

Maatschappelijke Kosten-batenanalyse ERTMS

Datum 12 maart 2014
Kenmerk IM035

MuConsult B.V.
Postbus 2054
3800 CB Amersfoort
Telefoon 033 – 465 50 54
Fax 033 – 461 40 21
E-mail INFO@MUCONSULT.NL
Internet WWW.MUCONSULT.NL

Inhoudsopgave

Samenvatting	I
1. Inleiding	1
1.1 Achtergrond	1
1.2 Vraagstelling	1
1.3 Rol MKBA in het proces	2
1.4 Algemene uitgangspunten	2
1.5 Opzet van het rapport	4
2. Probleemanalyse ERTMS	5
2.1 Inleiding	5
2.2 Veiligheid	7
2.3 Capaciteit	7
2.4 Interoperabiliteit	7
2.5 Snelheid	8
2.6 Betrouwbaarheid	9
3. Nulscenario en projectscenario's	10
3.1 Inleiding	10
3.2 Nulscenario	11
3.3 Scenario's: eindbeelden	13
3.4 Scenario's: migratiepaden	15
4. Kosten van ERTMS	17
4.1 Inleiding	17
4.2 Investeringskosten infrastructuur	17
4.3 Investeringskosten materieel	19
4.4 Beheer- en onderhoudskosten infrastructuur	20
4.5 Beheer- en onderhoudskosten materieel	21
4.6 Vervangingskosten	21
4.7 Vermeden investeringen	23
4.8 Samenvattend kostenoverzicht	23
5. Baten van ERTMS	24
5.1 Inleiding	24
5.2 Veiligheid	25
5.3 Interoperabiliteit	28
5.4 Capaciteit	30

5.5	Snelheid ¹⁾	31
5.6	Betrouwbaarheid	34
5.7	Exploitatie	36
5.8	Wachttijden overwegen	37
5.9	Indirecte economische effecten	37
5.10	Leefomgeving	39
5.11	Overzichtstabel fysieke effecten	40
6.	Integraal overzicht kosten en baten van ERTMS	42
6.1	Overzichtstabel GE-scenario	42
6.2	Overzichtstabel RC-scenario	43
7.	Onzekerheden en gevoeligheidsanalyses	44
7.1	Aanvullende eindbeelden	44
7.2	Gevoeligheidsanalyses	48
8.	Conclusies	50
8.1	Eindbeelden	50
8.2	Migratiepaden	50
8.3	Aanvullende analyses	51
Bijlage 1	Kengetallen en berekeningswijze	52
Bijlage 2	Geraadpleegde bronnen	56

Samenvatting

Inleiding

ERTMS (European Rail Traffic Management System) is de nieuwe internationale standaard voor treinbesturing en -beveiliging. Het Kabinet is voornemens om vanaf 2016 ERTMS gefaseerd in te voeren. Implementatie van ERTMS kan een bijdrage leveren aan de volgende doelen:

- ▶ verhoging veiligheid;
- ▶ verbetering interoperabiliteit;
- ▶ verhoging capaciteit;
- ▶ verhoging snelheid;
- ▶ verbetering betrouwbaarheid.

Vanwege de complexiteit vergt invoering van ERTMS in Nederland een zorgvuldig onderzoeks- en besluitvormingstraject. Daartoe worden in de verkenningsfase de nodige onderzoeken uitgevoerd. Op basis van eerdere onderzoeken is een selectie gemaakt van kansrijke scenario's die in de Alternatieven Nota nader worden uitgewerkt. Doel van de Nota Alternatieven is om alle relevante beslisinformatie te verschaffen die nodig is om te komen tot een voorkeursbeslissing over de invoering van ERTMS in Nederland.

Ten behoeve van de Nota Alternatieven heeft het Ministerie van Infrastructuur en Milieu aan MuConsult gevraagd om een Maatschappelijke Kosten Batenanalyse (MKBA) op te stellen die voldoet aan de vereisten uit de MKBA-leidraad¹⁾. Vertrekpunt zijn de in de NKS benoemde kansrijke scenario's. De MKBA dient antwoord te geven op de volgende vragen:

1. Wat zijn de maatschappelijke kosten en baten van invoering van ERTMS volgens de kansrijke scenario's die op basis van de Nota Kansrijke Scenario's zijn af te leiden?
2. Wat is de (gemonetariseerde) omvang van de maatschappelijke kosten en baten?
3. Wat is het maatschappelijk rendement van invoering van ERTMS volgens de scenario's?

De MKBA is extern getoetst door het Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid (KIM). De opmerkingen zijn in dit rapport verwerkt.

Uitgangspunten

Bij het opstellen van de MKBA is een aantal algemene uitgangspunten gehanteerd die hieronder zijn toegelicht.

- ▶ **LTSA-prognoses als basis.** Er is gebruik gemaakt van vervoersprognoses die zijn opgesteld in het kader van de **Lange Termijn Spoor Agenda (LTSA)**. Deze nieuwe LTSA-prognoses zijn een actualisatie van de PHS-prognoses, op basis van de geactualiseerde WLO-scenario's en de meest recente beleidsveranderingen (zoals aannames over de toekomst van de OV studentenkaart en stopzetting van de kilometerprijs) en vernieuwd modelinstrumentarium.
- ▶ **Economisch groeiscenario.** De LTSA is met behulp van twee geactualiseerde WLO-scenario's doorgerekend, namelijk Regional Communities (RC) en Global Economy (GE). In deze MKBA worden beiden gebruikt en gelijkwaardig aan de orde gesteld. Voor het goederenvervoer is hetzelfde gedaan door uit te gaan van het LG-scenario (lage economische groei, gematigde ontwikkelingen in de transportmarkt) en het HV-scenario (hoge economische groei, verdergaande ontwikkelingen in de transportmarkt) als bandbreedte voor toekomstige ontwikkelingen.

¹⁾ Centraal Planbureau en Planbureau voor de Leefomgeving (2013) Algemene leidraad voor maatschappelijke kosten-batenanalyse, Den Haag.

- ▶ **Basisjaar en zichtjaar.** Conform het Regeerakkoord begint in 2016 de invoering van ERTMS. Om alle effecten van de gemaakte keuzes in de MKBA mee te nemen is daarom gekozen voor 2015 als basisjaar. Dit betekent dat alle kosten en baten netto contant worden gemaakt naar dat jaar. Als zichtjaar voor de vervoerprognoses wordt 2035 gehanteerd. Aangenomen is dat uiterlijk in dat jaar alle thans geplande spoorweginfrastructuur is gerealiseerd en de PHS-dienstregeling volledig is geïntroduceerd. De investeringen in aanleg van ERTMS zijn dan ook gerealiseerd.
- ▶ **Tijdshorizon.** De kosten en baten worden over een periode van 50 jaar beschouwd. Dit betekent dat uitgegaan is van de periode 2015 – 2065. Bij ERTMS is sprake van een treinbeveiligingssysteem met een grote ICT-component, waarvoor een kortere levensduur geldt dan voor fysieke infrastructuur waarbij doorgaans met 100 jaar wordt gerekend. Om deze reden is gekozen voor een periode van 50 jaar. Zie voor verdere toelichting bijlage 1.
- ▶ **Discontovoet.** In de MKBA worden kosten en baten over meerdere jaren beschouwd. Deze worden zoveel mogelijk in geld gewaardeerd (dat wil zeggen gemonetariseerd) en netto contant gemaakt naar het basisjaar 2015. Dit laatste gebeurt met een discontovoet. In deze MKBA is een discontovoet van 5,5% gehanteerd, bestaande uit een risicovrije disconto van 3% en een projectspecifieke risico-opslag van 2,5%. Dit komt overeen met de gangbare praktijk bij MKBA's.
- ▶ **Inclusief BTW.** Overeenkomstig de MKBA-leidraad zijn alle kosten en baten weergegeven in marktprijzen, dat wil zeggen inclusief BTW.

Scenario's

Een scenario bestaat in deze studie uit een eindbeeld en een aantal migratiepaden.

Nulscenario

De effecten van de kansrijke scenario's worden in dit rapport bepaald ten opzichte van een referentiesituatie of **nulscenario**. Het nulscenario beschrijft de voor dit onderzoek veronderstelde situatie wanneer het project geen doorgang vindt. In het nulscenario wordt er vanuit gegaan dat reeds genomen voorkeursbeslissingen inzake infrastructuur en materieel ook daadwerkelijk worden gerealiseerd. Dit is conform de gangbare praktijk bij MKBA's.

Scenario's

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

- ▶ **Eindbeeld 1 (EU-verplichte corridors en PHS)** gaat uit van ERTMS Level 2-only als eindbeeld op de EU verplichte (2020 en 2030) en de PHS-corridors met verbindingen binnen dat netwerk. Op het PHS-segment zal sprake zijn van additionele blokverdichting ten opzichte van de maatregelen zoals voorzien in het kader van PHS, vooral op delen van het netwerk waar behoefte is aan extra capaciteit. Op de overige trajecten (rest HRN en regionaal) blijft ATB gehandhaafd.
- ▶ **Eindbeeld 2 (het gehele HRN)** heeft als kenmerk dat op het hele hoofd railnet ERTMS Level 2 only wordt toegepast. Op het PHS-segment zal sprake zijn van blokverdichting waar dat wenselijk is. Op de andere delen van het HRN zal blokverdichting plaatsvinden op locaties waar behoefte is aan extra capaciteit. Op regionale lijnen blijft de ATB gehandhaafd.

- ▶ **Eindbeeld 3 (geheel Nederland)** gaat uit van een eindbeeld waarbij ERTMS Level 2 only op alle infrastructuur van het hoofdspoorwegnet is gerealiseerd. Op het PHS-segment zal sprake zijn van blokverdichting conform eindbeeld 1. Voor de overige segmenten zal blokverdichting worden toegepast conform eindbeeld 2. Op regionale lijnen vindt geen blokverdichting plaats.

Naast onderzoek naar de effecten van deze eindbeelden zijn twee **aanvullende analyses** uitgevoerd op de eindbeelden:

1. **Level 2plus** op HRN, waarbij de positiebepaling voor integrale treinen vanuit de trein kan plaatsvinden (conform ERTMS Level 3) zodat er minder (investeringen in en onderhoud van) baangebonden treindetectie nodig is.
2. **Mix van Level 1 en Level 2** voor geheel Nederland. Op bepaalde netwerksegmenten kan worden volstaan met de inzet van Level 1 zodat daar afgezien kan worden van de hogere investeringen die Level 2 vraagt.

Migratiepaden

Er zijn drie migratiepaden onderscheiden:

- a. **PHS eerst.** Dit migratiepad heeft als doel de baten van ERTMS zo snel mogelijk te incasseren. Om dit doel te bereiken worden drukke (PHS) trajecten als eerste voorzien van ERTMS.
- b. **Vervanging eerst.** Bij dit migratiepad ligt de prioriteit bij het beperken van de kosten door beveiligingsapparatuur zoveel mogelijk pas te vervangen door ERTMS als deze is afgeschreven. Dit migratiepad sluit derhalve zoveel mogelijk aan bij de vervangingsopgave van bestaande beveiligingssystemen, beginnend in het hart van Nederland.
- c. **Landsdelen eerst.** Hierbij wordt uitgegaan een strategie waarbij de nadruk ligt op het minimaliseren van operationele risico's bij de uitrol. Dit betekent dat hier begonnen wordt met relatief rustige lijnen buiten het hart van Nederland om eventuele negatieve effecten tijdens de (start van de) uitrol zo veel mogelijk te beperken.

Merk op dat de migratiepaden nauwelijks verschillen voor wat de betreft de lengte van het net dat jaarlijks wordt omgebouwd. Zoals uit de kaartbeelden blijkt is wel sprake van verschil in de delen van het netwerk waar ERTMS als eerste wordt uitgerold.

Daarnaast is een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd op de effecten van een versnelling van de uitrol, waarbij ERTMS Level 2 versneld over het gehele HRN wordt uitgerold over 7 jaar in plaats van 13 jaar.

Effecten en kosten

De effecten op veiligheid, interoperabiliteit, capaciteit, snelheid en betrouwbaarheid zijn kwantitatief onderzocht. Daarnaast zijn de kosten bepaald en is de businesscase voor vervoerders bepaald. Deze vormen input voor de MKBA. De effecten zijn zoveel als mogelijk gekwantificeerd en gemonetariseerd.

In tabel S.1 zijn de effecten en de kosten samengevat.

Tabel S1: *Samenvatting effecten en kosten (score t.o.v. het nulscenario, met PHS-eerst als migratiepad)*

Indicator	Eindbeeld		
	1. EU-verplicht+PHS	2. HRN	3. heel NL
Veiligheid	+	++	++
Interoperabiliteit	0	0/+	++
Capaciteit	+	++	++
Reistijd	-/- 2,4%	-/- 2,9%	-/- 2,9%
(On)betrouwbaarheid in verliestijden (index: nulscenario = 100)	97,2	94,8	93,2
Kosten (Lifecycle-costs), mln euro, NCW	1.800	2.250	2.400
Kasstroom investeringen infra, vervanging en investeringen materieel mln euro	1.650	2.550	2.850
Onderhoud per jaar in zichtjaar (infra/materieel) mln euro	20/20	35/10	45/10

Uitkomsten MKBA

Eindbeelden

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

Tabel S2 : *Beoordeling eindbeelden op MKBA-resultaten (migratiepad PHS eerst)*

Criterium	Groeiscenario	Eindbeeld		
		1. EU-plicht+PHS	2. HRN	3. heel NL
Saldo baten en kosten	Hoge groei (GE)	-/- € 46 mln	€ 24 mln	€ 7 mln
	Lagere groei (RC)	-/- € 510 mln	-/- € 568 mln	-/- € 637 mln
Baten/kosten-verhouding	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-scenario voor alle eindbeelden ongeveer nul is. In het RC scenario valt het saldo negatief uit: variërend van € 510 tot 637 miljoen 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-scenario 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 S.3 geeft de resultaten.

Tabel S.3: *Beoordeling migratiepaden van eindbeeld 2 (uitrol geheel HRN) op MKBA*

Criterium	Groei-scenario	Migratiepad		
		A. PHS eerst	B. Vervanging eerst	C. Landsdelen eerst
Saldo baten en kosten	Hoge groei (GE)	€ 24 mln	€ 103 mln	-/- € 66 mln
	Lagere groei (RC)	-/- € 568 mln	-/- € 497 mln	-/- € 623 mln
Baten/kosten-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. Kijkend naar de baten/kostenverhouding scoort het migratiepad Landsdelen eerste 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 over het gehele spoornetwerk (eindbeeld 3) is aanvullend onderzoek uitgevoerd naar uitrol van de mix van Level 1 en Level 2. Daarnaast is een analyse gemaakt van de kosten van invoering van Level 2+ op het gehele HRN. Het is niet zeker of deze laatste optie daadwerkelijke gerealiseerd kan worden. Daarnaast zijn kosten en baten van een versnelde uitrol van ERTMS op het HRN in kaart gebracht. De resultaten van deze drie aanvullende analyses zijn weergegeven in tabel S.4.

Tabel S.4: *Beoordeling van de aanvullende analyses Level 1/2-mix en Level 2plus bij uitrol over geheel HRN) conform migratiepad PHS eerst*

Criterium	Groei-scenario	Variant		
		L1/L2-mix	Level 2plus	Versnelde uitrol
Saldo baten en kosten	Hoge groei (GE)	-/- € 110 mln	€ 291 mln	€94 mln
	Lagere groei (RC)	-/- €701 mln	-/- €301 mln	-/- €577 mln
Baten/kosten-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 2+ 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.

Mede op basis van risicoanalyses zijn een aantal gevoeligheidsanalyses uitgevoerd voor enkele belangrijke aannames. De resultaten hiervan zijn:

1. Het aantal reizigers kan anders uitvallen dan geprognosticeerd. 10% minder reizigers verlaagt de baten/kostenverhouding grosso modo met 0,1 punt. Een 10% hoger aantal reizigers dan verwacht leidt tot een effect in dezelfde orde grootte, maar dan de andere kant op.
2. Er is een bandbreedte rond de kosten van ongeveer 25%. Dit leidt tot een toe- of afname van de baten/kostenverhouding van ongeveer 0,2 punten.
3. Lagere reistijd- en betrouwbaarheidseffecten van 25% leiden ook tot een afname van de baten/kostenverhouding met ongeveer 0,2 punten. 25% hogere reistijd- en

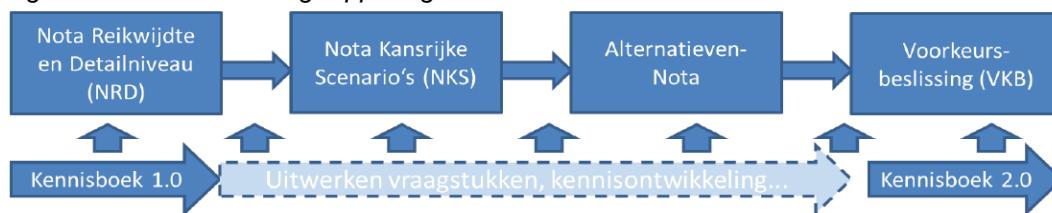
betrouwbaarheidseffecten dan verwacht leiden tot een toename van de baten/kostenverhouding in dezelfde orde grootte, maar dan de andere kant op.

1. Inleiding

1.1 Achtergrond

ERTMS (European Rail Traffic Management System) is de nieuwe internationale standaard voor treinbesturing en -beveiliging. Het Kabinet is voornemens om vanaf 2016 ERTMS gefaseerd in te voeren. Vanwege de complexiteit vergt invoering van ERTMS in Nederland een zorgvuldig onderzoeks- en besluitvormingstraject. Daartoe worden in de verkenningsfase de nodige onderzoeken uitgevoerd. De resultaten hiervan worden gerapporteerd in de in onderstaande figuur benoemde nota's.

Figuur 1.1: *samenhang rapportages ERTMS.*



In de Nota Reikwijdte en Detailniveau (NRD) is de scope van het project beschreven en zijn de mogelijke scenario's voor invoering van ERTMS benoemd. Deze scenario's zijn vervolgens nader beoordeeld in de Nota Kansrijke Scenario's (NKS) middels een eerste raming van kosten en baten. De NRD en NKS zijn in 2013 verschenen. Voor de NKS is een quick scan maatschappelijke kosten-batenanalyse (qsMKBA) uitgevoerd. Mede op basis hiervan is een selectie gemaakt van kansrijke scenario's die in de Alternatieven Nota nader worden uitgewerkt. Doel van de Nota Alternatieven is om alle relevante beslisinformatie te verschaffen die nodig is om te komen tot een voorkeursbeslissing over de invoering van ERTMS in Nederland.

1.2 Vraagstelling

Ten behoeve van de Nota Alternatieven heeft het Ministerie van Infrastructuur en Milieu aan MuConsult gevraagd om een Maatschappelijke Kosten Batenanalyse (MKBA) op te stellen die voldoet aan de vereisten uit de MKBA-leidraad. Vertrekpunt zijn de in de NKS benoemde kansrijke scenario's. De MKBA dient antwoord te geven op de volgende vragen:

1. Wat zijn de maatschappelijke kosten en baten van invoering van ERTMS volgens de kansrijke scenario's die op basis van de Nota Kansrijke Scenario's zijn af te leiden?
2. Wat is de (gemonetariseerde) omvang van de maatschappelijke kosten en baten?
3. Wat is het maatschappelijk rendement van invoering van ERTMS volgens de scenario's?

1.3 Rol MKBA in het proces

Ten behoeve van de verkenning ERTMS is een afwegingskader opgesteld, waarin doelen en criteria voor invoering van ERTMS zijn uitgewerkt. De kansrijke scenario's zullen onderling worden vergeleken op grond van deze doelen en criteria. In het afwegingskader is als randvoorwaarde opgenomen de verantwoorde besteding van belastinggeld.

Gemonetariseerde baten en kosten, en de onderlinge verhouding daartussen, zijn hiervoor slechts enkele van de indicatoren. De MKBA levert daarmee input voor het afwegingskader. De MKBA zal daarnaast ook als apart document verschijnen. De MKBA bouwt voort op de qsMKBA die in een eerdere fase ten behoeve van de NKS is opgesteld.

De concept-MKBA is extern getoetst door het Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid (KIM); de opmerkingen uit deze toetsing zijn meegenomen.

1.4 Algemene uitgangspunten

Bij het opstellen van de MKBA is een aantal algemene uitgangspunten gehanteerd die hieronder zijn toegelicht.

LTSA-prognoses als basis

In 2010 heeft NS in opdracht van het toenmalige Ministerie van Verkeer en Waterstaat (VenW) prognoses opgesteld van het treinvervoer in 2020 ten behoeve van het Programma Hoogfrequent Spoorvervoer (PHS) met prognosemodel De Kast. Deze prognoses zijn tevens gebruikt voor het opstellen van de NKS ERTMS en de qsMKBA ERTMS. Inmiddels zijn nieuwe vervoersprognoses beschikbaar gekomen, de zogenaamde **Lange Termijn Spoor Agenda (LTSA)** prognoses. De nieuwe LTSA-prognoses zijn een actualisatie van de PHS-prognoses, op basis van de geactualiseerde WLO-scenario's en de meest recente beleidsveranderingen (zoals aannames over de toekomst van de OV studentenkaart en stopzetting van de kilometerprijs) en vernieuwd modelinstrumentarium. De nieuwe LTSA-prognoses vormen het uitgangspunt voor de analyses ten behoeve van de MKBA²⁾.

