



Een barrière beslecht

Een methodiek voor het rangschikken van tracéalternatieven op basis van sociale en ecologische barrièrewerking



Guus Ogink
Arnhem, april 2005
Rijkswaterstaat Oost-Nederland



Ministerie van Verkeer en Waterstaat

Rijkswaterstaat

Een barrière beslecht

**Een methodiek voor het rangschikken van
tracéalternatieven op basis van sociale en
ecologische barrièrewerking**

**Begeleidend docent RuG:
Begeleiders RWS-ON:**

**P. Ike
C. Stoffer
A.A. van Schie**

**Guus Ogink
Arnhem, april 2005
Rijkswaterstaat Oost-Nederland**

Samenvatting

Door de hoge mobiliteit is het mogelijk dat velen zich eenvoudig kunnen verplaatsen. Maar de mobiliteit brengt ook nadelen met zich mee. De infrastructuur en het verkeer dat hier gebruik van maakt, zorgen voor negatieve effecten voor zowel mensen als natuur. Eén van de problemen die hierbij speelt is de barrièrewerking die van de wegen uitgaat. Zowel door mensen als door de natuur worden drukke wegen als een barrière ervaren om te kunnen oversteken. Bij onderzoeken naar lijninfrastructuur is barrièrewerking één van de onderwerpen die bestudeerd wordt. Daarbij worden sociale barrièrewerking (ondervonden door mensen) en ecologische barrièrewerking (ondervonden door de natuur) apart van elkaar behandeld. Tevens zijn er nauwelijks kwantitatieve methoden die de barrièrewerking van een weg bepalen. De methoden zijn voornamelijk kwalitatief van aard. Een andere constatering is dat de barrièrewerking van bestaande tracés bij het bepalen van de barrièrewerking van een nieuw tracé niet wordt meegenomen. Aangezien het bestaande tracé meestal blijft behouden na aanleg van een nieuw tracé, zal ook deze barrière blijven bestaan, zij het in een mindere mate.

De hiervoor genoemde problemen leiden in dit onderzoek tot de volgende hoofdvraag: *'Is het mogelijk een methodiek te ontwikkelen die op een kwantitatieve manier een rangschikking kan aangeven van tracéalternatieven op basis van de barrièrewerking die zich voordoet in zowel de bebouwde kom als in het buitengebied?'*

De eerste stap is de bestudering van sociale en ecologische barrièrewerking. Sociale barrièrewerking is: "de ervaren weerstand van een barrière, veelal van te voren van invloed op de beslissing(en) van een individu, die ten grondslag liggen aan de passage van een barrière." (Mook, 1996) Hierbij valt een onderverdeling te maken naar twee vormen van sociale barrièrewerking. Ten eerste kan een weg een fysieke barrière vormen en ten tweede een psychologische barrière. Dit vertaalt zich in een drietal effecten die zich in de loop van de tijd voordoen. In de eerste plaats leidt een drukke weg tot een langere oversteektijd en geeft het een onveilig gevoel. Dit kan vervolgens leiden tot een verandering in verplaatsings- en activiteitenpatronen. Ten slotte kan door die verandering in patronen de plaatselijke samenleving veranderen wat betreft de plek waar voorzieningen en instellingen zich vestigen. Ecologische barrièrewerking is als volgt te definiëren: "het van elkaar gescheiden raken van functiegebieden, met als gevolg dat individuen worden verhinderd met elkaar in contact te komen." Ook hier zijn drie effecten te onderscheiden die zich in de loop van de tijd voordoen. Allereerst leidt een doorsnijding tot een kleiner leefgebied voor dieren. Hierdoor wordt het moeilijker om voedsel te zoeken en om zich voort te planten. Dit leidt ertoe dat soorten kunnen uitsterven binnen een leefgebied. In het ergste geval kan het leiden tot het uitsterven van een gehele soort wanneer dit probleem zich op meerdere plekken voordoet.

De volgende stap in het onderzoek is het beoordelen van de methodieken die al eerder zijn ontwikkeld op het gebied van barrièrewerking. Er is een onderscheid gemaakt naar drie soorten methodieken die worden gebruikt voor sociale barrièrewerking. Ten eerste zijn dat maatschappelijke kosten-batenanalyses. Ten tweede methodieken die weg- en verkeerskenmerken gebruiken en ten derde belevingswaardenonderzoeken. Binnen dit onderzoek zijn methodieken die zijn gebaseerd op weg- en verkeerskenmerken het best te gebruiken. Bij ecologische barrièrewerking is ook een onderscheid gemaakt naar drie soorten methodieken. Ten eerste zijn dat methodieken die gebruik maken van de relaties binnen een gebied, aan de hand van doorsnijdingskenmerken en landschapsindices. Ten tweede zijn dat methodieken die zijn gebaseerd op kenmerken van diersoorten in combinatie met de weg- en verkeerskenmerken. En als derde de methoden die met GIS de connectiviteit meten.

Na het beoordelen van de bestaande methodieken, is een methodiek ontwikkeld die een rangschikking kan maken van tracéalternatieven op basis van de barrièrewerking. Deze methodiek moet aan een aantal voorwaarden voldoen. Ten eerste moet het een ex ante evaluatiemethodiek zijn. Ten tweede moet het voornamelijk door deskresearch kunnen worden uitgevoerd, waardoor het niet tijdsintensief is. Ten derde dient er zoveel mogelijk gekwantificeerd te worden en ten vierde dient er zoveel mogelijk te worden uitgegaan van wetenschappelijk vastgestelde relaties. Aan deze laatste voorwaarde kan door een gebrek aan relaties die wetenschappelijk zijn bewezen, niet worden voldaan. Dit heeft geleid tot een overstap naar een kwalitatieve methode.

De methodiek is een gewogen somming, waarbij alle woongebieden en natuurgebieden worden geselecteerd die door één of meerdere van de tracéalternatieven worden doorsneden. Deze doorsnijdingen worden vervolgens per tracéalternatief beoordeeld op een aantal beoordelingscriteria. Deze beoordelingscriteria zijn onderverdeeld in drie hoofdgroepen: wegkenmerken, verkeerskenmerken en doorsnijdingskenmerken. De beoordelingscriteria zijn zo opgesteld dat ze te gebruiken zijn voor zowel doorsnijdingen van woongebieden als voor doorsnijdingen van natuurgebieden. Het resultaat is een totaalscore voor elk tracéalternatief. Op basis van deze totaalscores kan een rangschikking worden gemaakt van de tracéalternatieven.

Om te kunnen beoordelen of de methodiek werkt, is zij toegepast op de rijksweg N18 Varsseveld-Enschede. Dit is een project dat zich in de planstudiefase bevindt van het MIT (Meerjarenprogramma Infrastructuur en Transport). In totaal zijn zeven alternatieven voor de N18 onderzocht. Deze alternatieven doorsnijden gezamenlijk drie woongebieden en acht natuurgebieden. Voor alle alternatieven zijn de scores bepaald van de beoordelingscriteria. Deze scores zijn ingevuld in de tabellen en dit leidt tot een rangschikking van de alternatieven.

Op basis van de uitkomsten kan worden geconcludeerd dat de methodiek aannemelijke uitkomsten geeft. Verder voldoet de methodiek aan de gestelde voorwaarden. Het voordeel van deze methode is dat er wordt gekeken naar de totale barrièrewerking en dat tevens rekening wordt gehouden met de doorsnijding van het bestaande tracé wanneer nieuwe alternatieven worden onderzocht.

Voorwoord

Dit afstudeeronderzoek over de barrièrewerking van lijninfrastructuur vormt de afronding van mijn studie Technische Planologie aan de Rijksuniversiteit van Groningen. Het onderzoek is uitgevoerd in opdracht van Rijkswaterstaat Oost-Nederland in Arnhem. Het afgelopen half jaar heb ik binnen het cluster Planvorming van de afdeling Verkeer en Vervoer gewerkt aan dit onderzoek. Het resultaat is een methodiek die gebruikt kan worden bij onderzoeken naar lijninfrastructuur.

Mijn dank gaat uit naar de mensen die mij hebben geholpen bij het uitvoeren van dit onderzoek. In de eerste plaats zijn dat de medewerkers van de afdeling Verkeer en Vervoer. Daarnaast hebben de leden van de projectgroep N18, waar ik het afgelopen half jaar deel van uit heb gemaakt, mij geholpen om dit onderzoek te kunnen voltooien. Verder zijn de personen die ik heb geïnterviewd om meer inzicht te krijgen in de materie, te weten Enne de Boer, Petra van Konijnenburg en Bert Stegehuis, van groot belang geweest.

In het bijzonder wil ik mijn directe begeleiders Chris Stoffer en Loek van Schie van Rijkswaterstaat Oost-Nederland en Paul Ike van de Faculteit Ruimtelijke Wetenschappen bedanken voor hun begeleiding en hun opbouwende kritieken en adviezen.

Arnhem, april 2005

Guus Ogink

Inhoudsopgave

Samenvatting	3	
Voorwoord	5	
1	Introductie	7
1.1	Inleiding	7
1.2	Probleemschets	8
1.3	Doel- en vraagstelling	9
1.4	Opzet van het onderzoek	9
1.5	Leeswijzer	10
2	Sociale barrièrewerking	11
2.1	Theoretische onderbouwing van sociale barrièrewerking	11
2.2	Kwantificering van sociale barrièrewerking	14
3	Ecologische barrièrewerking	17
3.1	Theoretische onderbouwing van ecologische barrièrewerking	17
3.2	Kwantificering van ecologische barrièrewerking	21
4	Opstellen van de methodiek	23
4.1	Beoordeling van de bestaande methodes	23
4.2	Hoofdpijnen van de nieuwe methode	26
4.3	Uitwerking van de methode	29
5	Case: N18 Varsseveld-Enschede	34
5.1	Inleiding	34
5.2	Beschrijving van het N18-project	34
5.3	Toepassing van de methodiek op de N18	37
6	Conclusies	41
7	Aanbevelingen	43
8	Discussie	44
9	Bronnen	45
	Bijlage I	48
	Bijlage II	53
	Bijlage III	55

1 Introductie

1.1 Inleiding

Het volgende citaat komt uit *Livable Streets* (1981, p.1) van Donald Appleyard:

“The street has always been the scene of conflict, between living and access, between resident and traveler, between street life and the threat of death.”

Dit citaat geeft de dubbele kant aan van mobiliteit. Enerzijds is het door mobiliteit mogelijk dat men zich kan verplaatsen. Anderzijds veroorzaakt mobiliteit negatieve effecten op het gebied van onder meer leefbaarheid, veiligheid en natuur. Vooral wanneer stedelijk gebied of natuurgebied wordt doorsneden door infrastructuur, kunnen deze negatieve effecten groot zijn. Men kan hierbij ook wel spreken van een confrontatie op twee schaalniveaus. Op het hoge schaalniveau is er sprake van een positief effect doordat infrastructuur de bereikbaarheid verhoogt. De positieve resultaten overheersen hierbij in longitudinale richting (in de lengterichting). Op het lage schaalniveau zijn er met name negatieve effecten op het gebied van leefbaarheid en natuur. Deze effecten vinden voornamelijk in transversale richting (in de dwarsrichting) plaats (Mook, 1996).

In Nederland zijn veel van dit soort situaties bekend waarbij verschillende soorten lijninfrastructuur, zoals wegen, spoorlijnen en waterwegen, het stedelijk gebied of de natuur doorsnijden. De toenemende mobiliteit leidt ertoe dat er meer conflictsituaties gaan ontstaan waarbij bereikbaarheid, leefbaarheid en natuur slecht met elkaar samengaan. Dit onderzoek gaat over de barrièrewerking van lijninfrastructuur. Ook hierbij is sprake van dit dilemma. De aanleg van nieuwe infrastructuur en de verhoging van de capaciteit van de huidige infrastructuur betekent een verbetering van de bereikbaarheid. Dit zal echter ook van invloed zijn op de barrièrewerking van deze infrastructuur.

Wanneer er wordt gesproken over de negatieve effecten van verkeer en vervoer, komen vaak onderwerpen als geluidsoverlast, luchtverontreiniging en de vele files ter sprake. De barrièrewerking van lijninfrastructuur is veel minder bekend. Desondanks heeft iedereen er regelmatig mee te maken. Wanneer iemand bijvoorbeeld te voet of met de fiets een drukke straat wil oversteken, vormen de voorbijrazende auto's een belemmering om op een veilige wijze de overkant te bereiken. Dit kan verschillende gevolgen hebben. Het kan zijn dat er in vervolg een andere route wordt genomen, of er wordt gebruik gemaakt van de auto. In het uiterste geval wordt er besloten om niet meer naar de overkant van die drukke straat te gaan. De barrièrewerking die uitgaat van lijninfrastructuur wordt het sterkst ervaren door kinderen, ouderen en fysiek gehandicapten. Deze groepen beschikken vaak niet over een auto en reizen daardoor veel te voet of met de fiets. Daarnaast hebben zij in het algemeen meer moeite met het oversteken (Bein, 1997)

Het zijn overigens niet alleen mensen die de barrièrewerking van lijninfrastructuur ervaren. Ook de natuur wordt gehinderd door verkeer en vervoer. De doorsnijding van een natuurgebied door infrastructuur veroorzaakt een verkleining van het leefgebied, zowel voor dieren als in sommige gevallen ook voor planten. Het leefgebied kan hierdoor zo klein zijn geworden dat bepaalde dier- of plantensoorten op die plek uitsterven. Voor dieren is het bijvoorbeeld moeilijk om een drukke weg over te steken die door zijn leefgebied gaat. Wanneer mensen al moeite hebben om drukke wegen over te steken, zal het voor dieren nog riskanter zijn. Er worden dan ook jaarlijks veel dieren aangereden in het verkeer (Klerks et al, 1994).

In de volgende paragraaf wordt toegelicht welke problemen er bestaan met betrekking tot barrièrewerking. Deze probleemschets vormt de aanleiding voor dit onderzoek. Vervolgens worden de doelstelling, de hoofdvraag en de subvragen van dit onderzoek benoemd in paragraaf 1.3. Daaropvolgend wordt beschreven hoe het onderzoek zal worden uitgevoerd. Daarbij worden alle noodzakelijke stappen in het onderzoek weergegeven. De laatste paragraaf bevat de leeswijzer voor de hoofdstukken die nog volgen in dit onderzoeksrapport.

1.2 Probleemschets

Bij onderzoeken naar lijninfrastructuur is barrièrewerking vaak één van de aspecten die onderzocht wordt. De verschillende vormen van barrièrewerking worden in die onderzoeken echter door elkaar gebruikt. Hierdoor is er geen zicht op de totale omvang van de barrièrewerking. Zo wordt er vaak onderscheid gemaakt tussen *ecologische barrièrewerking* (ook wel barrièrewerking voor de natuur genoemd) in het buitengebied en *sociale barrièrewerking* (ook wel barrièrewerking voor mensen genoemd) binnen de bebouwde kom. Maar het is echter ook mogelijk dat natuur binnen stedelijk gebied wordt doorsneden door infrastructuur en net zo goed kan infrastructuur in het buitengebied een barrière vormen voor de mensen die in dat buitengebied wonen. Om dus te kunnen spreken over de barrièrewerking van een tracé, dient de gehele barrièrewerking in samenhang te worden bestudeerd. Uit de bestudeerde literatuur blijkt dat tot op heden nog niet te zijn gedaan.

Daarnaast wordt de barrièrewerking meestal kwalitatief uitgedrukt. Deze kwalitatieve methoden geven slechts een globaal inzicht in de verhoudingen. Kwantitatieve methoden zouden in dergelijke gevallen een beter en exacter beeld kunnen geven. Het probleem is echter dat barrièrewerking moeilijk te meten is. De moeilijkheid zit hem in het feit dat binnen de verkeerskunde doorgaans het aantal verplaatsingen wordt gemeten en juist niet het aantal verplaatsingen dat niet wordt gemaakt, in dit geval als gevolg van een barrière (de Boer, 1990).

Wanneer er een onderzoek wordt gedaan waarbij bepaalde lijninfrastructuur binnen de bebouwde kom als een barrière wordt gezien, komt het bijvoorbeeld voor dat een afweging moet worden gemaakt tussen een bestaand tracé en een nieuw tracé op een andere locatie. Een nieuw tracé in het buitengebied is hierbij vaak één van de mogelijkheden. Maar ook dit nieuwe tracé kan weer tot een barrière leiden, omdat er wederom een doorsnijding plaatsvindt. Deze keer kan een waardevol landschap of een natuurgebied worden doorsneden. Tevens kunnen ook de mensen die buiten het stedelijk gebied wonen het nieuwe tracé als een barrière ervaren. In dit soort situaties zou een afwegingsmodel van pas komen om aan te geven of de barrièrewerking bij een nieuw tracé verbetert of verslechtert ten opzichte van het bestaande tracé.

1.3 Doel- en vraagstelling

In dit onderzoek zal de barrièrewerking van lijninfrastructuur centraal staan. Er zijn meerdere vormen van barrièrewerking te onderscheiden. Bij onderzoeken naar lijninfrastructuur worden die vrijwel altijd apart van elkaar behandeld. Hierdoor is het niet mogelijk om een totale omvang aan te geven voor barrièrewerking. Daar komt nog eens bij dat barrièrewerking vaak kwalitatief wordt uitgedrukt. In dit onderzoek wordt bekeken of er een kwantitatieve methode valt te ontwikkelen om de totale omvang van de barrièrewerking voor een tracé te bepalen. De scores voor de verschillende tracés leiden tot een rangschikking van die tracés.

De doelstelling van dit onderzoek luidt derhalve:

Het beschrijven van een methodiek om op een kwantitatieve manier tot een rangschikking te komen van tracéalternatieven van lijninfrastructuur op basis van de barrièrewerking

Op basis van bovenstaande doelstelling kan de volgende hoofdvraag worden geformuleerd:

Is het mogelijk een methodiek te ontwikkelen die op een kwantitatieve manier een rangschikking kan aangeven van tracéalternatieven op basis van de barrièrewerking die zich voordoet in zowel de bebouwde kom als in het buitengebied?

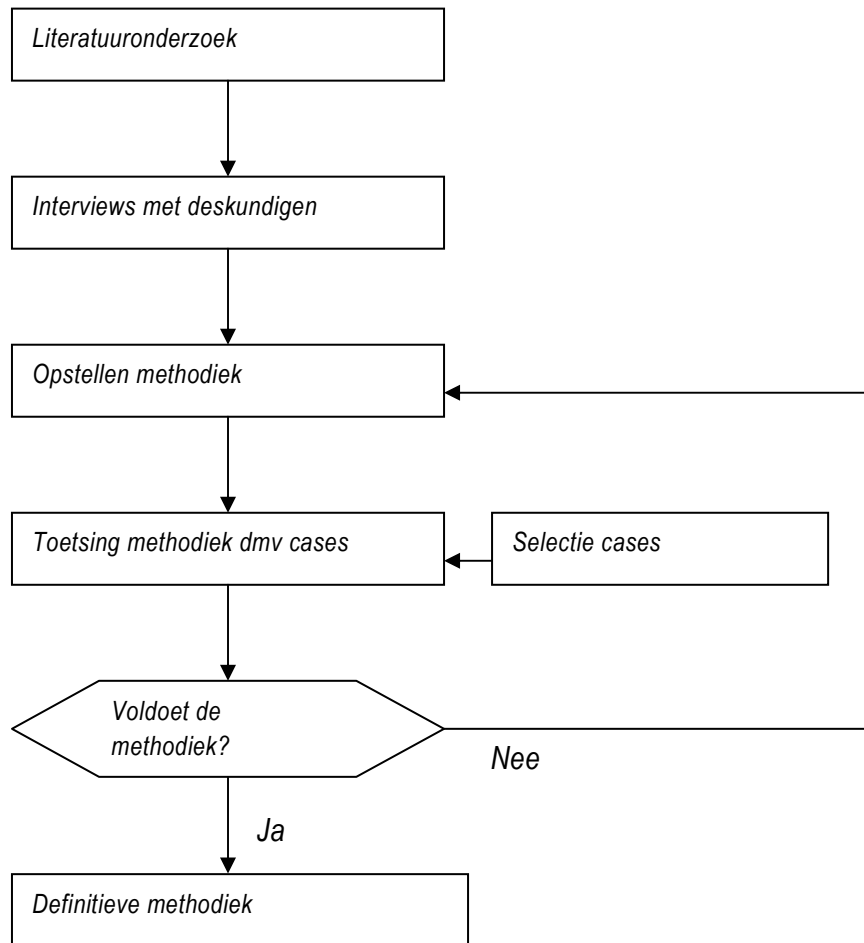
Naast deze hoofdvraag bestaat het onderzoek uit de volgende subvragen:

- Wat is barrièrewerking?
- Welke factoren kenmerken barrièrewerking?
- In hoeverre is er aandacht voor barrièrewerking bij studies op het gebied van lijninfrastructuur?
- Welke methoden bestaan er om de mate van sociale barrièrewerking te kwantificeren?
- Welke methoden bestaan er om de mate van ecologische barrièrewerking te kwantificeren?
- Is het mogelijk om de ecologische en sociale barrièrewerking tegen elkaar af te wegen?
- Hoe kunnen tracéalternatieven onderling worden vergeleken op basis van sociale en ecologische barrièrewerking?

