

# Gevoeligheidsanalyse Nederlandse ERTMS implementatiestrategie

Reference: 334146  
Draft: 1.0\_Definitief

### Document Autorisatie

**Compiled by:** L. Wildenburg **6-3-2008**  
**Signed:** ..... **Date:** .....  
**Approved by:** A. van Aniel **6-3-2008**  
**Signed:** ..... **Date:** .....

### Distribution

Name	Organisation	From (Issue)	To (Issue)
A. van Aniel	ProRail	0.1	1.0

Uncontrolled copies as required (334146 - Gevoeligheidsanalyse Nederlandse ERTMS strategie.doc)

### Document History

Issue	Date	Compiled by	Changes
0.1	30-01-2008	L. Wildenburg	Initial draft.
1.0	23-02-2008	L. Wildenburg	Final draft
1.0	06-03-2008	L. Wildenburg	Definitief

### © ProRail 2008

This document was prepared for ProRail under the terms of a contract. The information herein is confidential and shall not be divulged to a third party without the prior permission of Lloyd's Register Rail Europe B.V.

Lloyd's Register Rail, its affiliates and subsidiaries and their respective officers, employees or agents are, individually and collectively, referred to in this clause as the 'Lloyd's Register Group'. The Lloyd's Register Group assumes no responsibility and shall not be liable to any person for any loss, damage or expense caused by reliance on the information or advice in this document or howsoever provided, unless that person has signed a contract with the relevant Lloyd's Register Group entity for the provision of this information or advice and in that case any responsibility or liability is exclusively on the terms and conditions set out in that contract.

## Inhoudsopgave

<b>1</b>	<b>Inleiding.....</b>	<b>3</b>
1.1	Achtergrond.....	3
1.2	Vraagstelling.....	3
1.3	Leeswijzer.....	4
<b>2</b>	<b>Werkwijze.....</b>	<b>5</b>
2.1	Uitgangspunten netto contante waarde berekening.....	5
<b>3</b>	<b>De Nederlandse ERTMS implementatiestrategie.....</b>	<b>7</b>
<b>4</b>	<b>Overzicht van de risico's voor het voorkeursmigratiescenario</b>	<b>8</b>
<b>5</b>	<b>Robuustheid van het voorkeursmigratiescenario.....</b>	<b>9</b>
5.1	Netto contante waarde vergelijking voor migratiescenario.....	9
5.2	Ombouw materieel duurt langer dan voorzien (risico A).....	10
5.3	Implementatie periode van ERTMS duurt langer (Risico B).....	11
5.4	infra en materieel investeren zijn significant anders (Risico C).....	12
5.5	Prijsstijgingen en dalingen (Risico D).....	15
5.6	Lagere Baten (Risico E).....	16
<b>6</b>	<b>Conclusies.....</b>	<b>18</b>
	<b>Bijlage A Documentenlijst.....</b>	<b>20</b>
	<b>Bijlage B Life cycle kostenmodel voor gevoeligheidsanalyse.....</b>	<b>21</b>

## **1 Inleiding**

### **1.1 Achtergrond**

ProRail heeft samen met de vervoerders (NS en de BRG) een ERTMS implementatiestrategie voor Nederland opgesteld en medio 2007 aangeboden aan de Minister van Verkeer en Waterstaat [1]. In het onderhavige rapport is een vijftal strategische vraagstukken omtrent implementatie ERTMS uitgewerkt en is aan de hand van deze vraagstukken een tweetal scenario's voor implementatie uitgewerkt in zowel investeringen als baten. Het eindadvies van de spoorsector is het voorkeursscenario "Dubbele systemen in materieel": landelijke invoering van ERTMS Level 2, waarbij de migratie zal plaatsvinden via tijdelijke dubbele systemen (ATB-STM + ERTMS) in het materieel. Deze strategie van de spoorsector zal hieronder de Nederlandse ERTMS implementatiestrategie worden genoemd.

De Nederlandse ERTMS implementatiestrategie is mede gebaseerd op een business case waarin de consequenties voor wat betreft investeringen en baten van de verschillende scenario's in kaart zijn gebracht.

Booz Allen Hamilton (BAH) heeft in juli 2007 een onafhankelijke due diligence uitgevoerd op de Nederlandse ERTMS implementatiestrategie en bijbehorende onderliggende business case [4]. In augustus 2007 is de spoorsector ERTMS implementatiestrategie met de resultaten van de due diligence aangeboden aan de Minister van Verkeer en Waterstaat. Het Ministerie heeft hierop door Arcadis een second opinion op laten uitvoeren [5].

### **1.2 Vraagstelling**

ProRail wil de robuustheid van de Nederlandse ERTMS implementatiestrategie bepalen op basis van een gevoeligheidsanalyse van de business case en heeft Lloyd's Register Rail gevraagd deze gevoeligheidsanalyse uit te voeren. Doel is om aan de hand van de grootste onzekerheden inzicht te geven in de robuustheid van de Nederlandse ERTMS implementatiestrategie en de bijbehorende business case. De gevoeligheidsanalyse is mede uitgevoerd op de basis van de informatie van de due diligence van BAH en second opinion van Arcadis.

### **1.3 Leeswijzer**

Dit document heeft de volgende structuur:

- Hoofdstuk 2 beschrijft de werkwijze.
- Hoofdstuk 3 bevat een overzicht van de Nederlandse ERTMS implementatiestrategie.
- Hoofdstuk 4 Bevat een overzicht van de risico's voor het voorkeursmigratie scenario "migratie via dubbele systemen in het materieel" .
- Hoofdstuk 5 bevat de resultaten van het robuustheidsonderzoek van het voorkeursmigratiescenario. Op basis van de risico's van hoofdstuk 4.
- Hoofdstuk 6 bevat de conclusie.