Economisch groeiscenario

De LTSA is met behulp van twee geactualiseerde WLO-scenario's doorgerekend, namelijk Regional Communities (RC) en Global Economy (GE). In deze MKBA worden beiden gebruikt en gelijkwaardig aan de orde gesteld. In het GE-scenario is sprake van een toenemende internationale samenwerking en handel, wat naar verwachting leidt tot een hogere economische groei en meer mobiliteit. In het RC-scenario is het omgekeerde het geval. De beide scenario's geven daarmee de bandbreedte weer voor het toekomstige gebruik van het spoor.

Voor het goederenvervoer is hetzelfde gedaan door uit te gaan van het LG-scenario (lage economische groei, gematigde ontwikkelingen in de transportmarkt) en het HV-scenario (hoge economische groei, verdergaande ontwikkelingen in de transportmarkt) als bandbreedte voor toekomstige ontwikkelingen.

²⁾ Nota van Uitgangspunten t.b.v. Alternatieven Nota ERTMS.

Basisjaar en zichtjaar

Conform het Regeerakkoord begint in 2016 de invoering van ERTMS. Om alle effecten van de gemaakte keuzes in de MKBA mee te nemen is daarom gekozen voor 2015 als basisjaar. Dit betekent dat alle kosten en baten netto contant worden gemaakt naar dat jaar.

Als zichtjaar voor de vervoerprognoses wordt 2035 gehanteerd. Aangenomen is dat in dat jaar alle thans geplande spoorweginfrastructuur is gerealiseerd en de PHS-dienstregeling volledig is geïntroduceerd. De investeringen in de aanleg van ERTMS zijn dan ook gerealiseerd. Zie bijlage 1 voor een nadere toelichting op de berekeningswijze.

Tijdshorizon

De kosten en baten worden over een periode van 50 jaar beschouwd. Dit betekent dat uitgegaan is van de periode 2015 – 2065. Volgens de MKBA-leidraad worden de kosten en effecten van de projectalternatieven in principe bepaald over een 'oneindige' zichtperiode. Dit wordt meestal geoperationaliseerd door een zichtperiode van 100 jaar na het moment van ingebruikname te bezien³⁾. Deze MKBA-leidraad heeft echter vooral betrekking op projecten die investeren in 'harde' fysieke infrastructuur. ERTMS is een treinbeveiligingssysteem met een grote ICT-component, waarvoor een kortere levensduur geldt dan fysieke infrastructuur. Om deze reden is gekozen voor een periode van 50 jaar. In bijlage 1 is dit uitgangspunt nader onderbouwd.

Discontovoet

In de MKBA worden kosten en baten over meerdere jaren beschouwd. Deze worden zoveel mogelijk in geld gewaardeerd (dat wil zeggen gemonetariseerd) en netto contant gemaakt naar het basisjaar 2015. Dit laatste gebeurt met een discontovoet. In deze MKBA is een discontovoet van 5,5% gehanteerd, bestaande uit een risicovrije disconto van 3% en een projectspecifieke risico-opslag van 2,5%. Dit wijkt niet af van de gangbare praktijk bij MKBA's.

Inclusief BTW

Overeenkomstig de MKBA-leidraad zijn alle kosten en baten weergegeven in marktprijzen, dat wil zeggen inclusief BTW.

³⁾ Vanwege de discontering hebben kosten en baten na 100 jaar een verwaarloosbaar gewicht.

1.5 Opzet van het rapport

De opzet van de rest van het rapport is als volgt. De MKBA start in hoofdstuk 2 met een uitwerking van de probleemanalyse en de hoofddoelen die met ERTMS worden nagestreefd. Hoofdstuk 3 bevat een beschrijving van de verschillende projectvarianten of -scenario's van de invoering van ERTMS. Tevens is in dit hoofdstuk een uitwerking van het nulscenario opgenomen. Het nulscenario is de referentiesituatie waartegen kosten en baten van de projectscenario's zullen worden vergeleken. In hoofdstuk 4 wordt ingegaan op de geraamde kosten die gemoeid zijn met invoering en instandhouding van ERTMS. Hoofdstuk 5 bevat een beschrijving van de verwachte baten van ERTMS. In hoofdstuk 6 worden alle kosten en baten integraal gepresenteerd in een overzichtstabel. Vervolgens zijn in hoofdstuk 7 een aantal gevoeligheidsanalyses op de uitkomsten uitgevoerd. In het laatste hoofdstuk zijn de hoofdconclusies gepresenteerd.

2. Probleemanalyse ERTMS

2.1 Inleiding

Het beveiligings-, besturings- en communicatiesysteem ERTMS (European Rail Traffic Management System) vormt de nieuwe internationale standaard voor treinbesturing en -beveiliging. ERTMS bestaat uit meerdere deelsystemen, waarvan ETCS en GSM-R⁴⁾ het meest bekend zijn. Het Kabinet is voornemens om vanaf 2016 ERTMS gefaseerd in te voeren. Dit kan een bijdrage leveren aan diverse beleidsdoelen op het gebied van spoorvervoer, zoals hogere snelheid, grotere betrouwbaarheid, meer capaciteit, grotere veiligheid en interoperabiliteit. Niet alleen Nederland, maar ook andere Europese landen voeren ERTMS in of overwegen dit. Binnen de Europese Unie is sprake van verplichte invoering op bepaalde lijnen (de EU verplichte corridors⁵⁾). Aangenomen is dat ERTMS in ieder geval ingevoerd wordt op deze EU verplichte corridors. De verkenningfase is er op gericht om een strategie voor een zorgvuldige en beheerste invoering van ERTMS in (andere delen van) Nederland uit te werken.

Wat is ERTMS?

European Rail Traffic Management System (ERTMS) is een Europese standaard voor treinbesturing- en beveiliging. ERTMS bestaat uit twee onderdelen: het treinbeïnvloedingsysteem ETCS (European Train Control System) en het communicatiesysteem GSM-R.

De verschillende Levels

De Europese Commissie heeft de toepassingsniveaus of Levels 1, 2 en 3 van ERTMS vastgelegd. Hieronder zijn op hoofdlijnen de overeenkomsten en verschillen tussen deze systeemconcepten beschreven. Bron: ERTMS Kennisboek versie 1.0.

Level 1 is een systeem met discontinue informatieoverdracht van baan naar trein waarbij de informatie wordt afgeleid van de lokale seinbeelden of interlocking informatie en vertaald wordt naar een bericht voor de Eurobalise die bij dat sein hoort. De trein brengt geen informatie over naar het walsysteem. Level 1 is uitsluitend een treinprotectiesysteem.

Level 2 verschilt van Level 1 in de zin dat er een continue informatieoverdracht is tussen baan en trein. Daarbij stuurt de trein (anders dan bij Level 1) ook informatie terug naar de baan over o.a. de exacte locatie en snelheid van de trein. ERTMS Level 2 biedt daarom naast een treinprotectiesysteem en een beïnvloedingssysteem ook input ten behoeve van een trafficmanagementsysteem. De informatie wordt overgedragen via GSM-R. Aan de baanzijde bevindt zich een Radio Block Center (RBC) dat de bron en ontvanger is van deze informatie. Het RBC krijgt van de Interlocking de informatie die nodig is om een trein een autorisatie te geven.

Level 3 lijkt in veel opzichten op Level 2. Het enige verschil is dat bij Level 3 er geen baangebonden treindetectiesysteem nodig is. In plaats daarvan gebruikt het RBC / interlocking de positie-informatie van de trein die het via de RBC ontvangt. Aangezien deze informatie is gebaseerd op de positie "van de neus van de trein", vereist dit concept dat er door de trein een garantie wordt gegeven t.a.v. de compleetheit van de trein. Met andere woorden: er is onderweg niet een treindeel achtergebleven, de zogenaamde treinintegriteit.

⁴⁾ ETCS staat voor European Train Control System, GSM-R voor GSM-Rail. Andere onderdelen zijn Verkeersleiding, Bediening (van o.a. seinen en wissels) en Beveiliging (o.a. bezetmeldingen van het spoor).

⁵⁾ Ook wel Trans-European Transport Networks (TEN-T) genoemd.

De beveiliging van het Nederlandse spoor staat op een hoog niveau, maar de principes en systemen voor deze beveiliging stammen uit de eerste en tweede helft van de twintigste eeuw. De bestaande beveiligingsystemen zullen op een gegeven moment aan het einde van hun levensduur zijn en vervangen moeten worden.

Inmiddels wordt het Nederlandse spoornetwerk een stuk intensiever gebruikt dan waar het oorspronkelijk voor ontworpen was⁶⁾. Ook is de dienstregeling en het gebruik van het spoor complexer geworden. Als gevolg van de beperkingen van de huidige systemen en processen loopt het spoorstelsel voor een aantal lijnen momenteel tegen haar grenzen aan. Omdat het gebruik van het spoor naar verwachting verder zal toenemen, zal deze problematiek in de toekomst toenemen.

Het ministerie van Infrastructuur en Milieu wil met de zogeheten Lange Termijn Spooragenda (LTSA) de kwaliteit van het spoor als vervoersproduct verbeteren zodat de reiziger en de verlader de trein in toenemende mate als een aantrekkelijke vervoersoptie zien en gebruiken. ERTMS helpt deze doelstelling te realiseren door een bijdrage te leveren aan het verhogen van de veiligheid, snelheid en capaciteit van het spoor en het verbeteren van de interoperabiliteit en de betrouwbaarheid. In de volgende paragrafen is de problematiek op het spoor per onderwerp verder uitgewerkt.

⁶⁾ De uitwerking van de probleemanalyse is voor een groot deel gebaseerd op de Nota Reikwijdte en Detailniveau ERTMS en de Railmap 1.0 en 2.0 ERTMS.

2.2 Veiligheid

De veiligheid op het Nederlandse spoor bevindt zich op een hoog niveau. Desondanks vinden nog steeds veiligheidsincidenten plaats. Het hoge veiligheidsniveau is onder meer te danken aan het spoorbeveiligingssysteem, dat zowel zorgt voor bewaking (zoals controle op conflictvrijheid van rijwegen) als beïnvloeding (stil zetten van treinen die te snel rijden of een stoptonend sein negeren). Dit verlaagt de kans op botsingen tussen en ontsporingen van treinen naar een zo laag mogelijk niveau. De huidige systemen hebben echter beperkingen, waardoor een deel van de veiligheidsrelevante menselijke handelingen (zoals het interpreteren van een seinbeeld) niet volledig wordt bewaakt. De toepassing van ERTMS verkleint de kans op menselijke fouten in interpretatie (onder meer door cabinesignalering) en voorkomt de gevolgen daarvan (beïnvloeding vanaf 15 kilometer per uur), waardoor het passeren van een stoptonend sein nagenoeg onmogelijk is.

2.3 Capaciteit

Met het bestaande beveiligingssysteem en de verwachte groei van het spoorvervoer loopt het huidige spoorstelsel tegen de grenzen van de capaciteit aan. Capaciteit op het spoor is een complex begrip. De benutting van het spoor en ook de behoefte aan capaciteit verschilt sterk per locatie (of traject). Verschillende aspecten bepalen in onderlinge samenhang de capaciteit: het aantal treinen, de gemiddelde snelheid daarvan, het onderlinge verschil in snelheid en de stabiliteit van de dienstregeling. Deze laatste is een maat voor de punctualiteit. Per baanvak of emplacement kan de gewenste invulling van het begrip 'capaciteit' over deze vier aspecten verschillen. Ook de infra-layout is een belangrijke factor die de capaciteit bepaalt.

ERTMS kan op verschillende manieren bijdragen aan het vergroten van de capaciteit. Het verkorten van de rij- en opvolgtijden van treinen zijn daarvan de belangrijkste. Dit kan worden bereikt door de blokken van het beveiligingssysteem te verkorten, door blokverdichting te realiseren.

2.4 Interoperabiliteit

Internationale interoperabiliteit betreft de mate waarin treinen zonder aanpassingen over de spoornetten van meerdere landen kunnen rijden. De Europese landen hebben in het verleden veelal eigen treinbeveiligings- en beheersingssysteem ontwikkeld, waardoor treinen spoorwegmaterieel niet automatisch van het ene naar het andere land kunnen rijden⁷⁾. Dit werkt kostenverhogend voor grensoverschrijdend spoorvervoer omdat materieel over meerdere beveiligingssystemen moet beschikken en/of omdat het wisselen van locomotief en/of personeel veel tijd kost. De hogere kosten verslechteren de concurrentiepositie van het spoorvervoer ten opzichte van andere modaliteiten.

⁷⁾ Naast verschillen in beveiligingssysteem kan ook sprake zijn van verschillen in onder meer spoorbreedte, bovenleidingsspanning, profiel van vrije ruimte of perronhoogte.

De harmonisering van de Europese spoorwegnetten biedt mogelijkheden om het grensoverschrijdend spoorvervoer te vereenvoudigen. Hierdoor dalen de kosten en verbetert de concurrentiepositie van de trein. ERTMS is (onder meer) ontwikkeld als Europees 'standaard'-systeem, dat geleidelijk in alle lidstaten zal worden ingevoerd. Enkele lijnen, waaronder de Betuweroute en de HSL, zijn nu al uitgerust met ERTMS. De mate van interoperabiliteit neemt toe naarmate meer kilometers spoor onder ERTMS zijn gebracht.

Treinbeveiligings- en beheersingssystemen zijn niet het enige aspect waarbij verschillen tussen landen optreden. De nationale spoorsystemen wijken ook op andere onderdelen van elkaar af, wat beperkend werkt op de interoperabiliteit. Voorbeeld hiervan is het verschil in bovenleidingspanning. Dit betekent dat een eventuele harmonisatie van beveiligings- en beheersingssystemen via ERTMS nog niet automatisch leidt tot volledige internationale interoperabiliteit, omdat andere beperkende factoren resteren.

De interoperabiliteit kan zowel op internationaal als nationaal niveau worden beschouwd. Een groot deel van de nationale lijnen is uitgerust met het treinbeïnvloedingssysteem ATB-EG (Automatische Treinbeïnvloeding Eerste Generatie), een deel van de regionale lijnen met ATB-NG (ATB Nieuwe Generatie). Uitsluitend treinen voorzien van ATB-NG boordapparatuur kunnen van die lijnen gebruik maken. Daarnaast zijn er ook enkele trajecten die reeds met ERTMS zijn uitgerust, zoals HSL-Zuid en Betuweroute. Hierdoor ontstaan er binnen Nederland beperkingen voor de uitwisseling van materieel en personeel of het uitvoeren van treindiensten.

2.5 Snelheid

Het huidige ATB-systeem is een treinbeïnvloedingssysteem dat ingrijpt indien een trein harder rijdt dan lokaal is toegestaan. Het maakt gebruik van een beperkt aantal snelheidstreden. Hierdoor is het niet altijd mogelijk om treinen met een optimale snelheid te laten rijden. Onder de 40 km/h wordt de snelheid niet bewaakt door ATB-EG.

Het ATB-systeem kent een grote afhankelijkheid van seinen. Bewaking van de snelheid en remmingen van treinen gebeurt aan de hand van deze punten. De afstand tussen seinen is afhankelijk van de remweg van trein met de grootste remweg, want het systeem moet garanderen dat elke trein tijdig voor het sein tot stilstand kan komen en ATB kan geen onderscheid maken naar type trein (gewicht, remeigenschappen, etc.). Uit veiligheidsoverwegingen gaat ATB daarom uit van de trein met de langste remweg. De ATB verlaagt daardoor de snelheid van treinen met een kortere remweg onnodig (snel).

ERTMS is een combinatie van treinbeïnvloedingssysteem en een signaleringssysteem. Het beïnvloedingssysteem kan de snelheid met veel verfijnder, met een betere resolutie bewaken en dat ook doen voor snelheden onder de 40 km/h. Bij ERTMS kunnen snelheden veel verfijnder worden afgesteld. Als signaleringssysteem biedt ERTMS cabinesignalering als alternatief voor seinen langs de baan. Met ERTMS kan rekening worden gehouden met de specifieke kenmerken van het betreffende materieel en kunnen veel nauwkeurigere snelheidsbeperkingen worden opgelegd. 'Uitgesteld remmen' wordt dan mogelijk. Tevens kunnen tijdelijke snelheidsbeperkingen eenvoudig worden doorgevoerd.

Het huidige treinbeveiligingssysteem kent een maximumsnelheid van 140 km/h. Op een aantal baanvakken is het mogelijk om 160 km/h te kunnen rijden (mits daar een beperkt aantal aanpassingen wordt gedaan). Dat zijn jongere baanvakken, die sinds de jaren '80 van de vorige eeuw in Nederland zijn aangelegd of volledig zijn vernieuwd. Op de jongste baanvakken, de Hanzelijn en Amsterdam - Utrecht, is ERTMS naast ATB aangelegd. Daarop zijn snelheden tot respectievelijk 200 en 160 km/h toegestaan.

Na invoering van ERTMS is het beveiligingssysteem niet meer de beperkende factor voor de snelheid. Of een verhoging van de snelheid daadwerkelijk mogelijk is, is echter mede afhankelijk van de civiel-technische situatie, de energievoorziening, de mogelijkheden van het materieel en het gebruik van een baanvak.

Kortom, met ERTMS kan reistijd worden gewonnen dankzij 'uitgesteld remmen', het verdwijnen van de vrij grove ATB snelheidstreden en een maximum snelheid van meer dan 140 km/h.

2.6 Betrouwbaarheid

De mate van betrouwbaarheid is een belangrijk kwaliteitskenmerk van het reizen met het openbaar vervoer, naast kenmerken als reistijd, reiskosten en comfort. Reizigers en verladers ervaren een onbetrouwbare reis als vervelend. Men is langer onderweg dan vooraf gedacht. Onbetrouwbaarheid leidt dus tot maatschappelijke kosten.

De betrouwbaarheid van het treinverkeer wordt in deze studie uitgedrukt in het aantal reizigers-verliesuren per jaar, ofwel de gesommeerde vertraging van alle treinreizigers. De belangrijkste oorzaken van die vertragingen zijn de punctualiteit van de treindienst en het uitvallen van treinen. De punctualiteit en de treinuitval worden op hun beurt weer veroorzaakt door storingen aan de infrastructuur, storingen aan het materieel en kleine verstoringen in de uitvoering van de dienstregeling.

De mate waarin vertragingen uiteindelijk doorwerken op de betrouwbaarheid van de dienstuitvoering, hangt mede af van de beschikbare (rest)capaciteit op het spoor. Oftewel, hoe groot de 'olievlekwerking' wordt. ERTMS vermindert de olievlekwerking doordat treinen op een veilige manier dichter achter elkaar kunnen rijden. Hiermee wordt de capaciteit van het spoor om kleine verstoringen op te vangen vergroot. Tevens zorgt de benodigde apparatuur van ERTMS voor een verlaging van het aantal storingen aan de infrastructuur (terwijl de storingskans van het materieel toeneemt door ERTMS).

3. Nulscenario en projectscenario's

3.1 Inleiding

Het Nederlandse spoorwegnet is te verdelen in vier segmenten. Het gaat om:

1. **EU verplichte corridors:** de belangrijkste verbindingen tussen (lucht)havens en het buitenland. In Europees verband is afgesproken om hier ERTMS in te voeren.
2. **PHS-corridors:** drukbereden trajecten waar het Programma Hoogfrequent Spoor (PHS) wordt ingevoerd (en niet zijnde EU verplichte corridors).
3. **Hoofdrailnet (HRN):** de trajecten die behoren tot de door NS uitgevoerde Hoofdrailnetconcessie (en niet zijnde PHS of EU verplichte corridors).
4. **Regionaal spoor:** de overige trajecten.

De eindbeelden voor invoering van ERTMS onderscheiden zich van elkaar voor wat betreft de trajecten en het type treinbeveiliging op deze trajecten. In de MKBA zijn de eindbeelden vergeleken door deze af te zetten tegen de kenmerken van een referentie- of nulscenario. In deze MKBA wordt de term 'scenario's' gebruikt voor 'varianten' of 'alternatieven', termen die in MKBA-studies gebruikelijk zijn. Dit om aan te sluiten bij de terminologie die gebruikt wordt binnen het ERTMS-project.

In dit hoofdstuk worden deze scenario's beschreven. Een scenario bestaat uit een eindbeeld dat aangeeft op welke locaties welk type treinbeveiliging (bestaand, ERTMS Level 1 of ERTMS Level 2) wordt toegepast en een migratiepad dat aangeeft in welke volgorde van infrastructuraanpassingen het betreffende eindbeeld wordt gerealiseerd.