1.4 Opzet van het onderzoek

Om de onderzoeksvragen te beantwoorden is er gebruik gemaakt van verschillende methoden. Allereerst is er een literatuuronderzoek gedaan. Dit literatuuronderzoek omvat zowel het zoeken naar boeken, tijdschriften en artikelen die bestaande kennis en inzichten bevatten over barrièrewerking, als ook een scanning van de informatie die te vinden is op het internet. Verder zijn er een aantal interviews gehouden met deskundigen op het gebied van barrièrewerking. Ten eerste om meer informatie te verzamelen over het onderwerp. Ten tweede verschaffen de interviews meer inzicht in studies die eerder al zijn verricht over barrièrewerking. Hiermee wordt voorkomen dat dit onderzoek een herhaling wordt van een wellicht al eerder voltooid onderzoek.

Door middel van de interviews en het literatuuronderzoek is geprobeerd een methodiek op te stellen om de barrièrewerking te kwantificeren en te vergelijken. Om te kunnen toetsen of de methodiek voldoet, is er een case geselecteerd waarbij barrièrewerking een probleem vormt. Voorwaarde voor de selectie van de case was dat er sprake moest zijn van een barrière binnen een kern én een barrière in een natuurgebied. In deze opzet is er vanuit gegaan dat wanneer de methodiek niet voldoet, de methodiek moeten worden bijgesteld en uiteraard weer opnieuw moet worden getest door middel van de case (zie figuur 1.1).



Figuur 1.1: Schematisch overzicht van het plan van aanpak

1.5 Leeswijzer

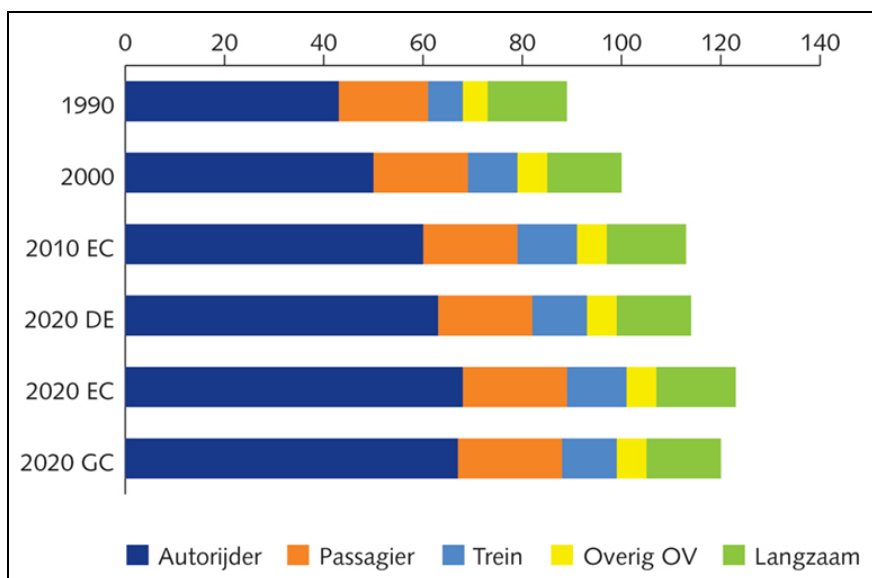
Na deze introductie wordt in hoofdstuk 2 de sociale barrièrewerking, die door de mens wordt ervaren, behandeld. Eerst wordt aangegeven wat deze vorm van barrièrewerking inhoudt en vervolgens worden de bestaande methoden vermeld die deze barrièrewerking kunnen bepalen. In hoofdstuk 3 wordt de ecologische barrièrewerking, die door de natuur wordt ervaren, beschreven. Ook hierin wordt eerst aangegeven wat ecologische barrièrewerking inhoudt en daarna worden de reeds ontwikkelde methoden beschreven. Hoofdstuk 4 zal beginnen met een vergelijking van de beide vormen van barrièrewerking. Hierin worden de methoden die in hoofdstuk 2 en 3 zijn behandeld met elkaar vergeleken. Vervolgens is een methodiek ontwikkeld die beide vormen van barrièrewerking tegen elkaar afweegt om de totale omvang van de barrièrewerking te bepalen. Hoe deze methodiek eruit ziet, staat beschreven in paragraaf 4.2 en 4.3. Om te kunnen beoordelen of de methodiek voldoet wordt in hoofdstuk 5 een case beschreven waarbij barrièrewerking een onderdeel is van de problematiek. Bij deze case zal de barrièrewerking worden bepaald door middel van de ontwikkelde methodiek uit hoofdstuk 4. Hoofdstuk 6 zal bestaan uit de conclusies van dit onderzoek, waarna in hoofdstuk 7 enkele aanbevelingen worden gedaan. In hoofdstuk 8, de discussie, worden een aantal kanttekeningen geplaatst bij het onderzoek.

2 Sociale barrièrewerking

2.1 Theoretische onderbouwing van sociale barrièrewerking

Binnen steden en dorpen is er veel verschil in de onderlinge verbondenheid en sociale contacten van de bewoners. In deze context wordt vaak gesproken over de *sociale cohesie* tussen bewoners. Zo zijn er woonwijken waar men de eigen buurman of buurvrouw niet kent. Ook zijn er woonwijken waar het tegenovergestelde het geval is. Hier zien de bewoners elkaar vaker en gaat men bijvoorbeeld bij elkaar op de koffie. De bewoners zien elkaar niet meteen als vrienden, maar gaan meestal op een gemoedelijke manier met elkaar om. Vooral in dorpen en arbeiderswijken zie je dat er een grotere sociale cohesie is dan in andere woonwijken (Van Konijnenburg, 2004). Wanneer een nieuwe weg binnen een stad of dorp wordt aangelegd, zijn het vooral deze contacten die hierdoor kunnen worden aangetast. Wanneer deze weg een grote barrière vormt om over te steken door bijvoorbeeld hoge snelheden en intensiteiten van het verkeer, kan de sociale cohesie verstoord raken. Men zal minder vaak bij elkaar op bezoek gaan en de onderlinge contacten kunnen hierdoor verminderen.

Tegenwoordig komt het niet vaak meer voor dat nieuwe hoofdwegen worden aangelegd. Wanneer dit wel wordt gedaan, zal worden voorkomen dat deze wegen binnen dorpen of steden worden aangelegd in verband met de gevolgen die dit onder andere heeft voor de bereikbaarheid en de leefbaarheid. Hierdoor zal het aantal situaties waarbij dorpen of woonwijken worden doorsneden nauwelijks toenemen. Het aanleggen van rondwegen rond dorpen en steden zal juist eerder zorgen voor een daling van het aantal *conflictsituaties*. Hier staat tegenover dat de mobiliteit de komende jaren zal groeien (zie figuur 2.1). In de Nota Mobiliteit (2004) valt te lezen dat om te kunnen concurreren met het buitenland en om de



Figuur 2.1: Ontwikkeling reizigerkilometers op Nederlands grondgebied per vervoerwijze met scenario's: European coordination (EC), Divided Europe (DE) en Global competition (GC) (index 2000 = 100) (Nota mobiliteit, 2004)

economische groei te herstellen, er aanpassingen nodig zijn op het gebied van verkeer en vervoer. Mobiliteit dient daarom niet te worden teruggedrongen. Het is van belang om de mobiliteitsgroei in goede banen te leiden. Dit leidt tot meer verkeer op de bestaande wegen. Aangezien er op dit

moment al veel problemen zijn met de leefbaarheid en bereikbaarheid op de bestaande wegen, kunnen de bestaande conflictsituaties verergeren.

Sociale barrièrewerking is niet eenvoudig te definiëren. Dit komt doordat sociale barrièrewerking grofweg een combinatie is van twee verschillende vormen. Ten eerste kan lijninfrastructuur een fysieke barrière vormen, waardoor het oversteken van een weg moeilijker wordt en langer duurt. Wanneer bekend is dat een bepaalde weg erg druk is en daardoor moeilijk oversteekbaar, kan ervoor worden gekozen om in het vervolg via een andere route de bestemming te bereiken. Ten tweede kan lijninfrastructuur ook een psychologische barrière vormen. Een weg kan een kern of een wijk in twee delen opsplitsen. Hoewel de mensen aan de overkant van de weg qua afstand dichtbij wonen, zorgt de weg voor een duidelijke scheiding en werkt daardoor als een psychologische barrière. Dit heeft tot gevolg dat de relaties tussen de twee delen minder worden (De Boer, 1990). De definitie die het best aansluit op de sociale barrièrewerking is beschreven door Mook (1996, p. 14): "...de ervaren weerstand van een barrière, veelal van tevoren van invloed op de beslissing(-en) van een individu, die ten grondslag liggen aan de passage van een barrière."

De gevolgen die de sociale barrièrewerking heeft zijn onder te verdelen in *drie typen effecten* (De Boer, 1990):

- Primaire effecten: de fysieke en mentale invloed op het waarneembare oversteekgedrag door gedwongen wachten, omlopen of door bijvoorbeeld onveiligheid.
- Secundaire effecten: veranderingen in verplaatsings- en activiteitenpatronen
- Tertiaire effecten: veranderingen in het functioneren van de plaatselijke samenleving en dan met name haar instellingen en voorzieningen.

Deze drie effecten zijn te zien als een opeenvolging in de tijd. Ten eerste zal een weg die door een kern gaat invloed hebben op het oversteekgedrag. Door de toegenomen oversteektijd en het gevoel van onveiligheid zullen er na verloop van tijd veranderingen plaats gaan vinden in de verplaatsings- en activiteitenpatronen. Dit resulteert bijvoorbeeld in een toegenomen gebruik van de auto of het minder oversteken van de weg. Dit kan op de lange termijn veranderen in een tweedeling van een kern, waarbij beide delen hun eigen voorzieningen hebben, waar de eigen bewoners gebruik van maken. Voorwaarde hierbij is dat beide delen groot genoeg zijn om een minimaal voorzieningenniveau in stand te houden. Wanneer één van de beide delen niet groot genoeg is, kan dit leiden tot het verdwijnen van de voorzieningen. Hierdoor kan de ene helft afhankelijk worden van de voorzieningen van de andere helft en zal telkens noodgedwongen de oversteek moeten worden gemaakt.

Maar niet alleen op het gebied van de voorzieningen kunnen er veranderingen ontstaan. Ook het contact tussen de twee helften kan minder worden. In *Livable Streets* (1981) van Donald Appleyard worden drie straten in San Francisco onderzocht op de *sociale contacten* die er zijn tussen de bewoners aan beide zijden van de straat. Daarbij zijn drie straten geselecteerd die verschillen in verkeersintensiteit. De drie straten zijn te verdelen in een lage, een middelmatige en een hoge verkeersintensiteit. Het resultaat van het onderzoek was dat hoe lager de verkeersintensiteit in de straat, hoe meer onderlinge sociale contacten er waren tussen de bewoners van de straat (meer over dit onderzoek in paragraaf 2.2.3).

Het hoeft overigens niet altijd zo te zijn dat een drukke weg die een barrière vormt wordt gezien als een negatief effect. Een voorbeeld hiervan is het belevingswaardenonderzoek over de RW16/RW13 Terbrechtseplein-Kleinpolderplein. Tijdens de interviews met omwonenden kwam naar voren dat zij helemaal niet stonden te wachten op een vermindering van de barrière. Doordat beide delen al zo lang van elkaar gescheiden waren, was er geen sociale cohesie meer tussen beide delen. De omwonenden in beide delen waren dan ook bang dat wanneer er een tunnel zou komen om de

barrière te verminderen, het tuig uit het tegenoverliggende deel elkaars kant op zou komen (Van Konijnenburg, 2004).

2.2 Kwantificering van sociale barrièrewerking

Voordat er een methodiek wordt opgesteld om de sociale barrièrewerking uit te drukken, is het raadzaam om eerst te achterhalen wat er in het verleden al is ontwikkeld op dit gebied. Er zijn nationaal en internationaal al een aantal studies verricht. Het valt op dat vooral Scandinavische landen, Amerika, maar ook Nederland vooroploopt op het gebied van onderzoeken naar de sociale barrièrewerking van lijninfrastructuur. Er zijn echter wel verschillen tussen de onderzoeksopzetten. In grote lijnen kan er onderscheid worden gemaakt naar drie verschillende vormen van onderzoek. Ten eerste de onderzoeken op basis van de maatschappelijke kosten-batenanalyse, ten tweede de onderzoeken die zijn gebaseerd op de weg- en verkeerskenmerken en ten derde belevingswaardenonderzoeken.

Investerings in infrastructuur leiden tot positieve en negatieve effecten. Om die onderling te kunnen vergelijken worden in een *maatschappelijke kosten-batenanalyse* alle relevante effecten in geld uitgedrukt. Hierdoor kan inzichtelijk worden gemaakt of een infrastructuurproject de maatschappelijke welvaart verhoogt of verlaagt. De moeilijkheid van een maatschappelijke kosten-batenanalyse zit hem in het uitdrukken van de effecten in een geldbedrag. Sociale barrièrewerking is een extern effect van de aanleg en het gebruik van infrastructuur. Hoe de sociale barrièrewerking in een geldbedrag is uit te drukken is in een aantal studies onderzocht.

In een Noors onderzoek wordt bekeken in hoeverre een drukke weg van invloed is op het aantal loop- en fietsbewegingen. Daarbij wordt gekeken naar hoe de keuze zou zijn voor de verschillende transportmodaliteiten in de situatie dat er geen barrière is en de situatie dat er wel een barrière is. De verschillen die ontstaan in de transportmodaliteiten zorgen voor een verandering in de kosten en de opbrengsten. Wanneer een weg als een barrière werkt, zal bijvoorbeeld het aantal voetgangers en fietsers afnemen en het aantal motorvoertuigen toenemen. Een voorbeeld voor de toename in de kosten is het aantal parkeerplaatsen dat extra moet worden aangelegd voor het toegenomen aantal motorvoertuigen. Een opbrengst is bijvoorbeeld een daling van het onderhoud van de voet- en fietspaden doordat ze minder gebruikt worden. (Saelensminde, 2002)

Een eenvoudigere methode om de kosten en baten te berekenen is ontwikkeld door Günter Harder. De methode genaamd 'Trennwirkung' meet het tijdverlies dat ontstaat bij het oversteken van een weg. De gemeten tijd wordt daarna in een geldbedrag uitgedrukt en vervolgens als een kostenpost vermeld in de kosten-batenanalyse. Van belang is om op te merken dat deze methode alleen de oversteekbaarheid meet. Sociale barrièrewerking is daarentegen meer dan alleen de oversteekbaarheid (Baart & Molenkamp, 1998).

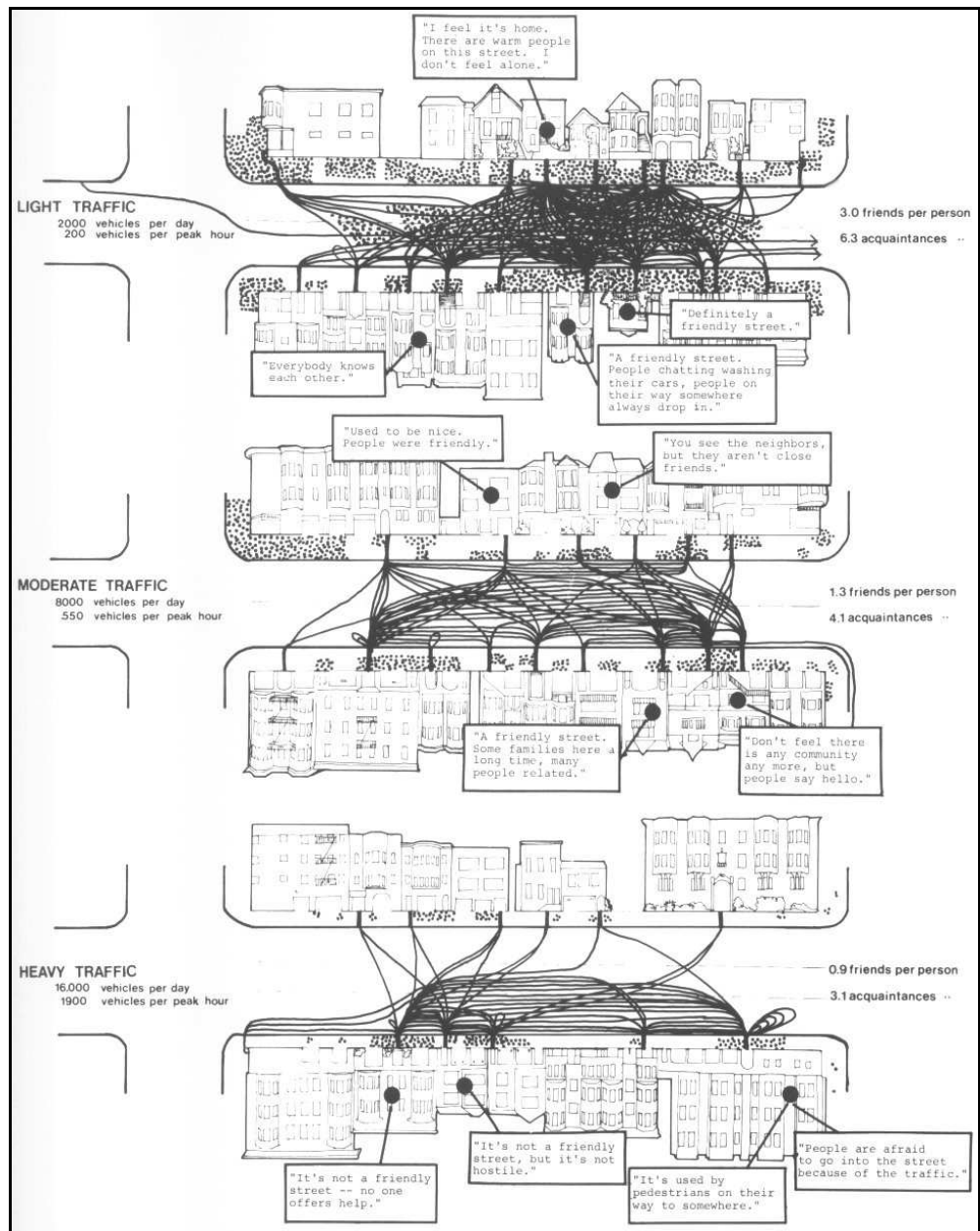
Een andere manier om de sociale barrièrewerking uit te drukken is door middel van *weg- en verkeerskenmerken*. Bij de planning van infrastructuur in Zweden en Denemarken wordt op deze wijze de sociale barrièrewerking gekwantificeerd. De methodes die ze gebruiken zijn gebaseerd op een methode die ontwikkeld is door Rintoul (1995). In de methode van Rintoul wordt per lengte-eenheid van de weg de sociale barrièrewerking bepaald. De sociale barrièrewerking wordt in drie stappen berekend. Bij de eerste stap wordt een barriërefactor berekend aan de hand van de weg- en verkeerskenmerken, zoals het aantal oversteekplaatsen en de gemiddelde snelheid van de motorvoertuigen. Bij de tweede stap wordt de vraag naar het oversteken van de weg bepaald op basis van de bestemmingen op loop- en fietsafstand van de betreffende weg. Hierbij gaan ze er vanuit dat de weg niet als een barrière werkt. De derde stap is het samenvoegen van de barriërefactor en de vraag naar het oversteken van de weg. Dit cijfer geeft de totale sociale barrièrewerking aan van de weg. Het Zweedse onderzoek neemt daarbij nog een aantal extra factoren mee in het onderzoek. Zij gebruiken ook de leeftijdsopbouw van de inwoners en of de weg in de stad of op het platteland is aangelegd.

Een veel gebruikte methode in Nederland is de methode-Groningen, die is ontwikkeld door de TU Delft in opdracht van de provincie Groningen. Aan de hand van verschillende variabelen die zijn onderverdeeld in de hoofdgroepen 'relaties', 'wegkenmerken' en 'verkeerskenmerken', wordt er een totaalscore berekend die de mate van sociale barrièrewerking weergeeft. De hoofdgroep 'relaties' geeft het potentiële aantal verplaatsingen aan waarbij de onderzochte weg als oversteek wordt gebruikt. Daarbij gaat het bijvoorbeeld om schoolbezoek en winkelbezoek. De hoofdgroep 'wegkenmerken' bestaat uit een aantal kenmerken van de betreffende infrastructuur die van invloed zijn op de sociale barrièrewerking, zoals de oversteekmogelijkheden en de verhardingsbreedte. De laatste hoofdgroep is gebaseerd op de 'verkeerskenmerken', deze bestaat uit kenmerken van het verkeer dat gebruik maakt van de infrastructuur, zoals de intensiteit en de snelheid. De totaalscore wordt berekend door middel van een multicriteria-analyse, waarbij een weging plaatsvindt van de variabelen. Met deze methode is het mogelijk om een rangschikking te maken van verschillende traversen op basis van de sociale barrièrewerking (De Boer et al, 1984).

