

## **Afwegingskader: effecten ERTMS**

Ten behoeve van Alternatieven Nota ERTMS

Datum 25 maart 2014  
Kenmerk IM035.4

*MuConsult B.V.*  
Postbus 2054  
3800 CB Amersfoort  
Telefoon 033 – 465 50 54  
Fax 033 – 461 40 21  
E-mail [INFO@MUCONSULT.NL](mailto:INFO@MUCONSULT.NL)  
Internet [WWW.MUCONSULT.NL](http://WWW.MUCONSULT.NL)

# Inhoudsopgave

<b>Samenvatting</b>	<b>I</b>
<b>1. Inleiding</b>	<b>1</b>
1.1 Algemeen	1
1.2 Inhoud van het afwegingskader	1
1.3 Doel van het rapport	2
1.4 Leeswijzer	3
<b>2. Kansrijke scenario's: eindbeelden en migratiepaden</b>	<b>4</b>
2.1 Uitgangssituatie: nulscenario	4
2.2 Eindbeelden	6
2.3 Migratiepaden	8
2.4 Selectie onderzochte scenario's	9
<b>3. Effecten van eindbeelden op doelen</b>	<b>10</b>
3.1 Inleiding	10
3.2 Veiligheid	10
3.3 Interoperabiliteit treinbeveiliging	12
3.4 Capaciteit	13
3.5 Snelheid	15
3.6 Betrouwbaarheid	16
3.7 Effecten van Level 1/2-Mix en Level 2plus	18
<b>4. Verantwoorde besteding middelen</b>	<b>19</b>
4.1 Inleiding	19
4.2 Kosten van invoering ERTMS	19
4.3 Bedrijfsresultaat vervoerders	25
4.4 Toekomstvastheid	27
4.5 MKBA	28
<b>5. Risico's invoering ERTMS</b>	<b>30</b>
5.1 Inleiding	30
5.2 Risico's eindbeelden	30
5.3 Risico's migratiepaden	31
5.4 Risicobeschouwing Level 1/2-mix en Level 2plus	31
<b>Bijlage 1: Bronnen</b>	<b>33</b>
<b>Bijlage 2: Verbeteringen kader NA t.o.v. NRD</b>	<b>34</b>
<b>Bijlage 3: Migratiepaden</b>	<b>36</b>

# Samenvatting

ERTMS (European Rail Traffic Management System) is de nieuwe internationale standaard voor treinbesturing en -beveiliging. Op basis van de Nota Reikwijdte en Detailniveau (NRD) en de Nota Kansrijke Scenario's (NKS) zijn het afwegingskader en een aantal kansrijke scenario's bepaald die in de Alternatieven Nota nader worden uitgewerkt. In het afwegingskader zijn de doelen en criteria voor de invoering van ERTMS opgenomen. Deze rapportage levert de uitkomsten van de uitgevoerde onderzoeken, waarbij de kansrijke scenario's worden vergeleken met het nulscenario. De scenario's zijn samengesteld uit de combinatie van een eindbeeld (omvang van het netwerk dat met ERTMS wordt uitgerust) en een migratiepad (volgorde en snelheid waarmee netwerkdelen worden voorzien van ERTMS). Met de verkregen inzichten wordt beslisinformatie geleverd ten behoeve van de voorkeursbeslissing ERTMS.

## Eindbeelden

In de onderstaande tabel zijn de effecten van de eindbeelden weergegeven ten opzichte van het nulscenario. Daarbij betekent de groene kleur dat het eindbeeld beter scoort dan het nulscenario en de rode kleur dat het eindbeeld slechter scoort dan het nulscenario. Hoe donkerder de kleur, hoe sterker het effect. Merk op dat het overzicht per thema is opgebouwd.

Overzicht scores eindbeelden ten opzichte van nulscenario met basispad PHS eerst

	Score t.o.v. nulscenario		
	1. EU verplicht en PHS	2. HRN	3. heel NL
Veiligheid	+	++	++
Interoperabiliteit	0	0/+	++
Capaciteit	+	++	++
Snelheid / reistijd	-/- 2,4%	-/- 2,9%	-/- 2,9%
(On)betrouwbaarheid in verliestijden	97,2	94,8	93,2
<i>Index: nulscenario = 100</i>			
Kosten (Life Cycle Costs) x € 1 mln <i>NCW t.o.v. nulscenario (= 3.700)</i>	€ 1.800	€ 2.250	€ 2.400
Kasstroom investering, vervanging infra en materieel t.o.v. nul (=5.650)	€ 1.650	€ 2.550	€ 2.850
Onderhoud per jaar in zichtjaar (infra / materieel) t.o.v. nulscenario (=55/20)	€ 25/ € 20	€ 40/ € 10	€ 50/ € 10
Bedrijfsresultaat vervoerders	-/- - <sup>1)</sup>	- <sup>1)</sup>	0/- <sup>1)</sup>
Toekomstvastheid	0/+	+	+/>++
Baten/kostenratio (RC/GE)	0,7 / 1,0	0,7 / 1,0	0,7 / 1,0
90%-betrouwbaarheidsinterval NCW investeringskosten infra (mln €)	+/- € 500	+/- € 650	+/- € 700
90%-betrouwbaarheidsinterval NCW reis-tijd- en betrouwbaarheidsbaten (mln €)	+/- € 410	+/- € 510	+/- € 530

<sup>1)</sup> bij 100% bekostiging ombouw materieel door vervoerders; bij 50% bekostiging door vervoerders wordt het resultaat positief.

Ten aanzien van de afzonderlijke thema's worden de volgende conclusies getrokken:

- ▶ **Veiligheid.** Invoering van ERTMS reduceert naar verwachting het aantal Stoptonend seinpassages (STS). Uitrol over grotere delen van het netwerk draagt dan ook bij aan de reductie van slachtoffers en materiële schade. Daarnaast kan ERTMS bijdragen aan de reductie van ongevallen op overwegen en de veiligheid van baanwerkers. Security is een aandachtspunt. Uitrol naar het gehele HRN leidt tot meer veiligheid dan de uitrol die beperkt blijft tot de EU-verplichte corridors en PHS. Uitbreiding naar het regionale net leidt in beperkte mate tot extra veiligheid.
- ▶ **Interoperabiliteit.** Uitrol van ERTMS over de PHS-corridors, in aanvulling op de EU verplichte corridors, zal alleen bijdragen aan een verbetering van de internationale interoperabiliteit en de daaruit voortvloeiende verlaging van de kosten voor vervoerders; voor de binnenlandse interoperabiliteit is sprake van een negatief effect vanwege de noodzakelijke inbouw van twee beveiligingssystemen in een groot deel van het materieel. Alleen uitrol over HRN en het regionale net leidt tot optimale nationale interoperabiliteit en daaraan verbonden voordelen voor kosten van vervoerders. Daarnaast zijn er standaardisatie-voordelen voor de infrabeheerder.
- ▶ **Capaciteit.** Op baanvakken met een hoge belasting en op grotere stations kunnen met ERTMS capaciteitsvoordelen worden gerealiseerd; deze kunnen worden ingezet voor verbetering van de betrouwbaarheid/punctualiteit en/of vermindering van de reistijd. Daarnaast kan ERTMS mogelijk in beperkte omvang zonder infrastructurele maatregelen de capaciteit verhogen, waarvoor in het nulscenario momenteel infrastructurele maatregelen zijn voorzien. Dit biedt mogelijkheden tot besparingen, maar er zijn onzekerheden over de precieze omvang. Er worden geen grote effecten van de verschillende eindbeelden op buitendienststellingen ten behoeve van onderhoud verwacht. Vergelijking tussen de eindbeelden laat zien dat het eindbeeld 2, met uitrol naar het gehele HRN, meer capaciteitsvoordelen realiseert dan uitrol naar alleen de EU-verplichte trajecten en PHS.
- ▶ **Snelheid.** ERTMS draagt bij aan verlaging van de rij- en reistijden vanwege verrijndere snelheidstrappen van 0 tot 140 km/h. Het effect van verhoging van de maximumsnelheid km/h op 7 trajecten is beperkt, gezien vanuit nationale schaal; een belangrijk deel van de verhoging van de maximumsnelheid wordt al in het nulscenario (m.n. op OV SAAL) geïncasseerd en de incasseerbaarheid op de andere trajecten is beperkt. Uitrol van ERTMS naar het gehele HRN leidt tot extra reistijdwinst ten opzichte van een uitrol op uitsluitend de EU-verplichte en PHS-corridors. Nog verdere uitrol naar ook het regionale net leidt tot beperkte additionele reistijdwinsten bovenop die van uitrol naar het HRN.
- ▶ **(On)betrouwbaarheid.** Uitrol van ERTMS kan leiden tot maximaal 6,8% minder verliesuren bij reizigers, wat vooral wordt bereikt door minder storingen aan de infrastructuur en een verbeterde stabiliteit van de dienstregelinguitvoering. Wel kunnen storingen aan materieel enigszins toenemen als sprake is van twee veiligheidssystemen. Er is sprake van een positief effect op de betrouwbaarheid van de infrastructuur.
- ▶ **Lifecycle costs.** De additionele kosten van invoering van ERTMS Level 2 ten opzichte van het nulscenario liggen tussen € 1,8 en € 2,4 miljard NCW (incl BTW). Deze kosten hebben vooral te maken met investeringen rondom de infrastructuur (€ 2,1 miljard NCW).
- ▶ **Kasstroom investeringen.** De onderscheiden scenario's vragen om extra investeringen in infra en materieel ten opzichte van het nulscenario van € 1,65 miljard bij uitrol naar EU-verplichte corridors en PHS, € 2,55 miljard bij uitrol naar het gehele HRN en € 2,85 miljard bij uitrol over het gehele Nederlandse spoornet.
- ▶ **Onderhoud infra en materieel.** Er zijn hogere jaarlijkse onderhoudskosten voor infrastructuur en materieel.

- ▶ **Bedrijfsresultaat vervoerders.** Indien de investeringen voor 100% door de vervoerders zouden worden bekostigd, wordt verwacht dat uitrol van ERTMS Level 2 over de EU-verplichte corridors en PHS negatief financieel resultaat zal leiden voor de vervoerders. Dit omdat niet alle voordelen over het hele netwerk kunnen worden gerealiseerd, maar wel geïnvesteerd moet worden in materieel terwijl het materieel ook nog van ATB voorzien moet blijven. Bij uitrol over geheel HRN zullen NS en de goederenvervoerders ten opzichte van eindbeeld 1 beperkte voordelen ondervinden omdat een deel van het materieelpark geen ATB meer nodig heeft; voor de regionale vervoerders ontstaan kosten omdat hun materieel in verband met samenloop met het HRN volledig van ERTMS moet zijn voorzien zonder dat hier navenante opbrengsten tegenover staan. Ten opzichte van het nulscenario is sprake van een negatieve invloed op de bedrijfsresultaten van de vervoerders, tenzij de kosten van aanschaf en inbouw van OBU's voor ongeveer de helft worden vergoed.
- ▶ **MKBA.** Uit de MKBA blijkt dat in het groeiscenario met hoge economische groei het saldo van baten en kosten in alle scenario's ongeveer nul is en de baten en kosten gelijk aan elkaar zijn; in het groeiscenario met lage economische groei is de verhouding tussen baten en kosten ongeveer 0,7. Wel moeten daarvoor de in deze studie genoemde baten (mn reistijd, betrouwbaarheid en veiligheid) ook daadwerkelijk worden gerealiseerd door de partners en mogen de kosten niet hoger zijn dan de ramingen.
- ▶ **Risico's.** De onzekerheid in kosten en baten van de ERTMS-scenario's is groter dan voor het nulscenario vanwege de hieraan gerelateerde organisatorische, technische en integratierisico's. In absolute zin verschillen de bandbreedtes tussen de eindbeelden, in relatieve zin (procentueel ten opzichte van berekende waarde) zijn de risicoprofielen over de eindbeelden echter vergelijkbaar met elkaar. Dit wordt met name verklaard doordat de toename in kosten, baten en risico's beperkt is tussen de eindbeelden; de meerkosten en meeropbrengsten van de eindbeelden 2 (HRN) en 3 (heel NL) zijn beperkt, door de relatief hoge kosten en baten van eindbeeld 1 (EU verplicht en PHS).

### Migratiepaden

Naast drie eindbeelden zijn er drie migratiepaden onderscheiden en uitgewerkt voor de uitrol naar het HRN (eindbeeld 2). In de onderstaande tabel zijn de uitkomsten weergegeven ten opzichte van een 'gemiddeld' migratiepad (groen betekent meer voordeel dan gemiddeld, rood minder). Er is gekozen voor de vergelijking met een 'gemiddeld' pad omdat er geen referentiemigratiepad als "nulpad" is gedefinieerd.

#### Vergelijking effecten eindbeeld 2 voor verschillende migratiepaden

Thema	Migratiepaden		
	1. PHS-eerst	2. Vervanging eerst	3. Landsdelen eerst
Veiligheid	0/+	0	0/-
Interoperabiliteit	0	0	0
Capaciteit	0/+	0/+	0
Snelheid	0/+	+	-
Betrouwbaarheid	0/+	0	0/-
Kosten (Lifecycle-costs), NCW	€ 2.250	€ 2.250	€ 2.150
Toekomstvastheid	0	0	0
B/K-ratio (RC/GE)	0,7/1,0	0,8/1,0	0,7/1,0

In het onderzoek is vastgesteld dat de verschillen tussen de migratiepaden klein zijn:

- ▶ **Veiligheid.** Het migratiepad PHS-eerst hoger scoort dan gemiddeld en het pad Landsdelen eerst lager dan gemiddeld. Dit komt vooral omdat het aantal treintransities, waarbij treinen van ERTMS-delen van het netwerk naar ATB overgaan en vice versa, het laagst is in PHS eerst en het hoogst in het migratiepad Landsdelen eerst.

- ▶ **Interoperabiliteit.** Hierbij kan geen verschil tussen de migratiepaden worden vastgesteld.
- ▶ **Capaciteit.** Aangezien de meeste effecten van capaciteitsvergroting te verwachten zijn op de PHS-corridors, scoren de migratiepaden PHS-eerst en Vervanging eerst beter dan het pad Landsdelen eerst.
- ▶ **Snelheid.** De reistijdwinsten worden het minst snel gerealiseerd in het migratiepad Landsdelen eerst. De reistijdverkortingscoëfficiënt scoort het hoogst in het pad Vervanging-eerst.
- ▶ **Betrouwbaarheid.** Hierbij is sprake van twee tegengestelde deeleffecten die elkaar deels opheffen. Het migratiepad Landsdelen eerst scoort hoger omdat bij kinderziekten in de ombouw minder reizigers last hebben van de ombouw; de twee andere migratiepaden scoren hierbij slechter. Echter, het migratiepad Landsdelen eerst genereert ook meer treintransities tussen veiligheidssystemen, wat de betrouwbaarheid negatief kan beïnvloeden. De andere twee migratiepaden scoren hier beter.
- ▶ **Kosten.** Het migratiepad Landsdelen eerst is goedkoper te realiseren en PHS eerst is duurder in termen van lifecycle kosten. Verschillende piekmomenten van investeringen in infrastructuur verklaren het verschil in NCW tussen de migratiepaden. De geformuleerde migratiepaden kunnen grote vervangingsopgave niet volledig vermijden. Hierdoor is het verschil tussen migratiepad Vervanging eerst en de andere migratiepaden beperkt.
- ▶ **Toekomstvastheid.** Hierbij zijn geen significante verschillen tussen de migratiepaden.
- ▶ **MKBA.** Het migratiepaden scoren nagenoeg gelijk op de MKBA.
- ▶ **Risico's.** De migratiepaden 'PHS eerst' en 'Vervangingen eerst' kennen een vergelijkbare gevoeligheid voor planningsonzekerheden, zowel wat betreft de baten als de kosten. De baten van het migratiepad 'Landsdelen eerst' zijn minder gevoelig voor planningsonzekerheden omdat in basis de baten in dit migratiepad minder snel geïncasseerd worden. Bij vertragingen bestaat echter wel de kans dat bepaalde vermeden investeringen worden misgelopen op de PHS-corridors. Per saldo heffen deze effecten elkaar op in de netto contante waarde-berekening, waardoor de gevoeligheid ten aanzien van gemonetariseerde baten en kosten vergelijkbaar is over de drie migratiepaden.  
Het migratiepad 'Landsdelen eerst' kent het grootste aantal treintransitiepassages, wat een mogelijke bron is voor storingen in de categorie kinderziekten. Daartegenover staat dat in dit migratiepad de grote emplacementen later komen, waardoor eerst ervaringen opgedaan kunnen worden op de kleinere emplacementen. Dit maakt het risico ten aanzien van het realiseren van baten op de grote emplacementen beter beheersbaar.