Conclusies uit de Nota Kansrijke Scenario's (NKS)⁸⁾

Startpunt voor de Nota Alternatieven (NA) zijn de uitkomsten van de Nota Kansrijke Scenario's (NKS). In de NKS is een aantal scenario's onderzocht bestaand uit eindbeelden en een aantal mogelijke migratiepaden. De belangrijkste resultaten uit de NKS zijn:

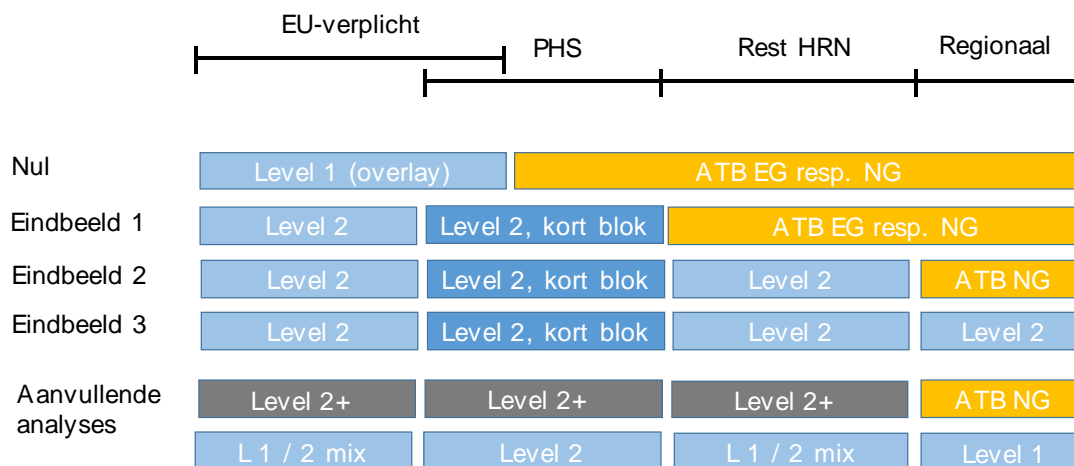
- ▶ **ATB:** scenario's waarin de spoorbeveiliging gebaseerd wordt op al dan niet verbeterde versies van het ATB systeem leiden tot minder gunstige resultaten.
- ▶ **ERTMS Level 1 overlay** op de Europees verplichte trajecten (TEN T) is het logische **nulscenario** voor de Nota Alternatieven.
- ▶ **ERTMS level 2** scoort op gehele HRN (alle segmenten) vanuit de qsMKBA goed ten opzichte van de andere projectalternatieven, al kent dit level ook de hoogste investeringskosten.
- ▶ **ERTMS level 1** kent:
 - ▷ Aanzienlijk lagere investeringskosten dan level 2.
 - ▷ Afgezien van baten als gevolg van betere interoperabiliteit en veiligheid (bij stoptonend sein-passages) beperkte aanvullende baten t.o.v. huidige beveiligingssystemen.
 - ▷ Er is in de NKS verondersteld dat capaciteits- en snelheidsverbetering door ERTMS level 1 (door uitgesteld remmen en fijnmaziger snelheidstrappen) teniet gedaan wordt doordat ERTMS level 1 slechter presteert dan ATB in verstoorde situaties (door discontinue trein/baan-communicatie); het algehele effect op capaciteit en snelheid van ERTMS level 1 t.o.v. ATB is in de NKS daarom neutraal ingeschat.

⁸⁾ BCG en MuConsult, 2013, Nota Kansrijke Scenario's voor de invoering van ERTMS in Nederland

- Voor het totale segment van **regionale lijnen**, waar ATB-NG wordt gebruikt, is vastgesteld dat ERTMS Level 1 nauwelijks extra effecten heeft ten opzichte van ATB-NG.
- Belangrijkste **kostendrijvers** voor ERTMS level 2 bleken in de NKS de nieuwe interlockings en het kabelwerk (als gevolg van -nieuwe aanleg- korte blokken en noodzaak tot centrale bezetdetectie van de huidige vrije baan). Of nieuwe blokken daadwerkelijk moeten worden gerealiseerd dan wel bestaande kunnen worden gebruikt is onderwerp van het vervolgonderzoek in het kader van de Nota Alternatieven.
- Op basis van de NKS is nog geen optimaal migratiepad aan te wijzen.

Op basis van de resultaten van de NKS zijn scenario's opgesteld, die in figuur 3.1 schematisch zijn weergegeven. In de volgende paragrafen worden de eindbeelden verder beschreven.

Figuur 3.1 Overzicht nulscenario en eindbeelden



3.2 Nulscenario

In een MKBA worden de kosten en baten van het project afgezet tegen een referentiesituatie of nulscenario. Het meten en waarderen van de kosten en baten van invoering van ERTMS vereist daarom allereerst een goede beschrijving van dit nulscenario. Het nulscenario geeft aan hoe de meest voor de hand liggende ontwikkelingen eruit zien, wanneer het project geen doorgang vindt. Dit is uiteraard iets anders dan niets doen. Zo wordt in het nulscenario ervan uitgegaan dat Nederland voldoet aan in Europees verband aangegane verplichtingen. Dit betekent concreet dat op de door EU verplichte corridors waar nog geen ERTMS ligt, ERTMS zal worden ingevoerd als ERTMS Level 1 'overlay', dat wil zeggen dat de bestaande ATB op de betreffende trajecten gehandhaafd blijft en er dus sprake is van twee werkende systemen. Daarbij is gekozen voor de goedkoopste variant om dit te realiseren. Uit de NKS is gebleken dat een eventuele andere keuze, namelijk ERTMS Level 2 als overlay duurder is dan Level 1 overlay en niet of nauwelijks baten oplevert. Daarom is Level 1 overlay het logische nulalternatief.

In het nulscenario wordt uitgegaan van (handhaving van) een maximumsnelheid van 140 km/h. Dit betekent dat er in het nulscenario geen snelheidsverhogingen naar 160 km/h plaatsvindt op de zeven daarvoor geschikte baanvakken. De vervoerseffecten van de investeringen op zeven trajecten om het rijden met 160 km/h mogelijk te maken, zijn al wel opgenomen in de LTSA-prognoses. Deze zijn op dit punt gecorrigeerd.

In het GE-scenario zal het aantal treinreizigers in 2030 vergeleken met het huidige aantal met ongeveer 33% zijn toegenomen. In het RC-scenario is de groei lager, deze komt uit op +11% in 2030. Na 2030 zal in beide scenario's geen mobiliteitsgroei meer plaatsvinden (zie bijlage 1).

Infrastructuur

In het nulscenario wordt ERTMS Level 1 als overlay op EU verplichte corridors verondersteld. In Europees verband is Nederland de verplichting aangegaan om op de verbindingen tussen Kijfhoek naar België via Roosendaal en Amsterdam Westhaven – Meteren vanaf 2020 ERTMS ingevoerd te hebben. De andere EU verplichte corridors dienen in 2030 voorzien te zijn van ERTMS.

In het nulscenario worden de volgende investeringen in beveiliging gedaan:

- ▶ De verdere uitrol van ATB Verbeterde versie (ATB-vv). ATB-vv is op dit moment toegepast bij circa 1.750 seinen, er is besloten om nog eens 800 seinen op de meest risicovolle locaties met dit systeem uit te rusten⁹⁾. In het nulscenario, dat alleen rekening houdt met reeds genomen besluiten, wordt daarom uitgegaan van ATB-vv bij de helft van de circa 5.250 seinen op het spoorwegnet.
- ▶ De vervanging van bestaande interlockings in het kader van het Mistral-programma, waarbij wordt uitgegaan één op één vervanging van de interlockings zonder toevoeging van extra functionaliteit of anticiperen op de komst van ERTMS.
- ▶ Bestaande of geplande ERTMS trajecten blijven gehandhaafd 'as is':
 - ▷ Betuweroute: Level 2;
 - ▷ Hanzelijn en Amsterdam-Utrecht: Level 2 Overlay;
 - ▷ HSL-Zuid: Level 2 met Level 1 als terugvaloptie
 - ▷ Zevenaar – Zevenaar-grens;
 - ▷ Havenspoorlijn: Level 1;
- ▶ SAAL: Level 2 Only (gepland voor 2023), conform voorkeursbeslissing.

In het nulscenario is verondersteld dat de geplande investeringen in het spoorwegnet voor de periode tot 2030 zijn gerealiseerd. Hieronder vallen onder meer:

- ▶ Programma Hoogfrequent Spoor (PHS) inclusief de SAAL (Schiphol-Almere-Amsterdam-Lelystad) corridor zoals gedefinieerd in de voorkeursbeslissing SAAL en inclusief blokverdichting binnen bestaande kaders zoals vermeld in het projectenoverzicht PHS.
- ▶ Capaciteitsuitbreidingen ten behoeve van goederenvervoer (onder andere derde spoor Duitsland tussen Emmerich en Oberhausen voor snel personenvervoer en ruimte voor het goederenvervoer).
- ▶ Infrastructuurinvesteringen waartoe reeds is besloten op verbindingen met meer regionale functies, waaronder Zevenaar – Doetinchem en Alphen – Leiden).

⁹⁾ Brief van de Staatssecretaris van Infrastructuur en Milieu van 19 november 2013 aan de Tweede Kamer. IENM/BSK-2013/269347.

- ▶ Investerings op zeven trajecten inzake 160 km/h worden niet tot het nulscenario gerekend; de effecten op het vervoer zijn al opgenomen in de LTSA-prognoses. Deze worden op dit punt gecorrigeerd in het nul-scenario.
- ▶ Aanpassingen van het GSM-R netwerk in t/m 2016. Het core netwerk van GSM-R is dan geo-redundant uitgevoerd met duplicaat systemen in Amsterdam en Rotterdam. Het zenderpark is vernieuwd en de intersysteem connectiviteit is gebaseerd op IP technologie.

In het nulscenario wordt conform besluitvorming met betrekking tot PHS op diverse locaties in de PHS-corridors blokverdichting toegepast, voor zover mogelijk met het bestaande beveiligingssysteem en passend binnen de bestaande regelgeving. Hierbij worden seinplaatsingen binnen de huidige kaders geoptimaliseerd op de locaties die staan vermeld binnen het programma PHS. Hiermee worden in het algemeen winsten in opvolgtijden gerealiseerd tot (ruwweg) 2,5 minuut vergeleken met ongeveer 3 minuten nu. In het nulscenario wordt alleen versimpeling van de infrastructuur verondersteld voor zover deze onderdeel is van PHS (bijv. DSSU in Utrecht).

Materieel

Het onderstaande materieel is in het nulscenario (mede) voorzien van ERTMS:

- ▶ 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 SAAL en HSL. Hier wordt 25% van het NS materieel verondersteld als werkhypothese.
- ▶ Het merendeel van de goederenlocomotieven die in Nederland zowel gebruik maken van het conventionele net als van de EU-verplichte corridors;
- ▶ Werkmaterieel: om op baanvakken met ERTMS only te kunnen werken, moet het ingezette werkmaterieel geschikt zijn voor ERTMS.
- ▶ Goederenlocomotieven die in Nederland uitsluitend gebruik maken van de EU-verplichte corridors en alleen ERTMS aan boord hebben, hebben wel als nadeel dat bij storingen deze locs vaak niet kunnen uitwijken naar het conventionele net).
- ▶ 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 0-scenario verder niet in ERTMS investeren.
- ▶ Geen expliciete veranderingen in milieueisen aan materieel bovenop bestaand beleid.

3.3 Scenario's: eindbeelden

Op basis van de resultaten van de NKS worden naast het nulscenario de volgende projectscenario's onderzocht. In de Nota van Uitgangspunten zijn de scenario's uitgebreider toegelicht.

Alle eindbeelden gaan ervan uit dat NS 100% van haar materieel gereed maakt voor ERTMS. In **Eindbeeld 1** dienen regionale vervoerders circa 50% van het materieel gereed te maken voor ERTMS, omdat die vervoerders rijden op delen van PHS die in het eindbeeld overgaan op ERTMS Level 2 only. In **eindbeelden 2 en 3** wordt er vanuit gegaan dat de overige reizigersvervoerders ook de rest van hun treinstellen gereedmaken voor ERTMS. Veel goederenvervoermaterieel is nu reeds geschikt om te rijden onder ERTMS. Verondersteld is in de scenario's dat de goederenvervoerders de resterende helft van hun circa 440 locs gereedmaken voor ERTMS.

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 spoor netwerk (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.

Aanvullende analyses

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.

3.4 Scenario's: 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 beveiligingssysteem 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 kinderziekten 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 kan mogelijk aantrekkelijk zijn door het sneller incasseren van baten. 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.

4. Kosten van ERTMS

4.1 Inleiding

In dit hoofdstuk is beknopt toegelicht hoe de kostenraming ten behoeve van ERTMS tot stand is gekomen, welke uitgangspunten daarbij zijn gehanteerd en wat de resultaten zijn. De kostenraming is opgesteld door BCG en is extern getoetst¹⁰⁾. De tabellen in dit hoofdstuk bevatten niet-verdisconteerde kostengegevens, dat wil zeggen kasstromen en zijn inclusief BTW. De contante waarde van de kosten komen in de overzichtstabellen van hoofdstuk 6 aan de orde.

4.2 Investeringskosten infrastructuur

De raming van de investeringen in infrastructuur is opgebouwd uit de volgende elementen:

- ▶ Bij Level 2 worden alle interlockings in het ERTMS gebied vervangen door computer based interlockings (CB interlockings of CBIs). De benodigde capaciteit en de daarmee samenhangende variabele kosten voor interlockings worden bepaald op basis van een nauwkeurige telling van de aan te sturen objecten.
- ▶ Bij toepassing van blokverdichting wordt de huidige treindetectie (veelal GRS spoorstroomlopen) vervangen door assentellers. Bij geen toepassing van blokverdichting wordt de bestaande type detectie behouden.
- ▶ De gewogen gemiddelde PEAT (Projectmanagement, Engineering, Administratie en Toezicht)-opslag is 26,5%.
- ▶ De totale risicovoorziening bedraagt 34% van de voorziene kosten exclusief BTW. Deze is gebaseerd op de risico-analyse (Riskeneering, 2014)¹¹⁾.

Tabel 4.1: *Investeringskosten infrastructuur (mln. euro, over gehele periode, prijspeil 2013, niet verdisconteerd, inclusief BTW)*

Nulscenario	Eindbeeld 1	Eindbeeld 2 Migratiepad A	Eindbeeld 2 Migratiepad B	Eindbeeld 2 Migratiepad C	Eindbeeld 3
700	2.950	3.950	3.950	3.950	4.450

Bron: Kostenraming

De investeringskosten in het **nulscenario** hebben betrekking op de kosten van invoering van ERTMS op de EU verplichte corridors. De investeringen in infrastructuur in **eindbeeld 1** zijn (afgerond) €2.950 mln, waarvan de investering in interlockings, buitenelementen en kabelwerk de grootste baanvakgebonden kosten zijn. Daarbij komen PEAT- en Programmakosten en de risicoreservering als significante posten.

De investeringen in infrastructuur in **eindbeeld 2** (in combinatie met Migratiepad A) bedragen (afgerond) €3.950 mln. Het verschil met eindbeeld 1 wordt met name verklaard door de omvang van de uitrol. Bovengenoemde posten zijn ordegrrootte 30-40% hoger dan bij eindbeeld 1. Dit komt aan de ene kant door de grotere geografische omvang, maar aan de andere kant zijn in eindbeeld 1 al een aantal knopen met ERTMS uitgerust die ook in eindbeeld 2 nodig zijn. Er is geen additioneel schaalvoordeel verondersteld tussen eindbeeld 1 en 2 Migratiepad A.

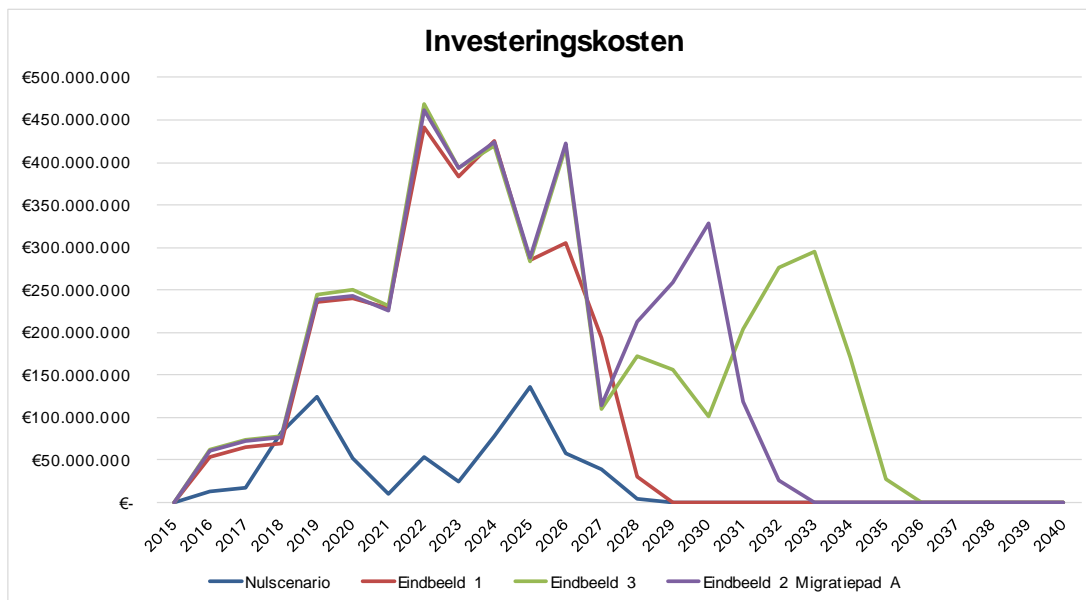
¹⁰⁾ BCG (2014) Kostenraming voor invoering van ERTMS in Nederland.

¹¹⁾ Riskeneering (2014) Risico-analyse van de ERTMS scenario's.

De investeringen in infrastructuur in **eindbeeld 3** zijn in totaal €4.450 mln. Het verschil met eindbeeld 1 wordt opnieuw voornamelijk verklaard door de omvang van de uitrol, die circa 50% groter is (50% in termen van investeringen, 50% in termen van tracélengthe waar sprake is van graafwerkzaamheden en 60% in termen van aantal aangestuurde objecten).

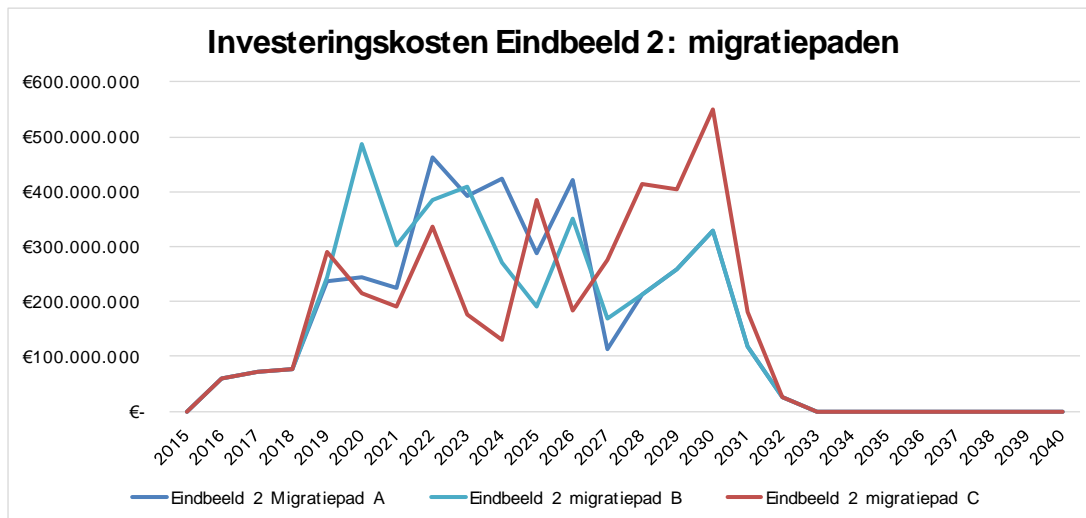
In figuur 4.1 is voor elk eindbeeld het verloop van de investeringen in de tijd uitgezet. Uit de figuur valt op te maken dat de investeringen in de eindbeelden 1, 2 en 3 tot 2025 (vrijwel) gelijk zijn. De grootste investering vindt rond 2022 en 2024 plaats. De investeringen in eindbeeld 2 Migratiepad A concentreren zich verder rond 2026 en 2030. Het zwaartepunt van de investeringen in eindbeeld 3 ligt naast 2022 vooral in het jaar 2033.

Figuur 4.1 Ontwikkeling investeringskosten eindbeelden (euro, prijspeil 2013, niet verdisconteerd, inclusief BTW)



De investeringskosten in de drie migratiepaden voor eindbeeld 2 verschillen qua omvang niet, maar wel voor wat betreft het jaar waarin deze plaatsvinden, zoals de onderstaande figuur laat zien.

