

INHOUDSTAFEL

8.1. INLEIDING	3
8.2. DE VERTICALE INRICHTINGEN	4
8.2.1. De verhoogde inrichtingen	4
8.2.1.1. Doel	4
8.2.1.2. Principe	4
8.2.1.3. Geluidsimpact	6
8.2.1.4. Technische kenmerken	15
8.2.1.5. Aanleg en signalisatie	24
8.2.1.6. Voor- en nadelen	27
8.2.1.7. Aanbevelingen	28
8.2.2. Verhoging: het rijbaankussen	32
8.2.2.1. Doel	32
8.2.2.2. Principe	32
8.2.2.3. Geluidsimpact	33
8.2.2.4. Technische kenmerken	35
8.2.2.5. Aanleg en signalisatie	38
8.2.2.6. Voor- en nadelen	45
8.2.2.7. Aanbevelingen	45
8.3. HORIZONTALE INRICHTINGEN	47
8.3.1. Wegversmalling	47
8.3.1.1. Doel	47
8.3.1.2. Principe	47
8.3.1.3. Geluidsimpact	49
8.3.1.4. Technische kenmerken	50
8.3.1.5. Aanleg en signalisatie	53
8.3.1.6. Voor- en nadelen	54
8.3.1.7. Aanbevelingen	55
8.3.2. Wegverlegging	59
8.3.2.1. Doel	59
8.3.2.2. Principe	59
8.3.2.3. Geluidsimpact	60
8.3.2.4. Technische kenmerken	61
8.3.2.5. Aanleg en signalisatie	66
8.3.2.6. Voor- en nadelen	68
8.3.2.7. Aanbevelingen	69

8.4. DE KRUISPUNTEN	72
8.4.1. Inleiding	72
8.4.2. Specifieke geluidsimpact van de kruispunten	72
8.4.3. De eenvoudige kruispunten	74
8.4.3.1. Doel	74
8.4.3.2. Principe	74
8.4.3.3. Geluidsimpact	75
8.4.3.4. Technische kenmerken	77
8.4.3.5. Aanleg en signalisatie	81
8.4.3.6. Voor- en nadelen	83
8.4.3.7. Aanbevelingen	84
8.4.4. De kruispunten met verkeerslichten	86
8.4.4.1. Doel	86
8.4.4.2. Principe	86
8.4.4.3. Geluidsimpact	88
8.4.4.4. Technische kenmerken	90
8.4.4.5. Aanleg en signalisatie	94
8.4.4.6. Voor- en nadelen	94
8.4.4.7. Aanbevelingen voor een goed gebruik en voor alle weggebruikers	95
8.4.5. De rotondes	98
8.4.5.1. Doel	98
8.4.5.2. Principe	98
8.4.5.3. Geluidsimpact	100
8.4.5.4. Technische kenmerken	101
8.4.5.5. Aanleg en signalisatie	103
8.4.5.6. Voor- en nadelen	104
8.4.5.7. Aanbevelingen	105
8.5. ALLE GEBRUIKERS	110
8.5.1. De voetgangers	110
8.5.2. De tweewielers	111
8.5.3. Het openbaar vervoer	112
8.6. REFERENTIES	113
8.6.1. Algemene referenties	113
8.6.2. Referenties in de text	114

8.1. INLEIDING

Het straatlawaai en de ermee samenhangende geluidshinder worden beïnvloed door de wegverbeteringen en het hieruit voortvloeiende rijgedrag (snelheidsvermindering, omleiding van de doorgaande verkeersstromen, agressief rijgedrag enz.).

Er bestaan verschillende voorzieningen om de snelheid van de voertuigen te beïnvloeden, evenals het gedrag van de automobilisten. Deze maatregelen zijn gericht op een vermindering van de snelheid, maar kunnen ook doelstellingen op het vlak van het verkeersbeheer nastreven. Sommige maatregelen maken eveneens mogelijk de doorgaande verkeersstromen om te leiden.

Wat de wegverbeteringen betreft, kunnen we een onderscheid maken tussen:

- ◆ de verticale inrichtingen, zoals verkeersdrempels, verkeersplateaus en Berlijnse kussens,
- ◆ de horizontale inrichtingen, zoals wegversmallingen en wegverleggingen,
- ◆ de kruispunten en hun beheerswijzen die er nauw mee samenhangen.

Deze verschillende voorzieningen komen in deze fiche aan bod. Door ons toe te spitsen op hun kenmerken, trachten we hun invloed op het geluidsniveau zo goed mogelijk te begrijpen. Van elk type van voorziening worden de volgende aspecten bekeken:

- ◆ de doelstellingen,
- ◆ het basisprincipe,
- ◆ de algemene invloed ervan op het geluidsniveau, zowel plaatselijk als algemeen,
- ◆ de technische kenmerken:
 - de geometrische gegevens, die een effect kunnen hebben op de snelheden en de gedragingen, en dus onrechtstreeks op het geluid,
 - de materialen bij de uitvoering, het onderhoud en de renovatie ervan, aangezien een slecht ontwerp en de beschadiging van een voorziening tot plaatselijke geluidshinder kunnen leiden. Ook de bestrating speelt een rol wat het geluid betreft; de invloed ervan wordt behandeld in fiche 7.
- ◆ de aanlegcriteria:
 - de voorwaarden voor plaatsbepaling, die van invloed zijn op de omgeving waarin ze wordt aangelegd,
 - de bijhorende signalisatie en wegmarkering,
- ◆ de voor- en nadelen,
- ◆ de aanbevelingen voor een goed gebruik en voor alle weggebruikers, teneinde alle hinder voor de omwonenden en de verschillende gebruikers van de openbare ruimte te beperken. Specifieke maatregelen worden voorgesteld om de zachte vervoerswijzen en het openbaar vervoer te integreren in de wegverbetering, maar ook de vrachtwagens en de voertuigen van de hulpdiensten die specifieke eisen stellen.

Een dergelijke aanpak laat toe elke maatregel in zijn geheel aan te snijden, zodat de geluidshinder kan worden beperkt zonder dat andere vormen van ongemak worden gecreëerd.

- ◆ In de hele fiche moeten de volgende termen als volgt worden verstaan:
 - "wegcode", het koninklijk besluit van 1 december 1975 houdende algemeen reglement op de politie van het wegverkeer, gewijzigd door de koninklijke besluiten tot 4 april 2003. De notie "straatcode" wordt hierin voorgesteld en zal van toepassing zijn op 1 juni 2003. Met name de rolschaatsen en steps zijn erin opgenomen.
 - "reglement van de beheerder", het ministerieel besluit van 11 oktober 1976 waarbij de minimumafmetingen en de bijzondere plaatsingsvoorwaarden van de verkeerstekens worden bepaald, gewijzigd door de ministeriële besluiten tot 18 december 2002.

8.2. DE VERTICALE INRICHTINGEN

De verticale inrichtingen zijn voorzieningen die bedoeld zijn om de snelheid van de voertuigen te verminderen met het oog op de veiligheid van de zwakste weggebruikers. Hun vertragend effect is gebaseerd op een wijziging van het langs- en dwarsprofiel van de weg; de niveaus van de weg zijn dus variabel.

In de verticale inrichtingen kan een onderscheid worden gemaakt tussen:

- ◆ De verhoogde inrichtingen, namelijk de verkeersdrempels en de verkeersplateaus, die beide het voorwerp zijn van een wet;
- ◆ Het Berlijns kussen (of rijbaankussen), waarvan de kenmerken worden uiteengezet in een ministeriële omzendbrief.

8.2.1. De verhoogde inrichtingen

De verhoogde inrichtingen, ook verticale inrichtingen genoemd, stellen een plaatselijke wijziging voor van het langsprofiel van de weg. De eerste voorbeelden, die vandaag voorbijgestreefd zijn, worden doorgaans "ezelsrug" of "liggende politieagent" genoemd.

8.2.1.1. Doel

Het hoofddoel van deze voorzieningen is de snelheden van de voertuigen te beperken en te verminderen door de aanleg van een verkeersdrempel, gevormd door een plaatselijke verhoging van het wegdek. Over deze voorziening moet voorzichtig en tegen een matig tempo worden gereden. De wenselijke snelheid bij het overrijden bedraagt 30 km/u, hoofdzakelijk om de veiligheid van voetgangers en fietsers te verbeteren. Dit is een harde maatregel aangezien deze voorziening, die niet kan worden vermeden zodra hij geïnstalleerd is, een hinderlijke dynamische verplichting creëert voor de passagiers van de voertuigen die er overheen rijden.

Vandaag is dit de meest efficiënte voorziening om de snelheid te verminderen, ten minste plaatselijk. Door de hinder die ze veroorzaakt, vermindert ze ook het doorgaand verkeer.

8.2.1.2. Principe

De verhoogde inrichtingen moeten oordeelkundig en mondjesmaat worden aangelegd. Er moeten voorzorgsmaatregelen worden getroffen op het vlak van de keuze van deze voorziening en de plaats ervan. Indien deze onaangepast zijn, kunnen ze schade aan voertuigen, ongevallen en geluidshinder veroorzaken.

