

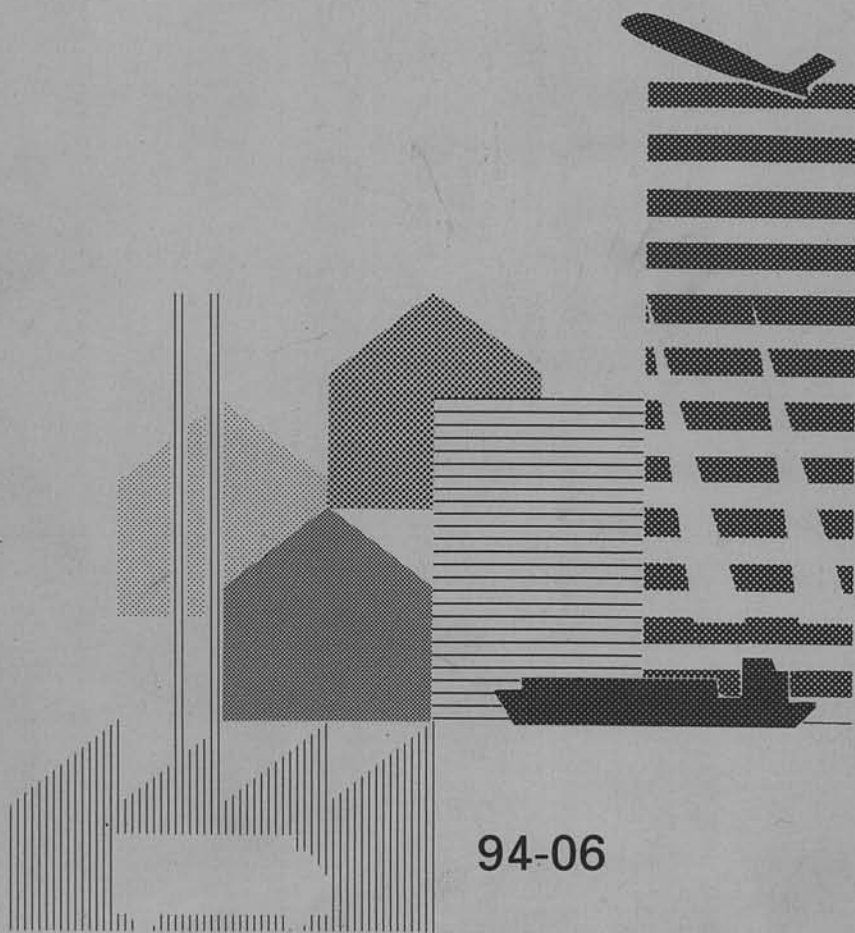
■ WERKDOCUMENT

**MOGELIJKHEDEN VOOR MEER GOEDEREN-  
VERVOER OVER BESTAANDE SPOORLIJNEN**  
Een vooronderzoek

Atze Dijkstra

0505 306 G

ONDERZOEKSINSTITUUT OTB  
Sectie Infrastructuur en Stedelijke Ontwikkeling



94-06

Delftse Universitaire Pers ■

2094190

---

**MOGELIJKHEDEN VOOR MEER GOEDEREN-  
VERVOER OVER BESTAANDE SPOORLIJNEN**

**Een vooronderzoek**

28 OKT. 1996

W7 FIC 100

29 OCT 1997

Bibliotheek TU Delft



C 2154957



---

# MOGELIJKHEDEN VOOR MEER GOEDEREN- VERVOER OVER BESTAANDE SPOORLIJNEN

Een vooronderzoek

*Atze Dijkstra*

0505 306 G



De werkddocumenten worden uitgegeven door:

Delftse Universitaire Pers  
Stevinweg 1  
2628 CN Delft  
telefoon: 015-783254

Onderzoek in opdracht van: gemeentelijk Havenbedrijf Rotterdam en Amsterdam,  
ministerie van Verkeer en Waterstaat

**CIP-GEGEVENS KONINKLIJKE BIBLIOTHEEK, DEN HAAG**

Dijkstra, Atze

Mogelijkheden voor meer goederenvervoer over bestaande spoorlijnen : een vooronderzoek / Atze Dijkstra - Delft : Delftse Universitaire Pers. - Ill. - (Werkdocument / Onderzoeksinstituut OTB, ISSN 0923-9871 ; 94-06)

Uitg. in opdracht van de havenbedrijven van Rotterdam en Amsterdam en het directoraat-generaal Scheepvaart en Maritieme Zaken (ministerie Verkeer & Waterstaat). - Met lit. opg.

ISBN 90-407-1008-2

NUGI 655

Trefw.: goederenvervoer ; spoorwegen.

Copyright 1994 by Atze Dijkstra

No part of this book may be reproduced in any form by print, photoprint, microfilm or any other means without written permission from the publisher.  
Delft University Press, Delft, The Netherlands.

---

## VOORWOORD

Dit rapport is vervaardigd in opdracht van drie partijen, te weten de havenbedrijven van Rotterdam en Amsterdam en het directoraat-generaal Scheepvaart en Maritieme Zaken (ministerie Verkeer & Waterstaat).

Het project Capaciteit en benutting van railinfrastructuur is extern begeleid door een groep met de volgende samenstelling:

- Drs. A.C. Hage, voorzitter (V&W, DGSM);
- Ir. J.W. Koeman (GHR);
- Ir. M. van Schuylenburg (GHR);
- H. Kneepkens (GHA);
- Ir. H.E.W. Jansma (V&W, DGV);
- Ir. F. Bokhorst (NS);
- C. Hartog (NS)<sup>1</sup>;
- Ir. G. van Leusden (V&W, AVV).

De leden van deze groep hebben zich, zoals het hoort, kritisch opgesteld, wat ongetwijfeld de kwaliteit van ons rapport ten goede is gekomen.

Binnen het OTB zijn de werkzaamheden begeleid door prof. dr. ir. H. Priemus en ir. E. Kreutzberger. Drs. J.W. Konings heeft een belangrijke ondersteunende bijdrage geleverd, met name wat betreft de vele afbeeldingen die in het rapport zijn opgenomen.

Ir. A. Dijkstra

---

<sup>1</sup> De vertegenwoordigers van de Nederlandse Spoorwegen hebben zich in de begeleidingsgroep 'terughoudend' opgesteld om de studie zo min mogelijk te beïnvloeden. Daarom zijn in de studie vooral buitenlandse bronnen gebruikt. De NS'ers hebben op ons verzoek enkele bijdragen geleverd, met name de indicaties van de termijn waarop maatregelen kunnen worden genomen en de kenmerken van het huidige goederenvervoer. Wij zijn hen erkentelijk voor hun bijdrage.

---

# INHOUD

## SAMENVATTING

<b>1</b>	<b>INLEIDING</b>	<b>1</b>
1.1	Probleemstelling	1
1.2	Doel	2
1.3	Indeling rapport	2
<b>2</b>	<b>OPZET</b>	<b>3</b>
2.1	Inleiding	3
2.2	Strategieën voor verbeteringen	4
2.3	Soorten maatregelen	4
2.3.1	Organisatie en beheersing van vervoers- en verkeersproces (per trein)	5
2.3.2	Techniek	7
2.4	Effecten, termijn van invoering en kosten	8
2.5	Neveneffecten	8
<b>3</b>	<b>METHODEN OM HET EFFECT VAN MAATREGELEN TE BEPALEN</b>	<b>9</b>
3.1	Inleiding	9
3.2	Maatregelen in een groter geheel	9
3.3	Modellen en diagrammen	13
<b>4</b>	<b>MOGELIJKE MAATREGELEN</b>	<b>21</b>
4.1	Inleiding	21
4.2	Techniek	22
4.2.1	Seinstelsel	22
4.2.2	Voertuig 'trein'	26
4.2.3	Seinstelsel en voertuig als geheel	27
4.2.4	Infrastructuur	29
4.3	Overige maatregelen	32
4.3.1	Planning, verkeersleiding, treindienstleiding als geheel	33
4.3.2	Planning	35
4.3.3	Verkeersleiding	40
4.3.4	Treindienstleiding	43
4.4	Niet beschouwde punten	44

<b>5 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN</b> . . . . .	45
5.1 Inleiding . . . . .	45
5.2 Conclusies: maatregelen op korte termijn . . . . .	45
5.3 Conclusies: maatregelen op langere termijn . . . . .	47
5.4 Aanbevelingen . . . . .	49
 <b>LITERATUUR</b> . . . . .	 53
 <b>BIJLAGE 1</b> <b>BESCHRIJVING VAN DE HOOFDTRANSPORTASSEN</b> . . . . .	  57
 <b>BIJLAGE 2</b> <b>TIJD-WEG-DIAGRAMMEN</b> . . . . .	  61

---

## SAMENVATTING

### **Probleemstelling**

Deze studie werkt benuttingsmaatregelen voor de verkeersinfrastructuur uit, namelijk het goederenvervoer per spoor. Andere vormen van vervoer dan de weg dienen, volgens de diverse overheidsnota's, de groei van het goederenvervoer voor een substantieel deel op te vangen.

De benutting van de 'natte' infrastructuur is ver beneden de beschikbare capaciteit; een betere benutting daar lijkt heel goed mogelijk. Bij de railinfrastructuur ligt dat anders: de spoorwegen hebben een belangrijk deel van de capaciteit in gebruik voor het personenvervoer. De nog beschikbare capaciteit voor het goederenvervoer is gering. Maatregelen die een betere benutting opleveren zijn zeker denkbaar, maar de precieze effecten ervan zijn niet bekend.

Deze studie moet aangeven in hoeverre en op welke manier die effecten in beeld kunnen worden gebracht. In de literatuur is al kennis over effecten opgeslagen. Voor veel maatregelen is het waarschijnlijk noodzakelijk 'modellen' te construeren die de relatie tussen maatregelen en effecten zichtbaar maken. Alvorens met de bouw van modellen te starten wordt in een 'haalbaarheidsstudie' nagegaan welke maatregelen geschikt zijn en welke potenties er zijn voor de bouw van modellen.

### **Doel**

In de eerste plaats levert de studie een overzicht van de maatregelen die beschikbaar zijn voor een betere benutting en welke maatregelen het geschiktst lijken. Of een maatregel geschikt is, hangt af van het te verwachten effect ervan op de benutting, van de kosten en van de termijn van invoering.

De studie geeft een beknopt overzicht van de methoden waarmee het effect van maatregelen is vast te stellen. In sommige gevallen kan het effect van een maatregel, of een combinatie van maatregelen, alleen (kwantitatief) worden bepaald met een rekenmodel. De studie geeft aan in welke gevallen het zinvol is een dergelijk rekenmodel op te zetten.

Van alle geselecteerde maatregelen geeft de studie een raming van effecten, kosten en termijn van invoering op grond van kennis uit eerder uitgevoerd onderzoek en uit de praktijk.

## **Resultaten**

Er zijn vijf maatregelen geselecteerd die op korte termijn genomen kunnen worden. Bij de selectie is gelet op de mogelijkheden voor de technische realisering, maar ook op andere criteria. Met name is gelet op de inpassing binnen de organisatie van de Nederlandse Spoorwegen, de grootte van het verwachte effect, de omvang van de kosten, de wensen van verladers, regelingen voor de arbeidsomstandigheden, uitgangspunten omtrent marketing en de (technische) aansluiting op andere delen van de vervoersketen.

In volgorde van de verwachte grootte van het effect:

### *Kortere bloklengthe en variabele toegestane snelheid aangeven*

Op specifieke trajecten kunnen op korte termijn een kortere bloklengthe en een aangegeven variabele snelheid tot stand komen. Het precieze effect is afhankelijk van de lokale situatie. De kosten zijn onbekend.

### *Stilstaand en rijdend inhalen*

Voor 'stilstaand inhalen' (het inhalen van een stilstaande trein) kunnen ook op andere plaatsen dan stations inhaalsporen worden aangelegd. De kosten zijn niet te verwaarlozen (tussen de 4 à 5 miljoen gulden per kilometer), maar het effect is substantieel.

Het 'rijdend inhalen' (het inhalen van een rijdende trein) is in Nederland overdag nauwelijks haalbaar door de grote afstanden die daarvoor nodig zijn. In de nachtelijke uren kunnen de sporen gebruikt worden van beide rijrichtingen. Er vindt weliswaar 's nachts soms onderhoud plaats, maar de tijd en plaats daarvan is ruim van tevoren bekend en dus in de planning 'in te bouwen'.

### *Treinverkeer homogeniseren*

Het homogeniseren van treinverkeer leidt wel tot een hogere capaciteit, maar gaat ten koste van de kwaliteit in de dienstregeling voor het reizigersvervoer. De regelmatige afwisseling van de verschillende treinsoorten verdwijnt en er komt een systeem voor terug dat weliswaar regelmaat vertoont maar dat tot lange wachttijden kan leiden.

### *Voorrang afhankelijk stellen van het type van de kruisende treinsoorten*

De voorrang afhankelijk stellen van het type van de kruisende treinsoorten is een maatregel die inhoudt dat sommige goederentreinen voorrang krijgen boven reizigerstreinen. De capaciteit van het railnet blijft gelijk maar de benutting ondergaat een verandering ten gunste van goederentreinen.

### *Gelijke treinsoorten koppelen*

Bij het koppelen van gelijke treinsoorten blijft de capaciteit ook gelijk, maar in plaats van een reizigerstrein rijdt er een goederentrein. De kwaliteit van het reizigersvervoer gaat achteruit, maar het aantal zitplaatsen blijft gelijk.

Het verdient aanbeveling deze vijf maatregelen voor de korte termijn, verder uit te werken. Deze uitwerking moet leiden tot een schatting van het gecombineerde effect

van de verschillende maatregelen. Ook is het nodig na te gaan wat het precieze effect zal zijn als enkele (nog te kiezen) maatregelen worden ingevoerd op de hoofdtransportassen en wat de kosten en baten in dat geval zijn.

Het gebruik van (simulatie)modellen zou groter moeten en kunnen zijn. De ontwikkeling ervan vergt weliswaar tijd (enkele jaren), maar het schatten van effecten van maatregelen wordt veel nauwkeuriger. Tevens is het dan mogelijk het effect van combinaties van maatregelen kwantitatief te bepalen.

Op middellange termijn zijn de volgende maatregelen van belang en toepasbaar op de hoofdtransportassen:

- aslasten aanpassen en toegestane baanvaksnelheid verhogen;
- extra inhaalsporen;
- wissels op emplacementen geschikt voor hogere snelheid;
- automatische instelling van de rijweg en flexibele doorgaande routes;
- ongelijkvloerse kruisingen;
- aansluiting op nieuw beheerssysteem.

Verdere studie moet duidelijkheid scheppen omtrent de kosten en baten van vier veelbelovende maatregelen voor de lange termijn:

1. Grootschalige beheersing van het treinvervoer en -verkeer.
2. Profiel van vrije ruimte aanpassen.
3. Aantal sporen vergroten (over grotere lengte, maar niet op een geheel traject).
4. Meelopend blok.

De groei van de mobiliteit vormt het uitgangspunt van alle nota's en plannen voor de verkeersinfrastructuur. De groei betreft het personen- en goederenvervoer en omvat alle vormen van vervoer<sup>2</sup>. De opvang van de voorziene groei zal voor een (belangrijk) deel geschieden door de verkeersinfrastructuur uit te breiden. Dit kan op gespannen voet staan met de leefbaarheid. Ook is het de vraag of er voldoende middelen beschikbaar zijn voor (alle) uitbreidingen en of de uitbreidingen tijdig beschikbaar zijn. Daarom zijn er ook maatregelen in ontwikkeling die de groei van de mobiliteit trachten te beperken of te 'geleiden', bijvoorbeeld door verschuivingen tussen vormen van vervoer te bewerkstelligen of de huidige infrastructuur efficiënter te doen benutten.

Uit onderzoek blijkt dat er nog (vele) mogelijkheden zijn om de infrastructuur efficiënter te benutten (Kreutzberger & Vleugel, 1992). Het selecteren, concretiseren en uitwerken van deze mogelijkheden vereist nog veel studie.

Een eerste stap hiertoe vormt de onderhavige studie die is uitgevoerd in opdracht van het Gemeentelijk Havenbedrijf Rotterdam, het Gemeentelijk Havenbedrijf Amsterdam en het Ministerie van Verkeer en Waterstaat (DGSM). De studie heeft het karakter van een haalbaarheidsonderzoek en geeft de hoofdlijnen om de capaciteit van de bestaande railinfrastructuur te verbeteren voor gebruik door het goederenvervoer. De feitelijke uitwerking en toepassing van kansrijke maatregelen op concrete routes van het Nederlandse spoorwegennet kan in een vervolg op deze studie plaatsvinden.

In de rest van dit hoofdstuk komen aan de orde de probleemstelling en het doel van de studie en de indeling van het rapport.

### **1.1 Probleemstelling**

Zoals al vermeld, behandelt deze studie één geval waarin een uitwerking van benuttingsmaatregelen zeer gewenst is, namelijk het goederenvervoer per spoor.

---

<sup>2</sup> Synoniemen van 'vormen van vervoer': modaliteiten, modi, vervoerwijzen.

Andere vormen van vervoer dan de weg dienen, volgens de diverse overheidsnota's, de groei van het goederenvervoer voor een substantieel deel op te vangen.

De benutting van de 'natte' infrastructuur is ver beneden de beschikbare capaciteit; een betere benutting daar lijkt heel goed mogelijk. Bij de railinfrastructuur ligt dat anders: de spoorwegen hebben een belangrijk deel van de capaciteit in gebruik voor het personenvervoer. De nog beschikbare capaciteit voor het goederenvervoer is gering.

Maatregelen die een betere benutting opleveren zijn zeker denkbaar, maar de precieze effecten ervan zijn niet bekend. Deze studie moet aangeven in hoeverre en op welke manier die effecten in beeld kunnen worden gebracht. In de literatuur is al kennis over effecten opgeslagen. Voor veel maatregelen is het waarschijnlijk noodzakelijk 'modellen' te construeren die de relatie tussen maatregelen en effecten zichtbaar maken. Alvorens met de bouw van modellen te starten gaan we in deze studie na welke maatregelen geschikt zijn en welke potenties er zijn voor de bouw van modellen.

## **1.2 Doel**

In de eerste plaats levert de studie een overzicht van de maatregelen die beschikbaar zijn voor een betere benutting en welke maatregelen het geschiktst zijn. Of een maatregel geschikt is, hangt af van het te verwachten effect ervan op de benutting, van de kosten en van de termijn van invoering.

De studie geeft een beknopt overzicht van de methoden waarmee het effect van maatregelen is vast te stellen. In sommige gevallen kan het effect van een maatregel, of een combinatie van maatregelen, alleen (kwantitatief) worden bepaald met een rekenmodel. De studie geeft aan in welke gevallen het zinvol is een dergelijk rekenmodel op te zetten.

Van alle geselecteerde maatregelen geeft de studie een raming van effecten, kosten en termijn van invoering op grond van kennis uit eerder uitgevoerd onderzoek en uit de praktijk.

## **1.3 Indeling rapport**

Hoofdstuk 2 geeft een uiteenzetting van de opzet van de studie. Hoofdstuk 3 beschrijft vervolgens de methoden waarmee het effect van maatregelen is vast te stellen. Daarna geeft hoofdstuk 4 een opsomming van de mogelijke maatregelen, gerangschikt naar een functionele indeling van deze maatregelen. Tevens worden het doel en de aard van de maatregelen beschreven. Verder bevat hoofdstuk 4 een beschrijving van de effecten, de kosten en de termijn van invoering van de maatregelen voor de infrastructuur, het voertuig 'trein' en het seinstelsel en de organisatie en beheersing van het vervoers- en verkeersproces (per trein). In hoofdstuk 5 tenslotte, staan de conclusies en aanbevelingen.

## 2.1 Inleiding

In een eerdere studie over capaciteit en benutting van infrastructuur, waaronder railinfrastructuur (Kreutzberger & Vleugel, 1992), zijn enkele 'strategieën' genoemd die tot een vergroting of een betere benutting van de capaciteit op 'lijntrajecten' kunnen leiden. Par. 2.2 gaat op deze strategieën verder in. Dit geeft enig houvast bij de indeling van de mogelijke maatregelen in par. 2.3, zij het dat de specifieke kenmerken van het spoorbedrijf de indeling van de maatregelen beïnvloeden. Die specifieke kenmerken hebben vooral betrekking op de vrijheidsgraden van het rijdend personeel. In het spoorbedrijf legt de leiding maatregelen op aan het uitvoerend personeel. De vrijheidsgraden zijn er relatief gering. Dit vormt een groot verschil met het wegverkeer. Daar is de invoering van veel maatregelen problematisch omdat de individuele verkeersdeelnemers er verschillend op reageren. De vrijheidsgraden zijn er talrijk.

Hoe van de maatregelen het effect, de kosten en de termijn van invoering worden bepaald, komt aan de orde in par. 2.4.

Tenslotte gaat par. 2.5 in op de manier waarop in deze studie is omgegaan met de neveneffecten van maatregelen.

## 2.2 Strategieën voor verbeteringen

Kreutzberger & Vleugel (1992) hebben in hun studie twee wegen onderscheiden waarlangs een vergroting en betere benutting van de capaciteit bereikbaar is:

- A. Het aanspreken van de capaciteitsreserve die de bestaande infrastructuur nog biedt.
- B. Een verhoging van de capaciteit door het gebruik van de bestaande infrastructuur te optimaliseren.

De capaciteitsreserve (strategie A) is aanwezig in de tijd (met name buiten de spitsuren) en binnen het netwerk van een vervoersysteem. Deze reserve aanboren kan door de verkeersintensiteiten op parallelle routes en naar richting te egaliseren

('tidal flow' op gemeenschappelijke rijstrook) en door bestaande 'dwarsprofielen' intensiever te benutten (bus op vluchtstrook, hulpsporen tot hoofdspoor omvormen). Verhoging van de beladingsgraad voorkomt 'lege' voertuigkilometers. Daarnaast kan het vervoer worden verdeeld over de verschillende vervoerssystemen (bijvoorbeeld van weg naar binnenvaart).

Strategie A is een aanpak die, bij gelijkblijvende hoeveelheid vervoer, de verdeling wijzigt van de reizigers en goederen over de netwerken. Dit gebeurt in de tijd (verdeling over het etmaal), op de schaal van het netwerk (andere routes of naar een ander netwerk), op de schaal van de schakels (dwarsprofiel en richting) en van de voertuigen (beladingsgraad).

Het gebruik optimaliseren (strategie B) is mogelijk door:

- een herverdeling van de bestaande hoeveelheid verkeer (wegvoertuigen, schepen, treinen) over de netwerken via optimale snelheden en volgtijden, voertuigen die betere rijeigenschappen vertonen en een regelsysteem dat de voertuigen beïnvloedt;
- een herverdeling van het vervoer over de wegvoertuigen, schepen en treinen door het laadvermogen te verhogen.

Strategie B is een manier om de hoeveelheid vervoerde goederen en reizigers te vergroten door meer voertuigen per tijdseenheid (intensiteit) te verwerken bij ongewijzigde netwerken. De intensiteit neemt toe door een betere combinatie van dichtheid (voertuigen per meter) en snelheid. Bovendien geeft strategie B meer vervoer door de hoeveelheid goederen of reizigers per voertuig (laadvermogen) te doen toenemen.

Beide strategieën bepalen in belangrijke mate de soorten maatregelen. Voor een toepassing op één soort infrastructuur, in dit geval de railinfrastructuur, is een strategie die de mobiliteit over verschillende vervoerssystemen verdeelt, niet relevant.

### **2.3 Soorten maatregelen**

De genoemde strategieën behoeven een aanpassing aan het studieobject: het spoorbedrijf en in het bijzonder de railinfrastructuur. Zo is een belangrijk kenmerk van spoorwegen dat de bestuurders (machinisten) van de voertuigen (treinen) speciaal zijn opgeleid en tijdens het uitoefenen van hun rijtaak opdrachten (via seinen of directe communicatie met de treindienstleiding) krijgen omtrent de uit te voeren handelingen. Zij hanteren een voertuig dat alleen op selecte locaties (wissels) van dwarspositie kan veranderen en moeten rekening houden met een remweg die zo lang is dat plotselinge wijzigingen in de snelheid ondenkbaar zijn.

Deze kenmerken maken enerzijds de weg vrij voor maatregelen die de rijtaak van de machinist beïnvloeden en maatregelen die deze beïnvloeding zodanig beheersen en coördineren dat een optimale treinenloop ontstaat. Anderzijds maken de lange

remweg en de minimale wendbaarheid het noodzakelijk grote veiligheidsmarges aan te houden teneinde conflicten tussen treinen te vermijden.

Het spoorbedrijf kenmerkt zich ook door een centraal geleide inkoop van materieel en een gestandaardiseerde planning en leiding van de treinenloop. Daardoor zijn maatregelen mogelijk die, als er eenmaal toe besloten is, (langzaam maar) zeker worden uitgevoerd.

De strategieën en de genoemde kenmerken zijn nog tamelijk algemeen. De probleemstelling van deze studie is concreter, namelijk onderzoek in hoeverre het mogelijk is de capaciteit van de bestaande spoorlijnen te verhogen opdat het goederenvervoer per spoor kan toenemen. Daarmee ontstaat weliswaar de beperking tot één netwerk, maar veel meer beperkingen zijn niet wenselijk. Want capaciteit van het spoorwegnet is de uitkomst van de activiteiten van veel verschillende actoren in het spoorbedrijf, van toegepaste technieken op verschillende niveaus (leiding, beheer, uitvoering) en op verschillende deelsystemen (infrastructuur, voertuigen, beveiliging).

Wanneer we de kenmerken van het spoorbedrijf en de probleemstelling in gedachten houden, dan is de volgende indeling van soorten maatregelen aan de orde:

1. Organisatie en beheersing van het vervoers- en verkeersproces (per trein)

- Planning;
- Verkeersleiding;
- Treindienstleiding;
- Uitvoering;
- Planning, verkeersleiding, treindienstleiding en uitvoering als geheel.

2. Techniek;

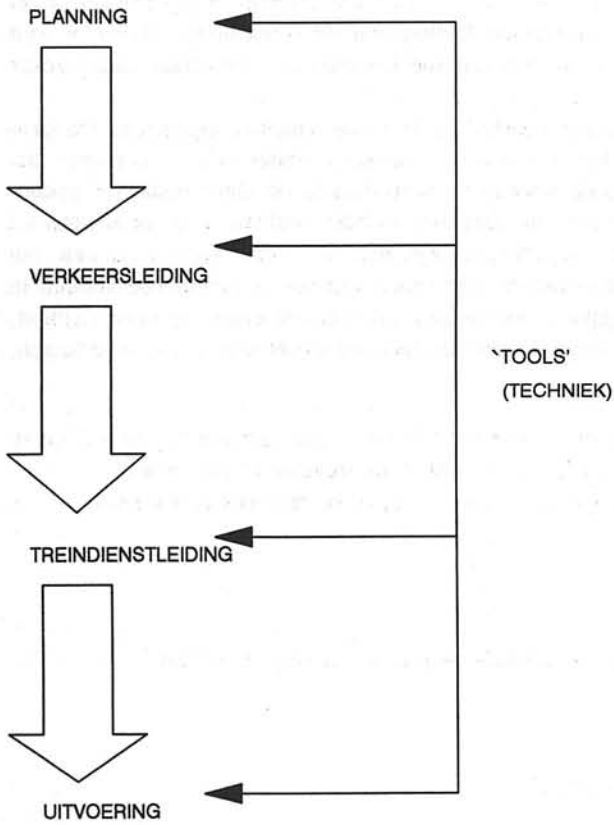
- Seinstelsel;
- Voertuig 'trein';
- Seinstelsel en voertuig als geheel;
- Infrastructuur.

In afbeelding 2.1 is schematisch weergegeven hoe de soorten maatregelen zich tot elkaar verhouden. Wat de soorten maatregelen precies inhouden komt in de twee volgende subparagrafen ter sprake. In hoofdstuk 4 is een uitgebreidere beschrijving per (soort) maatregel opgenomen.

### 2.3.1 Organisatie en beheersing van vervoers- en verkeersproces (per trein)

Organisatie en beheersing van het vervoers- en verkeersproces is een verzamelterm voor alle maatregelen die (letterlijk) op afstand bewust ingrijpen op de treinenloop. Er zijn vier hiërarchische niveaus waarop ingrijpen mogelijk is, te weten planning, verkeersleiding, treindienstleiding en uitvoering. Hierna volgt een uitwerking van deze punten.

**Afbeelding 2.1**      **Indeling van de soorten maatregelen**



- Op het (hoogste) niveau van de planning vindt een verdeling plaats van de capaciteit naar tijd en plaats (in het Duits de 'Soll'-toestand genoemd). Het betreft de planning van treinen in een gebied ter grootte van een regio, bijvoorbeeld de spoorlijnen rond Rotterdam of het traject Rotterdam-Venlo.

Maatregelen van deze soort beïnvloeden de beoogde vertrek-, aankomst- en passeertijd, de snelheid en de plaats van treinen.

- Op het niveau van de verkeersleiding gaat het om een kleiner gebied, meestal enkele baanvakken rond een belangrijk station. De verkeersleiding tracht de 'Ist'-toestand (de feitelijk optredende situatie) te laten lijken op de 'Soll'-situatie.

Een maatregel op dit gebied moet de feitelijke vertrek-, aankomst- en passeertijd, de snelheid en de plaats van treinen laten overeenstemmen met wat beoogd is.

- Het niveau van de treindienstleider beperkt zich tot enkele kleinere gebieden (een rangeerterrein, de perronsporen). Elke trein die aankomt, vertrekt of rangeert wordt apart afgehandeld wat betreft de vrij te geven rijweg (wissels in de juiste positie en seinen in de goede stand brengen, vertrektijden in de gaten houden).