### **Aanvullende analyses: Level 1/2-mix en Level 2plus**

In de volgende tabel zijn de uitkomsten van de aanvullende analyses Level 1/2-mix en Level 2plus weergegeven.

### Effecten aanvullende eindbeelden

Thema	Vergelijking met nulscenario	
	Mix L1 / L2	Level 2plus (HRN)
Veiligheid	+	++
Interoperabiliteit	+	0/+
Capaciteit	+	++
Snelheid/reistijd (geheel Nederland)	-/- 2,8%	-/- 2,9%
(On)betrouwbaarheid (index nulscenario = 100)	95,9	94,8
Kosten (Lifecycle-costs), mln euro, NCW ten opzichte van nulscenario (=€ 3.700)	€ 2.250	€ 2.000
Kasstroom investeringen, vervanging, Infra en materieel ten opzichte van nul (=€ 5.650)	€ 3.750	€ 2.050
Onderhoud per jaar in zichtjaar (infra/materieel) ten opzichte van nul (=55/20)	30/10	40/15
Bedrijfsresultaat vervoerders	0/- <sup>2)</sup>	- <sup>2)</sup>
Toekomstvastheid	+ / ++	+ <sup>1)</sup>
Baten/kosten-ratio	0,7 / 1,0	0,8 / 1,1
90%-betrouwbaarheidsinterval NCW investeringskosten infra	Groter dan bij L2	Groter dan of gelijk aan L2
90%-betrouwbaarheidsinterval NCW reistijd- en betrouwbaarheidsbaten	Groter dan bij L2	Groter dan bij L2

<sup>1)</sup> Indien Train Integrity Monitor wordt ontwikkeld, anders score “ – “

<sup>2)</sup> Bij 100% bekostiging ombouw materieel door vervoerders; bij 50% bekostiging door vervoerders wordt het resultaat positief.

Op basis van de tabel zijn de volgende opmerkingen te maken:

- ▶ **Level 1/2-mix.** Inzake een aantal onderwerpen scoort Level 1/2-mix iets minder goed dan de uitrol van ERTMS Level 2 over geheel Nederland. Zo kunnen potentiële voordelen inzake overwegveiligheid niet met Level 1 worden gerealiseerd, wordt de mogelijkheid om reistijd te besparen minder groot geacht en zullen de effecten op betrouwbaarheid minder gunstig zijn. In NCW wordt € 150 mln bespaard.
- ▶ **Level 2plus.** Level 2plus betreft een verschijningsvorm van ERTMS waarvan nog niet bekend is op welke wijze en wanneer deze operationeel zou kunnen zijn. Daarom is dit niet als hoofd-eindbeeld meegenomen. Verwacht wordt dat ERTMS Level 2plus over het gehele HRN dezelfde baten oplevert dan uitrol van Level 2. Omdat de kosten lager zijn dan Level 2 (NCW € 350 mln), is sprake van een hogere maatschappelijke rentabiliteit van Level 2plus dan van Level 2. In GE is sprake van een B/K-ratio van 1,2; in RC van 0,9.
- ▶ Uit de **risicobeschuiving van ERTMS Level 2plus** volgt dat dit alternatief ten opzichte van ERTMS Level 2 minder mature is en meer planningsonzekerheden kent ten aanzien van ontwikkeling en vrijgave. ERTMS Level 2plus kent zowel meer kansen als meer bedreigingen kent ten aanzien van de betrouwbaarheidsbaten. Kansen liggen er in het minder aantal storingsbronnen door minder baangebonden treindetectie en bedreigingen liggen er in een grotere gemiddelde opvolgtijd als gevolg van een ongunstiger verhouding van materieel met en zonder Trein Integriteits Management (TIM). Level 2plus biedt kansen ten aanzien van onderhoud en potentiële saneringen met betrekking tot baangebonden treindetectie nadat al het materieel van TIM is voorzien.

### Eindconclusies

Op basis van het onderzoek kan ten aanzien van verschillen tussen de eindbeelden en migratiepaden worden vastgesteld dat:

- ▶ **Doelen.** Alle onderzochte eindbeelden dragen bij aan het bereiken van de gestelde doelen. De scores op de projectdoelen verbeteren naarmate ERTMS verder wordt uitgerold over het gehele netwerk. Het grootste effect per geïnvesteerde euro wordt bereikt op de PHS-lijnen, wat toe te schrijven is aan het intensieve treinverkeer.
- ▶ **Kosten en besteding belastinggeld.** De kosten van ERTMS worden vooral bepaald door de infrastructuur; de kosten aan het materieel zijn geringer. De lifecycle-kosten nemen toe met de omvang van het netwerk waarop ERTMS Level 2 wordt uitgerold. Op basis van de MKBA zijn geen grote verschillen tussen de eindbeelden vast te stellen. Dit komt omdat bij verdere uitrol de baten vrijwel evenredig toenemen met de kosten. De kosten voor het netwerksegment EU-verplicht met PHS (eindbeeld 1) zijn het hoogst; dit komt doordat een aantal knooppunten in het netwerk in dit scenario al van ERTMS wordt voorzien, ook al wordt hiervan de potentie nog niet geheel uitgenut. Keuze voor Level 2plus of een mix van Level 1 en Level 2 kan leiden tot besparing op de kosten. Ook kunnen kosten worden bespaard door soberder uitgangspunten te hanteren als het gaat om vervanging van kabels en detectie.
- ▶ **Risico's.** De eindbeelden en migratiepaden verschillen (in relatieve zin) nauwelijks van elkaar in termen van risico's.
- ▶ **Aanvullende analyses.** Uitrol van ERTMS Level 2plus levert een hogere verhouding tussen baten en kosten dan uitrol van Level 2; de baten zijn gelijk aan ERTMS Level 2, de kosten zijn lager. Hierbij moet worden aangetekend dat Level 2plus alleen conceptueel bestaat; het is nog onduidelijk wanneer dit daadwerkelijk beschikbaar is. De baten van Level1/Level2-mix zijn wat lager dan die van Level 2, al wordt ook minder geïnvesteerd.  
Een versnelling van de uitrol van Level 2 op het PHS-net leidt zowel tot hogere kosten als tot hogere baten. Per saldo overtreffen de baten van de versnelling de kosten.
- ▶ **Migratiepaden.** Ten aanzien van de migratiepaden wordt vastgesteld dat uitbouw van ERTMS vanuit de netwerkdelen buiten de Randstad minder goed scoort dan het migratiepad met uitrol op drukbereden baanvakken dan wel aan de vervangingsopgave gerelateerde uitrol. PHS eerst scoort beperkt hoger op veiligheid, Vervanging eerst scoort beperkt hoger op reistijdwinsten. Per saldo is het verschil tussen de drie paden gering, zodat een pragmatische optimalisatie in de rede ligt.



# 1. Inleiding

## 1.1 Algemeen

ERTMS (European Rail Traffic Management System) is de nieuwe internationale standaard voor treinbesturing en -beveiliging. Vanwege de complexiteit vergt invoering van ERTMS in Nederland een zorgvuldig onderzoeks- en besluitvormingstraject. Daartoe worden in de verkenningsfase de nodige onderzoeken uitgevoerd waarover in een drietal nota's wordt gerapporteerd (zie onderstaande figuur).

Figuur 1.1: Onderzoekstraject ERTMS



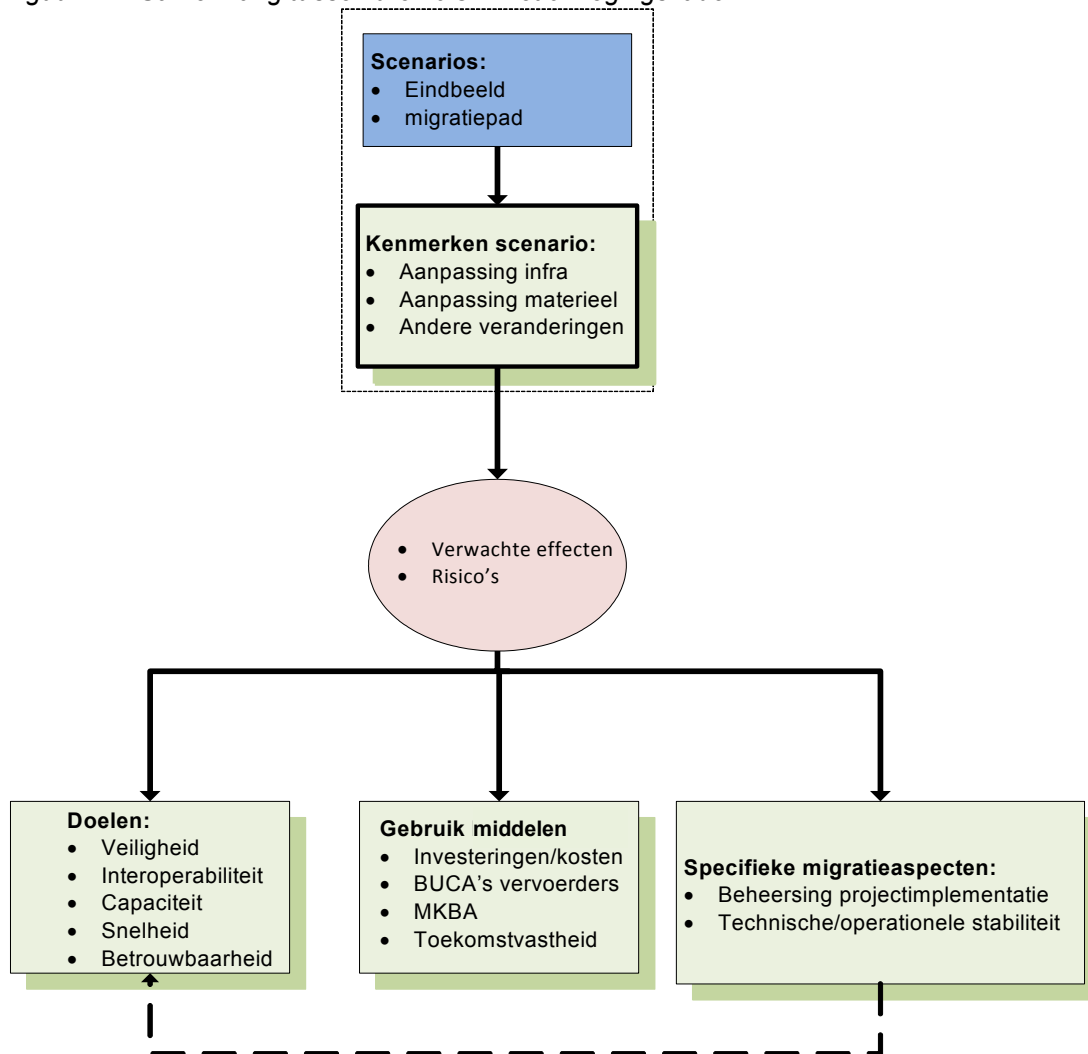
In de Nota Reikwijdte en Detailniveau (NRD) zijn de scope van het project, de mogelijke scenario's<sup>1)</sup> en de definitie van de elementen in afwegingskader voor de invoering van ERTMS in Nederland beschreven. In de Nota Kansrijke Scenario's (NKS) heeft een eerste beoordeling van de in de NRD beschreven mogelijke scenario's (inclusief referentiescenario's) plaatsgevonden op basis van een eerste raming van de kosten en baten. Op basis van deze raming is een selectie gemaakt van kansrijke scenario's die in de Alternatieven Nota nader worden uitgewerkt. Deze derde nota in het kader van de verkenningsfase ERTMS moet voldoende beslisinformatie verschaffen om een verantwoorde voorkeursbeslissing te kunnen nemen over de invoering van ERTMS in Nederland.

## 1.2 Inhoud van het afwegingskader

Doel van het ingevulde afwegingskader is om informatie te krijgen over de **verschillen tussen de kansrijke scenario's** en zo besluitvorming te ondersteunen. In figuur 1.2 zijn de belangrijkste thema's uit het afwegingskader, zijnde onderdeel van de Alternatieven Nota, weergegeven. Het afwegingskader geeft de resultaten weer op vijf doelen, aangevuld met inzichten in de criteria die van belang zijn bij de invoering van ERTMS (Railmap ERTMS versie 1.0). Deze doelen en criteria worden beschreven met indicatoren die de effecten representeren. De operationalisering van de indicatoren naar het afwegingskader is verantwoord in bijlage 1 van dit rapport. Bij de onderbouwing van de uitkomsten is gebruik gemaakt van vervoerprognoses die zijn uitgevoerd ten behoeve van de Lange Termijn Spooragenda.

<sup>1)</sup> Onder 'scenario' wordt verstaan: een specifieke combinatie van eindbeeld (omvang van netwerkdelen waarop ERTMS wordt uitgerold) en migratiepad (volgorde waarin onderscheiden lijnen worden voorzien van ERTMS)

Figuur 1.2: Samenhang tussen thema's in het afwegingskader



### 1.3 Doel van het rapport

In dit rapport worden de uitkomsten van diverse onderzoeken in samenhang weergegeven, zodat de scores van de scenario's op de afzonderlijk indicatoren integraal kunnen worden gezien. In de samenvatting bij dit rapport worden de uitkomsten van de scenario's op het niveau van verschillende thema's naast elkaar gezet als som van de scores op de afzonderlijke indicatoren. In de achterliggende rapportages (behorend bij de afzonderlijke werkstromen) worden de uitkomsten verantwoord.

## 1.4 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 worden de kenmerken van de kansrijke scenario's beschreven. In hoofdstuk 3 wordt ingegaan op de effecten van deze scenario's op de doelen van ERTMS. In hoofdstuk 4 op de kosten, bedrijfsresultaaten van vervoerders, de MKBA en de toekomstvastheid van de investeringen. Ten slotte komen in hoofdstuk 5 de risico's aan de orde.