Een geïsoleerde verhoging van de rijweg vermindert de snelheid plaatselijk, en is dus een geschikte oplossing voor een stedelijke omgeving en wegen met weinig verkeer. Ze moet zichtbaar zijn, zowel overdag als 's nachts, om de automobilist niet te verrassen.

Deze inrichting verplicht de automobilisten immers fysiek te vertragen omdat ze een onvermijdelijk obstakel vormen omdat ze over de hele breedte van de rijweg zijn aangebracht. De bedoeling van het langsprofiel ervan is het ongemak te doen toenemen naarmate ook de snelheid bij het overrijden toeneemt.

Artikel 22 ter van het algemeen reglement op de politie van het wegverkeer legt het volgende rijgedrag op voor wegen voorzien van verhoogde inrichtingen:

- ◆ de bestuurders moeten deze verhoogde inrichtingen dubbel voorzichtig en met matige snelheid naderen, zodat zij erover rijden met een snelheid die niet meer bedraagt dan 30 km/u ;
- ◆ elk links inhalen is verboden op deze inrichtingen;
- ◆ stilstaan en parkeren is verboden op deze inrichtingen, behoudens plaatselijke reglementering (wegmarkering of verkeersbord).

De verhoogde inrichtingen kunnen worden uitgevoerd in verschillende vormen. Alleen de wettelijke en dus toegelaten voorzieningen worden in deze fiche voorgesteld en uitgewerkt.

- ◆ Het sinusoidale profiel, "verkeersdrempel" genoemd, ook gekend als "ezelsrug". Het profiel ervan vormt een regelmatige kromming van beperkte lengte.



Verkeersdrempel – Sint-Lambrechts-Woluwe

- ◆ het trapezoïdale profiel, ook "verkeersplateau" genoemd, is een vlakke verhoging van het baanlichaam in zijn geheel met twee schuin afgewerkte hellingen, sinusoidaal of vlak. De lengte ervan is variabel. Het verkeersplateau kan ook een heel kruispunt bedekken.



Verkeersplateau - Laken

Andere profielen, zoals het cirkelvormig profiel dat soms wordt gebruikt in parkings of voor privé-opritten, en het parabolisch profiel, zijn niet reglementair.

In België zijn immers alleen de sinusoidale en trapezoïdale profielen toegelaten en in de wet vastgelegd. Sinds 1983 zijn de verhoogde inrichtingen op de openbare wegen gereguleerd door koninklijke besluiten, om onverenigbaarheden en te wisselvallige varianten te vermijden. Het koninklijk besluit van 9 oktober 1998 tot bepaling van de vereisten voor de aanleg van verhoogde inrichtingen op de openbare weg en van de technische voorschriften waaraan ze moeten voldoen werd gewijzigd door dat van 3 mei 2002, het laatste bij de opstelling van dit werk.

Volgens de wet zijn de verhoogde inrichtingen bedoeld om de maximumsnelheid te beperken tot 30 km/u. De voorschriften gelden niet voor de in woonerven aangelegde verhoogde inrichtingen (zoals gedefinieerd in het politiereglement).

8.2.1.3. Geluidsimpact

8.2.1.3.1. Inleiding

Doordat ze een wijziging van het rijgedrag meebrengt (afremmen, veranderingen van het motortoerental, optrekken), wijzigt de aanleg van een verhoogde inrichting uiteraard de hele geluidsomgeving.

De verhoogde inrichtingen beïnvloeden de geluidscontext op twee niveaus: plaatselijk en algemeen. De plaatselijke impact is de impact in het gebied nabij de inrichting. De algemene impact is de impact in het geografisch gebied waarop de door de snelheidsbeperkende voorziening meegebrachte snelheidsvermindering betrekking heeft (stroomopwaarts en stroomafwaarts van de voorziening).

Bij het opstellen van dit werk waren er nog niet veel studies gewijd aan de akoestische impact van dergelijke wegverbeteringen. Daarom werd, ter aanvulling van de conclusies van deze bestaande studies, een meetcampagne uitgevoerd door het Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw (OCW) in het specifieke geval van deze studie. Het verslag van deze meetcampagne is opgenomen in de bijlage.

8.2.1.3.2. Algemene impact

A. THEORETISCHE NOTA

Een op de juiste plaats aangelegde verhoogde inrichting draagt bij tot een vermindering van de snelheid van de voertuigen in een uitgestrekt of beperkt geografisch gebied. De algemene snelheidsvermindering houdt een algemene vermindering van het geluidsniveau in hetzelfde gebied in.

De eigenlijke algemene snelheidsvermindering wordt gegeven door:

$$\Delta V = V_{85} - V_{MI}$$

met:

- V_{85} als de snelheid waar 85% van de weggebruikers onder blijven buiten het invloedsgebied van de voorziening. Wij noemen dit ook de "naderingssnelheid".
- V_{MI} als de gemiddelde snelheid in de invloedsgebieden stroomopwaarts en stroomafwaarts, gegeven door:

$$V_{MI} = \frac{V_{85} + \bar{V}_{FR}}{2} \text{ waarbij } \bar{V}_{FR} \text{ de gemiddelde snelheid bij het overrijden is.}$$

Volgens een mathematisch model (ref) wordt de algemene variatie van het geluidsniveau ΔL voortgebracht door een licht voertuig op een horizontale weg afhankelijk van de snelheid (voor snelheden tussen de 0 en 70 km/u) uitgedrukt:

- Indien $V \leq 44$ km/u, $\Delta L = 0$ (dB[A])
- Indien $V > 44$ km/u, $\Delta L = 0,136 \Delta V$ (dB[A])

B. VERKEERSDREMPELS EN VERKEERSPLATEAUS

De algemene impact van de 2 types van verhoogde inrichting, bepaald door de CEDIA¹, worden samengevat in de onderstaande tabel:

Verhoogde inrichtingen	$\bar{V}_{FR}$ (km/u)	Algemene geluidsimpact (dB[A])		
		$V_{85} = 30$ km/u	$V_{85} = 50$ km/u	$V_{85} = 70$ km/u
Verkeersdrempel	0 (of geen)	0	3,4	4,8
Verkeersplateau	15	0	2,4	3,8

¹ Centre d'Etude et de Développement en Ingénierie Acoustique, Luik.

In het specifieke geval dat werd bestudeerd door de CEDIA laat de aanleg van een verkeersdrempel toe de algemene geluidsimpact te verminderen met 0 tot 5 dB[A] afhankelijk van de naderingssnelheid van het voertuig in het invloedsgebied van de inrichting. Het verkeersplateau, waarover met een hogere snelheid wordt gereden, leidt tot een lagere algemene winst, die niettemin aanzienlijk is omdat ze kan oplopen tot 4 dB[A] voor een naderingssnelheid van 70 km/u. Bij een snelheid van 30 km/u bij nadering van de verhoogde inrichtingen wordt geen enkele geluidswinst verwacht (en dit geldt voor snelheden tot 44 km/u). Dit kan worden verklaard door het feit dat, binnen deze marges, de snelheidsvermindering een vermindering van de overbrengingsverhoudingen van de versnellingsbak meebrengt, en bijgevolg een verhoging van het motortoerental (cfr. fiches 1,4).

We merken op dat de in aanmerking genomen snelheden bij het overrijden werden vastgelegd bij het rijden van een standaardvoertuig over verschillende verhoogde inrichtingen bij droog wegdek. Het gaat dus om een gemiddelde snelheid, waarvan de standaardafwijking betekenisvol kan zijn gelet op de verschillende factoren die de snelheid bij het overrijden bepalen (zichtbaarheid van de voorziening, afmetingen, andere begeleidende snelheidsverminderende maatregelen, rijgedrag van de automobilist enz.). Het is dus van het grootste belang dat deze resultaten niet worden veralgemeend, maar eerder worden beschouwd als representatief voor een trend op het vlak van het geluidsgedrag.

Als we bijvoorbeeld terugkijken naar de wet die van kracht is bij het opstellen van dit werk, en zoals hierboven gepreciseerd, bedraagt de gewenste snelheid bij het overrijden zowel voor de verkeersplateaus als voor de verkeersdrempels 30 km/u. Minder harde afmetingen (hoogte van de voorziening enz.) werden recentelijk gedefinieerd (zie verder) en geven te denken dat de voorzieningen gemiddeld worden overreden tegen hogere snelheden dan degene die in aanmerking werden genomen in de studie van de CEDIA, die werd uitgevoerd voordat deze nieuwe afmetingen werden vastgesteld. In het geval de voertuigen met een snelheid van 30 km/u over de verhoogde inrichtingen rijden, is de algemene geluidsimpact kleiner, ten belope van 1,5 dB[A] en 3 dB[A] (voor naderingssnelheden V85 van respectievelijk 50 en 70 km/u).