Maatregelen op dit niveau moeten ertoe leiden dat de gewenste rijwegen zo snel mogelijk beschikbaar zijn.

- Tenslotte is er het (laagste) niveau waarop letterlijk wordt ingegrepen: het niveau van de uitvoering. Dit betreft machinisten, rangeerders en overig personeel dat de treinen bedient. Maatregelen pogen hier de feitelijke uitvoering zo goed mogelijk te laten aansluiten bij de gewenste uitvoering.

- Planning, verkeers-, en treindienstleiding vormen een complex dat de capaciteit en benutting sterk bepaalt. Maar in de praktijk zijn er vele discrepanties tussen de samenstellende delen. Er zijn maatregelen die het complex ook als geheel willen laten werken. Automatisering speelt hierbij uiteraard een belangrijke rol.

### **2.3.2 Techniek**

De hiervoor genoemde soorten maatregelen zijn niet mogelijk zonder daarvoor 'tools' in handen te hebben. Die 'tools' zijn onder het kopje 'techniek' samengebracht en betreffen het seinstelsel, het voertuig 'trein', het seinstelsel en voertuig als geheel en de infrastructuur.

- Het seinstelsel is het geheel van aanduidingen, aangebracht langs de spoorbaan op grond waarvan de machinist op de hoogte wordt gesteld van de actuele verkeerssituatie en van handelingen die hij moet uitvoeren.

- Het voertuig 'trein' is hier een verzameling van drie elementen:

1. de elementen die de omvang en aard van de te vervoeren goederen bepalen (maximale aslast en remvertraging, afmetingen);
2. de elementen die de snelheid en de trekkracht bepalen (motorvermogen);
3. de elementen die onderdeel vormen van de beïnvloeding van de rijtaak van de machinist.

- De elementen die onderdeel zijn van de beïnvloeding van de rijtaak van de machinist zijn soms onlosmakelijk onderdeel van het seinstelsel. Dergelijke maatregelen vallen onder de soort 'seinstelsel en voertuig als geheel'.

- De soort infrastructuur omvat alle maatregelen die in een wijziging of uitbreiding van de bestaande sporensituatie resulteren.

## **2.4 Effecten, termijn van invoering en kosten**

Elementair in deze studie is vast te stellen welk effect een maatregel of een combinatie van maatregelen op de capaciteit heeft. Met andere woorden: hoeveel extra treinen kunnen er langs een bepaald traject als gevolg van een maatregel?

In deze studie dient deze kwestie te worden behandeld door al aanwezige kennis te inventariseren, te rangschikken en te beoordelen. Die kennis is voor een deel in de literatuur terug te vinden, maar het kan ook de parate kennis van een expert betreffen. Beide informatiebronnen zijn aanbeoordeld.

Elke maatregel maakt deel uit van een tamelijk complex geheel dat invloed heeft op het uiteindelijke effect van de maatregel. Hiervoor zijn enkele methoden van aanpak mogelijk, die in hoofdstuk 3 zijn beschreven. In dat hoofdstuk zijn ook de manieren aangegeven waarmee het effect van een maatregel kan worden bepaald.

Ook de informatie over de termijn van invoering en de kosten, is verkregen uit literatuur en uit gesprekken met experts.

## **2.5 Neveneffecten**

De meeste maatregelen hebben een neveneffect op de leefbaarheid (geluid, uitstoot gassen, externe onveiligheid, visuele belemmeringen). In de studie is het slechts mogelijk een globale kwalitatieve schatting te geven van dergelijke effecten. Een kwantitatieve bepaling kan eventueel in een vervolgstudie aan de orde komen.

## METHODEN OM HET EFFECT VAN MAATREGELEN TE BEPALEN

### 3.1 Inleiding

Meestal is het mogelijk van een maatregel aan te geven wat ongeveer het effect ervan zal zijn op de capaciteit. Dit is echter een algemene taxatie van het effect zonder rekening te houden met kenmerken en randvoorwaarden van concrete situaties in de praktijk.

Een effect is vaak afhankelijk van een combinatie van verschillende kenmerken die een traject heeft (bijvoorbeeld het aantal sporen, de 'menging' van treinsorten). Daar wel mee rekening houden betekent dat delen van de 'omgeving' van de maatregel onderwerp van studie moeten zijn. Die omgeving kan een concrete route of een concreet traject zijn of er kan een 'karakteristieke situatie' worden opgebouwd. Het begrip 'karakteristieke situatie' en de bruikbaarheid ervan worden uitgewerkt in paragraaf 3.2.

Paragraaf 3.3 gaat in op de methoden die geschikt zijn om het effect van een maatregel op de capaciteit te bepalen.

### 3.2 Maatregelen in een groter geheel

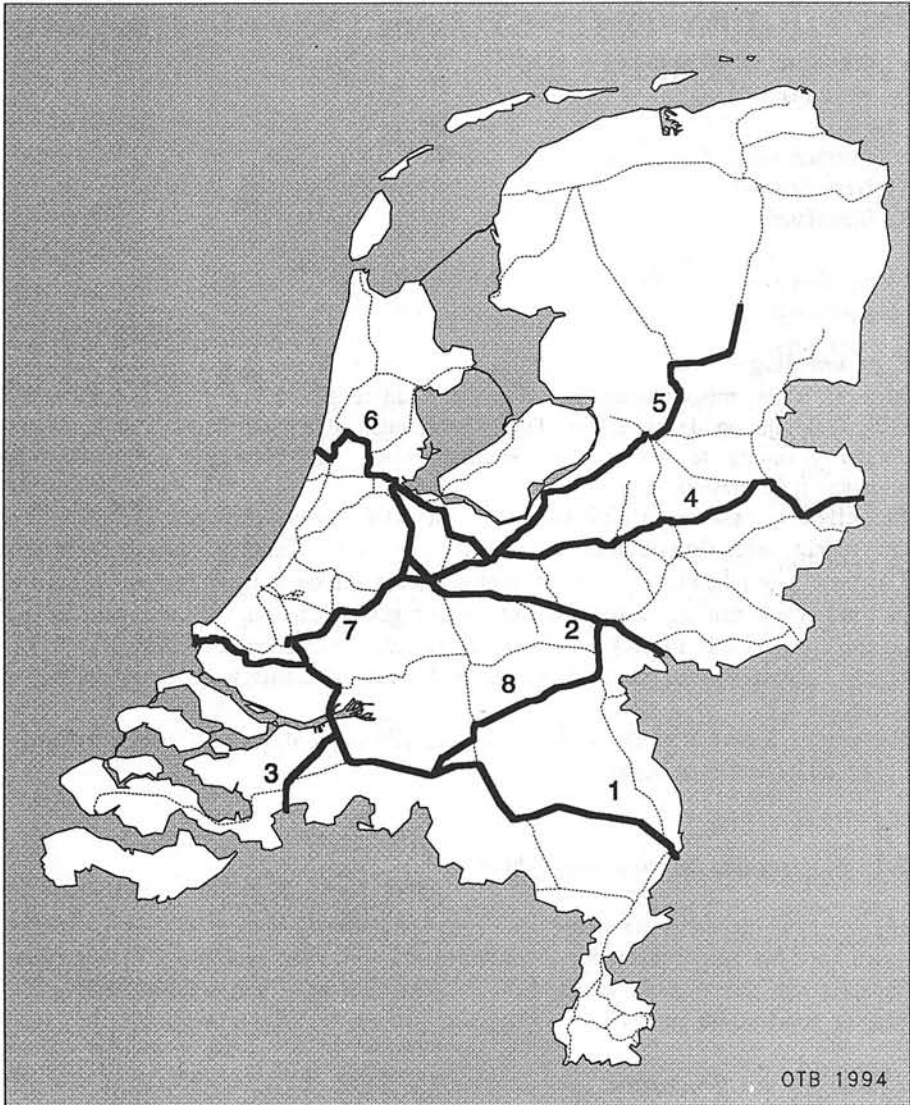
Bij voorkeur dienen de karakteristieke situaties aanwezig te zijn op de belangrijkste assen voor het goederenvervoer (hoofdtransportassen, zie afbeelding 3.1). Voor deze situaties zijn de volgende kenmerken en klasseindelingen van belang (gegroepeerd naar de soort maatregelen):

#### *Kenmerken van de infrastructuur*

- |                               |   |
|-------------------------------|---|
| - aantal sporen               | 1, 2, 3, 4, 5, 6 of meer                        |
| - faciliteit(en) voor inhalen | wel of niet                                     |
| - type knooppunt              | halve/hele/ideale knoop (Onderwater, 1988)      |
| - afstand tussen stations     | kort/medium/lang                                |
| - toegestane snelheid         | laag/medium/hoog                                |
| - draagkracht spoorbaan       | wel of niet geschikt voor zware goederentreinen |

Afbeelding 3.1

Overzicht van de hoofdtransportassen





**Tabel 3.1 De geselecteerde karakteristieke situaties naar de belangrijkste kenmerken.**

<i>Kenmerk</i>	<i>Situaties</i>			
	<i>I</i>	<i>II</i>	<i>III</i>	<i>IV</i>
Aantal sporen	2	2	2	2
Faciliteiten voor inhalen bij stations	-	-	+	+
Gemiddelde afstand tussen stations in km	4	8	4	8
Frequentie reizigerstreinen (per uur):				
- spitsuren	4	6	6	8
- daluren	4	4	4	6
- nacht	1	0	1	0
Combinatie van treinsoorten in spitsuren				
- Intercity	1	2	2	2
- stoptrein	2	2	2	4
- sneltrein	1	2	2	2
Combinatie van treinsoorten in daluren				
- Intercity	1	1	1	2
- stoptrein	2	2	2	2
- sneltrein	1	1	1	2
Toegestane maximale snelheid in km/h	120	120	120	120

+ = inhaalsporen aanwezig

- = geen inhaalsporen

Voor een goed beeld van de mogelijkheden van de maatregelen is het verder gewenst dat de verschillen tussen de situaties duidelijk zijn (niet te subtiel) en dat de kenmerken elkaar niet teveel mogen overlappen (bijvoorbeeld de aanwezigheid van wissels leidt tot een lagere toegestane snelheid). De situaties bestaan uit een traject van enkele kilometers spoorbaan waar zich wel kunnen bevinden maar geen knooppunten. Het rijdend materieel dat van de spoorbaan gebruik maakt varieert nogal, zodat de kenmerken van het materieel nauwelijks te karakteriseren zijn.

De volgende kenmerken vallen hierdoor af:

- type knooppunt
- lengte en hoeken wisselstraten
- draagkracht spoorbaan
- type signalering
- blokafstanden
- aanwezigheid ATB
- communicatie met machinist

- mogelijkheden tot versnellen
- remeigenschappen.

De resterende kenmerken zijn:

- aantal sporen
- faciliteit(en) voor inhalen
- afstand tussen stations
- combinatie van treinsorten (goederen-, stop-, sneltrein, InterCity enz.)
- aantal treinen per uur of per etmaal
- toegestane snelheid.

In tabel 3.1 zijn vier situaties 'ingevuld'. De gekozen lengtes, aantallen treinen en snelheden zijn vooral afgeleid uit de gegevens over de 'hoofdtransportassen' (zie de tabellen in bijlage 1). De situaties passen niet één op één op (delen van) de hoofdtransportassen. Maar elke hoofdtransportas heeft trajecten die overeenkomst vertonen met een van de vier situaties.

Er zijn alleen situaties met twee sporen gedefinieerd omdat de meeste baanvakken van de hoofdtransportassen op dit moment twee sporen bezitten. Bij het kenmerk 'treinsorten' zijn nog geen goederentreinen opgenomen. Het inplannen van (verschillende typen) goederentreinen gebeurt in dit onderzoek in de fase dat maatregelen worden toegepast op de gekozen situaties (zie hoofdstuk 4).

### 3.3 Modellen en diagrammen

Het vaststellen van het effect dat een maatregel op de capaciteit heeft, is in de meeste gevallen een kwestie van rekenwerk of 'passen en meten'. Kwalitatief omschreven effecten zijn minder interessant, omdat beïnvloeding van de capaciteit van een spoorweg een gecompliceerde kwestie is die een 'precieze' benadering vergt.

#### Modellen

Het rekenwerk is vooral aan de orde bij het gebruik van 'modellen'. De modellen geven een wiskundige beschrijving van een traject of route en het daarlangs voortbewegende treinverkeer. Door elementen in het model (bijvoorbeeld de afstand tussen seinen, de snelheid van treinen) aan te passen ('trial and error') wordt nagegaan wat de optimale situatie is. De bruikbaarheid van die uitkomsten hangt af van het gemodelleerde deel van de omgeving van de maatregel. Het bouwen van een model is arbeidsintensief en tijdrovend.

In deze studie is gebruik gemaakt van de (in de literatuur beschreven) uitkomsten van dergelijke modellen.

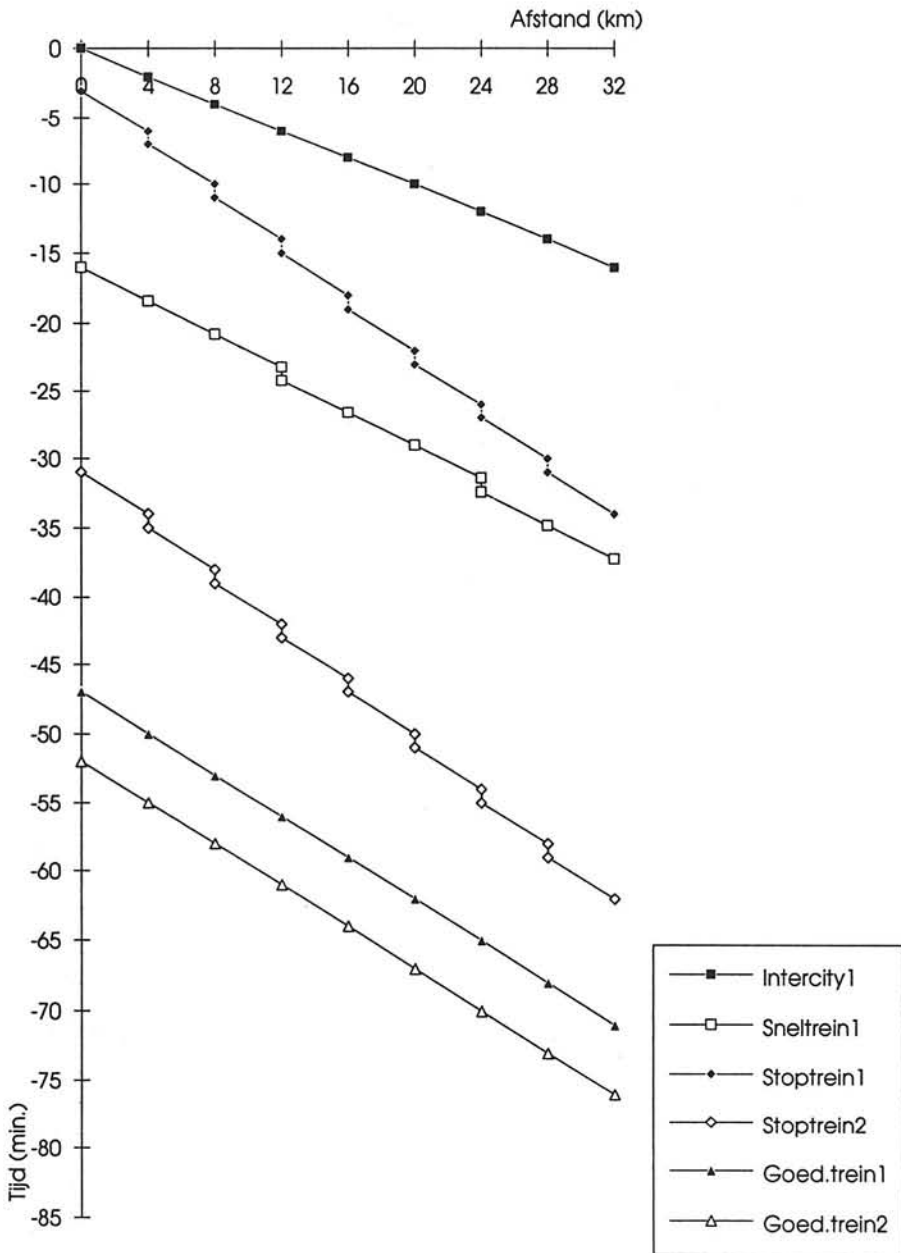
#### Tijd-weg-diagrammen

Het 'passen en meten' is kenmerkend voor het werken met zogeheten 'tijd-weg-diagrammen'. Veel maatregelen hebben een effect dat uit te drukken is in de

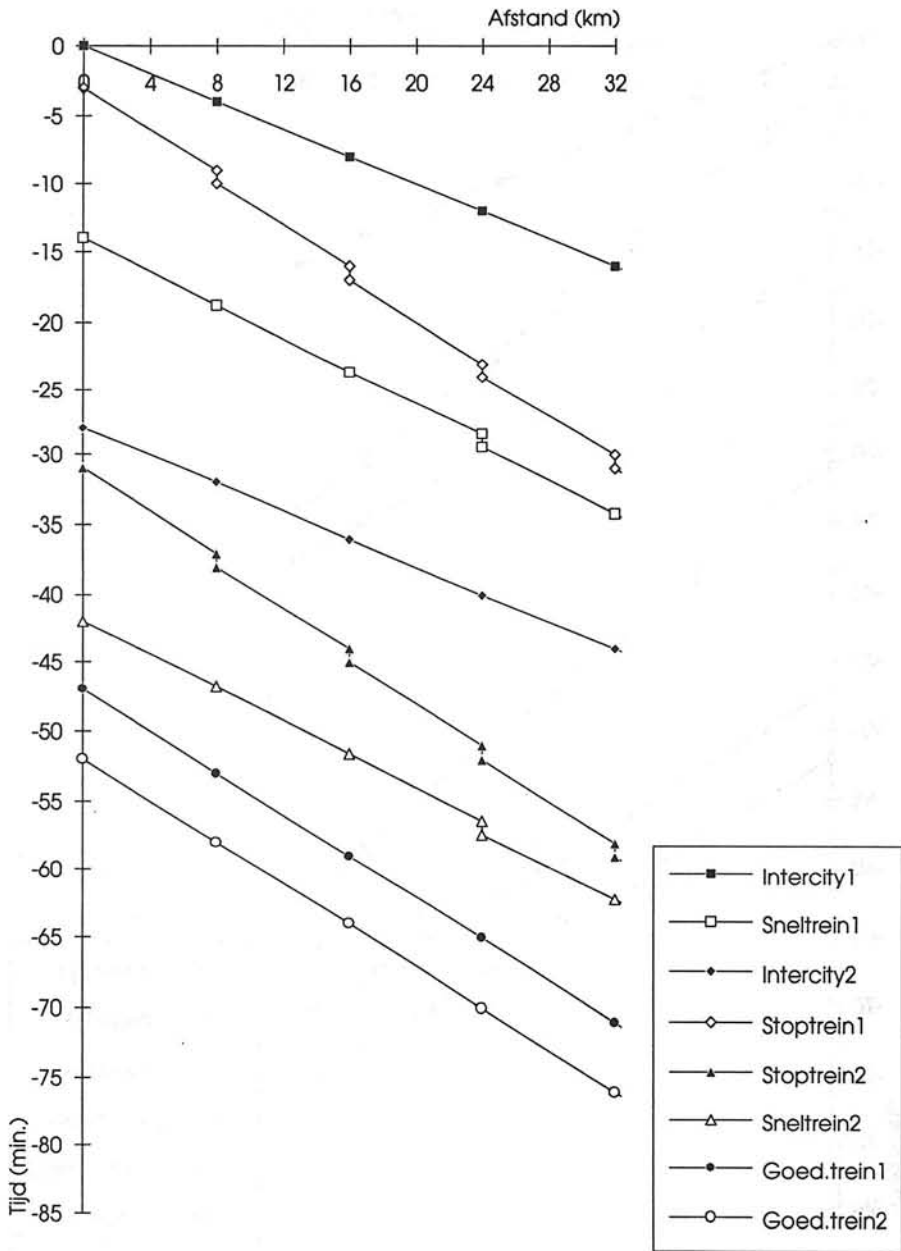
grootheden 'tijd', 'plaats' en 'snelheid'. Met deze drie grootheden zijn de diagrammen samen te stellen. De diagrammen maken het mogelijk zonder modellen of simulaties toch uitspraken te doen over het effect van een maatregel op de capaciteit. In hoofdstuk 4 zijn als voorbeeld bij sommige maatregelen tijd-weg-diagrammen gegeven. De diagrammen betreffen de dienstregeling in de situaties I, II, III en IV (uit tabel 3.1). Tevens zijn tijd-weg-diagrammen gemaakt voor het traject Rotterdam - Lage Zwaluwe, dat deel uitmaakt van een van de hoofdtransportassen. Voor dat traject is voor het aantal treinen, uitgegaan van de dienstregeling volgens het spoorboekje. Dit traject lijkt op situatie III, maar een belangrijke afwijking daarvan is de aanwezigheid van een groot station (Dordrecht) halverwege het traject. De afbeeldingen 3.2a tot en met 3.2e laten de tijd-weg-diagrammen zien in de situatie zonder maatregelen (referentiesituatie). Zonder extra maatregelen biedt situatie I (afbeelding 3.2a) al ruimte aan drie goederentreinen. In afbeelding 3.3 zijn deze toegevoegd.

Afbeelding 3.2a

Tijd-weg-diagram karakteristieke situatie I: referentie-situatie

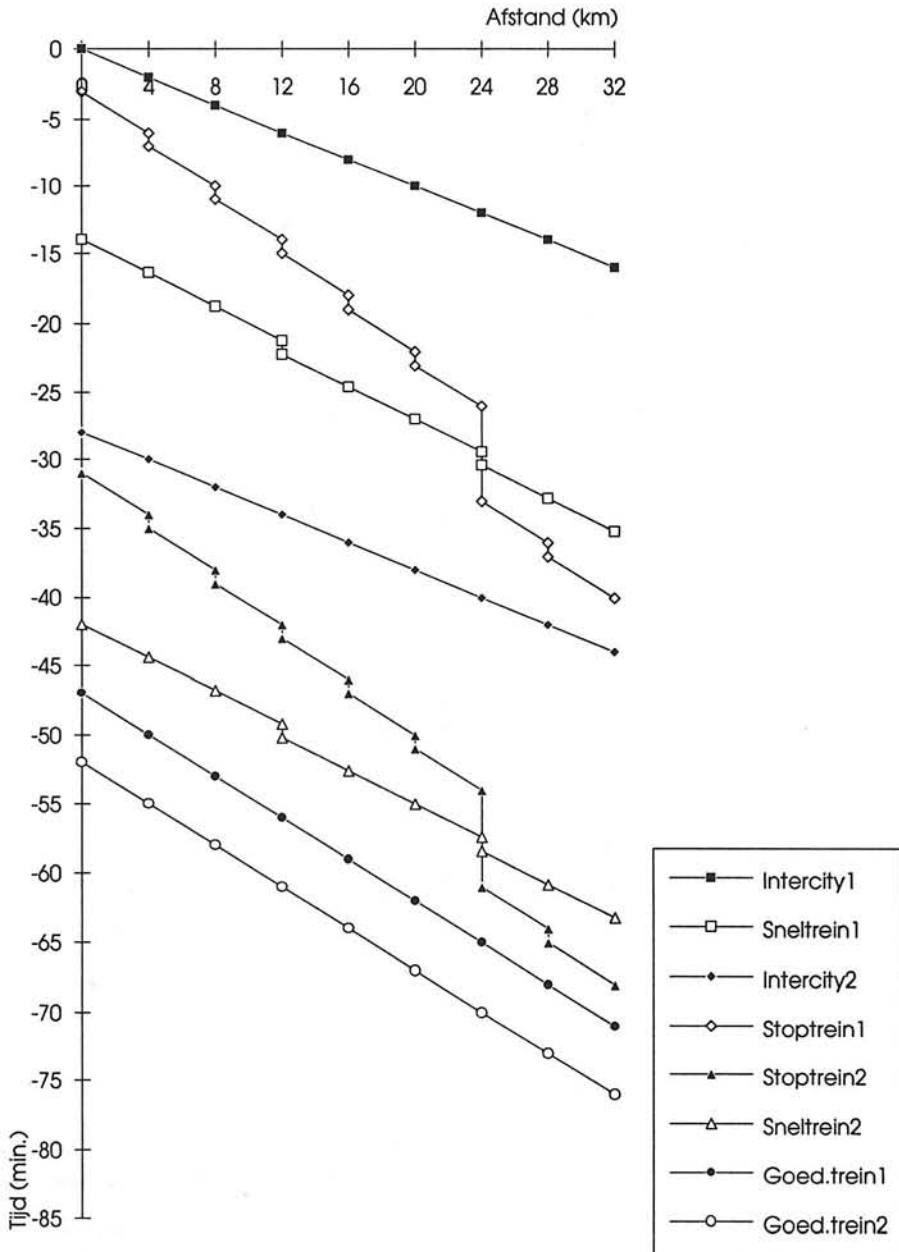


Afbeelding 3.2b Tijd-weg-diagram karakteristieke situatie II: referentie-situatie