## 2 Werkwijze

Voor de gevoeligheidsanalyse is de volgende werkwijze gehanteerd.

- Er is een levenscycluskostenberekening op basis van netto contante waarde voor de twee migratiescenario's opgesteld: "migratie via dubbele systemen in het materieel" en "migratie via dubbele systemen in de infrastructuur". Uitgangspunt voor deze berekening is de Nederlandse ERTMS strategie [1]. Hieronder is meer informatie over de netto contante waarde berekening opgenomen.
- De belangrijkste risico's voor de migratie zijn opgesteld op basis van de informatie van Banedanmark, Network Rail en ProRail. Dit betreft de afdeling Treinbeveiliging en AKI (Aanbestedingszaken, Kostenmanagement en Inkoop). Deze zijn opgenomen in hoofdstuk 4.
- De gevoeligheid van het voorkeursmigratiescenario is vervolgens bepaald door voor de belangrijkste kwantificeerbare risico's de financiële consequenties te bepalen. Hiervoor zijn de parameters van de netto contante waarde berekening aangepast. De resultaten hiervan zijn opgenomen in hoofdstuk 5.

### 2.1 Uitgangspunten netto contante waarde berekening

De netto contante waardeberekening is gebaseerd op de uitgangspunten van de Nederlandse ERTMS strategie [1,15].

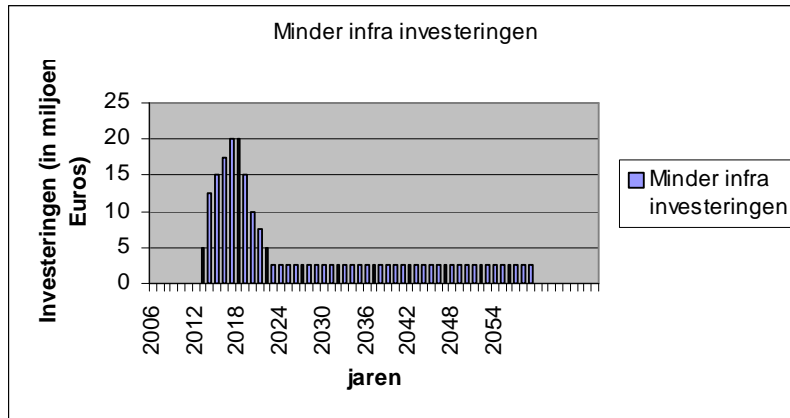
De aanname voor de netto contante waardeberekeningen zijn hieronder weergegeven:

- De business case behorende bij de Nederlandse ERTMS strategie is gebaseerd op kosteninformatie met prijspeil 2006, verder is verondersteld dat de inflatie gelijk is aan prijsstijgingen en de tijdsafhankelijke waarde van geld is niet meegenomen. In de netto contante waarde berekening is de tijdsafhankelijke waarde van geld wel meegenomen, er is uitgegaan van een rentevoet van 3%. Het Ministerie van Financiën hanteert een discontovoet van de 2½% voor maatschappelijke kosten-batenanalyses, business-cases en analyses in het kader van publiek-private samenwerkingsprojecten<sup>1</sup>. In het kader van het robuustheidsonderzoek is ook de netto contante waarde voor een rentevoet van 7% berekend.
- ERTMS wordt gelijktijdig geïntroduceerd met de vervanging van de bestaande treinbeveiligingsinstallaties in de periode van 2013 t/m 2037 waarbij is verondersteld dat de kosten gelijkmatig over de 25 jaar zijn verdeeld.
- Voor het migratiescenario "dubbele systemen in het materieel" wordt uitgegaan van het ombouwen van bestaand materieel (voorzien van ERTMS +ATB STM) in de periode van 2008 t/m 2012 waarbij is verondersteld dat de kosten gelijkmatig over de 5 jaar zijn verdeeld.
- De onderhoudskosten van de ERTMS installaties in infrastructuur lopen op naarmate meer ERTMS installaties in de infrastructuur zijn gerealiseerd.

---

<sup>1</sup> [www.minfin.nl](http://www.minfin.nl)

- Voor het migratiescenario “dubbele systemen in infrastructuur” wordt voor de ombouw van materieel uitgegaan van de momenten waarop nieuw materieel instroomt, hiervoor is gebruik gemaakt van de materieelplanning van NS Reizigers.
- De baten van de Nederlandse ERTMS strategie zijn meegenomen, dit zijn:
  1. Veiligheid, geschat op 0,9 miljoen per jaar bij volledige landelijke ERTMS implementatie;
  2. Investerings die kunnen worden uitgespaard door de invoering van ERTMS. De in de netto contante waarde berekening meegenomen omvang van minder infrastructuurinvesteringen is weergegeven in de onderstaande figuur;



Figuur 2-1 minder infra investeringen in netto contante waarde berekening

3. Verkorte opvolgtijden, geschat op 10 miljoen per jaar bij volledige landelijke ERTMS implementatie;
4. Lagere exploitatiekosten voor de vervoerder, geschat op 2 miljoen per jaar bij volledige ERTMS implementatie in het materieel.

De netto contante waarde berekening is bijgevoegd en toegelicht in bijlage B.

