

Bundeling van infrastructuur

Theoretische en praktische waarde van een ruimtelijk
inrichtingsconcept

Joris Willems

Foto cover: Bundeling van autoweg en spoorlijn in Kiruna (S)

TRAIL Thesis Series, The Netherlands, TRAIL Research School

This thesis is a result of the Ph.D. study performed at Delft University of Technology, Faculty of Civil Engineering and Geosciences, Transportation Planning and Infrastructure Planning Section.

Bundeling van infrastructuur

Theoretische en praktische waarde van een ruimtelijk
inrichtingsconcept

Proefschrift

Ter verkrijging van de graad van doctor
aan de Technische Universiteit Delft,
op gezag van de Rector Magnificus prof. ir. Wakker,
voorzitter van het College voor Promoties,
in het openbaar te verdedigen op dinsdag 19 juni 2001 om 16.00 uur,
door Joris Karel Catharina Alfons Stefaan WILLEMS
HBO Verkeerskundig ingenieur, Licentiaat in de Stedenbouw en Ruimtelijke Ordening
(Katholieke Universiteit Leuven, België)
geboren te Turnhout, België

Dit proefschrift is goedgekeurd door de promotoren:
Prof. ir. F.M. Sanders
Prof. dr. ir. R.E.C.M. Van der Heijden

Samenstelling promotiecommissie:

Rector Magnificus, voorzitter
Prof. ir. F.M. Sanders, Technische Universiteit Delft, promotor
Prof. dr. ir. R.E.C.M. van der Heijden, Technische Universiteit Delft, promotor
Prof. dr.-ing. I. Hansen, Technische Universiteit Delft
Prof. ir. D. Frieling, Technische Universiteit Delft
Prof. ir. H. van der Cammen, Universiteit Amsterdam
Prof. ir. J. Korsmit, Rijksuniversiteit Gent, België

Drs. E. de Boer heeft als begeleider in belangrijke mate
aan de totstandkoming van dit proefschrift bijgedragen

onder subsidie van de Nederlandse organisatie voor Wetenschappelijk Onderzoek (NWO)

Published and distributed by: DUP Science

DUP Science is an imprint of
Delft University Press
P.O. Box 98
2600 MG Delft
The Netherlands
Telephone: +31 15 2785121
Telefax: +31 15 2781661
E-mail: DUP@Library.TUdelft.NL

ISBN: 90-407-2178-5

Keywords: infrastructure, planning, corridor

Copyright © 2001 by Joris Willems

All rights reserved. No part of the material protected by this copyright notice may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying, recording or by any information storage and retrieval system, without written permission from the publisher: Delft University Press.

Printed in The Netherlands

VOORWOORD

Het onderzoek dat tot dit proefschrift heeft geleid is uitgevoerd aan de Technische Universiteit Delft, faculteit der Civiele Techniek en Geowetenschappen, sectie Infrastructuurplanning, en onder subsidie van NWO. De werkomgeving van de T.U. Delft heeft hiertoe veel inspiratie geboden. In de eerste plaats wil ik daarom Prof. ir. Sanders en Prof. dr. ir. van der Heijden, als promotoren van dit proefschrift, danken voor de prettige en vertrouwensvolle samenwerking. Vooral hun gedrevenheid, spitsvondigheid, de grote interesse voor het vernieuwende en niet te vergeten hun gedegen wetenschappelijke houding zullen me steeds indachtig zijn.

Het onderwerp van deze studie heeft een lange voorgeschiedenis. Reeds in de jaren '70 werd in de faculteit een afstudeeronderwerp rond dit thema geformuleerd. Het is daarna diverse keren in onderzoeken en colleges aan bod gekomen tot drs. de Boer hierrond een opzet voor een promotieonderzoek formuleerde en hij een subsidieaanvraag bij NWO lanceerde. Hem wil niet alleen danken als initiator van het project, maar ook omdat hij vanaf het begin het volste vertrouwen in mij heeft gesteld dat het onderzoek tot een goed einde gebracht zou worden. Als dagelijks begeleider heeft hij, vooral tijdens de moeilijkere perioden van het onderzoekstraject, steeds dermate sterk geloofd in de goede afloop dat dit voor mij een voortdurende stimulans is geweest. In het bijzonder zal ik zijn positieve instelling en de vrijheid die hij me gaf om het onderzoek naar eigen inzicht en mogelijkheden in te vullen, altijd blijven waarderen. Hij maakte het mogelijk dat ik de inzichten vanuit mijn beide vooropleidingen, verkeerskunde en ruimtelijke ordening, uitstekend kon combineren tot het uitwerken van het thema "Bundeling van infrastructuur".

Ook ben ik de leden van de promotiecommissie, Prof. dr.-ing. Hansen, prof. dr. van der Cammen, Prof. ir. Korsmit en Prof. ir. Frieling, bijzonder erkentelijk voor hun bereidwilligheid in deze commissie te willen participeren en voor hun talloze tips die het proefschrift hebben gemaakt wat het nu is.

Zonder namen te willen noemen wil ik de personen en instanties danken die op een of andere manier informatie voor dit onderzoek heeft geleverd, zoals de Rijksuniversiteit Groningen, Rijkswaterstaat, de Nederlandse en Belgische Spoorwegen, TRAIL en de personen binnen het samenwerkingsproject RIMIO.

Niet te vergeten apprecieer ik ten zeerste de hartelijkheid en sympathie van de naaste collega's van de TU Delft. Het is toch dankzij hen dat ik met plezier in het Delftse heb vertoefd. In het bijzonder wil ik de steun vanwege Lindy Molenkamp, Peter Oomen en Nils Rosmüller onderstrepen. Zij hebben niet enkel mede een jarenlange prettige werksfeer gecreëerd, maar ze hebben door diverse malen intens meedenken het vertrouwen in de goede afloop hoog gehouden.

Tot slot wil ik familie, vrienden, kennissen, collega's in Nederland en Vlaanderen, en Hannelore in het bijzonder, bedanken voor de steun, zowel materieel als moreel, bij het volbrengen van deze taak.

Joris Willems.

INHOUDSOPGAVE

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 1. | AANLEIDING TOT HET ONDERZOEK..... | 1 |
| 1.1. | De negatieve effecten van infrastructuur | 1 |
| 1.2. | Bundeling als mogelijke beperking van negatieve effecten | 1 |
| 1.3. | Intrinsieke waarde van het bundelingsbegrip | 2 |
| 1.4. | Relevantie van het onderzoek | 3 |
| 1.5. | Een tweetal praktijkvoorbeelden | 4 |
| 1.5.1. | <i>Inleiding</i> | 4 |
| 1.5.2. | <i>Rijksweg A50 Eindhoven-Oss</i> | 4 |
| 1.5.3. | <i>De HSL Amsterdam-Rotterdam</i> | 9 |
| 1.6. | Inhoud en hoofdstukindeling van dit proefschrift | 14 |
| 2. | PROBLEEMKADER..... | 15 |
| 2.1. | Inleiding | 15 |
| 2.2. | Het onderzoeksobject gedefinieerd en ingeperkt | 15 |
| 2.2.1. | Infrastructuur | 15 |
| 2.2.2. | Bundeling | 18 |
| 2.3. | Het onderzoeksobject gedefinieerd en ingeperkt | 20 |
| 2.3.1. | <i>Begrip</i> | 20 |
| 2.3.2. | <i>Relatie met bundeling van infrastructuur</i> | 21 |
| 2.3.3. | <i>Conclusie</i> | 23 |
| 2.4. | Tracering van oude infrastructuur | 24 |
| 2.5. | Het bundelingsbegrip in beleidsnota's..... | 27 |
| 2.6. | Het bundelingsprincipe in projectstudies..... | 36 |
| 2.7. | Globale verkenning van de bestaande infrastructuur in Nederland | 38 |
| 2.8. | Verklaringen voor de discrepantie theorie-praktijk..... | 43 |
| 2.8.1. | <i>Algemeen</i> | 43 |
| 2.8.2. | <i>Gebrek aan kennis van effecten en beoordelingsmethoden</i> | 44 |
| 2.8.3. | <i>Gebrek aan systematiek in het ontwerpproces</i> | 44 |
| 2.8.4. | <i>Subjectieve en politieke aspecten</i> | 46 |
| 2.9. | Probleem- en taakstellingen van het onderzoek | 46 |
| 2.10. | Structuur verder onderzoek..... | 47 |
| 3. | BUNDELINGSVOORWAARDEN..... | 49 |
| 3.1. | Inleiding | 49 |
| 3.2. | Traceringscriteria | 50 |
| 3.2.1. | <i>Algemeen</i> | 50 |
| 3.2.2. | <i>Een literatuuroverzicht</i> | 50 |
| 3.2.3. | <i>Systematisering traceringscriteria</i> | 51 |
| 3.3. | Morfologische systematisering: van traceringscriteria tot traceringsprincipes | 52 |
| 3.3.1. | <i>Algemeen</i> | 52 |
| 3.3.2. | <i>De rechte lijn</i> | 53 |

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 3.3.3. | <i>De vrije trasering</i> | 54 |
| 3.3.4. | <i>Bundeling van infrastructuur</i> | 55 |
| 3.3.5. | <i>Synthese: relatie effecten-traseringsprincipes</i> | 55 |
| 3.4. | Naar een ontstaanstypologie van infrastructuurbundels | 57 |
| 3.4.1. | <i>Bundeling als uitgangspunt</i> | 57 |
| 3.4.2. | <i>Bundeling door overeenstemming van traseringsprincipes</i> | 57 |
| 3.4.3. | <i>Bestaande infrastructuur als voorwaarden scheppend voor bundeling</i> | 59 |
| 3.5. | Van ontstaanswijzen naar bundelingsvoorwaarden..... | 59 |
| 3.6. | Illustratie: het ontstaan van een bundel in de praktijk, Rijksweg N200 te Halfweg..... | 61 |
| 3.6.1. | <i>Het ontstaan van Halfweg</i> | 61 |
| 3.6.2. | <i>Ontwikkelingen ten aanzien van de infrastructuur</i> | 61 |
| 3.6.3. | <i>Bespreking van de gegroeide situatie</i> | 63 |
| 3.7. | Conclusie | 65 |
| 4. | FYSIEKE VERSCHIJNINGSVORMEN VAN BONDELING | 67 |
| 4.1. | Inleiding | 67 |
| 4.2. | De typen infrastructuur in de bundel | 68 |
| 4.3. | De onderlinge positie van de infrastructuurlijnen | 69 |
| 4.3.1. | <i>Algemeen</i> | 69 |
| 4.3.2. | <i>De horizontale positie van de infrastructuur t.o.v. elkaar</i> | 69 |
| 4.3.3. | <i>De verticale positie van de infrastructuur t.o.v. elkaar</i> | 73 |
| 4.3.4. | <i>Naar een basistypologie op basis van de onderlinge positie</i> | 74 |
| 4.3.5. | <i>Feitelijk voorkomen van de basistypen in Nederland</i> | 74 |
| 4.4. | Overige criteria in de typologie van de verschijningsvormen | 76 |
| 4.4.1. | <i>De onderlinge schikking van de elementen</i> | 76 |
| 4.4.2. | <i>De bouwvolgorde</i> | 78 |
| 4.5. | Conclusie | 78 |
| 5. | EIGENSCHAPPEN EN EFFECTEN VAN BONDELING VAN INFRASTRUCTUUR | 79 |
| 5.1. | Inleiding | 79 |
| 5.2. | Effecten van infrastructuur: algemeen kader..... | 79 |
| 5.2.1. | <i>Categorisering van effecten</i> | 79 |
| 5.2.2. | <i>Algemeen kader voor het ontstaan van effecten: effectketen</i> | 80 |
| 5.3. | Bundelingseigenschappen..... | 81 |
| 5.3.1. | <i>Algemeen</i> | 81 |
| 5.3.2. | <i>Polarisatie van effecten</i> | 81 |
| 5.3.3. | <i>Interferentie van effecten</i> | 82 |
| 5.3.4. | <i>Onderlinge relatie bundelingseigenschappen</i> | 83 |
| 5.3.5. | <i>Schaalniveau van de effecten en eigenschappen</i> | 84 |
| 5.3.6. | <i>Conclusie: de theoretische potenties van bundeling van infrastructuur</i> | 86 |
| 5.4. | Versnippering | 86 |
| 5.4.1. | <i>Begrip</i> | 86 |
| 5.4.2. | <i>Relatie met bundeling van infrastructuur</i> | 88 |
| 5.5. | Direct ruimtegebruik..... | 91 |
| 5.5.1. | <i>Begrip</i> | 91 |
| 5.5.2. | <i>Relatie met bundeling van infrastructuur</i> | 91 |
| 5.6. | Geluidshinder..... | 92 |
| 5.6.1. | <i>Begrip</i> | 92 |

| | | |
|-----------|--|------------|
| 5.6.2. | <i>Relatie met bundeling van infrastructuur</i> | 93 |
| 5.7. | Veiligheid | 94 |
| 5.7.1. | <i>Begrip</i> | 94 |
| 5.7.2. | <i>Relatie met bundeling van infrastructuur</i> | 96 |
| 5.8. | Indirect ruimtegebruik | 100 |
| 5.8.1. | <i>Begrip</i> | 100 |
| 5.8.2. | <i>Relatie met bundeling van infrastructuur</i> | 100 |
| 5.9. | Constructieve aspecten en bouwkosten | 102 |
| 5.9.1. | <i>Begrip</i> | 102 |
| 5.9.2. | <i>Relatie met bundeling van infrastructuur</i> | 102 |
| 5.10. | Landschappelijke aspecten en visuele hinder | 106 |
| 5.10.1. | <i>Begrip</i> | 106 |
| 5.10.2. | <i>Relatie met bundeling van infrastructuur</i> | 107 |
| 5.11. | Synthese | 109 |
| 5.11.1. | <i>Bundelingseigenschappen per specifiek effect</i> | 109 |
| 5.11.2. | <i>Relatie effecten - fysieke verschijningsvorm - omgevingskenmerken</i> | 110 |
| 5.11.3. | <i>Relatie met het aspect milieugebruiksruimte</i> | 110 |
| 5.11.4. | <i>Ruimtelijke vertaling van de bundelingseigenschappen en –effecten</i> | 111 |
| 5.11.5. | <i>Samenvattend schema</i> | 114 |
| 5.12. | Principes voor aanvullende effectbeperkende maatregelen..... | 114 |
| 5.12.1. | <i>Hoogteligging</i> | 114 |
| 5.12.2. | <i>Mitigerende maatregelen</i> | 115 |
| 5.13. | Conclusie | 116 |
| 6. | HET TRACERINGSPROCES BIJ BUNDELING | 117 |
| 6.1. | Inleiding | 117 |
| 6.2. | De structuur van het algemene traceringsproces | 117 |
| 6.2.1. | <i>Tracering van infrastructuur als ontwerpproces</i> | 117 |
| 6.2.2. | <i>Stappen bij het traceren van infrastructuur: een literatuurverkenning</i> | 118 |
| 6.2.3. | <i>Synthese</i> | 121 |
| 6.3. | Naar een ontwerpstructuur voor het bundelen van infrastructuur | 122 |
| 6.4. | Conclusie | 123 |
| 7. | ONTWIKKELING METHODISCHE AANPAK | 125 |
| 7.1. | Inleiding | 125 |
| 7.2. | Principes voor het genereren van alternatieven | 125 |
| 7.2.1. | <i>Argumenten voor het werken met alternatieve oplossingen</i> | 125 |
| 7.2.2. | <i>Problemen bij het genereren van alternatieven</i> | 126 |
| 7.2.3. | <i>Algemene methoden bij het ontwikkelen van alternatieven</i> | 126 |
| 7.3. | Specifieke methoden en technieken voor het traceren van infrastructuur | 129 |
| 7.3.1. | <i>Algemene principes: zeeanalyse en Potential Surface Analysis</i> | 129 |
| 7.3.2. | <i>Toepassingen, verfijningen en operationalisaties</i> | 130 |
| 7.4. | De beoordeling en evaluatie van de alternatieven | 130 |
| 7.4.1. | <i>Het begrippenkader: beoordeling en evaluatie</i> | 130 |
| 7.4.2. | <i>Reductiestrategieën</i> | 131 |
| 7.4.3. | <i>Globale benaderingen bij het beoordelen van de alternatieven</i> | 132 |
| 7.4.4. | <i>De beoordeling en vergelijking van de alternatieven middels multicriteriamethoden</i> | 133 |
| 7.4.5. | <i>Het meten van criteria en effecten (“Impact Assessment”)</i> | 133 |
| 7.4.6. | <i>Vergelijking en keuze van de alternatieven</i> | 134 |

| | | |
|-----------|---|------------|
| 7.5. | Methoden en technieken per afzonderlijke fase | 135 |
| 7.5.1. | <i>De conceptfase</i> | 135 |
| 7.5.2. | <i>De corridorfase</i> | 135 |
| 7.5.3. | <i>De vormgevings- en inpassingsfase</i> | 136 |
| 7.5.4. | <i>Samenvattend schema: relatie fasering - methoden en technieken</i> .. | 137 |
| 7.6. | Operationalisatie conceptfase | 137 |
| 7.6.1. | <i>Algemeen</i> | 137 |
| 7.6.2. | <i>Stap 1a: Inventarisatie visies uit het facet- en sectorbeleid</i> | 138 |
| 7.6.3. | <i>Stap 1b: Inventarisatie wensen en uitgangspunten voor de tracering</i> | 139 |
| 7.6.4. | <i>Stap 1c: Ontwikkeling traceringsconcepten uit visies, wensen en uitgangspunten</i> | 139 |
| 7.6.5. | <i>Stap 1d: Selectie oplossingsrichtingen/traceringsconcepten</i> | 140 |
| 7.7. | Operationalisatie corridorfase..... | 140 |
| 7.7.1. | <i>Algemeen</i> | 140 |
| 7.7.2. | <i>Stap 2a: Afbakening zoekgebied</i> | 141 |
| 7.7.3. | <i>Stap 2b: Inventarisatie uitgangssituaties, ontwerpkenmerken en ontwerpmogelijkheden</i> | 143 |
| 7.7.4. | <i>Stap 2c: Selectie van ontwerpmogelijkheden</i> | 145 |
| 7.7.5. | <i>Stap 2d: Inventarisatie en eerste selectie bestaande infrastructuur</i> . 146 | |
| 7.7.6. | <i>Stap 2e: Ontwikkeling tracédelen</i> | 148 |
| 7.7.7. | <i>Stap 2f: Inventarisatie en meting basisgegevens bundelbaarheid per tracédeel</i> | 148 |
| 7.7.8. | <i>Stap 2g: Ontwikkeling routes tussen herkomst en bestemming</i> | 153 |
| 7.7.9. | <i>Stap 2h: Berekening gestandaardiseerde scores per route: bundelbaarheidsindex</i> | 153 |
| 7.7.10. | <i>Stap 2i: Vergelijking routes en selectie</i> | 154 |
| 7.8. | Operationalisatie inpassingsfase | 154 |
| 7.8.1. | <i>Mogelijkheden voor de optimale inpassing</i> | 154 |
| 7.8.2. | <i>Globale opzet en structuur bij het gebruik van “archetypen”</i> | 155 |
| 7.8.3. | <i>Stap 3a: inventarisatie gebiedsgevoeligheid en -geschiktheid</i> | 155 |
| 7.8.4. | <i>Stap 3b: Algemene beoordeling archetypen</i> | 156 |
| 7.8.5. | <i>Stap 3c: Matching archetype per type gebied</i> | 156 |
| 7.8.6. | <i>Stap 3d: Optimalisering onderlinge schikking</i> | 157 |
| 7.8.7. | <i>Stap 3e: Optimalisatie tracering en inpassing</i> | 158 |
| 7.8.8. | <i>Stap 3f: Bepaling hoogteligging</i> | 158 |
| 7.8.9. | <i>Stap 3g: Onderzoek geïntegreerde oplossingen en mitigerende maatregelen</i> | 158 |
| 7.8.10. | <i>Stap 3h: Onderzoek tijdelijke afwijking van de bundel</i> | 159 |
| 7.8.11. | <i>Gebruik van heuristieken</i> | 159 |
| 7.8.12. | <i>Inpassing en vormgeving bij een vrije bundeling</i> | 160 |
| 7.8.13. | <i>Inpassing en vormgeving bij een anticiperende bundeling</i> | 160 |
| 7.9. | Naar een raamwerk voor een integrale effectbeoordeling en -vergelijking bundeling/niet-bundeling..... | 161 |
| 7.10. | Een expert-evaluatie van de praktische bruikbaarheid van de aanpak | 162 |
| 7.11. | Conclusie | 164 |
| 8. | TOEPASSING: DE BETUWEROUTE ROTTERDAM-GORINCHEM.... | 165 |
| 8.1. | Inleiding | 165 |
| 8.2. | De conceptfase..... | 165 |
| 8.2.1. | <i>Stap 1a: Inventarisatie visies uit het facet- en sectorbeleid</i> | 165 |
| 8.2.2. | <i>Stap 1b: Inventarisatie uitgangspunten t.a.v. de tracering</i> | 166 |

| | | |
|-------------------|---|------------|
| 8.2.3. | <i>Stap 1c: Ontwikkeling traceringsprincipes en oplossingsrichtingen</i> | 166 |
| 8.2.4. | <i>Stap 1d: Selectie traceringsprincipes en oplossingsrichtingen</i> | 166 |
| 8.3. | De corridorfase | 167 |
| 8.3.1. | <i>Stap 2a: Afbakening zoekgebied</i> | 167 |
| 8.3.2. | <i>Stap 2b: Inventarisatie uitgangssituaties, projectkarakteristieken en ontwerpmogelijkheden</i> | 168 |
| 8.3.3. | <i>Stap 2c: Selectie ontwerpmogelijkheden</i> | 168 |
| 8.3.4. | <i>Stap 2d: Inventarisatie en eerste selectie bestaande infrastructuur in het zoekgebied</i> | 168 |
| 8.3.5. | <i>Stap 2e: Ontwikkeling tracédelen</i> | 169 |
| 8.3.6. | <i>Stap 2f: Inventarisatie en meting basisgegevens bundelbaarheid per tracédeel</i> | 170 |
| 8.3.7. | <i>Stap 2g: Ontwikkeling routes tussen herkomst en bestemming</i> | 171 |
| 8.3.8. | <i>Stap 2h: Berekening bundelbaarheidsindex per route</i> | 171 |
| 8.3.9. | <i>Stap 2i: Vergelijking routes en selectie</i> | 172 |
| 8.3.10. | <i>Gevoeligheidsanalyse bundelbaarheidsindex</i> | 172 |
| 8.4. | De ontwerp- en inpassingsfase | 173 |
| 8.4.1. | <i>Stap 3a: Inventarisatie gebiedsgevoeligheden</i> | 173 |
| 8.4.2. | <i>Stap 3b: Beoordeling archetypen</i> | 174 |
| 8.4.3. | <i>Stap 3c: Bepaling optimaal archetype per tracédeel</i> | 174 |
| 8.4.4. | <i>Stap 3d: Optimalisering onderlinge schikking</i> | 175 |
| 8.4.5. | <i>Stap 3e: Optimalisatie tracering en inpassing</i> | 175 |
| 8.4.6. | <i>Stap 3f: Bepaling hoogteligging nieuwe infrastructuur</i> | 176 |
| 8.4.7. | <i>Stap 3g: Onderzoek geïntegreerde oplossingen en mitigerende maatregelen</i> | 176 |
| 8.4.8. | <i>Stap 3h: Onderzoek tijdelijke afwijking van de bundel</i> | 176 |
| 8.4.9. | <i>Overzicht alternatieven en varianten</i> | 176 |
| 8.5. | Conclusie: Vergelijking met de alternatieven uit de Projectnota Betuweroute ... | 177 |
| 9. | CONCLUSIES, REFLECTIES EN AANBEVELINGEN | 179 |
| 9.1. | Inleiding | 179 |
| 9.2. | Inhoudelijke conclusies: de succes- en faalfactoren van bundeling | 179 |
| 9.3. | Bundelen: op welke manier? | 181 |
| 9.4. | Reflectie op de methodische aanpak | 182 |
| 9.5. | Reflectie op het huidige beleid, aanbevelingen voor de toekomst | 183 |
| 9.6. | Aanbevelingen voor verder onderzoek | 185 |
| LITERATUUR | | 187 |
| BIJLAGEN | | 213 |

SAMENVATTING

Bundeling van infrastructuur wordt sinds de jaren '70 bijna steeds als uitgangspunt gesteld bij de tracering van nieuwe lijninfrastructuur. Het wordt geacht een belangrijke bijdrage te kunnen leveren aan de beperking van de versnippering, ruimtegebruik en diverse vormen van milieuhinder. Toch heeft het concept niet altijd toepassing gevonden in de praktijk. Het blijkt dat minder dan 20% van de spoorwegen en snelwegen in Nederland zijn gebundeld met enige andere vorm van hoofdinfrastructuur. Ook bij nieuwe infrastructuurprojecten wordt een niet-gebundelde variant soms verkozen boven gebundelde tracés. Zeer opvallend is dit bij het HSL-project. Deze discrepantie tussen theorie en praktijk is de directe aanleiding voor het onderzoek.

Bij bundeling zijn zeer veel fysieke verschijningsvormen mogelijk. In een poging deze te systematiseren, komt men tot vier criteria op basis waarvan de verschijningsvorm kan worden beschreven: (1) de typen infrastructuur in de bundel, (2) de onderlinge positie ten opzichte van elkaar, (3) de bouwvolgorde en (4) de positie van de bundel ten opzichte van de omgeving. Binnen elk criterium kunnen een aantal discrete typen worden onderscheiden.

Hoewel bundeling vrij recent als een bewust uitgangspunt is gesteld bij de aanleg van nieuwe infrastructuur, kan geconstateerd worden dat ook oudere infrastructuur gebundeld is aangelegd. Uit de analyse van het ontstaan van deze bundels "avant la lettre" blijkt dat bundeling ook als het ware uit zichzelf tot stand kan komen zonder dat het expliciet als uitgangspunt is gesteld. Dit betekent dat wanneer meerdere infrastructuurlijnen op basis van dezelfde uitgangspunten worden getraceerd, hetzij door het laten volgen van de kortste route tussen de te bedienen punten en/of het volgen van de meest geschikte gebieden en/of het ontwijken van de meest gevoelige gebieden, deze bijna automatisch gebundeld zullen worden aangelegd. Dit betekent dat de algemene traceringsvoorwaarden (interne, externe en constructieve voorwaarden) in feite ook als bundelingsvoorwaarden gelden.

Bundeling heeft geen specifieke effecten, doch wel eigenschappen die de omvang van de effecten kunnen beïnvloeden. Het is echter niet mogelijk om in algemene zin de invloed van bundeling op de omvang van effecten te bepalen aangezien de omgevingskenmerken steeds een wisselende doch belangrijke factor vormen. Niettemin is gebleken dat bundeling over het algemeen de externe effecten minder sterk doet toenemen dan wanneer een nieuwe infrastructuurlijn wordt aangelegd. Daarentegen is bundeling vaak nadelig voor wat betreft het direct ruimtegebruik (door het ontstaan van restruimten), de bouwkosten, de flexibiliteit (uitbreidingsmogelijkheden) en de veiligheid. Toch kunnen deze negatieve effecten door een passende fysieke verschijningsvorm worden beperkt of teniet gedaan. Het vereist wel een goede inschatting van de opportuniteiten vooraf. Corridorvorming is het enige en altijd geldende effect van bundeling. Het is daarom des te vreemder dat dit macro-effect in concrete projectstudies vrijwel nooit wordt onderzocht of getoetst aan het hoger gelegen ruimtelijk beleid.

Uit een analyse en vergelijking van bestaande structuren, methoden en technieken voor de tracering van infrastructuur blijkt een driedeling van het proces het meest universeel. Deze driedeling is ook gebruikt als kader voor de uitgewerkte methodische aanpak in dit proefschrift. Achtereenvolgens zijn een conceptfase, een corridorfase en een inpassingsfase

onderscheiden. In elke fase worden specifieke zoek- en afwegingsmethoden gehanteerd. Kenmerkend voor de conceptfase is dat de wenselijkheid van bundeling wordt getoetst aan het hoger gelegen ruimtelijk inrichtingsbeleid. In de corridorfase wordt expliciet rekening gehouden met de algemene traceringsvoorwaarden. In de inpassingsfase tenslotte dient een fysieke verschijningsvorm te worden bepaald die optimaal tegemoet komt aan de uiteindelijke effecten.

Uit een toepassing van de aanpak op het project Betuweroute tussen Rotterdam en Gorinchem blijkt dat systematiek, objectiverend vermogen en navolgbaarheid van het ontwikkelingsproces van de alternatieve tracés het sterke punt is. Het proces van tracéontwikkeling wordt bespreekbaar. Het is echter niet mogelijk om op deze manier de “beste” oplossing te ontwikkelen, aangezien de uiteindelijke keuze afhankelijk is van de (steeds wisselende) waardering en weging van de beoordelingscriteria.

Joris Willems.

SUMMARY

Bundling or converging infrastructure has been the leading principle for locating infrastructure since the mid seventies. It is assumed to offer certain advantages, such as a restriction of severance, consumption of free space and environmental hindrance. However, the concept of converging infrastructure has not always found its way to practise. In the Netherlands, less than 20 % of the railways and motorways are converged with any other type of major infrastructure. Even in new projects, a non-bundled location alternative is sometimes being preferred. A typical example is the High-Speed-Rail Project. This difference between theory and practise has been the direct inducement for this research.

When converging infrastructure, there are a lot of physical construction possibilities. There are 4 criteria by which the construction type of the convergence can be described: (1) the types of infrastructure which are to be bundled, (2) the mutual position to each other, (3) the construction sequence and (4) the position of the bundle in its environment. Within each criterion, a number of discrete types can be derived.

Although bundling has been an explicit principle in the planning and construction of new infrastructure since a few decades, infrastructure has been converged for several centuries. A convergence can originate from its own even when it has not been explicitly set out as a starting-point. This is also the case if several infrastructure lines are located using the same general location principles. If two or more lines are located according to the principle of the direct or straight line between two points, these lines will be converged automatically. This is essential, because the general location principles and conditions (internal, external and construction conditions) are converging conditions as well.

Bundling infrastructure does not cause specific effects, but does have specific characteristics which can influence the extent of the effects. However it is not possible to define this extent exactly in general, because the environmental characteristics (which are variable) are an important factor as well. Nevertheless, converging infrastructure leads to a minor increase of environmental effects in comparison with the construction of the new infrastructure line. On the other hand, converging infrastructure can cause a negative impact on the direct consumption of free space, the construction cost and flexibility of the infrastructure itself, and the safety aspects. These negative aspects can be solved by applying a suitable physical construction type. Generating of corridors is the only general effect of converging infrastructure. This effect should always be investigated by comparing it with the national policy.

Most of the analysed and compared methods for locating infrastructure are characterised by their 3-phased structure, namely the concept phase, corridor phase and the design- or alignment phase. Specific techniques are to be used in each phase.

Combination of the theoretical research and the analysis of existing location methods has led to a specific approach for the development and selection of converged location alternatives. This approach has the 3-phase structure which has been mentioned above. In the concept phase, the objective of bundling has to be judged to the general spatial planning policy in

order to assess the general corridor effect. In the corridor phase a suitable corridor must be found taking into account the general location principles and conditions. In the design phase a suitable physical construction type must be developed which offers an optimum in internal, external en construction effects.

The approach has been applied to the Betuweroute Rotterdam-Gorinchem. Using the approach, the development of alternatives becomes more systematic and objective. The development process can be verified as well which is a major advantage in policy processes. However it is not possible to develop the “best” solution because the final selection is dependent on the ever changing rating of the assessment criteria.

Joris Willems

1. AANLEIDING TOT HET ONDERZOEK

1.1. De negatieve effecten van infrastructuur

Een stelsel van voorzieningen voor het transport van goederen, personen, energie en informatie is noodzakelijk voor een organisatie of samenleving die zich wil organiseren. Transport levert een belangrijke bijdrage aan de nationale economie in de vorm van werkgelegenheid en inkomsten uit industriële activiteiten. Ook om zich te recreëren en zich cultureel te kunnen ontplooiën zijn verplaatsingsmogelijkheden noodzakelijk.

Een nieuwe verbinding veroorzaakt echter ook problemen. De benodigde grond heeft immers een bestemming die wordt veranderd. Deze verandering kan betekenen dat ook de rest van het omliggend gebied door de scheiding voor oude bestemmingen slechter te gebruiken is: diersoorten verdwijnen, landbouwgrond is niet meer rendabel te exploiteren en herbestemming kan moeilijk zijn wegens de overlast die de nieuwe infrastructuur veroorzaakt. Dergelijke neveneffecten zijn onvermijdelijk: altijd als een ingreep plaatsvindt, worden de gebruiksmogelijkheden van het betreffende gebied veranderd (zie o.a. de Boer, 1993).

1.2. Bundeling als mogelijke beperking van negatieve effecten

Negatieve effecten van infrastructuur kan men op verschillende manieren trachten te beperken. Enkele type oplossingen zijn optimalisering van de vormgeving, optimalisering van de inpassing in de omgeving, aanpassing van de omgeving en compensatie en schadeloosstelling van getroffenen (TUD, 1993). Men kan ook trachten verschillende infrastructuurlijnen in elkaars nabijheid aan te leggen. Dit is het zogenaamde *bundelen van infrastructuur*. Door de ruimtelijke concentratie van deze civieltechnische werken zouden ook de negatieve effecten tot een beperkt gebied kunnen worden teruggebracht. Terzelfdertijd blijven andere gebieden vrij van dergelijke ingrepen en effecten zodat de keuzevrijheid voor een toekomstige functie openblijft.

Hiermee lijkt men bij te kunnen dragen aan de eis tot duurzame ontwikkeling van de samenleving, zoals o.a. verwoord in het Nationaal Milieubeleidsplan 1990-1994 (VROM, 1989). Een dergelijke ontwikkeling houdt in dat in de behoeften van de huidige generatie wordt voorzien zonder die van toekomstige generaties in gevaar te brengen. Deze omschrijving is

naar voren gebracht door de Commissie Brundtland¹. Het bereiken van een duurzame samenleving heeft juist te maken met het voorkomen van afwentelen op toekomstige generaties en beslag leggen op toekomstige keuzevrijheden en mogelijkheden². Als dusdanig kan bundeling van infrastructuur bijdragen aan een duurzame ruimtelijke inrichting.

1.3. Intrinsieke waarde van het bundelingsbegrip

In de definities over bundeling ontbreekt elke normatieve uitspraak over de wenselijkheid. Toch suggereert het begrip een zekere kwaliteit en een gevoel van sterkte, kracht en efficiëntie die met de afzonderlijke elementen niet bereikt kan worden, zie in de verband de uitspraak *de krachten bundelen*. Hier wordt tevens een dubbelzinnig en duaal karakter duidelijk: indien het om een negatieve of vijandelijke kracht gaat, zou men moeten trachten het geheel op te splitsen in kleinere delen. Illustratief is Caesars uitspraak *“Divide et impera”*.

Een kwalitatief oordeel over het bundelingsconcept vindt men ook terug in de ruimtelijke wetenschappen. Een sociaal-stedenbouwkundige visie is ontwikkeld door Gehl (1978):

“Als mensen en activiteiten worden samengebracht, krijgen de afzonderlijke gebeurtenissen de mogelijkheid elkaar te stimuleren. De deelnemers in de ene situatie krijgen de mogelijkheid om andere gebeurtenissen mee te beleven of erin deel te nemen. Er kan een zelfversterkend proces op gang komen”.

Deze visie is als het ware verkeerskundig vertaald door Wittenberg (1980):

“De kwaliteit van de routes voor langzaam verkeer is, naast verkeerstechnische aspecten, vooral afhankelijk van de omgeving. De omgeving wordt aantrekkelijker door de aanwezigheid van mensen en afwisseling in functies en activiteiten. Daarom zouden verschillende functies en activiteiten langs de routes gebundeld moeten worden. De fietsers en de voetgangers worden daardoor ook gebundeld. Door bundeling worden routes drukker met mensen en aantrekkelijker”.

Het duale karakter en de genuanceerdheid van een bundeling komt wellicht het best naar voren in de Tweede Nota Ruimtelijke Ordening (SU, 1966) en meer bepaald in de term *gebundelde deconcentratie*:

“Voor het toekomstig urbanisatiepatroon zijn in beginsel drie alternatieven denkbaar: een vergaande concentratie, een gebundelde deconcentratie en een vergaande deconcentratie. Al deze drie mogelijkheden vinden hier en elders op de wereld pleitbezorgers. (...) een vergaande spreiding roept nu al bezwaren op en zou voorts tekort doen aan speelruimte voor de toekomst. Anderzijds is een vergaande concentratie in strijd met de huidige tendenties en woonwensen. Alleen om die reden al dient zij niet te worden nagestreefd. De keuze richt zich daarom op het middelste alternatief: de gebundelde deconcentratie”.

Het genuanceerd beeld over de waarde van het bundelingsbegrip wordt in de Nota Landelijke Gebieden van de Derde Nota Ruimtelijke Ordening (SU, 1977) gecontinueerd:

“Een keuze tussen scheiding en verweving is afhankelijk van de mogelijkheden om een duurzame samenhang tussen in dynamiek verschillende functies te realiseren. Verschilt de dynamiek van de verschillende functies te veel, dan is scheiding noodzakelijk. (...) Verweving van functies is mogelijk als deze zodanig op elkaar kunnen worden afgestemd dat een evenwichtige onderlinge relatie kan ontstaan en worden behouden”.

Deze genuanceerdheid vertaalt zich in de Derde Nota naar twee verschillende strategieën, met name spreiden en concentreren/bundelen, toegepast op de verschillende sectoren van het ruimtelijke ordeningsbeleid, zo ook de aanleg en het gebruik van infrastructuur. De term

¹ De Commissie wordt naar haar voorzitter aangeduid als de Commissie Brundtland. Naar aanleiding hiervan verscheen: *“Our common future”* van het “World Commission on Environment and Development” in 1987.

² Naar voren gebracht door Prof. Charles Vermeersch van de Rijksuniversiteit Gent (België) tijdens de Planologische Discussiedagen 1994 te Eindhoven.

“verweving” is hier interessant omdat het aandacht schenkt aan het bereiken van functionele voordelen: door bundeling ontstaan in principe uitwisselingsmogelijkheden.

In een nota over afvalverwerking (VROM, 1991) worden de voordelen van bundeling eerder gezien als een beperking van de nadelen: integratie van infrastructurele voorzieningen, het nemen van gezamenlijke milieuvoorzieningen en een beperking van de transportkosten. Er is ook een keerzijde. Vooral wanneer objecten met verschillende karakteristieken worden samengebracht kunnen problemen ontstaan met betrekking tot grond- en oppervlaktewater, visueel ruimtelijke inpassing, luchtverontreiniging en het verkeer. Uitdrukkelijk wordt vermeld dat de praktijksituatie bepaalt of het effect positief dan wel negatief is.

Een eenduidige kwalitatieve uitspraak over de voor- en nadelen van bundelen/concentreren versus spreiden/deconcentreren is moeilijk dan wel onmogelijk te geven. De waardering is afhankelijk van de situatie of invalshoek.

Door de mogelijke voordelen is bundeling in Nederland meermaals gepropageerd in beleidsnota's van de nationale overheid, b.v. de Derde Nota Ruimtelijke Ordening en de Structuurschema's Verkeer en Vervoer. Het principe wordt ook vaak als uitgangspunt gehanteerd in project- of tracénota's voor lijninfrastructuur. Toch kan men eenvoudig in de praktijk constateren dat lang niet alle infrastructuur gebundeld wordt aangelegd. Een recent voorbeeld is de projectstudie voor de HogeSnelheidsLijn-zuid (HSL-zuid): tussen Amsterdam en Rotterdam is een vrijliggende spoorlijn verkozen boven een aantal gebundelde alternatieven. Ook bij andere projecten lijkt sprake van een tegenstrijdigheid of spanningsveld tussen theorie (beleid) en praktijk (uitvoering van het beleid). Dit is de directe aanleiding tot dit onderzoek.

In dit proefschrift zal in eerste instantie gezocht worden naar de mate waarin deze tegenstrijdigheid zich voordoet en de oorzaken ervan. Vervolgens kan worden aangegeven op welke manier met het bundelingsprincipe in de praktijk systematisch kan worden omgegaan. Als hoofddoelstelling van het onderzoek geldt:

Het ontwikkelen van een globale visie over de mogelijkheden en beperkingen van het planningsconcept “bundeling van infrastructuur”, en het aangeven hoe deze visie op een systematische manier in de praktijk kan worden gehanteerd.

1.4. Relevantie van het onderzoek

De loutere constatering van een gepropageerde theorie in combinatie met een afwijkende empirie is op zich reeds een belangrijke grond voor een wetenschappelijk onderzoek. Zo ook wordt het concept “bundeling van infrastructuur” blijkbaar gehanteerd en gepropageerd zonder dat men alle effecten, inclusief de negatieve, overziet. De veelheid aan (onbekende) effecten manifesteert zich bij concrete plannen en studies, o.a. in de Corridorstudie Amsterdam-Utrecht (NS-V&W, 1993). Het staat in veel concrete situaties niet vast of bundeling van infrastructuur bij voorbaat een werkelijk kansrijk concept is. Sporadisch worden hierover in de literatuur nuanceringen gemaakt, b.v. door Arink (1972) of in de Derde Nota Ruimtelijke Ordening (SU, 1975). Vooral situatie-specifieke omstandigheden lijken een belangrijke verklarende factor te zijn voor de kansen en beperkingen van bundeling. Van een omvattend fundamenteel onderzoek over deze materie is echter geen sprake. Bovendien zijn geen concrete richtlijnen of een methode voor de toepassing van het concept beschikbaar.

Niettemin is een uitspraak over de toepassingsmogelijkheden van het bundelen van infrastructuur zeer gewenst. Indien het een kansrijk concept blijkt, kunnen aanbevelingen worden geformuleerd die leiden tot een succesvolle toepassing, rekening houdend met de concrete situatie. Zelfs een conclusie dat bundeling geen haalbaar concept is, zou zeer waardevol kunnen zijn: bundeling als uitgangspunt bij de aanleg van nieuwe infrastructuur kan dan om-

schreven worden als een foutief of te dogmatisch vertrekpunt, met daarbij de aanbeveling dat andere maatregelen of concepten een betere oplossing kunnen bieden.

In dit onderzoek wordt beoogd om de algemene, maar vooral situatie-specifieke voor- en nadelen van het bundelen van infrastructuur in kaart te brengen. Hiermee wordt beoogd een substantiële bijdrage geleverd aan de algemene theorie over het traceren van infrastructuur.

1.5. Een tweetal praktijkvoorbeelden

1.5.1. Inleiding

In deze paragraaf wordt de discussie rond bundeling geïllustreerd aan de hand van twee cases. Bij de Rijksweg A50 Eindhoven-Oss worden twee tracédelen in detail en op lokaal schaalniveau bestudeerd, waarbij telkens bundeling (verbreding) en niet bundeling (omleiding) ter discussie heeft gestaan. Het is bij deze interessant te zien hoe bundeling in een gegeven situatie op sommige criteria beter en op andere criteria slechter scoort dan andere tracévarianten.

Bij de HSL Amsterdam-Rotterdam worden gebundelde en niet-gebundelde tracés op een hoger schaalniveau geanalyseerd. Interessant in dit verband is de ontwikkeling van verschillende tracéconcepten met specifieke doelstellingen. Met name wordt gekeken welke de verschillen in doelstellingen en effecten van de tracéconcepten zijn.

1.5.2. Rijksweg A50 Eindhoven-Oss

Geschiedenis van het project

Het project Rijksweg A50 Eindhoven-Oss betreft de studie naar de mogelijke aanleg van een nieuwe wegverbinding. Hoewel de weg nergens wordt gebundeld met andere typen van infrastructuur zoals spoorwegen of kanalen, is in het verleden de bestaande verbinding meermaals uitgebreid en/of verbreed. Zuiver technisch en morfologisch gezien is dit niet hetzelfde als bundeling, maar de geest van de principes is wel hetzelfde: beide gaan uit van het bijeen brengen van infrastructuur en verkeer.

In de vooroorlogse situatie waren zowel wegen als verkeer van zeer bescheiden proporties. De interlokale hoofdwegen, die alle door de dorpskom leidden, waren 4.5 tot 5.7 m breed. De weg Veghel-Uden was met een intensiteit van 456 auto's per dag het drukste traject (Oomen, 1991).

Tussen 1955 en 1980 zijn de verkeersintensiteiten op de wegvakken van de route Eindhoven-Oss/Nijmegen ongeveer vertienvoudigd. Dit leidde ertoe dat de weg steeds werd geoptimaliseerd, verbreed of verlegd. Bij het ingrijpen is men op verschillende wijzen te werk gegaan (de Boer et al., 1991): een eenvoudige reconstructie (Mariaheide), een uitgebreide reconstructie (Nijnsel, Heesch), een reconstructie van de bebouwde kom van Son, waarbij de slingerende weg langs kerk en raadhuis werd rechtgetrokken en verruimd en waarvoor een grote hoeveelheid bebouwing moest verdwijnen, diverse omleggingen (Veghel, Uden, St. Oedenrode, Nistelrode) en tenslotte de aanleg van nieuwe weggedeelten (Zeeland, Reek).

De reconstructies van de bestaande traversen kunnen worden gekenmerkt als een verbreding. Opvallend is dat juist bij deze oplossingen het ingrijpen het meest drastisch is geweest. In Son is geen omlegging voorzien vanwege de vrees dat de plaatselijke winkeliers klanten zouden verliezen. De reconstructie is echter gepaard gegaan met de sloop van een aanzienlijke hoeveelheid bebouwing. Van een beperking van omgevingshinder was geen sprake, integendeel.

In de jaren '60 werd geconstateerd dat de weg Eindhoven-Oss/Nijmegen vlug zou zijn overbelast, gezien de groeipercentages van 13-17% per jaar in die periode. Sinds die tijd is rijksweg 75, later de A50 genoemd, in studie.

Uitgangspunten voor de tracering van een nieuwe verbinding

In 1979 werd, naar aanleiding van een studie naar de gewenste hoofdwegenstructuur in Noordoost-Brabant, besloten dat een tracéstudie voor de autosnelwegverbinding Eindhoven-Oss moet worden uitgevoerd (V&W, 1991). In 1988 is gekozen voor "variant C" uit deze studie. Deze houdt in dat voor een eventuele nieuwe hoofdverbinding zoveel mogelijk de bestaande tracés moeten worden gevolgd. Bundeling met bestaande infrastructuur is dan ook één van de uitgangspunten bij de tracering van de nieuwe wegverbindingen. Er wordt gesteld (V&W, 1991):

"Uit verkeerskundig, planologisch, landschappelijk, landbouwkundig en stedenbouwkundig oogpunt bezien heeft bundeling met bestaande infrastructuur en bestaande en toekomstige bebouwing in algemene zin de voorkeur."

Dit uitgangspunt is rechtstreeks afgeleid van de doelstellingen en subdoelstellingen van de studie. Het hoofddoel van de activiteit is het binnen de context van een duurzame samenleving ontwikkelen van pakketten van maatregelen die de gesignaleerde, met het verkeers- en vervoerssysteem samenhangende knelpunten op het gebied van bereikbaarheid en leefbaarheid in de corridor Eindhoven-Uden-Oss/Ravenstein oplossen.

Het bundelen met bestaande infrastructuur en bebouwing wordt als zodanig ook als subdoelstelling opgevoerd. Ook het voorkomen van de aantasting van waardevolle gebieden voor natuur en landschap en het ontzien van recreatie en bos- en landbouw worden als subdoelstellingen naar voren gebracht.

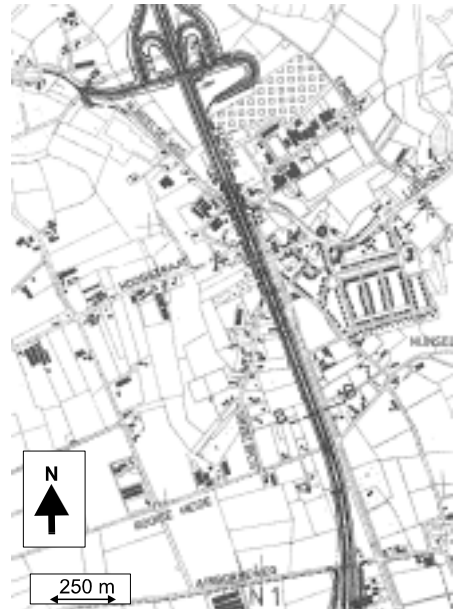
Analyse effecten alternatieve oplossingen in Nijnsel

In Nijnsel worden twee alternatieven voorzien. Alternatief N1 is een nieuwe westelijke omlegging rond de kern. Alternatief N2 is de reconstructie en verbreding van de bestaande traverse door de kern.

Een beeld van de tracés is weergegeven in Figuur 1-1 en Figuur 1-2.



Figuur 1-1: Overzicht alternatief N1 langs Nijnsel



Figuur 1-2: Overzicht alternatief N2 door Nijnsel

De kenmerken van het gebundeld en niet gebundeld alternatief in Nijnsel is weergegeven in Tabel 1-1.

Tabel 1-1: Vergelijking kenmerken gebundelde en niet gebundelde variant autosnelwegalternatief bij Nijnsel (V&W, 1991)

| Effect | Eenheid | Variant N1 niet gebundeld | Variant N2 Gebundeld |
|--|---------|-------------------------------------|--------------------------------|
| Totale lengte tracé | km | 11.30 | 11.63 |
| Lengte nieuw tracé | km | 11.30 | 9.33 |
| Lengte te handhaven oud tracé | km | 9.44 | 7.14 |
| Lengte nieuwe aansluitende wegen | km | 0.30 | 0.30 |
| Totaal verhard oppervlak A50 | ha | 39.10 | 39.50 |
| Te handhaven bestaand verhard oppervlak | ha | 7.20 | 6.10 |
| Nieuw verhard oppervlakte aansluitende wegen | ha | 0.18 | 0.18 |
| Toegevoegd ruimtebeslag | ha | 99.30 | 93.40 |
| Te amoveren bebouwing | aantal | 17 | 28 |

De totale lengte van het gebundeld traject is langer, hoewel de hoeveelheid nieuw aan te leggen infrastructuur beperkter is. Opvallend is dat het aantal te slopen woningen bij bundeling veel hoger is. Dit wordt veroorzaakt doordat de ingreep plaatsvindt in de eigenlijke kern.

De beoordeling van de effecten is weergegeven in Tabel 1-2. De scores zijn vastgesteld in de Tracénota A50. Ze geven, behalve voor het aspect “economie”, kwalitatieve scores en dus eerder een rangorde aan.

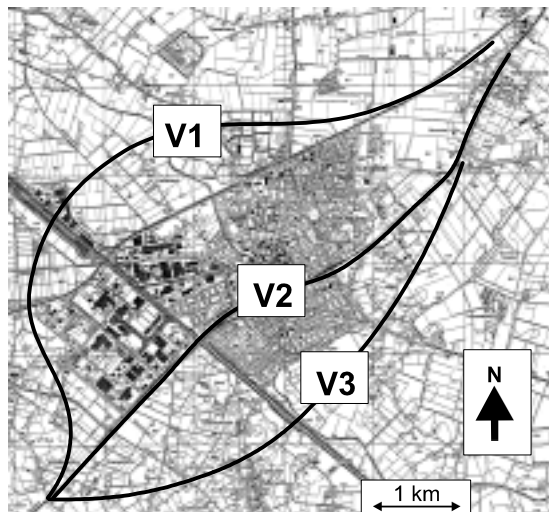
| Tabel 1-2: Effectvergelijking gebundelde en niet gebundelde variant autosnelwegalternatief bij Nijnsel (V&W, 1991) | | |
|--|------------------------------|-------------------------|
| Effect (de scores zijn kwalitatieve beoordelingen, tenzij anders aangegeven) | Variant N1 niet gebundeld | Variant N2 gebundeld |
| Ruimtelijke ordening | 0/- | 0 |
| Economie (kosten) (miljoen NLG) | 60 | 49 |
| Landbouw | - | 0 |
| Recreatie en bosbouw (ranking) | 2 | 1 |
| Bodem, water, geomorfologie | - | -- |
| Fauna, flora, vegetatie | - | - |
| Landschapsbeeld, cultuurhistorie, archeologie | -- | - |
| Geluidhinder (ranking) | 1 | 2 |
| Luchtkwaliteit | 0/+ | 0/- |
| Sociale aspecten | + | - |
| Secundaire milieu-effecten | - | - |

Hieruit blijkt dat de gebundelde variant niet eenduidig als beste naar voren komt. Een kleinere hoeveelheid nieuw aan te leggen infrastructuur resulteert in lagere kosten. Doordat het buitengebied wordt gespaard zijn de hieraan gerelateerde effecten (landbouw, recreatie, landschap) eveneens geringer. Bodemeffecten, sociale aspecten, geluidhinder en luchtkwaliteit zijn echter negatiever bij bundeling.

Analyse effecten alternatieve oplossingen in Veghel

In Veghel worden drie alternatieve tracés voorzien. Alternatief V1 is een westelijke omlegging rond de stadskern. Alternatief V2 is een bundeling of een verbreding/reconstructie van de bestaande traverse. Alternatief V3 ten slotte is een oostelijke omlegging rond de stadskern. De tracés zijn weergegeven in Figuur 1-3.

Reeds op de kaart is te zien dat bundeling (V2) de meest “natuurlijke” route is uit oogpunt van directheid en rechtlijnigheid, maar dat het tevens een ingrijpende doorsnijding van Veghel betekent.



Figuur 1-3: Tracé alternatieven rijksweg A50 in Veghel

De kenmerken van de tracéalternatieven zijn weergegeven in Tabel 1-3.

Tabel 1-3: Vergelijking kenmerken gebundelde en niet gebundelde varianten autosnelwegalternatief bij Veghel (V&W, 1991)

| Effect | Eenheid | Variant V1 | Variant V3 | Variant V2 |
|---------------------------------------|---------|-----------------------|-----------------------|------------------|
| | | niet gebundeld | niet gebundeld | gebundeld |
| Totale lengte tracé | km | 11.67 | 10.15 | 9.75 |
| Lengte nieuw tracé | km | 10.50 | 8.45 | 2.70 |
| Lengte te handhaven oud tracé | km | 8.85 | 8.25 | 2.70 |
| Lengte nieuwe aansluitende wegen | km | 1.80 | 0.25 | 0 |
| Totaal verhard oppervlak A50 | ha | 35.60 | 31.70 | 30.10 |
| Te handhaven bestaand verhard opp. | ha | 11.60 | 11.70 | 4.10 |
| Nieuw verhard opp. aansluitende wegen | ha | 1.10 | 0.15 | 0 |
| Toegevoegd ruimtebeslag | ha | 102.40 | 85.90 | 63.30 |
| Te amoveren bebouwing | aantal | 44 | 42 | 74 |

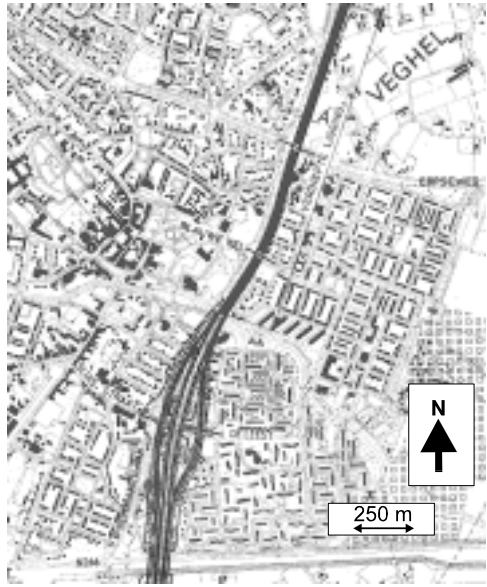
De gebundelde variant heeft de kortste lengte en leidt in het algemeen tot het minste extra ruimtebeslag. Toch is de hoeveelheid te amoveren bebouwing het grootst.

De beoordeling van de effecten van de alternatieven is weergegeven in Tabel 1-4. Ook hier weer zijn de scores vastgelegd in de Tracénota A50 en zijn het kwalitatieve scores en rangorden, behalve voor het aspect “economie”.

Tabel 1-4: Effectvergelijking gebundelde en niet gebundelde variant autosnelwegalternatief bij Veghel (V&W, 1991)

| Effect (de scores zijn kwalitatieve beoordelingen, tenzij anders aangegeven) | Variant V1 | Variant V3 | Variant V2 |
|--|-----------------------|-----------------------|------------------|
| | niet gebundeld | niet gebundeld | gebundeld |
| Verkeer en vervoer | +++ | +++ | ++ |
| Ruimtelijke ordening | - | 0/- | 0 |
| Economie (kosten) (miljoen NLG) | 180 | 139 | 275 |
| Landbouw | --- | -- | - |
| Bodem, water, geomorfologie | -- | -- | -- |
| Fauna, flora, vegetatie | -- | - | -- |
| Landschapsbeeld, cultuurhistorie, archeologie | --- | -- | -- |
| Geluidhinder (ranking) | 2 | 1 | 3 |
| Luchtkwaliteit | ++ | ++ | - |
| Sociale aspecten | ++ | + | 0/- |
| Secundaire milieu-effecten | --- | --- | -- |

De resultaten liggen in dezelfde lijn als bij de situatie Nijnsel. De gebundelde variant biedt niet voor alle aspecten de beste oplossing. Hoewel de doorsnijding van Veghel de kortste route is, is ze veruit het duurst door o.a. het grote aantal te slopen woningen en de aangepaste constructies die toegepast moeten worden om de traverse inpasbaar te maken. Landbouw wordt minder aangetast. Qua geluidhinder, sociale aspecten en luchtkwaliteit scoort de bundeling opvallend negatief. Dit wordt geïllustreerd aan de hand van een gedetailleerd beeld van tracé V2 in Figuur 1-4. Opvallend is de zeer sterke barrièrewerking in het stedelijk gebied.



Figuur 1-4: Gedetailleerd overzicht alternatief V2 in Veghel

Conclusie

De analyse illustreert aan dat effecten van bundeling niet altijd positief zijn. Bestaande infrastructuur en de aanwezige bebouwing erlangs kunnen belemmeringen voor bundeling vormen. Dit vertaalt zich niet enkel in hogere bouwkosten (Veghel) of een grotere sloop van gebouwen (Veghel en Nijnsel), maar de omgeving is ook gevoeliger voor effecten. Bij bundeling heeft men niet meer de vrijheid heeft om deze problemen te ontwijken; het is immers niet het leidend principe. Wanneer dit bij extreme gevallen toch gedaan wordt, en men de bundel terug opzoekt zo gauw de problemen minder worden, kan dit leiden tot grote omwegen.

1.5.3. De HSL Amsterdam-Rotterdam

Geschiedenis van het project

Aangemoedigd door het succes van de eerste fase van de lijn Parijs-Lyon, besloten de ministers van verkeer van België, Duitsland en Frankrijk in juli 1983 een hogesnelheidsverbinding per spoor tussen Parijs-Brussel en Keulen te bestuderen. Na een voorstudie van een jaar werd Nederland uitgenodigd om aan de werkzaamheden deel te nemen omdat sommige overwogen tracés over Nederlands grondgebied liepen. Bovendien was de deelname van Nederland gewenst in verband met het belang van het vervoer van en naar Nederland voor het totale project.

Er stonden in principe twee mogelijkheden open, uitgewerkt in de overeenkomstige scenario's "verbinden met" en "onderdeel van". Bij het eerste scenario zou Nederland via klassieke treindiensten verbonden worden met het Europees net van hogesnelheidsspoorlijnen. Bij het tweede zou Nederland volwaardig deel uitmaken van het 300 km/u. net (PB-HSL, 1994).

Het HSL-project behoort samen met de Betuweroute tot de grote railinfrastructuurprojecten van de jaren '90 in Nederland. Over het HSL-project is zeer veel informatie aanwezig. Dit vindt niet enkel zijn oorzaak in het feit dat de Nieuwe HSL-Nota (PB-HSL, 1994) ontstaan is als een mislukking van de (eerste) HSL-Nota enkele jaren ervoor, maar ook doordat diverse instanties en personen expertises en vooral contra-expertises hebben verricht. Juist dit maakt het interessant de verschillende traceringsconcepten en uitgangspunten met elkaar te vergelijken. In deze paragraaf worden enkel de tracés tussen Amsterdam en Rotterdam geanalyseerd en met elkaar vergeleken.

Uitgangspunten voor de tracering

De keuze voor het scenario "onderdeel van" noodzaakt tot de bouw van nieuwe infrastructuur. Bij de aanleg van nieuwe infrastructuur wordt o.a. het nastreven van bundeling met bestaande en toekomstige infrastructuur en/of randen van stedelijke gebieden als uitgangspunt gesteld. Bundeling van infrastructuur is dus *een* uitgangspunt bij de tracering, maar niet het enige.

In eerste instantie zijn voor het traject twee gebundelde alternatieven overwogen. Enerzijds betreft dit een bundeling met de bestaande spoorlijn (BBLN-tracé), anderzijds een bundeling met de rijksweg A4 en de Hofpleinlijn, waarbij 2 varianten worden onderscheiden (B- en B3-tracé). Ook is een derde en niet-gebundeld tracéalternatief (A-tracé) ontwikkeld, waarbij twee varianten (A1 en A1v) zijn onderscheiden. Later is uit de inspraakreacties het zogenaamde BOS-tracé ontwikkeld dat als aanvulling op de MER is onderzocht (WB3-tracé).

Naar aanleiding van de Nieuwe HSL-Nota zijn door verschillende instanties aanvullende onderzoeken verricht naar de tracés. Het betreft o.a. een studie van de T.U.Delft (Lutje Schipholt, 1994/1995) naar de haalbaarheid van het BBLN-tracé, en een optimalisatiestudie van het WB3-tracé door de Kamer van Koophandel Haaglanden (KVK Haaglanden, 1996). Hierin worden de effecten heroverwogen en komen voorstellen aan de orde tot optimalisatie van de bestaande alternatieven en varianten.

Achtereenvolgens worden de tracés uit de Nieuwe HSL-Nota (BBLN-, B-, B3- en A-tracé), de tracés uit de aanvulling op het MER (WB3- en A1g-tracé) en de aanvullende onderzoeken en visies geanalyseerd. Ook het A-tracé en zijn varianten worden expliciet in de vergelijking betrokken om een vergelijking te kunnen maken tussen gebundelde en niet-gebundelde tracés.

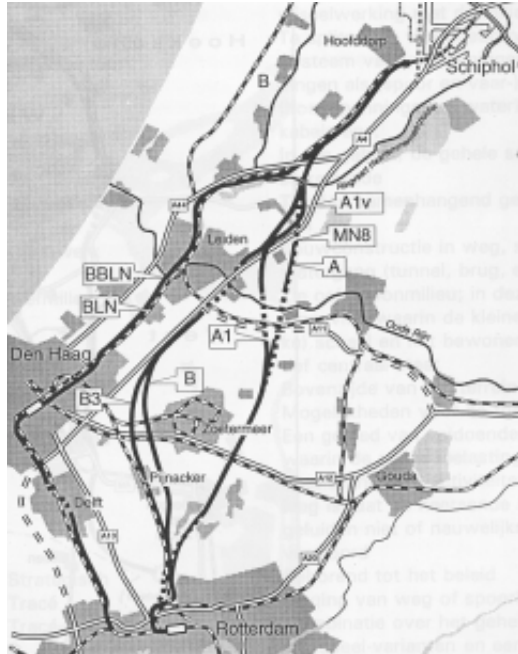
Analyse tracés in de Nieuwe HSL-Nota

In Figuur 1-5 zijn de tracés weergegeven. Op basis van de scores in de HSL-nota blijkt geen alternatief eenduidig als beste naar voren te komen; geen enkel alternatief scoort op alle criteria het beste.

Het *BBLN-tracé* bundelt veruit het meeste met bestaande infrastructuur. Het heeft een zeer positieve score op bijna alle aspecten van het natuurlijk milieu, en met name het landschap, ecologie en bodem & water. Ook de aantasting van recreatie en landbouwgebieden is het geringst in vergelijking met de andere tracés. Opvallend is vooral dat er geen extra geluid en trillingen worden veroorzaakt. Qua doorsnijding van woon- en werkgebieden en aantasting van de sociale aspecten is dit tracé zondermeer negatief. Het BBLN-tracé kan gekenmerkt worden als een alternatief met extreme scores.

Het *B-tracé* bundelt voor het grootste gedeelte met de snelweg A4 en een spoorlijn. Het scoort negatief qua aantasting van het landschap, ecologie, toekomstige woongebieden, agrarische lintbebouwing, recreatievoorzieningen, potentiële trillingshinder en sociale integratie. Het heeft nergens een beste score. Een gemiddeld tracé dus. Het *B3-tracé* komt globaal overeen met het B-tracé. Het heeft ook nergens de beste score.

Het *A-tracé* tenslotte bundelt slechts in geringe mate met bestaande infrastructuur. Het veroorzaakt een geringe aantasting van woon- en werkgebieden en sociale aspecten. Qua landschappelijke impact is het vergelijkbaar met de B- en B3-tracés, doch is qua ecologie duidelijk beter. De aantasting van landbouwzones is nagenoeg gelijk aan het B-tracé. De aantasting van stiltegebieden is bijzonder hoog. Het A-tracé heeft dus vrij extreme scores.



Figuur 1-5: Overzicht tracés Amsterdam-Rotterdam in de Nieuwe HSL-Nota

Analyse WB3-tracé in vergelijking met A1-tracé

Het WB3-tracé is grotendeels gelijk aan het B-tracé, maar blijft ter hoogte van Leidschendam en Delft de snelwegen A4 en A13 volgen. Dit is weergegeven op Figuur 1-6.

Ook bij deze vergelijking zijn de scores niet eenduidig. Het WB3-tracé geeft op 9 criteria de beste score, het A1-tracé op 13 criteria. Opvallend is dat het bundelingsalternatief op het aspect landschap en doorsnijding van werkgelegenheidslocaties duidelijk negatiever scoort. Het WB3-tracé geeft geen extra ecologische verstoring, hoewel het kwantitatief biotoopverlies en de versnippering negatiever zijn dan bij het A1-alternatief.

Ten opzichte van de andere alternatieven zijn er diverse voordelen³. Het tracé levert eerst en vooral de kortste route en reistijd. Bovendien heeft het de grootste ontwikkelingspotentie. Tevens doorkruist het een relatief leeg gebied met minder omwonenden en minder gehinderden; het betreft met name een overwegend agrarisch gebied maar er is geen belemmering voor de agrarische exploitatie. Het doorkruist bovendien een relatief onbelangrijk gebied aangezien het verder van de stad is gelegen en derhalve van gering recreatief belang is. Tenslotte is er geen extra barrière tussen stad en wei en dus ook geen druk om de stedelijke expansie van Den Haag en Leiden westwaarts af te leiden.



Figuur 1-6: Het WB3-tracé

Analyse tracévoorstel T.U.Delft variant

De relatief beperkte bediening van Den Haag en de zorg om het Groene Hart zijn voor de gemeenten van de Haagse en Leidse regio en het Haagse bedrijfsleven reden geweest om de Nieuwe HSL-Nota aan een kritische studie te onderwerpen. Met name de mogelijkheden voor een bundeling met de bestaande lijn (BBLN) is grondiger onderzocht.

Het tracé heeft belangrijke voordelen ten opzichte van één van de NLN-tracés (Nieuwe Lijn Noord; het A- of B-tracé) door het Groene Hart: er worden meer binnenlandse HST-reizigers vervoerd, er ontstaat een meerwaarde voor het binnenlands treinverkeer, Den Haag wordt frequenter bediend en er is geen aantasting van het open gebied (Groene Hart). Als nadelen worden genoemd: een langere reistijd op de relatie Schiphol-Rotterdam, hogere investeringskosten, complicaties door verschillende bovenleidingsspanning en inpassingsproblemen in stedelijke omgeving.

De genoemde voor- en nadelen zijn grotendeels te verklaren door algemene traceringscriteria en niet zozeer door de eigenlijke bundeling. De complicaties voor de bovenleidingsspanning is een duidelijk (detail)effect ten gevolge van de bundeling.

³ Onder andere gepromoot door Prof. Frieling in het kader van een studiedag over de HSL op 10 oktober 1996, aan de Technische Universiteit Delft, Faculteit Bouwkunde.

Analyse tracévoorstel Kamer van Koophandel Haaglanden

De aanduiding van het A1-tracé door het Groene Hart is voor de Kamer van Koophandel (KvK) Haaglanden een reden geweest om het WB3-tracé nader te bestuderen (KvK Haaglanden, 1996). Uitgangspunt is dat de bundeling planologisch gezien zeer interessant is, omdat het bijdraagt aan een goede ruimtelijk-economische inrichting van de Randstad. Als enige gaat de studie bovendien uit van de *corridorgedachte* langs de rijksweg A4. De HSL kan een versterkend element in deze corridor betekenen, vooral wanneer een nieuw station wordt voorzien. De A4-corridor zou een belangrijke sturende verkeersas kunnen zijn voor de verdere economische ontwikkeling in de Zuidvleugel en de economische ruggegraat van West-Nederland kunnen betekenen.

Analyse tracévoorstel OTB

Als vervolg op het voorstel van de KvK Haaglanden heeft het OTB een aantal bijkomende varianten van het WB3-tracé ontwikkeld met een station Haaglanden ter hoogte van het Prins Clausplein (Priemus et al., 1996). Enkel wat betreft de lokale inpassing ter hoogte van dit plein verschilt in vergelijking met het oorspronkelijke WB3-tracé. Er ontstaan diverse voordelen. Door het maken van een station ontstaat een interconnectiviteit van vervoersnetwerken. Het station zou een omvangrijk transferium kunnen worden. Dit betekent een ruimtelijk economische impuls voor de regio Haaglanden. Tevens ontstaat er minder druk op de Randstad-groenstructuur doordat nieuwe knooppunten van infrastructuur ook nieuwe functies naar zich toetrekken. Hierdoor nemen de potenties van Ypenburg als hoogwaardig woon- en werkgebied toe. Tevens wordt het Groene Hart gespaard. Tenslotte kan de corridorbenadering de negatieve effecten van infrastructuurgebruik beter beperken. Steeds meer wordt ingezien dat concentratie van bedrijvigheid dient te worden nagestreefd in vervoerscorridors waarin verschillende modaliteiten zijn opgenomen.

Als nadelen worden genoemd: een langere reistijd tussen Schiphol en Rotterdam, de noodzaak een extra verbinding te maken tussen de stations Den Haag CS/HS en Haaglanden, de doorkruising van VINEX-lokaties en de hogere kosten ten opzichte van het A1-tracé.

Conclusie

In de besproken studies worden de alternatieve tracés zeer nauwkeurig beoordeeld. De effecten blijken bijna uitsluitend verklaard te kunnen worden door algemene traceringscriteria. Specifieke bundelingseffecten en –voordelen lijken nauwelijks van invloed. Bundeling bepaalt hoogstens indirect de effecten.

Qua intrinsieke eigenschappen en effecten is het nut van bundeling van infrastructuur twijfelachtig. Mogelijk dat ook door het eenzijdig richten op de beperking van de negatieve effecten het bundelen van infrastructuur niet volledig tot zijn recht komt. Toch biedt bundeling van infrastructuur indirect een aantal condities om aanvullende maatregelen te treffen die uiteindelijk een betere situatie kunnen doen ontstaan. Het gaat dan vooral om een gewenste ruimtelijke structuur (*corridorgedachte*) en ontwikkelingsmogelijkheden van een gebied.

Opvallend is verder dat vanuit elke invalshoek andere effecten en doelen worden belicht, waardoor ze nauwelijks vergelijkbaar zijn en zeker geen uitspraak kan worden gedaan in termen van beter of slechter. Bij de afweging en vergelijking van de HSL-tracés staat één thema centraal: reistijd versus Groene Hart. De intrinsieke waarde van bundeling waaruit b.v. volgt dat een concentratie van hinder leidt tot een geringere hoeveelheid totale hinder, is in de studies nauwelijks van invloed.

1.6. Inhoud en hoofdstukindeling van dit proefschrift

In dit hoofdstuk is aangegeven dat dit onderzoek gaat over de vraag wanneer, waar en op welke wijze bundeling van nieuwe infrastructuur met bestaande infrastructuur nuttig is. Nuttig betekent hier dat de balans tussen voordelen en nadelen doorslaat in de richting van de voordelen. De geschetste praktijksituaties van tracering van infrastructuur laten zien dat het bepalen van deze voor- en nadelen een genuanceerde benadering vergt. In het vervolg van dit onderzoek wordt getracht een dergelijke benaderingswijze te ontwikkelen.

Het proefschrift is opgebouwd uit negen hoofdstukken.

In het volgende hoofdstuk wordt de tegenstrijdigheid tussen theorie en praktijk nader gedefinieerd en onderbouwd. Dit kan gekenmerkt worden als het probleemkader. Naast een definiëring van de basisbegrippen, wordt het concept theoretisch geanalyseerd. Vervolgens wordt geïnventariseerd in welke mate het bundelingsprincipe in het beleid is gepropageerd en hoeverre dit in de praktijk is toegepast. Hieruit kunnen dan de definitieve probleemstelling en doelstelling van het onderzoek worden afgeleid. Om een strategie en de verdere richting van het onderzoek te kunnen bepalen wordt ook een verkenning van mogelijke oorzaken van het probleem uitgevoerd. Het hoofdstuk wordt afgesloten met een onderzoeksopzet. In hoofdstuk 3 wordt bundeling beschreven als traceringsvorm en vergeleken met andere traceringsvormen. Hieruit worden een aantal ontstaanstypologieën en -voorwaarden gedistilleerd. In hoofdstuk 4 wordt ingegaan op de mogelijke fysieke verschijningsvormen van infrastructuurbundels. In hoofdstuk 5 worden de resultaten besproken van een conceptueel en empirisch onderzoek naar de effecten van bundeling van infrastructuur. In hoofdstuk 6 wordt ingegaan op het traceringsproces. In hoofdstuk 7 wordt een methodische aanpak ontwikkeld op basis van de ontwikkelde theorie. In hoofdstuk 8 wordt deze aanpak toegepast op de Betuwelijn. In hoofdstuk 9 tenslotte worden de conclusies en aanbevelingen vermeld.

2. PROBLEEMKADER

2.1 Inleiding

Dit hoofdstuk beschrijft het probleem- en onderzoekskader. In eerste instantie worden de basisbegrippen, infrastructuur en bundeling, gedefinieerd. Vervolgens wordt de gesignaleerde discrepantie tussen theorie en praktijk uitgediept via een drietal sporen. Ten eerste wordt kort geschetst hoe infrastructuurbundels in het verleden tot stand zijn gekomen om inzicht te krijgen in ontstaans“mechanismen” en argumenten Dit vormt als het ware de empirische basis: hoe waardevol en kansrijk is bundeling zonder dat het actief gepland is. Vervolgens worden de bundelingsdoelstellingen in de Nederlandse beleidsnota’s met betrekking tot ruimtelijke ordening en infrastructuur grondig geanalyseerd. Dit is de theoretische basis: welke voor- en nadelen worden conceptueel aan bundeling toebedeeld. Deze theoretische beleidsvoornemens worden tenslotte geconfronteerd met de bestaande toestand in Nederland. Op basis hiervan wordt bekeken in welke mate (theoretische) beleidsvoornemens geëffectueerd worden in de praktijk.

Op basis hiervan kunnen hypothetisch enkele oorzaken van de discrepantie worden geformuleerd. Deze leiden tot de probleemstelling en doelstelling van het onderzoek en tot een globale onderzoeksopzet.

2.2 Het onderzoeksobject gedefinieerd en ingeperkt

2.2.1 Infrastructuur

Algemene definiëring

Letterlijk vertaald betekent infrastructuur “onderbouw”. Het is oorspronkelijk een militaire term en duidt op de onderbouw van de logistieke organisatie. Dit omvat de blijvende, onroerende voorzieningen zoals wegen, bruggen, opslagplaatsen, vliegvelden, oefenterreinen, pijpleidingen, enz. (ter Brugge et al., 1985). Thans wordt de term ook buiten de militaire sfeer gebruikt. Men bedoelt dan de toestand met betrekking tot de verbindingen te land en te water,

de energievoorziening en andere werken van openbaar nut. Toch is het infrastructuurbegrip ruimer.

Jochimsen et al. (1977) vatten dit op als *het geheel van materiële, institutionele en personele voorzieningen en voorwaarden welke de op arbeidsdeling berustende volkshuishouding ter beschikking staan en ertoe bijdragen dat bij doelmatige verdeling van bronnen in de productiesector gelijke vergoedingen voor gelijke verplichtingen worden betaald.*

Volgens Goudappel (1979) omvat infrastructuur *de basisfuncties en de voorzieningenstructuur in het geheel van het economisch leven.*

De Sociaal-Economische Raad (SER, 1987) benadert het begrip volledig economisch. Het omvat *de onroerende voorzieningen die de onderbouw van het maatschappelijk voortbrengingsvermogen vormen, waarbij omvang en/of prijs en/of kwaliteit van de output van de voorziening niet uitsluitend via het marktmechanisme tot stand komt/komen.*

Een eerste inperking: soorten infrastructuur

Het blijkt dat verschillende typen infrastructuur met een fundamenteel verschillende betekenis worden onderscheiden. Jochimsen et al. (1977) onderscheiden in dit verband drie soorten infrastructuur:

1. *Materiële infrastructuur* is het geheel van installaties, voorzieningen en bedrijfsmiddelen in de sectoren energie, verkeer en vervoer, telecommunicatie, welke ten dienste staan van de instandhouding van de natuurlijke bronnen en verbindingen. Hiertoe behoren ook de gebouwen en installaties van het overheidsapparaat, de onderwijssector, het wetenschappelijk onderzoek, de volksgezondheid en het maatschappelijk werk. De functie van dit geheel is het scheppen van voorzieningen en condities die nodig zijn voor kunnen functioneren van de samenleving.
2. *Institutionele infrastructuur* is het geheel van normen, waarden, procedures en organisaties zoals deze (grond)wettelijk gefundeerd zijn. Voorbeelden zijn het rechtsstelsel, het kredietwezen en de belastingen, de vakbonden en de werkgeversorganisaties. Deze infrastructuur vormt het kader voor de opstelling, besluitvorming, realisering en controle met betrekking tot plannen en concrete projecten ten dienste van het scheppen van de bestaansvoorwaarden van de samenleving.
3. *Personele infrastructuur* is het gehele menselijke potentieel dat in een samenleving is opgeslagen. Naast de aantallen betreft dit de bekwaamheden van de mensen op het punt van kennis, initiatief en handvaardigheid waartoe dus ook de activiteiten tot algemene vormgeving, specialisatie, bijscholing en omscholing behoren.

De benadering van de *materiële* infrastructuur is het meest courant. Er is ook een herkenbare relatie met het oorspronkelijke militaire begrip, namelijk de onderbouw van onroerende goederen. Het is tevens dit type infrastructuur dat het onderwerp is van dit onderzoek.

Definities (materiële) infrastructuur

De materiële infrastructuur, verder kortweg infrastructuur genoemd, wordt in de literatuur meestal toegespitst op verbindingen, transport van goederen en informatie en aan communicatie. Bijvoorbeeld de omschrijving van Ullman (1956) is hierin helder: *Infrastructuur verbindt locaties met elkaar en maakt interacties tussen plaatsen en locaties mogelijk.* Ook door van Hoogstraten et al. (1985) wordt het omschreven als *de materiële en technische stelsels van werken en installaties, en de daarmee verbonden netwerken, die noodzakelijk zijn voor transport en communicatie, waardoor maatschappelijke activiteiten mogelijk worden.* Conform hiermee kan infrastructuur worden bepaald als *het stelsel van fysieke voorzieningen ten behoeve van het transport van personen, goederen, stoffen, energie en informatie.*

Domeinen in de materiële infrastructuur

Materiële infrastructuur kan volgens de Boer (1993) worden onderverdeeld in een drietal domeinen:

1. *Waterbeheersing*: van oudsher waterkering en peilbeheer, uitgegroeid via kwaliteitsbeheer tot integraal waterbeheer
2. *Transport*: vervoer van goederen, personen en berichten over land, water en door de lucht. De infrastructuur omvat vaarwegen, landwegen, spoorwegen, luchtwegen en buisleidingen.
3. *Nutsvoorzieningen*: netwerken waarlangs basisvoorzieningen voor wateraanvoer en afvalwateraanvoer, energie en informatie-uitwisseling worden verzorgd. De infrastructuur omvat drink- en industriewatervoorzieningen, afvalverwijderingsinstallaties en energievoorzieningen. Ook telefoonkabels kunnen hiertoe gerekend worden.

Naast deze driedeling onderscheiden Bruinsma et al. (1992) nog informatiebeheer en kennisontwikkeling, stedelijke inrichting en landinrichting. Toch moet worden geconstateerd dat de band met de fysieke infrastructuur zwak is. Deze driedeling heeft eerder raakvlakken met de genoemde institutionele infrastructuur. Men zou deze domeinen ook de verschillende *functies* van infrastructuur kunnen noemen.

Sectoren in de materiële infrastructuur

Conform het functioneel onderscheid kan infrastructuur worden verdeeld in *sectoren*. In feite vormt dit een eerder morfologisch of fysiek onderscheid. De meest voorkomende sectoren bij lijnvormige infrastructuur zijn landwegen (verkeer en vervoer over de weg), spoorlijnen (verkeer en vervoer per spoor), vaarwegen (de “natte” infrastructuur met name kanalen en rivieren), drink- en industriewatervoorzieningen, elektriciteitsvoorzieningen, buisleidingentransport en telecommunicatie. Meestal bedoelt men hiermee gewoon het *type* infrastructuur.

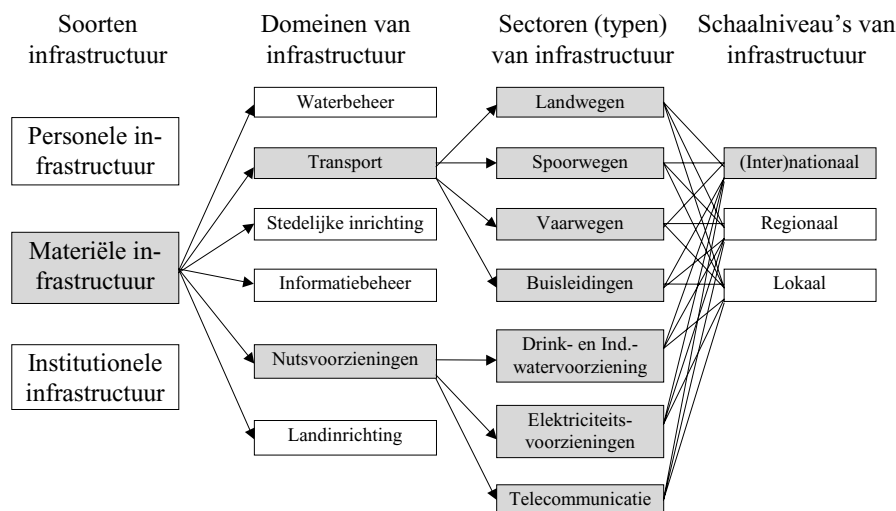
Schaalniveau's in de materiële infrastructuur

Binnen elke infrastructuursector kunnen nog verschillende *schaalniveaus* worden onderscheiden. Landwegen kunnen b.v. worden onderverdeeld in hoofd- of autosnelwegen, secundaire wegen, tertiaire wegen, buurtwegen, woonstraten, enz. Spoorwegen kunnen b.v. worden onderscheiden in hogesnelheidsspoorlijnen, Intercity-spoorlijnen en lokaalspoorlijnen. Elektriciteitsleidingen kunnen worden onderverdeeld op basis van hun netspanning, vaarwegen op basis van de maximaal toelaatbare tonnenmaat van de schepen.

In het algemeen zou men het hoogste schaalniveau per sector kunnen aanduiden als *hoofdinfrastructuur*.

Benadering in dit onderzoek

Dit onderzoek richt zich uitsluitend op de *materiële* infrastructuur ten behoeve van *transport en nutsvoorzieningen* op het (*internationaal schaalniveau*, of met andere woorden de *materiële, lijnvormige hoofdinfrastructuur*). De expliciete keuze voor de hoofdinfrastructuur is gebaseerd op het feit dat hierbij de effecten van het bundelen door het grootschalig karakter het duidelijkst merkbaar zijn. Sporadisch zal ook infrastructuur van een lager schaalniveau in de studie worden betrokken waar door analogie interessante conclusies kunnen worden getrokken voor de hoofdinfrastructuur. De keuze voor de fysieke en lijnvormige infrastructuur volgt uit de directe aanleiding tot dit onderzoek. Dit is geschematiseerd in Figuur 2-1 (de donkere vakken geven de gedeelten aan die in dit onderzoek worden beschouwd):



Figuur 2-1: Schematisch overzicht soorten, domeinen, sectoren en schaalniveau's van infrastructuur¹

De meeste aandacht zal uitgaan naar landwegen en spoorlijnen omdat deze infrastructuurlijnen over het algemeen het meest ingrijpende effecten veroorzaken (samen met vaarwegen) en de actuele discussie rond de bundeling van deze sectoren infrastructuur mede aanzet tot dit onderzoek is geweest. In het verdere onderzoek zal naast de term “sector” ook gewoon de term “type” worden gebruikt.

2.2.2 Bundeling

Definities

Het algemene begrip *bundel* of *bundeling* kan omschreven worden als een *pak of bos van samengebonden gelijksoortige voorwerpen*. Het bundelen is dan het tot een bundel of bundels verenigen.

Bundeling van infrastructuur, in dit rapport verder ook kortweg bundeling genoemd, kan volgens Van der Ham et al. (1979) worden omschreven als een *bewuste samenvoeging van lineaire infrastructuurelementen*. Een bundel of bundeling van infrastructuur wordt beschouwd als een bewuste of toevallige effectuering van dit streven.

Sottiaux et al. (1994) geven een doel- en effectgerichte omschrijving: “*Jumeler deux infrastructures linéaires, c’est les rapprocher l’une de l’autre, sur une longueur variable, en espérant tirer bénéfice de cette opération pour la collectivité*”.

Ook de definiëring in de nieuwe nota van het Nederlands deel van de hogesnelheidsspoorverbinding Amsterdam-Brussel-Parijs (SDU, 1994) is doel- en effectgericht. Bundeling is het *zo dicht mogelijk naast elkaar aanleggen van verschillende vormen van infrastructuur -wegen, spoorwegen, waterwegen, hoogspanningsleidingen- om nieuwe doorsnijdingen van open gebied te voorkomen*.

¹ Ook waterbeheer, stedelijke inrichting, informatiebeheer en landinrichting hebben hun weerslag op alle sectoren van lijninfrastructuur.

Joachim (1987) geeft een bepaling gericht op leidingen: “*Unter Bündelung von Leitungen versteht man die Parallelführung von zwei Leitungen oder auch mehr bei Einhaltung eines bestimmten Abstandes*”.

Uit deze omschrijvingen en definities komt naar voren dat bundeling zowel bewust als toevallig kan gebeuren. Indien bundeling bewust gebeurt, wordt dit gedaan om bepaalde effecten te bereiken. Tevens kunnen meerdere soorten infrastructuur in de bundel voorkomen. Elkaars nabijheid over langere afstand is een vereiste waarbij strikte parallelvoering mogelijk, maar niet noodzakelijk is. Eerder moet gedacht worden aan een *parallelachtige* ligging. Een gewone kruising van infrastructuur is zeker geen bundeling.

Samenvattend zou men het begrip in algemene zin kunnen omschrijven: *Bundelen van infrastructuur is het in lengteligging in elkaars nabijheid aanleggen van meerdere infrastructuurlijnen.*

Ruimtelijke versus functionele bundeling

De voorgaande definitie heeft betrekking op de ruimtelijke samenvoeging van lijninfrastructuur uit één of meerdere sectoren, b.v. een spoorlijn naast een autoweg. Het type verkeer is niet van toepassing. Dit wordt ook wel *ruimtelijke* bundeling genoemd.

Daarnaast wordt in de literatuur ook de term *functionele* bundeling gehanteerd (b.v. van der Ham et al., 1979). Hoewel dit niet het object van dit onderzoek is, wordt even stilgestaan bij dit begrip om verdere verwarring te voorkomen. Een functionele bundeling heeft betrekking op het samenvoegen van verschillende verkeerssoorten en verschillend georiënteerde verkeersstromen op één infrastructuurlijn. Dit is geen bundeling van infrastructuur, maar het realiseren van een meervoudig bruikbare infrastructurele verbinding. Het verschil in verkeerssoorten en -stromen kan betrekking hebben op de herkomst en bestemming van het verkeer (b.v. doorgaand en plaatselijk verkeer) of het type vervoermiddel (b.v. personenauto-, vrachten fietsverkeer op een rijbaan). Functionele bundeling is aanwezig op de meeste infrastructuur en met name bij autoverkeerswegen. Behalve bij uitgesproken woonstraten en doodlopende wegen is een zekere bundeling van korte en lange afstandsverkeer steeds aanwezig. Snelwegen vervullen primair een verkeersfunctie voor het lange afstandsverkeer en het doorgaand verkeer, maar in stedelijke gebieden hebben deze ook een verdeelfunctie voor het extern en intern verkeer. Bovendien wordt er zowel vracht- als personenautoverkeer afgewikkeld. Een schaars voorbeeld van een functionele *scheiding* is de situatie op de Van Brienoordbrug in Rotterdam: het plaatselijk verkeer wordt van het doorgaand verkeer gescheiden en is verplicht de meest naar buiten gelegen parallelrijbaan te nemen om de afrit “Rotterdam Centrum - Capelle aan de IJssel” te kunnen kiezen. Bovendien beschikt het vrachtverkeer over een exclusieve (doelgroep)strook. Ook spoorwegen kennen meestal een functionele bundeling. Op de meeste lijnen rijden immers Intercity- en stoptreinen. Een exclusieve hogesnelheidslijn daarentegen is een voorbeeld van een functionele *scheiding*. Functionele bundeling kan ook aangeduid worden met de term *verkeersmenging* omdat het gaat om het samenbrengen van verschillende individuele door elkaar rijdende voertuigen. Doordat ze samengebracht worden is de term bundeling gerechtvaardigd.

Een ruimtelijke bundeling kan dus een functionele scheiding inhouden of omgekeerd!



Foto 2.1: Functionele scheiding en ruimtelijke bundeling op de autosnelweg A16 ter hoogte van de Van Brienenoordbrug te Rotterdam

2.3 Het onderzoeksobject gedefinieerd en ingeperkt

2.3.1 Begrip

Het bundelingsconcept is zeer nauw verbonden met het corridorbegrip. Corridorvorming kan op basis van de definitie volgens de Jong (1988-2) beschreven worden als *het samenvallen van netwerken van infrastructuur als tegengestelde van complementaire netwerken*. Het begrip *multimodale zone* of *transportcorridor* is ruimer.

Opvallend is dat deze definities van het corridorbegrip een verschillende invalshoek hanteren. De eerste groep is een zuiver *ruimtelijke*: de totale ruimte of de zone rond de infrastructuur staat centraal. Het begrip is wellicht ontstaan in de militaire sfeer. Het heeft hier de betekenis van een beveiligd pad door vijandig gebied (Kleijn, 1997; Dekker, 1997). Het begrip overstijgt dan de loutere infrastructuur en staat volgens deze omschrijving in beginsel zelfs los van een bundeling van infrastructuur. Het begrip stoelt daarentegen op de relatie tussen een tweetal objecten: de verbinding en de onmiddellijke omgeving of *zone* rond deze verbinding. In die zin bestaan corridors volgens Elder (1981) reeds vroeger dan de uitvinding van het wiel.

Het corridorbegrip is sinds eind jaren '60 van een empirisch naar een planconcept geëvolueerd (Van Daal, 1996) en is dan te omschrijven als een band van infrastructuur en/of verstedelijking. Weir et al. (1981) omschrijft het als *"a continuous strip of land of varying width connecting two geographically separate points and containing two or more facilities for the conveyance of people, energy, information or materials"*. Boddy et al. (1986) zien een corridor zelfs louter als een *"continuous built up area"*. Langeveld et al. (1997) definieert het als vervoersassen die dragers zijn van bedrijvigheid en in samenhang daarmee van verstedelijking.

Een andere groep benaderingen heeft ook aandacht voor de *functionele* aspecten, met name de wisselwerking tussen de verschillende vervoersmodaliteiten of multimodaliteit. In de Corridorstudie Amsterdam-Utrecht (V&W-NS, 1993) wordt het omschreven als *een bundel van hoofdinfrastructurele voorzieningen met een nationale en/of internationale functie waarin voor de afwikkeling van verkeers- en vervoersstromen (personen en goederen) overhevelingsmogelijkheden bestaan tussen de verschillende modaliteiten (weg, spoor en water)*. Vaak is de relatie met bundeling van infrastructuur manifest aanwezig. Het wordt dan omschreven als een langgerekte zone waarbinnen zich één of meerdere vervoersmodaliteiten bevinden (Rosmüller et al., 1996). Hendriks (1992) omschrijft het als gebieden langs de infrastructuurbundels die tussen stedelijke concentraties lopen. Sanders (1997-1) omschrijft het als een *verbindende zone tussen stedelijke concentraties, waarbinnen de hoofdinfrastructuur wordt gebundeld*. Uitdrukkelijk wordt vermeld dat corridors zich niet beperken tot bundeling van infrastructuur, maar dat het totaal aan verplaatsingen, herkomsten, bestemmingen en overstapmogelijkheden in het begrip vervat zijn.

2.3.2 Relatie met bundeling van infrastructuur

Algemeen

Van Daal (1996) signaleert dat de corridor uiteenlopende verschijningsvormen kan aannemen, met name een verbindingssas bestaande uit een infrastructuurbundel, een ontwikkelingsas voor (economische) activiteiten of een verstedelijkingsas. De Duitse literatuur spreekt dan ook van *Verkehrsachsen, Entwicklungsachsen* of *Siedlungsachsen* (zie o.a. ILS, 1989) al naargelang de vorm. Roos et al. (1997) signaleert dat de drie typen terug te brengen zijn op de beleidssectoren of ministeries die ze definiëren. Ze komen respectievelijk overeen met de definitie van het Ministerie van Verkeer en Waterstaat, het Ministerie van Economische Zaken en Volkshuisvesting en het Ministerie van Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer.

De corridor als verbindingssas

Uit het voorgaande is gebleken dat er een evidente relatie is tussen het corridor- en het bundelingsbegrip. Ze zijn echter niet hetzelfde of zelfs niet elkaars voorwaarde! Corridors kunnen ook gezien worden als een strook met solitaire infrastructuur in een bepaald gebied. De strook, die breder is dan het direct ruimtebeslag van de infrastructuur, dient dan om hetzij de infrastructuur, hetzij de omgeving te vrijwaren van invloeden van de ander. Dit type sluit het beste aan de oorspronkelijke militaire benadering, maar heeft wel degelijk een praktische waarde. Wanneer b.v. hoogspanningslijnen in bosgebieden worden aangelegd zal altijd een open strook worden gehandhaafd om beschadigingen te voorkomen en onderhoud en inspectie te vergemakkelijken (Luken et al, 1991). Het resultaat is een zone die breder is dan het direct ruimtebeslag van de infrastructuur en die morfologisch en functioneel afwijkt van het omliggend gebied. In dit geval is de corridor enkel op te vatten als een *verbindingssas* volgens de definiëring door van Daal (1996). Het spreekt vanzelf dat bundeling van infrastructuur in dergelijke situaties ook perfect mogelijk is. Bundeling is dan een middel om de negatieve effecten op de omgeving (die in beginsel vijandig staat ten opzichte van de infrastructuur, en omgekeerd) te beperken.

Toch wordt een corridor recent meer vereenzelvigd met bundeling van infrastructuur. In feite is het daarom beter te spreken van een *multimodale* corridor. In dit opzicht is bundeling inderdaad een voorwaarde om te komen tot een multimodale corridor. De eigenschappen en effecten van dergelijke corridor komen dan ook overeen met die van een bundeling van infrastructuur. Op basis hiervan wordt de corridorgedachte gepropageerd door de Raad voor de Ruimtelijke Ordening (RRO, 1996).

Een voorbeeld van dergelijke transportas is de zone langs de snelweg A12 en de spoorlijn tussen Den Haag en Utrecht is een typische transportas die verstevigd wordt door de bundeling van beide infrastructuren en de uitwisselingsmogelijkheden. Op Foto 2.1 zijn de uitwisselingsmogelijkheden duidelijk merkbaar.



Foto 2.1: Uitwisselingsmogelijkheden snelweg (lijnbus)-spoorlijn tussen Den Haag en Utrecht

De corridor als ontwikkelingsas

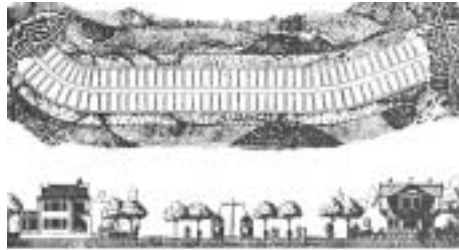
Zo gauw de corridor als ontwikkelingsas wordt gezien, kan de infrastructuur zowel solitair als gebundeld worden aangetroffen. Toch heeft de bundeling als voordeel dat de aantrekkingskracht van de zone wordt vergroot doordat diverse vervoersmodaliteiten (of nutsvoorzieningen) worden aangeboden². Volgens Rietveld et al. (1997) is er door de slechte concurrentiepositie van het vervoer per spoor en over water een grote marktvaart naar een bundeling en onderlinge afstemming van de diverse vervoersmodi, hoewel de aanwezigheid van een snelweg de belangrijkste vestigingsplaatsfactor blijft. Volgens Hendriks (1992) is juist de kwaliteit van de verbindingen bepalend voor de kansen van het corridorconcept; de kwaliteit die in toenemende mate bepaald wordt door het vinden van een goede verhouding tussen de diverse modaliteiten. Een bundeling van hoogwaardige transportverbindingen tot een multimodale corridor is dan ook een voorwaarde.

² In dit verband zou men het ontstaan van lintbebouwing als een ontwikkelingsas op microniveau kunnen omschrijven: de bestaande verbindingsweg is aantrekkelijk voor nieuwe bebouwing omdat diverse ontsluitingsmogelijkheden en nutsvoorzieningen reeds aanwezig zijn.

Volgens Roos et al. (1997) leidt een dergelijke concept tot een verhoogde productiviteit door o.a. een soepelere uitwisseling van goederen en diensten. Ook kunnen de infrastructuurlijnen voor elkaar een uitwijkmogelijkheid of alternatief betekenen in geval van congestie op één van hen. In totaliteit is de bundel daardoor minder kwetsbaar of gevoelig voor overbelasting. Bovendien ontstaat er flexibiliteit met betrekking tot de inzet van vervoermiddelen. Tenslotte ontstaan “brandpunten” van informatie waardoor ondernemers snel inzicht in markten en transportfaciliteiten kunnen verkrijgen.