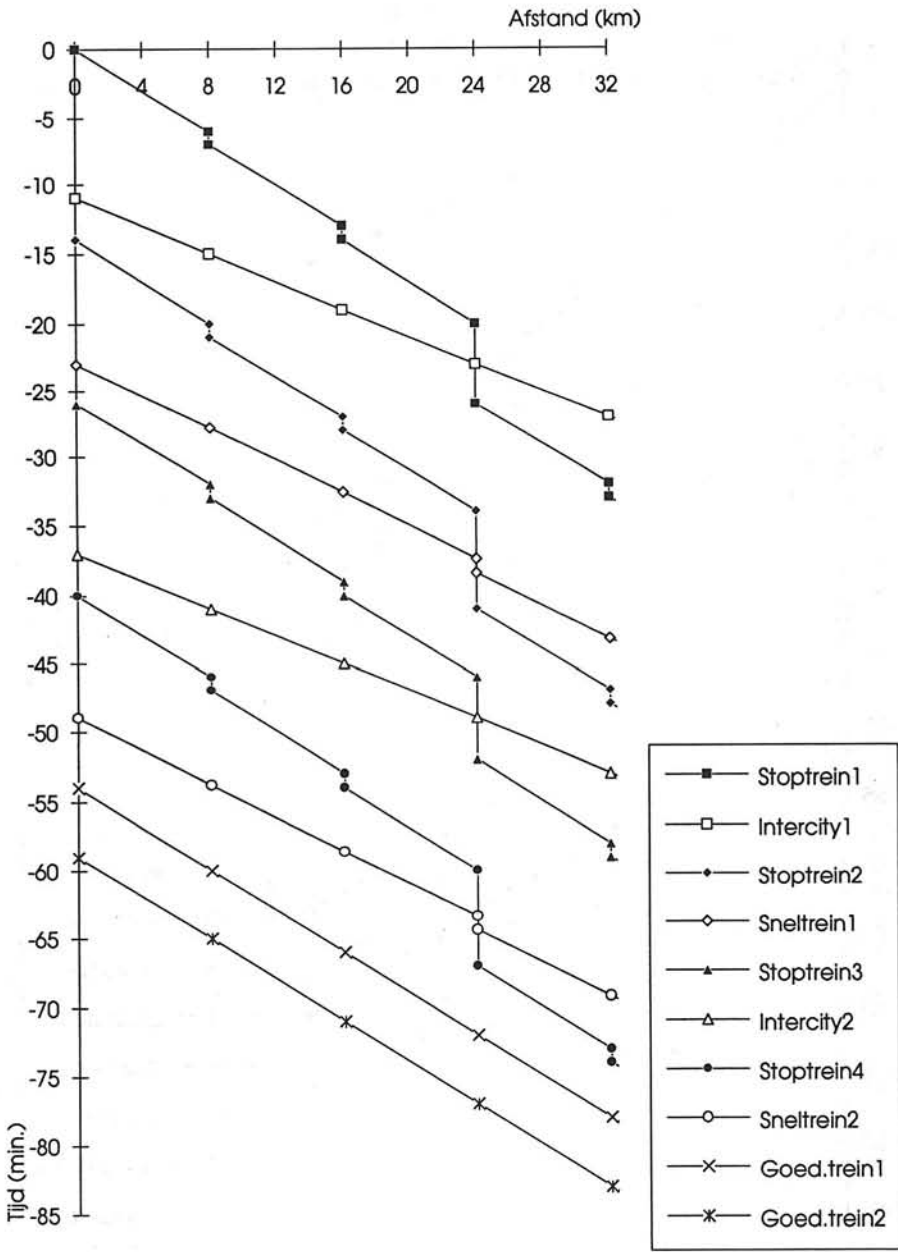


Afbeelding 3.2c

Tijd-weg-diagram karakteristieke situatie III: referentie-situatie

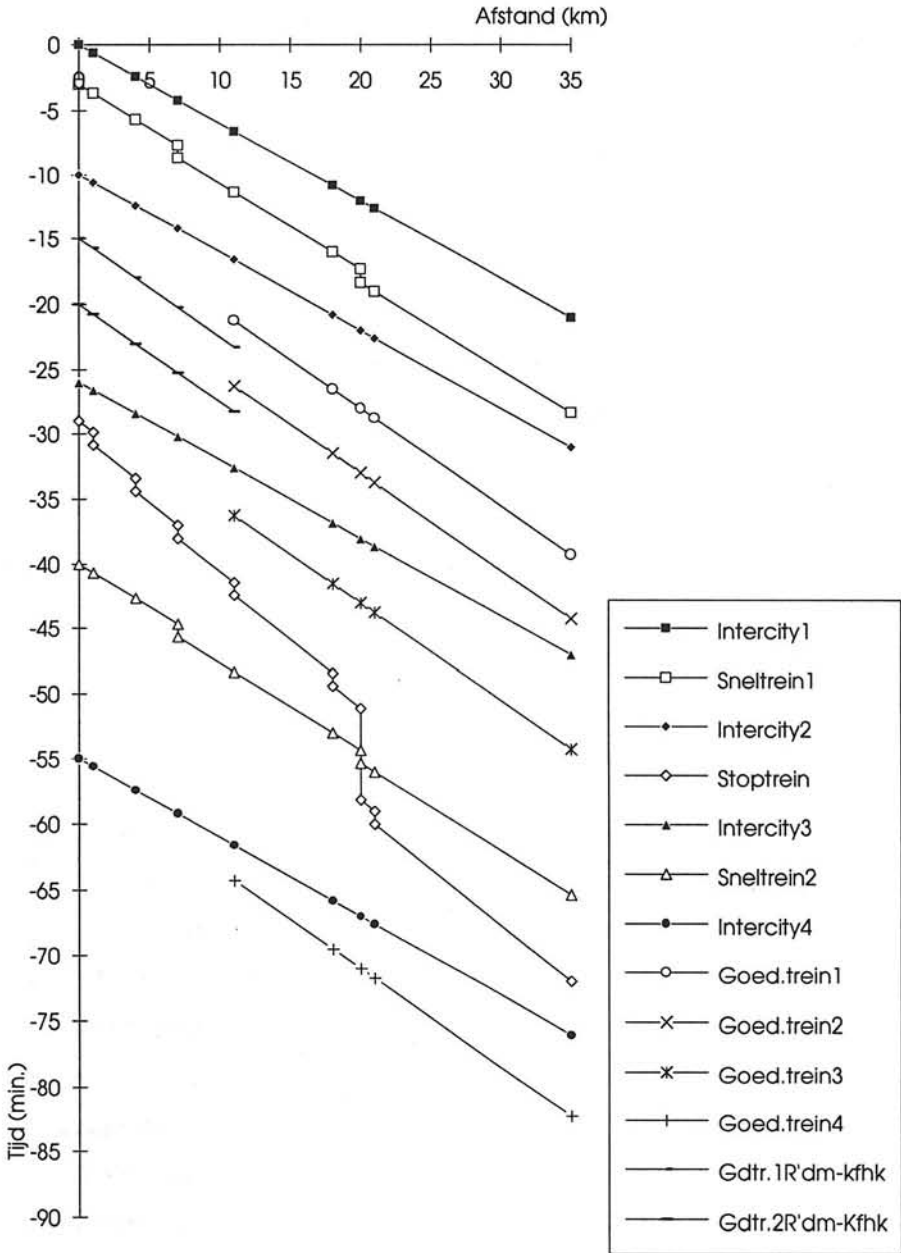


**Afbeelding 3.2d** Tijd-weg-diagram karakteristieke situatie IV: referentie-situatie



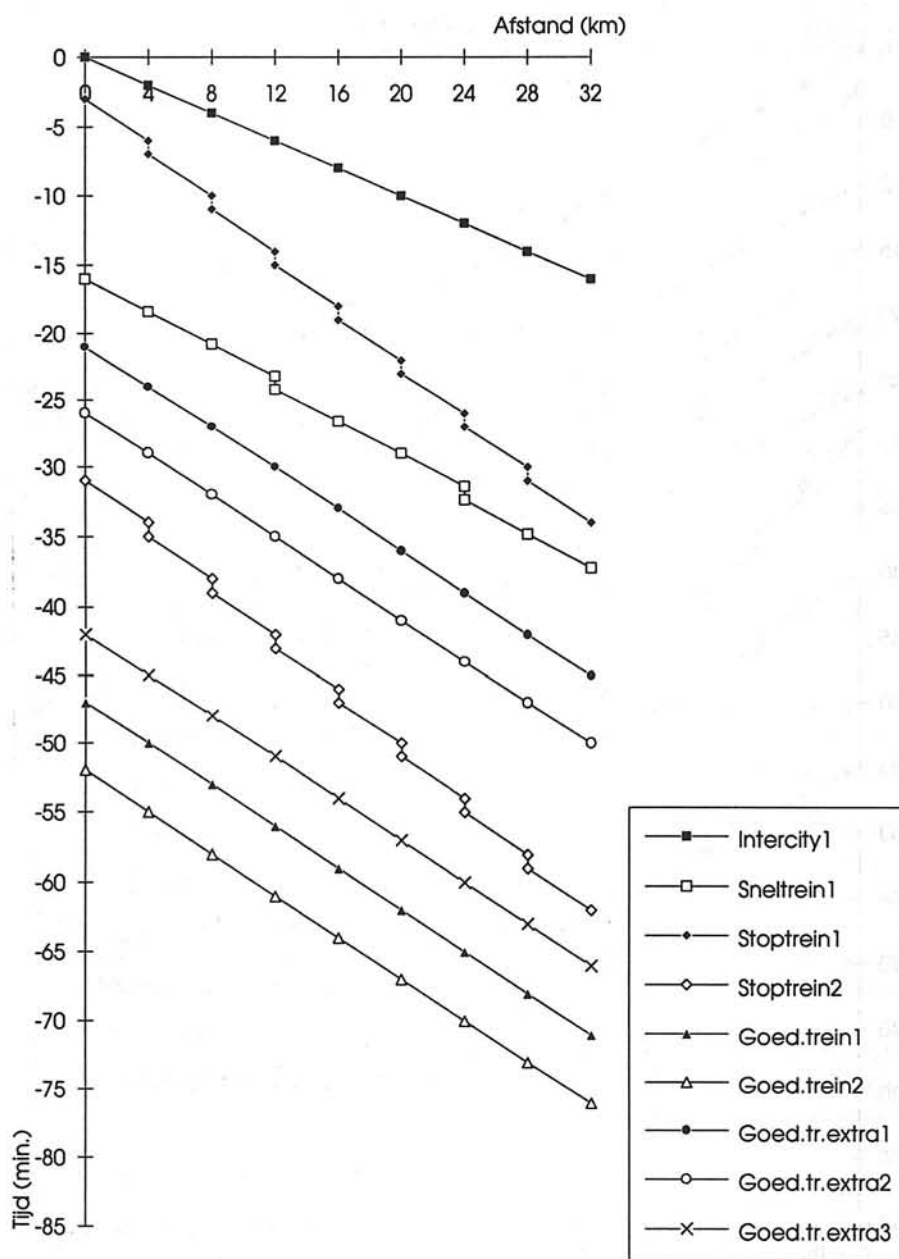
Afbeelding 3.2e

Tijd-weg-diagram traject Rotterdam - Lage Zwaluwe: referentie-situatie



Afbeelding 3.3

Tijd-weg-diagram karakteristieke situatie I: referentie-situatie met drie extra treinen



---

## MOGELIJKE MAATREGELEN

### 4.1 Inleiding

Dit hoofdstuk geeft een beschrijving van een groot aantal maatregelen<sup>3</sup> die van belang kunnen zijn bij het vergroten van de capaciteit en het intensiever benutten van railinfrastructuur. Van elke maatregel is, voor zover mogelijk, gegeven wat de effecten, kosten en termijn van invoering zijn.

De effecten van de maatregelen zijn soms bekend uit de literatuur en soms uit de praktijk. In die gevallen heeft een effect vaak betrekking op een specifieke situatie of juist niet en dan is het een gemiddeld effect, bepaald uit toepassing van een maatregel in tal van situaties. De omstandigheden waarin het effect geldt, zijn voor zover bekend vermeld. In veel gevallen is een effect bepaald in het buitenland onder de daar geldende omstandigheden. Het is niet vanzelfsprekend dat zo'n effect ook in de Nederlandse omstandigheden zal optreden. Voor het Nederlandse spoorbedrijf geldt namelijk dat er al een intensieve benutting is; het bereiken van een nog grotere benutting zal veel inspanning vergen.

#### Reizigers- en goederentreinen

Het uitgangspunt bij de bespreking van de effecten van maatregelen is steeds een gemengd bedrijf met reizigers- en goederentreinen. Dat is namelijk de situatie die relevant is voor de probleem- en doelstelling van dit onderzoek. Inherent aan een dergelijk bedrijf is dat een 'super-capaciteit' als bij metrobedrijven niet haalbaar is, gegeven de verschillen in snelheid en andere karakteristieken van het materieel.

#### Kosten en termijn van invoering

Bij elke hierna besproken maatregel komen de kosten en de termijn van invoering alleen ter sprake als er iets over bekend is (uit de literatuur of de praktijk).

---

<sup>3</sup> De maatregelen zijn geïnventariseerd door recente jaargangen te raadplegen van de tijdschriften Die Bundesbahn (nu geheten Die Deutsche Bahn), ETR Eisenbahntechnische Rundschau, Japanese Railway Engineering, Railway Gazette International, Signal + Draht en ZEV Glasers Annalen. Ook zijn internationale literatuurbestanden bekeken en zijn 'klassiekers' (met name Potthoff, 1969 en 1970 en Schaafsma, 1987) bestudeerd.

### **Traject, knooppunt, netwerk**

Veel kennis over het effect van maatregelen is gerelateerd aan hetzij trajecten<sup>4</sup>, hetzij knooppunten. Kennis over het effect op netwerken is slechts in geringe mate aanwezig. Dat is niet verwonderlijk, gelet op de gecompliceerde materie. Voor de capaciteit en benutting is van belang dat de dienstregeling sterk is geënt op de mogelijkheden tot 'overstappen' in de knooppunten. Daarmee liggen veel aankomsten en vertrektijden vast en is de flexibiliteit en daarmee de ruimte voor goederentreinen, vaak geringer dan verwacht mag worden op grond van de theoretisch beschikbare capaciteit.

### **Combinaties**

Sommige maatregelen zijn met elkaar verbonden, soms omdat een combinatie meer perspectief biedt ('toegestane aslasten verhogen' en 'toegestane baanvaksnelheid verhogen'), soms omdat een combinatie noodzakelijk is ('aantal verdiepingen van het voertuig trein' en 'profiel van vrije ruimte')

### **Inhoud hoofdstuk**

De maatregelen zijn ingedeeld volgens het 'schema' met soorten maatregelen uit hoofdstuk 2. In de tabellen 4.1a en 4.1b staan alle maatregelen vermeld. De beschrijving van deze maatregelen moet een beeld geven van de manier waarop een maatregel ingrijpt in het bestaande spoorbedrijf. In paragraaf 4.2 komen de technisch getinte maatregelen aan bod en in paragraaf 4.3 de overige maatregelen.

Tenslotte geeft paragraaf 4.4. een overzicht van de niet in beschouwing genomen punten, de zogenaamde implicatielijst.

## **4.2 Techniek**

### **4.2.1 Seinstelsel**

#### *Kortere bloklengthe*

De gebruikelijke manier om de onderlinge afstand tussen treinen te regelen is het werken met een 'blokstelsel'. Een baanvak wordt verdeeld in enkele blokken (in Nederland is de lengte van een blok ongeveer 1500 meter). De onderlinge afstand tussen twee treinen die tegelijkertijd op dat baanvak rijden bestaat uit ten minste twee blokken plus de treinlengte plus de zichtafstand (tussen machinist en het eerstvolgende sein)<sup>5</sup>.

Verkorting van de bloklengthe vermindert de minimale afstand tussen de treinen en vergroot daarmee de capaciteit. Uiteraard dient de afstand zo groot te blijven dat de achteropkomende trein tijdig tot stilstand komt in het geval de voorste trein een

---

<sup>4</sup> Een traject is hier een baanvak zonder veel discontinuïteiten maar wel met tussengelegen stations.

<sup>5</sup> Zie voor een uitgebreidere beschrijving: Kreutzberger en Vleugel (1992).

## Tabel 4.1a Mogelijke maatregelen via de 'techniek'

### *Seinstelsel*

- kortere bloklengte
- variabele toegestane snelheid aangeven
- aansluiting op (nieuw) beheerssysteem

### *Voertuig 'trein'*

- de lengte vergroten
- het aantal 'verdiepingen' vergroten (gecombineerd met 'profiel van vrije ruimte')
- de maximale snelheid aanpassen
- toegestane aslasten verhogen
- aansluiting op (nieuw) beheerssysteem

### *Seinstelsel en voertuig als geheel*

- kortere bloklengte en aansluiting op nieuw beheerssysteem
- het meelopende blok

### *Infrastructuur*

- het aantal sporen vergroten (plaatselijk op baanvakken)
- extra inhaalsporen en wisselstraten (bij stations)
- beter lengteprofiel:
  - boogstralen vergroten,
  - wissels geschikt voor hogere snelheid
  - hoek van hellingen verkleinen
- de toegestane baanvakssnelheid aanpassen (de draagkracht van de spoorbaan vergroten)
- ongelijkvloerse kruisingen
- het 'profiel van vrije ruimte' aanpassen

noodstop maakt, of door een ongeval (bijvoorbeeld op een overweg) het baanvak blokkeert.

### *- Effect*

Deze maatregel wordt vaak gecombineerd met maatregelen aan het voertuig; zie daarvoor paragraaf 4.2.3. Zonder maatregelen aan het voertuig bepaalt de combinatie van

snelheid en remkarakteristieken van de gebruikte railvoertuigen wat de minimale bloklengte is.

De verhoging van de capaciteit op een traject (zonder discontinuïteiten) door 'kortere bloklengte' sec bedraagt ongeveer 20% (Kreutzberger & Vleugel, 1992). Dit resultaat betreft een halvering van de bloklengte van 1500 meter naar 750 meter.

Het IVE<sup>6</sup> (Hartmann et al., 1991) heeft onderzocht wat een optimale bloklengte is,

---

<sup>6</sup> IVE: Institut für Verkehrswesen, Eisenbahnbau und -betrieb, onderdeel van de Universität Hannover.

**Tabel 4.1b** Mogelijke maatregelen voor de 'organisatie en beheersing van het vervoers- en verkeersproces'<sup>7</sup>

*Planning, verkeersleiding en treindienstleiding als geheel*

- grootschalige integratie van informatiestromen
- grootschalige beheersing van het treinvervoer en -verkeer
- oorzaken van vertragingen structureel aanpakken
- vertragingen sneller laten uitdempen

*Planning*

- modellen (software) hanteren
- meetgegevens inwinnen, analyseren en evalueren
- homogeniseren treinverkeer:
  - minder verschil in snelheid,
  - scheiden van ongelijke treinsorten in tijd en naar plaats en bundelen van gelijke treinsorten
- koppelen van gelijke treinsorten
- reserves in dienstregeling verkleinen
- aantal en duur brugopeningen beperken
- snellere opeenvolging van treinen
- spreiden van het vervoer over het etmaal
- bezettings- en beladingsgraad vergroten
- aantal werkbare dagen per jaar vergroten

*Verkeersleiding*

- alternatieve routes aanwijzen (buiten de desbetreffende configuratie om)
- flexibele doorgaande routes, ook over sporen voor tegemoetkomende treinen
- rijdend inhalen (vooral 's nachts)
- tegelijk aankomen of vertrekken
- stilstaand inhalen
- voorrang afhankelijk stellen van het type van de kruisende treinsorten
- informatie van en naar de voertuigen
- overzicht (beheersgebied)
- ondersteunende hulpmiddelen (software)

*Treindienstleiding*

- informatie van en naar de voertuigen
- flexibele doorgaande rijwegen, ook over sporen voor tegemoetkomende treinen (nabij stations aparte sporen voor doorgaande treinen)
- automatische instelling van de rijweg (flexibel gebruik van sporen)
- tegelijk aankomen of vertrekken
- stilstaand inhalen
- voorrang afhankelijk stellen van het type van de kruisende treinsorten
- communicatie met de machinist
- overzicht (beheersgebied)
- ondersteunende hulpmiddelen (software)

---

<sup>7</sup> Een aantal van de hier genoemde maatregelen is te vatten onder het begrip 'telematica'. Dit begrip is hier verder niet expliciet gehanteerd.

gegeven de omstandigheden die gelden bij de Duitse spoorwegen (in het bijzonder de snelheden van en de apparatuur in de voertuigen). Een optimale blok lengte houdt in dat de blokken in lengte overeenstemmen met de remweg van de treinen, maar niet zo kort zijn dat treinen bij elk sein hun snelheid moeten aanpassen. Een blok lengte van 1000 meter is volgens Hartmann et al. (1991) optimaal.

- *Termijn*

De invoering van kortere blokken kan binnen een periode van vijf jaar geschieden<sup>8</sup>, zeker als het slechts gaat om enkele voor het goederenvervoer relevante trajecten.

*Variabele toegestane snelheid aangeven*

In de meest elementaire vorm biedt het seinstelsel slechts de mogelijkheid drie maximale snelheden aan te geven (groen: maximale baanvak snelheid, geel: veertig kilometer per uur, rood: stop). Op sommige baanvakken komen al seinen voor die extra aanduidingen kunnen tonen voor snelheden gelegen tussen veertig kilometer per uur en de maximale baanvak snelheid. Dergelijke aanduidingen voorkomen dat treinen onnodig sterk moeten afremmen en daarmee de voortgang van een achteropkomende trein belemmeren. Toepassing op grotere schaal maakt een gedifferentieerde snelheidsopbouw mogelijk die een optimalisatie van de capaciteit bevordert. Een combinatie met de maatregel 'kortere blok lengte' biedt nog meer mogelijkheden (De Ruijter et al., 1990).

- *Effect*

De Ruijter et al. (1990) hebben deze maatregel onderzocht. Zij simuleerden een combinatie van kortere blokken en seinen met variabel aangegeven snelheid. In vergelijking met het gewone NS-systeem bedraagt de winst in capaciteit in dat geval 43%.

- *Termijn*

De invoering van een dergelijk systeem op (alleen) de hoofdtransportassen duurt korter dan vijf jaar<sup>9</sup>.

*Aansluiting op (nieuw) beheerssysteem*

Deze maatregel is apart opgenomen omdat elke aanpassing van het systeem van beheersing van het vervoers- en verkeersproces (per trein) implicaties heeft voor het aanwezige seinstelsel. Die gevolgen zijn zelden beperkt. Meestal moet apparatuur langs de spoorbaan worden aangebracht, bekabeling gewijzigd, seinen verplaatst en de rails geïsoleerd.

---

<sup>8</sup> Volgens de heer Bokhorst van de Nederlandse Spoorwegen in een gesprek op 4 juni 1993.

<sup>9</sup> Zie vorige voetnoot.

#### 4.2.2 Voertuig 'trein'

##### *Treinlengte vergroten*

Dit is een maatregel die direct invloed heeft op de (vervoers)capaciteit. Maar in veel gevallen is de maximale treinlengte al bereikt. Een aantal randvoorwaarden verhindert verdere verlenging van treinen (in het goederenvervoer): trekkracht van lokomotieven<sup>10</sup>, beladingsgraad (een lange maar gedeeltelijk beladen trein is niet gewenst), seinstelsel (een trein met een grote lengte blokkeert te lang de wisselstraten).

##### - *Effect*

Een gebruikelijke lengte van bijvoorbeeld Combi-treinen is zeshonderd meter. In het geval deze treinen honderd meter langer worden, neemt de capaciteit voor deze trein met maximaal 16% toe. Een langere trein vergt zelf meer capaciteit en kan (bij weinig ruimte in de dienstregeling) de capaciteit voor andere (goederen)treinen doen afnemen.

##### - *Termijn*

Een wezenlijke verlenging van goederentreinen is slechts mogelijk als de infrastructuur is aangepast. In het bijzonder dienen inhaalsporen te worden verlengd en wisselstraten aangepast. Dit neemt een termijn van tussen de vijf en tien jaar in beslag<sup>11</sup>. Ook hier geldt dat de hoofdtransportassen het eerst aan de beurt moeten komen.

##### *Aantal 'verdiepingen' vergroten*

In het personenvervoer wordt deze maatregel, ter verhoging van de vervoerscapaciteit, inmiddels op grote schaal toegepast (dubbeldekkers). In het goederenvervoer (twee containers op elkaar gestapeld) is deze maatregel alleen mogelijk als het 'profiel van vrije ruimte' (de denkbeeldige koker waar treinen doorheen rijden) drastische aanpassing ondergaat (vooral bovenleiding en viaducten).

##### *Maximale snelheid aanpassen*

De maximale snelheid verschilt nogal tussen soorten treinen en materieel. Dit bemoeilijkt het homogeniseren van de snelheden.

De maximale snelheid van goederentreinen wordt meestal niet bepaald door de beschikbare lokomotieven, maar vooral door de wagons. De eis is dat wagons vanuit de hoogste snelheid bij een noodstop tijdig tot stilstand komen. Die hoogste snelheid is in de meeste gevallen honderd kilometer per uur; dit is veel lager dan in bijvoorbeeld Duitsland, waar op sommige trajecten goederentreinen een snelheid van 160 kilometer per uur bereiken. Dit heeft niet alleen met de betere wagons en lokomotieven te maken maar ook met de kwalitatief betere spoorbaan.

---

<sup>10</sup> De inzet van meer lokomotieven per trein verhoogt de trekkracht zonder dat een sterker type locomotief nodig is.

<sup>11</sup> Volgens de heer Bokhorst van de Nederlandse Spoorwegen in een gesprek op 4 juni 1993.

Het aanpassen van de maximale snelheid van de voertuigen alleen is onvoldoende in het geval het doel is: een hogere snelheid van treinen op een traject. Daartoe moet namelijk ook de infrastructuur geschikt zijn; zie ook de maatregel 'toegestane baanvaksnelheid'.

Overigens is een hogere snelheid geen doel op zich, maar onderdeel van het streven naar optimale snelheden.

#### *Maximale aslast verhogen*

De maximale aslast bepaalt de vervoerscapaciteit van een voertuig. De maximale aslast hangt, evenals het vorige punt, samen met de eigenschappen van de aanwezige remmen. Maar ook met de kwaliteit en aard van de constructie van een wagon. Deze maatregel heeft implicaties voor de infrastructuur ('draagkracht' en 'baanvaksnelheid').

#### *Aansluiting op (nieuw) beheerssysteem*

In veel nieuwe beheerssystemen is het noodzakelijk dat de lokomotieven zijn voorzien van apparatuur die communiceert (uitwisseling van gegevens) met de 'wal' en met apparatuur die de machinist voorziet van informatie over toegestane snelheid. Zie verder paragraaf 4.3.

### **4.2.3 Seinstelsel en voertuig als geheel**

#### *Kortere bloklengte en aansluiting op nieuw beheerssysteem*

Een kortere bloklengte biedt nog meer mogelijkheden dan al hiervoor beschreven als er een combinatie plaatsvindt met apparatuur aan 'boord' van de trein. In de trein ziet de machinist wat de toegestane snelheid is in het blok waarin de trein zich bevindt. Deze toegestane snelheid is afhankelijk van de afstand tot de voorgaande trein en van de tijd waarin die afstand vermindert; zie onder anderen Wegel (1992) en Suwe (1989).

#### *- Effect*

Deze maatregel is voortgekomen uit een terrein dat sterk in opkomst is: de hoge-snelheidslijnen. Daar vooral Duitsland en Frankrijk dergelijke lijnen ontwikkelen, is de meeste kennis uit die landen afkomstig.

De Deutsche Bundesbahn past in dit verband de 'Linienzugbeeinflussung' (LZB) toe die bestaat uit een combinatie van korte blokken (duizend meter) en 'cabineseinen'. De cabineseinen laten de machinist een maximale snelheid zien die is afgestemd op de feitelijke snelheid en positie van een voorliggende trein. Dit systeem werkt ook nog bij snelheden van driehonderd kilometer per uur. Op de hoge-snelheidslijn Hannover-Fulda is de maximale capaciteit twaalf LZB-treinen per uur met hoge snelheid, maar slechts vier treinen in een uur als twee van deze vier treinen geen LZB hebben (Buszinsky, 1991).

Het IVE heeft in een simulatie (van een baanvak) bepaald dat LZB (bloklengte duizend meter) een extra capaciteit van 60% oplevert ten opzichte van een gewoon

seinstelsel met gewone blok lengte<sup>12</sup>. Een halvering van de blok lengte tot vijfhonderd meter leidt tot een totale stijging van de capaciteit met ongeveer 100% (Hartmann et al., 1991).

In het Duitse project 'CIR-ELKE'<sup>13</sup> is het systeem 'Hochleistungsblock mit LZB' (HBL) gaande. Dit systeem houdt in dat een complete route (baanvakken en stations) met kortere blokken wordt ingericht en dat alle treinen een LZB-installatie hebben. Ten opzichte van een gewoon Duits blokstel bedraagt over een gehele route de winst in capaciteit tussen de 20 en 30% (Wegel, 1992).

#### - *Termijn*

Deze maatregel is ingrijpend en kan niet op de korte termijn (binnen vijf jaar) tot stand komen. De maatregel is echter wel veelbelovend. Toepassing in Nederland houdt in dat het bestaande beveiligingssysteem (ATB) aanzienlijke aanpassingen behoeft en dus hoge kosten mee zal brengen.

#### *Meelopend blok*

Een meelopend blok heeft een minimale lengte gelijk aan de remweg plus de treinlengte plus de reactietijd van de machinist. Deze vorm van blokstelsel is alleen mogelijk bij een geïntegreerd systeem dat de voertuigen beïnvloedt ('dwingende' bevelen kan geven) en registreert wat de plaats en de snelheid van de voertuigen is. Het systeem moet continu meldingen krijgen omtrent de feitelijke 'lege' delen van een traject of anders gezegd, de trein moet voortdurend melden welk deel van het traject hij weer verlaat en dus vrij geeft (Bidinger, 1992a en b). Vooral bij metro-bedrijven (met één soort trein) functioneert een dergelijk systeem (zie bijvoorbeeld Sone, 1990).

#### - *Effect*

Het meelopend blok levert voor een bedrijf met één treintype hoge capaciteiten op. In een metrobedrijf blijken de baten van het meelopend blok de kosten te overtreffen; Greaves (1991) geeft Peking als voorbeeld waar dit aangetoond is. Kreutzberger & Vleugel (1992) komen voor een bedrijf met reizigers- en goederentreinen (gemengd bedrijf) op een maximale toename van 140% (33 treinen bij meelopend blok en 14 treinen bij regulier blokstelsel).

Voor een gemengd bedrijf zijn in potentie de effecten groot, maar de technische belemmeringen zijn ook groot. Het stelsel met meelopend blok kent geen vaste fysieke blokken en stoelt zeer sterk op de elektronica. Het is daarmee een stap verder dan HBL (Bidinger, 1992b) en die techniek vergt al een forse inspanning in tijd en geld.

---

<sup>12</sup> In Duitsland varieert de gewone blok lengte tussen een en zes km.

<sup>13</sup> CIR-ELKE: Computer Integrated Railroading - Erhöhung der Leistungsfähigkeit im Kernnetz.

- *Kosten en termijn*

Vooralsnog lijkt het meelopend blok niet haalbaar op korte of middellange termijn voor een gemengd spoorbedrijf. Een analyse van kosten en baten zou duidelijk kunnen maken wat gunstiger is: meelopend blok of een soort HBL toepassen in het gemengde spoorbedrijf.

#### 4.2.4 Infrastructuur

Deze subparagraaf lijkt buiten de orde, daar deze studie poogt na te gaan welke maatregelen de capaciteit op korte termijn verhogen zonder al te ingrijpende maatregelen te nemen. En infrastructurele maatregelen zijn meestal ingrijpend. De hier genoemde maatregelen zijn echter minder vergaand dan bijvoorbeeld een nieuwe spoorlijn aanleggen of een spoorverdubbeling over grotere lengte (meer dan enkele honderden meters). Daarom zijn deze maatregelen toch relevant voor deze studie.

*Aantal sporen vergroten* (plaatselijk op baanvakken)

Het vergroten van het aantal sporen heeft tot doel plaatselijk de capaciteit te vergroten ('dwarsprofiel uitrekken'). Deze maatregel biedt plaatselijk mogelijkheden voor het eerder splitsen of later samenvoegen van lijnen en voor het inhalen van treinen (stilstaand of rijden inhalen).

- *Effect*

Als 'rijdend inhalen' het doel van de extra sporen is, dan dienen deze sporen tussen de tien en vijftig kilometer lang te zijn. In Nederland is een dergelijke lengte zelden beschikbaar. In het geval van 'stilstaand inhalen' is een veel kortere lengte mogelijk (de treinlengte plus vijftig meter; zie Wiemans, 1982). Zie paragraaf 4.3.3 voor het effect op de capaciteit van de genoemde maatregelen.

- *Kosten*

De kosten van de aanleg van een inhaalspoor zijn afhankelijk van de lokale omstandigheden en variëren 'buiten de bebouwde kom' tussen de vier à vijf miljoen gulden per kilometer.

*Extra inhaalsporen en wisselstraten* (bij stations)

Het toevoegen van inhaalsporen en wisselstraten heeft tot doel plaatselijk de capaciteit te vergroten ('dwarsprofiel uitrekken'). Deze maatregel creëert vlak voor en na stations mogelijkheden voor het eerder splitsen of later samenvoegen van lijnen en voor het laten passeren van treinen in dezelfde richting (tegelijk aankomen of vertrekken, stilstaand inhalen; zie ook onder deze maatregelen).

*Beter lengteprofiel*

Een beter lengteprofiel maakt een gelijkmatiger verdeling mogelijk van de toegestane snelheid in de lengterichting van de spoorbaan.

Deze maatregel is op verschillende manieren uit te werken, maar deze manieren leiden alle tot een hogere snelheid ter plaatse. Het gaat om 'boogstralen vergroten', 'wissels geschikt maken voor hogere snelheid' en 'hoek van hellingen verkleinen'.

- boogstralen vergroten

Deze maatregel maakt plaatselijk een hogere snelheid mogelijk, maar vergt veel ruimte. De verhouding tussen kosten en baten is niet gunstig<sup>14</sup>.