### 3 De Nederlandse ERTMS implementatiestrategie

Door de spoorsector zijn belangrijke keuzemogelijkheden benoemd bij de implementatie van ERTMS. Dit betreffen (1) systeemkeuze en migratiestrategie (2) het startmoment, (3) het tempo, en (4) de eindambitie van het ERTMS-netwerk in Nederland inclusief alle bijbehorende acties. Op deze keuzemogelijkheden zijn samenhangende strategische keuzes noodzakelijk om te komen tot een 'slimme' implementatiestrategie. In onderstaande tabel is deze Nederlandse ERTMS implementatiestrategie weergegeven.

	MATERIEEL	INFRASTRUCTUUR
1. Systeemkeuze	ERTMS + ATB-STM	Korte Termijn: ERTMS Level 2 Lange Termijn: ERTMS Level 3
2. Startmoment	2009 (gereed: 2012)	Vanaf 2012
3. Tempo	Big Bang: binnen enkele jaren gehele materieelpark ombouwen.	Per infra-corridor, afhankelijk van: 1. eisen snelheid >160 km/u 2. interoperabiliteit-eisen 3. capaciteit en functionaliteit 4. moment vervanging trein-beveiligingssystemen
4. Eindambitie	Gehele materieelpark gereed in 2012	Gehele railnetwerk in 2035 voorzien van ERTMS (-componenten).

*Tabel 3-1 Nederlandse ERTMS implementatiestrategie*

In de "implementatie strategie ERTMS" is het bovenstaande verwoord in de volgende 5 hoofdconclusies [1]:

1. Ambieer implementatie van ERTMS Level 3, maar focus vooralsnog op ERTMS Level 2.
2. De meest efficiënte invoering van ERTMS is een migratie via 'dubbele' systemen in het materieel. Hiermee worden de integrale kosten geminimaliseerd en worden de baten versneld geïncasseerd.
3. Invoering van ERTMS per infra-corridor, gekoppeld aan de vervanging van de bestaande beveiligingssystemen, voorkomt inefficiënte investeringen.
4. De aanwezige kansen, maar zeker ook de risico's en onzekerheden noodzaken om de voorbereidingen voor landelijke implementatie nú te starten.
5. Acties zijn noodzakelijk om de business case voor ERTMS voor landelijke implementatie te verbeteren.

In dit document is de gevoeligheid van hoofdconclusie 2 onderzocht.



## 4 Overzicht van de risico's voor het voorkeursmigratiescenario

In dit hoofdstuk wordt een overzicht gegeven van de belangrijkste geïdentificeerde risico's. Daarbij zijn de gevolgen voor de Nederlandse ERTMS implementatie strategie en het effect op de bijbehorende business case aangegeven. Het effect op de business case is in het hoofdstuk 5 gebruikt om de robuustheid van de business case te bepalen.

Nr.	Risico	Gevolgen	Effect op Business case
A	Ombouw materieel naar ERTMS materieel duurt langer dan de voorziene vijf jaar.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Lijngewijze inzet materieel in deelparken.</li> <li>De implementatie van ERTMS level 2 kan mogelijk niet per 2013 aan-vangen.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Het effect hiervan is geanalyseerd in de gevoeligheidsanalyse, zie paragraaf 5-2.</li> </ul>
B	De implementatie periode van ERTMS level 2 gaat langer duren, bijvoorbeeld 30 jaar in plaats van de nu voorziene 25 jaar.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Langere periode met ERTMS-investeringen.</li> <li>Langer dubbele systemen in materieel noodzakelijk.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Het effect hiervan is geanalyseerd in de gevoeligheidsanalyse, zie paragraaf 5.3.</li> </ul>
C	De investeringskosten voor de implementatie van ERTMS in de infrastructuur en het materieel zijn significant anders.	<ul style="list-style-type: none"> <li>De investerings-kosten voor infrastructuur wijzigen significant.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Het effect hiervan is geanalyseerd in de gevoeligheidsanalyse, zie paragraaf.5.4.</li> </ul>
D	Er treden prijsstijgingen op bij de ERTMS apparatuur..	<ul style="list-style-type: none"> <li>De investerings-kosten voor infrastructuur en materieel wijzigen significant.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Het effect hiervan is geanalyseerd in de gevoeligheidsanalyse, zie paragraaf 5.5.</li> </ul>
E	De te verwachte baten kunnen niet worden gerealiseerd.	<ul style="list-style-type: none"> <li>De baten vallen lager uit.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Het effect hiervan is geanalyseerd in de gevoeligheidsanalyse, zie paragraaf 5.6.</li> </ul>
F	Materieelombouwkosten bij migratie via dubbele systemen in materieel worden significant hoger en de materieelombouwkosten bij migratie via dubbele systemen in de infrastructuur worden significant lager.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Investeringskosten van beide scenario;s veranderen.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Het effect hiervan is geanalyseerd in de gevoeligheidsanalyse, zie paragraaf.5.7.</li> </ul>

Tabel 4-1 Overzicht belangrijkste risico's

## 5 Robuustheid van het voorkeursmigratiescenario.

### 5.1 Netto contante waarde vergelijking voor migratiescenario

De robuustheid van het voorkeursmigratiescenario "migratie via dubbele systemen in het materieel" is onderzocht door dit scenario op basis van netto contante waarde te vergelijken met het alternatief: "migratie via dubbele systemen in de infrastructuur". De robuustheid is onderzocht aan de hand van de risico's A t/m F uit tabel 4.1.