De corridor als verstedelijkingsas

Corridors in de vorm van een verstedelijkingsas hebben een uitgewerkt inrichtingsconcept. De corridor is dan niet enkel voorbehouden aan de infrastructuur (verbindingas) of aan economische activiteiten (ontwikkelingsas) maar aan de vestiging van diverse vormen van stedelijk ruimtegebruik. Toch is dergelijke benadering niet nieuw, getuige de ontwerpen van de Spaanse stedenbouwkundige Soria Y Mata. Zijn *Ciudad Lineal* is een lineaire stedelijke structuur met een breedte van 400 m, gekoppeld aan een gebundelde trambaan en weg (de Klerk, 1980; de Herder et al., 1997).



Figuur 2-2: De Ciudad Lineal

Meer recent is dergelijk lineair verstedelijkingsconcept rond infrastructuurbundels door o.a. Steinmetz (1984) met de zogenaamde *bandstadgedachte*. Dergelijke structuur ook uitgewerkt door Langeveld et al. (1997); deze is echter mede gebaseerd op de “natuurlijke” structuren en met name de waterstromen. Verwacht wordt dat dergelijke ontwikkelingen, waarbij stedelijke gebieden rond of nabij de vervoersassen worden gesitueerd, positief zijn qua verreden kilometers (Verroen et al., 1995). Dit type corridor heeft duidelijk tot doel om verstedelijking te polariseren rond de vervoersassen en zodoende de tussenliggende gebieden open te houden. Het voorbeeld van de corridor Rotterdam-Berlijn, via Arnhem/Nijmegen, Münster, Osnabrück en Hannover (Figuur 2-3), overstijgt een loutere bundeling van infrastructuur. Op deze schaal is het zelfs onduidelijk of van een echte bundeling van infrastructuur (met onderlinge afstanden van minder dan 300 m) sprake is. De aanwezigheid van meerdere infrastructuren, die plaatselijk gebundeld kunnen zijn, is een voorwaarde voor multimodaliteit en daardoor ook voor de omvang, aantrekkingskracht en de uitstraling van de corridor. De zone is niet zozeer een transportcorridor, maar vooral een ontwikkelings- en verstedelijkingsas.



Figuur 2-3: Voorbeeld van een corridor: de verbindingen tussen Rotterdam en Berlijn (bron: Dekker, 1997)

2.3.3 Conclusie

Hoewel bundeling van infrastructuur niet hetzelfde is als een transportcorridor, is de relatie evident. De corridor als *verbindingas* is een concept om een gevoelig of waardevol open gebied zoveel mogelijk te sparen van negatieve effecten. Indien meerdere infrastructuren

door dit gebied moeten worden getraceerd is bundeling in feite noodzakelijk om de negatieve externe effecten te beperken, met name versnippering en diverse vormen van verstoring. De corridor als *ontwikkelingsas* komt voor in een gebied dat economische activiteiten wil aantrekken. Bundeling van infrastructuur kan de aantrekkingskracht verhogen doordat meerdere vervoersmodaliteiten worden aangeboden. De corridor als *verstedelijkingsas* komt voor in verstedelijkte zones tussen grotere stedelijke centra. Bundeling leidt tot een aanbod van meerder modaliteiten waardoor de aantrekkingskracht wordt vergroot. Terzelfdertijd worden nieuwe doorsnijdingen door de tussenliggende open gebieden voorkomen.

Bundeling kan er wel toe bijdragen dat een corridor meer tot zijn recht komt of beter zijn functie kan vervullen. Het corridorbegrip is derhalve ruimer dan het bundelingsbegrip. Een corridor is niet (enkel) een inrichtings- of transportconcept, maar ook een ruimtelijk- economische structuur. In het corridorbegrip staat niet zozeer de onderlinge afstand tussen de infrastructuurlijnen centraal, als wel de wederzijdse relatie in ruimere zin (uitwisselbaarheid) en de relatie met de omgeving.

In de volgende paragrafen wordt het bundelingsconcept verder geanalyseerd. Eerst wordt onderzocht op welke manier oude infrastructuur werd getraceerd en via welke mechanismen bundeling tot stand kwam. Deze analyse beoogt een inzicht te geven in enkele inhoudelijke argumenten en doelstellingen.

2.4 Tracering van oude infrastructuur

(Pre)historische wegen en paden

Bundeling is in wezen reeds terug te vinden bij de allereerste prehistorische routes. Van echte infrastructuur is dan vanzelfsprekend nog geen sprake. De gemakkelijkste routes waren die met de geringste hoogteverschillen. Derhalve ontstonden deze paden in de valleien langs de bestaande waterlopen. Men zou dit ook de *natuurlijke wegen* kunnen noemen (Rouleau, 1975). De eerste echte artificiële waren de Romeinse. Zij werden aangelegd om militaire redenen. Aangezien zichtbaarheid een belangrijk aandachtspunt was, werden deze wegen op hoger gelegen punten getraceerd. Dit had als bijkomend voordeel dat ze op drogere ondergrond konden worden aangelegd. Rivierdalen werden bewust gemedend.

Een te natte ondergrond en een goede irrigatie bleef problematisch tot in de 17e eeuw. Veiligheid en militair nut bleven de belangrijkste doelstellingen, hoewel men vanwege of ten behoeve van de betere en grotere vervoermiddelen wel steeds rechtere wegen ging maken (Fustier, 1968). In de 18e eeuw werd wegeaanleg meer rationeel aangepakt. Een nieuw element was dat men voor de aanleg van nieuwe wegen bewust de valleien (en dus de rivieroevers) ging opzoeken om hellingen en bergflanken te mijden. Door de vooruitgang in de wegenbouwtechniek kon men de wegen toch droog houden.

De geschetste evolutie is vooral van toepassing in reliëfrijk gebied. In de lage landen kan sinds het einde van de middeleeuwen een andere ontwikkeling worden waargenomen. Het transport te water was in vorige eeuwen de belangrijkste vervoersmodus. Bij het ontstaan van de trekvaart ontstond een specifieke vorm of oorzaak van infrastructuurbundeling. Bij de trekvaart is immers sprake van complementaire infrastructuur; een kanaal en een jaagpad. Het jaagpad werd aangelegd om de schepen met paarden of met mankracht voort te trekken. Zonder het jaagpad kon het kanaal minder goed functioneren en zonder kanaal had het jaagpad geen reden van bestaan. Er is sprake van een functioneel noodzakelijke bundeling (Arink, 1972).

Een tweede reden om infrastructuur, m.n. water- en landwegen te bundelen was van praktische aard. In de vorige eeuw bestond het wegennet uit straatwegen, steenslagwegen, grindwegen, puinwegen en zandwegen. Waterafvoer vormde toen het belangrijkste probleem

in de wegenbouw. Door de noodzaak aan goed materiaal en vakbekwaamheid was de straatweg, een type weg dat het water over de weg zelf doet wegstromen, zeer kostbaar en daardoor relatief weinig toegepast. De moeilijkheid om het weglichaam droog en stevig te houden, zou het onderhoud van de niet-sstraatwegen op de meeste plaatsen in Nederland tot een dure aangelegenheid maken. Wellicht daarom werden in de vorige eeuw wegen bij voorkeur gesitueerd op drogere en draagkrachtige zand- en kleigronden. Waar de ondergrond minder draagkrachtig was, m.n. in de lager gelegen delen van Nederland, zijn deze wegen vaak evenwijdig getraceerd aan waterlopen, of op oeverwallen of dijken gelegd. Hier is de ondergrond wat zandiger, hoger gelegen en stabiel(er) (DBL, 1990).



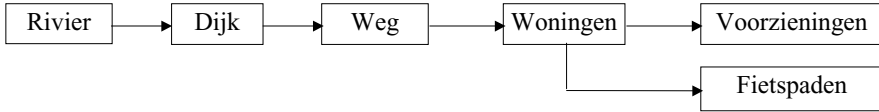
Foto 2.1: Weg op een dijk ter hoogte van de Lek bij Schoonhoven

Ook toen zag men het belang in van doorgaande wegen die belangrijke economische centra met elkaar verbonden. Naast de vele nieuwe trekvaarten, die met dit doel werden aangelegd, werden wegen gelegd die niet alleen als jaagpad bedoeld waren, maar die ook dezelfde economische centra over het land verbonden. De herkomst- en bestemmingscentra voor de land- en waterwegen waren dezelfde, dus moesten deze wegen hoe dan ook op één of andere manier parallel lopen. De wens om de weg droog en berijdbaar te houden is precies de reden om strak te bundelen, m.a.w. op de dijk aan te leggen, of de dijk als weg te gebruiken. In Noord- en Zuid-Holland vormde het Noordzeestrand de snelste verbindingsweg tussen noord en zuid. Elders fungeerde de zee- en rivierdijken als wegen (van der Woud, 1987).

Een speciale vorm van bundeling van oudere infrastructuur is te vinden bij lintbebouwing. Bij dit planologisch fenomeen is het noodzakelijk dat kabels, leidingen en riolen in de weg worden aangelegd in het belang van aanwonenden (SCVV, 1928). Een weg wordt aangelegd, vervolgens worden er woningen langs gebouwd aangezien deze weg een goede ontsluiting en bereikbaarheid voor deze woningen biedt. Ten behoeve van de woningen dienen vervolgens weer voorzieningen (riolering, elektriciteit, telefoon) getroffen te worden die vanzelfsprekend gebundeld moeten worden met de weg. De woningen zijn bovendien ook gebaat met een

ontsluiting voor het langzaam verkeer, waardoor er een fietspad komt te liggen. De weg en de voorzieningen hebben geen directe functionele relatie meer met elkaar.

De bundeling van dit soort elementen is vaak tot stand gekomen via een keten van bouwkundige ingrepen. In zekere zijn is dit eerder een ontwikkelingsas of verstedelijkingscorridor “avant la lettre”. De ontwikkeling hiervan is schematisch weergegeven in Figuur 2-4.



Figuur 2-4: Keten van bouwkundige ingrepen leidend tot bundeling van infrastructuur

Volgens Arink (1972) is de bundeling van oudere infrastructuur als “toevallig” te kenmerken. Toch is deze term misleidend aangezien gesuggereerd wordt dat de infrastructuurlijnen door het “lot” zijn bijeengebracht. Dit is allerm minst het geval. Het is daarentegen een zelfversterkend proces: bereikbaarheid als belangrijke lokatiekeuzefactor lokt activiteiten (zie o.a. Korsmit et al., 1994) die op hun beurt steeds blijven streven naar een optimalisatie van de bereikbaarheid via meerdere modaliteiten.

In bijlage 1 is een uitgebreide beschrijving opgenomen van het ontstaan van een dergelijke bundeling. Het betreft de groei van de infrastructuur rond de Kempense kanalen in België.

Nadelen en problemen

Wanneer wegen niet op dijken konden worden aangelegd werd de aanleg van een weg langs een rivier bewust gemeden wegens overstromingsgevaar of een te natte ondergrond, hoewel dit uit reliëfvoogpunt optimaal is. Wanneer wegen wel op dijken werden aangelegd konden deze dijken beschadigd worden door het verkeer. Deze vroege vorm van bundeling bood dus niet enkel voordelen. Toch primeerden de voordelen, vnl. vanwege bouwtechnische (droge grond indien de weg op dijken werd gelegd), verplaatsingstechnische (weinig hoogteverschillen) en economische aard (goedkope aanleg en onderhoud en verbinding economische centra) boven de mogelijke vermindering van de veiligheid (beschadiging dijken) en de daarmee gepaard gaande herstellingskosten. Aangezien het verkeer te water belangrijker was, was men wellicht eerder bereid te investeren in de aanleg en onderhoud van de waterwegen dan die van de landwegen.

Met de opkomst van het gemotoriseerd verkeer, en de hiermee gepaard gaande uitbreiding van het wegennet vanaf het



Foto 2.2: Beschadiging weg en dijk

begin van deze eeuw, begon men een nieuw potentieel probleem met bundeling te zien. In het rapport "Betreffende de regeling van de bebouwing langs rijkswegen" van de Staatscommissie voor het vervoersvraagstuk (SCVV, 1928), wordt o.a. vermeld dat een verbreding van een weg onmogelijk of toch zeer kostbaar wordt indien lintbebouwing aanwezig is. Op een zeker moment ontstaat er vanzelfsprekend ruimtegebrek bij een verdere uitbreiding: de weg wordt zo druk dat een verbreding noodzakelijk is of er een parallelbaan voor het plaatselijk verkeer moet worden aangelegd. Er ontstaat een patstelling: uitbreiding met elementen of voorzieningen ten behoeve van reeds aanwezige infrastructuur wordt steeds noodzakelijker, terwijl de beschikbare ruimte steeds krappert wordt.

Conclusie

Bij infrastructuurplanning in vroegere tijden werd het bundelingsconcept daadwerkelijk toegepast, met de nadelen die eraan verbonden waren. Er waren drie wijzen van totstandkoming. Ten eerste is een bundeling ontstaan als gevolg van een groeiende noodzaak om dezelfde herkomsten en bestemmingen multimodaal met elkaar te verbinden. Ten tweede was er een functionele, technische of economische noodzaak: indien de infrastructuur (weg op kanaaldijk) niet gebundeld zou worden, zou het te grote technische inspanningen vergen en bijgevolg te veel kosten om het aan te leggen. De keuze was dus bundelen of niet aanleggen. Tenslotte leidde een keten van ruimtelijke ontwikkelingen (lintbebouwing) tot gebundelde infrastructuur: ten behoeve van de wederzijdse functionaliteit wordt steeds meer infrastructuur bij elkaar gelegd.

Bundeling werd niet expliciet en intrinsiek tot doel gesteld; blijkbaar bestond nog geen duidelijk inzicht in de specifieke voor- en nadelen van bundeling, maar werden deze ad hoc (en wellicht zonder de link met het theoretisch concept "bundeling" te leggen) nagestreefd. De bundeling van oude infrastructuur moet eerder gezien worden als het resultaat van het streven naar een zo goed mogelijke en praktische oplossing.

In de volgende paragrafen zal worden bekeken of de hedendaagse infrastructuurplanning hiermee sterk verschilt. Het zal blijken dat een bundeling als concept een steeds duidelijker normatieve betekenis heeft gekregen.

2.5 Het bundelingsbegrip in beleidsnota's

De (Eerste) Nota Ruimtelijke Ordening (1960)

Voor het verschijnen van de (Eerste) Nota Ruimtelijke ordening werd in vroeger jaren op betrekkelijk gemakkelijke manier met het gebruik van grond en ruimte omgegaan. Met het verschijnen ervan in 1960 bleek de noodzaak om op het hoogste bestuursniveau op een rationele manier de ruimte te benaderen. De hoge bevolkingsdichtheid van Nederland vereist een zo doelmatig mogelijk gebruik van de bodem in alle daarbij betrokken sectoren (landbouw, industrie, wonen, recreatie, verkeer, enz.). Daarbij komt het vooral ook aan op een zodanige afstemming van deze gebruiksvormen op elkaar, dat voor het land als geheel de gunstigste ontwikkeling wordt verkregen. Het accent verschuift van ruimtelijke ontwikkeling naar ruimtelijke ordening. Is de ruimtelijke ontwikkeling een proces dat zich vanzelf voltrekt, van ruimtelijke ordening is pas sprake wanneer van overheidswege bewust getracht wordt aan dit proces leiding te geven. Bij deze bemoeiing van de overheid is het er steeds om te doen het gegeven milieu (natuurlijke omgeving) beter dienstbaar te maken aan de menselijke welvaart (economische ontwikkeling). De eerste nota gaat uit van een onbegrensde groei. De nadruk ligt op de economische ontwikkeling en welvaart. Er is nagenoeg geen aandacht voor de intrinsieke kwaliteit van het milieu of de open ruimte. Bundeling van infrastructuur wordt niet genoemd.

De Tweede Nota Ruimtelijke Ordening (1966)

De doelstelling van de Tweede Nota en van de ruimtelijke ordening in het bijzonder blijft zeer algemeen in termen van de levensontplooiing van de bevolking voor zover die van het leefmilieu afhankelijk is, zo goed mogelijk dienen. Voor een aantal sectoren (bodem en milieu, stedelijke gebieden, landelijke gebieden, verkeer en vervoer) worden een aantal maatregelen voorgesteld om deze doelstelling te verwezenlijken. De Tweede Nota bevat een aantal verfijningen van hetgeen in de Eerste Nota is gepresenteerd. Er is meer belangstelling voor de open ruimte, hetgeen b.v. blijkt uit het beleid ten aanzien van het Groene Hart.

De planning van nieuwe wegen(structuren) voor het weg-, spoor- en scheepvaartverkeer is gebaseerd op de individuele keuzevrijheid en de mogelijkheden voor het opvangen van de toekomstige groei. Kenmerkend is een uitgebreid netwerk van autowegen, opgenomen in het opgenomen Structuurschema Hoofdwegennet, maar door het vermijden van diagonaalverbindingen wil men een versnippering van de ruimte toch zoveel mogelijk voorkomen. Bij de spoor- en vaarwegen komt bundeling niet aan de orde omdat uitbreiding van deze typen infrastructuur in de Tweede Nota zeer marginaal wordt geacht. Voor de komende decennia zou men zich vooral moeten richten op de instandhoudingen en waar nodig verdere aanpassing van het binnenvaartwegennet in Nederland.

Interessanter zijn de voorstellen die voor de pijpleidingen worden gedaan. Er wordt gesteld: *"In beginsel is het gewenst de nieuw aan te leggen leidingen zoveel mogelijk te combineren met een bestaande"*. Met andere woorden spreekt de Tweede Nota zich principieel uit over de wens om leidingen met elkaar te bundelen, hoewel men zich ook bewust is van de mogelijke nadelen van het "combineren", zoals de werkmethode (de bestaande leiding moet intact blijven), de beperking van de uitbreidingsmogelijkheden en de verschillende kromtestralen. Op de voordelen van het bundelen wordt niet nader ingegaan.

De Derde Nota Ruimtelijke Ordening (1973-1979)

De Derde Nota Ruimtelijke Ordening is opgebouwd uit een aantal deelnota's, waaronder de Nota Landelijke Gebieden. In deze deelnota, die weer samengesteld is uit de beleidsvoornemens, de hoofdlijnen uit de inspraak, het advies en de regeringsbeslissing, komt bundeling uitgebreid aan bod, met name in de beleidsvoornemens. Daar wordt de bundeling of spreiding van infrastructuur expliciet als aspect meegenomen voor de vorming van enkele ruimtelijke modellen.

Uitgangspunt is dat er gestreefd moet worden naar een efficiënt gebruik van de bestaande infrastructuur. Uitbreiding van de capaciteit moet in de eerste plaats geschieden door verbetering en vergroting van de bestaande infrastructuur, hetgeen ook als een vorm van bundeling kan worden gezien.

Vervolgens wordt gesteld dat bundeling een belangrijke bijdrage kan verschaffen aan de vermindering van de hinder die infrastructuur teweegbrengt, vooral op nationale schaal. Op regionale en lokale schaal kunnen er daarentegen zodanige bezwaren zijn dat bundeling moet worden vermeden. De uiteenzetting over de mogelijkheden, voordelen en beperkingen van het bundelingsprincipe is vrij gedetailleerd en genuanceerd. Er wordt ingegaan op de compacte en losse bundeling, de mogelijkheid van bundeling van hoogspanningslijnen, de effecten op de bedrijfsvoering in de landbouw, de effecten op de open gebieden en de bundeling op regionale schaal.

De Vierde Nota Ruimtelijke Ordening Extra (VINEX) (1990-1991)

Als direct vervolg op de Vierde Nota Ruimtelijke Ordening, die in feite nooit is verschenen of van kracht is geweest, is de VINEX verschenen. Hierin zijn de verschillende delen waarvan in de Derde Nota nog sprake was (Nota Stedelijke Gebieden, Nota Landelijke Gebieden, enz.) opgenomen in de Planologische Kernbeslissing die op haar beurt in de nota zelf is geïntegreerd. Het is met name bij het beleid voor de landelijke gebieden dat bundeling van infrastructuur als mogelijke maatregel wordt gehanteerd. Daarbij wordt het volgende vermeld:

"Bij de tracékeuze, het ontwerp en de uitvoering van infrastructurele werken, alsmede inrichting en beheer dient rekening gehouden te worden met de aanwezige waarden van het gebied. Zowel bij de aanleg van nieuwe lijninfrastructuur (wegen, rail- en vaarwegen, leidingen) als bij het opheffen van knelpunten in de bestaande lijninfrastructuur wordt door middel van tracékeuze, ontwerp en uitvoering, alsmede door middel van bundeling gestreefd naar minimalisatie van barrièrewerking, van versnipperende effecten en van aantasting van ecologische waarden. (...) Voorzover dit bij afweging van belangen niet mogelijk blijkt zullen doeltreffende mitigerende maatregelen moeten worden getroffen, zoals ondermeer gehele of gedeeltelijke ondergrondse verkabeling, bundeling met andere infrastructuur, aansluiting bij bebouwde zones, aangepaste mastuitvoering, draadmarkeringen en dergelijke."

Bij het beleid voor de stedelijke gebieden wordt bundeling van infrastructuur niet beschouwd. In de VINEX is er, meer nog dan in de Derde Nota, aandacht voor de ruimtelijke kwaliteit. De nadruk ligt op de verbetering van de kwaliteit in plaats van vergroting van de kwantiteit.

Het (Eerste) Structuurschema Verkeer en Vervoer (1978-1979)

Zowel het beleidsvoornemen (deel a) als de regeringsbeslissing (deel d) bevatten een aantal zeer algemene doelstellingen die eerder zijn opgenomen in het Meerjarenplan Personenvervoer 1976-1980, zoals: "het tegemoetkomen aan de vraag naar vervoer van personen en goederen uitsluitend voor zover de bijdrage aan het welzijn van de gemeenschap per saldo positief is en wel op zodanige wijze dat de totstandkoming van een gewenste ruimtelijke structuur wordt bevorderd en schade aan de landbouw, het natuurlijk milieu en het landschap zoveel mogelijk wordt vermeden, de verkeersveiligheid wordt bevorderd, zoveel mogelijk voldaan wordt aan op grond van aan het woon- en leefmilieu te stellen eisen, bij voorbeeld betreffende parkeerhinder, uitworp van luchtverontreinigende stoffen, geluidhinder en visuele hinder, een gewenste sociaal-culturele en economische ontwikkeling wordt bevorderd, het gebruik van schaarse grondstoffen wordt beperkt en het beslag op overheidsmiddelen wordt beperkt."

Deze algemene doelstelling wordt in het beleidsvoornemen nader uitgewerkt in 39 richtlijnen. Het "tegemoetkomen aan het vervoer van personen en goederen" wordt uitgewerkt in richtlijnen 1 t/m 3. De toegevoegde clausule "voor zover de bijdrage aan het welzijn van de gemeenschap per saldo positief is" wordt uitgewerkt in richtlijn 4 t/m 19, enz. Het is precies binnen deze clausule dat de richtlijn(en) naar voren komt om infrastructuur zoveel mogelijk te bundelen. Voor de in geringe mate verstedelijkte gebieden moet rekening gehouden worden met een belangrijke doelstelling van het ruimtelijk beleid, nl. het behoud van de "grootschaligheid" in deze gebieden. Dit kan worden bereikt door het behoud of het nastreven van een grote maaswijdte in de infrastructuurnetten. Noodzakelijke capaciteitsvergrotingen kunnen zoveel mogelijk worden opgevangen door bestaande verbindingen uit te breiden in plaats van nieuwe aan te leggen. Nieuwe verbindingen dienen zoveel mogelijk tracés van reeds bestaande doorsnijdingen door infrastructuur in het landschap te volgen.

Met name zijn richtlijnen 12 t/m 14 van belang. Richtlijn 12 vermeldt dat ter voorkoming van versnippering en schaalverkleining in de in geringe mate verstedelijkte gebieden dient gestreefd te worden naar grofmazigheid van de netten van auto- en andere belangrijke hoofdwegen, alsmede spoorwegen. Richtlijn 13 gaat expliciet in op bundeling: "Zoveel mogelijk moet een onderlinge bundeling van verbindingen uit verschillende infrastructuurnetten worden

nagestreefd". Ook de relatie tussen richtlijn 14 en bundeling is duidelijk. Er wordt gesteld dat uitbreiding van bestaande verbindingen in het algemeen de voorkeur verdient boven de aanleg van nieuwe.

In de regeringsbeslissing (deel d) worden de richtlijnen van het beleidsvoornemen (deel a) vertaald in beleidsrichtlijnen. Ten aanzien van de afstemming van het beleid op de totstandkoming van een gewenste ruimtelijke structuur geldt als beleidsrichtlijnen onder andere dat infrastructuurnetten in een grofmazig net van hoofdwegen en spoorwegen gebundeld moeten worden. Het bundelen van infrastructuurlijnen op zich is hier minder aan de orde. Bundeling komt wel beschouwd op netwerk- of relatieniveau. Concreet vertaalt zich dit in de tracering van wegen tussen groeikernen en de centrale kernen in de centrale open ruimte, zoals Alphen a/d Rijn, Zierikzee, Weert, Nieuwegein, Hoorn, Purmerend, enz. Als overweging geldt daarbij o.a. dat gezocht is naar een *bundeling van verschillende relaties* op één verbinding, vooral bij de doorsnijding van de open ruimten.

Het Tweede Structuurschema Verkeer en Vervoer (1989-1990)

De in het SVV II gesignaleerde hoofdproblemen, m.n. de leefbaarheid en de bereikbaarheid, wil men oplossen via vier luiken, met name de verbetering van de leefbaarheid, de geleiding van de mobiliteit, de verbetering van de bereikbaarheid en de versterking van het fundament. Deze luiken worden in de regeringsbeslissing op hun beurt vertaald in 35 sporen, oftewel groepen van maatregelen. Spoor 5 omvat de maatregelen ter voorkoming en terugdringing van versnippering. Bij de voorkoming van versnippering wordt uitdrukkelijk vermeld dat in geval nieuwe verbindingen moeten worden vastgelegd, de mogelijkheid van bundeling met reeds bestaande infrastructuur wordt nagestreefd. Bij de behandeling van de concrete maatregelen wordt infrastructuurbundeling niet meer expliciet beschouwd.

De Perspectievennota Verkeer en Vervoer (1999)

De Perspectievennota is een tussenstap naar het Nationaal Verkeers- en Vervoersplan en is tevens een discussiestuk waarin de belangrijkste vraagstukken en mogelijke oplossingsrichtingen voor de verkeers- en vervoersproblematiek in het begin van de 21^e eeuw worden belicht. Bundeling van infrastructuur komt expliciet aan de orde. Er wordt gesteld: "Bundeling van infrastructuurverbindingen voorkomt, met name in het landelijk gebied, voor een deel de negatieve effecten van het verkeer: zoals onnodig ruimtebeslag en nieuwe doorsnijding van gebieden". Opmerkelijk is dat het bundelingsprincipe niet meer als zelfstandige maatregel naar voren wordt geschoven, maar wordt gekaderd in de inpassingsmaatregelen. Voor een kwaliteitsverbetering van het gehele gebied dient een integrale visie te worden ontwikkeld, waartoe ook herstructurering en herinrichting van het omliggend gebied worden gerekend.

Het Structuurschema Vaarwegen (1980-1981)

De doelstellingen van het vaarwegenbeleid zijn verwoord in de Planologische KernBeslissing die is opgenomen in deel d (de regeringsbeslissing) van het Structuurschema Vaarwegen. De hoofddoelstelling is dat de zorg voor het vaarwegennet is afgestemd op de behoefte aan vervoer te water en bevordering van een veilige en vlotte afwikkeling van het scheepvaartverkeer (beroeps- en recreatievaart), en wel zodanig dat - binnen het kader van het totale overheidsbeleid - een zo groot mogelijke bijdrage wordt geleverd aan het algemeen welzijn. Zulk een bijdrage houdt in, dat het vaarwegenbeleid wordt afgestemd op een gewenste economische ontwikkeling, een gewenste ruimtelijke ontwikkeling en de gewenste ecologische condities en wensen van andere belangen, zoals die betreffende het leefmilieu van de mens, de waterhuishouding, de recreatie en het landschap. Bij de afstemming op de gewenste ruimtelijke ontwik-

keling wordt vermeld dat het afstemmen van het vaarwegenbeleid op de gewenste ruimtelijke ontwikkeling inhoudt dat het vaarwegenbeleid een bijdrage moet leveren aan het bereiken van de maatschappelijk gewenste ruimtelijke structuur. Daarbij dient capaciteitsvergroting van het vaarwegennet, mede in verband met het streven naar behoud van open ruimten, te worden gezocht in verbetering van bestaande verbindingen. Bij aanleg van nieuwe vaarwegen dient te worden nagegaan of bundeling met andere infrastructuurelementen mogelijk is. Indien, als gevolg van wijziging van tracés of aanleg van nieuwe vaarwegen, een functioneel samenhangend gebied wordt doorsneden, zullen compenserende dan wel herstellende maatregelen worden uitgevoerd. In deel c (adviezen) komt bundeling niet meer aan de orde.

Het (eerste) Structuurschema Drink- en industriewatervoorziening 1972 (1974-1975)

De in dit structuurschema gestelde (hoofd)doelstelling t.a.v. de openbare drink- en industriewatervoorziening is als volgt:

“De veilige, ononderbroken levering van voldoende water, onder voldoende druk en van goede en constante kwaliteit, op een economisch en maatschappelijk verantwoorde wijze, teneinde te voorzien in de behoefte van bevolking en bedrijven op een zodanige wijze, dat andere belangen zo weinig mogelijk worden geschaad, een harmonische inpassing in de gewenste ruimtelijke structuur wordt verkregen, een bijdrage wordt geleverd aan de gewenste economische ontwikkeling waarbij de milieuhygiënische uitgangspunten en de algemene ecologische condities in acht zijn genomen.”

Ter zijde wordt opgemerkt dat het structuurschema in hoofdzaak betrekking heeft op de aspecten van winning, opslag, zuivering en transport van water naar de voorzieningsgebieden; de ruimtelijke consequenties van de aanleg van grote transportleidingen (waaronder het eventueel bundelen van drinkwaterleidingen) konden in dit structuurschema nog niet aan de orde worden gesteld.

Bij de uitwerking van deze (hoofd)doelstelling naar het beleid wordt gesteld dat transportleidingen waar mogelijk dienen te worden opgenomen in leidingstroken. Waar dit niet mogelijk is moet een goede aanpassing aan de bestaande infrastructuur worden gezocht. Dit is als het ware een principeverklaring tot het scheppen van voorwaarden voor het bundelen (met andere leidingen).

Het Tweede Structuurschema Drink- en industriewatervoorziening (1980-1981)

De doelstellingen van dit structuurschema staan verwoord in de Planologische Kernbeslissing die in dit structuurschema is geïntegreerd. De hoofddoelstelling van het regeringsbeleid ten aanzien van de drink- en industriewatervoorziening is: het bevorderen van de drink- en industriewatervoorziening, afgestemd op de behoefte aan water ten dienste van de gezondheid, het welzijn en de welvaart van de samenleving, op een maatschappelijk verantwoorde wijze.

Deze hoofddoelstelling wordt verbijzonderd in vijf subdoelstellingen ten aanzien van het huishoudelijk en sanitair verbruik, het zakelijk en industrieel verbruik, de winning en bereiding, de economie en de relaties met andere belangen. Op basis hiervan worden steeds een aantal richtlijnen geformuleerd.

Ook dienen de infrastructurele werken en winningsactiviteiten te voldoen aan milieuhygiënische en ecologisch verantwoord te achten condities. Ze moeten ingepast worden binnen de gewenste ruimtelijke en waterhuishoudkundige structuren. Schade aan andere belangen dient zoveel mogelijk te worden beperkt.

Deze subdoelstelling wordt vertaald in 8 richtlijnen. Met betrekking tot de bundeling van infrastructuur is richtlijn 18 zeer expliciet: *“Aantasting en versnippering van het landelijk gebied door watertransportleidingen dient zoveel mogelijk door bundeling van infrastructuur te*

worden tegengegaan". Zij dienen zoveel mogelijk, onder voldoende voorwaarden van veiligheid, met andere leidingsystemen te worden gecombineerd.

Het (eerste) Structuurschema Elektriciteitsvoorziening (1980)

In het beleidsvoornemen (deel a) van het (eerste) Structuurschema Elektriciteitsvoorziening wordt bij de ruimtelijke aspecten ingegaan op bundeling. Bij het aspect verstedelijkte en landelijke gebieden wordt vermeld dat bij de plaatskeuze van de centrales en hoogspanningslijnen in de minder of niet verstedelijkte gebieden in principe aansluiting moet worden gezocht bij grote infrastructurele werken, bv. bestaande hoogspanningslijnen, grote havenwerken, sluiscolken met heftorens, grote bruggen en hoofdwegen.

Ter beperking van het ruimtebeslag wordt het volgende vermeld. *"Ruimte is in Nederland een schaars goed geworden. Het ruimtebeslag voor de elektriciteitsvoorziening moet dan ook zo beperkt mogelijk worden gehouden. In het directe ruimtebeslag van centrales en transformatiestations zijn de mogelijkheden voor beperking niet groot; hoogstens zou gesteld kunnen worden dat veel kleine centrales meer ruimte innemen dan enkele grote. Het indirecte ruimtebeslag van centrales en hoogspanningslijnen is minstens zo belangrijk als het directe. De milieuhygiënische zonerings rond de centrales kan andere vormen van grondgebruik beperkingen opleggen, visuele hinder is mogelijk. Het gebruik van koeltorens kan deze hinder aanmerkelijk versterken, waar tegenover natuurlijk een vermindering van de warmtebelasting van het koelwater staat. De beperking van het indirect ruimtebeslag kan door bundeling met andere artefacten bereikt worden. Een andere mogelijkheid tot beperking van het ruimtebeslag is gelegen in het uitbreiden van bestaande centrales om daarmee het in gebruik nemen van een nieuwe vestigingsplaats te voorkomen. Ook bij de hoogspanningslijnen doen zich dergelijke mogelijkheden voor."*

Eén van de doelstellingen van het elektriciteitsbeleid is het verkrijgen van een gewenste ruimtelijke structuur en een vermindering van de schade aan natuurlijke milieu en landschap. Bij een toelichting hierop wordt vermeld dat gebieden die uit oogpunt van het landschap en natuurlijk milieu van nationale en regionale betekenis zijn, moeten worden ontzien door bundeling van elektriciteitswerken aan stedelijke zones en transportcorridors. Op lokale schaal moet van geval tot geval de wenselijkheid van bundeling worden afgewogen.

Bij het hoofdstuk "Verkenning naar een mogelijke structuur van de elektriciteitsvoorziening tot 2000" wordt vermeld dat het totale effect van de infrastructuur op het landschapsbeeld zou teruggebracht kunnen worden door de infrastructurele werken min of meer parallel te laten lopen, het zgn. bundelingsprincipe. Op deze wijze worden de stedelijke gebieden onderling verbonden door verstedelijkte verbindingzones, waardoor relatief grote landelijke gebieden onverlet worden gelaten. Een dergelijke opzet is wenselijk vanuit een ruimtelijke ordening die gericht is op het behoud van milieudifferentiatie.

Een zekere nuancering is daarbij noodzakelijk, gezien het verschil in effect van hoogspanningslijnen op het landschapsbeeld, afhankelijk van het schaalniveau. Hierbij worden drie niveaus onderscheiden: de nationale schaal, de regionale schaal en de lokale schaal. Een bundeling van infrastructuur op nationale en regionale schaal moet zeker worden nagestreefd. Een afwijken van het kortste tracé wordt daarmee gemotiveerd. Ten aanzien van de lokale schaal kan niet zo'n duidelijke uitspraak worden gedaan. Voor bundeling pleiten hier dezelfde overwegingen die ook op nationale en regionale schaal gelden. Daartegenover staat dat bundeling tot een geprononceerde invloed op het landschapsbeeld kan leiden, welke storend is voor b.v. de bewoner van de stadsrand, de treinreiziger of de weggebruiker.

Ook technische vraagstukken bemoeilijken een sterke lokale bundeling. De karakteristieken van de infrastructuren verschillen sterk; de wederzijdse beïnvloeding van hoogspanningslijnen onderling en ten opzichte van andere infrastructuur (buisleidingen, spoorwegen) kan vele consequenties hebben, zowel wat betreft de kosten als de veiligheid. De wenselijkheid van bun-

deling op lokale schaal moet daarom van plaats tot plaats worden afgewogen. Een beoordeling is slechts in concrete situaties mogelijk, omdat deze ook afhankelijk is van het landschap ter plaatse. Er bestaan grote verschillen in de opnamecapaciteit van de te onderscheiden landschappen, vooral met betrekking tot het verticale en horizontale element dat een hoogspanningslijn aan het landschap toevoegt.

In het advies (deel c) en de regeringsbeslissing (deel d) komt bundeling niet meer aan de orde. In de Planologische Kernbeslissing (deel e) van 1981-1982 wordt in richtlijn 18 de bundeling of concentratie van hoogspanningslijnen als doelstelling vermeld.

Het Tweede Structuurschema Elektriciteitsvoorziening (1991)

Vooralsnog is enkel het ontwerp PKB uitgebracht. In deze PKB worden de doelstellingen van het elektriciteitsbeleid naar voren gebracht. De hoofddoelstelling van het elektriciteitsbeleid is het zorgen voor een betrouwbare elektriciteitsvoorziening tegen zo laag mogelijke kosten en op maatschappelijk verantwoorde wijze. Dit houdt in dat bij de voorziening van elektriciteit rekening dient te worden gehouden met de doelstellingen van het energiebeleid, het milieu-beleid, het ruimtelijk en natuur- en landschapsbeleid.

De vraag of elektriciteitsleidingen gebundeld moeten worden is aan de orde bij het ruimtelijk en natuur- en landschapsbeleid. Doel van het ruimtelijk beleid is het behouden en waar nodig verhogen van de ruimtelijke kwaliteit van ons land. Dit komt op nationaal niveau met name tot uitdrukking in de VINEX. Het natuur- en landschapsbeleid richt zich op een duurzame instandhouding, regeneratie en ontwikkeling van natuur- en landschapswaarden. Dit beleid, waarvan de realisering van de ecologische hoofdstructuur een centraal onderdeel vormt, is neergelegd in het natuurbeleidsplan (NBP). Op grond van het beleid in de VINEX en het NBP worden voorwaarden gesteld aan de locaties voor elektriciteitscentrales en de tracering van hoogspanningsverbindingen. Hierop wordt dieper ingegaan in de nota van toelichting.

Aan de bundeling van hoogspanningsleidingen wordt een aparte paragraaf besteed. Er wordt gesteld: *"Bij landschappelijke inpassing van hoogspanningslijnen zijn met name de uitgangspunten van een zo recht mogelijk tracé en bundeling van infrastructuur van belang. Door het kiezen van een zo recht mogelijk tracé wordt een onrustig totaalbeeld van de lijn tegengegaan. Tevens betekent dit dat het aantal masten zo gering mogelijk wordt. Door het bundelen van nieuwe lijnen met bestaande infrastructuur kunnen ingrepen in het landelijk gebied tot bepaalde zones beperkt blijven, waardoor andere gebieden meer vrij blijven"*.

Het Structuurschema Buisleidingen (1983-1984)

De hoofddoelstelling van het buisleidingenbeleid is het verlenen van medewerking aan en waar nodig het bevorderen van de totstandkoming en het gebruik van buisleidingen voor zover de bijdrage aan het welzijn van de gemeenschap per saldo positief is.

Dit houdt als (sub)doelstellingen in, dat de gewenste economische ontwikkeling wordt bevorderd, de gewenste ontwikkeling op het gebied van verkeer en vervoer wordt bevorderd, afstemming plaatsvindt op de gewenste ruimtelijke ontwikkeling en negatieve gevolgen voor het natuurlijke milieu, het landschap, de landbouw en andere in het geding zijnde belangen worden voorkomen, onveilige situaties en milieuverontreiniging worden voorkomen en een beslag op de financiële middelen van de overheid zo mogelijk wordt vermeden.

Tevens wordt een verbijzondering van deze doelstellingen gegeven in de vorm van 15 richtlijnen. De richtlijnen kunnen onderling ten dele of naar mate van vervulling in concrete gevallen blijken te conflicteren. Dit houdt in dat zij in onderlinge afweging, maar passend binnen de hoofddoelstelling, dienen te worden gevolgd. Van belang voor het bundelen van buisleidingen vermeldt richtlijn 10 zeer specifiek: *"Zo mogelijk worden buisleidingen onderling of met andere vormen van infrastructuur gebundeld"*.

In de nota van toelichting wordt over de bundeling van de buisleidingen het volgende vermeld:

"De RARO kan het principe van bundeling van buisleidingen onderling en met andere vormen van infrastructuur volledig onderschrijven. Wel vindt de RARO, dat het in bijzondere gevallen gewenst kan zijn bundeling te vermijden, bij voorbeeld wanneer dit zou leiden tot vergroting van de onveiligheid of versterking van de barrièrewerking.

De provincie Zuid-Holland stelt, dat binnen haar grenzen bundeling van buisleidingen met andere vormen van infrastructuur in vrijwel alle gevallen leidt tot onveilige situaties, ongewenste barrièrevorming en doorsnijding van agrarische kavels op ongewenste plekken. Daarom is Zuid-Holland van mening dat slechts sprake zou moeten zijn van bundeling van buisleidingen onderling. Het Flevo-overleg merkt op, dat het bundelingsprincipe niet tot gevolg mag hebben, dat de besluitvorming rond spoor- en wegverbindingen wordt vertraagt. De provincie Noord-Brabant is van mening, dat regionale buisleidingen ook gebundeld moeten kunnen worden in hoofdverbindingen, zolang dit geen belemmeringen oplegt aan in de toekomst te leggen hoofdtransportleidingen. De provincie Utrecht vraagt meer aandacht voor de bundeling van buisleidingen met hoogspanningsleidingen.

De regering is van mening, dat er, gezien de steun in brede kring, geen reden is om richtlijn 10 te wijzigen. Het bezwaar van de provincie Zuid-Holland wordt verder niet gedeeld. Het buisleidingenbeleid is erop gericht versnippering en doorsnijding te voorkomen of te beperken. Naast het zoveel mogelijk vermijden van omwegen is dat te bereiken door bundeling van infrastructuur, zowel gelijksoortige (hiermee is bedoeld bundeling van buisleidingen onderling) als ongelijksoortige (hiermee is bedoeld bundeling van buisleidingen met hoogspanningslijnen, wegen, spoorwegen, etc.). Bij de tracering van de afzonderlijke buisleidingen zal het karakter van de bundeling steeds aan de plaatselijke situatie moeten worden aangepast, waarbij de voordelen van het bundelingsprincipe afgewogen dienen te worden tegen de nadelen ervan. Het bundelingsprincipe kan uiteraard niet gelden waar het overwegend nadelen oplevert. Gelet op richtlijn 10 is de door de provincies Noord-Brabant en Utrecht voorgestane bundeling niet alleen mogelijk, maar wordt deze ook door ons voorgestaan. Wel dient er rekening gehouden te worden met de uit de opbouw van buisleidingenstroken en de bestaande infrastructuur voortvloeiende randvoorwaarden. Zo is bij voorbeeld een te nauwe bundeling van metalen buisleidingen met hoogspanningslijnen in het algemeen niet gewenst. Een hoogspanningslijn -met name een 380 kV-lijn- kan niet zonder meer met een metalen buisleiding worden gebundeld, omdat dan mogelijk in de buisleiding ongewenste elektrische spanningen kunnen worden opgewekt. Bij storing in één van de systemen (kortsluiting respectievelijk gaslek) bestaat het risico dat ook het andere systeem wordt aangetast".

Conclusie

De inhoud van de vernoemde nota's en structuurschema's is samengevat in Tabel 2.1. Achtereenvolgens wordt aangegeven of bundeling aan bod komt, gepropageerd wordt, welke voordelen eraan worden toegeschreven, welke nadelen worden verwacht of welke opmerkingen ten aanzien van het concept worden gemaakt.

| Tabel 2.1: Samenvatting: uitspraken over bundeling in planning met betrekking tot ruimtelijke ordening en infrastructuur van de Nederlandse overheid met betrekking tot bundeling van infrastructuur | | | | | |
|--|---------|------------|---|--|---|
| Plan: | Aspect: | B. vermeld | B. gepropageerd | Voordelen met betrekking tot: | Opmerkingen |
| 1e Nota R.O. (1960) 2e Nota R.O. (1966) | | nee ja | nee • impliciet voor pijpleidingen • genuanceerd • sterk | • versnippering | - • uitbreidingsmoeilijkheden • bouwproblemen • ongelijke boogstralen geven problemen • lokale verhoging visuele hinder • verband losse/compacte bundeling • compenserende maatregelen nodig |
| 3e Nota R.O (1973-1979) | | ja | • sterk • genuanceerd | • open ruimte • landbouw • barrièrewerking • versnippering • ecologische waarden | • ook bundeling relaties beschouwen |
| 4e Nota R.O. Extra (1991) | | ja | sterk | • behoud grootschalige gebieden • behoud grote maaswijdte net • versnippering • versnippering | - |
| 1e SS Verkeer en vervoer (1979) | | ja | impliciet (bundeling netwerken) | • ruimtebeslag • voorkomen doorsnijdingen | • onderdeel van integrale visie rond ruimtelijke inpassing • opname in leidingstroken |
| 2e SS Verkeer en vervoer (1990) | | ja | ja | - | - |
| Perspectievennota Verkeer en Vervoer (1999) | | ja | ja | - | • combinatie met andere leidingen |
| 1e SS Drink- en Industriewatervoorziening (1975) | | ja | impliciet (opname in leidingstroken) | • behoud landelijk gebied • versnippering | • afweging op lokale schaal nodig • mogelijk afwijking kortste route nodig • aandacht voor lokaal landschapsbeeld • technische problemen • mogelijk hogere onveiligheid • te beoordelen in concrete situatie |
| 2e SS Drink- en Industriewatervoorziening (1981) | | ja | sterk | • behoud landelijk gebied • vrij blijven open gebied | - |
| 1e SS Elektriciteitsvoorziening (1980) | | ja | sterk | - | • ook verbetering bestaande verbindingen beschouwen ter behoud open ruimte |
| 2e SS Elektriciteitsvoorziening (1991) | | ja | sterk | - | • steeds lokale situatie beschouwen • bundeling soms te mijden • mogelijk hogere onveiligheid • verhoging plaatselijke barrièrewerking • doorsnijding agrarische kavels |
| SS Vaarwegen (1981) | | ja | impliciet (mogelijkheid onderzoek) | • versnippering • doorsnijding | |
| SS Buisleidingen (1984) | | ja | sterk | | |

Er is er een toename van de aandacht voor het bundelen, verlopend van het niet beschouwen in de (Eerste) Nota tot het ondubbelzinnig propageren van het bundelingsprincipe in de VINEX. In de tussenliggende periode van de Tweede en de Derde Nota wordt expliciet aandacht geschonken aan de (voornamelijk lokale) nadelen. De vermelding van de wens tot bundelen wordt zondermeer verdergezet in de structuurschema's, hoewel dit het minst uitdrukkelijk is gebeurd voor de sector die als het meest hinderlijk en versnipperend wordt ervaren, namelijk het verkeer en vervoer.

Een mogelijke verklaring voor de geschetste evolutie is wellicht de toenemende aandacht voor het behoud van de schaarser wordende open ruimte en de milieueffecten. Bij de nuancering in de periode van de Tweede en Derde Nota Ruimtelijke Ordening is een duidelijke afweging merkbaar tussen globale voordelen (het beperken van versnippering en het behoud van grote aaneengesloten open gebieden) en lokale nadelen.

Er is echter geen evolutie voor wat betreft de inhoudelijke argumenten: steeds staat de beperking van nadelen en met name versnippering centraal. Van potenties of doelstellingen (corridorvorming of gewenste ruimtelijke structuur) is geen sprake.

De moderne infrastructuurplanning stelt het bundelen vaak expliciet als uitgangspunt en zou daardoor gekenmerkt kunnen worden als een “bewuste” of geplande bundeling, in tegenstelling tot de door Arink (1971), overigens foutief genoemde “toevallige” bundeling van oude infrastructuur. De term toevallig suggereert een volledig onafhankelijke ontwikkeling van elkaar; infrastructuur zou door het lot bij elkaar gebracht zijn. Zoals nog zal blijken, is eerder sprake van een evolutionaire en “pad-afhankelijke” ontwikkeling, zonder dat bundeling expliciet als doelstelling werd gesteld. In het bewust nastreven van bundeling schuilt echter het gevaar dat aan het concept een normatieve en dogmatische waarde wordt toegekend, en niet meer wordt stilgestaan bij eventuele nadelen. Iets wat bij de meer praktische, evolutionaire bundeling uit het verleden wel steeds het geval was.

2.6 Het bundelingsprincipe in projectstudies

In de vorige paragraaf is het algemeen ruimtelijk en infrastructuurbeleid op rijksniveau ten aanzien van bundeling belicht. In deze paragraaf komen een aantal specifieke projectstudies aan bod. Deze zijn meestal vormgegeven in een projectnota/MER³ en bieden in principe veel informatie over de manier waarop met het bundelingsconcept in de praktijk wordt omgegaan. Aangezien de opmaak van een projectnota, al of niet gecombineerd met een MER, pas sinds de jaren '80 wordt voorgeschreven zijn niet altijd documenten aanwezig met de precieze achtergronden, keuzemogelijkheden en motiveringen. Een consequente schets van een evolutie met betrekking tot de bundelingsgedachte, en dit in relatie tot het begin van het propageren in de 2^e en 3^e Nota Ruimtelijke Ordening, is daarom onmogelijk. Niettemin kunnen de verschenen projectnota/MER's een indicatie geven omtrent de doorwerking van het hoger gelegen beleid. Van de ruim 100 projectnota/MER's die over lijninfrastructuur sinds de MER-plicht zijn opgemaakt of gestart (VROM, 1998), gaat slechts een klein gedeelte over de aanleg van geheel nieuwe infrastructuur. Het merendeel betreft verbredingen of reconstructies waar bundeling niet aan de orde komt (uitgezonderd de Corridornota Amsterdam-Utrecht). Anderzijds zijn ook projectnota's opgesteld vóór de MER-plicht. Wat betreft wegenprojecten kunnen de volgende worden vermeld.

In de *Projectnota Bollenroute (1985)* wordt bundeling van infrastructuur niet als uitgangspunt gehanteerd. Toch lopen de alternatieve tracés opvallend parallel met plaatselijke tochten en sloten.

In de *Projectnota Westrandweg (1989)* is bundeling van infrastructuur geen uitgangspunt. Toch worden een aantal effecten besproken die in beleidsnota's aan het bundelen worden gekoppeld, met name ruimtebeslag en versnippering. In de nota worden geen gebundelde alternatieven onderzocht, maar wel verbreding van bestaande wegen in het kader van het Nulplusalternatief.

In de *Projectnota Rijksweg 73-Zuid (1993)* is bundeling geen expliciet uitgangspunt, hoewel alle alternatieven en varianten op de Maasover worden getraceerd.

In de *Corridornota Amsterdam-Utrecht (1993)* is bundeling van infrastructuur een centraal thema, hoewel op zich geen sprake is van nieuwe infrastructuur. Wel wordt uitgegaan van verbreding van de bestaande infrastructuren. Uitgangspunt is eerder een bundeling van *verkeersstromen*, een functionele bundeling dus.

In de *Projectnota A35-A36 Zwolle-Almelo (1994)* is bundeling een expliciet uitgangspunt naast andere traceringswijzen en -methoden. Opvallend is dat het bundelingsprincipe zeer

³ MER: Milieueffectrapport, m.e.r.: milieueffectrapportage

genuanceerd wordt behandeld. Enerzijds is er een beperking van versnippering, anderzijds ontstaan er grotere barrières. In een bijlage van die nota is zelfs een uiteenzetting over de algemene en specifieke voor- en nadelen opgenomen.

Hoewel bundeling geen expliciet uitgangspunt is, worden in de *Projectnota Rijksweg 57* (1994) nieuwe tracés (deels) op bestaande wegen getraceerd. Ook in de *Projectnota Rijksweg 61* (1994) en *Projectnota Rijksweg 58* (1995) is bundeling geen uitgangspunt, maar worden nieuwe tracés uitdrukkelijk verworpen als andere oplossingen (verbreding bestaande wegen) mogelijk zijn. Na een korte analyse worden de nieuwe tracés inderdaad verder niet meer onderzocht.

De *Projectnota A4/A16* (1995) gaat ook expliciet uit van bundeling van infrastructuur, hoewel het principe bij sommige tracégedeelten wordt verlaten.

Wat betreft spoorwegen kunnen de volgende studies worden vermeld.

In de *Projectnota Betuweroute* (1992) is bundeling met rijksweg A15 of de bestaande Betuwelijn het enige expliciete uitgangspunt voor de tracering. Er wordt enkel van het principe afgeweken waar geen bestaande infrastructuur aanwezig is en dus niet gebundeld kan worden, met name ter hoogte van het traject door de Sophiapolder.

In de *Nieuwe HSL-Nota* (1994) wordt bundeling van infrastructuur als uitgangspunt gesteld bij de tracering, maar niet als het enige. Ook het bundelen met grenzen van stedelijke gebieden wordt als principe gehanteerd. Opvallend is dat het *niet*-gebundelde alternatief als voorkeurs-tracé is geselecteerd.

Van de *Projectnota ZoRo-lijn* is vooralsnog enkel de startnotitie verschenen (1995). Bundeling wordt niet expliciet genoemd. Toch zijn de tracéalternatieven in belangrijke mate gebundeld, zelfs met de toekomstige HSL. De omwegfactor of totale routelengte lijkt echter een belangrijker criterium voor de keuze van het meest gewenste alternatief.

Ook van de *Projectnota Hanzelijn* is enkel de startnotitie verschenen (1996). Bundeling is het belangrijkste tracersingsuitgangspunt. Vrijliggende alternatieven worden uitdrukkelijk niet onderzocht.

De *Projectnota Internationale spoorverbinding Randstad-Noord-Nederland-Noord-Duitsland* (1994) worden enkel gebundelde alternatieven beschouwd met respectievelijk het Eemskanaal, de autosnelweg A7 en de bestaande spoorlijn. Bundeling wordt ook expliciet als (eerste) uitgangspunt gesteld.

De *Projectnota Noord-Oostelijke Verbinding* (1999) gaat expliciet uit van bundeling van infrastructuur, zowel met bestaande spoor- en snelwegen als met een nog aan te leggen autosnelweg (A15).

Recent zijn enkele projectnota's/MER's over buisleidingen en elektriciteitsvoorzieningen verschenen. Het betreft steeds de tracering over zee. Bundeling is derhalve niet aan de orde. Toch zijn een tweetal MER's over de aanleg van hoogspanningslijnen over land. In het *MER 380 kV-hoogspanningslijn Meeden-Eems* (1993) wordt de wens tot bundelen opgenomen in de hoofddoelstelling. Verschillende manieren tot bundelen op basis van onderlinge afstand worden behandeld. In het *MER 380 kV-hoogspanningsleiding Zwolle-Meeden* (1992) wordt een bundeling met een buisleiding en een bestaande 220 kV-lijn onderzocht. De buisleidingencorridor heeft de voorkeur wegens het gestrekter tracé. De directe winst in milieueffecten wordt nauwelijks behandeld.

Uit dit beknopt overzicht blijkt dat discrepanties kunnen optreden tussen uitgangspunten en de uitwerking tot tracersingsalternatieven. Enerzijds worden gebundelde alternatieven ontwikkeld zonder dat dit als uitgangspunt is gesteld. Anderzijds worden niet gebundelde alternatieven voorgesteld terwijl bundeling als uitgangspunt is gesteld. Bij spoorwegen is bundeling een vaker gehanteerd uitgangspunt.

2.7 Globale verkenning van de bestaande infrastructuur in Nederland

Voor geheel Nederland is een globale scan van de bestaande gebundelde infrastructuur uitgevoerd op basis van kaarten en algemene statistieken. Er is enkel gekeken naar de bundeling van autosnelwegen en spoorlijnen met elkaar of met andere vormen van hoofdinfrastructuur, met name hoogspanningslijnen en waterwegen. De gebundelde trajecten zijn geïnventariseerd op topografische kaarten. Vervolgens is de totale lengte berekend en gerelateerd aan de totale lengte van de respectievelijke infrastructuurnetwerken. Een bundeling is (voorlopig) geoperationaliseerd als de situatie waarbij twee infrastructuurlijnen over een afstand van minstens 1 km in lengterichting op minder dan 300m van elkaar verwijderd zijn. Dit overzicht is weergegeven in Figuur 2-5.



Figuur 2-5: Overzicht snelwegen en spoorlijnen gebundeld met andere hoofdinfrastructuur in Nederland

De mate waarin autosnelwegen met andere infrastructuur gebundeld zijn, is weergegeven in Tabel 2.2.

Tabel 2.2: Overzicht bundeling van autosnelwegen met andere typen hoofdinfrastructuur in Nederland (1997)

| Type infrastructuur waarmee gebundeld wordt | Absolute lengte (km) | % t.o.v. totaal bundeling autosnelwegen (netlengte: 2207 km) | % t.o.v. lengte net |
|---|----------------------|--|---------------------|
| Spoorwegen | 237 | 59,9% | 10,7% |
| Hoogspanningslijnen | 105,5 | 26,7% | 4,8% |
| Waterwegen | 53 | 13,4% | 2,4% |
| Totaal | 395,5 | 100,0% | 17,9% |

In totaliteit blijkt dat 395.5 km van de 2207 km. autosnelweg in een bundeling met andere hoofdinfrastructuur voorkomt, hetgeen een percentage is van 17.9%.

De mate waarin spoorlijnen met andere infrastructuur gebundeld zijn, blijkt uit Tabel 2.3.

Tabel 2.3: Overzicht bundeling van spoorlijnen met andere typen hoofdinfrastructuur in Nederland (1997)

| Type infrastructuur waarmee gebundeld wordt | Absolute lengte (km) | % t.o.v. totaal bundeling spoorwegen (netlengte: 2739 km) | % t.o.v. lengte net |
|---|----------------------|---|---------------------|
| Autosnelwegen | 237 | 58,3% | 8,7% |
| Hoogspanningslijnen | 103 | 25,3% | 3,8% |
| Waterwegen | 66,5 | 16,4% | 2,4% |
| Totaal | 406,5 | 100,0% | 14,9% |

In totaliteit blijkt dat 406.5 km spoorlijn van de 2739 km. totale netlengte gebundeld is met andere hoofdinfrastructuur. Dit komt neer op een percentage van 14.9%.

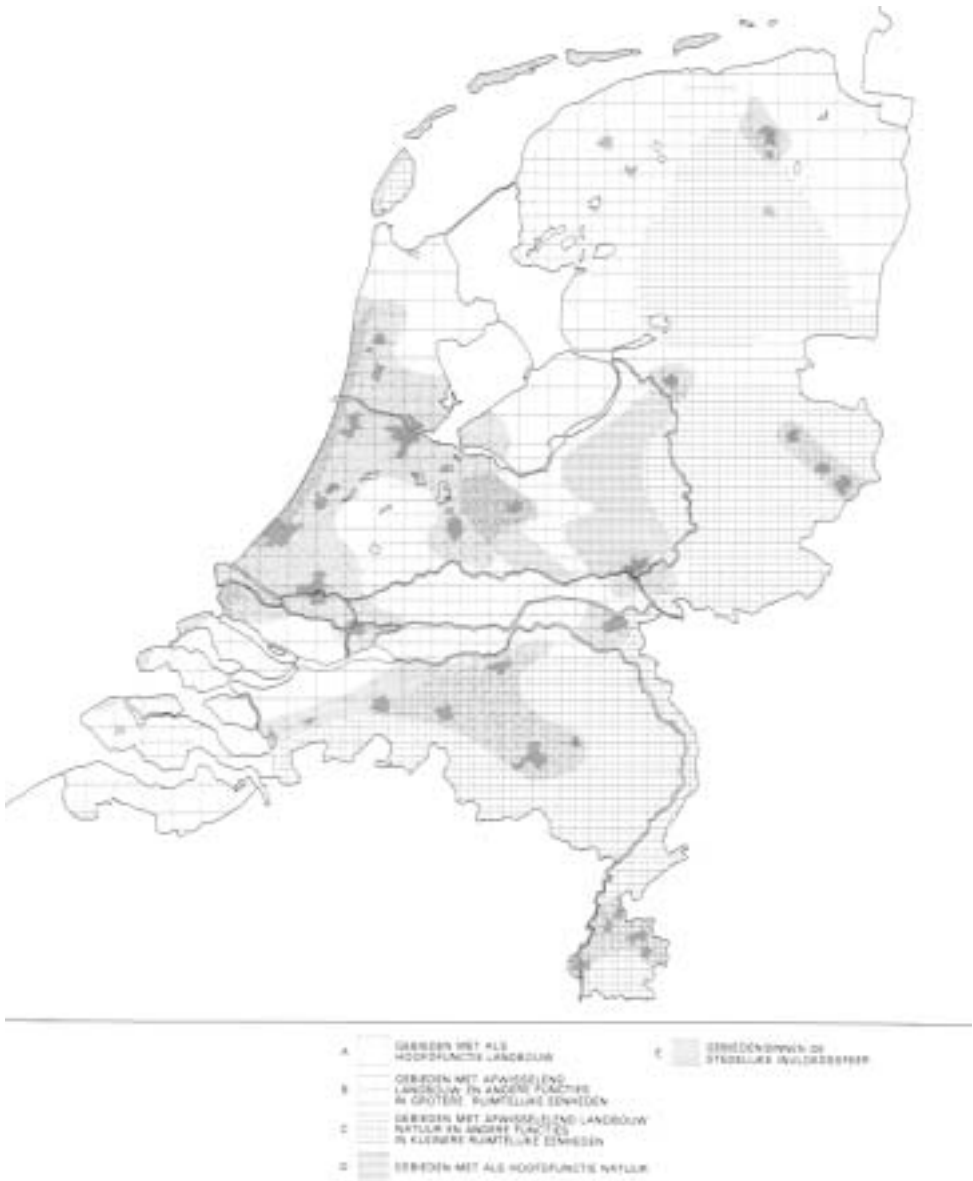
De mate waarin infrastructuur tijdens de laatste decennia is gebundeld, blijkt bovendien eerder af dan toe te nemen. Eind 1973 (het jaartal waarin de autosnelwegen voor het eerst in de statistieken werden opgenomen) was nog ongeveer 20% autosnelwegen in Nederland gebundeld aangelegd. Daarna zien we een lichte terugval in dit percentage. In deze periode is er een sterke groei van de lengte van het autosnelwegennet, maar bundeling neemt proportioneel toch sterk af. Het percentage stabiliseert zich sinds de jaren '90. De evolutie sinds 1973 is weergegeven in Tabel 2.4.

Tabel 2.4: Evolutie mate van bundeling van autosnelwegen in Nederland

| Jaartal | Lengte gebundeld (km) | Lengte totaal aanwezig (km) | Totaal % gebundeld | Gebundeld aangelegd in periode (km) | Toename netlengte (km) | % gebundeld aangelegd |
|---------|-----------------------|-----------------------------|--------------------|-------------------------------------|------------------------|-----------------------|
| 1973 | 248 | 1251 | 20 | voor 1973: 248 | 1251 | 20 |
| 1975 | 294 | 1430 | 21 | 1973-1975: 46 | 179 | 26 |
| 1980 | 313 | 1750 | 18 | 1975-1980: 19 | 320 | 6 |
| 1985 | 330 | 1956 | 17 | 1980-1985: 17 | 206 | 8 |
| 1990 | 362 | 2045 | 18 | 1985-1990: 32 | 89 | 36 |
| 1992 | 374 | 2105 | 18 | 1990-1992: 12 | 60 | 20 |
| 1997 | 396 | 2207 | 18 | 1992-1997: 22 | 102 | 22 |

Hieruit blijkt dat het beleid, zoals verwoord in de 2^e, 3^e en 4^e Nota Ruimtelijke Ordening zich niet direct heeft vertaald in een concrete uitvoering. Ondanks een sterk propageren in deze nota's en de diverse structuurschema's van de jaren '70 en begin '80, blijkt juist in deze periode het percentage nieuwe bundelingen zeer laag te liggen. Het is echter aannemelijk dat het infrastructuurbeleid vanwege de lange besluitvorming en procedures pas veel later geëffectueerd wordt. In dit licht wordt het hogere percentage bundelingen sinds 1985 duidelijk. Het beleidsvoornemen lijkt dus een, zij het geringe, mate van succes te kennen. Men moet wel rekening houden met de in verhouding zeer beperkte toename van de hoeveelheid infrastructuur sinds 1985, zodat deze constatering zeer weinig statistische betrouwbaarheid bezitten. De beleidsvoornemens hebben in geen geval geleid tot een ware trendbreuk in de mate van bundeling van infrastructuur. Ook op basis van de empirie blijkt een discrepantie tussen theorie (beleidsvoornemen) en praktijk (uitvoering van het beleid). Een andere mogelijke, doch niet verder onderzochte verklaring is dat de sterke groei van het autosnelwegennet in de jaren '70 vooral als doel had om echt nieuwe verbindingen en ontsluitingen te voorzien als sociaal-economische impuls. Ooit moet er een eerste vorm van infrastructuur zijn.

Interessant is ook te kijken naar de *locaties* waar infrastructuur gebundeld is, en met name naar het feit of dit verband houdt met het type omgeving. Aangezien de huidige toestand van de infrastructuur grotendeels voortspuit uit het beleid van de jaren '60 en '70, wordt gekeken welke typering van gebieden in dit tijd werd gemaakt. Dit is weergegeven in Figuur 2-6.



Figuur 2-6: Zonering en gebiedstypering in de 3e nota Ruimtelijke Ordening (nota landelijke gebieden)

Vergelijken we Figuur 2-5 met Figuur 2-6, dan is er op het eerste zicht weinig correlatie tussen bundeling van infrastructuur en gebiedstype: zowel in stedelijke, landelijke als natuurgebieden komt gebundelde en solitaire infrastructuur voor en het is met behulp van een “quick scan” onmogelijk te zeggen hoe de precieze verhoudingen liggen. Toch enkele vaststellingen:

- In de Randstad vinden we een groot aantal, doch relatief korte stukken gebundelde infrastructuur tussen de stedelijke gebieden.
- Naar Leeuwarden en Groningen is er een duidelijke streng van gebundelde infrastructuur, voornamelijk door het landelijk gebied.

- In het oosten richting Arnhem en ook naar Hengelo is infrastructuur gebundeld. Bundeling is aanwezig in zowel het landelijk als het stedelijk gebied tussen Almelo, Hengelo en Enschede.
- Ook in Limburg is gebundelde infrastructuur aanwezig, en met name in het stedelijk gebied.
- In Noord-Brabant is infrastructuur nauwelijks gebundeld.

Opvallend zijn ook de relatief korte strengen bundeling. Ter hoogte van stedelijke agglomeraties houdt bundeling nagenoeg altijd op.

Welke conclusies kunnen nu worden getrokken? Op het eerste zicht lijkt het alsof de gebiedstypering weinig of geen invloed heeft gehad op de mate van bundeling. In zekere zin klopt dit ook. Potentiële bundelingsvoordelen (beperking versnippering en milieuoverlast) kunnen zowel in open natuur- en landbouwgebieden als in stedelijke gebieden gelden. Toch moet dit enigszins gerelativeerd worden. In stedelijke gebieden is de infrastructuur veel denser. In zekere zin is de kans groter dat men überhaupt kan bundelen. Bundeling zal door de hoge dichtheid moeilijker zijn, maar een vrij tracé is wellicht nog moeilijker. Toch zien we dat in de uitgesproken natuurgebieden (Veluwe) en de gebieden met afwisselend landbouw, natuur en andere functies (oosten en noorden van Nederland) duidelijke strengen van gebundelde infrastructuur aanwezig zijn. Blijft over: de witte vlek in Noord-Brabant. Mogelijk dat de gecombineerde gebiedstypering (zowel stedelijk gebied als gebied met afwisselend landbouw, natuur en andere functies) een zodanig versnipperd beeld geeft, dat bundeling hier geen duidelijk effect meer heeft. Ook andere aspecten en “toevalligheden” (aanlegtijdstip, fasering, ...) hebben wellicht meegespeeld.

2.8 Verklaringen voor de discrepantie theorie-praktijk

2.8.1 Algemeen

De discrepantie tussen theorie en praktijk of tussen beleidsvoornemen en -uitvoering ten aanzien van bundeling van infrastructuur heeft een aantal mogelijke oorzaken. Een eerste mogelijkheid is dat de (theoretische) voordelen van bundeling systematisch worden overschat en de nadelen worden onderschat. Dit kan zijn diepere oorzaak vinden in een gebrek aan kennis van effecten en beoordelingsmethoden van bundeling van infrastructuur. Tevens is het mogelijk dat de praktische uitwerking tot een gebundeld oplossingsalternatief niet optimaal is. Dit zou dan weer verklaard kunnen worden door een gebrek aan systematiek in het ontwerpproces van gebundelde infrastructuur. Tenslotte kunnen ook diverse subjectieve aspecten ertoe leiden dat alternatieven niet altijd conform (theoretische) eisen en verwachtingen worden ontwikkeld. Deze drie mogelijke verklaringen zullen hierna worden toegelicht.

2.8.2 Gebrek aan kennis van effecten en beoordelingsmethoden

Het gebrek aan kennis van effecten en beoordelingsmethoden manifesteert zich in knelpunten ten aanzien van b.v. de effectbepaling, het onderschatten van onzekerheden en het onderbelichten van criteria (Rietveld, 1993). Volgens Van Alteren (1991) is dit zelfs kenmerkend voor infrastructuur in het algemeen.

Een globaal overzicht van voor- en nadelen van bundeling van infrastructuur is zeer sporadisch te vinden in beleidsnota's en projectstudies. In de Derde Nota Ruimtelijke Ordening (SU, 1975) is sprake van een spanningsveld tussen voordelen op landelijk niveau en de nade-

len op lokaal niveau: door bundeling wordt op landelijk niveau het aantal doorsnijdingen beperkt, maar lokaal (ter hoogte van de bundel) worden effecten gecumuleerd. Dergelijke nuancering komt in andere bronnen en zelfs in andere beleidsnota's en structuurschema's nauwelijks aan bod.

Eén van de meest uitvoerige uiteenzettingen over de materie is die van Arink (1972). Hij vermeldt in een preadvies voor het Nederlandse wegencongres van 1972 een aantal voor- en nadelen van bundeling, maar uit zich enkel in algemene termen en niet situatie-specifiek. Opvallend is de nuancering: naast onmiskenbare voordelen zijn er ook situaties denkbaar dat van bundeling zal moeten worden afgeweken, maar van een concrete beoordelingsmethodiek is geen sprake. De nadelen van bundeling zijn onlosmakelijk verbonden met *cumulatie* van effecten. In de Corridorstudie Amsterdam-Utrecht (NS-V&W, 1993) wordt evenwel expliciet vermeld dat de beoordeling hiervan nog onbekend terrein is.

Met bundeling van infrastructuur zijn een scala van aspecten, voordelen, nadelen, factoren en belangen verbonden die naargelang de situatie kunnen verschillen en die bepalen of bundeling gewenst is. Er ontbreekt een globaal theoretisch kader en een gesystematiseerde analytische aanpak op met dit probleem om te gaan.

2.8.3 Gebrek aan systematiek in het ontwerpproces

Naast de afwezigheid van een theoretisch concept, is ook een gebrek aan een systematiek in het ontwerpen van alternatieven een mogelijke verklaringsgrond. Een gebrek aan dergelijke systematiek leidt mogelijk tot het "vergeten" van alternatieven, het niet meenemen van onbedoelde neveneffecten, het onderbelichten van criteria en een gebrekkige generatie van alternatieven en argumentatie en inperking van keuzeruimten (Van Alteren et al., 1990).

Vooraf het probleem van het vergeten van alternatieven is reëel. Voogd (1993) en Findeisen et al. (1985) stellen dat het onmogelijk is om op één bepaald tijdstip in een projectstudie langs methodische weg alle relevante alternatieven en varianten te onderscheiden.

In het bijzonder hebben grote en technisch ingewikkelde projecten als de aanleg van lijnvormige hoofdinfrastructuur met dit probleem te maken. Voor deze projecten zijn er geen kant en klare oplossingen. Er is tijd nodig voor onderzoek, kosten-batenanalyses, een milieueffectrapportage en een procesontwerp ten behoeve van politieke en maatschappelijke draagvlakvorming (de Bruijn et al., 1996). Dit is een belangrijke oorzaak van vaak langdurige procedures. Dergelijke "traagheid" in de besluitvorming is niet altijd negatief (ingewikkelde vraagstellingen vragen immers veel tijd) en vaak rationaliteitbevorderend. Het gaat dan met name om de benodigde onderzoekstijd. Anderzijds is het versnellen van de procedurele tijd een duidelijke wens van het hedendaags infrastructuurbeleid. In ieder geval moet een te trage of onnodige besluitvorming worden voorkomen (Lambers et al., 1994). Een vertraging wordt mogelijk veroorzaakt door juridische en maatschappelijk-politieke procedures⁴, maar wellicht ook door een gebrekkige systematiek bij het zoeken naar kansrijke oplossingen. Vooral de fasering bij de ontwikkeling van de alternatieven zou wel eens cruciaal kunnen zijn. Volgens ten Heuvelhof (1998) dienen alternatieven eerst op hoofdlijnen te worden vastgelegd, om vervolgens in detail te worden ingevuld.

Wanneer een aantal concrete tracéstudies worden beschouwd, valt op dat nauwelijks sprake is van een traceringsmethodiek. Bij de Projectnota/MER *Noordelijke Randweg Haagse Regio (NORAH)* (V&W, 1993) wordt enkel het in 1956 vastgesteld tracé getoetst. Hoewel ondertussen nog andere tracés zijn onderzocht, zijn deze op basis van een verkenning van het realiteitsgehalte niet meer in de uiteindelijke projectnota meegenomen. Op voorhand bleken deze ingrijpende negatieve effecten te hebben voor natuur en landschap en in strijd te zijn met het

⁴ Zie in dit verband het ontstaan van de Tracéwet en de zgn. NIMBY-wet. Zie ook Lambers et al., 1994.

uitgewerkte beleid voor het gebied. Over de wijze waarop de tracés tot stand zijn gekomen wordt niets vermeld.

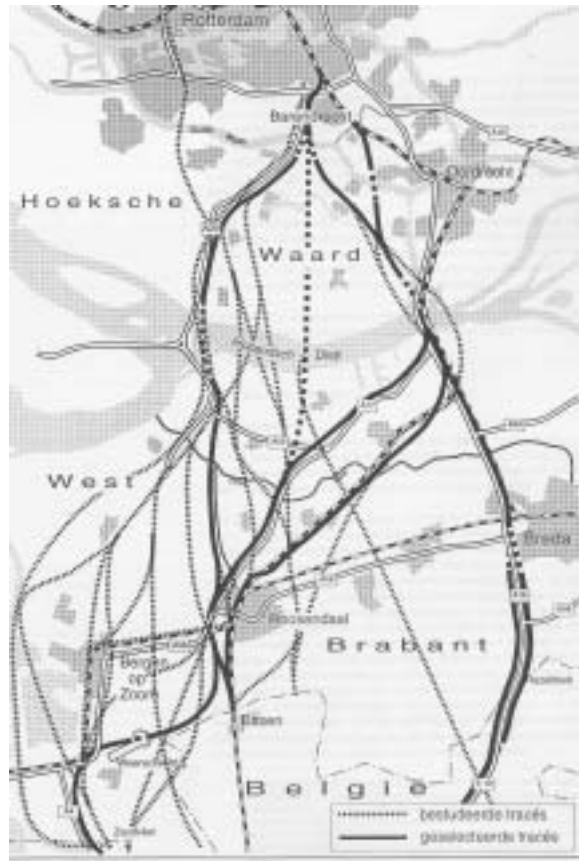
In de *Projectnota/MER voor Rijksweg 73-Zuid* (RWS, 1993) worden diverse mogelijke alternatieven naar voren gebracht, maar een methodiek wordt niet beschreven. Voor de autosnelwegalternatieven wordt uitgegaan van de realisering van een autosnelweg op één van beide oevers van de Maas. Mogelijk dat dit de oplossingsruimte dermate beperkte dat men een aanvullende methode niet opportuun achtte.

Ook in de *Projectnota/MER A50* (V&W, 1991) is geen specifieke traceringsmethodiek gehanteerd. In de nota wordt aangegeven: “De traceringsvarianten zijn enerzijds tot stand gekomen op grond van algemene uitgangspunten met betrekking tot ruimtelijke ontwikkelingen en belemmeringen vanuit natuur en landschap. Anderzijds zijn varianten ontstaan op grond van de inspraakprocedure voor de Startnotitie en wensen van lokale overheden”.

Bij de *Projectnota/MER Betuweroute* is geen expliciete ruimtelijke inpassingsmethodiek gebruikt. Het in diverse beleidsnota's aanvaarde en gepropageerde bundelingsprincipe is als enige traceringsmogelijkheid gebruikt, wellicht om het van meet af aan discutabele project niet verder in vraag te stellen. Het is overigens wel zo dat voor de Betuweroute en zowat alle andere projecten een technische traceringsmethode wordt gebruikt die gebaseerd is op het te gebruiken horizontaal en verticaal alignment.

Bij de *Nieuwe HSL-Nota* zijn de tracés via een viertal stappen (scenario's, vervoersalternatieven, tracébundels en tracévarianten) ontwikkeld. Dit lijkt zeer zorgvuldig en systematisch te zijn gebeurd, te meer omdat in deelrapport 4 (Verkenning van de tracévarianten) expliciet uitgangspunten voor de tracering zijn geformuleerd.

Toch zijn er afwijkingen van het bundelingsprincipe, deels omdat sommige alternatieven zelfs niet aan de uitgangspunten voldoen. Het duidelijkst is dit bij de zogenaamde Benelux-variant: dit tracé wordt strak gebundeld met de huidige A4 tot Den Haag en met de toekomstige A4 door Midden-Delfland, maar Rotterdam CS wordt niet bediend, hoewel dit juist een uitgangspunt was. Bij nader inzien is de ruimtelijke inpassing in de praktijk dus niet systematisch en efficiënt verlopen. Het ontwikkelen van tracés die niet aan de uitgangspunten of randvoorwaarden voldoen en die nadien om deze reden worden weggelaten, lijkt het ontwikkelings- en keuzeproces alleen maar te bemoeilijken. Ook bij de tracés ten zuiden van Rotterdam (Figuur 2-7) is een omvangrijk aantal niet gebundelde tracés



Figuur 2-7: Alle ooit bestudeerde HSL-tracés ten zuiden van Rotterdam (PB-HSL, 1994)

onderzocht, hoewel bundeling van infrastructuur als uitgangspunt is gesteld. Het onderzoeken van een dergelijk groot aantal alternatieven is niet efficiënt. Er dreigt dezelfde fout als in de eerder verschenen HSL-Nota, waar de alternatieven, mogelijk als gevolg van het te grote aantal, te beperkt zijn uitgewerkt (Visser et al., 1991).

Uit dit beknopt overzicht blijkt dat van een algemeen aanvaarde en toegepaste ruimtelijke inpassingsmethodiek nauwelijks sprake is. De gebruikte traceringsmethodiek wordt vooral vanuit technische invalshoek (ontwerpsnelheid en het daaruit volgende horizontaal en verticaal alignment) ingegeven. Het aanreiken van een inpassings- of bundelingsmethodiek zou een leemte in de bestaande praktijk kunnen opvullen.

2.8.4 Subjectieve en politieke aspecten

De discrepantie tussen theorie/beleid en praktijk/uitvoering betreffende bundeling van infrastructuur wordt niet enkel veroorzaakt door inhoudelijke factoren en procedures. Oplossingen voor een probleem worden altijd beoordeeld vanuit verschillende doelen. Deze doelen worden behartigd door verschillende actoren in het netwerk. Door steun toe te zeggen geven ze aan welke voorstellen ze vanuit hun belang als gunstig beoordelen (Teisman, 1992). Het leveren van kritiek is een manier om de voorgestelde oplossing aan te passen in een richting die meer recht doet aan hun doelstellingen. Dergelijke werkwijze heeft zondermeer het grote voordeel dat de sterke en zwakke kanten van mogelijke oplossingen worden geëxpliciteerd. De uiteindelijke oplossing is dan het resultaat van een onderhandelingsprocedure tussen verschillende rationaliteiten met als resultaat intersubjectiviteit of een consensus.

Tevens moet worden geconstateerd dat de waarden en normen van het beleid dynamisch zijn. Veranderende normen en waarden, vooral ten aanzien van milieubescherming, hebben ertoe geleid dat politieke standpunten zijn gaan verschuiven. Het gevolg hiervan kan o.a. zijn dat reeds vastgestelde tracés worden heroverwogen (Van Alteren et al., 1990). Een oplossing heeft dus nooit een absolute waarde.

De genoemde aspecten betreffen in feite de proceszijde van de infrastructuurplanning. Aangezien dit proefschrift zich concentreert op de inhoudelijke aspecten, zullen deze procesaspecten niet meer expliciet worden meegenomen. Het belang van dergelijke aspecten wordt echter duidelijk onderkend. Ze zijn een belangrijke reden om de ontwikkeling van gebundelde tracé-alternatieven te objectiveren. Een systematiek kan een bijdrage leveren aan deze objectivering doordat dit de helderheid, traceerbaarheid en de verdedigbaarheid van het zoekproces naar oplossingen vergroot (Geest et al., 1996).

2.9 Probleem- en taakstellingen van het onderzoek

Bundeling van infrastructuur is een planningsconcept voor het aanleggen van infrastructuur dat in principe versnippering, ruimtebeslag en milieuhinder kan beperken. De uiteenzetting in een aantal beleidsnota's onderstreept dat het beleidsmatig een kansrijk concept is.

Toch blijkt uit een globaal overzicht van enkele projectstudies en de Nederlandse praktijksituatie dat van de toepassing soms wordt afgeweken of niet altijd het gewenste effect wordt bereikt. Naast algemeen aanvaarde voordelen zijn er situaties die er toe kunnen leiden dat een gebundeld tracé uitdrukkelijk niet wordt verkozen, zelfs als het bundelen als uitgangspunt is gesteld.

Deze vaststellingen leiden tot de volgende probleem- of vraagstelling:

Wat zijn de kansen, beperkingen, voor- en nadelen van het planningsconcept “bundeling van infrastructuur” en welke systematische aanpak kan in de praktijk worden gehanteerd ter ondersteuning van plan- en besluitvorming op dit terrein?

Teneinde de probleemstelling te kunnen aanpakken kunnen de volgende concrete taakstellingen worden geformuleerd:

- de analyse van het planningsconcept om te komen tot een nadere definiëring en een inzicht in de verschijningsmogelijkheden, voorwaarden en effecten
- de ontwikkeling van een systematische aanpak voor toepassing in de praktijk
- evaluatie van sterkten en zwakten aan de hand van een concrete situatie

2.10 Structuur verder onderzoek

De probleemverkenning, -analyse en -stelling leidt tot een tweeledig onderzoek. Enerzijds wordt onderzoek verricht naar de *theoretische waarde* van bundeling van infrastructuur, gericht op het ontwikkelen van een conceptueel kader. Dit wordt ingegeven door de vaststelling dat een dergelijk theoretisch concept nog niet aanwezig is. Anderzijds wordt onderzoek verricht naar de *praktische waarde* van bundeling van infrastructuur, gericht op de ontwikkeling van een systematiek of aanpak om het concept in concrete situaties te kunnen toepassen. De systematiek betreft een methodische vertaling van het conceptueel kader.

Het conceptueel kader wordt vanuit een drietal invalshoeken ontwikkeld. Eerst worden de factoren geanalyseerd die tot een bundeling kunnen leiden of dit juist kunnen bemoeilijken. Op deze manier wordt een volledig beeld verkregen van de *kansen en voorwaarden* (onderliggende factoren) van bundeling en daardoor ook van de (theoretische) kansen van het planningsconcept. Vervolgens wordt een verkennende studie uitgevoerd naar de verschijningsvormen of de “bouwstenen” van bundeling van infrastructuur. Dan worden *effecten* van bundeling geanalyseerd en kunnen ook de diverse verschijningsvormen indicatief worden beoordeeld. Tenslotte wordt ingegaan op het traceringsproces van infrastructuur en bundeling in het bijzonder.

Dit onderzoek gebeurt vooral op basis van bestaande infrastructuurtheorieën. Tevens wordt dit geconfronteerd met praktijkonderzoeken die vooral dienen als illustratie of toetsing van de theorieën en hypothesen.

Voor de ontwikkeling van een praktijkaanpak wordt bekeken of het theoretisch concept in een concrete praktijkaanpak of ontwerpsystematiek kan worden vertaald en kan worden geoperationaliseerd. Ten slotte wordt de ontwikkelde aanpak toegepast op een concrete situatie.

3. BUNDELINGSVOORWAARDEN

3.1. Inleiding

In hoofdstukken 1 en 2 zijn impliciet een aantal overwegingen voor het bundelen van infrastructuur naar voren gekomen. Bundeling wordt in vrijwel elke recente beleidsnota inzake ruimtelijke ordening of lijninfrastructuur gepropageerd. Toch valt de genuanceerdheid op, niet alleen in de praktijk, maar ook in de beleidsnota's zelf. Blijkbaar heeft bundeling van infrastructuur niet alleen voordelen, maar ook nadelen. Misschien zijn er specifieke condities waaronder het concept tot zijn recht komt.

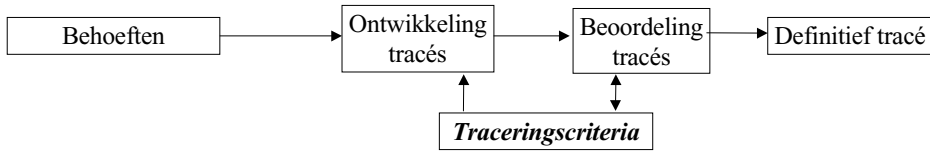
In diverse bronnen (o.a. beleidsnota's en tracéstudies) komen een aantal specifieke overwegingen ten aanzien van het bundelen naar voren. Tot nog toe is enkel een beperking van nadelige (omgevings)effecten, met name versnippering, als argument naar voren gekomen, maar is er meer. Arink (1972) meldt dat bundeling soms *technisch noodzakelijk* is, zoals het aloude voorbeeld van de trekvaart en het jaagpad. Recent is ook de wens of noodzaak verschillende bestemmingen multimodaal te verbinden een argument om infrastructuur te bundelen.

Er zijn dus argumenten die dieper gaan dan een loutere vermindering van de negatieve effecten. Het gaat in wezen over de gewenste functionaliteit en ruimtelijke potenties van bundeling. Daarom wordt in dit hoofdstuk het bundelingsconcept benaderd vanuit de algemene traseringstheorie en vergeleken met andere traseringsvormen. Hieruit kunnen algemene traserings- en bundelingsvoorwaarden worden gedestilleerd die een verklaring geven voor de kansen en beperking van het bundelingsconcept. Tevens wordt de ontwikkelde theorie geïllustreerd aan de hand van het ontstaan van de bundel rond rijksweg 200 te Halfweg.

3.2. Traceringscriteria

3.2.1. Algemeen

Tracés van lijnvormige infrastructuur ontstaan op basis van diverse criteria. Deze zijn te kenmerken als vooraf gestelde *beperkingen* bij de ontwikkeling van de tracés. Deze beperkingen zijn noodzakelijk, omdat anders het aantal mogelijke oplossingen te groot wordt. Deze criteria zijn tevens *uitgangspunten* voor een ontwerpvragestuk. Door ze te formuleren maakt de ontwerper een denkbeeldige reis door de probleemruimte (Boekholt, z.j.). In een later stadium worden de ontwikkelde oplossingen aan deze criteria getoetst. Deze relatie is schematisch voorgesteld in Figuur 3-1.



Figuur 3-1: Plaats van de traceringscriteria bij het ontwikkelen van tracés

3.2.2. Een literatuuroverzicht

Diverse bronnen onderkennen criteria voor het traceren van infrastructuur, variërend van een beperkte set gericht op het vermijden van omgevingsproblemen en het zoveel mogelijk tegemoet komen aan het eigen functioneren, tot een nieuwe set gericht op integrale planning waarbij ook potenties en bereikbaarheidsaspecten worden betrokken.

Reeds in de eerste helft van deze eeuw werd vanuit de Franse literatuur (Roux, 1924) aangegeven dat het traceren van infrastructuur neerkomt op het tegemoetkomen aan vier noodzakelijke voorwaarden, met name gebruiksgemak, veiligheid, snelheid en rendabiliteit. Wanneer bekend is welk de te bedienen punten zijn, ligt de globale richting van het tracé vast. Onteigeningen dienen zoveel mogelijk te worden vermeden en rechtvaardigen in beperkte mate een langere route. Opmerkelijk is dat wordt ingegaan op het bundelen van infrastructuur. Het traceren van een nieuwe weg wordt meestal gedaan ter vervanging van een oude. Indien de richting en de globale ligging dezelfde zijn, kunnen ze misschien hetzelfde tracé volgen, op voorwaarde dat ze verenigbaar zijn qua horizontaal en verticaal alignment.

Ook Wehner et al. (1979) ziet het traceren voornamelijk als het zoveel mogelijk ontwijken van dwangpunten of gevoelige gebieden. De traceringscriteria zijn dus in eerste instantie van externe of constructieve aard. Ze geven bovendien enkel aan waar infrastructuur *niet* mag worden aangelegd. Van positieve traceringscriteria (leg de nieuwe infrastructuur bij voorkeur aan nabij ...) is geen sprake. Wel worden criteria vermeld waarmee de ontwikkelde tracés kunnen worden beoordeeld, die als zodanig impliciet wel als uitgangspunten of traceringscriteria dienst doen. Hiertoe worden b.v. de routelengte, het aantal te bouwen kunstwerken, het aantal te slopen gebouwen en het grondgebruik gerekend.

In een studie naar de landschappelijke inpassing van hoogspanningslijnen wordt door CEMAGREF (1988) een globale methodische aanzet via een multicriteria-analyse gegeven. In ieder geval dienen de criteria omgeving, economie en techniek te worden betrokken. Elk criterium zou onderworpen moeten worden aan een aparte studie en zou moeten uitmonden in een gevoeligheidskaart specifiek voor dat criterium. Synthese van de gevoeligheidskaarten leidt tot alternatieve mogelijkheden. Mogelijke conflicten tussen criteria worden expliciet onderkend.

Specifiek voor de trasering, vormgeving en inpassing van Nederlandse auto(snel)wegen zijn de ROA/RONA-richtlijnen opgesteld (RWS-DVK, 1992). Deze richtlijnen zijn zeer gedetailleerd en uitgebreid voor wat betreft de technische trasering, maar vrij beperkt ten aanzien van de ruimtelijke inpassing. Opvallend is dat ze worden opgevat vanuit de *automobilist*. Aandachtspunten met betrekking tot minimalisering van de omgevingshinder komen niet aan bod. Zelfs het onderdeel “wegbeeld en landschap”, dat een zelfstandig en afzonderlijk deel van de richtlijnen is, wordt behandeld in functie van de beleving en het rijgedrag van de automobilist. Deze beperktheid kan wel worden verklaard doordat de richtlijnen een operationeel karakter hebben en dienen te kaderen in het algemene beleid voor de aanleg en trasering van infrastructuur, zoals verwoord in het facet- en sectorbeleid.

Tot de meer omvattende benaderingen kan de bijdrage van van Wisselingh et al. (1952) worden gerekend. Hij houdt niet enkel rekening met ruimtelijke potenties, maar vermeldt tevens een scala aan aandachtspunten. Er moet een goede aansluiting worden verkregen met in de streek aanwezige bevolkingscentra, industriegebieden, recreatieoorden, enz. Er moet worden gelet op de gesteldheid van de bodem op zodanige wijze dat de aanlegkosten van de weg zo laag mogelijk worden. Het tracé moet zodanig worden gekozen dat een minimum aan grondverzet nodig is, zonder dat toelaatbare hellingen worden overschreden. Het tracé moet zo weinig mogelijk grond versnipperen en zo min mogelijk schade toebrengen aan agrarische en andere bedrijven. Er moet rekening worden gehouden met het natuurschoon. Tenslotte moeten kruisingen met rivieren, kanalen, spoorwegen, enz. uit kostenoverwegingen zo haaks mogelijk gebeuren.

Een dergelijke brede waaier aan uitgangspunten wordt ook gevolgd door Alexander et al. (1962) bij de ontwikkeling van een methode om het tracé van snelwegen te bepalen. Een 26-tal input-criteria worden gehanteerd die als uitgangspunten of traseringscriteria kunnen worden gekenmerkt. Ze zijn zeer uiteenlopend van aard en variëren van aanlegkosten, gebruikerskosten, reistijd, geluidhinder tot lokale bereikbaarheid, enz.

Een breed scala is ook ontwikkeld door O’Flaherty (1974). Zijn “*Principles of highway location*” kunnen derhalve gekenmerkt worden als *traseringscriteria*. Zo wordt b.v. gesteld dat de boogstralen beperkt moeten worden gehouden, dat de snelweg zover mogelijk van begraafplaatsen, gebedsplaatsen, ziekenhuizen, scholen en speelterreinen verwijderd moet blijven; dat moerassen, veengebieden en andere lager gelegen gebieden die onderhevig zijn aan overstroming vermeden moeten worden en dat de snelweg zoveel mogelijk langs grote parkeerterreinen in stedelijke gebieden gesitueerd moet worden. Uitdrukkelijk wordt vermeld dat de lijst niet volledig is en dat de principes elkaar kunnen tegenspreken. In de praktijk wordt de tracékeuze bepaald door het beste compromis tussen de verschillende criteria. Opvallend is dat één specifiek criterium uitdrukkelijk ingaat op het bundelen van infrastructuur. Er wordt gesteld: “*Situeer de nieuwe snelweg in landelijke gebieden zoveel mogelijk langs bestaande snelwegen, opdat de aantasting van landbouwgrond tot een minimum beperkt zou blijven en om de aanleg- en onderhoudskosten tot een minimum te beperken*”.

3.2.3. Systematisering traseringscriteria

De behandelde traseringscriteria lijken zeer eclectisch en ongestructureerd, zeker voor wat betreft de ruimtelijke inpassing. De onvolledigheid, de onderlinge wisselwerking en de tegenstrijdigheden in de lijst wordt door een aantal auteurs onderkend, maar niet verder gespecificeerd, zodat b.v. een rangorde van belangrijke en minder belangrijke criteria niet is ontwikkeld. Structuur en onderscheid kan worden aangebracht op basis van de verschillende *typen effecten* die de infrastructuur met zich meebrengt, indien deze wordt aangelegd volgens het betreffende criterium. In een poging deze effecten te structureren, komt men tot een drietal klassen. Deze indeling wordt ook expliciet gemaakt door Taylor et al. (1997):

1. *Klasse 1: functionele of interne traceringscriteria*

Een aantal criteria zijn gebaseerd op het zo goed mogelijk laten functioneren van de infrastructuur zelf. Dit leidt er o.a. toe dat de tracering zo goed mogelijk moet aansluiten bij de wenslijnen van het verkeer, dat bochten zoveel mogelijk moeten worden voorkomen, dat zichtafstanden moeten worden gerespecteerd, enz. De ROA/RONA richtlijnen zijn hiervan het duidelijkste voorbeeld. Dit betreft de *functionele of interne effecten*. De *gebruiker* staat centraal.

2. *Klasse 2: externe traceringscriteria*

Een aantal criteria zijn gebaseerd op het zo veel mogelijk beperken van de omgevingseffecten. Dit leidt er o.a. toe dat hoogontwikkelde gebieden moeten worden ontzien, dat de snelweg zo ver mogelijk van begraafplaatsen, scholen en ziekenhuizen moet worden gelegd, enz. Dit zijn de *externe effecten*. De *omgeving* staat centraal¹.

3. *Klasse 3: constructieve traceringscriteria*

De meeste criteria zijn gericht op een zo goedkoop en gemakkelijk mogelijke constructie en onderhoud van de infrastructuur. Dit leidt ertoe dat b.v. andere infrastructuur onder een zo recht mogelijke hoek gekruist moet worden, dat rekening moet worden gehouden met de aard van de ondergrond, het reliëf, enz. Dit zijn de *constructieve effecten*, vaak vertaald in kosten. De *bouwhaar* staat centraal.

In de volgende paragraaf zal worden nagegaan of deze driedelige inhoudelijke of effectentypologie kan worden gekoppeld aan een morfologische typologie waartoe ook bundeling behoort.

3.3. Morfologische systematisering: van traceringscriteria tot traceringsprincipes

3.3.1. Algemeen

Bij de traceringscriteria wordt bundeling van infrastructuur gezien als een middel of plaatskeuze-strategie om bepaalde effecten te bereiken. Aangezien bundeling een zeer duidelijke vormelijke herkenbaarheid bezit, kan het worden gezien als een vormelijk of morfologisch principe.

Op basis van de vorige typologie, die als een *effectentypologie* kan worden gekenmerkt, kan een morfologische typologie van traceringscriteria worden ontwikkeld, waarbinnen bundeling van infrastructuur verder ge-positioneerd kan worden. Dit moet een verdere analyse van de ontwikkelingsmogelijkheden en de uiteindelijke kansen van het principe mogelijk maken.

Een zeer globale morfologische driedeling in traceringsprincipes die alle criteria omvat, is de rechte lijn, de vrije tracering en de bundeling. Deze typen worden in de volgende paragrafen verder besproken op hun ontstaansgronden, globale en verwachte effecten en realiteitswaarde.

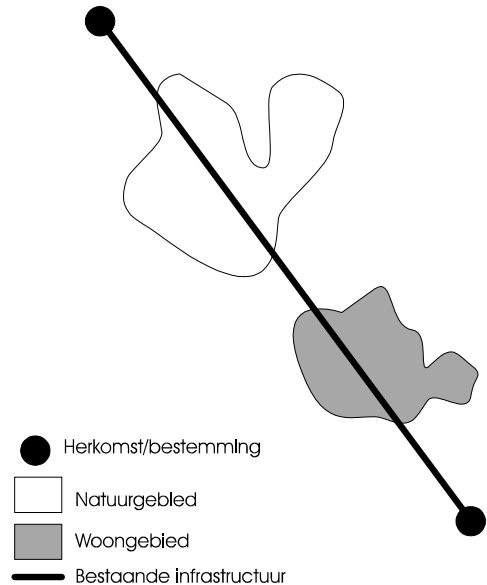
¹ Het onderscheid tussen interne en externe effecten is o.a. gemaakt door Korsmit et al., 1982.

3.3.2. De rechte lijn

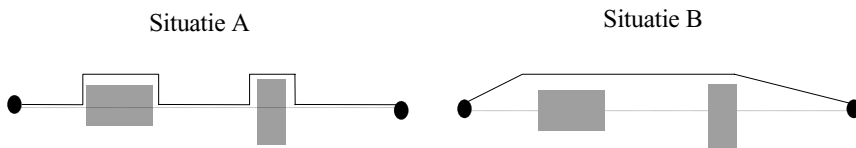
Wanneer enkel de optimalisering van de *interne* effecten als uitgangspunt wordt genomen bij het traceren van infrastructuur, zal dit leiden tot de kortste route en dus tot een gestrekt tracé of een rechte lijn tussen de herkomst- en bestemmingspunten of de knooppunten in het betreffende netwerk. De basisfilosofie is dat de optimalisatie van het eigen functioneren (snelheid en eigen veiligheid) centraal staat.