- wissels geschikt voor hogere snelheid<sup>15</sup>

De toepassing van verbeterde wissels (kleinere hoek, geschikte overgangsboog, beweegbare puntstukken (Holzinger & Fritz, 1990) leidt volgens Hartmann et al. (1991) tot een verhoging van de capaciteit met 30%. Deze verhoging geldt op een traject met een lengte van zeven kilometer. Een voorbeeld: twee treinen rijden met een snelheid van 120 kilometer per uur over dit traject (met vaste blokken). In het traject bevinden zich twee wissels. In het geval de maximale toegestane snelheid op de wissels veertig kilometer per uur is, bedraagt de volgtijd van de tweede trein 170 seconden. In het geval de treinen met 130 kilometer per uur over de wissels mogen rijden neemt de volgtijd af tot 115 seconden (afname in volgtijd is 32%).

- hoek van hellingen verkleinen

Deze maatregel maakt hogere snelheden in het bijzonder voor goederentreinen mogelijk. In de praktijk zijn er tal van ruimtelijke en economische randvoorwaarden die de hoek van een helling bepalen, waardoor de uit een oogpunt van snelheid gewenste hoek niet altijd tot stand komt.

#### *Toegestane baanvaknsnelheid aanpassen (draagkracht van de spoorbaan vergroten)*

De toegestane baanvaknsnelheid is de resultante van de aslasten van het materieel gecombineerd met de draagkracht van de spoorbaan. Is de aslast kleiner dan de draagkracht, dan is voor goederentreinen de 'gewone' snelheid van vijftiennegentig à honderd kilometer per uur toegestaan (voorop gesteld dat de trekkracht van de trein voldoende groot is). Bij bruggen is de draagkracht veelal beperkt, waardoor de toegestane snelheid lager ligt. Hellingen beperken eveneens de snelheid van goederentreinen.

De trend is dat de aslast van goederentreinen toeneemt (22,5 ton/as). Dit vereist een baanvak met kwaliteit D4<sup>16</sup> (draagkracht 7,2 ton/meter). Op sommige trajecten, bijvoorbeeld Rotterdam-Utrecht-Arnhem, is voor treinen met een aslast van 22,5 ton de toegestane snelheid plaatselijk soms maar dertig à veertig kilometer per uur en over het gehele traject gemiddeld hooguit tachtig kilometer per uur<sup>17</sup>.

---

<sup>14</sup> Volgens de heer Bokhorst van de Nederlandse Spoorwegen in een gesprek op 4 juni 1993.

<sup>15</sup> De toegestane snelheid op een wissel is afhankelijk van de hoek van de wissel, de soort overgangsboog en de aanwezigheid van beweegbare puntstukken (Holzinger & Fritz, 1990). De toegestane snelheid neemt toe bij een kleinere hoek, een overgangsboog die een geringe zijwaartse versnelling veroorzaakt en de aanwezigheid van puntstukken.

<sup>16</sup> Volgens een indeling van de Union Internationale de Chemin de Fer.

<sup>17</sup> Volgens de heer Van Breemen van NS (gesprek in juni 1993).

De hier bedoelde maatregel verhoogt de draagkracht van de spoorbaan waardoor hogere aslasten en hogere snelheden mogelijk worden. Zonder hogere snelheden zijn er voor de maatregel 'homogeniseren treinverkeer' weinig vrijheidsgraden; zie paragraaf 4.3.

- *Effect*

Een baanvak met een lengte van twintig kilometer, waar goederentreinen over de gehele lengte honderd kilometer per uur mogen rijden en reizigerstreinen 120 kilometer per uur (volgtijden vijf minuten), heeft een 30% hogere capaciteit dan een baanvak waar goederentreinen gemiddeld tachtig kilometer per uur rijden (Hartmann et al., 1991; bijlage 13b). Overigens is dit maar een (toepasselijk) voorbeeld; Hartmann et al. hebben veel meer van deze combinaties (van snelheden en volgtijden) doorgerekend.

- *Termijn*

Het verhogen van de baanvaknsnelheid houdt in dat de infrastructuur op veel punten een verbetering behoeft (vooral kleinere bruggen). Dit vergt een termijn van zeker vijf jaar. Op sommige trajecten kan misschien voorrang gegeven worden aan een dergelijke maatregel (ten koste van werkzaamheden op andere trajecten).

In plaats van aanpassing van de baanvaknsnelheid is het ook mogelijk de optimale snelheid in te stellen op de gegeven (lage) baanvaknsnelheid of te gaan rijden met treinen waarvan de aslasten gering zijn (de trend is overigens tegengesteld).

*Ongelijkvloerse kruisingen*

Deze maatregel spreekt voor zich: het wegnemen van een gelijkvloers kruisingsvlak vergroot de capaciteit. Weliswaar gaat deze maatregel veel verder dan wat hier onderwerp van studie is, maar de potentiële 'impact' van deze maatregel is groot. Deze maatregel is lokaal ingrijpend van aard, maar gaat veel minder ver dan het aanleggen van een compleet nieuw baanvak of het verdubbelen van het aantal sporen over grote lengte.

- *Effect*

Het effect van een ongelijkvloerse kruising op de capaciteit is groot. Zowel op het niveau van de planning (meer treinen per uur in de dienstregeling) als op lagere niveaus (minder toename in vertragingen<sup>18</sup> heeft ongelijkvloers kruisen voordelen boven gelijkvloers kruisen.

- *Termijn*

De termijn van invoering is zeker langer dan vijf jaar en 'soms' langer dan tien jaar.

---

<sup>18</sup> Bij een gelijkvloers kruispunt bestaat er een grote kans dat een al vertraagde trein moet wachten en extra vertraging oploopt.

### *'Profiel van vrije ruimte' aanpassen*

Deze maatregel hoort bij de eerder besproken maatregel 'vergroten van het aantal verdiepingen van een trein'.

## **4.3 Overige maatregelen**

In deze paragraaf staan de maatregelen centraal die beogen het proces van exploitatie binnen het spoorbedrijf te sturen en beheersen. Zoals gezegd gebeurt dit op verschillende niveaus.

- Op het (hoogste) niveau van de planning is aan de orde waar en wanneer treinen kunnen rijden teneinde aan de vraag te voldoen. In het geval van strijdigheden in deze opgave zijn keuzen noodzakelijk. Nu nog gaat meestal reizigersvervoer voor goederenvervoer, in de (nabije) toekomst is dat minder vanzelfsprekend<sup>19</sup>. Bijvoorbeeld tamelijk starre indelingen in het reizigersvervoer (Intercity, sneltrein, stoptrein of Intercity, Interregio, Agglo/regio) kunnen op sommige trajecten (tijdelijk) worden vereenvoudigd ten gunste van goederentreinen. Op dit niveau kan men een dienstregeling maken die gunstige routes aanwijst, geschikte snelheden en volgtijden van de treinen en de beoogde volgorde van de verschillende soorten treinen aangeeft. De maatregelen passen zowel bij strategie A als bij B.

- Het niveau van verkeersleiding gaat over de concrete inzet van treinen op trajecten. Uitgangspunt daarbij is de planning, maar de feitelijke toestand (vertragingen, omleidingen door stremmingen elders) kan leiden tot bijstellingen. De verkeersleiding beslist niet alleen over de inzet van treinen maar ook over personeel en materieel. De verkeersleiding neemt maatregelen volgens strategie B, want zij is bezig met het treinverkeer.

- Het niveau van de treindienstleiding beheerst de feitelijke keuze van rijwegen en bezetting van perronsporen. Gegeven is de oorspronkelijke planning, maar allerlei ad-hoc zaken (vertragingen, onderhoud, omleidingen) leiden voortdurend tot bijstellingen. Ook hier gaat het om strategie B.

- Tenslotte moeten op het (laagste) niveau van de uitvoering (in het bijzonder machinisten en rangeerders) op de juiste tijd en plaats handelingen worden uitgevoerd die een afgeleide zijn van beslissingen op hogere niveaus.

Er is in deze paragraaf een onderscheid gemaakt tussen maatregelen die de vier niveaus als geheel aangaan en maatregelen die zijn terug te voeren op één van de niveaus. Een aantal maatregelen, zoals 'grootschalige integratie van informatiestromen', 'informatie van en naar de voertuigen' en 'overzicht (beheersgebied)' vallen onder het verzamelbegrip 'telematica'. Dit begrip is hier verder niet expliciet gehanteerd.

---

<sup>19</sup> In beleidsdocumenten blijkt het goederenvervoer over de weg veelal voorrang te krijgen boven het personenvervoer.

#### 4.3.1 Planning, verkeersleiding, treindienstleiding en uitvoering als geheel

##### *Grootschalige integratie van informatiestromen*

De vier niveaus moeten onderling voortdurend communiceren. De communicatie geschiedt tussen twee niveaus onderling waarbij actuele informatie over de andere niveaus vaak ontbreekt. Eigenlijk zou elk niveau op elk gewenst moment of indien noodzakelijk, kennis moeten hebben van relevante informatie ongeacht het niveau. Deze maatregel leidt niet direct tot meer capaciteit of een betere benutting van de infrastructuur. Maar door de verbeterde communicatie is op elk niveau sneller informatie beschikbaar die onder andere gebruikt kan worden bij beslissingen over de verdeling van de capaciteit en de benutting. De maatregel is dus een soort basis voor andere maatregelen die wel een directe relatie hebben met capaciteit.

Grootschalige integratie van informatiestromen is aan de orde bij de Nederlandse Spoorwegen, genaamd Post 21 (NS, 1992), en bij de Duitse spoorwegen, onder de vlag 'Computer Integrated Railroading' (Kling & Krupke, 1991) of 'ZIS'<sup>20</sup> (Dahms, 1991)

##### *- Effect*

Deze maatregel is meer intern gericht op de organisatie van het spoorbedrijf zelf. Een direct effect op de capaciteit is er veel minder dan bij 'grootschalige beheersing' (zie hierna). Maar de integratie van de informatiestromen is wel een eerste vereiste voor een uiteindelijke drastische verhoging van de capaciteit op de bestaande lijnen.

##### *- Termijn*

De integratie van informatiestromen is ambitieus, gecompliceerd en vereist veel inzet. Het Duitse CIR-project (Kling & Krupke, 1991) wil alle informatie op alle niveaus aan elkaar knopen. Dit is overigens ook de ambitie van het project Post 21 (NS, 1992) (dat een geschatte looptijd heeft van enkele jaren).

##### *Grootschalige beheersing van het treinvervoer en -verkeer*

Verder dan 'integratie van informatiestromen' gaat een maatregel die poogt ook de feitelijke treinenloop te beheersen. Deze maatregel heeft wel een directe invloed op de capaciteit omdat de geplande treinenloop beter kan worden beheerst.

Voor deze maatregel is het noodzakelijk de voertuigen te voorzien van apparatuur die ingrijpen (gedwongen remming) van hogere niveaus mogelijk maakt en apparatuur die de hogere niveaus laat weten wat de snelheid en de plaats van een voertuig is. In Frankrijk is hiervoor het project ASTRÉE<sup>21</sup> gestart (Bernard, 1990 en Couvert, 1992).

---

<sup>20</sup> ZIS: Zugförderungs-Informations-System (für Planung, Disposition und Controlling des Triebfahrzeug- und Fahrpersonaleinsatzes).

<sup>21</sup> ASTRÉE: Automation du Suivi des Trains en Temps Réel.

- *Effect*

Projecten die een 'grootschalige beheersing' beogen, omvatten in elk geval de hiervoor genoemde 'informatiestromen'. Het IVE waagt het om een effect van 400% toename in capaciteit te noemen als gevolg van 'grootschalige beheersing' (Frederich, 1992). Dit hoge percentage is waarschijnlijk het resultaat van een vergelijking tussen een tamelijk lage capaciteit gegeven de huidige (Duitse) karakteristieken van een baanvak en een ideaal toekomstig baanvak.

- *Kosten*

In Frankrijk loopt het genoemde project ASTRÉE met een budget van (voorlopig) zeventig miljoen FFr. per jaar en een inzet van veertig mensjaar.

*Oorzaken van vertragingen structureel aanpakken*

In een publikatie van de Deutsche Bundesbahn (DB, 1992b) zijn dertien soorten vertragingen gedefinieerd (zie tabel 4.2). Elke soort vertraging heeft zijn specifieke oorzaak of complex van oorzaken. Een analyse van deze oorzaken maakt een aanpak mogelijk van de geconstateerde problemen. Vertragingen vormen per definitie een afwijking van de dienstregeling en brengen een uitgaande treinenloop in gevaar.

*Vertragingen sneller laten uitdempen*

Een belangrijk aspect bij vertragingen is de 'uitstraling' ervan. Naarmate de vertraging meer om zich heen grijpt raken meer treinen en grotere gebieden geïnfecteerd. Dit vraagt maatregelen die tamelijk gecompliceerd zijn en in de richting gaan van een 'grootschalige beheersing'.

**Tabel 4.2 Dertien soorten vertragingen**

*Verspätung:*

- |               |   |
|---------------|---|
| 1. Ur-        | onvoorziene vertraging van een trein, onafhankelijk van andere treinen      |
| 2. Folge-     | vertraging die ontstaat door de opeenvolging van treinen                    |
| 3. Einbruchs- | vertraging van een trein die uit een aansluitende regio komt.               |
| 4. Ausbruchs- | vertraging van een trein die naar een aansluitende regio gaat.              |
| 5. Anfangs-   | vertraging van een trein bij het vertrek uit het 'beginstation'             |
| 6. End-       | vertraging van een trein bij aankomst in het 'eindstation'                  |
| 7. Einfahr-   | vertraging van een trein die een baanvak of een station binnenkomt          |
| 8. Erreger-   | vertraging die een trein doorgeeft aan volgende treinen                     |
| 9. Gesamt-    | de som van Einfahr-, Ur- en Folgeverspätung                                 |
| 10. Ausfahr-  | deze vertraging vormt de Einfahrverspätung van het aansluitende baanvak     |
| 11. Abfahrts- | verschil tussen feitelijke en geplande passeertijd bij vertrek of passeren  |
| 12. Ankunfts  | verschil tussen feitelijke en geplande passeertijd bij aankomst of passeren |
| 13. Zuwachs-  | verschil tussen de vertragingen op twee punten                              |

Bron: DB, 1992b.

### 4.3.2 Planning

#### *Modellen (software) hanteren*

Het plannen van een dienstregeling is een complexe taak. Per traject moet het gevraagde vervoer worden omgezet in aantallen treinen per uur en per etmaal. Voor een gebied moeten sommige treinen op elkaar aansluiten en bovendien moet er voor elke ingeplande trein materieel en personeel beschikbaar zijn. Ondersteuning van deze taak met software is eigenlijk een 'must'.

De ontwikkeling van goede software op dit gebied duurt enkele jaren. Overigens lijkt afstemming met het buitenland een mogelijkheid om de kosten te delen.

Er bestaan in elk geval modellen voor:

- de capaciteit, bijvoorbeeld de simulatieprogramma's STRESI (DB, 1992a), STRELE (Schwanhäüßer, 1992), een variant op TRIPSIM (De Ruijter et al., 1990) en SIMU VII (Klahn, 1992);
- de weergave en optimalisatie van de prestaties van de railvoertuigen op concrete trajecten, bijvoorbeeld DYNAMIS (Habich & Eickmann, 1990) en 'Zugfahrtrechnung' (Sonntag, 1992);
- de evaluatie van een dienstregeling, bijvoorbeeld IEDIS<sup>22</sup> (Hitoshi, 1992);
- de planning van tijdelijke dienstregelingen bij onderhoud aan de spoorbaan (Dannenberg, 1992).

Deze modellen laten goed zien wat een combinatie van maatregelen oplevert.

#### *Meetgegevens inwinnen, analyseren en evalueren*

Kennis over de werking van een dienstregeling kan een belangrijk hulpmiddel zijn bij het maken of bijstellen van dienstregelingen. Hiervoor zijn veel (gedetailleerde) gegevens vereist. Zowel bij de inwinning als verwerking van deze gegevens is apparatuur en programmatuur benodigd.

#### *Homogeniseren treinverkeer*

In een dienstregeling komen verschillende soorten treinen voor, bijvoorbeeld Intercity, sneltrein, stoptrein, goederentrein. Gewoonlijk wisselen deze treinsoorten elkaar af opdat elk station regelmatig wordt bediend. Voor de capaciteit is dat echter niet gunstig daar een langzame stoptrein of goederentrein het baanvak 'blokkeert'. Het homogeniseren van treinsoorten poogt hier een antwoord op te geven door snelheidsverschillen te verminderen, ongelijke treinsoorten te scheiden en gelijke treinsoorten te bundelen.

- minder verschil in snelheid

De capaciteit neemt toe als de snelheden gemiddeld beter overeenstemmen. Om dit te bereiken kunnen bijvoorbeeld snelle treinen iets langzamer gaan rijden en langzame treinen iets sneller.

---

<sup>22</sup> IEDIS: Integrated Evaluation System of Train Diagram Scheduling.

- *Effect*

Onder andere het IVE heeft in een simulatie bepaald (Hartmann et al., 1991) dat deze maatregel de capaciteit verhoogt met een percentage variërend van 10 tot 20%. Is het verschil in snelheid tussen twee treinen bijvoorbeeld tachtig kilometer per uur, dan is de volgtijd 325 seconden, terwijl de volgtijd afneemt tot 282 seconden (afname 13%) bij een verschil van veertig kilometer per uur en tot 254 seconden (afname 22% ten opzichte van 325 seconden) bij een verschil van twintig kilometer per uur.

Een extreem voorbeeld van de capaciteit bij gelijke snelheid (en slechts één treinsoort) is de TGV in Frankrijk, waar met het nieuwste systeem van beheersing, genaamd 'TVM 430', treinen een volgtijd van drie minuten krijgen bij een snelheid van driehonderd kilometer per uur (Guilloux, 1990 en 1992). In de London Underground (Mellitt et al., 1990) komt een capaciteit van 35 treinen per uur per richting voor (volgtijd minder dan twee minuten) bij een snelheid van (slechts) 36 kilometer per uur.

In bijlage 2, afbeeldingen 2.1a tot en met 2.1e, is met tijd-weg-diagrammen een indruk gegeven wat deze maatregel aan winst geeft ten opzichte van de referentiesituaties (zie hoofdstuk 3). (In paragraaf 3.3 is het fenomeen tijd-weg-diagram uiteengezet.)

De winst in het aantal goederentreinen per uur per situatie is in tabel 4.3 vermeld. Dat in situatie I geen winst wordt geboekt, komt door het al toevoegen van drie goederentreinen in de referentiesituatie (afbeelding 3.3).

- scheiden van ongelijke treinsoorten in tijd en naar plaats en het bundelen van gelijke treinsoorten

Treinen van ongelijke soort 'hinderen' elkaar als de opeenvolging te gering is en ze van hetzelfde spoor gebruik moeten maken. Scheiden in de tijd houdt in dat de opeenvolging groter moet worden en scheiden naar plaats dat op sommige punten, meestal stations, een snelle trein de langzamere inhaalt.

Bundelen van treinsoorten wil zeggen dat treinen van gelijke soort elkaar in de dienstregeling opvolgen. Bijvoorbeeld twee of drie stoptreinen die vlak na elkaar vertrekken, gevolgd door twee Intercity's of sneltreinen. Gewoonlijk is dit niet wat de 'markt' vraagt; hier is puur gedacht vanuit een optimalisatie van de capaciteit.

- *Effect*

Deze maatregel is nagegaan voor de referentiesituaties uit hoofdstuk 3. In de afbeeldingen 2.2a tot en met 2.2e (bijlage 2) is het resultaat zichtbaar. In tabel 4.4 zijn de aantallen extra goederentreinen gegeven. De winst is in dezelfde orde van grootte als bij de maatregel 'homogeniseren treinverkeer'.

Volgens de simulaties van Hartmann et al. (1991) vermindert de volgtijd met gemiddeld ongeveer 20%. Bijvoorbeeld in één situatie volgen twee treinen elkaar op, die niet stoppen op het eerstvolgende station (de treinen behoeven beide niet af te remmen): de volgtijd is dan bij gelijke snelheid (negentig kilometer per uur) 97 seconden en bij ongelijke snelheid (resp. 120 en 90 kilometer per uur) 145,3 seconden. In de tweede situatie stopt de eerste trein wel en de tweede niet op het

**Tabel 4.3** Winst in het aantal goederentreinen per uur en de procentuele toename in het aantal treinen per uur door de maatregel 'homogeniseren treinverkeer'

Traject of situatie <sup>(1)</sup>	aantal	%
I	-	-
II	3	37,5
III	2	25
IV	2	20
Rotterdam - Lage Zwaluwe	1	10

<sup>(1)</sup> I, II, II, IV: Zie tabel 3.1.

**Tabel 4.4** Winst in het aantal goederentreinen per uur en de procentuele toename in het aantal treinen per uur door de maatregel 'bundelen van gelijke treinsoorten'

Traject of situatie <sup>(1)</sup>	aantal	%
I	-	-
II	3	37,5
III	1	12,5
IV	2	20
Rotterdam - Lage Zwaluwe	1	10

<sup>(1)</sup> I, II, II, IV: Zie tabel 3.1.

eerstvolgende station. De volgtijden zijn dan resp. 130 en 168 seconden. De eerste situatie heeft volgtijden die resp. 26 en 13% korter zijn dan de tweede situatie. Deze winst heeft dezelfde orde van grootte als de winst in tabel 4.4.

#### *Koppelen van gelijke treinsoorten*

Als een vervolg op 'homogeniseren' geldt de maatregel 'koppelen': twee lijnen komen samen op één station en gaan als één lijn verder. Treinen afkomstig van beide lijnen en van gelijke soort worden op dat station gekoppeld. De stoptreinen uit bijvoorbeeld de richting Breda kan men in Boxtel koppelen aan de stoptreinen uit de richting Den Bosch. In Eindhoven worden de treinen weer ontkoppeld. Deze maatregel verhoogt de capaciteit indirect omdat in plaats van een van de gekoppelde treinen een andere trein op hetzelfde traject kan rijden. Voor reizigers ontstaat door het koppelen extra oponthoud.

#### *Reserves in dienstregeling verkleinen*

In de dienstregeling is een reserve ingebouwd die bedoeld is allerlei vertragingen op te vangen. De reserve bedraagt gewoonlijk 25%; zie WCS (1992) en voor een

theoretische onderbouwing Hertel (1992). Deze reserve is een keuze bij het opstellen van de dienstregeling. De reserve kan men bewust op sommige trajecten verminderen; in de Randstad gebeurt dat ook. Het aantal niet op te vangen vertragingen neemt daardoor onvermijdelijk toe.

- *Effect*

Het laten vervallen van de huidige standaardreserve van 25% in een uur biedt meer ruimte voor extra treinen. Maar het risico van vertragingen neemt toe. Hertel (1992) laat voor enkele trajecten zien dat de (onbedoelde) wachttijd<sup>23</sup> drastisch toeneemt in situaties waarin het aantal treinen hoger is dan 75% van het theoretisch maximale aantal.

*Aantal en duur brugopeningen beperken*

Op diverse trajecten moet de planning rekening houden met brugopeningen. In sommige gevallen is de invloed op de dienstregeling groot. Bijvoorbeeld op het traject Rotterdam - Dordrecht is de duur van de brugopening bij Dordrecht vijftien minuten per uur.

*Snellere opeenvolging van treinen*

Deze maatregel heeft een directe relatie met 'kortere bloklengte'. Met deze maatregel wordt de (technische) mogelijkheid bedoeld om treinen sneller na elkaar te laten rijden en niet de eerder vermelde 'reserve in de dienstregeling'.

De opeenvolging is afhankelijk van de karakteristieken van het baanvak en het seinstelsel. Het is niet moeilijk twee treinen vlak na elkaar te laten vertrekken maar de opgave is de tweede trein zo min mogelijk oponthoud te laten ondervinden. Daarvoor zijn veel maatregelen nodig die in dit hoofdstuk zijn genoemd.

- *Effect*

Een consequente verkorting van de volgtijden levert uiteraard een grotere capaciteit op. In het geval van de referentiesituaties uit hoofdstuk 3 heeft de maatregel een effect dat in tabel 4.5 is vermeld en dat is gevisualiseerd in bijlage 2, afbeeldingen 2.3a tot en met 2.3e. In situatie II is de winst het grootst.

Hartmann et al. (1991) laten in hun simulaties zien dat 45% winst in capaciteit mogelijk is. Deze winst geldt in het geval van twee soorten treinen, waarvan de ene soort tachtig kilometer per uur en de andere soort 120 kilometer per uur rijdt, op een traject van twintig kilometer lang, waar de volgtijd van vier naar twee minuten gaat (resp. negen en dertien treinen per uur). Deze winst is vergelijkbaar met de winst in situatie II (tabel 4.5).

---

<sup>23</sup> Wachttijd is hier de vertraging die ontstaat doordat een trein langzamer moet rijden dan bedoeld en doordat die trein moet stoppen voor een rood sein.

**Tabel 4.5** Winst in het aantal goederentreinen per uur en de procentuele toename in het aantal treinen per uur door de maatregel 'snellere opeenvolging van treinen'

Traject of situatie <sup>(1)</sup>	aantal	%
I	3	33,3
II	4	50
III	2	25
IV	2	20
Rotterdam - Lage Zwaluwe	1	10

<sup>(1)</sup> I, II, II, IV: Zie tabel 3.1.

**Tabel 4.6** Winst in het aantal goederentreinen per uur en de procentuele toename in het aantal treinen per uur door de maatregelen 'bundelen van gelijke treinsoorten' en 'snellere opeenvolging van treinen'

Traject of situatie <sup>(1)</sup>	aantal	%
I	5	55,5
II	7	87,5
III	5	62,5
IV	6	60
Rotterdam - Lage Zwaluwe	3	30

<sup>(1)</sup> I, II, II, IV: Zie tabel 3.1.

#### *Snellere opeenvolging gecombineerd met 'bundelen treinsoorten'*

Een combinatie van de maatregel 'snellere opeenvolging' met de maatregel 'bundelen van gelijke treinsoorten', geeft een groot effect; zie tabel 4.6 en de afbeeldingen in bijlage 2, afbeeldingen 2.4a tot en met 2.4e. Ten opzichte van de referentiesituaties bedraagt de toename drie tot zeven treinen per uur.

#### *Spreiden van het vervoer over het etmaal*

Deze maatregel poogt de pieken te spreiden die in de vraag naar vervoer voorkomen. Dit betekent dat in het goederenvervoer zoveel mogelijk 's avonds en 's nachts treinen moeten rijden. Dit staat zonder meer op gespannen voet met de vraag<sup>24</sup>.

In de planning van NS rijdt ongeveer een kwart van de goederentreinen 's avonds tussen 19.00 en 23.00 uur en, afhankelijk van het soort goederentrein, 25 tot 50%

<sup>24</sup> Uit een gesprek ( op 17 december 1993) met de heren Bokhorst en Hartog van NS.

's nachts. De rest van de goederentreinen rijdt tussen 7.00 en 19.00 uur (zie ook tabel 4.7).

Opmerkelijk is dat overdag nog vrij veel goederentreinen rijden. Enerzijds omdat de overslag bij sommige bedrijven of overslagcentra overdag moet plaatsvinden, anderzijds omdat er ook overdag nog steeds ruimte is om goederentreinen te verwerken. De capaciteit 's nachts is niet onbeperkt. Er vindt dan namelijk veel (groter) onderhoud plaats.

- *Effect*

De verdeling van de verschillende soorten goederentreinen over het etmaal ondergaat een verandering door de maatregel (tabel 4.7). In de nieuwe opzet rijden 's nachts meer en overdag minder Combi-treinen. Het totale aantal treinen blijft gelijk, maar de capaciteit overdag voor het reizigersvervoer neemt toe met twee treinen per uur per richting.

*Aantal werkbare dagen per jaar vergroten*

Het goederenvervoer functioneert niet als continu-bedrijf. Het aantal werkbare dagen per jaar bedraagt nu 275. Dit aantal kan men trachten te vergroten.

- *Effect*

Een kleine berekening leert dat 365 werkbare dagen een capaciteit oplevert die 25% hoger ligt dan bij 275 werkbare dagen.

*Bezettings- en beladingsgraad verhogen*

Of een trein volledig is bezet of beladen is niet geheel vooraf te beïnvloeden. Het belang voor een goed gebruik van de capaciteit is echter duidelijk. Daarom moeten er ondersteunende middelen voor planners komen waarmee al van te voren een redelijke schatting mogelijk is van de beladings- en bezettingsgraad.

- *Effect*

Het is duidelijk dat een verhoging van de bezettings- en beladingsgraad tot minder in te plannen treinen leidt. De Nederlandse Spoorwegen gaan bijvoorbeeld in het geval van Combi-treinen uit van 70% beladingsgraad. Nemen we echter een beladingsgraad van 80% aan, dan is ruim 12% minder treinen nodig dan bij 70% beladingsgraad.

### **4.3.3 Verkeersleiding**

*Alternatieve routes aanwijzen (buiten de desbetreffende configuratie om)*

Deze maatregel is in Nederland slechts beperkt toepasbaar omdat het aantal 'parallele' routes gering is. Bijvoorbeeld voor het goederenvervoer is een alternatief voor de route Rotterdam via Utrecht naar Arnhem, de route Rotterdam via Dordrecht naar Venlo. Maar beide routes zijn druk bezet met reizigerstreinen, waardoor beide alternatieven niet uitmunten in geschiktheid voor het goederenvervoer.