Figuur 4.2 Ontwikkeling investeringskosten migratiepaden (euro, prijspeil 2013, niet verdisconteerd, inclusief BTW)



4.3 Investeringskosten materieel

Tabel 4.2: Investeringskosten materieel (mln. euro, over gehele periode, prijspeil 2013, niet verdisconteerd, inclusief BTW)

Nulscenario	Eindbeeld 1	Eindbeeld 2 Migratiepad A	Eindbeeld 2 Migratiepad B	Eindbeeld 2 Migratiepad C	Eindbeeld 3
150	650	700	700	700	700

Bron: Kostenraming

De investeringen in materieel in **eindbeeld 2** en **3** bedragen € 700 mln. (inclusief BTW en risico-opslag). Hiervan is de investering in het gereedmaken van het NS materieel, inclusief de kosten voor onttrekking en inzet reservmaterieel, de meest omvangrijke post. De keuze voor het reviseren of moderniseren van het in te zetten reservmaterieel tijdens de onttrekking van regulier materieel heeft invloed op de hoogte van deze post. Hierna volgen de kosten voor goederenvervoerders, overige reizigersvervoerders en de kosten voor het gereedmaken van onderhoudsmaterieel. In figuur 4.3 zijn de investeringen in materieel in de tijd uitgezet.

Figuur 4.3 Ontwikkeling investeringskosten materieel (euro, prijspeil 2013, niet verdisconteerd, inclusief BTW).



4.4 Beheer- en onderhoudskosten infrastructuur

Tabel 4.3: Jaarlijkse beheer- en onderhoudskosten infrastructuur (mln. euro, zichtjaar 2035, prijspeil 2013, niet verdisconteerd, inclusief BTW)

Nulscenario	Eindbeeld 1	Eindbeeld 2 Migratiepad A	Eindbeeld 2 Migratiepad B	Eindbeeld 2 Migratiepad C	Eindbeeld 3
55	80	95	95	95	105

Bron: Kostenraming

De jaarlijkse kosten voor beheer en onderhoud van het beveiligingssysteem inclusief treindetectie voor ERTMS en ATB nadat de uitrol van ERTMS voltooid is, bedragen in **eindbeeld 1** circa €80 mln. Deze jaarlijkse kosten beslaan zowel het onderhoud van treinbeveiligingssystemen als de noodzakelijke wijzigingen, inclusief software upgrades.

Dit is een stijging ten opzichte van de huidige kosten voor onderhoud van het treinbeveiligingssysteem van ca. €25 mln per jaar. Deze toename wordt verklaard doordat slechts 20% van het huidige onderhoud komt te vervallen, terwijl er significante additionele kosten zijn voor onderhoud van de nieuwe ERTMS elementen.

4.5 Beheer- en onderhoudskosten materieel

De jaarlijkse kosten van onderhoud van onboard systemen in het materieel zijn in **eindbeeld 1** € 40 mln. De jaarlijkse kosten van het onderhouden van ERTMS onboard systemen voor NS-materieel maken hiervan het grootste deel uit.

De kosten van onderhoud van onboard systemen in het materieel in eindbeelden 2 en 3 zijn lager omdat in deze eindbeelden het regulier onderhoud van ATB grotendeels komt te vervallen.

Tabel 4.4: *Jaarlijkse beheer- en onderhoudskosten materieel (mln. euro, zichtjaar 2035, niet verdisconteerd, inclusief BTW)*

Nulscenario	Eindbeeld 1	Eindbeeld 2 Migratiepad A	Eindbeeld 2 Migratiepad B	Eindbeeld 2 Migratiepad C	Eindbeeld 3
20	40	30	30	30	30

Bron: Kostenraming

4.6 Vervangingskosten

De kosten voor de reguliere vervanging van infrastructuur in eindbeeld 1 zijn €4.150 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 vervangingskosten in eindbeeld 2 en 3 zijn respectievelijk €150 mln en €350 mln lager omdat de grotere vervanging van ATB door ERTMS (terug te zien in het hogere investeringsbedrag) leidt tot minder ATB door ATB vervanging. In dit vervangingsbedrag zit ook de vervangingen van ERTMS tot en met het jaar 2065 in¹²⁾. Een aantal onderdelen van ERTMS, zoals interlockings en RBC's, heeft een kortere afschrijvingstermijn dan onder ATB.

De migratiepaden hebben geen invloed op de hoogte van de vervangingskosten. De reden hiervoor is dat de migratiepaden een grote vervangingsopgave voor de ATB in 2023 niet kunnen vermijden¹³⁾. In de figuren 4.4 en 4.5 is de ontwikkeling van de vervangingskosten van respectievelijk ATB en ERTMS in de tijd uitgezet. In figuur 4.4 komt de grote vervangingsopgave voor de ATB in 2023 duidelijk naar voren.

Tabel 4.5: *Vervangingskosten (mln. euro, over gehele periode, prijspeil 2013, niet verdisconteerd, inclusief BTW)*

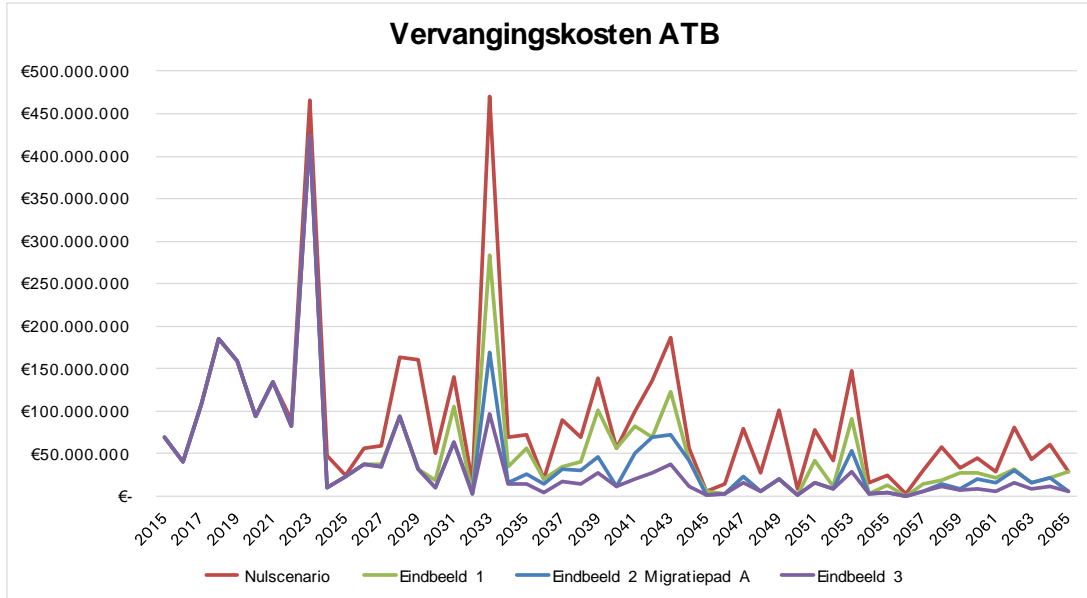
Nulscenario	Eindbeeld 1	Eindbeeld 2 Migratiepad A	Eindbeeld 2 Migratiepad B	Eindbeeld 2 Migratiepad C	Eindbeeld 3
4.800	4.150	4.000	4.000	4.000	3.800

Bron: Kostenraming

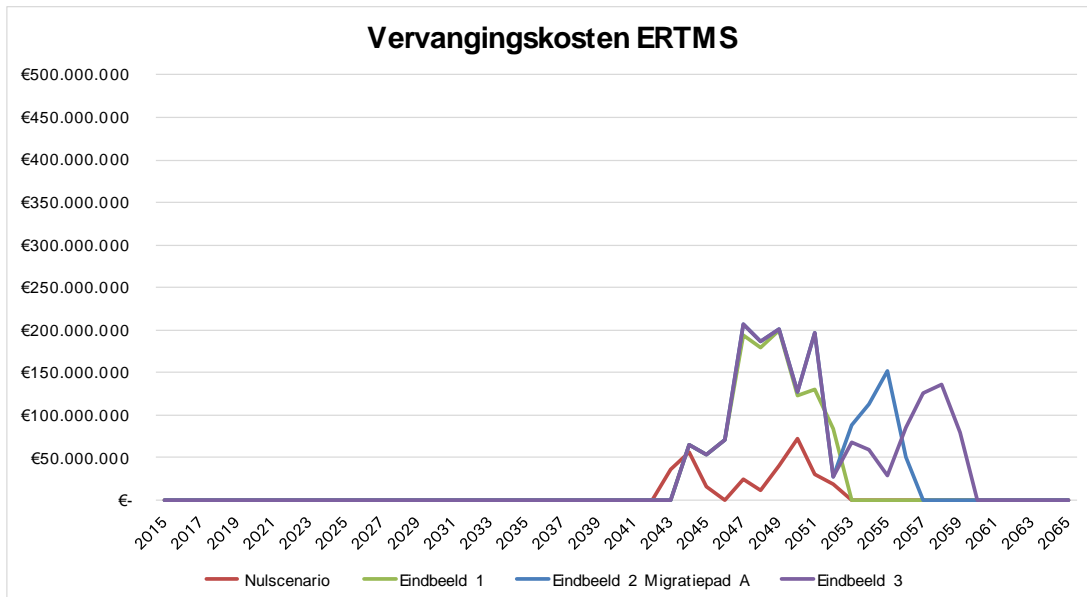
¹²⁾ In de jaren direct na 2065 wordt geen grote vervangingsopgave verwacht.

¹³⁾ Bron: Kostenraming.

Figuur 4.4 Ontwikkeling vervangingskosten ATB (euro, prijspeil 2013, niet verdisconteerd, inclusief BTW).



Figuur 4.5 Ontwikkeling vervangingskosten ERTMS (euro, prijspeil 2013, niet verdisconteerd, inclusief BTW).



4.7 Vermeden investeringen

Invoering van ERTMS kan een besparing aan investeringen in het bestaande beveiligingssysteem en/of capaciteitsuitbreiding opleveren. Vermeden investeringen zijn investeringen in het spoor die reeds besloten zijn (en dus impliciet onderdeel uitmaken van het nulscenario) en die niet meer nodig zijn indien ERTMS uitgerold wordt. De omvang van de vermeden investeringen zijn in alle eindbeelden gelijk, namelijk (afgerond) € 335 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.

Tabel 4.6: Vermeden investeringen mln. euro, over gehele periode, prijspeil 2013, niet verdisconteerd, inclusief BTW)

Nulscenario	Eindbeeld 1	Eindbeeld 2 Migratiepad A	Eindbeeld 2 Migratiepad B	Eindbeeld 2 Migratiepad C	Eindbeeld 3
0	-/- 335	-/- 335	-/- 335	-/- 335	-/- 335

Bron: Kostenraming

4.8 Samenvattend kostenoverzicht

Tabel 4.7 bevat een overzicht van alle kostenposten die in de voorgaande paragrafen aan de orde zijn geweest. Het overzicht presenteert de kosten ten opzichte van het nulscenario.

Tabel 4.7: Overzicht kosten (mln. euro, over gehele periode, prijspeil 2013, niet verdisconteerd, inclusief BTW, t.o.v. nulscenario)

Kostenpost	Eindbeeld Migratiepad	=> 1	2 A	2 B	2 C	3
Investeringskosten infra		2.250	3.250	3.250	3.250	3.750
Investeringskosten materieel		500	550	550	550	550
Jaarlijkse B&O-kosten infra (zichtjaar 2035)		25	40	40	40	50
Jaarlijkse B&O-kosten mate- rieel (zichtjaar 2035)		20	10	10	10	10
Vermeden vervangingskosten		-/- 650	-/- 800	-/- 800	-/- 800	-/- 1.000
Vermeden investeringen		-/- 335	-/- 335	-/- 335	-/- 335	-/- 335

Bron: Kostenraming

5. Baten van ERTMS

5.1 Inleiding

De invoering van ERTMS zal naar verwachting verschillende baten opleveren. In de MKBA worden effecten zoveel mogelijk gekwantificeerd en vervolgens gemonetariseerd, waardoor deze vergeleken kunnen worden met de kosten. Voor sommige effecten is een kwantificering echter niet mogelijk, bijvoorbeeld omdat de benodigde gegevens of kengetallen ontbreken. In die gevallen zijn de effecten kwalitatief beschreven.

Afhankelijk van het scenario zal ERTMS stapsgewijs gedurende een aantal jaren over delen van het netwerk worden ingevoerd. De volledige effecten van de invoering van ERTMS zullen dus pas na een aantal jaren worden bereikt. Voor die tijd kunnen echter ook al effecten optreden wanneer netwerkdelen voorzien zijn van ERTMS. Verondersteld is daarom dat de jaarlijkse ingroei van de effecten van de maatregelen in de scenario's parallel verloopt met de omvang van de gerealiseerde investeringen per netwerksegment, zij het met een jaar vertraging. Dus als een bepaald traject in jaar X in gebruik wordt genomen, zullen de effecten in het jaar X+1 gaan optreden. Uitzondering zijn de effecten op betrouwbaarheid, waarvan verondersteld is dat die pas in jaar X+2 gaan optreden. De reden hiervoor is dat het nieuwe systeem in de beginfase naar verwachting nog niet gelijk de ingeschatte betrouwbaarheidseffecten kan realiseren en dat meer tijd nodig is om tot een stabiele situatie te komen.

In dit hoofdstuk komen de maatschappelijke effecten van de invoering van ERTMS aan de orde. Gestart wordt met de effecten op de hoofddoelstellingen zoals gepresenteerd in hoofdstuk 2. Vervolgens wordt ingegaan op andere effecten. Achtereenvolgens komen de volgende onderdelen aan de orde:

- ▶ Veiligheid (paragraaf 5.2);
- ▶ Interoperabiliteit (paragraaf 5.3);
- ▶ Capaciteit (paragraaf 5.4);
- ▶ Snelheid (paragraaf 5.5);
- ▶ Betrouwbaarheid (paragraaf 5.6);
- ▶ Exploitatie (paragraaf 5.7);
- ▶ Wachtijd bij overwegen (paragraaf 5.8);
- ▶ Tweede orde economische (indirecte) effecten (paragraaf 5.9);
- ▶ Leefomgeving (paragraaf 5.10).

5.2 Veiligheid

Veiligheid treingebruikers en –personeel

In de periode 2008 – 2012 vonden 916 stoptonend sein-passages (STS-passages, oftewel rood seinpassages) plaats (bron: ILT). Dankzij remcurvebewaking zal het aantal STS'en als gevolg van ERTMS afnemen. In tabel 5.1 is per eindbeeld het effect van ERTMS weergegeven.

Tabel 5.1: Aantal STS'en bij verschillende ERTMS-eindbeelden¹⁴⁾

	Huidig niveau	Nul	Eindbeeld 1	Eindbeeld 2	Eindbeeld 3
Per jaar	179	158	77	54	53
Verandering t.o.v. nul			-/- 81	-/- 104	-/- 105

Bron: MuConsult (2014)

In het nulscenario is het effect van een verdere uitrol van ATB-vv van 800 seinen meegenomen, alsmede ERTMS op OV-SAAL (zie paragraaf 3.2 bij de uitgangspunten van het nulscenario). Ten opzichte van het bestaande niveau is het effect van ERTMS in het nulscenario vrij klein, omdat er nauwelijks extra materieel aangepast wordt voor ERTMS. **Eindbeeld 1** zal naar verwachting leiden tot een vermindering van circa 80 STS'en per jaar ten opzichte van het nulscenario. In **eindbeeld 2** is het aantal STS'en per jaar ongeveer 105 lager. Introductie in heel Nederland levert nauwelijks extra veiligheidsbaten op ten opzichte van eindbeeld 2. Dit komt doordat de regionale lijnen reeds ATB-NG hebben en dit systeem voor wat betreft veiligheid vrijwel even effectief is als ERTMS.

Op basis van rapportages van de ILT¹⁵⁾ over de periode 2002 – 2012 zijn kansen afgeleid dat STS-passages leiden tot slachtoffers en/of materiële schade aan infrastructuur en materieel. De kansen per STS-passage bedragen:

- ▶ Kans op dodelijk slachtoffer: 0,14%
- ▶ Kans op gewonden: 9,0%¹⁶⁾
- ▶ Materiële schade : 12,7% (infra, materieel of beide)

Door deze kansen toe te passen op de reductie van het aantal STS-passages, kan per eindbeeld het effect op het aantal slachtoffers en materiële schade worden gekwantificeerd. Vervolgens zijn deze effecten gemonetariseerd met de geldende kengetallen (zie bijlage 1). In de samenvattende tabel aan het eind van de paragraaf zijn de gemonetariseerde effecten opgenomen.

¹⁴⁾ MuConsult (2014) Effecten ERTMS

¹⁵⁾ ILT rapportage STS-passages 2012 en 2007

¹⁶⁾ Inclusief ongeval Westerpark in 2012, waarbij 189 gewonden en één dode vielen. Dit ongeval is niet opgenomen in de ILT rapportage STS-passages 2012.

Veiligheid baanwerkers¹⁷⁾

ERTMS Level 2 biedt de mogelijkheid om bij werkzaamheden gebruik te maken van een zogenaamde “hand-held terminal” (HHT) waarmee een stuk spoor door baanwerkers zelf gereserveerd kan worden. Bij een buitendienststelling kan hiermee dit spoorgedeelte worden beveiligd. Het veiligheidsniveau is vergelijkbaar met de bestaande procedures, maar laat zich sneller en flexibeler inzetten, met kortere buitendienststellingen. ERTMS Level 2 biedt verder de mogelijkheid en TijdelijkeSnelheidsBeperking (TSB) in te voeren en de verlaagde snelheid in dat gebied te bewaken c.q. af te dwingen. De procedure daarvoor vereist een goed samenspel van diverse actoren.

In de incidentenregistratie van ProRail zijn voor de periode 2008-2012 vijf incidenten met baanwerkers aangetroffen waarvan op basis van de vastgelegde gegevens geen enkele door ERTMS mitigeerbaar lijkt. Hier staat tegenover dat volgens opgave van ProRail in 2013 twee incidenten plaats vonden die met ERTMS niet zouden gebeuren. Op grond hiervan kan worden geconcludeerd dat ERTMS een bijdrage kan leveren aan de veiligheid van baanwerkers, maar dat nog geen inzicht bestaat in de omvang van de effecten. Omdat een uitbreiding van ERTMS leidt tot een verbetering van de veiligheid van baanwerkers is aan **eindbeeld 1** de score “0/+” gekoppeld en aan de **eindbeelden 2 en 3** de score “+”.

Veiligheid spoorwegovergangen¹⁸⁾

Verbetering van de veiligheid op overwegen kan ontstaan door het reduceren van de variatie in dichtligtijden (de tijd dat de spoorbomen gesloten zijn) van een bepaalde klasse overwegen. Sommige ongeduldige weggebruikers hebben de neiging om tussen de spoorbomen door te slalommen of er onderdoor te duiken wanneer de dichtligtijd van een overweg veel langer is dan de ‘normale’ tijd. Een dergelijke situatie komt vaak voor vlakbij stations, waar sommige treinen halteren en andere op volle snelheid doorrijden.

ERTMS kan de verschillen in naderingstijd tussen een afremmende of vertrekkende stoptrein en een doorrijdende intercity niet verminderen. Wel geeft ERTMS Level 2 inzicht in de snelheid van de trein die een overweg nadert. Met deze informatie kan de aankondiging van de overweg “juist op tijd” gestart worden en de snelheid van de naderende trein binnen de daarbij aangenomen bandbreedte worden begrensd. De variatie in de dichtligtijden kan hierdoor worden gereduceerd. Het proces wordt omschreven als een ‘Constant Warning Time’ (CWT)-principe.

¹⁷⁾ MuConsult (2014) Effecten ERTMS

¹⁸⁾ MuConsult (2014) Effecten ERTMS

De effecten van ERTMS op overwegveiligheid zijn gekwantificeerd en in tabel 5.2 weergegeven. ERTMS Level 2 leidt tot een vermindering van het aantal dodelijke slachtoffers, zwaar- en lichtgewonden op overwegen. In eindbeeld 3 zijn de effecten het grootst. Level 1 heeft geen effect.

Tabel 5.2: Effecten ERTMS op overwegveiligheid

Gemiddeld per jaar	Nulscenario	Eindbeeld 1	Eindbeeld 2	Eindbeeld 3
Aantal dodelijke slachtoffers	13,6	12,8-13,4	12-13,2	11,4-13
<i>T.o.v. Nulscenario</i>		-0,2 à -0,6	-0,4 à -1,6	-0,6 à -2,2
Aantal zwaargewonden	3,8	3,6-3,8	3,6-3,8	3,4-3,8
<i>T.o.v. Nulscenario</i>		0 à -0,2	0 à -0,2	0 à -0,4
Aantal lichtgewonden	13,6	13,2-13,6	12,4-13,4	11,4-13,2
<i>T.o.v. Nulscenario</i>		0 à -0,4	-0,2 à -1,2	-0,4 à -2,2

Bron: MuConsult (2014)

Op grond van de gegevens uit tabel 5.2 is het effect op overwegveiligheid vervolgens gemonetariseerd, overeenkomstig de werkwijze bij veiligheid reizigers en treinpersoneel.