Bij onderzoeken naar infrastructuur wordt soms gebruik gemaakt van *belevingswaardenonderzoeken*. Deze onderzoeken richten zich op de beleving van de leefomgeving. Door middel van interviews wordt inzichtelijk gemaakt hoe de burgers de leefomgeving beleven en wat zij belangrijk vinden in hun leefomgeving. Op basis hiervan kan worden nagegaan in welke mate tracéalternatieven aansluiten op hun beleving en wensen. Een belevingswaardenonderzoek kan worden beschouwd als een fenomenologisch onderzoek (Belevingswaardenonderzoek, 2001)

Een onderzoek over de sociale barrièrewerking van infrastructuur van de TU Delft en het RIVM is ook gebaseerd op een belevingswaardenonderzoek en maakt hierbij gebruik van enquêtes. Het doel van het onderzoek is het meten van de sociale barrièrewerking van infrastructuur op basis van subjectieve data. Daarbij wordt getoetst in hoeverre een model van onafhankelijke variabelen de afhankelijke variabele sociale barrièrewerking beïnvloeden. De onafhankelijke variabelen waren onderverdeeld in 'locatie', 'transport' en 'behoefte'. Met 'locatie' wordt de kwaliteit van de bestemmingen van beide door een weg gescheiden delen A en B bedoeld. De onafhankelijke variabele 'transport' heeft betrekking op de objectieve en subjectieve moeite die het kost om een weg over te steken, bijvoorbeeld de weg- en verkeerskenmerken en de perceptie van de barrière. De onafhankelijke variabele 'behoefte' houdt in de behoefte die er is om een barrière wel of niet over te steken. Door middel van een case is onderzocht of de onafhankelijke variabelen de sociale barrièrewerking konden verklaren. Er blijkt een positief verband te bestaan tussen de variabelen 'transport' en 'behoefte' ten opzichte van de mate van sociale barrièrewerking. Van de variabele 'locatie' kon niet worden aangetoond dat er een verband was met de sociale barrièrewerking (Boon et al, 2003).

Een ander onderzoek door middel van een belevingswaardenonderzoek is uitgevoerd door Donald Appleyard (1981). In San Francisco selecteerde hij drie straten die qua omgeving op elkaar lijken, maar verschillen in verkeersintensiteit (zie figuur 2.2). De drie straten werden onderverdeeld naar een lage, een middelmatige en een hoge verkeersintensiteit. Door het stellen van vragen aan de bewoners van de betreffende straten over de contacten die ze hadden met de andere bewoners van de straat ontstond een beeld over de omgang tussen de bewoners. De conclusie van het onderzoek was dat in de straat met de hoge verkeersintensiteit er sprake was van vervreemding tussen de bewoners. Er waren nauwelijks vrienden en kennissen in de straat waar ze woonden. Ook bij de straten met een middelmatige verkeersintensiteit was het aantal contacten tussen de bewoners laag. Echter wel minder laag dan bij de straat met de hoge verkeersintensiteit. In de straat met de lage verkeersintensiteit was sprake van veel meer onderlinge contacten. De bewoners hadden meer vrienden en kennissen in de straat waar ze woonden.



Figuur 2.2: Contacten tussen buren in 3 verschillende straten in San Francisco (Appleyard, 1981)

In het volgende hoofdstuk zal de ecologische barrièrewerking worden behandeld. Net als dit hoofdstuk zal het beginnen met een theoretische onderbouwing. Vervolgens worden de methoden besproken die de ecologische barrièrewerking kunnen bepalen.

3 Ecologische barrièrewerking

3.1 Theoretische onderbouwing van ecologische barrièrewerking

Niet alleen mensen ondervinden hinder van de aanleg en het gebruik van wegen. Ook voor dieren en planten heeft het nadelige gevolgen. Net als bij mensen kan een weg een barrière vormen voor dieren tijdens het oversteken. De meeste mensen kunnen een goede inschatting maken wanneer een weg kan worden overgestoken. Dieren kunnen deze inschatting niet of nauwelijks maken, met als gevolg dat regelmatig dieren worden aangereden. De volgende passage uit een artikel uit de Volkskrant (15-6-2004) geeft een voorbeeld van deze problematiek:

“Ongeveer tweehonderd vrijwilligers hebben de afgelopen twee jaar in Limburg 45 duizend padden, boomkikkers en salamanders drukke verkeerswegen overgezet. Dit om te voorkomen dat de dieren door het verkeer werden doodgereden. Dat blijkt uit maandag gepubliceerde cijfers van de Limburgse Stichting Instandhouding Kleine Landschapselementen. Volgens de stichting wordt bij de paddentrek van half februari tot begin april ook op relatief rustige wegen tussen de 14 en 18 procent van de dieren doodgereden. De amfibieën leggen elk voorjaar een route af naar poelen, sloten en andere waterpartijen om zich voort te planten en hun eieren af te zetten.”

Maar niet alleen door aanrijdingen gaan dieren dood. Een weg kan voor bepaalde diersoorten een te grote barrière vormen om over te steken. Daardoor zijn ze aangewezen op het natuurgebied waarin ze zich bevinden. Wanneer dat natuurgebied te klein is voor een populatie om te kunnen overleven, kan dat uiteindelijk leiden tot het uitsterven van de populatie.

Ook voor planten kan een weg als een barrière werken, maar dan wel in een veel mindere mate. In een onderzoek van de Rijksuniversiteit Groningen is dit aangetoond. Er werd onderzocht in hoeverre wegen als een barrière werken voor de plantenpopulaties. Geconcludeerd werd dat wegen nauwelijks als een barrière werken voor plantenpopulaties. Hierbij houden vooral insecten de populaties in stand doordat ze het stuifmeel van de planten over een grote afstand kunnen verspreiden en daarmee de populaties in stand houden (Velterop, 2000). Het accent wordt daarom in dit onderzoek wat betreft de ecologische barrièrewerking gelegd op de barrièrewerking die wordt ondervonden door de dieren.

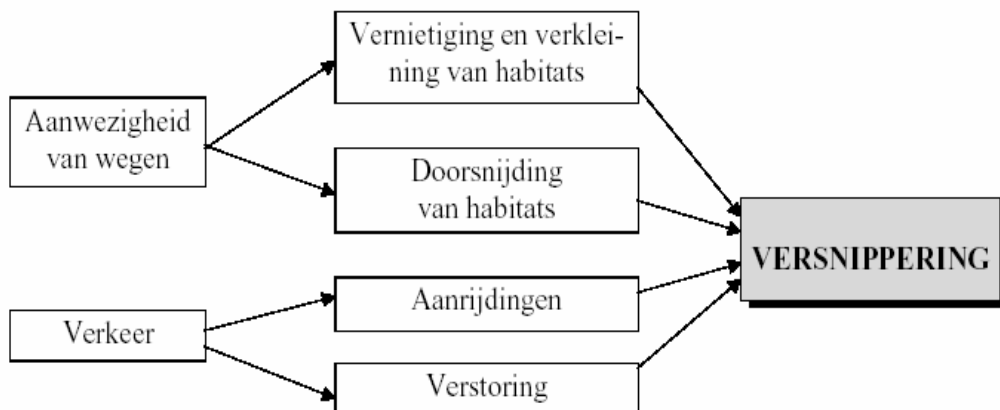
Er zijn globaal *drie oorzaken voor ecologische barrièrewerking* te noemen (Jaarsma et al, 1994):

- Actueel of potentieel geschikt habitat wordt plaatselijk door de weg onderbroken.
- De aanwezigheid van de weg veroorzaakt een drempel om over te steken.
- De weg laat fysiek geen passage toe.

In hoeverre een weg als een barrière werkt, verschilt per diersoort. Zo blijkt dat grote diersoorten (edelherten, everzwijnen) weinig hinder ondervinden. Daarentegen ondervinden kleine, mobiele diersoorten (boomkikkers) wel hinder omdat door de barrière het leefgebied beperkt wordt. Voor kleine, beperkt mobiele diersoorten betekent een drukke weg de grens van het leefgebied. Wanneer de weg fysiek geen passage toelaat, door bijvoorbeeld hekken of geluidsschermen, werkt de weg voor elk diersoort evenveel als een barrière. Deze situatie doet zich vaak voor bij snelwegen (RIVM, 2002).

Voordat een *definitie* kan worden gegeven van ecologische barrièrewerking, is het belangrijk om eerst te beschrijven wat het verschil is tussen ecologische barrièrewerking en versnippering van natuurgebieden. Vaak wordt gedacht dat dit hetzelfde is maar er is een verschil tussen beide. De

aanleg en aanwezigheid van infrastructuur veroorzaakt versnippering. Ecologische barrièrewerking is daar één van de onderdelen van (zie figuur 3.1). Naast ecologische barrièrewerking (doorsnijding van habitats) wordt er ook onderscheid gemaakt naar vernietiging, aanrijdingen en verstoring. Met vernietiging wordt het verlies van leefgebieden van dier- en plantensoorten bedoeld door de directe aanleg van de infrastructuur. Aanrijdingen door het verkeer die de verwonding of de dood van dieren tot gevolg hebben worden ook gerekend tot versnippering. Verstoring wordt veroorzaakt door het verkeer dat gebruik maakt van de infrastructuur. Voorbeelden hiervan zijn emissies van schadelijke stoffen en geluidsoverlast (Udo de Haes en Canters, 1988). Dit alles betekent dat ecologische barrièrewerking niet synoniem staat voor versnippering. In het rapport *Maten en mate van versnippering* (1997) van de Dienst Weg- en Waterbouwkunde wordt ecologische barrièrewerking aangeduid met versnippering in strikte zin, wat een betere weergave geeft.



Figuur 3.1: Mechanismen die kunnen leiden tot versnippering (Udo de Haes en Canters, 1988)

In dit onderzoek wordt uitgegaan van ecologische barrièrewerking, dus versnippering in strikte zin. Dit betekent dat vernietiging en verkleining van habitats, aanrijdingen en verstoring niet worden onderzocht. De in dit onderzoek te hanteren definitie van ecologische barrièrewerking is: "Het van elkaar gescheiden raken van functiegebieden, met als gevolg dat individuen worden verhinderd met elkaar in contact te komen."

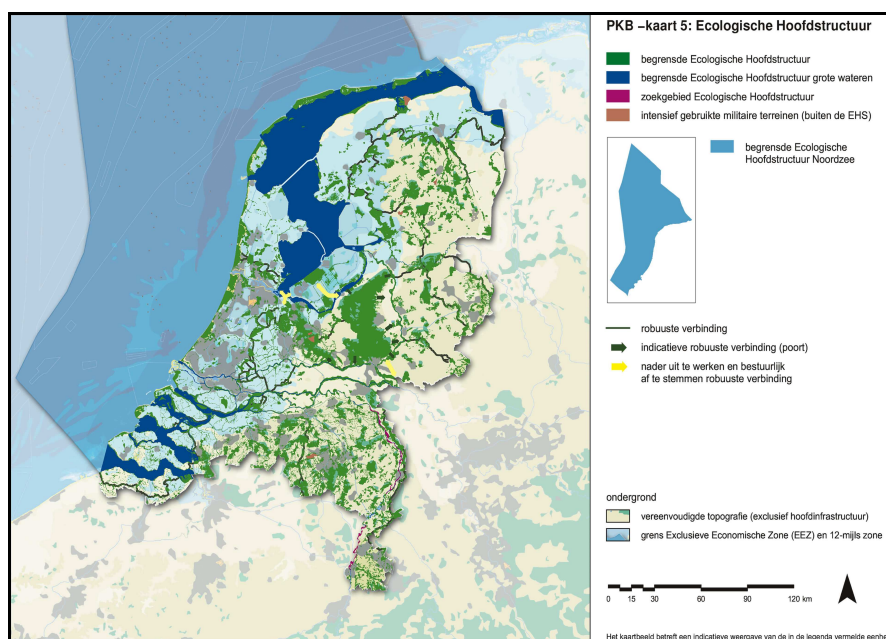
In paragraaf 2.1.3 vielen voor de sociale barrièrewerking 3 typen effecten te onderscheiden. Die effecten waren te zien als een opeenvolging in de tijd. Hetzelfde doet zich voor bij ecologische barrièrewerking. Ook hier vallen 3 typen effecten te onderscheiden die opeenvolgend zijn (Baart en Molenkamp, 1998):

- Primaire effecten: De door de doorsnijding ontstane geïsoleerde populaties heeft tot gevolg dat deze populaties moeten overleven in een kleiner leefgebied. Dit leidt tot minder voedsel en genetische verarming van de populatie (doordat er geen contact meer is met andere populaties). Dit geldt met name voor soorten die aan de top staan van de voedselketen.
- Secundaire effecten: Door het uitsterven van de top van de voedselketen, zoals beschreven staat bij de primaire effecten, zijn er ook gevolgen voor het voortbestaan van de lagere soorten in de voedselketen.
- Tertiaire effecten: Wanneer binnen meerdere leefgebieden zich dezelfde effecten voordoen kan dat leiden tot het uitsterven van de gehele soort.

Naar de gevolgen van de aanleg van een weg wordt heel verschillend gekeken. Dit hangt voornamelijk af van het gezichtspunt van waaruit men kijkt. Wanneer er plannen zijn om een weg door een natuurgebied aan te leggen, zullen er vanuit de samenleving zorgen zijn over de gevolgen voor de natuur. Met name aanrijdingen van dieren door het verkeer en het verlies aan natuur zijn

dan een punt van zorg. Het ontstaan van barrières is daarentegen in het algemeen niet erg bekend. Daarentegen zijn bijvoorbeeld biologen wel bekend met de problemen van barrières en de gevolgen daarvan op de populaties. In de politiek is de problematiek ook wel bekend maar is afhankelijk van de aandacht die er van buitenaf aan wordt gegeven (Kirby, 1997).

In Nederland werden de problemen met betrekking tot de ecologische barrièrewerking onderkend door de politiek. Dit blijkt uit de aandacht die er is voor dit onderwerp. Zo werd bijvoorbeeld in 1990 de *Ecologische Hoofdstructuur* (EHS) geïntroduceerd in het Natuurbeleidsplan van het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit. De EHS bestaat uit een samenhangend landelijk netwerk van bestaande en nog te ontwikkelen natuurgebieden en de verbindingen daartussen (zie figuur 3.2).



Figuur 3.2: *Ecologische Hoofdstructuur* (Nota Ruimte, 2004)

Het doel van de EHS is het voorkomen dat planten en dieren in geïsoleerde gebieden uitsterven en voorkomen dat de natuurgebieden hun waarde verliezen. Het streven is om de gehele EHS in 2018 gereed te hebben. Wat betreft de natuurgebieden die tot de EHS behoren en moeten gaan behoren ligt men op schema. De verwerving van gebieden die de verbinding moeten gaan vormen tussen de verschillende natuurgebieden, de zogenaamde robuuste verbindingen, ligt achter op schema. Het is voor het uiteindelijk succes van de EHS van essentieel belang dat juist deze robuuste verbindingen tot de EHS gaan behoren. Zonder deze robuuste verbindingen blijft het probleem bestaan van geïsoleerde gebieden en de gevolgen die dit heeft op de planten en dieren. Dat de overheid het realiseren van de EHS belangrijk vindt, valt terug te lezen in de Nota Ruimte. In de Nota Ruimte (2004, H2 p.39) wordt de doelstelling van de overheid met betrekking tot ecologische barrièrewerking gegeven: "Waar hoofdinfrastructuur en de Ecologische Hoofdstructuur (inclusief de robuuste ecologische verbindingen) elkaar kruisen, ligt er een belangrijke opgave om barrièrewerking van infrastructuur op te heffen [...] het rijk streeft ernaar de infrastructurele barrières in de Ecologische Hoofdstructuur (inclusief de robuuste verbindingen) op te heffen." Dit beleid is al eerder uitgewerkt in het Meerjarenprogramma Ontsnippering (2004). Om de barrières op te kunnen heffen, wordt als één van de kernpunten van het beleid de aanleg van fysieke ontsnipperingsmaatregelen genoemd. Voorbeelden hiervan zijn faunatunnels en ecoducten (zie figuur 3.3).



Figuur 3.3: Voorbeeld van een faunapassage (Faunaconsult, 2005)

Ook in de rest van Europa is *ontsnippering* een thema dat aandacht krijgt. Er zijn namelijk veel landen en regio's die net als Nederland een soort van Ecologische Hoofdstructuur ontwikkelen om versnipperingsproblemen op te lossen. Voorbeelden hiervan zijn: Tsjechië, Slowakije, Polen, Litouwen, Estland, Ierland en verder de regio's Vlaanderen in België en Rhineland-Pfalz in Duitsland. Wel zijn er verschillen tussen de formele status van de ecologische netwerken in Europa. Zo hebben de ecologische netwerken van Vlaanderen en Ierland geen formele status. In bijvoorbeeld Nederland, Tsjechië en Slowakije is er wel een formele status voor het gevormde ecologische netwerk (Bennett, 1997). Ook een Europees ecologisch netwerk is in ontwikkeling. Onder de naam *EECONET* worden gronden opgekocht door een fonds dat voornamelijk wordt gesponsord door stichtingen die zich inzetten voor de natuur en door verschillende overheden, zoals de ministeries van landbouw. Het uiteindelijke doel is om in 2010 een zodanig ecologisch netwerk te hebben opgebouwd dat de versnippering is afgenomen tot een niveau waarop de biodiversiteit niet meer afneemt (EAF, 2004).

Wat op lijkt te vallen is dat de overheid veel meer aandacht besteedt aan ecologische barrièrewerking dan aan sociale barrièrewerking. Dit blijkt alleen al uit de aandacht die beiden krijgen in allerlei nota's en rapporten van de overheid. Voor sociale barrièrewerking bestaat nauwelijks beleid en wordt ook weinig genoemd in nota's. Vaak blijft het bij enkele zinnestjes. Dit in tegenstelling tot de ecologische barrièrewerking. Dit onderwerp komt in meerdere nota's aan bod. Dat er een Meerjarenprogramma Ontsnippering is geschreven om met name de ecologische barrièrewerking te verminderen, toont aan dat er veel politieke aandacht voor is. Maar ook het budget dat aan beiden beschikbaar wordt gesteld verschilt enorm. Voor het opheffen van sociale barrières is geen speciaal budget beschikbaar gesteld. Ecologische barrièrewerking kent wel een budget. Tot 2018 is een budget beschikbaar gesteld van € 410 miljoen voor het opheffen van de barrières (MJPO, 2004). Soms vinden mensen dat er wel erg veel aandacht uitgaat naar de natuur door bijvoorbeeld de aanleg van faunapassages. Echter is het in de praktijk niet zo dat er weinig aandacht is voor sociale barrièrewerking. Bij onderzoeken naar nieuwe infrastructuur dient er met ecologische barrièrewerking én sociale barrièrewerking rekening te worden gehouden. Er worden daarom passages aangelegd voor zowel mensen als voor de natuur (Stegehuis, 2005).

3.2 Kwantificering van ecologische barrièrewerking

Eerder in het onderzoek is er al onderscheid gemaakt naar ecologische barrièrewerking en versnippering. Ecologische barrièrewerking werd hierbij gezien als een onderdeel van versnippering. Bij het achterhalen van verschillende methoden om ecologische barrièrewerking te kunnen uitdrukken, blijkt dat de meeste methoden toegespitst zijn op versnippering. Om in een later stadium van dit onderzoek een methode te ontwikkelen voor de 'totale' barrièrewerking van een tracé, zullen uit de hier genoemde versnipperingsmethoden elementen worden gehaald die betrekking hebben op de ecologische barrièrewerking. Er zijn verschillende methoden ontwikkeld in het verleden om de mate van versnippering uit te kunnen drukken. In dit onderzoek wordt een onderscheid gemaakt naar drie vormen van onderzoek. Ten eerste zijn dat onderzoeken op basis van doorsnijdingskenmerken. Ten tweede onderzoeken die gebruik maken van weg-, verkeers- en diersoortkenmerken. Ten derde zijn er onderzoeken die worden uitgevoerd door middel van GIS.

Het Tracé/MER-centrum heeft in het rapport 'Keuzemodel effectvoorspellings-methoden MER Droog' (2004) een drietal versnipperingsmethoden beschreven die veel gebruikt worden bij studies naar lijninfrastructuur. Deze methoden maken gebruik van *doorsnijdingskenmerken*. Bij de eerste methode wordt het aantal doorsnijdingen van gebieden door de weg en de lengte van de doorsnijding bepaald. Zo kan een indruk worden gegeven van het aantal verstoorde relaties en de afstanden waarover belangrijke relaties verstoord worden. In de tweede methode wordt de oppervlakte bepaald van het grootst overblijvende deel na de doorsnijding, als maat voor de ernst van de versnippering. Dit wordt dan gedeeld door de oorspronkelijke oppervlakte van het gebied. Dit leidt tot een index die varieert tussen de 0.5 en de 1. Op basis van dit cijfer kan dan kwantitatief de ernst van de doorsnijding aangegeven worden. Hoe lager de index, hoe ernstiger het effect. Bij de derde methode wordt het aantal migratieroutes dat doorsneden wordt geteld. Een voorbeeld van een migratieroute is een robuuste verbinding (zie par. 3.1.3). Wanneer een migratieroute wordt doorsneden is het voor bepaalde soorten niet of nauwelijks meer mogelijk om bepaalde leefgebieden te bereiken.