**Tabel 4.7 Verdeling van de verschillende soorten goederentreinen over het etmaal (procentueel en absoluut)**

Periode	Scenari- o	Verdeling van de treinsoorten in %				Aantallen treinen per uur per soort		
		Unit Int.	Unit Nat.	Charter	Combi	U,C,S Int.	U,C,S Nat	Combi
7 - 19 uur	NS	25	50	50	52,5	3	2	3
	OTB	25	50	50	25	3	2	1
19 - 23 uur	NS	25	25	25	20	8	3	4
	OTB	25	25	25	25	8	3	4
23 - 7 uur	NS	50	25	25	27,5	8	1	2
	OTB	50	25	25	50	8	1	4

Bron: eigen bewerking van gegevens van enige (niet gepubliceerde) tabellen van NS.

*Flexibele doorgaande routes (ook over sporen voor tegemoetkomende treinen)*

Een doorgaande route voor het goederenvervoer moet flexibel worden behandeld. Dat wil zeggen dat ook onconventionele opties als het gebruik van het spoor voor tegemoetkomende treinen of het laten uitvallen van reizigerstreinen mogelijk moeten zijn.

*Rijdend inhalen*

Rijdend inhalen betekent dat de ene rijdende trein een andere parallel rijdende trein inhaalt. Voor een dergelijke manoeuvre is veel rijlengte nodig. Als de inhalende trein 120 kilometer per uur rijdt en de ingehaalde trein tachtig kilometer per uur, dan ligt de benodigde rijlengte tussen de tien en vijfendertig kilometer<sup>25</sup> (Hartmann et al., 1991). Voor Nederlandse begrippen is dit meestal een (te) grote lengte.

Toepassing van de maatregel 's nachts hindert in elk geval geen reizigerstreinen en maakt het mogelijk enkele goederentreinen over twee sporen in één richting te laten rijden.

*- Effect*

De werking van deze maatregel bestaat uit de tijdsbesparing voor de ingehaalde trein die anders had moeten wachten op de snellere trein. Uit simulaties van Hartmann et al. (1991) (diverse lengtes en combinaties van snelheden) blijkt dat deze besparing

<sup>25</sup> Deze lengte is afhankelijk van het tijdsinterval dat aan het begin van de manoeuvre tussen beide treinen wordt aangehouden (hier variërend van nul tot drie minuten).

drie tot vier minuten volgtijd bedraagt. Deze periode is voldoende lang voor het inleggen van een extra trein.

#### *Tegelijk aankomen of vertrekken*

Dit is een variant op rijdend inhalen. Twee treinen komen tegelijk een station binnen of vertrekken er tegelijk. Ook hier is een aanzienlijke rijlengte nodig.

#### *- Effect*

Deze maatregel, een variant op rijdend inhalen, is door Hartmann et al.(1991) in een rekenvoorbeeld gesimuleerd. Zij kiezen een rijlengte van veertien kilometer teneinde een substantiële tijdwinst te kunnen behalen. Dit blijkt een tijdwinst in volgtijd van ongeveer twee minuten op te leveren. Na twee maal toepassen van deze maatregel ontstaat al ruimte voor een extra trein.

#### *Stilstaand inhalen*

Stilstaand inhalen vergt uiteraard minder ruimte dan rijdend inhalen. Deze maatregel leidt tot oponthoud voor de ingehaalde trein maar kan de totale capaciteit ten goede komen. Vertragingen maken deze maatregel erg kwetsbaar. Dan ontstaat alleen maar meer vertraging en gaat de winst in capaciteit verloren.

#### *- Effect*

Stilstaand inhalen is nader bekeken voor situatie III uit hoofdstuk 3. De maatregel biedt ruimte aan ongeveer 25% meer treinen (bijlage 2, afbeelding 2.5).

#### *Voorrang afhankelijk stellen van het type van de kruisende treinsoorten*

In het geval dat twee treinen 'concurreren' om hetzelfde baanvak is het noodzakelijk voorrangsregels te hebben. Die regels dienen enerzijds rekening te houden met de wensen van de markt maar anderzijds met het effect op de capaciteit. De trein die voorgaat moet in staat worden geacht het traject sneller af te leggen dan de daaropvolgende trein opdat geen oponthoud ontstaat bij de volgende trein.

#### *Informatie van en naar de voertuigen*

Informatie van en naar de voertuigen zorgt ervoor dat de verkeersleiding op de hoogte is van snelheid en positie van treinen. Een aparte optie is dat de machinist kennis neemt van de gewenste of maximale snelheid op dat moment. Als hij de maximale snelheid overschrijdt komt een gedwongen remming tot stand. Deze maatregel is een voorwaarde bij het streven naar een treinenloop die conform de planning is.

#### *Overzicht (beheersgebied)*

Dit punt hangt samen met 'informatie van en naar de voertuigen', want een overzicht van het beheersgebied impliceert een zo actueel mogelijk beeld. Dit kan slechts als de positie en de snelheid van de treinen bekend zijn en de gevolgen daarvan voor de afhandeling van de treinen op elk baanvak duidelijk zijn.

#### *Ondersteunende hulpmiddelen (software)*

De beslissingen van de verkeersleiding winnen aan trefzekerheid als de effecten ervan zichtbaar kunnen worden. Daarvoor is ondersteunende software een goed hulpmiddel.

De genoemde projecten bij 'grootschalige integratie van informatiestromen' en 'grootschalige beheersing' leveren ook ondersteunende software voor de verkeersleiding. Daarnaast is een model aanwezig dat analyses mogelijk maakt van de opbouw van vertragingen (Mühlhans, 1990).

#### **4.3.4 Treindienstleiding**

In sommige gevallen stemmen maatregelen onder 'treindienstleiding' overeen met eerder genoemde maatregelen onder 'verkeersleiding'. Die maatregelen zijn hier verder niet beschreven. Het gaat om:

- Informatie van en naar de voertuigen;
- Tegelijk aankomen of vertrekken;
- Stilstaand inhalen (De treindienstleiding mag deze maatregel alleen nemen op initiatief van de verkeersleiding daar de 'uitstraling' het gebied van de treindienstleider overschrijdt.);
- Voorrang afhankelijk stellen van het type van de kruisende treinsoorten;
- Overzicht (beheersgebied);
- Ondersteunende hulpmiddelen (software).

De hierna te bespreken maatregelen gelden in het bijzonder voor de treindienstleiding.

#### *Flexibele doorgaande rijwegen (ook over sporen voor tegemoetkomende treinen)*

Als de gebruikelijke rijweg (voor een deel) bezet is mag een trein toch geen oponthoud ondervinden. Een doorgaande rijweg voor het goederenvervoer moet daarom flexibel worden behandeld, dat wil zeggen dat ook onconventionele opties als het gebruik van het spoor voor tegemoetkomende treinen of het laten uitvallen van reizigerstreinen mogelijk moeten zijn. Nabij stations moeten aparte sporen voor doorgaande treinen aanwezig zijn.

#### *Automatische instelling van de rijweg*

De treindienstleider moet op een eenvoudige manier de rijweg van een trein kunnen instellen terwijl na doorkomst van de trein de rijweg weer snel beschikbaar moet komen voor een volgende trein.

#### *Communicatie met de machinist*

Deze maatregel gaat niet verder dan een eenvoudige telefonische verbinding tussen de treindienstleider en de machinist waarmee uitwisseling van informatie mogelijk is die zich beperkt tot de melding van incidentele zaken als storingen, stremmingen en vertragingen.

#### 4.4 Niet beschouwde punten

In de voorgaande paragrafen zijn de maatregelen veelal 'geïsoleerd' besproken, dat wil zeggen dat relaties met de omgeving en met andere maatregelen niet zijn bekeken. In het bijzonder zijn de volgende punten op de achtergrond gebleven:

##### *Resterende reserve in de dienstregeling*

Blijft er nog ruimte over voor het opvangen van calamiteiten?

##### *Aansluiting op andere trajecten*

Voor het overstappen op een aansluitende trein is een goede aansluiting ('ideaal knooppunt') gewenst.

##### *Symmetrie van de dienstregeling*

Rijden er in beide richtingen evenveel treinen en rijden die treinen volgens hetzelfde patroon?

##### *Versnellings- en remkarakteristieken van het feitelijk gebruikte materieel*

Dit betreft vooral de tijd-weg-diagrammen (Rotterdam - Lage Zwaluwe) die in dit hoofdstuk zijn gegeven.

##### *Lokale snelheidsbeperkingen op de baanvakken en nabij stations*

Veelal zijn er lokale snelheidsbeperkingen ten gevolge van onvoldoende draagkracht van de boven- of onderbouw en ten gevolge van onderhoud of andere werkzaamheden.

##### *Capaciteit van de aansluitende baanvakken in het buitenland*

De capaciteit van baanvakken in het buitenland die aansluiten op de Nederlandse hoofdtransportassen, zou tenminste gelijkwaardig moeten zijn.

##### *Beschikbaarheid van materieel en personeel*

Veel van de besproken maatregelen hebben consequenties voor de inzet van materieel en personeel.

---

## CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

### 5.1 Inleiding

Er blijkt een groot aantal maatregelen te zijn dat de capaciteit van het goederenvervoer per spoor kan verhogen. De kennis over het 'lokale' effect op de capaciteit en over de termijn van invoering is in veel gevallen aanwezig. Veel minder duidelijk zijn de effecten op de capaciteit van het gehele railnetwerk. In tabel 5.1 is de verkregen informatie samengevat. De kennis over de kosten van de maatregelen is in het algemeen gering.

Paragraaf 5.2 en 5.3 behandelen de conclusies voor de invoering van maatregelen op respectievelijk korte en lange(re) termijn. Paragraaf 5.4 geeft de overwegingen die leiden tot de aanbeveling van een klein aantal maatregelen voor de korte termijn.

### 5.2 Conclusies: maatregelen op korte termijn

Een groot aantal maatregelen kan al op korte termijn (binnen vijf jaar) worden getroffen. Het betreft vooral maatregelen<sup>26</sup> op het gebied van de planning en de verkeers- of treindienstleiding, te weten:

#### 1. Planning

- homogeniseren treinverkeer:
  - minder verschil in snelheid,
  - scheiden van ongelijke treinsorten in tijd en naar plaats en bundelen van gelijke treinsorten
- koppelen van gelijke treinsorten
- reserves in dienstregeling verkleinen
- aantal en duur brugopeningen beperken
- snellere opeenvolging van treinen

---

<sup>26</sup> Een aantal maatregelen, zoals 'grootschalige integratie van informatiestromen', 'informatie van en naar de voertuigen' en 'overzicht (beheersgebied)', vallen onder het verzamelbegrip 'telematica'. Dit begrip is hier verder niet expliciet gehanteerd.

- spreiden van het vervoer over het etmaal
- bezettings- en beladingsgraad verhogen
- aantal werkbare dagen per jaar vergroten
- 2. Verkeers- of treindienstleiding
- alternatieve routes aanwijzen (buiten de desbetreffende configuratie om)
- rijdend inhalen (vooral 's nachts)
- tegelijk aankomen of vertrekken
- stilstaand inhalen
- voorrang afhankelijk stellen van het type van de kruisende treinsoorten
- informatie van en naar de voertuigen
- overzicht (beheersgebied)
- communicatie met de machinist.

Voor zowel planning als verkeers- en dienstleiding geldt dat op korte termijn meer ondersteuning door software mogelijk en noodzakelijk is, evenals het inwinnen, analyseren en evalueren van meetgegevens.

Behalve de genoemde maatregelen zijn er nog vier andere maatregelen op korte termijn mogelijk:

- kortere bloklengte (seinstelsel);
- variabele toegestane snelheid aangeven (seinstelsel);
- treinlengte vergroten (voertuig);
- wissels geschikt voor hogere snelheid (infrastructuur).

Voor bijna alle genoemde maatregelen geldt dat de schaal waarop de toepassing plaatsvindt (bijvoorbeeld in geheel Nederland), invloed heeft op de termijn van realisatie. Toepassing op (voorlopig) alleen de knelpunten in de hoofdtransportassen, bespoedigt de vergroting van de capaciteit voor het goederenvervoer.

In paragraaf 5.3 wordt aanbevolen welke maatregelen uit de voorgaande lijst uitvoering verdienen.

### **Effecten**

De genoemde maatregelen leveren afzonderlijk een verhoging van de capaciteit die ligt tussen de 5% (aantal en duur brugopeningen beperken) en 43% (variabele toegestane snelheid aangeven). Het in de literatuur genoemde of door het OTB berekende effect heeft dikwijls betrekking op een situatie die onderdeel uitmaakt van een 'concreet' baanvak of knooppunt. Het in die situatie geldende effect treedt in situaties met andere kenmerken niet per se in dezelfde mate op. Ook het effect van een maatregel op de capaciteit van het gehele netwerk (de som van baanvakken en knooppunten) blijkt zelden bekend te zijn. Het is tevens mogelijk dat een in het buitenland gevonden effect bij toepassing in Nederland minder oplevert omdat hier de benutting op veel plaatsen al een tamelijk hoog niveau heeft bereikt.

Vooral snog ontbreekt ook inzicht in het gecombineerde effect van de maatregelen.

### **Kosten**

De kosten van maatregelen op het gebied van de planning zijn op zich laag. Dergelijke maatregelen vragen echter een offer van de reizigersdienst. Die dienst moet namelijk het aanbod (aantal en regelmaat) van de verschillende soorten treinen

**Tabel 5.1a Mogelijke maatregelen via de techniek: effect op de capaciteit en termijn van invoering**

	Effect in %	Termijn
<i>Seinstelsel</i>		
- kortere bloklengthe	20	k
- variabele toegestane snelheid aangeven	43	k
- aansluiting op (nieuw) beheerssysteem	comb.	m
<i>Voertuig 'trein'</i>		
- de lengte vergroten	16	k - m
- het aantal 'verdiepingen' vergroten (gecombineerd met 'profiel van vrije ruimte' aanpassen)	100	l
- de maximale snelheid aanpassen	comb.	m
- toegestane aslasten verhogen	comb.	k - m
- aansluiting op (nieuw) beheerssysteem	comb.	m
<i>Seinstelsel en voertuig als geheel</i>		
- kortere bloklengthe en aansluiting op nieuw beheerssysteem	20 - 100	l
- het meelopende blok	36 - 136	l
<i>Infrastructuur</i>		
- het aantal sporen vergroten (plaatselijk op baanvakken)	comb.	m
- extra inhaalsporen en wisselstraten (bij stations)	comb.	m
- beter lengteprofiel:		
• boogstralen vergroten,	?	l
• wissels geschikt voor hogere snelheid (op emplacementen)	30	k
• hoek van hellingen verkleinen	30	m
• hoek van hellingen verkleinen	?	l
- toegestane baanvaknsnelheid aanpassen (draagkracht van de spoorbaan vergroten)	30	k - m
- ongelijkvloerse kruisingen	?	m

k = binnen vijf jaar; m = korter dan tien maar langer dan vijf jaar; l = langer dan tien jaar;  
comb. = gecombineerd met andere maatregelen (zie hoofdstuk 4).

(Intercity, stoptrein, sneltrein) drastisch aanpassen. Dit vergt een verandering in het denken over de prioriteit die de reizigersdienst moet krijgen.

### 5.3 Conclusies: maatregelen op langere termijn

Op de langere termijn is een substantiële verhoging van de capaciteit mogelijk, in het bijzonder door de maatregelen:

- grootschalige beheersing van het treinvervoer en -verkeer;
- meelopend blok;
- profiel van vrije ruimte aanpassen;

**Tabel 5.1b** Mogelijke maatregelen voor de organisatie en beheersing van het vervoers- en verkeersproces: effect op de capaciteit en termijn van invoering

	Effect in %	Termijn
<i>Planning, verkeersleiding en treindienstleiding als geheel</i>		
- grootschalige integratie van informatiestromen	?	l
- grootschalige beheersing van het treinvervoer en -verkeer	?	l
- oorzaken van vertragingen structureel aanpakken	?	k - l
- vertragingen sneller laten uitdempen	?	m
<i>Planning</i>		
- modellen (software) hanteren	?	k
- meetgegevens inwinnen, analyseren en evalueren	?	k
- homogeniseren treinverkeer:		
• minder verschil in snelheid,	10 - 25	k
• scheiden van ongelijke treinsorten in tijd en naar plaats en bundelen van gelijke treinsorten	10 - 25	k
- koppelen van gelijke treinsorten	?	k
- reserves in dienstregeling verkleinen	25	k
- aantal en duur brugopeningen beperken	5	k
- snellere opeenvolging van treinen	10 - 45	k - m
- spreiden van het vervoer over het etmaal	25	k
- bezettings- en beladingsgraad verhogen	12	k
- aantal werkbare dagen per jaar vergroten	25	k - m
<i>Verkeersleiding</i>		
- alternatieve routes aanwijzen (buiten de configuratie om)	?	k
- flexibele doorgaande routes, ook over sporen voor tegemoetkomende treinen	?	m
- rijdend inhalen (vooral 's nachts)	10	k
- tegelijk aankomen of vertrekken	5	k
- stilstaand inhalen	25	k
- voorrang afhankelijk stellen van type kruisende treinsorten	?	k
- informatie van en naar de voertuigen	?	k - m
- overzicht (beheersgebied)	?	k
- ondersteunende hulpmiddelen (software)	?	k
<i>Treindienstleiding</i>		
- flexibele doorgaande rijwegen, ook over sporen voor tegemoetkomende treinen (nabij stations aparte sporen voor doorgaande treinen)	?	m
- automatische instelling van de rijweg (flexibel gebruik van sporen)	?	m
- communicatie met de machinist	?	k

k = binnen vijf jaar; m = korter dan tien maar langer dan vijf jaar; l = langer dan tien jaar; comb. = gecombineerd met andere maatregelen (zie hoofdstuk 4).

- aantal sporen vergroten (over grotere lengte, maar niet op een geheel traject). De eerste twee van deze maatregelen zijn niet-infrastructureel van aard. Invoering hiervan vereist een forse onderzoeks- en ontwikkelingsinspanning. Uit de literatuur (bijvoorbeeld Bidinger, 1994 en Couvert, 1992) blijkt dat de spoorwegen in Duitsland en Frankrijk daar al ver mee zijn.

De twee laatstgenoemde maatregelen zijn infrastructureel van aard en vergen fysieke ruimte. Het aanpassen van het profiel van vrije ruimte vraagt een forse inspanning waarvan de haalbaarheid vooralsnog twijfelachtig is.

### **Middellange termijn**

Op middellange termijn (vijf tot tien jaar) zijn de volgende maatregelen te nemen:

- aslasten aanpassen en toegestane baanvaksnelheid verhogen;
- extra inhaalsporen;
- wissels op emplacementen geschikt voor hogere snelheid;
- automatische instelling van de rijweg en flexibele doorgaande routes.
- ongelijkvloerse kruisingen;
- aansluiting op nieuw beheerssysteem.

Het aanpassen van de aslasten en het verhogen van de toegestane baanvaksnelheid vraagt veel infrastructurele aanpassingen en nieuw (getrokken) materieel, maar deze maatregel vergt weinig extra fysieke ruimte. Dat is wel het geval bij extra inhaalsporen, maar dat is een zeer lokale uitbreiding van infrastructuur en van groot belang voor een uitbreiding van 'stilstaand inhalen'.

De overige genoemde maatregelen zijn van belang bij stations en emplacementen, waar een hogere snelheid en meer routes tot een betere benutting leiden.

### **Modellen**

Het gebruik van (simulatie)modellen is nog weinig in zwang. Het ontwikkelen van dergelijke modellen maakt een betere schatting van effecten van maatregelen mogelijk, zowel op het niveau van de planning als op de niveaus van de uitvoering (verkeers- en treindienstleiding).

## **5.4 Aanbevelingen**

In paragraaf 5.2 is een lijst gegeven met ongeveer twintig maatregelen voor de korte termijn. Een maatregel is in die lijst opgenomen als de invoering uit technisch oogpunt op korte termijn mogelijk is. Andere criteria zijn echter ook van belang, met name de inpassing binnen de organisatie van de Nederlandse Spoorwegen, de grootte van het effect, de omvang van de kosten, de wensen van verladingsregelingen voor de arbeidsomstandigheden, uitgangspunten omtrent marketing en de (technische) aansluiting op andere delen van de vervoersketen. Verwerking van deze criteria levert een lijst op met minder maatregelen. De overblijvende maatregelen komen hierna aan de orde.

### *Spreiden van het vervoer over het etmaal en aantal werkbare dagen per jaar vergroten*

De maatregel 'spreiden van vervoer over het etmaal' is al voor een deel ingevoerd. De uitbreiding die in tabel 4.7 wordt voorgesteld, hangt vooral af van wat de 'markt' verder wil. Dit geldt ook voor het vergroten van het aantal werkbare dagen. Voor de kosten van beide maatregelen is vooral van belang of en hoeveel extra treinmaterieel en -personeel nodig en beschikbaar is.

### *Bezettings- en beladingsgraad verhogen*

De maatregel 'bezettings- en beladingsgraad verhogen' biedt alleen praktische mogelijkheden als alle betrokken partijen (verlader, vervoerder, overslagbedrijf) in staat zijn op elkaar in te spelen. In de praktijk blijkt dat veel tijd te kosten.

### *Reserves in dienstregeling verkleinen*

De maatregel 'reserves in de dienstregeling verkleinen' is in sommige gebieden, met name de Randstad, al ingevoerd en biedt daar nauwelijks meer extra ruimte. Overigens komt de betrouwbaarheid van de dienstregeling en daarmee de benutting, hierdoor steeds meer onder druk te staan.

### *Snellere opeenvolging van treinen*

Een 'snellere opeenvolging van treinen' is een maatregel die veranderingen vergt in het seinstelsel. Voor deze aanpassingen geldt dat de kosten hoog en de termijn van invoering eerder de langere dan de korte termijn zal zijn.

### *Alternatieve routes aanwijzen (buiten de desbetreffende configuratie om)*

Het 'aanwijzen van alternatieve routes' geschiedt al in veel gevallen. Het aantal alternatieven is gering. Meestal zijn de alternatieve routes ook al druk bezet. Bovendien vormen meestal de knooppunten waar de routes weer samenkomen het werkelijke probleem.

### *Rijdend inhalen (vooral 's nachts)*

Het 'rijdend inhalen' is in Nederland overdag nauwelijks haalbaar door de grote afstanden die daarvoor nodig zijn. In de nachtelijke uren kunnen de sporen gebruikt worden van beide rijrichtingen. Er vindt weliswaar 's nachts soms onderhoud plaats, maar de tijd en plaats daarvan is ruim van te voren bekend en dus in de planning 'in te bouwen'.

### *Tegelijk aankomen of vertrekken*

Het 'tegelijk aankomen of vertrekken' vergt extra spoor nabij stations. Daarvoor is meestal geen ruimte. Als die ruimte er wel is, moet het seinstelsel worden aangepast. Deze maatregel ondervindt meer bezwaar dan de maatregel 'stilstaand inhalen'.

### *Stilstaand inhalen*

Voor 'stilstaand inhalen' kunnen ook op andere plaatsen dan stations inhaalsporen worden aangelegd. De kosten zijn niet te verwaarlozen (tussen de vier à vijf miljoen gulden per kilometer), maar het effect is substantieel.

### *Informatie van en naar de voertuigen, overzicht (beheersgebied), communicatie met de machinist*

De maatregelen 'informatie van en naar de voertuigen', 'overzicht' en 'communicatie met de machinist' bieden alleen enige ruimte voor de uitvoering van de dienstregeling zonder dat daarmee structureel extra treinen in de dienstregeling passen.

### *Voorrang afhankelijk stellen van het type van de kruisende treinsoorten*

De voorrang afhankelijk stellen van het type van de kruisende treinsoorten is een maatregel die inhoudt dat sommige goederentreinen voorrang krijgen boven reizigerstreinen. De capaciteit van het railnet blijft gelijk maar de benutting ondergaat een verandering ten gunste van goederentreinen.

### *Koppelen van gelijke treinsoorten*

Bij het koppelen van gelijke treinsoorten blijft de capaciteit ook gelijk, maar in plaats van een reizigerstrein rijdt er een goederentrein. De kwaliteit van het reizigersvervoer gaat achteruit, maar het aantal zitplaatsen blijft gelijk.

### *Homogeniseren van treinverkeer*

Het homogeniseren van treinverkeer leidt wel tot een hogere capaciteit, maar gaat ten koste van de kwaliteit in de dienstregeling voor het reizigersvervoer. De regelmatige afwisseling van de verschillende treinsoorten verdwijnt en er komt een systeem voor terug dat weliswaar regelmaat vertoont maar dat tot lange wachttijden kan leiden.

### *Aantal en duur brugopeningen beperken*

De maatregel om het aantal en de duur van de brugopeningen te beperken, is van belang voor de Havenspoorlijn. De belangen van het goederenvervoer per spoor staan hier tegenover die van de scheepvaart. Er wordt op dit moment gewerkt aan een verbetering van de situatie bij de Botlekbrug. Het gaat daarbij om zowel het beperken van de duur van de openingen als het afstemmen van het begin van een opening op de passage van de treinen.

### *Kortere bloklengte en variabele toegestane snelheid aangeven (seinstelsel)*

Op specifieke trajecten kunnen deze maatregelen op korte termijn tot stand komen. Het precieze effect is afhankelijk van de lokale situatie. De kosten zijn onbekend.

### *Treinlengte vergroten (voertuig)*

Deze maatregel heeft op korte termijn effect op treinen die nog niet de maximale lengte bezitten. De 'markt' bepaalt of een grotere lengte nodig is.

### *Wissels geschikt voor hogere snelheid (infrastructuur)*

Deze maatregel is geschikt voor wissels die op de 'vrije baan' liggen. Toepassing heeft alleen zin als de toegestane baanvaknsnelheid in het 'invloedsgebied' van de wissel hoger mag worden na aanpassing van de wissel. Overigens is de verwachte 'impact' van deze maatregel gering omdat er weinig wissels op de vrije baan voorkomen.

### **Keuze**

De voorgaande beschouwing over de verschillende criteria leidt tot de aanbeveling om de volgende (in volgorde van het verwachte effect) vijf maatregelen op korte termijn in te voeren:

- kortere bloklengthe en variabele toegestane snelheid aangeven;
- stilstaand en rijdend inhalen;
- homogeniseren van treinverkeer;
- voorrang afhankelijk stellen van het type kruisende treinsorten;
- koppelen van gelijke treinsorten.

Het verdient aanbeveling deze vijf maatregelen voor de korte termijn, verder uit te werken. Deze uitwerking moet leiden tot een schatting van het gecombineerde effect van de verschillende maatregelen. Ook is het nodig na te gaan wat het precieze effect zal zijn als enkele (nog te kiezen) maatregelen worden ingevoerd op de hoofdtransportassen en wat de kosten en baten in dat geval zijn.

Het gebruik van (simulatie)modellen zou groter moeten zijn. De ontwikkeling ervan vergt weliswaar tijd (enkele jaren), maar het schatten van effecten van maatregelen wordt veel nauwkeuriger. Tevens is het dan mogelijk het effect van combinaties van maatregelen kwantitatief te bepalen.

Op middellange termijn zijn de volgende maatregelen van belang en toepasbaar op de hoofdtransportassen:

- aslasten aanpassen en toegestane baanvaknsnelheid verhogen;
- extra inhaalsporen;
- wissels op emplacementen geschikt voor hogere snelheid;
- automatische instelling van de rijweg en flexibele doorgaande routes;
- ongelijkvloerse kruisingen;
- aansluiting op nieuw beheerssysteem.

Verdere studie moet duidelijkheid scheppen omtrent de kosten en baten van vier veelbelovende maatregelen voor de lange termijn:

1. Grootschalige beheersing van het treinvervoer en -verkeer.
2. Profiel van vrije ruimte aanpassen.
3. Aantal sporen vergroten (over grotere lengte, maar niet op een geheel traject).
4. Meelopend blok.

---

## LITERATUUR

Bernard, P., 1990, Die Entwicklung von ASTREE, **ETR Eisenbahntechnische Rundschau**, Band 39, Heft 10, pp. 629-634.

Bidinger, A., 1992a, Computerintegrierter Eisenbahnbetrieb (CIR) in der europäischer Harmonisierung, **ZEV Glasers Annalen**, Band 116, nr. 5, pp. 143-147.

Bidinger, A., 1992b, Perspektiven für eine Leistungssteigerung im Eisenbahnbetrieb durch moderne Betriebsleittechnik, **Die Deutsche Bahn**, Heft 7, pp 730-734.

Bidinger, A., 1994, CIR - Computer-integrierter Eisenbahn-Betrieb, **Schweizer Eisenbahn-Revue**, nr. 3, pp. 99-104.

Buszinsky, B., 1991, Steuerung des Zugverkehrs auf Schnellfahrstrecken, **Die Bundesbahn**, Heft 6, pp. 689-694.

Couvert, J., 1992, Die künftigen Entwicklungsaussichten der Betriebsleittechnik bei den Französischen Staatsbahnen, **ZEV Glasers Annalen**, Band 116, nr. 7, pp. 227-230.

Dahms, D., 1991, ZIS - Zugförderungs-Informationen-System für Planung, Disposition und Controlling des Triebfahrzeug- und Fahrpersonaleinsatzes bei der Deutschen Bundesbahn, **ZEV Glasers Annalen**, Band 115, nr. 10, pp. 297-302.

Dannenberg, H., 1992, Rechnergestützte Fahrweginstandhaltung, **ETR Eisenbahntechnische Rundschau**, Band 41, Heft 3, pp. 145-148.

DB., 1992a, **Untersuchung der Entwicklung der Wartezeiten bei verschiedenen Streckenbelastungen mit Hilfe des Simulationsprogramms STRESI**, Zentralstelle Produktion, Deutsche Bundesbahn, Mainz.

DB., 1992b, **Leistungsuntersuchungen von Bahnanlagen durchführen; Technische und marktbezogene Grundlagen des Leistungsverhaltens von Betriebsanlagen**, teilheft 01, Deutsche Bundesbahn, z.pl.

Frederich, F., 1992a, Automatisch in die Zukunft. Überblick, Einblick, Ausblick, **ZEV Glasers Annalen**, Band 116, nr. 2, pp. 33-42.