De gepresenteerde resultaten zijn tot stand gekomen in afzonderlijke werkstromen met elk een eigen rapportage waarin de uitkomsten worden verantwoord. De rapporten behorend bij deze deelonderzoeken zijn weergegeven in bijlage 1.

### Weergave van de resultaten

De resultaten in de tekst worden zoveel mogelijk kwantitatief weergegeven. Voor meer kwalitatieve uitkomsten worden kleuren gebruikt. De betekenis van de kleuren die effecten van de eindbeelden weergegeven is als volgt:

Tabel 1.3: Presentatie kwalitatieve resultaten eindbeelden en migratiepaden

	Eindbeelden	Migratiepaden
++	Sterke verbetering ten opzichte van referentie	Sterke verbetering ten opzichte van gemiddeld
+	Verbetering ten opzichte van referentie	Verbetering ten opzichte van gemiddeld
0	Ongeveer gelijk aan referentie	Ongeveer gelijk aan gemiddeld
-	Slechtere score dan referentie	Slechtere score dan gemiddeld
--	Fors slechtere score dan referentie	Fors slechtere score dan gemiddeld

Merk hierbij op dat de scores op de indicatoren bij de migratiepaden zijn bepaald ten opzichte van een 'fictieve gemiddelde score'. Dit betekent dat de scores gemiddeld op nul uitkomen.

## 2. Kansrijke scenario's: eindbeelden en migratiepaden

### 2.1 Uitgangssituatie: nulscenario

De effecten van de kansrijke scenario's worden in dit rapport bepaald ten opzichte van een referentiesituatie of **nulscenario**. Het nulscenario beschrijft het meest voor de hand liggende eindbeeld en de ontwikkeling naar dit eindbeeld wanneer het project geen doorgang vindt. Het nulscenario gaat er vanuit dat reeds genomen voorkeursbeslissingen inzake infrastructuur en materieel ook daadwerkelijk worden gerealiseerd. In het kader is een aantal belangrijke kenmerken van het nulscenario weergegeven.

#### *Kader 2.1: Belangrijke kenmerken van het nulscenario*

Het nulscenario gaat uit van:

- ▶ Het voldoen aan in Europees verband aangegeven verplichtingen door op de EU-verplichte delen van het netwerk ERTMS Level 1-overlay te realiseren;
- ▶ Uitvoering van reeds genomen (voorkeurs)beslissingen, zoals invoering van ERTMS op de OV-SAAL corridor en realisatie van de PHS-dienstregeling (LTSA-prognose);
- ▶ Ontwikkeling vervoer conform LTSA-prognoses GE en RC met de varianten -20% voor de studentenkaart
- ▶ Uitrol van ATB-vv tot uiteindelijk de helft van de seinen (overeenkomstig de brief van de Staatsecretaris van 19 november 2013, 29893 no 159);
- ▶ Uitvoering van het Mistral-programma (vervanging van bestaande interlockings);
- ▶ Bestaande ERTMS trajecten blijven gehandhaafd 'as is', geplande ERTMS trajecten worden conform verwachting gerealiseerd:
  - Betuweroute: Level 2 only;
  - Hanzelijn en Amsterdam-Utrecht: Level 2 Overlay;
  - Zevenaar – Zevenaar grens (– Emmerich): Level 2 only;
  - HSL-zuid, Level 2 met Level 1 als terugval optie
  - Havenspoorlijn: level 1;
  - OV-SAAL: Level 2 only, conform voorkeursbeslissing.
- ▶ Investerings op zeven trajecten om 160 km/h mogelijk te maken worden niet tot het nulscenario gerekend;
- ▶ Het binnen- en buitenlandse reizigersmaterieel dat gebruik maakt van de HSL en OV SAAL rijdt onder ERTMS. De vervoerder moet in het nulscenario een deel van haar materieel gereedmaken voor het rijden op OV-SAAL en HSL. Hier wordt 25% van het NS materieel verondersteld als werkhypothese. Aanpassing van het overige binnenlandse materieel (lees: het materieel dat niet rijdt op HSL en SAAL en het materieel van regionale reizigersvervoerders) blijft in het nulscenario achterwege. Verondersteld wordt dat vervoerders in het nulscenario verder niet in ERTMS investeren.
- ▶ Het merendeel van de goederenlocomotieven die in Nederland zowel gebruik maken van het conventionele net als van het EU-verplichte netwerk zijn (mede) voorzien van ERTMS.

Het nulscenario is weergegeven in het kaartbeeld in figuur 2.2.

Figuur 2.2: Weergave van het nulscenario



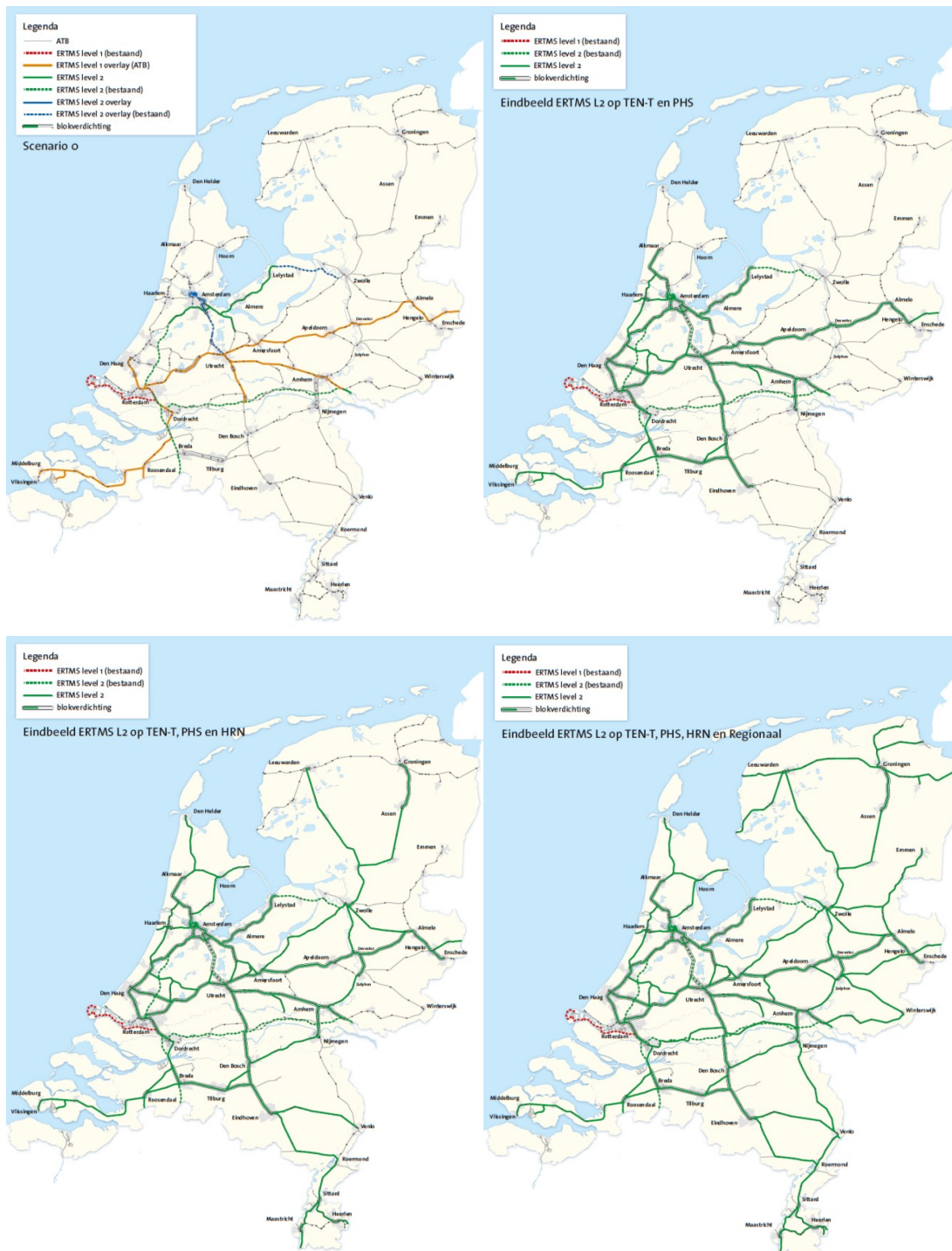
## 2.2 Eindbeelden

Ten behoeve van de Alternatieven Nota worden drie eindbeelden ten aanzien van ERTMS onderzocht:

- ▶ **Eindbeeld 1: ERTMS Level 2 op EU-verplichte en PHS corridors.** Eindbeeld 1 gaat uit van ERTMS Level 2 only (dus zonder dat er (ook) ATB aanwezig is) als eindbeeld op de EU verplichte corridors (2020 en 2030) en de PHS-corridors. Op het overige spoornetwerk (rest Hoofdrailnet en regionaal spoor) blijft ATB gehandhaafd. Achtergrond voor dit eindbeeld is dat uit de NKS is gebleken dat de verwachte baten op dit deelnetwerk het hoogste zijn per geïmplementeerde kilometer ERTMS. De PHS-corridors kennen namelijk de grootste behoefte aan capaciteit en verwerken tevens de grootste reizigersstromen. Op de PHS-corridors zal op vele locaties blokverdichting worden toegepast en op de overige corridors alleen daar waar substantiële effecten worden verwacht.
- ▶ **Eindbeeld 2: ERTMS Level 2 op HRN.** In dit eindbeeld wordt ERTMS Level 2 only op het hele Hoofdrailnet (HRN) gerealiseerd. Op het PHS-segment zal op dezelfde manier als in eindbeeld 1 sprake zijn van blokverdichting, terwijl op de overige segmenten zal blokverdichting worden toegepast alleen daar waar substantiële effecten worden verwacht.
- ▶ **Eindbeeld 3: ERTMS Level 2 in heel Nederland.** In dit eindbeeld wordt ERTMS Level 2 only op het gehele Nederlandse spoorwegnet gerealiseerd. Dit betekent dat in aanvulling op het Hoofdrailnet (eindbeeld 2) ook de regionale lijnen uitgerust zullen worden met ERTMS. Op het PHS-segment zal op dezelfde manier als in eindbeeld 1 sprake zijn van blokverdichting, terwijl op de overige segmenten zal blokverdichting worden toegepast alleen daar waar substantiële effecten worden verwacht.

Naast bovengenoemde scenario's is een aantal aanvullende analyses uitgevoerd ten aanzien van het eindbeeld:

- ▶ **Level 2plus:** voor het gehele HRN wordt aangenomen dat het zogeheten Level 2plus wordt gerealiseerd. Level 2plus bestaat uit de standaard Level 2-toepassing met baangebonden detectie, gecombineerd met virtuele blokken en autolocalisatie van Level 3 voor treinen die hun trein integriteit kunnen garanderen. De virtuele blokken zorgen ervoor dat deze treinen op een veilige manier dichters achter elkaar kunnen rijden, hetzelfde effect als bij blokverdichting door conventionele blokken. Hierdoor kan de hoeveelheid baangebonden detectie lager zijn of hoeft de detectie niet aangepast te worden om kortere opvolgtijden te behalen. Level 2plus is op dit moment nog niet operationeel. Level 2plus is vooralsnog nog een concept. In deze aanvullende analyse blijft de huidige ATB gehandhaafd op de rest van het netwerk (namelijk de regionale lijnen).
- ▶ **Level 1 / 2 mix:** De aanleg van ERTMS Level 1 is naar verwachting goedkoper dan Level 2, waardoor kostenbesparingen kunnen worden gerealiseerd. Level 1 wordt in deze aanvullende analyse verondersteld op baanvakken in heel NL waar geen blokverdichting plaatsvindt en op een aantal emplacementen op het HRN. Op de overige delen wordt in deze analyse Level 2 uitgerold.



Figuur 2.3: Kaartweergave van het nulscenario en drie eindbeelden

## 2.3 Migratiepaden

In de vorige paragraaf zijn de eindbeelden beschreven. Er zijn verschillende strategieën om tot de geschetste eindbeelden te komen. In de scenario's is daarom onderscheid gemaakt tussen drie 'migratiepaden' (volgorde waarin delen van de infrastructuur worden aangepast en ERTMS wordt 'uitgerold') met een verschillende focus.

Uitgangspunt voor elk migratiepad is dat het materieel eerst volledig is omgebouwd, voordat de infrastructuur operationeel wordt onder ERTMS. Uitzondering hierop vormt materieel ten behoeve van de indienststelling van de EU verplichte lijn Rotterdam – Belgische grens. Hiervoor is voldoende materieel beschikbaar om vanaf 2020 onder ERTMS te kunnen gaan rijden. Tevens is de tijdige oplevering van de EU verplichte corridors en OV-SAAL uitgangspunt. De verschillende migratiepaden zijn:

- ▶ **Migratiepad A: PHS eerst.** Dit pad beoogt het snel incasseren van de verwachte baten, door drukke lijnen en knooppunten voorrang te geven bij de invoering van ERTMS. Prioriteit ligt daarom bij de PHS corridors, door deze corridors als eerste aan te passen, te beginnen met Amsterdam en omstreken.
- ▶ **Migratiepad B: Vervanging eerst.** Hier wordt zoveel mogelijk de vervangingsopgave van beveiligingssystemen gevolgd, met als doel het aantal vervangingen van bestaande systemen te beperken en op deze manier tot een kosteneffectieve vervanging te komen. Begonnen wordt in het hart van Nederland.
- ▶ **Migratiepad C: Landsdelen eerst.** De operationele risico's (kans op verstoringen als gevolg van mogelijke kinderziektes e.d. worden geminimaliseerd door prioriteit te geven aan rustige lijnen. De kans op het optreden van negatieve effecten als gevolg van de invoering van ERTMS wordt zoveel mogelijk vermeden. De doorwerking van verstoringen op de rest van het spoorwegnet zal op rustige lijnen lager zijn dan op de drukker delen van het netwerk.

Naast de bovenstaande kenmerken van de migratiepaden is bij het opstellen van ieder migratiepad gekeken naar:

- ▶ Het voldoen aan de Europese verplichtingen voor 2020 en 2030 als randvoorwaarde voor de uitrolvolgorde;
- ▶ Het toepassen van een olievlek-gedachte en het minimaliseren van het aantal transitie tussen ERTMS en ATB.

### *Aanvullende analyse: hoog tempo*

Bovenstaande migratiepaden gaan uit van een uitroltempo waarbij baanvakken tussen 2020 en 2035 in dienst worden gesteld.

Een volledige uitrol voor 2028 (einde van huidige MIRT periode) kan mogelijk aantrekkelijk zijn door het sneller incasseren van baten en het lagere risico dat er meerdere variaties van ERTMS (bijvoorbeeld nieuwe versies) moeten worden uitgerold. Daarom is een aanvullende analyse uitgevoerd gericht op vaststelling van de effecten en kosten van uitrol in een hoog tempo van uitrol in zeven jaar met migratiepad PHS-eerst. Dit eindbeeld wordt het "hoog tempo" scenario genoemd.



## 2.4 Selectie onderzochte scenario's

De drie eindbeelden in combinatie met de drie migratiepaden naar deze eindbeelden resulteren in negen verschillende scenario's. Daarvan is een selectie uitgebreider onderzocht, deze zijn groen gemarkeerd in tabel 2.4. De keuze om PHS eerst voor alle eindbeelden uit te werken is gemaakt omdat capaciteitsbehoefte op het PHS-deel van het netwerk het grootst is. In aanvulling op deze negen scenario's zijn 2 aanvullende scenario's onderzocht.