In een Nieuw-Zeelands onderzoek van Rutledge (2003) worden landschapsindices gebruikt die de mate van versnippering van een gebied weergeven. Deze indices zijn niet specifiek gericht op de fragmentering van gebieden die zijn ontstaan door infrastructuur. De methodiek is gericht op de fragmenten die zijn ontstaan door het 'in cultuur brengen' van delen van natuurgebieden, dus bijvoorbeeld ook door het omzetten van natuur in agrarisch gebied of woongebied. In het onderzoek worden verschillende indices genoemd die in het verleden door andere onderzoekers zijn ontwikkeld. De versnippering wordt bepaald door middel van een viertal kenmerken van de ontstane fragmenten:

- Het aantal fragmenten
- Het verschil in grootte van de fragmenten
- De vorm van de fragmenten
- De afstand tussen de fragmenten

Deze landschapsindices geven echter geen compleet beeld van de versnippering, hiervoor zijn ook de ruimtelijke dispersiepatronen van de in de gebieden voorkomende dieren nodig. Methoden die hier wel rekening mee houden worden hierna benoemd.

De uitdaging in veel studies waarin wordt geprobeerd om versnippering te kwantificeren, is de wijze waarop kenmerken van dieren kunnen worden gebruikt, zodat relaties tussen leefgebieden inzichtelijk worden. Wanneer dit wordt gecombineerd met de weg- en verkeerskenmerken ontstaat er een beeld van de mate waarin een weg een barrière is en ook hoe vaak die als een barrière werkt. Het blijkt echter niet eenvoudig te zijn om diersoortkenmerken te gebruiken. Er zijn twee belangrijke

oorzaken te noemen die het moeilijk maken om versnippering te bepalen door middel van diersoortkenmerken. Ten eerste verschillen dieren enorm van elkaar. Het ene soort heeft een groot leefgebied en legt daardoor dagelijks grote afstanden af en ondervindt vaker hinder van barrières, het andere soort heeft maar een beperkt leefgebied en heeft daardoor minder hinder van barrières. Een ander voorbeeld is het verschil in schuchterheid van dieren. Voor sommige soorten is een weg een te groot gevaar om over te steken en blijven daardoor waar ze zijn. Voor anderen is de wil om de overkant te bereiken, zodat ze voedsel kunnen vinden en zich kunnen voortplanten, groot genoeg om de oversteek te wagen. De tweede oorzaak is dat geen enkel natuurgebied hetzelfde is en dat daardoor overal weer andere diersoorten voorkomen en in verschillende hoeveelheden en dichtheden. Dit maakt het moeilijk om een standaard methodiek te gebruiken. Wel wordt er af en toe onderscheid gemaakt naar verschillende landschapstypen. Elk landschapstype kent daarbij één of meerdere gidssoorten. Een gidssoort is een soort dat model staat voor een groep van soorten dat veel voorkomt in bepaalde landschapstypen. Door het gedrag van het gidssoort te bepalen met betrekking tot barrières die ze ondervinden, kunnen conclusies worden getrokken over de barrièrewerking van een weg (Stegehuis, 2005).

Er zijn onderzoeken verricht om te achterhalen of diersoorten wegen als barrières ervaren. De meeste onderzoeken blijken vooral toegespitst te zijn op allerlei muizensoorten. Er is bijvoorbeeld voor de Witvoetmuis en de Rosse Woelmuis aangetoond dat ze hinder ondervinden bij het oversteken van wegen (DWW, 1997).

Met behulp van *GIS* kan de ecologische barrièrewerking in beeld worden gebracht. Meestal gebeurt dit door middel van het meten van de connectiviteit van gebieden. Connectiviteit wordt door het VLINA (2001) omschreven als: "een maat voor de processen die subpopulaties in een landschap verbinden tot een demografisch geheel; of in een wat bredere zin als een maat voor de verbondenheid of ruimtelijke continuïteit van een landschapselement." Hierbij wordt onderscheid gemaakt naar structurele en functionele connectiviteit. Structurele connectiviteit wordt gemeten aan de hand van de landschapsstructuur, waarbij het gedrag van de dieren niet wordt meegenomen. Functionele connectiviteit meet het tegenovergestelde, dus wel het gedrag van de dieren en niet de landschapsstructuur. In de praktijk zijn vrijwel alleen structurele connectiviteitsmodellen in gebruik, omdat het gedrag van dieren vrij moeilijk te gebruiken is binnen GIS (VLINA, 2001).

In een studie van Cuperus en Canters (1997) wordt wel een poging gedaan om het gedrag van dieren in GIS te gebruiken. Hierbij wordt onderscheid gemaakt naar zeven verschillende landschapstypen. Voor elk landschapstype worden twee diersoorten geselecteerd die het meest gevoelig zijn voor de aspecten aanrijdingen en verstoring. Vervolgens wordt door middel van GIS de versnippering berekend. Wel dient hierbij te worden opgemerkt dat het onderdeel ecologische barrièrewerking in deze studie nauwelijks wordt meegenomen.

In het volgende hoofdstuk worden de methoden vergeleken die in dit hoofdstuk en het vorige hoofdstuk zijn behandeld. Door methoden die sociale of ecologische barrièrewerking kunnen bepalen te vergelijken, kan er op basis van overeenkomsten een nieuwe methodiek worden opgesteld. Deze nieuwe methodiek wordt in hoofdlijnen beschreven in paragraaf 4.2 en verder in detail uitgewerkt in paragraaf 4.3.

4 Opstellen van de methodiek

4.1 Beoordeling van de bestaande methodes

Het doel van de te ontwikkelen methodiek is om op een kwantitatieve manier een rangschikking te maken van tracéalternatieven van lijninfrastructuur op basis van de algehele barrièrewerking. Voor het opstellen van een methodiek voor het kwantificeren van de algehele barrièrewerking worden in deze studie elementen uit de verschillende bestaande methoden gebruikt. Daarop worden eventuele aanvullingen of wijzigingen gedaan. Verder wordt onderzocht of elementen uit methoden over de ecologische barrièrewerking toegepast kunnen worden op de sociale barrièrewerking, en andersom. Ook wordt er gekeken of er overeenkomsten zijn tussen de methoden voor ecologische en sociale barrièrewerking.

Andere vormen van barrièrewerking die te bedenken zijn worden niet meegenomen in de methodiek. Een voorbeeld hiervan is agrarische barrièrewerking, waarbij een weg een barrière kan vormen voor landbouwverkeer om de aan de overkant liggende percelen te bereiken. Ook kan een weg landbouwpercelen doorsnijden, waarna de grootte van de nieuwe percelen te klein is om economisch rendabel te gebruiken. De reden om agrarische barrièrewerking niet mee te nemen is dat in vrijwel geen enkele publicatie over barrièrewerking deze vorm van barrièrewerking wordt genoemd of behandeld.

De uiteindelijke methode zal aan een aantal *voorwaarden* moeten voldoen. Ten eerste wordt het een *ex ante* evaluatiemethode. Dit betekent dat keuzemogelijkheden van beleid voorafgaand aan de beleidsbeslissing worden beoordeeld. In dit geval gaat het om het vooraf beoordelen van tracéalternatieven. Ten tweede dient het geen tijdsintensieve methode te worden. Dit betekent dat het meeste werk door middel van deskresearch kan worden gedaan. Eventueel aanvullende informatie kan worden verkregen door observatie. De belangrijkste reden om het werk via deskresearch te doen, is dat voor tracéstudies een beperkt budget beschikbaar is. Daarbinnen dienen veel aspecten te worden onderzocht. Het is niet reëel om te veronderstellen dat een groot deel daarvan gebruikt kan worden voor alleen barrièrewerking. Ten derde is het de bedoeling om zoveel mogelijk te kwantificeren. Ten vierde dient er zoveel mogelijk uit te worden gegaan van wetenschappelijk vastgestelde relaties.

In hoofdstuk 2 en 3 zijn verschillende methoden genoemd. Niet iedere genoemde methode voldoet aan de hiervoor genoemde voorwaarden. Om aan te geven in hoeverre de methoden voldoen aan de voorwaarden, zal er per methode worden aangegeven waarom deze methode in zijn geheel of gedeeltelijk geschikt is om te gebruiken in het kader van dit onderzoek.

In het hoofdstuk over de sociale barrièrewerking zijn twee methoden besproken die zijn gebaseerd op een *maatschappelijke kosten-batenanalyse*. Het Noorse onderzoek van Saelensminde gaat uit van een situatie dat er wel een barrière is en een situatie dat er geen barrière is. Het nadeel van deze methode is dat nooit wetenschappelijk is vastgesteld welke invloed een barrière heeft op het aantal loop- en fietsbewegingen. Wanneer een probleemsituatie wordt onderzocht is de barrière al aanwezig. De situatie dat er nog geen barrière was, wordt voor zover bekend nooit onderzocht. Daardoor is het niet mogelijk om aan te geven welke invloed de barrière heeft op het aantal loop- en fietsbewegingen.

Bij de methode 'Trennwirkung' van Günther Harder wordt uitgegaan van het meten van het tijdverlies dat ontstaat bij het oversteken van een weg. Dit wordt vervolgens omgezet in een geldbedrag. Het meten van het tijdverlies is een goede methode. Het is echter veel te beperkt om te gebruiken als

een methode om sociale barrièrewerking te meten. In dit geval wordt alleen de sociale barrièrewerking gemeten als een fysieke barrière. De psychologische kant van sociale barrièrewerking wordt niet behandeld. Tevens is het meten van tijdverlies een tijdsintensieve methode en kan niet door middel van deskresearch worden uitgevoerd.

De onderzoeken op basis van *weg- en verkeerskenmerken* bevatten veel informatie die te gebruiken is in het kader van dit onderzoek. De onderzoeken van Rintoul en De Boer gebruiken dezelfde hoofdgroepen. Het onderzoek van Rintoul gaat uit van de weg- en verkeerskenmerken, die de barrièrefactor vormen. Deze barrièrefactor wordt vervolgens vermenigvuldigd met de vraag naar het oversteken van de betreffende weg. Dit is een kwantitatieve methode, maar in hoeverre het de sociale barrièrewerking berekent is niet bekend.

In het onderzoek van De Boer wordt ook gebruik gemaakt van deze hoofdgroepen, namelijk wegkenmerken, verkeerskenmerken en relaties. De hoofdgroep relaties die De Boer gebruikt, komt vrijwel overeen met de vraag naar het oversteken in het onderzoek van Rintoul. De methode van De Boer maakt echter gebruik van een multicriteria-analyse. Rintoul gebruikte in zijn onderzoek een kwantitatieve methode. Eén van de kernpunten van de methode van De Boer is dat hij er vanuit gaat dat er vrijwel geen wetenschappelijke relaties bekend zijn tussen de kenmerken van de genoemde hoofdgroepen en sociale barrièrewerking. Door een gebrek aan helderheid is er daarom voor gekozen om de methodiek te baseren op een multicriteria-analyse. Door middel van beredeneren worden relaties beschreven tussen bepaalde kenmerken en barrièrewerking. Door deze methode is het mogelijk om te beargumenteren waarom een bepaalde weg een barrière vormt (De Boer, 2004).

Het beoordelen van sociale barrièrewerking door middel van het afnemen van enquêtes, wordt gebruikt binnen *belevingswaardenonderzoeken*. Het nadeel van het beoordelen van barrièrewerking met enquêtes is dat deze methode moeilijk te gebruiken is wanneer er bij studies naar lijninfrastructuur meerdere alternatieven worden bestudeerd. De barrièrewerking kan wel door enquêtes worden onderzocht op de plek waar het oude tracé zich bevindt. Bij de niet-bestaande alternatieven is dat een probleem. Het beantwoorden van vragen over de barrièrewerking van een niet-bestaande weg is voor mensen moeilijk. Tevens is een voorwaarde in dit onderzoek dat het meeste werk door middel van deskresearch kan worden gedaan, in verband met de kosten die veldonderzoek met zich meebrengt. Het enquêteren van mensen is een tijdsintensieve methode en zal daarom niet geschikt zijn om te gebruiken binnen dit onderzoek.

Eén van de manieren die is behandeld om de ecologische barrièrewerking te bepalen is door middel van *doorsnijdingskenmerken*. Hierbij wordt vooral gebruik gemaakt van landschapsindices die de mate van versnippering weergeven. Dit is dus meer dan alleen ecologische barrièrewerking, maar is wel te gebruiken om ecologische barrièrewerking en dan met name relaties tussen gebieden weer te geven. Verder is het van de behandelde methoden één van de minst tijdsintensieve methoden en kan goed worden uitgevoerd door middel van deskresearch. Het nadeel van deze methode is dat het de kenmerken van de dieren niet gebruikt. De landschapsindices geven wel aan in hoeverre een gebied is gefragmenteerd. Bij een sterker gefragmenteerd gebied kan men er vanuit gaan dat er meer dieren zijn die een drukke weg moeten oversteken omdat anders het gebied waarin ze leven te klein is om te kunnen overleven. Om welke diersoorten het dan precies gaat, is door middel van landschapsindices niet vast te stellen.

De onderzoeken op basis van *weg-, verkeers-, en diersoortkenmerken* verklaren wellicht het beste de barrièrewerking van een weg. Ze geven ten eerste weer in hoeverre de wegen en het verkeer als een barrière kunnen werken. Ten tweede wordt door de diersoortkenmerken inzichtelijk hoe dieren zich binnen het gebied bewegen en in hoeverre drukke wegen van invloed kunnen zijn op het dispersiepatroon. Daarnaast is informatie over het voorkomen en de verspreiding van diersoorten in

het studiegebied tijdens onderzoeken naar lijninfrastructuur meestal wel aanwezig. Het grote nadeel van deze methode is dat diersoort-kenmerken erg moeilijk te gebruiken zijn.

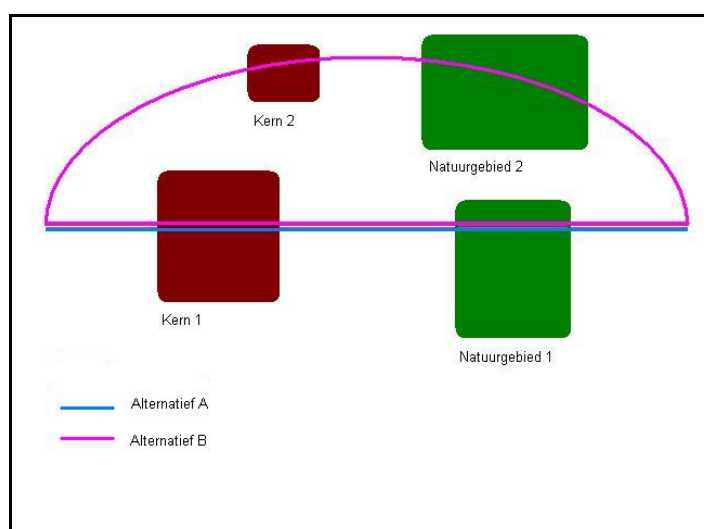
Binnen GIS wordt onderscheid gemaakt tussen twee vormen van connectiviteit die de ecologische barrièrewerking inzichtelijk maken. Ten eerste is dat de functionele connectiviteit, die gebruik maakt van het gedrag van dieren. In de praktijk blijkt dit zoals eerder is genoemd, moeilijk toepasbaar. Er zitten teveel haken en ogen aan om dit op een goede manier in beeld te brengen. Ten tweede wordt er gebruik gemaakt van structurele connectiviteit. In GIS wordt hierbij gebruik gemaakt van landschapsindices die de landschapsstructuur in beeld brengen. Hiervoor gelden ook weer de argumenten die eerder zijn genoemd. Wat betreft de tijd die hieraan dient te worden besteed is het een methode die voldoet aan de voorwaarden. Maar ook bij deze methode wordt weer het gedrag van dieren niet gebruikt.

4.2 Hoofdpijnen van de nieuwe methode

De doelstelling van dit onderzoek is: 'Het beschrijven van een methodiek om op een kwantitatieve manier tot een rangschikking te komen van tracéalternatieven van lijninfrastructuur op basis van de barrièrewerking'. Het blijkt mogelijk om een methode te ontwikkelen die de barrièrewerking van tracéalternatieven bepaalt en die vervolgens kan worden gebruikt om een rangschikking te maken van tracéalternatieven. Uit de analyse is naar voren gekomen dat aan het doel om een kwantitatieve methode te ontwikkelen minder kan worden voldaan. Het blijkt door een gebrek aan relaties die wetenschappelijk zijn bewezen tussen barrièrewerking en allerlei factoren, zoals weg- en verkeerskenmerken, dat het moeilijk is om een kwantitatieve methodiek op te stellen. Hierdoor zal een overstap moeten worden gemaakt naar een methodiek waarbij relaties die wetenschappelijk zijn bewezen minder van belang zijn. Een *multicriteria-analyse* voldoet het beste aan deze voorwaarde. Met een multicriteria-analyse is het mogelijk om een rangschikking te maken van alternatieven. Er wordt gebruik gemaakt van beoordelingscriteria. Deze beoordelingscriteria kunnen in kwantitatieve zin worden uitgedrukt. In dit onderzoek is gebruik gemaakt van een gewogen-sommeringsmethode. Het principe van gewogen sommeren is als volgt (Hellendoorn, 2001):

1. Standaardiseer de scores per criterium.
2. Bepaal gewichten.
3. Vermenigvuldig gewichten met gestandaardiseerde scores.
4. Tel op tot totaalscores per alternatief.
5. Bepaal de rangschikking op basis van deze totaalscores.

Om te voldoen aan de doelstelling dat de methode kan worden gebruikt om er tracéalternatieven mee te vergelijken, zal de opzet van de *gewogen-sommeringsmethode* op bepaalde punten moeten worden aangepast. In de eerste plaats kan een alternatief bestaan uit meerdere natuurgebieden en kernen die doorsneden worden. Het is wel mogelijk om voor elk natuurgebied en elke kern apart de barrièrewerking te berekenen op basis van bepaalde beoordelingscriteria door middel van een gewogen somming. Om vervolgens tot een totaalscore te komen voor elk alternatief, zouden de afzonderlijke scores van de kernen en natuurgebieden bij elkaar opgeteld moeten worden. Echter, tot op heden worden er verschillende gewogen sommingen gebruikt voor sociale en ecologische barrièrewerking. De uitkomsten van de gewogen somming mogen in dat geval niet bij elkaar opgeteld worden per alternatief omdat in dat geval spreekwoordelijk appels met peren worden vergeleken. Dit probleem vraagt om een andere opzet van de gewogen somming, waarbij alle kernen en natuurgebieden in één gewogen somming worden meegenomen per alternatief.



Figuur 4.1: Voorbeeldsituatie barrièrewerking voor alternatief A en B

In de figuur 4.1 staat een voorbeeldsituatie van twee alternatieven. Alternatief A is de bestaande situatie, is een stroomweg en doorsnijdt Kern 1 en Natuurgebied 1. Alternatief B is een omlegging, ook een stroomweg en doorsnijdt Kern 2 en Natuurgebied 2, tevens blijft de weg van alternatief A in gebruik maar dan als een weg van een lagere orde, in dit geval een gebiedsontsluitingsweg. Dit heeft tot gevolg dat in Kern 1 de weg aangepast zal worden aan de eisen van een gebiedsontsluitingsweg. Zo kan bijvoorbeeld de wettelijk toegestane maximale snelheid verlaagd worden en de breedte van de weg versmald worden. Dit heeft tot gevolg dat de barrièrewerking die van deze weg uitging lager zal worden.

De vraag is nu welk alternatief de meeste barrièrewerking veroorzaakt. Om dit te kunnen bepalen worden vooraf een aantal beoordelingscriteria geselecteerd die samenhangen met barrièrewerking. Ook wordt door middel van gewichten bepaald in welke mate de beoordelingscriteria meewegen in de totaalscore. Vervolgens worden per alternatief voor alle kernen en natuurgebieden de scores ingevuld die ze behalen op de beoordelingscriteria. In Tabel 4.1 en 4.2 zijn voor beide alternatieven in deze voorbeeldsituatie de fictieve scores ingevuld voor Kern 1 (K1), Kern 2 (K2), Natuurgebied 1 (N1) en Natuurgebied 2 (N2), op basis van de beoordelingscriteria X,Y en Z.