Frederich, F., 1992b, Eisenbahn, quo vadis? Betrachtungen, nicht nur zur Technik, **ZEV Glasers Annalen**, Band 116, nr. 8/9, pp. 260-269.

Greaves, T.A., 1991, ATP enters a rapid development phase, **Railway Gazette International**, oktober, pp. 689-692.

Guilloux, J.P., 1990, Das Signalsystem der Hochgeschwindigkeitsstrecken in Frankreich, **Signal + Draht**, Band 82, Heft 1/2, pp. 11-17.

Guilloux, J.P., 1992, TVM430 enhances train control capacity, **Railway Gazette International**, augustus, pp. 515-518.

Habich, G. & Eickmann, F., 1990, DYNAMIS - Ein Simulationsmodell zur Bearbeitung fahrdynamischer Fragestellungen, **ETR Eisenbahntechnische Rundschau**, Band 39, Heft 1/2, pp. 83-87.

Hartmann, J., V. Klahn, L. Levkow, W.R. Runge, U. Tänzler en G. Troche, 1991, **Untersuchung der Möglichkeiten zur Erhöhung der Streckenleistungsfähigkeit**, Institut für Verkehrswesen, Eisenbahnbau und -betrieb. Universität Hannover.

Hertel, G., 1992, Die maximale Verkehrsleistung und die minimale Fahrplanempfindlichkeit auf Eisenbahnstrecken, **ETR Eisenbahntechnische Rundschau**, Band 41, Heft 10, pp. 665-671.

Hitoshi, I., 1992, Computer-aided evaluation system of train operation schedule (IEDIS), **Japanese Railway Engineering**, nr. 117.

Holzinger, R. en D. Fritz, 1990, Entwicklung moderner Hochleistungsweichen zur Wahrung der Zukunftschancen der Bahn, **ETR Eisenbahntechnische Rundschau**, Band 39, Heft 1/2, pp. 71-78.

Klahn, V., 1992, Die betriebliche Simulation von Eisenbahnstrecken, **ETR Eisenbahntechnische Rundschau**, Band 41, Heft 3, pp. 163-170.

Kling, M. en W. Krupke, 1991, Computer Integrated Railroading: Vorgehensplanung und Managementmethoden, **Die Bundesbahn**, Heft 11, pp. 1087-1090.

Kreutzberger, E. en J.M. Vleugel, (1992, **Capaciteit en benutting van infrastructuur. Capaciteitsbegrippen en infrastructuurgebruik in de binnenvaart en het lucht-, rail- en wegvervoer**, Infrastructuur, Transport en Logistiek 12, Delft (DUP).

Mellitt, B. E. Goddard, 1990, Central line challenges signal engineers, **Railway Gazette International**, maart, pp. 191-193.

Mühlhans, E., 1990, Berechnung der Verspätungsentwicklung bei Zugfahrten, **ETR Eisenbahntechnische Rundschau**, Band 39, Heft 7/8, pp. 465-468.

NS, 1992, **Post 21**, De brochure, Nederlandse Spoorwegen, Utrecht.

Onderwater, P., 1988, **Het randstadmodel; Een nieuwe NS-dienstregeling voor na 1995**, afstudeerverslag, Technische Universiteit Delft.

Potthoff, G., 1969, **Verkehrsströmungslehre; Die Verkehrsströme im Netz**, Band 3, Transpress VEB Verlag für Verkehrswesen, Berlin.

Potthoff, G., 1970, **Verkehrsströmungslehre; Die Zugfolge auf Strecken und in Bahnhöfen**, Band 1, Transpress VEB Verlag für Verkehrswesen, Berlin.

Ruijter, R. de, Th.H.J. Muller en P. Hakkesteeft, 1990, **Optimalisatie afwikkeling treinverkeer; Knelpunten- en capaciteitsanalyse traject Rotterdam-Den Haag v.v.**, rapporten VK 4509.301, 301A en 301B, vakgroep Verkeer, Technische Universiteit Delft.

Schaafsma, A., 1987, **Beschouwingen over capaciteit van een spoorwegnet**, Nederlandse Spoorwegen, Utrecht.

Schwanhäuber, W., 1992, **Der spezifische Kapazitätsverbrauch von Fahrplanntrassen; Grundzüge eines Verfahrens zur Abstufung der Trassenpachten**, RWTH Aachen.

Sone, P., 1990, Squeezing capacity out of commuter lines, **Railway Gazette International**, Special feature: Developing Metros 1990, pp. 9-12.

Sonntag, H., 1992, Dezentrale Streckenaufnahme und Fahrzeitenrechnung im System 'Zugfahrtrrechnung' der DB, **Die Bundesbahn**, Heft 1, pp. 135-138.

Suwe, K.H., 1989, Führerraumsignalisierung mit der LZB, **ETR Eisenbahntechnische Rundschau**, Band 38, Heft 7/8, pp. 445-451.

WCS, 1992, **Tweede interimrapportage; Beleidsversie**, Werkgroep Capaciteit Spoorwegnet, Nederlandse Spoorwegen, Utrecht.

Wegel, H., 1992, Der Hochleistungsblock mit linienförmiger Zugbeeinflussung (HBL), *Die Deutsche Bahn*, Heft 7, pp 735-739.

Wiemans, H., 1982, **Railbouwtechniek**, Ontwerp en inrichting van banen en emplacementen, deel B. collegedictaat, Technische Hogeschool Delft.

## **BIJLAGE 1**

---

# **BESCHRIJVING VAN DE HOOFDTRANSPORT- ASSEN**

## Bijlage 1

Traject 1	Lengte in km	Tussengelegen stations	Gemiddelde lengte tussen stations in km	Reistijd in min. -IC -Stop	Gemiddelde snelheid km/h -IC -Stop
<i>Rotterdam - Venlo</i>	160	24	6,4	110 131	87 73
<i>Rotterdam - Dordrecht</i>	20	5	3,3	14 23	86 52
<i>Dordrecht - Breda</i>	30	3	7,5	18 21	100 86
<i>Breda - Tilburg</i>	21	2	7,0	13 18	97 70
<i>Tilburg - Eindhoven</i>	37	4	7,4	23 33	97 67
<i>Eindhoven - Venlo</i>	57	6	8,1	33 45	104 76

Traject 2	Lengte in km	Tussengelegen stations	Gemiddelde lengte tussen stations in km	Reistijd in min. -IC -Stop	Gemiddelde snelheid km/h -IC -Stop
<i>Utrecht CS - Zevenaar</i>	72	10	6,5	(42) 60	103 72
<i>Utrecht CS - Ede-Wgn.</i>	41	4	8,2	22 30	112 82
<i>Ede-Wgn. - Arnhem</i>	17	2	5,7	12 16	85 64
<i>Arnhem - Zevenaar</i>	14	2	4,7	(8) 14	105 60

Indien reistijd tussen haakjes is geplaatst: de reistijd is afgeleid uit de reistijd op een langer traject.

Bron: eigen bewerking van gegevens uit het Spoorboekje 1992-1993.

Bijlage 1, vervolg

Traject 3	Lengte in km	Tussengelegen stations	Gemiddelde lengte tussen stations in km	Reistijd in min. -IC -Stop	Gemiddelde snelheid km/h -IC -Stop
<i>Dordrecht - Roosendaal</i>	38	4	7,6	23 29	99 79
Dordrecht - L.Zwaluwe	15	1	7,5	(9) 11	100 82
L.Zwaluwe -R'daal	23	2	7,7	(14) 18	99 77

Traject 4	Lengte in km	Tussengelegen stations	Gemiddelde lengte tussen stations in km	Reistijd in min. -IC -Stop	Gemiddelde snelheid km/h -IC -Stop
<i>A'dam CS - Oldenzaal</i>	167	20	8,0	(131) 145	77 69
A'dam CS - Hilversum	29	6	4,1	20 31	87 56
Hilversum - A'foort	16	1	8,0	14 15	69 64
A'foort - Deventer	58	1	29,0	37 37	94 94
Deventer - Almelo	39	4	7,8	24 31	98 76
Almelo - Hengelo	14	2	4,7	10 14	84 60
Hengelo- Oldenzaal	11	1	5,5	(8) 10	83 66

Indien reistijd tussen haakjes is geplaatst: de reistijd is afgeleid uit de reistijd op een langer traject.

Bron: eigen bewerking van gegevens uit het Spoorboekje 1992-1993.

**Bijlage 1, vervolg**

Traject 5	Lengte in km	Tussen-gelegen stations	Gemiddel-de lengte tussen stations in km	Reistijd in min. -IC -Stop	Gemiddelde snelheid km/h -IC -Stop
<i>Utrecht CS - Hoogeveen (VAM)</i>	135	15	8,4	(79) 104	103 78
Utrecht CS - A'foort	21	4	4,2	15 22	84 57
A'foort - Zwolle	66	8	7,3	35 51	113 78
Zwolle - Hoogeveen	48	1	42,0	(25) 29	115 99

Traject 6	Lengte in km	Tussenge-legen stations	Gemiddel-de lengte tussen stations in km	Reistijd in min. -IC -Stop	Gemiddelde snelheid km/h -IC -Stop
<i>Uitgeest - Utrecht CS</i>	62	14	4,1	(49) 69	76 54
Uitgeest - A'dam CS	23	7	2,9	(21) 28	66 49
A'dam CS - Utrecht CS	39	6	5,6	28 41	84 57

Traject 7	Lengte in km	Tussen-gelegen stations	Gemiddel-de lengte tussen stations in km	Reistijd in min. -IC -Stop	Gemiddelde snelheid km/h -IC -Stop
<i>R'dam CS - Utrecht CS</i>	56	7	7,0	38 46	88 73
R'dam CS - Gouda	24	4	4,8	(18) 22	80 66
Gouda - Utrecht CS	32	2	10,7	20 21	96 91

Indien reistijd tussen haakjes is geplaatst: de reistijd is afgeleid uit de reistijd op een langer traject.

Bron: eigen bewerking van gegevens uit het Spoorboekje 1992-1993.

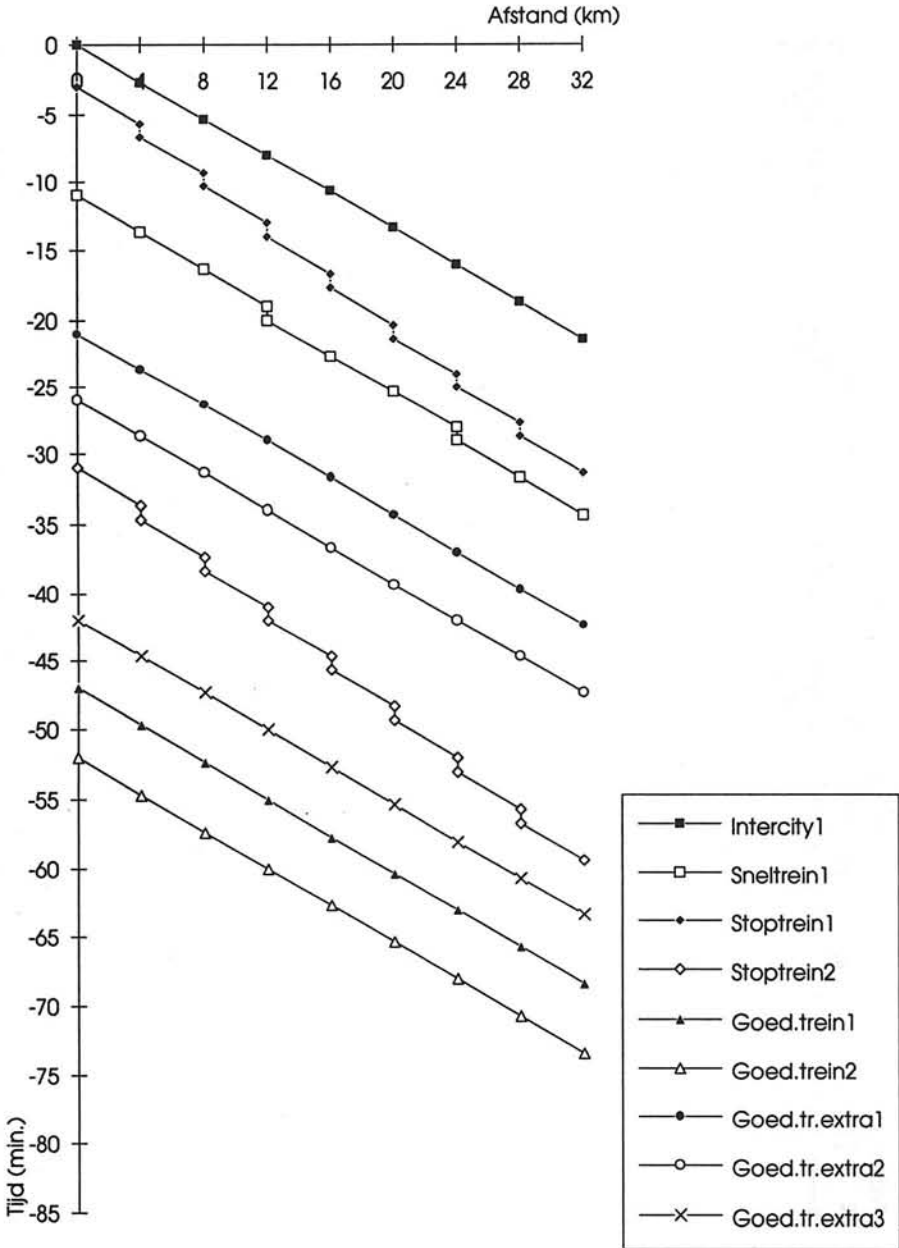
## **BIJLAGE 2**

---

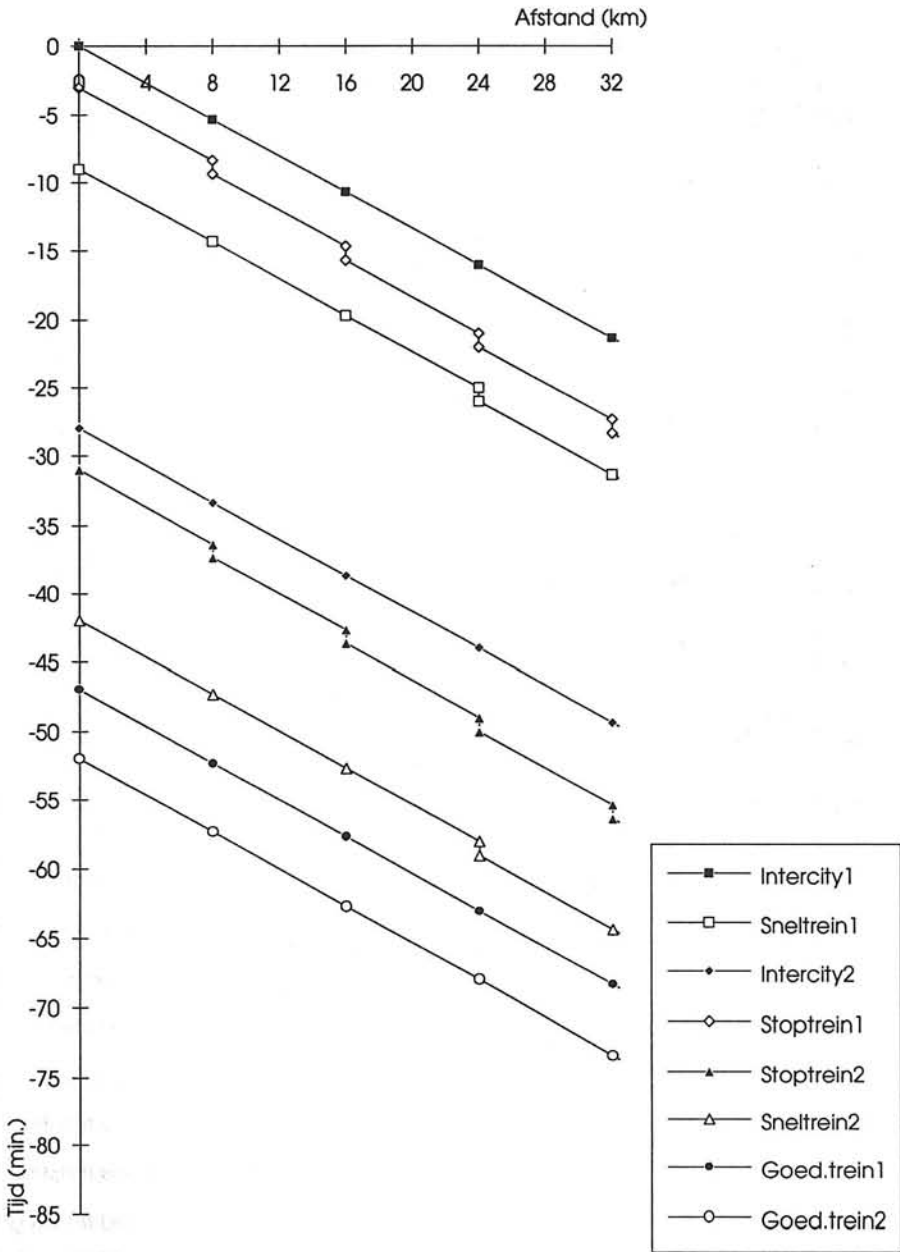
## **TIJD-WEG-DIAGRAMMEN**

Afbeelding 2.1a

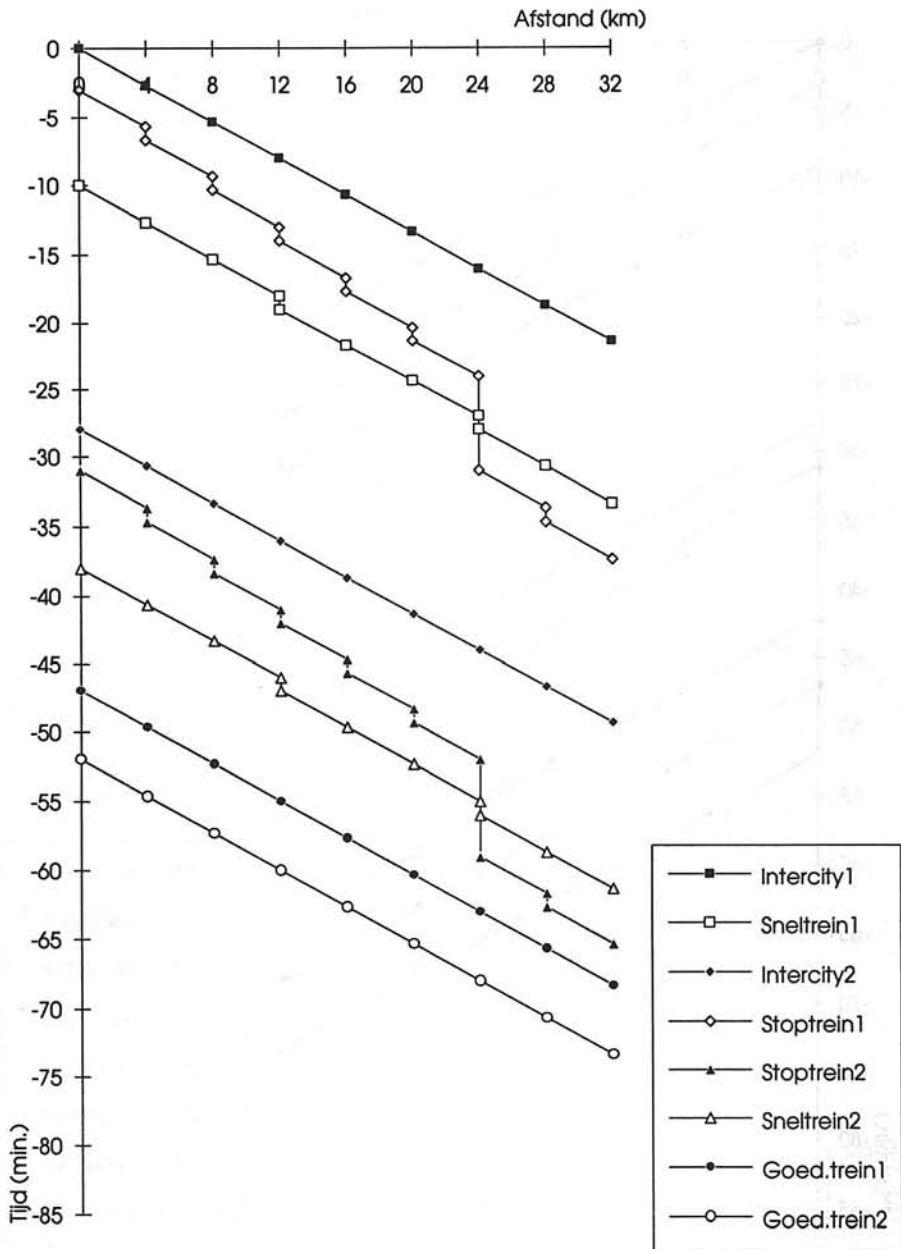
Tijd-weg-diagram karakteristieke situatie I: maatregel 'homogeniseren treinverkeer'



**Afbeelding 2.1b** Tijd-weg-diagram karakteristieke situatie II: maatregel 'homogeniseren treinverkeer'

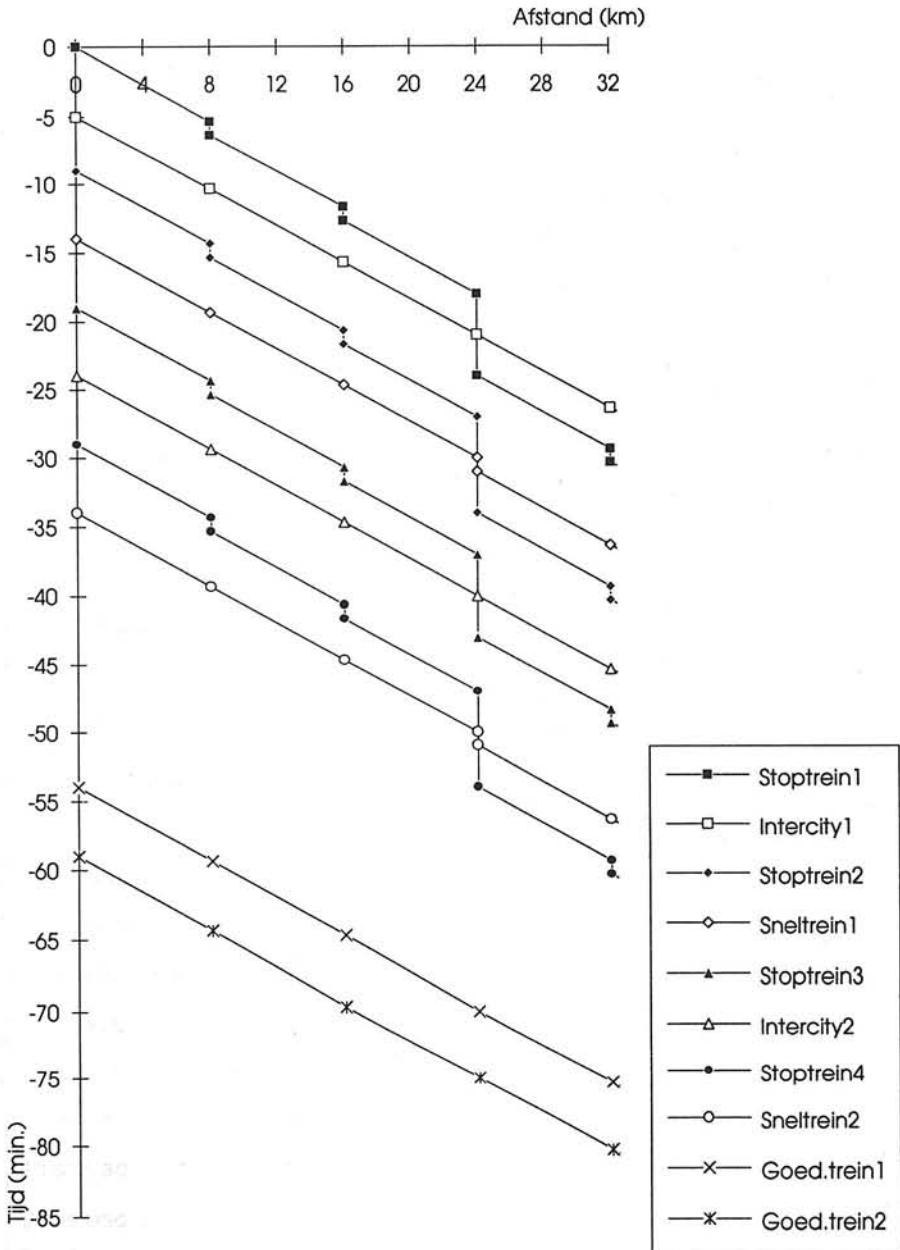


Afbeelding 2.1c Tijd-weg-diagram karakteristieke situatie III: maatregel 'homogeniseren treinverkeer'

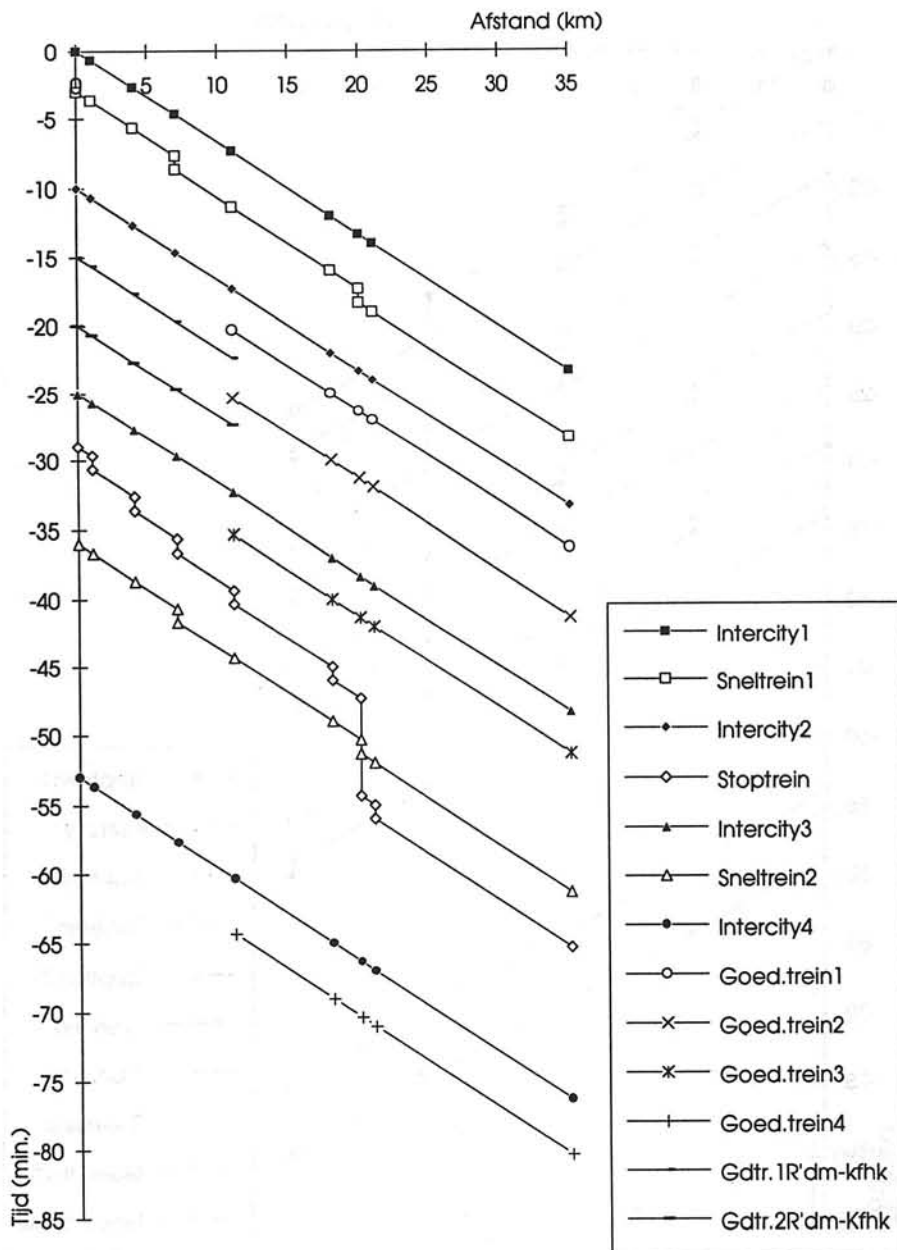


Afbeelding 2.1d

Tijd-weg-diagram karakteristieke situatie IV: maatregel 'homogeniseren treinverkeer'