Deze ramingen met betrekking tot de snelheidsvermindering kunnen uiteraard worden aangevuld met een vermindering van de geluidsniveaus door een ontrading van het doorgaand verkeer, dat minder of meer belangrijk is afhankelijk van het aantal en het type van de voertuigen die hun traject wijzigen. Op dit vlak herinneren wij eraan dat het verkeer met de helft moet worden verminderd als we een vermindering van het geluidsniveau met 3 dB[A] willen bereiken.

8.2.1.3.3. Plaatselijke geluidsimpact

Volgens de informatie waarover wij ten tijde van het opstellen van dit werk beschikken, werd nog geen uitgebreide studie gewijd aan de plaatselijke geluidsimpact van de verhoogde inrichtingen. De belangrijkste studies over dit onderwerp, en die hierna verder aan bod komen, werden uitgevoerd door:

- ◆ het "Transport Research Laboratory" (TRL) uit het Verenigd Koninkrijk;
- ◆ de CEDIA uit België;
- ◆ het Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw (OCW) uit België.

Net als eerder werd gesteld, mogen de resultaten, die sterk worden beïnvloed door tal van parameters die eigen zijn aan de uitgevoerde studie, uiteraard niet worden veralgemeend. Er mogen alleen trends en aanbevelingen uit worden gehaald, die de wegbeheerders in gedachten mogen houden wanneer ze beslissingen moeten treffen over de aanleg van dergelijke inrichtingen.

Enkele van de parameters die deze resultaten kunnen beïnvloeden, zijn:

- ◆ de methodologie die wordt gevolgd tijdens de metingen: naleving of overtreding van de snelheidsregels door de automobilist, snelheid bij het overrijden van de inrichting, type van voertuig, enz.
- ◆ de afmetingen en de materialen van de bestudeerde inrichtingen, hun staat van beschadiging, de bestrating van de rijweg, enz.

Hierdoor lijkt het interessant de gevolgde methodologie te beschrijven, evenals de technische kenmerken van de bestudeerde voorzieningen, teneinde een kritische kijk te krijgen op de resultaten.

A. METHODOLOGIE VOOR BEOORDELING VAN DE IMPACT

A.1. A.1. Studie van het laboratorium "Transport Research Laboratory" (TRL), Verenigd Koninkrijk

Het belangrijkste doel van de door het laboratorium TRL^{wv} uitgevoerde studie, is een vergelijking van de plaatselijke geluidsniveaus die worden voortgebracht door de voertuigen die over de verkeersdrempels,

verkeersplateaus en Berlijnse kussens rijden (zie verder). Vervolgens worden de resultaten onderzocht, om een voorspelling te kunnen maken van de veranderingen van de geluidsniveaus na de aanleg van dergelijke inrichtingen voor een verschillend aandeel van bussen en bestelwagens in de verkeersstroom.

Om tegemoet te komen aan deze doelstellingen werden vervolgens metingen uitgevoerd van voertuigen (lichte voertuigen, bussen en commerciële voertuigen²) die herhaaldelijk over verschillende types van verhoogde inrichtingen rijden, die zijn aangelegd op bestaande wegen of op een testweg van het TRL. Gelijkaardige metingen werden uitgevoerd op een weg zonder dergelijke inrichting, die representatief is voor "de situatie vóór de aanleg van de inrichting" of "de situatie zonder inrichting"³. De metingen, uitgevoerd op 7,5 m van het centrum van elke locatie en op een hoogte van 1,2 m ten opzichte van de weg, hebben betrekking op het geluidsniveau L_{Amax} (zie fiche 1). Om de geluidsimpact van de inrichtingen te beoordelen naar gelang van de samenstelling van het verkeer, werd de volgende formule gebruikt, die het geluidsniveau L_{Aeq} vastlegt:

$$L_{Aeq} = 10 \log_{10} \left[N \sum_{n=1}^{n=m} p_n 10^{L_{A_{Xn}}/10} \right] + C$$

met

- ◆ N = totale verkeersstroom in de bestudeerde periode;
- ◆ m = het aantal voertuigcategorieën (personenwagens, vrachtwagens, tweewielers, bussen, enz.)
- ◆ p_n = het percentage voertuigen in de totale verkeersstroom N die ingedeeld zijn in de voertuigencategorie n ;
- ◆ $L_{A_{Xn}} = L_{Amax} - 10 \log_{10} v$ waarbij L_{Amax} het maximale geluidsniveau is van de categorie n die rijdt tegen een snelheid v (km/u) ;
- ◆ C is een constante voor een gegeven locatie en periode.

A.2. Studie van de CEDIA, België

De plaatselijke geluidsimpact van de verkeersdrempels en verkeersplateaus werd eveneens bestudeerd door de CEDIA^{vi}. Deze studie had, net als de vorige studie, betrekking op het akoestisch gedrag bij het overrijden van de inrichting, maar ook wanneer het voertuig zich stroomopwaarts en stroomafwaarts van de inrichting bevond. Er werden alleen tests met lichte voertuigen uitgevoerd. De metingen, uitgevoerd op bestaande locaties uitgerust met dergelijke inrichtingen, hadden betrekking op het geluidsniveau L_{Amax} (om de geluidsoverschrijding in verhouding tot het achtergrondgeluid te kenmerken) en ook op het niveau SEL (om de geluidsenergie van een overrijdend voertuig te kenmerken) (zie fiche 1). Deze metingen, uitgevoerd op 1m van de rand van de weg, werden vergeleken met de metingen uitgevoerd op gelijkaardige baanvakken (zelfde omgeving, zelfde materialen, zelfde geometrie) zonder snelheidsverminderende inrichting. De auteurs wijzen erop dat de resultaten, die gebaseerd zijn op een beperkt aantal inrichtingen, moeten worden geïnterpreteerd als een geheel van indicatoren van trends over het plaatselijke gedrag van dergelijke inrichtingen.

A.3. Studie van het Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw (OCW) - België

Het Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw heeft, in het kader van de opstelling van dit werk, een meetcampagne uitgevoerd die betrekking heeft op de verhoogde inrichtingen (verkeersdrempels en verkeersplateaus), maar eveneens op de laterale wegverleggingen (zie verder). De metingen, die betrekking hadden op het niveau L_{Amax} , werden uitgevoerd ter hoogte van de inrichtingen, maar ook stroomopwaarts en stroomafwaarts ervan (meetpunten op 10 m afstand van elkaar, 3 voor de verkeersdrempels en 6 voor de verkeersplateaus en de laterale wegverleggingen, op 7,5m van de as van de rijbaan, op een hoogte van 1,2m). De testvoertuigen zijn lichte voertuigen (Toyota Yaris en Opel Zafira), die verschillende keren over de inrichting reden bij constante snelheid (naderingssnelheid = snelheid bij het overrijden), voor verschillende snelheden, om de impact van elke bestudeerde inrichting te kenmerken. De geluidsimpact van een agressief rijgedrag (hoge naderingssnelheid, bruusk afremmen voor de inrichting en snel weer optrekken bij het verlaten van de inrichting) werd eveneens bestudeerd.

Voor meer details verwijzen wij de lezer naar de bijlage van deze fiche, waarin het volledige verslag van de meetcampagnes is opgenomen.

² Met de term commerciële voertuigen lijkt de auteur te verwijzen naar wat traditioneel "vrachtwagens" wordt genoemd.

³ Voor bepaalde bestudeerde locaties konden metingen worden uitgevoerd vóór de aanleg van de verhoogde inrichting, die vervolgens konden worden vergeleken met de geluidsniveaus na de aanleg.

B. PLAATSELIJKE GELUIDSIMPACT VAN DE VERHOOGDE INRICHTINGEN

B.1. Verkeersdrempels

Hieronder vindt u een overzicht van de kenmerken van de bestudeerde inrichtingen, evenals van de snelheden van voertuigen die in aanmerking werden genomen bij de raming van de geluidsimpact.

	TRL	CEDIA	CRR
Kenmerken van de inrichtingen			
Bestrating	gegevens niet beschikbaar in de studie	gegevens niet beschikbaar in de studie	Bestrating van de twee bestudeerde inrichtingen: klinker Wegdek: asfalt
Breedte (m) (loodrecht op de weg)	4,0	4,0	1) niet gepreciseerd 2) niet gepreciseerd
Lengte (m) (parallel met de weg)	3,7	6,0	1) 5,52 2) 3,22
Hoogte (mm) Testvoertuigen	75	Niet gepreciseerd	1) 72 2) 136

Testvoertuigen			
Naderingssnelheid of snelheid vóór aanleg van de inrichting (km/u)	Lichte voertuigen: 45 km/u bussen en commerciële voertuigen: 38 km/u	Lichte voertuigen: 30 km/u (te verifiëren)	Naderingssnelheid = 20, 30, 40, 50 en 60 km/u.
Snelheid bij het overrijden (km/u)	Lichte voertuigen: 22 km/u bussen en commerciële voertuigen: 18 km/u	Lichte voertuigen: "stapvoets"	Snelheid bij het overrijden = naderingssnelheid.