Indien de omgeving homogeen zou zijn, zouden ook de constructiekosten en de omgevingseffecten in beginsel optimaal zijn: de kortste route is dan ook het goedkoopst en externe effecten worden over een beperkt gebied veroorzaakt. Het veronderstellen van een homogene omgeving is evenwel niet realistisch.

Het toepassen van dit principe heeft een aantal nadelen. Vooreerst wordt geen rekening gehouden met gebieden met een specifieke gevoeligheid voor externe en/of constructieve effecten (TUD, 1997). Wanneer enkel dit principe wordt toegepast ontbreekt een referentiekader voor externe en constructieve effecten. Er is evenmin een bewijs voor een integraal betere oplossing (CEMAGREF, 1988). Tevens geldt dat de rechte lijn zelfs voor de gebruiker, en met name voor autoverkeer, niet altijd de meest gewenste vorm is, aangezien aandachtsverslapping optreedt en de veiligheid negatief wordt beïnvloed (o.a. van Wisselingh et al., 1952; RWS-DVK, 1992). Tenslotte geldt dat, wanneer men zoveel mogelijk vasthoudt aan de rechte lijn en enkel lokale knelpunten omzeilt, de totale afstand uiteindelijk hoger zal liggen. Dit is weergegeven in Figuur 3-3. Situatie B heeft in dit voorbeeld de kortste route (CEMAGREF, 1988).



Figuur 3-2: Schets traceringsprincipe volgens de rechte lijn



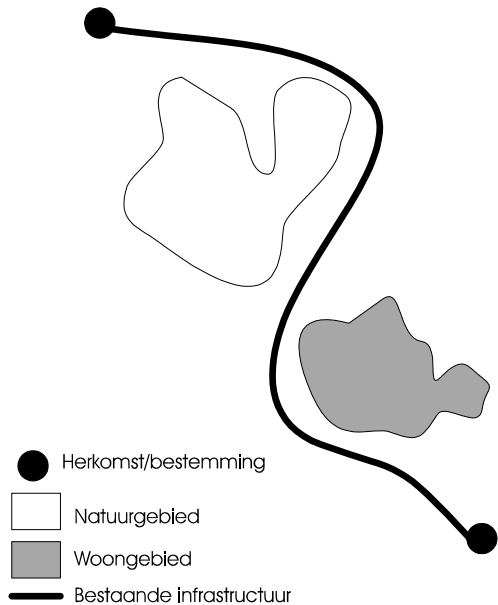
Figuur 3-3: Zoveel mogelijk volgen versus “strategisch” afwijken van de rechte lijn

De rechte lijn kan immers gekenmerkt worden als een “gedwongen” traceringsprincipe omdat er in principe maar één kortste verbinding is. Probleemgebieden op de rechte route tussen herkomst- en bestemmingspunt worden doorkruist. De uiteindelijke en globale effecten kunnen daarom negatiever zijn dan bij andere traceringsprincipes.

3.3.3. De vrije tracering

In tegenstelling tot het traceren via een rechte lijn, kan men een tracé ook om probleemgebieden heen leiden. Hierdoor worden de specifieke omgevingsgebonden *constructieve en/of externe* problemen zoveel mogelijk ontzien. Dergelijke problemen kunnen zich o.a. voordoen bij bevolkingsconcentraties, waardevolle (natuur)gebieden, alsook in reliëfrijke gebieden. Dit zal veelal leiden tot een grillig tracéverloop waarbij de technische eisen qua horizontaal en verticaal alig-nement de belangrijkste beperking vormen. De tracering ligt niet vast, aangezien de specifieke kenmerken van de omgeving het uitgangspunt voor het tracé vormen. Bovendien kunnen de probleemgebieden op verschillende manieren worden vermeden. Men zou dit een *vrije tracering* kunnen noemen.

Aanleg van infrastructuur volgens dit principe houdt een tweetal grote bezwaren in zich. Ten eerste bestaan er bij dit principe oneindig veel keuzemogelijkheden. Deze kunnen verlamdend werken op het keuzeprocess. Uitgaande van het gegeven dat men onderweg hoe dan ook allerlei functies tegenkomt, moet worden beslist welke men wel en niet ontziet. Bij een vrije tracering zijn er legio alternatieven waarbij de sloop van woningen, aantasting van natuurgebieden en het ingrijpen in economisch functioneren tegenover elkaar staan. Ten tweede ontstaan door het grillig tracéverloop omwegen tussen de herkomst- en bestemmingspunten. De interne effecten zijn niet optimaal gediend.



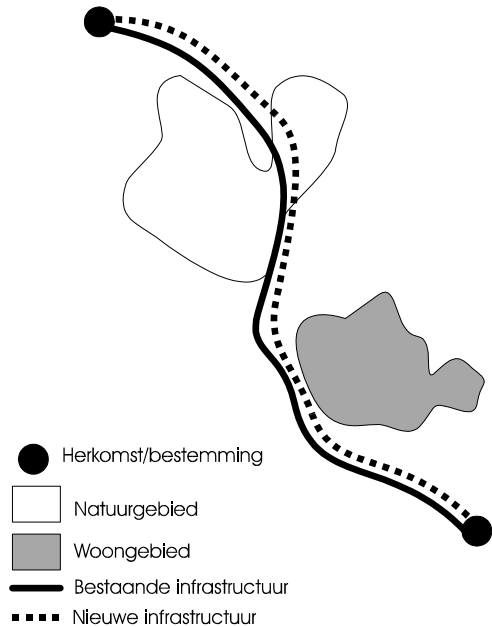
Figuur 3-4: Schets vrije tracering

3.3.4. Bundeling van infrastructuur

Naast het traceren van de kortst mogelijke verbinding en een verbinding die externe en constructieve problemen ontziet, kunnen nieuwe infrastructuurlijnen naast elkaar worden aangelegd. Achterliggende gedachte is dat door het bijeen brengen van diverse infrastructuurlijnen een reeks van ongewenste effecten kan worden beperkt en/of gewenste effecten kan worden versterkt.

Uit de uiteenzetting over de tracering van oude infrastructuur in hoofdstuk 2 is gebleken dat een scala van argumenten tot een bundeling kan leiden, gaande van een technische of functionele noodzaak, economische voordelen of het beperken van de omgevingshinder. Zowel *interne*, *externe* als *constructieve* effecten kunnen vertegenwoordigd zijn. Bundeling van infrastructuur gaat dus niet uit van één bepaald type effect, maar poogt door het bijeen brengen van verschillende lijnen diverse typen effecten (indirect) positief te beïnvloeden.

Zoals de rechte lijn is bundeling een “gedwongen” traceringsprincipe. De situering ligt in principe vast, namelijk in de buurt van een andere infrastructuurlijn. Men heeft niet de keuze om eventuele probleemgebieden langs de bestaande infrastructuur te mijden. Langsliggende objecten en installaties moeten worden gepasseerd (zie o.a.: Lévy et al., 1995).



Figuur 3-5: Schets traceringsprincipe van de bundeling

3.3.5. Synthese: relatie effecten-traceringsprincipes

Kenmerk van de morfologische typologie is de grote mate van abstractie: de verschillende overwegingen die tot een tracékeuze kunnen leiden worden teruggebracht tot een beperkt aantal typen. De typologie is morfologisch omdat de traceringsprincipes worden onderscheiden op basis van hun fysieke verschijningsvorm. Een rechte lijn, vrije tracering en bundeling duiden immers op het fysieke voorkomen dat op zijn beurt gebaseerd is op de verschillende typen effecten.

Het principe van de rechte lijn laat zich leiden door de eisen en wensen die de gebruiker stelt. Het biedt de kortste en snelste route. Het is derhalve direct gericht op de *interne* effecten en dus op een minimalisering van de exploitatiekosten. De externe en/of constructieve effecten zijn ondergeschikt.

De vrije tracering is gebaseerd op omgevingseisen en wensen, weliswaar binnen de marges van de eigen traceerbaarheid. Het is direct gericht op de *externe en/of constructieve* effecten en dus minimalisatie van de indirecte en/of directe aanlegkosten. De interne effecten zijn ondergeschikt.

Het bundelen van infrastructuur tenslotte laat zich in beginsel leiden door de aanwezigheid van overige infrastructuur. Het is dus niet direct gericht op een optimalisatie van interne, externe of constructieve effecten. Wel tracht men dit indirect te bereiken door infrastructuur samen te voegen. Waar bij een rechte lijn en een vrije tracering respectievelijk de interne en externe/constructieve effecten zo goed mogelijk worden gediend, is dit voor een bundeling allerminst het geval. Bij bundeling van infrastructuur worden de effecten in het beste geval *indirect* geoptimaliseerd. Mogelijk vindt zelfs geen optimalisatie plaats. Dit is samengevat in Tabel 3-1.

| <i>Tabel 3-1: Traceringsprincipes en de relatie met de typen effecten</i> | | | |
|---|---------------------------------------|---------------------------------------|---|
| Traceringsprincipe Type effect | Rechte lijn | Vrije tracering | Bundeling van infrastructuur |
| Interne effecten (routelengte-reistijd) | Directe optimalisatie zeker succes | In beginsel geen relatie | Indirecte optimalisatie onzeker succes |
| Externe effecten | In beginsel geen relatie | Directe optimalisatie zeker succes | Indirecte optimalisatie onzeker succes |
| Constructieve effecten | In beginsel geen relatie | Directe optimalisatie zeker succes | Indirecte optimalisatie onzeker succes |

Zowel de vrije tracering als de tracering volgens de rechte lijn zijn de meest “natuurlijke” traceringsprincipes. Ze zijn immers direct en enkel gericht op de optimalisatie van een bepaald type effecten, waarbij de overige effecten hoogstens als marge gelden.

Voor het bundelen van infrastructuur geldt dit allerminst. Door het bundelen worden verschillende infrastructuren samengevoegd om langs deze weg zowel interne, externe als constructieve effecten te optimaliseren. Er is geen directe koppeling tussen plaatskeuze van de infrastructuur en de effecten. Dit heeft een tweetal consequenties. Door de indirecte relatie tussen tracering en type effecten is het moeilijk in te schatten welke effecten zich precies zullen voordoen. Bovendien is er een duidelijke afweging noodzakelijk tussen interne, externe en constructieve effecten. Sprekend in dit verband is de uiteenzetting van de Boer (1971): *“Tegevoerd een planologisch verantwoord tracé kan vanuit het facetbelang altijd een ander gesteld worden dat financieel en technisch gunstiger ligt. Natuurlijk kunnen wegen, pijpleidingen en hoogspanningslijnen die rechtstreeks door natuurgebieden, waardevolle landschappen en (potentiële) recreatiegebieden zijn ontworpen in aanleg of exploitatie goedkoper blijken dan tracés die deze gebieden ontzien, of tracés in transportzones en leidingenstraten. Maar bij de kostenvergelijking wordt dan steeds over het hoofd gezien welke schade aan natuur, landschap en recreatiemogelijkheden wordt toegebracht.”*

De drie traceringsprincipes zijn in feite theoretische modellen of zelfs karikaturen die in een zeer beperkt aantal gevallen tot het uiterste kunnen worden toegepast. In de praktijk zal meestal een compromis worden gesloten: een tracé dat zowel elementen en uitgangspunten bevat van een rechte lijn, een vrije tracering, als een bundeling. Dit is impliciet ook aan bod gekomen bij de traceringscriteria van O’Flaherty.

In de volgende paragraaf zal worden nagegaan in hoeverre op basis van de morfologische typologie een ontstaanstypologie kan worden ontwikkeld.

3.4. Naar een ontstaanstypologie van infrastructuurbundels

3.4.1. Bundeling als uitgangspunt

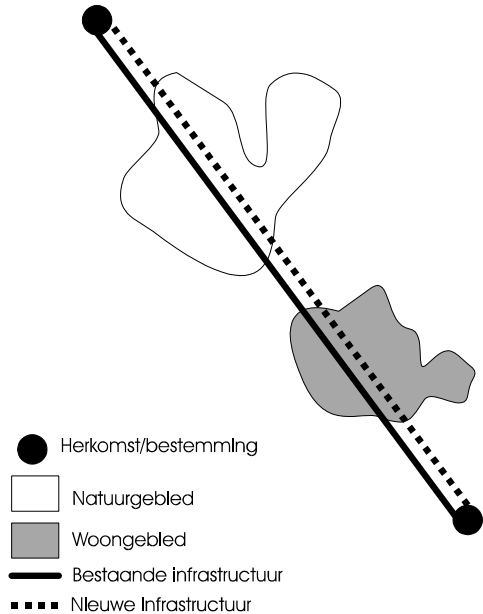
Bundeling van infrastructuur kan een op zichzelf staand traceringsprincipe zijn. Achterliggende gedachte is dat door de specifieke vormgeving interne, externe en constructieve voordelen kunnen worden behaald.

Doordat het bundelen een “gedwongen” principe is en de effecten indirect worden geoptimaliseerd, is een succesvol tracé niet gegarandeerd. Op het tracé langs de bestaande infrastructuur kunnen zich immers probleemgebieden manifesteren waar in eerste instantie geen rekening mee is gehouden. Bundeling is namelijk het leidend principe, en niet het ontwijken van negatieve effecten.

3.4.2. Bundeling door overeenstemming van traceringsprincipes

Een speciale situatie ontstaat als meerdere infrastructuurlijnen met eenzelfde herkomst en bestemming worden aangelegd volgens hetzelfde traceringsprincipe, hetzij volgens de rechte lijn (Figuur 3-6) dan wel volgens een vrije tracering (Figuur 3-7). Een dergelijke situatie leidt vanzelfsprekend tot eenzelfde plaatskeuze voor de verschillende lijnen *en dus ook tot een bundeling van infrastructuur*.

Men zou in dit verband wel kunnen spreken van een *bundeling “avant la lettre”* of *“avant le principe”*. De pragmatische opmerking van Roux (1924) dat bij het ontwikkelen van een nieuw tracé moet worden gekeken naar de mogelijkheden van het oude tracé dat het vervangt, is terug te brengen tot dit ontstaanstype. Ook de door Arink (1972) genoemde “toevallige” bundeling (dit is eerder in dit proefschrift als een foutieve of verwarrende benaming aangemerkt) behoort tot dit type.



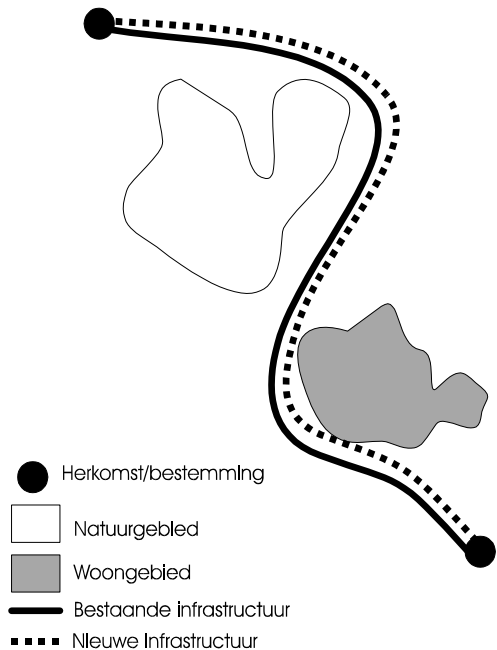
Figuur 3-6: Overeenstemming van een rechte lijn en een bundeling



foto 3.1: Bundeling en tracering volgens de rechte lijn van twee hoogspanningslijnen

Het is hypothetisch zelfs mogelijk dat een vrije tracering én een tracering volgens de rechte lijn tot hetzelfde tracé voor meerdere infrastructuur leidt. In deze gevallen is sprake van een bundeling waarbij de interne, externe en constructieve effecten wél direct geoptimaliseerd zijn. Dit type bundeling, dat een gevolg is van het traceren van verschillende infrastructuurlijnen volgens hetzelfde principe (vrije tracering en/of de rechte lijn) is dan ook te kenmerken als een uitermate *kansrijke bundeling*.

Deze ontstaanswijze vertoont vele gelijkenissen met een uiteenzetting van de Interprovinciale Werkgroep Bundeling Leidingen (IWBL, 1975). Volgens de werkgroep moet een bundeling voldoen aan de volgende voorwaarden: gelijkvormigheid van de netwerken qua niveau, maat en morfologie, het samenvallen van bedieningscentra, de wederzijdse beïnvloeding moet elkaars nabijheid toelaten en de lijnen moeten eenzelfde wijze van tracering hebben uit functionele en landschappelijke overwegingen.



Figuur 3-7: Overeenstemming van een vrije tracering en een bundeling

De nadruk wordt gelegd bij de interne criteria: de overeenkomst van de netwerken, waartoe ook het samenvallen van knooppunten en bedieningscentra behoort. Slechts het laatste aspect is een externe voorwaarde. Het samenvallen van interne en externe criteria worden door de werkgroep dus ook als *bundelingsvoorwaarden* gezien. Met andere woorden: als aan de voorwaarden is voldaan, dan kan een kansrijke bundeling ontstaan, zelfs zonder dat bundeling als expliciet uitgangspunt wordt gesteld.

3.4.3. Bestaande infrastructuur als voorwaarden scheppend voor bundeling

Bestaande infrastructuur kan door haar uitstraling en effecten nieuwe infrastructuur aantrekken. Naar analogie van de drie typen effecten die infrastructuur veroorzaakt (intern, extern en constructief) kunnen drie typen voorwaarden scheppende situaties voor bundeling worden genoemd:

1. Infrastructuur heeft door haar ontsluitingsmogelijkheden een aantrekkingskracht op diverse functies, zoals bewoning of bedrijvigheid. Deze zullen zich bij voorkeur in de buurt van infrastructuur vestigen. Het gevolg is dat niet alleen nieuwe ontsluitingen, maar ook verbindingen van andere aard (met name nutsvoorzieningen) worden aangelegd. In feite is dit principe de basis voor het ontstaan van corridorvormige netwerken. Dergelijk mechanisme is geschetst aan de hand van het ontstaan van lintbebouwing (SCVV, 1928). Men zou dit een autonome of pad-afhankelijke ontwikkeling kunnen noemen. Deze ontstaanssituatie is fundamenteel omdat dit juist de belangrijkste taak en doelstelling van infrastructuur is. Dit is gebleken uit onderzoek naar de structurerende werking van infrastructuur.²
2. Infrastructuur kan het omliggend gebied ongevoeliger maken doordat deze laatste zich aanpast. Hierdoor nemen de mogelijkheden toe om ter plaatse nieuwe infrastructuur aan te leggen.
3. Infrastructuur kan het omliggend gebied geschikter maken voor nieuwe infrastructuur doordat b.v. de bodem reeds draagkrachtig is gemaakt of het terrein reeds letterlijk is geëffend. Vooral in vorige eeuwen was dit de belangrijkste reden om infrastructuur min of meer gebundeld aan te leggen, getuige de oude wegen op dijken.

3.5. Van ontstaanswijzen naar bundelingsvoorwaarden

Zoals vermeld zijn er gelijkenissen tussen bundelingsvoorwaarden en ontstaanswijzen. Uit de ontstaanswijzen kunnen vervolgens de bundelingsvoorwaarden (en dus tevens algemene traceeringsvoorwaarden) worden geformuleerd:

1. de concrete verbindinglijn moet de relatielijn (kortste route, rechte lijn) zoveel mogelijk benaderen
2. ruimtelijke “obstakels” die kostenverhogend werken moeten zoveel mogelijk worden gemeden; de fysieke ruimte om nieuwe infrastructuur aan te leggen moet zoveel mogelijk aanwezig zijn.
3. ruimtelijke objecten die onderwerp kunnen zijn van externe negatieve effecten (bebouwing, natuurgebieden, ...) moeten zoveel mogelijk worden ontzien; tevens mogen de voorziene ontwikkelingsmogelijkheden niet worden belemmerd

² Belangrijk onderzoek op dit terrein is o.a. verricht door o.a. Fogel (1964) Walraven (1980), van Hoogstraten (1985), Bruinsma et al. (1992, 1997), Harmens et al. (1993) Bruinsma (1994), Van der Heijden et al. (1995). Het zou in het kader van dit onderzoek te ver gaan om dit verder in detail te behandelen.

4. het bundelen moet zoveel mogelijk leiden tot de positieve verwachte effecten van dit traceringprincipe, zoals een vermindering van de versnippering en de milieuhinder
5. het omliggend gebied moet zo goed mee kunnen "genieten" van de ontsluitingsmogelijkheden

Het basisuitgangspunt blijft echter dat de kenmerken van de te bundelen infrastructuren zoveel mogelijk moeten overeenstemmen qua interne, externe en constructieve criteria. Enkel dan kan worden bereikt dat de infrastructuurlijnen samen tegemoet komen aan de interne, externe en constructieve effecten.

De behandelde ontstaanswijzen zijn dus tevens de voorwaarden voor een bundeling. Naarmate minder voorwaarden zijn vervuld, zullen de positieve effecten afnemen dan wel de negatieve effecten toenemen. De minimalisering van de interne, externe en constructieve negatieve effecten moet het leidend principe blijven en dient dan ook voor het bundelingsprincipe te primeren.³

Overeenkomstig zijn er ook bedreigingen of factoren die een bundeling bemoeilijken. Het kan gaan om de volgende:

1. Bestaande infrastructuur kan *belemmeringen inhouden voor de andere lijn*. Enerzijds kunnen deze belemmeringen van interne of verkeerskundige aard zijn. Het gaat dan om (niet lineaire) noodzakelijke objecten langs de lijnelementen, b.v. aansluitingen of knooppunten. Anderzijds kunnen ook externe of indirecte belemmeringen aanwezig zijn in de vorm van functies die door de bestaande infrastructuur zijn aangetrokken, b.v. industriële vestigingen nabij snelwegen
2. Wanneer de algemene interne, externe en constructieve traceringcriteria van infrastructuurlijnen niet overeenstemmen zullen aan minstens één van de lijnen concessies moeten worden gedaan. Dit heeft tot gevolg dat de interne, externe en/of constructieve problemen toenemen. Doordat infrastructuur diverse functies aantrekt, kunnen deze op hun beurt indirect de gebiedsgeschiktheid verminderen of de gebiedsgevoeligheid verhogen.
3. Indien de *eisen van het horizontaal en verticaal alignement* (b.v. minimale boogstralen) van infrastructuren niet overeen komen, of indien zekere veiligheidsmarges in acht moeten worden genomen kan dit leiden tot een lagere bundelbaarheid. Vooral een strakke bundeling zal hierdoor onmogelijk worden, hoewel dit vanuit het oogpunt van interne, externe of constructieve effecten vaak gewenst is.
4. Effecten van bundeling worden in belangrijke mate beïnvloed door hun *fysieke verschijningsvorm*. Indien door een reden, genoemd in 1 t/m 3, een in beginsel gewenste fysieke verschijningsvorm moet worden aangepast, kan dit andere effecten nadelig beïnvloeden.

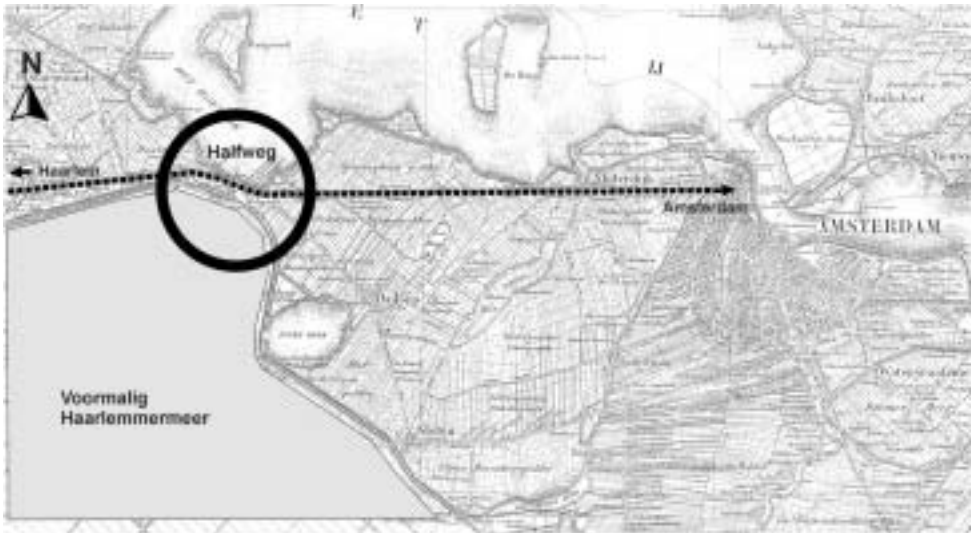
De grootste belemmering van bundeling is haar beperkt aantal vrijheidsgraden. Het kiezen voor bundeling impliceert dat eventuele problemen langs de bestaande infrastructuur moeten worden opgelost. Dit is in tegenstelling tot een vrije tracering die in beginsel oneindig veel vrijheidsgraden heeft. De vrije tracering heeft immers als intrinsiek kenmerk dat ze problemen letterlijk uit de weg gaat.

³ Sprekend in dit verband is het uitgangspunt bij de tracering van de TGV Atlantique in Frankrijk. Hoewel 60% van het tracé tussen Parijs en Courtalain gebundeld is aangelegd wordt vermeld: "*Les concepteurs du tracé se sont fixés comme objectif d'éviter au maximum les sites classés en les sites sensibles.*" (Chambron, 1986).

3.6. Illustratie: het ontstaan van een bundel in de praktijk, Rijksweg N200 te Halfweg

3.6.1. Het ontstaan van Halfweg

Halfweg moet ontstaan zijn kort na 1638. Het was toen nog officieel Houtrijk en Polanen geheten. De streek was echter al langer bewoond. In de streek stonden ook een aantal boerderijen of huizen, waarvan de meeste langs de Spaarndammerdijk gebouwd waren. Deze dijk was toen de enige verbinding over land tussen Amsterdam en Haarlem over de landengte tussen het IJ in het noorden en het Haarlemmermeer in het zuiden.



Figuur 3-8: Kaart van Halfweg en de landengte tussen het IJ en de vroegere Haarlemmermeer omstreeks 1865

3.6.2. Ontwikkelingen ten aanzien van de infrastructuur⁴

Als gevolg van de zeer onveilige vaarverbinding over het IJ werd door de staten van Holland en West-Friesland de vergunning verleend tot het maken van een "treckvaart, padt en wagenwegh". Bij de sluisen en de dam bij Halfweg werd de trekvaart onderbroken opdat enkel reizigers ervan gebruik zouden maken. De passagiers moesten "half weg" Amsterdam en Haarlem overstappen en via dam en sluisen naar de andere zijde lopen, waar ze met een andere schuit de reis konden voortzetten. Dit overstappen was aanleiding om herbergen en logementen te vestigen.

Overigens werd de trekweg, oftewel het jaagpad van de trekvaart, op zich steeds belangrijker door het toenemend landverkeer. Zij komt voor in het "Net van Hoofdverkeerswegen" volgens het KB van 1816.

Tussen Amsterdam en Haarlem werd in 1839 de eerste Nederlandse spoorlijn aangelegd. Aangezien het Haarlemmermeer nog steeds bestond, werd de lijn via de sluisen van Halfweg getraceerd.

⁴ Samengesteld op basis van Lücke (1980, 1981, 1990) en informatie uit het gemeentearchief van Haarlemliede en Spaarwoude te Haarlem.



Foto 3.2: Trekvaart, spoorlijn en snelweg anno 1998

Pas na de drooglegging van de Haarlemmermeer in 1852 veranderde de geografische situatie rondom Halfweg. Voor nieuwe verbindingen tussen Amsterdam en Haarlem was Halfweg in beginsel geen dwangpunt meer. Toch werd in 1904 de dubbelsporige elektrische tram aangelegd aan weerszijden van de Rijksstraatweg. De route via Halfweg bleef immers de kortste route en door de geografische situatie van weleer was het dorp een publiekstrekker geworden.

Door de opkomst van het autoverkeer werd de Rijksstraatweg in 1927 verbreed, hoewel een aantal huizen en de beide kerken moesten worden gecomoveerd. Na het verdwijnen van de tramlijn in 1957 ontstaat de mogelijkheid voor een verdere uitbreiding van de rijksweg in de jaren '60.



Foto 3.3: Halfweg in 1935 met de gebundelde infrastructuur ter hoogte van de sluizen (bron: Lücke, 1981).



Figuur 3-9: Detailkaart Halfweg omstreeks 1990 met de gebundelde infrastructuurlijnen (schaal: $\pm 1:12000$)

3.6.3. Bespreking van de gegroeide situatie

In de huidige en historisch gegroeide situatie liggen diverse infrastructuren (trekvaart, spoorlijn, rijksweg en lokale ontsluitingsweg) strak aan elkaar gebundeld. Tot 1957 was hierin ook de tramlijn opgenomen. Deze bundeling is niet als uitgangspunt gesteld, maar het gevolg van een aantal factoren. Ten eerste hoorden trekvaart en trekweg (jaagpad) functioneel bij elkaar. Vervolgens kon de rijksweg eenvoudig worden verbreed met het opheffen van de trambaan; er kwam een "toevallige" reservering vrij. De omgevingsgeschiktheid werd daardoor gunstig beïnvloed, het pad was geëffend. Doordat Halfweg als overstappunt fungeerde, vestigden zich tenslotte diverse functies in de buurt van de infrastructuur. Met de uitbreiding van de rijksweg, dienden hiervoor parallelvoorzieningen te worden gemaakt.

De bundeling in Halfweg kende ook een aantal bezwaren⁵. De bestaande bebouwing is in de loop der tijd als gevolg van de ingrijpende bouwwerkzaamheden regelmatig geamoveerd. Er ontstonden problemen met betrekking tot de ontsluiting en toegangsmogelijkheden bij de bewoners van de Rijksstraatweg. In het kader van de wet op de lintbebouwing werd een toegang steeds geweigerd, zoals b.v. blijkt uit brieven van de Provincie Noord-Holland van 4-4-1934 of van de Inspecteur van de Volksgezondheid D.E. Wentink van 19-7-1935. Daartoe werden parallelwegen aangelegd. Ten behoeve van kabels en leidingen is de infrastructuur aangepast. De infrastructuur is in sommige gevallen verlegd om de aanleg van nieuwe mogelijk te maken. Met name was dit het geval bij de sluizen. Door de bebouwingssituatie is de trambaan aan beide zijden van de weg aangelegd in een zogenaamde gemengde bundeling. Dit gaf later problemen bij de verbreding van de weg. Waar de sporen weer bij elkaar kwamen ontstonden zeer onveilige situaties. Er zijn zelfs trams omgevallen die de bocht te snel namen. Tenslotte werd de scheidende werking steeds groter waardoor tunnels en bruggen voor de lokale bewoners moesten worden aangelegd.

⁵ Deze inventarisatie van knelpunten is gemaakt op basis van documenten uit het gemeentearchief van Haarlemmerliede en Spaarnwoude. De documenten bestaan vnl. uit briefwisselingen tussen de gemeente en andere instellingen, met name Rijkswaterstaat, de Elektrische Spoorwegmaatschappij en de Nederlandse Spoorwegen.



Foto 3.4: Bundeling van snelweg, spoorlijn en parallelwegen ter hoogte van de sluisen te Halfweg met ingewikkelde kruisingen

De bundel in Halfweg is tot stand gekomen als gevolg van een tracering volgens de rechte lijn van de diverse infrastructuren. Door de landengte vormde Halfweg een dwangpunt voor de verbindingen van Amsterdam naar Haarlem. Sprekend is het citaat van Jonckers Nieboer (1938): *“De ijzeren spoorweg zou haar aanvang nemen te Amsterdam aan de noordzijde der trekvaart op Haarlem, tegenover de uitspanning “De Eenhonderd Roe” en langs de trekvaart **in rechte lijn** tot aan de stad Haarlem lopen met uitzondering van twee flauw afwijkende bochten te Sloterdijk en te Halfweg.”*

In Figuur 3-8 is goed te zien hoe Halfweg ten gevolge van haar specifieke ligging tussen het Haarlemmermeer en het IJ in feite het “scharnierpunt” was (en is) tussen de twee rechte lijnen, respectievelijk Amsterdam-Halfweg en Halfweg-Haarlem.

De gebundelde infrastructuur in Halfweg is via een tweetal mechanismen tot stand gekomen. Enerzijds werden meerdere infrastructuurlijnen aangelegd volgens *dezelfde traceringsprincipes*, namelijk het volgen van de kortst mogelijke route (rechte lijn) tussen de herkomst-, bestemmings- én dwangpunten. Dit is met name het geval voor de trekvaart, de spoorlijn en de rijksweg. Anderzijds is bestaande infrastructuur *voorwaardenscheppend* geweest. Als gevolg van de vestigingen langs de infrastructuur ontstaan behoeften voor nieuwe infrastructuur (kabels en leidingen, tramweg). Ook door het verdwijnen van infrastructuur (tramweg) ontstaan gunstige condities (“toevallige” reservering) voor aanleg van nieuwe of verbreding van bestaande infrastructuur.

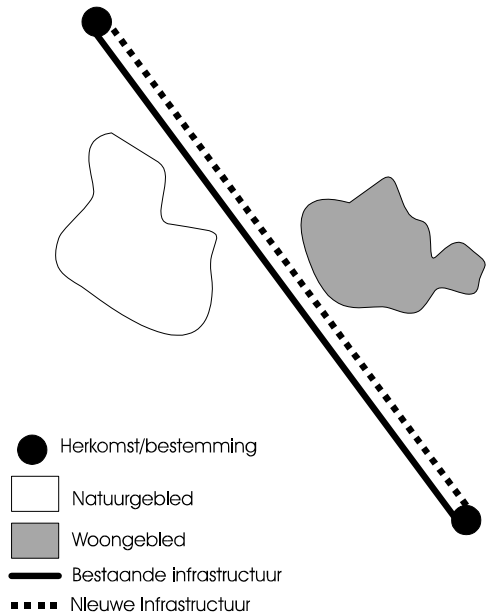
Overigens geldt deze ontstaanstypologie ook voor de in bijlage 1 besproken Kempense kanalen. De bouw van fietspaden langs de gehele kanalenroute is een volwaardige vorm van bundeling van infrastructuur. Deze is bijna uitsluitend tot stand gekomen doordat het kanaal in beginsel zeer geschikt en daardoor *voorwaardenscheppend* is voor een parallel fietspad. Het jaagpad heeft zijn oorspronkelijke functie verloren en er ontstaat een stuk onbenutte en vrije ruimte. De dijk biedt reeds een stevige fundering en derhalve volstaat enkel een verharding. Met de bouw van het kanaal zijn vele kruisende wegen reeds onderbroken geworden. Voor het fietspad dienen geen nieuwe kruisende voorzieningen te worden gemaakt. Waar de kanalen grote infrastructuur

ongelijkvloers kruisen, kan het fietspad mede over of onder de bestaande kruising geleid worden. Tenslotte is de kanaalzone relatief aantrekkelijk om een (toeristisch) fietspad te traceren. Dit is niet enkel het geval vanwege het visuele aspect. Door het beperkt aantal kruisingen is dergelijke verbinding ook zeer veilig en snel. In die zin sluit de tracering op basis van de interne aspecten van de fietspaden goed aan met de tracering van de kanalen.

3.7. Conclusie

In dit hoofdstuk zijn een aantal ontstaanswijzen voor een bundeling behandeld. Hieruit is betoogd dat een bundeling van infrastructuur op drie manieren tot stand kan komen:

1. Door bundeling als *uitgangspunt* te stellen bij de aanleg van nieuwe infrastructuur. Dit uitgangspunt is legitiem omdat het gebaseerd is op een reeks bundelingseigenschappen die tot gewenste effecten kunnen leiden. Er is echter geen zekerheid over de aard en de omvang van de interne, externe en constructieve effecten
2. Bundeling kan ontstaan indien verschillende infrastructuurlijnen volgens hetzelfde traceringsprincipe (de rechte lijn en/of de vrije tracering) worden aangelegd. Op deze manier zijn de interne, externe en/of constructieve effecten zeker geoptimaliseerd.
3. Tenslotte kan een bundeling ontstaan doordat bestaande infrastructuur *voorwaardenscheppend* is en de nabije omgeving zodanig verandert dat deze aantrekkelijk wordt voor nieuwe infrastructuur.



Figuur 3-10: Het ideaal: overeenstemming van de drie traceringsprincipes en voorwaardenscheppende bestaande infrastructuur

Als algemene conclusie ten aanzien van de potenties van bundeling kan het volgende worden gesteld:

De potenties van bundeling worden groter naarmate meer traceringsprincipes tot eenzelfde plaatskeuze leiden en bestaande infrastructuur voorwaardenscheppend is.

De morfologische typering van dit ideaal is weergegeven in Figuur 3-10.

Zoals reeds vermeld worden de effecten en slaagkansen van bundeling ook bepaald door de fysieke verschijningsvorm of het concrete ontwerp. In het volgende hoofdstuk wordt een typologie van verschijningsvormen ontwikkeld.

4. FYSIEKE VERSCHIJNINGSVORMEN VAN BUNDELING

4.1. Inleiding

In dit hoofdstuk wordt aangegeven welke mogelijkheden er zijn om infrastructuurbundels fysiek vorm te geven. Dit is van belang om over een eenduidig begrippenkader te kunnen beschikken. In de verdere hoofdstukken komt de fysieke verschijningsvorm veelvuldig aan bod aangezien het een belangrijke verklaringsfactor kan zijn voor de effecten en dus de wenselijkheid van een bundeling.

In het algemeen kunnen infrastructuurbundels fysiek worden onderscheiden op basis van de onderlinge positie van de elementen (in het horizontale en verticale vlak), de typen infrastructuur in de bundel, de onderlinge schikking van de elementen en de bouwvolgorde (verschijningsvorm in de tijdsdimensie).

Deze criteria zullen in de volgende paragrafen worden besproken. Tevens zullen deze als uitgangspunt worden genomen voor de ontwikkeling van een typologie van verschijningsvormen van bundeling. De bestaande Nederlandse infrastructuur zal getoetst worden aan de hand van deze typologie.

4.2. De typen infrastructuur in de bundel

In principe kan elk type infrastructuur uit elke infrastructuursector in een bundel worden opgenomen. Concreet kan het gaan om alle typen uit de omschreven sectoren (zie o.a. van der Ham et al., 1979), zoals: autowegen, spoorlijnen, kanalen (rivieren¹), pijpleidingen, telefoonlijnen, waterleidingen, riolen en hoogspanningsleidingen. Naast bundeling van verschillende sectoren van infrastructuur, kunnen ook verschillende schaalniveau's van infrastructuur met elkaar gebundeld worden, b.v. een autoweg met een fietspad.



Foto 4.1: Bundeling van diverse sectoren en schaalniveau's van infrastructuur nabij Engis (B): waterweg (de Maas), voet- en fietspad, hoogspanningslijn, lokale spoorlijn en autoweg

Van een speciale vorm is sprake wanneer het bundeling van twee infrastructuurlijnen van *hetzelfde type* betreft. In dit geval zijn er twee mogelijkheden: *uitbreiding* of *verbreding*. Dit is in dit kader relevant omdat bij een verbreding of uitbreiding in principe steeds de afweging moet worden gemaakt met het elders aanleggen van een nieuwe infrastructuurlijn. Het precieze onderscheid tussen uitbreiden of verbreden is vaag, maar de volgende definiëring wordt aangenomen. *Verbreden* is het groter maken van een bestaand element waarbij het nieuwe gedeelte naadloos op het oude wordt aangesloten. Er ontstaat één nieuw element. *Uitbreiden* daarentegen is het toevoegen van nieuwe aan bestaande infrastructuur van hetzelfde type, waarbij een tweede fysiek afzonderlijk element ontstaat.

¹ Rivieren zijn natuurlijke en bestaande waterlopen en kunnen bijgevolg enkel gebundeld worden met nieuw aan te leggen infrastructuur.



Foto 4.2: Voorbeeld van uitbreiding van infrastructuur bij de autosnelwegen A15-A16 ter hoogte van Ridderkerk : ontstaan van 2 afzonderlijke infrastructuurlijnen van hetzelfde type

4.3. De onderlinge positie van de infrastructuurlijnen

4.3.1. Algemeen

Bij de onderlinge positie zijn twee dimensies te onderscheiden, met name de horizontale positie of afstand ten opzichte van elkaar en de verticale positie of afstand ten opzichte van elkaar. Veelal worden beide dimensies apart onderscheiden. Toch kunnen ze niet los van elkaar worden gezien omdat b.v. een bundeling in hetzelfde horizontale vlak nooit in hetzelfde verticale vlak kan geschieden. In principe is het aantal mogelijkheden qua onderlinge positie van de infrastructuurlijnen oneindig groot. Toch dient gestreefd te worden naar een typering of classificatie. Eerst zullen de horizontale en verticale dimensie apart worden besproken. Vervolgens zal een eenheidstypologie ontwikkeld worden.

4.3.2. De horizontale positie van de infrastructuur t.o.v. elkaar

Typologieën in de literatuur

De wellicht het meest in de Nederlandse literatuur gebruikte indeling voor de horizontale afstand is te vinden bij o.a. Kerkstra et al. (1981) en later toegepast door o.a. de Bruijn et al. (1987). Zij onderscheiden drie typen ruimtelijke bundeling op basis van de onderlinge afstand, die bovendien qua landschappelijke gevolgen van elkaar verschillen. Bij een *strikte* (of *strakke*) bundeling worden de infrastructuurlijnen binnen een zone van ± 100 m zoveel mogelijk direct langs elkaar

getraceerd. *Bundeling op (enige) afstand* duidt erop dat de infrastructuurlijnen minder direct aan elkaar worden gekoppeld. De tracés volgen elkaar globaal op een afstand van 200-300 m. Tenslotte bevinden de infrastructuurlijnen bij een *zone bundeling* zich in de buurt van elkaar in een brede zone waarbij zoveel mogelijk recht wordt gedaan aan de eigen aard van de trasering van elk van de lijnen. Deze typering en terminologie is gebruikt bij verschillende praktijkstudies, b.v. bij de Hogesnelheidslijn, Betuwelijn en inpassingsstudies voor hoogspanningslijnen.

Een andere indeling is gemaakt door Mätzholt (1993) en is gebaseerd op de bundeling van spoorlijnen en snelwegen. Bij een *bundelingscategorie 1* (minimale bundeling) bedraagt de afstand tussen de elementen ("schouder tot schouder") minder dan 40 m. Bij *bundelingscategorie 2* (afstandsbundeling) is de afstand tussen de elementen 40-120 m.

Bespreking van de typologieën

De genoemde typologieën zijn nagenoeg de enige die ontwikkeld en tot op zekere hoogte ook gedefinieerd zijn. Toch kunnen een aantal opmerkingen worden gemaakt:

- *onvolledigheid*

Dit manifesteert zich met name doordat er bij de typologie van Kerkstra een hiaat is tussen de strikte bundeling en de bundeling op afstand aangezien een onderlinge afstand van 100-200m niet wordt beschreven. Er is dus geen gradueel verloop

- *schijnnaauwkeurigheid en willekeur*

Door Kerkstra is gepoogd om de onderlinge afstand enigszins te kwantificeren in klassen van minder dan 100m, 200-300m en een variabele afstand. Bij de typologie van Mätzhold is sprake van een schijnnaauwkeurigheid doordat de afstandsgrenzen op 40 en 120 m worden gesteld, enkel en alleen op basis van de veronderstelling dat een onderlinge beïnvloeding bij een onderlinge afstand van meer dan 40m verwaarloosbaar is. Over het soort beïnvloeding wordt niets vermeld. De afstandsgrenzen lijken dus bovendien willekeurig.

- *afwezigheid van kwalitatieve criteria*

Het is onmogelijk om voor alle typen bundeling op basis van één enkel kwantitatief criterium (de onderlinge afstand) en maatvoering een typologie te ontwikkelen. De onderlinge afstand kan zoals vermeld niet in het algemeen worden vastgesteld, maar is afhankelijk van o.a. de verbredingsmogelijkheden, aanwezigheid van servicewegen, hoogteverschillen en de daaruit noodzakelijke ruimte voor taluds, afwateringsvoorzieningen, en noodzakelijke aanbouwen (veiligheidswanden, leidingen, kabels, masten, enz.) (Karnapp et al., 1988). De onderlinge afstand is in wezen de resultante van deze functionele criteria (HOBUS, 1981). Het aangeven van een onderlinge afstand kan daarom beter *kwalitatief* worden vastgesteld in de mate waarin verschillende infrastructuren elkaar overlappen of welke functie het tussenliggend gebied vervult. Deze aanduiding is accurater en informatiever dan een (min of meer willekeurige) 40, 100, 120 of 300 m.

- *niet eenduidig en niet sluitend*

De klassen worden onderscheiden op zowel kwantitatieve criteria (onderlinge afstand) als kwalitatieve criteria (wijze van trasering). Het onderscheid in zone-bundeling en bundeling op afstand is niet op basis van een dwarsdoorsnede te maken, maar enkel op basis van een horizontaal alignment. Doordat de onderlinge afstand tussen de infrastructuurlijnen bij een zone-bundeling variabel is, kan op sommige punten en dwarsdoorsneden zelfs sprake zijn van een strakke bundeling! Hierdoor kan in een concrete situatie een bundel tot meerdere klassen behoren, afhankelijk vanwaar de doorsnede wordt gemaakt.

- *de operationalisatie is te beperkt*

Als gevolg van de genoemde tekortkomingen, maar vooral doordat de onderlinge afstand als enige criterium wordt gebruikt, is de operationalisatie te beperkt. Een dergelijke kwantitatieve maatvoering is altijd afhankelijk van de type situatie en de typen infrastructuur in de bundel. Er ontbreken een aantal kwalitatieve en functionele criteria die het verschil tussen de typen aanduiden.

Naar een nieuwe indeling voor de onderlinge horizontale positie

De voorgaande overwegingen leiden tot de formulering van een nieuwe typologie op basis van een combinatie van (1) de onderlinge horizontale afstand, (2) de positie tussen gebundelde infrastructuur en (3) functionele en morfologische criteria. Deze typologie moet toelaten een bundelingsstype zoveel mogelijk eenduidig te beschrijven. Ze moet vanzelfsprekend tegemoet komen aan de eerder gemaakte opmerkingen. Ze moet met andere woorden volledig, nauwkeurig, zowel kwalitatief als kwantitatief, sluitend en volledig zijn. De nieuwe typologie is als volgt:

1. strakke bundeling met volledige overlap²
2. strakke bundeling met gedeeltelijke overlap
3. strakke bundeling zonder overlap
4. strakke bundeling met functionele tussenruimte
5. bundeling op afstand

ad 1) Fysieke kenmerken strakke bundeling met volledige overlap

Het wezenskenmerk is dat de ene infrastructuurlijn zich volledig in het direct of fysiek (horizontaal) ruimtebeslag van de andere lijn bevindt. Dit type kan als volgt worden gedefinieerd:

$$\text{ruimtebeslag bundeling volledige overlap} \leq \text{Max (ruimtebeslag lijn i, ruimtebeslag lijn j)}$$

Dit heeft tot gevolg dat de verticale dimensies van de lijnen van elkaar moeten verschillen. De lijnen zijn zeer sterk fysiek aan elkaar gekoppeld en lopen volledig parallel in het verticale en horizontale vlak.

ad 2) Fysieke kenmerken strakke bundeling met gedeeltelijke overlap

Bij dit type is het totale ruimtebeslag groter dan dat van elke infrastructuurlijn afzonderlijk, maar kleiner dan de som van de afzonderlijke lijnen. Dit kan als volgt worden gedefinieerd:

$$\text{Max ruimtebeslag (lijn i, lijn j)} < \text{ruimtebeslag bundeling gedeeltelijke overlap} < \text{ruimtebeslag (lijn i+j)}$$

Er is eveneens sprake van een zeer nauw verband en parallel verloop. Het is evenwel mogelijk dat de infrastructuurlijnen zich in hetzelfde verticale vlak bevinden wanneer sommige gedeelten van de infrastructuur gezamenlijk worden gebruikt. In de meeste gevallen gaat het om taluds en greppels.

ad 3) Fysieke kenmerken strakke bundeling zonder overlap

Bij dit type worden de infrastructuurlijnen zo dicht mogelijk naast elkaar geplaatst, maar er wordt geen gebruik gemaakt van gemeenschappelijke delen. Het ruimtebeslag van de bundel is gelijk aan de som van het ruimtebeslag van de afzonderlijke lijnen. Met andere woorden: de grens van het eigen grondgebruik is tevens de grens van het grondgebruik van de andere lijn. Hiermee is de strakke bundeling exact gedefinieerd. Dit kan als volgt worden voorgesteld:

² Onder overlap wordt verstaan dat beide infrastructuurlijnen zich geheel of gedeeltelijk in elkaars direct ruimtebeslag bevinden.

ruimtebeslag bundeling zonder overlap = ruimtebeslag (lijn i) + ruimtebeslag (lijn j)

Een belangrijk kenmerk is tevens dat de lijnen parallel lopen en dat tussen de infrastructuurlijnen geen ruimte meer over is. Er zijn bijgevolg geen rest- of tussenruimtes³.

ad 4) Fysieke kenmerken strakke bundeling met functionele tussenruimte

In de typologie van Kerkstra is een bundeling met een tussenruimte van minder dan 100m tussen de elementen nog als strak te kenmerken. Een dergelijke tussenruimte duidt erop dat de ruimte tussen de infrastructuren groter is dan direct noodzakelijk. Daardoor is verwarring mogelijk met de bundeling op afstand.

Een onderscheid moet daarom worden gemaakt naar *functionele invulling* van die tussenruimte. Aangenomen wordt dat, indien in dergelijke tussenruimte nog objecten of elementen bevinden die noodzakelijk zijn voor het functioneren, zoals onderhoudsvoorzieningen en stations, er nog steeds sprake is van een strakke bundeling (met een *functionele* tussenruimte). De strakke bundeling met functionele tussenruimte kan als volgt worden gedefinieerd:

ruimtebeslag bundeling functionele tussenruimte > ruimtebeslag (lijn i) + ruimtebeslag (lijn j)

Het gevolg van de afwezigheid van tussen- of restruimtes is dat het oversteken van de lijnen middels een ongelijkvloerse kruising in één keer kan gebeuren en er slechts één tunnel of brug nodig is: er is immers geen externe bestemmingsmogelijkheid. Plaatselijk kan het parallel verloop tussen de infrastructuurlijnen afwezig zijn door b.v. de aanwezigheid van infrastructuurgebonden objecten, maar indien de tussenliggende ruimte tot een minimum blijft beperkt, blijft wel sprake van een strakke bundeling.

Samengevat: Er is steeds sprake van een ruimte tussen de twee infrastructuurlijnen die een functie heeft voor minstens één van de infrastructuurlijnen. Daardoor zijn er *geen rest- of tussenruimtes*. Ongelijkvloers kruisen gebeurt daardoor *in één keer*.

ad 5) Fysieke kenmerken bundeling op afstand

Bundeling op afstand houdt in dat twee of meer op grotere afstand van elkaar lopen dan minimaal noodzakelijk is, en indien de tussenruimte wordt ingenomen door functies die niet noodzakelijk zijn voor het functioneren van de infrastructuur. Het kan gaan om b.v. bewoning, bedrijvigheid, landbouw of braakliggend terrein. Er is dus sprake van rest- of niet-functionele tussenruimtes. Het kan daarom noodzakelijk zijn om het gebied tussen de infrastructuurlijnen bereikbaar te maken. Kruisende bewegingen kunnen daarom in meerdere fasen gebeuren.

Samengevat: De afstand tussen de infrastructuurlijnen is *groter dan minimaal om technische, constructieve of functionele redenen vereist*. Daardoor ontstaan er *restruimtes* die kunnen ingenomen worden door andere en niet-noodzakelijke functies voor de infrastructuur. Kruisende bewegingen gebeuren daarom *niet noodzakelijk in één keer* aangezien het tussengebied bereikbaar moet blijven.

³ Onder restruimte wordt verstaan: een stuk grond tussen infrastructuurlijnen dat geen functie heeft voor de werking van de infrastructuur en door haar specifieke ligging haar oude functie verliest of moeilijk een nieuwe kan vervullen en met andere woorden functieloos of -arm is.

Onder tussenruimte wordt verstaan een stuk grond tussen infrastructuurlijnen die een functie vervult anders dan voor het laten functioneren van de infrastructuur.

Wat met zone-bundeling?

Bundeling op afstand en zone bundeling vertonen op het eerste zicht veel gelijkenissen qua maximale onderlinge afstand en qua functionele invulling van de ruimte tussen de infrastructuurlijnen. Het verschil schuilt in de wijze van traceren en dus in het horizontaal alignement: bij zone bundeling is elke lijn apart optimaal getraceerd zodat het eigen functioneren optimaal verloopt. De onderlinge afstand varieert en er is geen constant parallel verloop. Hierdoor is de bundeling moeilijker als zodanig herkenbaar.

Het dwarsprofiel van een zone bundeling kan zowel overeen komen met dat van een strakke bundeling als met een bundeling op afstand. Een zone bundeling is daarom niet te typeren op basis van een willekeurig dwarsprofiel. Toch is het zinvol om de term te behouden, niet om het dwarsprofiel maar om het *horizontaal* alignement van de bundeling aan te duiden. Het alternatief is dan een *parallele bundeling* waartoe zowel de strakke bundeling als de bundeling op afstand behoren.

Samengevat: Bij een zone-bundeling heeft elke infrastructuurlijn haar eigen *optimaal tracéverloop*. Daardoor is er een grotendeels *niet-parallel verloop*. De afstand tussen de infrastructuur is *groter dan minimaal vereist* waardoor *tussen- en/of restruimtes* ontstaan. Om wille van de bereikbaarheid van het tussenliggende gebied gebeuren kruisende bewegingen *niet noodzakelijk in één keer*.

Een maximum afstand voor bundeling?

Ondanks de kritiek om kwantitatieve afstandsgrenzen te hanteren voor het onderscheid tussen de verschillende typen bundeling, lijkt het noodzakelijk om een maximale afstand te hanteren waarbinnen van bundeling nog sprake is. Kwalitatief zou men deze afstand kunnen omschrijven als de afstand waarbinnen een wederzijdse beïnvloeding (overlapping van hinderzones, wederzijdse beïnvloeding van elkaars effecten) nog juist merkbaar is. Over dergelijke afstand is nageenog geen literatuur voorhanden. De afstandsgrens van 300m volgens Kerkstra et al. (1981) is in ieder geval de ruimste. Derhalve wordt aangenomen dat enkel van bundeling sprake is wanneer de onderlinge afstand minder dan 300m is, of wanneer mocht blijken dat er een wederzijdse beïnvloeding is, zelfs bij een grotere onderlinge afstand.

4.3.3. De verticale positie van de infrastructuur t.o.v. elkaar

Naast de onderlinge afstand, hetgeen de onderlinge positie op slechts één dimensie weergeeft, onderscheidt Arink (1972) drie mogelijke *manieren* om te bundelen die in feite de verticale positie van de infrastructuurlijnen t.o.v. elkaar weergeven. *Nevenschikking* is in principe de meest voor de hand liggende en voorkomende. De elementen zijn horizontaal gerangschikt. Bij een *stapeling* zijn de elementen verticaal gerangschikt. *Menging* tenslotte duidt erop dat het ene element binnen het andere gerangschikt is of wordt. Het verticale en horizontale vlak kruisen elkaar als het ware. De *richting* van het verkeer is relevant aangezien menging enkel van toepassing is wanneer de twee verplaatsingsrichtingen worden gescheiden door een ander type infrastructuur. Behalve deze drie kunnen ook mengvormen worden onderscheiden wanneer men aanneemt dat zowel het horizontale als het verticale vlak kunnen verschillen. Men krijgt dan als het ware een *nevengeschikte stapeling*. Deze typering is derhalve opgebouwd uit twee factoren, namelijk de menging dan wel nevenschikking van de infrastructuur en de relatieve hoogteligging ten opzichte van elkaar. Samen geven deze de onderlinge positie in het verticale vlak weer.

4.3.4. Naar een basistypologie op basis van de onderlinge positie

Indien de criteria *horizontale en verticale positie ten opzichte van elkaar* worden gecombineerd, verkrijgt men een nieuwe integrale typologie voor de positie van de infrastructuurlijnen ten opzichte van elkaar, zowel in het horizontale als het verticale vlak. Er zijn dan 17 fundamenteel verschillende typen te onderscheiden. Dit is weergegeven in Figuur 4-1.

| Horizontale afstand Positie t.o.v. elkaar | Strakke bundeling | | | | Bundeling op afstand |
|--|--------------------------------|-----------------------|----------------------|--------------------------|----------------------|
| | Volledige overlap (stapelning) | Gedeeltelijke overlap | Naadloze aansluiting | Functionele tussenruimte | |
| Gelijk niveau nevenschikking | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Ongelijk niveau nevenschikking | | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Gelijk niveau menging | | 9 | 10 | 11 | 12 |
| Ongelijk niveau menging | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 |

Figuur 4-1: Overzicht typologie onderlinge positie infrastructuurlijnen in de bundel

Zoals vermeld kunnen deze 17 typen die het dwarsprofiel van een bundeling aanduiden deel uitmaken van een parallelle dan wel van een zone bundeling.

Deze typologie vertoont gelijkenis met dewelke ontwikkeld is door Hansen (1998). Deze globale indeling is eveneens gemaakt op basis van de horizontale en verticale component en de wijze van schikking:

- horizontale asymmetrische bundeling, overeenkomend met typen 1-4
- verticale asymmetrische bundeling, overeenkomend met typen 5-8
- horizontale symmetrische bundeling, overeenkomend met typen 9-12
- verticale symmetrische bundeling, overeenkomend met typen 13-17

Een verdere verfijning op basis van onderlinge afstanden ontbreekt echter.

4.3.5. Feitelijk voorkomen van de basistypen in Nederland

Aan de hand van de ontwikkelde typologie van de verschijningsvormen van bundelingen van infrastructuur is in beperkte mate de bestaande Nederlandse situatie geïnventariseerd. De beperking betreft het onderscheid tussen strakke bundeling en bundeling op afstand en het onderscheid tussen parallelle bundeling en zone bundeling.

Een verdere verfijning naar de verschillende typen strakke bundeling of de verticale positie is niet uitgevoerd, aangezien dit meestal enkel ter plekke kan worden waargenomen.

In het vorige hoofdstuk is reeds aangegeven in welke mate hoofdinfrastructuur (autosnelwegen en spoorlijnen) met andere infrastructuur gebundeld is. De totale lengte bedraagt respectievelijk 395,5 km. voor de autosnelwegen en 406,5 km. voor de spoorwegen (peiljaar 1997).

De wijze waarop autosnelwegen in Nederland gebundeld zijn, is weergegeven in Tabel 4-1 en Tabel 4-2.

Tabel 4-1: Strakke bundeling versus bundeling op afstand van autosnelwegen in Nederland

| Infrastructuur waarmee gebundeld is | strakke bundeling (km) | bundeling op afstand (km) | Totaal (km) |
|-------------------------------------|------------------------|---------------------------|---------------------|
| Spoorlijn | 165 (42%) | 72 (18%) | 237 (60%) |
| Hoogspanningslijn | 33,5 (8%) | 69 (17%) | 105,5 (27%) |
| Waterweg | 35 (9%) | 18 (5%) | 53 (13%) |
| Totaal | 233,5 (59%) | 162 (41%) | 395,5 (100%) |

Bundeling tussen autosnelwegen en spoorlijnen komt het meest voor. Autosnelwegen worden in Nederland voor ongeveer de helft meer strak dan op afstand gebundeld. Voorts kan worden opgemerkt dat spoorlijnen eerder strak en hoogspanningslijnen eerder op afstand gebundeld worden met autosnelwegen. Dit heeft wellicht te maken met de betere overeenkomst van traceringskenmerken (horizontaal alignment) tussen spoorlijnen en autosnelwegen.

Tabel 4-2: Parallele versus zone bundeling van autosnelwegen in Nederland

| Infrastructuur waarmee gebundeld is | parallele bundeling (km) | zone bundeling (km) | Totaal (km) |
|-------------------------------------|--------------------------|---------------------|---------------------|
| Spoorlijn | 188 (48%) | 49 (12%) | 237 (60%) |
| Hoogspanningslijn | 68,5 (17%) | 34 (9%) | 105,5 (27%) |
| Waterweg | 35 (9%) | 18 (5%) | 53 (13%) |
| Totaal | 294,5 (74%) | 101 (26%) | 395,5 (100%) |

Hieruit blijkt dat autosnelwegen voor bijna drie kwart parallel gebundeld worden. Voor hoogspanningslijnen en waterwegen ligt de verhouding tussen zone en parallelle bundeling hoger dan voor spoorlijnen. Dit ligt in de lijn der verwachtingen op basis van Tabel 4-1. Naarmate strakker gebundeld wordt, zal dit leiden tot een meer parallelle ligging.

In Tabel 4-3 en Tabel 4-4 is de wijze weergegeven waarop spoorwegen in Nederland zijn gebundeld.

Tabel 4-3: Strakke bundeling versus bundeling op afstand van spoorlijnen in Nederland

| Infrastructuur waarmee gebundeld is | strakke bundeling (km) | bundeling op afstand (km) | Totaal (km) |
|-------------------------------------|------------------------|---------------------------|---------------------|
| Autosnelweg | 165 (41%) | 72 (18%) | 237 (58%) |
| Hoogspanningslijn | 21 (5%) | 82 (20%) | 103 (25%) |
| Waterweg | 23 (6%) | 43,5 (11%) | 66,5 (16%) |
| Totaal | 209 (51%) | 197,5 (49%) | 406,5 (100%) |

De resultaten liggen in de lijn van de verwachtingen op basis van Tabel 4-1. Spoorlijnen en autosnelwegen blijken voor meer dan twee derde strak gebundeld te zijn, hoewel het gemiddelde op ongeveer de helft ligt. Waterwegen en vooral hoogspanningslijnen worden op afstand gebun-

deld. Het al of niet overeenkomen van het horizontaal alignement is wellicht de belangrijkste verklaringsgrond.

Tabel 4-4: Parallele versus zone bundeling van spoorlijnen in Nederland

| Infrastructuur waarmee gebundeld is | parallele bundeling (km) | zone bundeling (km) | Totaal (km) |
|-------------------------------------|--------------------------|---------------------|---------------------|
| Autosnelweg | 188 (46%) | 49 (12%) | 237 (58%) |
| Hoogspanningslijn | 91 (22%) | 12 (3%) | 103 (25%) |
| Waterweg | 58 (14%) | 8,5 (2%) | 66,5 (16%) |
| Totaal | 337 (83%) | 69,5 (17%) | 406,5 (100%) |

Opvallend in vergelijking met Tabel 4-2 is het relatief groot aandeel van de parallelle bundeling tussen spoorwegen met hoogspanningslijnen en waterwegen. Naar analogie met autosnelwegen zou men verwachten dat dit overwegend zone bundeling zou zijn. Spoorwegen worden dus hoofdzakelijk op afstand en parallel gebundeld met hoogspanningslijnen en waterwegen.

In het algemeen is een strakke, parallelle bundeling is bij zowel autosnelwegen als spoorlijnen in Nederland het meest voorkomend. Het onderscheid tussen de diverse vormen van strakke bundeling kan niet op dergelijke globale wijze worden vastgesteld. Inventarisatie ter plekke is dan, zoals gezegd, noodzakelijk.

4.4. Overige criteria in de typologie van de verschijningsvormen

4.4.1. De onderlinge schikking van de elementen

De onderlinge schikking betreft de plaats van de elementen ten opzichte van de omgeving, oftewel de *ruimtelijke volgorde*. In theorie zijn er bij twee elementen bij een nevenschikte bundeling slechts twee mogelijke schikkingen (b.v. oost-west, west-oost), bij drie elementen stijgt dit tot zes, bij vier elementen tot vierentwintig volgens het principe:

$$S = A!$$

waarbij:

S = het aantal mogelijke schikkingen

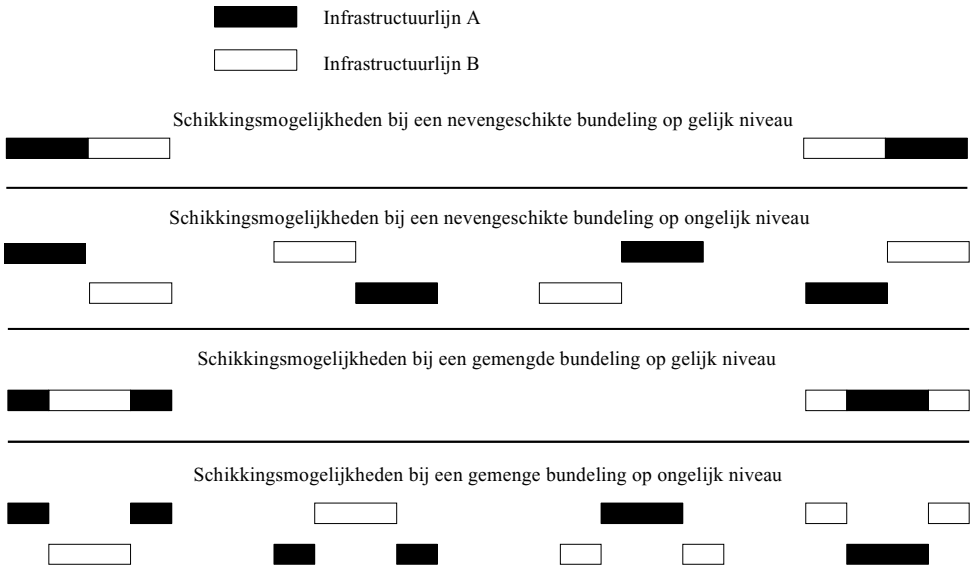
A = het aantal infrastructuurlijnen in de bundel

Meerdere combinaties zijn mogelijk indien de infrastructuurlijnen op ongelijk niveau worden geplaatst. Dan verdubbelt het aantal mogelijkheden omdat de relatieve hoogteligging een bijkomende variabele wordt. Een verandering van de onderlinge schikking wordt door Arink (1972) *interne wisseling* genoemd.



Foto 4.3: Interne wisseling in een bundeling van het Albertkanaal en een hoogspanningslijn te Herentals (B)

De schikkingsmogelijkheden bij twee infrastructuurlijnen bij de diverse positiemogelijkheden t.o.v. elkaar is weergegeven in Figuur 4-2.



Figuur 4-2: Schikkingsmogelijkheden bij een bundeling met twee infrastructuurlijnen

4.4.2. De bouwvolgorde

De bouwvolgorde betreft de tijdsdimensie, oftewel de *chronologische volgorde* waarin de afzonderlijke infrastructuurlijnen zijn aangelegd. Bij de bouwvolgorde zijn bij twee infrastructuurlijnen een drietal mogelijkheden: men kan lijn 1 aanleggen voor lijn 2, men kan lijn 2 aanleggen voor lijn 1 of men kan lijn 1 en lijn 2 gelijktijdig aanleggen. Zo ook geldt dit voor meer dan twee lijnen. Bij drie lijnen zijn er dertien mogelijkheden. Het aantal mogelijke combinaties in de bouwvolgorde is dus groter dan bij de onderlinge schikking omdat de mogelijkheid bestaat dat verschillende infrastructuurlijnen *samen* worden aangelegd.

Het gelijktijdig aanleggen meerdere hoofdinfrastructuren in dezelfde bundel komt in de praktijk zeer weinig voor. Een dergelijk op dit moment ter studie liggend project is de gecombineerde aanleg van de autosnelweg A15 en de Hogesnelheidslijn-Oost in de Provincie Gelderland.

4.5. Conclusie

In dit hoofdstuk zijn de mogelijke fysieke verschijningsvormen ten aanzien de dwarsprofielen van bundelingen van infrastructuur besproken met als doel een eenduidige begrippenkader voor de fysieke verschijningsvorm te ontwikkelen. Er is in eerste instantie uitgegaan van bestaande typologieën, doch deze zijn als onvolledig of beperkt bestempeld. Vanuit verschillende dimensies en invalshoeken is daarom een integrale typologie ontwikkeld. De praktische waarde ligt in een eenduidige beschrijving onder verschillende invalshoeken. Bovendien is een dergelijke integrale typologie belangrijk voor een eenduidig begrip in het verdere onderzoek. Een belangrijke vraag is nu onder welke voorwaarden bepaalde typologieën tot hun recht komen of welke relatie er is met betrekking tot de lokale effecten. Dit zal in de volgende hoofdstukken aan de orde worden gesteld, achtereenvolgens in relatie met een algemene effectbeoordeling en bij de ontwikkeling van een systematiek in het volgende deel.

5. EIGENSCHAPPEN EN EFFECTEN VAN BUNDELING VAN INFRASTRUCTUUR

5.1. Inleiding

In het voorgaande zijn de ontstaanswijzen en de voorwaarden van bundeling beschreven. Vervolgens zijn de “fysieke bouwstenen” voor de infrastructuurbundeling behandeld. Dit heeft geleid tot de ontwikkeling van een morfologische typologie. Er is nog geen uitspraak gedaan over de mogelijke effecten van bundeling.

Dit komt in dit hoofdstuk aan de orde. Basisuitgangspunt is dat bundeling van infrastructuur geen andere typen effecten heeft dan niet gebundelde of solitaire infrastructuur. Wel zijn er specifieke *eigenschappen* te onderscheiden die de *omvang* van de effecten kunnen beïnvloeden. Achtereenvolgens wordt in dit hoofdstuk een indeling en het algemeen kader voor het ontstaan van effecten geschetst. Vervolgens worden de eigenschappen en effecten van bundeling van infrastructuur geanalyseerd. Op basis van deze inzichten wordt per effect geanalyseerd op welke manier de bundelingeigenschappen de omvang van het betreffend effect beïnvloeden.

5.2. Effecten van infrastructuur: algemeen kader

5.2.1. Categorisering van effecten

Effecten kunnen op verschillende manieren worden onderscheiden. Een veel gebruikte indeling is mogelijk op basis van het inhoudelijk object. Zo kan een onderscheid worden gemaakt in b.v. landschappelijke effecten, geluidseffecten, effecten op de bodem, effecten op de lucht, effecten op de natuur, sociale effecten, trillingsemissies, barrièrewerking, versnippering, ruimtegebruik, risico's, sloop van gebouwen, bouwkosten, enz. Voorbeelden van dergelijke indelingen zijn te vinden in de Nederlandse, Britse en Amerikaanse handleidingen voor het beoordelen van omgevingseffecten (US-DOT (1971), Lassièrè (1983), UK-DOT (1986), Carpenter (1994)).

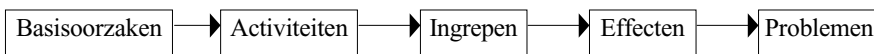
Overigens kunnen de verschillende objecten of effecten nog uit verschillende deelaspecten bestaan. Bij emissies kan b.v. de uitstoot van de verschillende stoffen (CO₂, NO_x, roet, enz.) worden gerekend, sociale effecten kunnen b.v. bestaan uit gedwongen vertrek, barrièrewerking,

onveiligheid en visuele hinder. Vaak wordt het onderscheid tussen *interne* en *externe* effecten gemaakt (RWS (1989), RWS-DWW (1994), Korsmit et al.(1982)).

Verder kunnen *directe* en *indirecte* effecten worden onderscheiden. Directe effecten treden op zonder tussenstappen in het milieu, indirecte effecten via één of meer causale tussenstappen. Dit wordt ook aangeduid als 1e orde en 2e orde (of hogere) effecten (Boersema et al., 1984). Verschillende aspecten kunnen overigens in verschillende orden van effecten voorkomen. Sociale effecten kunnen een 1e orde effect zijn als gevolg van b.v. de sloop van woningen. Anderzijds kan ook geluidshinder, luchtverontreiniging of een verslechtering van het leefklimaat in het algemeen ertoe leiden dat een gebied kwalitatief onbewoonbaar wordt. In dit opzicht vormen de sociale effecten een 2e orde effect. Sommige effecten kennen derhalve verschillende oorzaak-gevolg relaties (RWS-DWW, 1990).

5.2.2. Algemeen kader voor het ontstaan van effecten: effectketen

Een zeer algemeen schema voor het ontstaan van (milieu-)effecten en (milieu)problemen ten gevolge van activiteiten, zoals de aanleg van infrastructuur, is gegeven door Janssen et al. (1991). Dit is weergegeven in Figuur 5-1.



Figuur 5-1: Algemeen schema voor het ontstaan van effecten en (milieu)problemen (naar: Janssen, et al. (1991))

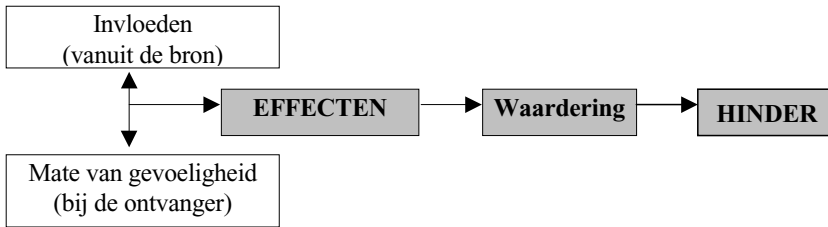
Overigens zijn er gelijkenissen met de benadering van Akkerman, et al. (1987). Hij onderscheidt een chronologische en causale vierdeling:

1. activiteiten: b.v. verkeer, vervoer en infrastructuur
2. ingrepen en emissies: b.v. uitstoot van gassen, vloeistoffen en vaste stoffen, uitgraven, ophogen, verharderen, aanrijdingen, ...
3. effecten op tussenvariabelen: b.v. klimaatveranderingen, verspreiding, verzuring, vermesting, verdroging, vernietiging, versnippering en verstoring
4. effecten op eindvariabelen: b.v. gezondheid van de mens, gebruiksfuncties, natuur en landschap

Wanneer het *externe* effecten betreft, is bovendien de omgeving een belangrijke verklarende factor voor de omvang ervan en de daadwerkelijk ervaren hinder. Externe effecten zijn het gevolg van de confrontatie tussen een invloed of emissie en de mate van *gevoeligheid* van de ontvanger van deze invloed. Deze visie vormt ook de basis voor de ontwikkeling van een *Beoordelingsmethode Milieu* volgens Streefkerk (1992).

De analyse van omgevingskenmerken en -gevoeligheid is ook de basis voor een methode voor de bepaling van hoogteligging van autosnelwegen en spoorlijnen, ontwikkeld door Moerenhout (1995). Hierin wordt gesteld dat de waardering van het effect van de aanwezigheid van infrastructuur en het gebruik ervan op de omgeving gelijk is aan de mate van hinder.

Het ontstaan van externe effecten is schematisch voorgesteld in Figuur 5-2:



Figuur 5-2: Factoren bij het ontstaan van externe effecten

Externe effecten kunnen derhalve nooit in het algemeen of los van het type omgeving worden vastgesteld. Deze vaststelling is fundamenteel omdat daarmee de externe effecten van bundeling van infrastructuur niet enkel afhankelijk zijn van de fysieke verschijningsvorm, maar ook van de gevoeligheid van de omgeving.

5.3. Bundelingseigenschappen

5.3.1. Algemeen

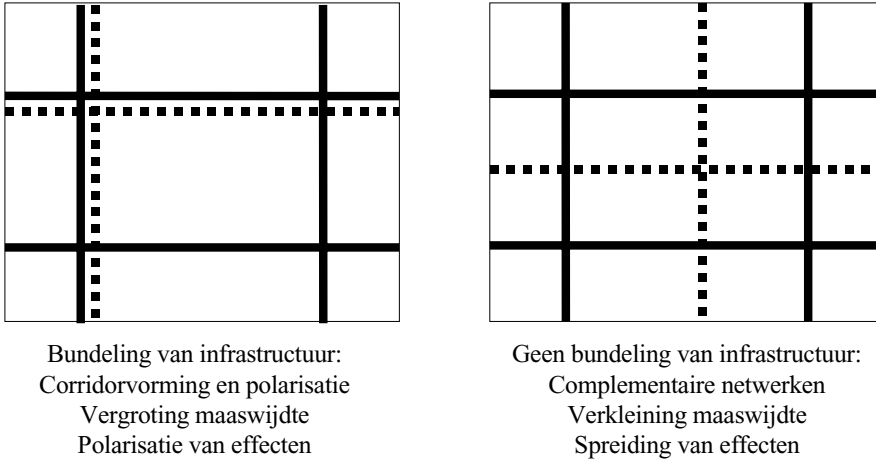
Wanneer infrastructuur wordt gebundeld, treden dezelfde typen effecten op als bij (solitaire) infrastructuur. In de literatuur wordt nergens melding gemaakt van het feit dat deze niet zouden optreden, of dat geheel nieuwe effecten ontstaan.

Wanneer infrastructuur ruimtelijk wordt geconcentreerd, kunnen wel veranderingen in de *omvang* van de effecten optreden. Deze veranderingen vormen de specifieke bundelingseffecten. Om verwarring met de eerder genoemde (typen) effecten te voorkomen, worden deze verder *bundelingseigenschappen* genoemd. Ze kunnen ook gekenmerkt worden als *bundelingsmechanismen*. Deze zijn: polarisatie, interferentie, cumulatie/decumulatie en synergisme/antagonisme van effecten. Deze begrippen zullen hierna worden verklaard.

5.3.2. Polariseratie van effecten

Bundeling van infrastructuur heeft *altijd* tot gevolg dat de infrastructuur ruimtelijk gezien op een beperkt aantal plaatsen aanwezig is of zal zijn. Ook de positieve en beoogde effecten (bereikbaarheid en ontsluitingsmogelijkheden) en de negatieve effecten (diverse vormen van hinder) worden ruimtelijk geconcentreerd. Er treedt *polarisatie* van effecten op. In algemene zin betekent dit een vergroting of accentuering van tegenstellingen. Door een ruimtelijke concentratie van activiteiten en effecten worden ruimtelijke verschillen vergroot.

Deze polarisatie is sterk gerelateerd aan het begrip *corridorvorming* zoals beschreven door de Jong (1988-B). Polariseratie van effecten betreft de *ruimtelijke concentratie* ervan. Corridorvorming is in feite de ruimtelijke vertaling van de polarisatie. Dit is geschematiseerd in Figuur 5-3.



Figuur 5-3: Netwerkvormen met en zonder bundeling van infrastructuur (naar: de Jong, 1988-2)

Polarisatie van effecten is een algemene en altijd geldige eigenschap van bundeling van infrastructuur, en is onlosmakelijk verbonden met corridorvorming.

5.3.3. Interferentie van effecten

Wanneer meerdere infrastructuren in elkaars nabijheid liggen, kunnen deze elkaar wederzijds beïnvloeden. Dit kan men aanduiden als *interferentie*. Interferentie betekent een gelijktijdige werking van twee bewegingen die elkaars werking beïnvloeden, hetzij belemmeren, hetzij versterken. Tevens kunnen twee specifieke vormen van interferentie worden onderscheiden: cumulatie/decumulatie enerzijds, en synergisme/antagonisme anderzijds.

In de literatuur komen diverse omschrijvingen en definities voor. Een samenvoeging, opeenhoping, vermeerdering of verhoging van effecten wordt meestal met *cumulatie* aangeduid. De term is o.a. geoperationaliseerd door de Stuurgroep IMZS-Drechtsteden (IMZS, 1991) en is gedefinieerd als *het volgens een bepaalde systematiek optellen van meerdere soorten milieubelasting tot een waarde voor de integrale milieubelasting*. Decumulatie betekent dan een vermindering of verlaging.

Een speciale vorm van interferentie ontstaat wanneer effecten elkaars werking versterken of verzwakken. Dit kan men respectievelijk aanduiden met de term *synergisme* of *antagonisme*. Toch komen in de literatuur diverse definities en omschrijvingen naar voren. Bij synergisme is het gezamenlijke effect ernstiger dan de som van de effecten van de afzonderlijke ingrepen, bij antagonisme is het gezamenlijke effect geringer (RWS-DWW, 1990). Het kan ook betrekking hebben op de effecten van verscheidene ingrepen op één milieucategorie (Boersema, et al., 1984).

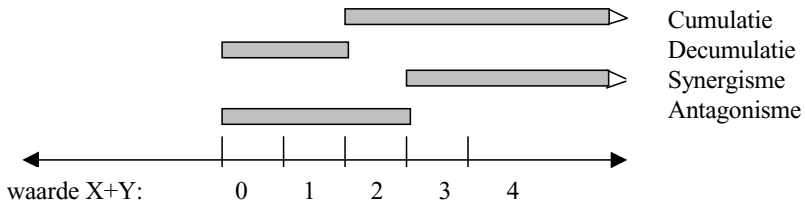
In de Ministeriële handreiking voor een voorlopige systematiek voor de integrale milieuzonering (VROM, 1990) wordt antagonisme omschreven als *het verschijnsel dat het effect van twee of meer agentia, c.q. componenten tezamen kleiner is dan het grootste effect van de afzonderlijke agentia*. Synergisme is *het verschijnsel dat twee of meer agentia of componenten tezamen groter is dan de som van de effecten van de afzonderlijke agentia of componenten*. Voor het verschijnsel dat de optelling van twee agentia meer is dan het grootste effect van de afzonderlijke agentia, maar kleiner is dan de som ervan, is er een terminologische lacune.

Om reden van eenduidigheid en om het verschil tussen de termen beter te kunnen aanduiden, wordt een eigen definiëring voorgesteld. Van synergisme is sprake als dat het geheel meer is dan de som der afzonderlijke delen. Van antagonisme is sprake wanneer het geheel minder is dan de som der afzonderlijke delen. Cumulatie en decumulatie duiden respectievelijk op een verhoging en een verlaging. In die zin zijn synergisme en antagonisme ook speciale vormen van cumulatie en decumulatie.

Samengevat kunnen de genoemde begrippen als volgt worden geformuleerd:

- Interferentie: $(X+Y) \Rightarrow \Delta X$ en/of ΔY , waarbij $(X+Y) \neq (X) + (Y)$
- Cumulatie: $(X+Y) > \max(X, Y)$
- Decumulatie: $(X+Y) < \max(X, Y)$
- Synergisme: $(X+Y) > (X)+(Y)$
- Antagonisme: $(X+Y) < (X)+(Y)$

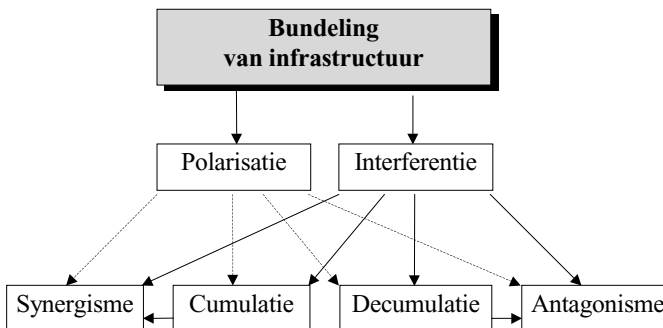
Dit kan worden geïllustreerd aan de hand van een rekenvoorbeeld, uitgezet op een balk. Nemen we aan dat $X = 1$ en $Y = 2$. Wanneer X en Y bij elkaar worden opgeteld dan geldt:



Door het gecombineerde gebruik van twee begrippen kan de grootte van effecten exact worden aangeduid. Er kan b.v. sprake zijn van een synergistische of antagonistische cumulatie. Decumulatie is altijd antagonistisch.

5.3.4. Onderlinge relatie bundelingeigenschappen

Uit het voorgaande is gebleken dat de verschillende eigenschappen (polarisatie, interferentie, (de)cumulatie, synergisme en antagonisme) onderlinge verbanden hebben. Deze relatie is weergegeven in Figuur 5-4.



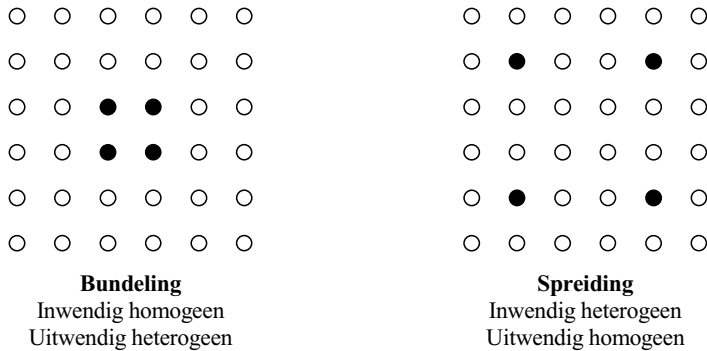
Figuur 5-4: Schematische weergave onderlinge relatie bundelingeigenschappen

Polarisatie en interferentie zijn de basiseigenschappen. De overige eigenschappen zijn een gevolg hiervan. De interferentie (de onderlinge beïnvloeding en wisselwerking) bepaalt of in een

gegeven situatie sprake is van (de)cumulatie en/of van synergisme en antagonisme. Synergisme zal altijd leiden tot cumulatie en decumulatie zal altijd leiden tot antagonisme. Ook de polarisatie kan een invloed hebben op het synergisme, antagonisme en de (de)cumulatie. Dit doet zich voor wanneer de concentratie op zich tot een verandering van de omvang van de effecten leidt. Dit moet eerder gemeten worden aan de hand van macro-effecten, zoals de vrijwaring van de open ruimte, de gewenste ruimtelijke structuur, enz.

5.3.5. Schaalniveau van de effecten en eigenschappen

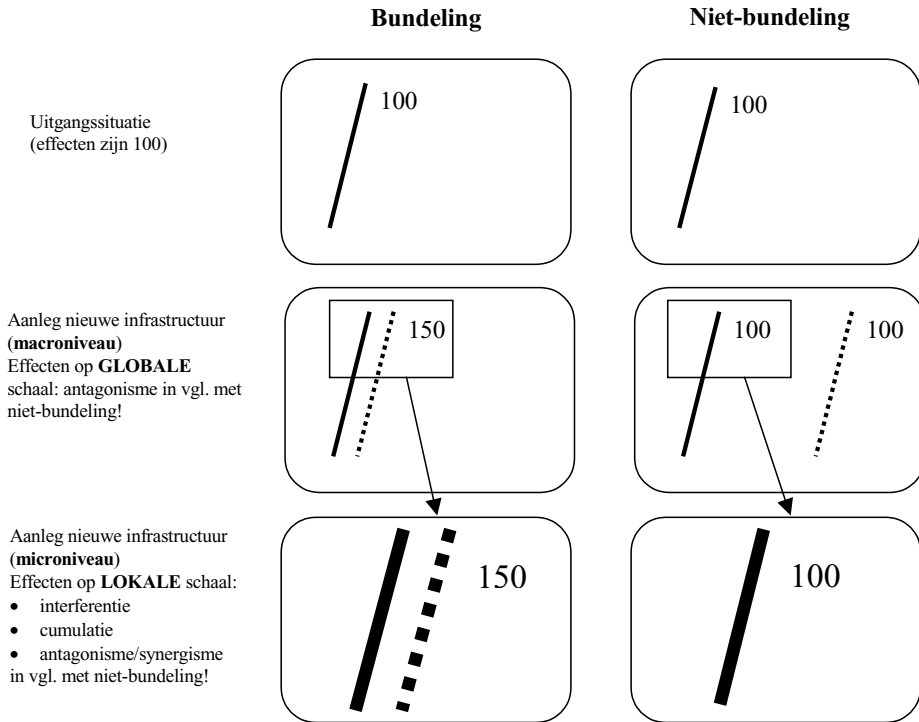
De mate van verscheidenheid aan milieus is afhankelijk van de schaal waarop het begrip *milieu* betekenis heeft. Bij de spreiding heeft ieder element in de verzameling een van hem verschillend element in de buurt. Bij bundeling is dit niet het geval. Men zou kunnen concluderen dat spreiding meer tot variatie leidt dan bundeling. Betreft men echter grotere eenheden in de beschouwing, dan blijkt het omgekeerde het geval: bij spreiding is het onmogelijk om clusters te vinden die zich fundamenteel onderscheiden van identieke clusters in de omgeving. Dit is schematisch weergegeven in Figuur 5-5.



Figuur 5-5: Bundeling en spreiding en hun gevolgen voor de heterogeniteit naargelang het schaalniveau (naar: de Jong, 1988-1)

De Jong (1988-1) lanceert hierbij het begrip *ruimtelijke dialectiek*. Dit doet zich voor wanneer conclusies ten aanzien van een bepaald schaalniveau ongeldig zijn voor een nabijgelegen hoger of lager schaalniveau. *Concentratie of bundeling leidt tot heterogeniteit op grote schaal, dispersie of spreiding leidt tot heterogeniteit op kleine schaal*. Een belangrijk begrip is de *wijdmazigheid*. Hoe groter deze wijdmazigheid, hoe beter samenhang kan worden behouden in de verschillende landschappen (de Boer, 1971).

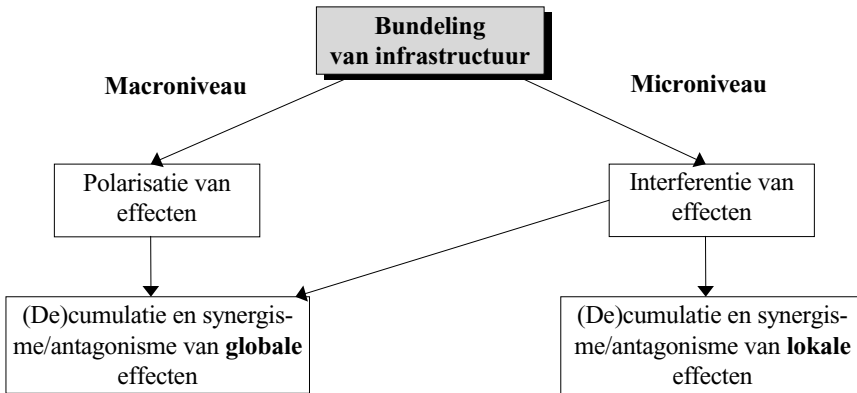
De dualiteit in het schaalniveau bij bundeling van infrastructuur komt ook naar voren in de Derde Nota Ruimtelijke Ordening (SU, 1975). De spanning tussen gewenste voordelen op macroniveau versus nadelen op microniveau wordt als een potentieel probleem en belangrijke verklaringsgrond voor de effecten gezien (ter Brugge et al., 1985). Schematisch is deze dualiteit aangeduid in Figuur 5-6.



Figuur 5-6: Schematische voorstelling dualiteit bundelingeigenschappen in relatie tot het schaalniveau

Eigenschappen van bundeling kunnen zich op de twee schaalniveaus manifesteren. Op het macroniveau (het gehele gebied) is sprake van polarisatie van effecten. Op microniveau (het gebied ter plaatse van de bundel) doen zich interferentie, (de)cumulatie en synergisme/antagonisme voor. Dit kan ook een weerslag hebben naar het macroniveau omdat de totale hinder in het gehele gebied kan verschillen in vergelijking met het verspreid aanleggen van infrastructuur. Dit is de (indirecte) relatie tussen polarisatie en (de)cumulatie, synergisme en antagonisme.

Schematisch kan dit worden voorgesteld in Figuur 5-7.



Figuur 5-7: Relatie bundelingeigenschappen en schaalniveau

5.3.6. Conclusie: de theoretische potenties van bundeling van infrastructuur

De enige altijd geldende eigenschap van bundeling is polarisatie (op macroniveau). Deze polarisatie kan leiden tot het ontstaan van infrastructuur- of transportcorridors. Dergelijke corridors bieden op hun beurt potenties voor het ontstaan van specifieke ruimtelijke ontwikkelingen, verstedelijkingsvormen en logistieke concepten.

De overige eigenschappen zijn niet altijd van toepassing omdat ze afhankelijk zijn van lokale omstandigheden en gevoeligheden. Toch worden naar verwachting de omvang van de effecten door bundeling van infrastructuur beïnvloed. Dit wordt in de volgende paragrafen behandeld. Gekozen is voor die effecten waarvan in de literatuur wordt vermeld dat bundeling van infrastructuur hierop een duidelijke invloed heeft (o.a. SU, 1975; Arink, 1972. Het gaat om versnippering, direct ruimtebeslag, geluidshinder, veiligheid (intern en extern), indirect ruimtebeslag, constructieve effecten en landschappelijke aspecten/visuele hinder. Tot slot worden een aantal verbanden tussen de effecten gelegd en de indirecte effecten besproken.

5.4. Versnippering

5.4.1. Begrip

Een beperking van de versnippering lijkt het meest frequent genoemde motief om infrastructuur te bundelen. Het komt naar voren in de meeste overheidsnota's waar bundeling van infrastructuur wordt bepleit, o.a. in de Tweede en Derde Nota Ruimtelijke Ordening en het Tweede Structuurschema Verkeer en Vervoer. Een algemene en (te) brede definitie van versnippering is *het proces waarbij de functies van het landschap voor mensen, dieren en planten worden veranderd* (RMNO, 1990). Andere mogelijke en nauwkeurigere omschrijvingen of definities van versnippering zijn o.a.:

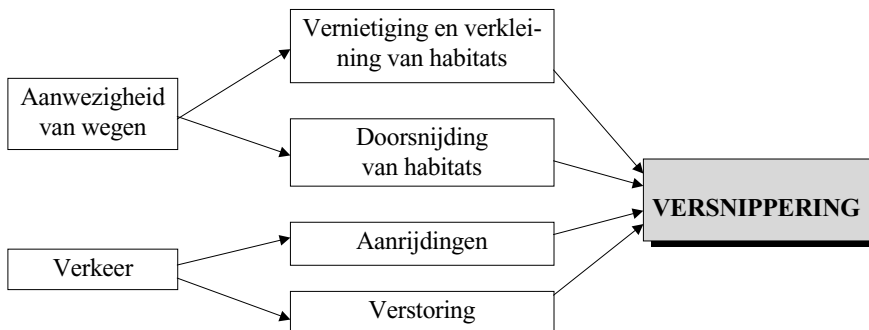
- barrièrewerking, fragmentering (Udo de Haes, et al., 1988)

- het uiteenvallen van grote oppervlaktes relatief homogeen landschap in kleine, ruimtelijk gescheiden eenheden ten gevolge van ingrijpende veranderingen in het ruimtegebruik (RWS-DWW-CML-SNM, 1987)
- het totaal van effecten dat optreedt als een gebied door een verbinding doorsneden wordt (Cuperus, et al., 1988)
- de verzamelterm voor het complex van door de mens veroorzaakte processen waardoor de leefgebieden van planten- en diersoorten wordt verkleind en in “snippers” uiteenvallen (HNS, 1996)
- de splitsing van *ecosystemen en leefgebieden van planten en dieren in kleinere delen* (Bekker, 1996)

Versnippering is dus een ruim begrip dat vanuit vele invalshoeken benaderd kan worden. Meestal richt de versnippering zich op het thema fauna en flora.

Verbruggen et al. (1994) onderscheiden enerzijds een *morfologische* versnippering. Dit is de eenvoudigste vorm waarbij een waarneembaar geheel met een eigen vorm ten gevolge van diverse mechanismen een andere vorm krijgt. Anderzijds spreekt men van een *functionele* versnippering wanneer één of meerdere functies van het oorspronkelijke geheel van elkaar ontkoppeld worden.

Udo de Haes, et al. (1988) onderscheiden een aantal mechanismen of deelaspecten van versnippering. Door de verbinding kan een (morfologische) *barrièrewerking* ontstaan. Deze kunnen een zodanige omvang aannemen, dat de resterende deelgebieden (functioneel) te klein zijn om levensvatbare populaties van bepaalde soorten te kunnen herbergen, en dat de relaties tussen de verschillende essentiële biotopen worden verbroken. Het gevolg is een vergrote kans op uitsterven. De verbinding kan ook een (functioneel) *versturende werking* hebben. De effecten die optreden langs de weg kunnen een zodanige vorm aannemen dat langs een weg zones ontstaan waar voor verstoring gevoelige soorten niet meer voorkomen en waardoor biotoopverlies optreedt. *Sterfte door aanrijdingen* kan optreden wanneer dieren een weg trachten over te steken. Deze oorzaak-gevolg relaties zijn schematisch weergegeven in Figuur 5-8.



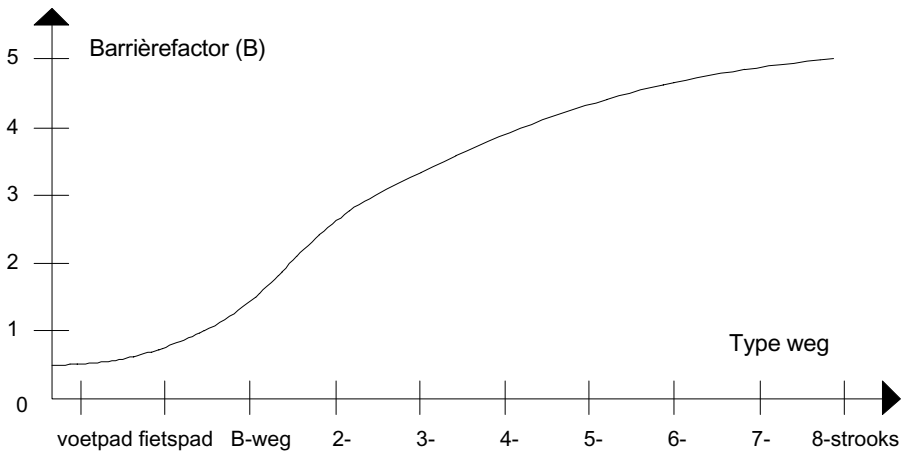
Figuur 5-8: Mechanismen die kunnen leiden tot versnippering (bron: Udo de Haes, et al., 1988)

In het algemeen kan versnippering in morfologische en functionele zin leiden tot indirecte of 2^e en 3^e orde effecten (Verbruggen et al., 1994; Bergers, 1997), zoals het ontstaan van visueel kleinere open ruimten, het ontstaan van kleine geïsoleerde restuimten, een verkleining van ruimtelijke eenheden, een verhoging van de randeffecten en het verbreken van de connectiviteit en visuele relaties. Door versnippering is de resterende natuur extra kwetsbaar voor aantasting. Een klein gebied heeft een relatief grote randlengte en is daarom gevoelig voor invloeden van buitenaf.

5.4.2. Relatie met bundeling van infrastructuur

Volgens Opdam (1988) is het voornamelijk onduidelijk of een bundeling van transportwegen per saldo minder effect sorteert dan wanneer deze verspreid worden. Volgens Karnapp et al. (1988) leidt bundeling daarentegen in het geheel niet tot een toename van de versnippering. Deze verschillende opvattingen hebben wellicht te maken met de beschouwde invalshoek: waar de eerste rekening houdt met de zwaarte van de doorsnijding, wordt door de tweede enkel het aantal doorsnijdingen als maat genomen.