Tabel 2.4: Geselecteerde scenario's voor diepgaander onderzoek, weergegeven in groen.

Eindbeelden en aanvullingen		Migratiepaden		
		A. PHS eerst	B. vervanging eerst	C. Landsdelen eerst
<b>Nulscenario</b>				
Eindbeelden	1. EU verplicht + PHS	1a		
	2. Geheel HRN	2a	2b	3c
	3. Gehele net	3a		
Aanvullend	Mix Level 1 / 2			
	Level 2plus			

### 3. Effecten van eindbeelden op doelen

#### 3.1 Inleiding

Dit hoofdstuk beschrijft de effecten van de ERTMS-'eindbeelden op de doelen zoals die in de Lange Termijn Spooragenda (LTSA) zijn geformuleerd. Daarbij worden de volgende aspecten onderscheiden:

- ▶ Veiligheid in paragraaf 3.2.
- ▶ Interoperabiliteit treinbeveiliging in paragraaf 3.3.
- ▶ Capaciteit in paragraaf 3.4.
- ▶ Snelheid in paragraaf 3.5.
- ▶ Betrouwbaarheid in paragraaf 3.6.
- ▶ Effecten van mix van Level 1/2 en van Level 2plus in paragraaf 3.7.

#### 3.2 Veiligheid

Bij veiligheid gaat het om de risico's die mensen, goederen en materieel lopen bij het niet goed functioneren van het spoorstelsel. Het verhogen van de veiligheid door botsingen tussen treinen, ontsporingen van treinen en aanrijdingen met wegverkeer en baanwerkers te voorkomen, is een belangrijke doelstelling bij de invoering van ERTMS. Bij de uitkomsten is het van belang te realiseren dat sprake is van aanzienlijke bandbreedtes rond de uitkomsten door statistische variatie in aantallen.

##### Effecten eindbeelden

In de tabel zijn de effecten weergegeven van de eindbeelden op de veiligheid.

Tabel 3.1a: Effecten van eindbeelden op veiligheidsindicatoren ten opzichte van het nulscenario (aantallen per jaar)

Thema: Veiligheid van	Eenheid	1. EU verplicht + PHS	Eindbeeld	
			2. heel HRN	3. heel Nederland
1.1 Treinreizigers en personeel	STS'en (nul = 158)	- 81	- 104	- 105
	Doden (nul = 0,6)	-0,3	-0,3	-0,3
	Zwaar gewonden (nul=11,8)	-4,8	-7,0	-7,2
	Licht gewonden (nul=116)	-60	-77	-78
1.2 Baanwerkers	Relatieve score	<b>0</b>	<b>+</b>	<b>+</b>
1.3 Overwegen	Doden (nul = 13,6)	-0,2 à -0,8	-0,4 à -1,6	-0,6 à -2,2
	Zwaar gewonden (nul=3,8)	0 à -0,2	0 à -0,2	0 à -0,4
	Licht gewonden (nul=13,6)	0 à -0,4	-0,2 à -1,2	-0,4 à -2,2
1.4 Security	Relatieve score	<b>0 / -</b>	<b>0 / -</b>	<b>0 / -</b>
<b>Overall</b>	Relatieve score	<b>+</b>	<b>++</b>	<b>++</b>

De in tabel 3.1a weergegeven effecten laten zich als volgt verklaren:

- ▶ **STS-passages per jaar.** Uit de analyse blijkt dat de eindbeelden 2 (HRN) en 3 (NL) beter scoren op de reductie van Stop Tonend Sein (STS-) passages dan eindbeeld 1 (EU verplicht en PHS) omdat een groter deel van het netwerk is voorzien van ERTMS Level 2. Terugdringing van STS'en met ERTMS Level 2 komt onder meer door de remcurvebewaking en omdat beter duidelijk is waar een trein zich bevindt en hoe snel deze rijdt. Deze daling van het aantal STS-passages kan ook leiden tot een daling in het aantal slachtoffers onder reizigers en personeel, al zijn de verschillen klein omdat veel STS'en gelukkig niet tot slachtoffers leiden.
- ▶ **Veiligheid op overwegen.** Deze wordt niet direct beïnvloed door de invoering van ERTMS, maar de invoering van ERMS Level 2 levert wel de technologische basis voor verdergaande ontwikkelingen, het zogenaamde Constant Warning Time systeem. Dit systeem kan een belangrijke bijdrage leveren aan het reduceren van variatie in sluitingstijden van een bepaalde categorie overwegen, met name waar snelheidsverschillen tussen treinen groot zijn. De variatie in sluitingstijden kan leiden tot onveilige situaties wanneer ongeduldige weggebruikers slalommen dan wel onder de bomen doorduiken wanneer de dichtligtijd langer is dan normaal. Met reductie van deze variatie wordt dan ook een bijdrage geleverd aan de veiligheid op overwegen. Ook hier scoren de 'eindbeelden 2 en 3 beter dan eindbeeld 1. In het onderzoek zijn de kosten en baten van de maatregelen meegenomen.
- ▶ **Veiligheid baanwerkers.** Hierbij geldt eveneens dat invoering van ERTMS Level 2 de technologische basis levert voor veelbelovende "spin-offs" die de veiligheid van deze risicogroepen zullen dienen, bijvoorbeeld door gebruik te maken van "hand-held terminals" waarmee in dialoog met de RBC een stuk spoor kan worden gereserveerd voor baanwerkers. Ook kan een tijdelijke snelheidsbeperking via de RBC worden afgedwongen. Ook hier scoren de eindbeelden 2 en 3 beter dan 1.
- ▶ **Externe veiligheid.** ERTMS vermindert de kans op ongevallen ook voor treinen met gevaarlijke stoffen, wat naar verwachting tot een risicoreductie leidt. De omvang van het effect op de externe veiligheid kan door het ontbreken van de casuïstiek niet worden vertaald in termen van kwantificeerbare baten. Het grootste deel van de treinen met gevaarlijke stoffen maakt gebruik van het TEN-T-netwerk waardoor een verbetering van de externe veiligheid als gevolg van de invoering van ERTMS reeds in het 0-scenario wordt gerealiseerd. In de projectscenario's rijden meer treinen onder ERTMS en zijn meer trajecten hiervan voorzien, waardoor het positieve effect versterkt wordt.
- ▶ **Security.** De invoering van ERTMS introduceert nieuwe risico's ten aanzien van cybersecurity en sabotage naast de al bestaande risico's. Bij omvangrijker uitrol worden meer installaties en grotere delen van het net daar kwetsbaar voor. Wel zijn de consequenties van een geslaagde aanval op het EU-verplichte deel van het net en PHS uiteraard het meest verstrekkend zodat de verschillen in effecten van de drie eindbeelden op dit punt beperkt zijn<sup>2)</sup>, waardoor de verschillen ten opzichte van het nulscenario gelijk zijn en de scenario's op dit aspect niet onderscheidend.

---

<sup>2)</sup> Thans worden in internationaal verband maatregelen voorbereid om de risico's t.a.v. security voldoende te beheersen.

Op basis van deze uitkomsten is vast te stellen dat verdere uitrol van ERTMS Level 2 veiligheidsvoordelen zal hebben en derhalve eindbeeld 2 en 3 vanuit het oogpunt van veiligheid het hoogste scoren. Overigens kan bij alle eindbeelden sprake kan zijn van nieuwe risico's ten opzichte van het nulscenario, waarbij menselijk gedrag in het geding is. Zo moeten onder ERTMS door mensen gegevens worden ingevoerd over de samenstelling en eigenschappen van de trein. Ook kan men de werking van ECTS uitschakelen als gekozen wordt voor een verkeerde bedrijfsmode.

### Effecten migratiepaden

Tabel 3.1b toont de verschillen in het overall effect van de drie migratiepaden op de veiligheidsindicatoren. Daarbij is geen onderscheid gemaakt tussen de verschillende veiligheidsindicatoren; er is uitsluitend een overall beeld vastgesteld.

Tabel 3.1b: *Effecten van migratiepaden op veiligheid*

Aspect	Migratiepad		
	A. PHS eerst	B. Vervanging eerst	C. Landsdelen eerst
Veiligheid	0/+	0	0/-

Uit de tabel volgt dat het migratiepad PHS-eerst de voorkeur geniet als het om de veiligheid gaat en dat het migratiepad Landsdelen eerst minder goed scoort. Dit komt vooral doordat het aantal treintransities, waarbij treinen van ERTMS-delen van het netwerk naar ATB overgaan en vice versa, het hoogst is in het migratiepad Landsdelen-eerst.

## 3.3 Interoperabiliteit treinbeveiliging

De EU ziet ERTMS als een middel om het aantal verschillende beveiligingssystemen tussen de landen te verminderen en daarmee de kosten van vervoer per spoor en de operationele beschikbaarheid te vergroten. Daarnaast wordt op vergroting van de nationale interoperabiliteit gewezen omdat treinen niet meer met ATB-EG en ATB-NG systemen behoeven te worden uitgerust. Bij verdere integratie zijn alle treinen ten behoeve van concessieervoer overal inzetbaar. De interoperabiliteit neemt toe naarmate sprake is van minder transities tussen veiligheidssystemen en het materieel met minder systemen behoeft te worden uitgerust. Overigens wordt opgemerkt dat veiligheidssystemen een belangrijke factor zijn om interoperabiliteit te bereiken, maar dat ook andere aspecten een rol spelen, zoals de energievoorziening.

### Eindbeelden

Tabel 3.2a toont dat de nationale en internationale interoperabiliteit het sterkst verbetert in het eindbeeld waarbij ERTMS Level 2 over het gehele Nederlandse net is uitgerold. Dit laat zich als volgt te verklaren:

Tabel 3.2a: Effecten eindbeelden op interoperabiliteit ten opzichte van nulscenario (totalen op basis van gewogen aantal treinen)

Aspect	Eindbeeld		
	1.EU verplicht+PHS	2. HRN	3. heel NL
1.1 Internationale interoperabiliteit	0 / +	+	+ / ++
1.2 Nationale interoperabiliteit	0 / -	0 / +	++
<b>Overall</b>	<b>0</b>	<b>0 / +</b>	<b>++</b>

- ▶ **Internationaal.** Al in het nulscenario is sprake van een sterke verbetering van de interoperabiliteit in het internationale goederenvervoer; uitbreiding van ERTMS van de EU-verplichte corridors naar PHS heeft beperkte voordelen. Uitbreiding naar het gehele HRN en regionale lijnen zal ertoe leiden dat meer grensovergangen van ERTMS worden voorzien en leiden dus tot dalende kosten voor internationale vervoerders.
- ▶ **Nationaal.** Al in het nulscenario is een deel van het binnenlands reizigersmaterieel uitgerust met ERTMS. Dit is een gevolg van de toepassing van ERTMS op de OV-SAAL corridor en de HSL-Zuid. In eindbeeld 1 is er sprake van een sterkere toename van het deel van het netwerk dat met ERTMS is uitgerust maar zullen alle treinen op het HRN van zowel ATB als ERTMS moeten zijn voorzien. In eindbeeld 2 moet (vrijwel) al het materieel van ERTMS zijn voorzien, zelfs het regionale materieel, al zijn de regionale spoorlijnen zelf niet met ERTMS uitgerust.  
Reden is het gemeenschappelijk gebruik van op het HRN gelegen stations en de toeleidende baanvakken. Het materieel op het HRN heeft vrijwel alleen van ERTMS te zijn voorzien. ATB is niet langer nodig behouden voor een enkele treinen die ook op regionale lijnen verkeren. Voor de regionale treindiensten en een beperkt deel van het goederenvervoer (namelijk naar locaties aan regionale spoorlijnen) heeft het materieel dan nog een ATB-installatie nodig. In eindbeeld 3 is het gehele land voorzien van ERTMS en vervalt de behoefte aan ATB voor alle materieel.

Op basis van deze uitkomsten is een gewogen score bepaald voor de verschillen in interoperabiliteit tussen de eindbeelden. Hierbij blijkt dat bij uitrol van ERTMS Level 2 over het gehele HRN dan wel landelijk de interoperabiliteit verbetert ten opzichte van het nulscenario. Bij invoering van ERTMS op het gehele Nederlandse spoornetwerk wordt de beste score wordt behaald.

### Migratiepaden

Het valt te verwachten dat er nauwelijks verschillen zullen zijn in de effecten van de drie migratiepaden ten opzichte van het nulscenario, daarbij wordt als uitgangspunt gehanteerd dat voldoende materieel beschikbaar is.

## 3.4 Capaciteit

ERTMS draagt bij aan het vergroten van de capaciteit van het spoor. Treinen kunnen korter achter elkaar rijden door verdichten van blokken en toepassing van uitgesteld remmen. Ook kan ERTMS effect hebben op de capaciteit nodig voor aanleg en onderhoud (buitendienststellingen). Daarmee kan op specifieke delen van het netwerk capaciteitsschaarste worden vermindert.

## Eindbeelden

Tabel 3.3a toont dat:

- ▶ ERTMS de capaciteit zonder infrastructurele maatregelen kan vergroten, waarvoor binnen het PHS-programma momenteel infrastructurele maatregelen zijn voorzien. Dit leidt mogelijk tot besparingen, in de kostenraming kent dit nog onzekerheden. nader onderzoek is nodig naar de precieze aard en omvang daarvan.
- ▶ Op de PHS-corridors zal het effect van blokverdichting het grootst zijn omdat hier sprake is van baanvakken met een hoge belasting. Ook kan sprake zijn van positieve effecten op een aantal grotere stations, zoals Roosendaal, Weert, Maastricht. Wel wordt opgemerkt dat op regionale baanvakken het voordeel waarschijnlijk beperkt is.
- ▶ Er is geen sprake van verschil in buitendienststellingen tussen het nulscenario en de drie eindbeelden. De aanleg en ingebruikname van ERTMS vergen natuurlijk buitendienststellingen, doch dit is een eenmalig effect. Mogelijk dat het aantal buitendienststellungsuren gedurende de gebruiksfase iets kan afnemen omdat minder baangebonden systemen actief zijn en selectiever met buitendienststellingen kan worden omgegaan. Mogelijk zullen wel de onderhoudskosten van interlockings toenemen, hetgeen wellicht gepaard kan gaan met buitendienststelling van het spoor.

Tabel 3.3a: Effecten eindbeelden op capaciteit ten opzichte van nulscenario

Aspect	Eindbeeld		
	1.EU verplicht+PHS	2. HRN	3. heel NL
3.1 Oplossen knel/aandachtspunten	+	+	+
3.2 Verkorten opvolgtijd	+	++	++
3.3 Aantal/duur buitendienststellingen	0	0	0
<b>Overall</b>	+	++	++

## Effecten migratiepaden

Aangezien de meeste effecten van capaciteitsvergroting te verwachten zijn op de PHS-corridors, scoren de migratiepaden "PHS eerst" en "Vervanging eerst" beter dan het pad "Landsdelen eerst" (zie tabel 3.3b). In het laatste pad worden immers de PHS-corridors als laatste omgebouwd.