Het uitgangspunt voor de robuustheidsanalyse is de netto contante waarde berekening voor beide migratiescenario's op basis van de huidige uitgangspunten van de business case behorende bij de Nederlandse ERTMS implementatiestrategie. De resultaten hiervan zijn weergegeven in de tabel 5.1. De details van de netto contante waarde berekening zijn opgenomen in bijlage B.

<b>Tabel 5-1 Netto Contante waarde berekening voor huidige Business Case</b> (bedragen in miljoenen Euro's)		
<b>Scenario</b>	Migratie via dubbele systemen in materieel	Migratie via dubbele systemen in infrastructuur
<b>Investeringsplan</b>		
a) Vervangingsplan treininstallaties	170 (periode 2013-2037)	-75 (periode 2013-2037)
b) ERTMS infrastructuur	-600 (periode 2013-2037)	-600 (periode 2013-2037)
c) ERTMS infraonderhoud per jaar	-3	-4
d) ERTMS materieel	-280 periode (2008-2012)	-460 (instroom nieuw materieel)
<b>Baten</b>		
f) Veiligheid	0,9 per jaar <sup>1)</sup>	0,9 per jaar <sup>1)</sup>
g) Minder infra investeringen	Gemiddeld 5 per jaar	Gemiddeld 5 per jaar
h) Verkorte opvolgtijden	10 per jaar <sup>1)</sup>	10 per jaar <sup>1)</sup>
i) Lagere exploitatiekosten	2 per jaar <sup>2)</sup>	2 per jaar <sup>1)</sup>
<b>Netto Contante Waarde rentevoet 7%</b>	<b>-223</b>	<b>-338</b>
<b>Netto Contante Waarde rente voet 3%</b>	<b>-227</b>	<b>-573</b>

- 1) Bij volledige ERTMS implementatie in materieel en infrastructuur.
- 2) Bij volledige ERTMS implementatie in het materieel.

## 5.2 Ombouw materieel duurt langer dan voorzien (risico A).

Indien bij de migratie via dubbele systemen in het materieel de ombouw van het materieel langer duurt dan de nu voorziene 5 jaar zijn er twee mogelijkheden:

- 1) Er wordt besloten in deelparken te gaan rijden, de eventuele financiële consequenties hiervan zijn niet verder bekeken.
- 2) De inbouw van ERTMS in de infrastructuur zal later aanvangen. In de onderstaande tabel is de netto contante waarde uitgerekend voor migratiescenario "dubbele systemen in materieel" waarbij ERTMS drie later in de infrastructuur wordt geïmplementeerd (periode 2016-2040). Niet gewijzigde waarde ten opzichte van de ProRail Business Case zijn grijs weergegeven. De netto contante waarde voor migratie via dubbele systemen in de infrastructuur verandert niet.

<b>Tabel 5-2 Netto Contante waarde berekening bij langere ombouwperiode materieel</b> (bedragen in miljoenen Euro's)		
<b>Scenario</b>	<b>Migratie via dubbele systemen in materieel</b>	<b>Migratie via dubbele systemen in infrastructuur</b>
<b>Investeringsplan</b>		
a) Vervangingsplan treininstallaties	170 (periode 2016-2040)	-75 (periode 2013-2037)
b) ERTMS infrastructuur	-600 (periode 2016-2040)	-600 (periode 2013-2037)
c) ERTMS infraonderhoud per jaar	-3	-4
d) ERTMS materieel	-280 (periode 2008-2015)	-460 (instroom nieuw materieel)
<b>Baten</b>		
f) Veiligheid	0,9 per jaar <sup>1)</sup>	0,9 per jaar <sup>1)</sup>
g) Minder infra investeringen	Gemiddeld 5 per jaar	Gemiddeld 5 per jaar
h) Verkorte opvolgtijden	10 per jaar <sup>1)</sup>	10 per jaar <sup>1)</sup>
i) Lagere exploitatiekosten	2 per jaar <sup>2)</sup>	2 per jaar <sup>1)</sup>
<b>Netto Contante waarde rentevoet 7%</b>	<b>-208</b>	<b>-338</b>
<b>Netto Contante waarde Rentevoet 3%</b>	<b>-239</b>	<b>-573</b>

1) Bij volledige ERTMS implementatie in materieel en infrastructuur.

2) Bij volledige ERTMS implementatie in het materieel.

### 5.3 Implementatie periode van ERTMS duurt langer (Risico B)

Het risico dat de implementatie van ERTMS langer gaat duren is onderzocht, hierbij is uitgegaan van een ombouwperiode van 30 jaar in plaats van 25 jaar. De uitgangspunten voor de netto contante waarde berekening zijn opgenomen in de onderstaande tabel.

<b>Tabel 5-3 Netto Contante waarde berekening bij langere ombouwperiode infrastructuur</b> (bedragen in miljoenen Euro's)		
<b>Scenario</b>	Migratie via dubbele systemen in materieel	Migratie via dubbele systemen in infrastructuur
<b>Investerings</b>		
a) Vervangingsplan treininstallaties	170 (periode 2013-2042)	-75 (periode 2013-2042)
b) ERTMS infrastructuur	-600 (periode 2013-2042)	-600 (periode 2013-2042)
c) ERTMS infraonderhoud per jaar	-3	-4
d) ERTMS materieel	-280 (periode 2008-2012)	-460 (instroom nieuw materieel)
<b>Baten</b>		
f) Veiligheid	0,9 per jaar <sup>1)</sup>	0,9 per jaar <sup>1)</sup>
g) Minder infra investeringen	Gemiddeld 5 per jaar	Gemiddeld 5 per jaar
h) Verkorte opvolgtijden	10 per jaar <sup>1)</sup>	10 per jaar <sup>1)</sup>
i) Lagere exploitatiekosten	2 per jaar <sup>2)</sup>	2 per jaar <sup>1)</sup>
<b>Netto Contante waarde Rentevoet 7%</b>	<b>-212</b>	<b>-314</b>
<b>Netto Contante waarde Rentevoet 3%</b>	<b>-221</b>	<b>-550</b>

1) Bij volledige ERTMS implementatie in materieel en infrastructuur.