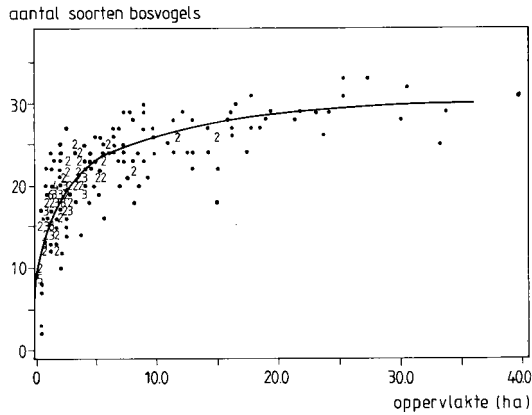
Door Akkerman et al. (1987) is een methode ontwikkeld om de versnippering als totaaleffect te kwantificeren. Per oppervlakte-eenheid wordt het aantal km^2 infrastructuur bepaald. Een vermenigvuldiging van het aantal wegkilometers met het aantal rijstroken leidt tot een weging van de wegcategorie ten aanzien van de versnipperende werking. Wel wordt aangegeven dat een weefactor voor de omvang van de infrastructuur moet worden gebruikt. Het betreft een weefactor (B) die berust op een deskundigenoordeel ten aanzien van de grootte van de barrièrewerking van wegen van verschillende breedte. De bepaling van de weefactor (B) is gegeven in Figuur 5-9. Uit de grafiek blijkt reeds dat de marginale toename van de barrièrefactor daalt met het breder worden van de infrastructuur. Bij de overgang van fietspad naar B-weg naar 2-strooksweg is de toename exponentieel. Dit kan mogelijk verklaard worden doordat de aard van het verkeer sterk verandert en de versnipperende werking ervan exponentieel toeneemt.



Figuur 5-9: De barrièrefactor B als schatting van de functie van de breedte van de weg (naar Akkerman et al., 1987)

Een dergelijke benadering kan ook voor spoorwegen gelden. Het aantal rijstroken wordt vervangen door het aantal sporen. Voor de berekening van de versnippering bij bundeling van verschillende infrastructuurlijnen is geen specifieke methode voorhanden. Toch wordt door Akkerman et al. (1987) expliciet vermeld dat de versnipperende werking bij bundeling minder is dan die van afzonderlijke infrastructuurlijnen. Echter, dit geldt enkel als de infrastructuur een gelijksoortige barrièrewerking heeft. Dit kan worden aangenomen voor bundeling van meerdere (auto)wegen en tot op zekere hoogte voor de combinatie van wegen en spoorlijnen. Bundeling heeft volgens deze filosofie een *antagonistische* werking op de versnippering. De mate van deze werking is echter nog niet empirisch gekwantificeerd.

Indien versnippering wordt benaderd vanuit de loutere *vernietiging van habitats*, dan veroorzaakt bundeling van infrastructuur weinig of geen verandering. De vernietiging omvat immers het direct ruimtebeslag. De totale hoeveelheid oppervlakte van de habitats blijft ongeveer gelijk. Enkel indien met een overlap gebundeld wordt kan een voordeel worden behaald.

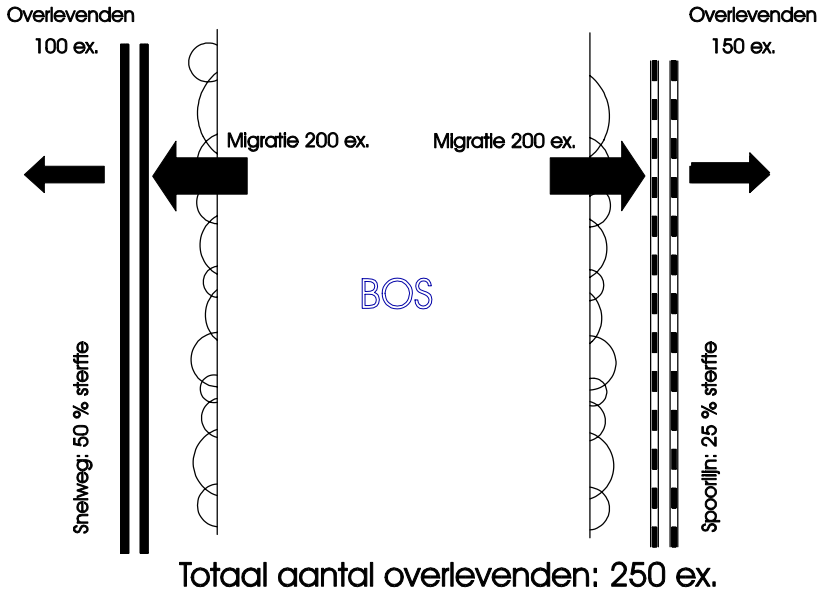


Figuur 5-10: Verband tussen het aantal soorten bosvogels en de oppervlakte van het bos (Van Dorp, 1986)

Door bundeling kan in elk geval worden voorkomen dat een *verkleining van habitats* ontstaat. De gemiddelde grootte van de (niet-doorsneden) habitats is maatgevend voor de biodiversiteit. Uit onderzoek van Van Dorp (1986) blijkt een toename van het aantal bosvogels in relatie tot de grootte van het bos. Dit verband is ook gevonden door Opdam (1988). De relatie is weergegeven in Figuur 5-10. Hieruit blijkt dat de schade aan de biodiversiteit in een bepaald gebied door bundeling relatief beperkt blijft.

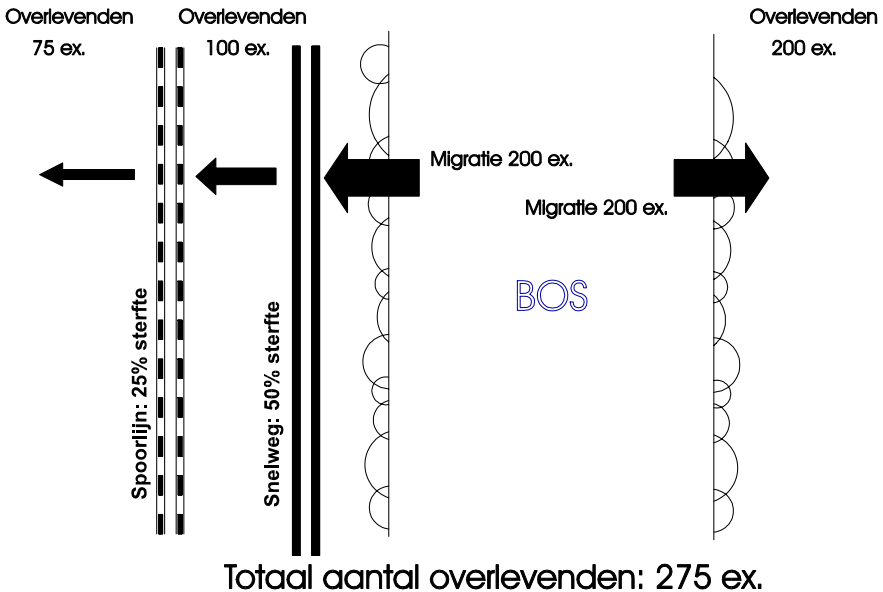
Het aspect *doorsnijding van habitats* is nauw verwant met het vorige deelaspect. Doorsnijding leidt tot barrièrewerking en tot meer, maar gemiddeld kleinere (en dus versnipperde) habitats. Met een bundeling ontstaan in beginsel geen nieuwe doorsnijdingen. Bestaande oppervlakten blijven globaal behouden. Een lichte verkleining ontstaat door de toename van het direct ruimtebeslag.

Het deelaspect *aanrijdingen* kan worden beoordeeld aan de hand van een theoretisch voorbeeld. Er worden twee situaties vergeleken. Een bos met een zeker migratiepatroon van b.v. zoogdieren wordt door twee infrastructuurlijnen op twee plaatsen (geen bundeling) dan wel op één plaats (bundeling) doorsneden. Dit geeft het volgende beeld met betrekking tot het aantal sterften en overlevenden.



Figuur 5-11: Aantal sterften en overlevenden bij niet-gebundelde infrastructuur (theoretisch voorbeeld)

Indien infrastructuur wordt gebundeld, verkrijgt men het volgende beeld:



Figuur 5-12: Aantal sterften en overlevenden bij gebundelde infrastructuur (theoretisch voorbeeld)

Uit deze fictieve en modelmatige benadering blijkt dat bundeling van infrastructuur in theorie relatief minder aanrijdingen met fatale afloop tot gevolg heeft voor migrerende dieren dan niet-

bundeling. De extra hoeveelheid aanrijdingen vermindert doordat reeds schade is aangericht. Dit fictief voorbeeld houdt geen rekening met gebiedsverschillen, het gaat uit van een gelijke migratie op alle plaatsen.

Verstoring ontstaat als gevolg van het *gebruik* van infrastructuur. Ook via geluids-, licht- en andere emissies ontstaat een zone die als barrière wordt ervaren. Onderzoek hieromtrent is o.a. verricht door Mader (1979).

5.5. Direct ruimtegebruik

5.5.1. Begrip

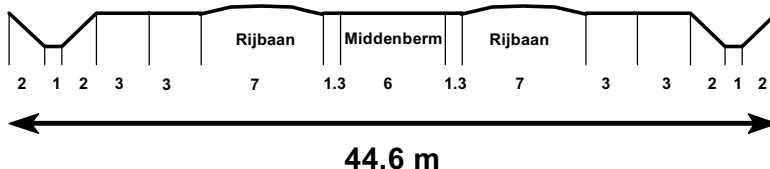
Naast het directe ruimtebeslag is ook het indirect ruimtebeslag een belangrijk begrip, doch dit wordt later in 5.8 behandeld. Het direct ruimtegebruik van infrastructuur is de ruimte die daadwerkelijk en fysiek door de infrastructuur wordt ingenomen. Een andere term is de *aangesproken ruimte* (Hüsler, 1993). Deze is verder onder te verdelen in de gemonopoliseerde ruimte (exclusieve ruimte voor voertuigen), de verharde ruimte, de ruimte die voorzien is van een gefundeerde ondergrond en de ruimte voor bijkomende voorzieningen, zoals afwatering.

5.5.2. Relatie met bundeling van infrastructuur

Beperking van het direct ruimtegebruik is naast versnippering een veel genoemd argument om tot bundeling van infrastructuur over te gaan (o.a. Alberding, 1987; Arink, 1972). Toch leidt bundeling niet automatisch tot een beperking (Hansen, 1998). Indien men door bundeling van infrastructuur het direct ruimtebeslag wil beperken, kan dit enkel door delen van de infrastructuur te laten overlappen. Hoe meer overlap, hoe meer het direct ruimtebeslag beperkt kan worden. In beginsel zijn geen andere factoren van invloed.

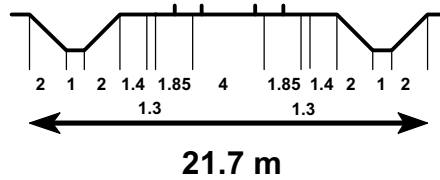
De invloed kan worden aangeduid aan de hand van een theoretische beschouwing over een bundeling van een spoorlijn en een snelweg met elk een standaard maatvoering (RWS-DVK, 1992; Esveld, 1995).

Het dwarsprofiel van een autosnelweg bestaat uit twee gescheiden rijbanen met middenberm. Bijkomende ruimte is nodig voor een redresseerstrook, vluchtstrook, onverharde berm en berm-sloot. In totaliteit geeft dit een direct ruimtebeslag van 44.6 m. Een type schets van een autosnelweg op maaiveld is gegeven in Figuur 5-13. Per strekkende kilometer resulteert dit in een oppervlakte van 4.46 hectare.



Figuur 5-13: Type dwarsprofiel en direct ruimtebeslag van een autosnelweg (bron: RWS-DVK, 1992)

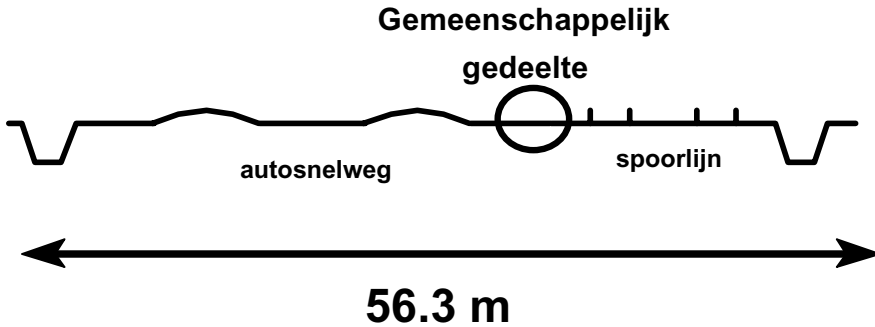
Een dubbelbaans spoorlijn bestaat uit de eigenlijke spoorbaan met de rails, een noodzakelijke vrije ruimte, een talud en een afwateringssloot. Een type dwarsprofiel op maaiveld is weergegeven in Figuur 5-14. Per strekkende kilometer resulteert dit in een direct ruimtebeslag van 2.17 hectare.



Figuur 5-14: Type dwarsprofiel en direct ruimtebeslag van een dubbelbaans spoorlijn (bron: Esveld, 1995)

In beginsel is de gezamenlijke breedte van de twee infrastructuurlijnen 66.3 m. Het ruimtebeslag per strekkende kilometer bedraagt 6.63 hectare. Een loutere nevenschiktelijke bundeling zonder overlap levert dus geen ruimtewinst op.

Ruimtewinst ontstaat enkel door overlapping en gebruik van gemeenschappelijke gedeelten, b.v. de afwateringssloot. Deze afwateringssloot kan verdwijnen aangezien deze tussen de infrastructuurlijnen geen nut meer heeft. Tevens kunnen gedeelten van de fundering gemeenschappelijk worden gebruikt. Dit is schetsmatig weergegeven in Figuur 5-15.



Figuur 5-15: Type dwarsprofiel en direct ruimtebeslag van een bundeling met (gedeeltelijke) overlap.

Deze manier van bundelen leidt tot een vermindering van het direct ruimtebeslag van ongeveer 1 hectare per strekkende kilometer. Een grotere ruimtewinst is enkel te behalen door op één of andere manier verticaal te bundelen of door dezelfde typen infrastructuur te bundelen door middel van verbreding. Hierdoor wordt niet alleen een gedeelte van de fundering gemeenschappelijk gebruikt, maar ook een gedeelte van de verharde ruimte: een veiligheids-, redresseer- of vluchtstrook dient slechts éénmaal te worden geconstrueerd.

5.6. Geluidshinder

5.6.1. Begrip

Analoog aan de Wet Geluidshinder kan *geluid* worden omschreven als de met het menselijk oor waarneembare trillingen. Geluidshinder is het gevaar, de schade of de hinder als gevolg van geluid (RWS-DWW, 1990).

De normering van geluidshinder is afhankelijk van zowel het type locatie, het type infrastructuur als de periode van de dag. Deze is samengevat in Tabel 5-1.

Tabel 5-1: Normering verkeerslawaai (bron: IRMSID, 1993)

| Situatie | Weg | Spoor |
|---|----------|----------|
| Maximaal toelaatbare geluidsbelasting in bestaande situaties | 70 dB(A) | 73 dB(A) |
| Maximaal toelaatbare geluidsbelasting in nieuwe situaties | | 73 dB(A) |
| Maximale geluidsbelasting na 200 in bestaande en nieuwe situaties | | 70 dB(A) |
| Saneringswaarde nu en na 2000 | | 65 dB(A) |
| Saneringsgrenswaarde en maximale ontheffingswaarde voor nieuwbouw | 55 dB(A) | |
| Voorkeursgrenswaarde | 50 dB(A) | 60 dB(A) |
| Voorkeursgrenswaarde na 2000 | | 57 dB(A) |
| Avond (19-23 uur): - 5 dB(A) | | |
| Nacht (23-07 uur): - 10 dB(A) | | |

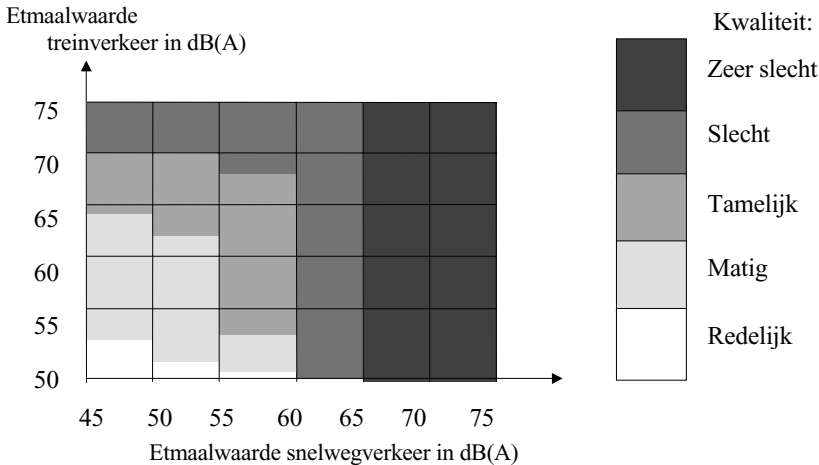
5.6.2. Relatie met bundeling van infrastructuur

De mogelijke bijdrage aan de beperking van geluidshinder is een vaak genoemd argument om infrastructuur te bundelen (Arink, (1972), Schreiber (1993)). Door de gemeenschappelijke demping van het geluid door bodem- en luchtabsorptie en door gemeenschappelijk maatregelen ten aanzien van de geluidsbestrijding te nemen, kan bundeling van infrastructuur leiden tot een beperking van de geluidsbelaste zones. Hieruit blijkt dat dit aspect een zeer nauw verband heeft met het *indirect* ruimtegebruik. Dit wordt later in 5.8 beschreven.

Door Miedema (1985) is de cumulatie van geluid van continue bronnen onderzocht. Als de hinder van beide bronnen sterk verschilt, dan is de totale hinder gelijk aan het maximum van de hinder van elk van beide bronnen. Is het verschil tussen de hinder van beide bronnen klein, dan is de totale hinder groter dan dit maximum. Specifiek onderzoek naar de cumulatie van geluid van treinverkeer en autoverkeer, leverde dat twee typen van beïnvloeding kunnen worden onderscheiden. De eerste is *de beïnvloeding van het autoverkeer als continue bron op de hinder van het treinverkeer als discontinue bron*. Deze invloed kan gedeeltelijk verklaard worden door de maskering van het treinverkeerslawaai door het autoverkeerslawaai. Bij lage niveaus van de afzonderlijke gebeurtenissen neemt de hinder van de discontinue bron (treinverkeer) af als het continue geluid (autoverkeer) in niveau toeneemt. Bij hoge niveaus wordt de hinder van de discontinue bron niet beïnvloed door het niveau van de continue bron. Deze verklaring geldt echter in een beperkt aantal gevallen. Het precieze effect lijkt tevens van een aantal andere factoren af te hangen die niet nader bepaald konden worden. De tweede is *de beïnvloeding van het treinverkeer als discontinue bron op de hinder van het autoverkeer als continue bron*. Er is geen duidelijk effect waarneembaar.

Voor het berekenen van de totale hoeveelheid hinder worden door Miedema (1985) twee hypothesen als realistisch beschouwd. Enerzijds is dit de dominantiehypothese. De totale hinder is het maximum van de hinder van de afzonderlijke bronnen. Dit is aannemelijk in situaties waar de hinder van twee bronnen sterk verschilt. Anderzijds is er de synergismehypothese. De totale hinder is dan groter dan het maximum van de hinder van de afzonderlijke bronnen, maar kleiner dan de som van de hinderwaarden voor deze bronnen afzonderlijk. Voor situaties waar de hinder van twee bronnen ongeveer gelijk is, lijkt de laatste hypothese een goede verklaring te bieden. Gelet op de eerder gemaakte omschrijving is het beter te spreken van de *antagonismehypothese*. Dezelfde hypothesen komen ook naar voor bij Schreiber (1993). Het is van wezenlijk belang of de nieuwe infrastructuur in een reeds belaste of niet belaste omgeving wordt aangelegd. Nieuwe infrastructuur met een geluidssproductie van 50 dB(A) verhoogt het geluidsniveau in een omgeving waar het bestaande geluidsniveau 40 dB(A) bedraagt. In een omgeving met een bestaand geluidsniveau van 60 dB(A) treedt geen waarneembare verslechtering meer op.

De voorgaande modellen zijn meegenomen in de gewijzigde Wet Geluidshinder, waarbij ook rekening kan worden gehouden met de cumulatie van geluid. In een uitgewerkt voorbeeld door van den Berg (1993) blijkt dat pas sprake is van een toename van de geluidshinder indien de tweede geluidsbron een (zeer) hoge geluidsproductie heeft. Dit is weergegeven in Figuur 5-16.



Figuur 5-16: Akoestische kwaliteit van gecumuleerde geluidsbelastingen (naar: van den Berg, 1993)

Uit het voorgaande kan worden afgeleid dat de totale geluidshinder van twee verschillende bronnen samen altijd minder is dan de hinder van elke geluidsbron apart bij elkaar opgeteld. De hinder van een discontinue bron (treinverkeer) kan bovendien door maskering verminderen wanneer er een continue bron (autoverkeer) bijkomt. De gecumuleerde hinder van beide bronnen samen is ongeveer gelijk aan de hinder van de hinderlijkste bron indien de geluidsbronnen duidelijk in sterkte verschillen. De hinder is een fractie groter dan de hinderlijkste bron indien de geluidsbronnen ongeveer dezelfde sterkte hebben. Nochtans moet rekening worden gehouden met de *perceptie* van geluidshinder. Deze subjectieve factor kan ertoe leiden dat de uiteindelijk ervaren *hinder* afwijkt van hetgeen men veronderstelt op basis van een objectieve maat zoals het aantal dB(A).

5.7. Veiligheid

5.7.1. Begrip

Veiligheid is een zeer breed begrip. Het kan worden omschreven als een toestand van bescherming tegen personen of gevaren die iets of iemand bedreigen. Naast gezondheid, welzijn en milieu, dekt het een gebied dat zich bezighoudt met de ongewenste afwijkingen van een ideale staat of toestand van de wereld en van de mensen die daarin leven (Hale, et al. 1991).

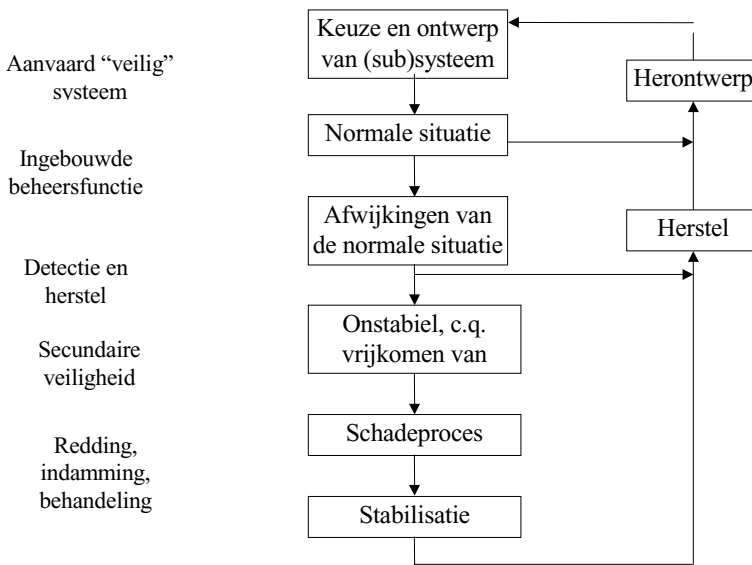
Binnen het veiligheidsbegrip is een onderscheid mogelijk naar *interne* en *externe* veiligheid. Interne veiligheid betreft het systeem zelf, externe veiligheid betreft de omgeving of derden. Beide hebben een nauwe relatie. Zo kan een gebrek aan interne veiligheid ook tot problemen met betrekking tot externe veiligheid leiden. Centraal in de veiligheidskunde staat het begrip *risico*. Meestal wordt hieronder verstaan: de kans op een ongeval vermenigvuldigd met het effect (Hale, et al., 1990) of de ernst van het ongeval (Korsmit, 1986). Andere mogelijke omschrijvingen worden gegeven door Vlek (1987). Het kan gaan om de kans op een ongeval, de

omvang van een mogelijk of denkbaar ongeval of het produkt van kans op, en omvang van een mogelijk ongeval.

In het algemeen worden twee typen externe veiligheid of risico onderscheiden, namelijk het *individueel* risico en het *groepsrisico* (PS-KIVI, 1993; IRMSID, 1993; IMZS,1991). Onder individueel risico wordt verstaan het externe risico dat iemand zou lopen om te sterven ten gevolge van een zwaar ongeval, indien hij in de directe nabijheid zou wonen. Het groepsrisico is de verzameling van gegevens over kansen en gevolgen van mogelijke ongelukken met die activiteit gedurende een jaar voor een groep. De grootte van het groepsrisico is afhankelijk van de bevolkingsdichtheid rond die activiteit.

Op dit moment is enkel het individueel risico genormeerd en is vastgesteld op 10^{-6} per jaar. Dit houdt in dat iemand die op deze bewuste plaats een jaar verblijft een kans heeft van één op een miljoen om ten gevolge van een ongeval om het leven te komen. Op basis hiervan zijn locaties waar men gewoonlijk langer verblijft (woongebieden) gevoeliger dan locaties waar men korter verblijft (recreatie- en werkgebieden). Voor het groepsrisico ontbreekt voorsnog een harde normering.

In het algemeen wordt veiligheid bereikt door stromingen van materie, energie en informatie te waarborgen. Ongevallen worden gezien als veroorzaakt door afwijkingen van de gewenste stromingen. De schade wordt voornamelijk veroorzaakt door het vrijkomen van energie in hoeveelheden die te groot zijn om door het menselijk lichaam te worden opgevangen. Dit proces kan worden aangeduid zoals in Figuur 5-17. Een dergelijke schematisering is te vinden bij Hale et al. (1990) en is gebaseerd op McDonald (1972) en Kjellen (1983).



Figuur 5-17: Modellering van het ongevalsproces (naar Hale, et al., 1990)

5.7.2. Relatie met bundeling van infrastructuur

Effectketens

Het volgende fictief voorbeeld is geschetst in het kader van de Themadag Grootschalige Treinongevallen¹ en geeft een illustratie van een scenario zoals dit zich bij bundeling van infrastructuur in relatie tot veiligheid zou kunnen voordoen.

"In de ochtend van 21 november 2014, rond ca 07.32 uur vindt in de dichte mist in de directe omgeving van het personentransferium Narrestein een spoorwegongeval plaats te Oudstad, een deelgemeente van Eindhoven. Eindhoven is ontstaan door een samengaan van een aantal gemeenten in de regio. Een gesloten goederenshuttle trein met 25 container ketelwagens met een diversiteit aan chemische stoffen ontspoort ter hoogte van het transferium. De trein stort gedeeltelijk van het 11 meter hoge talud op een personentrein die uit tegengestelde richting nadert op de ongelijkvloerse kruising met het goederenspoor. De personentrein is van een ouderwets type (we rekenen 2014 inmiddels) het zgn. dubbeldekker type met 1208 passagiers. Twee rijtuigen van de personentrein worden in de langsrichting opengereten waarbij vele doden en zwaar gewonden vallen. Drie rijtuigen van de personentrein ontsporen waarbij een der rijtuigen van het talud afrolt en omgekeerd aan de oever van het zuidkanaal terecht komt. De goederenspoorweg ligt ter plaatse op 11 meter hoogte om het zuidkanaal te kunnen passeren. Van de goederentrein ontsporen 14 wagons en rollen drie wagons van het talud de snelweg op. Een van de ketelwagens met 40 ton butadieen komt in de verlaagde traverse tussen de binnenstad van Oudstad en de nieuwbouwwijk Narrestein terecht en blokkeert deze doorgang volledig. Op de nabij gelegen autoweg A77 ontstaat een aantal kettingbotsingen waardoor de weg volledig gestremd raakt. De brand die ontstaat veroorzaakt een groot aantal slachtoffers in de personentrein en op de snelweg en bemoeilijkt de redding en hulpverleningswerkzaamheden".

Hoewel fictief, behoort een dergelijk scenario niet enkel tot het imaginaire. Een dramatisch ongeval als gevolg van een effectketen bij gebundelde infrastructuur deed zich daadwerkelijk voor in Caracas, Venezuela, op 28-09-1993. Per ongeluk raken werknemers van het telefoonbedrijf de aardgasleiding tijdens een reparatie. De leiding scheurt over een lengte van 200 m open en ontploft. De vuurzee treft ongeveer 20 auto's en twee autobussen op de parallelle autoweg. In totaal worden 53 personen levend verbrand en een 30-tal raken ernstig gewond.²

In feite begon het ongeluk met een interferentie van een normaal functioneren (onderhoud) van één van de gebundelde infrastructuurlijnen, namelijk de telefoonkabels. Het vrijkomen van de energie en de verspreiding ervan over de gebundelde infrastructuur veroorzaakte de werkelijke schade.

De genoemde fictieve en waar gebeurde ongevallen geven aan dat bundeling van infrastructuur meer nog dan bij solitaire infrastructuur kan leiden tot effectketens. Het model in Figuur 5-17 geeft een algemeen ongevalsproces weer bij een geïsoleerde gebeurtenis. Bij bundeling van infrastructuur kunnen bovendien een aantal mogelijke wisselwerkingen of interferenties optreden. Deze kunnen leiden tot cumulatieve-effecten die negatief werken op zowel de interne als de externe veiligheid. Een eerste mogelijke vorm van interferentie is de beïnvloeding van een normaal functionerende infrastructuur op gebundelde infrastructuur. Vervolgens kan disfunctioneren of een ongeval de parallelle infrastructuur beïnvloeden. Daarentegen kan de aanwezigheid van een parallelle lijn nuttig zijn bij de redding, indamming en behandeling van het schade. Tenslotte kan bij bundeling sprake zijn van cumulatie van omgevingsrisico's.

¹ georganiseerd door de Regionale Brandweer Zuid-Oost Noord-Brabant en gehouden op 24-11-93 en 1-12-93 in het congrescentrum Koningshof te Veldhoven. Het voorbeeld is geschetst door dr. ir. J. Stoop van de Technische Universiteit Delft.

² o.a. verschenen in NRC (29-09-93), Nieuwsblad van het Noorden (29-09-93), Brabants Dagblad (29-09-93)

Invloed van een normaal functionerende infrastructuurlijn op een gebundelde infrastructuurlijn

Een normaal functioneren van een infrastructuurlijn kan een invloed hebben op het functioneren van de andere lijn. De meeste interferentie-effecten doen zich wellicht voor bij een bundeling van spoorwegen en autosnelwegen. Dergelijke effecten kunnen zich op een aantal manieren manifesteren³.

Een *verhoging van de rijnsnelheid* kan optreden door de drang om een snellere trein bij te houden, met name wanneer de automobilist zich verveelt en hij daarom zijn rijtaak interessanter wil maken (driving fun). Mogelijk speelt hier ook een psychologisch effect voor een keuzereiziger: hij heeft bewust voor de auto gekozen omdat hij dat makkelijker, goedkoper of sneller vindt. Hij zal dus trachten de trein voor te blijven. Een bijkomend effect is dat gewenning aan de hogere snelheid kan optreden. Voor landverkeer geldt 120 km/u. meestal als de maximum norm. Voortdurende confrontatie met hogere snelheden kan deze norm doen vervagen. Dit effect is nog niet empirisch onderzocht.

Het *ontstaan van schrikreacties* kan een kleine laterale afwijking van de koers van zeer korte duur tot gevolg hebben. Hierdoor raakt men de normale perceptie kwijt. Specifiek aan een schrikreactie is dat de oriëntatierespons (de reflex) niet te onderdrukken is en dat men er zeer korte tijd alle aandacht op richt. Weliswaar verminderen schrikreacties na verloop van tijd omdat er gewenning optreedt. Over het effect van schrikreacties op het rijgedrag en de veiligheid kan echter geen zinvolle uitspraak worden gedaan.

Afleiding kan negatief werken in situaties waar de bestuurder de volle aandacht nodig heeft, b.v. bij druk verkeer of ingewikkelde situaties. Het kan daarentegen ook positief werken wanneer de bestuurder te weinig wordt geconfronteerd met aandachttrekkende objecten (weinig verkeer, saai omgeving). De achterliggende theorie is de arousal-theorie die inhoudt dat de bestuurder steeds een optimale toestand van informatieaanbod, -waarneming, en verwerking nastreeft. Het nadeel van parallelle infrastructuur is dat een zich verplaatsend vervoermiddel *altijd* de aandacht trekt, juist omdat het zich beweegt, ook in situaties waar de bestuurder de volle aandacht nodig heeft. Deze vorm van interferentie is nader onderzocht door van der Horst et al. (1991). De afleiding is het grootst bij schemering of duisternis, wanneer de interieurverlichting van de trein helder afsteekt tegen de donkere achtergrond. Wanneer de trein zou passeren met een groot snelheidsverschil ten opzichte van de auto's, bestaat de kans dat de relatief snelle luminantieveranderingen (flikkeren) ongewild de aandacht zouden trekken van de automobilist. Dit ongewild aandachtstrekken van storende elementen leidt ertoe dat de informatieverwerking in het centrale gezichtsveld verslechtert. Wanneer de trein daarentegen passeert met een klein snelheidsverschil, dan bestaat de kans dat de weggebruiker bewust zijn aandacht zal richten op de trein en de passagiers in de trein. Wanneer de autobestuurder gedurende 6 sec. niet op de weg kijkt, is er een kans van $\pm 9\%$ dat de rijstrook wordt verlaten (van der Horst et al., 1991).

Verblindings is te beschouwen als een bijzondere vorm van afleiding dat enkel gebeurt bij duisternis. Dan kan de verlichting van voertuigen verblindings veroorzaken waardoor tegemoetkomend verkeer verminderd zicht kan hebben op de donkere omgeving. Als maat voor de (fysiologische) verblindings wordt de equivalente sluiertluminantie L_{eq} genomen, uitgedrukt in Candela per vierkante meter (cd/m^2). Dit is een maat die aangeeft hoeveel waas er over een scène komt ten gevolge van strooilight in het oog, hetgeen het zien van zwakke contrasten vermindert. Wanneer L_{eq} kleiner is dan $0.12 cd/m^2$, dan zal over het algemeen geen verblindings optreden (Theeuwes et al., 1994). Voor de Schiphollijnen is berekend dat verblindings regelmatig voorkomt

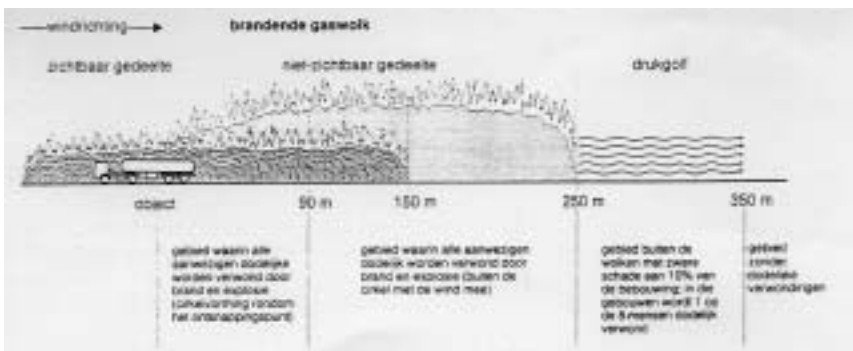
³ Geïnterviewd op basis van een vraaggesprek met dr. F. Steyvers en dr. K. Brookhuis van het Verkeerskundig Studiecentrum van de Rijksuniversiteit Groningen. De genoemde aspecten zijn voornamelijk van toepassing op infrastructuur voor autoverkeer. Overige verkeerssystemen zijn door hun aard veel minder of nauwelijks gevoelig voor interferentie-effecten, b.v. door hun betere beveiliging (ATB bij spoorwegen), lagere snelheden (scheepvaartverkeer) of het professionalisme van de bestuurders. Zie in dit verband ook Knippenberg et al. (1989).

met een maximum van 0.37 cd/m^2 . Hierbij is uitgegaan van een tegemoetkomende locomotief van het type EL 1200 met gele frontseinen van het type “Marechal” in de stand “ongedimd”. Vermeld wordt dat treinstellen, die allen uitgerust zijn met het type “NS Standaard”, zelfs in ongedimde stand niet tot problemen leiden. Overigens rijden in normale situaties alle treinen bij duisternis met gedimd frontsein. Er wordt gesteld dat verblinding slechts sporadisch voorkomt. Niettemin kan het ernstige vormen aannemen als het voorkomt. Om verblinding van automobilisten te voorkomen wordt aanbevolen een scherm te plaatsen met een hoogte van 2.47m tot 2.57m gemeten van de bovenkant van het spoor. Aangezien de afscherming primair enkel visueel moet zijn, kan deze bestaan uit een constructie van lamellen of een fijnmazig hekwerk.

Invloed van een storing op een infrastructuurlijn op de gebundelde infrastructuurlijn

Hansen (1998) geeft aan dat, mits een voldoende afstand wordt aangehouden en scheidingsconstructies worden gebouwd, gebundelde infrastructuur geen groter risico betekent. Dit geldt enkel voor het scenario waarbij voertuigen van de eigen infrastructuur ontsporen en op de andere terecht dreigen te komen.

Deze maatregelen lijken echter onvoldoende om de schade te beperken ten gevolge van het vrijkomen van energie ten gevolge van een lek of ontploffing van het getransporteerde goed. In Figuur 5-18 wordt duidelijk over welke afstanden het vrijkomen van energie bij een ontploffing van een LPG-tank met een BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion: een explosie die ontstaat doordat de vloeistof in de tank begint te koken en de inhoud in één keer verdampt) tot vernieling kan leiden.



Figuur 5-18: Voorstelling effect-afstanden bij een BLEVE van 50 m^3 LPG (bron: LPG Integraal, 1983)

Het voorbeeld van de BLEVE is zeker geen “worst case” benadering: bij vervoer van giftige stoffen zoals chloor en ammoniak kunnen (dodelijke) effecten zich over nog grotere afstanden verspreiden. Met name chloor is risicovol omdat het zwaarder is dan lucht: 30 ton vloeibaar chloor kan een gaswolk vormen van 15 km^2 (Eindhoven, 1984).

Bij het vrijkomen van energie fungeert de andere infrastructuurlijn als ontvanger. Problematisch is wel het bepalen en kwantificeren van dit risico. Overigens leidt niet enkel een daadwerkelijk vrijkomen van energie tot problemen. Bij een storing of ongeval moet de parallelle infrastructuur soms buiten gebruik worden gesteld. Een dergelijke preventiemaatregel een ongewenst (doch noodzakelijk) neveneffect bij een (ernstige) storing bij één van de infrastructuurlijnen in de bundel.

Nut van gebundelde infrastructuur bij redding, indamming en behandeling van de schade

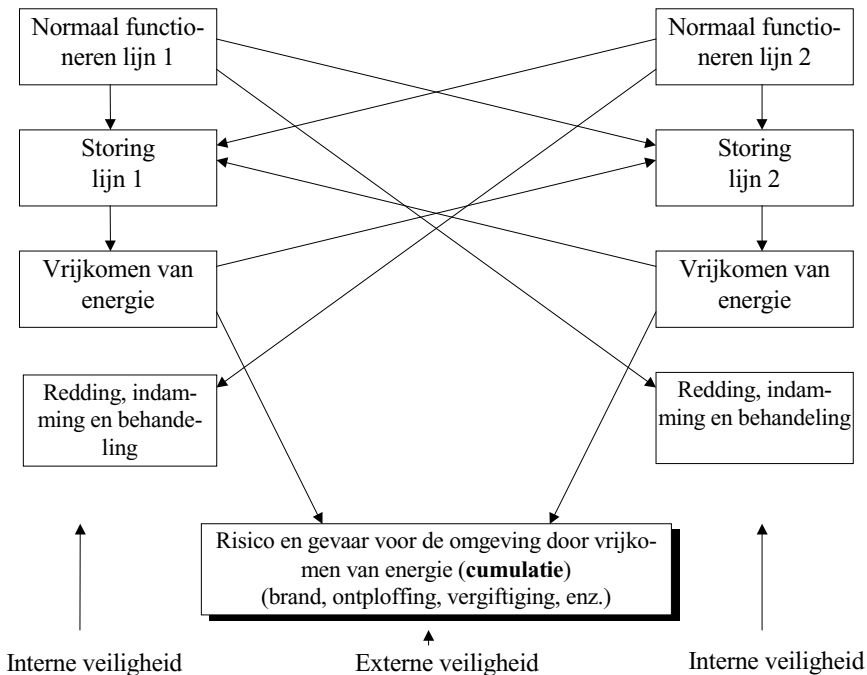
Redding, indamming en behandeling na het schadeproces, kortom de hulpverlening, kan via de parallelle infrastructuur gebeuren, indien deze tenminste normaal kan blijven functioneren. De precieze effecten zijn voornamelijk niet gekwantificeerd. Opgemerkt moet worden dat de bereikbaarheid ten behoeve van redding, indamming en behandeling bij meer dan 2 infrastructuurlijnen nadelig kan zijn. De middelste infrastructuur kan immers een barrière vormen. Ook wanneer één van de lijnen fysiek niet of moeilijk oversteekbaar is, kan hulpverlening nadelig worden beïnvloed. Dergelijke situatie deed zich voor bij het treinongeval in Hoofddorp op 30-11-1992 waarbij personen het leven verloren. De eerste hulpverlening werd bemoeilijkt doordat de spoorweg ter plaatse aan een brede sloot grenst.

Cumulatie van omgevingsrisico's (externe veiligheid)

Verstoring van de veiligheid van en op de infrastructuur zelf (interne veiligheid) kan gevolgen hebben voor de veiligheid van de omgeving of derden (externe veiligheid). De combinatie van externe risico's van meerdere infrastructuren leidt tot een cumulatie van het extern risico. Het totaal extern risico is daarom in beginsel gelijk aan de som van de afzonderlijke risico's. Door de interferentie-effecten (zie b.v. het fictieve ongeval in Eindhoven) zal de som echter hoger kunnen liggen.

Conclusie

Op basis van model van het ongevalsproces volgens Hale et al. (1990) en de geanalyseerde effectketens kan een veiligheidsmodel worden opgesteld dat de effectketen bij gebundelde infrastructuur aanduidt. Dit is weergegeven in Figuur 5-19.



Figuur 5-19: Veiligheidsmodel en effectketen bij gebundelde infrastructuur

Uit dit conceptueel schema kan worden afgeleid dat bundeling van infrastructuur geen eenduidige invloed heeft op de veiligheid. In principe zijn er zowel negatieve als positieve interferenties mogelijk, maar de negatieve lijken te overheersen. Positief is dat de hulpverlening baat kan hebben bij een bundeling doordat vanuit de parallelle infrastructuur een interventiemogelijkheid bestaat bij een calamiteit, op voorwaarde dat deze infrastructuur berijdbaar en oversteeikbaar is. De aanleg van een speciale dienstweg zou in dit opzicht steeds moeten worden overwogen. Bereikbaarheid wordt dan steeds gewaarborgd.

5.8. Indirect ruimtegebruik

5.8.1. Begrip

Indirect ruimtegebruik kan volgens Losch et al. (1989-1) worden omschreven als secundair ruimtegebruik, complementair ruimtegebruik, “getroffen” zones, het werkingsgebied of veranderingen van de ruimtelijke kwaliteit als gevolg van secundaire en tertiaire effecten.

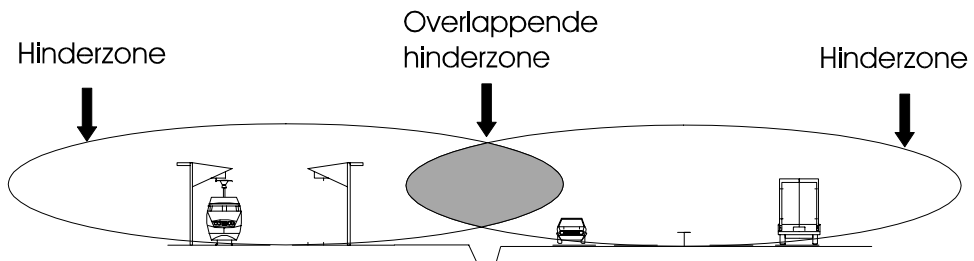
Het begrip *indirect ruimtegebruik van infrastructuur* berust op het principe dat invloeden van die infrastructuur zich manifesteren op aangrenzende gebieden en haar ecosystemen, waardoor het functioneren beïnvloed wordt (Losch et al., 1990; Hernando, z.j.). Zo kunnen b.v. stoffelijke, functiescheidende, visueel-esthetische en structurele invloeden worden onderscheiden. Indirect ruimtegebruik van infrastructuur zou men in het algemeen kunnen omschrijven als *de hoeveelheid aangrenzende ruimte en haar ecosystemen waarover invloeden van die infrastructuur zich uitspreiden*.

Indirect ruimtebeslag heeft dus te maken met invloedssferen. Het aspect kan ook gekenmerkt worden als een resultante van alle overige effecten met een ruimtelijke of een afstandscomponent, zoals geluidshinder, veiligheid en versnippering. In zekere zin is het een secundair effect aangezien het een gevolg is van andere effecten. Kwantificering van het indirect ruimtebeslag is dan ook primair *aspect- of effectgebonden*.

5.8.2. Relatie met bundeling van infrastructuur

Een beperking van het indirect ruimtegebruik is naast versnippering één van de meest genoemde thema's of doelstellingen om infrastructuur ruimtelijk met elkaar te bundelen. Het thema komt o.a. naar voren bij Arink (1971), Steinmetz (1984), Joachim (1987), Alberding (1987) en Losch et al. (1989).

Het principe kan als volgt schematisch worden aangeduid:



Figuur 5-20: Schets principe beperking indirect ruimtebeslag door overlapping van hinderzones

Zoals vermeld kan dit aspect worden benaderd via de *primaire effecten* die zich over een bepaalde afstand verspreiden en kan het beschouwd worden als de resultante ervan (zie o.a. VROM, 1991). Dan kan ook de invloed van bundeling van infrastructuur op het indirect ruimtebeslag worden bepaald. *Versnipperingseffecten* en derhalve ook het indirect ruimtebeslag nemen in het algemeen minder sterk toe dan de breedte van de infrastructuur of het aantal infrastructuurlijnen. Geluidshinder en dus ook het geluidsbelast oppervlak neemt minder sterk toe dan de toename van de hoeveelheid verkeer en dus ook in geval van bundeling van infrastructuur. Wanneer het geluidsbronnen betreft met een groot verschil in geluidsproductie, blijft de totale geluidsproductie gelijk aan de sterkste bron. Het indirect ruimtebeslag neemt in dat geval niet toe. *Onveiligheid* blijkt over het algemeen te cumuleren, maar de effectafstanden blijven min of meer gelijk. Wel ontstaat in de betrokken zone een groter risico.

Ten einde de effecten ten aanzien van o.a. versnippering, geluid en veiligheid op de omgeving te verminderen kunnen bufferzones worden voorzien in de overgangszone tussen bron en ontvanger. Wanneer de afstand waarover de hinder zich verspreidt minder sterk uitbreidt dan de toename van de hinder, is ook het indirect ruimtegebruik beperkter.

Bundeling van infrastructuur kan het indirect ruimtebeslag ook verhogen door het laten ontstaan van zogenaamde rest- of tussenruimtes (Karnapp et al., 1988; Hansen, 1998). Dit zijn ruimtes of gebieden die door hun specifieke ingesloten ligging tussen (delen van) infrastructuur niet meer, minder gemakkelijk, of slechts door een functie van mindere kwaliteit te gebruiken zijn (Steinmetz, 1984). Hun ingeslotenheid onderscheidt ze van overige vormen van indirect ruimtegebruik. Toch hoeft het ontstaan van tussenruimtes niet altijd negatief te zijn. Zoals aangegeven in het vorige hoofdstuk kan men een onderscheid maken op basis van de mogelijkheden tot hergebruik. Wanneer geen hergebruik mogelijk en de ruimte dus “verloren” is, zou men kunnen spreken van restruimte. Wanneer de ruimte haar functie kan behouden of een andere kan opnemen, zou men kunnen spreken van tussenruimte. Een voorbeeld van dit laatste type is de ruimte tussen de bundeling van het Amsterdam-Rijnkanaal en de spoorlijn tussen Breukelen en Abcoude. De beperkte tussenliggende ruimte is landbouwzone.



Foto 5.1: Hergebruik van restruimten tussen het Amsterdam-Rijnkanaal en de spoorlijn

In feite zijn rest- en tussenruimten geen specifiek verschijnsel bij bundeling van infrastructuur. Ze ontstaan ook bij solitaire infrastructuur en met name bij kruisingen, aansluitingen of knooppunten. Bij een bundeling kunnen ze ook voorkomen tussen de lijnelementen van de infrastructuur. In *rechtstanden* kan het om diverse redenen (o.a. veiligheid en bouwkosten) nodig zijn dat een grotere onderlinge afstand aangehouden wordt dan wegens het direct ruimtebeslag vereist is. Hieruit volgt dat een strakke bundeling in rechtstanden nooit tot dergelijke rest- of tussenruimten leidt. Het is tevens mogelijk dat in rechtstanden een te kleine afstand of ruimte aangehouden wordt dan noodzakelijk is voor het laten functioneren van andere activiteiten. Hieruit volgt dat een zone bundeling of zelfs een bundeling op afstand niet noodzakelijk tot restruimten hoeft te leiden, hoewel de condities hiertoe wel aanwezig zijn. Bij *horizontale bogen* is het mogelijk dat de eisen ten aanzien van het horizontaal alignement niet overeen komen. Hieruit volgt dat een bundeling van een nieuwe lijn met een bestaande lijn met stringentere tracteringseisen (dus ruimere boogstralen als gevolg van een hogere ontwerpsnelheid) niet tot restruimten hoeft te leiden. Omgekeerd leidt een bundeling met bestaande infrastructuur met minder stringente tracteringseisen bijna altijd tot rest- en tussenruimten.

5.9. Constructieve aspecten en bouwkosten

5.9.1. Begrip

Constructieve aspecten hebben betrekking op datgene wat te maken heeft met de bouwkundige en technische aspecten van de infrastructuur. In de eerste plaats omvat dit de *technisch-constructieve ingrepen*. Vervolgens zou men hiertoe ook het *onderhoud* van de infrastructuur kunnen rekenen, aangezien dit ook herstellingen en reconstructies met zich meebrengt. Tenslotte zou men hierbij ook de *bouwhinder* zelf kunnen rekenen. De resultante van de constructieve aspecten zijn de *bouwkosten*.

5.9.2. Relatie met bundeling van infrastructuur

Technisch-constructieve ingrepen

Constructieve effecten kunnen op velerlei manieren een relatie hebben met het bundelen van infrastructuur. In vele gevallen wordt bundeling duurder geacht omdat speciale constructies moeten worden gemaakt of bestaande constructies moeten worden aangepast hetgeen bij solitaire infrastructuur kan worden voorkomen. Dergelijke ingrepen kunnen er zelfs toe leiden dat de bundeling lokaal moet worden verlaten (Chambron, 1986). Afhankelijk van de fysieke verschijningsvorm, kan bundeling tot 3 maal duurder zijn dan niet-bundeling (Hansen, 1998).

In het voorgaande is reeds aangegeven dat de mogelijkheden tot een *gemeenschappelijke constructie en medegebruik* in de ruimste zin de meest gebruikte reden was om in het verleden infrastructuur te bundelen (Arink (1971), Strootman (1990), Van der Woud (1987)). Bundeling kan door de schaalvoordelen ook kostenvoordelen bij aanleg opleveren (Rietveld et al., 1997).

Ook recenter blijkt een gezamenlijk gebruik van funderingen of draagkrachtige ondergrond kostenverlagend te kunnen werken doordat de verliezen bij de taluds en steunbermen slechts één keer moeten worden gemaakt. Dit werkt ook door in de aanschafkosten voor de grond. Een kostenbesparing wordt mede bereikt als gevolg van de beperking van het indirect ruimtebeslag. Anderzijds kunnen verschillen in zettingen een afschuiving van een gedeelte van de infrastructuur veroorzaken (DGV-HSL, 1994).

Een gemeenschappelijk gebruik van één en dezelfde constructie is wellicht het meest voor de hand liggend bij leidingtunnels, waarbij diverse typen leidingen (elektriciteit, watervoorziening,

telecommunicatie, afvalwater, ...) in één tunnelconstructie worden ondergebracht. Dit geeft voordelen met betrekking tot beperking van het ruimtebeslag en de graafwerkzaamheden en een verbetering van de toegankelijkheid (Brenner, 1995).

Volgens dezelfde filosofie van het medegebruik kan bundeling kostenbesparend werken bij kruisingen van overige infrastructuur. De bundel kan in één keer overbrugd worden. Hoewel de overbrugging langer is, is een dergelijke constructie goedkoper dan twee aparte overbruggingen omdat er slechts twee in plaats van vier toeritten naar de brug of tunnel moeten worden gemaakt. Dergelijk medegebruik zal over het algemeen enkel worden verkregen indien de infrastructuur gelijktijdig wordt aangelegd, of indien bij aanleg van de eerste reeds bekend is dat de tweede aangelegd zal worden.



Foto 5.2: Gezamenlijk overbrugging van de spoorlijn Amsterdam-Utrecht, een lokale weg en het Amsterdam-Rijnkanaal

Een speciale vorm van medegebruik doet zich voor *wanneer gemeenschappelijke mitigerende en effectbeperkende maatregelen* kunnen worden getroffen. Indien geluidsschermen noodzakelijk zijn, kan één scherm voor beide infrastructuren dienst doen. Ook kunnen de infrastructuurlijnen zelf als effectbeperkende maatregel voor de andere lijn fungeren, b.v. door een verhoogde ligging van één van de infrastructuurlijnen dat tevens als geluids- of veiligheidsscherm dienst doet. Infrastructuurbundels kunnen dan worden ontworpen middels zogenaamde integrale bouwconcepten. Van geval tot geval moet worden bekeken of dit haalbaar is. Bij zeer brede infrastructuurbundels kunnen meerdere geluidsbeperkende maatregelen in de bundel effectiever zijn dan één geluidsscherm aan de rand.

Naast voordelen zijn er ook nadelen. Wellicht de belangrijkste constructieve probleem ontstaan bij zogenaamde uitdijingen of uitstulpingen van de infrastructuur *waardoor bestaande constructies als belemmering* gaan fungeren. Voorbeelden hiervan zijn kruisingen, aansluitingen, stations en parkeerterreinen. De aanwezigheid van dergelijke elementen kan een (kostenverhogende)

aanpassing van één van de tracés vereisen. Omgekeerd kan een bundeling een uitbreiding of verbreding van de parallelle infrastructuur of de aanleg van een nieuw knooppunt of aansluiting (of een nieuw systeemelement in het algemeen) bemoeilijken (Arink, 1972). Dit probleem ontstaat niet enkel bij uitstulpingen met systeemelementen, maar ook bij andere objecten die gerelateerd zijn aan de infrastructuur. Vaak heeft infrastructuur ook bebouwing aangetrokken (TUD, 1993) en is lintbebouwing ontstaan. Dit fenomeen bemoeilijkt een bundeling. Dit is één van de redenen geweest voor het ontstaan van de wet tegen de lintbebouwing, zoals verwoord in het “Rapport betreffende de regeling van de bebouwing langs rijkswegen” uit 1928 (SCVV, 1928). Hierin wordt gesteld: “*Aan zulk een bebouwing, die dus thans meer algemeen dan enkele tientallen jaren geleden dreigt, zijn veel grootere bezwaren dan vroeger verbonden, welke in het kort de volgende zijn: (...) de onmogelijkheid, althans het zeer kostbaar worden van eene verbreding van den weg, welke verbreding juist ten gevolge van de bebouwing noodig wordt.*”. Een bundeling van infrastructuur kan een toekomstige uitbreiding (ook een vorm van bundeling!) van de afzonderlijke infrastructuren bemoeilijken (Arink, 1972). *De bundeling wordt dan een belemmering van zichzelf.* Sottiaux et al. (1994) geven aan dat een kostenverhoging wordt veroorzaakt wanneer *scheidingsconstructies* ten behoeve van de veiligheid moeten worden gemaakt. Overigens zijn scheidingsconstructies die verblinding moeten voorkomen, goedkoop in verhouding tot de totale projectkosten.



Foto 5.3: *Scheidingsconstructie ter voorkoming van verblinding op gebundelde infrastructuurlijnen (A15 en lokale weg ter hoogte van Giessendam)*

Tevens kunnen ook *kostenverhogende ingrepen aan de infrastructuur zelf* vereist zijn. Dit effect doet zich voor wanneer infrastructuren met verschillende boogstralen worden gebundeld of waarbij uitbuigingen ter hoogte van systeemelementen moeten worden toegepast. De aanpassing van de boogstralen kan kostenverhogend werken. In het geval van pijpleidingen kan dit gepaard gaan met drukverschillen hetgeen technische aanpassingen vereist (Joachim, 1987). Een specifiek probleem kan ontstaan bij gemengde bundeling op gelijk niveau, b.v. een spoorlijn in de

middenberm van een autosnelweg. Bij het begin en einde van de bundel dienen hiervoor kruisingen onder zeer schuine hoek te worden gemaakt.



Foto 5.4: Noodzakelijke overbrugging van de autosnelweg bij het verlaten van de bundeling door de havenspoorlijn ter hoogte van Stabroek (B)

Het kan noodzakelijk of gewenst zijn dat gebundelde infrastructuur van onderlinge schikking wisselt, een zogenaamde *interne wisseling* (Arink, 1972). Een tweetal factoren spelen hierbij een rol. Enerzijds kan de kant waar het “voedingsgebied”, oftewel de herkomsten en bestemmingen van (één van) de infrastructuurlijnen, verschillend zijn. Anderzijds kan de kant waar het meest gevoelig/geschikt gebied voor (één van) de infrastructuurlijnen is gelegen verschillend zijn. Een dergelijke wisseling is bij sommige typen infrastructuur een ingrijpende en dure ingreep aangezien de kruising onder zeer schuine hoek moet gebeuren en dus lange constructies nodig zijn (TUD, 1997). Voor hoogspanningslijnen geeft dit over het algemeen nauwelijks problemen.

Onderhoud

Bundeling kan hogere onderhoudskosten met zich meebrengen omdat de werkruimte vermindert wordt (Joachim, 1987). Het gevaar voor beschadiging van b.v. een parallelle buisleiding tijdens het onderhoud dient gecompenseerd te worden door een sterkere constructieve uitvoering van deze leiding. Anderzijds is het voorstelbaar dat de bereikbaarheid en toegankelijkheid van beide infrastructuren toeneemt, wat het onderhoud dan weer vergemakkelijkt. Op dit aspect is het effect van bundeling onduidelijk.

Bouwhinder

Hoewel over de bouwhinder op zich weinig onderzoek en basismateriaal aanwezig is, kan gesteld worden dat er veel overeenkomsten lijken te zijn met de onderhoudsaspecten. Door de parallelle lijn kan de werkbreedte beperkt zijn of kan het functioneren van de andere infrastructuur

tuur zelfs bemoeilijkt worden (Steinmetz, 1984). Het toenemen van de bereikbaarheid (ten behoeve van de aanvoer van bouwmaterialen) kan daarentegen positief zijn.

Conclusie

Uit het voorgaande is gebleken dat het complex van de constructieve effecten een aantal deelaspecten in zich houdt. Opvallend is dat deze deelaspecten zowel een positieve als een negatieve uitwerking kunnen hebben. De mate waarin deze zich voordoen lijkt zeer sterk afhankelijk van specifieke en lokale omstandigheden.

De belangrijkste verklaringsgrond is de kwestie of sprake is van *medegebruik* in de ruimste zin van het woord (dus zowel gemeenschappelijke constructies als wederzijdse bereikbaarheidsmogelijkheden) dan wel van *belemmeringen*. De bouwvolgorde is hierbij uitermate belangrijk: indien de infrastructuurlijnen samen worden aangelegd, zal men kunnen anticiperen op mogelijke constructieve problemen en kan de bundel goedkoper worden uitgevoerd. Constructieve effecten bij bundeling van infrastructuur hangen ook in belangrijke mate af van de kenmerken van de lijnen (aantal knooppunten, aansluitingen, “uitstulpingen”, enz.). Ook de onderlinge relatie (in ruime zin) tussen de infrastructuurlijnen, en meer bepaald de onderlinge afstand en de bouwfaserings is een relevante factor.

Toch wordt een groot gedeelte van dit type effecten bepaald door exogene of omgevingsvariabelen. In het algemeen gaat het om moeilijkheden of knelpunten langs het tracé van de bestaande infrastructuur, zoals bebouwing langs de infrastructuur, te kruisen infrastructuur en het type ondergrond.

5.10. Landschappelijke aspecten en visuele hinder

5.10.1. Begrip

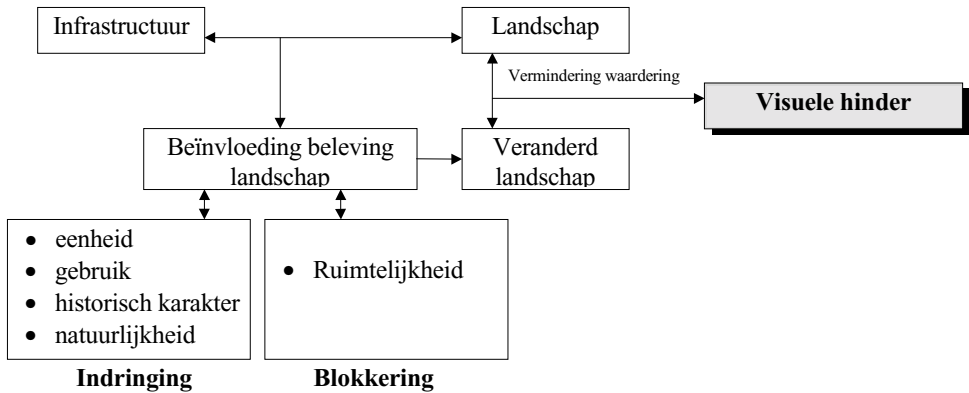
Landschap is een courant gebruikt woord waar vanuit diverse invalshoeken verschillende inhoudsgeven kunnen worden. Een aantal gangbare invalshoeken zijn de beleving, visueel-ruimtelijke aspecten, landschapsecologie, aardwetenschappen en de cultuurhistorie (RWS-DWW, 1990; Alberts, 1985; Willems, 1992). In dit deelonderzoek zal enkel de visueel-ruimtelijke invalshoek worden bekeken aangezien deze in de literatuur als een belangrijk aspect bij infrastructuurbundeling wordt beschouwd (o.a. Arink, 1972). Overigens zijn een aantal overige aspecten, met name beleving en landschapsecologie impliciet in overige aspecten behandeld, zoals versnippering, geluidshinder, veiligheid en ruimtebeslag.

Visuele *hinder* is te omschrijven *als de vermindering van de subjectieve waardering van het landschap* (Willems, 1992; Houben et al., 1978). Visuele hinder van infrastructuur ontstaat doordat een bepaald beeld (infrastructuur) in een bepaalde omgeving wordt waargenomen, verwerkt en beoordeeld, of met andere woorden wordt beleefd. Indien de beoordeling negatief is, is sprake van visuele hinder. Er is sprake van een dosis-effectrelatie waarbij de infrastructuur en de hinder de respectievelijke componenten zijn. Anderzijds is de hinder afhankelijk van het type omgeving of landschap of de *beeldkenmerken* ervan (Alberts, 1985; Boekhorst, 1986; Coeterier, 1987; Staats, 1990). Relevante kenmerken zijn eenheid, gebruik, ruimtelijkheid, natuurlijkheid en historisch karakter.

Visuele hinder ontstaat derhalve wanneer de eenheid en/of het gebruik en/of de ruimtelijkheid en/of de natuurlijkheid en/of het historisch karakter wordt aangetast. De mate van aantasting is afhankelijk van de *gevoeligheid* van de omgeving, oftewel de mate waarin de genoemde beeldkenmerken van toepassing zijn.

Derhalve kan een infrastructuurlijn een aanzienlijke impact hebben op de beeldkenmerken van een landschap indien dit niet in overeenstemming is met de eenheid, het gebruik, de natuurlijk-

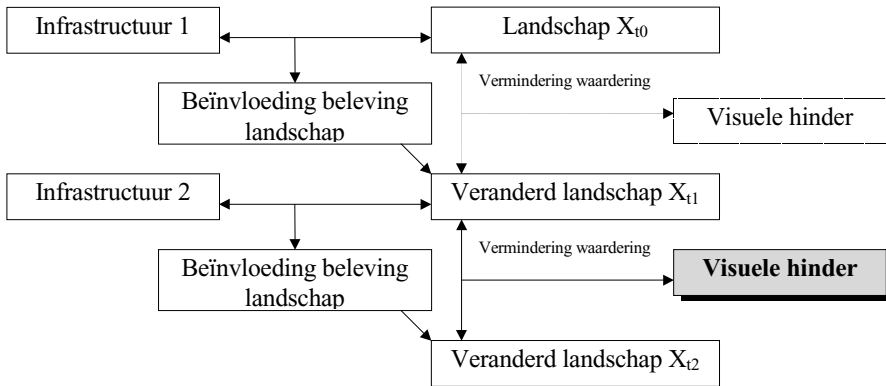
heid en/of het historisch karakter: de infrastructuur is *indringend* aanwezig. Infrastructuur kan ook de ruimtelijkheid beperken doordat het uitzicht wordt verminderd: infrastructuur is dan *blokkerend* (UK-DOT, 1983; Carpenter, 1994). Het ontstaan van visuele hinder is schematisch aangeduid in Figuur 5-21.



Figuur 5-21: Conceptueel schema ontstaan visuele hinder van infrastructuur

5.10.2. Relatie met bundeling van infrastructuur

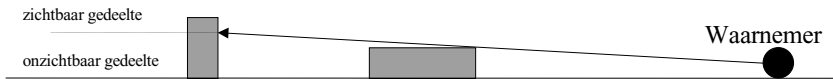
Op basis van Figuur 5-21 kan eenvoudig worden aangetoond dat de toename van de visuele hinder door een bijkomende en gebundelde infrastructuurlijn altijd relatief beperkt is. Dit wordt expliciet gemaakt aan de hand van het schema in Figuur 5-22. Het gaat ervan uit dat visuele hinder ontstaat als gevolg van een verminderde waardering en beleving van het landschap. De oorspronkelijke kwaliteit van het landschap op tijdstip t_0 in termen van natuurlijkheid, historisch karakter, ruimtelijkheid, eenheid en gebruik is dus een belangrijke parameter. De aanleg van een eerste infrastructuurlijn beïnvloedt deze aspecten. De beleving en waardering vermindert en er ontstaat een nieuw landschap op tijdstip t_1 . Vervolgens zal de aanleg van een nieuwe infrastructuurlijn die qua omvang en aard vergelijkbaar is met de bestaande, ook weer de kwaliteit van het landschap aantasten, maar op een minder ingrijpende manier. De relatieve vermindering van de beleving van (de kwaliteit van) het landschap is geringer: het landschap zelf is in kwaliteit achteruitgegaan door de aanleg van de eerste infrastructuurlijn.



Figuur 5-22: Conceptualisatie bundeling van infrastructuur en visuele hinder

Er is duidelijk sprake van een antagonistisch effect. Dit kan verklaard worden door twee factoren. Enerzijds heeft de eerste infrastructuurlijn de beeldkenmerken van de omgeving reeds aangetast. In feite ontstaat een lagere omgevingsgevoeligheid voor visuele hinder en daardoor een geringer visueel effect.

Anderzijds vormt de nieuwe infrastructuur altijd een beperkte toevoeging aan het beeld en nooit een volledige cumulatie (op voorwaarde dat de bestaande infrastructuurlijn reeds zichtbaar was). De visuele hinder kan nooit groter zijn dan de hoeveelheid hinder die door één van beide infrastructuurlijnen afzonderlijk wordt veroorzaakt omdat de ene lijn de andere automatisch maskeert. Eenzelfde globale en kwalitatieve beoordeling is terug te vinden bij Karnapp et al. (1988). Dit principe is weergegeven in Figuur 5-23.



Figuur 5-23: Visuele maskering door gebundelde infrastructuur

Het effect van bundeling van infrastructuur op de visuele hinder kan dus beschreven en verklaard worden aan de hand van de *dominantiehypothese* zoals beschreven bij het aspect geluidshinder. Doordat de bestaande infrastructuurlijn reeds de omgevingsgevoeligheid heeft beïnvloed en doordat sprake is van dominantie van het meest hinderlijke object, is het antagonistisch effect van bundeling op de visuele hinder sterker dan bij andere (externe) effecten.

Anderzijds kunnen zich bij bundeling specifieke landschappelijke effecten voordoen ten gevolge van b.v. lange kruisingen onder schuine hoek bij interne wisselingen. Ook kan bundeling een rommelige indruk maken, vooral wanneer ze niet parallel maar in een zone worden gebundeld (SU (1975), SU (1980)).



Foto 5.5: Visueel rommelige indruk bij zone bundeling van hoogspanningslijnen (Capelle a/d IJssel)

5.11. Synthese

5.11.1. Bundelingseigenschappen per specifiek effect

De specifieke bundelingseigenschappen kunnen per type effect verschillen. Bovendien kunnen ze afhankelijk zijn van specifieke omgevingskenmerken. Een sluitend algemeen overzicht van de bundelingseigenschappen bestaat niet. Toch kan een overzicht worden gegeven van de eigenschappen die *overwegend* van toepassing zijn. Dit is weergegeven in Tabel 5-2.

| Tabel 5-2: Overzicht geldende bundelingseigenschappen per effect | | | | | | | |
|---|------------|-------------|---------------|---------------|----------------|------------|---------------|
| Effect | Eigenschap | Polarisatie | Interferentie | Cumulatie | Decumulatie | Synergisme | Antagonisme |
| Versnippering | | X | X | X | 0/X(**) | 0 | X |
| Direct ruimtebeslag | | X | 0/X(*) | 0 | 0/X(*) | 0 | 0/X(*) |
| Geluidshinder | | X | X | 0/X(*) | 0/X(**) | 0 | X |
| Veiligheid | | X | X | X | 0/X(**) | X | 0 |
| Indirect ruimtebeslag | | X | X | 0/X(*) | 0/X(**) | 0 | X |
| Constructieve effecten | | X | X | 0/X(*) | 0 | X | X |
| Visuele aspecten | | X | X | 0/X(*) | 0/X(**) | 0 | X |
| 0 : weinig of geen aantoonbare relatie | | | | | | | |
| X : aantoonbare relatie mogelijk | | | | | | | |
| (*) : afhankelijk van de fysieke verschijningsvorm | | | | | | | |
| (**) : na het nemen van gemeenschappelijke effectbeperkende maatregelen | | | | | | | |

Polarisatie is altijd van toepassing. Door bundeling worden effecten altijd ruimtelijk geconcentreerd. Er is bijna altijd sprake van interfererende effecten, hoewel dit bij het direct ruimtebeslag enkel voorkomt bij speciale vormen van strakke bundeling, namelijk gestapeld of met overlap. Cumulatie en decumulatie zijn sterk afhankelijk van de fysieke verschijningsvorm en van het feit of gezamenlijke effectbeperkende maatregelen worden genomen. Tenslotte blijken de veiligheids- en constructieve effecten over het algemeen negatief te worden beïnvloed (synergisme), de overige aspecten zijn meestal gebaat bij bundeling.

5.11.2. Relatie effecten - fysieke verschijningsvorm - omgevingskenmerken

Bij alle typen effecten bepaalt de fysieke verschijningsvorm in grote mate de omvang ervan. Bij de externe effecten zijn bovendien de omgevingskenmerken van substantieel belang. Ook deze verbanden kunnen worden weergegeven in een relatieschema (Tabel 5-3).

| | Fysieke verschijningsvorm | | | | Type omgeving |
|------------------------|---------------------------|-----------------------|-----------|--------------|---------------|
| | Type infra-structuur | Positie t.o.v. elkaar | Schikking | Bouwvolgorde | |
| Versnippering | X | X | 0 | 0 | XX |
| Direct ruimtebeslag | X | XX | 0 | 0 | 0 |
| Geluidshinder | X | X | X | 0 | XX |
| Veiligheid | X | XX | 0 | 0 | 0/X(*) |
| Indirect ruimtebeslag | X | XX | 0 | X | X |
| Constructieve effecten | X | XX | X | XX | X |
| Visuele aspecten | X | X | X | 0 | XX |

0: Nauwelijks of geen invloed
X: Merkbare invloed
XX: Zeer sterke invloed
 (*): geldt enkel voor de externe veiligheid

De onderlinge positie van de elementen is de belangrijkste variabele bij de totstandkoming en de grootte van de effecten. De bouwfasering is meestal irrelevant, doch is voor de constructieve aspecten van grote invloed. Kenmerken van de omgeving zijn enkel relevant bij de externe en constructieve effecten.

5.11.3. Relatie met het aspect milieugebruiksruimte

Begrip

Betrekkelijk nieuw is de notie dat het noodzakelijk is de grenzen van het milieugebruik vast te stellen. Dit zou een voorwaarde zijn om ook op termijn effectief milieubeleid te kunnen voeren. Hieraan is het idee van de term *milieugebruiksruimte* gekoppeld (Musters et al., 1994). Deze term is geïntroduceerd door Opschoor (1987). Het kan omschreven worden als *een afbeelding van de potenties van het milieukapitaal*. Binnen deze grenzen kunnen de opbrengsten probleemloos worden verbruikt. Worden er echter meer milieugoederen verbruikt dan het milieukapitaal opbrengt, dan betekent dit dat er voorraden worden opgemaakt of milieukwaliteit wordt aangetast. De milieugebruiksruimte wordt enerzijds begrensd door de kwaliteiten van het aanwezige milieu, de omvang van de te benutten hulpbronnen en hun (natuurlijke) aanwas en anderzijds door kennis inzake gebruiksmogelijkheden van elementen uit het natuurlijk milieu

(Opschoor et al., 1990). Van Wee (1994) omschrijft het begrip als de *milieubelasting die net valt binnen de politiek gestelde milieukwaliteitsdoelstellingen*. Volgens Musters, et al. (1994) kan de milieugebruiksruimte worden omschreven als *het totaal aan voorraden van hulpbronnen en putten van het milieu waarvan de mens gebruik kan maken*. Dit is een zeer ruime definiëring. Meestal wordt de term *duurzame milieugebruiksruimte* gebruikt: hier beperkt men zich tot duurzaamheidsoverwegingen. Er wordt niet enkel met geprijsde kosten rekening gehouden, maar ook met ongeprijsde, zoals b.v. de afwenteling op het milieu of de sociale structuur. Het is niet mogelijk om de milieugebruiksruimte per afzonderlijke functie of activiteit te beschrijven aangezien de term het totaal aan voorraden omschrijft. De milieugebruiksruimte is dus niet enkel een *integraal* begrip, maar het is bovendien afhankelijk van door de politiek gestelde milieuvizies.

Relatie milieugebruiksruimte en bundeling van infrastructuur

Vleugel (1995) ziet bundeling van infrastructuur niet als structurele oplossing om binnen de milieugebruiksruimte te blijven. Hij vermeldt: *"Zo wordt wel gepleit om infrastructuur ruimtelijk (meer) te bundelen zodanig dat er vervoerscorridors in het landschap ontstaan waar vervoer per (vracht)auto, trein, schip, vliegtuig en pijpleiding naast elkaar plaatsvinden. Op deze wijze wordt voorkomen dat elders nieuwe barrières en overlast ontstaan; het directe ruimtebeslag is echter op zich even groot, terwijl de bestaande barrière vergroot wordt en de geluidsoverlast kan gaan cumuleren, indien er geen compenserende maatregelen (bijv. geluidswallen) genomen worden."*

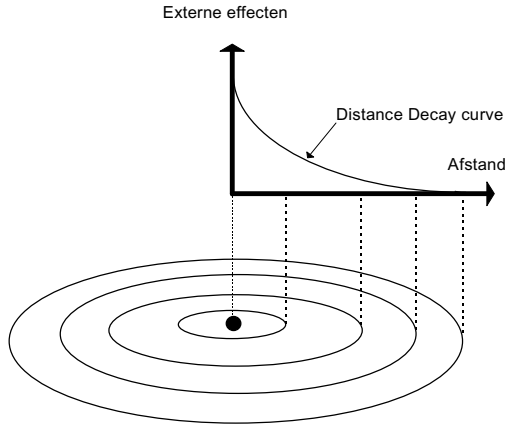
Uitgaande van de definities en de visie van Vleugel is de relatie tussen bundeling van infrastructuur en de milieugebruiksruimte zeker beperkt te noemen en bovendien moeilijk vast te stellen. Milieugebruiksruimte is een vrij recent en nog slechts een beperkt geoperationaliseerd begrip. Bovendien is het een integraal begrip, niet alleen voor wat betreft het verkeer en vervoer in zijn totaliteit, maar ook wat betreft de milieuaspecten. Tenslotte gaat milieugebruiksruimte primair uit van natuurlijke hulpbronnen, waarvan ruimte er slechts één is. Bepaling van de vele (interne en externe) effecten en eigenschappen die bundeling van infrastructuur heeft, is niet mogelijk. Qua direct ruimtegebruik heeft bundeling van infrastructuur slechts een beperkte invloed.

De visie van Vleugel (1995) houdt echter geen rekening met de antagonistische werking die bundeling van infrastructuur heeft op een aantal milieueffecten (geluid, versnippering, visuele aspecten, ...). De positieve invloed van bundeling van infrastructuur op de milieugebruiksruimte wordt daarom onderschat. Bovendien wordt geen rekening gehouden met het *indirect* ruimtegebruik terwijl juist dit effect door bundeling sterk beperkt kan worden. Om de effecten van bundeling op de milieugebruiksruimte te kunnen kwantificeren dienen ook andere criteria te worden gehanteerd dan louter de aanwezigheid van natuurlijke hulpbronnen.

5.11.4. Ruimtelijke vertaling van de bundelingseigenschappen en –effecten

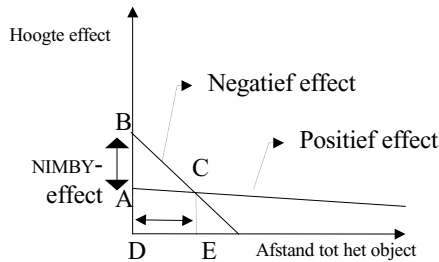
Bijna elke infrastructuur of grootschalig project heeft zogenaamde NIMBY-effecten tot gevolg. Letterlijk betekent dit *Not In My BackYard*, oftewel Niet In Mijn AchterTuin (zie o.a. Gimpel et al., 1997). Het principe komt erop neer dat een grootschalig (infrastructuur)project een positieve uitstraling heeft over een groot gebied, maar dat de negatieve effecten zich enkel op de directe omgeving verspreiden. Wanneer deze negatieve effecten de positieve overschrijden, is sprake van een negatief effectensaldo en van een NIMBY-effect.

De basis voor het NIMBY-effect zijn de afstandseffecten, zoals o.a. verwoord door Pinch (1985). Naarmate de afstand tot een goed of produkt stijgt, vermindert het nut of het effect ervan. Dit kan worden weergegeven met de *Distance Decay curve* in Figuur 5-24.



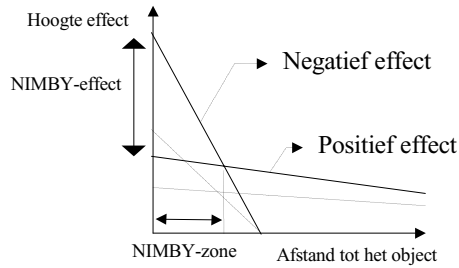
Figuur 5-24: Schematische voorstelling afnemend nut/effort bij het toenemen van de afstand (distance decay curve)

Door Ashworth et al. (1994) is aangetoond dat deze curve niet gelijk is voor wat betreft positieve en negatieve effecten. Negatieve effecten treden enkel op in de directe omgeving, maar positieve effecten blijven min of meer gelijk met het toenemen van de afstand. Dit is schematisch voorgesteld in Figuur 5-25.



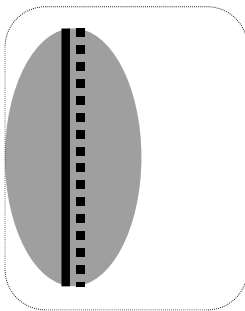
Figuur 5-25: Grafische voorstelling NIMBY-effect (naar Ashworth et al., 1994)

De steile curve geeft het verloop van de negatieve effecten aan, variërend met de afstand tot de infrastructuur. De vlakkere curve geeft het verloop van de positieve effecten weer, eveneens variërend met de afstand tot de infrastructuur. In het gebied D-E overheersen de negatieve effecten. Dit zou men kunnen omschrijven als de NIMBY-zone. Op punt C, waarvan E de ruimtelijke vertaling is, zijn er evenveel positieve als negatieve effecten. Boven deze afstand is het saldo van effecten positief. Op de verticale as duidt de zone A-B het verschil of saldo aan tussen de negatieve en de positieve effecten en dus ook de mate waarin sprake is van het NIMBY-effect.

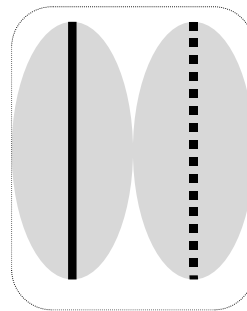


Figuur 5-26: Grafische voorstelling NIMBY-effect bij bundeling van infrastructuur

Op basis van het voorgaande kan worden beargumenteerd dat bundeling van infrastructuur de NIMBY-effecten, of in ieder geval de potenties ertoe, in een bepaald gebied versterkt: er wordt in ieder geval voorkomen dat nieuwe gebieden met hinderlijke infrastructuur worden geconfronteerd, maar gebieden rond bestaande infrastructuur worden zwaarder belast. In Figuur 5-26 is bundeling vertaald naar een nieuwe afstands-effect curve. In de directe omgeving rond de infrastructuur is het verschil tussen negatieve en positieve effecten, en dus de NIMBY-effecten groter dan bij niet-bundeling. Het gevolg is een toename van de ruimtelijke ongelijkheid, niet alleen qua blootstelling aan diverse vormen van hinder, maar ook qua positieve effecten van infrastructuur, met name bereikbaarheid. Er ontstaan enerzijds gebieden die veel hinder ontvangen, maar daarentegen goed en vooral multimodaal bereikbaar zijn en ontsloten worden, en anderzijds gebieden die geen hinder ontvangen, maar slecht bereikbaar en ontsloten zijn. Dit is schematisch weergegeven in Figuur 5-27. Het vormt als het ware de ruimtelijke vertaling van de bundelingseffecten.



Ongelijkmatige
milieubelasting



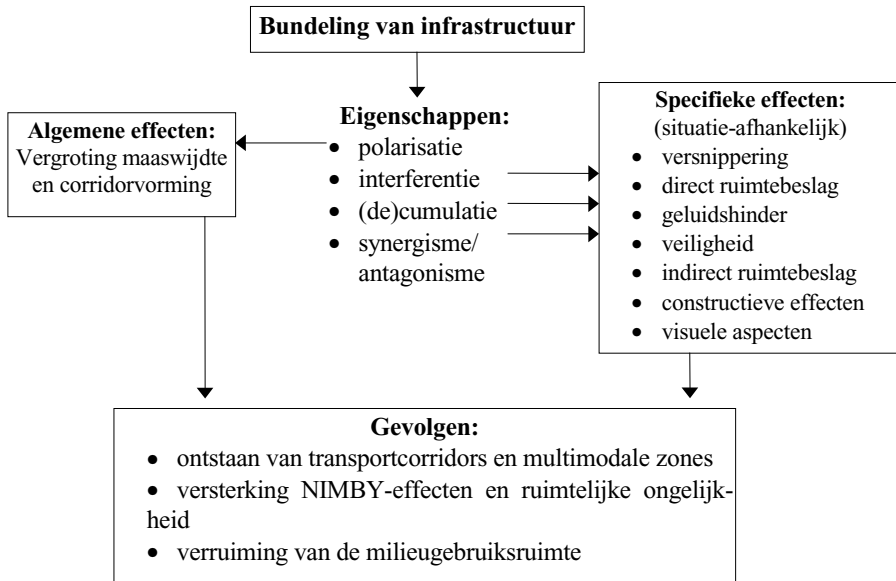
Verspreide milieubelasting

Figuur 5-27: Schematische voorstelling spreiding ruimtelijk effecten bij bundeling en niet-bundeling van infrastructuur

Op deze manier draagt bundeling van infrastructuur bij tot een *duale* ruimtelijke ordening met een grotere mate van milieudifferentiatie op grootschalig en landelijk niveau.

5.11.5. Samenvattend schema

Op basis van de algemene overwegingen ten aanzien van de bundelingseigenschappen en de analyses van de afzonderlijke effecten, kan een samenvattend schema worden ontwikkeld. De basisgedachte is dat bundeling een aantal *eigenschappen* heeft, waarvan enkel polarisatie een algemeen geldende is. Deze effecten leiden vervolgens tot een aantal gevolgen die ook als secundaire of indirecte effecten kunnen worden gekenmerkt. Dit is schematisch voorgesteld in Figuur 5-28.



Figuur 5-28: Samenvattend schema eigenschappen en effecten bundeling van infrastructuur

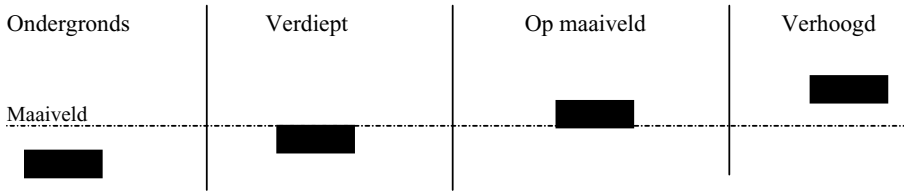
5.12. Principes voor aanvullende effectbeperkende maatregelen

5.12.1. Hoogteligging

In beginsel zijn er vier mogelijkheden qua hoogteligging om infrastructuur aan te leggen:

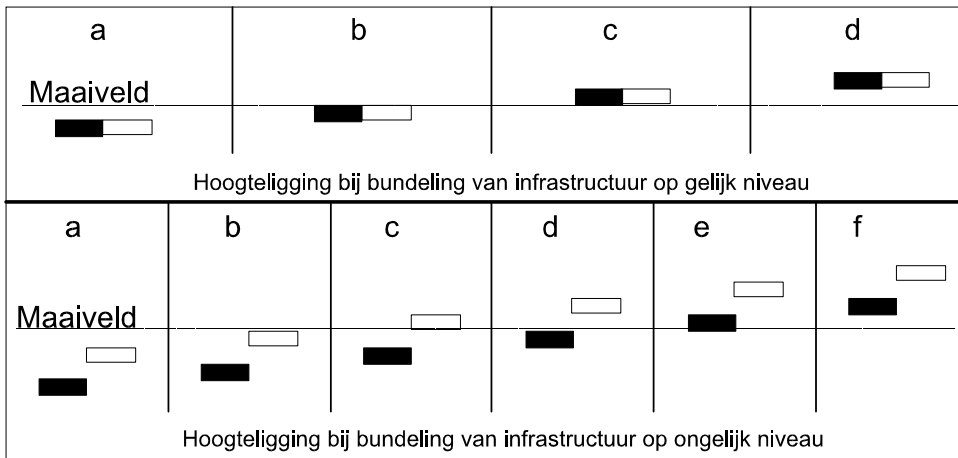
1. ondergronds: hierbij kan het maaiveld in principe elke functie worden gehandhaafd
2. verdiept: de bovenkant van de infrastructuur komt op maaiveldhoogte
3. op maaiveld: de onderkant van de infrastructuur komt op maaiveldhoogte
4. verhoogd: de onderkant van de infrastructuur komt boven maaiveldhoogte.

Dit is schetsmatig weergegeven in Figuur 5-29.



Figuur 5-29: Principes voor de hoogteligging van infrastructuur

Hierbij zijn er wel tussenmogelijkheden zoals een half verdiepte/verhoogde ligging of een extreem verhoogde ligging, zoals weergegeven bij de Boer et al. (1993) of Wehner et al. (1979). Hieruit kunnen een aantal mogelijkheden qua hoogteligging voor infrastructuurbundels worden ontwikkeld. Het aantal mogelijkheden verschilt naargelang de gebundelde infrastructuur op gelijk dan wel op ongelijk niveau t.o.v. elkaar wordt aangelegd. Dit is schematisch weergegeven in Figuur 5-30.



Figuur 5-30: Mogelijkheden qua hoogteligging van gebundelde infrastructuur

5.12.2. Mitigerende maatregelen

Mitigerende maatregelen kunnen in het algemeen worden omschreven als *ingrepen om de nadelige gevolgen van de voorgenomen activiteit voor het milieu te voorkomen of te verzachten* (V&W-NS, 1993). In zekere zin is bundeling dan ook als zodanig te kenmerken. Toch zijn er nog verdere mogelijkheden die zowel bij gebundelde als bij niet-gebundelde infrastructuur worden toegepast om nadelige effecten verder te beperken. Het type maatregel is gerelateerd aan het type effect.

Ter beperking van de versnippering kunnen passages worden aangelegd. Rasters en geleidewanden kunnen worden aangelegd ter voorkoming van aanrijdingen. De toegankelijkheid van oevers bij kanalen kan worden verhoogd om migratie mogelijk te maken (RWS-DWW, (1995-A-B), Aanen et al.(1990)).

Ter beperking van geluidshinder kunnen geluidsschermen of aarden wallen worden geplaatst, woningen worden voorzien van gevelisolatie of diverse bronmaatregelen worden genomen zoals aanpassing van de verharding of het ballastbed (de Boer et al., 1994).

Visuele hinder kan worden beperkt door afscherming, het aanbrengen van groenelementen of een aanpassing van de vormgeving van de infrastructuur (Willems, 1992; de Boer et al., 1994). Tenslotte kan de veiligheid worden verhoogd door het aanbrengen van visuele en fysieke scheidingsconstructies en het vergroten van de afstanden tussen bron en ontvanger. (Pronost (1992), Theeuwes et al. (1994), TRB (1988)).

5.13. Conclusie

In dit hoofdstuk zijn de eigenschappen en effecten van infrastructuurbundeling behandeld. Betoogd is dat bundeling geen andere typen effecten veroorzaakt dan solitaire infrastructuur, doch wel een aantal eigenschappen bezit die de omvang van de effecten kunnen beïnvloeden. Dit is nagegaan voor een aantal veel voorkomende effecten van infrastructuur. Als gevolg van de bundelings eigenschappen en -effecten kunnen bovendien secundaire en indirecte effecten ontstaan.

Deze analyse beoogde het inzicht te vergroten in de specifieke voor- en nadelen en de theoretische potenties van bundeling. Op basis van de theoretische argumentaties en praktijkvoorbeelden is bovendien een globaal inzicht verkregen in de relatie tussen het fysiek ontwerp (verschijningsvorm) en de effecten.

Toch geeft de analyse slechts een beperkt beeld en verklaring over het *gehele* complex van voor- en nadelen, condities en potenties. Effecten van infrastructuur zijn belangrijke mate afhankelijk van *exogene variabelen* (met name de kenmerken van de omgeving), alsook de totale routelengte. Bovendien bleek er zeer weinig theoretisch en empirisch materiaal aanwezig te zijn over de effecten van infrastructuur die aan bestaande infrastructuur wordt toegevoegd. Met name ontbreekt het aan systematisch uitgevoerde voor- en nastudies. Ook wordt nergens vermeld welke rol exogene variabelen daarbij spelen.

Het belangrijkste motief voor bundeling blijkt de wens tot beperking van negatieve effecten. Hoewel dit in de literatuur vrijwel nergens wordt vermeldt, geldt dit enkel op het globale of macroniveau: de lokale situatie verslechtert (bijna) altijd, ondanks (of juist dankzij) het feit dat de situatie elders niet verslechtert. Tegenover een verslechtering van de lokale situatie qua milieu en omgevingshinder, ontstaat op lokaal niveau in principe wel een goede multimodale bereikbaarheid, mits ter plaatse een aansluiting en knooppunt aanwezig is. Toch worden op relatief korte afstand tot de infrastructuur de negatieve effecten sterker ervaren dan de positieve. Het saldo op lokaal niveau blijft echter vrijwel altijd negatief.

Hoewel zelden of nooit in de literatuur genoemd is de *corridorvorming* wel een echte en altijd geldende potentie van bundeling. De wenselijkheid van bundeling zou dan ook in de eerste plaats in relatie tot de wenselijkheid van corridorvorming moeten worden afgewogen. Op deze manier kan bundeling bijdragen aan de verwezenlijking van iets positiefs, indien tenminste de ontwikkeling van corridors op macroniveau als een gewenste ruimtelijke ontwikkeling wordt gezien. Indien corridorvorming niet de gewenste ontwikkeling is, blijft in wezen slechts één argument over om te bundelen: instandhouding van ecologische waardevolle gebieden en zones die nog weinig of niet aan de hinder van infrastructuur worden blootgesteld. Oftewel de heterogeniteit op macroniveau

Vanaf het volgend hoofdstuk wordt naar een methodische aanpak gewerkt om te bepalen of, en zo ja welk type bundeling in een gegeven situatie de beste oplossing biedt.

6. HET TRACERINGSPROCES BIJ BUNDELING

6.1. Inleiding

In de vorige hoofdstukken kwamen een aantal inhoudelijke argumenten van bundeling aan bod. Er is vooralsnog voorbijgegaan aan de inhoudelijke processen waarlangs en de methoden waarmee alternatieve (gebundelde) tracés kunnen worden ontwikkeld. In dit hoofdstuk wordt een overzicht gegeven van bestaande traceringsmethoden en –technieken en welke inhoudelijke stappen kunnen worden gevolgd om systematisch alternatieven te kunnen ontwikkelen.

6.2. De structuur van het algemene traceringsproces

6.2.1. Tracering van infrastructuur als ontwerpproces

Het ontwerp- of probleemoplossingsproces kan worden gesplitst in een aantal fasen, gaande van de probleemsigalering tot de keuze van de gewenste oplossing (De Boer, 1996) (Figuur 6-1). Door diverse auteurs is dit schema minder gedetailleerd uitgewerkt. Zo wordt b.v. de probleem-sigalering, probleemstelling en doelstelling tot één fase gecombineerd (Boekholt, z.j.; Sorber, 1985) Anderzijds vinden we ook één of meerdere terugkoppelingen of een verfijning van de stappen terug, b.v. bij. Albrechts (1988), Bruggeling (1973), French (1971), Simon (1975) en Roozenburg et al. (1991).

De processtructuur kan als *iteratief*, *recursief*, *cyclisch* en als *ex ante* evaluatie worden gekenmerkt. De structuur is iteratief omdat bij elke stap zal blijken dat de in de voorgaande stappen verkregen informatie niet altijd voldoende is om de nieuwe stap te kunnen uitvoeren, waardoor teruggegaan moet worden.

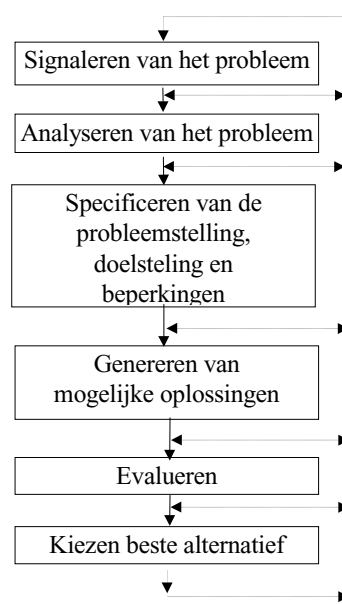
De structuur is recursief omdat dit algemeen proces ook van toepassing is op elke stap afzonderlijk. In de verschillende stappen dient een dergelijke “minicyclus” te worden doorlopen.

De structuur is cyclisch omdat bij de evaluatie en de keuze van de oplossingen kan blijken dat de doelstellingen niet gehaald zijn of zijn veranderd in de loop van het proces, of dat nieuwe problemen naar voren zijn gekomen die weer een oplossing vragen. Dan begint een nieuwe ronde. Een dergelijke structuur is ook een voorwaarde om te komen tot een integrale benadering ten aanzien van inpassing en tracering van infrastructuur, waarbij verbeterde terugkoppeling van effectanalyse naar ontwerp plaatsvindt (van Tuijn, 1996).

De processtructuur is gericht op ex-ante evaluatie omdat de effecten van de maatregel die het probleem moet oplossen worden beoordeeld voordat hij wordt uitgevoerd (o.a. Nijkamp et al., 1994; Rietveld, 1993; Hill, 1985). Hier tegenover staat de *ex-post* evaluatie waarbij de effecten worden gemeten na implementaire van de maatregel of het beleid.

Het bundelen van infrastructuur is slechts een manier om een tracé voor lijnvormige infrastructuur te ontwikkelen. Vandaar dat een ontwerpstructuur voor het bundelen van infrastructuur nooit op zichzelf kan staan, maar ingekaderd moet worden in het totale plannings- en traceringsproces van lijnvormige infrastructuur, waarbij ook andere oplossingsrichtingen moeten worden beschouwd. Het zoeken naar een ruimtelijk gebundeld tracé kan derhalve opgevat worden als een module in het proces voor tracéontwikkeling.

In de volgende paragraaf wordt ingegaan op een aantal bestaande benaderingen bij het traceren van infrastructuur.



Figuur 6-1: Klassieke fasering ontwerp- en probleemoplossingsproces.

6.2.2. Stappen bij het traceren van infrastructuur: een literatuurverkenning

Een fasering van het ontwerpproces bij het traceren van infrastructuur is reeds te vinden in het in 1893 verschenen werk van Austin T. Byrne, getiteld “*A treatise on highway construction*”. Het bevat naast een uiteenzetting over de technische aspecten van wegeaanleg ook een hoofdstuk over de tracering (“location”) van wegen. Zonder een concreet ontwerpmodel of -structuur te ontwikkelen worden een aantal achtereenvolgende acties en onderzoeken genoemd, gaande van veldverkenning, het maken van een gedetailleerde kaart met relevante objecten en topografie tot het bepalen van hoe en waar bruggen en kruisingen moeten worden gemaakt. De eigenlijke tracéverkenning en -selectie gebeurt volgens Byrne in de veldverkenning (“reconnaissance”). In deze fase is het de bedoeling dat één of meer voorlopige tracés worden geselecteerd waaruit het definitieve tracé worden bepaald.

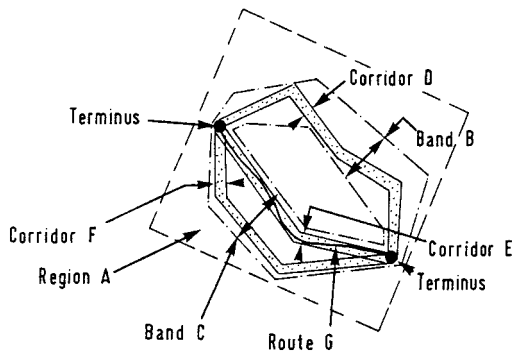
Eenzelfde basis waarbij van grof naar fijn wordt gewerkt is te vinden bij Pickels et al. (1939) en Skelton (1949). Volgens hen wordt het tracéonderzoek gesplitst in een *verkennend onderzoek*, waarbij men de omgeving inventariseert, een *vooronderzoek*, een topografische studie van een smalle strook land waarin de route zal komen te liggen, en het uiteindelijke *tracéonderzoek*, waarin het precieze alignement ontworpen. Expliciet wordt vermeld dat dit onderzoek voor snelwegen en spoorwegen nagenoeg identiek is. Ook bij de tracering van pijpleidingen kan dergelijk proces met achtereenvolgende onderzoeken teruggevonden worden (Scott, 1965).

