te voorkomen. Deze actie gaat de gemeente zelf initiëren. De ruimte tussen fietspad en rijbaan is daartoe te smal.

Verder worden er in de driehoek bij de aansluiting van het fietspad aan de zuidoostzijde van de overweg nog hekken met rood wit gestreepte planken geplaatst om het fietsverkeer te geleiden.

Ook worden de lichten van de Ahob gericht naar het autoverkeer.

Aanvullende informatie door Projectbureau Hoekse Lijn
De hekken zijn inmiddels door de gemeente geplaatst. Het richten van de lichten gebeurt door het Projectbureau Hoekse Lijn.

Zicht vanaf zuiden (buiten scope, maar reëel veiligheidsrisico)
Ordeel in [Ontwerpverantwoording Arcadis]
Het zicht op de overweg vanuit het noorden is voldoende en er zijn geen aanvullende maatregelen nodig nabij het Shell tankstation. Het zicht vanuit het zuiden is nu voldoende maar kan, als het fietspad intensief in gebruik is en er ook veel meer doorgaande bewegingen over de overweg gaan ontstaan, wel eens onvoldoende worden. De Ahobpaal wordt dan mogelijk afgedekt door het langzame verkeer en is niet meer goed zichtbaar voor het autoverkeer. De RGP (Red Signal Repeater) in de middenberm blijft wel zichtbaar.

Oordeel safety manager Hoekse Lijn
Er is geen aanleiding voor het treffen van maatregelen.

Vlaardingen West (Vlaardingen)
Geen afwijkingen of belangrijke aandachtspunten.

Recreatiepad (Vlaardingen)
Geen afwijkingen of belangrijke aandachtspunten.

Prinses Julianalaan (Maassluis)
Bovenleiding (binnen scope)
Ordeel in [Ontwerpverantwoording Arcadis]
Het bovenleidingportaal aan de westzijde van de overweg bevindt zich op circa 2 m vanaf de westelijke rand van de bevloering. Dat wijkt af van de norm dat deze op minimaal 3 meter uit de rand van de bevloering moet staan. Deze norm is vastgesteld met het oog op het gevaar van aanrijding van een portaal of mast en/of de meestal grotere kans op ernstigere gevolgen als een wegvoertuig door een trein geraakt wordt en daarna tegen een bovenleidingpaal gedrukt wordt. Verplaatsing van een portaal of mast is bijna nooit een optie, omdat dit altijd leidt tot verplaatsing van een aantal naastliggende portalen/masten en verplaatsingen leiden tot hoge kosten. Het is dus zeker juist om palen buiten de 3 meter maat te houden om, na een aanrijding tussen een metro en wegvoertuig, de gevolgschade te beperken. In dit geval staat de paal te dicht op de bevloering maar naast het voetpad en daarmee lijkt het acceptabel, rekening houdende met het feit dat als een motorvoertuig door een metro geraakt wordt deze aanrijding verder dan 3 meter uit de paal plaatsvindt en daarmee wel aan de eis wordt voldaan.

Oordeel safety manager Hoekse Lijn
De safety manager Hoekse Lijn heeft de situatie geaccepteerd. De reden hiervoor is dat er, zoals Arcadis schrijft, dat het voetpad een extra bufferruimte verschaft, zodat de norm effectief gezien gehaald wordt.

Richtlijn
Formeel is de situatie niet in strijd met de [ProRail-richtlijn], want deze richtlijn geldt voor nieuwe overwegen en de overweg Westhavenkade is geen nieuwe overweg.

Maassluis Centrum (Maassluis)
Geen afwijkingen of belangrijke aandachtspunten.

Deltaweg (Maassluis)
Geen afwijkingen of belangrijke aandachtspunten.

Maasweg (Maassluis)
Tussenberm en AHOB (binnen scope)
Ordeel in [Ontwerpverantwoording Arcadis]
In doorsnede B-B is de tussenberm volgens de norm 4 cm te smal en staat de Ahob 2 cm te dicht op de weg maar dat is acceptabel.

Toelichting
'Doorsnede B-B' is te vinden op tekening HL-SBV-TEK-00014 in Bijlage 3.

Maassluis West (Maassluis)
Geen afwijkingen of belangrijke aandachtspunten.

Steendijkpolder (Maassluis)
AOB's (binnen scope)
Ordeel in [Ontwerpverantwoording Arcadis]
De AOB's staan 20 respectievelijk 5 cm te dicht op de zijkant van het overpad maar dat is acceptabel.