2) Bij volledige ERTMS implementatie in het materieel.

#### 5.4 infra en materieel investeren zijn significant anders (Risico C)

Het risico van significant andere investeringskosten is berekend op basis van de resultaten van de due diligence van Booz Allen en de second opinion van Arcadis [4,5]. De resultaten hiervan zijn in onderstaande tabellen opgenomen.

<b>Tabel 5-4 Netto Contante waarde berekening bij investeringen volgens BAH</b> (bedragen in miljoenen Euro's)		
<b>Scenario</b>	Migratie via dubbele systemen in materieel	Migratie via dubbele systemen in infrastructuur
<b>Investeringsplan</b>		
a) Vervangingsplan treininstallaties	1000 <sup>3)</sup> (periode 2013-2037)	-75 (periode 2013-2037)
b) ERTMS infrastructuur	-530 <sup>4)</sup> (periode 2013-2037)	-530 <sup>4)</sup> (periode 2013-2037)
c) ERTMS infraonderhoud per jaar	-6 <sup>5)</sup>	-8 <sup>5)</sup>
d) ERTMS materieel	-336 <sup>6)</sup> periode (2008-2012)	-224 <sup>7)</sup> (instroom nieuw materieel)
<b>Baten</b>		
f) Veiligheid	0,9 per jaar <sup>1)</sup>	0,9 per jaar <sup>1)</sup>
g) Minder infra investeringen	Gemiddeld 5 per jaar	Gemiddeld 5 per jaar
h) Verkorte opvolgtijden	10 per jaar <sup>1)</sup>	10 per jaar <sup>1)</sup>
i) Lagere exploitatiekosten	2 per jaar <sup>2)</sup>	2 per jaar <sup>1)</sup>
<b>Netto Contante Waarde</b>	<b>1</b>	<b>-250</b>
<b>Rentevoet 7%</b>		
<b>Netto Contante waarde</b>	<b>211</b>	<b>-438</b>
<b>Rentevoet 3%</b>		

- 1) Bij volledige ERTMS implementatie in materieel en infrastructuur.
- 2) Bij volledige ERTMS implementatie in het materieel.
- 3) BAH heeft aangegeven dat besparingen tot € 1.000 miljoen haalbaar zijn bij het niet installeren van 50% van seinen bij de vervanging van de huidige treinbeveiligingsinstallaties [4, pagina 29,30].
- 4) BAH heeft aangegeven dat op basis van internationale vergelijking de kosten voor de introductie van ERTMS circa 40k Euro per kilometer lager liggen, onderdelen waar kosten reductie kan worden gerealiseerd zijn o.a. het aantal balises. Dit betekent een kostenreductie van circa 120 miljoen Euro. Daarnaast zal circa 50 miljoen Euro moeten worden meegenomen voor noodzakelijke ERTMS aanpassingen. Dit betekent een uiteindelijke kostenpost van 530 miljoen Euro (600 – 120 + 50).
- 5) BAH heeft aangegeven dat de ombouwkosten voor het big bang ombouwen van materieel naar ERTMS hoger zijn en worden door BAH geschat op 336 miljoen euro [4, pagina 25].
- 6) BAH heeft aangegeven dat de onderhoudskosten circa 1% van de investeringskosten per jaar. Voor de gevoeligheidsanalyse zijn de onderhoudskosten verdubbeld naar circa 2% [4, pagina 21].
- 7) BAH heeft aangegeven dat de ombouwkosten van materieel op basis van natuurlijke vervanging lager zijn dan en door BAH worden geschat op 224 miljoen euro [4, pagina 25].

<b>Tabel 5-5 Netto Contante waarde berekening bij investeringen volgens Arcadis</b> (bedragen in miljoenen Euro's)		
<b>Scenario</b>	Migratie via dubbele systemen in materieel	Migratie via dubbele systemen in infrastructuur
<b>Investeringen</b>		
a) Vervangingsplan treininstallaties	170 <sup>3)</sup> (periode 2013-2037)	-75 (periode 2013-2037)
b) ERTMS infrastructuur	-1.493 <sup>4)</sup> (periode 2013-2037)	1.493 <sup>4)</sup> (periode 2013-2037)
c) ERTMS infraonderhoud per jaar	-3 <sup>5)</sup>	-4 <sup>5)</sup>
d) ERTMS materieel	-455 <sup>6)</sup> periode (2008-2012)	-306 <sup>7)</sup> (instroom nieuw materieel)
<b>Baten</b>		
f) Veiligheid	0,9 per jaar <sup>1)</sup>	0,9 per jaar <sup>1)</sup>
g) Minder infra investeringen	Gemiddeld 5 per jaar	Gemiddeld 5 per jaar
h) Verkorte opvolgtijden	10 per jaar <sup>1)</sup>	10 per jaar <sup>1)</sup>
i) Lagere exploitatiekosten	2 per jaar <sup>2)</sup>	2 per jaar <sup>1)</sup>
<b>Netto Contante Waarde</b>	<b>-635</b>	<b>-536</b>
<b>Rentevoet 7%</b>		
<b>Netto Contante waarde Rentevoet 3%</b>	<b>-903</b>	<b>-948</b>