De volgende verkeersdrempels waren het voorwerp van de metingen van het OCW:



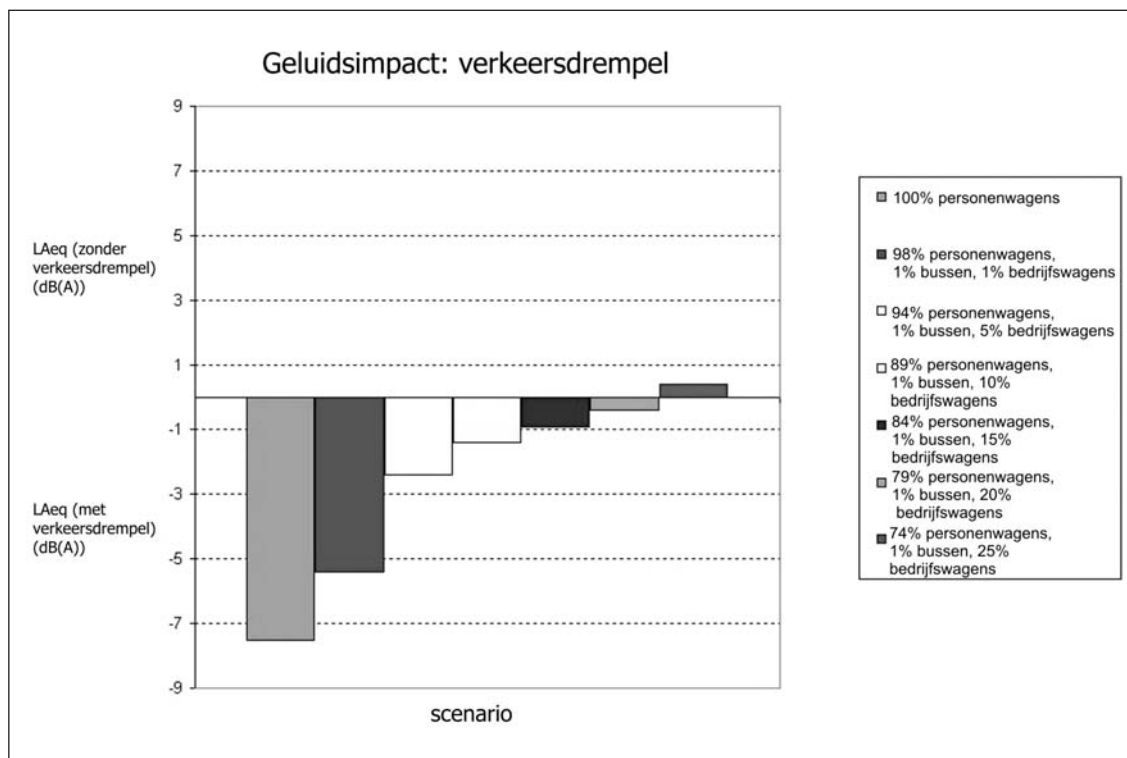
Linden, Kasteeldreef



Lubbeek, Kortrijkstraat

Geluidsimpact: studie van het laboratorium TRL

De door het laboratorium TRL uitgevoerde studie brengt, in de bovenvermelde omstandigheden, verminderingen aan het licht van de plaatselijke geluidsniveaus L_{Aeq} tot 7 dB[A] wanneer het verkeer bestaat uit 100% lichte voertuigen. Deze vermindering bedraagt 5 dB[A] wanneer het verkeer is samengesteld uit 1% bussen en 1% commerciële voertuigen, en bedraagt nog slechts ongeveer 1 dB[A] wanneer commerciële voertuigen en bussen respectievelijk 10% en 1% van het verkeer uitmaken. Een percentage van ongeveer 25% commerciële voertuigen (en 1% bussen) is nodig opdat de inrichting een verhoging van de geluidsniveaus teweeg zou brengen (+ 0,5 dB[A] ongeveer).



Raming van de wijziging van de geluidsniveaus die verband houden met het verkeer na de aanleg van een verkeersdrempel, voor verschillende verkeerssamenstellingsscenario's – Laboratorium TRL.

Geluidsimpact: studie van de CEDIA

De onderstaande tabel geeft een overzicht van de resultaten van de studie van de CEDIA:

	$\Delta \text{SEL (dB[A])}$ SEL (met inrichting) – SEL (zonder inrichting)	$\Delta \text{L}_{Amax} \text{ (dB[A])}$ $\text{L}_{Amax} \text{ (met inrichting)} - \text{L}_{Amax} \text{ (zonder inrichting)}$
Punt stroomopwaarts	- 0,6	-3,3
Centraal punt	- 0,5	-2,8
Punt stroomafwaarts	+ 0,9	- 0,4

De resultaten tonen minder hoge geluidsniveaus L_{Amax} na de aanleg van de verkeersdrempel, ongeacht of men zich stroomopwaarts, centraal of stroomafwaarts van de inrichting bevindt. Deze verschillen bedragen 3 dB[A] stroomopwaarts en in het midden, maar stroomafwaarts is het verschil heel klein, aangezien de automobilisten optrekken bij het verlaten van de inrichting. De geringe verschillen van het SEL-niveau (dat de akoestische energie van het verschijnsel vertegenwoordigt) kunnen worden verklaard door de lange doorgangstijd in het invloedsgebied van de inrichting, met name doordat het voertuig vrijwel tot stilstand komt voor de inrichting. De positieve waarde stroomafwaarts vertaalt overigens de versnellingsfase na het overrijden van de inrichting.

We merken op dat deze winst geldt in het geval van een weggebruiker die de plaatselijke snelheidsbeperkingen in acht neemt (met en zonder inrichting: naderingssnelheid van 30 km/u).

Geluidsimpact: studie van het OCW

De resultaten van de meetcampagne van het OCW zijn opgenomen in de bijlage, in de vorm van grafieken en interpretaties. Dank zij deze resultaten kon met name een lichte verhoging van de geluidsniveaus L_{Amax} worden vastgesteld (met 0 tot 1,5 dB[A]) bij het overrijden van de inrichting. Het spreekt voor zich dat de verkeersdrempel, die een snelheidsvermindering nastreeft, dergelijke geluidsversterkingen niet meebrengt wanneer hij wordt vergeleken met een situatie zonder snelheidsbeperkende voorziening. Met betrekking tot figuur 5 in de bijlage kan men dus stellen dat de vermindering van het geluidsniveau L_{Amax} dat wordt verwacht bij het overrijden van de inrichting met een snelheid van 20 km/u, vergeleken met een situatie zonder deze inrichting en met een snelheid bij het voorbijrijden van 50 km/u, hoger is dan 10 dB[A].

B.2. Verkeersplateaus

De onderstaande tabel geeft een overzicht van de kenmerken van de bestudeerde inrichtingen, evenals van de snelheden van de voertuigen die in aanmerking worden genomen bij de raming van de geluidsimpact.

	TRL	CEDIA	CRR	
Geometrische kenmerken van de inrichtingen				
Bestrating	informatie niet beschikbaar in de studie	informatie niet beschikbaar in de studie	Verkeersplateau in klinkers Straat met asfalt-verharding	Verkeersplateau in klinkers Straat met beton-verharding
Breedte (m)	4,0	6,0	Niet gepreciseerd	Niet gepreciseerd
Lengte (m)	7,8	36,0 (of 40)	16,6	28
Hoogte (mm)	75	150 (verkeersplateau met trapezoidale hellingen)	71	103
Testvoertuigen				
Naderingssnelheid of snelheid vóór de aanleg van de inrichting (km/u)	Lichte voertuigen: 45 km/u bussen en commerciële voertuigen: 38 km/u	Lichte voertuigen: 50 km/u	Naderingssnelheid = 20, 30 , 40 , 50 en 60 km/u.	
Snelheid bij het overrijden (km/u)	Lichte voertuigen: 22 km/u bussen en commerciële voertuigen: 18 km/u	Lichte voertuigen: 15 km/u	Snelheid bij het overrijden = naderingssnelheid.	