Schenkeldijk (grens Maassluis / Rotterdam)
Stellers (binnen scope)
Ordeel in [Ontwerpverantwoording Arcadis]
De Ahobsteller aan de noordwestzijde van de overweg staat op 1,80 meter uit kant weg in plaats van 1,25 meter (norm 1,25 – 1,75 meter), de Ahobsteller aan de zuidoostzijde staat op 1.15 meter uit kant weg in plaats van 1,25 meter (norm 1,25 - 1,75 meter). Beide stellers blijven zo gehandhaafd.

Haakweg (Hoek van Holland)
Afvoerende wegen (buiten scope)
Ordeel in [Ontwerpverantwoording Arcadis]
Deze overweg ligt bij de in- en uitrit van een veerbootterminal. Zowel bij snelverkeer van noord naar zuid maar vooral bij verkeer van zuid naar noord kunnen zich ontruimingsproblemen op de overweg voordoen. Vooral de hoge intensiteit van het vrachtverkeer valt daarbij op en leidt tot mogelijke problemen. Voor het ontruimingsprobleem bij verkeer van noord naar zuid heeft overleg plaatsgevonden met de veerbootterminal waardoor vrachtwagens sneller de overweg af kunnen rijden. Voor het ontruimingsprobleem bij verkeer van zuid naar noord zijn al wel verbetervoorstellen gedaan en ontwerpen gemaakt maar deze maken nu nog geen onderdeel uit van de plannen. Op dit moment is het ontruimingsprobleem van zuid naar noord dus nog onveranderd aanwezig en daarmee

een potentieel gevaarlijke situatie bij de start van de metrodienst. Geadviseerd wordt hier op korte termijn actie in te ondernemen.

Maatregelen
Voor het probleem van zuid naar noord zullen in de loop van 2019 verkeerskundige maatregelen worden getroffen. Deze bestaan uit aanleg van een rotonde, plaatsing van filebakken en een deel-VRI.

Matrixbak (buiten scope)
Ordeel in [Ontwerpverantwoording Arcadis]
De matrixbak met file waarschuwing aan een uitlegger ten zuiden van de overweg behoort niet tot de overweginstallatie. De eigenaar is onbekend.

AHOB-steller
Ordeel in [Ontwerpverantwoording Arcadis]
De Ahobsteller aan de zuidwestzijde staat 0,30 m te dicht op het fietspad.

Oordeel safety manager Hoekse Lijn
De situatie is acceptabel.

Conclusie
Op grond van het bovenstaande stelt het Projectbureau Hoekse Lijn dat aan deze eis voldaan is.

iPVE-eis SI.05.01.091
Eis
Een gelijkvloerse kruising direct naast het perron dient door de machinist overzien te kunnen worden vanaf de opstelplaats van het treinvoertuig met een (obstakelvrije) zichthoek van 27° naar beide zijden van het spoor.

Realisatie
In de realisatie zijn uitsluitend de hoogst noodzakelijke obstakels in deze zone geplaatst, onder andere: bovenleidingmasten, AHOB-stellers, bebording treinbeveiliging en relaiskasten. De functieloos vervallen objecten van ProRail zijn geamoveerd; dit betrof seinen en (hoge) relaiskasten. Voor de relaiskasten is er aanvullend gekozen om bij alle overwegen een lage standaard overwegkast (LSO) toe te passen; op een aantal overwegen heeft dit voor verbetering van het zicht op de overweg geleid, doordat er in de oude situatie hoge relaiskasten stonden. Als gevolg van dit alles zijn er vanuit de overweginrichtingen en -installaties geen obstakels binnen de zichtlijnen. (Eventuele obstakels buiten de overwegen vallen buiten de scope van dit rapport.)

Conclusie
Het Projectbureau Hoekse Lijn stelt dat er aan deze eis invulling gegeven is.

iPVE-eis NH02.01B
Eis
De resterende levensduur van bestaande Hoekse Lijn infrastructuuronderdelen dient zodanig te zijn, dat een grote buitendienstelling van langer dan een weekend niet eerder dan 5 jaar na de ingebruikname van het Hoekse Lijn vervoersysteem nodig is. Het budget is kaderstellend.

Toelichting
Deze eis is niet een specifieke eis voor overwegen, maar een algemene eis voor de hele lijn.

Beoordeling
Nieuwe overwegen kunnen gemakkelijk vijf jaar mee, zonder dat er iets defect raakt. Deze voldoen aan de eis.