- 1) Bij volledige ERTMS implementatie in materieel en infrastructuur.
- 2) Bij volledige ERTMS implementatie in het materieel.
- 3) uitgangspunten van ProRail business Case omdat in het Arcadis onderzoek deze kosten buitenbeschouwing zijn gelaten [5, pagina 27].
- 4) Arcadis geeft aan de totale kosten voor de aanleg van ERTMS level 2 1.493 miljoen Euro bedragen [5, pagina 38].
- 5) Onderhoudskosten worden in het Arcadis document niet expliciet genoemd en zijn derhalve gelijk verondersteld met de ProRail business case.
- 6) Arcadis geeft aan de totale kosten voor het ombouwen van materieel 455 miljoen Euro bedragen [5, pagina 38].
- 7) Arcadis geeft in het scenario dubbele systemen in infrastructuur en materieel aan dat de kosten voor de inbouw van ERTMS in het materieel 206 miljoen bedraagt en dat verder 100 miljoen is opgenomen voor extra materieel t.g.v. deelparken. Dit scenario is niet vergelijkbaar met migratie op basis van dubbele systemen in de infrastructuur maar is hier wel ter indicatie gebruikt. [5, pagina 35].

Op basis van de informatie van BAH en Arcadis is een gecombineerd scenario voor de verschillende investeringen opgesteld. De resultaten hiervan staan in de onderstaande tabel.

<b>Tabel 5-6 Netto Contante waarde berekening bij investeringen volgens het gecombineerde BAH Arcadis investeringen</b> (bedragen in miljoenen Euro's)		
<b>Scenario</b>	Migratie via dubbele systemen in materieel	Migratie via dubbele systemen in infrastructuur
<b>Investeringsplan</b>		
a) Vervangingsplan treininstallaties	500 (periode 2013-2037)	-75 (periode 2013-2037)
b) ERTMS infrastructuur	-800 (periode 2013-2037)	-800 (periode 2013-2037)
c) ERTMS infraonderhoud per jaar	-6	-8
d) ERTMS materieel	-400 periode (2008-2012)	-300 (instroom nieuw materieel)
<b>Baten</b>		
f) Veiligheid	0,9 per jaar <sup>1)</sup>	0,9 per jaar <sup>1)</sup>
g) Minder infra investeringen	Gemiddeld 5 per jaar	Gemiddeld 5 per jaar
h) Verkorte opvolgtijden	10 per jaar <sup>1)</sup>	10 per jaar <sup>1)</sup>
i) Lagere exploitatiekosten	2 per jaar <sup>2)</sup>	2 per jaar <sup>1)</sup>
<b>Netto Contante waarde Rentevoet 7%</b>	<b>-287</b>	<b>-361</b>
<b>Netto Contante waarde Rentevoet 3%</b>	<b>-295</b>	<b>-642</b>

1) Bij volledige ERTMS implementatie in materieel en infrastructuur.

2) Bij volledige ERTMS implementatie in het materieel.

### 5.5 Prijsstijgingen van ERTMS apparatuur (Risico D)

Prijsstijgingen zijn onderzocht door de investeringen van ERTMS (infrastructuur, materieel en infraonderhoud) additioneel jaarlijks met 2% te verhogen voor een periode van 2008 t/m 2037.

De prijsstijgingen zijn berekend met de investeringen volgens het gecombineerde BAH Arcadis investeringsscenario, de resultaten zijn opgenomen in de onderstaande tabel.

<b>Tabel 5-7 Netto Contante waarde berekening bij investeringen volgens het gecombineerde BAH Arcadis investeringen met prijsstijging voor ERTMS apparatuur en onderhoud (bedragen in miljoenen Euro's)</b>		
<b>Scenario</b>	Migratie via dubbele systemen in materieel	Migratie via dubbele systemen in infrastructuur
<b>Investeringen</b>		
a) Vervangingsplan treininstallaties	170 (periode 2013-2037) <sup>5)</sup>	-75 (periode 2013-2037) <sup>5)</sup>
b) ERTMS infrastructuur	-600 (periode 2013-2037) <sup>5)</sup>	-600 (periode 2013-2037) <sup>5)</sup>
c) ERTMS infraonderhoud per jaar	-3 <sup>5)</sup>	-4 <sup>5)</sup>
d) ERTMS materieel	-280 periode (2008-2012) <sup>5)</sup>	-460 (instroom nieuw materieel) <sup>5)</sup>
<b>Baten</b>		
f) Veiligheid	0,9 per jaar <sup>1)</sup>	0,9 per jaar <sup>1)</sup>
g) Minder infra investeringen	Gemiddeld 5 per jaar	Gemiddeld 5 per jaar
h) Verkorte opvolgtijden	10 per jaar <sup>1)</sup>	10 per jaar <sup>1)</sup>
i) Lagere exploitatiekosten	2 per jaar <sup>2)</sup>	2 per jaar <sup>1)</sup>
<b>Netto Contante waarde Rentevoet 7%</b>	<b>-286</b>	<b>-477</b>
<b>Netto Contante waarde Rentevoet 3%</b>	<b>-331</b>	<b>-862</b>

3) Bij volledige ERTMS implementatie in materieel en infrastructuur.

4) Bij volledige ERTMS implementatie in het materieel.

5) Prijsstijging van 2% voor de periode van 2008 t/m 2037



## 5.6 Significant lagere baten (Risico E)

Het risico van significant lagere baten is onderzocht door de netto contante waarde voor de twee migratie scenario's te berekenen met de baten zoals opgenomen in de onderstaande tabel. De in grijs aangegeven waarden zijn niet gewijzigd.