De metingen van het OCW hadden betrekking op de volgende verkeersplateaus:



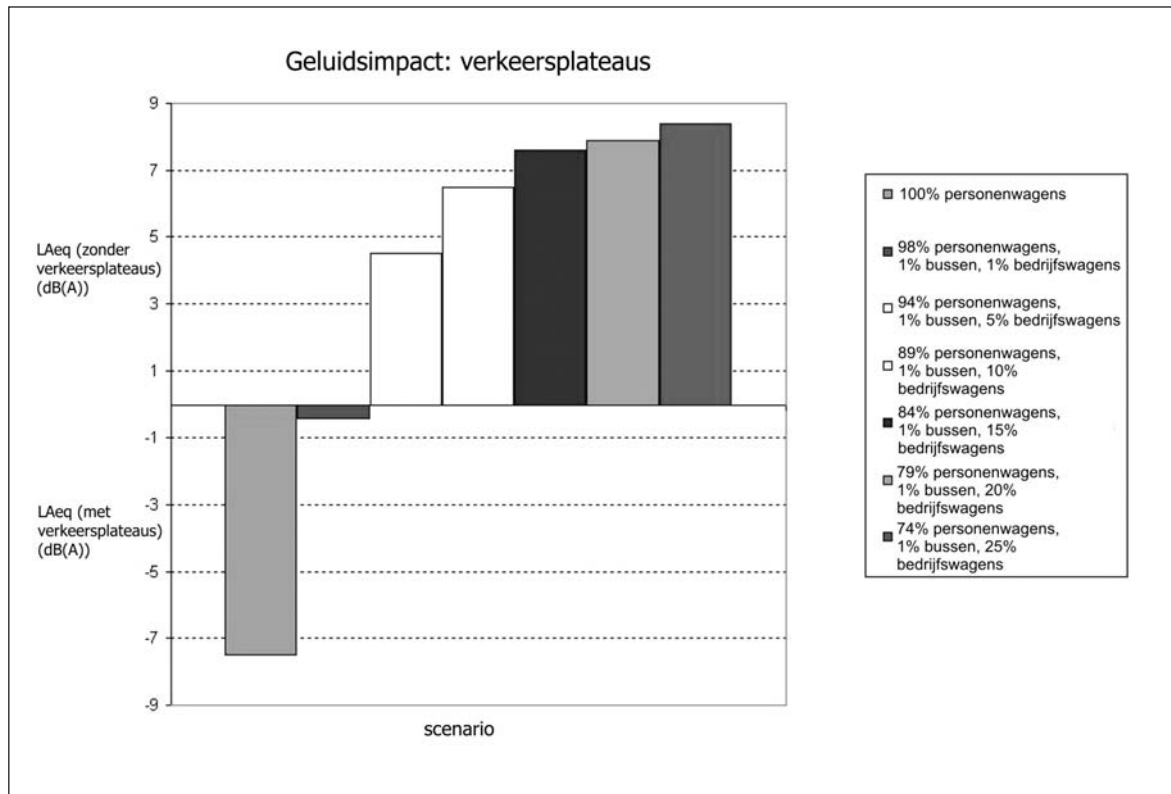
Hoeilaart, Waversesteenweg



Tervuren, Museumlaan

Geluidsimpact: studie van het laboratorium TRL

De door het laboratorium TRL uitgevoerde studie wijst, net als in het geval van de verkeersdrempels, op verminderingen van de geluidsniveaus L_{Aeq} tot 7 dB[A] wanneer het verkeer bestaat uit 100% lichte voertuigen. Deze vermindering bedraagt nauwelijks 1 dB[A] wanneer het verkeer is samengesteld uit 1% bussen en 1% commerciële voertuigen. Wanneer de commerciële voertuigen en de bussen respectievelijk 5% en 1% van het verkeer uitmaken, wordt deze trend omgekeerd en kan een verhoging van het geluidsniveau met ongeveer 4 dB[A] worden verwacht. Deze verhoging bedraagt bijna 9 dB[A] wanneer het verkeer is samengesteld uit 25% commerciële voertuigen en 1% bussen.



Raming van de wijzigingen van de geluidsniveaus L_{Aeq} van het verkeer na de aanleg van een verkeersplateau, voor verschillende verkeerssamenstellingsscenario's – Laboratorium TRL

Door geluidsmetingen uit te voeren in de stad Gloucester heeft hetzelfde laboratorium ook het probleem van de vrachtwagens in het licht gesteld. Vóór en na de aanleg van met name verkeersplateaus werden metingen uitgevoerd naar het geluidsniveau L_{Amax} voortgebracht door vrachtwagens, op een afstand van 5 m van het midden van de weg en op een hoogte van 1,2 m. Verhogingen van het niveau L_{Amax} , ten belope van 0 tot 1,5 dB[A], werden vastgesteld na de aanleg van de inrichting, en dit ondanks de daling van de snelheid van de vrachtwagens. Dit kan hoofdzakelijk worden verklaard door twee fenomenen, die afhankelijk van het geval de oorzaak kunnen vormen van de verhoging van het geluidsniveau L_{Amax} :

- ◆ de vrachtwagenchauffeurs veranderen van versnelling om over de inrichting te rijden: het gevolg is dat de motorsnelheid vrijwel gelijk blijft, of zelfs wordt verhoogd;
- ◆ het voertuiglichaam kan een sterk geluid voortbrengen wanneer het over de inrichting rijdt: zo werd een toename van het niveau L_{Amax} met 11 dB[A] gemeten toen een vrachtwagen over het bestudeerde verkeersplateau reed.

Op dit vlak merken we op dat het lichaam van het voertuig, wanneer het over het obstakel rijdt, een tonale overschrijding kan veroorzaken die het geluid doorgaans sterker maakt en hinderlijker voor de omwonenden. Een frequentieanalyse is noodzakelijk om dit soort verschijnsel te detecteren en te analyseren.

Ook het overrijden van lichte voertuigen werd bestudeerd in Gloucester; de resultaten tonen, net als de hieronder uiteengezette resultaten van de CEDIA, verminderingen van het L_{Amax} met 5 dB[A] tegenover het midden van de inrichting wanneer er een licht voertuig overrijdt, na de aanleg van het verkeersplateau.

Geluidsimpact: studie van de CEDIA

De onderstaande tabel geeft een overzicht van de resultaten van de studie van de CEDIA die betrekking hebben op de verkeersplateaus:

	$\Delta \text{SEL (dB[A])}$ SEL (met inrichting) – SEL (zonder inrichting)	$\Delta \text{L}_{\text{Amax}} \text{ (dB[A])}$ $\text{L}_{\text{Amax}} \text{ (met inrichting)} - \text{L}_{\text{Amax}} \text{ (zonder inrichting)}$
Punt stroomopwaarts	- 5,6	-6,0
Centraal punt	- 5,4	-6,1
Punt stroomafwaarts	+ 0,0	- 3,0

De resultaten tonen, net als in het geval van de verkeersdrempel, minder hoge plaatselijke niveaus L_{Amax} na de aanleg van het verkeersplateau. De winst is even groot (6 dB[A]) stroomopwaarts en in het midden van de inrichting, gezien de goede signalisatie van de inrichting waardoor minder bruusk moet worden geremd en van toerental veranderd. De winst stroomafwaarts is kleiner (3 dB[A]) doordat de voertuigen weer optrekken bij het verlaten van de inrichting. De geluidsenergiehoeveelheden die worden ontvangen stroomopwaarts en in het midden van de inrichting, zijn eveneens lager (meer dan 5 dB[A]) na de aanleg van het verkeersplateau, door de snelheidsvermindering. Deze verminderingen zijn groter dan in het geval van de verkeersdrempel, met name omwille van de kortere doorgangstijd. Stroomafwaarts is de waargenomen energiehoeveelheid identiek, met of zonder inrichting; de geluidsvermindering ten gevolge van de aanleg van de inrichting (en dus ten gevolge van een snelheidsvermindering) wordt met name gecompenseerd doordat de voertuigen optrekken nadat ze over de inrichting zijn gereden.

De waarnemingen gelden voor een weggebruiker die de plaatselijke snelheidsbeperkingen in acht neemt (met en zonder inrichting: naderingssnelheid van 50 km/u).

Geluidsimpact: studie van het OCW

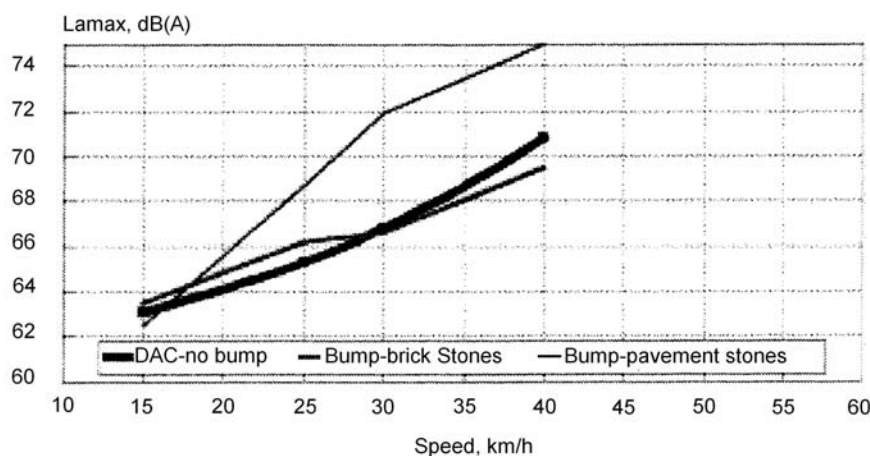
De resultaten van de meetcampagne van het OCW worden weergegeven in de bijlage, in de vorm van grafieken en interpretaties. Net als in het geval van de verkeersdrempels werd een lichte verhoging van de geluidsniveaus L_{Amax} (met 0 tot 1,5 dB[A]) bij het overrijden van de inrichting vastgesteld. Bij deze vaststelling wordt alleen de fysieke impact van de inrichting in aanmerking genomen (omdat de snelheid bij het overrijden identiek is aan de naderingssnelheid). In het geval de situatie "overrijden van de inrichting" met een snelheid van 30 km/u wordt vergeleken met een situatie zonder inrichting, waarin het voertuig tegen 50 km/u door een identieke straat rijdt, bedraagt de tijdswinst voor het niveau L_{Amax} 7 dB[A].