Als een installatiedeel zoals een steller defect raakt, kan dat in een nacht vervangen worden. Vervangen van de overwegvloer kan in een weekend gebeuren. Dit betekent dat ook overwegen met hergebruikte onderdelen aan de eis voldoen.

Conclusie
Hiermee stelt het Projectbureau Hoekse Lijn dat aan deze eis invulling wordt gegeven.

iPVE-eis HI.02.08.006
Eis
Bestaande infrastructuurelementen van de bestaande spoorlijn Schiedam - Hoek van Holland dienen zoveel mogelijk te worden hergebruikt.

Hergebruik
Elk overwegonderdeel is gekeurd, om vast te stellen of zijn actuele prestatie binnen of buiten de toleranties viel. De onderdelen binnen de toleranties zijn hergebruikt; de onderdelen buiten de toleranties zijn vervangen. De hergebruikte onderdelen zullen de komende jaren geleidelijk aan worden vervangen.

Overzicht
Een overzicht van hergebruikte en/of nieuwe materialen is opgenomen in Figuur 1.

HERGEBRUIK EN NIEUWE MATERIALEN													
Aantal overwegen Hoekse Lijn	Overwegen	Nieuwe objecten	Hergebruik objecten	Combinatie hergebruik en nieuwe objecten	Nieuwe kabels	Hergebruik kabels	Combinatie hergebruik en nieuwe kabels	Nieuwe relais	Hergebruik relais	Combinatie hergebruik en nieuwe relais	relaislast nieuw	relaislast hergebruik	accu's nieuw
1	Oosthavenkade			x	x					x	x		x
2	Westhavenkade			x	x					x	x		x
3	Vlaardingen Centrum 1	x			x					x	x		x
4	Vlaardingen Centrum 2	x			x					x	x		x
5	Van Beethovensingel			x			x			x	x		x
6	Vlaardingen West 1	x			x					x	x		x
7	Vlaardingen West 2	x			x				x		x		x
8	Recreatiepad		x		x				x		x		x
9	Prinses Julianalaan			x			x			x	x		x
10	Maassluis Centrum 1		x		x					x	x		x
11	Deltaweg		x				x		x		x		x
12	Maasweg			x			x		x			x	x
13	Maassluis West			x	x					x	x		x
14	Steendijkpolder	x			x				x		x		x
15	Schenkeldijk		x			x			x		x		x
16	Haakweg			x		x				x	x		x

Figuur 1: Overzicht van hergebruikte en nieuwe materialen

Conclusie

Hiermee stelt het Projectbureau Hoekse Lijn dat aan de eis invulling wordt gegeven.

6.3 Verlichting

Bij een inspectie door de safety manager van de Hoekse Lijn is gebleken dat sommige overwegen onvoldoende verlicht zijn:

- overpaden Vlaardingen Centrum: geen verlichting;
- overpaden Vlaardingen West: geen verlichting (wel op aansluitende hellingbaan);
- overpad Maassluis Centrum: geen verlichting (wel op aansluitende hellingbaan);
- overpaden Maassluis West: geen verlichting (wel op aansluitende hellingbaan), fietspad volledig onverlicht;
- overpaden Steendijkpolder: geen verlichting (wel op aansluitende hellingbaan);
- overweg Haakweg: onvoldoende verlichting (er staat alleen een lichtmast aan de zuidzijde van de overweg; gemeente Rotterdam gaat nu ook aan de noordzijde een lichtmast plaatsen).

Volgens de [ProRail-richtlijn] dienen overwegen verlicht te zijn; de richtlijn geeft daar geen kwantitatieve specificatie bij. De verlichting van overwegen behoort niet tot de overweginrichting of -installaties en valt daarom buiten de scope (§ 1.2) van dit rapport. De verlichting van overpaden wordt door het Projectbureau Hoekse Lijn opgepakt (dit dient nog te gebeuren) en de verlichting van Haakweg door de gemeente Rotterdam.

7 Conclusie

7.1 Conclusie

In het project van de ombouw van de Hoekse Lijn tot een metrolijn is het bestand aan overwegen (en overpaden) gewijzigd; bestaande overwegen of overpaden zijn vervallen of gewijzigd en er zijn nieuwe overwegen of overpaden gekomen. Deze overwegen zijn getoetst aan de eisen in het Integraal Programma van Eisen voor de Hoekse Lijn [iPVE] die op overwegen betrekking hebben.

Het Projectbureau Hoekse Lijn concludeert dat de overwegen en overpaden aan de eisen voldoen of dat de afwijkingen acceptabel zijn.