<b>Tabel 5-8 Netto Contante waarde berekening voor huidige Business Case</b> (bedragen in miljoenen Euro's)		
<b>Scenario</b>	Migratie via dubbele systemen in materieel	Migratie via dubbele systemen in infrastructuur
<b>Investerings</b>		
a) Vervangingsplan treininstallaties	170 (periode 2013-2037)	-75 (periode 2013-2037)
b) ERTMS infrastructuur	-600 (periode 2013-2037)	-600 (periode 2013-2037)
c) ERTMS infraonderhoud per jaar	-3	-4
d) ERTMS materieel	-280 periode (2008-2012)	-460 (instroom nieuw materieel)
<b>Baten</b>		
f) Veiligheid	0,9 per jaar <sup>1)</sup>	0,9 per jaar <sup>1)</sup>
g) Minder infra investeringen	1 per jaar	1 per jaar
h) Verkorte opvolgtijden	2 per jaar <sup>1)</sup>	2 per jaar <sup>1)</sup>
i) Lagere exploitatiekosten	Geen <sup>2)</sup>	Geen <sup>1)</sup>
<b>Netto Contante Waarde Rentevoet 7%</b>	<b>-339</b>	<b>-380</b>
<b>Netto Contante waarde Rentevoet 3%</b>	<b>-478</b>	<b>-697</b>

1) Bij volledige ERTMS implementatie in materieel en infrastructuur.

2) Bij volledige ERTMS implementatie in het materieel.

### 5.7 Andere materieelkosten (Risico F)

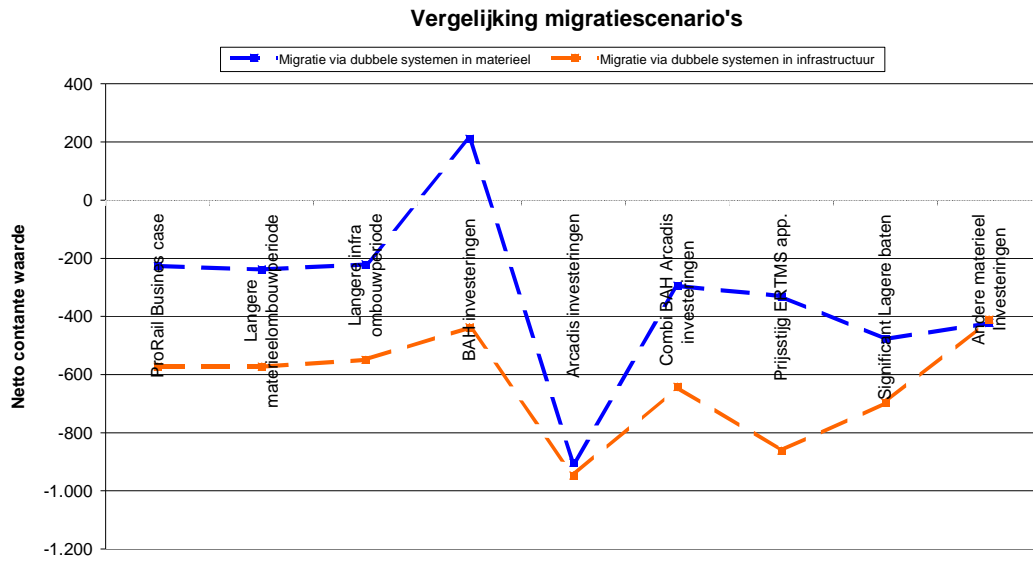
Andere materieelinvesteringen zijn geanalyseerd door de materieelkosten voor migratie via dubbele systemen in het materieel te verhogen naar 500 miljoen en de materieelinvesteringen voor migratie via dubbele systemen in de infrastructuur te verlagen naar 200 miljoen. De in grijs aangegeven waarden zijn niet gewijzigd.

<b>Tabel 5- 9 Netto Contante waarde berekening voor huidige Business Case</b> (bedragen in miljoenen Euro's)		
<b>Scenario</b>	Migratie via dubbele systemen in materieel	Migratie via dubbele systemen in infrastructuur
<b>Investeringsplan</b>		
a) Vervangingsplan treininstallaties	170 (periode 2013-2037)	-75 (periode 2013-2037)
b) ERTMS infrastructuur	-600 (periode 2013-2037)	-600 (periode 2013-2037)
c) ERTMS infraonderhoud per jaar	-3	-4
d) ERTMS materieel	-500 periode (2008-2012)	-200 (instroom nieuw materieel)
<b>Baten</b>		
f) Veiligheid	0,9 per jaar <sup>1)</sup>	0,9 per jaar <sup>1)</sup>
g) Minder infra investeringen	Gemiddeld 5 per jaar	Gemiddeld 5 per jaar
h) Verkorte opvolgtijden	10 per jaar <sup>1)</sup>	10 per jaar <sup>1)</sup>
i) Lagere exploitatiekosten	2 per jaar <sup>2)</sup>	2 per jaar <sup>1)</sup>
<b>Netto Contante Waarde</b>	<b>-392</b>	<b>-246</b>
<b>Rentevoet 7%</b>		
<b>Netto Contante waarde</b>	<b>-422</b>	<b>-411</b>
<b>Rentevoet 3%</b>		