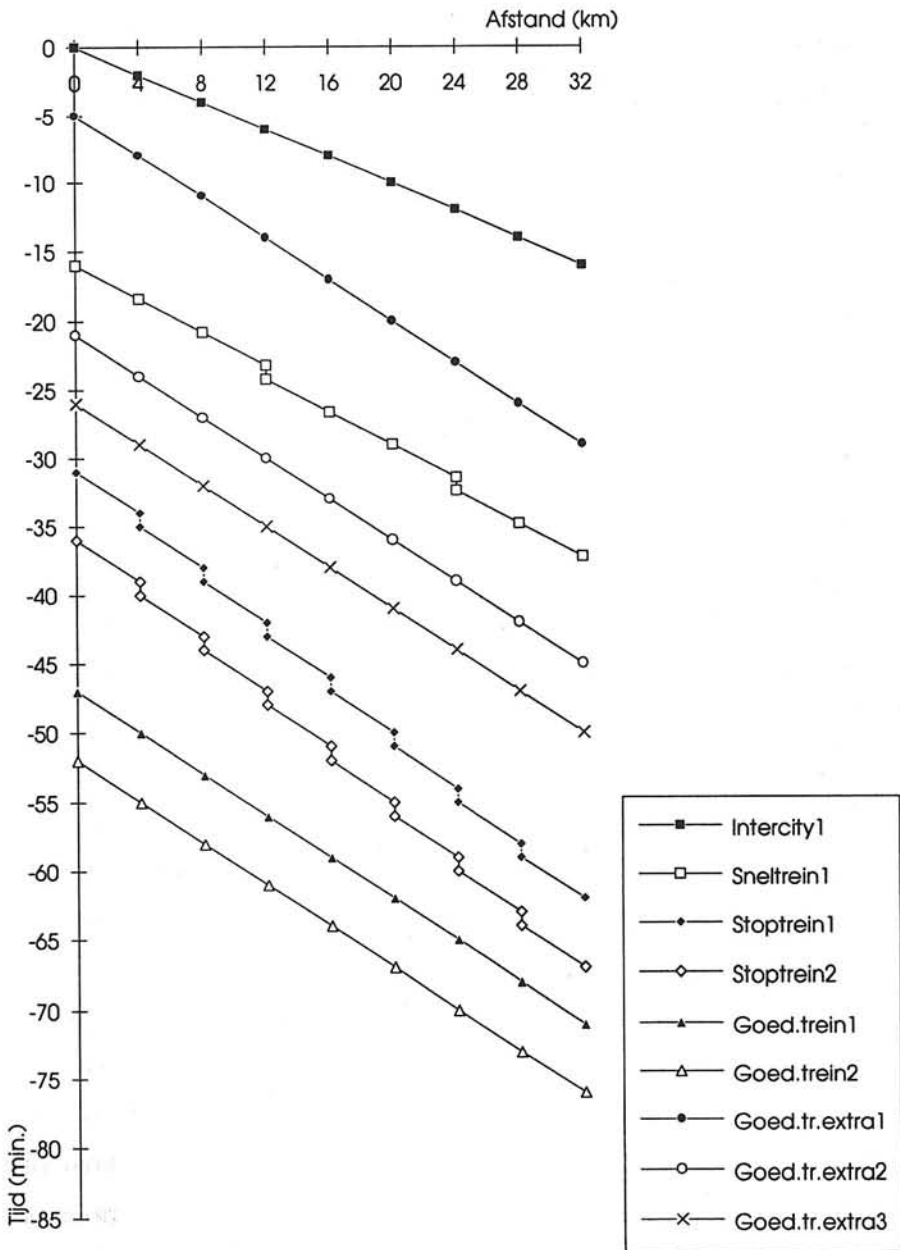


**Afbeelding 2.1e** Tijd-weg-diagram traject Rotterdam - Lage Zwaluwe: maatregel 'homogeniseren treinverkeer'

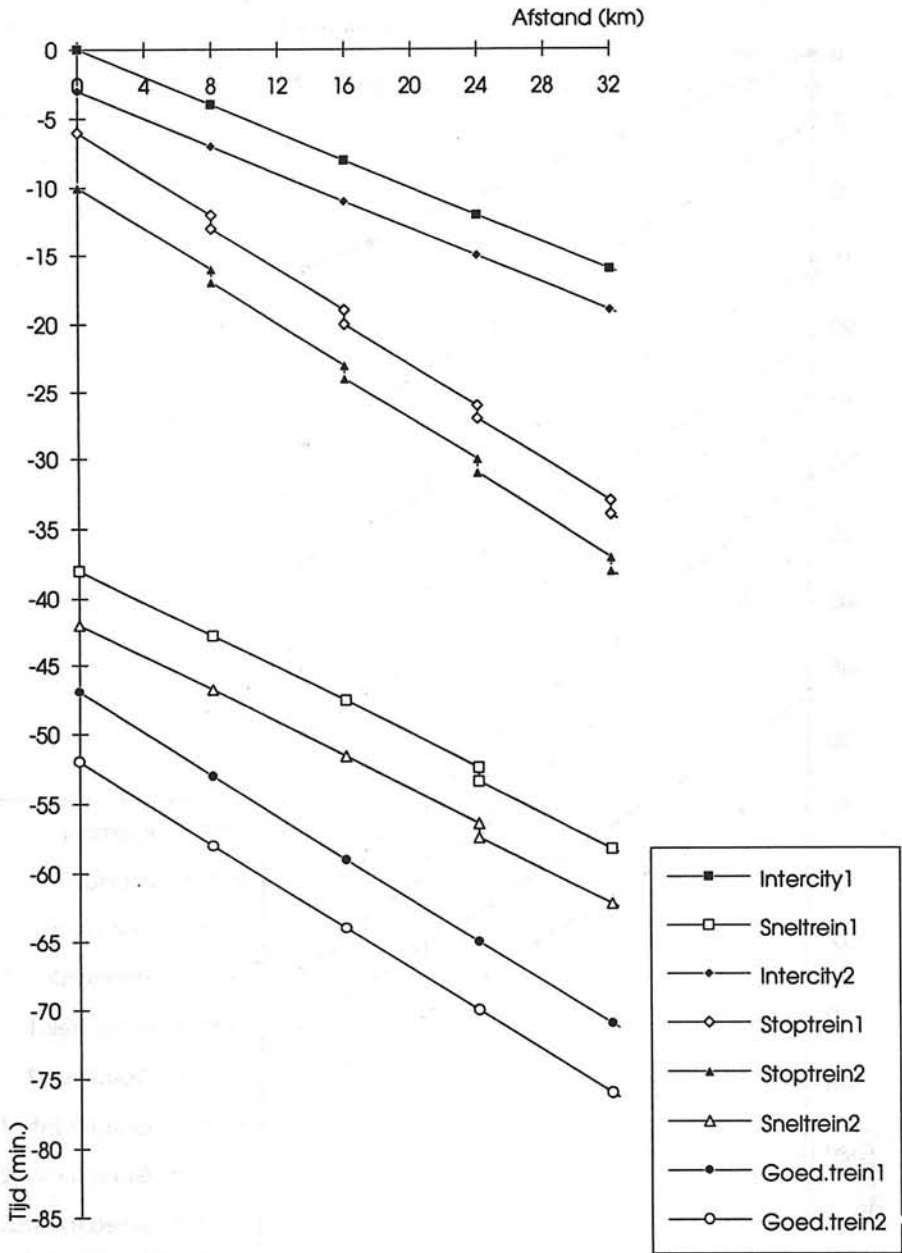


Afbeelding 2.2a

Tijd-weg-diagram karakteristieke situatie I: maatregel 'bundelen van gelijke treinsorten'

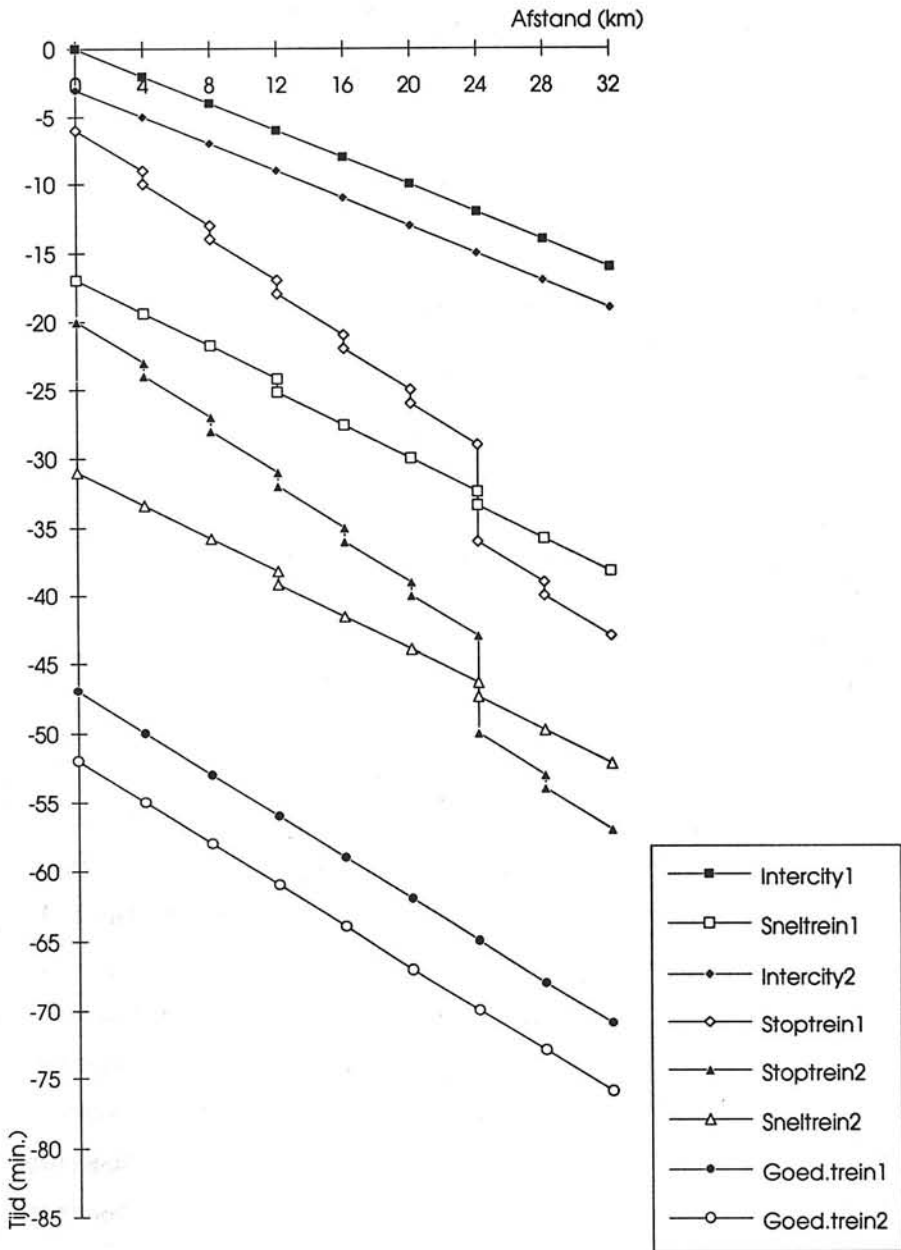


Afbeelding 2.2b Tijd-weg-diagram karakteristieke situatie II: maatregel 'bundelen van gelijke treinsorten'



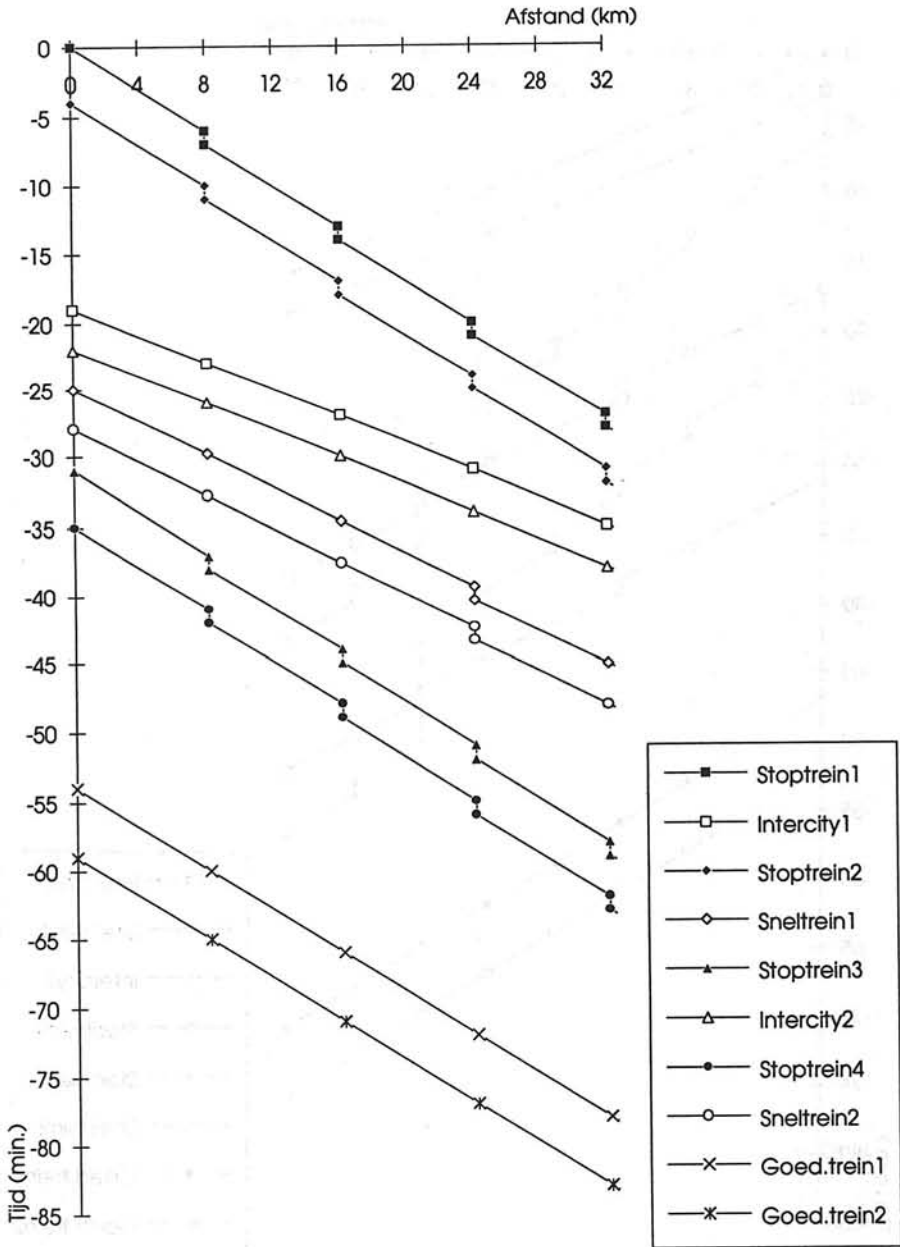
Afbeelding 2.2c

Tijd-weg-diagram karakteristieke situatie III: maatregel 'bundelen van gelijke treinsoorten'



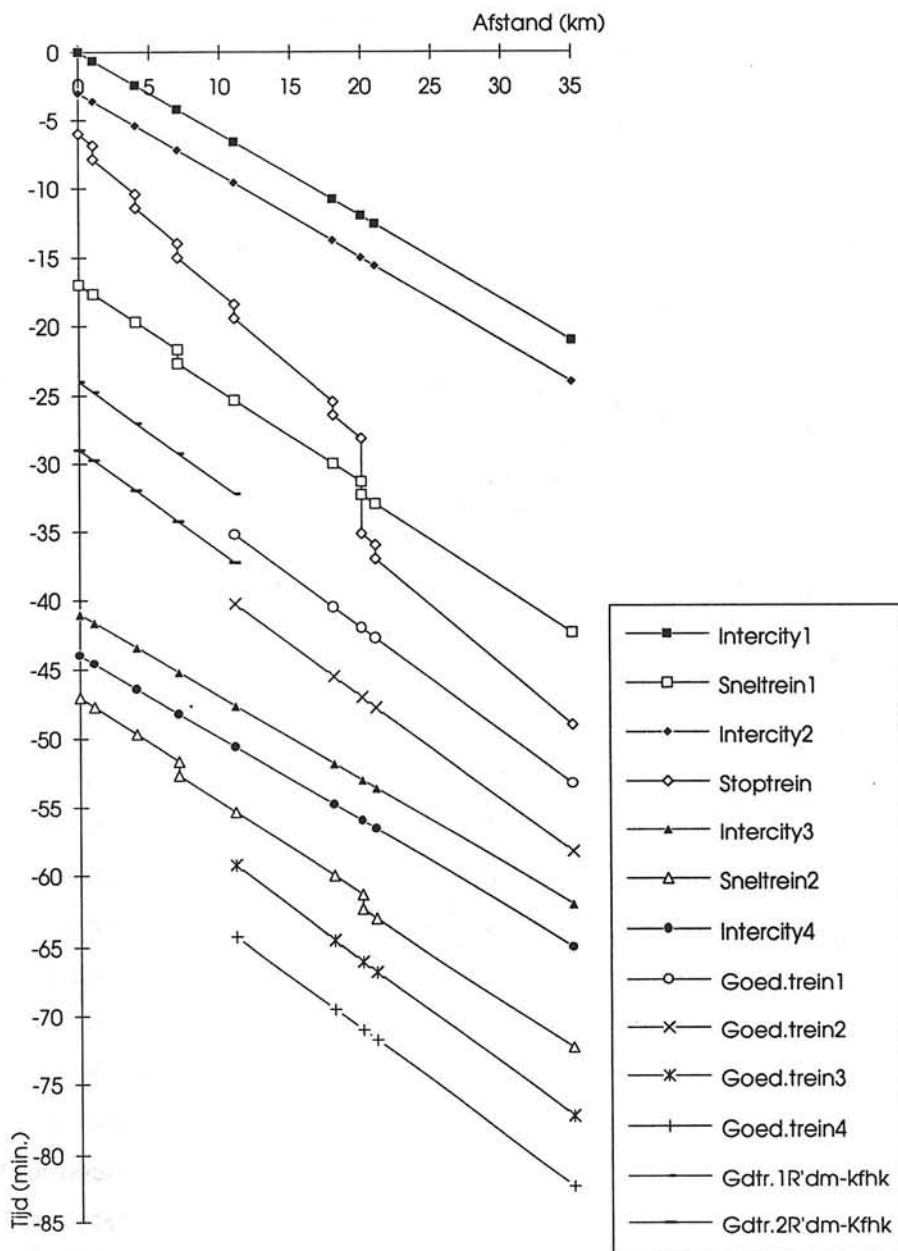
Afbeelding 2.2d

Tijd-weg-diagram karakteristieke situatie IV: maatregel 'bundelen van gelijke treinsorten'

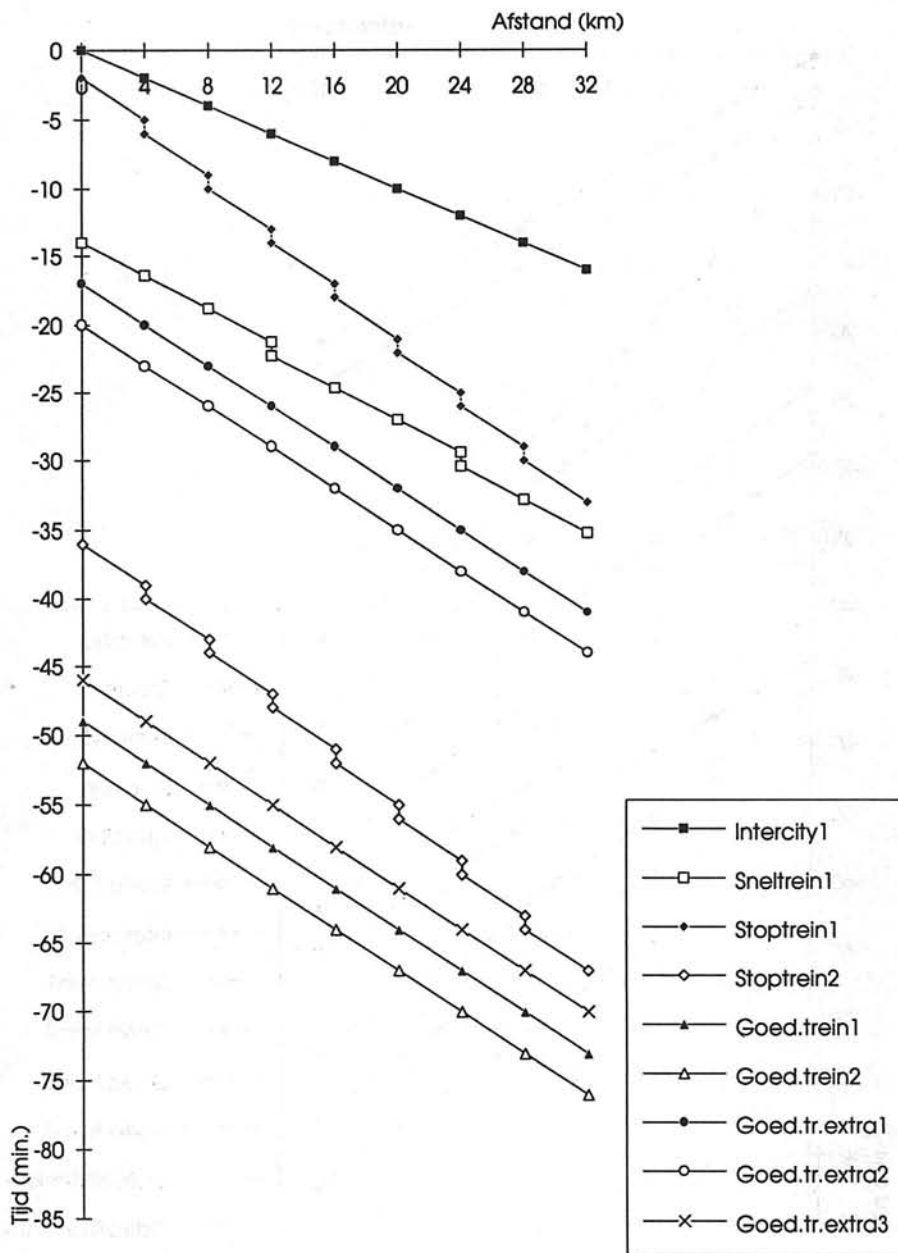


Afbeelding 2.2e

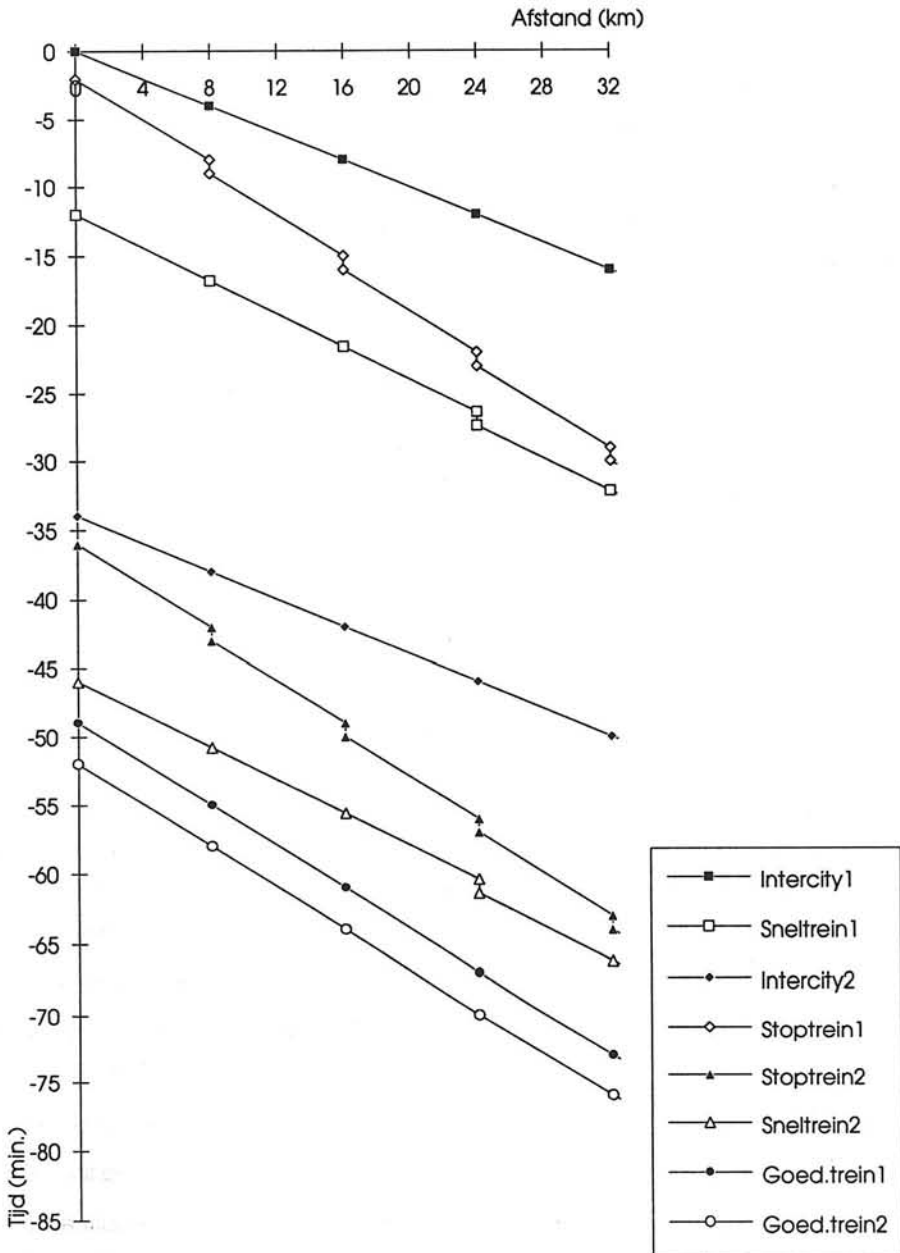
Tijd-weg-diagram traject Rotterdam - Lage Zwaluwe: maatregel 'bundelen van gelijke treinsoorten'



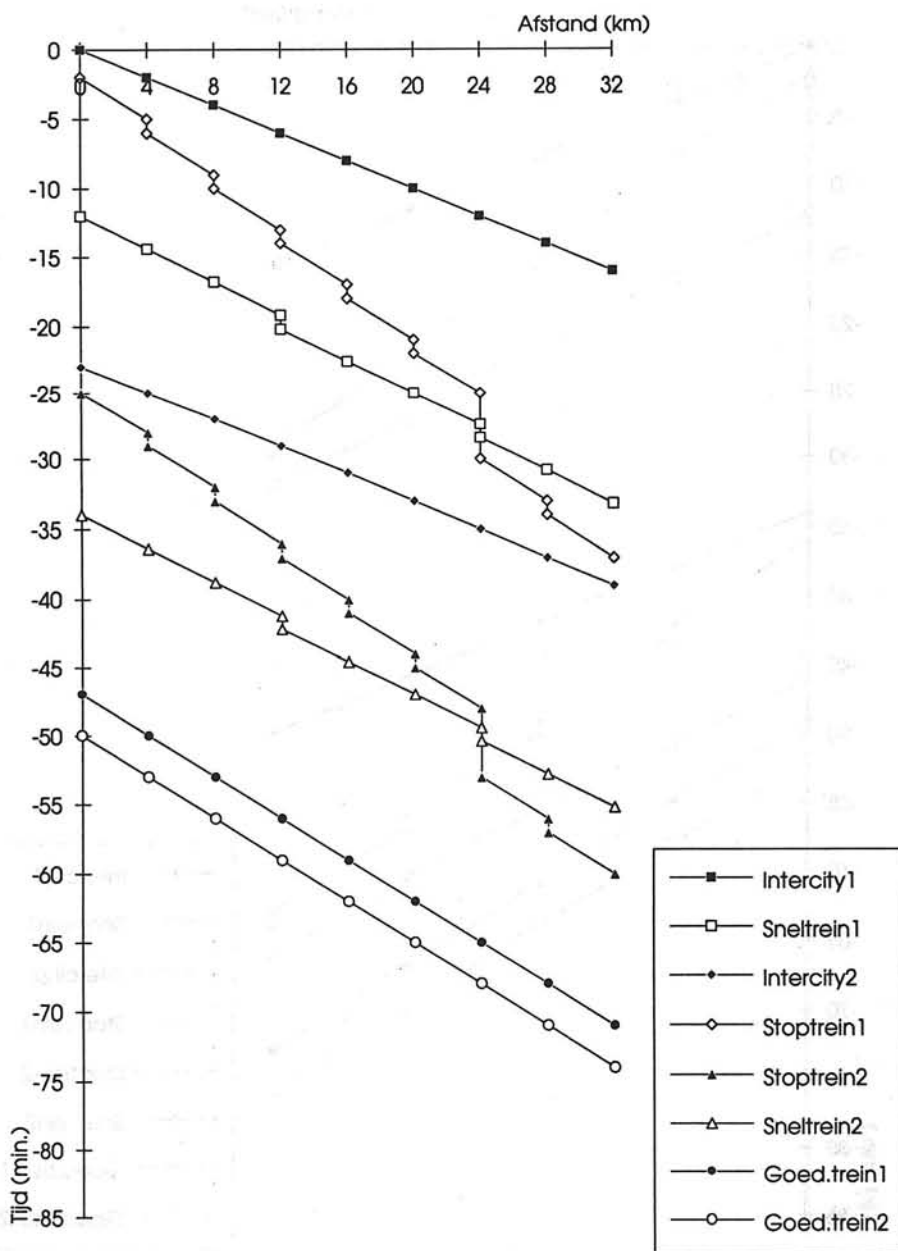
**Afbeelding 2.3a** Tijd-weg-diagram karakteristieke situatie I: maatregel 'snellere opeenvolging van treinen'



Afbeelding 2.3b Tijd-weg-diagram karakteristieke situatie II: maatregel 'snellere opeenvolging van treinen'