Alternatief A	K1	K2	N1	N2	Gewicht
X	10	0	8	0	0,2
Y	20.000	0	21.000	0	0,3
Z	50	0	80	0	0,5

Tabel 4.1: Scores alternatief A

Alternatief B	K1	K2	N1	N2	Gewicht
X	7	11	6	11	0,2
Y	5.000	20.000	5.500	22.000	0,3
Z	30	80	30	80	0,5

Tabel 4.2: Scores alternatief B

In Tabel 4.1 zijn de scores ingevuld voor Kern 1 en Natuurgebied 1 voor alternatief A. De scores voor Kern 2 en Natuurgebied 2 zijn voor alle beoordelingscriteria 0, omdat er geen sprake is van een doorsnijding. In Tabel 4.2 staan de scores voor alternatief B, hierbij scoren wel beide kernen en beide natuurgebieden op alle beoordelingscriteria. Dit komt door het behouden van de bestaande weg, maar dan als een gebiedsontsluitingsweg. De doorsnijding blijft dus bestaan, maar de barrièrewerking in Kern 1 en Natuurgebied 1 wordt lager. Wel komt er een nieuwe doorsnijding bij in Kern 2 en Natuurgebied 2. Om nu te kunnen beoordelen welk alternatief de hoogste barrièrewerking kent, dienen alle scores te worden gestandaardiseerd. In deze methode wordt gebruik gemaakt van de maximumstandaardisatie. Dit houdt in dat de score wordt gedeeld door het rijmaximum (Hellendoorn, 2001). Het rijmaximum van een beoordelingscriterium in een alternatief is in deze methode de maximale score die wordt behaald voor het betreffende criterium op basis van alle alternatieven. In dit voorbeeld is voor criterium X, Alternatief A het rijmaximum dus niet 10, maar 11. In Tabel 4.3 en 4.4 staan respectievelijk de gestandaardiseerde scores voor alternatief A en B.

Alternatief A	K1	K2	N1	N2	Totaalscore	Gewicht
X	0,91	0,00	0,73	0,00		0,2
Y	0,91	0,00	0,95	0,00		0,3
Z	0,63	0,00	1,00	0,00		0,5
Totaal	0,77	0,00	0,93	0,00	1,70	

Tabel 4.3: Gestandaardiseerde scores alternatief A

Alternatief B	K1	K1	N1	N2	Totaalscore	Gewicht
X	0,64	1,00	0,55	1,00		0,2
Y	0,23	0,91	0,25	1,00		0,3
Z	0,38	1,00	0,38	1,00		0,5
Totaal	0,38	0,97	0,37	1,00	2,73	

Tabel 4.4: Gestandaardiseerde scores alternatief B

De gestandaardiseerde scores worden vervolgens vermenigvuldigd met de gewichten die aan de beoordelingscriteria zijn gegeven, dit leidt voor elke kern en natuurgebied tot een totaalscore. Door deze totaalscores bij elkaar op te tellen, volgt er een totaalscore voor elk alternatief. In het geval van alternatief A is de totaalscore 1,70 en de totaalscore voor alternatief B is 2,73. Aan de hand van deze totaalscores is het mogelijk een rangorde te maken van de alternatieven op basis van de barrièrewerking. In dit voorbeeld is dus de barrièrewerking van alternatief B hoger dan die van alternatief A. In welke mate de barrièrewerking van alternatief B hoger is dan de barrièrewerking van alternatief A, is niet te zeggen omdat de uitkomsten dimensieloos zijn.

4.3 Uitwerking van de methode

In deze paragraaf wordt gedetailleerder ingegaan op hoe de uiteindelijke methodiek er uit zal gaan zien. Achtereenvolgens wordt uitgelegd hoe de kernen en natuurgebieden worden geselecteerd, welke beoordelingscriteria er gelden om de barrièrewerking te bepalen en welke gewichten de beoordelingscriteria meekrijgen om de mate aan te geven waarin ze de barrièrewerking bepalen.

De eerste stap is het bepalen van welke kernen en natuurgebieden worden behandeld in de methodiek. Hiervoor zijn *selectiecriteria* opgesteld. De *kernen* worden geselecteerd op basis van vier criteria. Ten eerste dient een cluster van woningen duidelijk te worden doorsneden door één (of meerdere) varianten. Een cluster van woningen kan de bebouwde kom van een kern zijn, maar ook een groep woningen die in elkaars nabijheid staan in het buitengebied. Er moet wel sprake zijn van een redelijk aantal woningen aan beide kanten van de doorsnijding, dus bijvoorbeeld niet 2 woningen aan de ene kant van de doorsnijding en 30 aan de andere kant. Er zijn dan te weinig relaties tussen de bewoners aan beide kanten van de doorsnijding. Het aantal personen dat hinder ondervindt is dan te klein om te worden meegenomen in de methodiek. Ten tweede moet het betreffende cluster van woningen bestaan uit een woningdichtheid van minimaal 300 woningen/km². Wanneer de woningdichtheid hoog is, kan men er vanuit gaan dat het aantal relaties tussen de bewoners hoger is dan bij een lage dichtheid. Ten derde moet het cluster bestaan uit minimaal 25 woningen, omdat het niet de bedoeling is dat bijvoorbeeld een cluster van 3 woningen wordt meegenomen in de methodiek. De reden hiervoor is dat de methodiek anders te bewerkelijk wordt omdat dit soort clusters veel voorkomt. Ten vierde wordt het invloedsgebied van de barrière afgebakend. Het invloedsgebied is het gebied waarbij bewoners hinder ondervinden van de weg. Wanneer mensen op twee kilometer van de barrière wonen, ondervinden ze geen hinder van de barrière omdat normaalgesproken lopend geen afstanden worden afgelegd van twee kilometer. In een onderzoek van Mares en Molnar (2001) is gebleken dat de gemiddelde verplaatsing te voet in Nederland ongeveer 600 meter bedraagt. Aangezien dit een gemiddelde is maar er ook grotere afstanden te voet worden afgelegd, wordt het maximum in deze studie bepaald op 1000 meter hemelsbreed. Daarbij moet worden opgemerkt dat wanneer woningen binnen 1000 meter van de barrière staan maar niet tot het cluster van woningen behoren, deze niet worden meegenomen. *Natuurgebieden* worden geselecteerd op basis van doorsnijdingen van de EHS (Ecologische Hoofdstructuur). Elke doorsnijding van de EHS geldt als een apart natuurgebied dat wordt meegenomen in de methodiek. Daarnaast zijn er ook natuurgebieden die niet tot de EHS behoren, maar ook waardevol kunnen zijn. Ook hierbij geldt dat niet elk natuurgebied mee kan worden genomen, omdat dit anders te bewerkelijk zou zijn. Er wordt daarom uitgegaan van een minimumoppervlakte van 5 km².

Welke *beoordelingscriteria* in deze methode mee worden genomen in de gewogen somming is de volgende stap. Bij het selecteren van de beoordelingscriteria zijn de voorwaarden die eerder in dit hoofdstuk zijn genoemd van belang. Ten eerste moet de methode als een ex ante methodiek te gebruiken zijn. De scores voor de beoordelingscriteria moeten dus vooraf bekend zijn. Ten tweede dient de methode niet tijdsintensief te zijn. In dit geval betekent dit dat de scores voor de beoordelingscriteria door middel van deskresearch te bepalen zijn. Het streven is dat het verzamelen van de scores voor de beoordelingscriteria en het invoeren van deze scores in de methodiek binnen een dag kan worden gedaan. De derde voorwaarde is dat zoveel mogelijk gekwantificeerd dient te worden. Al eerder is gebleken dat het niet mogelijk is om een kwantitatieve methode op te stellen. Wel dienen kwantitatieve scores te worden gebruikt in de methodiek. Binnen een gewogen somming is het namelijk niet mogelijk om kwalitatieve scores te gebruiken. De vierde voorwaarde is dat er zoveel mogelijk gebruik moet worden gemaakt van relaties die zijn vastgesteld door wetenschappelijk onderzoek. Eerder werd al geconcludeerd dat er vrijwel geen relaties bekend zijn tussen barrièrewerking en allerlei aspecten. Doordat er zo weinig wetenschappelijke relaties bekend zijn, zal er door middel van redenering moeten worden bepaald

welke factoren de barrièrewerking van een weg bepalen. Een extra voorwaarde die ontstaat door de methodiek die gebruikt gaat worden, is dat de beoordelingscriteria zowel voor de sociale barrièrewerking als de ecologische barrièrewerking te gebruiken zijn. In bijvoorbeeld de Beoordelingsmethodiek Barrièrewerking van De Boer (1984) wordt gebruik gemaakt van het criterium winkelbezoek. Daarbij wordt het aantal potentieel gehinderde relaties met winkels geschat wanneer zich ergens een barrière bevindt. In het geval van sociale barrièrewerking is dit criterium relevant. Op het gebied van ecologische barrièrewerking is het criterium winkelbezoek logischerwijs niet te gebruiken. Het is dus noodzakelijk om criteria te vinden die bij beiden te gebruiken zijn. Een voorbeeld hiervan is de verkeersintensiteit. Zowel voor mensen als voor dieren is de verkeersintensiteit van invloed op de barrièrewerking die van een weg uitgaat.

Op basis van de methoden die eerder al zijn ontwikkeld om sociale barrièrewerking (zie paragraaf 2.2) en ecologische barrièrewerking (zie paragraaf 3.2) te bepalen, is het mogelijk om *hoofdgroepen van beoordelingscriteria* te onderscheiden die een rol spelen bij zowel de sociale als de ecologische barrièrewerking. Wat opvalt is dat bij beide vormen zowel weg- als verkeerskenmerken een belangrijke rol spelen. Verder komen bij beide vormen ook de relaties tussen doorsneden gebieden aan de orde. In het geval van relaties bij ecologische barrièrewerking komt dit wat minder uit de verf. Hierbij blijkt dat het gedrag van dieren en de verspreiding en dichtheden van populaties erg verschillend is. Dit maakt het moeilijk om het binnen een methodiek te gebruiken. Wel kan bij beide vormen van barrièrewerking gebruik worden gemaakt van doorsnijdingskenmerken om de relaties tussen gebieden weer te geven. De te ontwikkelen methodiek zal dus bestaan uit de volgende hoofdgroepen:

- Wegkenmerken
- Verkeerskenmerken
- Doorsnijdingskenmerken

Deze hoofdgroepen zullen gaan bestaan uit meerdere beoordelingscriteria om de algehele barrièrewerking van een alternatief te bepalen. Hierna worden de beoordelingscriteria geselecteerd per hoofdgroep. Per beoordelingscriteria wordt aangegeven waarom het van invloed is op de barrièrewerking van een weg. Vervolgens wordt beschreven op welke manier de criteria worden beoordeeld. De beoordeling gebeurt per traverse. Dit houdt in dat de beoordelingscriteria per kern of per natuurgebied worden ingevuld.

De eerste hoofdgroep bestaat uit de 'Wegkenmerken'.

➤ Breedte van de weg.

De breedte van de weg is van invloed op de barrièrewerking die van een weg uitgaat. Ten eerste neemt de oversteektijd toe wanneer een weg breder is. Niet alleen het overbruggen van een grotere oversteeklengte duurt langer maar er moet ook gemiddeld langer gewacht worden tot er voldoende tijd tussen de auto's zit om veilig over te kunnen steken. Bij een grotere breedte van de weg zal er meer tijd tussen de auto's moeten zitten om veilig over te kunnen steken. Ten tweede maakt een brede weg mensen en dieren angstig om over te steken.

De breedte van de weg binnen een kern of natuurgebied verschilt in afmeting. In de methode De Boer (1984) wordt gebruik gemaakt van de verhardingsbreedte. Dit is het deel van de weg dat door het rijdende autoverkeer gebruikt kan worden en waar dus de voetganger hinder kan ondervinden. De verhardingsbreedte kan verschillen, daarom wordt de breedte die het meest voorkomt op de traverse in beschouwing genomen.

➤ Oversteekvoorzieningen.

Het aantal oversteekvoorzieningen is van invloed op de barrièrewerking van een weg. Een oversteekvoorziening zorgt ervoor dat het oversteken van een weg eenvoudiger en veiliger wordt. Door een oversteekvoorziening is er minder angst om de weg over te steken en werkt het dus minder als een psychologische barrière. Ook hoeft er door een oversteekvoorziening minder lang gewacht te worden voor er kan worden overgestoken. Oversteekvoorzieningen die zijn bedoeld voor mensen en dieren hebben dezelfde functie maar zien er verschillend uit. Voor dieren zijn de oversteekvoorzieningen altijd ongelijkvloers met de weg en dus gescheiden van het verkeer omdat dieren niet of nauwelijks kunnen inschatten wanneer het veilig is om een drukke weg over te steken. Voorbeelden van dergelijke voorzieningen zijn ecoducten en dassentunnels. Bij oversteken voor mensen komen zowel oversteekvoorzieningen voor die gelijkvloers zijn als oversteekvoorzieningen die ongelijkvloers zijn. Wanneer de kruising gelijkvloers is, blijft de voetganger afhankelijk van het overige verkeer. Door die afhankelijkheid zal de barrièrewerking van de weg door de oversteekvoorziening minder afnemen dan bij een oversteekvoorziening die ongelijkvloers is.

De oversteekvoorzieningen worden beoordeeld op het aantal oversteekvoorzieningen per traverse, gedeeld door het aantal kilometers dat de traverse lang is. Daarbij wordt het aantal oversteekvoorzieningen die ongelijkvloers zijn vermenigvuldigd met twee omdat ze de barrièrewerking sterker verlagen dan een oversteekvoorziening die gelijkvloers is. Het maximum wordt gesteld op 15 oversteekvoorzieningen per kilometer. Wanneer een alternatief een deel van de ecologische hoofdstructuur niet doorsnijdt (waar een ander alternatief dat wel doet) wordt voor dat gedeelte ook het maximum van 15 ingevuld. Wanneer er in dit geval 0 oversteekvoorzieningen per kilometer zouden worden ingevuld, wat in feite het geval is, betekent dit dat er een grote barrière zou zijn. Aangezien er geen doorsnijding is en dus ook geen barrière, wordt er het maximum van 15 ingevuld.

De tweede hoofdgroep bestaat uit de 'Verkeerskenmerken'.

➤ Snelheid.

Het oversteken van een weg waar het verkeer met hoge snelheden rijdt, maakt mensen en dieren angstig. Daarnaast hebben hogere snelheden van het verkeer tot gevolg dat er meer tijd tussen de opeenvolgende auto's moet zitten om als voetganger of dier veilig de weg over te kunnen steken.

Er zijn twee manieren om de snelheid te bepalen van een weg. De eerste manier is het gebruiken van de maximumsnelheid die wettelijk is toegestaan op de betreffende weg. De tweede manier is het houden van een snelheidsmeting om de gemiddelde snelheid in de praktijk te bepalen. De tweede manier geeft een beter beeld van de werkelijke situatie maar kan in deze methodiek niet worden gebruikt omdat het een ex ante evaluatiemethode moet worden. Er zal dus gebruik worden gemaakt van de eerste manier, de wettelijk toegestane maximumsnelheid. Wanneer de snelheid verschilt, wordt de wettelijk toegestane maximumsnelheid gebruikt die op het grootste gedeelte van de traverse geldt.

➤ Intensiteit.

De intensiteit is het aantal motorvoertuigen per tijdseenheid. Hoe meer motorvoertuigen per tijdseenheid een bepaald punt passeren, hoe hoger de barrièrewerking op dat punt is. Wanneer het druk is op een weg zal de angst om over te steken groter worden. Ook neemt de oversteektijd toe omdat het gemiddeld langer duurt om een geschikt moment te vinden om veilig over te steken.

Voor de intensiteit geldt dezelfde redenering als bij de snelheid. Ook in dit geval is het niet mogelijk om de intensiteit te meten omdat het gaat om een ex ante evaluatiemethode. Er moet daarom op een andere manier de intensiteit worden bepaald. Dit kan het beste worden gedaan door middel van verkeersmodellen. Vaak is voor de verschillende alternatieven een verwachting gemaakt van de toekomstige verkeersstromen. De intensiteiten die dit oplevert worden gebruikt in deze methodiek. Er zal per traverse worden bepaald hoe groot de etmaalwaarden zijn van het verkeer.

De derde hoofdgroep bestaat uit de '*Doorsnijdingskenmerken*'.

➤ Lengte van de doorsnijding.

Wanneer een kern of natuurgebied wordt doorsneden door een weg is de lengte van de doorsnijding van invloed op de barrièrewerking die uitgaat van de weg. Hoe langer de doorsnijding, hoe groter de lengte waarover relaties verstoord worden. Dit geldt zowel voor sociale als ecologische barrièrewerking.

De lengte van de doorsnijding wordt bepaald aan de hand van het aantal kilometer dat een kern of natuurgebied wordt doorsneden door een weg.

➤ Indice.

Een indice geeft de mate van versnippering aan tussen twee gebieden die van elkaar gescheiden zijn door een barrière. Een indice is voor beide vormen van barrièrewerking te gebruiken. Het is niet mogelijk om het aantal relaties tussen twee doorsneden gebieden te bepalen omdat het aantal relaties afhangt van specifieke kenmerken van mensen en dieren. Het verplaatsingsgedrag van mensen en dieren is te verschillend om het binnen één methodiek te gebruiken. Een indice is daarom het beste alternatief omdat specifieke kenmerken van mensen en dieren niet worden meegenomen.

De indices worden berekend door middel van de indexmethode. De indexmethode wordt door de DWW (2004) als volgt omschreven: "Binnen deze methode wordt de oppervlakte bepaald van het grootst overblijvende deel na de doorsnijding, als maat voor de ernst van de versnippering. Dit wordt dan gedeeld door de oorspronkelijke oppervlakte van het gebied. Dit leidt tot een index die varieert tussen de 0.5 en de 1. Op basis van dit cijfer kan dan kwantitatief de ernst van de doorsnijding aangegeven worden. Hoe lager de index, hoe ernstiger het effect." De oppervlakte van het gebied dat in de indexmethode wordt gebruikt, wordt in dit geval voor kernen bepaald aan de hand van het invloedsgebied van de barrière. Het invloedsgebied is eerder in deze paragraaf vastgesteld op 1000 meter hemelsbreed van de barrière. Voor dieren is het moeilijker om een afstand in te stellen om te gebruiken als invloedsgebied van een barrière. De afstanden die dieren afleggen in hun leefgebied is erg verschillend. Het leefgebied van dieren strekt zich uit van enkele honderden tot wel duizenden hectaren (Stegehuis, 2005). In dit geval wordt het maximum afgebakend tot 2000 hectare. Er van uitgaande dat het leefgebied de vorm van een cirkel heeft, komt het invloedsgebied van een barrière op ongeveer 2500 meter hemelsbreed. Deze 2500 meter is de straal van een cirkel met een oppervlakte van 2000 hectare. Voor zowel kernen als natuurgebieden geldt dat wanneer een alternatief een deel van de kern of het natuurgebied niet doorsnijdt (waar een ander alternatief dat wel doet), wordt voor de index van dat gedeelte het maximum van 1 ingevuld. Een index van 1 geeft aan dat er geen ernstig effect is.

De uiteindelijke scores die worden behaald op de beoordelingscriteria worden gestandaardiseerd. Voor de beoordelingscriteria 'breedte', 'snelheid', 'intensiteit' en de 'lengte van de doorsnijding', wordt gebruik gemaakt van de maximumstandaardisatie. Dit houdt in dat de gestandaardiseerde

scores tussen de 0 en 1 liggen. Daarbij geldt in dit geval dat hoe hoger de score op het betreffende beoordelingscriterium is, hoe hoger de barrièrewerking wordt. Voor de beoordelingscriteria 'oversteekvoorzieningen' en 'indices' geldt het tegenovergestelde. Wanneer hier hoger wordt gescoord, is de barrièrewerking minder. Tevens kunnen bij de indexmethode alleen scores worden behaald tussen de 0,5 en 1. Dit zou betekenen dat de laagste score na standaardisatie minimaal 0,5 is. Om dit te voorkomen, wordt er gebruik gemaakt van intervalstandaardisatie. Hierbij wordt gebruik gemaakt van de volgende formule: $(\text{score} - \text{laagste score}) / (\text{hoogste score} - \text{laagste score})$. Als gevolg hiervan worden er weer gestandaardiseerde scores behaald tussen de 0 en 1 (Hellendoorn, 2001).

De volgende stap is het bepalen van de *gewichten* die aangeven in hoeverre de gestandaardiseerde beoordelingscriteria meetellen in de totaalscore. Allereerst worden de hoofdgroepen voorzien van gewichten. Vervolgens worden gewichten toegekend aan de beoordelingscriteria binnen de hoofdgroepen.