Samenvatting gemonetariseerde effecten op veiligheid

In tabel 5.3 zijn de gemonetariseerde effecten van ERTMS op veiligheid samengevat. De gebruikte kengetallen zijn in bijlage 1 gegeven. Merk op dat het gemonetariseerde veiligheidseffect voor treingebruikers en –personeel in eindbeeld 3 lager is dan in eindbeeld 2, terwijl het aantal STS-passages in eindbeeld 3 (iets) sterker vermindert. Dit komt door het snellere uitrolschema van eindbeeld 2, waardoor het veiligheidseffect eerder optreedt. Vanwege de discontering wegen effecten (en kosten) die eerder in de tijd optreden zwaarder mee.

Tabel 5.3: Gemonetariseerde effecten ERTMS op veiligheid (NCW mln. Euro, migratiepad A t.o.v. nulscenario)

	Eindbeeld 1	Eindbeeld 2	Eindbeeld 3
Veiligheid treingebruikers en –personeel	75,5	89,4	87,7
Veiligheid baanwerkers	0	0	0
Overwegveiligheid	20,0	25,7	28,4
Totaal	95,5	115,1	116,1

Migratiepaden

De migratiepaden onderscheiden zich in de volgorde waarin de ombouw plaats vindt. In de onderstaande tabel is weergegeven wat het effect in op veiligheid. Het migratiepad ‘vervanging eerst’ levert hogere veiligheidsbaten op, omdat in dit pad ERTMS het snelst wordt uitgerold. Hierdoor worden veiligheidseffecten eerder in de tijd gerealiseerd.

Tabel 5.4: Effecten migratiepaden eindbeeld 2 op veiligheid (NCW mln. Euro, t.o.v. nulscenario)

	PHS eerst	Migratiepaden Vervanging eerst	Landsdelen eerst
Veiligheid treingebruikers en –personeel	89,4	93,7	78,1
Veiligheid baanwerkers	0,0	0,0	0,0
Overwegveiligheid	25,7	26,5	23,2
Totaal	115,1	120,2	101,3

5.3 Interoperabiliteit

De interoperabiliteit betreft de “*geschiktheid van een spoorwegsysteem voor een veilig en ononderbroken treinverkeer, waarbij de voor de betrokken lijnen gespecificeerde prestaties worden geleverd*”. Dit is geoperationaliseerd naar de mogelijkheden om met een trein die voorzien is van één beveiligingssysteem (ATB of ERTMS) gebruik te maken van meerdere deelnetten in Nederland (nationale interoperabiliteit) respectievelijk meerdere buitenlandse netten (internationale interoperabiliteit)¹⁹⁾.

Internationale interoperabiliteit

De internationale interoperabiliteit heeft betrekking op de mogelijkheden om met één beveiligingssysteem naar Duitsland of België te rijden. Het Belgische spoorwegnet wordt tot 2022 geheel voorzien van ERTMS Level 1 of 2 (afhankelijk van het belang van elke spoorlijn), waardoor invoering van ERTMS in Nederland tot een verbetering van de interoperabiliteit leidt. In Duitsland worden de EU-verplichte corridors van ERTMS voorzien; een bredere invoering lijkt niet te worden overwogen.

In het internationaal vervoer wordt al veel materieel gebruikt dat in aanvulling op nationale systemen is uitgerust met ERTMS, zoals de Thalys en vele goederenlocs. Hierdoor leidt elke uitbreiding van ERTMS in Nederland tot vergroting van de inzetmogelijkheden van dit materieel. In eindbeeld 0 en 1 worden de EU-verplichte corridors voorzien van ERTMS (eindbeeld 0: Level 1 overlay, eindbeelden 1, 2 en 3 Level 2 only), waardoor op de belangrijkste routes voor internationaal vervoer gebruik kan worden gemaakt van materieel uitgerust met ERTMS. In eindbeeld 2 en 3 wordt daarnaast ook respectievelijk HRN en de regionale lijnen met ERTMS uitgerust. Hierdoor verbetert de uitwisseling verder. Op basis hiervan zijn kwalitatieve scores voor internationale interoperabiliteit tot stand gekomen, die in tabel 5.5 zijn weergegeven.

Nationale interoperabiliteit

Uitgangspunt is een **nulscenario**, waarin de EU-verplichte corridors zijn voorzien van ERTMS Level 1 overlay (waarbij de ATB gehandhaafd blijft). Enkele lijnen zijn voorzien van ERTMS Level 2 only; dit betreft SAAL, Betuweroute en HSL-Zuid. Dit heeft tot gevolg dat meerdere deelnetwerken ontstaan die andere eisen stellen aan het materieel, waardoor een deel van het binnenlands materieel moet worden uitgerust met zowel ERTMS als ATB om de gebruiksmogelijkheden te behouden. Hierdoor is verminderd sprake van “ononderbroken” treinverkeer.

In **eindbeeld 1**, waarin de EU-verplichte corridors en PHS-lijnen worden uitgerust met ERTMS Level 2 is het op die lijnen niet meer mogelijk om gebruik te maken van ATB. Dit vereist omvangrijke aanpassingen aan het materieel. Om de in 2030 bestaande dienstregeling te kunnen rijden moet al het NS-materieel worden aangepast alsmede een deel van het materieel van regionale vervoerders (50%). De kosten hiervan zijn opgenomen in de kostenraming. Tevens moet een groot deel van het personeel aanvullend worden opgeleid. Hierdoor is sprake van een verminderde binnenlandse interoperabiliteit.

¹⁹⁾ Deze paragraaf betreft een samenvatting van het onderdeel Interoperabiliteit uit de rapportage Effecten ERTMS.

In **eindbeeld 2** wordt het gehele Hoofdrailnet voorzien van ERTMS. Dit betekent dat al het materieel van zowel NS als regionale vervoerders moet worden aangepast en al het personeel aanvullend moet worden opgeleid. De kosten die hiermee gemoeid zijn, zijn opgenomen in de kostenraming. Hier staat tegenover dat alleen de regionale vervoerders nog gebruik moeten maken van ATB; op het Hoofdrailnet is dat niet langer nodig. Voor NS geldt dat vrijwel geen treinen meer ATB hoeven te hebben. Door de grotere bereikbaarheid van het materieel nemen de gebruiksmogelijkheden van het binnenlandse reizigersmaterieel en de inzetmogelijkheden van het rijdend personeel toe en is sprake van verbeterde interoperabiliteit ten opzichte van het nulscenario.

In **eindbeeld 3** is het gehele Nederlandse spoorwegnet voorzien van ERTMS, waardoor het gebruik van ATB vervalt. In die situatie is sprake van volledige interoperabiliteit op het gebied van beveiliging.

De effecten in het **binnenlandse goederenvervoer** wijken hier iets van af, omdat de meeste routes voor het binnenlandse goederenvervoer over EU-verplichte corridors, PHS- en HRN-lijnen verlopen. Slechts enkele bestemmingen liggen aan het regionale netwerk, zoals Coevoerden, Delfzijl en Veendam. Omdat de goederenvervoerders al beschikken over relatief veel materieel dat zowel van ATB als van ERTMS is voorzien leidt dit niet tot knelpunten. Op langere termijn bezien bieden eindbeeld 2 en vooral 3 voordelen omdat het materieel dan niet (eindbeeld 3) of nauwelijks (eindbeeld 2) ATB nodig heeft.

In tabel 5.5 zijn de effecten van de verschillende eindbeelden op interoperabiliteit samengevat en voorzien van een kwalitatieve score. Als materieel meer dan één beveiligingssysteem nodig heeft om de treindiensten waarvoor het bedoeld is uit te voeren en personeel extra opleiding nodig heeft, leidt dit tot een negatieve score. Nemen de inzetmogelijkheden van materieel en personeel toe dan is de score positief.

Migratiepaden

De migratiepaden onderscheiden zich in de volgorde waarin de ombouw plaats vindt. Omdat voorafgaand aan de ingebruikname van de eerste ERTMS-lijnen het materieel moet zijn aangepast en toegelaten (dit is in 2021 geheel gereed) kan de keuze voor de eerst om te bouwen lijnen niet tot knelpunten in de beschikbaarheid van voldoende interoperabel materieel leiden. De migratiepaden onderscheiden zich op dit punt dus niet van elkaar.

Exploitie-effect interoperabiliteit²⁰⁾

Zoals in hoofdstuk 2 is aangegeven kan een toename van de interoperabiliteit onder meer leiden tot minder oponthoud aan de grens, lagere transportkosten en tot een groei van het railvervoer. Alleen het effect op oponthoud aan de grens van goederentreinen is gekwantificeerd.

²⁰⁾ MuConsult (2014) Effecten ERTMS

Uit tabel 5.5 blijkt dat de internationale interoperabiliteit door invoering van ERTMS in eindbeelden 2 en 3 verbetert. Hierdoor is het wisselen van locomotief wegens andere beveiligingssystemen nauwelijks meer nodig. Jaarlijks leidt dit in eindbeeld 2 en 3 tot ongeveer 3.900 uur tijdsbesparing voor goederentreinen²¹⁾. Hiervan is ingeschat dat een derde daarvan ten goede komen aan Nederland, de rest lekt weg naar het buitenland. Gemonetariseerd is de aan Nederland toe te wijzen tijdsbesparing in het GE-scenario een batenpost van € 51,8 mln. (eindbeeld 2) en € 47,8 mln. (eindbeeld 3) en in het RC-scenario € 41,4 mln. (eindbeeld 2) en € 38,1 mln. (eindbeeld 3).

Tabel 5.5: *Samenvatting effecten ERTMS op interoperabiliteit (ten opzichte van nulscenario)*

Onderdeel:	Eindbeeld 1	Eindbeeld 2	Eindbeeld 3
Internationaal			
Reizigersvervoer	0	+	+ / ++
Goederenvervoer	0/+	+	+ / ++
Totaal	0/+	+	+ / ++
Nationaal			
Reizigersvervoer HRN	0/-	0/+	++
Reizigersvervoer regionaal	0/-	0/-	++
Goederenvervoer binnenlands	+	0/+	+
Totaal	0/-	0/+	++
Overall	0	0/+	+ / ++
Exploitatie-effect interoperabiliteit			
GE-scenario (NCW, mln euro)	0	51,8	47,8
RC-scenario (NCW, mln. euro)	0	41,4	38,1

5.4 Capaciteit

ERTMS kan bijdragen aan het vergroten van de capaciteit van de infrastructuur. Hierdoor is het mogelijk om over dezelfde infrastructuur meer treinen te laten rijden, dan wel de mix van treinen (IC's, sprinters en goederentreinen) te optimaliseren, zonder dat investeringen in extra infrastructuur noodzakelijk zijn. Een capaciteitsvergroting kan ook worden ingezet om treinen sneller te laten rijden en/of de betrouwbaarheid te verbeteren. Verder kan invoering van ERTMS effecten hebben op de buitendienststellingen voor onderhoud van de infrastructuur, vanwege een reductie van het aantal baangebonden objecten.

In de MKBA en in de andere onderzoeken die input leveren aan de Nota Alternatieven is verondersteld dat het aantal treinpaden en de treinenmix (goederen/personen dan wel IC's en Sprinters) uit het PHS-aanbod ook op de lange termijn volstaat. De capaciteitsvergroting die met ERTMS te behalen is, leidt dus niet tot meer treinen maar wordt vooral ingezet voor verbetering van de kwaliteit van het spoorvervoer of maakt bepaalde andere investeringen in infrastructuur niet langer noodzakelijk zodat kosten kunnen worden bespaard (vermeden investeringen).

²¹⁾ Een groot deel van het materieel dat voor internationaal goederenvervoer wordt ingezet bestaat reeds uit meerspanningsmaterieel of dieselmaterieel, waarvoor afwijkende bovenleidingspanning tussen landen geen belemmering vormen. Voor dit type materieel levert invoering van ERTMS tijdswinst aan de grens op.

In de MKBA is een capaciteitsvergroting op zichzelf geen effect dat (monetair) te waarderen valt. Een capaciteitsvergroting maakt echter het optreden van afgeleide, secundaire baten mogelijk, die wél in de MKBA gewaardeerd worden. Het gaat dan bijvoorbeeld om effecten op reistijden, betrouwbaarheid en/of vermeden investeringen. Deze effecten zijn elders in de rapport beschreven, gekwantificeerd en gemonetariseerd.

5.5 Snelheid²²⁾

Een snelheidsverandering heeft uiteindelijk effect op de reistijd van reizigers om van station naar station te reizen en de reistijd van het goederenvervoer. Daarbij speelt een aantal aspecten een rol, waaronder de rijtijd en de maximumsnelheid. In dit kader is door ProRail een capaciteitsanalyse uitgevoerd²³⁾. Uit de capaciteitsanalyse blijkt dat ERTMS Level 2 tot capaciteitswinst in termen van rij- en opvolgtijd leidt. Deze winst kan op verschillende manieren worden ingezet, bijvoorbeeld voor het verkorten van de reistijd en het verhogen van de punctualiteit. Hoeveel winst geboekt kan worden en hoe deze het beste kan worden ingezet varieert sterk per baanvak en per situatie. Door middel van simulaties zijn voor een representatieve deelverzameling van trajecten uitkomsten verkregen ten aanzien van de verschillende aspecten.

- ▶ **Verhoging baanvaknelheid naar 160 km/h.** Bij verhoging van de baanvaknelheden naar 160 km/h kan aanvullende rijtijdwinst geboekt worden. Op verschillende trajecten wordt dit effect al in het nulscenario geïncasseerd (OV SAAL, Hanzelijn). In de onderzochte eindbeelden wordt additionele rijtijdwinst bereikt op Amsterdam-Bijlmer – Utrecht Centraal en Den Haag Laan van NOI – Leiden Centraal.
- ▶ **Uitbuigingen.** Met langere sprinterhalteertijden (0,4 naar 0,7 minuut) moeten de intercity's worden uitgebogen om het extra rijtijdverschil op te vangen. Met ERTMS kan eventueel een deel van dit uitbuigen worden voorkomen.
- ▶ **Smallere knopen.** Met ERTMS kunnen treinen korter achter elkaar rijden. Hierdoor kunnen aansluitingen, en soms halteringen van doorgaande treinen met aansluitingen, korter worden gepland. Met 'knoop' wordt een overstapstation bedoeld; het verkorten van de wachttijd van aansluitingen leidt tot een kortere knoop. Dit leidt tot reistijdwinst voor reizigers die overstappen.
- ▶ **Rijtijdwinsten.** De gemiddelde rijtijdwinst voor intercity's ligt volgens de capaciteitsstudie van ProRail tussen de 2% en 3% en die voor sprinters tussen de 2,3% en 4,3%. Het gevonden effect van ERTMS in termen van rijtijdwinst is omgerekend naar het effect op de reistijd. Voor enkelsporige baanvakken leidt de capaciteitswinst van ERTMS niet tot reistijdwinst, vanwege het kruisen van treinen in beide richtingen op kruisingsstations. Voor het overige net is de rijtijdwinst vertaald naar de reistijdwinst, waarbij ook de halte-, overstap- en wachttijd zijn betrokken van reizen waarbij meer dan één treinrit wordt gemaakt.
- ▶ **Opvolg- en overkruistijdwinsten.** De gemiddelde opvolgtijdwinst ligt tussen de 15% en 40%, de gemiddelde overkruistijdwinst tussen de 10% en de 20%.

De uitkomsten van de capaciteitsanalyses van ProRail, die betrekking hebben op treinen en specifieke treinreizen, heeft MuConsult (MuConsult 2014) vervolgens vertaald naar reistijd- en betrouwbaarheidseffecten voor reizigers. Daartoe zijn de volgende stappen gezet:

²²⁾ Deze paragraaf is gebaseerd op ProRail (2014), Railmap ERTMS, Capaciteitseffecten Level 2, en MuConsult (2014)

²³⁾ ProRail (2014).

1. Uitgangspunt zijn de prognoses die zijn opgesteld ten behoeve van de LTSA. Beschikbaar zijn de uitkomsten op het niveau van baanvakken voor het RC en het GE-scenario, onderscheiden naar 4 treintypen (IC, AR, SH, SG). Er zijn gegevens beschikbaar over baanvaklengte, aantal treinen per uur en het aantal reizigers op etmaalniveau (werkdagen). Om te komen tot jaartotalen zijn deze vermenigvuldigd met 17 uur per etmaal en 310 etmalen per jaar.
2. Deze LTSA-gegevens zijn vervolgens gecorrigeerd voor de 160 km/h door de rijtijd op de baanvakken te veranderen²⁴⁾, evenals het aantal reizigers. De gebruikte reistijdelasticiteit is -0,7.
3. Vervolgens is het maximaal haalbare effect van de onderscheiden aspecten bepaald. Dat is gedaan voor de 160 km/h, de uitbuigingen, ERTMS, smallere knopen, punctualiteit bij kleinere verstoringen en nieuwe reizigers. Ieder van deze deeleffecten is toegewezen aan de specifieke, relevante baanvakken en treintypen.
4. Deze potentiële effecten zijn berekend per baanvak. Het Nederlandse spoorwegnet is onderverdeeld in 541 baanvakken, waarbij bovendien een onderscheid wordt gemaakt naar 4 treintypen en 2 rijrichtingen. Deze baanvakken zijn vervolgens geaggregeerd naar de 118 trajecten die in de eindbeelden, migratiepaden en kostenraming worden onderscheiden.
5. Voor elk jaar tussen 2015 en 2035 is vervolgens bepaald of, en zo ja vanaf welk jaar, het effect ook wordt gerealiseerd. De opgestelde migratiepaden geven voor elk eindbeeld weer welke trajecten in welk jaar migreren.
6. Ten slotte is voor elk jaar en elk aspect het effect gecorrigeerd voor de ingroei van de reizigersaantallen tussen het betreffende jaar en het planjaar van de LTSA-prognose (index 2035 = 100).

Personenvervoer

In tabel 5.6 is aangegeven hoeveel reistijd wordt bespaard in de verschillende eindbeelden. Deze besparing bestaat uit verschillende onderdelen.

- ▶ **Rijtijdverkorting.** In de 3 eindbeelden wordt telkens een groter gedeelte van het spoornetwerk voorzien van ERTMS en daarmee steeds een grotere winst gehaald. Er is sprake van een afnemende meeropbrengst. Per kilometer extra ERTMS-traject daalt de extra reistijdwinst. Dit komt omdat in eindbeeld 1 de drukst bereden lijnen met de meeste reizigers worden aangepast, zodat het effect in dat eindbeeld naar verhouding het grootst is. In eindbeeld 2 en 3 komen minder druk bezette lijnen aan de beurt.
- ▶ **Verhoging maximumsnelheid.** In het nulscenario worden rijtijdwinsten behaald doordat op de trajecten Weesp – Lelystad – Zwolle hogere maximumsnelheden mogelijk zijn. In de andere eindbeelden worden daarbovenop rijtijdwinsten behaald op de trajecten Utrecht – Amsterdam-Bijlmer en Den Haag Laan van NOI – Leiden.
- ▶ **Uitbuigingen.** Er is sprake van uitbuigingen wanneer een trein langzamer moet rijden dan op het betreffende baanvak mogelijk zou zijn omdat de trein hinder ondervindt van andere treinen. Dit ontstaat met name door snelheidsverschillen tussen intercity's en sprinters. Op de PHS baanvakken kunnen door middel van blokverdichting de opvolgtijden tussen treinen verkort worden, zodat deze uitbuigingen voorkomen kunnen worden. In eindbeeld 1 worden op 17 trajecten reistijdwinsten als gevolg van het vermijden van uitbuigingen gerealiseerd. In eindbeeld 2 en eindbeeld 3 komen daar nog 3 trajecten bij (Zutphen – Arnhem, Nijmegen – Den Bosch en Amersfoort – Zwolle).

²⁴⁾ LTSA-prognose gaat uit van 160 km/h, dus er is feitelijk teruggerekend naar situatie met 140 km/h.

- **Smallere knopen.** Tevens is het effect van zogenaamde smallere knopen onderzocht. Met kortere opvolgtijden kunnen treinen korter achter elkaar rijden. Hierdoor kunnen ook aansluitingen, en soms halteringen van doorgaande treinen met aansluitingen, korter worden gepland op knooppunten. Hierdoor ontstaan 'smallere knopen'. Uit de analyses blijkt dat hiermee enige reistijdwinst valt te behalen, maar het effect daarvan bleek vrijwel nul.

Uit de tabel valt op te maken dat eindbeeld 3 ten opzichte van eindbeeld 2 nauwelijks extra reistijdwinst oplevert. Met de invoering van ERTMS op regionale lijnen valt weinig extra reistijdwinst te behalen. Op deze lijnen is het voordeel van ERTMS dat de betrouwbaarheid kan worden verbeterd (zie volgende paragraaf).