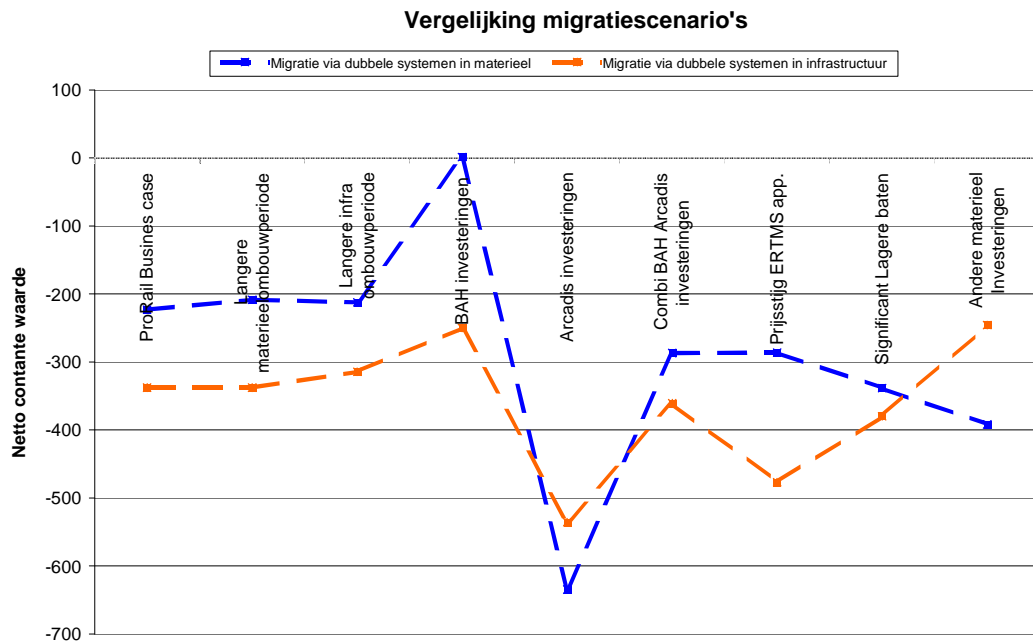
- 1) Bij volledige ERTMS implementatie in materieel en infrastructuur.
- 2) Bij volledige ERTMS implementatie in het materieel.

## 6 Conclusies

De resultaten van de gevoeligheidsanalyse zijn hieronder samengevat. Figuur 6-1 geeft een overzicht van de invloed van de belangrijkste risico's op de netto contante waarde van de twee migratiescenario's voor een rentevoet van 3%. Figuur 6.2 geeft het zelfde overzicht voor een rentevoet van 7%.



Figuur 6-1 overzicht netto contante waarde berekeningen voor de risico's met een rentevoet van 3%



Figuur 6-2 overzicht netto contante waarde berekeningen voor de risico's met een rentevoet van 7%

Uit de vergelijking van de netto contante waarde berekeningen voor de twee scenario's is te zien dat de strategie robuust is voor het merendeel van de risico's; de netto contante waarden voor "migratie via dubbele systemen in het materieel" is voor het merendeel van de risico's hoger dan de netto contante waarden voor "migratie via dubbele systemen in de infrastructuur".

De strategie is echter minder robuust voor significant stijgingen van de materieelinvesteringen bij "migratie via dubbele systemen in het materieel" en dalingen bij materieelinvesteringen bij "migratie via dubbele systemen in de infrastructuur". Dit blijkt uit een nadere analyse van de netto contante waarde berekening voor risico C en F.

## Bijlage A Documentenlijst

nr.	Document, kenmerk	Datum status	Schrijver
1	Implementatie strategie ERTMS ref. #20585767 v1 /SpO	24/8/2007, versie 1.0	ProRail
2	Kostenschatting ERTMS invoering t.b.v. ProRail ERTMS strategie	31/8/2007, versie 1.0	ProRail
3	Optimalisatie business case ERTMS level 2 & kostenschatting ERTMS level 3	12 februari 2007, versie 1, definitief	ProRail
4	ProRail ERTMS implementation strategy due diligence	27 july 2007, Final versie 5	Booz Allen Hamilton
5	Second opinion ERTMS implementatieplan en 160 km/uur, ref. 141244/EA&/OV0/000149/kvr	5-9-2007	Arcadis
6	E-mail form Jens Holst Moller met cost informatie van Denemarken	5-12-2007	Banedanmark
7	Singalanalysen Business Case Appraisal	24-10-2006	Banedanmark
8	Singalanalysen, cost report	24-10-2006	Banedanmark
9	Generic component Cost data required for CIRF	24-10-2006	Banedanmark
10	ERTMS bottom up cost estimation	24-10-2006	Banedanmark
11	Gevoeligheidsanalyse van ERTMS business case ten einde de robuustheid van de strategie te bepalen	25-10-2007	Lloyd's Register
12	Presentatie van Dave Fenner UK (algemeen)	14-01-2007	Network Rail
13	Presentatie van Dave Fenner UK (Buca)	14-01-2007	Network Rail
14	Besprekingsverslag ERTMS Buca meeting Denemarken 14/12/2007	3-1-2008	Lloyd's Register
15	Excel document: Kostenonderbouwingen_Rapp24082006.xls.	24-08-2006	ProRail

## **Bijlage B      Netto contante waarde berekening**

Er zijn twee netto contante waarde berekening gemaakt, één voor de migratie via dubbele systemen in het materieel en de tweede via dubbel systemen in de infrastructuur. Hierin zijn de investeringen en de baten opgenomen. De netto contante waarde berekeningen zijn bijgevoegd in Excel file: gevoeligheidsanalysev5.xls).