Invloed van de bestrating op het plaatselijke geluid

We herinneren eraan dat het rijgeluid, door het contact van de banden met de weg, dominant wordt voor snelheden hoger dan 40 km/u. Bij lagere snelheden overweegt vooral het mechanische geluid. De invloed van de bestrating van de verhoogde inrichtingen is dus niet noodzakelijk het meest bepalend voor het geluid dat wordt voortgebracht door het overrijden van voertuigen, aangezien deze laatste de inrichtingen naderen met een snelheid lager dan 40 km/u. Niettemin is het in bepaalde gevallen (van lawaaierige bestratingen, zoals straatkeien), zo dat de bestrating van de verhoogde inrichtingen op zich een niet te verwaarlozen verhoging van het geluid teweeg kan brengen. Dezelfde mogelijkheid bestaat wanneer de inrichting in slechte staat is.

Volgens een Noorse studie^{vii} die betrekking heeft op metingen uitgevoerd op verkeersplateaus bestaande uit straatkeien en klinkers, zijn straatkeien lawaaierig zelfs als er tegen een lage snelheid over wordt gereden. Zo zijn de L_{Amax} -niveaus die worden gemeten bij het overrijden van een met straatkeien aangelegd verkeersplateau 3 tot 6 dB[A] keer hoger (voor snelheden tegen de voertuigen tussen 25 en 40 km/u) dan in een gelijkaardige situatie met een verkeersplateau in klinkers (zie figuur 10).

Voor meer details over de bestratingen verwijzen wij de lezer naar fiche 7: Bestratingen, waarin de geluidsimpact van de bestrating uitgebreid aan bod komt.



Niveaus L_{Amax} door een licht voertuig dat over verkeersplateaus uit klinkers en straatkeien rijdt, vergeleken met een dicht asfaltdek.

8.2.1.3.4. Besluit

Ondanks de specifieke omstandigheden (naderingssnelheid en snelheid bij het overrijden, rijgedrag, afmetingen en materialen van de inrichtingen enz.) van de geanalyseerde studies, lijken ze het erover eens in hun conclusies dat **de aanleg van verkeersdrempels en verkeersplateaus het gewoonlijk mogelijk maakt het algemene en plaatselijke geluid te verminderen**. Er konden evenwel uitzonderingen worden vastgesteld in het geval een dergelijke inrichting wordt aangelegd op een weg met veel bus- en vrachtverkeer, en eveneens in het geval van een verkeersplateau in kasseien. Ook in het geval van vrachtwagens die over dergelijke inrichtingen reden, kon een geluidsoverschrijding worden vastgesteld, wellicht door de onaangepaste afmetingen.

We kunnen de wegbeheerder die bekommerd is om de geluidsproblematiek dus meteen al wijzen op:

- ◆ het belang van de verkeerssamenstelling op de betreffende weg;
- ◆ het belang van de keuze van materialen die worden gebruikt voor het ontwerp van de verhoogde inrichtingen, evenals de geometrie ervan.

Bovendien werd aangetoond dat hoe beter de inrichting haar rol van snelheidsbeperker vervult, hoe beter ze het algemene geluid in haar invloedsgebied kan verminderen.

Zo kan de beheerder dus van meet af uitkijken naar plaatsen die een efficiënte snelheidsvermindering vergemakkelijken (goede zichtbaarheid, begeleiding van de inrichting met andere snelheidsverminderende maatregelen zoals wegversmallingen, enz.)

In het licht van deze opmerkingen kan worden gesteld dat **een grondige kennis van de geometrie, de materialen en de aanlegvereisten** nuttig blijkt om in de richting van een kleinere geluidsimpact van het straatlawaai te gaan. Deze elementen worden hieronder verder uitgewerkt.

Zoals hierboven reeds werd gesteld, lijkt de snelheidsvermindering die wordt veroorzaakt door de verhoogde inrichtingen een efficiënt middel om het algemene geluid te verminderen. Toch klagen de meeste omwonenden die in de nabijheid van een verhoogde inrichting wonen zeer vaak over de geluidshinder die ze ervaren. Zelfs als het plaatselijke geluid afneemt, kan de geluidshinder toenemen door de aanleg van een dergelijke inrichting.

In werkelijkheid zijn de bestudeerde parameters (L_{Amax} , SEL en LAeq) indicatief voor de hinder die verband houdt met de amplitude en de duur van het evenement. De verhoogde inrichtingen kunnen hinderlijk zijn in tal van andere opzichten:

- ◆ **variabel karakter van het geluid:** de verhoogde inrichting brengt aanzienlijke plaatselijke variaties van het geluid mee: remmen voor het overrijden, het overrijden, het optrekken bij het verlaten van de inrichting. Het variabele karakter van het geluid wordt vaak als ervaren als hinderlijker dan een doorlopend geluid, zelfs als het een lagere amplitude heeft.
- ◆ **tonale overschrijding:** het gesnerp van de banden, het geluid van het koetswerk van het voertuig dat over de inrichting schuurt zijn verschijnselen die een tonale overschrijding kunnen meebrengen.
- ◆ **Context:** volgens een door Inter-Environnement Bruxelles uitgevoerde studie is de geluidshinder minder groot naarmate de betrokkenheid van de burger toeneemt en de inrichting past in een algemene context waarin de snelheidsbeperkende maatregelen reeds van kracht zijn.

Het is dan ook belangrijk dat bij de aanleg van de inrichting rekening wordt gehouden met deze bijkomende overwegingen.

8.2.1.4. Technische kenmerken

De technische voorschriften waaraan de verhoogde inrichtingen moeten voldoen, zijn vastgelegd door de besluiten van 9 oktober 1998 en 3 mei 2002.

Wat de geometrie betreft, worden de afmetingen opgelegd rekening houdend met de vereisten van de verschillende voertuigen. Wanneer er tegen een lage snelheid wordt overgereden, kunnen de conforme verhogingen geen problemen meebrengen of hinder veroorzaken.

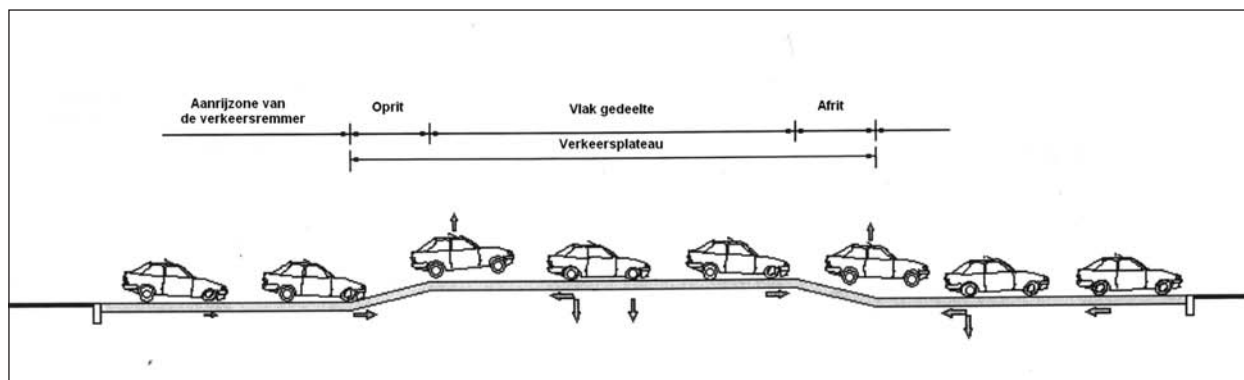
Deze bepalingen worden aangevuld door de ervaring en het gezond verstand. Op woonerven (volgens de wegcode) is het niet verplicht dat de verhoogde inrichtingen overeenstemmen met de wet.

8.2.1.4.1. Geometrie

De afmetingen werden vastgelegd teneinde "de snelheden waarmee gereden wordt fysiek af te remmen, zonder evenwel onaanvaardbare dwang te creëren..."^{viii}.

Deze bekommernis, die voortvloeit uit een streven naar meer veiligheid, laat eveneens toe de risico's van algemene geluidshinder te verminderen. Bijvoorbeeld, een inrichting met een minimumhoogte kan vermijden dat de onderkant van het koetswerk van de voertuigen over de inrichting schuurt en een scherp, zeer hinderlijk geluid voortbrengt. De afmetingen moeten evenwel voldoende ontradend zijn opdat de snelheidsvermindering efficiënt zou zijn en opdat het algemene geluid zoveel mogelijk zou worden verminderd.