Tabel 3.3b: Effecten migratiepaden op capaciteit

Aspect	Migratiepad		
	A. PHS eerst	B. Vervanging eerst	C. Landsdelen eerst
3.1 Oplossen knel/aandachtspunten	+	+	+
3.2 Verkorten opvolgtijd	+	+	0
3.3 Aantal/duur buitendienststellingen	0	0	0
<b>Overall</b>	0/+	0/+	0

### 3.5 Snelheid

Bij snelheid gaat het om de reistijd nodig voor reizigers om van station naar station te reizen. Voor reizigers is dit inclusief eventuele overstaptijd. ERTMS zorgt voor een kortere rijtijd tussen stations, doordat er onder ERTMS uitgesteld geremd kan worden en de toegestane snelheid door de infrastructuur beter gevolgd kan worden door geleidelijke schaal van snelheidsbewaking (bij ATB bestaat deze uit stappen). Daarnaast kan reistijdwinst worden geboekt als treinen minder op elkaar hoeven te wachten indien de capaciteit ontoereikend is (het zogeheten 'uitbuigen'). Tenslotte kan de reistijd voor reizigers worden verkort door de zogenaamde overstapknooppunten korter te maken waarbij treinen dichter achter elkaar binnenkomen en weer vertrekken zodat de wachttijd van de ene trein op de ander minder lang hoeft te zijn.

#### Eindbeelden

Een vergelijking van de reistijden in de drie eindbeelden ten opzichte van de reistijden in het nulscenario leert dat (zie tabel 3.4a):

- ▶ **Reistijdverkorting.** In de opeenvolgende eindbeelden wordt telkens een groter aantal trajecten voorzien van ERTMS waardoor de reistijd steeds verder afneemt. Wel is er sprake van een afnemende meeropbrengst: per kilometer extra ERTMS-traject daalt de additionele rijtijdwinst. Dit komt omdat de meeste reizigers op de PHS trajecten te vinden zijn.
- ▶ **Hogere maximum snelheid.** In de onderscheiden scenario's worden door verhoging van de maximum snelheid van 140 naar 160 rijtijdwinsten behaald op de trajecten Den Haag Laan van NOI – Leiden Centraal en Utrecht Centraal – Amsterdam-Bijlmer. Het is weliswaar op 7 baanvakken, vooral op de PHS-trajecten, mogelijk om 160 km/h te rijden, maar de snelheidsverhoging leidt op de andere baanvakken niet tot lagere reistijden omdat door de beperkte capaciteit en de samenhang van de dienstregeling dit niet kan worden gerealiseerd.
- ▶ **Uitbuigingen.** Deze voordelen kunnen worden gerealiseerd op 8 trajecten op de EU-verplichte corridors en op PHS. In het HRN-eindbeeld (2) en het eindbeeld met landelijke uitrol (3) komen daar nog 3 trajecten bij (Zutphen – Arnhem, Nijmegen – Den Bosch en Amersfoort – Zwolle).
- ▶ **Smallere knopen.** Hiervan zitten de voordelen m.n. op grote overstapstations zoals Zwolle, Utrecht en Eindhoven. Het effect is, vanuit landelijk niveau bezien, beperkt doordat het aandeel reizigers dat een dergelijke overstap maakt beperkt is ten opzichte van het landelijk totaal.

Tabel 3.4a: Effecten eindbeelden op snelheid (in procentuele verandering indicator op gehele netwerk)

		Eindbeeld		
Reistijdwinst door:		1.EU verplicht+PHS	2. heel HRN	3. heel HRN
4.1	Rijtijdverkorting	- 1,4%	- 1,8%	- 1,9%
4.2	Maximum snelheid > 140 km/h	- 0,3%	- 0,3%	- 0,3%
4.3	Beperking uitbuigen	- 0,6%	- 0,7%	- 0,7%
4.4	Smallere knopen	- 0,0%	- 0,1%	- 0,1%
<b>Overall</b>		<b>- 2,4%</b>	<b>- 2,9%</b>	<b>- 2,9%</b>

PM door afronding tellen cellen niet altijd op tot totalen.

## Effecten migratiepaden

De reistijdwinsten worden het minst snel gerealiseerd in het migratiepad Landsdelen- eerst. Omdat de bijdrage van de verhoging van de maximumsnelheid aan de totale voordelen voor reizigers relatief beperkt is ten opzichte van de andere factoren, scoort het migratie pad Vervanging-eerst hoger dan het migratiepad PHS-eerst.

Tabel 3.4b: Effecten migratiepaden op snelheid

Aspect	PHS eerst	Migratiepad Vervanging eerst	Landsdelen eerst
4.1 Rijtijdverkorting	0	++	-
4.2 Maximum snelheid > 140 km/h	++	0	-
4.3 Beperking uitbuigen	++	++	-
4.4 Smallere knopen	+	+	-
Overall	0/+	+	-

## 3.6 (On)betrouwbaarheid

De betrouwbaarheid geeft aan in welke mate reizigers of goederen conform planning aankomen op hun plaats van bestemming. Als indicator voor de betrouwbaarheid van het spoorvervoer is de verliestijd door vertragingen en uitval van treinen gehanteerd.

### Eindbeelden

De effecten van de drie eindbeelden op de betrouwbaarheid van het spoorvervoer, ten opzichte van het nulscenario, laten zich als volgt duiden (zie ook tabel 3.5a):

- ▶ In **eindbeeld 1**, waarin de EU-verplichte corridors en het PHS-netwerk worden voorzien van ERTMS level 2, neemt het aantal verliesuren met 2,7 procent af. Dit is vooral toe te schrijven aan de grotere betrouwbaarheid van de infrastructuur op de drukste delen van het netwerk (PHS). Hierdoor neemt zowel het aantal vertraagde als (ten gevolge van storingen) uitgevallen treinen af. De storingskansen van het materieel veranderen in beperkte mate.
- ▶ De aanpassing van het gehele hoofdrailnet voor ERTMS (**eindbeeld 2**) genereert een daling van het aantal verliesuren met ruim vijf procent ten opzichte van het nulscenario. Ook hier is de verbeterde betrouwbaarheid van de infrastructuur de belangrijkste verklarende variabele; dit leidt zowel tot minder vertragingen als tot minder treinuitval ten gevolge van infrastoringen. De storingsgevoeligheid van het materieel neemt beperkt toe door de noodzaak voor twee systemen. Per saldo is het effect op de betrouwbaarheid in eindbeeld 2 gunstiger dan in eindbeeld 1.
- ▶ **Eindbeeld 3** gaat uit van een integrale aanpassing van het Nederlandse spoorwegnet. Ten opzichte van het nulscenario is de vermindering van het aantal verliesuren het grootst met bijna 7% procent; vergeleken met eindbeeld 2 is de winst echter bescheiden. Reden is dat het regionale spoorwegnet relatief door minder reizigers wordt gebruikt.



Tabel 3.5a: Effecten eindbeelden op (on)betrouwbaarheid (index verandering verliesuren op gehele netwerk ten opzichte van nulscenario = 100)

		Eindbeeld		
		1.EU verplicht+PHS	2. heel HRN	3. heel NL
4.1	Verliesuren	97,3	94,9	93,3
4.2	Beschikbaarheid treingeb. Systemen	98,7	98,8	98,8
4.3	Gerealiseerde treinpaden	100,1	100,1	100,1
4.4	Storingsduur infrastructuur	95,1	90,3	86,5
<b>Overall verliesuren (2030 = 8,3 mln in GE)</b>		<b>97,2</b>	<b>94,8</b>	<b>93,2</b>

De effecten hebben betrekking op het gehele spoorvervoer. Omdat het reizigersvervoer hierin het grootste aandeel heeft zijn de gevolgen van vertragingen en treinuitval beschreven in termen van (reizigers)verliesuren. De effecten voor het **goederenvervoer** wijken daar naar verwachting slechts in beperkte mate af. Belangrijkste oorzaak daarvan is het gegeven dat in het goederenvervoer ongeveer de helft van de locomotieven al is aangepast aan ERTMS door de inzet op de Betuweroute. Tevens vormt de Betuweroute één van de belangrijkste transportassen voor het goederenvervoer, waar ongeveer de helft van het aantal treinkilometers op wordt afgelegd. Gevolg hiervan is dat de effecten die met de ombouw van het “klassieke” spoorwegnet naar ERTMS gepaard gaan geringer zijn.

### Effecten migratiepaden

Belangrijkste effecten van de migratiepaden op de betrouwbaarheid zijn:

- ▶ de omvang van de werkzaamheden ten behoeve van de ombouw, voor zover deze tot buitendienststellingen leiden;
- ▶ het optreden van storingen direct na oplevering van een omgebouwd baanvak;
- ▶ specifieke risico's verbonden aan het bestaan van tijdelijke dan wel permanente transitie tussen ATB en ERTMS.

De migratiepaden zijn beoordeeld op de mate waarin (tijdelijke) overlast voor reizigers- en goederenvervoer te verwachten is (zie tabel 3.5b). Dit wordt ten eerste bepaald door de keuze welke lijnen als eerste worden omgebouwd naar ERTMS. Omdat er nog maar beperkte ervaring is met de ombouw is de verwachting dat bij de eerste lijnen nog sprake zal zijn van relatief veel storingen in de periode kort na de ombouw. Daarna bestaat voldoende ervaring en blijft het aantal kinderziekten beperkt. Omdat bij het migratiepad Landsdelen-eerst gestart wordt met lijnen waar relatief weinig reizigers reizen, leidt dit migratiepad tot minder overlast voor reizigers dan beide andere migratiepaden.

Het tweede criterium voor mogelijke overlast is het aantal transitie, ofwel het aantal malen dat een trein moet overschakelen van ATB naar ERTMS of omgekeerd. Op dit criterium scoort het migratiepad PHS-eerst juist beter en het migratiepad Landsdelen- eerst slechter. Per saldo geven alle drie ongeveer neutrale effecten op de betrouwbaarheid, al zal Landsdelen-eerst iets minder scoren door het grote aantal transitie.

Tabel 3.5b: Effecten van migratiepaden op betrouwbaarheid als resultante van storingen bij overgang naar ERTMS en aantal transities

Aspect	Migratiepad		
	A. PHS eerst	B. Vervanging eerst	C. Landsdelen eerst
Overall effect betrouwbaarheid	0/+	0	0/-

### 3.7 Effecten van Level 1/2-Mix en Level 2plus

De resultaten van de aanvullende analyses van Level 1/2-mix en Level 2plus zijn weergegeven in tabel 3.6. Hoewel Level 2plus een verschijningsvorm van ERTMS is waarvan nog niet bekend is of, en zo ja wanneer, deze operationeel kan zijn, laat het zich aanzien dat ERTMS Level 2plus over het gehele HRN dezelfde baten oplevert als Level 2. Wel moet daarbij een kanttekening worden gemaakt ten aanzien van materieel dat niet is voorzien van een Train Integrity Monitor (TIM); het behalen van capaciteitswinst kan alleen kan worden gerealiseerd wanneer het materieel op deze lijnen zoveel mogelijk gebruik maakt van detectie door plaatsbepaling via GSM-R.

Tabel 3.6: Effecten aanvullende analyses

Thema	Vergelijking met nulscenario	
	Mix L1 / L2	Level 2plus (HRN)
Veiligheid	+	++
Interoperabiliteit	+	0/+
Capaciteit	+	++
Snelheid/reistijd (op gehele spoorwegnet)	-/- 2,8%	-/- 2,9%
(On)betrouwbaarheid (index, nulscenario=100)	95,9	94,8

Ten aanzien van Level 1/2-mix zijn de scores gebaseerd op de volgende overwegingen:

- ▶ **Veiligheid.** Het wordt plausibel geacht dat de reductie van STS'en bij de vervanging van level 2 door level 1 in een dergelijke mix nagenoeg gelijk blijft en dus ook hoger scoren dan het nulscenario. Wel zal het potentiële voordeel inzake overwegveiligheid op basis van CWT vervallen ten opzichte van Level 2, juist op die locaties waar dit meer effect zou kunnen sorteren;
- ▶ **Interoperabiliteit.** Voor de aanpassing van het materieel maakt dat geen onderscheid, omdat materieel dat is voorzien van ERTMS beveiligingsapparatuur zowel onder Level 1 als Level 2 kan rijden.
- ▶ **Capaciteit en snelheid.** Op de indicator capaciteit scoort de mix van Level 1/2 minder dan ERTMS Level 2. De uitbuigingen, 160 km en reistijdwinst van ERTMS zijn vrijwel gelijk.
- ▶ **Betrouwbaarheid.** Verwacht wordt dat ten aanzien van de punctualiteit in de uitvoering van de dienstregeling geen additionele effecten optreden in vergelijking met ATB en derhalve scoort de betrouwbaarheid lager dan onder Level 2.

## 4. Verantwoorde besteding middelen

### 4.1 Inleiding

Gegeven de omvang van de investeringen die nodig zijn om (een deel van) het Nederlandse spoornetwerk van ERTMS te voorzien, is inzicht gewenst in de wijze waarop middelen worden besteed. In dat kader worden in dit hoofdstuk de volgende onderwerpen behandeld:

1. De levensduurkosten (Life Cycle Costs of LCC; paragraaf 4.2) van ERTMS. Deze bestaan uit investeringen in infrastructuur en materieel, te vermijden investeringen in infrastructuur, kosten voor onderhoud en wijzigingen van infrastructuur en materieel en kosten van vervangingen van infrastructuur. De post investeringen in infrastructuur bevat tevens de kosten voor verwijdering van ATB;
2. Exploitatie effecten (paragraaf 4.3). Naast de investeringen en kosten van onderhoud en wijzigingen zijn de exploitatie-effecten voor de vervoerders van belang. Voor de NS is hiervoor een business case opgesteld. Het bedrijfsresultaat voor overige personenvervoerders en goederenvervoerders is in minder detail onderzocht. Hier wordt volstaan met kwalitatieve indicaties.
3. Toekomstvastheid van de investeringen (paragraaf 4.4). Hierbij gaat het om de waardevastheid van de investeringen, alsmede de mogelijkheden om toekomstige technische en/of maatschappelijke ontwikkelingen te incorporeren.

In paragraaf 4.5 worden ten slotte de uitkomsten van een Maatschappelijke Kosten en Baten Analyse (MKBA) van de verschillende eindbeelden gepresenteerd. De MKBA kan gezien worden als een overall maat om te beoordelen in hoeverre sprake is van een maatschappelijk verantwoorde besteding van belastinggeld.

### 4.2 Kosten van invoering ERTMS

Levensduurkosten (of Life Cycle Cost; LCC) omvatten de totale kosten van de levensloop van een systeem binnen de gestelde ramingstermijn die loopt van 2015 tot 2065. Gelet op de lengte van de ramingstermijn en de verschillen tussen eindbeelden wat betreft het moment waarop (vervangings)investeringen plaatsvinden is ervoor gekozen de kostenramingen in Netto Contante Waarden (NCW) weer te geven.

#### **Kostenramingen per eindbeeld**

Tabel 4.1a bevat de kostenraming voor het nulscenario en alle eindbeelden. In het vervolg van deze subparagraaf wordt de kostenraming per hoofdonderdeel van de kostenraming kort toegelicht.