Er is onderscheid gemaakt naar de hoofdgroepen: wegkenmerken, verkeerskenmerken en doorsnijdingskenmerken. De wegkenmerken en verkeerskenmerken hangen veel met elkaar samen. Zo zal op een weg waar hoge intensiteiten verwacht worden, rekening worden gehouden met de inrichting van die weg. De weg zal bijvoorbeeld breder worden gemaakt en er komen meer oversteekvoorzieningen. Ook zal er een hogere maximumsnelheid gehanteerd kunnen worden. De doorsnijdingskenmerken hebben betrekking op het doorsneden gebied en de veronderstelde relaties binnen dat gebied. Er is nauwelijks samenhang met de wegkenmerken en de verkeerskenmerken. De wegkenmerken en de verkeerskenmerken bepalen daarom samen de helft van de totaalscore. De andere helft van de totaalscore wordt bepaald door de doorsnijdingskenmerken. Doordat het niet mogelijk is om te beoordelen welke van de hoofdgroepen wegkenmerken en verkeerskenmerken beter de barrièrewerking verklaart, zijn de gewichten voor de wegkenmerken en de verkeerskenmerken daarom gelijk gesteld. Een overzicht van de gewichten van de hoofdgroepen staat in tabel 4.5.

Hoofdgroep	Gewicht
Wegkenmerken	0,25
Verkeerskenmerken	0,25
Doorsnijdingskenmerken	0,50

Tabel 4.5: Gewichten van de hoofdgroepen

De verdeling van de gewichten binnen de hoofdgroepen gaat op dezelfde manier. Bij alle beoordelingscriteria is het moeilijk te zeggen in hoeverre ze meer of minder de barrièrewerking verklaren dan de andere beoordelingscriteria. Daarom worden de gewichten gelijk verdeeld binnen de hoofdgroepen. Elke hoofdgroep kent twee beoordelingscriteria en dat betekent dat elk beoordelingscriterium de helft van het gewicht in de hoofdgroep vormt. Een overzicht van de gewichten van de beoordelingscriteria staat in tabel 4.6.

Hoofdgroep	Beoordelingscriterium	Gewicht
Wegkenmerken	Breedte van de weg	0,125
	Oversteekvoorzieningen	0,125
Verkeerskenmerken	Snelheid	0,125
	Intensiteit	0,125
Doorsnijdingskenmerken	Lengte doorsnijding	0,25
	Indice	0,25

Tabel 4.6: Gewichten van de beoordelingscriteria

5 Case: N18 Varsseveld-Enschede

5.1 Inleiding

Om te kunnen beoordelen of de methodiek een goede inschatting geeft van de barrièrewerking, is de methodiek toegepast op een case waarbij barrièrewerking onderdeel van de probleemsituatie is. Een case die deze problematiek kent is de N18 Varsseveld-Enschede. Bij dit project zijn er meerdere doorsnijdingen van zowel natuurgebieden als kernen door de alternatieven van de N18. Er is dus op meerdere locaties sprake van sociale en ecologische barrièrewerking. Daarmee vormt dit project een goede case om de methodiek te kunnen beoordelen. In de volgende paragraaf wordt er nader ingegaan op het project van de N18 en wordt er aangegeven welke alternatieven zijn onderzocht. Vervolgens zijn in paragraaf 5.3 alle doorsnijdingen van de kernen en natuurgebieden door de alternatieven geselecteerd. Daarna zijn per alternatief de scores voor de beoordelingscriteria bepaald. Deze scores zijn ingevuld in de tabellen. Dit heeft geleid tot een totaalscore voor elk alternatief. Op basis van die totaalscores is er uiteindelijk een rangschikking gemaakt van de alternatieven. Tenslotte is beoordeeld of de methodiek voldoet aan de voorwaarden.

5.2 Beschrijving van het N18-project

De N18 Varsseveld-Enschede maakt deel uit van het landelijk hoofdwegennet (zie figuur 5.1).

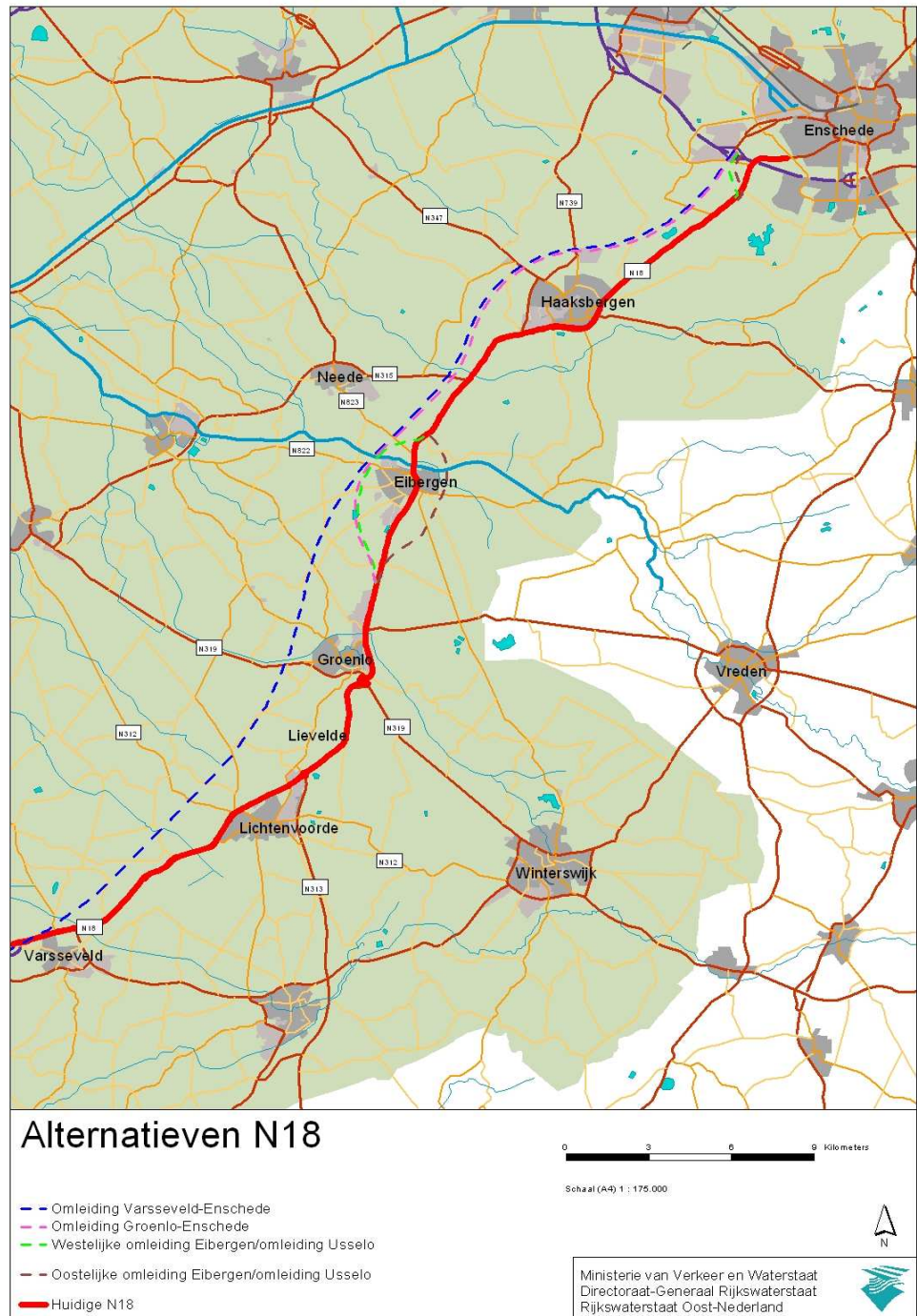


Figuur 5.1: Ligging N18 Varsseveld-Enschede

Het is een belangrijke ontsluitingsweg voor de Achterhoek, een doorgaande verbinding voor verkeer tussen de stedelijke knooppunten Arnhem/Nijmegen en Twente, als ook een verbinding voor verkeer

van en naar overig Nederland en Duitsland. Het traject van de N18 heeft een lengte van ongeveer 45 kilometer. Met name in Eibergen, Haaksbergen en Usselo vormt de N18 een probleem aangezien hier de bebouwde kom doorsneden wordt. Dit leidt met name tot leefbaarheidsproblemen. Daarnaast vormt ook de verkeersveiligheid een probleem op het gehele traject (Rijkswaterstaat Oost-Nederland, 2005). De N18 is daarom opgenomen in de planstudiefase van het MIT (Meerjarenprogramma Infrastructuur en Transport).

In de startnotitie van de N18, die in 2005 verscheen, zijn een aantal *alternatieven* genoemd die een mogelijke verbetering van de huidige situatie kunnen betekenen.



Figuur 5.2: Alternatieven N18

De alternatieven staan ingetekend in figuur 5.2. Er kan onderscheidt worden gemaakt naar vijf alternatieven:

➤ Nul-alternatief

Het Nul-alternatief is gelijk aan de huidige situatie en dient uitsluitend als referentie ten opzichte van de overige alternatieven.

➤ Westelijke omleiding Eibergen en omleiding Usselo

Dit alternatief gaat uit van een omleiding aan de westelijke kant van Eibergen. Een omleiding bij Eibergen is gewenst omdat de N18 de kern van Eibergen doorsnijdt. Dit leidt onder meer tot een slechte bereikbaarheid, overlast voor de omgeving en verkeersonveilige situaties. Tevens is er een omleiding bij Usselo gesitueerd. Ook hier wordt de kern doorsneden en leidt dit tot hetzelfde soort problemen. De omleiding bij Usselo zal aansluiten op de A35. Het overige tracé zal aangepast worden op de delen waar de weg smal is en er geen parallelvoorzieningen zijn. Het alternatief is bedoeld als een stroomweg en zal een wettelijk toegestane maximumsnelheid hebben van 80 km/h.

➤ Oostelijke omleiding Eibergen en omleiding Usselo

Dit alternatief is opgesteld om dezelfde redenen als genoemd bij de westelijke omleiding Eibergen en de omleiding Usselo. Het enige verschil is dat de omleiding aan de oostelijke kant van Eibergen gepland is. De omleiding bij Usselo is gelijk aan de omleiding die is genoemd bij het vorige alternatief. Ook hier zal een wettelijk toegestane maximumsnelheid gelden van 80 km/h.

➤ Alternatief Groenlo-Enschede

Het alternatief Groenlo-Enschede zal beginnen tussen Groenlo en Eibergen en aan de westelijke kant van de N18 worden gesitueerd. Het eindpunt van dit alternatief is bij de A35. Dit alternatief wordt in twee varianten uitgevoerd. De eerste variant kent een wettelijke toegestane maximumsnelheid van 80 km/h en de tweede variant een wettelijk toegestane maximumsnelheid van 100 km/h. Beide varianten worden uitgevoerd als een 2x1 weg.

➤ Alternatief Varsseveld-Enschede

Dit alternatief zal beginnen op het punt waar de A18 eindigt bij Varsseveld. Het eindpunt zal liggen bij de A35 in Enschede. Ook dit alternatief kent twee varianten. Beide varianten worden uitgevoerd als een stroomweg met een wettelijk toegestane maximumsnelheid van 100 km/h. Het verschil zit in het aantal rijstroken. De eerste variant wordt een 2x1 weg. De tweede variant zal een 3x1 weg worden. Hierbij hebben de beide rijrichtingen afwisselend twee rijstroken tot hun beschikking.

5.3 Toepassing van de methodiek op de N18

De methodiek die is opgesteld om een rangschikking van alternatieven te maken op basis van de barrièrewerking, is toegepast op de N18. Alle alternatieven plus de varianten worden gebruikt. Dit komt neer op de volgende *varianten* (Ministerie V & W, 2005):

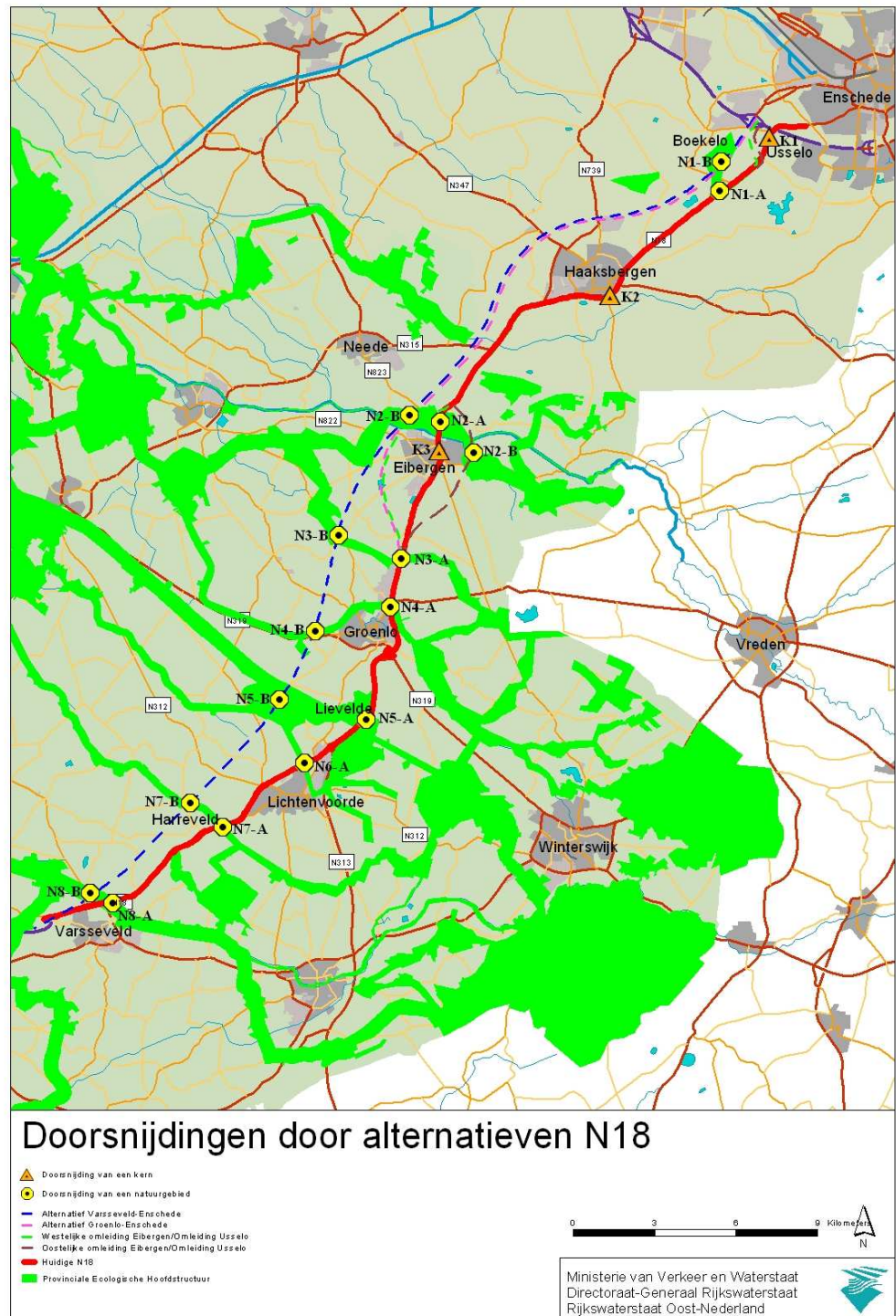
- Nulalternatief
- Westelijke omleiding Eibergen en omleiding Usselo
- Oostelijke omleiding Eibergen en omleiding Usselo
- Alternatief Groenlo-Enschede (80 km/h)
- Alternatief Groenlo-Enschede (100 km/h)
- Alternatief Varsseveld-Enschede (2x1)
- Alternatief Varsseveld-Enschede (3x1)

Eerst dienen alle kernen en natuurgebieden te worden geselecteerd die worden doorsneden door de verschillende varianten. De kernen worden geselecteerd op basis van de vier eerder genoemde selectiecriteria. Ten eerste dient een cluster van woningen te worden doorsneden door één (of meerdere) varianten. Ten tweede moet het betreffende cluster van woningen bestaan uit een woningdichtheid van minimaal 300 woningen per km². Ten derde moet het cluster bestaan uit minimaal 25 woningen. Ten vierde dienen de woningen tot het invloedsgebied van de traverse te behoren.

Figuur 5.3 geeft weer waar de kernen en natuurgebieden worden doorsneden door de alternatieven van de N18. De doorsnijding van een kern wordt aangeduid door middel van de code K(cijfer). De volgende *kernen* worden doorsneden door één of meerdere varianten, achtereenvolgens vanaf Enschede (zie figuur 5.3):

- Usselo (K1):
Het cluster van woningen dat is toegepast om te toetsen aan de selectiecriteria, is gebaseerd op de bebouwde kom van Usselo (zie Bijlage I, figuur I.1). In dit gebied bevinden zich 28 woningen op een oppervlakte van 0,088 km². Dit komt neer op 318,18 woningen/km². Hiermee voldoet Usselo aan alle criteria.
- Haaksbergen (K2):
De N18 is gesitueerd aan de zuidoostelijke kant van Haaksbergen, buiten de bebouwde kom. Daarbij doorsnijdt de N18 de bebouwde kom van Haaksbergen en een cluster woningen net buiten de bebouwde kom (zie Bijlage I, figuur I.2). Dit cluster woningen heeft een dermate hoge woningdichtheid dat deze mee wordt genomen in de methodiek. Dit cluster bestaat uit 64 woningen op een oppervlakte van 0,059 km². Dit komt neer op 1084,75 woningen/km². De totale woningdichtheid van het cluster en de woningen binnen 1000 meter van de doorsnijding in de bebouwde kom, bedraagt 1969,32 woningen/km².
- Eibergen (K3):
Het cluster van woningen dat is toegepast om te toetsen aan de selectiecriteria, is gebaseerd op de bebouwde kom van Eibergen met uitzondering van de industrieterreinen (zie Bijlage I, figuur I.3). In Eibergen gaat het om een groot aantal woningen, namelijk 3396. Deze bevinden zich in een gebied met een oppervlakte van 1,82 km². De woningdichtheid komt daarmee op 1865,93 woningen/km². Hiermee voldoet Eibergen aan de criteria.

De natuurgebieden worden geselecteerd op basis van de doorsnijdingen die er zijn met de EHS, in dit geval de pEHS. Dit staat voor de Provinciale Ecologische Hoofdstructuur en is nauwkeuriger vastgesteld dan de EHS.



Figuur 5.3: Doorsnijdingen door de alternatieven van de N18

In figuur 5.3 worden de doorsnijdingen van de natuurgebieden weergegeven door middel van de code N(cijfer)-A en de code N(cijfer)-B. De 'A' staat voor een doorsnijding door de huidige N18. De 'B' is een doorsnijding door een alternatief. De volgende delen van de Provinciale Ecologische

Hoofdstructuur worden doorsneden door één of meerdere varianten, achtereenvolgens vanaf Enschede (zie figuur 5.3):

- EHS Boekelo (N1-A en N1-B)
- EHS ten noorden van Eibergen (N2-A en N2-B)
- EHS ten zuiden van Eibergen (N3-A en N3-B)
- EHS Groenlo (N4-A en N4-B)
- EHS Lievelede (N5-A en N5-B)
- EHS Lichtenvoorde (N6-A)
- EHS Harreveld (N7-A en N7-B)
- EHS Varsseveld (N8-A en N8-B)

Er zijn in het studiegebied geen natuurgebieden die groter zijn dan het selectie criterium van een minimale oppervlakte van 5 km². De natuurgebieden die worden meegenomen bestaan dus alleen uit de doorsnijdingen van de pEHS.

De scores die elke variant behaalt op de beoordelingscriteria staan opgesomd in Bijlage III. In de tabellen staan de doorsnijdingen aangeduid door middel van de codes die zijn gebruikt in figuur 5.3. De scores zijn bepaald in overleg met een aantal medewerkers van Rijkswaterstaat Oost-Nederland die betrokken zijn bij dit project, namelijk dhr. Bannink, dhr. Bogaerts, dhr. Stoffer en dhr. Vogelaar.

De breedte van de wegen is gebaseerd op de standaard dwarsprofielen die zijn getekend voor de N18. Dit zijn niet de definitieve dwarsprofielen, maar geven een algemene maat aan. Er staan twee voorbeelden van de dwarsprofielen in Bijlage II, figuur II.1 en II.2. De oversteekvoorzieningen van het nulalternatief zijn geteld. De oversteekvoorzieningen van de overige alternatieven zijn bepaald aan de hand van een inschatting van de inrichting van de alternatieven. Daarbij is gebruik gemaakt van een onderzoek naar onder meer de natuur en ecologie tijdens de vorige trajectnota/MER uit 1997. Door middel van de verspreiding en de migratieroutes van fauna in het gebied, is voor elk alternatief bepaald waar oversteekvoorzieningen zouden moeten komen. Voor de snelheden geldt hetzelfde als bij de oversteekvoorzieningen. Bij het nulalternatief zijn de huidige snelheden ingevuld. Voor de overige alternatieven is gebruik gemaakt van een inschatting van de inrichting van de alternatieven. De intensiteiten zijn bepaald aan de hand van het NRM-model dat is gebruikt voor de N18 en de alternatieven. Er is gebruik gemaakt van de etmaalwaarden. De etmaalwaarden voor beide rijrichtingen zijn bij elkaar opgeteld voor elk punt. De intensiteiten voor het alternatief Groenlo-Enschede (100km/h) waren nog niet berekend. Er is voor gekozen om deze intensiteiten gelijk te stellen aan de intensiteiten die zijn berekend voor het alternatief Groenlo-Enschede (80km/h). Hetzelfde probleem deed zich voor bij het alternatief Varsseveld-Enschede (3x1). Deze intensiteiten zijn gelijk gesteld aan die van het alternatief Varsseveld-Enschede (2x1). De lengte van de doorsnijding is bepaald door middel van GIS. Hierbij wordt de lengte gemeten waar de twee delen van elkaar gescheiden worden door de weg. Ook de bepaling van de oppervlaktes van de doorsneden gebieden is bepaald via GIS. Door middel van deze oppervlaktes konden de indices worden berekend. Figuur I.1, I.2, I.3 in Bijlage I geven aan hoe de indices zijn bepaald voor respectievelijk de kernen Usselo, Haaksbergen en Eibergen. Een voorbeeld van de bepaling van de indices voor de natuurgebieden staat afgebeeld in figuur I.4 in bijlage I.