Een benadering waarbij ook duidelijke keuze- en beslissingsmomenten worden aangegeven is ontwikkeld door het Franse ministerie van stedenbouw en huisvesting en het ministerie van verkeer (met name het "Laboratoire Central des Ponts et Chaussées (MLL-MT, 1982). Ze omvat drie fasen die grotendeels inhoudelijk parallel lopen met de eerder genoemde. Roberts (1962) maakt ook een dergelijke driedeling van grof naar fijn, maar noemt expliciet de keuze van de gebieden die bediend moeten worden. Hay (1982) maakt een iets gedetailleerdere opdeling van het tracerings- en inpassingsproces in zes fasen, maar is inhoudelijk nagenoeg identiek aan de voorgaande. Specifiek is het rekening houden met dwangpunten ("control points"). Door Meyer (1969) wordt het eigenlijke traceren gesplitst in een drietal chronologische fasen waarbinnen nog een aantal deelstappen zijn te onderscheiden. Bij het *routeconcept* worden de begin- en eindpunten, het globale gebied (zoekgebied), het type weg, het aantal rijbanen, de wijze van toegang en het type dwarsprofiel bepaald. In de *verkennende studie* wordt het gebied in kaart gebracht, worden alternatieve corridors geïdentificeerd, beoordeeld en de beste gekozen. De keuze van de corridor, die ook kan worden gekenmerkt als een "algemene routing", is de belangrijkste beslissing na de beslissing de infrastructuur al of niet te bouwen. De verkenning dient te gebeuren voor een *gebied* en niet voor een enkele lijn. De naamgeving van deze fase is derhalve wat vaag en misleidend, ze kan wellicht beter worden aangeduid als *corridorkeuze*. Tenslotte wordt in het *ontwerp van het alignement* binnen de geselecteerde corridor een voorlopige basislijn getraceerd en onderzocht op de effecten en knelpunten. Vervolgens worden alternatieve alignementen uitgewerkt en aangepast tot men een bevredigende oplossing heeft bereikt.

Ook bij O'Flaherty (1973) is een dergelijke procesmatige structuur in het zoeken naar mogelijke tracés terug te vinden, hoewel de fasering meer is opgesplitst. Hij omschrijft de structuur als een *hiërarchisch gestructureerd beslissingsproces*. In Figuur 6-2 is het traceringsproces schematisch weergegeven.

De volgende stappen worden onderscheiden:

1. het vastleggen van de begin- en eindpunten
2. het definiëren van een gebied waarin de mogelijke routes worden beschouwd
3. het vastleggen van een aantal brede banden van 8-16 km in dit gebied waarbinnen verder gezocht gaat worden
4. selectie van corridors van 3-8 km breed binnen de brede banden in het gebied
5. vergelijking van de corridors
6. generatie van een route of verbinding in een zone van 1-1.5 km binnen de corridor
7. precieze uitwerking van één of meer alignementen in een zone van ±30 m breed
8. vergelijking van de alignementen en keuze
9. verdere optimalisatie van het ontwerp

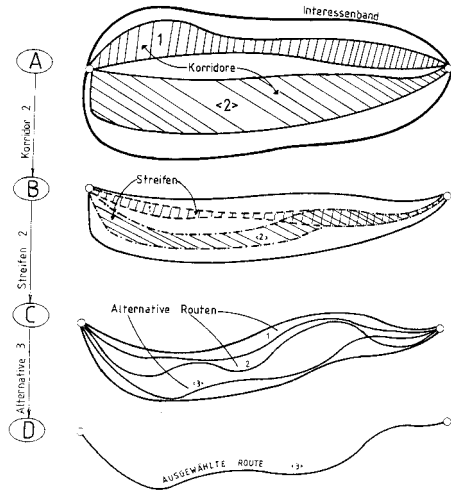


Figuur 6-2: Schematische voorstelling traceringsproces volgens O'Flaherty

O'Flaherty merkt op dat dit proces een voortdurend zoeken en selecteren in zich houdt, gebruik makend van steeds gedetailleerdere kennis bij elke fase. Hoewel O'Flaherty voorafgaand een dertigtal inhoudelijke argumenten voor de tracékeuze geeft ("*Principles of highway location*"), wordt de koppeling tussen inhoud en procedure niet gelegd. Hij vermeldt m.a.w. niet welke inhoudelijke argumenten bij welke stappen in het beslissings- en ontwerpproces horen.

Grosso modo dezelfde indeling als O'Flaherty is opgesteld door Psarianos (1982) waarbij de ontwikkeling van processen voor het traceren van wegen worden behandeld. In Figuur 6-3 is het stappenplan schematisch weergegeven. Hoewel het zich eerder toespitst op de optimalisatie van de technisch-constructieve elementen van één bepaald tracé, worden ook de grondslagen voor het vinden van een tracé uiteengezet. De volgende stappen worden onderscheiden:

1. vastlegging van het zoekgebied
2. vastlegging van corridors in het zoekgebied
3. keuze van de beste corridor
4. vastlegging van voorkeurstroken binnen de corridor
5. keuze van de beste strook
6. uittekenen van alternatieve routes binnen de strook
7. keuze van de beste route



Figuur 6-3: Schematische voorstelling traceringsproces volgens Psarianos

8. optimalisering van het (geometrisch) ontwerp van de route

Een inhoudelijke invulling van deze stappen wordt niet gegeven.

Een benadering die bijna volledig gericht is op de systematiek voor het ontwerpen van alternatieven is ontwikkeld door Linden (1989). Het raamwerk is ruim opgezet en omvat naast inhoudelijke voorstellen ook processen voor planning, informatievoorziening en communicatie met derden. De traditionele aanpak bij het traceringsproces bestaat erin dat ruwe alignementen worden ingetekend die voldoen aan zeer algemene ontwerpseisen inzake boogstralen en helling, gecombineerd met het nodige *natte-vingerwerk*. Dit natte vingerwerk omvat in feite praktische ervaring in het vermijden van operationele, financiële en onderhoudsproblemen. Ze vormen een abstractie van ontwerpcriteria die enkel in de laatste fasen van het ontwerpproces een rol spelen. Meer bepaald zullen een aantal stappen moeten worden doorlopen, zoals het kiezen van het horizontaal alignement, het kiezen van het verticaal alignement, het inschatten van de kosten en het inschatten of de locatie bevredigend is. Dit proces wordt herhaald tot een goed tracé is gevonden. Omdat het echter te veel tijd en mankracht zou kosten om deze iteratie te vaak uit te voeren, wordt het aantal iteraties tot slechts enkele beperkt. Het kan duidelijk gekenmerkt worden als een *trial and error* methode die afhankelijk is van het vakmanschap, ervaring en creativiteit van de deskundigen. In het algemeen kan het ontwerpen van tracés volgens Linden worden opgesplitst in een drietal niveaus:

1. Het *systeemniveau*, waarbij het routeconcept wordt behandeld. Er wordt een zeer algemene uitspraak gedaan over het gebied waardoor het tracé komt te lopen, alsmede uitspraken over de capaciteiten, de toegangsmogelijkheden, de type kruisingen, enz. Dit kan ook worden omschreven als *de aard van de verbinding*.

2. het *corridor*niveau, waarbij op basis van een terreinverkenning enkele voorlopige en ruwe alignementen (in corridors) worden ontworpen. De verschillende corridors worden vergeleken en er wordt een keuze gemaakt.
3. het *ontwerp*niveau, waarbij het alignement in detail wordt ontworpen. Aan de orde komen b.v. het ontwerp van kruispunten, verharding en de precieze inpassing.

Linden maakt ook expliciet de koppeling tussen de procedure en de inhoudelijke argumenten.

6.2.3. Synthese

Er kan een zekere convergentie in de stappen opgemerkt worden. Men poogt immers zo snel mogelijk het onderzoeksgebied te verkleinen tot één route die dan verder in detail wordt ingepast en geoptimaliseerd. Er zijn wel verschillen in het aantal en de precieze invulling van de stappen. Sommige indelingen (b.v. Pickels, Skelton) benaderen het traceringsproces op basis van onderzoekstechnieken. Andere (b.v. O’Flaherty, Linden) stellen de *beslismomenten* en de *ontwerphandelingen* centraal. Toch is bij alle benaderingen een proces van grof naar fijn te onderkennen, zowel ruimtelijk als onderzoekstechnisch. In Tabel 6-1 zijn de verschillende stappen van de faseringen samengevat.

Tabel 6-1: Samenvattend overzicht faseringen bij het traceren van lijninfrastructuur

| structuur volgens fase | Byrne | Pickels | Skelton | Hay | Scott | LCPC | Meyer | Roberts | O’Flaherty | Psarianos | Linden |
|------------------------|-------|---------|---------|-----|-------|------|-------|---------|------------|-----------|--------|
| beginconcept | | | | X | | | | | | | |
| routeconcept | | | | | | | X | | | | X |
| haalbaarheidsstudie | | | | | | X | | | | | |
| zoekgebied | | | | | | | | | | X | |
| te bedienen zones | | | | | | | | X | | | |
| begin-/eindpunt | | | | | | | | | X | | |
| veldverkenning | X | | | | | | | | | | |
| verkennend onderz. | | X | X | X | X | | | | | | |
| definiëring gebied | | | | | | | | | X | | |
| vooronderzoek | | X | X | X | | | | | | | |
| ontwikk. corridors | | | | | | | X | X | X | X | X |
| vgl.+keuze corridor | | | | | | | | | X | X | |
| voorkeurstroken | | | | | | | | | | X | |
| voorl. alignement | | | | | | | X | X | | | |
| uittekenen tracé | | | | X | | | | | | | |
| tracéonderzoek | | X | X | | X | X | | | | | |
| keuze alignement | | | | | | | | | X | X | |
| ontwerp alignement | | | | | | | | | | | X |
| optim. alignement | | | | | | X | | | X | X | |
| lok. bruggen/tunnels | X | | | | | | | | | | |
| constructieonderzoek | | | | X | | | | | | | |

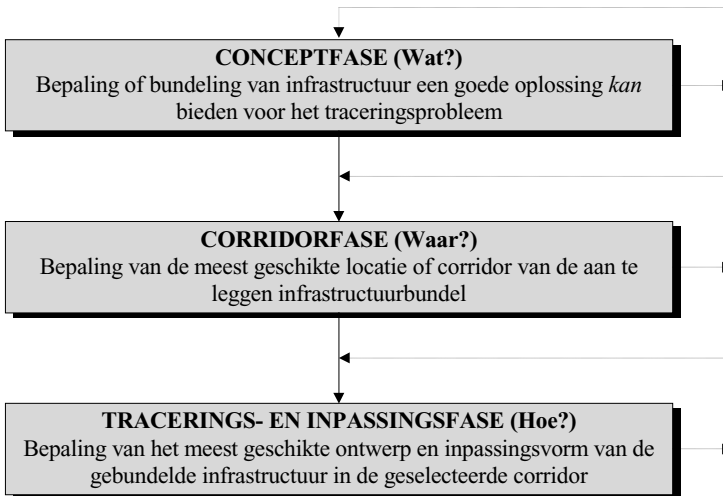
Hoewel de verschillende benaderingen een verschillende mate van detailniveau kennen, kunnen ze allen in grote lijnen tot de volgende driedeling teruggebracht worden, met name het routeconcept, de ontwikkeling en keuze van corridors en het ontwerp, de keuze en de optimalisatie van het alignement.

6.3. Naar een ontwerpstructuur voor het bundelen van infrastructuur

Uit het voorgaande blijkt dat het proces van het traceren van infrastructuur in essentie kan worden teruggebracht tot een driedeling:

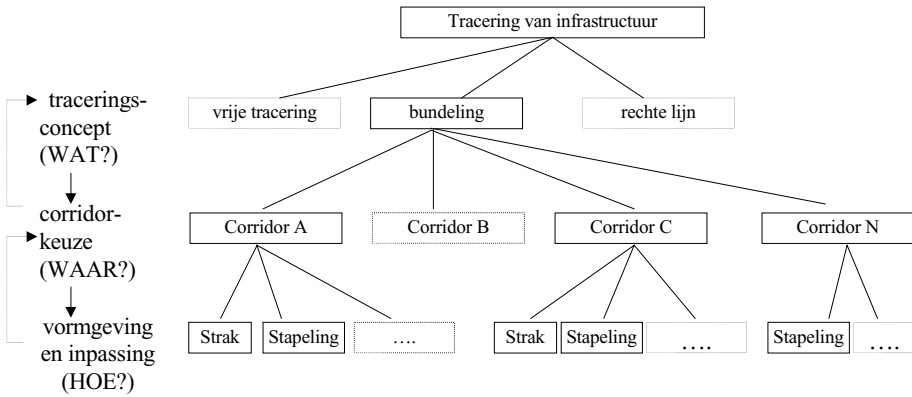
1. Allereerst is sprake van een algemene **conceptuele fase**. Hierin worden een aantal fundamentele beslissingen genomen t.a.v. het type van de verbinding, de te bedienen punten en de globale oplossingsrichtingen.
2. Vervolgens worden één of meer brede zones (corridors) geselecteerd waarbinnen de uiteindelijke route zal komen te liggen. Dit kan aangeduid worden als de **corridorfase**.
3. Tenslotte wordt in de corridor(s) één of meerdere routes ontworpen met een concreet horizontaal en verticaal alignment. Dit is het uiteindelijke tracé(alternatief). Men zou dit de uiteindelijke **vormgevings-** of **inpassingsfase** kunnen noemen.

Achtereenvolgens komen deze stappen in overeenstemming met **wat**, **waar** en **hoe** ontwerpen. Terugkoppelingen zijn mogelijk. Schematisch is dit weergegeven in Figuur 6-4.



Figuur 6-4: Globale ontwerpstructuur tracering van infrastructuur

Het ontwerpprobleem van bundeling van infrastructuur kan ook worden voorgesteld met een boomstructuur. In deze structuur zijn drie stappen te onderscheiden, waarbij elke stap weer nieuwe mogelijkheden genereert, weliswaar op een lager schaalniveau. Het komt er dus op aan om bij elke fase een goede inperking van de keuzes te maken.



Figuur 6-5: Voorbeeld ontwerpboom bij bundeling van infrastructuur

6.4. Conclusie

In dit hoofdstuk is een theoretische beschouwing gepresenteerd over het traceringsproces van infrastructuur. Het blijkt dat niet enkel het traceren van infrastructuur in het algemeen, maar ook het bundelen in het bijzonder kan teruggebracht worden tot een drietal fasen, met name de concept-, de corridor- en de inpassingsfase.

In de aan bod gekomen literatuur ontbreekt het vooralsnog aan een koppeling tussen structuur, onderzoekstechnieken en afwegingsmethoden. Met name dient de structuur te worden opgesplitst in duidelijke en uitvoerbare stappen met een bijbehorende onderzoeks- en afwegingsmethode. Dit kan worden aangeduid als de *operationalisatie* van de traceringsaanpak voor het bundelen van infrastructuur. Dit komt in het volgende hoofdstuk aan de orde.

7. ONTWIKKELING METHODISCHE AANPAK

7.1. Inleiding

In dit hoofdstuk wordt de ontwikkelde driedeling bij het bundelen van infrastructuur (concept, corridor, en inpassingsfase) geoperationaliseerd tot een methodische aanpak. Deze dient er op gericht te zijn om één of meerdere gebundelde *alternatieven* te ontwikkelen. De aanpak zal nooit de pretentie hebben dat hiermee het beste (gebundeld) tracé wordt ontwikkeld. De beslissing over het beste tracé is niet enkel gestoeld op technische, maar evenzeer op bestuurlijke overwegingen, waarover in dit onderzoek geen uitspraak kan worden gedaan.

De bedoeling van de aanpak is het verhogen van de transparantie in de afweging, het helder maken van de onzekerheden en het ervoor te zorgen dat zoveel mogelijk oplossingsrichtingen aan bod komen. Zodoende kunnen op basis van objectieve overwegingen en een “quick scan” één of meer alternatieve gebundelde tracés worden geselecteerd, zonder dat een uitspraak wordt gedaan over welk uiteindelijk het beste is. De systematische en methodische ontwerp-aanpak is daarbij een hulpmiddel.

7.2. Principes voor het genereren van alternatieven

7.2.1. Argumenten voor het werken met alternatieven

Bij de ontwikkeling van een tracé voor een infrastructuurlijn, wordt bijna steeds gewerkt met alternatieven. Hiervoor zijn een aantal redenen aan te dragen (de Boer, 1995). Het is zeer moeilijk om iets te ontwikkelen dat op alle vlakken het beste is. De meeste oplossingen zijn slechts suboptimaal. Bovendien wil het beleid vaak een keuze kunnen maken, afhankelijk van de waarden en normen op dat moment. Tenslotte is het beoordelen van een mogelijke oplossing eenvoudiger wanneer men deze kan vergelijken met alternatieven.

De principiële vraag is of men naar de optimale dan wel een bevredigende oplossing moet zoeken (Leemans, 1978; March et al., 1958): de besluitvorming is immers een zoekproces

naar een oplossing van problemen, en de besluitvormer zal zoeken totdat hij een bevredigende oplossing heeft gevonden.

7.2.2. Problemen bij het genereren van alternatieven

De problematiek bij het ontwikkelen van alternatieven wordt veroorzaakt doordat bij de meeste ontwerpgegevens in beginsel oneindig veel alternatieven voorhanden zijn. Doordat geanticipeerd moet worden op een toekomstige toestand, maakt dit de problematiek nog complexer (Hobbs et al., 1981). In feite komt de ontwikkeling van alternatieven dan ook neer op een constante reductie van de mogelijkheden (Leemans, 1978).

Een ontwerpgegevens is nooit een proces dat lijnrecht tot de beste oplossing leidt. Het maximaal voldoen aan elke eis afzonderlijk is onmogelijk. Het ontwerpproces bestaat uit een analyse proces dat er op gericht is het totale probleem op te splitsen en vervolgens uit een synthese proces dat er op gericht is de afzonderlijke elementen samen te brengen tot een oplossing. In elke ontwerpgegevens is er een spanningsveld tussen probleem en oplossing doordat vele afzonderlijke eisen met elkaar concurreren. Dat maakt het ontwerpen tot een zoekproces met vallen en opstaan (“trial and error”) en met vele iteraties (de Ridder et al., 1994). Dit leidt ertoe dat een ontwerpproces *convergent* moet zijn, hetgeen betekent dat bij elke stap in het proces dichterbij tot de gewenste oplossing moet worden gekomen.

Het ontwikkelen van alternatieve oplossingen wordt vaak gezien als een proces dat zich afspeelt in het onderbewuste. Het is een creatief moment waarbij door de verbeelding een sprong wordt gemaakt (Holgate, 1986). Het genereren van oplossingen kan worden gezien als het samenbrengen van een aantal ideeën in het onderbewuste ten einde een origineel voorstel te formuleren. Volgens Holgate is het een gebrek van vele technische wetenschappers dat ze de mogelijkheden van het onderbewuste bij het ontwikkelen van oplossingen onderschatten.

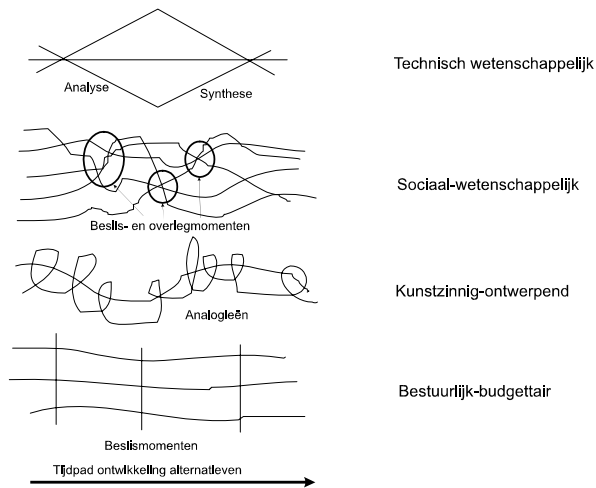
Volgens Polak (1973) is het benodigde creatie- en verbeeldingsvermogen veelal wel aanwezig, maar meestal zijn er remmingen door een gebrek aan zelfvertrouwen, gemis aan kennis van zaken en door de kosten die de nieuwe ideeën met zich meebrengen. Daardoor ontwikkelen de meeste ontwerpers hun nieuwe ontwerpen weer op bestaande en vertrouwde manieren.

Toch kan de ontwikkeling van alternatieven niet enkel gebaseerd zijn op dit onderbewuste. De probleemruimte is daarvoor in de meeste gevallen te groot. De probleemruimte wordt bij het ontwerpen bepaald door het aantal mogelijke varianten dat gegenereerd kan worden. En juist dit aantal is in principe bij elk ontwerpgegevens oneindig groot. In de praktijk zal het aantal oplossingen echter beperkt worden door enerzijds de probleemstelling en anderzijds een aantal persoonlijke kenmerken van de ontwerper. Door een goede afbakening van het probleemveld en de probleemstelling is het mogelijk dat het “trial and error” karakter van het ontwerpen van alternatieven enigszins wordt getemperd en dat de ontwikkeling van alternatieven systematischer gebeurt (Boekholt, z.j.).

Teisman (1997) tenslotte geeft aan dat het werken volgens verschillende methoden en in verschillende teams verrijkend kan zijn. Door de zelfsturende coalitievorming ontstaat de zogenaamde *creatieve concurrentie*.

7.2.3. Algemene methoden bij het ontwikkelen van alternatieven

Expliciet moet worden vermeld dat methoden voor het ontwikkelen van alternatieve oplossingen niet enkel vanuit de technisch-wetenschappelijke filosofie kunnen worden ontwikkeld. Ook vanuit sociaal-wetenschappelijk, kunstzinnig-ontwerpend en bestuurlijk-budgettair oogpunt zijn methoden ontwikkeld. Schematisch is dit voorgesteld in Figuur 7-1 .



Figuur 7-1: Schetsmatige voorstelling globale indeling methoden bij het ontwikkelen van alternatieven

Binnen deze globale indeling kunnen de meeste concrete methoden worden ondergebracht. Een globale tweedeling in de methoden en technieken voor het ontwikkelen van alternatieven kan gemaakt worden op basis van enerzijds discursieve en anderzijds intuïtieve methoden (van den Kroonenberg et al., 1995). De eerste groep voert stap voor stap naar het doel en is daarom algoritmisch; na elke operatie ligt eenduidig vast welke operatie als volgende moet worden uitgevoerd. Binnen de discursieve en intuïtieve methoden zijn er in principe verschillende mogelijkheden.

Enumeratie impliceert de ontwikkeling van alle mogelijke alternatieven. Dit is wellicht de meest voor de hand liggende strategie. Toch zal voor de meeste gevallen blijken dat dit nagevoeg onmogelijk is: door de combinatorische aard van het probleem kan het aantal alternatieve zeer snel oplopen (Rosman et al., 1995). Voor deelproblemen waar het aantal variaties beperkt is, is deze strategie wel mogelijk.

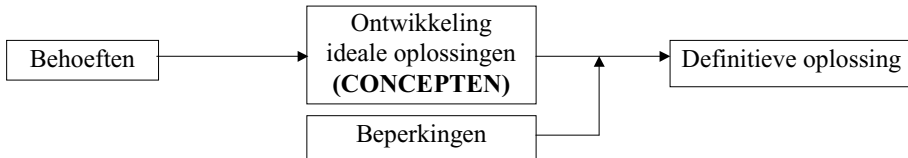
De *combinatieve methode* is een speciale vorm van enumeratie en kan worden gebruikt indien het keuzeprobleem of de mogelijke oplossing bestaat uit een combinatie van verschillende elementen. Het is een methode die door rangschikking en combinatie van gegevens het maximum aantal denkbare oplossingen aangeeft (de Ridder et al. 1994). Technieken zijn de berekening van het aantal combinaties en permutaties.

Brainstorming zal in de praktijk in informele vorm altijd deel uitmaken van het ontwerpproces. Door het organiseren van sessies kan de creativiteit en inventiviteit in banen worden geleid (Holgate, 1986). Brainwriting is een variant waarbij de communicatie in de vorm van schriftelijke notities plaatsvindt (van den Kroonenberg et al., 1992). Brainstorming is vaak nuttig om nieuwe en frisse inzichten te doen ontstaan (zie o.a. Simon (1975) en Behesti (1999)).

Het *gebruik van analogieën* is een van de conventionele discursieve methoden. Deze methodiek houdt in dat men twee verschillende objecten of processen die niet tot hetzelfde kennisgebied behoren toch met elkaar gaat verbinden. De winst van het gebruik van analogieën is dat het de mens helpt om creatievere oplossingen voor problemen te bedenken dan wanneer men strikt systematisch te werk gaat. Problemen kunnen ontstaan bij het vinden van het juiste verband (Rosman et al., 1995).

Het *gebruik van concepten of visies* geeft een aanduiding van de kwaliteiten waaraan het ontwerp dient te voldoen. Een concept bevat een principe voor het toekomstige ontwerp en is als zodanig slechts kwalitatief van aard. De concrete invulling van een concept kan vele vormen aannemen, zolang maar aan het richtinggevend principe van het concept wordt voldaan

(Rosman et al., 1995). Volgens Polak (1973) is de ontwikkeling van concepten nuttig ter voorkoming van een remming van het creatieve vermogen. Doordat deze meestal niet volledig te verwezenlijken zijn, zullen compromissen ten aanzien van deze ideale concepten gemaakt moeten worden om op deze manier een *realistische* oplossing te verkrijgen. Toch zou volgens Polak een oplossing die zonder beperkingen ontwikkeld is anders en doeltreffender zijn dan een oplossing die opgesteld is met beperkingen. Schematisch is dit voorgesteld in Figuur 7-2.



Figuur 7-2: Voorgestelde methode volgens Polak voor het vinden van een oplossing via concepten

Bij het gebruik van prototypen worden in tegenstelling tot analogieën ook voorbeelden genomen binnen hetzelfde domein. Ze kunnen gekenmerkt worden als kenmerkende plannen of prototypen. Het zijn de klassieke oplossingen voor problemen die hun dienst hebben bewezen of waar men als een herkenbaar beeld naartoe werkt (Rosman et al., 1995).

Het gebruik van heuristieken kan worden gebruikt wanneer het ontbreekt aan kwantitatieve gegevens. Heuristieken maken gebruik van vuistregels om het zoekproces wat meer af te bakenen. Dit betekent dat, gegeven een uitgangssituatie, de meest belovende handeling wordt gekozen door het inzetten van criteria, vuistregels, strategieën, methoden, principes, trucks, gezond verstand, “educated guesses” en intuïties (Rosman et al., 1995). Dergelijke vuistregels zijn gebaseerd op de notie dat een bepaalde manier van inpassing “over het algemeen” of “gemiddeld” leidt tot een bepaald scala van effecten. Heuristische regels helpen het probleemoplossen door een element van doelgerichtheid aan het zoeken toe te voegen. Het is een klassieke intuïtieve methode en daarom niet programmeerbaar (van den Kroonenberg et al., 1992).

Andere meer geoperationaliseerde methoden zijn o.a. *Analysis of Interconnected Decision Areas (AIDA)* (zoals o.a. beschreven door o.a. Hickling (1978, 1985) en Voogd (1995)), *Morfologische analyse* (beschreven door de werkgroep Projectanalyse van het Ministerie van Financiën (SU, 1983)) en de *lineaire programmering*. Deze laatste is enkel mogelijk wanneer de doelstellingen en de beperkingen van het probleemoplossingsproces kunnen worden uitgedrukt in kwantitatieve termen (zie o.a.: Douma, 1979; Hobbs, 1981).

Kortom, voor het ontwikkelen van alternatieven zijn zeer veel uiteenlopende benaderingen beschikbaar. Belangrijkste gemeenschappelijk kenmerk is wel dat ze erop gericht zijn de blik te verruimen zodat mogelijke oplossingen die men in eerste instantie over het hoofd ziet, toch worden ontwikkeld. De verschillen zitten in de gehanteerde techniek en wellicht ook in het feit dat ze daardoor in meer of mindere mate reeds een selectie doorvoeren. Welke techniek in welke fase van het bundelingsverhaal kan worden gebruikt, komt in paragraaf 7.5 aan bod.

7.3. Specifieke methoden en technieken voor het traceren van infrastructuur

7.3.1. Algemene principes: zeefanalyse en Potential Surface Analysis

Naast een reeks algemene methoden voor het ontwikkelen van alternatieven, zijn ook een aantal specifieke methoden voor het traceren beschikbaar. De zeefanalyse en de Potential Surface Analysis zijn de basismethoden en de achterliggende principes voor verdere toepassingen en verfijningen.

Het principe van de zeefanalyse of het maken van een zeefkaart is een middel om gebieden te markeren waar de constructie van een object problematisch kan worden (Hobbs et al., 1981). Volgens Voogd (1995) kan de zeefanalyse gebruikt worden voor het kiezen van een geschikt gebied voor een lijnvormig element (tracé) of een bouwlocatie in het algemeen. Bij deze methodiek wordt primair aangegeven welke gebieden *niet* geschikt zijn voor de activiteit die men wil gaan vestigen. Bij dit principe worden een aantal vetocriteria gehanteerd (de Ridder et al., 1994), hoewel een meer flexibele benadering mogelijk is (Hobbs et al., 1981). Randvoorwaarden zijn echter vaak niet erg hard aangezien ze vaak politiek bepaald zijn. In de praktijk kan een dergelijke randvoorwaarde minder hard worden indien men de consequenties van deze kaart ziet gebracht. Indien na een zeefanalyse blijkt dat er geen tracé meer gevonden kan worden dat de punten A en B verbindt, kan dit aanleiding zijn tot bijstelling. Een zeefanalyse elimineert ongeschikte gebieden tot een gebied overblijft dat *relatief* geschikt is voor de aanleg van infrastructuur (Saanen, 1996).

In het algemeen geldt dat vetocriteria kunnen worden ingedeeld in vier categorieën (de Ridder et al., 1994):

1. gebieden die niet voldoen aan de *gebruikseisen* van het te situeren object, b.v. een ongeschikte bodemgesteldheid
2. gebieden die niet voldoen aan de *relatie-eisen* van het object met de omgeving, b.v. wanneer een wegtracé te ver weg van de bedieningspunten is verwijderd
3. wanneer gebieden een *waardevolle functie* hebben, of wanneer men de huidige functie meer waard acht dan de te realiseren functie, b.v. aanleg van een weg versus behoud van een natuurgebied
4. wanneer *waardevolle functies van de omgeving op een onaanvaardbare manier worden gehinderd*, b.v. wanneer men een woongebied nadert

In feite komt deze lijst neer op de traceringsprincipes die in het voorgaande aan bod zijn gekomen. Tracés moeten inderdaad een zo kort mogelijke verbinding vormen tussen de te bedienen punten, het gebied moet geschikt zijn om het object te kunnen bouwen en te laten functioneren, en voor het omliggend gebied moet de hinder beperkt blijven.

In tegenstelling tot de zeefanalyse geeft de Potential Surface Analysis (PSA) aan waar het object bij voorkeur wél mag komen te liggen. De PSA vertoont veel gelijkenissen met de zeefanalyse. Volgens Saanen (1996) is ze in feite haar tegengestelde, doch dit lijkt een te simpele voorstelling. Er is een nuanceverschil: de PSA heeft tot doel gebieden te selecteren die voor het aan te leggen *object zelf* (en dus niet voor de omgeving) gunstig zijn (Hobbs et al., 1981) en vertrekt daarom vanuit een andere invalshoek, namelijk het eigen functioneren. Het kan bij een industrieterrein b.v. gaan om toegankelijkheid, bereikbaarheid of de aanwezigheid van andere faciliteiten. Bij infrastructuur kan het b.v. gaan om bevolkingsconcentraties die beïnvloedend moeten worden. Een gangbare aanpak is dat de na de zeef overgebleven gebiedsdelen m.b.v. criteria worden beoordeeld op hun geschiktheid als locatie voor het object (de Ridder, 1994, Saanen, 1996). De methoden zijn dus eerder complementair.

Beide benaderingen kunnen in beginsel simultaan worden toegepast of zelfs worden gecombineerd tot een nieuwe methode. Indien in een bepaald vak een criterium voor de zeefanalyse van toepassing is, betekent dit dat dit deelgebied wordt uitgesloten van verder onderzoek (principe zeefanalyse). De overige gebieden worden verder en gedetailleerder beoordeeld (principe PSA). Een nadeel van de zeef- en potentieanalyse is dat door de techniek de aandacht vaak primair beperkt blijft tot factoren die expliciet ruimtelijk vertaalbaar zijn. Ook dienen kwantitatieve scores te worden toegekend aan aspecten die in feite enkel kwalitatief goed en correct zijn uit te drukken. Mogelijk stelt zich het probleem van *geldigheid* (meet ik wat ik wil meten?). Dit is te voorkomen door een juiste operationalisatie van de criteria.

7.3.2. Toepassingen, verfijningen en operationalisaties

Een vroege concretisering is reeds te vinden bij Alexander et al. (1962). Met behulp van een handmatige en zeer grove aanpak wordt een zoekgebied geanalyseerd ingedeeld op basis van 26 aspecten of ontwerpeisen, variërend van kosten voor het grondwerk tot de veroorzaakte congestie. De verschillende ontwerpeisen worden vervolgens geclusterd in een aantal iteratieve stappen. Toch heeft Alexander zelf een aantal opmerkingen t.a.v. de kwantificeerbaarheid. Sommige aspecten dienen kwalitatief te worden benaderd, zoals b.v. eigendomsgrenzen. Hij geeft expliciet aan dat menselijk denkwerk juist dit type van problemen goed kan oplossen. In tegenstelling tot Alexander is het principe van de corridorselectie en de tracéontwikkeling volledig geoperationaliseerd door Newkirk (1979). Hij komt tot de ontwikkeling van zgn. “factor maps” waarbij een bestaand gebied wordt gemodelleerd op basis van ruimtelijke kenmerken. Het gebied wordt dan volgens een rasterpatroon ingedeeld waarbij elk vakje een bepaalde waarde krijgt op basis van gevoeligheid en/of geschiktheid. Hoe hoger de score, hoe groter de weerstand. Vervolgens kan met behulp van algoritmen de weg van de minste weerstand worden gekozen. Toch blijven nog een aantal problemen bestaan, zoals de ontwikkeling van de criteria die de omgevingskenmerken beschrijven, de zogenaamde “impact factors”. Bovendien zijn actuele en consistente gegevens niet altijd aanwezig. Tenslotte is het combineren van verschillende data en omgevingskenmerken problematisch. De typen gegevens, de bronnen en de gewichten die aan de kenmerken worden toebedeeld leiden tot een wegingsprobleem. De benadering van Newkirk vormt vooral een raamwerk en een analyse instrument dat een tracéstudie kan helpen ondersteunen op het gebied van gegevensverzameling, effectanalyse en het ontwikkelen van alternatieven.

Uit het voorgaande kan worden geconcludeerd dat de principes van de zeefanalyse en de PSA een goede basis vormen voor het zoeken naar geschikte corridors, mits een accurate keuze van de criteria. Men kan de principes combineren tot een methodische aanpak om als een “quick scan” de gevoeligheid en de geschiktheid van een gebied te onderzoeken.

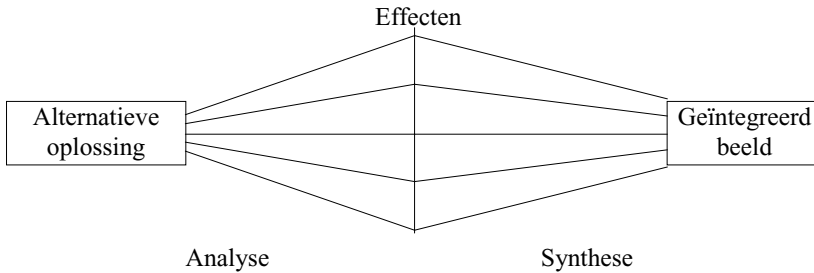
7.4. De beoordeling en evaluatie van de alternatieven

7.4.1. Het begrippenkader: beoordeling en evaluatie

In het voorgaande zijn een aantal methoden behandeld waarmee alternatieven kunnen worden ontworpen of ontwikkeld. Op de een of andere manier dienen de alternatieven ten opzichte van elkaar te worden afgewogen om uiteindelijk het alternatief te kunnen weerhouden dat het best tegemoet komt aan het gestelde probleem. Kernbegrippen in het probleemoplossingsproces zijn de *beoordeling* en de *evaluatie* van de oplossingen. Hoewel de beoordeling en de

evaluatie van effecten zeer sterk met elkaar in verband staan, hebben deze begrippen een duidelijk verschillende inhoud. Het beoordelen duidt op de voorspelling en de meting van een zeker effect. Eventueel kan het ook de vergelijking inhouden met een bepaalde standaard of norm. Voortbouwend op deze beoordeling vindt een evaluatie plaats en eventueel het besluit of het project al dan niet moet worden uitgevoerd (Lichfield, 1985).

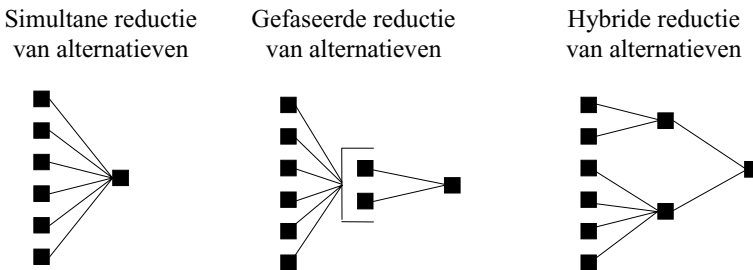
De tweedeling kan wellicht het best worden aangeduid aan de hand van de visie volgens McAllister (1986). De beoordeling en evaluatie komt hierbij overeen met respectievelijk een analyse en synthese van effecten tot een geïntegreerd beeld van het alternatief, zoals weergegeven in Figuur 7-3. Het totaal kan als het zgn. "Alternative Evaluation Process" worden omschreven.



Figuur 7-3: Het evaluatieproces van alternatieve oplossingen (naar: McAllister, 1986)

7.4.2. Reductiestrategieën

Zoals Leemans (1978) stelt, kan het ontwikkelen van (kansrijke) alternatieven gezien worden als een constante reductie van het totaal aantal mogelijke alternatieven. Ten behoeve van deze reductie is een beoordeling en evaluatie noodzakelijk om het alternatief te kunnen kiezen dat het best tegemoet komt aan het gestelde probleem. In principe is het mogelijk om alle denkbare alternatieven te behouden voor een beoordeling en een gelijktijdige beoordeling van alle alternatieven uit te voeren. De reductie van de alternatieven tot een voorkeursalternatief gebeurt dan *simultaan*. Anderzijds kan de reductie en selectie *gefaseerd* of ook op een *hybride* manier plaatsvinden door het keuzevraagstuk in onderdelen te splitsen en voor ieder onderdeel afzonderlijk een besluit te nemen (van Alteren et al., 1990).



Figuur 7-4: Reductiemogelijkheden van alternatieve oplossingen

Hybride benaderingen lijken interessant omdat hiermee, naargelang de situatie, de voordelen van beide overige benaderingen kunnen worden benut. Immers, in een bepaalde fase van het proces worden alleen die keuzen gemaakt die op dat moment nodig zijn. Waar nog geen keuze moet worden gemaakt, worden de mogelijkheden open gelaten en wordt later een beslissing getroffen (Friend et al., 1987). Dergelijke gefaseerde beslissingen zijn ook terug te vinden bij o.a. Hickling (1985), Miser et al. (1985) en Pawelas et al. (1994). Een tussentijdse evaluatie of voorselectie van alternatieven kan noodzakelijk zijn omdat vanwege de beperkte tijd en middelen niet alle in detail kunnen worden onderzocht. Tussentijds kan reeds een globale inventarisatie van effecten plaatsvinden op basis waarvan een eerste selectie mogelijk wordt (SU, 1983). Op deze manier selecteert men een beperkt aantal veel belovende alternatieven voor verdere analyse. Een belangrijk criterium is de *dominantie*: indien een bepaald alternatief tenminste in één opzicht beter is dan en in alle opzichten even goed is als een ander alternatief, dient dit voor verdere analyse en evaluatie te worden betrokken.

Indien de alternatieven tijdens dit ontwikkelingsproces een aantal keren worden geëvalueerd, ontstaat in feite automatisch een cyclisch ontwerpproces. Een gefaseerde en tussentijdse reductie wordt in het kader van de ontwikkeling van gebundelde alternatieven uitdrukkelijk voorgestaan ten einde later in de projectnota/MER voor een beperkt aantal kansrijke oplossingen een grondige beoordeling en selectie te kunnen uitvoeren.

Om een gefaseerde of hybride reductie van maatregelen mogelijk te maken, dienen de alternatieven tussentijds geëvalueerd te worden. Het aantal beschikbare beoordelingsmethoden is in beginsel zeer uitgebreid, te meer daar dergelijke methoden speciaal voor de betreffende situatie kunnen worden ontwikkeld, of uit een combinatie van andere kunnen bestaan. In dit verband maakt Pawelas (1994) onderscheid naar verschillende vormen van onderzoek, toegepast bij de opmaak van een volledig milieu-effectrapport. Belangrijk is dat de stappen een opeenvolgende graad van diepgang hebben, gaande van screening, scoping, effectstudie, tot de keuze van het alternatief. De eerste fasen zijn belangrijk omdat ze moeten leiden tot een soepele continuering van de milieu-effectrapportage door een beperkt aantal alternatieven te selecteren. Een dergelijke inperking van het aantal alternatieven door een vorm van een voorlopige of "eerste ronde" effectstudie wordt ook aanbevolen door Finsterbusch et al. (1977). Hiervoor zijn andere en minder tijdsintensieve methoden vereist.

In het begin van het traceringsonderzoek worden derhalve snel toepasbare methoden gebruikt. Wanneer de oplossingsruimte verkleind is, kunnen gedetailleerdere en arbeidsintensievere methoden worden gebruikt. In de eerste fasen dient het onderzoek eerder gericht te zijn op het elimineren van ongeschikte oplossingen. De laatste fasen dienen gericht te zijn op de optimalisatie van de geselecteerde alternatieven. Dit kan worden aangeduid als *progressiviteit* (MLL-MT, 1982).

7.4.3. Globale benaderingen bij het beoordelen van de alternatieven

De keuze van de te hanteren methodiek wordt in eerste instantie bepaald door het *doel van de studie*. Bij sommige studies worden hogere eisen gesteld aan de exactheid van de benodigde informatie. In aflopende volgorde naar exactheid van gegevens kunnen worden genoemd (SU, 1986): studies waarmee wordt beoogd een uitspraak te doen over de sociaal-economische rentabiliteit van alternatieve oplossingen, studies waarbij naar een rangschikking van alternatieven wordt gestreefd, studies waarbij enkel een reductie van het aantal alternatieven wordt beoogd en studies waarbij de informatie louter moet worden gestructureerd. Vervolgens is de keuze van de methodiek afhankelijk van het type en het aantal alternatieven. Nijkamp et al. (1994) komen tot een reeks aanbevelingen voor de te kiezen methodieken. Bij de vergelijking van 2 alternatieven kan een paarsgewijze dominantie-analyse plaatsvinden in termen van beter/slechter dan de andere. Bij meer alternatieven kunnen multicriteriamethoden worden ge-

bruikt. Tenslotte dienen bij een in beginsel oneindig aantal alternatieven multiobjectieve programmeringsmethoden gebruikt te worden.

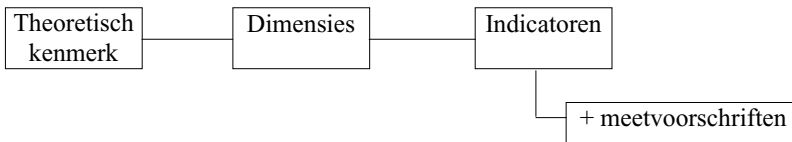
7.4.4. De beoordeling en vergelijking van de alternatieven middels multicriteriamethoden

Bij de beoordeling van een beperkt aantal alternatieven worden veelvuldig multicriteriamethoden gebruikt. Deze methoden zijn een onderdeel van een grotere groep evaluatiemethoden (zie o.a. Hobbs et al., 1981; SU, 1983; Sorber, 1985; SU, 1986; TUD, 1993). Binnen deze grote groep komt Sorber (1985) tot een onderscheid op basis van monetaire en niet-monetaire methoden. De eerste groep bestaat uit een kosten-effectiviteitsanalyse en een kosten-batenanalyse. Niet-monetaire methoden kunnen worden onderverdeeld in overzichtstabel- en multicriteriamethoden. Deze indeling wordt ook gevolgd door de Afdeling Beleidsanalyse van het Ministerie van Financiën (SU, 1986). Op hun beurt kunnen multicriteriamethoden weer worden onderverdeeld naar hun specifieke reken- en beslisregels. Een overzicht hiervan is o.a. gemaakt door Voogd (1983). Kenmerkend voor dergelijke methoden is dat wordt uitgegaan van verschillende, expliciete beoordelingscriteria.

Een multicriteriaevaluatie is er primair op gericht om keuzemogelijkheden te inventariseren, te classificeren en te analyseren (Voogd, 1983). Een typische eigenschap is dat ze vertrekken van expliciet geformuleerde criteria. Het basisprincipe is dat een matrix wordt gemaakt waar de alternatieven tegen hun effecten worden uitgezet.

7.4.5. Het meten van criteria en effecten (“Impact Assessment”)

Het *meten* van effecten is het vaststellen van een waarde voor de verschillende kenmerken van de alternatieven (Korteweg et al., 1983). Dit vereist dat deze kenmerken *meetbaar* moeten worden gemaakt: de abstracte en algemene termen waarmee de kenmerken worden aangeduid moeten worden vertaald in een concrete en dus meetbare vorm. Dergelijke operationalisering van een (theoretisch) kenmerk is schematisch aangeduid in Figuur 7-5.



Figuur 7-5: Operationalisatie van (theoretische) kenmerken

Voorbeelden van dergelijke operationalisaties of concretisering zijn te vinden bij o.a. Canter (1996). Het theoretisch kenmerk “menselijke omgeving” kan zo opgedeeld worden in de dimensies geluid, visuele hinder en historische aspecten. De dimensie visuele hinder bestaat o.a. uit de indicatoren oorspronkelijk natuurbeschildering, aanwezigheid van water en variatie in groenvoorzieningen.

Criteria zijn aspecten die van belang worden geacht voor de beoordeling van het oplossend vermogen van een alternatief. Meestal worden een aantal hoofdcriteria in zogenaamde sub-criteria onderverdeeld. Over het algemeen wordt het aantal hoofdcriteria tot 7-8 te beperken, zoniet wordt de prioriteitenstelling problematisch (Vos, 1993; de Vries, 1992).

De keuze van de criteria moet gebaseerd zijn op en vertoont daarom ook veel gelijkenis met de eerder gestelde doelstellingen of uitgangspunten (Voogd, 1983). Criteria kunnen op twee

manieren gegenereerd worden. Enerzijds kan dit op een *deductieve* manier: vertrekkende van een aantal algemene criteria of karakteristieken van het probleem worden meer gespecificeerde criteria ontwikkeld; deze benadering komt globaal overeen met het schema in Figuur 7-5. Anderzijds kan dit op een *inductieve* manier: vertrekkende van een inventarisatie van alle mogelijke aspecten maakt men vervolgens hiervan een groepering; eventueel worden ze geaggregeerd tot men een set criteria heeft.

Belangrijk is dat geen lacunes in de criteriaset ontstaat. Dit kan voorkomen worden door de criteria expliciet te ontwikkelen op basis van de doelstellingen of de uitgangspunten van het probleemoplossingsproces. De criteriaset dient tevens zo “breed” mogelijk te zijn opdat een integrale beoordeling kan plaatsvinden. Criteria dienen onderscheidend te zijn opdat dubbel-tellingen worden vermeden.

Wanneer men criteria genereert op een inductieve manier, dienen deze op één of andere manier geaggregeerd te worden. Zoniet, zou de analyse haar overzichtelijkheid verliezen. Een voorbeeld van een sterke aggregatie is een kosten-baten analyse waarbij alle effecten en criteria worden teruggebracht tot een geldwaarde of nut. Toch heeft een te sterke aggregatie een aantal bezwaren, met name doordat informatieverlies optreedt (Oelen, 1994).

Bij een deductieve generatie van criteria dient desaggregatie plaats te vinden om de criteria meetbaar te maken en onderscheidend vermogen te kunnen aanbrengen. Een typisch voorbeeld hiervan is een scorekaart. Een dergelijke scorekaart presenteert de ruwe informatie en heeft daarom weinig informatieverlies. Door de grote mate van desaggregatie kunnen de beoordelingen echter niet op dezelfde noemer worden teruggebracht en kunnen geen bewerkingen worden toegepast om een totaaloordeel te maken (SU, 1986).

7.4.6. Vergelijking en keuze van de alternatieven

Het vellen van een totaaloordeel op basis van een multicriteria-analyse gebeurt in twee stappen:

Eerst wordt een effectenoverzicht gemaakt. De gevolgen van de alternatieven worden in hun oorspronkelijke vorm met hun natuurlijke eenheden weergegeven; een rangschikking kan hiermee nog niet worden gemaakt. Vervolgens kan men de ruwe criteriumscores standaardiseren om ze tot een zelfde orde van grootte (eenheid) terug te brengen. Mogelijkheden zijn (Voogd (1983), SU (1986)):

- het toekennen van rangordegetallen: er wordt geen rekening gehouden met onderlinge verschillen en er ontstaat informatieverlies; het lijkt daarom enkel geschikt voor het standaardiseren van zuiver kwalitatieve scores
- door deling van de scores door de rijtotalen ($S_r/\Sigma S_r$): deze aanpak is vooral geschikt voor het standaardiseren van verschillende sets van criteriumgewichten
- door deling van de scores door het rijmaximum ($S_r/S_r(\max)$): deze benadering is geschikt voor het standaardiseren van een evaluatiematrix waarbij een gewogen sommatie wordt toegepast, waarbij rekening moet worden gehouden met de grootte van de individuele scores; er is een duidelijk (absoluut) nulpunt
- toekennen van een 1 aan de hoogste score en een 0 aan de laagste score, waarbij de overige scores naar verhouding een waarde tussen 0 en 1 krijgen ($(S_r - S_r(\min))/(S_r(\max) - S_r(\min))$): de verschillen tussen de scores worden opgerekt en de laagste score krijgt steeds de waarde 0, hetgeen foutief kan impliceren dat het criterium geen waarde heeft.

Deling van de scores door het rijmaximum lijkt daarom voor kwantitatieve data de beste aanpak omdat dit de (verhoudingen tussen) werkelijke waarden het best weerspiegelt.

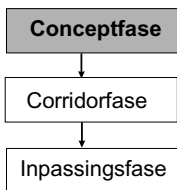
Het beargmenteren van het totaaloordeel kan via een vijftal mogelijke benaderingen (Canter, 1996):

1. een kwalitatieve benadering waarbij de alternatieven in beschrijvende zin worden beoordeeld
2. een kwantitatieve benadering waarbij een keuze wordt gemaakt op basis van kwantitatieve informatie
3. door alternatieven ten opzichte van elkaar te rangschikken (“ranking”)
4. door wegingsfactoren aan de criteria toe te kennen en een gewogen sommatie uit te voeren
5. een combinatie van 3 en 4 waarbij de wegingsfactor van elk criterium wordt vermenigvuldigd met de uitkomsten van de “ranking”

In feite blijft de keuze, en met name wanneer wegingsfactoren worden betrokken, een resultaat van een subjectieve en intersubjectieve beoordeling.

7.5. Methoden en technieken per afzonderlijke fase

7.5.1. De conceptfase

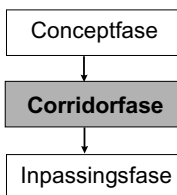


De fase waarin het routeconcept, oftewel het globale type oplossing voor het probleem wordt vastgelegd, is in feite een universeel kenmerk van het traceren van infrastructuur. Deze kan gekenmerkt worden als een *strategische* fase, aangezien hier de globale strategiebepaling voor de oplossing van het probleem wordt behandeld. Het is in deze fase dat moet worden bekeken of bundeling van infrastructuur een haalbare of wenselijke oplossing is.

In dit stadium kan nog geen definitieve uitspraak over de kansen van bundeling worden gemaakt, aangezien de plaatskeuze en de tracering en inpassing nog onbekende factoren zijn. Wel kan aan de hand van een inzicht over de algemene effecten en de verwachtingen ten aanzien van het bundelen een beslissing worden genomen over het verder onderzoeken van het bundelen als mogelijke oplossing. Er zal derhalve een globale afweging moeten plaatsvinden tussen verschillende oplossingsrichtingen en hun algemene effecten.

Methodisch behoren enumeratie en het werken met concepten een mogelijkheid. Het gaat immers om een beperkt aantal principe-oplossingen en de beslissing om deze als of niet verder te onderzoeken.

7.5.2. De corridorfase



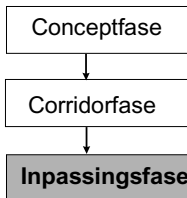
Indien het bundelen als mogelijke maatregel naar voren is gebracht, dient naar een geschikte locatie of corridor te worden gezocht. Op zich is de corridorkeuze ook weer niet specifiek aan het bundelen van infrastructuur, maar wel de manier waarop ze wordt uitgevoerd. Er moet namelijk een corridor worden gevonden waarin tegelijkertijd één of meerdere infrastructuurlijnen zijn gelegen, waarbinnen een zo kort mogelijke verbinding mogelijk is tussen het herkomst- en bestemmingspunt, waarin de omgeving de infrastructuur goed verdraagt, en waarin de omgeving geschikt is om infrastructuur in aan te leggen.

Er kan gebruik worden gemaakt van de principes van de zeeanalyse en Potential Surface Analysis. Zodoende is het mogelijk dat één of meerdere alternatieve corridors worden verkre-

gen. Indien er te weinig of te veel mogelijke tracés naar voren zijn gekomen, kan dit aanleiding zijn tot een herziening van de selectiecriteria voor de corridorkeuze of zelfs tot een herziening van de principiële beslissing om te gaan bundelen.

In deze fase moeten achtereenvolgens het zoekgebied worden afgebakend, worden vastgesteld of gebundeld wordt met bestaande dan wel in de toekomst aan te leggen infrastructuur, de bestaande infrastructuurlijnen en het omliggend gebied op de mogelijkheden tot bundelen te worden beoordeeld, het gehele zoekgebied op gebiedsgeschiktheid en -gevoeligheid te worden beoordeeld indien met toekomstige infrastructuur wordt gebundeld, en tenslotte de meest geschikte corridor te worden geselecteerd.

7.5.3. De vormgevings- en inpassingsfase



Na de selectie van één of meerdere corridors dienen één of meerdere tracés in de gekozen corridor(s) uitgewerkt te worden. Op zich is deze fase ook weer niet specifiek voor het bundelen van infrastructuur, maar wel de ontwerpmogelijkheden die hiervoor aanwezig zijn en de manier waarop dit gebeurt. Er dient immers niet enkel rekening te worden gehouden met de eigenlijke tracering in relatie tot de omgeving, maar ook in relatie tot de nabijgelegen infrastructuurlijn. Er dient een geschikte fysieke verschijningsvorm gevonden te worden, alsmede voorstellen te worden geformuleerd voor mitigerende maatregelen. De ontwikkelde typologie van de verschijningsvormen, hetgeen in feite proto- of archetypes zijn, moet dus concreet en in een specifieke situatie worden beoordeeld. Indien binnen de gekozen corridor geen geschikte tracering of inpassing kan worden gevonden, kan dit aanleiding zijn tot een herziening van de strategische principekeuze of tot een heroverweging van de corridorkeuze.

7.5.4. Samenvattend schema: relatie fasering - methoden en technieken

De voorgaande aspecten kunnen worden samengevat in Tabel 7-1.

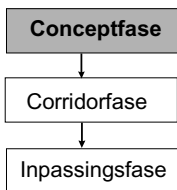
Tabel 7-1: Samenvattend overzicht fasen, taken, ontwikkeling van alternatieven, beoordelingscriteria en afwegingsmethoden bij bundeling van infrastructuur

| Fase en taken | Ontwikkeling alternatieven | Beoordelingscriteria | Afwegingsmethoden |
|--|--|---|---|
| FASE 1: CONCEPTFASE | | | |
| 1. selectie oplossingsrichtingen | <ul style="list-style-type: none"> • concepten • enumeratie | <ul style="list-style-type: none"> • ruimtelijk beleid | <ul style="list-style-type: none"> • kwalitatieve beoordeling: ja/nee |
| FASE 2: CORRIDORFASE | | | |
| 2.1: afbakening zoekgebied | <ul style="list-style-type: none"> • één alternatief • enumeratie • combinatie | <ul style="list-style-type: none"> • omwegfactor • interne aspecten • externe aspecten • constructieve aspecten • bundelingsaspecten | <ul style="list-style-type: none"> • niet van toepassing • kwantitatieve m.c.a. |
| 2.2a.: corridorkeuze bestaande infrastructuur | | | |
| 2.2b: corridorkeuze toekomstige infrastructuur | <ul style="list-style-type: none"> • zeeanalyse • PSA | <ul style="list-style-type: none"> • interne aspecten • externe aspecten • constructieve aspecten • bundelingsaspecten | <ul style="list-style-type: none"> • kwalitatieve m.c.a. • kwantitatieve m.c.a. |
| FASE 3: INPASSINGSFASE | | | |
| 3.1. vormgeving bundeling | <ul style="list-style-type: none"> • concepten • prototypen • heuristischeken • concepten • brainstorming • prototypen | <ul style="list-style-type: none"> • diverse lokale effecten | <ul style="list-style-type: none"> • kwalitatieve m.c.a. • kwantitatieve m.c.a. |
| 3.2. mitigerende maatregelen | | <ul style="list-style-type: none"> • diverse lokale effecten | <ul style="list-style-type: none"> • kwalitatieve m.c.a. • kwantitatieve m.c.a. |

Deze tabel is nog geen volledig geoperationaliseerde methode voor het bundelen van infrastructuur, wordt de structuur, de onderzoekstechnieken, beoordelingscriteria en de afwegingsmethoden met elkaar in verband gebracht. Per fase zijn er diverse mogelijkheden. Een verdere operationalisatie zal noodzakelijk blijken.

7.6. Operationalisatie conceptfase

7.6.1. Algemeen



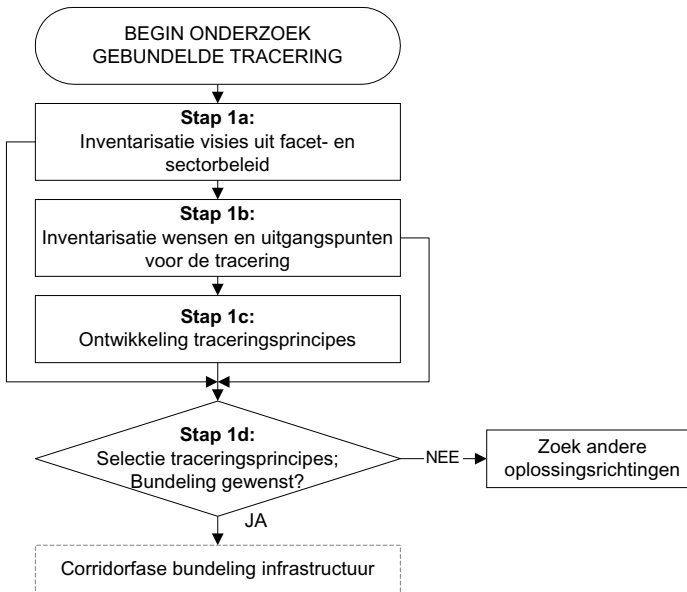
Naar analogie van het begrip *concept* duidt deze fase erop dat een reeks *principes* voor een toekomstig ontwerp moeten worden vastgesteld. Tevens moet een aanduiding worden gegeven van de kwaliteiten waaraan het ontwerp dient te voldoen (Rosman et al., 1995). Kenmerkend voor concepten is dat ze worden ontwikkeld zonder rekening te houden met beperkingen, om het creatieve vermogen ten volle te kunnen benutten. Een selectie kan vervolgens plaatsvinden op grond van een beoordeling van de haalbaarheid of de randvoorwaarden.

Volgens Zonneveld (1991) kunnen *ruimtelijke planconcepten* (waartoe bundeling van infrastructuur behoort) worden omschreven als *een uitdrukking in kernachtige vorm via woord en beeld aan de wijze waarop een planactor aankijkt tegen de gewenste ontwikkeling van de ruimtelijke inrichting, alsmede de aard van de interventies die noodzakelijk worden geacht*. Concepten organiseren het denken over de ruimtelijke inrichting en verwoorden interventiestrategieën, maar geven slechts zelden een rechtstreeks ingrijpen aan.

Het lanceren van en het nadenken over het concept bundeling is derhalve een eerste stap naar een verder onderzoek naar de praktische haalbaarheid in de concrete projectstudie.

Het doel van de conceptfase is te komen tot de beslissing of een gebundeld tracé een oplossing is die in principe tegemoet *kan* komen aan het gestelde probleem en de gestelde uitgangspunten ten aanzien van de mogelijke oplossingen. Of die oplossing ook succesvol zal zijn is in dit stadium nog niet duidelijk, aangezien ook de plaats- of corridorkeuze en de precieze vormgeving en inpassing mede de effecten bepalen. In deze fase dienen enkel de in theorie kansrijke oplossingsrichtingen te worden geselecteerd die nader onderzocht moeten worden.

De structuur van de conceptfase is weergegeven in Figuur 7-6.



Figuur 7-6: Structuur conceptfase

7.6.2. Stap 1a: Inventarisatie visies uit het facet- en sectorbeleid

Het facetbeleid in Nederland heeft bundeling van infrastructuur gepropageerd sinds het verschijnen van de Derde Nota Ruimtelijke Ordening. Toch zijn, vooral in deze Derde Nota her en der nuanceringen aangebracht waaruit blijkt dat bundeling van infrastructuur niet in alle gevallen de beste oplossing biedt. Voor een gedetailleerde beschrijving van de visie op infrastructuurbundeling van het facetbeleid wordt verwezen naar hoofdstuk 2 van dit proefschrift.

Naast deze nota's is het interessant om een aantal toekomstverkenningen te beschouwen die op termijn het ruimtelijk ordeningsbeleid kunnen bepalen. In 1997 verscheen het rapport *Nederland 2030 - Discussienota* (VROM, 1997). Hierin zijn een viertal ruimtelijke perspectieven en scenario's beschreven en beoordeeld: *Palet*, *Parklandschap*, *Stromenland* en *Stedenland*. Deze perspectieven zijn ook beoordeeld aan de hand van mobiliteit en infrastructuur. Bij de perspectieven *Stromenland* en *Stedenland* is bundeling en corridorvorming een expliciet uitgangspunt en voorwaarde voor het uitwerken van de gewenste ruimtelijke structuur dat weliswaar op een verschillende manier wordt ingevuld. In de overige perspectieven is corridorvorming mogelijk, maar ligt het accent op een spreiding van de verstedelijking en infra-

structuur. Afhankelijk van het gewenste ruimtelijk perspectief zal bundeling al of niet aan de orde zijn.

7.6.3. Stap 1b: Inventarisatie wensen en uitgangspunten voor de tracering

Naast globale visies over de ruimtelijke inrichting of het infrastructuurbeleid, kan ook de wens om bepaalde effecten te bereiken een uitgangspunt zijn voor de tracering van infrastructuur. Voorbeelden van dergelijke wensen zijn: beperking van de milieuhinder, vermijden van versnippering van open ruimten, optimale benutting van bestaande en nieuwe infrastructuur, beperking van de aanleg-, beheer- en onderhoudskosten en de aanleg van een zo gestrekt mogelijke route (zie o.a.: O'Flaherty, 1973; PB-HSL, 1994; V&W, 1991). Meestal zijn dergelijke wensen ingegeven vanuit het hoger kader en eerder genomen beleidsbeslissingen in het facetbeleid.

Ook kunnen per project specifieke uitgangspunten ten aanzien van de functionaliteit worden geformuleerd, zoals precieze herkomst- en bestemmingspunten of de wens tot een gescheiden dan wel gemeenschappelijke verkeersafwikkeling.

7.6.4. Stap 1c: Ontwikkeling traceringsconcepten uit visies, wensen en uitgangspunten

Ten behoeve van de selectie van de te beschouwen concepten voor een traceringsprobleem dient een overzicht te worden gemaakt van de verwachte effecten van de betreffende oplossing. Het merendeel van de effecten is echter afhankelijk van de locatie of corridor en de precieze tracering, vormgeving en inpassing. Toch kan een eerste selectie zinvol zijn omdat van meet af aan niet relevante oplossingen (dit zijn oplossingen die voor wat betreft hun algemene effecten nooit aan de eerder gestelde uitgangspunten tegemoet kunnen komen) achterwege kunnen worden gelaten.

De verschillende oplossingsrichtingen dienen daarom globaal te worden beoordeeld (zie ook o.a. bij Gimpel et al. (1997)). Er kan een onderscheid worden gemaakt naar effecten die zeker worden veroorzaakt, zeer waarschijnlijk worden veroorzaakt, zeer waarschijnlijk niet worden veroorzaakt en zeker niet worden veroorzaakt.

Enkele voorbeelden. Bundeling *kan* aan alle constructieve, interne en externe uitgangspunten tegemoet komen, maar het resultaat is onzeker zolang de exacte plaatskeuze niet gekend is. Bundeling leidt in verhouding tot andere traceringsconcepten echter altijd tot polarisatie van de ruimtelijke structuur, corridorvorming en een beperking van het *aantal* doorsnijdingen.

Op basis hiervan is het zinvol om bundeling te onderzoeken indien deze uitgangspunten zijn gesteld. Het moet echter worden verworpen indien men expliciet streeft naar een spreiding van infrastructuur en complementariteit van infrastructuurnetwerken (de Jong, 1988-2).

Een dergelijke globale beoordeling kan worden uitgevoerd voor alle traceringsconcepten. Zo-doende verkrijgt men een overzicht zoals weergegeven in Tabel 7.1.

Tabel 7.1: Overzicht verwachte effecten oplossingsrichtingen trasering

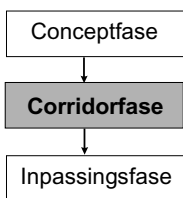
| Oplossingsrichting | zeker wel | zeer waarschijnlijk | waarschijnlijk niet | zeker niet |
|---------------------------------|--|----------------------------|--|--------------------------------------|
| Rechte lijn | kortste route lage exploitatiekosten | | minimalisering externe effecten | |
| Vrije trasering | minimalisering externe effecten | lage aanlegkosten | | kortste route |
| Bundeling | <ul style="list-style-type: none"> • Polarisatie positieve en negatieve effecten • Voorwaarde voor corridorvorming en multimodaal vervoer • Beperking aantal doorsnijdingen | beperking externe effecten | bevordering veiligheid | gelijke verdeling gebiedsontsluiting |
| Tunnellen | “geen” externe effecten | | | lage kosten |
| Afgeleiden, b.v.: | | | | |
| Mijden geluidgevoelige objecten | minimalisering geluidhinder | | minimalisering overige externe effecten | |
| Beperking doorsneden kavels | minimalisering aantal doorsnijdingen | | <ul style="list-style-type: none"> • minimalisering overige externe effecten • kortste route | |
| ... | ... | ... | ... | ... |

7.6.5. Stap 1d: Selectie oplossingsrichtingen/traseringsconcepten

Door een tabel, zoals b.v. Tabel 7-1, te vergelijken met de eerder gestelde uitgangspunten voor de trasering, kan een eerste selectie worden doorgevoerd. De selectie kan zeer ruim worden opgevat: enkel indien de effecten van een oplossingsrichting duidelijk tegenstrijdig zijn met de uitgangspunten kan deze verworpen worden. Zoals uiteengezet in hoofdstuk 2 van dit proefschrift, wordt in alle sectornota's of structuurschema's het bundelen van infrastructuur bepleit. Mede daarom ligt het beschouwen van bundeling als *mogelijkheid* steeds voor de hand. Het niet meenemen zal derhalve gemotiveerd moeten gebeuren op grond van o.a. gewenste ruimtelijke ontwikkeling.

7.7. Operationalisatie corridorfase

7.7.1. Algemeen



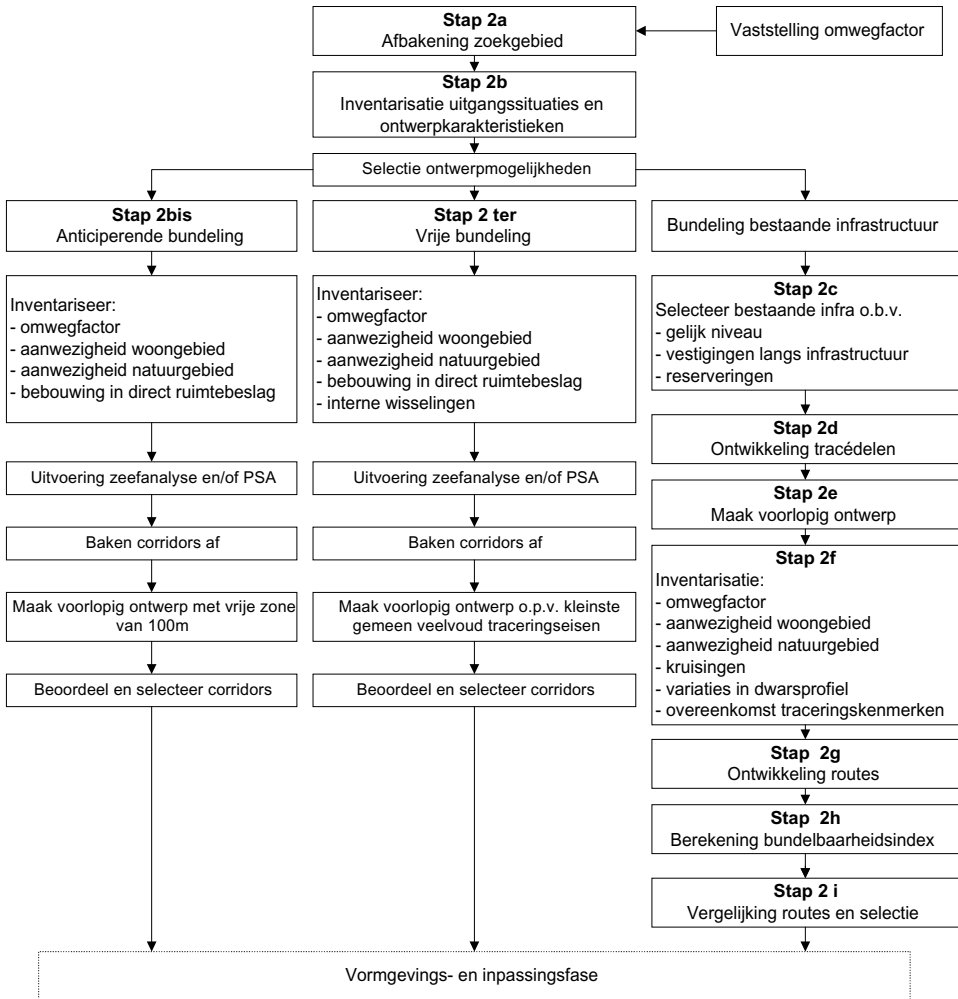
In de conceptfase is op basis van te verwachten effecten besloten of het bundelen van infrastructuur een *mogelijke* oplossing of strategie is voor het traseringsprobleem. De corridorfase daarentegen is de eerste stap naar het onderzoeken van de praktische haalbaarheid in de *concrete* situatie. Het begrip corridor duidt op een langgerekte zone die breder is dan direct noodzakelijk voor de aan te leggen infrastructuur. Het is derhalve een eerste en ruwe aanduiding van de gewenste locatie voor de nieuwe infra-

structuur.

Het doel van de corridorfase is het vinden van een geschikte plaats voor het gebundeld tracé in het tweedimensionale vlak. Concreet dient inzicht te worden verkregen in de bundelingsmogelijkheden van bestaande of toekomstige infrastructuur, de routelengte, de gevoeligheid en geschiktheid van de zone of het gebied rond de bestaande infrastructuur en de “bundelbaarheid” van de bestaande infrastructuur.

De structuur van de corridorfase is weergegeven in Figuur 7-7. De stappen 2bis en 2ter zijn facultatief weergegeven. Ze zullen in het proefschrift niet meer expliciet methodisch worden

uitgewerkt, aangezien hier globaal genomen dezelfde traceringsstechniek als voor een vrije tracering moet worden gevolgd.

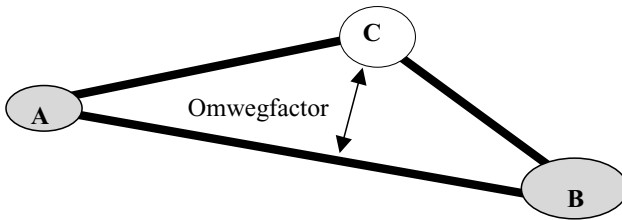


Figuur 7-7: Structuur corridorfase

7.7.2. Stap 2a: Afbakening zoekgebied

Het doel van het afbakenen van het studiegebied is te voorkomen dat naar tracés wordt gezocht die te ver van de kortst mogelijke route afwijken, of die met andere woorden een te grote omwegfactor hebben.

Het principe is als volgt. Gegeven een herkomst- en bestemmingspunt dient een zone op een zodanige manier te worden afgebakend dat een route via een (imaginair) derde punt loopt en toch binnen de aangenomen maximale omwegfactor blijft. Dit is geschetst in Figuur 7-8.



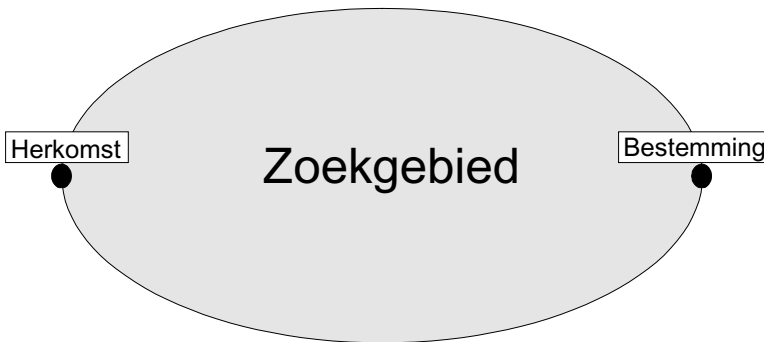
Figuur 7-8: Schets principe omwegfactor via een imaginair derde punt (C)

Overschrijding van de maximum omwegfactor is ook mogelijk indien binnen de zone meerdere punten worden bediend. Deze controle dient echter achteraf te gebeuren. De afbakening van het zoekgebied is echter een eerste stap om te voorkomen dat de omwegfactor wordt overschreden.

Afbakening van het zoekgebied kan worden benaderen met behulp van een ellips. Uitgaande van een bepaalde omwegfactor, kan de grootte van een de ellips worden berekend.

De vraag rest hoe groot de omwegfactor mag zijn. Dit zal mede afhankelijk zijn van het type infrastructuur. Van gemakkelijk inpasbare infrastructuur zoals hoogspanningslijnen is de geaccepteerde omwegfactor geringer. Het blijkt dat hoogspanningslijnen gemiddeld 11% langer zijn dan de hemelsbrede afstand tussen herkomst en bestemming (CEMAGREF, 1988). Voor andere infrastructuur lijkt een grotere omwegfactor aanvaardbaar aangezien ze minder “plooibaar” zijn (stringentere tracementseisen, ruimere boogstralen, enz.).

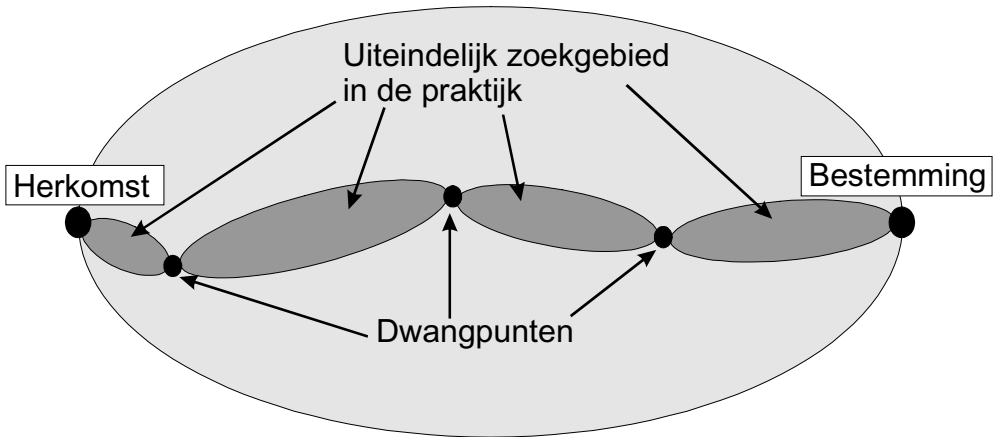
De benadering volgens de ellips is vrij geabstraheerd, maar geeft toch de principes weer voor de afbakening van een zoekgebied op basis van een omwegfactor. Dit is schetsmatig weergegeven in Figuur 7-9.



Figuur 7-9: Afbakening zoekgebied volgens benadering ellips

In de praktijk heeft men te maken met diverse dwangpunten tussen herkomst en bestemming. De omwegfactor kan dus het maximum overschrijden zonder dat het initiële zoekgebied of het voorkeursgebied verlaten wordt. Derhalve dient tussen elk paar dwangpunten of tussenliggende te bedienen locaties dergelijke elliptische zone te worden onderscheiden (CEMAGREF, 1988).

Dit is weergegeven in Figuur 7-10.



Figuur 7-10: Uiteindelijk zoekgebied tracédelen met tussenliggende dwangpunten

7.7.3. Stap 2b: Inventarisatie uitgangssituaties, ontwerpkenmerken en ontwerp-mogelijkheden

In principe is de corridorkeuze bij bundeling beperkt tot die zones waar bestaande infrastructuur aanwezig is. Het aantal mogelijkheden in het zoekgebied is steeds beperkt, maar naarmate er meer infrastructuurlijnen aanwezig zijn, wordt het keuzeproces ingewikkelder. Van een oneindig aantal mogelijkheden, zoals bij een vrije trasering, is geen sprake. Het kan zelfs voorkomen dat in het zoekgebied slechts één infrastructuurlijn aanwezig is. Een verdere corridorkeuze hoeft dan niet te worden gemaakt.

Deze situatie verandert indien men de ontwerpvariabele (*bouw*)fasering bij het keuzeproces betreft of indien geen infrastructuur in het zoekgebied aanwezig zijn en men de wens heeft om te bundelen met toekomstig aan te leggen infrastructuur.

Er kunnen derhalve een drietal *uitgangssituaties* worden onderscheiden:

1. In het zoekgebied ligt meer dan één infrastructuurlijn waarbij een keuze gemaakt dient te worden voor wat betreft de meest geschikte corridor
2. In het zoekgebied ligt slechts één infrastructuurlijn waarbij een verdere keuze niet relevant is.
3. In het zoekgebied ligt geen bestaande infrastructuur. Indien men toch wil bundelen dient dit derhalve te gebeuren met toekomstig aan te leggen infrastructuur. De corridorkeuze gebeurt dan op dezelfde manier als bij een vrije trasering, maar wel met extra eisen ten aanzien van de toekomstige infrastructuurlijn. Het aantal mogelijke corridors is in beginsel oneindig.

Naast de uitgangssituatie (de aanwezige toestand) is ook de *projectkarakteristiek*, namelijk hetgeen ontworpen of aangelegd moet worden, van belang. Indien slechts één infrastructuurlijn dient aangelegd te worden, kan enkel worden gebundeld met bestaande infrastructuur of infrastructuur die in de toekomst aangelegd zal worden. Indien meer dan één infrastructuurlijn

aangelegd wordt kan zowel met bestaande als toekomstige infrastructuur gebundeld worden, alsook samen een nieuwe bundel gevormd worden.

Uit de uitgangs- en ontwerp situaties volgen tenslotte de *ontwerpmogelijkheden* ten aanzien van het bundelen. In het algemeen kunnen een viertal typen bundeling worden ontworpen:

1. *De anticiperende bundeling:*

Indien geen infrastructuur aanwezig is, kan enkel gebundeld worden met infrastructuur die in de toekomst aangelegd zal worden. Men kan derhalve *anticiperen* op een bundeling. Dergelijke ontwerpmogelijkheid kan aangeduid worden als een *anticiperende bundeling*. Alle fasen van de ontwerpstructuur dienen doorlopen te worden, met inbegrip van de corridorkeuze. Het betrekken van de bundelbaarheid van bestaande infrastructuur is niet relevant. De corridorkeuze gebeurt op dezelfde manier als bij een vrije tracering (er wordt enkel een reserveringszone mee getraceerd) en zal daarom hier niet meer verder in detail worden behandeld.

2. *De vrije bundeling:*

Indien meerdere infrastructuren moeten worden aangelegd ontstaat de mogelijkheid om deze tesamen in een nieuwe bundel aan te leggen. Ook hierbij dienen alle fasen van de ontwerpstructuur te worden doorlopen, met inbegrip van de corridorkeuze, maar zonder de geschiktheid van de bestaande infrastructuur erbij te betrekken. Aangezien er in beginsel een volledige vrijheid is over de plaats, de inrichting en zelfs de bouwfaserings van de bundel, kan men dit type kenmerken als een *vrije bundeling*. Het solitair aanleggen van de beide infrastructuurlijnen waarbij geanticipeerd wordt op een toekomstige bundeling is vanzelfsprekend ook mogelijk.

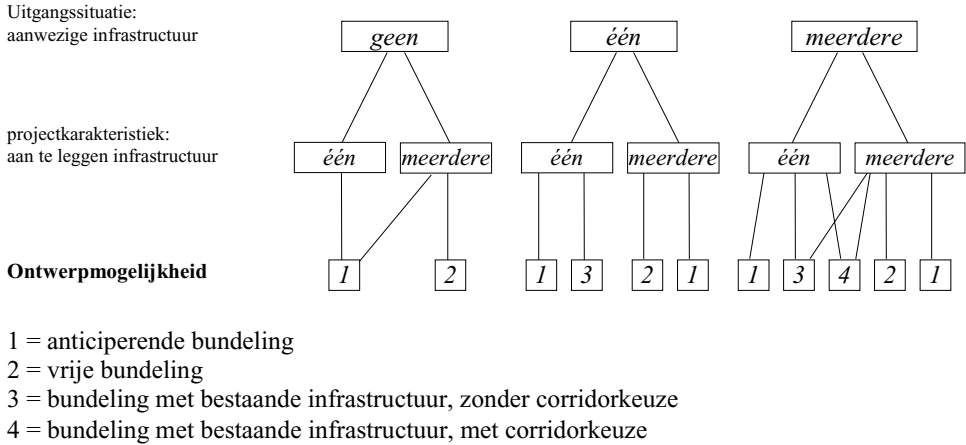
3. *De bundeling met bestaande infrastructuur zonder corridorkeuze:*

Een derde situatie doet zich voor wanneer er één infrastructuurlijn aanwezig is. Eén of meerdere nieuw aan te leggen lijnen kunnen vanzelfsprekend met de bestaande infrastructuur gebundeld worden. Er is sprake van een *bundeling met bestaande infrastructuur zonder corridorkeuze*, omdat een corridorkeuze natuurlijk niet relevant is. De nieuw aan te leggen lijn(en) kan (kunnen) vanzelfsprekend ook in een vrije of anticiperende bundeling worden aangelegd.

4. *De bundeling met bestaande infrastructuur met corridorkeuze:*

Tenslotte is er de situatie waarbij er meerdere infrastructuurlijnen in het zoekgebied aanwezig zijn. Dan dient bij de aanleg van nieuwe infrastructuur een keuze te worden gemaakt over de meeste geschikte corridor waarbij ook de kenmerken van de bestaande infrastructuur in het proces moet worden betrokken. In deze situatie is sprake van een *bundeling met bestaande infrastructuur met corridorkeuze*. Ook is het nog steeds mogelijk om een anticiperende of vrije bundeling aan te leggen. Het is ook mogelijk om een gebundeld alternatief met alle aanwezige infrastructuurlijnen uit te werken waarbij de corridorkeuze niet meer relevant is.

De relatie tussen de uitgangssituatie, ontwerpsituatie en de eruit volgende ontwerp mogelijkheden is weergegeven in Figuur 7-11.



Figuur 7-11:Uitgangssituatie, projectkarakteristiek en de consequenties voor de ontwerp mogelijkheden

7.7.4. Stap 2c: Selectie van ontwerp mogelijkheden

De keuze voor de ontwerp mogelijkheid is in eerste instantie afhankelijk van het type uitgangssituatie. Een anticiperende bundeling kan altijd worden beschouwd. Er zijn immers geen beperkingen. Eventueel is reeds bekend met welke infrastructuur anticiperend gebundeld kan worden. Zodoende kan men hier met de corridorkeuze rekening houden. Op deze manier verkrijgt men een reservering voor de toekomstige infrastructuur. Dit heeft als voordeel dat sociale, economische en omgevingseffecten worden geminimaliseerd, dat sloop van gebouwen wordt beperkt, dat het latere project sneller kan worden uitgevoerd en dat de kosten kunnen worden beperkt (Maiorana, 1994).

Een bundeling met bestaande infrastructuur zal in de meeste gevallen mogelijk zijn, tenminste indien in het zoekgebied reeds infrastructuur aanwezig is van hetzelfde schaalniveau en met dezelfde herkomst en bestemming. Afhankelijk van de keuzemogelijkheden die men heeft om met verschillende bestaande infrastructuren te bundelen, zal een bijkomende corridorkeuze wenselijk of noodzakelijk zijn.

Een vrije bundeling is enkel mogelijk indien meerdere infrastructuurlijnen tegelijkertijd in de planfase worden betrokken en ze desgewenst samen kunnen worden aangelegd.

Toch zal in de meeste gevallen de bundeling met bestaande infrastructuur de voorkeur verdienen omdat hiermee de mogelijke voordelen van het bundelen meteen worden geëffectueerd. Enkel wanneer het bundelen met de bestaande lijn te veel nadelen zou opleveren, zou een anticiperende of vrije bundeling beschouwd kunnen worden. De vraag is uiteraard wanneer dit “omslagpunt” is bereikt. Een andere mogelijkheid is om altijd de anticiperende bundeling als alternatief te beschouwen, waarbij men bij de corridorkeuze dan rekening houdt met een “imaginaire” parallelle infrastructuurlijn. Wanneer meerdere infrastructuren moeten worden aangelegd zou de vrije bundeling altijd als alternatieve mogelijkheid moeten worden opgenomen omdat juist hierbij grote voordelen qua bouwkosten en vermijding van milieuhinder te bereiken zijn.

Men kan de keuze voor de ontwerp­mogelijkheid structureren in drie stappen:

1. Indien in het zoekgebied reeds infrastructuur van ongeveer hetzelfde schaalniveau aanwezig is en met grosso modo dezelfde herkomst en bestemming: bundeling met bestaande infrastructuur.
2. Indien bovendien meerdere infrastructuurlijnen in dezelfde planfase zitten en er mogelijkheden bestaan voor een gezamenlijke aanleg: bundeling met bestaande infrastructuur en een vrije bundeling.
3. Indien in het zoekgebied geen bestaande infrastructuur van hetzelfde schaalniveau aanwezig is of indien de “bundelbaarheid” van de bestaande infrastructuur slecht is: anticiperende bundeling.

Een speciale situatie doet zich voor indien in het zoekgebied een gereserveerde zone langs een bestaande infrastructuurlijn aanwezig is. Dit vergemakkelijkt een bundeling met een nieuwe lijn. Een (bestaande) reservering is in zekere zin het tegenovergestelde van een gevoelig of ongeschikt gebied. Een (bestaande) reservering maakt grondaankopen in vele gevallen overbodig. Ook is reeds lang de bestemming ervan bekend waardoor de omgeving zich als het ware heeft voorbereid op de nieuwe situatie. De effecten zijn daardoor meestal veel minder ingrijpend. Eén van de gevolgen is veelal een snellere en daardoor ook weer goedkopere aanleg. Indien in een zoekgebied een reservering voorhanden is, dient hier dan ook steeds een alternatief te worden ontwikkeld (naast eventuele andere).

Reserveringen zijn vaak expliciet in planvormen opgenomen. In sommige gevallen is de reservering voor een ander type infrastructuur gemaakt dan degene die in studie is. Of de reservering “toevallig” dan wel “bewust” voor de nieuw aan te leggen infrastructuur is voorzien is in feite nauwelijks relevant.

7.7.5. Stap 2d: Inventarisatie en eerste selectie bestaande infrastructuur

In deze fase dient de bestaande lijnvormige infrastructuur in het zoekgebied in kaart te worden gebracht. Dit geldt ook voor de infrastructuur die in de toekomst aangelegd zal worden, voor zover hiervoor een tracé bekend is. Het moet echter gaan om infrastructuur van zoveel mogelijk *gelijk schaalniveau*. Dit schaalniveau duidt op het feit of de infrastructuurlijnen tot het lokale en dus kleinschalige dan wel tot het nationale en dus grootschalige niveau behoren. Voorbeelden van lokale en kleinschalige lijninfrastructuur zijn fietspaden, lokale wegen en poldersloten. Voorbeelden van nationale en grootschalige infrastructuur zijn autosnelwegen, spoorlijnen, hoogspanningslijnen en kanalen voor beroepsvaart. De reden dat deze vormen niet (goed) met elkaar gebundeld worden is tweeledig:

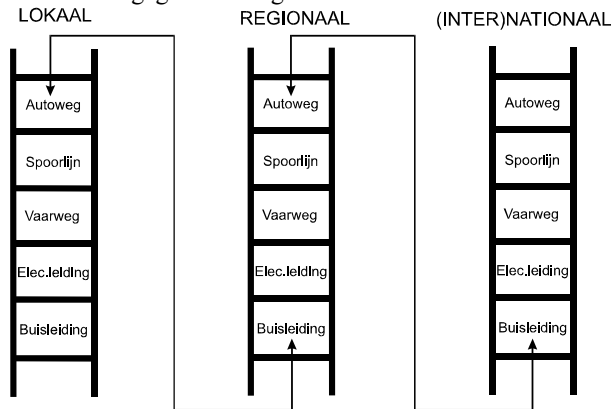
1. *het is inefficiënt voor de infrastructuur van het hoogste schaalniveau*: de bundelingsgedachte komt voort om versnippering, ruimtegebruik en diverse vormen van milieuhinder te beperken, en om een zeker synergetisch (voor de positieve effecten) of antagonistisch effect (voor de negatieve effecten) te bewerkstelligen. Dit kan enkel bereikt worden indien beide infrastructuurlijnen een aanzienlijke hoeveelheid van deze effecten veroorzaken. Het spreekt voor zich dat bij grote verschillen in effecten het synergisme en antagonisme gering is.
2. *Het is disfunctioneel voor de infrastructuur van het laagste schaalniveau*: infrastructuurlijnen van een verschillend schaalniveau stellen andere eisen aan de omgeving en de tracing en veroorzaken ook andere effecten. Infrastructuur van lager schaalniveau kan zelfs gevoelig zijn voor de effecten van de infrastructuur van hoger schaalniveau. Infrastructuur van lager schaalniveau heeft per definitie meer aansluitingen in de dwarsrichting. Bundeling met infrastructuur van een hoger schaalniveau, die deze aansluitingen in dwarsrichting niet heeft, kan het functioneren van de lijn van lager schaalniveau zelfs bemoeilijken.

Een tussenliggende categorie, met name de infrastructuur van regionaal en mesoniveau, kan eventueel met de beide andere schaalniveau's van lijninfrastructuur gebundeld worden. Tot deze categorie kunnen b.v. secundaire wegen, autowegen en kleinere kanalen worden gerekend.

Ook dient een selectie te worden gemaakt op basis van de infrastructuursectoren. Verschillende sectoren (autowegen, spoorwegen, hoogspanningslijnen, ...) hebben verschillende karakteristieken. Uit de effectanalyse is gebleken dat het antagonismebeginsel het sterkst is wanneer de hinder van de afzonderlijke bronnen reeds hoog is. Bundeling met een infrastructuurlijn die nagenoeg geen negatieve externe effecten veroorzaakt, zal niet tot een vermindering van de totale hoeveelheid hinder leiden.

Om te bepalen welke infrastructuursectoren met elkaar gebundeld kunnen worden, dient gekeken te worden naar het schaalniveau en de sector van de infrastructuur. Achterliggende gedachte is dat infrastructuur zoveel mogelijk met infrastructuur van hetzelfde niveau en sector moet worden gebundeld, maar dat afwijkingen binnen bepaalde marges mogelijk zijn. Ook de combinatie van schaalniveau en sector is belangrijk: infrastructuur van een lager schaalniveau die veel hinder veroorzaakt kan in bepaalde gevallen gebundeld worden met infrastructuur van een hoger schaalniveau die weinig hinder veroorzaakt.

De schaalniveaus zijn eenvoudig in een rangorde te brengen, gaande van lokaal, regionaal tot (inter)nationaal schaalniveau. De sectoren dienen te worden onderverdeeld op basis van externe effecten. In het algemeen blijkt dat auto(snel)wegen de meeste hinder veroorzaken, gevolgd door spoorwegen. Het duidelijkst is dit bij geluidhinder en versnippering (zie o.a. Bergers, 1997; DGV-HSL, 1995). Ook vaarwegen veroorzaken versnippering, maar de hoeveelheid geluidhinder of visuele hinder is geringer. Tenslotte veroorzaken elektriciteitsvoorzieningen een geringe mate van versnippering, geluidhinder en externe veiligheid, doch kunnen visueel storend zijn. Buisleidingen veroorzaken in het algemeen de minste hoeveelheid hinder. Dit leidt tot een gecombineerde rangorde of een *bundelingshiërarchie* te worden opgesteld. Dit is schematisch weergegeven in Figuur 7-12.



Figuur 7-12: De bundelingshiërarchie

Concreet betekent dit dat een nieuwe infrastructuurlijn het best gebundeld kan worden met infrastructuur van zoveel mogelijk het gelijk niveau in de hiërarchie. Bundeling met een ander type dat één of twee trappen verschilt in de hiërarchie lijkt evenwel goed mogelijk, b.v. een vaarweg langs een autoweg. Overigens geldt dat bundeling met bestaande infrastructuur die hoger in de hiërarchie staat eenvoudiger is en niet meer tot een toename van de hinder zal leiden. Infrastructuur van een lager schaalniveau is meestal plooibaarder en de geringere omgevingseffecten zullen veelal gemaskeerd worden door de reeds aanwezige infrastructuur.

7.7.6. Stap 2e: Ontwikkeling tracédelen

Indien in het zoekgebied meerdere infrastructuurlijnen aanwezig zijn, is het in beginsel mogelijk om met een aantal ervan te bundelen. Om de meest geschikte corridor te kunnen bepalen, dienen de bestaande infrastructuurlijnen te worden opgedeeld in tracédelen, een werkwijze die o.a. wordt beschreven door Taylor et al. (1997). Deze ontstaan telkens bij kruisingen van andere infrastructuur waarmee in principe (op basis van de bundelingshiërarchie) gebundeld kan worden.

7.7.7. Stap 2f: Inventarisatie en meting basisgegevens bundelbaarheid per tracédeel

Algemeen

De basis voor het kiezen van een corridor bij bundeling met bestaande infrastructuur is vanzelfsprekend de infrastructuur die reeds aanwezig is. *Daardoor is het afbakenen van de corridors in wezen reeds gebeurd, er dient desgewenst enkel nog een nadere selectie uitgevoerd te worden.*

Ook bij de aanwezigheid van twee infrastructuurlijnen kan men rond beide lijnen een corridor afbakenen die dan als alternatief dienst doen. Naarmate er meerdere lijnen aanwezig zijn neemt de noodzaak toe om een verdere selectie aan te brengen. Zelfs indien slechts één infrastructuurlijn aanwezig is, kan een keuze worden gemaakt voor één van de twee kanten van de bestaande infrastructuurlijn.

Uit het voorgaande kunnen criteria worden ontwikkeld die een oordeel geven over de globale bundelbaarheid van de corridor rond de bestaande infrastructuur. Opgemerkt moet worden dat de bundelbaarheid van de corridor ruimer is dan de bundelbaarheid van de bestaande infrastructuur. Het omvat ook de algemene kenmerken van het gehele gebied rond de bestaande infrastructuur die hiervan onafhankelijk zijn.

Het gaat om:

- *Routelengte:*
Eerder is de omwegfactor behandeld als *randvoorwaarde* bij de afbakening van het zoekgebied. Hij komt ook naar voren als beoordelingscriterium voor de meest geschikte corridor. Naast een absolute bovengrens moet men steeds streven naar de kortst mogelijke route. Een langere route geeft immers altijd hogere transportkosten, een hogere kans op eventuele externe effecten en in principe ook hogere aanlegkosten.
- *Gebiedsgevoeligheid:*
Volgens Streefkerk (1992) hangt de mate van gevoeligheid van een gebied samen met de mate van *natuurlijkheid* van de gebiedsfuncties van het ontvangende gebied. Domineren in een gebied milieucomponenten (bodem, water, planten en dierenleven) met daarbij wel of geen mensen als organisme, dan is de mate van natuurlijkheid groot. Overwegen in een gebied de door de mens aangebrachte materialen zoals artefacten en producten, dan is de mate van natuurlijkheid gering. Tussenvormen komen vanzelfsprekend ook voor. Expliciet wordt gesteld dat in natuurlijke situaties de kans op negatieve effecten als gevolg van milieu-invloeden groter is dan in minder natuurlijke situaties.
De milieuwetgeving maakt het nodig deze te relativeren. In de Wet Geluidhinder wordt het organisme “mens” boven de fauna en flora gesteld. Hetzelfde geldt ten aanzien van de wetgeving op de gevaarlijke stoffen. Gebieden waar veel mensen voorkomen, zijn dan ook zeer gevoelig voor het optreden van negatieve effecten. Volgens Streefkerk dient bij het vaststellen van de mate van natuurlijkheid daarom rekening te worden gehouden met bijzondere omstandigheden zoals:

- het permanent voorkomen van mensen in gebieden: zeer gevoelig voor o.a. geluid en risico's t.g.v. de aanwezigheid van gevaarlijke stoffen
- waterwingebieden: gevoelig voor (bodem)verontreiniging
- grote ecologische en natuurwaarden: zeer gevoelig voor alle invloedsoorten
- zgn. “stille” gebieden met een zeer laag niet-natuurlijk geluidsniveau: zeer gevoelig voor geluid
- opslag en transport van explosie- en brandgevaarlijke stoffen: zeer gevoelig voor explosie en brandgevaar

Aangezien het primair de bedoeling is om een *vergelijking* te maken tussen verschillende corridors, kan de gebiedsgevoeligheid vastgesteld worden aan de hand van *indicatoren*.