Tabel 4.1a: Kostenraming voor alle eindbeelden in Netto Contante Waarden (NCW, bedragen x € 1 mln en incl. BTW, bepaald voor migratiepad "PHS eerst")

NCW, prijspeil 2013	nulscenario	Eindbeelden			
		1.EU verplicht+PHS	2. heel HRN	3. heel NL	
6.1	Investeringen infrastructuur	€ 450	€ 1.850	€ 2.350	€ 2.500
6.2	Investeringen materieel	€ 150	€ 500	€ 550	€ 550
6.3	Vermeden investeringen infrastructuur	-	€ 200	€ 200	€ 200
6.4	Kosten onderhoud en wijziging infrastructuur	€ 900	€ 1.150	€ 1.300	€ 1.350
6.5	Kosten onderhoud materieel	€ 350	€ 600	€ 500	€ 500
6.6	Kosten vervangingen infrastructuur	€ 1.900	€ 1.600	€ 1.500	€ 1.450
<b>Totaal (Life Cycle Costs)</b>		<b>€ 3.700</b>	<b>€ 5.550</b>	<b>€ 6.000</b>	<b>€ 6.100</b>
<b>LCC t.o.v. nulscenario</b>		<b>-</b>	<b>€ 1.800</b>	<b>€ 2.250</b>	<b>€ 2.400</b>

*PM* Door afronding tellen posten niet altijd op tot totalen

#### Investeringen in infrastructuur

De NCW van de investeringen in infrastructuur bedraagt in **scenario 1A** (eindbeeld EU verplicht en PHS, migratiepad PHS eerst) € 1.850 mln. Dit correspondeert met een totale investering (niet verdisconteerd) van € 2.950 mln, waarvan de investering in interlockings, buitenelementen en kabelwerk de grootste baanvakgebonden posten zijn. Daarbij komen de PEAT-<sup>3)</sup> en Programmakosten en de risicoreservering als significante posten. De risicoreservering is 34% van de baanvakgebonden kosten (zoals kabels) en de baanvakoverstijgende kosten (zoals PEAT), exclusief BTW.

De NCW van de investeringen in infrastructuur bedraagt in **scenario 2A** (eindbeeld HRN, migratiepad PHS eerst) € 2.350 mln. Dit correspondeert met een totale investering (niet verdisconteerd) van € 3.950 mln. Het verschil met scenario 1A wordt met name verklaard door de omvang van de uitrol. Bovengenoemde posten zijn ordegrrootte 30-40% hoger dan bij scenario 1A vanwege de grotere geografische omvang. Er is geen additioneel schaalvoordeel verondersteld bij scenario 2A ten opzichte van scenario 1A.

De NCW van de investeringen in infrastructuur bedraagt in **scenario 3A** (eindbeeld heel NL, migratiepad PHS eerst) € 2.500 mln. Dit correspondeert met een totale investering (niet verdisconteerd) van € 4.450 mln. Het verschil met scenario 1A wordt opnieuw voornamelijk verklaard door de omvang van de uitrol die circa 50% groter is (50% in termen van investeringen, 50% in termen van tracélengte waar sprake is van graafwerkzaamheden en 60% in termen van aantal aangestuurde objecten).

<sup>3)</sup> Projectmanagement, Engineering, Administratie en Toezicht

### *Investerings in materieel*

Alle scenario's gaan ervan uit dat NS 100% van haar materieel gereed maakt voor ERTMS Level 2. Scenario's 2A en 3A gaan er tevens vanuit dat de overige reizigersvervoerders hun circa 170 treinstellen (inclusief 20 museumtreinen) gereedmaken voor ERTMS en dat de goederenvervoerders de locs gereedmaken voor ERTMS. Ongeveer de helft van de 440 locs is al geschikt voor ERTMS, investeringen betreffen dan de andere helft van de locs. In scenario 1A dienen regionale reizigersvervoerders circa 50% van het materieel gereed te maken voor ERTMS om naar knooppunten op het HRN (en deels PHS) die in dit scenario overgaan op ERTMS Level 2 only te kunnen blijven rijden.

De NCW van de investeringen in materieel inclusief BTW en een risico-opslag bedraagt in scenario 2A en 3A € 550 mln. Dit correspondeert met een totale investering (niet verdisconteerd) van € 400 - 600 mln, exclusief BTW en risico-opslagen. Hiervan is de investering in het gereedmaken van het NS materieel, inclusief de kosten voor onttrekking, de meest omvangrijke post. De keuze voor het reviseren of moderniseren van het in te zetten reservematerieel tijdens de onttrekking van regulier materieel verklaart de grote bandbreedte. Hierna volgen de kosten voor goederenvervoerders, overige reizigersvervoerders en de kosten voor het gereedmaken van onderhoudsmaterieel. Bovenop genoemde investeringen komt 21% BTW en een risicoreservering van circa 15%.

### *Vermeden investeringen in infrastructuur*

De NCW van de vermeden investeringen is in de scenario's 1A, 2A en 3A gelijk (€ 200 mln). Dit bedrag omvat 50% van de geplande en nog herroepbare investeringen in seinoptimalisatie binnen het PHS-programma, 50% van maatregelen voor capaciteitsuitbreiding van infrastructuur binnen het PHS-programma die mogelijk vermeden kunnen worden door ERTMS en kosten voor aanleg van ERTMS op de OV-SAAL corridor. Deze laatste post is strikt genomen geen vermeden investering, maar een vermeden dubbele budgettering, omdat in de scenario's ook de kosten van ERTMS op OV SAAL zijn meegenomen terwijl deze kosten ook conform een eerder besluit specifiek voor OV SAAL zijn gereserveerd. In totaal is er € 335 mln aan niet verdisconteerde kasstromen, overeenkomstig € 200 mln aan (Netto) Contante Waarde.

### *Kosten onderhoud en wijzigingen*

De NCW van onderhoud en wijzigingen bedraagt in eindbeelden 1A, 2A en 3A respectievelijk € 1.150 mln, € 1.300 mln en € 1.350 mln. Dit correspondeert met een jaarlijkse kostenpost voor ProRail van circa € 80 tot 105 mln voor het landelijke onderhoud van ERTMS nadat de uitrol voltooid is. Deze jaarlijkse kosten beslaan zowel het onderhoud van treinbeveiligingssystemen als de noodzakelijke wijzigingen, inclusief software upgrades. De volgende uitgangspunten liggen ten grondslag aan deze raming:

- ▶ onderhoud wordt op grote schaal en in concurrentie aanbesteed;
- ▶ ProRail doorbreekt vendor lock-in op het onderhoud van baanelementen door het ontwikkelen van standaard interfaces tussen interlocking en objectcontrollers.

### *Kosten onderhoud materieel (onboard systemen)*

De NCW van onderhoud van onboard systemen in het materieel bedraagt in scenario 1A € 600 mln. De jaarlijkse kosten van het onderhouden van ERTMS onboard systemen voor NS materieel maken hiervan het grootste deel uit, namelijk € 10 – 16 mln per jaar (niet verdisconteerd). Hierbinnen zijn het in stand houden van de European Vital Computer (EVC) en het periodiek uitvoeren van software modificaties en upgrades de grootste posten. De NCW van onderhoud van onboard systemen in het materieel is in eindbeelden 2A en 3A lager (€ 500 mln.) omdat in deze eindbeelden het regulier onderhoud van ATB grotendeels komt te vervallen.

### *Kosten vervanging infrastructuur*

De NCW van de kosten voor reguliere vervanging van infrastructuur bedraagt in scenario 1A € 1.600 mln. Hieronder valt zowel de vervanging van het overgebleven ATB als het nieuw aangelegde ERTMS, als vervangingen van ATB door ATB voordat ERTMS wordt geïmplementeerd. De NCW van de vervangingskosten is in scenario 2A en 3A respectievelijk € 100 mln en € 150 mln lager omdat de grotere vervanging van ATB door ERTMS (terug te zien in het hogere investeringsbedrag) leidt tot minder 'ATB door ATB'-vervanging.

### *Totale levensduurkosten ten opzichte van het nulscenario*

De NCW van de totale levensduurkosten is in scenario 1A € 1.800 mln hoger dan in het nulscenario. Voor scenario 2A en 3A bedraagt het verschil respectievelijk € 2.250 mln en € 2.400 mln. De veel hogere investerings- en onderhoudskosten bij ERTMS Level 2 bepalen grotendeels de verschillen tussen scenario's 1A, 2A en 3A en het nulscenario. De hogere investeringskosten bij ombouw naar ERTMS Level 2 worden met name verklaard door:

- ▶ de noodzaak tot het vervangen van interlockings;
- ▶ de noodzaak tot het aanleggen van nieuwe kabels (en verwijderen van oude kabels) ten behoeve van blokverdichting;
- ▶ de PEAT- en programmakosten ten behoeve van de hierboven genoemde projecten;
- ▶ de hogere risicoreservering vanwege de hogere omvang en onzekerheid van de hierboven genoemde projecten.

## **Kasstromen eindbeelden**

In tabel 4.1b zijn de kosten in termen van kasstromen weergegeven tot en met 2065.

*Tabel 4.1b: Kasstromen scenario's tot en met 2065. Investerings hebben betrekking op periode tot en met 2065, onderhoudskosten zijn bepaald voor zichtjaar 2035.*

Beschrijving (€ mln, prijspeil 2013)	Eindbeelden			
	nulscenario	1.EU verplicht+PHS	2. heel HRN	3. heel NL
Investerings infrastructuur	€ 700	€ 2.950	€ 3.950	€ 4.450
Investerings materieel	€ 150	€ 650	€ 700	€ 700
Vermeden investeringen	-	-/- € 335	-/- € 335	-/- € 335
Onderhoud infra (zichtjaar)	€ 55	€ 80	€ 95	€ 105
Onderhoud materieel (zichtjaar)	€ 20	€ 40	€ 30	€ 30
Vervanging infrastructuur	€ 4.800	€ 4.150	€ 4.000	€ 3.800

## Effecten migratiepaden

Tabel 4.1c bevat de kostenraming voor de verschillende migratiepaden om het volledige hoofdtraject van ERTMS Level 2 te voorzien (eindbeeld 2). De NCW van de levensduurkosten is voor het migratiepad 'Vervanging eerst' (scenario 2B) gelijk aan het migratiepad 'PHS eerst' (scenario 2A). Dit is het netto resultaat van twee effecten:

- ▶ lagere noodzaak tot vervanging omdat de uitrol van ERTMS in de plaats komt van een groter deel van de reguliere vervangingsopgave van ATB (€ 50 mln);
- ▶ hogere NCW van investeringen in infrastructuur, omdat de piek van investeringen in ERTMS vroeger valt. Door de tijdswaarde van geld zijn de investeringskosten van dit migratiepad, uitgedrukt in NCW, daarom hoger dan die van scenario 2A of 2C. Deze piek in investeringen correspondeert met de indienststelling van Level 2 op de grote knopen Den Bosch, Den Haag, Rotterdam en Amsterdam (+€ 50 mln).

Tabel 4.1c: Kostenraming voor alle migratiepaden in Netto Contante Waarde (NCW; bedragen x € 1 mln. en inclusief BTW) voor uitrol gehele HRN (eindbeeld 2)

NCW, prijspeil 2013	Migratiepaden			
	A. PHS eerst	B. Vervanging eerst	C. Landsdelen eerst	
6.1	Investeringen infrastructuur	€ 2.350	€ 2.400	€ 2.250
6.2	Investeringen materieel	€ 550	€ 550	€ 550
6.3	Vermeden investeringen infrastructuur	€ 200	€ 200	€ 200
6.4	Kosten onderhoud en wijziging infrastructuur	€ 1.300	€ 1.300	€ 1.250
6.5	Kosten onderhoud materieel	€ 500	€ 500	€ 500
6.6	Kosten vervangingen infrastructuur	€ 1.500	€ 1.450	€ 1.500
<b>Totaal (Life Cycle Costs)</b>		<b>€ 6.000</b>	<b>€ 6.000</b>	<b>€ 5.850</b>
<b>LCC t.o.v. nulscenario</b>		<b>€ 2.250</b>	<b>€ 2.250</b>	<b>€ 2.150</b>

*PM Door afronding tellen posten niet altijd op tot totalen*

De NCW van de levensduurkosten is voor het migratiepad 'Landsdelen eerst' (scenario 2C) € 150 mln lager dan voor het migratiepad 'PHS eerst'. Dit verschil wordt met name verklaard door de lagere NCW van de investeringskosten in infrastructuur, omdat de investeringspiek bij het migratiepad 'Landsdelen eerst' later ligt dan in 'PHS eerst'. Deze piek correspondeert met de investeringen in dezelfde grote knopen als hierboven genoemd, plus een aantal additionele knopen.

## Kasstromen migratiepaden

In tabel 4.1d zijn de kosten in termen van kasstromen weergegeven tot en met 2065 en de onderhoudskosten voor 2035 bij de migratiepaden.

Tabel 4.1d: *Kasstroomen migratiepaden tot en met 2065. Investerings hebben betrekking op periode tot en met 2065, onderhoudskosten zijn bepaald voor zichtjaar 2035*

Beschrijving (€ mln, prijspeil 2013)	Migratiepaden		
	A. PHS eerst	B. Vervanging eerst	C. Landsdelen eerst
Investerings infrastructuur	€ 3.950	€ 3.950	€ 3.950
Investerings materieel	€ 700	€ 700	€ 700
Vermeden investeringen	-/- € 335	-/- € 335	-/- € 335
Onderhoud infra (zichtjaar)	€ 95	€ 95	€ 95
Onderhoud materieel (zichtjaar)	€ 35	€ 35	€ 35
Vervanging infrastructuur	€ 4.000	€ 3.900	€ 4.100

### Aanvullende analyses: Level 1/2-mix en Level 2plus

In tabel 4.1e zijn de investeringen (NCW) weergegeven voor de aanvullende varianten Level 1/2-mix en Level 2plus.

Tabel 4.1e: *Kosten van de aanvullende varianten (NCW ten opzichte van Nulscenario)*

	Level 1 / 2 mix		Level 2plus	
	NCW t.o.v. nul	Kasstroom	NCW t.o.v. nul	Kasstroom
Investeringskosten infra	-/- € 1.800	€ 3.900	-/- € 1.500	€ 3.300
Investeringskosten materieel	-/- € 400	€ 700	-/- € 500	€ 800
Vermeden investeringskosten	€ 200	-/- € 335	€ 200	-/- € 335
Onderhoudskosten infra	-/- € 200 (NCW tot en met 2065)	€ 85 per jaar in zichtjaar	-/- € 300 (NCW tot en met 2065)	€ 95 per jaar in zichtjaar
Onderhoudskosten materieel	-/- € 200	€ 30 per jaar in zichtjaar	-/- € 300 (NCW tot en met 2065)	€ 35 per jaar in zichtjaar
Vervanging infra	€ 200	€ 4.800	€ 400	€ 3.600
<b>Totaal effect (NCW)</b>	<b>-/- € 2.250</b>		<b>-/- € 2.000</b>	

PM Door afronding tellen posten niet altijd op tot totalen

Voor de variant genaamd 'Level 1/2-mix' blijkt dat de toepassing van ERTMS Level 1 in plaats van Level 2 op specifieke knopen en baanvakken leidt tot een daling van de investeringskosten infra met € 250 mln uitgedrukt in NCW. De kosten van onderhoud dalen eveneens, maar de vervangingsopgave neemt toe, vanwege de lagere investering in nieuwe interlockings. Het netto effect voor variant Level 1/2-mix ten opzichte van alleen Level 2 in heel Nederland is een kostenbesparing van € 150 mln over de levensduur uitgedrukt in NCW.