De afwijkingen en de nog openstaande punten zijn hieronder benoemd.

7.2 Afwijkingen

Eén overpad voldoet niet aan de eis HI.01.05.007, maar is wèl geschikt voor gebruik. Zie § 6.2.

Oosthavenkade: De tussenberm voldoet niet aan eis NS07.02.02. Volgens Arcadis is dit akkoord. Zie § 6.2.

Westhavenkade: De tussenberm voldoet niet aan eis NS07.02.02. Volgens Arcadis is dit akkoord. Zie § 6.2.

Westhavenkade: Een bovenleidingportaal voldoet niet aan eis NS07.02.02. Volgens de safety manager Hoekse Lijn is dit akkoord. Zie § 6.2.

Vlaardingen Centrum: Abrupte aansluiting van overpad op fietspad. Dit is door de gemeente opgelost. Zie § 6.2.

Vlaardingen Centrum: Risico gebruik overpad door fietsers. Dit is of wordt opgelost. Zie § 6.2.

Van Beethovensingel: De opbouw van de overweg voldoet aan de ProRail-standaard die ten tijde van de bouw geldig was, maar niet aan de huidige versie van de standaard. Daardoor voldoet de overweg niet aan de eis NS07.02.02. Volgens de safety manager Hoekse Lijn weegt de veiligheidswinst niet op tegen de kosten van de ombouw. Zie § 6.2.

Van Beethovensingel: Arcadis noemt het zicht op de overweg vanuit het zuiden een mogelijk probleem in geval van intensief gebruik van een fietspad. Volgens de safety manager Hoekse Lijn is er geen aanleiding voor maatregelen. Zie § 6.2.

Prinses Julianalaan: Een bovenleidingportaal voldoet niet aan eis NS07.02.02. Volgens de safety manager Hoekse Lijn is dit akkoord. Zie § 6.2.

Maasweg: De tussenberm is te smal en de AHOB staat de dicht op de weg. Daardoor wijkt de overweg af van de eis NS07.02.02. Volgens Arcadis is dit akkoord. Zie § 6.2.

Steendijkpolder: De AOB's staan 20 respectievelijk 5 cm te dicht op de zijkant van het overpad, in afwijking van de eis NS07.02.02. Volgens Arcadis is dit akkoord. Zie § 6.2.

Schenkeldijk: De positie van Ahob-stellers wijkt af van de eis NS07.02.02. Volgens Arcadis is dit akkoord. Zie § 6.2.

Haakweg: Hier is een verkeerskundig probleem met de afvoer van zuid naar noord. Maatregelen zullen worden genomen. Zie § 6.2.

Haakweg: De positie van een Ahobsteller wijkt af van de eis NS07.02.02. Volgens de safety manager Hoekse Lijn is dit akkoord. Zie § 6.2.

7.3 Restpunten

De restpunten zijn opgesomd in Tabel 4. Bron: [Restpunten].

Tabel 4: Restpuntenlijst

Overweg / overpad	***Actie***	***Status***
Vlaardingen Centrum	Aanbrengen van Andreaskruisen i.v.m. de interwijkfunctie (openbaar overpad)	Open; nog niet gerealiseerd
Maassluis Centrum	Aanbrengen van waarschuwingslichten (i.v.m. uniformiteit met andere overpaden)	Open; ontwerp aangepast; nog niet gerealiseerd
Maassluis West	Voetgangersoverpad inrichten als openbaar overpad, dus met waarschuwingslichten en Andreaskruisen	Open; ontwerp aangepast; nog niet gerealiseerd
Maassluis West	Aanbrengen van een hekwerk tussen de AY-stellers zodanig dat niet ‘om de overweg heen gelopen kan worden’	Open
Steendijkpolder	Aanbrengen van waarschuwingslichten en wachtplank ‘Wacht tot het rode licht gedoofd is…’	Open; ontwerp aangepast; nog niet gerealiseerd
Haakweg	Aan beide zijden filebakken plaatsen	Open. Er staat één filebak aan de zuidzijde; er worden filebakken bijgeplaatst aan de noordzijde en aan de zuidzijde (Slachthuisweg)

8 Lijst van bijlagen

Lijst van bijlagen:

Bijlage 1:	Ontwerpverantwoording overwegen
Bijlage 2:	VeloSTRAIL
Bijlage 3:	As-Built overweginrichtingstekeningen
Bijlage 4:	Keuringsrapporten