Naar aanleiding van het voorgaande kan de omgevingsgevoeligheid worden herleid tot twee kernfactoren:

1. de (permanente) aanwezigheid van mensen: men zou dit gegeven kunnen operationaliseren tot de indicator *bebouwd gebied*. Hieronder wordt enkel woongebied verstaan. Industrie- en bedrijventerreinen hebben zelf meestal een niet permanente aanwezigheid van mensen, veroorzaken vaak zelf ook nadelige milieueffecten en zijn daardoor ook niet of nauwelijks gevoelig voor de effecten van infrastructuur. Deze indicator is vrij eenvoudig m.b.v. kaartmateriaal waar te nemen.
2. de aanwezigheid van belangrijke ecologische en natuurwaarden: dit zou men kunnen operationaliseren tot de indicator *ecologische infrastructuur*. Probleem is wel wat precies onder natuurgebied wordt verstaan en hoe het derhalve geïnventariseerd wordt. Er is pas sprake van een natuurgebied als men dat als zodanig klassificeert, het is derhalve een normatief begrip. Het kan derhalve geïnventariseerd worden aan de hand van vigerende beleidsplannen t.a.v. de ecologische structuur, of bestaande inventariserende onderzoeken die de natuurwaarde van gebieden aangeeft.

- *Omgevingsgeschiktheid:*

Omgevingsgeschiktheid duidt op de mogelijkheden of beperkingen die de omgeving zelf biedt op het aanleggen van infrastructuur. Meer concreet gaat het dan over de *bouwkosten* voor de nieuwe infrastructuur. Hoewel dit op zich een belangrijk criterium is, kan gesteld worden dat deze factor relatief nog weinig wordt beïnvloed door wat oorspronkelijk in de wegenbouw als belangrijk werd gezien, nl. de bodemgesteldheid. Overigens moet gesteld worden dat in reliëfrijke gebieden de hellingen vaak juist één van de meest bepalende factoren voor de corridor- en tracékeuze zijn.

Bouw- en aanlegkosten worden voor een groot gedeelte bepaald door de aanwezigheid van objecten die als gevolg van het tracé moeten worden afgebroken of m.b.v. speciale constructies (tunnels en bruggen) moeten worden omzeild. Derhalve kan dit criterium worden beoordeeld aan de hand van het aantal kruisingen met andere infrastructuur.

- *Bundelbaarheid:*

De bundelbaarheid, die bepaald wordt door de bestaande infrastructuur, is in ieder geval het meest specifieke aan de corridorkeuze voor een bundeling, wellicht zelfs het meest doorslaggevende. Onder dit begrip vallen alle factoren gerelateerd aan de bestaande infrastructuur die een bundeling met nieuwe infrastructuur bemoeilijken of vergemakkelijken. Er is dan ook een nauwe relatie met de omgevingsgevoeligheid en -geschiktheid, maar onder de bundelbaarheid worden die factoren gerekend die specifiek gerelateerd zijn aan de bestaande infrastructuur. Toch zal het in vele gevallen niet duidelijk zijn of de factoren hetzij autonoom, hetzij door de infrastructuur bepaald zijn.

Uit de analyse van het bundelingsconcept zijn de volgende factoren gekomen:

- variaties in het dwarsprofiel: naarmate de bestaande lijn meerdere variaties in het dwarsprofiel heeft die m.b.v. speciale constructies (bruggen of tunnels) gepasseerd moeten worden, bemoeilijkt dit een bundeling.
- overeenkomst van traceringskenmerken: indien de bestaande lijn striktere traceringskenmerken (horizontale en verticale boogstralen) heeft, zal de nieuwe lijn niet overal op alle mogelijke manieren gebundeld kunnen worden en zullen restruimtes ontstaan.

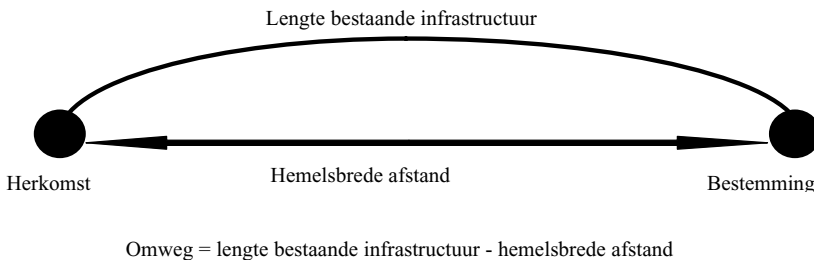
De conclusie uit het voorgaande is dat voor de globale beoordeling van de bundelbaarheid de volgende criteria gehanteerd worden:

1. omwegfactor t.o.v. de kortst mogelijke route
2. aanwezigheid van (stedelijk) woongebied
3. aanwezigheid van ecologische infrastructuur
4. aanwezigheid van kruisingen met andere infrastructuur
5. aanwezigheid van variaties in het dwarsprofiel
6. overeenkomst van de traceringskenmerken

De vraag is nu hoe deze criteria operationeel kunnen worden gemaakt.

Operationalisatie omwegfactor

Het meten en vergelijken van deze factor is eenvoudig. Men betreft alle aanwezige infrastructuur in het zoekgebied met dezelfde herkomst en bestemming als de nieuw aan te leggen infrastructuur. Men meet de lengte van elke aanwezige infrastructuurlijn. Indien de aanwezige infrastructuur niet dezelfde herkomst- en/of bestemming heeft, neemt men de kortst mogelijke route vanaf het herkomst- en/of bestemmingspunt van de nieuwe infrastructuur naar de bestaande infrastructuur. Dit is schematisch weergegeven in Figuur 7-13. De omwegfactor is vrij eenvoudig te beoordelen: het is de toename van de routelengte t.o.v. van de kortst mogelijke route of de rechte lijn.



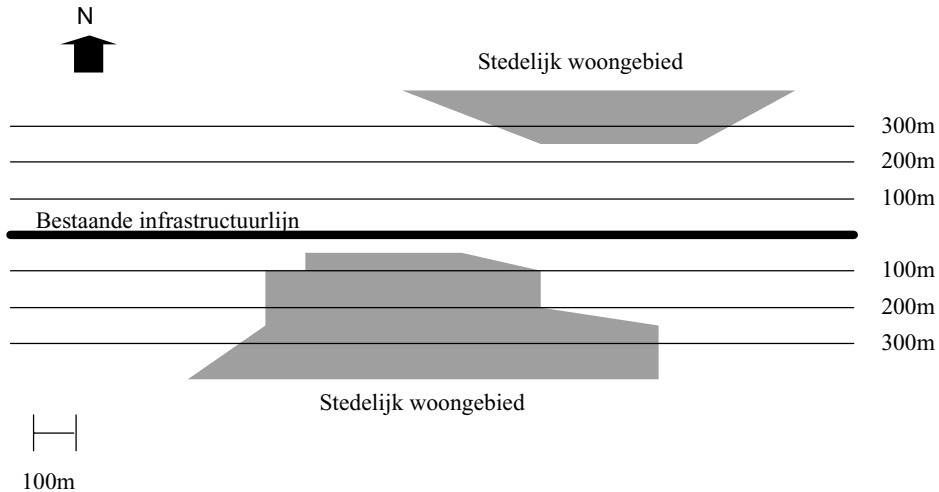
Figuur 7-13: Schets beoordeling omwegfactor

Operationalisatie (stedelijk) woongebied

Aanwezigheid van (stedelijk) woongebied in de buurt van een bestaande infrastructuurlijn is in beginsel problematisch aangezien dit de gevoeligheid voor neveneffecten verhoogt. De vraag is over welke afstand de neveneffecten zich uitspreiden en de aanwezigheid van (stedelijk) woongebied relevant is.

Aangenomen wordt dat de meeste effecten zich manifesteren binnen een zone van 300m. (zie o.a. UK-DOT, 1983; VROM-TNO, 1983). In een studie door DHV (1991) naar de effecten van de HSL, wordt bij 300m de grens gelegd tussen “kerngebied” en “invloedsgebied”. In het eerste treden de directe fysieke effecten op. In het tweede type, dat zich uitstrekt tot 3 km aan weerszijden van het tracé, moet per effect worden bekeken of het relevant is. In ieder geval dient de beoordeling in het invloedsgebied minder gedetailleerd te gebeuren. Ten behoeve van een eerste en globale verkenning van de mogelijke corridors is een zone van meer dan 300m daarom niet meer relevant. Binnen de 300m-zone nemen de effecten echter wel sterk toe met

het afnemen van de afstand. Het is daarom zinvol om een invloedsgebied (of het zogenoemde kerngebied) verder in te delen. Men krijgt op deze manier b.v. een zone van 0-100m, een zone van 100-200m en een zone van 200-300m. Bij de beoordeling kan men een gewogen lengte hanteren. De inventarisatie kan gebeuren met behulp van actuele topografische kaarten.



Figuur 7-14: Schets beoordeling omgevingsgevoeligheid als gevolg van (stedelijk) woongebied

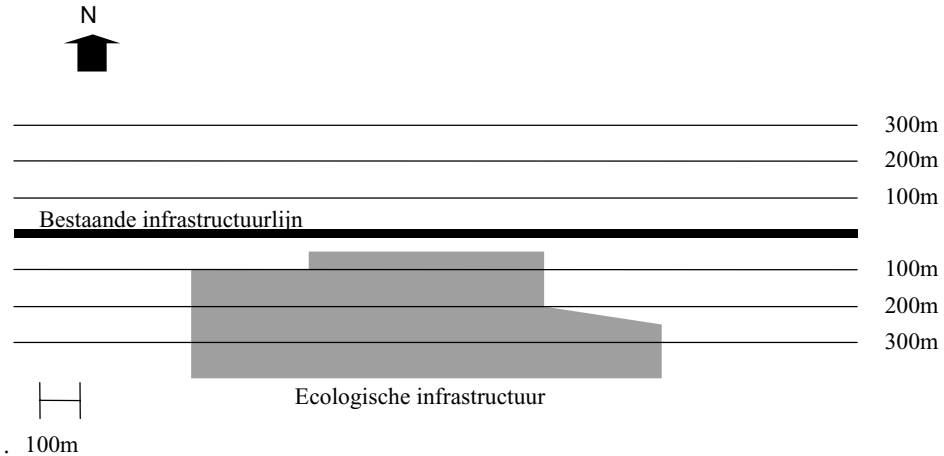
Ook de doorsnijding van bebouwingslinten (haakse weg met éénlijnsbebouwing) wordt betrokken. Door meting van de lengte van de eigenlijke doorsnijding zou de invloed hiervan in het niet vallen. Om deze reden wordt het *aantal* doorsneden bebouwingslinten opgenomen.

Operationalisatie aanwezigheid ecologische infrastructuur

Zoals het vorige criterium is dit relevant ten aanzien van de gebiedsgevoeligheid. De vraag is welke criteria of gebiedstypen aangeven in welke mate van ecologische infrastructuur sprake is. De inventarisatie is minder eenvoudig dan bij het (stedelijk) woongebied. Ecologische infrastructuur is niet eenduidig van topografische kaarten af te lezen. Het is wat door het beleid als zodanig benoemd is. Derhalve dient het beleid terzake te worden geïnventariseerd en de betreffende zones op kaart te worden aangeduid.

Een mogelijke typologie van ecologische infrastructuur kan worden gevonden in het Structuurschema Groene Ruimte (LNV, 1992). Hierbij wordt een onderscheid gemaakt in waardevol cultuurlandschap, werkgebied Randstadgroenstructuur, kern- en/of natuurontwikkelingsgebied en veenweidegebied.

Door deze gebieden te inventariseren die binnen een zone van 300m vallen, kan de mate van aantasting van ecologische infrastructuur worden geschat. Men kan, zoals bij het stedelijk woongebied, de zone van 300m verder indelen in zones van 100m waarbij men een gewogen lengte berekent. Dit is schematisch weergegeven in Figuur 7-15.



Figuur 7-15: Schets beoordeling omgevingsgevoeligheid bij ecologische infrastructuur

Ook de doorsnijding van ecologische verbindingzones wordt betrokken. Door meting van de lengte van de eigenlijke doorsnijding zou de invloed hiervan in het niet vallen. Om deze reden wordt het *aantal* doorsneden verbindingzones opgenomen.

Operationalisatie kruisingen andere infrastructuur

Het is nagenoeg onmogelijk om alle constructieve problemen langs een tracé te inventariseren en onderling te vergelijken. Om deze reden wordt het criterium “gebiedsgeschiktheid” geoperationaliseerd tot het aantal kruisingen met andere infrastructuur. Indien geen constructieve ingrepen moeten plaatsvinden doordat bestaande bruggen of tunnels een voldoende ruim genoeg zijn voor passage van de bundeling, hoeft de betreffende kruising niet meegeteld te worden. Hoe meer andere infrastructuur moet worden gekruist, hoe lager de gebiedsgeschiktheid.

Operationalisatie variaties in het dwarsprofiel

Variaties in het dwarsprofiel van de bestaande infrastructuur kunnen een bundeling met nieuwe infrastructuur bemoeilijken. Ze kunnen tot dezelfde effecten leiden als het vorige criterium, namelijk hogere constructiekosten, maar de oorzaak ligt bij de parallelle infrastructuur. Aangezien ze specifiek zijn voor een bundeling van infrastructuur worden ze expliciet opgenomen. Om dit criterium te beoordelen dient het aantal variaties in het dwarsprofiel van de bestaande infrastructuur geïnventariseerd te worden die een aanpassing van het tracé noodzakelijk maken. Het gaat met name om taluds van bruggen, aansluitingen, opstelruimten, parkeerhavens, stations, enz..

Operationalisatie overeenkomst traceringskenmerken (boogstralen)

Naarmate de boogstralen van de te bundelen infrastructuurlijnen beter overeenkomen, zal een bundeling gemakkelijker zijn omdat het aantal restruimtes wordt beperkt. In ieder geval dienen de boogstralen van de bestaande infrastructuur gelijk of ruimer te zijn dan die van de aan te leggen infrastructuur.

Dit criterium wordt geoperationaliseerd als de trajectlengte van de bestaande infrastructuur met beperktere boogstralen dan de minimum boogstralen van de nieuw aan te leggen infrastructuur.

7.7.8. Stap 2g: Ontwikkeling routes tussen herkomst en bestemming

Op basis van de ontwikkelde tracédelen, zoals beschreven in 7.7.6, kunnen routes worden ontwikkeld door systematisch alle combinaties te nemen. De totale routelengte dient daarbij als criterium: indien een route langer wordt dan de gestelde omwegfactor, wordt de route niet meer meegenomen bij een verdere vergelijking.

7.7.9. Stap 2h: Berekening gestandaardiseerde scores per route: bundelbaarheidsindex

De inventarisatie van de bundelbaarheid moet leiden tot een algemeen inzicht in de geschiktheid van de bestaande infrastructuur en haar omgeving om met de nieuwe infrastructuur een bundeling te vormen. Indien men de beoordelingen van de bundelbaarheid uitdrukt in een gemeenschappelijke eenheid, kan een integraal oordeel over de bundelbaarheid kunnen worden gemaakt. Deze gemeenschappelijke eenheid kan ontstaan wanneer men de ruwe scores standaardiseert volgens de formule (SU, 1986):

$$\text{Gestandaardiseerde score} = \text{basisscore} / \text{maximumscore}$$

Bij deze manier van standaardiseren worden de laagste scores niet tot 0 herleid, tenzij de laagste score in de dataset gelijk is aan 0. Op deze manier verkrijgt men een juistere weergave van de onderlinge verschillen (Voogd, 1983). Vervolgens kan men een totaaloordeel vormen door de scores met elkaar op te tellen. De beoordeling kan gebeuren met behulp van Tabel 7.2.

| Criterium | Eenheid | Basisscore | Gestandaardiseerde score |
|----------------------------------|---------|------------|--|
| Omweg | Km | Getal | Getal van 0 tot 1 |
| (stedelijk) woongebied | | | Getal (f) van 0 tot 1, bestaande uit weging van de deelcriteria: $f = \sum w_i k_i$ |
| • Linten | Aantal | Getal | |
| • 0-100 m | Km | Getal | |
| • 100-200 m | Km | Getal | |
| • 200-300 m | Km | Getal | |
| Ecologische infrastructuur | | | Getal (g) van 0 tot 1, Bestaande uit weging van de deelcriteria: $g = \sum w_i k_i$ |
| • ecologische verbindingzones | Aantal | Getal | |
| • 0-100 m | Km | Getal | |
| • 100-200 m | Km | Getal | |
| • 200-300 m | Km | Getal | |
| Aantal kruisingen | Aantal | Getal | Getal van 0 tot 1 |
| Veranderingen dwarsprofiel | Aantal | Getal | Getal van 0 tot 1 |
| Overeenkomst traceringskenmerken | Km | Getal | Getal van 0 tot 1 |
| TOTAAL | | | GETAL VAN 0 TOT 6 |

Op deze manier kan een “bundelbaarheidsindex” worden ontwikkeld. De index betreft dan het totaal van de gestandaardiseerde scores en is een relatieve maat. Ze is dus enkel geschikt voor het onderling vergelijken van scores in dezelfde dataset. Door het rangordenen van de scores kan een betere van een slechtere bundelbaarheid in die concrete situatie worden onderscheiden.

7.7.10. Stap 2i: Vergelijking routes en selectie

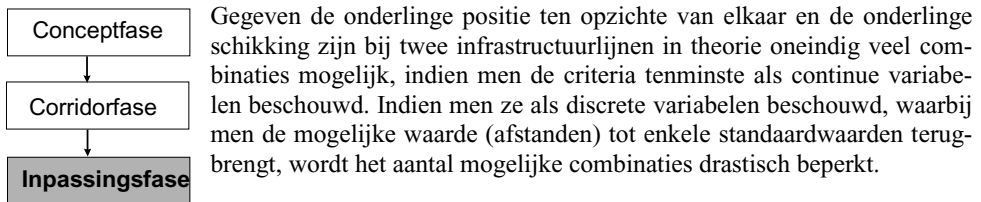
Indien voor alle voorlopige tracés een bundelbaarheidsindex berekend wordt, ontstaat een inzicht in de kansen van de bestaande infrastructuurlijnen om met succes gebundeld te worden met nieuwe infrastructuur. De tracés kunnen nu eenvoudig met elkaar worden vergeleken door alle scores per tracédeel bij elkaar op te tellen. Het is mogelijk om meerdere routes te selecteren die als alternatieven worden beschouwd.

De bundelbaarheidsindex kan gezien worden als relatieve maat voor de potentiële problemen langs bestaande infrastructuur. Het is een middel om een *bestaande* infrastructuurlijnen in een vooraf bepaald zoekgebied met elkaar te *vergelijken* qua bundelingsmogelijkheden. Door standaardisatie van de scores hebben deze geen absolute waarde meer. Een uitspraak over de werkelijke problemen en kansen is op basis van de index niet mogelijk. Ook het vergelijken van gebundelde en niet-gebundelde oplossingen is niet mogelijk. Dit probleem wordt onderzocht door de opzet van de globale ontwerpstructuur: doordat wordt gewerkt met een boomstructuur komt men systematisch tot fundamenteel verschillende oplossingsgroepen. De bundelbaarheidsindex is een middel om binnen de oplossingsgroep van bundeling met bestaande infrastructuur te komen tot het meest kansrijke alternatief. In een latere integrale effectbeoordeling en -vergelijking kan de definitieve keuze worden gemaakt tussen een bundeling en een andere wijze van tracering.

Bij de berekening van de bundelbaarheidsindex is de onderlinge weging van de criteria cruciaal. Toch is voorlopig uitgegaan van eenzelfde gewicht. Bij de criteria woongebied en ecologische infrastructuur dient bovendien verder interne weging te maken voor de zones 0-100m, 100-200m en 200-300m.

7.8. Operationalisatie inpassingsfase

7.8.1. Mogelijkheden voor de optimale inpassing



Zoals vermeld in hoofdstuk 4 “Fysieke verschijningsvormen van bundeling” zijn er de volgende mogelijkheden:

- onderlinge positie ten opzichte van elkaar volgens de basistypologie: 17 mogelijkheden of “archetypen” van bundeling
- onderlinge schikking: bij twee infrastructuurlijnen zijn er 2 mogelijkheden

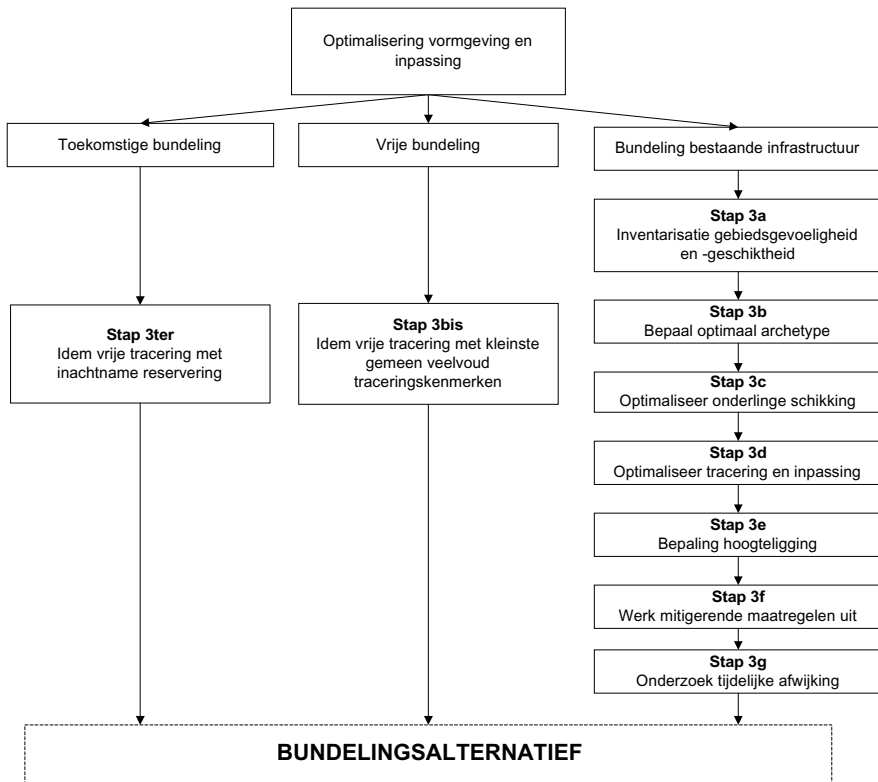
Bij twee infrastructuurlijnen zijn er dus 34 mogelijke combinaties voor de vormgeving en inpassing. Indien de bouwfasering een variabele is, wordt dit vermenigvuldigd met een factor 3 (lijn A voor lijn B, lijn B voor lijn A of tegelijkertijd), waarbij er dus 102 combinaties zijn. Indien ook de hoogteligging een variabele is, of meerdere infrastructuurlijnen moeten worden aangelegd, loopt het aantal combinaties in de honderden. Het is echter ondoenbaar om voor elke combinatie een alternatief uit te werken. Er moet bijgevolg kennis zijn over de kansen en de effecten van de verschillende mogelijkheden om de meest kansrijke te kunnen selecteren

voor verdere studie. Hiertoe kan voor alle 17 basistypen een algemene effectbeoordeling worden uitgevoerd door een zogenaamde paarsgewijze vergelijking te maken. Dit wordt uitgevoerd per criterium. De resultaten hiervan zijn opgenomen in bijlage 3. Vervolgens wordt per tracédeel of gebiedstype naar het optimale archetype gezocht. Dit gebeurt door de scores te vermenigvuldigen met de gebiedsgevoeligheden. De gevoeligheden functioneren dan als gewichtsfactoren. Per tracédeel of gebiedstype verkrijgt men een kansrijk archetype. Dit wordt uitgewerkt in 7.8.2 tot en met 7.8.10

Een andere mogelijkheid bij de concrete inpassing van de bundeling is het gebruik van heuristieken. Dit wordt uitgewerkt in 7.8.11.

7.8.2. Globale opzet en structuur bij het gebruik van “archetypen”

De globale structuur bij de optimalisering van de vormgeving en inpassing met het gebruik van “archetypen” is weergegeven in Figuur 7-16.



Figuur 7-16: Structuur inpassingsfase

7.8.3. Stap 3a: inventarisatie gebiedsgevoeligheid en -geschiktheid

Een eerste stap naar de bepaling van het meest gewenste ontwerp is de vaststelling van de gebiedsgevoeligheid en -geschiktheid per criterium om hiermee het meest gepaste ontwerp te kunnen bepalen. Als criteria worden diegene beschouwd die in hoofdstuk 5 aan de orde zijn gekomen, met name versnippering, direct ruimtegebruik, geluidhinder, interne veiligheid, externe veiligheid, constructiekosten (en uitbreidingsmoeilijkheden) en visuele hinder.

De bepaling van de scores gebeurt op basis van omgevingskenmerken. Per criterium is deze als volgt:

- versnippering: hoog nabij natuurgebieden en woongebieden
- direct ruimtegebruik: hoog nabij (stedelijke) woongebieden
- geluidhinder: hoog nabij woongebieden
- interne veiligheid: hoog bij bundeling met infrastructuur voor personenverkeer
- externe veiligheid: hoog nabij woongebieden
- constructiekosten (en uitbreidingsmoeilijkheden): hoog in transportzones of -corridors die in ontwikkeling zijn
- visuele hinder: hoog nabij historische woongebieden of natuurlijke landschappen

De gevoeligheid kan worden vastgesteld per tracédeel, maar meestal zal binnen een tracédeel sprake zijn van meerdere gebiedstypen. Het type omgeving kan per criterium kwalitatief worden beoordeeld op b.v. een 5-puntsschaal gaande van 1 (zeer ongevoelig) tot 5 (zeer gevoelig). Op deze manier verkrijgt men een matrix van de aspectgevoeligheid per tracédeel, zoals b.v. is weergegeven in Tabel 7.3.

Tabel 7.3: Voorbeeld beoordelingsmatrix gebiedsgevoeligheden (hoe hoger, hoe gevoeliger)

| Gebied/tracédeel | Versnippering | Geluidhinder | Flexibiliteit |
|------------------|---------------|--------------|---------------|
| 1 | 1 | 2 | 5 |
| 2 | 4 | 5 | 1 |

7.8.4. Stap 3b: Algemene beoordeling archetypen

De mogelijke archetypen kunnen in algemene zin beoordeeld worden aan de hand van de in stap 3a genoemde criteria. Een paarsgewijze vergelijking volstaat omdat de beoordeling slechts een vergelijkend karakter dient te hebben. Indien de 17 archetypen op deze manier worden beoordeeld, krijgen ze per criterium een score van 0 tot 17 op basis van het aantal keer dat ze de beste score hebben. Op deze manier verkrijgt men een matrix van de aspectcores per archetype, zoals weergegeven in Tabel 7.4.

Tabel 7.4: Voorbeeld beoordelingsmatrix archetypen (hoe hoger hoe beter)

| Archetype | Versnippering | Geluidhinder | Flexibiliteit |
|-------------------------|---------------|--------------|---------------|
| 1: stapeling | 3 | 3 | 1 |
| 2: strakke bundeling | 2 | 2 | 2 |
| 3: bundeling op afstand | 1 | 1 | 3 |

7.8.5. Stap 3c: Matching archetype per type gebied

Per type gebied kan nu een optimaal archetype worden bepaald door de beoordeling per archetype te combineren met de gebiedsgevoeligheid. De scores op de gebiedsgevoeligheid fungeren daarbij als gewichtenset. Een totaaloordeel verkrijgt men door de overeenkomstige cellen van de matrices, ontwikkeld in stap 3a en 3b met elkaar te vermenigvuldigen. Per tracédeel verkrijgt wordt een overzicht van de meest geschikte archetypen verkregen en de rijtotaal te berekenen, zoals weergegeven in Tabel 7.5 en Tabel 7.6.

Tabel 7.5: Voorbeeld bepaling optimaal archetype voor gebied/tracédeel 1

| archetype | Criterium | Versnippering | Geluidhinder | Flexibiliteit | TOTAAL |
|-------------------------|-----------|---------------|--------------|---------------|--------|
| 1: stapeling | | 3x1 | 3x2 | 1x5 | 14 |
| 2: strakke bundeling | | 2x1 | 2x2 | 2x5 | 16 |
| 3: bundeling op afstand | | 1x1 | 1x2 | 3x5 | 18 |

Tabel 7.6: Voorbeeld bepaling optimaal archetype voor gebied/tracédeel 2

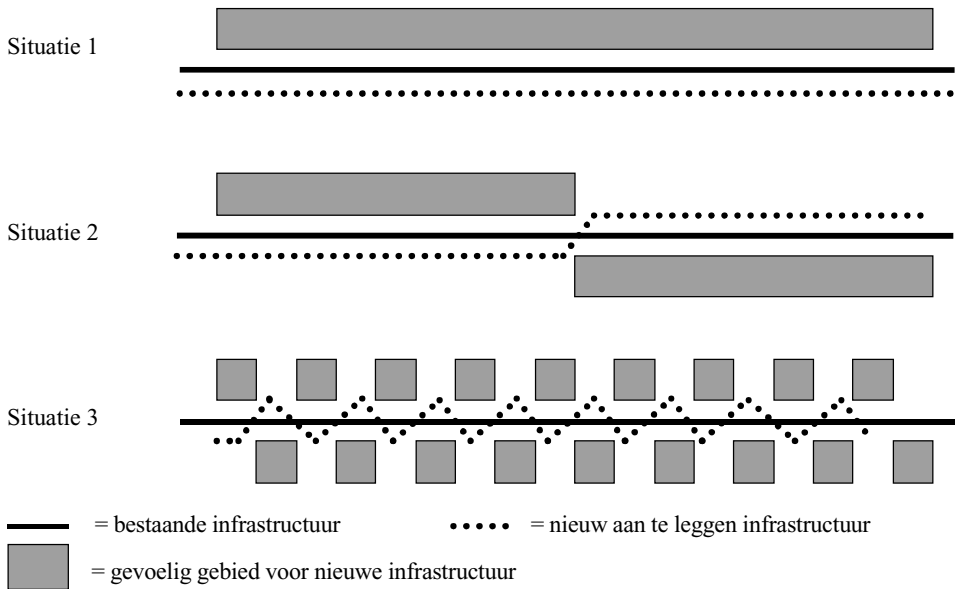
| archetype | Criterium | Versnippering | Geluidhinder | Flexibiliteit | TOTAAL |
|-------------------------|-----------|---------------|--------------|---------------|--------|
| 1: stapeling | | 3x4 | 3x5 | 1x1 | 28 |
| 2: strakke bundeling | | 2x4 | 2x5 | 2x1 | 20 |
| 3: bundeling op afstand | | 1x4 | 1x5 | 3x1 | 12 |

7.8.6. Stap 3d: Optimalisering onderlinge schikking

Voor de onderlinge schikking zijn er twee basisregels, die overigens met elkaar kunnen conflicteren:

1. Leg de infrastructuur die het meeste hinder veroorzaakt het verst van het meest gevoelig gebied
2. Leg de infrastructuur aan die kant waar zij een ontsluiting biedt voor het betreffende gebied

Rekening houdend met deze regels kan het zinvol zijn om de onderlinge schikking te verwisselen in functie van de omgeving. Toch dient te worden gewaakt over het aantal wisselingen. Dit is afhankelijk van de frequentie waarmee het meest gevoelige gebied van kant wisselt. In Figuur 7-17 is situatie 1 (geen wisselingen) daarom gunstiger dan situatie 2 (één wisseling) die op haar beurt weer gunstiger is dan situatie 3 (16 wisselingen). Bij situatie 3 is een wisseling in feite niet meer aan de orde en moet noodgedwongen de helft van de gevoelige of ongeschikte gebieden worden doorsneden of moet voor de helft van de te ontsluiten gebieden een kruising over de andere infrastructuur worden gemaakt. In situatie 1 zal bij de corridorkeuze reeds gekozen zijn voor de minst gevoelige zijde. Situatie 2 is een typisch probleemgeval: de corridorkeuze zal geen uitsluitsel hebben gegeven over de minst gevoelige zijde en een interne wisseling kan een verbetering betekenen. Hiervoor kan men een alternatieve oplossing ontwikkelen.



Figuur 7-17: Mogelijke variaties in gebiedsgevoeligheid en -geschiktheid aan beide kanten van de infrastructuur

7.8.7. Stap 3e: Optimalisatie tracering en inpassing

In bepaalde gevallen kan het zinvol zijn om tijdelijk van het gekozen archetype af te wijken wanneer de lokale condities qua omgevingsgevoeligheid en/of -geschiktheid te ongunstig worden om het tracé ter plaatse te handhaven. Dergelijke beslissing moet van geval tot geval worden overwogen. In ieder geval dient een tijdelijk verlaten van het gekozen archetype *als alternatief* te worden bestudeerd omdat het in dit stadium nog niet duidelijk is welk de beste oplossing is. Hierover dient de uiteindelijke afweging duidelijkheid te brengen.

7.8.8. Stap 3f: Bepaling hoogteligging

Bij de bepaling van de archetypen is in beginsel gekozen voor een zekere hoogteligging ten opzichte van elkaar. In geval van een ongelijke hoogteligging is echter geen uitspraak gedaan over *welke* infrastructuur hoger dan wel lager komt te liggen.

In het algemeen geldt dat de infrastructuurlijn die het dichtst bij de meest gevoelige zijde van de bundel ligt verhoogd wordt aangelegd. Dit geldt enkel wanneer deze minder hinder veroorzaakt dan de andere infrastructuur en dus lager op de bundelingshiërarchie staat. Op deze manier worden de effecten van de hinderlijkste lijn getemperd.

7.8.9. Stap 3g: Onderzoek geïntegreerde oplossingen en mitigerende maatregelen

Vervolgens moet worden nagegaan of het gemaakte ontwerp niet verder geoptimaliseerd kan worden d.m.v. een geïntegreerde oplossing waarbij mitigerende maatregelen als het ware in de tracering worden ingebouwd of speciale constructiewijze. Voorbeelden zijn de dijk-tunnel, de V-polder, de holle dijk, enz. Hiermee samenhangend kunnen ook de mitigerende maatregelen

gelen worden vormgegeven. Zie in dit verband het themanummer van Land + Water (4/1996) over spoorwegkundige bouwconcepten.

7.8.10. Stap 3h: Onderzoek tijdelijke afwijking van de bundel

Conform de afwijking van het gekozen archetype, kan ook een afwijking van de bundel worden overwogen. Dit dient als alternatief of variant te worden beschouwd omdat het in dit stadium nog onduidelijk is welk de beste oplossing is.

Het verlaten van de bundel kan ook worden beschouwd indien een belangrijke verkorting van het tracé kan worden bereikt. Ook een dergelijke verkorting dient als alternatief of variant te worden opgenomen.

Anderzijds kunnen afwijkingen van de bundel resulteren in een toename van de totale routelengte toeneemt. In dit geval dient een alternatief te worden bestudeerd dat een kortsluiting vormt tussen de twee afwijkingen.

7.8.11. Gebruik van heuristieken

Uit de analyse van de effecten en eigenschappen van bundeling van infrastructuur in hoofdstuk 5 zijn diverse conclusies getrokken omtrent de relatie ontwerp-effecten. Hieruit kunnen een aantal heuristieken worden geformuleerd:

- *algemene relatie onderlinge afstand-effecten*

De nagestreefde voordelen van een bundeling (een beperking van het direct en indirect ruimtebeslag en versnippering) komen tot hun recht indien de onderlinge afstand tussen de infrastructuren zo beperkt mogelijk wordt gehouden. Anderzijds kan een te beperkte onderlinge afstand leiden tot hogere kosten, een beperking van de uitbreidingsmogelijkheden en/of de veiligheid. De optimale onderlinge afstand bestaat niet. Dit hangt af van de specifieke situatie. Bij sommige infrastructuren is een zekere tussenruimte vereist in verband met mogelijke ongewenste interferentie-effecten en veiligheidsaspecten. Een strakke bundeling is in de meeste gevallen het meest kansrijk. Bij een geringere afstand nemen de problemen met betrekking tot veiligheid en constructiekosten toe. Uitbreiding blijft mogelijk indien aan de buitenkant van de bundel nog een vrije zone wordt gehandhaafd. Dit biedt tevens het voordeel dat bij de vormgevings- en inpassingsfase nog de nodige vrijheid kan worden gehanteerd. Hoe breder de vrije zone, hoe groter de uitbreidingsmogelijkheid, maar ook hoe groter het (tijdelijk) ruimtebeslag en de kans dat de grond voorgoed onbenut zal blijven.

- *aanpak bij bundeling met gelijksoortige infrastructuur: verbreding*

Bij een bundeling met infrastructuur van hetzelfde type en niveau, kunnen deze naadloos op elkaar worden aangesloten. In dit geval spreekt men van een verbreding. Een verbreding komt neer op een bundeling met een grote overlap, waardoor enkele veel nagestreefde effecten van een bundeling kunnen worden bereikt. Ook de flexibiliteit en uitwisselbaarheid kan worden verhoogd. Mogelijk gaat dit wel ten koste van de veiligheid. Aangezien de precieze effecten onzeker zijn, en afhankelijk van de specifieke situatie, dient, ingeval een bundeling tussen gelijksoortige infrastructuurlijnen van toepassing is, een verbreding altijd te worden onderzocht.

- *zoveel mogelijk rekening houden met reserveringen*

Indien langs een bestaande infrastructuur sprake is van een reservering, dient ten allen tijde in deze zone een voorlopig tracé te worden bestudeerd, ongeacht het feit of dit overeenkomt met de optimale onderlinge afstand. Ook indien de reservering oorspronkelijk voor

een ander type infrastructuur is gemaakt, dient dit als mogelijkheid te worden beschouwd. Typisch zijn reserveringen in de vorm van brede middenbermen van autosnelwegen, die eventueel benut kunnen worden voor de aanleg van andere infrastructuur. Een voorbeeld hiervan is weergegeven op Foto 7-1: de middenberm van de autosnelweg E19 tussen Kontich en Brussel (B) die als mogelijkheid is onderzocht voor de aanleg van de HSL, maar niet verder is uitgewerkt.



Foto 7-1: Middenberm van de E19 Kontich-Brussel als niet geselecteerde mogelijkheid voor de aanleg van de HSL

7.8.12. Inpassing en vormgeving bij een vrije bundeling

Deze ontwerpmogelijkheid laat zich traceren als een vrije tracering. Bij de inpassing dient vanzelfsprekend rekening te worden gehouden met het ruimtebeslag van de twee infrastructuur samen. De benodigde boogstralen zijn het kleinste gemeen veelvoud van de afzonderlijke boogstralen.

Voor de bepaling van de optimale onderlinge afstand, de schikking en de positie t.o.v. het maaiveld, kunnen dezelfde technieken gehanteerd worden als bij de bundeling met bestaande infrastructuur. Wel is het aantal mogelijke combinaties groter.

7.8.13. Inpassing en vormgeving bij een anticiperende bundeling

Een anticiperende bundeling laat zich op dezelfde manier inpassen als een vrije bundeling. Het verschil is dat een aanname moet worden gedaan over het type infrastructuur dat in de toekomst mogelijk aangelegd zal worden. Indien hierover nog geen duidelijkheid is, dient aan minstens één van de kanten een vrije zone van 100m te worden gereserveerd. In de meeste gevallen zal dit voldoende zijn voor de aanleg van een nieuwe infrastructuurlijn waarbij men bij de tracering heeft men nog de nodige vrijheid heeft.

7.9. Naar een raamwerk voor een integrale effectbeoordeling en -vergelijking bundeling/niet-bundeling

Uit het voorgaande kunnen aanbevelingen worden gedaan omtrent de te hanteren criteria en hun beoordelingswijzen met betrekking tot de effectvergelijking tussen bundeling en niet-bundeling. De effecten van (gebundelde) infrastructuur zijn als gevolg van de gebiedsgevoeligheid en -geschiktheid primair afhankelijk van het type omgeving waarin de infrastructuur wordt aangelegd. Hierdoor kan *geen* algemeen geldende vergelijkende beoordeling tussen bundeling en niet-bundeling worden uitgevoerd. De omgeving is een belangrijke exogene parameter.

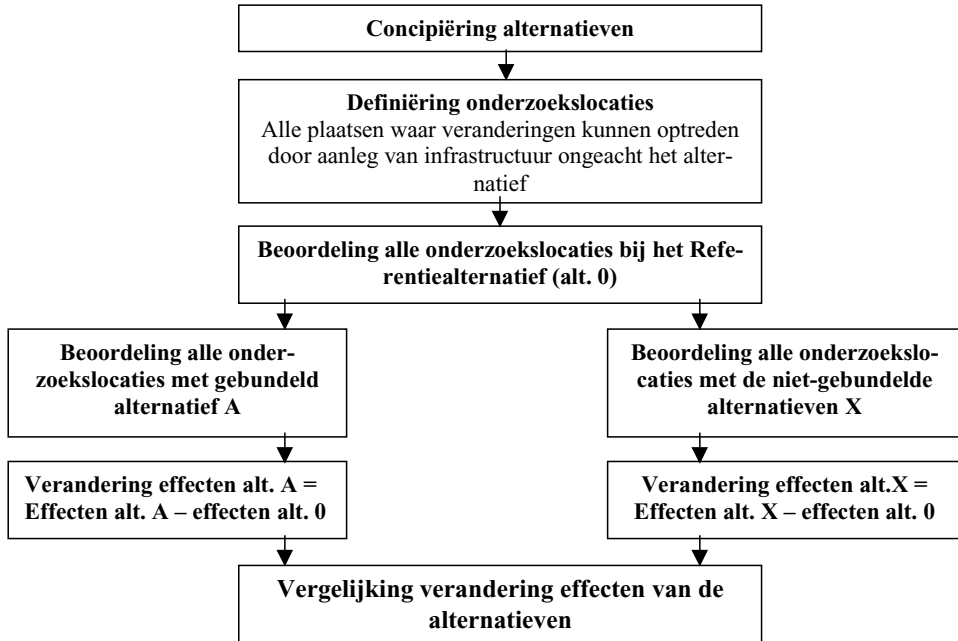
Niettemin is door Karnapp et al. (1988) een poging gedaan om zogenaamde “bundelingscoëfficiënten” te definiëren. Deze geven per hinderaspect de verhouding aan van de toename van de effecten van bundeling in vergelijking met niet-bundeling. De coëfficiënt is bovendien afhankelijk van de onderlinge afstand tussen de infrastructuurlijnen. De coëfficiënt is altijd kleiner dan 1, behalve bij het aspect ruimtebeslag: bij een grote onderlinge afstand ontstaan restructies die het ruimtebeslag doen toenemen. Op zich is de beschikbaarheid van dergelijke coëfficiënten interessant. De coëfficiënt duidt aan dat bundeling over het algemeen een marginale toename geeft van milieueffecten. Dit is ook aangetoond in hoofdstuk 5 “Effecten en eigenschappen van bundeling”.

Toch moeten een aantal kanttekeningen worden gemaakt bij het gebruik van deze coëfficiënten. De coëfficiënt is enkel afhankelijk gesteld van de onderlinge afstand tussen de infrastructuurlijnen (autosnelweg en spoorlijn). Toch zijn er veel meer criteria, met name: de typen infrastructuur (welke toename is er indien een nieuwe hoogspanningslijn naast een bestaande autosnelweg wordt gelegd?), de hoogteligging ten opzichte van elkaar, de aanwezigheid van hindernormen (indien een zeer geringe toename leidt tot een overschrijding van een norm, is het probleem veel ernstiger) en het type omgeving.

Het gebruik van dergelijke coëfficiënten is wetenschappelijk wellicht interessant, maar praktisch nauwelijks relevant. Bij een concrete projectstudie gaat het enkel om de vergelijking tussen een bundeling op plaats X of een niet-bundeling op plaats Y. Vergelijking tussen bundeling en niet-bundeling op dezelfde plaats is dus niet aan de orde!

Derhalve dient per alternatief een integrale en vergelijkende effectbeoordeling te worden uitgevoerd op basis van de *toename van de effecten ten opzichte van het referentie- of 0-alternatief*. Deze aanpak is voor Nederlandse projectstudies uitgebreid omschreven in de Handleiding Besluitvorming Hoofdwegen (RWS-DWW, 1996). Ook de aspecten en de criteria zijn hierin beschreven.

Het moment waarop eventueel gebundelde en niet-gebundelde alternatieven met elkaar moeten worden vergeleken is schematisch en in termen van principiële stappen voorgesteld in Figuur 7-18.



Figuur 7-18: Raamwerk voor de beoordeling en verelijking van gebundelde en niet-gebundelde alternatieven

7.10. Een expert-evaluatie van de praktische bruikbaarheid van de aanpak

Algemeen

De ontwikkelde aanpak is besproken met een panel van drie experts van de Nederlandse Spoorwegen - Railinfrabeheer. De hen gestelde vraag was een oordeel te geven over de volledigheid, de hanteerbaarheid en het nut (toegevoegde waarde) voor de bestaande praktijk.

Structuur van de aanpak

Het initiatief om een traceringsmethode of -aanpak te ontwikkelen die specifiek gericht is op bundeling van infrastructuur komt zeer gelegen aangezien de aandacht om infrastructuur zoveel mogelijk met bestaande (of toekomstige) infrastructuurlijnen te koppelen nog steeds toeneemt. Bundeling wordt bij nieuwe lijninfrastructuurprojecten nagenoeg altijd als uitgangspunt gesteld en afwijking van het principe gebeurt steeds minder. Echter, nooit wordt bundeling als harde eis, maar als een na te streven situatie gesteld.

Om deze reden is een heldere en gestructureerde gedachtengang noodzakelijk om de wenselijke situatie (de bundeling) goed te kunnen motiveren. Niet enkel de politieke invloed, maar ook de inbreng in en betrokkenheid van burgers en organisaties bij het traceringsproces is zeer groot. Derhalve dient het proces van tracéontwikkeling sterker geobjectiveerd te worden. De ontwikkelde aanpak voor het bundelen van infrastructuur komt hieraan tegemoet; het is een leidraad om tot keuzes te kunnen komen. Het traceringsproces is bovendien *navolgbaar* aangezien een transparante structuur wordt gevolgd. Juist deze navolgbaarheid is belangrijk omdat de waardering altijd afhankelijk is van de momentane waarden en normen. Door de gestructureerdheid en controleerbaarheid zijn de alternatieven bij inspraakmomenten beter verdedigbaar. Tevens is er bij nagenoeg elke projectstudie gaandeweg het proces de neiging dat

het aantal alternatieven en varianten toeneemt. Dit heeft als nadeel dat het keuzeproces ingewikkelder wordt en vertraging oploopt. Het tijdig elimineren van niet kansrijke oplossingen is daarom gewenst, maar gebeurt te veel ad hoc en sporadischer omdat hiervoor niet altijd de geschikte argumentatie wordt gevonden. Men dient daarom over een systematiek of argumentatie te beschikken die de niet kansrijke alternatieven in een vroeg stadium beperkt. Door het steeds “voller” worden van de ruimte is een verantwoorde tracékeuze meer en meer noodzakelijk en daardoor ook een systematische en objectieve verantwoording ervan. De methodische, objectieve en kwantitatieve inbreng bij het zoeken naar oplossingen, wordt voor de praktijk als nuttig en relevant beoordeeld.

Inpassing in het beleidskader

De Tracéwet bepaalt dat in de eerste fase een verkenning moet worden uitgevoerd die wordt verwoord in de Startnotitie. Hierin staan het probleem, het nut en de noodzaak tot ingrijpen en de oplossingsrichtingen beschreven. Als deze oplossingsrichtingen een nieuw tracé bevatten, dient de globale zone van dit tracé te worden aangegeven met een bandbreedte van 500 m. Tevens wordt een globale indicatie gegeven over de kosten en de milieueffecten.

Dit gegeven leidt ertoe dat de ontwikkelde aanpak bijna volledig in de verkennende fase, die leidt tot de Startnotitie, moet worden ingepast. De aanpak leidt er immers toe dat een aantal *kansrijke* alternatieven worden ontwikkeld en onderscheiden van de minder kansrijke. De kansrijke dienen in het verdere planproces te worden geoptimaliseerd door gedetailleerdere studie en confrontatie met inspraak en overleg.

Inhoudelijke aspecten van de aanpak

Naast principiële bemerkingen en positioneringsaspecten zijn een reeks inhoudelijke nuances gemaakt. De in de aanpak omschreven conceptfase wordt in de praktijk zelden op een dergelijk globaal niveau beschouwd. Bij het zoeken naar oplossingen vertrekt men meestal met de opmaak en analyse van een belemmeringenkaart, hetgeen neerkomt op een zeefanalyse en het definiëren van een reeks dwangpunten. Dit betekent dat men in de praktijk meestal vertrekt met de corridorfase, zoals ze in de ontwikkelde aanpak gedefinieerd is. Niettemin wordt aangegeven dat een dergelijke algemene en globale beschouwing en de toetsing van de oplossingsrichtingen aan het hoger gelegen beleid wenselijk is.

Het expliciet hanteren van een maximale omwegfactor en dit als randvoorwaarde hanteren voor het definiëren van het onderzoeksgebied wordt in de praktijk niet toegepast. Toch wordt deze benadering als zeer wenselijk beschouwd. Op dit moment worden de kosten en de baten van oplossingen enkel beoordeeld op basis van de investering en niet op basis van de exploitatie. Hoewel de tracélengte van invloed is op de investering, is de invloed op de exploitatie in verhouding veel belangrijker. In feite is dit dan de enige factor. De tracélengte dient bijgevolg meer in het proces te worden betrokken. Door op basis hiervan een zoekgebied te definiëren en door tracés te elimineren die niet aan het omwegcriterium voldoen, wordt hieraan tegemoet gekomen. Het principe voor toekomstvast infrastructuur en voor spoorwegen in het bijzonder dient steeds te zijn: een zo recht mogelijke lijn.

Het gebruik van gewichten is steeds aan discussie onderhevig. Toch is weging van keuzecriteria noodzakelijk. Derhalve dienen de gewichten expliciet en duidelijk te worden vermeld en moet het ook mogelijk zijn de gewichten aan te passen, afhankelijk van de waarden op dat moment. Dit moet ook toelaten een gevoeligheidsanalyse te maken.

Hoewel de in de aanpak omschreven inpassingsfase een aanzet biedt om op detailniveau de bundel vorm te geven, zijn een aantal zogenaamde archetypen eerder theoretisch en academisch. Met name de bundeling op afstand waarbij bewust een andere functie tussen de infrastructuurlijnen wordt toegestaan, zal zelden of nooit expliciet gewenst zijn, maar zal het resultaat zijn van een feitelijke situatie. Derhalve kan het zinvol zijn om bij het begin van de inpassingsfase en op grond van de mogelijkheden “ten velde” de principiële keuze te maken tussen een strakke bundeling of een bundeling op afstand. Indien strakke bundeling mogelijk

is, kan met behulp van de geschetste methodiek een oordeel worden gevormd over de wenselijkheid om met overlap, naadloos of met een functionele tussenruimte te bundelen. Wellicht dat het alternatief, de heuristische wijze met behulp van vuistregels, praktischer is omdat deze beter kan inspelen op de feitelijke toestand.

Het benutten of bewust maken van reserveringen zal in de praktijk nauwelijks voorkomen. Vooral in stedelijke omgevingen is dit een utopie: ze zijn er gewoonweg niet.

Hoewel de mogelijkheden hiervoor reeds zijn aangegeven, wordt vermeld dat de aanpak in staat moet zijn om te gaan met terugkoppelingen in het ontwerpproces. Vaak leidt een minder bevredigende oplossing ertoe dat eerder gestelde uitgangspunten en randvoorwaarden (b.v. de ontwerpsnelheid) worden bijgesteld. Hierdoor neemt de oplossingsruimte toe. Doordat de aanpak een open structuur heeft kunnen veranderingen eenvoudig worden ingebracht door aanpassing van de invoergegevens en de wenselijkheid van de verschillende corridors worden heroverwogen.

7.11. Conclusie

In dit hoofdstuk is de ontwerpaanpak voor het bundelen van infrastructuur geoperationaliseerd. De inzichten en resultaten uit de conceptualisatie, gecombineerd met de analyse van bestaande methoden en technieken hebben hiervoor als basis gediend.

Kenmerkend is dat het ontwerpproces bestaat uit drie fasen, waarin telkens de relevante criteria op dat specifieke niveau worden meegenomen. In de conceptfase gaat het om algemene verwachtingen van het bundelingsprincipe op macroniveau. In de corridorfase worden op een gedetailleerder niveau de mogelijkheden onderzocht. Het gaat dan voornamelijk om een vergelijking van de gebieds- en infrastructuurkenmerken in een zoekgebied. Het bundelingsprincipe wordt in feite onderzocht op mesoniveau. Tenslotte is de vormgevings- en inpassingsfase te kenmerken als een ontwerpactiviteit op microniveau; op een concrete plek wordt gezocht naar het meest gewenste ontwerp.

Toch is de methode geen garantie voor het verkrijgen van de objectief “beste” bundeling. Hiervoor zijn een aantal redenen aan te geven. De waardering en beoordeling van een ontwerp is afhankelijk van verschillende criteria met een verschillend belang of gewicht; een gewicht dat overigens kan verschillen naargelang de tijd of de persoon/instantie die het beschouwt. Het staat dus niet los van subjectieve en intersubjectieve aspecten. Bovendien is het ontwerpen en meer bepaald het vormgeven meer dan het zoeken naar de beste oplossing uit een reeks beschikbare mogelijkheden. In feite is het aantal keuzes oneindig groot en kan dit niet in een proces geformaliseerd of gestandaardiseerd worden. Het blijft toch een kwestie en voorlopig een monopolie van de menselijke geest, hoewel een aantal richtlijnen kunnen worden aangereikt. Tenslotte is er in deze fase nog te weinig bekend over de precieze locatiegebonden effecten. Het ontwerp is immers bepaald op basis van een aantal veronderstellingen uit theoretisch en empirisch onderzoek, doch er is geen bewijs dat deze veronderstellingen in alle gevallen van toepassing zijn.

De ontwikkelde aanpak is dan ook te kenmerken als een structurering van het ontwerpproces, waarbij *kansrijke* alternatieven worden ontwikkeld. Deze alternatieven kunnen dan gebruikt worden als ingang voor een gedetailleerdere effectstudie.

8. TOEPASSING: DE BETUWEROUTE ROTTERDAM-GORINCHEM

8.1. Inleiding

In dit hoofdstuk wordt de geformuleerde aanpak voor het ontwikkelen van gebundelde alternatieven toegepast op de tracering van de Betuweroute tussen Rotterdam en Gorinchem. Deze case-study is interessant omdat hiervoor door de Nederlandse Spoorwegen reeds alternatieven zijn ontwikkeld. Het is bovendien een geschikte case-study omdat tussen het genoemde herkomst- en bestemmingspunt meerdere typen infrastructuur aanwezig zijn. Hierdoor kan ook de aanpak voor het beoordelen van de bundelbaarheid van de bestaande infrastructuur getoetst worden.

8.2. De conceptfase

8.2.1. Stap 1a: Inventarisatie visies uit het facet- en sectorbeleid

Het vigerende en relevante facet- en sectorbeleid staat verwoord in respectievelijk de VINEX en het Tweede Structuurschema Verkeer en Vervoer. In beide documenten wordt bundeling van infrastructuur gepropageerd als middel ter beperking van versnippering en barrièrewerking en de vrijwaring van ecologische waarden. Ook in de nota “Nederland 2030” wordt, afhankelijk van het scenario, bundeling van infrastructuur en de ontwikkeling van vervoerscorridors bepleit. Niettemin kunnen deze effecten ook op andere manieren worden bereikt door b.v. het nemen van compenserende maatregelen.

8.2.2. Stap 1b: Inventarisatie uitgangspunten t.a.v. de tracering

Hoewel een nadere onderbouwing ontbreekt, wordt in het rapport *Betuweroute* van de Nederlandse Spoorwegen (NS, 1992) ondubbelzinnig het bundelen van infrastructuur als uitgangspunt gesteld. Andere traceringsprincipes worden niet expliciet beschouwd, hoewel voor sommige sommige tracédelen geen gebundelde alternatieven worden ontwikkeld, b.v. door de Sophiapolder tussen H.I. Ambacht en Papendrecht. De in de projectnota gestelde uitgangspunten hebben betrekking op de *oplossingen*.

Anders dan in de projectnota moeten uitgangspunten gesteld worden ten aanzien van de *effecten* van de oplossingen:

- minimalisering van de negatieve externe effecten (versnippering, geluidhinder, visuele hinder, ...)
- minimalisering van de kosten (constructieve effecten)
- minimalisering van de negatieve interne effecten (omrijden, rijkosten, rijtijdverliezen, interne veiligheid...)
- maximalisering van de baten (vervoersprestatie, overslagmogelijkheden met overige infrastructuur, ...)

8.2.3. Stap 1c: Ontwikkeling traceringsprincipes en oplossingsrichtingen

De genoemde uitgangspunten ten aanzien van de effecten leiden tot een aantal mogelijke traceringsconcepten. De relatie hiertussen is weergegeven in Tabel 8-1.

| Tabel 8-1: Relatie uitgangspunten en traceringsconcepten | |
|---|---|
| Uitgangspunten | Traceringsprincipe\oplossingsrichting |
| Uit VINEX en SVV II: <ul style="list-style-type: none"> • Beperking versnippering en barrièrewerking • Vrijwaring ecologische waarden | bundeling, aanleg tunnel bundeling, aanleg tunnel |
| Principiële uitgangspunten t.a.v. de effecten: <ul style="list-style-type: none"> • Minimalisering externe negatieve effecten • Minimalisering kosten • Optimalisering eigen functioneren (snelheid, veiligheid) • Maximalisering baten/uitwissingsmogelijkheden | bundeling, aanleg tunnel, mitigerende en compenserende maatregelen rechte lijn, vrije tracering rechte lijn, aanleg tunnel bundeling |

Hieruit blijkt dat bundeling van infrastructuur tegemoet kan komen aan de meeste uitgangspunten. Een minimalisering van de kosten en een optimalisatie van de snelheid en veiligheid wordt bij een bundeling met *bestaande* infrastructuur wellicht niet bereikt.

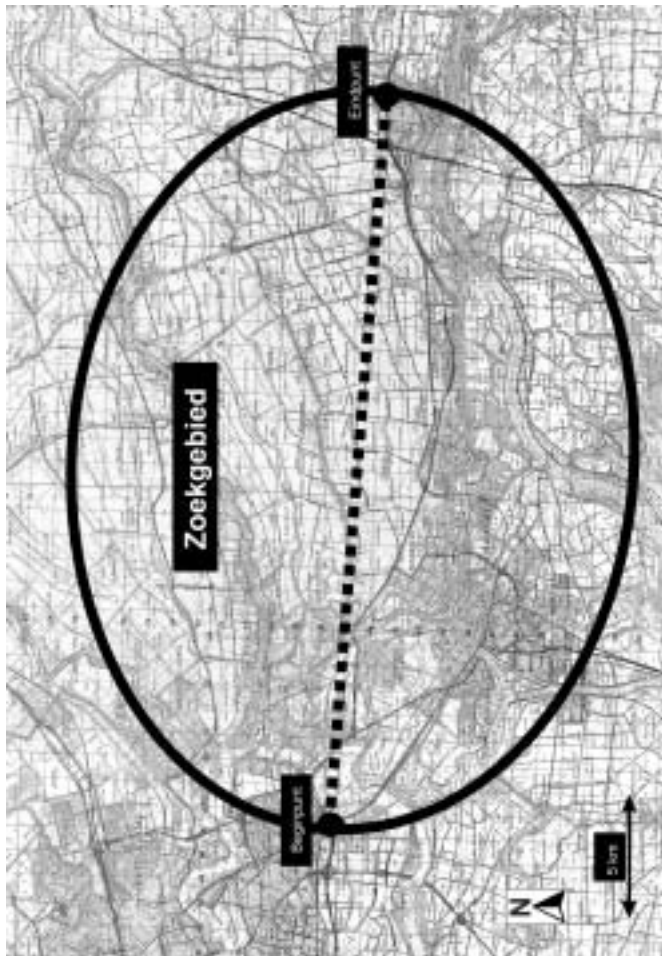
8.2.4. Stap 1d: Selectie traceringsprincipes en oplossingsrichtingen

Uit Tabel 8-1 blijkt dat meerdere oplossingsrichtingen of traceringsconcepten kunnen worden toegepast. Aangezien door middel van bundeling aan diverse uitgangspunten tegemoet kan komen, dient dit traceringsprincipe in ieder geval als een mogelijkheid te worden onderzocht, zonder daarbij de overige traceringsconcepten te negeren. In het vervolg van dit onderzoek zal echter enkel nog de bundeling worden behandeld.

8.3. De corridorfase

8.3.1. Stap 2a: Afbakening zoekgebied

Voor de afbakening van het zoekgebied wordt een omwegfactor van 1.25 aangenomen. Voor spoorwegen is dit aanvaardbaar, in tegenstelling tot hoogspanningslijnen of buisleidingen die vrij “plooibaar” zijn en gemakkelijker getraceerd kunnen worden en waarvoor een factor 1.1 nog aanvaardbaar is. Voor spoorwegen en auto(snel)wegen dient dit ruimer te worden genomen. De maximale omwegfactor is enkel relevant voor de bepaling van het zoekgebied en het beperken van het aantal oplossingsmogelijkheden. Indien met een bepaalde factor (in dit geval 1.25) reeds verschillende alternatieven kunnen worden gevonden is het niet nodig een ruimer gebied te gaan definiëren. Een verdere beperking kan echter wel. De hemelsbrede afstand tussen herkomst- en bestemmingspunt is exact 30 km. De maximale afwijking of omweg (o) loodrecht op het midden van de kortste verbinding wordt berekend als volgt: $o = \sqrt{o^2} = \sqrt{((30 \cdot 1.25)/2)^2 - (30/2)^2} = 11.25$ km. Dit zoekgebied is weergegeven in Figuur 8-1.



Figuur 8-1: Zoekgebied

8.3.2. Stap 2b: Inventarisatie uitgangssituaties, projectkarakteristieken en ontwerp mogelijkheden

Uitgangssituatie

In het gebied tussen Rotterdam en Gorinchem liggen meerdere infrastructuurlijnen: twee autosnelwegen, een spoorlijn, een kanaal, een rivier en diverse hoogspanningslijnen.

Projectkarakteristiek

Het project Betuweroute behelst de aanleg van één nieuwe infrastructuurlijn. Andere infrastructuurprojecten zijn vooralsnog niet gepland.

Ontwerpmogelijkheden

Het meest voor de hand liggend is een bundeling van de nieuwe spoorlijn met bestaande aanwezige infrastructuur. Een nadere corridorkeuze kan worden uitgevoerd om te beslissen met welke bestaande infrastructuur wordt gebundeld.

Hoewel vooralsnog geen andere infrastructuurlijnen worden aangelegd of zijn gepland, kan een anticiperende bundeling worden overwogen: de Betuwelijn wordt op een zodanige manier aangelegd dat bundeling met een in de toekomst aan te leggen infrastructuurlijn zo min mogelijk problemen levert. Concreet betekent dit de solitaire of niet-gebundelde aanleg met ruimere boogstralen en een gereserveerde zone van 50-100 m aan minstens één kant van de nieuwe spoorlijn.

Een zogenaamde vrije bundeling, waarbij verschillende infrastructuren samen gebundeld worden aangelegd, is natuurlijk niet mogelijk: enkel de Betuweroute staat nu op het programma.

8.3.3. Stap 2c: Selectie ontwerpmogelijkheden

Gelet op het feit dat tussen Rotterdam en Gorinchem de belangrijkste typen infrastructuur en vervoersmodaliteiten reeds aanwezig zijn, is de kans op een toekomstige bundeling zeer gering. Het uitwerken van bundelingsalternatieven met alle in het zoekgebied aanwezige infrastructuur is, gelet op het grote aanbod van infrastructuur, niet wenselijk. Een nadere selectie binnen het zoekgebied dient te worden gemaakt. De uiteindelijke selectie van de ontwerpmogelijkheden luidt dus: *bundeling met bestaande infrastructuur met corridorkeuze*.

8.3.4. Stap 2d: Inventarisatie en eerste selectie bestaande infrastructuur in het zoekgebied

In het zoekgebied zijn de volgende (hoofd)infrastructuren aanwezig waarmee in beginsel gebundeld kan worden:

1. de autosnelweg A15, traject Rotterdam-Gorinchem
2. de autosnelweg A16, traject Rotterdam-Dordrecht
3. de spoorlijn traject Rotterdam-Dordrecht-Gorinchem
4. de rivieren Oude Maas-Beneden Merwede, traject Dordrecht-Gorinchem
5. het kanaal van Steenenhoek, traject Hardinxveld-Gorinchem
6. diverse hoogspanningslijnen

Op basis van de bundelingshiërarchie is bundeling van een goederenspoorlijn met een hoogspanningsleiding niet wenselijk.

8.3.5. Stap 2e: Ontwikkeling tracédelen

Op basis van het aanwezige en geselecteerde infrastructuurnetwerk kunnen de tracédelen worden onderscheiden. Een tracédeel is dan het gedeelte tussen twee kruisingen van infrastructuurlijnen die in stap 2d zijn geselecteerd. De mogelijke tracédelen zijn als volgt:

1. Autosnelweg A15

- a) Beginpunt - Knooppunt Ridderkerk
- b) Knooppunt Ridderkerk - Kruising Spoorlijn bij Sliedrecht
- c) Kruising spoorlijn bij Sliedrecht - Kruising spoorlijn bij Schelluinen
- d) Kruising spoorlijn bij Schelluinen - Eindpunt

2. Autosnelweg A16, traject Rotterdam-Dordrecht

- a) Knooppunt Ridderkerk - Kruising spoorlijn Rotterdam-Dordrecht
- b) Kruising spoorlijn Rotterdam-Dordrecht - Kruising Oude Maas

3. Spoorlijn Rotterdam-Dordrecht-Gorinchem

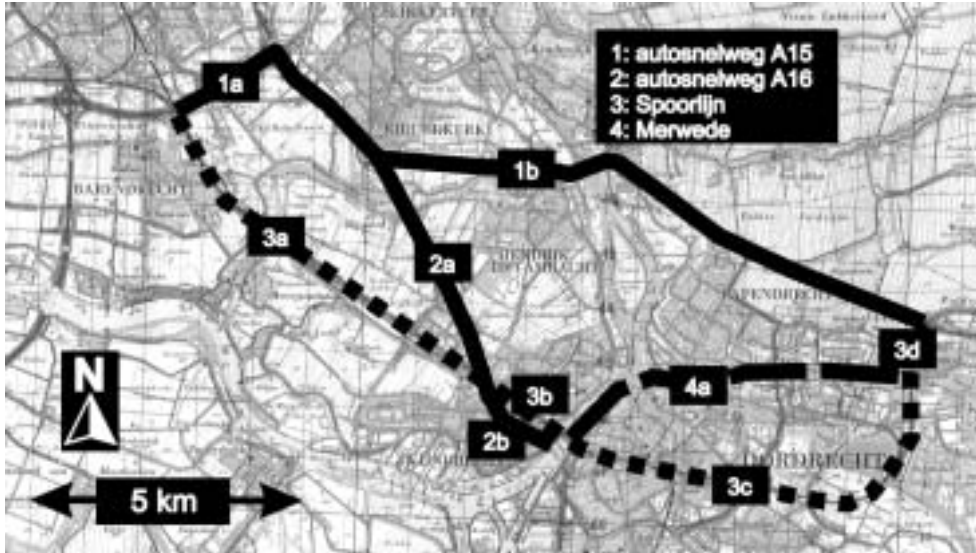
- a) Beginpunt - Kruising A16
- b) Kruising A16 - Kruising Oude Maas
- c) Kruising Oude Maas - Kruising Beneden Merwede bij Sliedrecht
- d) Kruising Beneden Merwede bij Sliedrecht - Kruising A15 bij Sliedrecht
- e) Kruising A15 bij Sliedrecht - Kruising A15 bij Schelluinen
- f) Kruising A15 bij Schelluinen - Eindpunt

4. Oude Maas-Beneden Merwede, traject Dordrecht-Gorinchem

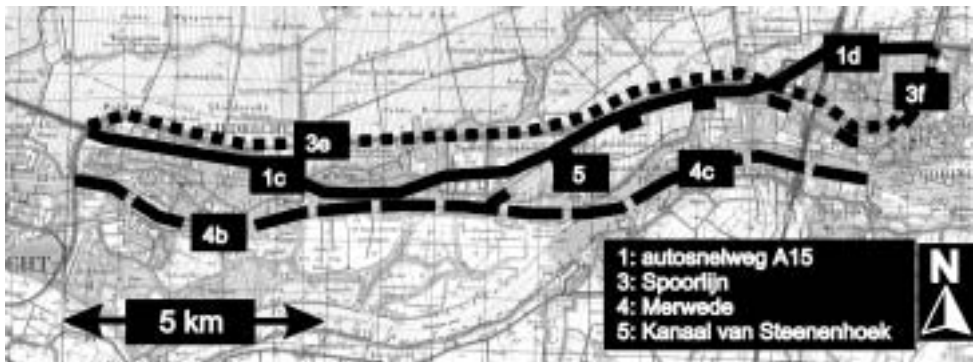
- a) Kruising A16-Kruising spoorlijn Dordrecht-Gorinchem bij Sliedrecht
- b) Kruising spoorlijn Dordrecht-Gorinchem bij Sliedrecht - aantakking Kanaal van Steenenhoek
- c) Aantakking Kanaal van Steenenhoek - Voorhaven in Gorinchem - vervolg Kanaal van Steenenhoek

5. Kanaal van Steenenhoek, traject Hardinxveld-Gorinchem

Een overzicht van de tracédelen is weergegeven in Figuur 8-2 en Figuur 8-3.



Figuur 8-2: Overzicht tracédelen Betuweroute Rotterdam-Gorinchem westelijk gedeelte



Figuur 8-3: Overzicht tracédelen Betuweroute Rotterdam-Gorinchem oostelijk gedeelte

8.3.6. Stap 2f: Inventarisatie en meting basisgegevens bundelbaarheid per tracédeel

In Tabel 8-2 en Tabel 8-3 zijn de basisgegevens in verband met de bundelbaarheid per tracédeel opgenomen. Er is een onderscheid gemaakt tussen noord/oost en zuid/west om de beste “kant” van de bundeling te kunnen bepalen. Vooralnog heeft elk criterium hetzelfde gewicht. In een latere paragraaf zal een gevoeligheidsanalyse worden toegepast.

Tabel 8-2: Kenmerken tracédelen noord/oost

| | 1a | 2a | 3a | 1b | 2b | 3b | 3c | 4a | 3d | 4b | 1c | 3e | 1d | 4c | 3f | 5 |
|----------------------------|------|------|------|-------|------|------|-------|-------|------|------|-------|------|------|-------|------|------|
| Lengte | 4,3 | 4,4 | 7,6 | 10,9 | 2,1 | 2,0 | 8,1 | 6,7 | 1,1 | 8,2 | 13,1 | 14,1 | 3,6 | 10,1 | 4,5 | 10,1 |
| Woongebied | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Linten | 0,01 | 0,30 | 0,20 | 0,10 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,10 | 0,01 | 0,10 | 0,10 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,10 |
| 0-100m | 0,80 | 0,40 | 0,01 | 0,01 | 0,80 | 1,60 | 4,50 | 9,60 | 0,01 | 3,10 | 4,30 | 2,30 | 0,20 | 3,10 | 3,20 | 2,90 |
| 100-200m | 0,90 | 0,45 | 1,50 | 0,01 | 1,10 | 0,01 | 4,50 | 10,60 | 0,01 | 1,00 | 3,20 | 1,65 | 0,01 | 1,00 | 3,00 | 1,20 |
| 200-300m | 1,80 | 0,50 | 0,01 | 0,01 | 1,30 | 0,01 | 4,50 | 11,00 | 0,01 | 0,80 | 3,00 | 0,70 | 0,01 | 0,80 | 2,80 | 1,20 |
| woon gewog. ¹ | 0,90 | 0,42 | 0,40 | 0,02 | 0,87 | 0,81 | 4,05 | 9,10 | 0,02 | 1,92 | 3,41 | 1,68 | 0,11 | 1,92 | 2,77 | 1,94 |
| Natuurgebied | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0-100m | 1,10 | 2,00 | 2,40 | 1,40 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,50 | 0,01 | 0,01 | 3,10 | 0,01 | 0,01 |
| 100-200m | 1,10 | 2,00 | 2,40 | 1,40 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,50 | 0,01 | 0,01 | 3,10 | 0,01 | 0,01 |
| 200-300m | 1,10 | 2,00 | 2,40 | 0,50 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,50 | 0,01 | 0,01 | 3,10 | 0,01 | 0,01 |
| natuur gewog. ² | 1,10 | 2,00 | 2,40 | 1,22 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,50 | 0,01 | 0,01 | 3,10 | 0,01 | 0,01 |
| Kruisingen | 3,00 | 6,00 | 8,00 | 12,00 | 4,00 | 3,00 | 12,00 | 9,00 | 1,00 | 5,00 | 10,00 | 9,00 | 4,00 | 4,00 | 3,00 | 8,00 |
| Dwarsprofiel | 2,50 | 2,35 | 0,01 | 4,50 | 7,00 | 0,60 | 1,50 | 6,70 | 0,01 | 8,20 | 3,40 | 1,80 | 2,90 | 10,10 | 0,80 | 8,60 |
| Trac.kenm. | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 1,80 | 0,00 | 0,01 | 1,70 | 1,50 | 0,80 | 0,01 | 0,01 | 1,00 | 0,50 | 2,50 | 2,50 | 3,20 |

Tabel 8-3: Kenmerken tracédelen zuid/west

| | 1a | 2a | 3a | 1b | 2b | 3b | 3c | 4a | 3d | 4b | 1c | 3e | 1d | 4c | 3f | 5 |
|---------------|------|------|------|-------|------|------|-------|------|------|------|-------|-------|------|-------|------|-------|
| Lengte | 4,30 | 4,40 | 7,60 | 10,90 | 2,10 | 2,00 | 8,10 | 6,70 | 1,10 | 8,20 | 13,10 | 14,10 | 3,60 | 10,10 | 4,50 | 10,10 |
| Woongebied | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Linten | 0,01 | 0,20 | 0,10 | 0,10 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,10 | 0,01 | 0,10 | 0,10 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,30 |
| 0-100m | 0,01 | 0,25 | 1,40 | 1,00 | 1,20 | 1,00 | 4,10 | 2,00 | 0,01 | 4,40 | 4,40 | 5,50 | 1,00 | 4,10 | 0,50 | 0,80 |
| 100-200m | 0,01 | 0,30 | 1,55 | 1,00 | 1,50 | 0,60 | 4,30 | 2,20 | 0,01 | 4,40 | 4,20 | 2,00 | 1,15 | 0,90 | 0,60 | 0,90 |
| 200-300m | 0,01 | 0,35 | 2,45 | 1,15 | 1,50 | 0,01 | 4,30 | 2,30 | 0,01 | 4,40 | 4,10 | 2,00 | 1,70 | 0,90 | 0,01 | 1,20 |
| woon gewog. | 0,01 | 0,27 | 1,47 | 0,93 | 1,20 | 0,65 | 3,77 | 1,90 | 0,02 | 3,96 | 3,88 | 3,56 | 1,04 | 2,41 | 0,40 | 0,84 |
| Natuurgeb. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0-100m | 0,01 | 1,60 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,01 | 5,20 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 1,50 |
| 100-200m | 0,01 | 1,60 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 5,20 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 2,20 | 0,01 | 1,50 |
| 200-300m | 0,01 | 1,60 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 5,20 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 2,20 | 0,01 | 1,50 |
| natuur gewog. | 0,01 | 1,60 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 5,20 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 1,11 | 0,01 | 1,50 |
| Kruisingen | 3,00 | 6,00 | 8,00 | 12,00 | 4,00 | 3,00 | 12,00 | 9,00 | 1,00 | 5,00 | 10,00 | 9,00 | 4,00 | 5,00 | 3,00 | 8,00 |
| Dwarsprofiel | 3,50 | 2,00 | 4,30 | 4,20 | 5,00 | 0,50 | 1,30 | 6,70 | 0,01 | 5,70 | 3,40 | 1,80 | 2,90 | 10,10 | 0,80 | 8,60 |
| Trac.kenm. | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 1,80 | 1,80 | 0,00 | 1,70 | 1,50 | 0,80 | 0,01 | 0,01 | 1,00 | 0,50 | 2,50 | 2,50 | 3,20 |

8.3.7. Stap 2g: Ontwikkeling routes tussen herkomst en bestemming

Op basis van de ontwikkelde tracédelen kunnen 56 routes tussen het herkomst- en bestemmingspunt gevormd worden. Deze routes zijn een combinatie van alle geselecteerde infrastructuurlijnen. Dit is weergegeven in bijlage 4.

8.3.8. Stap 2h: Berekening bundelbaarheidsindex per route

In bijlage 4 zijn de ruwe scores per route berekend. Deze ruwe scores per criterium zijn de optelling van de ruwe scores per tracédeel en per criterium.

¹ Er is wel een weging op de subcriteria toegepast. Hoe dichterbij de infrastructuur, hoe ernstiger de doorsnijding. De weging is als volgt: 0-100m: 0.5, 100-200m: 0.25, 200-300m: 0.15, doorsnijding bebouwingslint: 0.1. De waarden zijn gestandaardiseerd en kunnen daarom bij elkaar worden opgeteld.

² De weging van natuurgebied is als volgt: 0-100m: 0.5, 100-200m: 0.3, 200-300m: 0.2

Eerst en vooral worden de routes gecontroleerd op totale lengte. Vijf routes blijken een langere omwegfactor (1.25) te hebben dan toegestaan. Deze zijn in de tabel vet gedrukt. Deze routes worden niet meer meegenomen bij de verdere selectie. Indien men de maximale omwegfactor op 1.1 zou nemen, zouden slechts 3 routes aan dit ingangscriterium voldoen, met name route 1, 2 en 3. Dit betreft een bundeling met de A15, al dan niet gecombineerd met een bundeling met de bestaande Betuwelijn.

Vervolgens worden de ruwe scores te worden gestandaardiseerd. De gestandaardiseerde scores zijn opgenomen in bijlage 4. Vervolgens kan een totaalwaarde worden berekend. Dit is de optelling (vooralsnog ongewogen) van de zes criteria. De minimale waarde is 0, de maximale waarde is 6. Dit is een relatieve maat. Het geeft geen informatie over de daadwerkelijke problemen waar men met bundeling mee te maken krijgt.

8.3.9. Stap 2i: Vergelijking routes en selectie

Op basis van de bundelbaarheidsindex blijken routes 1 en 3 met een ex aequo score de meest geschikte, gevolgd door routes 2 en 4 met eveneens een ex aequo score. Ze bestaan concreet uit de volgende tracédelen:

- route 1: tracédelen 1a, 1b, 1c, 1d (volledig gebundeld met de A15)
- route 3: tracédelen 1a, 1b, 3e, 1d (gebundeld met de A15, bestaande Betuwelijn en terug de A15)
- route 2: tracédelen 1a, 1b, 1c, 3f (gebundeld met de A15 en de bestaande Betuwelijn (laatste stuk))
- route 4: tracédelen 1a, 1b, 3e, 3f (voor ongeveer de eerste helft gebundeld met de A15 en de tweede helft met de bestaande Betuwelijn)

Voor een situering van de routes wordt verwezen naar Figuur 8-2 en Figuur 8-3 .

Uit de analyse van de vier scores blijkt een duidelijke cesuur met de overige routes. De routes hebben een score van respectievelijk 0.62 voor de routes 1 en 3, en 1.19 voor de routes 2 en 4 (verschil van 0.57). De volgende score bedraagt 2.09 voor de routes 50 en 51 (verschil van 0.9). Vanaf hier liggen de scores vrij dicht bij elkaar: 2.43, 2.64, 2.65, 2.86, enz..

8.3.10. Gevoeligheidsanalyse bundelbaarheidsindex

Bij de berekening van de bundelbaarheidsindex is vooralsnog geen weging van de criteria toegepast, behoudens de weging van de subcriteria van de doorsnijding van woon- en natuurgebied. Om na te gaan hoe “standvastig” de uitkomsten zijn is een ranglijst van kansrijke routes berekend op basis van alternatieve gewichten. Er zijn zes alternatieve gewichtensets gebruikt; per criterium een gewicht dat drie maal zo zwaar is als bij de andere criteria. De uitkomsten staan vermeld in Tabel 8-4. Bij elke gewichtenset zijn de beste 5 routes weergegeven.

Tabel 8-4: Uitkomsten gevoeligheidsanalyse bundelbaarheid

| Rang | Basis | 3 X lengte | 3 X woongebied | 3 X natuurgebied | 3 X kruising | 3 X var. dwarsprofiel | 3 X traceringskenmerken |
|------|------------|------------|----------------|------------------|--------------|-----------------------|-------------------------|
| 1 | 1,3 (0.62) | 1 (0.62) | 3 (0.62) | 1,3 (0.62) | 3 (0.78) | 3 (0.88) | 1 (0.62) |
| 2 | | 3 (0.92) | 1 (1.19) | | 1 (0.93) | 1 (0.99) | 3 (1.16) |
| 3 | 2,4 (1.19) | 2 (1.45) | 4 (1.26) | 2,4 (1.19) | 4 (1.19) | 4 (1.30) | 2 (2.27) |
| 4 | | 4 (1.75) | 2 (1.83) | | 2 (1.34) | 2 (1.41) | 51 (2.36) |
| 5 | 51 (1.93) | 51 (2.74) | 50 (2.89) | 50,51 (2.10) | 50 (3.16) | 50 (2.61) | 39 (2.70) |

Uit deze tabel blijkt dat de uitkomsten vrij ongevoelig zijn voor het gekozen gewicht. Routes 1 en 3 blijven steeds de beste, bijna steeds gevolgd door routes 2 en 4. Route 50 en 51 zijn afwisselend vijfde. Bij het extra gewicht op traceringskenmerken scoort route 51 relatief hoog en blijkt zelfs route 39 (bundeling met achtereenvolgens de bestaande spoorlijn Rotterdam-Breda, de A16, Beneden Merwede, bestaande Betuwelijn en vervolgens de A15 tot in Gorinchem) als vijfde beste.

Als conclusie geldt dat routes 1, 3, 2 en 4 achtereenvolgens als meest kansrijke kunnen worden bestempeld.

8.4. De ontwerp- en inpassingsfase

Voor routes 1, 2, 3 en 4 zal de inpassing worden bepaald. Dit gebeurt per tracédeel.

8.4.1. Stap 3a: Inventarisatie gebiedsgevoeligheden

Een eerste stap in de ontwerp- en inpassingsfase is de bepaling van de gevoeligheden in de doorsneden gebieden. Men kan dit vaststellen op basis van bestaande milieu-analyses of milieueffectstudies en/of “expert-judgement”. Vooral nog wordt volstaan met een globale typering op een 5-puntsschaal van 1 (zeer ongevoelig) tot 5 (zeer gevoelig). Als basis zijn de milieutyperingen in de Projectnota Betuweroute gebruikt waarna een kwalitatieve beoordeling is uitgevoerd. Het werken met alternatieve gevoeligheidsscores is mogelijk. In Tabel 8-5 zijn de specifieke gevoeligheden per tracédeel opgenomen. Deze zijn bepaald op basis van een analyse van de gegevens in de projectnota Betuweroute.

| Tracédeel | Versnipp. | Dir.r.b | Geluidh. | Int. veil. | Ext. Veil. | Indir r.b. | Constr.k. | Visuele h. |
|-----------|-----------|---------|----------|------------|------------|------------|-----------|------------|
| 1a | 1 | 2 | 3 | 5 | 3 | 3 | 5 | 1 |
| 1b | 2 | 2 | 4 | 5 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| 1c | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 4 | 4 | 4 |
| 1d | 4 | 2 | 3 | 5 | 3 | 3 | 4 | 4 |
| 3e | 4 | 2 | 4 | 3 | 3 | 3 | 2 | 5 |
| 3f | 5 | 5 | 5 | 3 | 5 | 5 | 2 | 2 |

1=zeer ongevoelig, 2=ongevoelig, 3=neutraal, 4=gevoelig, 5=zeer gevoelig

Tracédeel 1a betreft een uitgesproken verkeerszone. Het is een randzone van het Rotterdams stedelijk gebied met een hoog ontwikkelingspotentieel voor nieuwe infrastructuur. De huidige reconstructie van het knooppunt Ridderkerk bevestigt dit. Derhalve is de gevoeligheid voor versnippering en visuele hinder zeer laag. Doordat het twee zeer belangrijke transportassen betreft is de interne veiligheid zeer belangrijk. Door het ontwikkelingspotentieel zijn de constructiekosten (en met name het subcriterium uitbreidingsmogelijkheden) een belangrijke factor.

Tracédeel 1b vormt de randzone en het overgangsgebied van H.I. Ambacht en Papendrecht met het buitengebied Alblasserwaard. Versnippering en direct ruimtebeslag zijn minder belangrijk. Geluidhinder, externe veiligheid, constructiekosten (uitbreidingsmogelijkheden) en visuele hinder zijn redelijk belangrijk. Doordat twee hoofdverbindingen met een zeker transportrisico worden gebundeld is de interne veiligheid zeer belangrijk.

Tracédeel 1c doorsnijdt de bebouwde gebieden van Sliedrecht, Giesendam en Neder-Hardinxveld. Hierdoor worden geluidhinder en externe veiligheid zeer belangrijke aandachtspunten. Ook het aspect versnippering, direct ruimtegebruik en visuele hinder zijn aandachtspunten.

Tracédeel 1d is voor een groot gedeelte reeds een bundeling met de spoorlijn en het kanaal van Steenenhoek en bevindt zich in de grenszone van het landelijk gebied. Enkel de interne veiligheid is zeer belangrijk. De overige criteria zijn minder relevant.

Tracédeel 3e is de grens van het overgangsgebied tussen bebouwd en landelijk gebied. Op een aantal plaatsen is het een doorsnijding van dit laatste type. Versnippering en visuele hinder zijn daardoor zeer belangrijke criteria. Interne veiligheid is door het geringe risico en belang van de bestaande spoorlijn een neutrale factor.

Tracédeel 3f is over de volle lengte een doorsnijding van het stedelijk gebied van Gorinchem. Hierdoor zijn de externe criteria zeer belangrijk, uitgezonderd de visuele hinder.

8.4.2. Stap 3b: Beoordeling archetypen

De archetypen worden per tracédeel beoordeeld door middel van een paarsgewijze vergelijking. Per criterium verkrijgt men een aparte tabel. De volledige berekening per criterium alsook de samenvattende beoordelingstabel is opgenomen in bijlage 5.

De totaaloordelen in de tabellen zijn te kenmerken als *potenties* (per archetype en per criterium). Concreet wil dit b.v. zeggen dat voor het criterium versnippering archetypen 1 en 9 (nevenge-schikte of gemengde strakke bundeling met gedeeltelijke overlap op gelijk niveau) gemiddeld genomen het beste resultaat hebben. Dit is natuurlijk slechts indicatief. De precieze effecten zijn immers mede afhankelijk van exogene variabelen en met name de gebiedsgevoeligheid.

Anderzijds geeft de beoordeling van elk archetype afzonderlijk ook impliciet de informatie in welk type gebied het archetype het meest geschikt is. Voor archetype 1 en 9 geldt dat ze in versnipperingsgevoelig gebied wellicht goed tot hun recht komen.

8.4.3. Stap 3c: Bepaling optimaal archetype per tracédeel

Het optimaal tracé per tracédeel kan nu worden gevonden door de beoordelingen per effect per archetype (bepaald in bijlage 5) te vermenigvuldigen met het gewicht per effect per tracédeel (Tabel 8-5).

Op voorhand kan men inschatten dat type 13 (de volledige stapeling), gelet op haar goede gemiddelde score uit de paarsgewijze vergelijking, bijna overal als beste oplossing naar voren zal komen. Dit moet echter om verschillende redenen gerelativeerd worden. De volledige stapeling is een erg dure oplossing. Dit komt niet tot uiting in de basisscores voor de archetypen, aangezien ze beoordeeld zijn op een ordinale schaal van 1-20. De onevenredigheid in de kostenverdeling komt hierdoor niet tot uiting. Bovendien is uitbreiding van één van de infrastructuurlijnen zeer moeilijk of zelfs onmogelijk. Het criterium “constructiekosten” zou met een basisgewicht te zwak vertegenwoordigd zijn in de eindscore. Om deze reden telt de score voor de constructiekosten dubbel. Zodoende geeft dit weer dat dit bestaat uit 2 subcriteria, met name de uitbreidingsproblemen en de echte bouwkosten. Deze laatste is altijd van belang en krijgt daarom altijd minstens de score 5.

Hieruit blijkt dat de volgende typen per tracédeel wenselijk zijn:

- tracédeel 1a: type 7
- tracédeel 1b: type 7
- tracédeel 1c: type 7

- tracédeel 1d: type 3
- tracédeel 3e: type 3
- tracédeel 3f: type 3, 7, 13

Dit betekent in alle gevallen een strakke bundeling *met functionele tussenruimte*. Afhankelijk van de situatie kunnen de elementen op een ongelijk niveau worden aangelegd. Nadere analyse leert dat dit met name het geval is nabij een omgeving die gevoelig is voor geluidhinder en externe veiligheid. Bij tracédeel 3f kan een volledige stapeling worden overwogen. Dit is gelet op de dichte bebouwing van Gorinchem op sommige plaatsen voorstelbaar, hoewel een nevenge-schikte bundeling in principe tot zeer weinig sloop van gebouwen leidt. Bovendien kunnen de hoge kosten van een gestapelde bundeling een randvoorwaarde blijken.

8.4.4. Stap 3d: Optimalisering onderlinge schikking

Een mogelijkheid voor een interne wisseling doet zich voor bij tracédeel 1c. Met behulp van de ontwikkelde methode is gekozen voor de aanleg ten zuiden van de snelweg. Daardoor komt de spoorlijn aan de bebouwingkant van Sliedrecht te liggen; de bebouwing van Sliedrecht heeft blijkbaar minder zwaar doorgewogen in de gebiedsgevoeligheid en de bundelbaarheid dan elementen aan de overzijde van de infrastructuur. De wisseling kan worden voorzien tussen Sliedrecht en Giessendam.

8.4.5. Stap 3e: Optimalisatie tracering en inpassing

Vervolgens kan het tracé worden ingepast, rekening houdend met de lokale omstandigheden. Concreet betekent dit dat het oorspronkelijk gekozen archetype zoveel mogelijk moet worden gevolgd. Indien afwijkingen noodzakelijk zijn, kan een ander bijpassend archetype worden toegepast, of de omgeving worden aangepast aan het ontwerp dat initieel was bepaald.

Dit leidt tot de volgende tracering per tracédeel:

Bij *tracédeel 1a* zijn er geen belemmeringen. Het basistype kan worden gehandhaafd. De tussenliggende ruimte dient ongeveer 25 m te bedragen, hetgeen volstaat voor de uitbreiding van de snelweg en de spoorlijn met respectievelijk 2 rijstroken en 2 sporen. Ter hoogte van de aansluiting met rijksweg A15 wordt rijksweg 16 gekruist.

Bij *tracédeel 1b* is er geen uitgesproken voorkeur wat betreft onderlinge schikking. Maar er moet rekening gehouden worden met het feit dat bij het begin van tracédeel 1c een noordelijke ligging van de spoorlijn gewenst is. Het tracé wordt aangelegd ten zuiden van rijksweg 15. Ten westen van de aansluiting “Ridderkerk” wordt de snelweg gekruist om verwijderd te blijven van de bebouwing van Papendrecht en het kruisingscomplex met de brug over de Noord te vermijden. De Noord wordt middels een tunnel gekruist. De spoorlijn blijft verdiept om op deze manier de aansluiting “Alblasserdam-Papendrecht” te kunnen passeren.

Hoewel bij *tracédeel 1c* in de corridorfase de voorkeur is uitgesproken om het tracé ten zuiden van de snelweg aan te leggen, moet dit toch gerelativeerd worden. De score wordt bijna volledig beïnvloed door de aanwezigheid van een stuk natuurgebied/bos van slechts 0.5 km tussen Giessendam en Boven-Hardinxveld. Toch is de noordelijke ligging aantrekkelijk, omdat hierbij aangesloten kan worden op de bestaande spoorlijn en op deze manier een betere benutting van de ruimte wordt bereikt. Ter hoogte van Giessendam kan een zuidelijke ligging worden overwogen. Bij *tracédeel 1d* is een noordelijke ligging verkieselijk. Door een verdiepte ligging kunnen de aansluiting en het knooppunt “Gorinchem” worden gekruist.

Bij tracédeel 3e wordt de nieuwe spoorlijn aan de noordkant van de bestaande lijn aangelegd. Hier aan een gewone verbreding (type 1 of 11) worden toegepast. Wellicht dat het geheel in één keer verdiept kan worden aangelegd

Vermits *tracédeel 3f* ook een spoorlijn betreft, kan hier een verbreding (type 1 of 11) worden toegepast.

8.4.6. Stap 3f: Bepaling hoogteligging nieuwe infrastructuur

Voor tracédelen 1d, 3e en 3f is een bundeling op gelijk niveau wenselijk. De nieuwe lijn dient zich dus aan de hoogteligging van de bestaande aan te passen. Voor tracédelen 1a, 1b en 1c is een bundeling op ongelijk niveau verkieselijk. De gewenste hoogteligging moeten worden bekeken in relatie tot de omgeving. Dit is per tracédeel verschillend. In *tracédeel 1a* ligt de nieuwe lijn het verst van de bebouwing; dient deze op een lager niveau dan de autosnelweg te worden aangelegd. In tracédeel 1b ligt de nieuwe lijn aan de bebouwingszijde en is een hogere ligging dan die van de snelweg aangewezen. Bij *tracédeel 1b* ligt de nieuwe lijn het verst van de bebouwing. Om deze reden is een verdiepte ligging aangewezen. Bij *tracédeel 1c* wordt ter hoogte van Sliedrecht de nieuwe spoorlijn verdiept aangelegd. Ter hoogte van Giessendam ligt de lijn het dichtst bij de bebouwing. Ter plaatse ligt de lijn hoger dan de autosnelweg. Waar de nieuwe lijn wordt aangesloten op de bestaande, wordt een verdiepte ligging voorzien.

Bij *tracédeel 1d* is de hoogteligging in beginsel dezelfde als de autosnelweg. Toch kan het met het oog op de constructiekosten een verdiepte ligging voordelig zijn. De hoogteligging bij *tracédeel 3e* is dezelfde als de bestaande spoorlijn. Wel kan het geheel verdiept worden aangelegd. De hoogteligging bij *tracédeel 3f* is dezelfde als de bestaande spoorlijn. Een verdiepte ligging van beide lijnen kan om reden van de omgevingshinder worden overwogen.

8.4.7. Stap 3g: Onderzoek geïntegreerde oplossingen en mitigerende maatregelen

Een dijkunnel kan worden overwogen bij tracédeel 1c ter hoogte van Giessendam om reden van een beperking van de omgevingshinder. Bij tracédeel 3f kan het geheel worden aangelegd in een (gesloten) tunnelbak.

8.4.8. Stap 3h: Onderzoek tijdelijke afwijking van de bundel

Aangezien Gorinchem geen halteplaats of overslagpunt is, is het te overwegen om Gorinchem ten noorden van de A15 te passeren. Op deze manier verkrijgt men een kortere route en vermijdt men hinderproblemen in Gorinchem-centrum.

8.4.9. Overzicht alternatieven en varianten

Het overzicht van de alternatieven en varianten is weergegeven in Tabel 8-6. In principe is het aantal combinaties door de mogelijkheden qua hoogteligging veel uitgebreider indien voor elke tracédeel een andere hoogteligging ter discussie staat. Toch worden de hoogteliggingvarianten globaal beschouwd voor het gehele tracé.

Tabel 8-6: Overzicht alternatieven en varianten gebundelde tracés Betuweroute

| Tracé | Ligging t.o.v. bestaande infrastructuur. | Hoogteligging |
|----------------------|--|-------------------|
| Route 1: 1a-1b-1c-1d | 1c zuid | 1a-1c-1d maaiveld |
| | | 1a-1c-1d diep |
| | 1c noord | 1a-1d maaiveld |
| | | 1a-1d diep |
| | 1c noord-zuid | 1a-1c-1d maaiveld |
| | | 1a-1c-1d diep |
| | 1c noord-zuid-noord | 1a-1c-1d maaiveld |
| | | 1a-1c-1d diep |
| Route 3: 1a-1b-3e-1d | | 1a-1d maaiveld |
| | | 1a-1d diep |
| Route 2: 1a-1b-1c-3f | 1c zuid | 1a-1c-3f maaiveld |
| | | 1a-1c-3f diep |
| | 1c noord | 1a-3f maaiveld |
| | | 1a-3f diep |
| | 1c noord-zuid | 1a-1c-3f maaiveld |
| | | 1a-1c-3f diep |
| | 1c noord-zuid-noord | 1a-1c-3f maaiveld |
| | | 1a-1c-3f diep |
| Route 4: 1a-1b-3e-3f | | 1a-3f maaiveld |
| | | 1a-3f diep |

Op deze manier ontstaan 4 alternatieve tracés met in totaal 24 varianten qua onderlinge schikking, hoogteligging en geïntegreerde oplossingen.

8.5. Conclusie: Vergelijking met de alternatieven uit de Projectnota Betuweroute

De uitkomsten volgens de ontwikkelde aanpak wijken op een aantal locaties af van de ontwikkelde tracés in de Projectnota Betuweroute.

Wat betreft de corridorkeuze wordt de bundeling met de A15 in de Projectnota wel onderzocht, maar komt niet als beste naar voren. Dit komt wellicht doordat in de Projectnota het rangeerterrein Kijfhoek als dwangpunt is genomen. Hierdoor zou een volledige bundeling met de A15 te lang worden en dus niet meer aan het omwegcriterium voldoen. Uit oogpunt van rechtlijnigheid is een keuze gemaakt voor een tunnel onder de Sophiapolder. Dit is te kenmerken als een strategische afwijking van de bundel en het betekent een aanzienlijke verkorting.

Wanneer rekening wordt gehouden met de extra afstand die een volledige bundeling met de A15 zou betekenen, blijkt dat vele alternatieven waarbij met de meest westelijk gelegen gedeelten van de A15 gebundeld wordt, zeer lang worden en buiten het omwegcriterium vallen. Enkel routes 1, 2 en 3 blijven over, routes 4 tot en met 28 worden meer dan 37.5 km lang en zouden niet meer voldoen. Toch blijven routes 1, 2, 3 en 50 de hoogste bundelbaarheidsindex hebben, maar het verschil met de overige routes wordt duidelijk minder. Route 51 (bundeling met achtereenvolgens de bestaande Betuwelijn, Merwede en het kanaal van Steenenhoek) wordt de kortste route. Het afwijkende resultaat is dus het gevolg van een strategische keuze (tijdelijke afwijking bundel) in de Projectnota Betuweroute.

Bij de Projectnota Betuweroute worden voorts een tweetal lokale omleggingen beschouwd, namelijk ter hoogte van Neder-Hardinxveld en Schelluinen. Ook voor Gorinchem zou een dergelijke omlegging (= verlaten van de bundel) zinvol kunnen zijn, gelet op de aanwezige bebouwing.

Wat betreft de precieze inpassing lopen de resultaten sterker uit elkaar. In de projectnota wordt ter hoogte van de snelwegen A15 en A16 op afstand gebundeld. De onderlinge afstand komt globaal overeen met de ruimte die nodig is ter hoogte van kruisingen en aansluitingen. In dit onderzoek wordt eerder uitgegaan van een strakke bundeling (met functionele tussenruimte) waarbij de nieuwe lijn verdiept wordt aangelegd om dergelijke punten te kunnen passeren. Het grotere verschil in inpassingsvoorstellen heeft wellicht te maken met het grotere aantal oplossingsmogelijkheden. Ook is in de voorgaande hoofdstukken gebleken dat dit type ontwerpprobleem zich minder goed laat structureren. Op zich is dit geen bezwaar: de uitkomsten van een methodische aanzet kan een aanzet betekenen om de oplossingsruimte te beperken en inpassingsalternatieven gedetailleerder te gaan onderzoeken met meer geëigende methoden, b.v. met brainstorming.