Een toepassing van de variant 'Level 2plus' leidt eveneens tot lagere investeringen dan toepassing van ERTMS Level 2 (een verschil van € 400 mln uitgedrukt in NCW ten opzichte van Level 2 op het HRN). Dit komt omdat Level 2plus geen additionele investeringen vergt in baangebonden treindetectie, wel moeten vervoerders extra investeren in de aanschaf en inbouw van een Train Integrity Monitor (TIM). Level 2plus leidt tevens tot lagere onderhouds- en vervangingskosten. Het netto verschil in kosten over de levensduur is € 250 mln uitgedrukt in NCW. Wel is de ontwikkeling van level 2plus omgeven met onzekerheden.



## 4.3 Bedrijfsresultaat vervoerders

### Eindbeelden

Tabel 4.2a geeft voor de scenario's 1A, 2A en 3A een inschatting van het effect van de invoering van ERTMS op het bedrijfsresultaat van vervoerders. Daarbij is verondersteld dat de vervoerders de kosten voor de onboard systemen en onderhoud voor hun eigen rekening nemen. In het vervolg van deze subparagraaf wordt per (type) vervoerder(s) deze kwalitatieve inschatting toegelicht.

Tabel 4.2a: *Bedrijfsresultaten vervoerders in de eindbeelden voor migratiepad PHS eerst (bij 100% bekostiging ombouw door vervoerders)*

		Eindbeelden		
		1.EU verplicht+PHS	2. geheel HRN	3. heel NL
7.1	Bedrijfsresultaat NS	-/- -	-	-
7.2	Bedrijfsresultaat overige personenvervoerders	-	-/- -	-
7.3	Bedrijfsresultaat goederenvervoerders		+	++
<b>Totaal</b>		-/- -	-	0/-

### NS

Bij een uitrol van ERTMS op de schaal van het Hoofdrailnet (HRN; eindbeeld 2) of het gehele spoornet (NL; eindbeeld 3) is het lange termijn effect van ERTMS op de exploitatie van NS positief. Dit effect is het saldo van de volgende factoren:

- ▶ lagere kosten door een efficiëntere inzet van productiemiddelen die mogelijk wordt door de rijtijdverkorting en de hogere systeem snelheid als gevolg van de invoering van ERTMS Level 2;
- ▶ hogere kosten als gevolg van het onderhouden van de ERTMS onboard systemen. Daar staat tegenover dat de kosten voor het ATB-systeem in 'eindbeelden 2 en 3 wegvallen;
- ▶ een vervoergroei als gevolg van de reistijdverkorting en daarmee hogere opbrengsten;
- ▶ overige kostenbesparingen door een daling van het energieverbruik door het gelijkmatiger optrekken en remmen van treinen en een daling van de schadelast door de afname van het aantal STS-passages.

De NCW van de kasstromen voor NS over de gehele periode, inclusief de investeringen in ERTMS onboard systemen en toekomstige baten, is echter negatief. Daarom zijn de cellen voor eindbeeld HRN (2) en geheel NL (3) geel gekleurd. Hierbij wordt wel uitgegaan van 100% bekostiging van de materieelombouw door NS. Bij 50% bekostiging door het Rijk wordt de businesscase positief.

Eindbeeld 1 heeft een minder gunstig effect op het bedrijfsresultaat van NS. De belangrijkste reden is dat in dit eindbeeld de kosten voor het ATB-systeem niet vervallen, omdat (een deel van) de treinen nog steeds met ATB moeten zijn uitgerust om de dienstregeling uit te kunnen voeren.

## Overige personenvervoerders

Het effect van eindbeeld 1 op het bedrijfsresultaat van overige personenvervoerders is negatief. De trajecten waar deze vervoerders rijden zijn in dit eindbeeld niet voorzien van ERTMS, terwijl een groot aantal knooppuntstations die deze vervoerders aandoen wel overgaan op ERTMS only. Dit betekent dat deze vervoerders een deel (naar schatting 50%) van het materieel aan moeten passen voor het rijden onder ERTMS. Tegenover deze investering staan voor hen nauwelijks extra baten.

Eindbeeld 2 pakt voor de overige personenvervoerders zelfs nog ongunstiger uit dan eindbeeld 1. In dit eindbeeld zijn alle knooppuntstations van het HRN voorzien van ERTMS Level 2 only. Om naar deze stations te kunnen blijven rijden dienen de vervoerders vrijwel al het materieel te voorzien van ERTMS onboard systemen. Tegenover deze investeringen staan voor hen nauwelijks extra baten.

Eindbeeld 3 is naar verwachting aantrekkelijker voor regionale personenvervoerders. In dit eindbeeld dienen de vervoerders het materieel volledig gereed te maken voor het rijden met ERTMS, maar hoeven zij niet langer kosten te maken voor het ATB-systeem. Bovendien profiteren zij in dit eindbeeld ook op regionale lijnen van de positieve effecten van ERTMS Level 2 only voor de veiligheid, capaciteit en robuustheid van de dienstregeling. Omdat de reistijdwinst van ERTMS Level 2 op de regionale lijnen kleiner is dan de reistijdwinst op delen van het HRN, zullen de baten van vervoersgroei en van een efficiëntere inzet van materieel en personeel kleiner zijn dan die van NS op het HRN.

## Goederenvervoerders

Het effect van de invoering van ERTMS op het bedrijfsresultaat van goederenvervoerders valt uiteen in twee delen:

- ▶ effect op de kosten, in het bijzonder voor de installatie en onderhoud van de onboard systemen;
- ▶ effect op de baten, in het bijzonder door toenemende interoperabiliteit en veiligheid.

De kosten voor installatie van ERTMS en het onderhouden van de verschillende onboard systemen zijn bepalend voor de kostenverschillen tussen de eindbeelden. De eindbeelden waarbij goederenvervoerders ATB kunnen verwijderen zijn gunstig, omdat dit de corresponderende onderhoudskosten van ATB bespaart.

Het effect van toenemende interoperabiliteit en veiligheid van goederenvervoerders is in eindbeelden 2 en 3 aanzienlijk positiever dan in het nulscenario en eindbeeld 1. De grootschalige aanpassing van het Nederlandse net zorgt, in combinatie met de ombouw van het gehele Belgische spoorwegnet en de Duitse TEN-T-corridders, voor een groot en relevant netwerk dat onder ERTMS bereiden kan worden. Dit vergemakkelijkt de grensoverschrijdende inzet van personeel en materieel, waardoor wachttijd aan de grens wordt bespaard (geschat op 3.588 uur per jaar) en een efficiëntere exploitatie mogelijk wordt. In het nulscenario en eindbeeld 1 worden hier minder mogelijkheden voor geboden. Om die reden zijn de onderstaande scores toegekend:

- ▶ **eindbeeld 1 wit:** beperkte verbeteringen omdat integrale toepassing van ERTMS ontbreekt;

- ▶ **eindbeeld 2 lichtgroen:** vrijwel alle belangrijke bestemmingen bereikbaar met ERTMS, wat grensoverschrijdende planning en exploitatie mogelijk maakt. Slechts enkele bestemmingen (bijvoorbeeld Delfzijl, Veendam, Coevorden) vergen ATB-materieel;
- ▶ **eindbeeld 3 donkergroen:** positief effect omdat integraal ERTMS gebruikt kan worden, wat internationale planning en exploitatie mogelijk maakt. Hierdoor ontstaan efficiencyvoordelen die het goederenvervoer aantrekkelijker kunnen maken.

## ERTMS en energieverbruik

De resultaten van het onderzoek naar de effecten op het energiegebruik van de vervoerders is weergegeven in tabel 4.3.

Tabel 4.3: ontwikkeling energiekosten bij invoering ERTMS (x € 1 mln, prijspeil 2013)

Eindbeeld t.o.v. Nulscenario	Migratiepad			Eindbeeld <sup>1)</sup>
	PHS eerst	Vervanging eerst	Landsdelen eerst	
1. Eu-verplicht en PHS	0/+	0	0	€ 195,7
2. Geheel HRN	0/+	0	0	€ 192,7
3. Heel Nederland	0/+	0	0	€ 191,0

<sup>1)</sup> Nulscenario = € 200,0

Ten aanzien van deze uitkomsten zijn de volgende effecten vastgesteld:

- ▶ De in eindbeeld 1 behaalde winst op energiegebruik is beperkt omdat in dit eindbeeld slechts een beperkt deel van het netwerk wordt voorzien van ERTMS.
- ▶ De effecten voor de eindbeelden 2 en 3 verschillen nauwelijks van elkaar.
- ▶ Het migratiepad "PHS versneld" leidt tot het (iets) eerder realiseren van de baten uit energiebesparing omdat in dit migratiepad eerst de drukke lijnen met veel IC-verkeer worden aangepast.

## Aanvullende analyses: Level 1/2-mix en Level 2plus

Het eindbeeld mix Level 1/2 gaat uit van toepassing van Level 2 op de drukste lijnen en Level 1 op de overige lijnen. Dit leidt tot een besparing van 3,2 procent ten opzichte van het nulscenario, wat vergelijkbaar is met de verwachte besparing van 3,6 procent in eindbeeld 2. De effecten in eindbeeld Level 2plus, van toepassing op het HRN, zijn gelijk aan de effecten in eindbeeld 2.

## 4.4 Toekomstvastheid

Deze paragraaf gaat in op de toekomstvastheid van de investeringen, waarbij zowel wordt gekeken naar de waardevastheid als de mogelijkheden om toekomstige ontwikkelingen te incorporeren.

Tabel 4.4: Beoordeling ERTMS op toekomstvastheid

Aspect	nul	Eindbeeld		
		1 EU verplicht+PHS	2 geheel HRN	3 heel NL
Technische ontwikkelingen	0	+	+	+
Maatschappelijke behoeften	0	0/+	+	++
Desinvesteringen	0	+	+	+
Totaal	0	0/+	+	+ / ++

Daarbij worden de volgende conclusies getrokken:

- ▶ Er is geen verschil in toekomstvastheid ERTMS van de eindbeelden 2 en 3 ten opzichte van het nulscenario. In alle gevallen is sprake van meer toekomstvastheid. In eindbeeld 1 en –in mindere mate– eindbeeld 2 is sprake van minder toekomstvastheid omdat op de niet aangepaste baanvakken minder mogelijkheden bestaan om flexibel te reageren op toekomstige veranderingen in de vraag naar spoorvervoer.
- ▶ Er is geen verschil in de toekomstvastheid tussen de migratiepaden.

Ten aanzien van de aanvullende analyses kan worden opgemerkt dat de mix Level 1/2 vergelijkbaar scoort op toekomstvastheid als Level 2.

De score van Level 2plus op toekomstvastheid is iets minder hoog. Treinen die gebruik willen maken van de specifieke kenmerken van Level 2plus moeten beschikken over Train Integrity Monitor (TIM), waarmee wordt vastgesteld of de trein geen wagons verloren heeft. De ontwikkeling van een betrouwbare TIM is nog niet afgerond; dit is een essentieel voor het toepassen van Level 2plus op baanvakken waar extra capaciteit nodig is. Zonder TIM kan op baanvakken met Level 2plus namelijk geen capaciteitswinst worden gerealiseerd. Onzekerheid over de tijdige realiseerbaarheid van een betrouwbare TIM zorgt voor een lagere score.

## 4.5 MKBA

### Eindbeelden

In de tabel zijn de indicatoren weergegeven uit de MKBA. De bandbreedte geeft de uitkomst in het hoge (GE) en lage (RC) groeiscenario.

Tabel 4.5a: Beoordeling eindbeelden op MKBA-resultaten

		Eindbeelden			
		1.EU verplicht+PHS	2. heel HRN	3. heel NL	
<b>9.1</b>	<i>Saldo baten- kosten</i>	Hoge groei (GE)	-/- € 46 mln	€ 24 mln	€ 7 mln
		Lagere groei (RC)	-/- € 510 mln	-/- € 568 mln	-/- € 637 mln
<b>9.2</b>	<i>BK-verhouding</i>	Hoge groei (GE)	1,0	1,0	1,0
		Lagere groei (RC)	0,7	0,7	0,7

Uit de MKBA blijkt dat het saldo van baten en kosten bij het GE groeiscenario voor alle eindbeelden ongeveer nul is. In het RC groeiscenario valt het saldo negatief uit: variërend van € 510 mln tot € 637 mln negatief. Deze saldi verschillen omdat het aantal reizigers dat profiteert van ERTMS bij lagere economische groei 16% lager is en ook de waardering van tijd en betrouwbaarheid lager is.

De verhouding tussen de maatschappelijke baten en de kosten is in het GE groeiscenario ongeveer 1. Deze verhouding is afgerond nagenoeg gelijk in alle eindbeelden. Op basis van de baten/kostenverhouding kan dan ook geen significant onderscheid worden gemaakt tussen de eindbeelden.

### Migratiepaden

Eindbeeld 2 waarbij ERTMS Level 2 wordt uitgerold op het gehele HRN is nader uitgewerkt voor de onderscheiden migratiepaden. Tabel 4.5b geeft de resultaten.

Tabel 4.5b: *beoordeling migratiepaden eindbeeld 2 (uitrol geheel NL) op MKBA*

		Migratiepaden			
		A. PHS eerst	B. Vervanging eerst	C. Landsdelen eerst	
9.1	Saldo baten- kosten	Hoge groei (GE)	€ 24 mln	€ 103 mln	-/- € 66 mln
		Lagere groei (RC)	-/- € 568 mln	-/- € 497 mln	-/- € 623 mln
9.2	BK-verhouding	Hoge groei (GE)	1,0	1,0	1,0
		Lagere groei (RC)	0,7	0,8	0,7

Uit de MKBA blijkt dat het migratiepad Vervanging-eerst in termen van de MKBA beperkt beter scoort dan PHS-eerst. Het migratiepad Landsdelen-eerst scoort beperkt slechter dan de twee andere migratiepaden.

### **Aanvullende analyses: Level 1/2-mix, Level 2plus en versnelde uitrol**

Voor het eindbeeld met uitrol van ERTMS voor het gehele HRN is aanvullend onderzoek uitgevoerd naar uitrol van de mix van Level 1 en Level 2 alsmede naar de kosten van Level 2plus.

Tabel 4.5c: *Beoordeling van de aanvullende varianten Level 1/2-mix en Level 2plus bij uitrol over geheel HRN) ten opzichte van uitrol met Level 2*

		Aanvullende varianten			
		L1/L2 mix	L2plus	Versnelde uitrol	
9.1	Saldo baten- kosten	Hoge groei (GE)	-/- € 110 mln	€ 291 mln	€94 mln
		Lagere groei (RC)	-/- €701 mln	-/- €301 mln	-/- €577 mln
9.2	BK-verhouding	Hoge groei (GE)	1,0	1,1	1,0
		Lagere groei (RC)	0,7	0,8	0,8

Een mix van Level 1/ Level 2 leidt tot iets lagere kosten maar ook tot lagere baten vergeleken met een uitrol volgens eindbeeld 3. De baten/kostenverhouding is gelijk aan die in eindbeeld 3.