Een voertuig dat over een verhoogde inrichting rijdt, ondergaat een verticale versnelling. Deze creëert een ongemak voor de personen in het voertuig.

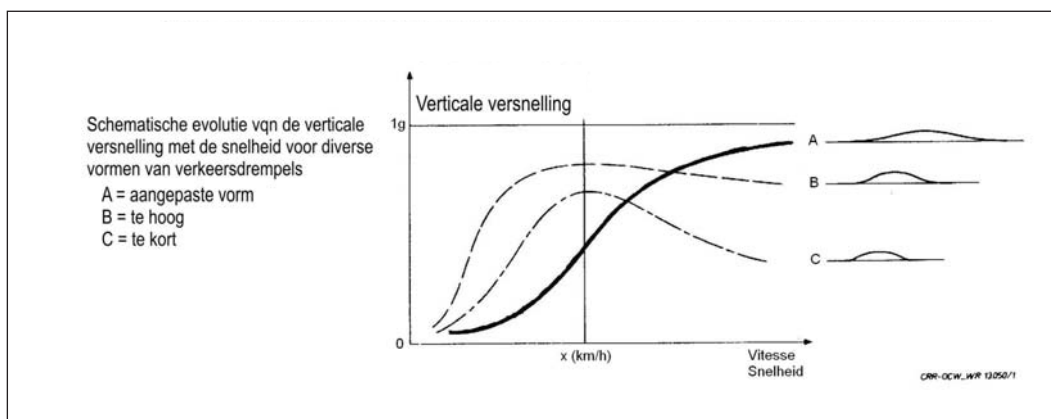


Verticale versnelling door de verhoogde inrichting (Bron: OCW)

Het ongemak dat de passagiers ervaren, hangt samen met de verticale versnelling.

Om de efficiëntie van de voorziening te garanderen, moet de verticale versnelling:

- ◆ laag zijn voor voertuigen die er tegen een lage snelheid over rijden,
- ◆ sterk toenemen rond de referentiesnelheid,
- ◆ niet afnemen voorbij een zekere snelheid bij het overrijden,
- ◆ lager zijn dan 1g.



Versnelling afhankelijk van de snelheid voor verschillende profielen (Bron: IBSR, 1992)

De verticale versnelling wordt niet alleen bepaald door de snelheid tegen dewelke het voertuig over de inrichting rijdt, maar hangt ook af van het profiel van de inrichting zelf (aard, hoogte, lengte enz.) en van de kenmerken van het voertuig (ophanging, bandendruk, comfort van de stoelen, enz.).

4 cm is de minimumhoogte die nodig is om een gevoel van ongemak te creëren bij het rijden over een verhoogde inrichting. Bovendien moeten de hoogte en de vorm aangepast zijn om te vermijden dat de onderkant van het koetswerk de inrichting raakt.

De lengte moet groter zijn dan de wielbasis van het voertuig, die gelijk is aan +/-2,70m.

Op korte en hoge obstakels bestaat het risico dat het voertuig lichtjes "opstijgt", doordat het een sprong maakt. Indien ze niet lang genoeg zijn, worden de schokken overigens opgestapeld, in de plaats van elkaar op te volgen. Er is dus een grote schok in de plaats van verschillende kleine schokken. Dergelijke inrichtingen, met onaangepaste afmetingen, zijn niet reglementair en worden niet meer geacht te bestaan.

Anderzijds is het zo dat hoe langer de inrichting, hoe hoger de snelheid bij het overrijden kan zijn voordat een voldoende verticale versnelling ontstaat om onaangenaam te zijn. Het doel van snelheidsvermindering neemt dus af met de lengte van de inrichting.

De afmetingen van de verhoogde inrichtingen zijn vastgelegd in het besluit van 3 mei 2002, zowel voor de verkeersdrempels als voor de verkeersplateaus.

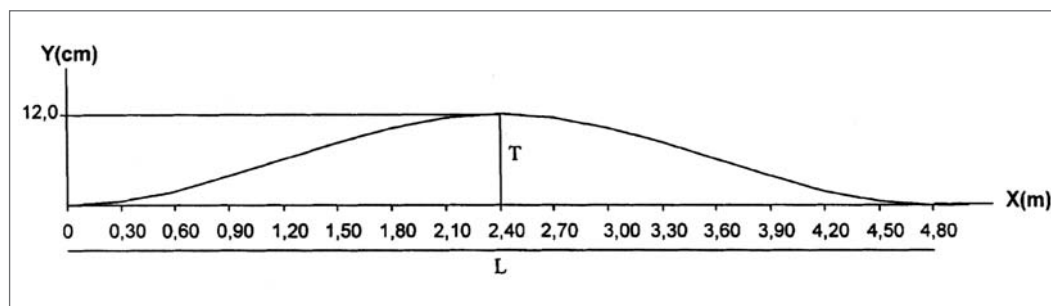
De niet-conforme inrichtingen moeten sinds 1 november 2002 worden aangepast of afgebroken indien hun hoogte of lengte boven de wettelijke voorschriften zit, en hun op- en afritten eronder. Verkeersplateaus die korter of lager zijn of waarvan de op- en afritten langer zijn dan de wettelijk bepaalde afmetingen, kunnen evenwel worden aangeduid door de verkeersborden A14 en F87 (zie verder) tot het moment waarop de werken voor heraanleg van de infrastructuur worden aangevat.

Op lokaal niveau moet de inrichting loodrecht op de as van de rijbaan worden aangelegd en tenminste over haar totale breedte. Evenwel, wanneer de rijrichtingen op een rijbaan van elkaar gescheiden zijn anders dan door wegmarkeringen, mag de breedte van de verkeersdrempel beperkt zijn tot het gedeelte van de rijbaan bestemd voor één rijrichting.

A. DE VERKEERSDREMPELS

De vormen en afmetingen van de verkeersdrempel worden gedefinieerd in bijlage 1 van het KB van 3 mei 2002.

De verkeersdrempel heeft een maximale lengte L van 4,80m en een maximale hoogte T van 12 cm. De lengte van de verkeersdrempels die aangebracht werden vóór de inwerkingtreding van dit besluit (BS: 31 mei 2002), mag echter variëren tussen 4 en 4,80 m. De maximale hoogte bedraagt dan 10 cm bij een lengte van 4 m.



Lengteprofiel van een verkeersdrempel (Bron: KB 09/10/1998)

Y= ordinaat, T= maximale hoogte van de inrichting

X= abscis, L= lengte van de inrichting

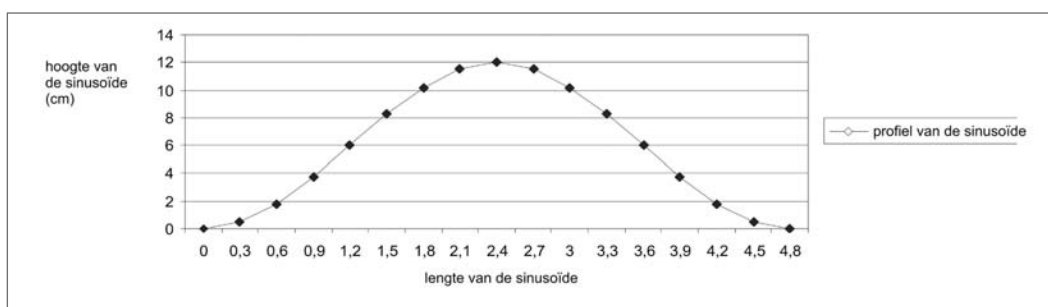
Het lengteprofiel van de verkeersdrempel wordt berekend volgens de formule:

$$Y \text{ (cm)} = \frac{T \text{ (cm)}}{2} \left(1 - \cos \frac{2\pi X \text{ (cm)}}{L \text{ (m)}} \right)$$

Aan de hand van deze formule kan de hoogte worden bepaald die de inrichting moet hebben bij elk X-coördinaat⁴.

⁴ Voor een standaard verkeersdrempel van 4,80 m lang en 12 cm hoog wordt het profiel dus berekend volgens de formule: $Y \text{ (cm)} = 6 \left(1 - \cos \frac{2\pi X \text{ (cm)}}{4,80 \text{ m}} \right)$

De toepassing van de formule geeft de volgende tabel aan de hand waarvan we de hoogte (Y-coördinaat) kunnen kennen over de hele sinuslijn:



Lengteprofiel van een verkeersdrempel van 4,80 m lang en 12 cm hoog volgens de gegevens van het koninklijk besluit van 9/10/1998

Wat dus geeft, in detail:

X in m	0	0,3	0,6	0,9	1,2	1,5	1,8	2,1	2,4	2,7	3	3,3	3,6	3,9	4,2	4,5	4,8
Y in cm	0	0,5	1,8	3,7	6	8,3	10,2	11,5	12	11,5	10,2	8,3	6	3,7	1,8	0,5	0

Berekening van het lengteprofiel van een verkeersdrempel van 4,80 m lang en 12 cm hoog
(Bron: KB 09/10/1998)

De volgende toleranties worden toegestaan bij de realisatie van verkeersdrempels:

- ◆ op de lengte L: +/- 5 %
- ◆ op de hoogte Y:
 - +/- 2 cm voor een individueel meetpunt
 - +/- 1 cm voor het gemiddelde van het lengteprofiel
- ◆ op de beginrand A: +/- 0,5 cm (hoogte van het begin van de verkeersdrempel)

Het lengteprofiel is aangepast aan de werkelijke lengte van de verkeersdrempel. De oppervlakte van de verkeersdrempel moet vlak zijn.