9. CONCLUSIES, REFLECTIES EN AANBEVELINGEN

9.1. Inleiding

Toegekomen aan het afsluitende hoofdstuk, resten nu nog de finale antwoorden op de in het begin van dit proefschrift gestelde onderzoeksvragen:

- Wat zijn de kansen, beperkingen, voor- en nadelen van bundeling van infrastructuur: welke zijn met andere woorden de succes- en faalfactoren?
- Op welke manier kan worden bepaald of en hoe in een gegeven situatie moet worden gebundeld?

Dit wordt respectievelijk behandeld in 9.2 en 9.3. Vervolgens zal in 9.4 worden stilgestaan bij de voor- en nadelen, sterkten en zwakte van de in dit proefschrift ontwikkelde methodische aanpak.

In dit proefschrift zijn diverse inhoudelijke argumenten voor en tegen het bundelen naar voren gekomen. Wat betekenen deze voor het beleid? In 9.5 zal worden gereflecteerd over het feit of bundeling op basis van zuiver inhoudelijke criteria moet worden voorgestaan of niet?

Tenslotte worden aanbevelingen voor verder onderzoek geformuleerd. Dit komt in 9.6 aan bod.

9.2. Inhoudelijke conclusies: de succes- en faalfactoren van bundeling

Reeds in de probleemverkenning van dit proefschrift is nagegaan op welke manier bundeling in het Nederlandse beleid is nagestreefd en of dit beleid succesvol is geweest.

Beleidsmatig is bundeling sinds een drietal decennia actief gepropageerd. Dit nastreven berustte bijna uitsluitend op de gedachte dat de omgevingshinder, en met name de geluidhinder en het ruimtegebruik, wordt beperkt wanneer verschillende infrastructuurlijnen in elkaars nabijheid worden aangelegd (het synergisme- en antagonismebeginsel). Wanneer we de realiteit en de sindsdien gerealiseerde infrastructuurprojecten beschouwen lijkt de effectiviteit van dit beleid laag te scoren: nauwelijks 20% van de sinds de jaren '70 aangelegde infrastructuur is gebundeld aangelegd. Uit het onderzoek blijkt dat hiervoor de volgende verklaringen zijn aan

te geven: te duur, te veel lokale hinder, noodzakelijke sloop van lintvormige bebouwing, of technisch te veel bezwaren.

Uit een analyse van enkele praktijkvoorbeelden blijkt dat de effecten van bundeling bijna nooit eenduidig zijn vast te stellen, in de zin van b.v. “Bundeling leidt altijd tot een vermindering van effecten x of y”. Waar in het ene geval bundeling b.v. duurder is, blijkt het in het andere geval juist goedkoper uit te vallen. Het antagonismebeginsel klopt wel, maar geldt niet altijd. Om die reden is gestreefd naar het formuleren van een omvattend conceptueel model. Dit stelt ons in staat om de succes- en faalfactoren te begrijpen en met elkaar in verband te brengen. Uit de aldus geformuleerde theorie blijken in ieder geval de volgende verklaringen relevant voor het uitblijven van bundeling op grote schaal.

De traceringskenmerken vormen de eerste verklaringsgrond. Van de te bundelen infrastructuurlijnen moeten deze zoveel mogelijk overeen komen. Concreet betekent dit dat:

- herkomsten en bestemmingen zoveel mogelijk moeten samenvallen zodat “nutteloze” omwegen, enkel en alleen om de bundel te kunnen volgen, zoveel mogelijk worden voorkomen
- effecten zoveel mogelijk overeen moeten komen, zodat een geschikte plaatskeuze, met het oog op een minimalisering van de externe en interne effecten, voor de ene infrastructuurlijn ook automatisch gunstig uitvallen voor de andere infrastructuurlijn
- technische ontwerpcriteria (boogstralen, hellingen, enz) zoveel mogelijk overeen moeten komen. Als dat niet het geval is ontstaan restruimten of technische aanpassingen die kostenverhogend werken.

Een tweede verklaringsgrond is de paradox van het schaalniveau waarop men bundeling beschouwt. Meestal bundelt men op locatie x om locatie y intact te laten. Op het eerste gezicht een duidelijke winst, behalve voor de onmiddellijke omgeving van locatie x. Juist dit gegeven leidt tot het NIMBY-effect zodat sociaal draagvlak voor bundeling soms moeilijk te vinden is (“We hebben al zoveel hinder, meneer”).

De omgevingskenmerken vormen een derde verklaringsgrond. De gevoeligheid en geschiktheid van het omliggend gebied zijn misschien wel de belangrijkste variabelen die de uiteindelijke omvang van de effecten bepalen. Aanleg van een nieuwe infrastructuurlijn in een onbewoond gebied met bovendien een lage ecologische waarde kan per saldo beter zijn dan bundeling met een bestaande lijn in een dicht bevolkt (en dus gevoelig) gebied. Beter een toename met 50 dB(A) waar niemand het hoort dan een toename van 1 dB(A) voor 100 personen. Eén opvallende consequentie van dit gegeven is dat gebieden die oorspronkelijk geschikt waren voor bundeling, door ruimtelijke en stedenbouwkundige ontwikkelingen (nieuwe vestigingen en lintbebouwing) juist erg gevoelig en ongeschikt zijn geworden.

Een vierde verklaringsgrond is simpelweg te vinden in de fysieke verschijningsvorm, of de wijze waarop de bundel is vormgegeven. Hoe groter de onderlinge afstand, hoe groter het direct en indirect ruimtebeslag, de versnippering en de geluidhinder, maar ook hoe geringer de interne en externe onveiligheid. Gestapelde infrastructuur vermindert het directe ruimtebeslag maar is constructief een hele opgave met bijbehorend prijskaartje. Welk type bundeling in een concrete situatie de voorkeur verdient, zal van geval tot geval moeten worden bekeken, afhankelijk van de specifieke gebiedsgevoeligheden. De mogelijke fysieke verschijningsvormen zijn ook afhankelijk van de traceringskenmerken en lokale omgevingsfactoren: vaak zal de gewenste verschijningsvorm niet gerealiseerd kunnen worden.

De waarde van de ontwikkelde theorie is tweeledig. Ten eerste zijn alle inhoudelijke factoren in kaart gebracht die de slaagkansen van bundeling bepalen, hetgeen duidelijk meer is dan de primaire gedachten rond synergisme en antagonisme zoals die in diverse beleidsdocumenten

zijn vermeld. Dit streven is voornamelijk gebaseerd op de verwachting dat door het bijeenbrengen van infrastructuur de totale hinder verminderd wordt volgens het antagonismeprincipe. Dergelijke (gewenste) bundelingseffecten zijn wel degelijk aanwezig, maar de omgevingsfactoren en de mogelijkheid de gewenste fysieke verschijningsvorm te realiseren bepalen in veel grotere mate de uiteindelijke effecten.

Ten tweede is ook het relatieve belang en de onderlinge wisselwerking van de inhoudelijke factoren duidelijk gemaakt. Dit is niet alleen noodzakelijk voor het ontwikkelen van een methodische aanpak, maar vanuit wetenschappelijk standpunt zeker interessant voor het verklaren van het succes of falen van bundeling van concrete infrastructuurprojecten.

Een voorbeeld. Een toch wel opvallend fenomeen is de keuze voor een niet-gebundelde aanleg van de HSL door het Groene Hart in de Nieuwe HSL-nota, ondanks een sterk propageren voor bundeling in diezelfde nota. De ware oorzaak is wellicht dat de HSL in wezen een nieuw stuk infrastructuur is met totaal andere kenmerken dan de bestaande:

- De herkomst- en bestemmingspunten zijn anders: waar de klassieke bestaande hoofdinfrastructuren op regelmatige afstand de grotere en kleinere plaatsen bedienen (zie de diverse stations van de bestaande lijn tussen Rotterdam en Amsterdam en de op- en afritten van de autosnelwegen A13 en A4), heeft de HSL er welgeteld drie: Amsterdam CS, Schiphol en Rotterdam CS. Uit oogpunt van optimalisering van de exploitatie, de kostprijs in en wezen ook de omgevingseffecten, is een zo kort mogelijke verbinding tussen deze drie punten de beste oplossing.
- De technische ontwerpcriteria zijn verschillend. Met name de boogstralen zijn zo ruim dat bundeling met bestaande infrastructuur op diverse plaatsen tot restruimtes en dus tot een verhoging van het indirect ruimtebeslag zou leiden. Met solitaire aanleg heeft men hier geen last van.
- De directe omgeving rond bestaande infrastructuur in de Randstad is zo dicht bebouwd dat deze zeer gevoelig is geworden. Bundeling betekent per saldo niet enkel meer omgevingshinder (meer gehinderden), maar ook meer sloop van woningen en gebouwen, duurdere grondaankopen, een moeilijker constructie en dus hogere bouwkosten.

Dit is in een notendop een verklaring van de keuze voor het A-tracé van de HSL door het Groene Hart zoals die door het Projectbureau HSL is gemaakt. Het wil overigens niet zeggen dat dit het juiste of het beste tracé is. Afhankelijk van de criteriumgewichten kan die keuze er totaal anders uit komen te zien.

In andere gevallen blijkt bundeling wel voordelen te bieden. Kijken we alleen maar naar de vaak oude voorbeelden gebundelde infrastructuur rond kanalen, of de op het eerste zicht schaarse voorbeelden van recente infrastructuurbundels, al of niet in studie (b.v. Betuwelijn, HSL-zuid, ...). De genoemde criteria kunnen ook gebruikt worden om hun succes te beschrijven en te begrijpen.

Omtrent de slaagkansen van bundeling is dus slechts één conclusie mogelijk: de materie is uiterst complex en omvat veel meer dan de benadering van bundelbaarheid vanuit het perspectief van de overeenkomst van technische ontwerpcriteria, zoals boogstralen, en dergelijke. In de praktijk moet daarom door situationele analyses van geval tot geval worden bekeken of bundeling wenselijk en mogelijk is.

9.3. Bundelen: op welke manier?

Dit brengt ons bij de volgende vraag. Hoe kan men in een gegeven situatie of bij een concreet project met bundeling omgaan, welk zijn de criteria en afwegingsmethoden? Hiertoe is in dit

proefschrift een aanpak ontwikkeld waarin de criteria die het succes of falen van bundeling bepalen, zoveel mogelijk zijn verwerkt.

De basisstructuur van de aanpak bestaat uit drie fasen:

1. In de conceptfase wordt bepaald of bundeling op zich een mogelijke strategie is om de gewenste effecten te bereiken en of bundeling tegemoet komt aan het ruimtelijk inrichtingsbeleid.
2. In de corridorfase gaat men op zoek naar een corridor in een vooraf bepaald zoekgebied. Met name routelengte, gebiedsgevoeligheid en gebiedsgeschiktheid zijn de belangrijkste criteria om te bepalen waar het meest kansrijk kan worden gebundeld.
3. Tenslotte wordt in de ontwerp- en inpassingsfase de meest kansrijke fysieke verschijningsvorm bepaald. Voor de concrete inpassing en het wegwerken van negatieve effecten op microschaal is lokale inpassingsplanologie het sleutelwoord. Specifieke bundelingsconcepten, in dit proefschrift archetypen genoemd, kunnen hierbij een hulpmiddel zijn, al of niet in combinatie met effectbeperkende maatregelen.

De inhoudelijke krachtlijnen van de aanpak zijn ontwikkeld uit de hoofdstukken 3 t/m 6 van dit proefschrift, en kunnen als volgt worden geschetst :

- Bekijk achtereenvolgens of, waar en hoe de infrastructuur moet worden gebundeld. Beschouw bundeling met andere woorden nooit als een doel op zich.
- Kijk bij het vinden van de meest geschikte bundeling zoveel mogelijk naar korthed van de route, gebiedsgeschiktheid en gebiedsgevoeligheid.
- Streef niet zozeer naar een zo strak mogelijke bundeling, maar naar een ontwerp dat zoveel mogelijk tegemoet komt aan omgevingseisen, aanlegkosten en toekomstwaarde (flexibiliteit)
- Benut alle mogelijkheden van de inpassings- of herstelplanologie (opportunity planning). Het kan de negatieve (lokale) effecten van bundeling opheffen en is zelfs een volwaardig alternatief voor bundeling.

Ter ondersteuning van de afweging van voor- en nadelen van bundeling in verschillende infrastructuurvarianten, is gebruik gemaakt van een simpele vorm van multicriteria evaluatie. De black box methode wordt minder geschikt geacht, omdat de uitkomsten minder helder verklaarbaar zijn. Anderzijds is ook het andere uiterste, de heuristische benadering, te beperkt om reden van objectiviteit en controleerbaarheid. Toch is gesteld dat juist de heuristische benadering op het ontwerp- en inpassingsniveau een goede aanvulling kan betekenen op een multicriteria benadering. Het aantal mogelijke oplossingen en tussenvarianten kan soms te uitgebreid zijn om ze met een multicriteria-analyse te kunnen beoordelen.

9.4. Reflectie op de methodische aanpak

In deze paragraaf zal nog kort worden ingegaan op een aantal vragen die gaandeweg het onderzoek zijn gerezen en waarover in deze studie geen conclusies zijn getrokken. Met name zal aandacht worden besteed aan het toepassingskader, de mogelijkheden en beperkingen van de ontwikkelde aanpak.

De toegevoegde waarde van de aanpak zit met name in een zodanige ordening van inhoudelijke criteria dat op een transparante manier kansrijke bundelingsalternatieven kunnen worden geselecteerd. De ordening is niet enkel gebeurd naar belangrijkheid, maar ook naar schaalniveau van de criteria.

De aanpak legt een grote nadruk op de systematiek en het procesmatige. In de praktijk blijkt een toenemende behoefte aan systematisering van het ontwerpproces. Hiermee kunnen keuzes verantwoord worden genomen. De aanpak is in staat om het ontwikkelings- en keuzeproces

van gebundelde alternatieven op een navolgbare manier te structureren en te objectiveren. Als dusdanig kan zij van grote waarde zijn in het bestuurlijke besluitvormingsproces rond groot-schalige lijninfrastructuur.

De aanpak is geenszins te kenmerken als een methode die de “beste” oplossing naar voren schuift, maar wel als een selectiemethode voor kansrijke alternatieven. De aanpak is niet geschikt voor de vergelijking van gebundelde en niet-gebundelde tracés. Hoewel dit uit wetenschappelijk oogpunt interessant zou zijn geweest, is dit voor de praktijk minder relevant. Tracéalternatieven worden beoordeeld en vergeleken met specifieke methoden in het kader van de MER-procedure, waarbij het onderscheid tussen bundeling en niet-bundeling niet relevant is, maar wel de uiteindelijke omvang van de effecten. In de bestaande Nederlandse praktijk kan de aanpak gebruikt worden in de verkennende fase bij projectstudies van lijnvormige infrastructuur: de startnotitie en de verdere tracé/mer procedure. Op zich is dit echter zeer waardevol, gelet op het aantal mogelijke oplossingen dat in beginsel quasi oneindig is. Als zodanig vormt de uitkomst van de aanpak een ingang voor verdere optimalisatie en verfijning van de alternatieven/varianten via andere methodieken.

De wijze van operationalisatie is zeker niet de enige mogelijke. Bewust is gekozen voor een zeer eenvoudige manier van operationaliseren en een procesaanpak om duidelijk te maken waar en welke hoedanigheid de verschillende criteria worden gebruikt. Dit heeft zeker bijgedragen tot de grote transparantie van de aanpak.

Vanzelfsprekend zijn er ook gevoeligheden bij het gebruik ervan, doch deze gelden in feite in het algemeen bij het gebruik van methoden en technieken. Uitkomsten kunnen verstoord worden door b.v. onjuiste (verzameling van) gegevens, het foutief gebruik van criteriagewichten of zelfs het foutief interpreteren van de uitkomsten. Dit wetende is sterk de nadruk gelegd op de transparantie van de aanpak en is bij de concrete toepassing ook gewerkt met alternatieve gewichtensets. Qua interpretatie is nimmer gesteld dat één bepaald alternatief het beste is, maar dat een groep alternatieven het meest kansrijk is.

9.5. Reflectie op het huidige beleid, aanbevelingen voor de toekomst

Een volgens de ontwikkelde aanpak geplande en beredeneerde bundeling staat bijna haaks op de totstandkoming van infrastructuurbundels rond b.v. oude kanalen waar bundeling als het ware uit zichzelf en ongepland tot stand komt, als een resultaat van successievelijke infra-structurele en ruimtelijke ontwikkelingen. Een corridorontwikkeling dus. Juist deze corridoraanpak heeft de laatste jaren nogal wat aandacht gekregen, ook in het Nederlandse infrastructuurbeleid.

Het verband tussen bundeling van infrastructuur en corridors is in dit proefschrift meermaals behandeld. Wanneer men in beleidsnota's met betrekking tot ruimtelijke ordening of verkeer en vervoer spreekt over het bundelen van hoofdinfrastructuur, wordt dan niet eerder bedoeld de aanleg van infrastructuur in corridors? Is het “mislukken” van het bundelingsbeleid wellicht terug te voeren tot een loutere terminologiekwestie? De verwarring is mogelijk ontstaan doordat men in één term (bundeling) zowel de effecten op microniveau als op macroniveau beoogde te omvatten. De instandhouding van open ruimten en de beperking van lokale milieueffecten zijn natuurlijk achtenswaardige uitgangspunten, maar op het hoge niveau van hoofdinfrastructuur is het al dan niet bundelen in feite niet meer aan de orde om open gebieden te vrijwaren. Het Groene Hart lijdt er niet of nauwelijks onder indien de infrastructuur 1 km in plaats van 300 m uit elkaar wordt gelegd. De tussenliggende zone is herbruikbaar, maar misschien niet meer door de oorspronkelijke functie. Door de tussenliggende zone een nieuwe functie te geven, geënt op de infrastructuur, ontstaat een nieuw gebiedstype: de corridor. Dit

proefschrift onderschrijft dat corridors en bundeling twee verschillende begrippen zijn. Dit is ook de laatste jaren in de literatuur en de praktijk gebleken. Corridors worden meer en meer een leidend principe in de ruimtelijke planning, en het bundelingsbegrip wordt steeds meer naar de achtergrond verwezen. Het einde van de bundelingsgedachte!?

Bundeling dan maar vervangen door corridor? De laatste jaren gaat dit er wel op lijken, met het gevaar dezelfde fout van de jaren '70 en '80 te maken: één begrip voor twee concepten met verschillende doelstellingen. Corridors zijn in feite ruimtelijke concepten, niet enkel in formele planningsdocumenten maar ook in de realiteit. Het gaat om langgerekte zones met een duidelijke interactie tussen infrastructuur en omliggende en tussenliggende ruimte. Eerder een ruimtelijk-functioneel concept dus. De premissen van een corridor zijn positief: de positieve effecten van de infrastructuur en de omgeving zoveel mogelijk wederzijds op elkaar laten uitstralen.

Bundeling is in sommige opzichten zelfhet tegengestelde van een corridor. Bundeling heeft als primair doel om door een strikte ruimtelijke concentratie de omgevingseffecten te verminderen. Daarom is ze ruimtelijk gezien ook beperkter: de meeste negatieve effecten spreiden zich voornamelijk uit over ten hoogste enkele honderden meters. Om die reden is de maximale grens van bundeling dan ook gedefinieerd op 300 m en wordt het ook duidelijk waarom dit zo is. Ze wil zich zoveel mogelijk afkeren van de omgeving. De premissen zijn negatief: ruimtelijke bundeling van infrastructuur is in wezen niets anders dan een hinderbeperkende maatregel. Wanneer bundeling een planningsconcept wordt en er dus een andere functionele betekenis aan wordt gekoppeld, dient men te spreken van een corridor.

Dus: corridors om de omgeving zo goed mogelijk te laten meegenieten van de voordelen van infrastructuur en bundeling om de omgeving zoveel mogelijk te sparen van de hinder. Een nieuwe paradox? Toch niet. De begrippen dienen in de praktijk wel in de juiste planningscontext te worden gebruikt.

Bij de planning en aanleg van nieuwe infrastructuur is de corridor het te hanteren begrip. Op dit niveau beslist men of en in welke mate en op welke manier de infrastructuur ten dienste zal staan van haar omgeving en omgekeerd. Dit is geen evidentie: in sommige gevallen zijn de functies onverenigbaar of men wenst, om welke reden dan ook, een ruimtelijke structuur uit te bouwen rond knooppunten van infrastructuur. De verbindingen ertussen dienen dan zo weinig mogelijk te verstoren. Vervolgens kan men de infrastructuur bundelen om de effecten te beperken. Hier zijn er twee belangrijke bedenkingen: enerzijds kan men effecten ook beperken door het nemen van mitigerende maatregelen (geluidsschermen, aangepaste hoogteligging, enz.), anderzijds kan hinder worden voorkomen door een geschikte plaatskeuze. Het a priori bundelen is dus een fout uitgangspunt voor het traceren van infrastructuur. Bundeling is louter één (van de vele) effectbeperkende maatregelen. Dit gegeven leidt zelfs tot de stelling dat bundeling in de strikte zin van het woord minder evident is naarmate men evolueert naar een ontwikkelingsas en een verstedelijkingsas. Integraal inrichtingsconcept wordt meer en meer de sleutelterm. Hinderbeperking blijft belangrijk, maar multimodaliteit en functionaliteit worden de centrale begrippen. Een ligging in elkaars nabijheid op 1-2 km afstand kan voldoende zijn. Bundeling is dus het meest aan de orde in een verbindingsas waarbij men tracht de effecten op de omgeving te minimaliseren.

Ondanks de relatie is het verschil tussen bundeling en corridor dus aanzienlijk in de huidige context, terwijl in de jaren '70 en '80 het bundelingsbegrip twee ladingen dekte. In dit proefschrift is gepoogd om dit begrip juister te positioneren en te relativieren.

Toch blijven er nog diverse onderzoeksvragen. Dit komt in de volgende paragraaf aan bod.

9.6. Aanbevelingen voor verder onderzoek

Dit onderzoek en dit proefschrift is zeker geen eindpunt in deze materie. Verschillende vragen blijven nog onbeantwoord of behoeven verder onderzoek. Het gaat met name om de volgende aspecten:

- de normatieve waarde van het inrichtingsconcept
- kennis over de eigenschappen en effecten van bundeling
- verfijning van en te ontwikkelen “tools” voor de methodiek; de operationele invulling van de methode

Tijdens de jaren '70 werd bundeling actief en expliciet gepropageerd in de meeste beleidsnota's ten aanzien van ruimtelijke ordening en infrastructuur. Recent wordt eerder gesproken over de aanleg van infrastructuur in corridors, waarbij bundeling overigens mogelijk blijft. Maar ook de corridorgedachte is zeker niet universeel en niet altijd zaligmakend. Inrichtingsconcepten zijn nooit een doel op zich, maar altijd een middel om te komen tot een gewenste ruimtelijke structuur en manier van samenleven. De wens om infrastructuur te bundelen is dus afhankelijk van hoger gestelde doelen en heeft dus nooit een absolute normatieve waarde. Verder onderzoek zou zich met name kunnen richten tot de relatie tussen ruimtelijke inrichtingsconcepten en de gewenste wijze van samenleven. Concrete onderzoeksvragen kunnen zijn:

- Welke transportinfrastructuur concepten garanderen de meest duurzame manier van grondgebruik?
- Welke transportinfrastructuur concepten genereren de geringste hoeveelheid mobiliteit?
- Welke transportinfrastructuur concepten bieden de meeste garanties op een evenwichtige spreiding van de welvaart?

In de eerste hoofdstukken van dit proefschrift is gesteld dat er veel kennislacunes zijn ten aanzien van met name bundelingseffecten. Deze lacunes zijn in dit proefschrift in kaart gebracht en deels in de analyse gedekt. Met de aanwezige gegevens is een beeld te geschetst van de kansen, mogelijkheden en de voor- en nadelen van bundeling, uitmondend in een methodische aanpak. Toch kan voor zeer veel typen effecten de invloed van bundeling fundamenteel worden onderzocht, b.v. voor geluidhinder, bouwkosten, barrièrewerking. Met name onderzoek naar specifieke hinderbestrijding, naar bouwmethoden en naar de relatie tussen de fysieke verschijningsvorm en bundelingseffecten is schier onuitputtelijk. Concreet kunnen de volgende onderzoeken worden geformuleerd:

- Welk is de synergetische/antagonistische werking van de verschillende fysieke verschijningsvormen van bundeling op diverse vormen van hinder en bouwkosten?
- Welke nieuwe technische mogelijkheden zijn er voor hinderbestrijding bij gebundelde infrastructuur en corridors?
- Welke integrale inrichtingsconcepten hebben de meest gunstige synergetische en antagonistische werking?

De ontwikkelde methodiek is slechts *een* manier om systematisch kansrijke alternatieven te kunnen selecteren. Bij een dergelijke “quick scan” is het natuurlijk onmogelijk om alternatieven diepgaand te bestuderen. Toch moet gewezen worden op andere strategieën en technieken om alternatieven te ontwikkelen. Men kan immers ook opteren voor een aanpak waarbij de ontwikkelde oplossing van meet af aan wordt “gedragen” door de betrokkenen. Door potentiële gebruikers én gedupeerden mee te laten werken, kan een oplossing ontstaan die voor iedereen acceptabel is. Bekeken zou kunnen worden of recente ontwikkelingen rond b.v. interactieve beleidsvorming bij bundeling tot een goed resultaat leiden. Er kunnen ook andere “tools” of aanpassingen worden ontwikkeld. Eén van de meest voor de hand liggende is het gebruik van GIS. De bundelbaarheidsindex, waarop de corridorkeuze wordt gesteund, bestaat

uit ruimtelijke criteria en gegevens en is uitstekend in een GIS-omgeving te plaatsen. Op deze manier kunnen veel sneller varianten worden doorgerekend, gevoeligheidsanalyses worden uitgevoerd en toekomstige scenario's worden geëvalueerd.

Concrete verdere onderzoeksactiviteiten of verfijningen van de aanpak kunnen het volgende omvatten:

- (onderzoek naar) de toepassing van technieken zoals die gebruikt worden bij interactieve beleidsvorming. Wellicht dat dit het meest tot zijn recht komt bij de het concrete ontwerp en de inpassing.
- (onderzoek naar) de ontwikkeling van nieuwe heuristieken voor het ontwerp en inpassing van infrastructuurbundels.
- (onderzoek naar) de ontwikkeling van een werksysteem met GIS voor het berekenen van de bundelbaarheidsindex.

LITERATUUR

AANEN et al., 1990

Aanen, P., e.a., *Natuurtechniek en waterstaatswerken*, Stichting Uitgeverij Koninklijke Nederlandse Natuurhistorische Vereniging - Rijkswaterstaat Dienst Weg- en Waterbouwkunde, Utrecht, 1990.

ACCIS, 1975

Kennismaking met methodisch ontwerpen, rapport C7-1, Stichting Architecten Centrum Communicatie en Informatie Systemen - Stichting Bouwresearch, Rotterdam, 1975.

AKKERMAN, et al., 1987

Akkerman, S, et al., *Palen en perken in het verkeersbeleid, een verkennend onderzoek naar de mogelijkheden om normen en criteria voor milieukwaliteit in te brengen in de planning op het gebied van verkeer en infrastructuur*, Centrum voor Milieukunde/Rijksuniversiteit Leiden, Leiden, 1987.

ALBERDING, 1987

Alberding, J., *Planung und errichtung von Stromleitungen und anderen Energieleitungen unter instrumentellen Aspekten von Raumordnung und Landesplanung*, in: Raumforschung und Raumordnung, Heft 4, Bundesforschungsanstalt für Landeskunde und Raumordnung, Bonn-Bad Godesberg, 1987.

ALBERTS, 1985

Alberts, W., *Landschappelijke aspecten van geluidwerende constructies*, in: *Wegen*, jg. 59 nr. 12, 1985.

ALBRECHTS, 1988

Albrechts, L., *Filosofie van de planning*, Interfacultair Instituut voor Stedebouw en Ruimtelijke Ordening, Katholieke Universiteit Leuven, Leuven, 1988.

ALEXANDER et al., 1962

Alexander, en M. Manheim, *The use of diagrams in highway route location: an experiment*, Research Report R62-3, School of Engineering, Massachusetts Institute of Technology, Department of Civil Engineering, Cambridge (Mass.), 1962.

VAN ALTERERN et al., 1990

Alteren, G. van, e.a., *Integrale projectstudies bij infrastructuurplanning*, Rijksuniversiteit Groningen, vakgroep der Ruimtelijke Wetenschappen - Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Dienst Weg- en Waterbouwkunde, Dienst Verkeerskunde, Geo Pers, Groningen, 1990.

ANTROP, 1989

Antrop, M., *Het landschap meervoudig bekeken*, Monografieën Stichting Leefmilieu 30, Kapellen, 1989.

ARINK, 1972

Arink, J., *Planologische uitgangspunten voor het optimaal gebruik van de ruimte bij de aanleg en verbetering van wegen*, in: Optimaal gebruik van de ruimte bij aanleg en verbetering van wegen, congres Vereniging Het Nederlandse Wegencongres, 's Gravenhage, 1972.

ARL, 1976

Zur Problematik von Entwicklungsachsen, Forschungs- und Sitzungsberichte Bd 113, ARL (Hg), Hannover, 1976.

ASHWORTH, 1966

Ashworth, R., *Highway Engineering*, Heineman Educational Books Ltd, London, 1966.

ASHWORTH et al., 1994

Ashworth, G. en E. Ennen, *Het Groninger Museum, een ruimtelijke inpassing van een ongewenste activiteit?*, Bijdrage Symposium "Niet in mijn achtertuin, maar waar dan?", Zwolle, 1994, Rijksuniversiteit Groningen - Van der Moolen Consultancy, Groningen-Nijmegen, 1994.

AVIV, 1995

MER A4 Delft-Schiedam, deelonderzoek externe veiligheid, Adviesgroep AVIV BV, Enschede, 1995.

BATTEN et al., 1996

Batten, D., en C. Karlsson (red.), *Infrastructure and the complexity of economic development*, Springer-Verlag, Heidelberg, 1996.

BEHESTI, 1999

Behesti, M. (red.), *Handboek systematisch ontwerpen in de civiele techniek en bouwkunde: een naslagwerk ten behoeve van systematisch, methodisch en functioneel ontwerpen*, Delftse Universitaire Pers, Delft, 1999.

BEKKER, 1996

Bekker, G., *RWS ontsnippert de snippers langs rijkswegen*, in: OTAR, nr.12-96, 1996.

VAN DEN BERG, 1993

Berg, M. van den, *Cumulatie van geluid in de gewijzigde Wet Geluidhinder*, in: Geluid, nr.1, 1993.

BERGERS, et al., 1996

Bergers, P., en P. Opdam (red.), *Versnippering en populaties: een verklarende woordenlijst*, Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek IBN-DLO, IBN-rapport 229, Wageningen, 1996.

BERGERS, 1997

Bergers, P., *Versnippering door railinfrastructuur, een verkennende studie*, Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek IBN-DLO, IBN-rapport 262, Wageningen, 1997.

BINK, et al., 1994

Bink, R., e.a., *Toestand van de natuur 2*, Informatie- en KennisCentrum Natuur, Bos, Landschap en Fauna (IKC-NBLF) - Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, Wageningen, 1994.

BODDY et al., 1986

Boddy, M., e.a., *Sunbelt City? A study of Economic Change in Britain's M4 Growth Corridor*, Clarendon Press, Oxford, 1986.

BOEKHOLT, z.j.

Boekholt, J., *Bouwkundig ontwerpen, een beschrijving van de structuur van bouwkundige ontwerpprocessen*, proefschrift Technische Hogeschool Eindhoven, Eindhoven, z.j.

BOEKHORST, 1986

Boekhorst, J. te, *Effecten van rijkswegen op de beleving*, Rijksinstituut voor onderzoek in de bos- en landschapsbouw, De Dorschkamp, Wageningen, 1986.

BOECKHOUT et al., 1995

Boeckhout, I., e.a., *Van knooppunt naar corridor*, in: Economisch Statistische Berichten, jrg. 80, nr. 4005, 1995.

DE BOER, 1971

De Boer, N., *Planologische maatregelen voor het open middengebied*, in: Stedebouw en Volkshuisvesting (extra nummer), 1971.

DE BOER et al., 1993-1

Boer, E. de, e.a., *Sociale effecten van tunnels, Een verslag van de sociale deelstudie van het project "Ondergrondse vervoerinfrastructuur"*, Technische Universiteit Delft, Faculteit der Civiele Techniek, Delft, 1993.

DE BOER et al., 1993-2

Boer, E. de, e.a., *Wonen op de gang?, Onderzoek naar leefmilieu en sociale aspecten in het kader van de corridorstudie Amsterdam-Utrecht*, Technische Universiteit Delft, Faculteit der Civiele Techniek, Delft, 1993.

DE BOER, 1993

Boer, E. de, *Civiele Techniek en Maatschappij*, Technische Universiteit Delft, Faculteit der Civiele Techniek, Delft, 1993.

DE BOER et al., 1994

Boer, E. de, e.a., *Overweg met spoorwegen, een handleiding met achtergrondinformatie en beoordelingsmethoden voor bewoners die hinder ondervinden van planning, aanleg en gebruik van spoorwegen in de woonomgeving*, Technische Universiteit Delft, Faculteit der Civiele Techniek i.o.v. de Wetenschapswinkel Technische Universiteit Delft, Delft, 1994.

BOERSEMA, et al., 1984

Boersema, J., e.a. (red.), *Basisboek milieukunde, over de analyse en oplossing van milieuproblemen*, Boom Meppel, Amsterdam, 1984.

BOVY, 1993

Bovy, P., *Het Structuurschema Verkeer en Vervoer II (SVV II); een beleidsanalytische benadering*, in: Beleidsanalyse en politieke besluitvorming op het terrein van verkeer en

ruimtelijke ordening, Platform beleidsanalyse-Regional Science Association Nederland, Den Haag, 1993.

BRENNER, 1995

Brenner, A., *Leitungstunnels*, in: *Strasse und Verkehr* nr. 5, 1995.

TER BRUGGE et al., 1985

Brugge, R. ter, e.a., *Atlas van Nederland in 20 delen, deel 12 Infrastructuur*, Stichting Wetenschappelijke Atlas van Nederland, uitg. Staatsuitgeverij, 's Gravenhage, 1985.

DE BRUIJN et al, 1996

Bruijn, J. de, e.a., *Grote Projecten, besluitvorming en management*, uitg. Samsom H.D. Tjeenk Willink, Alphen a/d Rijn, 1996.

DE BRUIJN et al, 1987

Bruijn, W. de, e.a., *Hogesnelheidsspoorlijnen, een studie naar de wenselijkheid en mogelijkheden van de aanleg van hogesnelheidsspoorlijnen in Nederland*, Landbouwniversiteit Wageningen, Vakgroep Planologie, Wageningen, 1987.

BRUINSMA, 1994

Bruinsma, F., *De invloed van transportinfrastructuur op ruimtelijke patronen van economische activiteiten*, Nederlandse Geografische Studies, Vrije Universiteit Amsterdam, Amsterdam, 1994

BRUINSMA et al., 1992

Bruinsma, F, en P. Rietveld, *De structurerende werking van infrastructuur*, Ministerie van Verkeer en Waterstaat/Projectbureau Integrale Verkeers- en Vervoersstudies - Vrije Universiteit Amsterdam, 1992.

BYRNE, 1893

Byrne, A., *A treatise on highway construction*, uitg. John Wiley & Sons, New York, 1893.

CANTER, 1996

Canter, L., *Environmental impact assessment*, McGraw-Hill series in Water Resources and Environmental Engineering, McGraw-Hill Inc., New York, 1996.

CARPENTER, 1994

Carpenter, T., *The environmental Impact of Railways*, uitg. John Wiley & Sons, New York, 1994.

CEMAGREF, 1988

Intégration des lignes électriques à très haute tension dans le paysage forestier, Centre National du machinisme agricole du génie rural, des eaux et des forêts, C.E.M.A.G.R.E.F., nr. 52, z.pl., 1988.

CHAMBRON, 1986

Chambron, E., *La conduite du projet TGV Atlantique et les travaux de génie civil*, in: *Revue générale des chemins de fer*, dec. 105e année, 1986.

COUTERIER, 1987

Couterier, J.F., *De waarneming en waardering van landschappen*, Proefschrift Landbouwniversiteit Wageningen, Wageningen, 1987.

CUPERUS, et al., 1988

Cuperus, R. et al., *De kwetsbaarheid van natuur en landschap voor versnippering door verkeer en infrastructuur*, Centrum voor Milieukunde, Leiden, 1988.

VAN DAAL, 1996

Daal, A. van, *Het corridorconcept in de ruimtelijke planning*, in: Agora, 1996.

VAN DALE, 1976

Van Dale, *Groot Woordenboek der Nedelandse Taal*, Martinus Nijhoff, 's Gravenhage, 1976.

DARU, 1985

Daru, R., *Evaluation by graphics*, in: Evaluation of complex policy problems, Delftse Uitgevers Maatschappij, Delft, 1985.

DEKKER, 1997

Dekker, A., *Positie en functie van de West-Oost corridor*, in: Van Delta naar Europees Achterland, Nederlands Instituut voor Ruimtelijke Ordening en Volkshuisvesting NIROV - Europlan, Den Haag, 1997.

DGV-HSL, 1994

Nieuwe HSL-nota, Nederlands deel hogesnelheidsspoorverbinding Amsterdam-Brussel-Parijs, Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Directoraat-Generaal voor het Vervoer i.s.m. Projectbureau Hogesnelheidslijn Infra, z.pl., 1994.

DGV-HSL, 1995

Studie tracé WB3, bundeling met autosnelwegen A4 en A13, aanvulling op het MER, Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Directoraat-Generaal voor het Vervoer i.s.m. Projectbureau Hogesnelheidslijn-Zuid Infra, z.pl., 1995.

DIJKSTERHUIS, 1984

Dijksterhuis, R., *Spoorwegtracering en stedebouw in Nedeland, historische analyse van een wisselwerking*, proefschrift Technische Hogeschool Delft, Delft, 1984.

DHV, 1991

Lokale effecten rapportage hogesnelheidslijn tracé H Hoeksche Waard, DHV Milieu en Infrastructuur b.v. i.o.v. het Overlegorgaan Hoeksche Waard, z.pl., 1991.

DHV, 1994

Milieu-effectrapportage, besluiten voor een leefbaar Nederland, Handleiding MER, DHV Milieu en Infrastructuur b.v. i.s.m. Twijnstra Gudde Management Consultants, Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, Lelystad, 1994.

DOUMA, 1979

Douma, S., *Lineaire programmering als hulpmiddel bij de beluistvorming*, Academic Service, Den Haag, 1979.

DUISER, et al, 1980

Duiser, J.A., e.a., *Risico-analyse van ondergrondse pijpleidingen voor het transport van gevaarlijke stoffen met betrekking tot de stedebouwkundige aspecten*, Organisatie voor toegepast Natuurwetenschappelijk Onderzoek TNO, Delft, 1980.

VAN DORP, 1986

Dorp, D. van, *Bosvogens in kleine bossen: betekenis oppervlakte, onderlinge afstand en aanwezigheid van houtwallen*, in: P. Opdam, T.A.W. van Rossum en T.G. Coenen (red.): *Ecologie van kleine landschapselementen*, Rijksinstituut voor Natuurbeheer, Leersum, 1986.

VAN ECK, et al. 1993

Eck, P. van, e.a., *Plansoorten*, Technische Universiteit Delft, Faculteit der Civiele Techniek, Delft, 1993.

EIJNDHOVEN, 1984

Eijndhoven, J. van, *Weg! zijn gij trein, risico's bij productie, opslag en vervoer van gevaarlijke stoffen in een dichtbevolkt land*, Uitg. SUA/VWW, Amsterdam, 1984.

ELDER, 1981

Elder J., *Some comments on Joint Usage of Utility corridors*, in: *Joint Usage of Utility and Transport Corridors, Proceedings*, American Society of Civil Engineers, New York, 1981.

ESVELD, 1995

Esveld, C., *Railbouwkunde*, Technische Universiteit Delft, Faculteit der Civiele Techniek, Delft, 1995

FALUDI, et al., 1978

Faludi, A. en P. de Ruijter (red.), *Planning als besluitvorming*, Alphen aan den Rijn-Brussel, 1978.

FINDEISEN et al, 1985

Findeisen W. en E. Quade, *The Methodology of Systems Analysis: an Introduction and Overview*, in: *Handbook of Systems Analysis*, John Wiley & Sons, Chichester, 1985.

FINSTERBUSCH et al., 1977

Finsterbusch, K., en C. Wolf, *Methodology of Social Impact Assessment*, Dowden, Hutchinson & Ross, Inc., 1977.

VAN DER FLUIT, et al., 1990

Van der Fluit, N. et al., *Natuur en landschap in de knel, vernippering door verkeerswegen*, in: *Stedebouw en Volkshuisvesting*, nr.10-1990, uitgave NIROV, Den Haag, 1990.

FOGEL, 1964

Fogel, H., *Railroads and American economic growth*, Johns Hopkins Press, Baltimore, 1964.

FOQUE, 1975

Foqué, R., *Ontwerpsystemen, een inleiding tot de ontwerptheorie*, Het Spectrum, Utrecht-Antwerpen, 1975.

FRIELING, 1995

Frieling, D., *Geen Stedenring Centraal Nederland maar een Hollandse Metropool*, in: *Stedebouw en Volkshuisvesting* nr. 5-6, 1995.

FRIEND et al., 1987

Friend, J., en A. Hickling, *Planning under Pressure: the strategic choice approach*, Pergamon Press, Oxford, 1987.

FUSTIER, 1968

Fustier, P., *La Route; voies antiques, chemins anciens, chaussées modernes*, Picard & C^{ie}, Paris, 1968.

GEEST et al, 1996

Geest, G., e.a. (red.), *Fenomeen of fictie, Grote projecten breder beschouwd*, Congressverslag Landelijke Bestuurskundedag 1996, Delft, 1996

GEHL, 1978

Gehl, J., *Leven tussen Huizen*, De Walburg pers, Zutphen, 1978.

GIMPEL et al., 1997

Gimpel, W. en J. Harrison, *HSGT Corridor Planning: Land-Use and Other Considerations*, in: Journal of Transportation Engineering, May-June, 1997.

GOUDAPPEL, z.j.

Goudappel, H.M., *Stedelijke wegen, functies en verschijningsvormen*, Serie Verkeerskunde en Verkeerstechniek no. 12, Uitgave ANWB, z.pl., z.j.

GOUDAPPEL, 1979

Goudappel, H.M., *Syllabus van de leergang infrastructuurbeleid in maatschappelijke context; naar een integrale benadering van ruimtelijke planning en beleid*, Technische Hogeschool Eindhoven, Eindhoven, 1979.

DE GROOT, 1981

Groot, A. de, *Methodologie; grondslagen van onderzoek en denken in de gedragswetenschappen*, Mouton, Den Haag, 1981.

HALE, 1990

Hale, A., *Veiligheidsbeleid en -planning*, Technische Universiteit Delft, Faculteit der Wijsbegeerte en Technische Maatschappijwetenschappen, Delft, 1990.

VAN DER HAM et al. 1979

Ham, P. van der, en G. Gijzel, *Over wegen aan sporen, overwegen aansporen*, afstudeerrapport Technische Hogeschool Delft, Faculteit der Civiele Techniek, Delft, 1979.

HALE, et al., 1990

Hale, A.R., et al., *Veiligheidsbeleid en -planning*, T.U.Delft, Faculteit der Wijsbegeerte en Technische Maatschappijwetenschappen, Delft, 1990.

HALE et al., 1991

Hale A.R., et al., *Inleiding algemene veiligheidskunde*, T.U.Delft, Faculteit der Wijsbegeerte en Technische Maatschappijwetenschappen, Delft, 1991.

HANSEN, 1997

Hansen, I., *Linienführung von Hochgeschwindigkeits Eisenbahnstrecken - Neubau oder Bündelung?* in: Internationales Verkehrswesen nr. 49-10, 1997.

HANSEN, 1998

Hansen, I., *Möglichkeiten und Restriktionen beim Bündeln von Eisenbahn- und Autobahnstrecken*, in: Gesamtverkehrsforum 1998 Technische Universität Braunschweig, uitgave Verein Deutscher Ingenieure VDI, Braunschweig, 1998.

HARMENS et al., 1993

Harmens, A., en P. Prak, *De gevolgen van infrastructuurverbeteringen op nabijgelegen kantoorlocaties*, TNO rapport 93/NM-021, Nederlandse Organisatie voor Toegepast-Natuurwetenschappelijk Onderzoek TNO - Faculteit der Ruimtelijke Wetenschappen, Rijksuniversiteit Groningen, Delft, 1993.

HAUBRICH, J., 1999

Haubrich, J., *Beoordeling van condities voor ontwikkeling van infrastructuur bij Potential Surface Analyse*, Technische Universiteit Delft, Sectie Infrastructuurplanning, Delft, 1999.

HAY, 1982

Hay, W., *Railroad Engineering*, John Wiley & Sons, New York, 1982.

VAN DER HEIJDEN et al., 1994

Van der Heijden, R. en J. Stoop, *Transportsystemen, ruimtelijke ontwikkeling en veiligheid: hoe V.E.R.der?*, in: Planologische Discussiebijdragen, Stichting Planologische Discussiedagen, Delft, 1994.

VAN DER HEIJDEN et al., 1995

Van der Heijden, R. en W. Veeneman, *Invloed van infrastructuurvernieuwing op regionale economische productie: feit of fictie?*, in: Planologische Discussiebijdragen, Stichting Planologische Discussiedagen, Delft, 1995.

VAN DER HEIJDEN, 1996

Van der Heijden, R., *Informatie voor besluitvorming over technisch-complexe projecten*, in: Grote Projecten, Besluitvorming & Management (red. J. de Bruijn e.a.), Samsom H.D. Tjeenk Willink, Alphen a/d Rijn, 1996.

HENDRIKX, 1992

Hendrikx, J., *De verbinding tussen de Randstad en Europa*, in: Mobiliteitschrift, 12-92, 1992.

DE HERDER et al., 1997

Herder, W. de, en F. Sanders, *De corridor als kralensnoer*, in: Stedebouw & Ruimtelijke Ordening, nr. 3-97, 1997.

HERNANDO, z.j.

Hernando, J., *Transport and the economic situation, topic 3: Land-use resources and transport*, Ministerio de Obras Publicas, Madrid, z.j.

HICKLING, 1978

Hickling, A., *AIDA and the levels of choice in structure plans*, in: Town Planning Review 49-4, 1978.

HICKLING, 1985

Hickling, A., *Evaluation is a five finger exercise*, in: Evaluation of complex policy problems, Delftse Uitgevers Maatschappij, Delft, 1985.

HILL, 1985

Hill, M., *Decision-making contexts and strategies for evaluation*, in: Evaluation of complex policy problems, Delftse Uitgevers Maatschappij, Delft, 1985.

HNS, 1996

Over scherven en geluk, een rapport over de versnippering van de natuur in Nederland, H+N+S Landschapsarchitecten, in opdracht van het Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, het Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer en het Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Utrecht, 1996.

HOBBS et al., 1981

Hobbs, F. en J. Doling, *Planning for engineers and surveyors*, Pergamon Press, Oxford, 1981.

HOBU, 1981

Rapport hoogspanningslijnen, pijpleidingen en kabels in en nabij rijkswerken, Rijkswaterstaat werkgroep HOBU, Utrecht, 1981.

HOLGATE, 1986

Holgate, A., *The Art in Structural Design, an introduction and sourcebook*, Monash University, Department of Civil Engineering, Clarendon Press, Oxford, 1986.

VAN HOOGSTRATEN et al., 1985

Hoogstraten, P. van, *De ruimtestructurende effecten van materiële infrastructuur, hypothesen*, Technische Hogeschool Eindhoven, Afdeling Bouwkunde, Eindhoven, 1985.

HORST et al., 1991

Horst, A. van der, en J. Theeuwes, *Advies over onderlinge beïnvloeding trein- en wegverkeer bij uitbreiding van de schiphollijn*, MEMO IZF-M15, Instituut voor Zintuigfysiologie TNO, Soesterberg, 1991.

HOUBEN et al, 1978

Houben, P., en H. van Zuylen, *Visuele hinder van verkeer*, in: Verkeerskunde nr. 2, 1978.

HÜSLER, 1993

Hüsler, W., *Flächen sparen im Straßenverkehr, Strategien und Handlungsansätze*, in: Informationen zur Raumentwicklung, Heft 1/2, 1993, Bundesforschungsanstalt für Landeskunde und Raumordnung, Bonn, 1993.

ILS, 1989

Großräumige Verkehrsachsen in Nordwesteuropa, ILS-Schriften 31, Institut für Landes- und Stadtentwicklungsforschung des Landes Nordrhein-Westfalen, Dortmund, 1989.

IMZS, 1991

Inventarisatie Milieubelasting, Rapportage 1e fase, Stuurgroep IMZS-Drechtsteden, Den Haag, 1991.

IRMSID, 1993

Milieubelasting door infrastructuurontwikkelingen tussen Barendrecht en Sliedrecht, Eindrapport van de werkgroep IRMSID, Den Haag, 1993.

IWBL, 1973

Nota bundeling pijpleidingen, het goederentransport in Nederland in het algemeen en de plaats die de pijpleiding daarin inneemt in vervoerstechnisch en planologisch opzicht in het bijzonder, Interprovinciale Werkgroep Bundeling Leidingen, Zwolle, 1973.

IWBL, 1975

Bundeling van buisleidingen in Nederland, Studie van de Interprovinciale Werkgroep Bundeling Leidingen, z.pl., 1975.

JANSSEN, et al., 1991

Janssen, H., en P. Leroy, *De terminologie in de milieukunde en het milieubeleid: een aanzet tot structurering*, in: Milieu 1991/5, 1991.

JOACHIM, 1980

Joachim, H., *Der landesplanerische Grundsatz der Bündelung von Versorgungsleitungen und seine Grenzen aus planerischer, technischer und rechtlicher Sicht*, in: Deutsches Verwaltungsblatt v. 1-4-80, 1980.

JOACHIM, 1981

Joachim, H., *Raumordnungs- und Entschädigungsprobleme beim Bau von Energieleitungen*, in: Energiewirtschaftliche Tagesfragen 31 h. 11/12, 1981.

JOACHIM, 1987

Joachim, H., *Planungsrecht und Planungsregeln beim Bau von Versorgungsleitungen, zum problem der Leitungsbündelung*, in: Raumforschung und Raumordnung, Heft 4, Bundesforschungsanstalt für Landeskunde und Raumordnung, Bonn-Bad Godesberg, 1987.

JOCHIMSEN et al., 1977

Jochimsen, R. en K. Gustafsson, *Infrastructur, Grundlage der marktwirtschaftlichen Entwicklung*, in: E.Simonis: Infrastructur, Köln, 1977.

JONCKERS NIEBOER, 1938

Jonckers Nieboer, J., *Geschiedenis der Nederlandse Spoorwegen 1832-1938*, uitg. Nijgh & Van Ditmar n.v. , Rotterdam, 1938.

DE JONG, 1988-1

de Jong, T.M., *Milieudifferentiatie*, Monografieën milieuplanning/SOM, T.U.Delft, Faculteit der Bouwkunde, Delft, 1988.

DE JONG, 1988-2

de Jong, T.M., *Morfologische typologie van netwerken*, Monografieën milieuplanning/SOM, T.U.Delft, Faculteit der Bouwkunde, Delft, 1988.

DE JONGE et al, 1981

Jonge, D. de, e.a., *Rotterdamers brengen hun stad in beeld*, in: Wonen-TA/BK 7-81, zpl. 1981.

KARNAPP et al, 1988

Karnapp, J. e.a., *Studie über die Bündelungseffekte zwischen Schiene un Strasse*, Planungsbüro Obermeyer - Ingenieurgeologisches Institut im Auftrag der Deutschen Bundesbahn, München-Westheim, 1988.

KETELAARS et al., 1983

Ketelaars, K., en W. Rombout, *Tracézoeken per computer, toepassing van GMAPS-GCARS op RW.32*, Afstudeerscriptie Katholieke Universiteit Nijmegen, Nijmegen/Apeldoorn, 1983.

KERKSTRA, 1981

Kerkstra, K., e.a., *Landschapstudie en tracé-ontwerp Goor-Hengelo*, STILO Wageningen, Wageningen, 1981.

KJELLEN, 1983

Kjellen, U., *The deviation concept in occupational accident control theory and method*, Royal Technological University Stockholm, Occupational Accident Group, Stockholm, 1983.

KJELLEN, 1984

Kjellen, U., *Occupational accident research*, in: Journal of occupational accidents, vol.6, no.1-3, Proceedings international seminar, Saltsjobaden 1983, Elsevier, Amsterdam, 1984.

KLAASSEN et al., 1997

Klaassen, H., en G. Teisman, *Het corridorconcept als startpunt voor een andere benadering, Nieuwe arrangementen van problemen en oplossingen*, in: Stedebouw & Ruimtelijke Ordening, nr. 3-97, 1997.

KLEIJN, 1997

Kleijn, W., *De betekenis van corridors voor de regionaal-economische ontwikkeling*, in: Van Delta naar Europees Achterland, Nederlands Instituut voor Ruimtelijke Ordening en Volkshuisvesting NIROV - Europlan, Den Haag, 1997.

DE KLERK, 1980

Klerk, L. de, *Op zoek naar de ideale stad*, z.pl., 1980.

KLERKS, et al., 1994

Klerks, R., et al., *De versnippering van het landschap gaat door, ook plattelandswegen dragen een steen(tje) bij!*, in: *Wegen*, nr.8-94, uitgave Stichting Centrum voor Regelgeving en Onderzoek in de Grond-, Water- en Wegenbouw en de Verkeerstechniek C.R.O.W., Ede, 1994.

VAN KNIPPENBERG et al., 1989

Knippenberg, C. van, e.a. (red.), *Handboek sociale verkeerskunde*, Verkeerskundig Studiecentrum, Rijksuniversiteit Groningen, Van Gorcum, Assen-Maastricht, 1989.

KORSMIT et al, 1982

Korsmit J., en E. Kanters (red.), *Handboek verkeers- en vervoerkunde*, VUGA, 's Gravenhage, 1982.

KORSMIT et al, 1986

Korsmit J., *Verkeersveiligheid*, Nationale Akademie voor Planologie, Verkeer en Vervoer, Tilburg, 1986.

KORSMIT et al, 1995

Korsmit J., en R. Houthaave, *Enige onderzoeksvragen op het gebied van de verkeersplanologie*, in: *Locatiebeleid & MOBER*, tekstenbundel van het symposium 15-12-94, Universiteit Gent - Vlaamse Stichting Verkeerskunde, Gent 1995.

KVK HAAGLANDEN, 1996

Waar een weg is, is een trein, De hogesnelheidstrein in Nederland, Kamer van Koophandel Haaglanden, Den Haag, 1996.

LAMBERS et al, 1994

Lambers, C., e.a., *Versnelling juridische procedures grote projecten*, Wetenschappelijke Raad voor het Regeringsbeleid, serie voorstudies en achtergronden, Sdu Uitgeverij, Den Haag, 1994.

LANGVELD et al., 1997

Langeveld, J., e.a., *Stromenland, Netwerken van verkeer en water als dragers voor ruimtelijke ontwikkeling*, IBN-rapport 293, Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek IBN-DLO, Wageningen, 1997.

LASSIERE, 1976

Lassière, A., *The environmental evaluation of transport plans*, Research Report 8, Department of the Environment, South Ruislip, 1976.

LEEMANS, 1978

Leemans, A., *Het bepalen van het overheidsbeleid*, in: Overheidsbeleid, serie Maatschappijbeelden, Samsom, Alphen aan den Rijn, 1978.

LEVY et al., 1995

Lévy, M. en J.C. de Tissot, *L'expérience de l'autoroute de la Maurienne*, in: Revue générale des routes et des aérodrômes, nr. 731, 1995.

LICHFIELD, 1985

Lichfield, N., *From impact assessment to impact evaluation*, in: Evaluation of complex policy problems, Delftse Uitgevers Maatschappij, Delft, 1985.

LIJZENGA et al., 1997

Lijzenga, R., et al., *EVV beoordeelt nu ook versnippering en verkeersveiligheid*, in: Verkeerskunde nr. 2-1997, uitgave ANWB, Den Haag, 1997.

LINDEN, 1989

Linden, G., *Highway location, towards a framework for planning support*, Rijksuniversiteit Groningen, Groningen, 1989.

LNV, 1992

Structuurschema Groene Ruimte, Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, 's Gravenhage, 1992.

LOSCH et al., 1989-1

Losch, S., en R. Nake, *Flächenansprüche der technischen Infrastruktur als Problem des Bodenschutzes*, in: Raumforschung und Raumordnung, Heft 2-3, 1989.

LOSCH et al., 1989-2

Losch, S., en R. Nake, *Direkte und indirekte Flächenansprüche der technischen Infrastruktur als Problem des Bodenschutzes*, in: Dokumentation des Symposiums am 5/6 Mai 1988 an der Fachhochschule Wiesbaden Raumforschung und Raumordnung, Bundesforschungsanstalt für Landeskunde und Raumordnung, Bonn, 1989.

LOSCH et al., 1990

Losch, S., en R. Nake, *Landschaftsverbrauch durch linienhafte technische Infrastrukturen*, in: Informationen zur Raumentwicklung, Heft 12, 1990, Bundesforschungsanstalt für Landeskunde und Raumordnung, Bonn, 1990.

LÜCKE, 1980

Lücke, C., *Halfweg in oude ansichten*, Europese Bibliotheek, Zaltbommel, 1980.

LÜCKE, 1981

Lücke, C., *Oude prentkaarten vertellen over Halfweg-Zwanenburg*, Repro-Holland, Alphen aan den Rijn, 1981.

LÜCKE, 1990

Lücke, C., *Halfweg, Zwanenburg en Vijfhuizen van 1900 tot nu*, Van Geyst Productions, Hulst, 1990.

LUKEN et al., 1991

Luken, J., e.a., *Forest edges associated with power-line corridors and implications for corridor siting*, in: *Landscape and Urban Planning*, jrg. 20 nr. 4, 1991.

LUTJE SCHIPHOLT et al., 1994

Lutje Schipholt, L., e.a., *De Hogesnelheidslijn via Den Haag? Kritische reactie op de Nieuwe HSL-nota*, Technische Universiteit Delft, Faculteit der Civiele Techniek, Delft, 1994.

LUTJE SCHIPHOLT et al., 1995

Lutje Schipholt, L., en Th. Schoemaker, *Vervolgstudie TU-variant, toekomstwaarde nader onderzocht*, Technische Universiteit Delft, Faculteit der Civiele Techniek, Delft, 1995.

MACDONALD, 1972

MacDonald, G.L., *The involvement of tranctor design in accidents*, University of Queensland, Department of Mechanical Engineering, Research Report 3/72, St. Lucia, 1972.

MADER, 1979

Mader, H.J., *Die Isolationswirkung von Verkehrsstraßen auf Tierpopulationen untersucht am Beispiel von Arthropoden und Kleinsäugetern der Waldbiozönose*, Schriftenreihe für Landschaftspflege und Naturschutz 19, 1979.

MAIORANA, 1994

Maiorana, J., *Corridor Preservation, Synthesis of Highway Practice 197*, Transportation Research Board, National Research Council, uitg. National Academy Press, Washinton D.C., 1994.

MARCH et al, 1958

March, J., en H. Simon, *Organisations*, New York-London-Sidney, 1958.

MATZHOLT, 1993

Mätzholt, K., *Der Landschaftsverbrauch durch die Verkehrsträger im Vergleich*, in: *VDI-Berichte 1041*, VDI-Verlag, Düsseldorf, 1993.

McALLISTER, 1986

McAllister, D., *Evaluation in Environmental Planning*, The MIT Press, Cambridge (Mass.), 1986.

MEYER et al., 1969

Meyer, C., en D. Gibson, *Route surveying and design*, Harper & Row Publishers, New York, 1969.

MIEDEMA, 1985

Miedema, H., *Hinder in de woonomgeving door cumulatieve van omgevingsgeluid; een literatuurstudie*, Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer - IMG-TNO, in het kader van Onderzoekprogramma Geluidhinder, rapport nr. GA-HR-08-01, Leidschendam-Delft, 1985.

MISER et al., 1985

Miser, H., en E. Quade, *Handbook of systems analysis, overview of uses, procedures, applications and practise*, North-Holland, New York, 1985.

MLL-MT, 1982

Reconnaissance géologique et géotechnique des tracés de routes et autoroutes, Ministère de l'urbanisme et du logement - Ministère des transports - Laboratoire central des ponts et chaussées, Paris Cedex, 1982.

MOERENHOUT, 1995

Moerenhout, R., *De ontwikkeling van een werkwijze voor de bepaling van de hoogteligging van autosnelwegen en spoorlijnen*, in: Planologische Discussiebijdragen 1995, Stichting Planologische Discussiedagen, Delft, 1995.

MUSTERS et al., 1994

Musters, C., e.a., *Een methodiek om milieugebruiksruimte te bepalen*, Publicatiereeks Stoffen, Veiligheid, Straling, Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, Zoetermeer, 1994.

NEWKIRK, 1979

Newkirk, R., *Environmental planning for utility corridors*, Ann Arbor Science Publishers inc., Ann Arbor, 1979.

NIJKAMP et al, 1994

Nijkamp, P. en E. Blaas, *Impact Assessment and Evaluation in Transportation Planning*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht-Boston-London, 1994.

NS, 1992

Betuwerooute, Projectnota, NV Nederlandse Spoorwegen, Utrecht, 1992.

OELEN, 1994

Oelen, U., en N. Struiksma, *Puzzelen met beleid, ontwikkelingen in de beleidsanalyse*, Samsom H.D. Tjeenk Willink, Alphen aan den Rijn, 1994.

O'FLAHERTY, 1974

O'Flaherty, C., *Highways*, Vol.2, Second Edition, Institute for Transport Studies and Department of Civil Engineering, University of Leeds, Leeds, 1974.

OPDAM, 1988

Opdam, P., *Versnippering bedreigt voortbestaan van plant en dier*, in: Natuur en Milieu, juli-augustus, 1988.

OPDAM et al., 1988

Opdam, P. en R. Hengeveld, *Versnippering van landschappen: effecten op plante- en dierpopulaties*, RIN-rapport, Leersum, 1988.

OPSCHOOR, 1987

Opschoor, J., *Duurzaamheid en verandering: over ecologische inpasbaarheid van economische ontwikkelingen*, Vrije Universiteit Amsterdam, 1987.

OPSCHOOR, et al., 1990

Opschoor, J., en S. van der Ploeg, *Duurzaamheid en kwaliteit: hoofddoelstellingen van milieubeleid*, in: Commissie Lange Termijn Milieubeleid, *Het milieu: denkbeelden voor de 21e eeuw*, Kerckebosch BV, Zeist, 1990.

OPSCHOOR, et al., 1994

Opschoor, J., en R. Weterings, *Environmental utilisation space: an introduction*, in: Milieu, vol. 9, 1994/5, Boom tijdschriften, z.pl., 1994.

PAWELAS, 1994

Pawelas, A., *Deciphering EIA, an introduction to Environmental Assessment*, RBA Series on River Basin Administration, working paper nr. 23, Delft, 1994.

PB-HSL, 1994

Projectbureau HSL-Infra, *Nieuwe HSL-Nota*, SDU Uitgeverij Plantijnstraat, z.pl., 1994.

PICKELS et al. 1939

Pickels, G., en C. Wiley, *Route Surveying*, uitg; John Wiley & Sons, New York, 1939.

PINCH, 1985

Pinch, S., *Cities and services, the geography of collective consumption*, Routledge & Kegan Paul, London-Boston-Melbourne-Henley, 1985.

POLAK, 1973

Polak, B., *Functioneel ontwerpen, formulering en oplossing van ontwerpproblemen*, Agon Elsevier, Amsterdam-Brussel, 1973.

PPD-ZH, 1970

Leidingen, organisatorische, technische en planologische aspecten van leidingenstraten, Provinciale Planologische Dienst in Zuid-Holland, z.pl., 1970.

PRIEMUS, et al., 1993

Priemus, H., en I. Smid (red.), *HST, meer dan een tracé*, werkdocument 93-05, Onderzoeksinstituut OTB, Delftse Universitaire Pers, Delft, 1993.

PRIEMUS, et al., 1996

Priemus, H., e.a., *HSL in Haaglanden, Bundeling van infrastructuur en ruimtelijk-economische impuls*, OTB-werkdocument 96-21, Delftse Universitaire Pers, Delft, 1996.

PRONOST, 1992

Pronost, J-P, *Une ligne, un trace*, in: Revue générale des chemins de fer, 111e année, 1992.

PSARIANOS, 1982

Psarianos, B., *Ein Beitrag zu der Entwicklung des Räumlichen Trassierungsprozesses von Verkehrswegen und insbesondere von Straßen*, Wissenschaftliche Arbeiten der Fachrichtung Vermessungswesen der Universität Hannover, Hannover, 1982.

PS-KIVI, 1993

De schijn van kans, risico-acceptatie en Veiligheid in de Civiele Techniek, Eindverslag symposium 29 april 1993, Gezelschap "Practische Studie" in samenwerking met het Koninklijk Instituut van Ingenieurs, Delft, 1993.

RRO, 1996

Wisselwerking tussen verstedelijking en infrastructuur, knooppunten en vervoerscorridors als ordenend principe voor de ruimtelijke ordening, Raad voor de ruimtelijke ordening, Sdu Uitgevers, 's-Gravenhage, 1996.

DE RIDDER, 1994

De Ridder, H., *Design & construct of complex civil engineering systems, a new approach tot organisation and contracts*, Delft University Press, Delft, 1994.

DE RIDDER, et al., 1994

De Ridder, H., en M. Behesti, *Systematisch ontwerpen*, Technische Universiteit Delft, Faculteit der Civiele Techniek, Delft, 1994.

RIETVELD, 1993

Rietveld, P., *Beleidsanalyse op het terrein van verkeer, vervoer en ruimtelijke ordening; een middel ter verbetering van de kwaliteit van de besluitvorming?*, in: *Beleidsanalyse en politieke besluitvorming op het terrein van verkeer en ruimtelijke ordening*, Platform beleidsanalyse - Regional Science Association Nederland, Den Haag, 1993.

RIETVELD et al., 1997

Rietveld, P., en J. Ten Broek, *Bundeling van infrastructuur en marktontwikkelingen*, in: *Stedebouw & Ruimtelijke Ordening*, nr. 3-97, 1997.

ROBERTS et al., 1962

Roberts, P., en J. Suhrbier, *Highway location analysis: an example problem*, M.I.T. Report no. 5, The M.I.T. Press, z.pl., 1962.

ROOS et al., 1997

Roos, H., en H. Runhaar, *Europese vervoerscorridors en economische groei*, in: *Van Delta naar Europees Achterland*, Nederlands Instituut voor Ruimtelijke Ordening en Volkshuisvesting NIROV - Europlan, Den Haag, 1997.

ROOZENBRUG et al., 1991

Roozenburg, N., en J. Eekels, *Produktontwerpen, structuur en methoden*, Uitg. Lemma, Utrecht, 1991.

ROSENTHAL, 1988

Rosenthal, U., *Bureauapolitiek en bureaupolitisme: om het behoud van een competitief overheidsbestel*, uitg. Samsom H.D. Tjeenk Willink, Alphen a/d Rijn, 1988.

ROSMAN et al., 1995

Rosman, F., en A. Buis, *Ontwerp- en planningstechnieken*, Technische Universiteit Delft, Faculteit der Geodesie, Delft, 1995.

ROSMULLER, 1996

Rosmüller, N., *Transport corridors: public safety and related costs, reason for research*, in: Proceedings 2nd TRAIL PhD Congress "Defence or attack, TRAIL Research School, Technische Universiteit Delft - Erasmus Universiteit Rotterdam, Delft-Rotterdam, 1996.

ROSMULLER et al., 1996

Rosmüller, N. en J. Willems, *Veiligheid van gebundelde infrastructuur, aandachtspunten vanuit ontwerpperspectief*, in: Colloquium Vervoersplanologisch spuurwerk 1996, Beheersbare mobiliteit: een utopie?, C.V.S., Delft, 1996.

ROSMULLER et al., 1998

Rosmüller, N. en J. Willems, *Accident frequencies and causes within transport corridors, in balance or imbalance?*, in: ITSA, Delft, 1998.

ROULEAU, 1975

Rouleau, B., *Le tracé des rues de Paris, formation, typology, fonctions*, Éditions du centre national de la recherche scientifique, Paris, 1975.

ROUX, 1924

Roux, O., *Routes et chemins vicinaux*, Bibliothèque de l'ingénieur de travaux publics, Dunod, 2e ed., Paris, 1924.

RRO, 1997

Wisselwerking tussen verstedelijking en infrastructuur, knooppunten en vervoerscorridors als ordenend element voor de ruimtelijke ordening, Raad voor de Ruimtelijke Ordening, 's Gravenhage, 1997.

RWS, 1989

Handleiding Projectnota 's, Rijkswaterstaat, 's Gravenhage, 1989.

RWS, 1993

Projectnota/MER RW73-zuid, Rijkswaterstaat directie Limburg, z.pl., 1993.

RWS-DVK, 1992

Richtlijnen voor het ontwerpen van autosnelwegen, Rijkswaterstaat - Dienst Verkeerskunde, Rotterdam, 1992.

RWS-DWW-CML-SNM, 1987

Versnippering, verslag van een workshop, Rijkswaterstaat Dienst Weg- en Waterbouwkunde i.s.m. Centrum voor Milieukunde Leiden en Stichting Natuur en Milieu, Delft, 1987.

RWS-DWW, 1990

Voorspellingsmethoden wegenprojecten milieu-effecten, Rijkswaterstaat Dienst Weg- en Waterbouwkunde Hoofdafdeling Milieu, Delft, 1990.

RWS-DWW, 1994

Handleiding Besluitvorming Hoofdinfrastructuur wegen en vaarwegen, Rijkswaterstaat Dienst Weg- en Waterbouwkunde, Twijnstra Gudde, Amersfoort, 1994.

RWS-DWW, 1995-1

Handreiking maatregelen voor de fauna langs weg en water, Rijkswaterstaat Dienst Weg- en Waterbouwkunde - Dienst Landinrichting en Beheer Landbouwgronden, Delft-Utrecht, 1995.

RWS-DWW, 1995-2

Natuur overwegen, Nature across motorways, Rijkswaterstaat Dienst Weg- en Waterbouwkunde, Delft, 1995.

RWS-DWW, 1996

Handleiding Besluitvorming Hoofdwegen, Rijkswaterstaat Dienst Weg- en Waterbouwkunde, DWW-rapport nr. P-DWW-96-018, Delft, 1996.

SAANEN, 1996

Saenen, Y., *Afweging in Balans*, NS Railinfrabeheer, Utrecht, 1996.

SANDERS et al., 1995

Sanders, F., en J. Willems, *Hoogteligging van infrastructuur: afweging en keuze*, in: *Wegen* nr. 2, 1995.

SANDERS, 1997-1

Sanders, F., *Vervoerscorridors als een ordenend principe voor ruimtelijke inrichting*, in: *Cement* 7-8, 1997.

SANDERS, 1997-2

Sanders, F., *Denkend aan Holland ...*, in: *Verstedelijking en vervoersplanologische concepten*, Amsterdam study centre for the Metropolitan Environment (AME), AME-UvA, Amsterdam, 1997.

SANDERS, 1997-3

Sanders, F., *De corridor als kralensnoer*, in: *Stedebouw en Ruimtelijke Ordening* 1997-3, 1997.

SCHRAMM et al., 1986

Schramm, W., e.a., *Flächenansprüche und Raumnutzung; Fallstudien zur regionalen Flächeninanspruchnahme und Verbesserung ihrer Steuerung durch den Indikator Wirkungsflächen* ARL Beiträge 88, Hannover, 1986.

SCHREIBER, 1993

Schreiber, L., *Vergleich der Lärmbelastung durch verschiedene Verkehrsträger und maßnahmen zu ihrer Minderung*, in: *VDI Berichte* nr. 1041, Hamburg, 1993.

SCHWERY, 1996

Schwéry, B., *Nouveau tronçon de la N9 Granges-Sierre Ouest*, in: *Route et trafic* nr. 12, 1996.

SCOTT, 1965

Scott, E., *Report on pipeline location*, Prepared by the task committee on pipeline location of the committee on pipeline location of the pipeline division of the American society of civil engineers, z.pl., 1965.

SCVV, 1928

Rapport betreffende de regeling van de bebouwing langs rijkswegen, Staatscommissie voor het Vervoersvraagstuk, z.pl., 1928.

SIMON, 1975

Simon, H., *A Students Introduction to Engineering Design*, Pergamon Unified Engineering Series, Pergamon Press, New York, 1975

SKELTON, 1949

Skelton, R., *Route Surveys*, McGraw-Hill Book Company, New York-Toronto-London, 1949.

SORBER, 1985

Sorber, A., *Some experiences with project appraisal in the Dutch central government*, in: *Evaluation of complex policy problems*, Delftse Uitgevers Maatschappij, Delft, 1985.

SOTTIAUX et al., 1994

Sottiaux, C., et al., *Des réalisations concrètes pour protéger l'environnement*, in: *Revue générale des chemins de fer*, 1994.

STAATS, 1990

Staats, H., *Rijkswegen en de beleving van het landschapsbeeld*, Onderzoekscentrum Ruimtelijke Ontwikkeling en Volkshuisvesting, Rijksuniversiteit Leiden, Leiden, 1990.

STEINMETZ, 1984

Steinmetz, P.B., *Wegen als ordenend element in het landschap*, Landbouwhogeschool Wageningen, Wageningen, 1984.

STREEFKERK, 1992

Streefkerk, N., *Beoordelingsmethode Milieu, een instrument waarmee wij ons milieu kunnen betrekken bij ruimtelijke vraagstukken*, in: *Milieu 1992/3*, 1992.

STROOTMAN, 1990

Strootman, B., *Oude Rijkswegen, ontstaan, oorspronkelijk en huidig beeld van de oude rijkswegen in Nederland*, Studiereeks Bouwen aan een levend landschap, rapport nr. 18, Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, Directie Bos- en Landschapsbouw, Utrecht, 1990.

SU, 1960

Nota inzake de Ruimtelijke Ordening in Nederland, Ministerie van Volkshuisvesting en Bouwnijverheid, Staatsdrukkerij en -Uitgeverijbedrijf, 's Gravenhage, 1960.

SU, 1966

Tweede Nota over de Ruimtelijke Ordening in Nederland, Ministerie van Volkshuisvesting en Bouwnijverheid, Staatsuitgeverij, 's Gravenhage, 1966.

SU, 1975

Derde Nota over de Ruimtelijke Ordening, Staatsuitgeverij, 's Gravenhage, 1975.

SU, 1975-1

Structuurschema Drink- en Industriewatervoorziening, Rijksinstituut voor drinkwatervoorziening - Ministerie van Volksgezondheid en Milieuhygiëne, Staatsuitgeverij, 's Gravenhage, 1975.

SU, 1979

Structuurschema Verkeer en Vervoer, Ministerie van Verkeer en Waterstaat - Ministerie van Volkshuisvesting en Ruimtelijke ordening, Staatsuitgeverij, 's Gravenhage, 1979.

SU, 1980

Structuurschema Elektriciteitsvoorziening, Ministeries van Economische Zaken en van Volkshuisvesting en Ruimtelijke Ordening, Staatsdrukkerij- en Uitgeverijbedrijf, 's Gravenhage, 1980.

SU, 1980-1

Structuurschema Vaarwegen, Ministerie van Verkeer en Waterstaat - Ministerie van Volkshuisvesting en Ruimtelijke ordening, Staatsuitgeverij, 's Gravenhage, 1980.

SU, 1983

Beleidsonderzoek, het ontwikkelen en beoordelen van beleidsmaatregelen en projecten, Rapport van de werkgroep Projectanalyse Ministerie van Financiën, Staatsuitgeverij, 's Gravenhage, 1983.

SU, 1986

Evaluatiemethoden, een introductie, Rapport van de Afdeling Beleidsanalyse van het Ministerie van Financiën, Staatsuitgeverij, 's-Gravenhage, 1986.

SU, 1990

Structuurschema Verkeer en Vervoer, Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Staatsuitgeverij, 's Gravenhage, 1990.

SU, 1991

Vierde Nota over de Ruimtelijke Ordening, Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, Staatsuitgeverij, 's Gravenhage, 1991.

SU, z.j.-1

Tweede Structuurschema Drink- en Industriewatervoorziening, Ministerie van Volksgezondheid en Milieuhygiëne - Ministerie van Volkshuisvesting en Ruimtelijke ordening - Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Staatsuitgeverij, 's Gravenhage, z.j.

SU, z.j.-2

Tweede Structuurschema Elektriciteitsvoorziening, Staatsuitgeverij, 's Gravenhage, z.j.

SU, z.j.-3

Structuurschema Buisleidingen, Ministerie van Economische Zaken - Ministerie van Verkeer en Waterstaat - Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke ordening en Milieubeheer, Staatsuitgeverij, 's Gravenhage, z.j.

TAYLOR et al., 1997

Taylor, P., e.a., *California HSR Corridor Evaluation and Environmental Constraints Analysis*, in: Journal of Transportation Engineering, Jan-Febr, 1997.

TEISMAN, 1992

Teisman, G., *Complexe besluitvorming, een pluricentrisch perspectief op besluitvorming over ruimtelijke investeringen*, Erasmusuniversiteit, Rotterdam, 1992.

TEISMAN, 1997

Teisman, G., *Sturen via creatieve concurrentie, een innovatie-planologisch perspectief op ruimtelijke investeringsprojecten*, intreerede, Katholieke Universiteit Nijmegen, Nijmegen, 1997.

THEEUWES et al., 1994

Theeuwes, J., en A. van der Horst, *Advies afscherming Schiphollijn*, Instituut voor Zintuigfysiologie, TNO-Defensieonderzoek, Soesterberg, 1994.

TRB, 1988

Pipelines and public safety, Damage Prevention, Land use and Emergency Preparedness, Special Report 219, Transportation Research Board, National Research Council, Washington D.C., 1988.

TUD, 1993

Infrastructuurplanning, Technische Universiteit Delft, Faculteit der Civiele Techniek, Delft, 1993.

VAN TUIJN, 1996

Tuijn, H. van, *Inpassing van infrastructuur, op weg naar een integrale benadering*, Technische Universiteit Delft, Faculteit der Civiele Techniek, Delft, 1996.

TURNER, 1981

Turner, A., *GMAPS/GCARS manual, release 3.0*, Golden, Colorado, 1981.

UDO DE HAES et al., 1988

Udo de Haes, H., en K. Canters, *Versnippering en ontsnippering als nieuw milieubeleidsthema*, in: Milieu 1988/4, 1988.

UK-DOT, 1983

Manual of environmental appraisal, U.K. Department of Transport, London, 1983.

UK-DOT, 1986

Urban Road Appraisal, U.K. Department of Transport - The standing advisory committee on trunk road assessment, London, 1986.

ULLMAN, 1956

Ullman, E., *The role of transportation and its bases for interaction*, in: Man's role in changing the face of the earth (W.L. Thomas jr. (ed.)), Chicago, 1956.

US-DOT, 1971

Recommendations for northeast corridor transportation, U.S. Department of Transportation - Strategic Planning Division, Washington D.C., 1971.

VERBRUGGEN et al., 1994

Verbruggen, A. (red.), et al., *Leren om te keren, Milieu- en natuurrapport Vlaanderen*, Vlaamse Milieumaatschappij, Uitg. Garant, Leuven-Apeldoorn, 1994.

VERKENNIS et al., 1997

Verkennis, A. en T. Groenewegen, *Ontwikkelingen in de regio Randstad-Rijn/Ruhr*, in: Van Delta naar Europees Achterland, Nederlands Instituut voor Ruimtelijke Ordening en Volkshuisvesting NIROV - Europlan, Den Haag, 1997.

VERROEN et al. 1995

Verroen, E., en H. Hilbers, *Bereikbare nabijheid 2, een kwantitatieve analyse van alternatieve mobiliteitsvriendelijke vormen van verstedelijking in de stedenring Centraal Nederland na 2005*, TNO Beleidsstudies en Advies, TNO-rapport INRO-VVG 1995-04, Delft, 1995.

VISSER et al., 1991

Visser, J. en T. Bentvelsen, *De Hoge-Snelheidslijn in de Randstad, Beleid en besluitvorming omtrent een grootschalig infrastructuurproject*, kerngroep Infrastructuur, Transport en Logistiek, Vrije Universiteit Amsterdam, Vakgroep Ruimtelijke Economie - Onderzoeksinstituut voor Technische Bestuurskunde OTB, Delft, 1991.

VLEK, 1987

Vlek, C., *Risk assessment, risk perception and decision making about courses of action involving genetic risk: an overview of concepts and methods*, in: Birth defects, Original Article series, vol.23 no. 2, 1987.

VLEUGEL, 1995

Vleugel, J., *De milieugebruiksruimte voor verkeer en vervoer*, Kerngroep Infrastructuur, Transport & Logistiek, Delftse Universitaire Pers, Delft, 1995.

VOOGD, 1976

Voogd, H., *Methoden en technieken betreffende evaluatie*, Planologisch Studiecencentrum TNO - Evaplan, Delft, 1976.

VOOGD, 1983

Voogd, H., *Multicriteria evaluation for urban and regional planning*, Pio Limited, London, 1983.

VOOGD, 1993

Voogd, H., *Projectevaluatie bij infrastructuurplanning: hoe verder?*, in: Beleidsanalyse en politieke besluitvorming op het terrein van verkeer en ruimtelijke ordening, Platform beleidsanalyse - Regional Science Associatiion Nederland, Den Haag, 1993.

VOOGD, 1995

Voogd, H., *Methodologie van ruimtelijke planning*, Uitg. Dick Couthino, Bussum, 1993.

VOS, 1993

Vos, M., *Multicriteriastudies geanalyseerd en gewogen*, in: Beleidsanalyse 93 3-4, z.pl., 1993.

DE VRIES, 1992

Vries, M. de, *Multicriteria evaluatie in theorie en praktijk*, in: Beleidwetenschap 92-2, z.pl., 1992.

VROM, 1983

LPG Integraal, Vergelijkende risico-analyse van de opslag, de overslag, het vervoer en het gebruik van LPG en benzine, Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer - TNO Hoofdgroep Maatschappelijke Technologie, Apeldoorn, 1983.

VROM, 1989

Nationaal Milieubeleidsplan 1990-1994, Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, Den Haag, 1989.

VROM, 1990

Ministeriële handreiking voor een voorlopige systematiek voor de integrale milieuzonering, Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, Den Haag, 1990.

VROM, 1991

Bundeling afvalverwerking en verwerking vanuit ruimtelijke optiek, Rapport nr. 1991/5c, Publicatiereeks afvalstoffen, Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, 's Gravenhage, 1991.

VROM, 1997

Nederland 2030 - Discussienota, Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, Den Haag, 1997.

VROM, 1998

Jaarverslag van de commissie voor de milieueffectrapportage over het jaar 1997, Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, Den Haag, 1998.

VROM-TNO, 1983

LPG Integraal, vergelijkende risico-analyse van de opslag, de overslag, het vervoer en het gebruik van LPG en benzine, Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer - TNO, Apeldoorn, 1983.

V&W, 1991

Tracénota en milieu-effectrapport A50 Eindhoven-Oss/Ravenstein, Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Rijkswaterstaat Directie Noord-Brabant, z.pl., 1991.

V&W, 1993

Projectnota/MER Noordelijke Randweg Haagse Regio, Ministerie van Verkeer en Waterstaat - Rijkswaterstaat directie Zuid-Holland - Provincie Zuid-Holland - Gemeente Den Haag, 1993.

V&W-NS, 1993

CAU-Nota, Corridornota/MER Verkeer en vervoer in de corridor Amsterdam-Utrecht, Ministerie van Verkeer en Waterstaat - NV Nederlandse Spoorwegen, Utrecht, 1993.

V&W, 1999

Perspectievennota Verkeer en Vervoer, Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Den Haag, 1999.

WAGNER, 1987

Wagner, G. *Möglichkeiten der Flächeneinsparung bei Stromleitungen*, in: Raumforschung und Raumordnung 45, 1987.

WALRAVEN, 1980

Walraven, C., *De verstedelijkende invloed van autosnelwegen, deel A-1: een literatuurverkenning ten behoeve van een onderzoeksmodel betreffende de effecten van autosnelwegen in het gelders rivierengebied*, Geografisch en Planologisch Instituut Nijmegen, Nijmegen, 1980.

WEHNER, et al., 1979

Wehner, B., e.a., *Handbuch des Straßenbaus, Band 1: Grundlagen und Entwurf*, Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York, 1979.

VAN WEE, 1994

Wee, B. van, *Wanneer is een verkeers- en vervoerssysteem duurzaam?*, in: Colloquium Vervoersplanologisch Speurwerk, C.V.S., Delft, 1994.

WEIR et al., 1981

Weir, C. en P. Eng, *Multi-purpose transportation corridors*, in: Joint Usage of Utility and Transportation Corridors, Proceedings, American Society of Civil Engineers, New York, 1981.

WILCOX et al., 1985

Wilcox, B. en D. Murphy, *Conservation strategy: the effects of fragmentation on extinction*, in: American Naturalist 125, 1985.

WILLEMS, 1992

Willems, J., *Beoordeling van visuele hinder van verkeer en infrastructuur*, POO memorandum, Technische Universiteit Delft, Faculteit der Civiele Techniek, Delft, 1992.

WILLEMS, 1994

Willems, J., *Bundeling van lijninfrastructuur van historisch tot toekomstig perspectief*, in: Planologische Discussiebijdragen, Stichting Planologische Discussiedagen, Delft, 1994.

WILLEMS, 1995

Willems, J., *Bundeling van infrastructuur en ruimtegebruik*, in: Planologische Discussiebijdragen, Stichting Planologische Discussiedagen, Delft, 1995.

WILLEMS, 1995

Willems, J., *Bundeling van infrastructuur, conceptvorming en ontwerpstructuur*, in: Proceedings TRAIL promovendi congres, TRAIL Onderzoeksschool, Technische Universiteit Delft - Erasmus Universiteit Rotterdam, Delft-Rotterdam, 1995.

WILLEMS, 1996

Willems, J., *Bundling infrastructure, theory and design structure*, in: Proceedings 2nd TRAIL PhD Congress "Defence or attack, TRAIL Research School, Technische Universiteit Delft - Erasmus Universiteit Rotterdam, Delft-Rotterdam, 1996.

WILLEMS, 1997

Willems, J., *Het meten van de "bundelbaarheid" van bestaande infrastructuur*, in: Planologische Discussiebijdragen, Stichting Planologische Discussiedagen, Delft, 1997.

WILLEMS, 1997

Willems, J., *Design of converged infrastructure and transportation corridors*, in: Proceedings 3rd TRAIL Year Congress, TRAIL Research School, Technische Universiteit Delft - Erasmus Universiteit Rotterdam, Delft-Rotterdam, 1997.

VAN WISSELINGH et al., 1952

Wisselingh, T. van, e.a., *Weg en verkeer, handboek ten dienste van hen die betrokken zijn bij vraagstukken de weg en het wegverkeer betreffend*, Van Holkema & Warendorf n.v., Amsterdam, 1952.

WITTENBERG, 1980

Wittenberg, J., *De weg naar het station, ontwerp-ideeën voor langzaam verkeersroutes*, Technische Hogeschool Delft - NV Nederlandse Spoorwegen, Amsterdam, 1980.

VAN DER WOULD, 1987

Van der Woud, A., *Het lege land, de ruimtelijke orde van Nederland, 1798-1848*, Rijksuniversiteit Groningen, Groningen, 1987.

ZONNEVELD, 1991

Zonneveld, W., *Conceptvorming in de ruimtelijke planning, patronen en processen*, Planologisch en Demografisch Instituut van de Universiteit van Amsterdam, Amsterdam, 1991.

ZANDVOORT, 1991

Lokale effecten rapportage, effecten van de hogesnelheidsspoorlijn en de verbreding van Rijksweg 4 in de gemeenten Alkemade, Jacobswoude, Leiden, Leiderdorp, Rijnveld, en Zoeterwoude, Zandvoort Ordening & Advies, Utrecht, 1991.

BIJLAGEN

Bijlage 1

Praktijkvoorbeeld van het ontstaan van infrastructuurbundels: kanalen en jaagpaden

Ten geleide

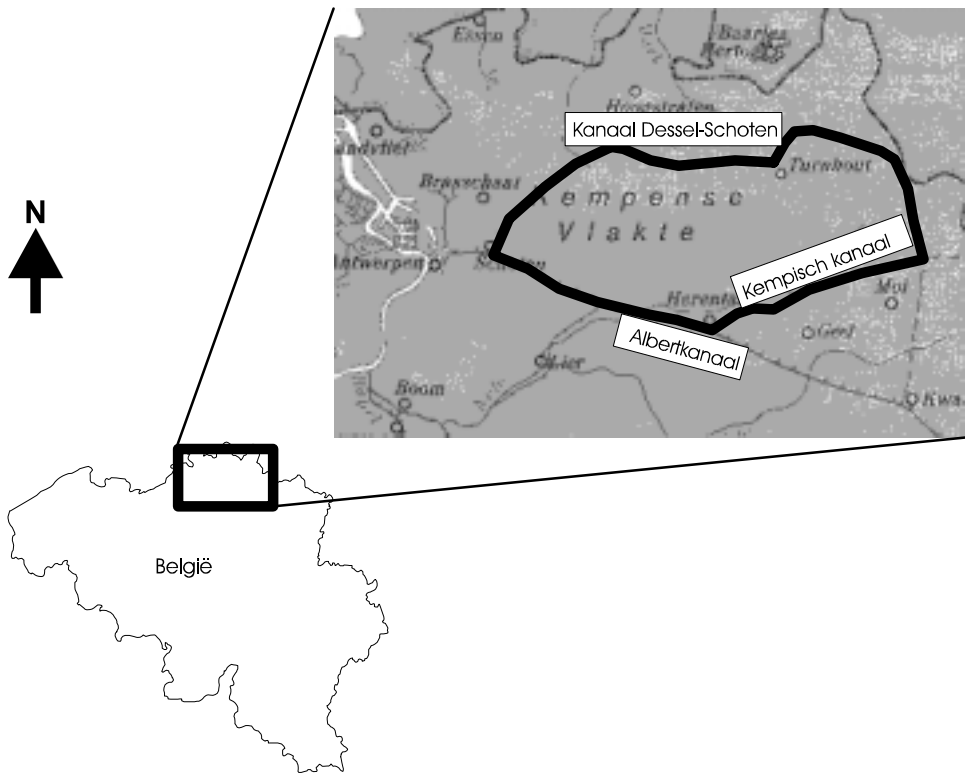
Hoewel kanalen en jaagpaden geen bundeling van hoofdinfrastructuur betreft, en het daarom strikt genomen buiten het kader van dit onderzoek valt, wordt deze bundeling toch aan een analyse onderworpen. De redenen hiervan zijn als volgt. Kanalen en jaagpaden vormen één van de oudste en authentieke bundeling die vandaag de dag nog herkenbaar zijn. Daardoor is het mogelijk om over een lange periode de successievelijke ontwikkelingen na te gaan. Wellicht dat hieruit een aantal conclusies kunnen worden geformuleerd met betrekking tot de hedendaagse hoofdinfrastructuur.



Foto i: Authentieke bundeling van een kanaal met een jaagpad, inmiddels fietspad

Bovendien zijn de successievelijke ontwikkelingen door het kleinschalig niveau zeer goed waarneembaar. Tenslotte hebben kanalen vaak ook andere infrastructuur aangetrokken, zoals wegen, spoorlijnen en hoogspanningslijnen, zodat indirect wel sprake kan zijn van bundeling van hoofdinfrastructuur.

Als case is een kanalenroute in de Belgische provincie Antwerpen genomen. De route bestaat uit het gehele kanaal Dessel-Schoten over Turnhout, het Albertkanaal tussen Schoten en Herentals en het Kempisch Kanaal tussen Herentals en Dessel.



Figuur i: Situering Kanaal Dessel-Schoten, Albertkanaal en Kempisch Kanaal

Kanaal Dessel-Schoten

Tussen Dessel en Turnhout is het kanaal en het jaagpad de enige aanwezige bundeling. Stedelijke en industriële ontwikkelingen langs dit traject zijn beperkt gebleven tot enkele geïsoleerde overslagpunten voor bouwmaterialen.

Door het opmerkelijk natuurlijk karakter langs dit traject is dit een zeer aantrekkelijke route voor recreatief fietsverkeer. Er is zondermeer sprake van een goede wederzijdse aanvulling van de infrastructuren. Combinatie van water en groen wordt immers zeer aantrekkelijk gevonden (de Jonge et al., 1981). Anderzijds laat het verharde jaagpad een vlotte inspectie van de kanaaldijken toe.

Bij Turnhout nemen de stedelijke activiteiten toe. Het kanaal biedt een rechtstreekse ontsluiting voor een aantal industriële vestigingen, maar met name voor nieuwe woningbouwprojecten is het visuele aspect of het “waterfront”-idee belangrijker. Langs deze locaties is sprake van korte gedeelten gebundelde infrastructuur die ook de langsegelegen activiteiten ontsluiten.

Vanaf Beerse tot Schoten is sprake van een veelheid aan industriële activiteiten die oorspronkelijk kanaalgebonden waren. Het betreft steenbakkerijen en metaalindustrie waarvoor transport per schip de belangrijkste vorm van vervoer was. Doorheen de tijd is het vervoer per vrachtauto belangrijker geworden en zijn de jaagpaden bijna overal verbreed tot wegen voor (vracht)autoverkeer of zijn er nieuwe wegen naast de jaagpaden aangelegd.



Foto ii: Multimodale ontsluiting van oorspronkelijk kanaalgebonden bedrijven



Foto iii: Kanaal met gebundelde hoogspanningslijn t.b.v. langsliggende industrie

Vanaf Brecht tot Schoten is tevens een hoogspanningslijn langs het kanaal aanwezig ten behoeve van de industrie. Doordat de zone langs het kanaal over het grootste gedeelte een industriële bestemming heeft, zijn er ook niet kanaalgebonden activiteiten gevestigd. Deze maken wel gebruik van de overige infrastructuur.

Albertkanaal traject Schoten-Herentals

Grosso modo dezelfde ontwikkelingen zijn merkbaar langs het Albertkanaal. Het kanaal oorspronkelijk gegraven om de industriële regio's van Antwerpen en Luik te verbinden. Het langsegelegen jaagpad heeft echter nooit de functie gehad zoals bij het kanaal Dessel-Schoten, namelijk het voorttrekken van de schuiten, maar het voorzien van een toegangsmogelijkheid tot de oevers ten behoeve van inspectie en onderhoud.

Om dezelfde reden als het ontstaan van het kanaal is ook de autosnelweg E313 Antwerpen-Luik aangelegd die hiermee op enkele honderden meters grotendeels parallel loopt. Meer en meer is de zone rond het kanaal en de snelweg uitgegroeid tot een corridor met industriële, militaire alsook recreatieve activiteiten. Voor wat betreft bundeling van infrastructuur heeft dit een aantal gevolgen. Door de toename van het scheepvaartverkeer en doordat de oevers hoe langer hoe meer als laad- en lospunt fungeerden, is het kanaal verbreed (b.v. in Wijnegem). Tevens is het oorspronkelijke jaagpad op tal van plaatsen een volwaardige weg voor autoverkeer geworden (b.v. in Wijnegem). Ook zijn hoogspanningslijnen en aardgasleidingen aangelegd om de langgerekte industriële zone te bedienen (b.v. in Viersel). Op een aantal gedeelten is pal langs het kanaal ook een spoorlijn aanwezig die een bijkomende ontsluiting biedt (b.v. in Herentals). Tenslotte zijn industriewegen aangelegd om de bedrijven te ontsluiten die vanzelfsprekend parallel met het kanaal en de snelweg lopen (b.v. in Herentals).



Foto iv: Bundeling van het Albertkanaal met hoogspanningslijn, gasleiding en parallelweg

Kempisch Kanaal traject Herentals-Dessel

Dit kanaal situeert zich qua grootte tussen de twee overige. Langs de gehele lengte is een jaagpad aanwezig dat intussen over de gehele lengte aan minstens één kant is verhard tot fietspad.

Langs het kanaal is het aantal vestigingen beperkt. Zonder meer kanaalgebonden zijn een koperfabriek in Olen (vanwege het transport) en een nucleaire centrale in Mol-Dessel (vanwege het koelwater). Van een langgerekte industriële zone die nieuwe infrastructuur heeft aangetrokken is echter geen sprake.



Foto v: Kanaalgebonden nucleaire centrale

Conclusie

Wellicht is bundeling nooit een expliciet uitgangspunt geweest om de fietspaden langs de kanalen te traceren. Andere factoren hebben dergelijke bundeling toch geëffectueerd. Uit de analyse blijkt dat kanalen en fietspaden een zodanige sterke combinatie kunnen vormen dat bundeling niettemin een uitgangspunt had kunnen zijn.

Naast de aanwezigheid en bundeling met jaag- en fietspaden, hebben nieuwe ontwikkelingen geleid tot een bundeling met andere typen infrastructuur, hoewel dit nimmer *als uitgangspunt* is gesteld om bepaalde eigenschappen en effecten te bereiken.

Daarentegen is bundeling tot stand gekomen via een reeks ontwikkelingen of factoren. De bestaande infrastructuur (het kanaal) heeft nieuwe vestigingen aangetrokken die mettertijd via nieuwe vervoersmodaliteiten ontsloten werden of waarvoor bijkomende nutsvoorzieningen werden aangelegd; de kanalen zijn *voorwaardenscheppend* geweest. Bovendien zijn de vaarwegen aangelegd tussen economische centra volgens de weg van de minste weerstand of via de kortste route; aanleg van meerdere infrastructuur volgens deze principes leidt tot parallelle en daardoor ook tot gebundelde infrastructuur; bundeling is ontstaan als gevolg van een *overeenstemming van traceringswijzen* van de diverse infrastructuren

Bijlage 2**Praktijkvoorbeelden effecten bundeling van infrastructuur****Praktijkvoorbeeld: versnippering in de Nieuwe HSL-Nota**

De versnippering is onderzocht en gekwantificeerd in de Nieuwe HSL-Nota. Toch dient een voorafgaande opmerking geplaatst te worden bij de gehanteerde definiëring en operationalisatie van het begrip. Hetgeen in de Nota versnippering wordt genoemd, is geoperationaliseerd als de (gewogen) lengte van het tracé waarlangs gebieden ontstaan die te klein zijn voor het handhaven van de oorspronkelijke functie. In feite gaat het dus om het ontstaan van restruimtes.

Hoewel niet als zodanig in de Nota benoemd, kunnen ook het kwantitatief biotoopverlies, het aantal verbroken ecologische relaties en de doorsneden woon-, en werkgebieden gezien worden als een vorm van versnippering.