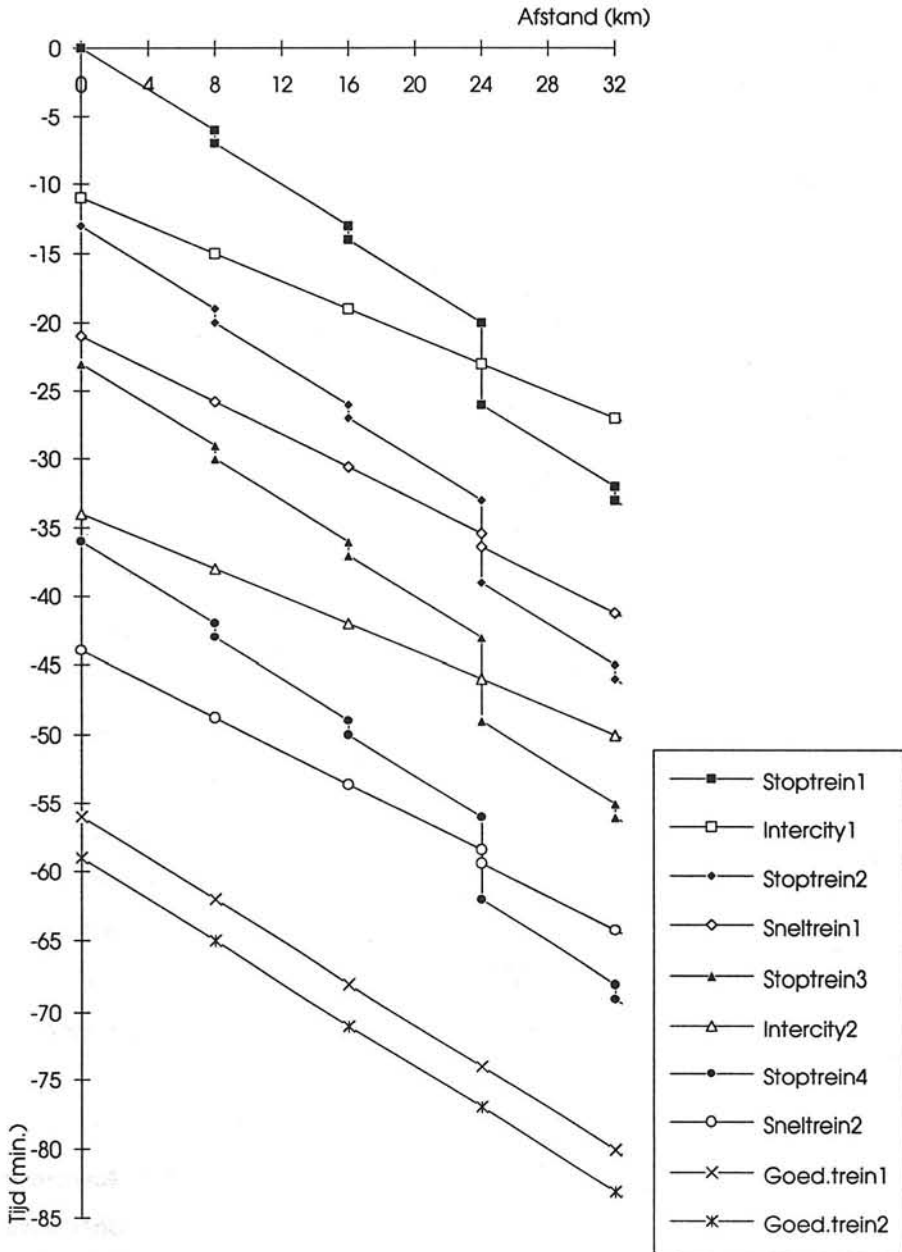


Afbeelding 2.3c Tijd-weg-diagram karakteristieke situatie III: maatregel 'snellere opeenvolging van treinen'

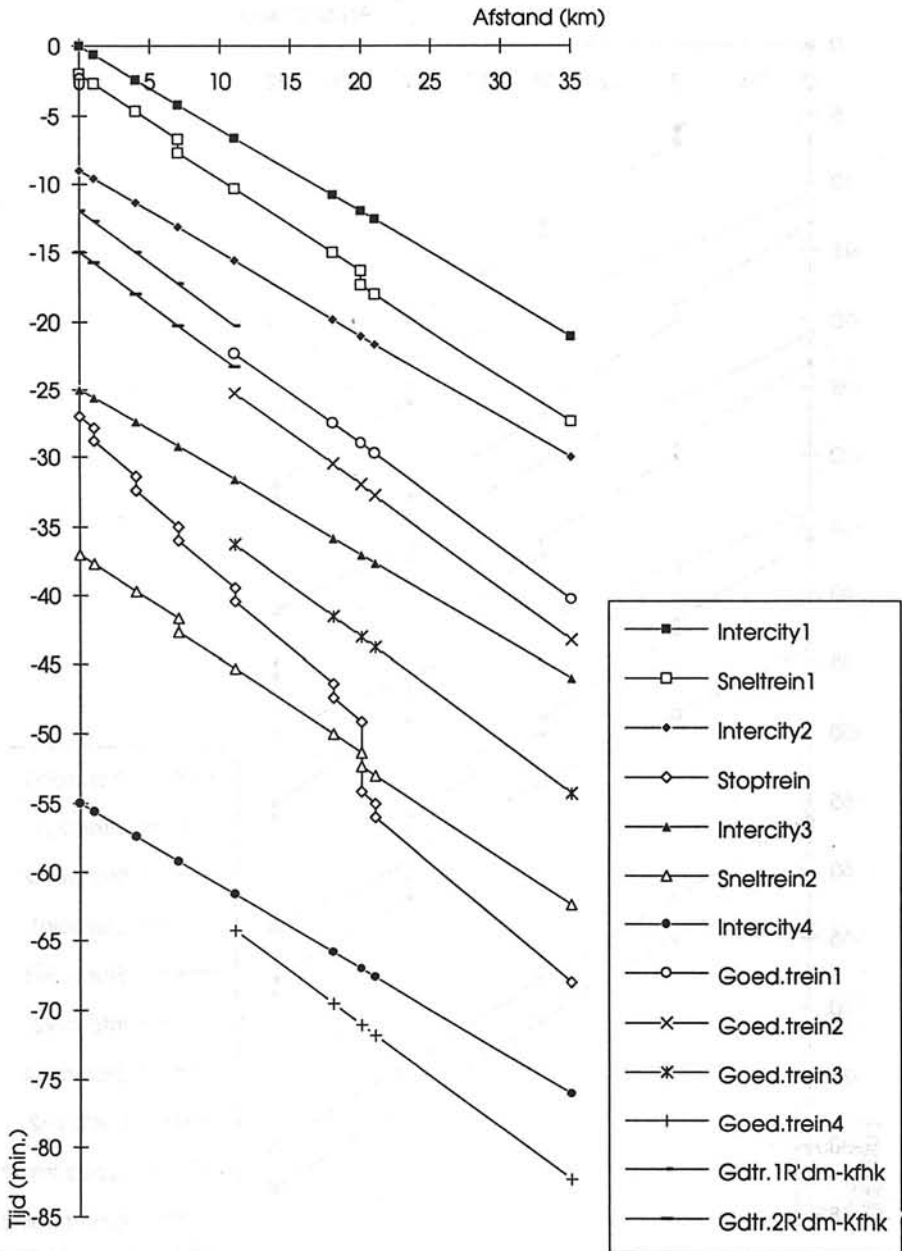


Afbeelding 2.3d

Tijd-weg-diagram karakteristieke situatie IV: maatregel 'snellere opeenvolging van treinen'

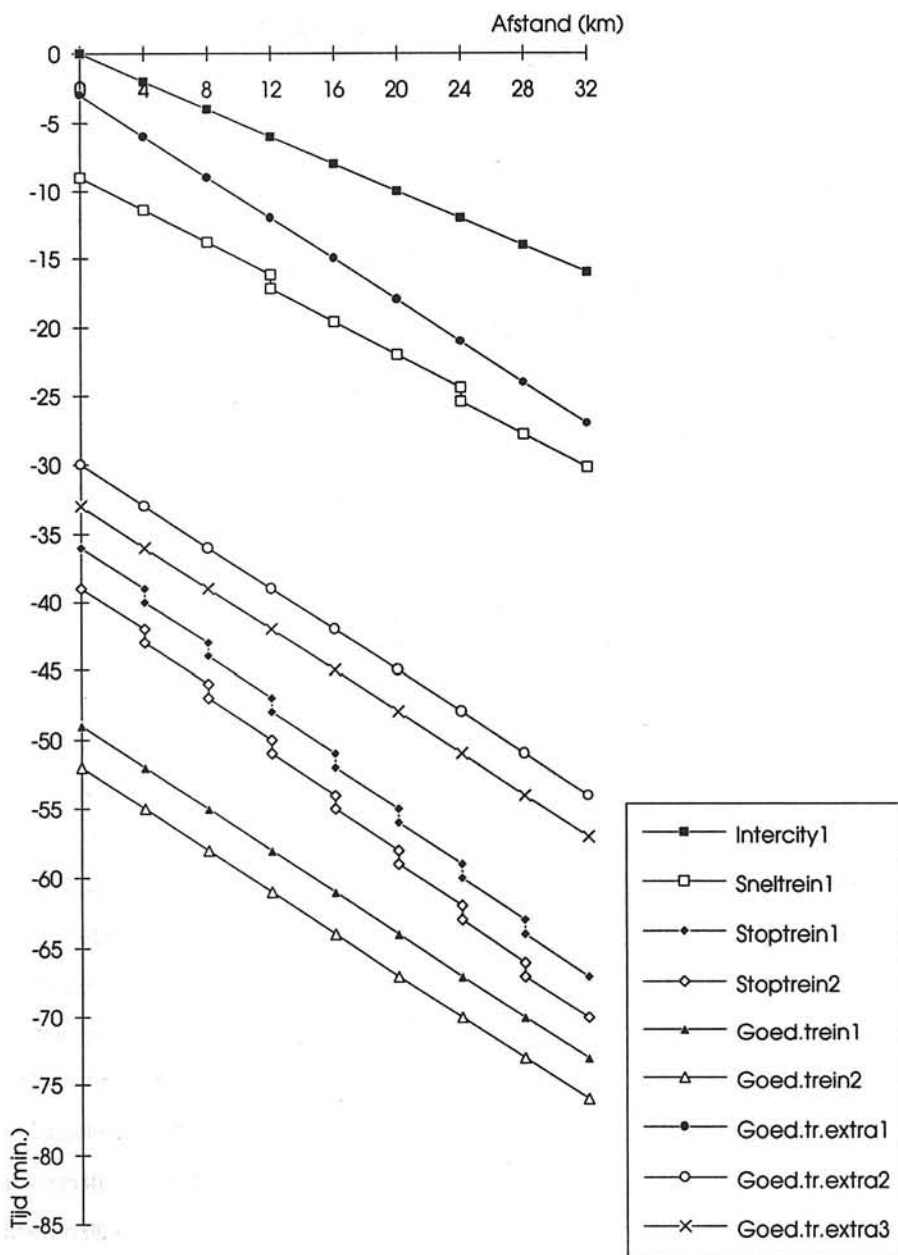


**Afbeelding 2.3e** Tijd-weg-diagram traject Rotterdam - Lage Zwaluwe: maatregel 'snellere opeenvolging van treinen'

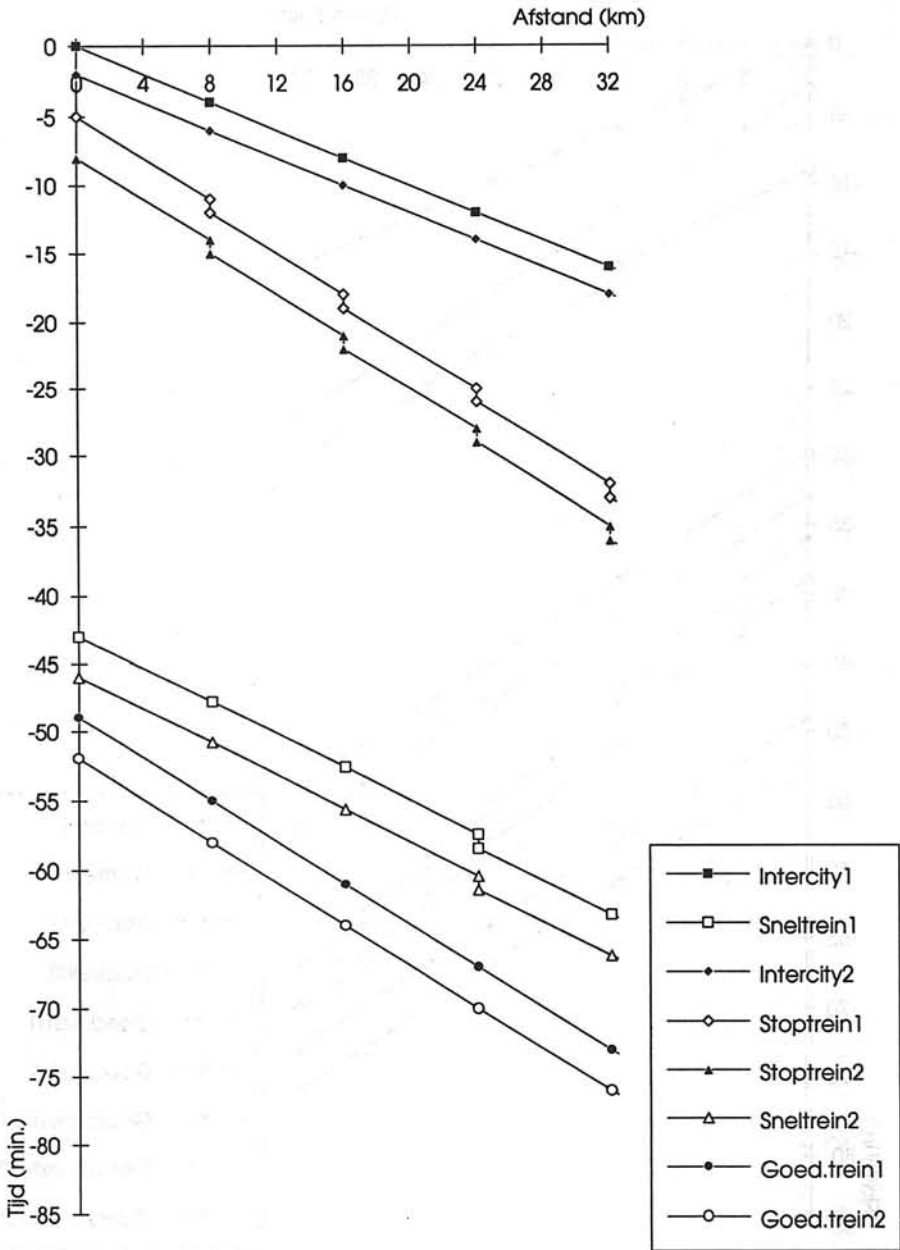


Afbeelding 2.4a

Tijd-weg-diagram karakteristieke situatie I: combinatie van de maatregelen 'bundelen van gelijke treinsorten' en 'snellere opeenvolging van treinen'

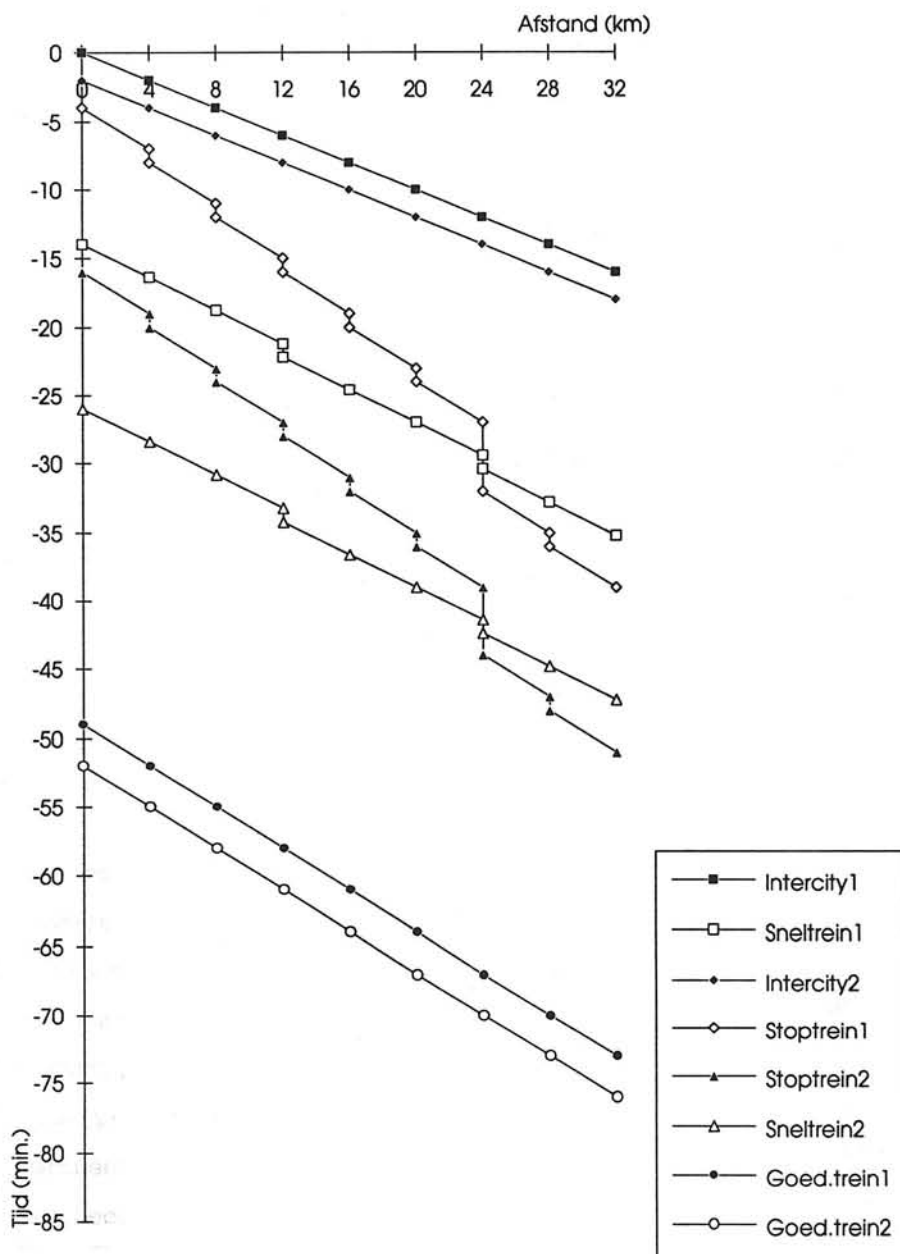


**Afbeelding 2.4b** Tijd-weg-diagram karakteristieke situatie II: combinatie van de maatregelen 'bundelen van gelijke treinsorten' en 'snellere opeenvolging van treinen'



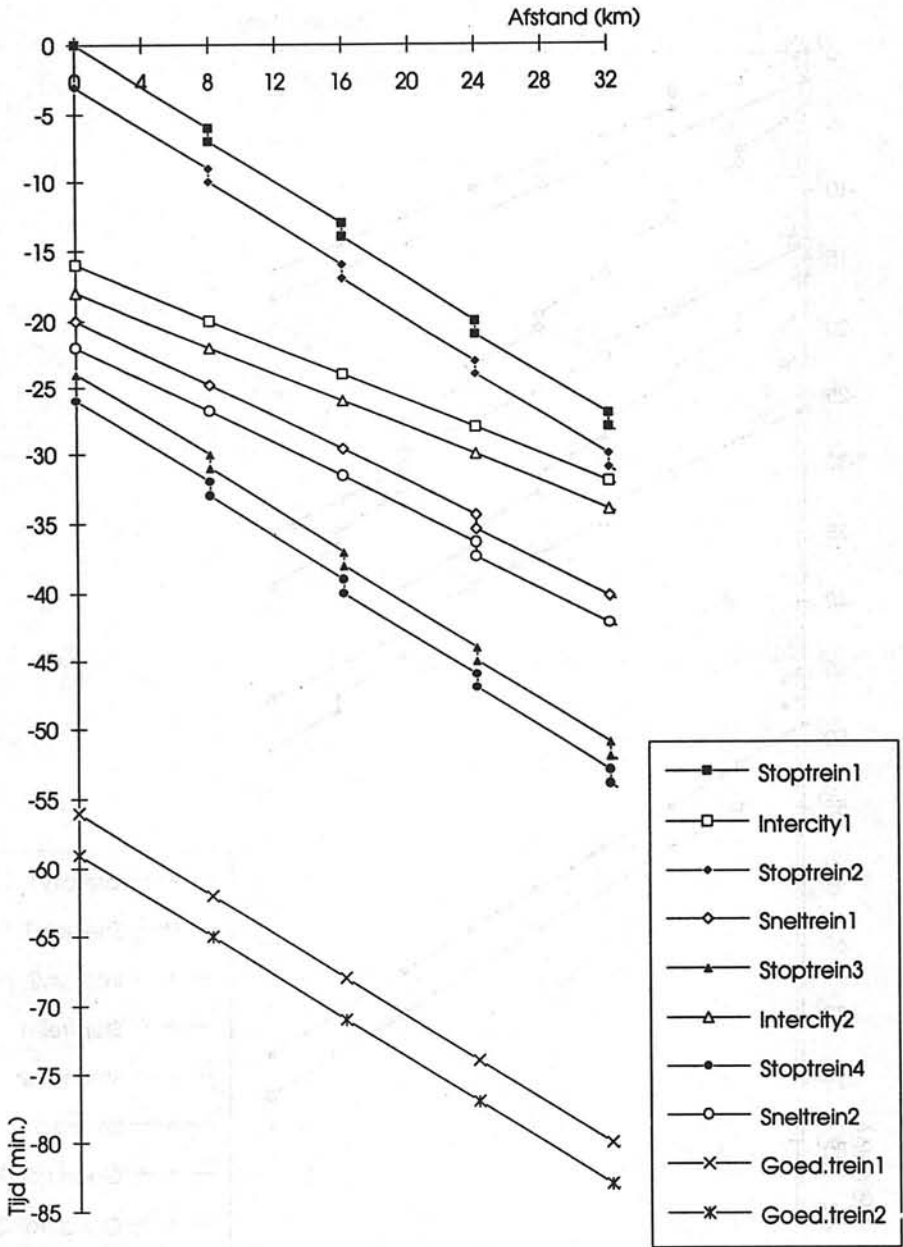
Afbeelding 2.4c

Tijd-weg-diagram karakteristieke situatie III: combinatie van de maatregelen 'bundelen van gelijke treinsorten' en 'snellere opeenvolging van treinen'



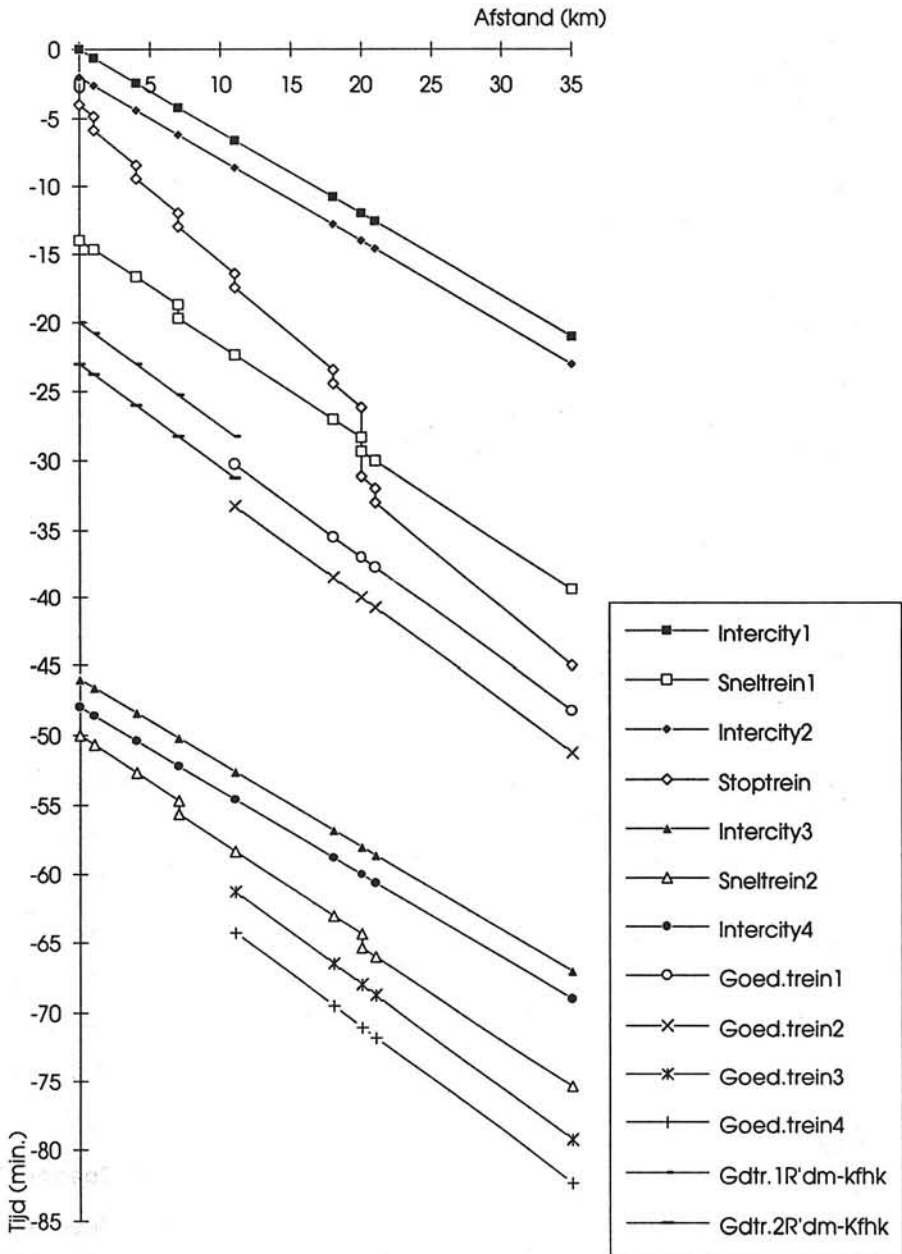
**Afbeelding 2.4d**

**Tijd-weg-diagram karakteristieke situatie IV: combinatie van de maatregelen 'bundelen van gelijke treinsorten' en 'snellere opeenvolging van treinen'**

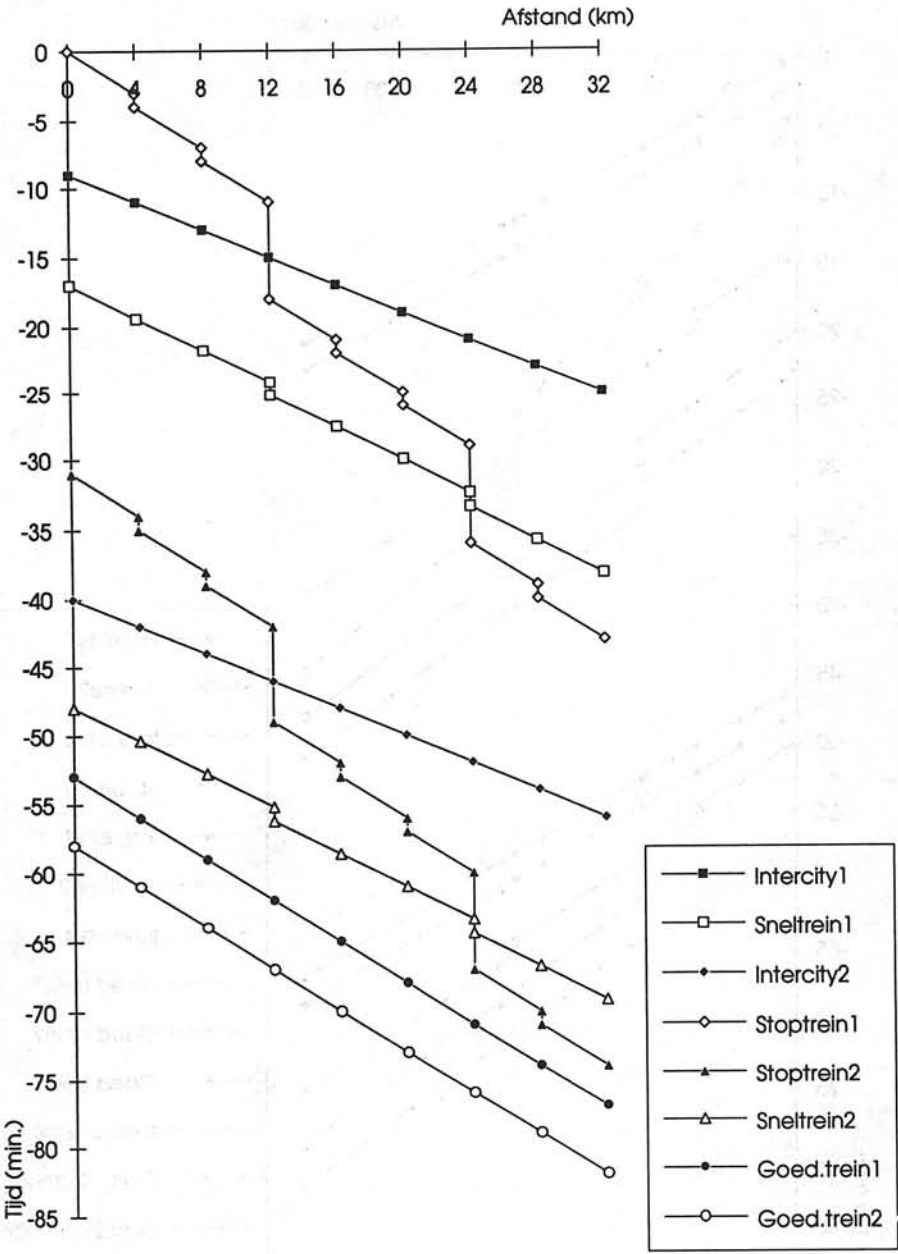


Afbeelding 2.4e

Tijd-weg-diagram traject Rotterdam - Lage Zwaluwe: combinatie van de maatregelen 'bundelen van gelijke treinsorten' en 'snellere opeenvolging van treinen'



**Afbeelding 2.5** Tijd-weg-diagram karakteristieke situatie IV: maatregel 'stilstaand inhalen'







2154957



ONDERZOEKSINSTITUUT OTB  
Sectie Infrastructuur en Stedelijke Ontwikkeling

Postbus 5030  
2600 GA Delft

Thijsseweg 11  
2629 JA Delft  
Telefoon (015) 78 30 05  
Telex butud 38151  
Telefax (015) 78 44 22