De scores die zijn behaald voor de beoordelingscriteria staan vermeld in de tabellen in Bijlage III. De *totaalscores* van de alternatieven staan, op volgorde van de totaalscores, opgesomd in Tabel 5.1. Het alternatief met de laagste score is het alternatief met de laagste barrièrewerking, in dit geval het nulalternatief.

Alternatief	Score
Nulalternatief	6,07
Oostelijke omleiding Eibergen/omleiding Usselo	6,44
Westelijke omleiding Eibergen/omleiding Usselo	6,56
Alternatief Groenlo-Enschede (80km/h)	7,16
Alternatief Groenlo-Enschede (100km/h)	7,39
Alternatief Varsseveld-Enschede (2x1)	10,31
Alternatief Varsseveld-Enschede (3x1)	10,49

Tabel 5.1: Totaalscores van de alternatieven

De methodiek voldoet aan de voorwaarden die zijn gesteld. De methode kan gebruikt worden om voorafgaand aan de beleidsbeslissing de tracés te rangschikken op basis van de barrièrewerking. Ook zijn de scores van de beoordelingscriteria te bepalen door middel van deskresearch. Een uitzondering vormde de telling van het aantal oversteekvoorzieningen op de plekken waar Usselo, Haaksbergen en Eibergen worden doorsneden. Hiervoor moest de situatie ter plekke worden bekeken. Wanneer ook deze gegevens bekend waren geweest, was de methode volledig door middel van deskresearch uit te voeren. Wat betreft tijd moet het uitvoeren van de methode binnen een dag kunnen worden gedaan maar dan moet er wel voldoende ervaring zijn met het uitvoeren van deze methode. Een andere voorwaarde was om zoveel mogelijk te kwantificeren. Aan deze voorwaarde is ook voldaan. Alle beoordelingscriteria kennen kwantitatieve scores. De laatste voorwaarde was dat er zoveel mogelijk uit moest worden gegaan van wetenschappelijk vastgestelde relaties. Aan deze voorwaarde kon niet worden voldaan. Dit was ook de reden om de overstap te maken naar een multicriteria-analyse.

De totaalscores die zijn berekend voor alle alternatieven geven aannemelijke uitkomsten. Normaalgesproken zou een omleiding om Eibergen en Usselo moeten leiden tot minder barrièrewerking. Wanneer ecologische barrièrewerking ook mee wordt genomen, blijkt in dit geval dat de omleidingen zorgen voor een nieuwe doorsnijding van de Ecologische Hoofdstructuur. Ook blijft de oude doorsnijding in Eibergen en Usselo bestaan maar dan wel in een mindere mate. Dit is terug te zien in de uitkomsten in de tabellen (zie Bijlage III). Verder valt op dat hoe langer het tracé is, hoe meer doorsnijdingen er komen en hoe hoger de barrièrewerking daardoor uitvalt.

6 Conclusies

In onderhavig onderzoek is een tweedeling van de barrièrewerking aangebracht. Er is onderscheid gemaakt naar sociale en ecologische barrièrewerking. Bij beide is er sprake van zowel een fysieke als een psychologische kant. Dit houdt in dat een weg niet alleen een vrije doorgang belemmert en daarmee de oversteektijd verlengt, maar ook dat het een invloed kan hebben op het verplaatsingspatroon van mensen en natuur. Wat daarbij opvalt is dat beide vormen van barrièrewerking veel overeenkomsten kennen in de factoren die de barrièrewerking van een weg verklaren. Dit is terug te zien in het aantal beoordelingscriteria dat gebruikt kan worden voor zowel sociale barrièrewerking als voor ecologische barrièrewerking. Vooral wat betreft weg- en verkeerskenmerken zijn er veel overeenkomsten. De relaties tussen doorsneden gebieden kennen ook overeenkomsten maar die zijn moeilijker te gebruiken dan de weg- en verkeerskenmerken. Dit valt te verklaren door de verschillen in eigenschappen tussen mensen en dieren. Een oordeel geven over de mate waarin de verschillende factoren barrièrewerking kenmerken, is moeilijk. Aangezien er geen relaties zijn vastgesteld die wetenschappelijk zijn te bewijzen, is het niet mogelijk om aan te geven in hoeverre een verandering van een factor leidt tot een verandering van de barrièrewerking.

Uit deze analyse komt verder naar voren dat de rol van beide vormen van barrièrewerking binnen onderzoeken naar lijninfrastructuur lijkt te verschillen. Ecologische barrièrewerking kent over het algemeen een grotere belangstelling. Dit valt bijvoorbeeld op in de mate van aandacht die hiervoor is binnen de politiek. Dit betekent echter niet dat sociale barrièrewerking geen onderwerp is. Bij de planning en inrichting van wegen wordt met beide vormen van barrièrewerking in gelijke mate rekening gehouden.

Uit dit onderzoek blijkt dat beide vormen van barrièrewerking verschillende methoden kennen om de barrièrewerking van lijninfrastructuur te kunnen bepalen. Bij sociale barrièrewerking is een onderscheid gemaakt naar drie verschillende soorten methoden. Ten eerste is dat de maatschappelijke kosten-batenanalyse. Hierbij worden echter twijfelachtige manieren gebruikt om barrièrewerking in geld te kunnen uitdrukken. Dit is een problematiek die bij meer leefbaarheidsproblemen voorkomt. Ten tweede zijn er methoden die de barrièrewerking van een weg bepalen door de weg- en verkeerskenmerken te gebruiken. Deze weg- en verkeerskenmerken geven aan in hoeverre een weg als een barrière werkt. Wanneer ook relaties tussen doorsneden gebieden worden meegenomen, krijg je niet alleen inzicht in hoeverre een weg een barrière is, maar ook hoe vaak die weg een barrière is. Ten derde wordt de barrièrewerking bepaald door belevingswaardenonderzoeken. Door middel van enquêtes worden mensen gevraagd naar de beleving van de leefomgeving. Wanneer wordt gevraagd naar de huidige situatie is deze methode zeker zinvol. Dit is echter niet het geval wanneer je tracéalternatieven gaat onderzoeken. Het is moeilijk om een beeld te vormen van een mogelijke toekomstige situatie. Ook voor ecologische barrièrewerking is een onderscheid te maken naar drie verschillende soorten methoden. Ten eerste wordt er gebruik gemaakt van de doorsnijdingskenmerken. Hierbij bepaalt de doorsnijding in hoeverre een weg een barrière is. Dit kan zijn de lengte waarover een gebied wordt doorsneden, maar ook de verhouding tussen de grootte en vorm van de doorsneden gebieden. Ten tweede zijn er onderzoeken die zijn gebaseerd op weg-, verkeers- en diersoortkenmerken. Weg- en verkeerskenmerken geven aan in hoeverre een weg als een barrière werkt. De diersoortkenmerken zijn te gebruiken om de relaties tussen leefgebieden weer te geven. Het probleem van diersoortkenmerken is dat ze moeilijk te gebruiken zijn. Ten derde zijn er methoden die gebruik maken van GIS. Hierbij wordt gebruik gemaakt van de connectiviteit tussen leefgebieden. Wanneer er sprake is van connectiviteit, leidt een doorsnijding tot een barrière tussen leefgebieden.

Ondanks de verschillen in de methoden blijkt het toch mogelijk te zijn om ecologische en sociale barrièrewerking te gebruiken binnen één methodiek en waarmee beiden tegen elkaar afgewogen kunnen worden. Daarvoor is het wel noodzakelijk dat er beoordelingscriteria zijn die bij beiden te gebruiken zijn. In de ontwikkelde methodiek zijn een zestal beoordelingscriteria genoemd die daarvoor geschikt zijn. Door deze methodiek is het mogelijk om tracéalternatieven te rangschikken op basis van de sociale en ecologische barrièrewerking. Voorheen leidden methoden tot een rangschikking van kernen op basis van sociale barrièrewerking of een rangschikking van natuurgebieden die doorsneden werden op basis van ecologische barrièrewerking. Door de gewogen sommering binnen de methodiek op een andere manier te gebruiken, is het mogelijk om tracés op een integrale manier te rangschikken op basis van sociale én ecologische barrièrewerking.

In onderhavig onderzoek blijkt dat de methodiek aan bijna alle voorwaarden voldoet die vooraf waren gesteld. Het is een ex ante evaluatiemethode geworden waarbij de scores van alle beoordelingscriteria vooraf eenvoudig te bepalen zijn. Aan de voorwaarde dat het geen tijdsintensieve methodiek moet worden is ook voldaan. Vrijwel alle scores zijn bepaald door middel van deskresearch. Een uitzondering vormen de oversteekvoorzieningen maar wanneer deze informatie beschikbaar is, is het mogelijk om de methodiek binnen 1 dag toe te passen. Wel moet er enige ervaring zijn met de methodiek om hem snel te kunnen uitvoeren. Een andere voorwaarde is dat er zoveel mogelijk gekwantificeerd moet worden. De beoordelingscriteria die worden gebruikt binnen de methodiek zijn allemaal zo opgesteld dat ze kwantitatief zijn. De laatste voorwaarde is dat er zoveel mogelijk moet worden uitgegaan van wetenschappelijk vastgestelde relaties. Aan deze voorwaarde kan niet worden voldaan. Er zijn te weinig relaties bekend die wetenschappelijk zijn bewezen, waarmee de barrièrewerking kan worden gekwantificeerd. Dit leidt tot een overstap naar een kwalitatieve methodiek.

Uitgaande van de uitkomsten die zijn verkregen door de ontwikkelde methodiek toe te passen op de N18 Varsseveld-Enschede, kan worden geconcludeerd dat de methodiek een goede inschatting geeft van de barrièrewerking die van een tracéalternatief uitgaat. Het voordeel van deze methode is dat in zijn totaliteit wordt gekeken naar barrièrewerking. Een omleiding om een woongebied betekent niet altijd dat dit leidt tot een verbetering van de totale situatie, wanneer men kijkt naar barrièrewerking. Een omleiding leidt immers tot een nieuwe doorsnijding. Door deze methodiek toe te passen, is het mogelijk om aan te geven hoe de verschillende tracéalternatieven scoren ten opzichte van elkaar op basis van barrièrewerking.

7 Aanbevelingen

Wanneer leefbaarheidsproblemen als gevolg van lijninfrastructuur ter sprake komen, gaat het vaak over onderwerpen als geluidhinder en luchtverontreiniging. Sociale barrièrewerking komt veel minder ter sprake. Dit is terug te zien in het aantal onderzoeken dat wordt verricht op het gebied van barrièrewerking. Dit valt deels te verklaren door de moeilijkheid van het kwantificeren van barrièrewerking. Een aanbeveling is dat er onderzoek moeten komen, waarbij de barrièrewerking in de bestaande situatie wordt vergeleken met de situatie na realisatie van een tracéalternatief. Alleen op deze manier is het mogelijk om te toetsen in welke mate bepaalde factoren de barrièrewerking van een weg bepalen. Zolang dit niet gebeurt blijven kwalitatieve methodes het beste alternatief.

Een andere aanbeveling die volgt uit dit onderzoek is dat vaker op een integrale manier naar barrièrewerking van lijninfrastructuur kan worden gekeken. Dit is de eerste keer dat barrièrewerking op deze manier is behandeld. Niet eerder was er een methodiek opgesteld om sociale barrièrewerking en ecologische barrièrewerking integraal mee te nemen. De uitkomsten die zijn berekend voor de N18 Varsseveld-Enschede leveren aannemelijke getallen. Wellicht dat vaker op deze manier tracéalternatieven onderzocht kunnen worden. Vooral door het feit dat leefbaarheidsproblemen en ecologische problemen de laatste tijd vaak het onderwerp van discussie zijn.

Bij de beoordelingscriteria is geprobeerd zo duidelijk mogelijk te beredeneren welke factoren de barrièrewerking van een weg bepalen en op welke manier de scores voor deze beoordelingscriteria worden verkregen. Er zal verschillend worden gereageerd op de manier waarop de scores worden bepaald. Dit zal altijd een discussiepunt blijven. Dit neemt niet weg dat het optimaliseren van de manier waarop de scores worden verkregen een aanbeveling is om de totaalscores nog aannemelijker te maken.

8 Discussie

Deze analyse leidt tot een aantal zaken waarover gediscussieerd kan worden. Ten eerste krijgt in de methodiek de barrièrewerking die wordt ondervonden door mensen en door natuur een gelijke rol. Aan de ene kant kan dit leiden tot de reactie dat mensen belangrijker zijn dan dieren. Sociale barrièrewerking moet daarom zwaarder worden gewogen dan ecologische barrièrewerking. Aan de andere kant kan een mogelijke reactie zijn dat natuur meer hinder ondervindt van een doorsnijding omdat dieren meer moeite hebben met het oversteken van een weg. Ecologische barrièrewerking zou dan zwaarder moeten worden gewogen in de methodiek.

Ten tweede kunnen de criteria die zijn bepaald leiden tot discussie. Dit geldt voor zowel de selectiecriteria als de beoordelingscriteria. Met name de beoordelingscriteria zijn moeilijk vast te stellen omdat ze gebruikt worden voor sociale barrièrewerking én voor ecologische barrièrewerking. De keuze voor het wel of niet meenemen van bepaalde beoordelingscriteria en de uiteindelijke meting van de beoordelingscriteria is daarom onderhevig aan discussie. Door middel van duidelijke redeneringen is geprobeerd om aannames met betrekking tot selectie- en beoordelingscriteria zo goed mogelijk te onderbouwen. Een voorbeeld hiervan is het selectie criterium 'invloedsgebied' dat is gebruikt om kernen en woonclusters te selecteren. Hierbij is het invloedsgebied bepaald op 1000 meter hemelsbreed vanaf de doorsnijding. Deze 1000 meter is gebaseerd op de gemiddelde afstand die per verplaatsing te voet wordt afgelegd, namelijk 600 meter. Aangezien 600 meter een gemiddelde is, worden er ook grotere afstanden te voet afgelegd. Het invloedsgebied is daarom op 1000 meter gesteld. Waarom zou er in dit geval niet worden gekozen voor 900 meter of 1100 meter? Dit soort situaties doet zich regelmatig voor wanneer aannames worden gedaan en zal altijd onderwerp van discussie blijven.

Ten derde kunnen de gewichten een discussiepunt zijn. Ook hiervoor geldt dat door een logische redenering is geprobeerd om een goede gewichtenverdeling te krijgen. Meestal worden gewichten gelijk verdeeld over de beoordelingscriteria omdat een onderbouwing van andere verdelingen nauwelijks mogelijk is.

Ten vierde is de overstap in de doelstelling van dit onderzoek van een kwantitatieve methode naar een kwalitatieve methode een punt waarover getwist kan worden. Een kwalitatieve methode is wellicht niet de beste methode maar geeft uitgaande van de situatie wel het beste alternatief. Verder blijkt dat na toepassing van de methodiek op de N18 dat de uitkomsten van deze kwalitatieve methodiek, gelet op het aantal en de ernst van de doorsnijdingen, aannemelijk zijn.

9 Bronnen

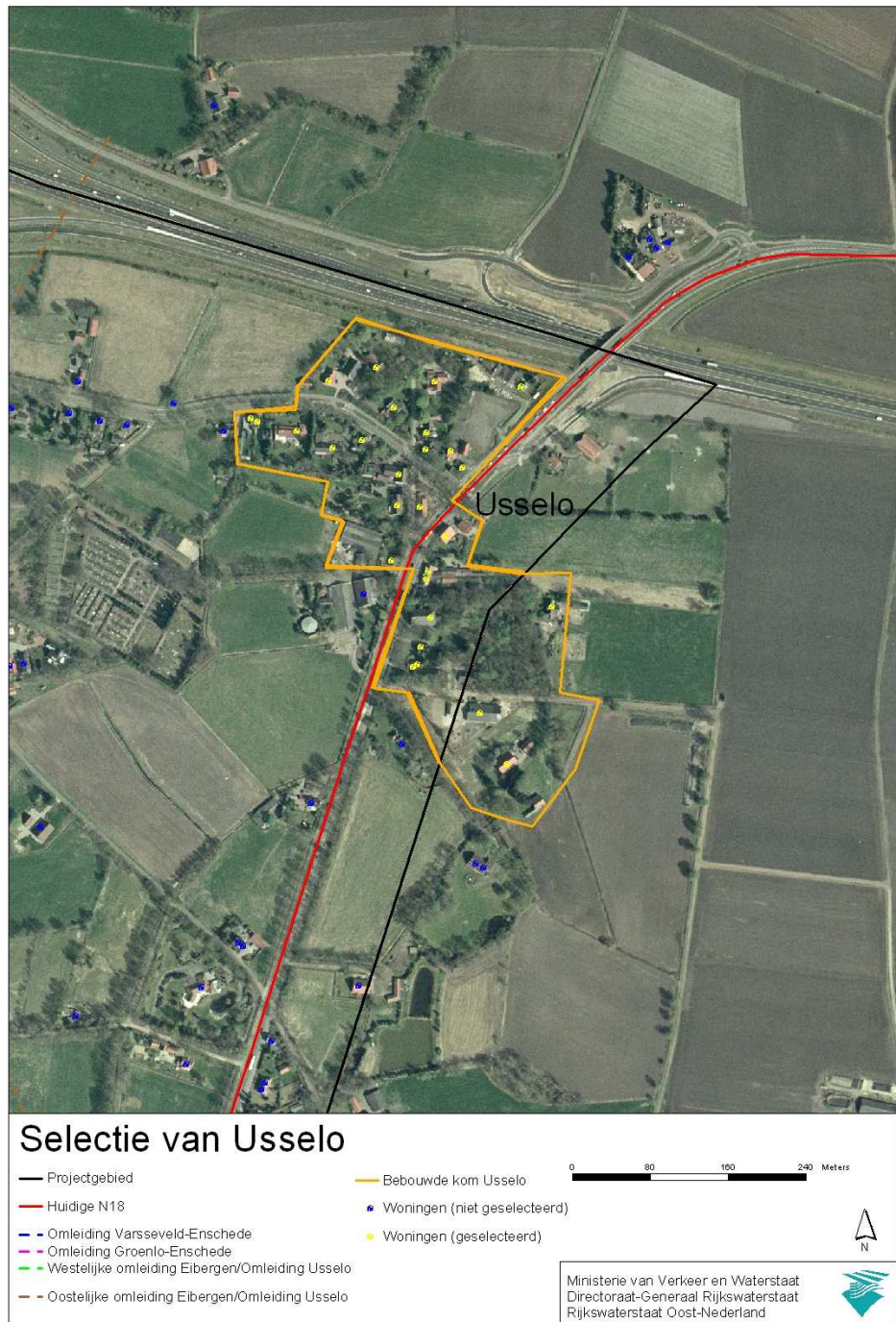
- Appleyard, D. (1981), *Livable Streets*, Los Angeles: University of California Press.
- Baart, M., Molenkamp, L., (1998). *Barrièrewerking door infrastructuur voor mens en dier*, Arnhem: Arcadis
- Bannink, C. (16-02-2005), Senior beleidsmedewerker Verkeers- en Vervoersmodellen, Rijkswaterstaat Oost-Nederland, Arnhem
- Bein, P. (1997), *Monetization of environmental impacts of roads*, Victoria: Ministry of Transportation and Highways.
Beschikbaar op:
<http://www.geocities.com/davefergus/Transportation/0ExecutiveSummary.htm> [bezocht op 23 september 2004]
- Bennett, G. (1997). *Habitat fragmentation: The European dimension*. In: Habitat fragmentation and infrastructure. International conference 'Habitat fragmentation, infrastructure and the role of ecological engineering'. 17-21 september 1995, Maastricht. Delft: Dienst Weg- en Waterbouwkunde, p. 61-69
- Boer, E. de, Heijden, R. van der (1990), *Op en in de weg*, Delft: TU Delft.
- Boer, E. de, Hendriks, J.H., Veen, B. van der, (1984). *Beoordelingsmethodiek Barrièrewerking*, Delft: TU Delft.
- Boer, E. de (9-12-2004), hoofddocent openbare werken en waterstaat, TUDelft, Delft
- Bogaerts, S. (17-02-2005), beleidsmedewerker Natuur en Landschap, Rijkswaterstaat Oost-Nederland, Arnhem
- Boon, W., Wee, van G.P., Geurs, K. (2003), *Barrièrewerking van infrastructuur: A2 en Amsterdamrijnkanaal barrière voor inwoners van Utrecht-Leidsche Rijn*. In: Colloquium Vervoersplanologisch speurwerk 2003. Amsterdam: CVS.
Beschikbaar op:
http://www.vervoersplanologischspeurwerk.nl/cvspdfdocs/cvs03_06.pdf
[bezocht op 15 oktober 2004]
- Bouwdienst Rijkswaterstaat (2001), *Belevingswaardenonderzoek, beleidsanalyse vanuit het perspectief van burgers*, Utrecht: Bouwdienst Rijkswaterstaat
- Brown, B.B., Werner, C.M., (1985). *Social Cohesiveness, territoriality and holiday decorations*. Environment and behaviour, 17 (5), p. 539-565.
- Canters, K.J., Cuperus, R., (1997). *Assessing fragmentation of bird and mammal habitats due to roads and traffic in transport regions*. In: Habitat fragmentation and infrastructure. International conference 'Habitat fragmentation, infrastructure and the role of ecological engineering'. 17-21 september 1995, Maastricht. Delft: Dienst Weg- en Waterbouwkunde, p. 160-170.