Tabel 5.6: *Bespaarde reistijd (miljoen uren, t.o.v. nulscenario, 2035)*

Onderdeel:	eindbeeld 1	eindbeeld 2	eindbeeld 3
Reistijdwinst t.g.v. rijtijdverkorting	4,2	5,4	5,5
Reistijdwinst door verhoging maximumsnelheid	0,8	0,8	0,8
Reistijdwinst t.g.v. uitbuigingen	1,9	2,0	2,0
Reistijdwinst t.g.v. smallere knopen	0,1	0,2	0,2
Totaal	7,0	8,5	8,6
Reistijdwinst procentueel t.o.v. nulscenario	2,4%	2,9%	2,9%

Bron: MuConsult 2014.

De reistijdwinsten zijn monetair gewaardeerd met behulp van de geldende VoT (value of time, of reistijdwaardering). In bijlage 1 is toegelicht welke waarden zijn gebruikt. Tabel 5.7 geeft de uitkomsten weer.

Tabel 5.7: *Gemonetariseerde effecten ERTMS op reistijd (NCW mln. Euro, migratiepad A ten opzichte van nulscenario)*

	Eindbeeld 1	Eindbeeld 2	Eindbeeld 3
GE-scenario	1.092	1.276	1.276
RC-scenario	752	876	875

Nieuwe reizigers

Reistijdwinsten leiden tot een aantrekkelijker treinproduct en daarmee tot nieuwe reizigers. Via een vertrouwelijke reistijdelasticiteit is de toename van het aantal reizigers bepaald (zie ook bijlage 1). In eindbeeld 1 neemt het aantal reizigers hierdoor met 1,6% toe. In de eindbeelden 2 en 3 stijgt het aantal treinreizigers met 2,1%. De reistijdwinsten van deze nieuwe reizigers zijn gewaardeerd met behulp van de zogeheten rule of half-methode. In tabel 5.8 zijn de uitkomsten weergegeven.

Tabel 5.8: *Gemonetariseerde effecten ERTMS op reistijd van nieuwe reizigers (NCW mln. Euro, migratiepad A t.o.v. nulscenario)*

	Eindbeeld 1	Eindbeeld 2	Eindbeeld 3
GE-scenario	11,5	12,5	12,5
RC-scenario	8,0	8,7	8,7

Goederenvervoer

Door invoering van ERTMS Level 2 zal de gemiddelde reistijd van het goederenvervoer op het Nederlandse spoornetwerk naar verwachting dalen met 2%²⁵⁾. De reden is dat het goederenvervoer dankzij ERTMS gebruik kan maken van uitgesteld remmen en meer snelheidstrappen. Dit effect is aanvullend op de tijdsbesparing aan de grens van het internationale goederenvervoer dat in paragraaf 5.3 beschreven is. Vanwege het internationale karakter van het goederenvervoer zal een aanzienlijk deel van de reistijdbaten ten goede komen aan buitenlandse vervoerders of verladers. In een MKBA gaat het om het effect op de welvaart van Nederland, reden waarom deze 'weglekeffecten' niet mogen worden meegerekend. Verondersteld is dat 50% van de reistijdbaten van het goederenvervoer ten goede komt aan Nederland²⁶⁾. De reistijdwinsten van het goederenvervoer zijn gewaardeerd met behulp van de VoT voor het spoorgoederenvervoer (zie bijlage 1). Dit levert het volgende resultaat op (zie tabel 5.9). ERTMS op de regionale lijnen (eindbeeld 3) levert voor het goederenvervoer geen additioneel reistijdvoordeel op ten opzichte van ERTMS op HRN (eindbeeld 2), omdat er niet of nauwelijks goederenvervoer plaatsvindt op de regionale lijnen. Netto contant zijn de baten in eindbeeld 3 lager dan in eindbeeld 2 vanwege het langzamere ingroeipad van eindbeeld 3.

Tabel 5.9: *Gemonetariseerde effecten ERTMS op reistijd goederenvervoer (NCW mln. Euro, migratiepad A ten opzichte van nulscenario)*

	Eindbeeld 1	Eindbeeld 2	Eindbeeld 3
GE-scenario	20,7	27,3	25,2
RC-scenario	16,8	22,2	20,4

5.6 Betrouwbaarheid

De betrouwbaarheid van het spoorvervoer is gedefinieerd als de mate waarin een reis van reizigers of goederen afwijkt van de dienstregeling. Hierbij wordt als indicator de verliestijd door vertragingen en uitval van treinen gehanteerd. In deze paragraaf komen aan de orde de effecten van ERTMS op de betrouwbaarheid van het spoor (materieel en infrastructuur) en de gevolgen daarvan voor de reizigers/verladers²⁷⁾.

De capaciteitswinst door ERTMS kan worden ingezet voor het behalen van rijtijdwinst en voor het verbeteren van de punctualiteit. Van een deel van de winst kan gekozen worden voor welke van beide doelen ze wordt ingezet: er is gedeeltelijk uitwisseling mogelijk van de winst tussen beide doelen. In de MKBA is er rekening mee gehouden dat de effecten op reistijd en betrouwbaarheid niet 1 op 1 bij elkaar mogen worden opgeteld. In dat geval zou sprake zijn van dubbeltellingen. In de MKBA is daarmee rekening gehouden door slechts een kwart van de mogelijke betrouwbaarheidsbaten als gevolg van stabielere dienstregelingen mee te nemen.

²⁵⁾ ProRail (2014) Railmap ERTMS. Capaciteitseffecten Level 2. Concept 2 27 januari 2014.

²⁶⁾ Dit is een gebruikelijke aanname bij spoorgoederenvervoerprojecten. Zie o.a. de KBA van de sluis IJmuiden en de Calandbrug. Merk op dat het aandeel dat aan Nederland is toegerekend hier hoger is dan bij het effect op verliestijden van het goederenvervoer bij de grens (aandeel 1/3 voor Nederland, zie paragraaf 5.3 Interoperabiliteit). Dit komt doordat wij hier te maken hebben met effecten op het binnenlandse spoornetwerk, waar sprake is van minder weglekeffecten naar het buitenland.

²⁷⁾ Deze paragraaf betreft een samenvatting van het onderdeel Betrouwbaarheid uit de 'Rapportage Effecten ERTMS. Interoperabiliteit, betrouwbaarheid, energiegebruik, toekomstvastheid, wachttijden overwegen en buitendienststellingen' MuConsult 2014.

Personenvervoer

Het aantal verliesuren wordt bepaald door twee indicatoren, namelijk de treinpunctualiteit en de uitval van treinen. De belangrijkste dieper liggende oorzaken (subindicatoren) zijn het aantal storingsuren van de infrastructuur, de dienstregelingstabiliteit²⁸⁾ en materieelstoringen. Voor elk van deze subindicatoren is het effect van de invoering van ERTMS bepaald. De resultaten zijn gebruikt om de veranderingen in treinuitval en punctualiteit te bepalen, wat uiteindelijk resulteert in een overzicht van de aantallen verliesuren. In tabel 5.10 is weergegeven wat de effecten van de eindbeelden zijn op de betrouwbaarheid, uitgedrukt in het aantal verliesuren.

Tabel 5.10: *Effecten ERTMS op betrouwbaarheid (aantal verliesuren t.o.v. het nulscenario)*

	eindbeeld 1	eindbeeld 2	eindbeeld 3
Verandering aantal verliesuren	-/- 240.000	-/- 440.000	-/- 570.000
Procentueel t.o.v. nulscenario	-/- 2,8%	-/- 5,2%	-/- 6,8%

Bron: MuConsult, 2014.

In **eindbeeld 1** neemt het aantal verliesuren met 2,8% 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 treinen als het aantal (ten gevolge van storingen) uitgevallen treinen af. De storingskansen van het materieel nemen toe, maar in beperkte mate.

De aanpassing van het gehele hoofdrailnet voor ERTMS (**eindbeeld 2**) genereert een daling van het aantal verliesuren met zo'n 5% 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 infrastructuurstoringen. De iets toegenomen storingsgevoeligheid van het materieel weegt hier niet tegen op.

In **eindbeeld 3** is de vermindering van het aantal verliesuren relatief het grootst met 6,8%. Ten opzichte van eindbeeld 2 neemt het aantal verliesuren verder af, maar relatief weinig. Reden is dat het regionale spoorwegnet door relatief weinig reizigers wordt gebruikt, waardoor het aantal verliesuren op dat deel van het netwerk ook relatief beperkt is.

De besparing van het aantal verliesuren ten gevolge van de verbeterde betrouwbaarheid is gewaardeerd door de VoT voor reistijd toe te passen plus een ophoogfactor van 2,5 om tot uitdrukking te brengen dat onverwachts optredende reistijdwinsten en –verliezen door reizigers hoger gewaardeerd worden. In bijlage 1 is dit verder toegelicht. Tabel 5.11 bevat de gemonetariseerde betrouwbaarheidseffecten.

Tabel 5.11: *Betrouwbaarheidsbaten bestaande reizigers (NCW, mln. euro, t.o.v. het nulscenario)*

	eindbeeld 1	eindbeeld 2	eindbeeld 3
GE-scenario	89,7	156,4	195,9
RC-scenario	61,5	106,7	133,4

²⁸⁾ Dienstregelingstabiliteit betreft de mate waarin (kleine) afwijkingen van de geplande dienstregeling binnen de beschikbare infrastructuur kunnen worden opgevangen.

Extra reizigers als gevolg van verbetering betrouwbaarheid

Een verbetering van de betrouwbaarheid verhoogt de aantrekkelijkheid van het 'treinproduct'. Dit leidt tot extra treinreizigers. De effecten van een verbetering van de betrouwbaarheid op het aantal nieuwe reizigers is berekend op dezelfde manier als bij de reistijdwinsten. Daarbij is aangenomen dat de gevoeligheid van reizigers voor betrouwbaarheidsveranderingen gelijk is aan die van reistijdveranderingen. Met andere woorden, dezelfde elasticiteit is toegepast.

Tabel 5.12: *Reistijdwinsten extra reizigers als gevolg van verbetering betrouwbaarheid (NCW, mln. euro, t.o.v. het nulscenario)*

	eindbeeld 1	eindbeeld 2	eindbeeld 3
GE-scenario	0,6	2,3	3,9
RC-scenario	0,4	1,6	2,7

Goederenvervoer

De effecten voor het goederenvervoer kunnen niet worden vertaald naar verliesuren in verband met het ontbreken van gegevens hierover. De betrouwbaarheidseffecten voor het goederenvervoer zijn daarom niet gemonetariseerd. Belangrijkste verschil met het reizigersvervoer is dat het nulscenario al een verbetering van de betrouwbaarheid laat zien, omdat op de EU-verplichte-corridors locomotieven zonder ATB gebruikt kunnen worden (MuConsult, 2014). Bij uitbreiding van het van ERTMS voorziene net ontstaat een verdere verbetering in zowel de punctualiteit als treinvritval.

5.7 Exploitatie

Personenvervoer

De toepassing van ERTMS kan de onderstaande effecten hebben op de exploitatie²⁹⁾:

- ▶ extra winst voor vervoerders door toename van het aantal reizigers³⁰⁾. Verondersteld is dat de extra reizigers naar verhouding even veel bijdragen aan de winst als bestaande reizigers, met andere woorden: de gemiddelde winst per reizigerskilometer is constant. Omdat verondersteld is dat er onder ERTMS niet meer treinen worden ingezet, is dit een conservatieve schatting. Immers, het vervoeren van de extra reizigers leidt niet tot hogere materieelkosten, zodat de winst per extra reiziger in werkelijkheid waarschijnlijk hoger zal zijn dan gemiddeld. Dit effect is echter niet meegenomen;
- ▶ verlaging productiekosten door sneller systeem. Door een verhoging van de gemiddelde snelheid kunnen productiemiddelen beter worden ingezet. Er zijn minder treinen en er is minder personeel nodig voor hetzelfde aantal ritten;
- ▶ minder "Geld Terug bij Vertraging"-claims door verhoging punctualiteit. Door de verbetering van de punctualiteit hoeven vervoerders minder uit te betalen;
- ▶ verlaging energiekosten door efficiënter rijden. Dankzij ERTMS kunnen nauwkeurigere snelheidsprofielen worden opgesteld, waardoor treinen minder hoeven te remmen en optrekken. Dit leidt tot energiebesparing (MuConsult, 2014). Daar staat tegenover dat ERTMS het mogelijk maakt om op bepaalde baanvakken harder te rijden. Een

²⁹⁾ Het mogelijke negatieve effect van deelparken op de exploitatiekosten is niet gekwantificeerd / meegenomen.

³⁰⁾ Merk op dat het gaat om de extra winst en niet om de extra omzet. Extra omzet uit kaartopbrengsten voor vervoerders berekent immers een even grote uitgave door reizigers. In een MKBA levert dat per saldo geen additioneel welvaartseffect op. Extra winst mag wel worden meegenomen.

verhoging van de gemiddelde snelheid leidt juist tot meer energieconsumptie. Per saldo is sprake van een daling van energiekosten.

Vervoerders krijgen verder te maken met extra kosten in verband met de aanpassing van het materieel en hogere jaarlijkse kosten van beheer en onderhoud van het materieel. Deze kosten zijn in hoofdstuk 4 beschreven.

Om de omvang van de baten te bepalen is voor een deel gebruik gemaakt van vertrouwelijke parameters en elasticiteiten van NS. De verkregen waarden passen binnen de ranges die uit de transporteconomische literatuur over productiefuncties in het openbaar (spoor)vervoer kunnen worden afgeleid.

5.8 Wachttijden overwegen

Doordat spoorwegovergangen minder lang dicht zijn, hoeft het wegverkeer minder lang te wachten. De precieze berekening hiervan is uitgewerkt in het rapport Effecten ERTMS (MuConsult, 2014). Dankzij ERTMS kan de tijd waarin overwegen gesloten zijn verkort worden, doordat er meer informatie beschikbaar is over de aankomende trein. Dit levert een besparing op van 147 seconden per sluiting. In totaal levert dit in eindbeeld 1 een besparing op van ruim 320 duizend uren per jaar in het eindbeeld, oplopend naar ruim 850 duizend uren in eindbeeld 3 (de meeste overwegen zijn buiten de PHS corridors).

Deze reistijdbesparingen van zowel autobestuurder als autopassagier zijn gewaardeerd met behulp van de VoT van het autoverkeer (zie bijlage 1 voor een toelichting op de gebruikte waarden). In tabel 5.13 is weergegeven wat de gemonetariseerde reistijdwinsten van het autoverkeer zijn. Ook andere weggebruikers zoals fietsers, voetgangers en vrachtverkeer zullen tijdwinsten bij overwegen ervaren. Er zijn geen gegevens beschikbaar om deze baten te kwantificeren.

Tabel 5.13: *Reistijdwinsten autoverkeer door reductie wachttijden bij overwegen (NCW, mln. euro, t.o.v. het nulscenario)*

	eindbeeld 1	eindbeeld 2	eindbeeld 3
GE-scenario	54,7	104,1	131,1
RC-scenario	37,7	71,4	89,7

5.9 Indirecte economische effecten

Indirecte economische effecten zijn gedefinieerd als de doorwerking van de directe effecten op de economie. Wanneer een project leidt tot een verbetering van de bereikbaarheid, kan de economie beter gaan functioneren. Indirecte effecten worden vaak uitgedrukt als effecten op de arbeidsmarkt (aantal extra banen) of op de economische ontwikkeling c.q. concurrentiepositie van Nederland als geheel, bijvoorbeeld als kennisland wat kan leiden tot extra export van systemen of knowhow. Kortere reistijden kunnen er bijvoorbeeld voor zorgen dat werklozen eerder een baan elders accepteren, waardoor de arbeidsmarkt als geheel beter gaat functioneren. Ook kunnen schaal- en agglomeratie-effecten of kennis-spill overs optreden.

Bij een indirect effect is niet altijd sprake van een welvaartseffect. Als voordelen enkel worden doorgegeven of er treedt herverdeling van voordelen op, dan is er geen sprake van een additioneel welvaartseffect. In dat geval zou sprake zijn van een dubbel telling. Er treedt een *additioneel* welvaartseffect op wanneer op de andere markt sprake is van een niet goed functionerende markt. De arbeidsmarkt is een voorbeeld van een markt waar vraag en aanbod lang niet altijd automatisch bij elkaar komt. Er zijn in Nederland gebieden met hardnekkige werkloosheid, terwijl tegelijkertijd elders sprake is van een grote vraag naar arbeidskrachten. Een sneller en betrouwbaarder spoorstelsel (als gevolg van ERTMS) zou ertoe bij kunnen dragen dat het zoekgebied van werkzoekenden wordt vergroot en zo rigiditeiten op de arbeidsmarkt worden verminderd. Ook op andere markten kan dit effect optreden.

In het kader van deze MKBA is geen specifiek onderzoek gedaan naar de indirecte economische effecten van ERTMS. De regionale verdelingseffecten zijn naar verwachting beperkt, aangezien er in het gehele land verkorting van de reistijden zal optreden. Daarnaast zijn de reistijdeffecten per traject/baanvak relatief beperkt: met name doordat ze in het hele land optreden telt het op tot een significant bedrag. De indirecte effecten zullen op lokaal/regionaal niveau dan ook beperkt zijn, maar wel weer in het gehele land optreden. De verwachting op voorhand is, dat er geen modelinstrumentarium of analyse methode beschikbaar is om die te berekenen. Aangezien de effecten in het gehele land optreden, valt ook niet te verwachten dat de orde van grootte afwijkt van gemiddelde indirecte effecten zoals ze naar voren komen uit andere MKBA's.

Een min of meer geaccepteerde opslag ligt tussen 0% en 30% van de bereikbaarheidseffecten (reistijdwinst, betrouwbaarheid; Decisio, 2011; CPB & KIM, 2009), hoewel de effecten ook hoger of lager kunnen zijn. Omdat in dit geval de effecten in het gehele land optreden is in deze MKBA daarom uitgegaan van het gemiddelde oftewel 15%. Deze waarde is berekend over de reistijd- en betrouwbaarheidswinsten van treinreizigers en de reistijdwinsten van het wegverkeer.

5.10 Leefomgeving

Deze laatste paragraaf gaat in op de mogelijke effecten van ERTMS op de leefomgeving. Veiligheid valt daar feitelijk ook onder, maar de effecten op veiligheid zijn al eerder in dit hoofdstuk behandeld. Door het project gaan er niet meer treinen rijden. Alleen de snelheid en rijgedrag worden beïnvloed. Het project is daarom niet mer-plichtig en is er geen uitgebreid onderzoek verricht naar de effecten op de leefomgeving³¹⁾.

Geluid

Er heeft een quick scan naar de effecten op geluid plaatsgevonden³²⁾. Hieruit blijkt dat de effecten zeer beperkt zijn, zeker als in het kader van PHS de nodige geluidsmaatregelen worden getroffen. Door de stijging van de snelheid kan de geluidsoverlast toenemen. Hierdoor kan op lokaal niveau mogelijk sprake zijn van negatieve gevolgen voor omwonenden met name door de hogere snelheden waarmee emplacementen kunnen worden genaderd. Om die reden wordt voor het aspect “geluid” kwalitatief een min in de MKBA opgenomen.

Emissies

Effecten van ERTMS op emissies van lokale gassen zijn niet gekwantificeerd. De invoering van ERTMS Level 2 leidt tot een daling van het energieverbruik met 3 tot 6% afhankelijk van het gekozen eindbeeld (MuConsult, 2014). Hierdoor verminderen afhankelijk van de wijze en locatie van elektriciteitsproductie de emissies van schadelijke stoffen, waaronder lokale emissies en CO₂. Daarbij wordt wel opgemerkt dat NS op groene stroom rijdt. Daarnaast kan versterking van de concurrentiepositie van de trein leiden tot modal shift en daarmee een (beperkte) reductie van emissies bij andere modaliteiten. Per saldo levert dit kwalitatief een dubbele plus in de MKBA.

³¹⁾ Min IenM-HDJZ, 2014, ERTMS en MER, memo d.d.. 8 januari 2014.

³²⁾ DBvision, 2014, ERTMS: Indicatieve effecten/kosten voor geluid, memo d.d. 17 januari 2014.

5.11 Overzichtstabel fysieke effecten

In de onderstaande tabellen zijn de in de vorige paragrafen beschreven kwantificeerbare fysieke effecten samengevat. Het gaat om de fysieke effecten in het zichtjaar 2035. De effecten zijn weergegeven ten opzichte van het nulscenario.