In het onderzoek is aangenomen dat de baten van de aanleg van Level 2plus gelijk zijn aan die van de aanleg van Level 2, omdat de functionaliteit vrijwel gelijk is. Er kunnen kostenbesparingen worden gerealiseerd, wat leidt tot een gunstiger baten/kostenverhouding. Zo mag bij hoge economische groei zelfs een toename van de welvaart worden verwacht, omdat de baten/kostenverhouding hoger dan 1 is. Tevens is gekeken naar een versnelde uitrol. De baten/kostenverhouding van het versneld uitrollen verbetert licht maar blijft in het hoge groeiscenario (afgerond) 1,0. Hiermee scoort deze optie beter dan die van het niet-versneld uitrollen (zie tabel S.3).

## 5. Risico's invoering ERTMS

### 5.1 Inleiding

Een grootschalige invoering van een nieuw treinbeveiligingssysteem is een grote en complexe opgave. Beheersbaarheid van de risico's is essentieel om de doelen binnen de gegeven randvoorwaarden te kunnen realiseren, zowel tijdens de implementatiefase als de eindsituatie. Voorzienbare risico's zijn al meegenomen in het voorgaande, bijvoorbeeld in de kostenraming. In het navolgende gaat het om onvoorzienbare risico's. Zo kunnen werkzaamheden uitlopen, kan de aanpassing van materieel langer duren dan voorzien, kan de afstemming tussen infrastructuur en materieel minder goed verlopen dan voorzien. Bij de navolgende indicatoren gaat het steeds om de onvoorziene effecten.

In de volgende paragrafen worden de uitkomsten van de risico-analyses weergegeven. Uit de risico-analyse blijkt dat de absolute verschillen in risicoprofielen aan zowel de kosten- als de batenkant tussen de eindbeelden groter zijn dan tussen de migratiepaden.

### 5.2 Risico's eindbeelden

In onderstaande tabel is de bandbreedte weergegeven in absolute zin voor de drie eindbeelden voor het migratiepad 'PHS eerst' (voor het GE-groeiscenario) ten opzichte van de verwachte investeringskosten in de infrastructuur en de verwachte baten.

Tabel 5.1: De risico's in de eindbeelden (bedragen x € 1 mln)

		Eindbeelden		
		1a.EU verplicht+PHS	2. heel HRN	3. heel NL
10.1	90%-betrouwbaarheidsinterval NCW investeringskosten infrastructuur	+/- € 500	+/- € 650	+/- € 700
10.2	90%-betrouwbaarheidsinterval NCW reistijd- en betrouwbaarheidsbaten	+/- € 410	+/- € 510	+/- € 530

In relatieve zin (procentueel ten opzichte van berekende waarde) zijn de risicoprofielen over de eindbeelden echter vergelijkbaar met elkaar. Dit wordt met name verklaard doordat de toename in kosten, baten en risico's beperkt is tussen de eindbeelden. Dit komt door de belangrijke rol die de EU verplichte en PHS-corridors spelen in zowel de kostenramingen, de baten als de risicoprofielen.

De onzekerheid in de kosten van de ERTMS-eindbeelden is groter dan die voor het nulscenario vanwege de grotere omvang van de scope en de hogere benodigde intelligentie van de systemen en de hieraan gerelateerde organisatorische, technische en integratierisico's.

Gegeven het gematigde uitroltempo in de infrastructuur dat is gekozen, zijn de risico's ten aanzien van 'maakbaarheid' beperkt en niet onderscheidend tussen de eindbeelden. Door deze keuze zijn ook de consequenties van een eventueel vertraagde ombouw van het materieel beperkt. De schaalvoordelen in de realisatiekosten in de infrastructuur blijken beperkt te zijn en de onzekerheid hierin is niet onderscheidend tussen de eindbeelden.

### 5.3 Risico's migratiepaden

Ondanks dat de absolute verschillen risico's in kosten en gemonetariseerde baten klein zijn tussen de migratiepaden, kan het volgende worden aangegeven.

In onderstaande tabel is het effect weergegeven op het saldo van de netto contante waarde van baten en kosten in geval van een structurele vertraging van twee jaar veroorzaakt in het begin van het project; een vertraging die veroorzaakt kan worden door problemen bij de implementatie van ERTMS in de infrastructuur of door onacceptabele storingen door kinderziekten.

Tabel 5.2: Effecten van risico's op migratiepaden (bedragen \* € 1 mln)

	A. PHS eerst	Migratiepaden B. Vervanging eerst	C. Landsdelen eerst
10 Effect vertraging op NCW saldo baten en kosten	-/- € 340	-/- € 345	-/- € 340

De gevoeligheid ten aanzien van planningonzekerheden van de migratiepaden 'PHS eerst' en 'Vervangingen eerst' is vergelijkbaar voor zowel de baten als de kosten. De baten van het migratiepad 'Landsdelen eerst' zijn minder gevoelig voor vertragingen dan van de andere twee migratiepaden. Echter, een structurele vertraging van dit migratiepad leidt er toe dat een aantal vervangingen van infraonderdelen en seinoptimalisaties op de PHS-corridors na 2030 zouden plaatsvinden, hetgeen te laat is om tijdig aan de Europese eisen te voldoen. Hierdoor vallen de vermeden investeringen lager uit. Per saldo blijkt de planningsgevoeligheid van de drie migratiepaden vergelijkbaar te zijn met betrekking tot gemonetariseerde baten en kosten.

Het migratiepad 'Landsdelen eerst' kent het grootste aantal treintransitiepassages (overgangen van ATB naar ERTMS en omgekeerd), welke een bron zijn voor storingen in de categorie kinderziekten. Daartegenover staat dat in dit migratiepad de grote emplacementen later worden omgebouwd, waardoor eerst ervaring opgedaan kan worden op de kleinere emplacementen. Dit maakt het risico ten aanzien van het realiseren van baten op de grote emplacementen beter beheersbaar.

### 5.4 Risicobeschouwing Level 1/2-mix en Level 2plus

ERTMS Level 2plus is een minder 'mature' systeem is dan ERTMS Level 2, maar biedt bij een succesvolle implementatie kansen ten aanzien van betrouwbaarheid en kostenreductie. Uit de risicobeschouwing volgt dat ERTMS Level 2plus ten opzichte van ERTMS Level 2:

- ▶ meer planningonzekerheid kent ten aanzien van ontwikkeling en het vrijgaveproces;
- ▶ zowel meer kansen als meer bedreigingen kent ten aanzien van de betrouwbaarheidsbaten; kansen liggen er in het minder aantal storingsbronnen door minder baangebonden treindetectie en bedreigingen liggen er in een grotere gemiddelde opvolgtijd als gevolg van een ongunstiger verhouding van materieel met en zonder Trein Integriteits Management (TIM);
- ▶ kansen biedt ten aanzien van onderhoud en potentiële saneringen met betrekking tot baangebonden treindetectie nadat al het materieel van TIM is voorzien.

Uit de risicobeschouwing van ERTMS Level 1/2-mix volgt dat dit alternatief meer onzekerheden kent ten aanzien van realisatiekosten, beheer- en onderhoudskosten en baten dan ERTMS Level 2. Dit komt met name door het moeten ontwerpen, beheren en onderhouden van meer verschillende systemen, interfaces en transities.

Op basis van kwalitatieve beschouwing is in onderstaande tabel aangegeven hoe de bandbreedte voor kosten en baten zich zullen verhouden ten opzichte van de ERTMS Level 2-eindbeelden.

*Tabel 5.3: De risico's in de eindbeelden van alternatieve eindbeelden*

		Aanvullende eindbeelden	
		L1/L2 mix	L2plus op HRN
<b>10.1</b>	90%-betrouwbaarheidsinterval NCW investeringskosten infra (mln €)	Groter dan bij L2	Groter dan of gelijk aan L2
<b>10.2</b>	90%-betrouwbaarheidsinterval NCW reistijd- en betrouwbaarheidsbaten (mln €)	Groter dan bij L2	Groter dan bij L2



## Bijlage 1: Bronnen

1. ProRail (2014). Railmap ERTMS Capaciteitseffecten Level 2. Utrecht
2. BCG (2014). Kostenraming voor invoering ERTMS in Nederland.
3. Riskineering (2014) Risico-analyse ERTMS-scenario's.
4. Arcadis (2014) Referentieontwerp ERTMS
5. Leigh Fisher (2014) ERTMS L2plus, een reëel alternatief
6. MuConsult (2014) Nota van Uitgangspunten
7. MuConsult (2014) Rapportage effecten

## Bijlage 2: Verbeteringen kader NA t.o.v. NRD

Deze bijlage bevat de verantwoording van de verbeteringen in de operationalisering van het afwegingskader in de Nota Alternatieven ten opzichte van de NRD.

### Uitwerking doelen

thema	NRD	Afwegingskader
<b>veiligheid</b>	Verhogen veiligheid treinreizigers en personeel Verhoging veiligheid baanwerkers Verhogen veiligheid op overwegen	Verhogen veiligheid treinreizigers en personeel Verhoging veiligheid baanwerkers Verhogen veiligheid op overwegen Externe veiligheid (toevoegen) Security (toevoegen)
<b>interoperabiliteit</b>	Mate van interoperabiliteit internationaal en nationaal	Mate van interoperabiliteit internationaal Mate van interoperabiliteit nationaal
<b>Capaciteit</b>	Oplossen capaciteitsknelpunten of –aandachtspunten Verkorten opvolgtijd en rijtijd Reduceren aantal en duur van buitendienststellingen	Oplossen capaciteitsknelpunten of –aandachtspunten Verkorten opvolgtijd Reduceren aantal en duur van buitendienststellingen (gepland)
<b>Snelheid</b>	Verkorten rijtijd	reistijdwinst met Vmax >140 km/h rijtijd (uit capaciteits-thema) effect uitbuigingen reistijdwinst totaal (alle reistijd, niet alleen Vmax aanpassen)
<b>betrouwbaarheid</b>	Verhoging betrouwbaarheid on board systemen Verhoging betrouwbaarheid baangebonden systemen Verhoging van de betrouwbaarheid van het spoorstelsel Reduceren totale storingsduur van het spoorstelsel	punctualiteit beschikbaarheid treingebonden systemen (% materieel-uitval) beschikbaarheid infrastructuur (% gerealiseerde treinpaden) totale storingsduur treinstelsel (TAO's*FHT)

### Uitwerking criteria

#### Verantwoorde besteding belastinggeld

Onder het criterium “verantwoorde besteding belastinggeld” vielen in de NRD alleen de kosten en het bedrijfsresultaat van de vervoerders. In het afwegingskader wordt aan dit criterium toegevoegd de toekomstvastheid (was afzonderlijk criterium) en de uitkomsten van de MKBA omdat verantwoorde besteding van belastinggeld inzicht in baten-kosten en toekomstvastheid vraagt (MKBA was in NRD niet opgenomen als onderdeel van het afwegingskader).

criterium	NRD	Afwegingskader
<b>Kosten</b>	LifeCycle kosten Investeringskosten infra en materieel Extra benodigde investeringen infrabeheerder Vermeden investeringen	Totale Life Cycle kosten investeringen infrastructuur investeringen materieel kosten onderhoud en wijzigingen infra Vermeden investeringen Kosten beheer en onderhoud materieel kosten vervangingen infrastructuur
<b>exploitatie</b>	Impact rendement voor vervoerders	rendement NS rendement overig personenvervoerders rendement goederenvervoerders
<b>toekomstvastheid</b>	Mate waarin investeringen waardeverlozen zijn  Flexibel m.b.t. nieuwe ontwikkelingen	Waardeverlozen investeringen flexibiliteit ten aanzien van maatschappelijke ontwikkelingen Flexibel m.b.t. nieuwe technische ontwikkelingen
<b>MKBA</b>	niet opgenomen	Saldo baten-kosten Baten-kosten verhouding

#### Criteria betreffende de migratie

In de NRD zijn drie criteria benoemd die specifiek vallen onder de migratie. Het betreft:

- (a) Minimaliseren overlast voor reizigers en vervoerders
- (b) Beheersing Project Implementatie
- (c) Technische en operationele stabiliteit

Criterium A is uitgewerkt aan de hand van de drie bijbehorende indicatoren uit de NRD die worden uitgewerkt in andere “blokken”:

- ▶ “Beschikbaarheid materieel conform operationele noodzaak”. Dit onderdeel komt aan de orde bij de beschrijving van de eindbeelden, alsmede bij de indicator beschikbaarheid treingebonden systemen bij het doel betrouwbaarheid;
- ▶ “Minimaliseren impact op operaties door infra aanpassingen”. Dit onderdeel komt aan de orde bij de indicatoren die betrekking hebben op de beschikbaarheid van infrastructuur bij het doel betrouwbaarheid.
- ▶ “Minimaliseren risico op verstoring van de operatie door problemen met implementatie” komt aan de orde bij de indicatoren bij het doel betrouwbaarheid.

Criteria B en C komen aan de orde in het afwegingskader conform de onderstaande tabel.

Thema	NRD	Afwegingskader
Beheersing Project Implementatie	• Maakbaarheid, zowel technisch als operationeel	risico's voor infrabeheerder bij implementatie risico's voor vervoerders bij implementatie
Technische en operationele stabiliteit	• Aantal transities ATB en ERTMS	risico's bij transities systemen
	• Zijn deelparken nodig en onder welke condities	risico's deelparken vervoerders

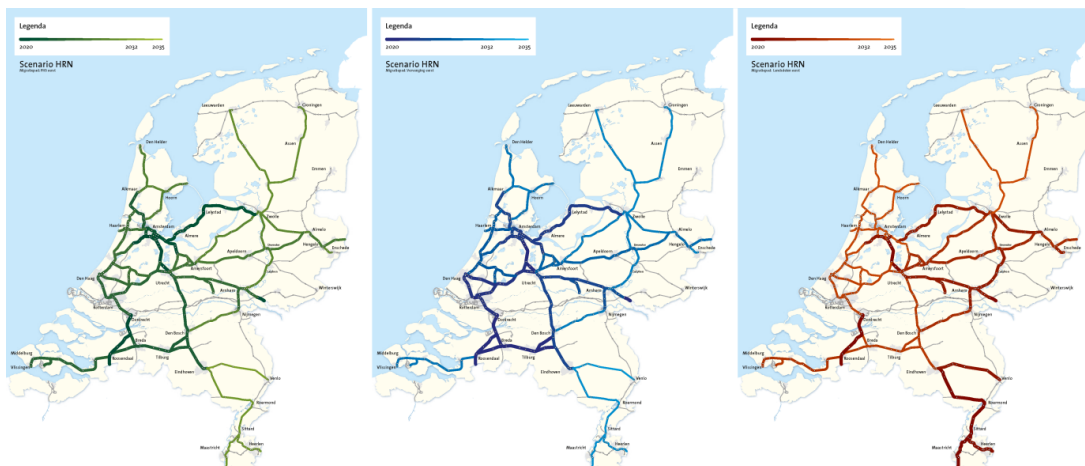
Opmerking: de andere effecten van migratie genoemd in de NRD komen aan de orde bij de andere indicatoren

## Bijlage 3: Migratiepaden

Figuur B1: Eindbeeld PHS, migratiepaden PHS eerst (links), vervanging eerst (midden) en landsdelen eerst (rechts)



Figuur B2: Eindbeeld HRN, migratiepaden PHS eerst (links), vervanging eerst (midden) en landsdelen eerst (rechts)



Figuur B3: Eindbeeld NL, migratiepaden PHS eerst (links), vervanging eerst (midden) en landsdelen eerst (rechts)