-
- Mares, A., Molnar, H. (2001). *Van Amsterdam naar Maastricht. Lopend op weg*. Beschikbaar op: <http://www.cbs.nl/nl/publicaties/publicaties/algemeen/index/index1281.pdf>. [Bezocht op 9 februari 2004]
 - Dienst Weg- en Waterbouwkunde (1997). *Maten en mate van versnipperin. Versnippering van ecosystemen in vervoerregio's*. Ontsnipperingreeks deel 31
 - Dienst Weg- en waterbouwkunde (2004). *Keuzemodel effectvoorspellings-methoden MER Droog*. Delft: Dienst Weg- en Waterbouwkunde
 - EAF (2004) *EECONET Action Fund*. Leiden: EAF
Beschikbaar op: <http://www.eeconet.org/index.html> [Bezocht op 9 november 2004]
 - Faunaconsult (2005), *Ontsnippering*. Horst: Faunaconsult
Beschikbaar op: www.faunaconsult.nl/ontsnippering.html [Bezocht op 8 april 2005]
 - Hellendoorn, J.C. (2001), *Evaluatiemethoden ex ante*. Den Haag: Sdu uitgevers
 - Jaarsma, C.F., Klerks, R.P.R., Verweij, J.A.W. (1994). Ook plattelandswegen dragen een steen(tje) bij!: de versnippering van het landschap gaat door. *Wegen*, 68 (8), p.4-9
 - Kirby, K.J. (1997). *Habitat fragmentation and infrastructure : Problems and research*. In: *Habitat fragmentation and infrastructure. International conference 'Habitat fragmentation, infrastructure and the role of ecological engineering'*. 17-21 september 1995, Maastricht. Delft: Dienst Weg- en Waterbouwkunde, p. 32-39
 - Konijnenburg, P. van (7-12-2004), Projectleider belevingswaarden-onderzoek, Bouwdienst Rijkswaterstaat, Utrecht
 - Ministerie van Verkeer en Waterstaat (2004), *Nota Mobiliteit*, Den Haag: Ministerie van Verkeer en Waterstaat.
 - Ministeries van VenW, LNV en VROM (2004), *Meerjarenprogramma Ontsnippering*. Den Haag: Ministeries van VenW, LNV en VROM
 - Ministeries van VROM, LNV, VenW en EZ (2004) *Nota Ruimte*. Den Haag: Ministeries van VROM, LNV, VenW en EZ
 - Mook, P. (1996), *Leefbaarheidsknelpunten op het Nederlandse hoofdwegenet*, Rotterdam: AVV/Witteveen & Bos.
 - Rijkswaterstaat Oost-Nederland (2005), *Startnotitie Rijksweg 15 (N18) Varsseveld-Enschede*. Arnhem: Rijkswaterstaat Oost-Nederland.
 - Rintoul, P. (1995) *Social cost of transverse barrier effects*, Victoria B.C.: British Columbia Ministry of Transportation and Highways.
 - RIVM (2002). *Ontsnippering van natuurgebieden: effecten op natuur, mobiliteit, bereikbaarheid, verkeersveiligheid en geluid. Achtergronddocument bij de Nationale Natuurverkenning 2*. Bilthoven: RIVM

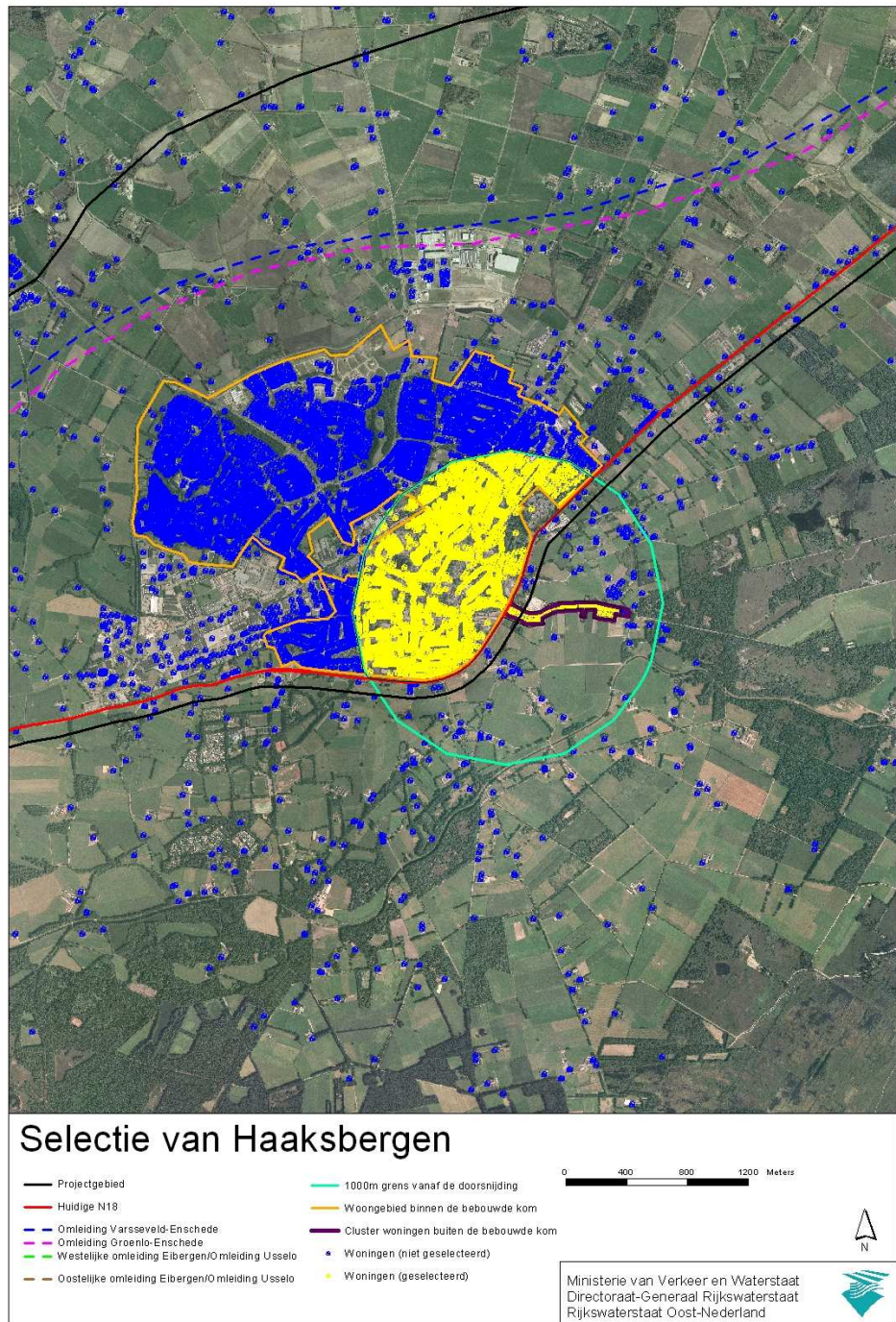
-
- Rutledge (2003). *Landscape indices as measures of the effects of fragmentation: can pattern reflect process?* Wellington: Department of conservation
 - Saelensminde, K. (2002), *Walking and cycling track networks in Norwegian cities, cost-benefit analysis including health effects and external cost of road traffic*, Oslo: Institute of Transport Economics.
Beschikbaar op:
http://www.toi.no/toi_Data/Attachments/887/sum_567_02.pdf
[bezoekt op 14 oktober 2004]
 - Stegehuis, B. (17-01-2005), Senior beleidsmedewerker Milieu, Rijkswaterstaat Oost-Nederland, Arnhem
 - Stoffer, C. (15-02-2005), Projectleider N18, Rijkswaterstaat Oost-Nederland, Arnhem
 - Udo de Haes, H., Canters, K. (1988). *Versnippering en ontsnippering als nieuw milieubeleidsthema*. Milieu 1988/4
 - Velterop, O. (2000). *Effects of fragmentation on pollen and gene flow in insect-pollinated plant populations*. Groningen: Rijksuniversiteit Groningen
 - VLINA (2001). Kwantitatieve evaluatie van de verbindingsfunctie van landschappelijke elementen aan de hand van connectiviteitsmodellen.
Beschikbaar op: http://bio-www.uia.ac.be/bio/deco/vlina_nl.pdf [bezoekt op 11 november 2004]
 - Vogelaar, C. (15-02-2005), Senior projectleider Nieuwe Werken, Rijkswaterstaat Oost-Nederland, Arnhem
 - Volkskrant (2004). *Vrijwilligers zetten 45 duizend paden over*. 15 juni 2004

Bijlage I

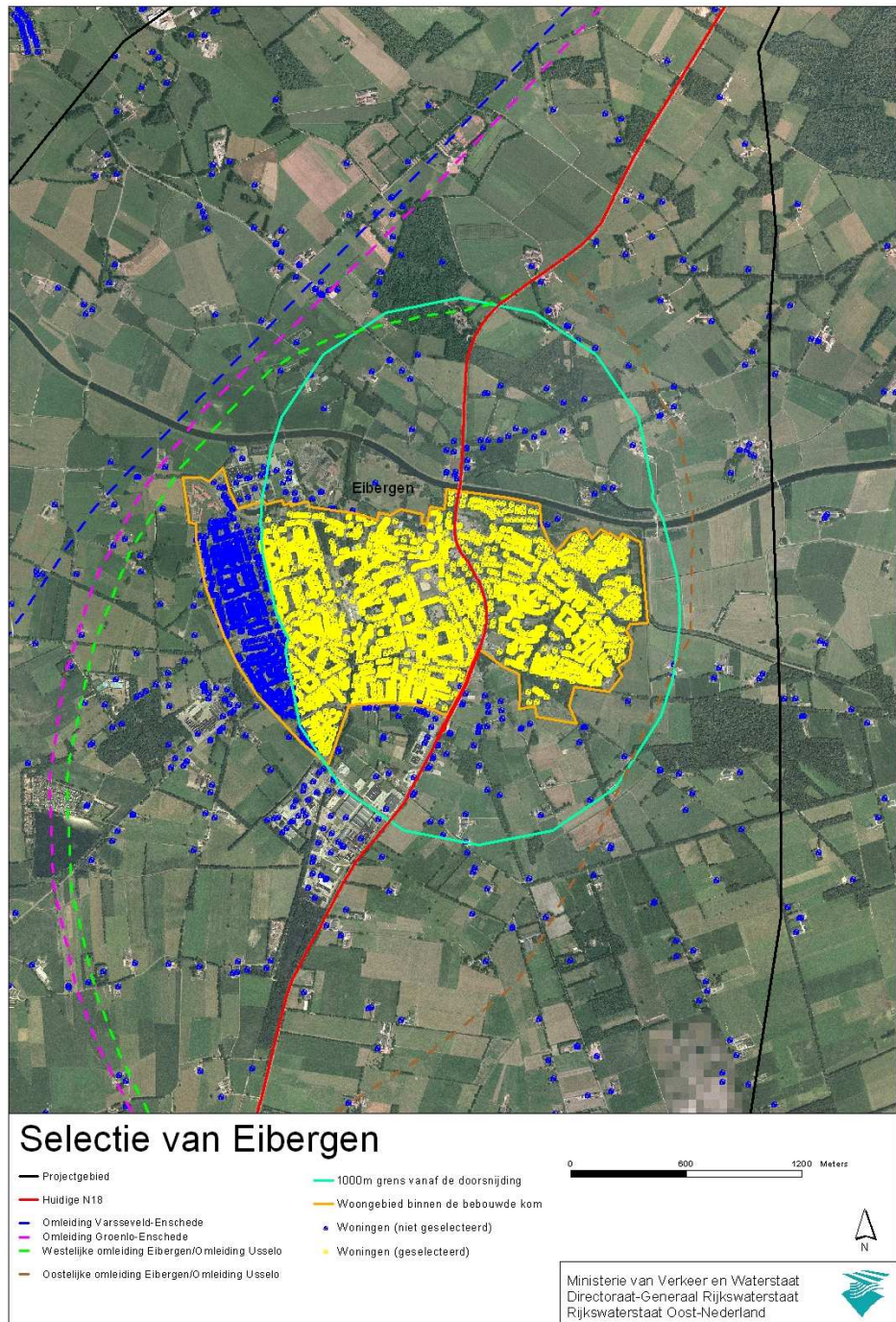
LUCHTFOTO'S



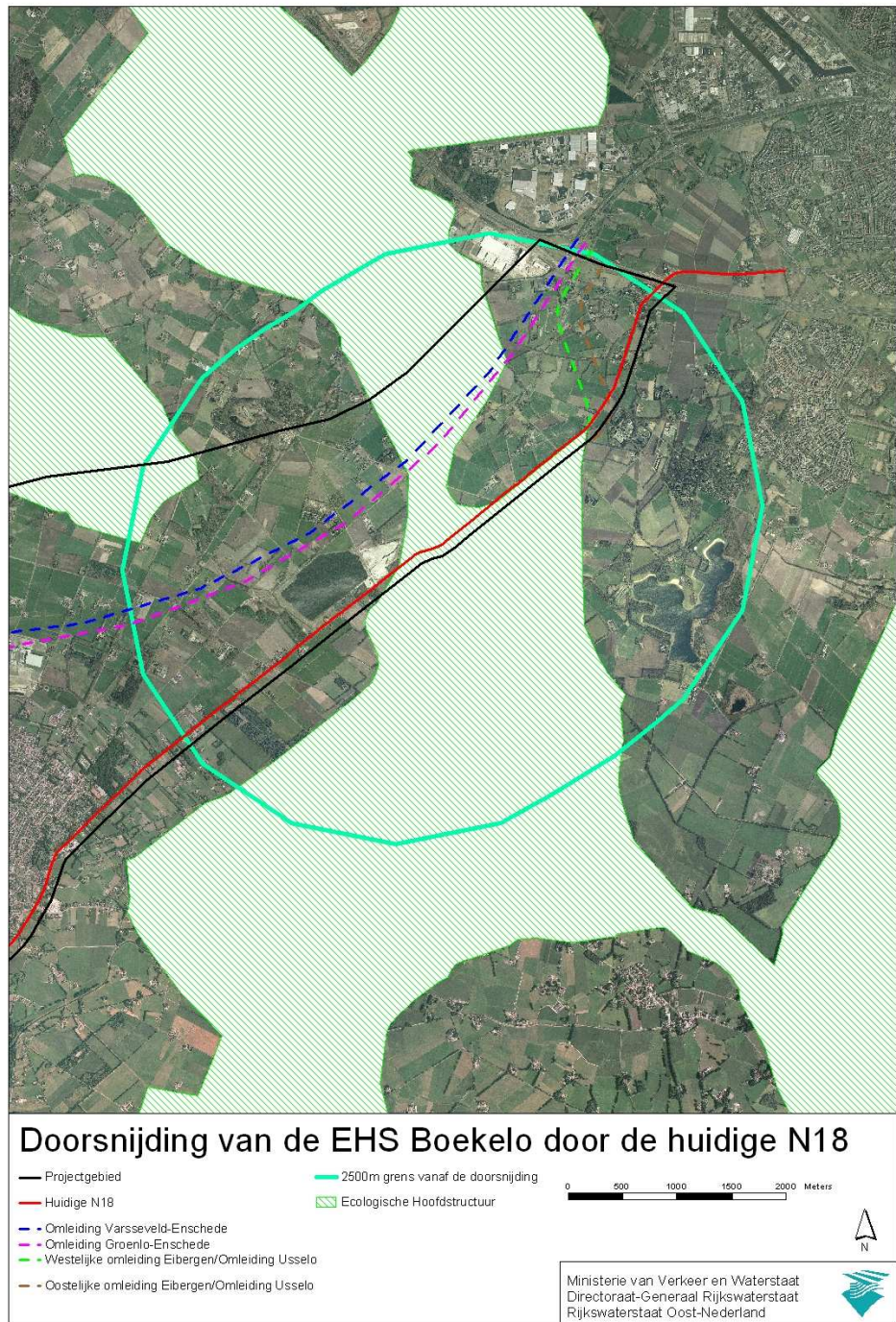
Figuur 1.1: Selectie van Usselo



Figuur 1.2: Selectie van Haaksbergen



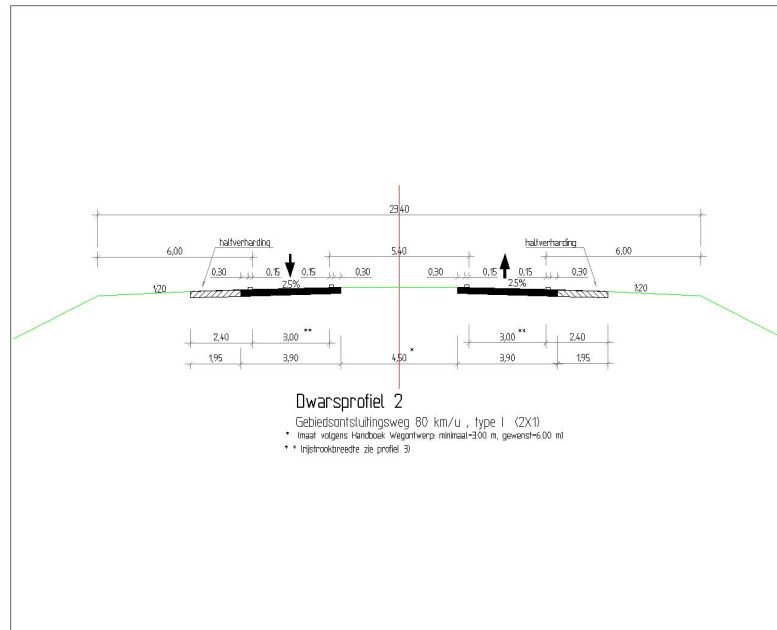
Figuur 1.3: Selectie van Eibergen



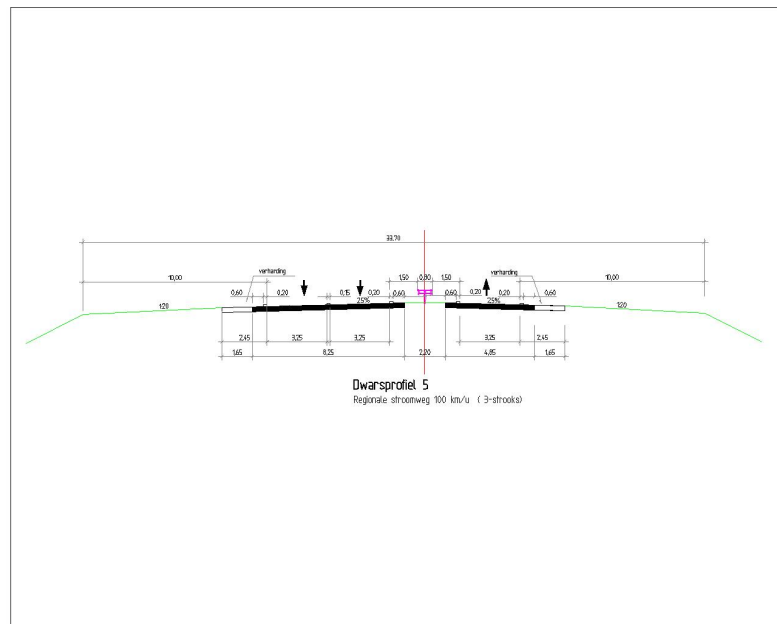
Figuur 1.4: Bepaling van de indice voor de doorsnijding van de EHS Boekelo door de huidige N18

Bijlage II

DWARSPROFIELEN



Figuur II.1: Gebiedsontsluitingsweg (80km/h, 2x1)



Figuur II.2: Regionale stroomweg (100 km/h, 3x1)

Bijlage III

TABELLEN