Tabel 5.14 Overzichtstabel kwantificeerbare fysieke effecten in 2035, ten opzichte van het nulscenario, GE-scenario

MIGRATIEPAD =>	Eindbeeld 1	Eindbeeld 2		Eindbeeld 3	
	A	A	B	C	A
Directe effecten					
<i>Reistijdwinsten personenvervoer bestaand (in miljoenen uren per jaar):</i>					
▷ Rijtijdverkorting	4,2	5,4	5,4	5,4	5,5
▷ Verhoging Vmax	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
▷ Smallere knopen	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2
▷ Uitbuigingen	1,9	2,0	2,0	2,0	2,0
▷ Nieuw personenvervoer (uur)	141.000	157.000	157.000	157.000	158.000
▷ Goederenvervoer (uur)	603	861	861	861	861
<i>Overige effecten</i>					
▷ Betrouwbaarheidsbaten personenvervoer (uur)	240.000	440.000	440.000	440.000	570.000
▷ Interoperabiliteit: aantal bespaarde uren NL-goederenvervoer aan grensovergangen		1.288	1.288	1.288	1.288
▷ Vertraging autoverkeer overwegen (uur)	322.000	648.000	648.000	648.000	859.000
Externe effecten					
<i>Besparing maatschappelijke kosten onveiligheid trein:</i>					
▷ Besparing dodelijke slachtoffers	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
▷ Besparing zwaar gewonden	7,3	9,3	9,3	9,3	9,5
▷ Besparing materiële schade (mln. euro)	5,1	6,6	6,6	6,6	6,7
<i>Besparing maatschappelijke kosten onveiligheid overwegen:</i>					
▷ Besparing dodelijke slachtoffers	0,7	0,9	0,9	0,9	1,1
▷ Besparing zwaar gewonden	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3
▷ Besparing licht gewonden	0,7	0,9	0,9	0,9	1,1

Tabel 5.15 Overzichtstabel kwantificeerbare fysieke effecten in 2035, ten opzichte van het nulscenario, RC-scenario

MIGRATIEPAD	Eindbeeld 1	Eindbeeld 2		Eindbeeld 3	
	A	A	B	C	A
Directe effecten					
<i>Reistijdwinsten personenvervoer bestaand (in mln uur per jaar):</i>					
▷ Rijtijdverkorting	3,5	4,6	4,6	4,6	4,7
▷ Verhoging Vmax	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
▷ Smallere knopen	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1
▷ Uitbuigingen	1,6	1,7	1,7	1,7	1,7
▷ Nieuw personenvervoer (uur)	118.000	132.000	132.000	132.000	133.000
▷ Reistijdwinsten goederenvervoer (uren)	544	777	777	777	777
<i>Overige effecten:</i>					
▷ Betrouwbaarheidsbaten personenvervoer (uur)	199.000	369.000	369.000	369.000	476.000
▷ Interoperabiliteit	-	1.159	1.159	1.159	1.159
▷ Vertraging autoverkeer overwegen (uur)	270.000	544.000	544.000	544.000	721.000
Externe effecten					
<i>Besparing maatschappelijke kosten onveiligheid trein:</i>					
▷ Besparing dodelijke slachtoffers	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
▷ Besparing zwaar gewonden	7,3	9,3	9,3	9,3	9,5
▷ Besparing materiële schade (mln. euro)	5,1	6,6	6,6	6,6	6,7
<i>Besparing maatschappelijke kosten onveiligheid overwegen:</i>					
▷ Besparing dodelijke slachtoffers	0,7	0,9	0,9	0,9	1,1
▷ Besparing zwaar gewonden	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3
▷ Besparing licht gewonden	0,7	0,9	0,9	0,9	1,1

6. Integraal overzicht kosten en baten van ERTMS

6.1 Overzichtstabel GE-scenario

Tabel 6.1 op de volgende bladzijde bevat de maatschappelijke kosten en baten van de diverse eindbeelden in het GE-scenario.

Tabel 6.1: Overzicht maatschappelijke kosten en baten ERTMS GE-scenario (NCW, mln. Euro t.o.v. Nulscenario)

Eindbeeld => Migratiepad =>	1 1A	2 2A	2 2B	2 2C	3 3A
Baten					
Directe effecten:					
Reistijdwinst personenvervoer (bestaand & nieuw)	1.104	1.289	1.330	1.170	1.288
Reistijdwinst goederenvervoer	21	27	28	27	25
Betrouwbaarheid personenvervoer	90	159	164	145	200
Betrouwbaarheid goederenvervoer	+	+	+	+	+
Winst door vervoergroei	43	48	50	43	48
Exploitatiekosten hogere snelheid	121	178	184	161	192
Exploitatiekosten hogere punctualiteit	4	7	7	6	7
Interoperabiliteit	0	52	52	51	48
Besparing energiekosten	44	69	72	63	80
Vertraging autoverkeer overwegen	57	108	111	100	136
Exploitatiekosten goederenvervoer	0	0	0	0	0
Indirecte effecten:	191	237	245	216	247
Externe effecten:					
Besparing maatschappelijke kosten onveiligheid trein	76	89	94	78	88
Maatschappelijke kosten onveiligheid baanwerkers	0	0	0	0	0
Besparing maatschappelijke kosten onveiligheid overwegen	20	26	27	23	28
Effecten geluid	-	-	-	-	-
Effecten emissies	+	++	++	++	++
Kosten:					
Investeringskosten	-/-1.418	-/-1.881	-/-1.921	-/-1.774	-/-2.035
Investeringskosten materieel	-/-363	-/-410	-/-410	-/-410	-/-409
Vermeden investeringskosten	+215	+215	+215	+215	+215
Onderhoudskosten	-/-278	-/-394	-/-402	-/-377	-/-452
Onderhoud materieel	-/-263	-/-179	-/-179	-/-179	-/-169
Vermeden vervangingskosten	291	383	437	376	455
Saldo	-/-46	24	103	-/-66	-/-7
Totale baten	1.770	2.290	2.363	2.084	2.388
Totale kosten	-/-1.815	-/-2.266	-/-2.261	-/-2.150	-/-2.395
Baten/kosten-verhouding	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
IRR (internal rate of return)	5,3%	5,6%	5,8%	5,3%	5,5%

6.2 Overzichtstabel RC-scenario

Met behulp van doorrekening met het RC-scenario is nagegaan wat de invloed is van lage economische groei op de verwachte maatschappelijke kosten en baten van ERTMS. In het RC-scenario is in de LTSA prognoses sprake van 16% minder reizigerskilometers in 2035 dan in het GE-scenario. Dit betekent dat de reistijd- en betrouwbaarheidseffecten lager zijn, waardoor ook de exploitatie-effecten voor vervoerders lager uitvallen (minder extra opbrengsten). Daarnaast zijn reistijd- en betrouwbaarheidseffecten lager omdat is rekening gehouden met een lagere (groei van de) VoT, die namelijk gerelateerd is aan een minder gunstige inkomensontwikkeling in het RC-scenario. Wel is in beide economische groeiscenario's uitgegaan van dezelfde PHS dienstregeling. Tabel 6.2 laat zien dat de baten/kostenratio's van alle eindbeeld ongeveer 20-30% lager zijn dan in het GE-scenario, maar dat de keuze voor een ander economisch groeiscenario geen invloed heeft op de onderlinge rangschikking van de eindbeelden. Deze effecten komen vooral voort uit lagere reistijd- en betrouwbaarheidseffecten. De kosten zijn in het RC-scenario gelijk aan die in het GE-scenario.

Tabel 6.2: Overzicht maatschappelijke kosten en baten van ERTMS RC-scenario (NCW, mln. Euro, t.o.v. Nulscenario)

Eindbeeld => Migratiepad =>	1 1A	2 2A	2 2B	2 2C	3 3A
Baten					
Directe effecten:					
Reistijdwinst personenvervoer (bestaand & nieuw)	760	884	917	796	884
Reistijdwinst goederenvervoer	17	22	22	22	20
Betrouwbaarheid personenvervoer	62	108	112	99	136
Betrouwbaarheid goederenvervoer	+	+	+	+	+
Extra winst door vervoergroei	36	41	43	37	40
Exploitatiekosten hogere snelheid	116	171	183	147	173
Exploitatiekosten hogere punctualiteit	4	7	7	6	7
Interoperabiliteit	0	41	42	41	38
Besparing energiekosten	44	69	72	63	80
Vertraging autoverkeer overwegen	39	74	77	68	93
Exploitatiekosten goederenvervoer	0	0	0	0	0
Indirecte effecten:	132	163	169	148	170
Externe effecten:					
Besparing maatschappelijke kosten onveiligheid trein	76	89	94	78	88
Maatschappelijke kosten onveiligheid baanwerkers	0	0	0	0	0
Besparing maatschappelijke kosten onveiligheid overwegen	20	26	27	23	28
Effecten geluid	-	-	-	-	-
Effecten emissies	+	++	++	++	++
Kosten:					
Investeringskosten	-/- 1.418	-/- 1.881	-/- 1.921	-/- 1.774	-/- 2.035
Investeringskosten materieel	-/- 363	-/- 410	-/- 410	-/- 410	-/- 409
Vermeden investeringskosten	+215	+215	+215	+215	+215
Onderhoudskosten	-/- 278	-/- 394	-/- 402	-/- 377	-/- 452
Onderhoud materieel	-/- 263	-/- 179	-/- 179	-/- 179	-/- 169
Vermeden vervangingskosten	291	383	437	376	455
Saldo	-/- 510	-/- 568	-/- 497	-/- 623	-/- 637
Totale baten	1.305	1.697	1.764	1.526	1.758
Totale kosten	-/- 1.815	-/- 2.266	-/- 2.261	-/- 2.150	-/- 2.395
Baten/kosten-verhouding	0,7	0,7	0,8	0,7	0,7
IRR (internal rate of return)	3,0%	3,3%	3,6%	2,9%	3,1%

7. Onzekerheden en gevoeligheidsanalyses

7.1 Aanvullende eindbeelden

Naast de eindbeelden is een aantal aanvullende analyses uitgevoerd ten aanzien van het eindbeeld.

Level 2plus op HRN

In deze analyse wordt voor het gehele Hoofdrailnet aangenomen dat Level 2+ wordt gerealiseerd. Op het overige spoornetwerk (regionale lijnen) blijft het bestaande beveiligingssysteem ATB gehandhaafd. Van dit eindbeeld is een kostenraming opgesteld. Voor wat betreft de baten van dit eindbeeld is verondersteld dat de effecten gelijk zijn aan eindbeeld 2 (Level 2 op HRN).

In tabel 7.1 zijn de resultaten van doorrekening van die aanvullende eindbeelden weergegeven. Hieruit valt op te maken dat de maatschappelijke baten van Level 2+ op het HRN in het GE-scenario de kosten overstijgen. Level 2+ op het HRN is ongeveer € 300 mln NCW goedkoper dan Level 2 (bron: Kostenraming). De baten/kostenratio is 1,1. In het RC-scenario is de baten/kostenratio 0,8.

Level 1 / 2 mix

De aanleg van ERTMS Level 1 is goedkoper dan Level 2. Kostenbesparingen kunnen worden gerealiseerd door Level 1 uit te rollen in plaats van Level 2 op baanvakken waar geen blokverdichting plaatsvindt en op een aantal emplacementen. De investeringkosten in tabel 7.1 (bron: Kostenraming) zijn in geval van een mix van Level 1 en 2 lager dan bij het invoeren van Level 2 only (voor eindbeeld 3), terwijl de baten (onder andere snelheid, wachttijden overwegen) ook lager zijn. Per saldo levert deze situatie echter geen voordeel op: de baten/kostenverhouding is gelijk aan die voor eindbeeld 3.

Tabel 7.1: Overzicht baten en kosten van ERTMS Level 2plus op HRN en Level 1/2-mix (NCW, mln. euro, t.o.v. het nulscenario)

Scenario Economisch groeiscenario	Level 2plus		Level 1 / 2 Mix	
	GE	RC	GE	RC
Baten				
Directe effecten:				
Reistijdwinsten personenvervoer (bestaand en nieuw)	1.289	884	1.284	881
Reistijdwinsten goederenvervoer	27	22	27	22
Betrouwbaarheidsbaten personenvervoer	159	108	102	70
Betrouwbaarheidsbaten goederenvervoer	+	+	+	+
Extra winst personenvervoer vervoergroei	48	41	49	41
Exploitatiekosten agv toename snelheid	178	171	204	155
Exploitatiekosten agv toename punctualiteit	7	7	4	4
Interoperabiliteit	52	41	52	41
Besparing Energiekosten	69	69	60	60
Vertraging autoverkeer overwegen	108	74	49	34
Exploitatiekosten goederenvervoer	0	0	0	0
Indirecte effecten	237	163	219	151
Externe effecten				
Besparing maatschappelijke kosten onveiligheid trein	89	89	91	91
Maatschappelijke kosten onveiligheid baanwerkers	-	0	-	0
Besparing maatschappelijke kosten onveiligheid overwegen	26	26	14	14
Effecten geluid	-	-	-	-
Effecten emissies	++	++	++	++
Kosten				
Investeringskosten	-/- 1.496	-/- 1496	-/- 1.791	-/- 1791
Investeringskosten materieel	-/- 495	-/- 495	-/- 410	-/- 410
Vermeden investeringskosten	215	215	215	215
Onderhoudskosten	-/- 386	-/- 386	-/- 291	-/- 291
Onderhoud materieel	-/- 278	-/- 278	-/- 179	-/- 179
Vermeden vervangingskosten	441	441	191	191
Saldo	291	-/- 301	-/- 110	-/- 701
Totale baten	2.290	1.697	2.155	1.563
Totale kosten	-/- 1.999	-/- 1.999	-/- 2.265	-/- 2.265
Baten/kostenverhouding	1,1	0,8	1,0	0,7

Eindbeeld 2A Versnelde uitrol

In Eindbeeld 2A wordt het HRN uitgerust met ERTMS Level 2 en komen de PHS-trajecten daarbij als eerste aan de beurt. De uitrol op PHS-trajecten vergt een periode van 13 jaar. Een snellere uitrol van ERTMS kan interessant zijn om hoge vervangingskosten voor het bestaande beveiligingssysteem ATB te vermijden. Daarnaast kunnen baten van ERTMS in de tijd naar voren worden gehaald. In deze aanvullende analyse is dit geoperationaliseerd door de uitrol van ERTMS in 7 jaar te doen.

Uit de kostenraming blijkt dat een versnelde uitrol ongeveer € 150 mln (kasstromen) aan vervangingskosten voorkomt (4% lager). Deze kasstromen vertalen zich in een besparing van (afgerond) € 50 mln NCW (zie tabel 7.2). Doordat investeringen eerder in de tijd plaats vinden, stijgt de NCW van de investeringskosten met circa € 225 mln (9%). Per saldo leidt een versnelde uitrol dus tot ongeveer € 200 mln NCW hogere kosten.

In de versnelde uitrol blijft de omvang van de effecten van ERTMS ongeveer gelijk, maar treden deze eerder op. In de MKBA tellen effecten (en kosten) die eerder in de tijd plaatsvinden via de disconteringsfactor zwaarder mee. Het naar voren halen van de effecten van ERTMS volgens eindbeeld 2A levert een maatschappelijke baat op van in totaal ongeveer € 290 mln. (ten opzichte van eindbeeld 2A volgens het oorspronkelijke uitroltempo). De extra baten overstijgen de extra kosten van het versneld uitrollen. De baten/kostenverhouding van het versneld uitrollen blijft 1,0 in het GE-scenario en stijgt naar 0,8 in het RC-scenario.

Tabel 7.2 Overzicht maatschappelijke kosten en baten van eindbeeld 2A en eindbeeld 2A Versneld (NCW, mln. euro, t.o.v. het nulscenario)

Scenario	GE-scenario			RC-scenario		
	2A	2A Versneld	Ver- schil	2A	2A Versneld	Ver- schil
Directe effecten:						
Reistijdwinsten personen- vervoer (bestaand en nieuw)	1.289	1.457	168	884	1.013	129
Reistijdwinsten goederenvervoer	27	31	3	22	25	3
Betrouwbaarheidsbaten personenvervoer	159	179	20	108	123	15
Betrouwbaarheidsbaten goederenvervoer	+	+		+	+	
Extra winst personenvervoer door meer reizigers	48	54	6	41	46	5
Exploitatiekosten agv toename snelheid	178	200	22	171	171	-
Exploitatiekosten agv toename punctualiteit	7	8	1	7	8	1
Interoperabiliteit	52	58	6	41	46	5
Besparing Energiekosten	69	78	8	69	78	8
Vertraging autoverkeer overwegen	108	119	10	74	82	8
Exploitatiekosten goederenvervoer	0	0	0	0	0	0
Indirecte effecten	237	268	30	163	186	23
Externe effecten:						
Besparing maatschappelijke kosten onveiligheid trein	89	103	14	89	103	14
Maatschappelijke kosten onveiligheid baanwerkers	-	-	-	-	-	-
Besparing maatschappelijke kosten onveiligheid overwegen	26	29	3	26	29	3
Effecten geluid	-	-		-	-	
Effecten emissies	++	++		++	++	
Kosten:						
Investeringskosten	-/-1.881	-/-2.106	-/ 225	-/-1.881	-/-2.106	-/- 225
Investeringskosten materieel	-/-410	-/-410	0	-/-410	-/-410	0
Vermeden investeringskosten	215	215	-/-0	215	215	-/-0
Onderhoudskosten	-/-394	-/-447	-/-53	-/-394	-/-447	-/-53
Onderhoud materieel	-/-179	-/-179	0	-/-179	-/-179	0
Vermeden vervangingskosten	383	444	61	383	444	61
Saldo	24	94	69	-/-568	-/-577	-/-9
Totale baten	2.290	2.581	291	1.697	1.911	213
Totale kosten	-/-2.266	-/-2.488	-/-222	-/-2.266	-/-2.488	-/-222
Baten/kostenverhouding	1,0	1,0		0,7	0,8	

PM Door afronding tellen posten niet altijd op tot totalen

7.2 Gevoeligheidsanalyses

De inschatting van de kosten en effecten van ERTMS is omgeven met onzekerheden (Riskineering, 2014). Aan de kostenkant is daar voor een deel in voorzien door in de kostenraming een risico-opslag op te nemen en een probabilistische raming uit te voeren. Aan de batenkant is een onzekere factor de toekomstige ontwikkeling van het aantal reizigers en goederenvervoer. De twee economische groeiscenario's geven naar verwachting de bandbreedte waarbinnen de toekomstige vraag naar spoorvervoer zich zal ontwikkelen.

Om nog meer gevoel te krijgen voor de bandbreedte van de uitkomsten van de MKBA zijn in aanvulling hierop drie extra analyses uitgevoerd:

- ▶ 10% minder reizigers in 2035 (alleen GE-scenario). Zo zijn er onzekerheden omtrent de toekomst van de studentenkaart (in de LTSA groeiprognoses zijn hiervoor meerdere scenario's ingevoerd) en de effecten van PHS).
- ▶ Hogere kosten (beide economische groeiscenario's). Er is een probabilistische raming gemaakt met een bandbreedte van 25% (bron: Kostenraming). De kosten kunnen hoger of lager uitvallen. Hier is alleen het effect van hogere kosten inzichtelijk gemaakt.
- ▶ Lagere reistijd- en betrouwbaarheidsbaten (beide economische groeiscenario's).

De analyses zijn alleen uitgevoerd voor lagere baten of hogere kosten. Er kan ook sprake zijn van meevallende kosten of baten. Het effect heeft dan dezelfde orde van grootte maar dan in positieve zin.

10 procent minder reizigers

In tabel 7.3 is weergegeven wat het saldo van maatschappelijke kosten en baten is wanneer er onder het GE-scenario in 2035 10% minder reizigers zijn dan voorspeld volgens de LTSA-prognoses. 10% minder reizigers leidt tot € 140 tot 170 mln. lagere baten (7 tot 8% lager). Hierdoor daalt de baten/kostenverhouding met ongeveer 0,1.

Tabel 7.3: *Gevoeligheidsanalyse effect 10% minder reizigers in het GE-scenario (NCW, mln. euro, t.o.v. het nulscenario)*

	Eindbeeld 1	Eindbeeld 2 A	Eindbeeld 2 B	Eindbeeld 2 C	Eindbeeld 3
Totale baten	1.628	2.119	2.187	1.928	2.212
Vershil procentueel	-/-8%	-/-7%	-/-7%	-/-7%	-/-7%
Baten/kostenverhouding	0,9	0,9	1,0	0,9	0,9

Hogere kosten

Voor de kosten van invoering van ERTMS zijn probabilistische ramingen opgesteld. Hieruit volgen een verwachtingswaarde, welke is gehanteerd in de MKBA-berekening, en een spreiding rond deze verwachtingswaarde. Voor de infrastructuur gerelateerde kosten (realisatie, onderhoud en vervanging) ligt de bovengrens van de bandbreedte 27% boven de verwachtingswaarde; voor de materiele gerelateerde kosten (inbouw en onderhoud) ligt deze waarde 28% hoger dan de verwachtingswaarde. In de gevoeligheidsanalyse op de kosten zijn daarom deze bandbreedtes gehanteerd bij het berekenen van de bedragen. Tabel 7.4 geeft de resultaten weer. De kosten liggen absoluut gezien tussen €500 en €650 mln hoger dan in de basisberekeningen. De baten/kostenverhouding neemt met ongeveer 0,2 af.