In onderstaande tabel zijn de scores van de genoemde versnipperingsaspecten gerelateerd aan de lengte van de tracéalternatieven. Tevens is aangegeven welk percentage gebundeld is en op welke manier dit overwegend is gedaan. Tenslotte is de correlatie tussen de versnipperingseffecten per kilometer tracé en het bundelingspercentage berekend.

| <i>Tabel i: Versnipperingseffecten per kilometer HSL-tracé, en gecorreleerd met het bundelingspercentage</i> | | | | | | | | | | | |
|--|--------------|------------------|-------------------------------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|-------------|--|
| Tracé-alternatief | Lengte tracé | Lengte bundeling | Type bundeling | % bundeling | Crit. 1 | Crit. 2 | Crit. 3 | Crit. 4 | Crit. 5 | Crit. 6 | |
| BLN | 62,5 | 62,5 | strak-overlap | 100 | 1,95 | 0,00 | 0,02 | 0,00 | 0,06 | 0,11 | |
| BBLN | 62,5 | 62,5 | strak-overlap | 100 | 4,89 | 0,00 | 0,02 | 0,00 | 0,37 | 0,46 | |
| A | 47 | 15 | strak-overlap | 32 | 7,63 | 52,32 | 0,39 | 1,36 | 0,17 | 0,09 | |
| A1 | 47,9 | 15 | strak-overlap | 31 | 9,98 | 41,94 | 0,82 | 0,94 | 0,23 | 0,10 | |
| A1v | 48,1 | 17 | strak-overlap | 35 | 6,42 | 25,32 | 1,30 | 0,94 | 0,21 | 0,10 | |
| B | 49,7 | 28 | strak-overlap strak-tussenruimte | 56 | 16,40 | 59,80 | 0,67 | 0,91 | 0,18 | 0,10 | |
| B3 | 49,7 | 32,5 | strak-overlap strak-tussenruimte | 65 | 15,65 | 50,50 | 0,65 | 0,74 | 0,30 | 0,10 | |
| BLZ | 60,9 | 41 | strak-overlap | 67 | 2,71 | 13,18 | 0,04 | 0,23 | 0,28 | 0,20 | |
| BBLZ | 60,9 | 41 | strak-overlap | 67 | 2,71 | 13,18 | 0,04 | 0,23 | 0,28 | 0,20 | |
| Fn-FH | 60,9 | 48 | afstand | 79 | 3,47 | 12,81 | 0,15 | 0,48 | 0,05 | 0,08 | |
| F1-FH | 62,3 | 48 | afstand | 77 | 3,32 | 12,81 | 0,18 | 0,53 | 0,19 | 0,13 | |
| Fn-Fzo | 54,3 | 42 | strak-overlap strak-tussenruimte | 77 | 4,60 | 11,34 | 0,20 | 0,35 | 0,17 | 0,02 | |
| Fn-Fzw | 54,2 | 42 | strak-overlap strak-tussenruimte | 77 | 4,92 | 11,37 | 0,37 | 0,31 | 0,17 | 0,00 | |
| Fn-FH-GH | 76,8 | 44 | afstand | 57 | 3,65 | 16,29 | 0,29 | 0,40 | 0,07 | 0,07 | |
| H | 57,1 | 34 | afstand | 60 | 5,40 | 2,98 | 0,52 | 1,00 | 0,07 | 0,07 | |
| Correlatie met % bundeling | | | | | -0,42 | -0,68 | -0,74 | -0,85 | 0,01 | 0,37 | |
| Verklaring criteria en bijbehorende grootheden: | | | | | | | | | | | |
| Crit. 1: Kwantitatief biotoopverlies (gewogen hectare) | | | | | | | | | | | |
| Crit. 2: Kwalitatief biotoopverlies (verstoring) (gewogen hectare) | | | | | | | | | | | |
| Crit. 3: Kwalitatief biotoopverlies (versnippering) (gewogen kilometer) | | | | | | | | | | | |
| Crit. 4: Verbroken ecologische relaties (gewogen aantal) | | | | | | | | | | | |
| Crit. 5: Doorsnijding bestaande woongebieden (gewogen aantal) | | | | | | | | | | | |
| Crit. 6: Doorsnijding bestaande werkgebieden (gewogen aantal) | | | | | | | | | | | |

Uit de tabel blijkt dat de mate van bundeling meestal negatief correleert met de mate van versnippering, hetgeen te verwachten was. Toch is het effect niet eenduidig. Met name de doorsnijding van woon- en werkgebieden is bij bundeling sterker. Dit kan verklaard worden doordat de bundeling met de bestaande lijn meer dan de andere tracés door bebouwd gebied loopt. Omgekeerd kan de sterke versnippering van ecologisch waardevolle gebieden bij de minder gebundelde tracés mede verklaard worden doordat deze veelal door dit type gebied lopen. Zoals alle externe effecten is de mate van versnippering mede afhankelijk van de gevoeligheid van het gebied.

Overigens kan een opmerking worden gemaakt bij de in de Nieuwe HSL-Nota gehanteerde beoordelingsmethodiek. Hoewel de aard van de doorsnijdingen wordt getypeerd als hetzij centraal, hetzij perifeer, leidt dit niet tot een andere beoordeling. Nochtans is dit een wezenlijk verschil aangezien een perifere doorsnijding een veel geringere versnippering veroorzaakt. Hoewel bundeling van een nieuw element bij een bestaand element in beginsel enkel en alleen een perifere doorsnijding kan veroorzaken wordt dit in de Nota meermaals als een centrale doorsnijding gezien. Dit toont aan dat de methodieken in de Nota geen rekening houden met de typische synergisme- of antagonisme-effecten van bundeling.

Op basis van deze analyse kan worden gesteld dat bundeling van infrastructuur zeker (theoretische) potenties heeft tot het beperken van de versnippering, maar dat dit niet altijd eenduidig is vast te stellen. Versnippering is een complex verschijnsel met vele deelaspecten en invalshoeken; hoewel de versnippering als totaaleffect wellicht positief wordt beïnvloed, kan het effect op een aantal deelaspecten negatief zijn. Ook het beschouwde schaalniveau is van invloed. Dit leidt tot het fenomeen van minder barrières, maar een verzwarende van de bestaande. Door de complexiteit zijn voornamelijk geen voldoende geoperationaliseerde beoordelingsmethoden voorhanden (uitgezonderd de hier beschreven methode van Akkerman et al. (1987)) die rekening houden met de synergisme- en antagonisme-effecten van bundeling op de versnippering. Tenslotte wordt versnippering als extern effect voor het grootste gedeelte bepaald door de omgevingsgevoeligheid.

Praktijkvoorbeeld: Direct ruimtegebruik bij bundeling autosnelweg - spoorweg Köln-Rhein/Main

De geringe invloed van bundeling van infrastructuur op het direct ruimtegebruik is aangetoond door Mätzhold (1993). Bij een vergelijking tussen een gebundeld en niet-gebundeld tracé in een concrete situatie blijkt dat bundeling zelfs een toename van het direct ruimtegebruik is. Hoewel de tracélengte de belangrijkste verklarende factor is, is de procentuele toename van het ruimtebeslag groter dan die van de tracélengte. Er is echter niet gebundeld met een overlap.

| <i>Tabel ii: Vergelijking direct ruimtegebruik in relatie tot tracélengte spoorlijn Köln-Rhein/Main (naar: Mätzhold, 1993)</i> | | | | |
|--|--------------|----------------|---------------------|-----------------------|
| Tracé | Lengte tracé | % lengte tracé | Direct ruimtebeslag | % direct ruimtebeslag |
| Niet-gebundeld tracé | 108 | 100% | 308.6 | 100% |
| Gebundeld tracé | 115 km | 106.5% | 332.1 | 107.6% |

Praktijkvoorbeelden geluidhinder: De Nieuwe HSL-Nota

In de Nieuwe HSL-Nota, deelrapport 15 (DGV-HSL, 1994) wordt ten aanzien van de geluidhinder bij bundeling van infrastructuur de volgende opmerking gemaakt:

“Anders is het bij bundeling met wegverkeer, immers in dergelijke gevallen kunnen de geluidszones van de weg en van het nieuw tracé elkaar over een aanzienlijk gebied overlappen. En juist omdat het aantal gehinderden in zo'n situatie minder sterk toeneemt dan in een geheel nieuwe situatie, waar nog nauwelijks of geen sprake van geluidbelasting was, is bundeling met verkeerswegen in akoestisch opzicht aantrekkelijk”.

Deze stelling wordt bevestigd in een vergelijkende scoretabel (Tabel iii).

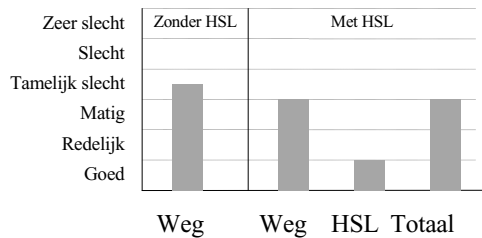
Tabel iii: Vergelijking toename gehinderde woningen bij de HSL-tracévarianten ten noorden van Rotterdam

| | BLN | BBLN | A | A1 | A1v | B | B3 |
|-----------------------------|----------|----------|------|------|------|----------|----------|
| Mate van bundeling | volledig | Volledig | geen | geen | geen | gedeelte | gedeelte |
| Aantal woningen > 70 dB(A) | 0 | 0 | 14 | 15 | 18 | 4 | 7 |
| Aantal woningen 70-57 dB(A) | 0 | 0 | 213 | 294 | 342 | 529 | 208 |
| Aantal woningen 57-50 dB(A) | 0 | 0 | 3006 | 3147 | 3926 | 2315 | 2505 |

Deze cijfers leveren echter geen hard bewijs dat de mate van extra hinder afneemt met de mate van bundeling, aangezien de hinder (extern aspect) ook afhankelijk is van de gebiedskenmerken. Toch vormt dit een sterke aanwijzing aangezien de BLN en BBLN-tracés grotendeels door bebouwd gebied en met name door Leiden, Den Haag en Delft lopen. De A-tracés hebben juist als kenmerk dat de bebouwde gebieden worden ontzien.

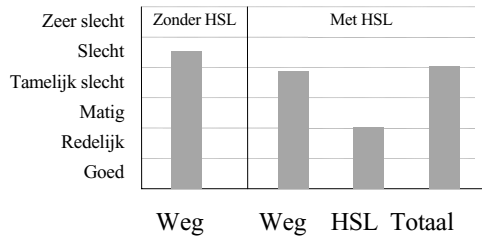
HSL-Nota tracé WB3

In de aanvulling op het MER van de HSL-studie met de WB3-variant (DGV-HSL, 1995) is op een viertal locaties de geluidhinder in kaart gebracht voor de bestaande autosnelweg (A4 of A13), de aan te leggen HSL en het totaal van de infrastructuurbundel.



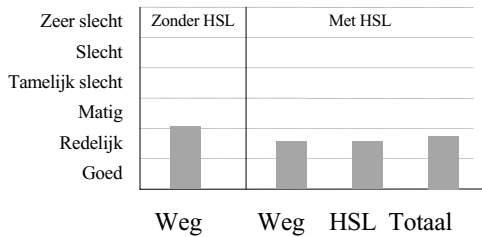
Figuur ii: Cumulatie geluidhinder HSL Nieuwe Wetering (bron: DGV-HSL, 1995)

In *Nieuwe Wetering* veroorzaakt de bestaande autosnelweg een geluidniveau dat als tamelijk slecht wordt beoordeeld. Met de bouw van de HSL wordt tevens een geluidscherm geplaatst. De HSL veroorzaakt een beperkte hoeveelheid geluidhinder die als goed wordt beoordeeld. Het totaalbeeld leidt tot een beoordeling van matig. Er is dus sprake van **decumulatie**. Deze decumulatie is echter niet zuiver omdat ze tot stand komt na extra het nemen van effectbeperkende maatregelen die ook de geluidhinder van de weg beperken. Indien het scherm reeds aanwezig zou zijn geweest, zou de geluidhinder niet erger zijn geworden.



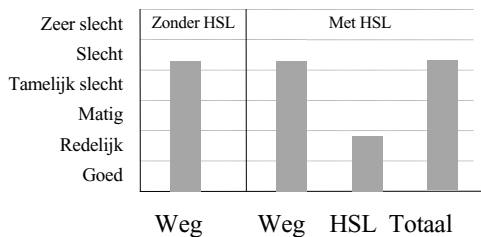
Figuur iii: Cumulatie geluidhinder HSL Zoeterwoude-Dorp (bron: DGV-HSL, 1995)

In Zoeterwoude-Dorp is de bestaande situatie als slecht beoordeeld. De HSL produceert een geluidniveau dat als redelijk wordt bestempeld. Het totaaloordeel verschilt nauwelijks van de bestaande situatie en blijft tamelijk slecht. Er is sprake van een lichte (doch niet zuivere) decumulatie als gevolg de plaatsing van een geluidscherm. Indien het scherm reeds aanwezig zou zijn geweest, zou de geluidhinder nauwelijks erger zijn geworden.



Figuur iv: Cumulatie geluidhinder HSL Park Leeuwenberg (bron: DGV-HSL, 1995)

Nabij Park Leeuwenberg is de bestaande situatie redelijk tot matig. Met de bouw van de HSL wordt ook een geluidscherm voorzien waardoor het geluidniveau van de snelweg daalt en als redelijk wordt beoordeeld. Het geluidniveau dat de HSL produceert, is van ongeveer dezelfde grootte. In vergelijking met de bestaande situatie leidt dit tot een (niet zuivere) decumulatie. Indien het scherm reeds aanwezig zou zijn geweest, zou de geluidhinder slechts marginaal toenemen.



Figuur v: Cumulatie geluidhinder HSL Delfgauwseweg (bron: DGV-HSL, 1995)

Ter hoogte van de *Delfgauwseweg* veroorzaakt de autosnelweg een geluidniveau dat als slecht wordt beoordeeld. Hoewel de HSL een redelijke hoeveelheid geluidhinder produceert, wordt de totale situatie niet erger.

Uit dit voorbeeld van de bundeling van de HSL met de snelwegen A4 en A13 blijkt dat een extra geluidbron op verschillende manieren kan leiden tot een verandering van de geluidhinder

Er kan sprake zijn van een verhoging en dus cumulatie van de geluidhinder. De verhoging blijft wel steeds beperkt tot een lichte toename. De totale hinder is groter dan het maximum van de afzonderlijke bronnen, maar kleiner dan de som ervan. Er is sprake van een antagonistische werking.

In een aantal gevallen is de totale hinder gelijk aan die van de sterkste bron, zoals beschreven voor de dominantiehypothese

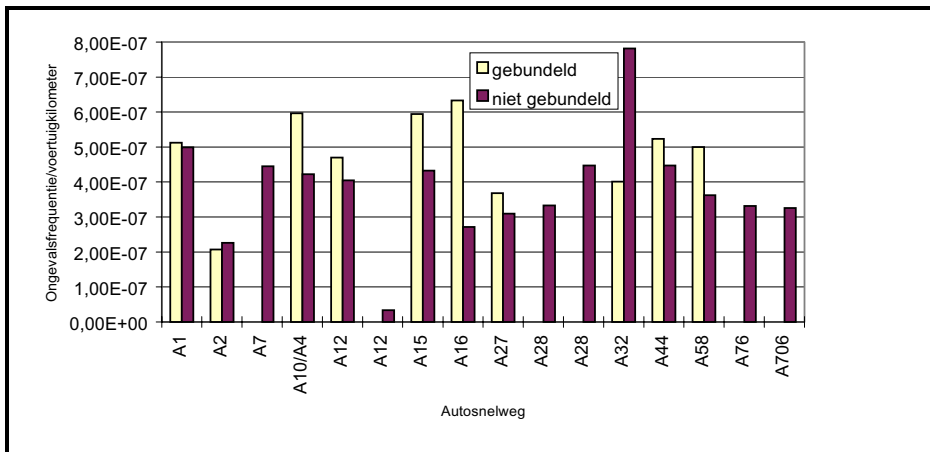
In sommige gevallen is zelfs sprake van **decumulatie**. Dit kan echter niet toegeschreven worden aan de bundeling op zich, maar aan de aanvullende maatregelen (geluidschermen, verhoogde ligging) die getroffen worden. Het spreekt vanzelf dat deze maatregelen ook zonder de bundeling kunnen worden uitgevoerd. Weliswaar kan de bundeling en de aanleg van een nieuwe infrastructuurlijn de mogelijkheid bieden om dit goedkoper of met beperkte omgevingshinder uit te voeren.

In alle gevallen is dus sprake van een *antagonistische* werking van de geluidhinder.

Praktijkvoorbeeld: de veiligheid van gebundelde infrastructuur in Nederland

Het effect van bundeling op de veiligheid is empirisch onderzocht door Rosmüller et al. (1998). Hiertoe zijn 18 strak gebundelde autosnelwegtrajecten in Nederland geselecteerd. Hiervan is het aantal in 1995 gebeurde ongevallen geïnventariseerd en gerelateerd aan het aantal voertuigkilometer. Vervolgens zijn deze gegevens vergeleken met de ongevalsgegevens van de niet-gebundelde gedeelten van dezelfde snelwegen. Ongevallen op of nabij kruisingen of aansluitingen zijn niet meegenomen.

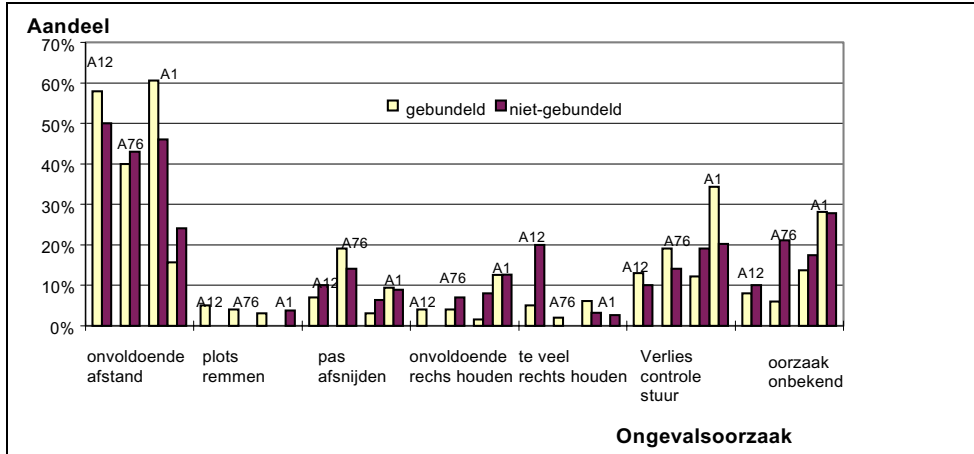
Deze vergelijking is weergegeven in Figuur vi.



Figuur vi: Ongevalsfrequenties op gebundelde en niet-gebundelde autosnelwegen in Nederland

Uit deze analyse blijkt dat in 13 gevallen de ongevalsfrequentie op de gebundelde trajecten hoger is dan bij niet-gebundelde trajecten. In 11 gevallen is de ongevalsfrequentie op de niet-gebundelde trajecten hoger. Deze vergelijking is enkel gebaseerd op het absoluut aantal ongevallen.

Bijkomend zijn ook de ongevalsorzaken geanalyseerd. De resultaten zijn weergegeven in Figuur vii.



Figuur vii: Ongevalsoorzaken op gebundelde autosnelwegen

Praktijkvoorbeelden indirect ruimtebeslag

Bundeling autosnelweg-spoorlijn Köln - Rhein/Main

Door Mätzhold (1993) is het indirect ruimtegebruik in een concrete situatie gekwantificeerd. Het aspect is globaal omschreven als het werkingsgebied van de infrastructuur qua emissies. Op deze manier is een zekere bandbreedte langs de infrastructuur aangehouden, maar de grootte ervan is niet aangegeven. Opmerkelijk is dat het indirect ruimtegebruik wordt berekend voor verschillende vormen van bundeling qua onderlinge afstand tussen de lijnen en voor een niet gebundeld tracé dat enkele percenten korter is.

Het berekende indirect ruimtebeslag is weergegeven in Tabel iv.

| Gebundeld tracé | | | Niet gebundeld tracé |
|--------------------------|-----------------------------|----------------|----------------------|
| Onderlinge afstand <40 m | Onderlinge afstand 40-120 m | afstand >120 m | |
| 261.42 ha | 356.36 ha | 546.22 ha | 746.23 ha |

Hieruit blijkt dat de winst in het indirect ruimtegebruik zeer aanzienlijk is. Ook de wijze van bundeling is een belangrijke factor. Er is bijna een lineair verband met de onderlinge afstand tussen de infrastructuurlijnen.

HSL-tracés: akoestisch ruimtebeslag WB3-tracé

In de aanvulling op het Milieu-Effectrapport van de Nieuwe HSL-Nota (DGV-HSL, 1995) is de geluidbelasting doorgerekend naar het ruimtebeslag. Concreet is de totale gebiedsoppervlakte berekend waar als gevolg van de HSL een geluidniveau zal optreden van meer dan 50 dB(A). Vervolgens is dit vergeleken met een autonome ontwikkeling zonder aanleg van de HSL.

Zonder HSL zou het akoestisch ruimtebeslag (van de snelwegen A4 en A13!) in totaal 12452 ha. bedragen. Met de gebundelde aanleg van de HSL langs de snelwegen A4 en A13 zou dit ruimtebeslag met slechts 127 ha toenemen tot 12579 ha., hetgeen een toename met 1,01% betekent. Opgemerkt moet worden dat hierin ook de bouw van nieuwe geluidschermen is opgenomen. Dit gegeven relativeert de zeer geringe toename, hoewel men zich de vraag kan stellen of nieuwe geluidschermen langs de snelwegen ook zouden worden voorzien zonder aanleg van de HSL.

Ook bij een tweetal gebundelde HSL-tracés op Belgisch grondgebied is het indirect (akoestisch) ruimtebeslag onderzocht. Het tracé langs de Havenweg (verlengde Nederlandse A4) geeft met de HSL een toename van 3001 naar 3023 ha, hetgeen een toename van 0.7% betekent. Bij het HSL-tracé langs de E19 (verlengde A16) neemt dit toe van 1334 naar 1661 ha, een toename van 24.5%.

Expliciet wordt vermeld dat het aantal personen die wonen in de meest luidruchtige zones niet toeneemt en zelfs vermindert daar waar het spoor goed bundelt met de autoweg. De toename van het aantal gehinderden is gesitueerd in de lage geluidszones. In absolute cijfers blijkt, daar waar beide infrastructuren goed bundelen, het aantal gehinderden 's nachts groter te zijn dan in de avondperiode. Deze hinder is nagenoeg volledig toe te schrijven aan het wegverkeer. Door aanleg van de HSL vermindert het aantal gehinderden door de veiligheidsbermen tussen beide infrastructuren en doordat de gemeenschappelijke geluidschermen hun geluidsmilderend effect behouden¹. Toch toont dit voorbeeld aan dat bundeling van infrastructuur zeer grote potenties heeft ten aanzien van het indirect ruimtebeslag.

Praktijkvoorbeelden constructieve effecten*Nieuwe HSL-Nota: passage Leiderdorp*

De B, B3 en WB3 varianten van de HSL-tracés ten noorden van Rotterdam wordt in meer of mindere mate gebundeld met o.a. de rijksweg A4. Ter hoogte van Leiderdorp vindt een interne wisseling van de bundeling plaats. Het gevolg is een zeer schuine en lange kruising. Om het verkeer op de snelweg zo weinig mogelijk te hinderen is een geboorde tunnel bestudeerd.



Figuur viii: Schuine kruising van de HSL (B-tracés) onder de bestaande snelweg middels een geboorde tunnel

¹ Vermeld in de brochure "Het geluid van een hogesnelheidstrein" uitgegeven door de NMBS in het kader van de voorlichtingsavonden rond de aanleg van de HSL op Belgisch grondgebied.

Deze oplossing behoort bij de zogenaamde “Grote Kunstwerken” die in deelrapport 19 van de Nieuwe HSL-Nota (DGV-HSL, 1994) worden beschreven. Met een geschatte kostprijs van ± fl.200 miljoen vormt dit het belangrijkste kunstwerk in de betreffende tracés. De kostprijs van (haakse) kruisingen van het A-tracé, dat in zeer beperkte mate is gebundeld, met andere hoofdinfrastructuur (snelwegen en spoorlijnen) worden allen geraamd tussen fl. 6 en 50 miljoen.

Aanleg autosnelweg N9 Granges-Sierre Ouest (CH)

Interessant is de analyse van de constructieve ingrepen bij de aanleg van de autosnelweg N9 langs de Rhône. Plaatselijk waren reeds gebundeld: de rivier, een spoorlijn en de verbindingsweg T9. De aanleg van een nieuwe snelweg tussen de spoorlijn en de rivier vereist een reeks ingrepen met een totale kostprijs van 70 miljoen SF, zoals de aanpassing van de loop van de Rhône, de verplaatsing van de bestaande T9 in een tunnel en de aanpassing van het tracé van de spoorlijn. Anderzijds kan het bestaande viaduct die de gehele bundel in één keer overbrugt behouden blijven. Deze aanpassingen zijn weergegeven op onderstaande foto's.

Foto vi: Situatie na aanleg N9



Foto vii: Situatie voor aanleg N9



Hieruit kunnen echter geen (statistisch harde) conclusies worden getrokken omtrent de toename van ongevallen ten gevolge van menselijk falen.

De theoretische verwachting dat bundeling van infrastructuur leidt tot een hoger ongevalsrisico, kan empirisch niet bevestigd worden. Dit wil overigens niet zeggen dat er geen verband bestaat. Ongevallen blijven incidentele gebeurtenissen die te wijten zijn aan diverse factoren. Mogelijk dat bundeling van infrastructuur door het complex aan factoren niet meer als zodanig traceerbaar is.

Praktijkvoorbeeld visuele hinder: Corridorstudie Amsterdam-Utrecht

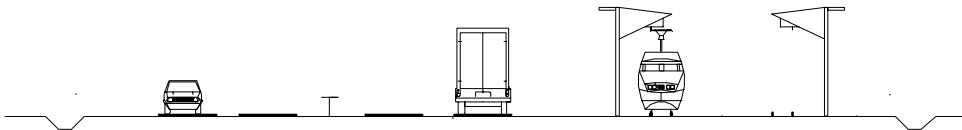
In de Corridorstudie Amsterdam-Utrecht is het aspect visuele hinder onderzocht. Ten aanzien van de nieuwe infrastructuur wordt gesteld dat de visuele confrontatie in principe het sterkst toeneemt voor bewoners op relatief korte afstand tot de snelweg. Wanneer de infrastructuur wordt aangelegd aan de bebouwingsvrije zijde, komt deze niet dicht bij de bewoners te liggen. Bovendien worden alle bewoners op korte afstand tot de infrastructuur reeds afgeschermd door geluidschermen, waardoor (nieuwe) infrastructuur geen visuele hinder meer veroorzaakt (V&W-NS, 1993; de Boer et al., 1993-2).

Bijlage 3**Beoordeling archetypen bundelingen van twee infrastructuurlijnen**

Overzichtstabel

| Horizontale afstand Positie t.o.v. elkaar | Strakke bundeling | | | | Bundeling op afstand |
|---|---------------------------------------|--------------------------|-------------------------|-----------------------------|----------------------|
| | Vollgedige overlap (stapelning) | Gedeeltelijke overlap | Naadloze aansluiting | Functionele tussenruimte | |
| Gelijk niveau nevengeschikking | X | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Ongelijk niveau nevengeschikking | X | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Gelijk niveau menging | X | 9 | 10 | 11 | 12 |
| Ongelijk niveau menging | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 |

Type 1: De nevenschikte strakke bundeling met gedeeltelijke overlap op gelijk niveau
Een typeschets van het dwarsprofiel is gegeven in onderstaande figuur.



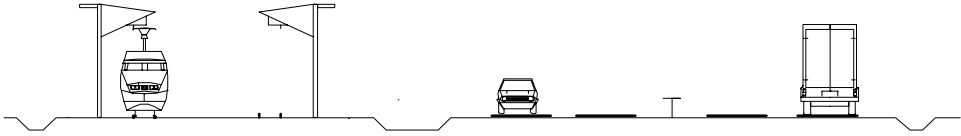
Figuur ix: Type dwarsprofiel strakke bundeling met gedeeltelijke overlap op ongelijk niveau

Hoewel dit type bij uitstek geschikt lijkt om het direct ruimtebeslag te beperken, komt een dergelijke strakke bundeling met diverse vormen van hoofdinfrastructuur zeer weinig voor. Een voorbeeld van dergelijke bundeling is gegeven op de onderstaande foto. Overlap ontstaat door combinatie van de “rand”zones, zoals taluds.



Foto viii: Nevengeschikte strakke bundeling met overlap van autoweg, spoorlijn, hoogspanningslijnen, jaagpad en waterweg te Namêche (B)

Type 2: De nevenschikte strakke bundeling met “naadloze” aansluiting op gelijk niveau
 Een typeschets van het dwarsprofiel is gegeven in onderstaande figuur.



figuur x: Type dwarsprofiel strakke bundeling met naadloze aansluiting op gelijk niveau

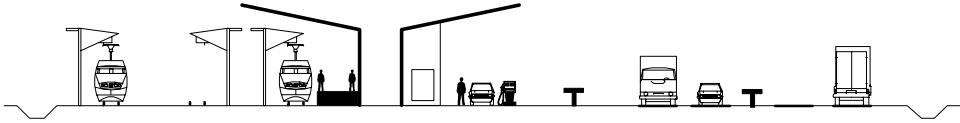
Een bundeling met een zogenaamde naadloze aansluiting is eerder zeldzaam, vooral omdat de marge zeer beperkt is. De term “naadloze aansluiting” betekent dat de verschillende infrastructuren tegen elkaar worden aangelegd zonder dat tussen- of restruimten ontstaan, maar dat anderzijds ook geen gebruik wordt gemaakt van gezamenlijke onderdelen van de infrastructuur. De beide infrastructuren blijven voor wat betreft hun direct ruimtebeslag als het ware onaangeroerd. Het direct ruimtebeslag van de bundel is daarom gelijk aan de som van de afzonderlijke infrastructuurlijnen. Een voorbeeld van dit type is de bundeling van de autosnelweg A16 met de spoorlijn Breda-Rotterdam ter hoogte van Zevenbergschen hoek. De tussenliggende ruimte is ongeveer gelijk aan de som van de benodigde vrije ruimte voor beide infrastructuren afzonderlijk.



Foto ix: Nevengeschikte strakke bundeling op gelijk niveau met "naadloze" aansluiting van de A16 en de spoorlijn tussen Prinsenbeek en Zevenbergschen Hoek

Type 3: De nevenschikte strakke bundeling met functionele tussenruimte op gelijk niveau

Een typeschets van het dwarsprofiel is gegeven in onderstaande figuur.



figuur xi: Type dwarsprofiel nevenschikte strakke bundeling met functionele tussenruimte op gelijk niveau

Bundelingen van dit type komen vooral bij hoofdinfrastructuur zeer frequent voor. Infrastructuur omvat naast lijnelementen meestal ook niet-lijnvormige elementen, zoals overstapvoorzieningen, aansluitingen, kruisingen, bewerkingspunten, opslagplaatsen (TUD, 1993). Ten behoeve van de inpasbaarheid worden de infrastructuurlijnen op een grotere afstand van elkaar geplaatst dan wegens het direct ruimtebeslag noodzakelijk is. Deze afstand laat ook toe om de infrastructuur gemakkelijker uit te kunnen breiden.

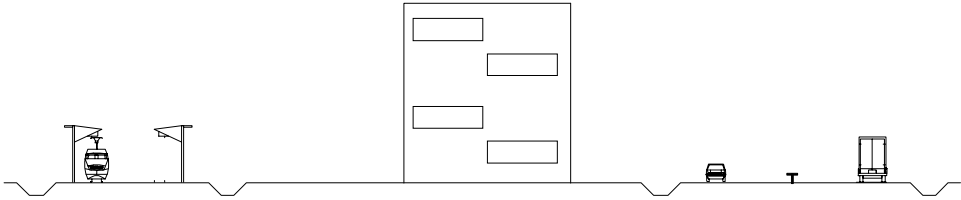
Een voorbeeld van een strakke bundeling waarbij de tussenliggende ruimte een functie vervult voor beide infrastructuurlijnen is de bundeling van de A12 met de spoorlijn Den Haag-Utrecht ter hoogte van Zoetermeer. De tussenliggende ruimte fungeert als overstap- of transferpunt.



Foto x: Nevenschikte strakke bundeling met functionele tussenruimte op gelijk niveau bij de A12 en de spoorlijn Den Haag-Utrecht

Type 4: De nevenschikte bundeling op afstand op gelijk niveau

Een typeschets van het dwarsprofiel is gegeven in onderstaande figuur.



Figuur xii: Type dwarsprofiel nevenschikte bundeling op afstand op gelijk niveau

Vooraf in transportcorridors, waar langs de infrastructuur functies zijn gevestigd die hierdoor worden ontsloten, komt dit type veelvuldig voor. Bundeling op afstand komt veel voor in de corridor Amsterdam-Utrecht. Tussen de infrastructuurlijnen zijn bedrijventerreinen, maar ook landbouwgebieden gevestigd. Bijgaande foto's geven overigens het verschil tussen een parallelle en een niet-parallelle bundeling.

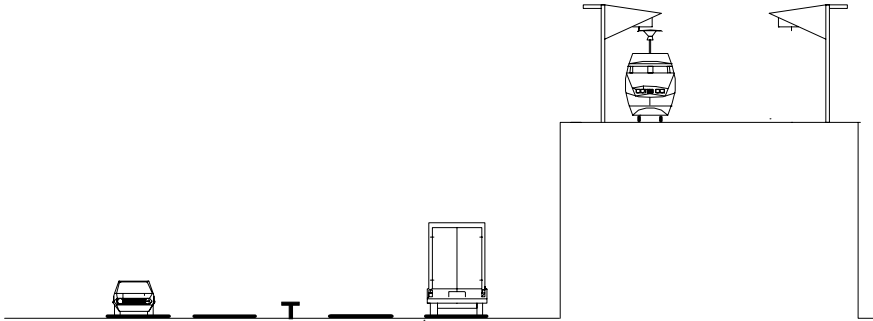


Foto xi: Bundeling op afstand van een hoogspanningslijn en een spoorlijn tussen Breukelen en Abcoude (parallel verloop)



Foto xii: Bundeling op afstand van het Amsterdam-Rijnkanaal en de spoorlijn ter hoogte van Maarssen (zone-bundeling)

Type 5: De nevenschikte strakke bundeling met gedeeltelijke overlap op ongelijk niveau
Een typeschets van het dwarsprofiel is gegeven in onderstaande figuur.



Figuur xiii: Type dwarsprofiel nevenschikte strakke bundeling met gedeeltelijke overlap op ongelijk niveau

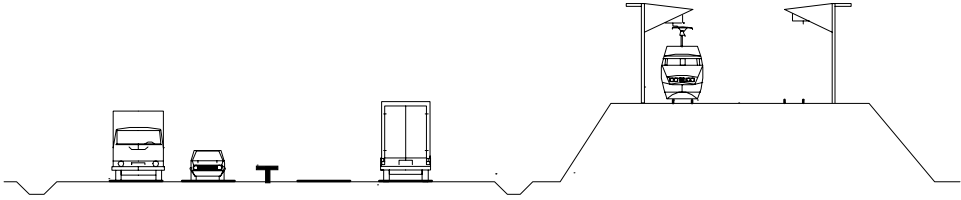
Bundels op ongelijk niveau zijn op verschillende plaatsen in Nederland terug te vinden, hoewel enkel ter plekke kan worden nagegaan. Zelfs dan is het verschil in horizontaal niveau overigens niet altijd duidelijk vast te stellen, te meer daar verschillende infrastructuren, o.a. door hun specifieke bouwkundige randvoorwaarden, nooit op precies hetzelfde niveau liggen. De vraag is bovendien welk ijkpunt men aanneemt.



Foto xiii: Nevenschikte strakke bundeling op ongelijk niveau van een autoweg, fietspad en spoorlijn

Type 6: De nevenschikte strakke bundeling met “naadloze aansluiting” op ongelijk niveau

Een typeschets van het dwarsprofiel is gegeven in onderstaande figuur.



Figuur xiv: Type dwarsprofiel nevenschikte strakke bundeling met naadloze aansluiting op ongelijk niveau

Dit type is vooralsnog vrij schaars. Toch biedt dit de mogelijkheid om zonder extra maatregelen met name geluidhinder te beperken. Bij nieuwe infrastructuurprojecten (b.v. HSL, Betuweroute) worden dergelijke “integrale” concepten vaker in de studie betrokken.

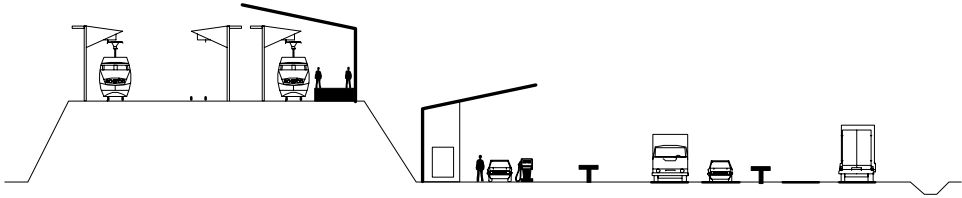
Een bestaand voorbeeld in Nederland is de bundeling van de autosnelweg A59, de spoorlijn en een autoweg tussen Bergen op Zoom en Middelburg ter hoogte van het Schelde-Rijnkanaal.



Foto xiv: Strakke bundeling op ongelijk niveau met "naadloze" aansluiting

Type 7: De nevenschikte strakke bundeling met functionele tussenruimte op ongelijk niveau

Een typeschets van het dwarsprofiel is gegeven in onderstaande figuur.



Figuur xv: Type dwarsprofiel nevenschikte strakke bundeling met functionele tussenruimte op ongelijk niveau

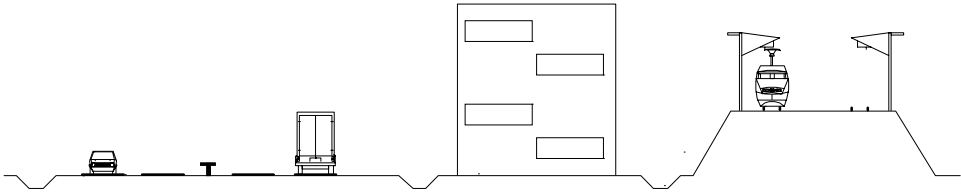
De bundeling van de autosnelweg A59 en de spoorlijn tussen Bergen op Zoom en Middelburg is één van de schaarse voorbeelden van een dergelijke bundeling. De tussenliggende ruimte fungeert als rust- en parkeerplaats.



Foto xv: Nevenschikte strakke bundeling op ongelijk niveau met functionele tussenruimte

Type 8: De nevenschikte bundeling op afstand op ongelijk niveau

Een typeschets van het dwarsprofiel is gegeven in onderstaande figuur.



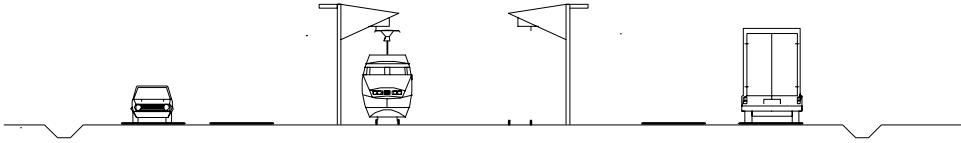
Figuur xvi: Type dwarsprofiel nevenschikte bundeling op afstand op ongelijk niveau

Dit type komt in de praktijk weinig voor. In tegenstelling tot een strakke bundeling, waar deze manier voordelen kan bieden met betrekking tot beperking van negatieve effecten, zijn hier geen voordelen aan gekoppeld. Plaatselijke omstandigheden kunnen dit type wel gewenst of noodzakelijk maken doordat b.v. een slappe ondergrond een hoog dijklichaam noodzakelijk maakt, of doordat één van de infrastructuurlijnen op een bestaande dijk wordt aangelegd. De reeds genoemde bundeling van de autosnelweg A59 en de spoorlijn tussen Bergen op Zoom en Middelburg is op diverse plaatsen van dit type.



Foto xvi: Nevenschikte bundeling op afstand op ongelijk niveau van de A59 en de spoorlijn

Type 9: De gemengde strakke bundeling met gedeeltelijke overlap op gelijk niveau
Een typeschets van het dwarsprofiel is gegeven in onderstaande figuur.



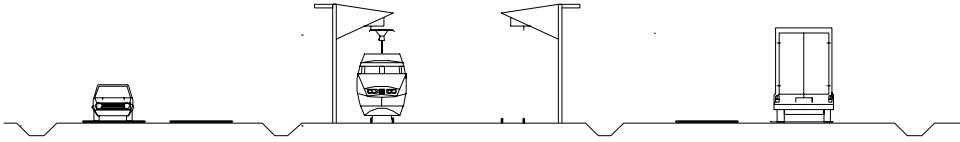
Figuur xvii: Type dwarsprofiel gemengde strakke bundeling met gedeeltelijke overlap op gelijk niveau

Hoewel dit type vrij schaars is, kan het in sommige situaties voordelen bieden. Met name wanneer één van de infrastructuurlijnen enkel lijnelementen bevat en er geen aansluitingen nodig zijn, kan deze zonder problemen tussen een andere infrastructuurlijn worden ingeplant. Toch mag men aannemen dat dit type vooral wordt geconcipieerd uit gezond opportunisme: met name in situaties waar een middengedeelte of middenberm is open gehouden is ten behoeve van een eventuele verbreding, maar waar deze verbreding niet meer zal worden uitgevoerd, kan deze reservering worden gebruikt door een nieuwe infrastructuurlijn.



Foto xvii: Gemengde strakke bundeling met overlap van de havenspoorlijn en de Havenweg ter hoogte van Stabroek (B)

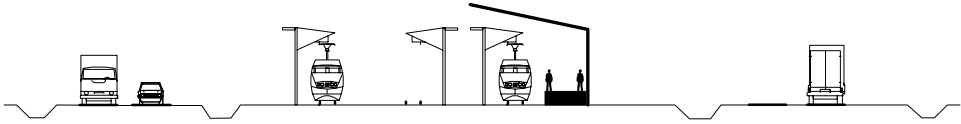
Type 10: De gemengde strakke bundeling met “naadloze aansluiting” op gelijk niveau
Een typeschets van het dwarsprofiel is gegeven in onderstaande figuur.



Figuur xviii: Type dwarsprofiel gemengde strakke bundeling met naadloze aansluiting op gelijk niveau

Dit type sluit zeer nauw aan bij het vorige. Een voorbeeld van hoofdinfrastructuur dat op deze manier is gebundeld, komt in Nederland of België (vrijwel) niet voor aangezien de “marge” natuurlijk zeer beperkt is. Toch is toegepast op enkele plaatsen bij de bundeling van de ringweg Amsterdam (A10) en de Ringspoorlijn. Op een lager schaalniveau komt dit type zeer frequent voor. Men kan b.v. denken aan een autoweg met aan beide kanten een vijliggend voet- of fietspad.

Type 11: De gemengde strakke bundeling met functionele tussenruimte op gelijk niveau
Een typeschets van het dwarsprofiel is gegeven in onderstaande figuur.



Figuur xix: Type dwarsprofiel gemengde strakke bundeling met functionele tussenruimte op gelijk niveau

Eén van de meest bekende voorbeelden is de bundeling van de Ringspoorlijn met de autosnelweg A10 ten zuiden van Amsterdam. De spoorlijn is in de middenberm van de weg aangelegd. Ook stations en aanvullende voorzieningen zijn aanwezig. Deze zijn gesitueerd in de functionele tussenruimte.

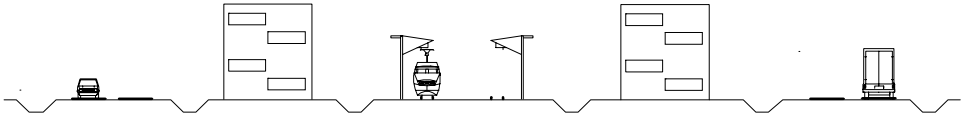


Foto xviii: Gemengde bundeling op afstand op gelijk niveau van de ringweg A10 en de Ringspoorlijn te Amsterdam

Op een lager schaalniveau is een autoweg met een door groen of een berm afgescheiden fietspad een veel voorkomende vorm van een gemengde strakke bundeling met functionele tussenruimte op gelijk niveau.

Type 12: De gemengde bundeling op afstand op gelijk niveau

Een typeschets van het dwarsprofiel is gegeven in onderstaande figuur.



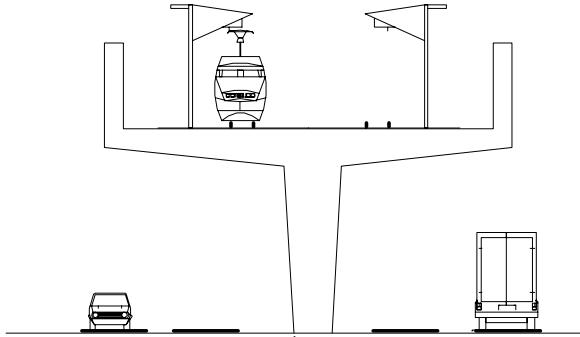
Figuur xx: Type dwarsprofiel gemengde bundeling op afstand op gelijk niveau

Dit type is vrijwel onbestaande. Het principe biedt immers geen enkel voordeel, tenzij dat een lokale situatie een andere oplossing onmogelijk maakt.

Anderzijds zijn er wel diverse voorbeelden van bundels waarbij b.v. een autosnelweg, spoorlijn en lokale autoweg op dergelijke manier gebundeld zijn. Strict genomen is dit geen gemengde bundeling aangezien de autosnelweg en de lokale autoweg niet dezelfde infrastructuur betreft. Bovendien hebben zowel de autoweg als de autosnelweg de dubbele rijrichting langs elkaar liggen.

Type 13: De gemengde strakke bundeling met volledige overlap op ongelijk niveau (stapeling)

Een typeschets van het dwarsprofiel is gegeven in onderstaande figuur.



Figuur xxi: Type dwarsprofiel van de stapeling

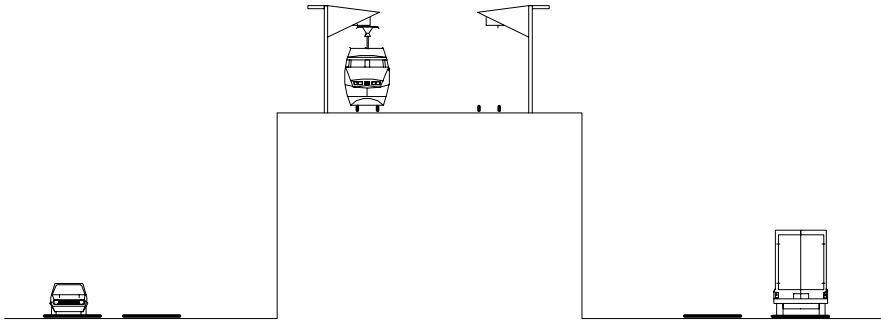
De bijzondere vorm van mengingen, de stapeling, komt in Nederland bij hoofdinfrastructuur niet voor. Toch is dit type bij uitstek geschikt om het ruimtebeslag te beperken (Hansen, 1998) In met name de Verenigde Staten en Japan zijn hiervan schaarse voorbeelden te vinden, vooral in situaties met ruimtegebrek, stedelijke omgevingen of ook bij bruggen.

Daarentegen zijn gemengde bundelingen en zelfs stapelingen veelvuldig terug te vinden op een lager schaalniveau. Rioleringen zijn in feite te kenmerken als gestapelde infrastructuur.



Foto xix: Stapeling van een autoweg en spoorweg over de Kemijoki te Rovaniemi (SF)

Type 14: De gemengde strakke bundeling met gedeeltelijke overlap op ongelijk niveau
Een typeschets van het dwarsprofiel is gegeven in onderstaande figuur.



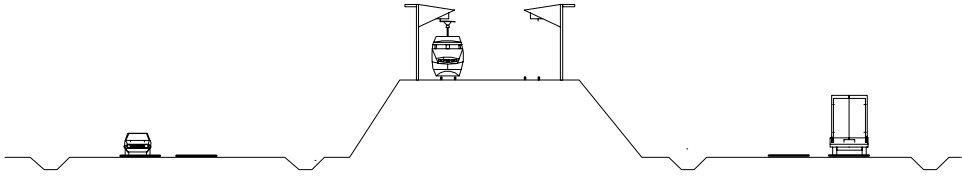
Figuur xxii: Type dwarsprofiel gemengde strakke bundeling met gedeeltelijke overlap op ongelijk niveau

Ook dit type is zeer schaars. Het biedt in theorie weinig of geen voordelen ten opzichte van een nevenschikte bundeling. Bovendien is dit type zeer onflexibel. Enkel waar de lokale situatie een andere oplossing onmogelijk maakt, kan dit type zinvol blijken. Een voorbeeld is de bundeling van een autosnelweg op viaduct tussen een lokaal ontsluitende autoweg ter hoogte van Aartselaar in België.



Foto xx: Voorbeeld van een gemengde strakke bundeling van twee autowegen te Aartselaar (B)

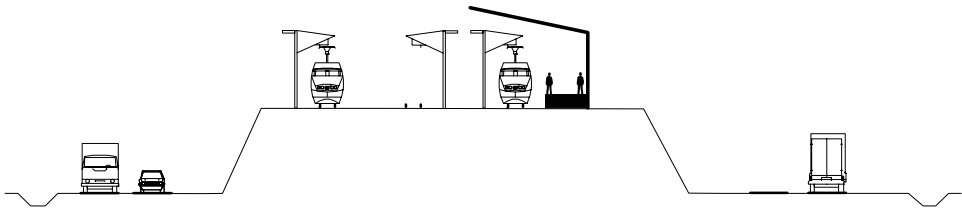
Type 15: De gemengde strakke bundeling met “naadloze aansluiting” op ongelijk niveau
Een typeschets van het dwarsprofiel is opgenomen in onderstaande figuur.



Figuur xxiii: Type dwarsprofiel gemengde strakke bundeling met naadloze aansluiting op ongelijk niveau

Dit type komt bij hoofdinfrastructuur zeer weinig voor, hoewel lokale omstandigheden tot dit type kunnen leiden.

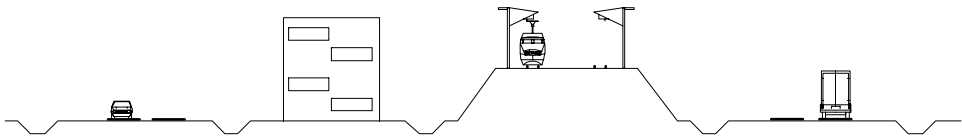
Type 16: De gemengde strakke bundeling met functionele tussenruimte op ongelijk niveau
Een typeschets van het dwarsprofiel is opgenomen in onderstaande figuur.



Figuur xxiv: Type dwarsprofiel strakke bundeling met functionele tussenruimte op ongelijk niveau

Zoals bij type 15 komt dit type komt bij hoofdinfrastructuur zeer weinig voor, hoewel lokale omstandigheden tot dit type kunnen leiden. Een waterweg met aan beide kanten een weg op een dijk zou men als een dergelijk type kunnen beschouwen.

Type 17: De gemengde bundeling op afstand op ongelijk niveau
Een typeschets van het dwarsprofiel is gegeven in onderstaande figuur.



Figuur xxv: Type dwarsprofiel gemengde bundeling op afstand op ongelijk niveau

Zoals bij type 15 komt dit type komt bij hoofdinfrastructuur zeer weinig voor, hoewel lokale omstandigheden tot dit type kunnen leiden.

Paarsgewijze beoordeling archetypen per criterium

| Paarsgewijze vergelijking archetypen bundeling van infrastructuur | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|----|----|----|----|----|----|----|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--------|
| Criterium: Versnippering | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | Totaal |
| 1 | ■ | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 15 |
| 2 | -1 | ■ | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | -1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 11 |
| 3 | -1 | -1 | ■ | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | -1 | -1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 7 |
| 4 | -1 | -1 | -1 | ■ | 1 | 1 | 1 | 1 | -1 | -1 | -1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 |
| 5 | -1 | -1 | -1 | -1 | ■ | 1 | 1 | 1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | 0 | 1 | 1 | 1 | -3 |
| 6 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | ■ | 1 | 1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | 0 | 1 | 1 | -7 |
| 7 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | ■ | 1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | 0 | 1 | -11 |
| 8 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | ■ | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | 0 | -15 |
| 9 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | ■ | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 15 |
| 10 | -1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | -1 | ■ | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 11 |
| 11 | -1 | -1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | -1 | -1 | ■ | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 7 |
| 12 | -1 | -1 | -1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | -1 | -1 | -1 | ■ | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 |
| 13 | -1 | -1 | -1 | -1 | 1 | 1 | 1 | 1 | -1 | -1 | -1 | -1 | ■ | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 14 | -1 | -1 | -1 | -1 | 0 | 1 | 1 | 1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | ■ | 1 | 1 | 1 | -3 |
| 15 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | 0 | 1 | 1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | ■ | 1 | 1 | -7 |
| 16 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | 0 | 1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | ■ | 1 | -11 |
| 17 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | 0 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | ■ | -15 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 |

| Paarsgewijze vergelijking archetypen bundeling van infrastructuur | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|----|----|----|---|----|----|----|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--------|
| Criterium: Direct ruimtebeslag | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | Totaal |
| 1 | ■ | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | -1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 11 |
| 2 | -1 | ■ | 1 | 1 | -1 | 0 | 1 | 1 | -1 | 0 | 1 | 1 | -1 | -1 | 0 | 1 | 1 | 3 |
| 3 | -1 | -1 | ■ | 1 | -1 | -1 | 0 | 1 | -1 | -1 | 0 | 1 | -1 | -1 | -1 | 0 | 1 | -5 |
| 4 | -1 | -1 | -1 | ■ | -1 | -1 | -1 | 0 | -1 | -1 | -1 | 0 | -1 | -1 | -1 | -1 | 0 | -13 |
| 5 | 0 | 1 | 1 | 1 | ■ | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | -1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 11 |
| 6 | -1 | 0 | 1 | 1 | -1 | ■ | 1 | 1 | -1 | 0 | 1 | 1 | -1 | -1 | 0 | 1 | 1 | 3 |
| 7 | -1 | -1 | 0 | 1 | -1 | -1 | ■ | 1 | -1 | -1 | 0 | 1 | -1 | -1 | -1 | 0 | 1 | -5 |
| 8 | -1 | -1 | -1 | 0 | -1 | -1 | -1 | ■ | -1 | -1 | -1 | 0 | -1 | -1 | -1 | -1 | 0 | -13 |
| 9 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | ■ | 1 | 1 | 1 | -1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 11 |
| 10 | -1 | 0 | 1 | 1 | -1 | 0 | 1 | 1 | -1 | ■ | 1 | 1 | -1 | -1 | 0 | 1 | 1 | 3 |
| 11 | -1 | -1 | 0 | 1 | -1 | -1 | 0 | 1 | -1 | -1 | ■ | 1 | -1 | -1 | -1 | 0 | 1 | -5 |
| 12 | -1 | -1 | -1 | 0 | -1 | -1 | -1 | 0 | -1 | -1 | -1 | ■ | -1 | -1 | -1 | -1 | 0 | -13 |
| 13 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | ■ | 1 | 1 | 1 | 1 | 16 |
| 14 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | -1 | ■ | 1 | 1 | 1 | 11 |
| 15 | -1 | 0 | 1 | 1 | -1 | 0 | 1 | 1 | -1 | 0 | 1 | 1 | -1 | -1 | ■ | 1 | 1 | 3 |
| 16 | -1 | -1 | 0 | 1 | -1 | -1 | 0 | 1 | -1 | -1 | 0 | 1 | -1 | -1 | -1 | ■ | 1 | -5 |
| 17 | -1 | -1 | -1 | 0 | -1 | -1 | -1 | 0 | -1 | -1 | -1 | 0 | -1 | -1 | -1 | -1 | ■ | -13 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 |

| Paarsgewijze vergelijking archetypen bundeling van infrastructuur | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--------|
| Criterium: Geluidhinder | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | Totaal |
| 1 | | 1 | 1 | 1 | -1 | -1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | -1 | -1 | -1 | 0 | 1 | 3 |
| 2 | -1 | | 1 | 1 | -1 | -1 | -1 | 0 | -1 | 0 | 1 | 1 | -1 | -1 | -1 | -1 | 1 | -4 |
| 3 | -1 | -1 | | 1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | 0 | 1 | -1 | -1 | -1 | -1 | 1 | -9 |
| 4 | -1 | -1 | -1 | | 1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | 0 | -1 | -1 | -1 | -1 | 1 | -13 |
| 5 | 1 | 1 | 1 | 1 | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 16 |
| 6 | 1 | 1 | 1 | 1 | -1 | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | -1 | 0 | 1 | 1 | 11 |
| 7 | 0 | 1 | 1 | 1 | -1 | -1 | | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | -1 | -1 | 0 | 1 | 4 |
| 8 | -1 | 0 | 1 | 1 | -1 | -1 | -1 | | -1 | 0 | 1 | 1 | -1 | -1 | -1 | -1 | 1 | -4 |
| 9 | 0 | 1 | 1 | 1 | -1 | -1 | 0 | 1 | | 1 | 1 | 1 | -1 | -1 | -1 | 0 | 1 | 3 |
| 10 | -1 | 0 | 1 | 1 | -1 | -1 | 0 | -1 | -1 | | 1 | 1 | -1 | -1 | -1 | -1 | 1 | -4 |
| 11 | -1 | -1 | 0 | 1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | | 1 | -1 | -1 | -1 | -1 | 1 | -9 |
| 12 | -1 | -1 | -1 | 0 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | | -1 | -1 | -1 | -1 | 1 | -13 |
| 13 | 1 | 1 | 1 | 1 | -1 | -1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | -1 | -1 | 0 | 1 | 6 |
| 14 | 1 | 1 | 1 | 1 | -1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | 1 | 1 | 1 | 14 |
| 15 | 1 | 1 | 1 | 1 | -1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | -1 | | 1 | 1 | 11 |
| 16 | 0 | 1 | 1 | 1 | -1 | -1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | -1 | -1 | | 1 | 4 |
| 17 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | | -16 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 |

| Paarsgewijze vergelijking archetypen bundeling van infrastructuur | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|----|----|----|---|----|----|----|---|----|----|----|----|----|----|----|----|--------|
| Criterium: Interne veiligheid | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | Totaal |
| 1 | | -1 | -1 | -1 | 0 | -1 | -1 | -1 | 0 | -1 | -1 | -1 | -1 | 0 | -1 | -1 | -1 | -13 |
| 2 | 1 | | -1 | -1 | 1 | 0 | -1 | -1 | 1 | 0 | -1 | -1 | -1 | 1 | 0 | -1 | -1 | -5 |
| 3 | 1 | 1 | | -1 | 1 | 1 | 0 | -1 | 1 | 1 | 0 | -1 | 0 | 1 | 1 | 0 | -1 | 4 |
| 4 | 1 | 1 | 1 | | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 13 |
| 5 | 0 | -1 | -1 | -1 | | -1 | -1 | -1 | 0 | -1 | -1 | -1 | -1 | 0 | -1 | -1 | -1 | -13 |
| 6 | 1 | 0 | -1 | -1 | 1 | | -1 | -1 | 1 | 0 | -1 | -1 | -1 | 1 | 0 | -1 | -1 | -5 |
| 7 | 1 | 1 | 0 | -1 | 1 | 1 | | -1 | 1 | 1 | 0 | -1 | 0 | 1 | 1 | 0 | -1 | 4 |
| 8 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 14 |
| 9 | 0 | -1 | -1 | -1 | 0 | -1 | -1 | -1 | | -1 | -1 | -1 | -1 | 0 | -1 | -1 | -1 | -13 |
| 10 | 1 | 0 | -1 | -1 | 1 | 0 | -1 | -1 | 1 | | -1 | -1 | -1 | 1 | 0 | -1 | -1 | -5 |
| 11 | 1 | 1 | 0 | -1 | 1 | 1 | 0 | -1 | 1 | 1 | | -1 | 0 | 1 | 1 | 0 | -1 | 4 |
| 12 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | -1 | 1 | 1 | 1 | | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 12 |
| 13 | 1 | 1 | 0 | -1 | 1 | 1 | 0 | -1 | 1 | 1 | 0 | -1 | | 1 | 1 | 0 | -1 | 4 |
| 14 | 0 | -1 | -1 | -1 | 0 | -1 | -1 | -1 | 0 | -1 | -1 | -1 | -1 | | -1 | -1 | -1 | -13 |
| 15 | 1 | 0 | -1 | -1 | 1 | 0 | -1 | 1 | 0 | -1 | -1 | -1 | 1 | 1 | | -1 | -1 | -5 |
| 16 | 1 | 1 | 0 | -1 | 1 | 1 | 0 | -1 | 1 | 1 | 0 | -1 | 0 | 1 | 1 | | -1 | 4 |
| 17 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | | 13 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 |

Paarsgewijze vergelijking archetypen bundeling van infrastructuur

Criterion: Externe veiligheid

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | Totaal |
|----|---|----|----|----|----|----|----|----|---|----|----|----|----|----|----|----|----|--------|
| 1 | ■ | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | 0 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -15 |
| 2 | 1 | ■ | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | 1 | 0 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -11 |
| 3 | 1 | 1 | ■ | 1 | 0 | -1 | -1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | -1 | 0 | -1 | -1 | 1 | 3 |
| 4 | 1 | 1 | -1 | ■ | 1 | 0 | -1 | -1 | 1 | 1 | -1 | 0 | 0 | 1 | 0 | -1 | -1 | 0 |
| 5 | 1 | 1 | 0 | -1 | ■ | -1 | -1 | -1 | 1 | 1 | 0 | -1 | -1 | 0 | -1 | -1 | -1 | -5 |
| 6 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | ■ | -1 | -1 | 1 | 1 | 1 | 0 | -1 | 1 | 0 | -1 | -1 | 3 |
| 7 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | ■ | -1 | 1 | 1 | 1 | 1 | -1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 13 |
| 8 | 1 | 1 | -1 | 1 | 1 | 1 | -1 | ■ | 1 | 1 | -1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 8 |
| 9 | 0 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | ■ | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -15 |
| 10 | 1 | 0 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | 1 | ■ | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -11 |
| 11 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | -1 | -1 | 1 | 1 | 1 | ■ | 1 | -1 | 0 | -1 | -1 | 1 | 3 |
| 12 | 1 | 1 | -1 | 0 | 1 | 0 | -1 | -1 | 1 | 1 | -1 | ■ | 0 | 1 | 0 | -1 | -1 | 0 |
| 13 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | ■ | 1 | 1 | 1 | 0 | 12 |
| 14 | 1 | 1 | 0 | -1 | 0 | -1 | -1 | -1 | 1 | 1 | 0 | -1 | -1 | ■ | -1 | -1 | -1 | -5 |
| 15 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | -1 | -1 | 1 | 1 | 1 | 0 | -1 | 1 | ■ | -1 | -1 | 3 |
| 16 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | -1 | 1 | 1 | 1 | 1 | -1 | 1 | 1 | ■ | 1 | 11 |
| 17 | 1 | 1 | -1 | 1 | 1 | 1 | -1 | 0 | 1 | 1 | -1 | 1 | 0 | 1 | 1 | -1 | ■ | 6 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 |

Paarsgewijze vergelijking archetypen bundeling van infrastructuur

Criterion: Constructiekosten

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | Totaal |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--------|
| 1 | ■ | -1 | -1 | -1 | 1 | 0 | -1 | -1 | 1 | 0 | -1 | -1 | 1 | 1 | 1 | -1 | -1 | -4 |
| 2 | 1 | ■ | -1 | -1 | 1 | 1 | -1 | -1 | 1 | 1 | -1 | 0 | 1 | 1 | 1 | -1 | -1 | 1 |
| 3 | 1 | 1 | ■ | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 16 |
| 4 | 1 | 1 | -1 | ■ | 1 | 1 | -1 | 1 | 1 | -1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 10 |
| 5 | -1 | -1 | -1 | -1 | ■ | -1 | -1 | -1 | 0 | -1 | -1 | -1 | 1 | 1 | 0 | -1 | -1 | -10 |
| 6 | 0 | -1 | -1 | -1 | 1 | ■ | -1 | -1 | 1 | 0 | -1 | -1 | 1 | 1 | 1 | -1 | -1 | -4 |
| 7 | 1 | 1 | -1 | 1 | 1 | 1 | ■ | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 13 |
| 8 | 1 | 1 | -1 | -1 | 1 | 1 | -1 | ■ | 1 | 1 | -1 | 1 | 1 | 1 | 1 | -1 | 1 | 6 |
| 9 | -1 | -1 | -1 | -1 | 0 | -1 | -1 | -1 | ■ | -1 | -1 | -1 | 1 | 1 | 0 | -1 | -1 | -10 |
| 10 | 0 | -1 | -1 | -1 | 1 | 0 | -1 | -1 | 1 | ■ | -1 | -1 | 1 | 1 | 1 | -1 | -1 | -4 |
| 11 | 1 | 1 | -1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | ■ | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 13 |
| 12 | 1 | 0 | -1 | -1 | 1 | 1 | -1 | -1 | 1 | 1 | -1 | ■ | 1 | 1 | 1 | -1 | 1 | 3 |
| 13 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | ■ | -1 | -1 | -1 | -1 | -16 |
| 14 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | 1 | ■ | -1 | -1 | -1 | -14 |
| 15 | -1 | -1 | -1 | -1 | 0 | -1 | -1 | -1 | 0 | -1 | -1 | -1 | 1 | 1 | ■ | -1 | -1 | -10 |
| 16 | 1 | 1 | -1 | -1 | 1 | 1 | -1 | 1 | 1 | 1 | -1 | 1 | 1 | 1 | 1 | ■ | 1 | 8 |
| 17 | 1 | 1 | -1 | -1 | 1 | 1 | -1 | -1 | 1 | 1 | -1 | -1 | 1 | 1 | 1 | -1 | ■ | 2 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 |

| Paarsgewijze vergelijking archetypen bundeling van infrastructuur | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|----|----|----|---|----|----|----|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--------|
| Criterium: Visuele hinder | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | Totaal |
| 1 | | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 12 |
| 2 | -1 | | 1 | 1 | -1 | 0 | 1 | 1 | -1 | 0 | 1 | 1 | -1 | -1 | 0 | 1 | 1 | 3 |
| 3 | -1 | -1 | | 1 | -1 | -1 | 0 | 1 | -1 | 0 | 1 | -1 | -1 | -1 | 0 | -1 | -1 | -7 |
| 4 | -1 | -1 | -1 | | -1 | -1 | -1 | 0 | -1 | -1 | 0 | -1 | -1 | -1 | -1 | 0 | 0 | -13 |
| 5 | 0 | 1 | 1 | 1 | | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 12 |
| 6 | -1 | 0 | 1 | 1 | -1 | | 1 | 1 | -1 | 0 | 1 | 1 | -1 | -1 | 0 | 1 | 1 | 3 |
| 7 | -1 | -1 | 0 | 1 | -1 | -1 | | 1 | -1 | -1 | 0 | 1 | -1 | -1 | -1 | 0 | -1 | -7 |
| 8 | -1 | -1 | -1 | 0 | -1 | -1 | -1 | | -1 | -1 | -1 | 0 | -1 | -1 | -1 | -1 | 0 | -13 |
| 9 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 12 |
| 10 | -1 | 0 | 1 | 1 | -1 | 0 | 1 | 1 | -1 | | 1 | -1 | -1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 3 |
| 11 | -1 | -1 | 0 | 1 | -1 | -1 | 0 | 1 | -1 | -1 | | 1 | -1 | -1 | 0 | -1 | -1 | -7 |
| 12 | -1 | -1 | -1 | 0 | -1 | -1 | -1 | 0 | -1 | -1 | -1 | | -1 | -1 | -1 | -1 | 0 | -13 |
| 13 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | | 0 | 1 | 1 | 1 | 12 |
| 14 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | | 1 | 1 | 1 | 12 |
| 15 | -1 | 0 | 1 | 1 | -1 | 0 | 1 | 1 | -1 | 0 | 1 | 1 | -1 | -1 | | 1 | 1 | 3 |
| 16 | -1 | -1 | 0 | 1 | -1 | -1 | 0 | 1 | -1 | -1 | 0 | 1 | -1 | -1 | -1 | | -1 | -7 |
| 17 | -1 | -1 | 1 | 0 | -1 | -1 | 1 | 0 | -1 | -1 | 1 | 0 | -1 | -1 | -1 | 1 | | -5 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 |

Samenvattende beoordelingstabel

| Paarsgewijze vergelijking archetypen bundeling van infrastructuur | | | | | | | | | |
|---|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|--|
| Samenvattende tabel | | | | | | | | | |
| Type | Versnipp. | Dir.r.b. | Geluidh. | Int.veil. | Ext.veil. | Constr.k. | Visu.h. | TOTAAL | |
| 1 | 15 | 11 | 3 | -13 | -15 | -4 | 12 | 9 | |
| 2 | 11 | 3 | -4 | -5 | -11 | 1 | 3 | -2 | |
| 3 | 7 | -5 | -9 | 4 | 3 | 16 | -7 | 9 | |
| 4 | 3 | -13 | -13 | 13 | 0 | 10 | -13 | -13 | |
| 5 | -3 | 11 | 16 | -13 | -5 | -10 | 12 | 8 | |
| 6 | -7 | 3 | 11 | -5 | 3 | -4 | 3 | 4 | |
| 7 | -11 | -5 | 4 | 4 | 13 | 13 | -7 | 11 | |
| 8 | -15 | -13 | -4 | 14 | 8 | 6 | -13 | -17 | |
| 9 | 15 | 11 | 3 | -13 | -15 | -10 | 12 | 3 | |
| 10 | 11 | 3 | -4 | -5 | -11 | -4 | 3 | -7 | |
| 11 | 7 | -5 | -9 | 4 | 3 | 13 | -7 | 6 | |
| 12 | 3 | -13 | -13 | 12 | 0 | 3 | -13 | -21 | |
| 13 | 0 | 16 | 6 | 4 | 12 | -16 | 12 | 34 | |
| 14 | -3 | 11 | 14 | -13 | -5 | -14 | 12 | 2 | |
| 15 | -7 | 3 | 11 | -5 | 3 | -10 | 3 | -2 | |
| 16 | -11 | -5 | 4 | 4 | 11 | 8 | -7 | 4 | |
| 17 | -15 | -13 | -16 | 13 | 6 | 2 | -5 | -28 | |
| Tot. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |

De vet gedrukte waarden geven de beste kolomscore weer.

De beoordelingen in deze tabel zijn te kenmerken als *potenties*. Dit betekent dat de beoordelingen enkel indicatief zijn. De precieze effecten zijn immers mede afhankelijk van exogene variabelen.

De beoordeling van elk archetype afzonderlijk geeft ook impliciet de informatie in welk type gebied het archetype het meest geschikt is.

Bijlage 4**Beoordelingstabellen bundelbaarheid corridors Betuweroute Rotterdam-Gorinchem***Tabel v: Ruwe scores per route*

| Route | Lengte | woong. | natuur | kruising | Dwarsprofiel | Traceringskenm. |
|-------|--------------|-------------|-------------|--------------|--------------|-----------------|
| 1 | 31,90 | 5,86 | 0,04 | 29,00 | 14,00 | 2,32 |
| 2 | 32,80 | 5,22 | 0,04 | 28,00 | 11,90 | 4,32 |
| 3 | 32,90 | 5,55 | 0,04 | 28,00 | 12,40 | 3,31 |
| 4 | 33,80 | 4,91 | 0,04 | 27,00 | 10,30 | 5,31 |
| 5 | 38,60 | 8,91 | 1,66 | 38,00 | 16,41 | 6,02 |
| 6 | 37,70 | 9,55 | 1,66 | 39,00 | 18,51 | 4,02 |
| 7 | 36,70 | 9,86 | 1,66 | 40,00 | 20,11 | 3,03 |
| 8 | 37,60 | 9,22 | 1,66 | 39,00 | 18,01 | 5,03 |
| 9 | 37,20 | 11,30 | 2,75 | 35,00 | 32,10 | 4,23 |
| 10 | 37,20 | 9,72 | 1,65 | 38,00 | 30,60 | 4,93 |
| 11 | 35,80 | 9,42 | 2,74 | 32,00 | 37,50 | 4,03 |
| 12 | 35,80 | 7,84 | 1,65 | 35,00 | 36,00 | 4,73 |
| 13 | 37,20 | 7,03 | 1,66 | 35,00 | 21,81 | 5,82 |
| 14 | 36,30 | 7,67 | 1,66 | 36,00 | 23,91 | 3,82 |
| 15 | 35,30 | 7,99 | 1,66 | 37,00 | 25,51 | 2,83 |
| 16 | 36,20 | 7,35 | 1,66 | 36,00 | 23,41 | 4,83 |
| 17 | 38,50 | 8,69 | 1,66 | 37,00 | 9,91 | 6,02 |
| 18 | 37,60 | 9,33 | 1,66 | 38,00 | 12,01 | 4,02 |
| 19 | 36,60 | 9,33 | 1,66 | 38,00 | 12,01 | 4,02 |
| 20 | 37,50 | 9,00 | 1,66 | 38,00 | 11,51 | 5,03 |
| 21 | 37,10 | 11,08 | 2,75 | 34,00 | 25,60 | 4,23 |
| 22 | 37,10 | 9,50 | 1,65 | 37,00 | 24,10 | 4,93 |
| 23 | 35,70 | 9,20 | 2,74 | 31,00 | 31,00 | 4,03 |
| 24 | 35,70 | 7,63 | 1,65 | 34,00 | 29,50 | 4,73 |
| 25 | 37,10 | 6,81 | 1,66 | 34,00 | 15,31 | 5,82 |
| 26 | 36,20 | 7,45 | 1,66 | 35,00 | 17,41 | 3,82 |
| 27 | 35,20 | 7,77 | 1,66 | 36,00 | 19,01 | 2,83 |
| 28 | 36,10 | 7,13 | 1,66 | 35,00 | 16,91 | 4,83 |
| 29 | 37,50 | 10,09 | 0,06 | 37,00 | 15,21 | 6,01 |
| 30 | 36,60 | 10,73 | 0,06 | 38,00 | 17,31 | 4,01 |
| 31 | 35,60 | 11,04 | 0,06 | 39,00 | 18,91 | 3,02 |
| 32 | 36,50 | 10,40 | 0,06 | 38,00 | 16,81 | 5,02 |
| 33 | 36,10 | 12,48 | 1,15 | 34,00 | 30,90 | 4,22 |
| 34 | 36,10 | 10,90 | 0,05 | 37,00 | 29,40 | 4,92 |
| 35 | 34,70 | 10,60 | 1,14 | 31,00 | 36,30 | 4,02 |
| 36 | 34,70 | 9,03 | 0,05 | 34,00 | 34,80 | 4,72 |
| 37 | 36,10 | 8,21 | 0,06 | 34,00 | 20,61 | 5,81 |
| 38 | 35,20 | 8,85 | 0,06 | 35,00 | 22,71 | 3,81 |
| 39 | 34,20 | 9,17 | 0,06 | 36,00 | 24,31 | 2,82 |
| 40 | 35,10 | 8,53 | 0,06 | 35,00 | 22,21 | 4,82 |
| 41 | 37,40 | 9,87 | 0,06 | 36,00 | 8,71 | 6,01 |
| 42 | 36,50 | 10,51 | 0,06 | 37,00 | 10,81 | 4,01 |
| 43 | 35,50 | 10,83 | 0,06 | 38,00 | 12,41 | 3,02 |
| 44 | 36,40 | 10,19 | 0,06 | 37,00 | 10,31 | 5,02 |
| 45 | 36,00 | 12,26 | 1,15 | 33,00 | 24,40 | 4,22 |
| 46 | 36,00 | 10,68 | 0,05 | 36,00 | 22,90 | 4,92 |
| 47 | 34,60 | 10,38 | 1,14 | 30,00 | 29,80 | 4,02 |
| 48 | 34,60 | 8,81 | 0,05 | 33,00 | 28,30 | 4,72 |
| 49 | 36,00 | 7,99 | 0,06 | 33,00 | 14,11 | 5,81 |
| 50 | 35,10 | 8,64 | 0,06 | 34,00 | 16,21 | 3,81 |
| 51 | 34,10 | 8,95 | 0,06 | 35,00 | 17,81 | 2,82 |
| 52 | 35,00 | 8,31 | 0,06 | 34,00 | 15,71 | 4,82 |

Tabel vi: Gestandaardiseerde scores per route

| Route | Lengte | Woon | Natuur | Kruising | Dwarsp | Trac.k | TOTAAL |
|-------|--------|------|--------|----------|--------|--------|--------|
| 1 | 0,00 | 0,13 | 0,00 | 0,15 | 0,18 | 0,00 | 0,46 |
| 2 | 0,13 | 0,04 | 0,00 | 0,08 | 0,11 | 0,54 | 0,90 |
| 3 | 0,15 | 0,08 | 0,00 | 0,08 | 0,13 | 0,27 | 0,71 |
| 4 | 0,28 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,06 | 0,81 | 1,15 |
| 5 | 1,00 | 0,53 | 0,60 | 0,85 | 0,27 | 1,00 | 4,24 |
| 6 | 0,87 | 0,61 | 0,60 | 0,92 | 0,34 | 0,46 | 3,80 |
| 7 | 0,72 | 0,65 | 0,60 | 1,00 | 0,40 | 0,19 | 3,56 |
| 8 | 0,85 | 0,57 | 0,60 | 0,92 | 0,32 | 0,73 | 4,00 |
| 9 | 0,79 | 0,84 | 1,00 | 0,62 | 0,81 | 0,52 | 4,58 |
| 10 | 0,79 | 0,64 | 0,60 | 0,85 | 0,76 | 0,71 | 4,33 |
| 11 | 0,58 | 0,60 | 1,00 | 0,38 | 1,00 | 0,46 | 4,02 |
| 12 | 0,58 | 0,39 | 0,59 | 0,62 | 0,95 | 0,65 | 3,78 |
| 13 | 0,79 | 0,28 | 0,60 | 0,62 | 0,46 | 0,95 | 3,69 |
| 14 | 0,66 | 0,37 | 0,60 | 0,69 | 0,53 | 0,41 | 3,24 |
| 15 | 0,51 | 0,41 | 0,60 | 0,77 | 0,58 | 0,14 | 3,00 |
| 16 | 0,64 | 0,32 | 0,60 | 0,69 | 0,51 | 0,68 | 3,44 |
| 17 | 0,99 | 0,50 | 0,60 | 0,77 | 0,04 | 1,00 | 3,89 |
| 18 | 0,85 | 0,58 | 0,60 | 0,85 | 0,11 | 0,46 | 3,45 |
| 19 | 0,70 | 0,58 | 0,60 | 0,85 | 0,11 | 0,46 | 3,30 |
| 20 | 0,84 | 0,54 | 0,60 | 0,85 | 0,10 | 0,73 | 3,65 |
| 21 | 0,78 | 0,82 | 1,00 | 0,54 | 0,59 | 0,52 | 4,23 |
| 22 | 0,78 | 0,61 | 0,60 | 0,77 | 0,53 | 0,71 | 3,99 |
| 23 | 0,57 | 0,57 | 1,00 | 0,31 | 0,77 | 0,46 | 3,68 |
| 24 | 0,57 | 0,36 | 0,59 | 0,54 | 0,72 | 0,65 | 3,43 |
| 25 | 0,78 | 0,25 | 0,60 | 0,54 | 0,23 | 0,95 | 3,34 |
| 26 | 0,64 | 0,34 | 0,60 | 0,62 | 0,30 | 0,41 | 2,90 |
| 27 | 0,49 | 0,38 | 0,60 | 0,69 | 0,36 | 0,14 | 2,66 |
| 28 | 0,63 | 0,29 | 0,60 | 0,62 | 0,28 | 0,68 | 3,10 |
| 29 | 0,84 | 0,68 | 0,01 | 0,77 | 0,23 | 1,00 | 3,52 |
| 30 | 0,70 | 0,77 | 0,01 | 0,85 | 0,30 | 0,46 | 3,08 |
| 31 | 0,55 | 0,81 | 0,01 | 0,92 | 0,35 | 0,19 | 2,84 |
| 32 | 0,69 | 0,73 | 0,01 | 0,85 | 0,28 | 0,73 | 3,28 |
| 33 | 0,63 | 1,00 | 0,41 | 0,54 | 0,77 | 0,51 | 3,86 |
| 34 | 0,63 | 0,79 | 0,00 | 0,77 | 0,72 | 0,70 | 3,61 |
| 35 | 0,42 | 0,75 | 0,41 | 0,31 | 0,96 | 0,46 | 3,30 |
| 36 | 0,42 | 0,54 | 0,00 | 0,54 | 0,91 | 0,65 | 3,06 |
| 37 | 0,63 | 0,44 | 0,01 | 0,54 | 0,41 | 0,94 | 2,96 |
| 38 | 0,49 | 0,52 | 0,01 | 0,62 | 0,49 | 0,40 | 2,52 |
| 39 | 0,34 | 0,56 | 0,01 | 0,69 | 0,54 | 0,14 | 2,28 |
| 40 | 0,48 | 0,48 | 0,01 | 0,62 | 0,47 | 0,68 | 2,72 |
| 41 | 0,82 | 0,66 | 0,01 | 0,69 | 0,00 | 1,00 | 3,17 |
| 42 | 0,69 | 0,74 | 0,01 | 0,77 | 0,07 | 0,46 | 2,73 |
| 43 | 0,54 | 0,78 | 0,01 | 0,85 | 0,13 | 0,19 | 2,49 |
| 44 | 0,67 | 0,70 | 0,01 | 0,77 | 0,06 | 0,73 | 2,93 |
| 45 | 0,61 | 0,97 | 0,41 | 0,46 | 0,54 | 0,51 | 3,51 |
| 46 | 0,61 | 0,76 | 0,00 | 0,69 | 0,49 | 0,70 | 3,27 |
| 47 | 0,40 | 0,72 | 0,41 | 0,23 | 0,73 | 0,46 | 2,96 |
| 48 | 0,40 | 0,52 | 0,00 | 0,46 | 0,68 | 0,65 | 2,71 |
| 49 | 0,61 | 0,41 | 0,01 | 0,46 | 0,19 | 0,94 | 2,62 |
| 50 | 0,48 | 0,49 | 0,01 | 0,54 | 0,26 | 0,40 | 2,18 |
| 51 | 0,33 | 0,53 | 0,01 | 0,62 | 0,32 | 0,14 | 1,93 |
| 52 | 0,46 | 0,45 | 0,01 | 0,54 | 0,24 | 0,68 | 2,37 |

Bijlage 5**Beoordelingstabellen bepaling optimale inpassing***Tabel vii: Bepaling optimale inpassing per tracédeel (met extra gewicht bij constructiekosten)*

| Gebiedsgevoeligheden (gewichten) | | | | | | | | |
|----------------------------------|-----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|---------|--|
| Tracédeel | Versnipp. | Dir.r.b. | Geluidh. | Int.veil. | Ext.veil. | Constr.k. | Visu.h. | |
| 1a | 1 | 2 | 3 | 5 | 3 | 10 | 1 | |
| 1b | 2 | 2 | 4 | 5 | 4 | 9 | 4 | |
| 1c | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 9 | 4 | |
| 1d | 4 | 2 | 3 | 5 | 3 | 9 | 4 | |
| 3e | 4 | 2 | 4 | 3 | 3 | 7 | 5 | |
| 3f | 5 | 5 | 5 | 3 | 5 | 7 | 2 | |

Tabel viii: Effectcores per archetype

| Type | Versnipp. | Dir.r.b. | Geluidh. | Int.veil. | Ext.veil. | Constr.k. | Visu.h. | TOTAAL |
|------|-----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|---------|--------|
| 1 | 15 | 11 | 3 | -13 | -15 | -4 | 12 | 9 |
| 2 | 11 | 3 | -4 | -5 | -11 | 1 | 3 | -2 |
| 3 | 7 | -5 | -9 | 4 | 3 | 16 | -7 | 9 |
| 4 | 3 | -13 | -13 | 13 | 0 | 10 | -13 | -13 |
| 5 | -3 | 11 | 16 | -13 | -5 | -10 | 12 | 8 |
| 6 | -7 | 3 | 11 | -5 | 3 | -4 | 3 | 4 |
| 7 | -11 | -5 | 4 | 4 | 13 | 13 | -7 | 11 |
| 8 | -15 | -13 | -4 | 14 | 8 | 6 | -13 | -17 |
| 9 | 15 | 11 | 3 | -13 | -15 | -10 | 12 | 3 |
| 10 | 11 | 3 | -4 | -5 | -11 | -4 | 3 | -7 |
| 11 | 7 | -5 | -9 | 4 | 3 | 13 | -7 | 6 |
| 12 | 3 | -13 | -13 | 12 | 0 | 3 | -13 | -21 |
| 13 | 0 | 16 | 6 | 4 | 12 | -16 | 12 | 34 |
| 14 | -3 | 11 | 14 | -13 | -5 | -14 | 12 | 2 |
| 15 | -7 | 3 | 11 | -5 | 3 | -10 | 3 | -2 |
| 16 | -11 | -5 | 4 | 4 | 11 | 8 | -7 | 4 |
| 17 | -15 | -13 | -16 | 13 | 6 | 2 | -5 | -28 |

Tabel ix Bepaling optimaal archetype tracédeel 1a

| Type | Versnipp. | Dir.r.b. | Geluidh. | Int.veil. | Ext.veil. | Constr.k. | Visu.h. | TOTAAL |
|------|-----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|---------|--------|
| 1 | 15 | 22 | 9 | -65 | -45 | -40 | 12 | -92 |
| 2 | 11 | 6 | -12 | -25 | -33 | 10 | 3 | -40 |
| 3 | 7 | -10 | -27 | 20 | 9 | 160 | -7 | 152 |
| 4 | 3 | -26 | -39 | 65 | 0 | 100 | -13 | 90 |
| 5 | -3 | 22 | 48 | -65 | -15 | -100 | 12 | -101 |
| 6 | -7 | 6 | 33 | -25 | 9 | -40 | 3 | -21 |
| 7 | -11 | -10 | 12 | 20 | 39 | 130 | -7 | 173 |
| 8 | -15 | -26 | -12 | 70 | 24 | 60 | -13 | 88 |
| 9 | 15 | 22 | 9 | -65 | -45 | -100 | 12 | -152 |
| 10 | 11 | 6 | -12 | -25 | -33 | -40 | 3 | -90 |
| 11 | 7 | -10 | -27 | 20 | 9 | 130 | -7 | 122 |

Bijlagen

| | | | | | | | | |
|----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|------|
| 12 | 3 | -26 | -39 | 60 | 0 | 30 | -13 | 15 |
| 13 | 0 | 32 | 18 | 20 | 36 | -160 | 12 | -42 |
| 14 | -3 | 22 | 42 | -65 | -15 | -140 | 12 | -147 |
| 15 | -7 | 6 | 33 | -25 | 9 | -100 | 3 | -81 |
| 16 | -11 | -10 | 12 | 20 | 33 | 80 | -7 | 117 |
| 17 | -15 | -26 | -48 | 65 | 18 | 20 | -5 | 9 |

Tabel x: Bepaling optimaal archetype tracédeel 1b

| Type | Versnipp. | Dir.r.b. | Geluidh. | Int.veil. | Ext.veil. | Constr.k. | Visu.h. | TOTAAL |
|------|-----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|---------|--------|
| 1 | 30 | 22 | 12 | -65 | -60 | -36 | 48 | -49 |
| 2 | 22 | 6 | -16 | -25 | -44 | 9 | 12 | -36 |
| 3 | 14 | -10 | -36 | 20 | 12 | 144 | -28 | 116 |
| 4 | 6 | -26 | -52 | 65 | 0 | 90 | -52 | 31 |
| 5 | -6 | 22 | 64 | -65 | -20 | -90 | 48 | -47 |
| 6 | -14 | 6 | 44 | -25 | 12 | -36 | 12 | -1 |
| 7 | -22 | -10 | 16 | 20 | 52 | 117 | -28 | 145 |
| 8 | -30 | -26 | -16 | 70 | 32 | 54 | -52 | 32 |
| 9 | 30 | 22 | 12 | -65 | -60 | -90 | 48 | -103 |
| 10 | 22 | 6 | -16 | -25 | -44 | -36 | 12 | -81 |
| 11 | 14 | -10 | -36 | 20 | 12 | 117 | -28 | 89 |
| 12 | 6 | -26 | -52 | 60 | 0 | 27 | -52 | -37 |
| 13 | 0 | 32 | 24 | 20 | 48 | -144 | 48 | 28 |
| 14 | -6 | 22 | 56 | -65 | -20 | -126 | 48 | -91 |
| 15 | -14 | 6 | 44 | -25 | 12 | -90 | 12 | -55 |
| 16 | -22 | -10 | 16 | 20 | 44 | 72 | -28 | 92 |
| 17 | -30 | -26 | -64 | 65 | 24 | 18 | -20 | -33 |

Tabel xi: Bepaling optimaal archetype tracédeel 1c

| Type | Versnipp. | Dir.r.b. | Geluidh. | Int.veil. | Ext.veil. | Constr.k. | Visu.h. | TOTAAL |
|------|-----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|---------|--------|
| 1 | 60 | 44 | 15 | -65 | -75 | -36 | 48 | -9 |
| 2 | 44 | 12 | -20 | -25 | -55 | 9 | 12 | -23 |
| 3 | 28 | -20 | -45 | 20 | 15 | 144 | -28 | 114 |
| 4 | 12 | -52 | -65 | 65 | 0 | 90 | -52 | -2 |
| 5 | -12 | 44 | 80 | -65 | -25 | -90 | 48 | -20 |
| 6 | -28 | 12 | 55 | -25 | 15 | -36 | 12 | 5 |
| 7 | -44 | -20 | 20 | 20 | 65 | 117 | -28 | 130 |
| 8 | -60 | -52 | -20 | 70 | 40 | 54 | -52 | -20 |
| 9 | 60 | 44 | 15 | -65 | -75 | -90 | 48 | -63 |
| 10 | 44 | 12 | -20 | -25 | -55 | -36 | 12 | -68 |
| 11 | 28 | -20 | -45 | 20 | 15 | 117 | -28 | 87 |
| 12 | 12 | -52 | -65 | 60 | 0 | 27 | -52 | -70 |
| 13 | 0 | 64 | 30 | 20 | 60 | -144 | 48 | 78 |
| 14 | -12 | 44 | 70 | -65 | -25 | -126 | 48 | -66 |
| 15 | -28 | 12 | 55 | -25 | 15 | -90 | 12 | -49 |
| 16 | -44 | -20 | 20 | 20 | 55 | 72 | -28 | 75 |
| 17 | -60 | -52 | -80 | 65 | 30 | 18 | -20 | -99 |

| <i>Tabel xii: Bepaling optimaal archetype tracédeel 1d</i> | | | | | | | | | |
|--|-----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|---------|--------|------|
| Type | Versnipp. | Dir.r.b. | Geluidh. | Int.veil. | Ext.veil. | Constr.k. | Visu.h. | TOTAAL | |
| 1 | 60 | 22 | 22 | 9 | -65 | -45 | -36 | 48 | -7 |
| 2 | 44 | 6 | 6 | -12 | -25 | -33 | 9 | 12 | 1 |
| 3 | 28 | -10 | -10 | -27 | 20 | 9 | 144 | -28 | 136 |
| 4 | 12 | -26 | -26 | -39 | 65 | 0 | 90 | -52 | 50 |
| 5 | -12 | 22 | 22 | 48 | -65 | -15 | -90 | 48 | -64 |
| 6 | -28 | 6 | 6 | 33 | -25 | 9 | -36 | 12 | -29 |
| 7 | -44 | -10 | -10 | 12 | 20 | 39 | 117 | -28 | 106 |
| 8 | -60 | -26 | -26 | -12 | 70 | 24 | 54 | -52 | -2 |
| 9 | 60 | 22 | 22 | 9 | -65 | -45 | -90 | 48 | -61 |
| 10 | 44 | 6 | 6 | -12 | -25 | -33 | -36 | 12 | -44 |
| 11 | 28 | -10 | -10 | -27 | 20 | 9 | 117 | -28 | 109 |
| 12 | 12 | -26 | -26 | -39 | 60 | 0 | 27 | -52 | -18 |
| 13 | 0 | 32 | 32 | 18 | 20 | 36 | -144 | 48 | 10 |
| 14 | -12 | 22 | 22 | 42 | -65 | -15 | -126 | 48 | -106 |
| 15 | -28 | 6 | 6 | 33 | -25 | 9 | -90 | 12 | -83 |
| 16 | -44 | -10 | -10 | 12 | 20 | 33 | 72 | -28 | 55 |
| 17 | -60 | -26 | -26 | -48 | 65 | 18 | 18 | -20 | -53 |

| <i>Tabel xiii: Bepaling optimaal archetype tracédeel 3e</i> | | | | | | | | | |
|---|-----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|---------|--------|------|
| Type | Versnipp. | Dir.r.b. | Geluidh. | Int.veil. | Ext.veil. | Constr.k. | Visu.h. | TOTAAL | |
| 1 | 60 | 22 | 22 | 12 | -39 | -45 | -28 | 60 | 42 |
| 2 | 44 | 6 | 6 | -16 | -15 | -33 | 7 | 15 | 8 |
| 3 | 28 | -10 | -10 | -36 | 12 | 9 | 112 | -35 | 80 |
| 4 | 12 | -26 | -26 | -52 | 39 | 0 | 70 | -65 | -22 |
| 5 | -12 | 22 | 22 | 64 | -39 | -15 | -70 | 60 | 10 |
| 6 | -28 | 6 | 6 | 44 | -15 | 9 | -28 | 15 | 3 |
| 7 | -44 | -10 | -10 | 16 | 12 | 39 | 91 | -35 | 69 |
| 8 | -60 | -26 | -26 | -16 | 42 | 24 | 42 | -65 | -59 |
| 9 | 60 | 22 | 22 | 12 | -39 | -45 | -70 | 60 | 0 |
| 10 | 44 | 6 | 6 | -16 | -15 | -33 | -28 | 15 | -27 |
| 11 | 28 | -10 | -10 | -36 | 12 | 9 | 91 | -35 | 59 |
| 12 | 12 | -26 | -26 | -52 | 36 | 0 | 21 | -65 | -74 |
| 13 | 0 | 32 | 32 | 24 | 12 | 36 | -112 | 60 | 52 |
| 14 | -12 | 22 | 22 | 56 | -39 | -15 | -98 | 60 | -26 |
| 15 | -28 | 6 | 6 | 44 | -15 | 9 | -70 | 15 | -39 |
| 16 | -44 | -10 | -10 | 16 | 12 | 33 | 56 | -35 | 28 |
| 17 | -60 | -26 | -26 | -64 | 39 | 18 | 14 | -25 | -104 |

| <i>Tabel xiv: Bepaling optimaal archetype tracédeel 3f</i> | | | | | | | | |
|--|-----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|---------|--------|
| Type | Versnipp. | Dir.r.b. | Geluidh. | Int.veil. | Ext.veil. | Constr.k. | Visu.h. | TOTAAL |
| 1 | 75 | 55 | 15 | -39 | -75 | -28 | 24 | 27 |
| 2 | 55 | 15 | -20 | -15 | -55 | 7 | 6 | -7 |
| 3 | 35 | -25 | -45 | 12 | 15 | 112 | -14 | 90 |
| 4 | 15 | -65 | -65 | 39 | 0 | 70 | -26 | -32 |
| 5 | -15 | 55 | 80 | -39 | -25 | -70 | 24 | 10 |
| 6 | -35 | 15 | 55 | -15 | 15 | -28 | 6 | 13 |
| 7 | -55 | -25 | 20 | 12 | 65 | 91 | -14 | 94 |
| 8 | -15 | -13 | -4 | 14 | 8 | 6 | -13 | -17 |
| 9 | 75 | 55 | 15 | -39 | -75 | -70 | 24 | -15 |
| 10 | 55 | 15 | -20 | -15 | -55 | -28 | 6 | -42 |
| 11 | 35 | -25 | -45 | 12 | 15 | 91 | -14 | 69 |
| 12 | 15 | -65 | -65 | 36 | 0 | 21 | -26 | -84 |
| 13 | 0 | 80 | 30 | 12 | 60 | -112 | 24 | 94 |
| 14 | -15 | 55 | 70 | -39 | -25 | -98 | 24 | -28 |
| 15 | -35 | 15 | 55 | -15 | 15 | -70 | 6 | -29 |
| 16 | -55 | -25 | 20 | 12 | 55 | 56 | -14 | 49 |
| 17 | -75 | -65 | -80 | 39 | 30 | 14 | -10 | -147 |

Curriculum Vitae Joris K.C.A.S. Willems

Na het behalen van het getuigschrift Latijn-Wetenschappen aan het St.-Pietersinstituut te Turnhout in 1985 studeerde hij verkeerskunde aan de Nationale Hogeschool voor Toerisme en Verkeer te Tilburg. Deze richting voltooide hij in 1989 met een afstudeerproject over de Ring rond Turnhout. Na enkele maanden werkzaam te zijn geweest bij het Dienstencentrum voor Toerisme en Verkeer te Tilburg, begon hij de studie Stedenbouw en Ruimtelijke Ordening aan de Katholieke Universiteit Leuven. In 1992 behaalde hij hierin het licentiaatsdiploma met een thesis over de beoordeling van visuele hinder door verkeer en infrastructuur. Inmiddels was hij twee jaar deeltijds werkzaam bij de Technische Universiteit Delft rond de beoordeling van sociale aspecten in projectnota's van Rijkswaterstaat en deeltijds als beleidsmedewerker bij Senator J. De Seranno in Kasterlee. Onderbroken door dienstplicht werd in 1994 het promotieonderzoek naar bundeling van infrastructuur aangevat. Deze deeltijdse opdracht combineerde hij met beleidsadviserend werk ten aanzien van verkeer en vervoer in Vlaanderen voor diverse instanties: opmaak van gemeentelijke verkeersveiligheids- en mobiliteitsplannen, begeleiding van gemeentelijke verkeerscommissies en de beoordeling van verkeers- en mobiliteitseffecten in het kader van diverse milieu-effectrapporten. Samen met de Onderzoeksceel van de Hogeschool voor Verkeerskunde in Diepenbeek werkte hij in 1997 en 1998 mee aan een ontwikkeling van een beroepsprofiel voor verkeerskundigen in Vlaanderen en een verkenning van de Europese opleidingscurricula rond verkeerskunde. In 1998 trad hij bij deze Hogeschool in dienst als docent Verkeerstechniek. Sindsdien heeft hij meegewerkt aan de ontwikkeling van diverse opleidingen en cursussen voor verkeer en mobiliteit in Vlaanderen, waaronder de opleiding Master in Mobiliteitsmarketing aan het VLEKHO te Brussel en de cursussen Mobiliteitsconvenants van de Vlaamse Stichting Verkeerskunde. Sinds januari 2001 is hij door het Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap aangesteld als auditor voor infrastructuurprojecten.