Tabel 7.4: Gevoeligheidsanalyse effect 27% hogere infrastructuurgerelateerde kosten en 28% hogere materieelgerelateerde kosten (NCW, mln. euro, t.o.v. nulscenario)

GE-scenario	Eindbeeld 1	Eindbeeld 2 A	Eindbeeld 2 B	Eindbeeld 2 C	Eindbeeld 3
Totale kosten	-/-2.312	-/-2.883	-/-2.877	-/-2.736	-/-3.047
Verschiil absoluut	-/-496	-/-618	-/-616	-/-586	-/-652
Baten/kostenverhouding GE-scenario	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Baten/kostenverhouding RC-scenario	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6

Lagere reistijd- en betrouwbaarheidseffecten

In deze analyse is gekeken naar de impact van een lager effect van ERTMS op de reistijd en betrouwbaarheid. In de achterliggende onderzoeken naar de effecten van ERTMS is een gemiddeld effect bepaald, maar ook de spreiding rondom dit gemiddelde³³⁾. In de basisanalyses is uitgegaan van de gemiddelde waarde. In deze gevoeligheidsanalyse is de laagste waarden toegepast. Voor wat betreft reistijd betekent dit een 26% lager effect dan gemiddeld. Voor betrouwbaarheid komt deze waarde uit op 25% minder dan het gemiddelde³⁴⁾.

Uit tabel 7.5 blijkt dat een lagere waarden voor reistijd- en betrouwbaarheidseffecten resulteren in ongeveer 22% lagere baten. Hierdoor daalt de baten/kostenverhouding met ongeveer 0,2 vergeleken met de in de tabellen 6.1 en 6.2 gepresenteerde waarden.

Tabel 7.5: Gevoeligheidsanalyse effect 26% lager reistijdeffect en 25% lager effect op betrouwbaarheid (NCW, mln. euro, t.o.v. het nulscenario)

	Eindbeeld 1	Eindbeeld 2 A	Eindbeeld 2 B	Eindbeeld 2 C	Eindbeeld 3
GE-scenario:					
Totale baten	1.359	1.780	1.837	1.621	1.861
Verschiil absoluut	-/-411	-/-510	-/-526	-/-462	-/-528
Verschiil relatief	-/-23%	-/-22%	-/-22%	-/-22%	-/-22%
Baten/kostenverhouding GE-scenario	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8
RC-scenario:					
Totale baten	1.008	1.327	1.378	1.195	1.377
Verschiil absoluut	-/-297	-/-370	-/-385	-/-332	-/-381
Verschiil relatief	-/-23%	-/-22%	-/-22%	-/-22%	-/-22%
Baten/kostenverhouding RC-scenario	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6

³³⁾ Betreffen zogenaamde L- (laagste), U- (uiterste) en T- (top) waarden.

³⁴⁾ De L-waarde is 33% lager dan het gemiddelde. In de gevoeligheidsanalyse is het gelijktijdige effect van zowel lagere reistijdeffecten als lagere betrouwbaarheidseffecten doorgerekend. Echter, de kans dat zowel de reistijdeffecten als de betrouwbaarheidseffecten lager zijn dan gemiddeld, is klein, omdat beide effecten negatief gecorreleerd zijn. Als de reistijdeffecten kleiner zijn dan verwacht, is er meer ruimte om de betrouwbaarheid te verbeteren en omgekeerd. Om hiervoor enigszins voor te corrigeren is 75% van de L-waarde van de betrouwbaarheidseffecten genomen, resulterend in 25%.

8. Conclusies

De analyses in de voorgaande hoofdstukken leiden tot de volgende conclusies voor wat betreft de uitkomsten van de MKBA voor invoering van ERTMS in Nederland.

8.1 Eindbeelden

In tabel 8.1 zijn de indicatoren weergegeven uit de MKBA. De bandbreedte geeft de uitkomst in het hoge (GE) en lage (RC) scenario.

Tabel 8.1: *Beoordeling eindbeelden op MKBA-resultaten (migratiepad PHS eerst)*

		Eindbeeld 1 EU-plicht & PHS	Eindbeeld 2 geheel HRN	Eindbeeld 3 heel NL
Saldo baten	Hoge groei (GE)	-/-€ 46 mln	€ 24 mln	-€ 7 mln
kosten	Lagere groei (RC)	-/-€ 510 mln	-/-€ 568 mln	-/-€ 637 mln
B/K-verhouding	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-scenario voor alle eindbeelden ongeveer nul is. In het RC-scenario 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-scenario 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.

8.2 Migratiepaden

Eindbeeld 2 waarbij ERTMS Level 2 wordt uitgerold op het gehele HRN is nader uitgewerkt voor de onderscheiden migratiepaden. Tabel 8.2 geeft de resultaten.

Tabel 8.2: *Beoordeling migratiepaden van eindbeeld 2 (uitrol geheel HRN) op MKBA*

		PHS eerst	Vervanging eerst	Landsdelen eerst
Saldo baten	Hoge groei (GE)	€ 24 mln	€ 103 mln	-/-€ 66 mln
kosten	Lagere groei (RC)	-/-€ 568 mln	-/-€ 497 mln	-/-€ 623 mln
B/K-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. Kijkend naar de baten/kostenverhouding scoort het migratiepad Landsdelen eerste beperkt slechter dan de twee andere migratiepaden.

8.3 Aanvullende analyses

Voor het eindbeeld met uitrol van ERTMS voor het gehele spoornetwerk (eindbeeld 3) is aanvullend onderzoek uitgevoerd naar uitrol van de mix van Level 1 en Level 2. Daarnaast is een analyse uitgevoerd van de kosten van invoering van Level 2+ op het gehele HRN (eindbeeld 2). Het is niet zeker of deze laatste optie daadwerkelijke gerealiseerd kan worden. Daarnaast zijn kosten en baten van een versnelde uitrol van ERTMS in kaart gebracht. De resultaten van deze drie aanvullende analyses zijn weergegeven in tabel 8.3.

Tabel 8.3: *Beoordeling van de aanvullende varianten Level 1/2-mix en Level 2plus bij uitrol over geheel HRN)*

		L1/L2-mix	Level 2plus	Versnelde uitrol
Saldo baten	Hoge groei (GE)	-/-€ 110 mln	€ 291 mln	€94 mln
kosten	Lagere groei (RC)	-/-€701 mln	-/-€301 mln	-/-€577 mln
B/K-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 daarmee gelijk aan die in eindbeeld 3.

In het onderzoek is aangenomen dat de baten van de aanleg van Level 2+ gelijk zijn aan die van de aanleg van Level 2, omdat de functionaliteit gelijk is. Er kunnen kostenbesparingen worden gerealiseerd, hetgeen leidt tot een gunstiger baten/kostenverhouding. Zo mag bij hoge economische groei een toename van de welvaart worden verwacht, omdat de baten/kostenverhouding hoger dan 1 is.

Tevens is gekeken naar een versnelde uitrol, waarbij is uitgegaan van een ombouw van alle PHS-trajecten in zeven jaar, waardoor de baten sneller worden gerealiseerd. De baten/kostenverhouding van het versneld uitrollen verbetert licht maar blijft in het hoge groeiszenario (afgerond) 1,0. Hiermee scoort deze optie beter dan die van het niet-versneld uitrollen.

Mede op basis van risicoanalyses zijn een aantal gevoeligheidsanalyses uitgevoerd voor de belangrijkste aannames. De resultaten hiervan zijn:

1. Het aantal reizigers kan lager uitvallen dan geprognoseerd. 10% minder reizigers verlaagt de baten/kostenverhouding grosso modo met 0,1 punt. 10% meer reizigers leidt tot een evenredig groot effect, maar dan de andere kant op.
2. Er is een bandbreedte rond de kosten van ongeveer 25%. Dit leidt tot een effect op de baten/kostenverhouding van ongeveer 0,2 punten.
3. Lagere reistijd- en betrouwbaarheidseffecten van 25% leiden ook tot een afname van de baten/kostenverhouding met ongeveer 0,2 punten. Hogere reistijd- en betrouwbaarheidseffecten leiden tot een verhoudingsgewijs even groot effect op de baten/kostenverhouding, maar dan de andere kant op.

Bijlage 1 Kengetallen en berekeningswijze

In deze bijlage wordt ingegaan op de in de MKBA gebruikte kengetallen en de berekeningswijze. Doel hiervan is de mogelijkheid te bieden de berekeningen te reproduceren.

Netto contante waarde

Kosten en baten in toekomstige jaren worden naar het planjaar teruggerekend door de netto contante waarde ervan te bepalen. Zowel kosten als baten hebben in het planjaar een lagere waarde dan in verder in de toekomst gelegen jaren. De waardering van de kosten en baten wordt netto contant gemaakt door met de discontovoet van 5,5% te verrekenen. Deze bestaat uit een risicovrije discontovoet van 2,5% in combinatie met een projectspecifieke risico-opslag van 3%. In de MKBA wordt gewerkt met reële prijzen.

Basisjaar en looptijd

Basisjaar voor de MKBA is 2015. Dit betekent dat alle kosten en baten zijn teruggerekend naar 2015. Prijspeil is 2013. De periode waarover kosten en baten zijn beschouwd is 50 jaar, dat wil zeggen de periode 2015 – 2065, ook al beginnen de baten pas later.

Volgens de MKBA-richtlijnen worden de kosten en effecten van de projectalternatieven in principe bepaald over een 'oneindige' zichtperiode. Dit wordt meestal geoperationaliseerd door een zichtperiode van 100 jaar na het moment van ingebruikname te bezien³⁵⁾. Deze richtlijnen hebben echter vooral betrekking op projecten die investeren in 'harde' fysieke infrastructuur, zoals (spoor)wegen, viaducten, tunnels, bruggen, etc. Mits goed onderhouden hebben dergelijke objecten een levensduur van minstens 100 jaar. In het geval van ERTMS bestaan de investeringen uit het aanleggen of vervangen van beveiligingssysteem. Deze bestaan hoofdzakelijk uit ICT-hardware, zoals bekabeling, seinen en treindetectie, en ICT-software. De technische levensduur van de beveiligingsinstallaties waaronder treindetectie, bekabeling en seinen is ongeveer 50 jaar. Voor wat betreft ICT-software gaan de technologische ontwikkelingen zeer snel, zodat de levensduur hiervan relatief korter is³⁶⁾. Daarom is gekozen om de kosten en effecten over een periode van 50 jaar te beschouwen. Dit betekent dat de MKBA betrekking heeft op de periode 2015 – 2065.

Autonome vervoersontwikkeling

In onderstaande tabel is aangegeven van welke autonome ontwikkeling van het aantal treinreizigers is uitgegaan.

Jaarlijkse autonome groei aantal reizigers	GE-scenario	RC-scenario
2010 t/m 2020	2,2%	1,1%
2021 t/m 2030	1,2%	0,3%
2031 t/m 2065	0%	0%

In onderstaande tabel is aangegeven van welke autonome ontwikkeling in het goederenvervoer is uitgegaan.

Jaarlijkse autonome groei goederenvervoer	HV-scenario	LG-scenario
2010 t/m 2020	3%	1,5%
2021 t/m 2065	0%	0%

³⁵⁾ Vanwege de discontering hebben kosten en baten na 100 jaar een verwaarloosbaar gewicht.

³⁶⁾ Veel MKBA's voor ICT-projecten gaan uit van een zichtperiode van 15 jaar, bijvoorbeeld de MKBA voor OV-chipkaart en Basisregistratie Grootchalige Topografie.

BTW

De investeringskosten zijn inclusief BTW geraamd. Bij de baten is gebruik gemaakt van de Praktische Werkinstructie ten behoeve van het werken met consistentie prijzen bij MKBA's van het (Kernteam OEI, 2011).

Value of time

Bron voor de waarden van de Value of Time (VoT) is het KIM-onderzoek 'De Maatschappelijke Waarde van een Kortere en Betrouwbaardere Reistijd' (2013) en de advieswaarden die het Steunpunt Economie van Rijkswaterstaat op basis hiervan heeft afgeleid met een gemiddelde VoT.

De value of time voor personenvervoer per trein bedraagt volgens het KIM in 2010 (prijspeil 2010) € 9,25 per uur. Voor het goederenvervoer over het spoor bedraagt de value of time per trein in 2010 €1.270,- per uur (prijspeil 2010, marktprijzen, dus inclusief BTW).

De waarde van de VoT neemt in reële termen toe gedurende de loop van de tijd, vooral als gevolg van toename van (reële) inkomens. De volgende waarden worden gehanteerd. (Bron: Steunpunt Economie Rijkswaterstaat)

Reële groei reistijdwaardering personenvervoer / jaar	GE-scenario	RC-scenario
2010 t/m 2020	2,9%	1,3%
2021 t/m 2065	1,5%	1%

Voor het goederenvervoer per spoor zijn in het KIM-rapport geen reistijdwaarderingen bepaald. Deze zijn afgeleid uit de factorkosten, de afruilratio en de economische ontwikkeling (bij hoge groei neemt de tijdswaardering toe); de waarden zijn 1.400,70 euro (GE-scenario) en 1.378,10 euro (RC-scenario). Een deel van het goederenvervoer en internationaal personenvervoer wordt verzorgd door buitenlandse ondernemingen; een deel van de baten komt daardoor buiten Nederland terecht en mag dan niet worden meegerekend in een MKBA. Dit aandeel is geschat op de helft van de ontstane baten.

Ophoogfactor werkdag naar jaartotaal

Om de etmaalwaarden van de reizigersaantallen en reizigerskilometers te kunnen ophogen naar jaartotalen is de gangbare factor 310 toegepast.

Reistijdwinsten personenvervoer, nieuwe reizigers

Een afname van de reistijd leidt tot een toename van het aantal reizigerskilometers, zowel door nieuwe reizigers als door frequenter treingebruik door bestaande reizigers. De elasticiteit bedraagt 0,7. De reistijdwinst die nieuwe reizigers ervaren is half zo groot als die van de bestaande reizigers (rule of half). Ook hier wordt niet gedifferentieerd naar netwerksegment, reisafstand en type trein. Wel is het effect eerst op trajectniveau bepaald en vervolgens opgehoofd naar totalen

Reistijdwinsten goederenvervoer

Voor de berekening van de reistijdwinst van het goederenvervoer is voor 2013 uitgegaan van 70.000 treinen per jaar op het binnenlandse railnet, exclusief de Betuweroute en de havenspoelen. Tussen 2013 en 2020 neemt het goederenvervoer jaarlijks toe met 3% (GE-scenario), respectievelijk 1,5% (RC-scenario). In het basisjaar 2020 bedraagt het aantal treinen 86.100. Deze waarden zijn berekend op basis van de dienstregeling 2013 met rijtijden (exclusief geplande stilstanden langer dan 15 min) verdeeld over de Betuweroute/Havenlijn, Terneuzen- Vlaanderen en de rest van Nederland en vervolgens over een jaarperiode opgeteld.

Verondersteld is dat de helft van de reistijdwinsten van het goederenvervoer ten goede komen aan de Nederlandse markt en de andere helft weglekt naar het buitenland.

Betrouwbaarheidswinsten personenvervoer

In het KIM-onderzoek 'De Maatschappelijke Waarde van een Kortere en Betrouwbaardere Reistijd' (2013) zijn waarden voor de Value of Reliability (VoR) afgeleid. Deze zijn in deze MKBA echter niet gebruikt, omdat deze VoR alleen mag worden toegepast wanneer informatie beschikbaar is over de variatie in reistijden, en dat was hier niet het geval. Daarom zijn de bespaarde uren als gevolg van een verbeterde betrouwbaarheid gewaardeerd met behulp van de VoT, vermenigvuldigd met een ophoogfactor van 2,5. Deze waarde is gebaseerd op het KIM onderzoek 'Het belang van openbaar vervoer. De maatschappelijke effecten op een rij' (2009). Uit dit rapport blijkt dat reizigers wachttijd op stations een factor 2,5 hoger waarderen dan zuivere reistijd (met andere woorden: (extra) wachttijd op een station wordt 2,5 maal zo onplezierig ervaren als (extra) reistijd die wordt doorgebracht in de trein). Door deze factor toe te passen is verondersteld dat minder verliestijd als gevolg van een betrouwbaarheidsverbetering volledig bestaat uit minder wachttijd op stations.

Betrouwbaarheidswinsten goederenvervoer

De betrouwbaarheidswinst voor het goederenvervoer is kwalitatief ingeschat op basis van capaciteitswinst door ERTMS op voor goederenpaden relevante delen van het netwerk.

Effecten exploitatiekosten personenvervoer

De effecten op de exploitatiekosten personenvervoer omvatten de extra winst door de toename van het aantal reizigers en reizigerskilometers, de lagere exploitatiekosten door toename van de snelheid en punctualiteit en er ontstaan baten door een lager energiegebruik. Omdat hierbij gebruik gemaakt wordt van interne NS-gegevens is het niet mogelijk om deze gegevens nader te omschrijven.

Effecten exploitatiekosten goederenvervoer

De effecten op de exploitatiekosten goederenvervoer zijn kwalitatief ingeschat.

Indirecte effecten

Er is geen specifiek onderzoek gedaan naar de indirecte effecten van de invoering van ERTMS. In de MKBA zijn de indirecte effecten geschat door uit te gaan van een vast percentage, als opslag op de directe effecten. Uit eerdere MKBA's is naar voren gekomen dat de omvang van de indirecte effecten globaal tussen de 0 en 30% van de directe effecten is. In deze studie is uitgegaan van het gemiddelde daarvan: 15%.

Vertraging autoverkeer overwegen

De reistijdwinsten van het autoverkeer als gevolg van kortere wachttijden bij overwegen zijn gewaardeerd met behulp van de VoT voor personenauto's. Bron is het reeds genoemde KIM-onderzoek. De VoT in 2010 (prijspeil 2010) bedraagt € 9,00. De VoT in 2013 (prijspeil 2013) bedraagt € 9,38 (GE-scenario) en € 9,22 (RC-scenario).

Naast autobestuurders kunnen ook autopassagiers reistijdwinst ervaren. De effecten voor autopassagiers zijn bepaald door rekening te houden met de gemiddelde bezettingsgraad van personenauto's (waarde 1,19, die geleidelijk in de tijd afneemt).

Interoperabiliteit

De baten die ontstaan door interoperabiliteit zijn kwalitatief ingeschat.

Maatschappelijke kosten onveiligheid trein

De maatschappelijke waarde van de besparing van een dodelijk letsel bedraagt in 2013 € 2.877.857 (prijspeil 2013, exclusief BTW, conform Rijkswaterstaat (2013) 'Handreiking Toepassing BTW-tarieven kengetallen KBA'). De maatschappelijke waarde van de besparing van een gewonde is in 2013 € 295.870 (prijspeil 2013, excl. BTW). Deze cijfers zijn gebaseerd op gegevens van het Steunpunt Economie van Rijkswaterstaat 2010, opgehoogd naar prijspeil 2013. De maatschappelijke waarde van de besparing van een treinongeval waar alleen materiële schade optreedt is in 2013 € 500.000 per ongeval (prijspeil 2013). Dit is gebaseerd op gegevens van NS over verzekeringsuitkeringen bij recente treinongevallen. MuConsult heeft daarbij een gemiddelde bepaald. Ook in het nulscenario is sprake van een veiligheidsverbetering. De effecten in de projectscenario's worden steeds gewaardeerd ten opzichte van het nulscenario.

Bijlage 2 Geraadpleegde bronnen

- ▶ Arcadis (2014) Referentieontwerp ERTMS
- ▶ BCG (2014). Kostenraming voor invoering ERTMS in Nederland.
- ▶ Centraal Planbureau & Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid (2009) Het belang van openbaar vervoer, de maatschappelijke effecten op een rij, Den Haag.
- ▶ Centraal Planbureau en Planbureau voor de Leefomgeving (2013) Algemene leidraad voor maatschappelijke kosten-batenanalyse, Den Haag.
- ▶ DBvision, 2014, ERTMS: Indicatieve effecten/kosten voor geluid, memo d.d. 17 januari 2014.
- ▶ Decisio (2011) Indirecte effecten; Een verkenning naar indirecte effecten in Maatschappelijke Kostenbatenanalyses, Amsterdam.
- ▶ Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid (2013) De maatschappelijke waarde van kortere en betrouwbaardere reistijden, Den Haag.
- ▶ Leigh Fisher (2014), 'ERTMS L2+, een reëel alternatief?'
- ▶ Ministerie van Infrastructuur en Milieu (2013) Nota Reikwijdte en Detailniveau (NRD). Verkenning naar de aanpak en implementatie van ERTMS. September 2013
- ▶ Ministerie van Infrastructuur en Milieu (2013) Nota Kansrijke Scenario's (NKS)
- ▶ Ministerie van Infrastructuur en Milieu (2013) Railmap ERTMS Versie 2.0 - Stand van zaken onderzoeken Verkenningfase. December 2013
- ▶ Ministerie van Infrastructuur en Milieu (2013) Lange Termijn Spooragenda. Visie, ambities en doelen. Februari 2013
- ▶ MuConsult (2014) Nota van Uitgangspunten ERTMS
- ▶ MuConsult (2014) Rapportage effecten ERTMS
- ▶ ProRail (2014). Railmap ERTMS Capaciteitseffecten Level 2. Utrecht
- ▶ Riskineering (2014) Risico-analyse ERTMS-scenario's.