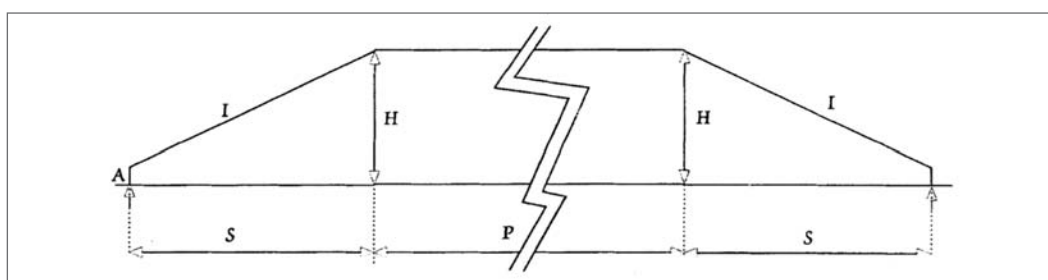
B. DE VERKEERSPLATEAUS

De vormen en afmetingen van de verkeersplateaus worden bepaald in bijlage 2 van het besluit van 3 mei 2002, aangevuld met het erratum van dezelfde datum.

Het profiel van het verkeersplateau kan worden aangepast naar gelang van de drukte, de samenstelling van het verkeer en de gewenste snelheden.

De lengte van het vlakke oppervlak P, de hoogte H, de helling I en de vorm van de op- en afrit zijn variabel. Het verkeersplateau kan trapezoidaal of met sinusoidale op- en afrit zijn.

B.1. Trapezoidaal verkeersplateau (vlakke op- en afritten)



Trapezoidaal verkeersplateau (Bron: KB 09/10/1998)

De lengte van het bovenvlak P is veranderlijk in functie van het type van verkeer en de plaatselijke omstandigheden. Ze bedraagt minstens 8 meter indien de weg wordt gebruikt door autobussen en 15 meter voor gelede autobussen.

Volgens een studie van de Société Régionale Wallonne du Transport blijft het correcte gedrag van de gelede bus aanvaardbaar, ongeacht de lengte van het verkeersplateau. Het is dus niet echt nodig 15 meter te voorzien voor trajecten die worden gebruikt door gelede voertuigen.

De hoogte H is veranderlijk in functie van zijn doelstelling. De aanbevolen hoogten zijn 10 of 12 cm. De hoogte mag echter gelijk zijn aan de hoogte van de trottoirrand, met een maximum van 15 cm en een minimum van 8 cm wanneer de lokale omstandigheden dit vereisen.

Hoewel het verkeersplateau toegelaten is voor buslijnen, wordt het met een hoogte van 12 cm paradoxaal genoeg als comfortabeler beschouwd voor de bussen als met een hoogte van 10 cm. Volgens de studie van de SRWT is deze paradox misschien toe te schrijven aan de stabilisering van de ophanging van het voertuig.

De lengte S van de op- en afritten en de helling I die wordt uitgedrukt in % variëren afhankelijk van het type van verkeer en de hoogte H van het verkeersplateau.

De afmetingen van een trapezoïdaal verkeersplateau zijn:

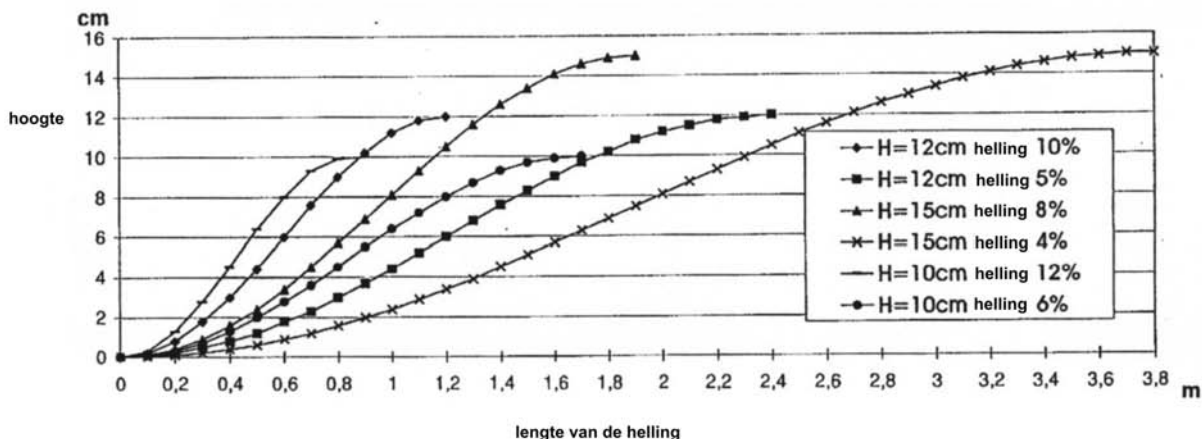
Hoogte H van het trapezoïdaal verkeersplateau		10 cm	12 cm	15 cm
Op wegen niet gebruikt door autobussen en/of door talrijke zware voertuigen	Lengte P van het bovenvlak in m	>5	>5	>5
	Helling I van de op- en afrit in %	14	12	10
	Lengte S van de op- en afrit in m	0,70	1	1,50
Op wegen gebruikt door autobussen, met inbegrip van de gelede bussen, en/of door talrijke zware voertuigen	Lengte P van het bovenvlak in m	>8	>8	>8
	Helling I van de op- en afrit in %	4	4	3
	Lengte S van de op- en afrit in m	2,5	3	5

Afmetingen van een trapezoïdaal verkeersplateau (Bron: KB 09/10/1998)

B.2. B.2. Verkeersplateau met sinusoidale op- en afrit

Vergeleken met het trapezoïdale verkeersplateau zijn de op- en afritten anders, en hebben ze een sinusoidale vorm.

Het profiel varieert volgens de hoogte van het verkeersplateau en de lengte van de oprit, die rechtstreeks van invloed is op de helling, zoals aangetoond in deze tabel.



Sinusoidale op- en afrit voor verkeersplateau (Bron: KB 09/10/1998)

Het lengteprofiel van de op- en afrit wordt, naargelang het type van het verkeersplateau, berekend met een formule, zodat de hoogte van de op- en afrit kan worden bepaald op elk punt, volgens de lengte van de op- en afrit en de hoogte van het verkeersplateau, of de uiteindelijke hoogte van de sinuslijn.

Het type van verkeersplateau varieert volgens de lengte van de op- en afrit: type 85 heeft een op- en afrit van 85 cm, type 120 een op- en afrit van 1,20 m lang, enz.

⁵ Formule van de sinusoidale op- en afrit: $Y \text{ (cm)} = \frac{H \text{ (cm)}}{2} \left(1 - \cos \frac{\pi X \text{ (m)}}{S \text{ (m)}} \right)$, X=abscis, Y= ordinaat, H= hoogte van het verkeersplateau, S= lengte van de op- en afrit

De afmetingen van een standaard verkeersplateau met sinusoidale op- en afrit zijn:

Hoogte H van het verkeersplateau met sinusoidale op- en afrit		10 cm	12 cm	15 cm
Op wegen niet gebruikt door autobussen en/of talrijke zware voertuigen	Type	85	120	190
	Lengte P van het bovendvlak in m	>5	>5	>5
	Helling I van de op- en afrit in %	12	10	8
	Lengte S van de op- en afrit in m	0,85	1,20	1,90
Op wegen gebruikt door autobussen met inbegrip van gelede autobussen en/of talrijke zware voertuigen	Type	-	-	380
	Lengte P van het bovendvlak in m	-	-	>8
	Helling I van de op- en afrit in %	-	-	4
	Lengte S van de op- en afrit in m	-	-	3,80

Afmetingen van een verkeersplateau met sinusoidale op- en afritten (Bron: KB 09/10/1998)

In detail is het lengteprofiel van een op- en afrit van type 85, volgens de formule:

Type 85 – $Y = 10/2 (1 - \cos nX/0,85)$										
X in m	0	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,87
Y in cm	0	0,3	1,3	2,8	4,5	6,4	8	9,3	9,9	10

Lengteprofiel van een sinusoidale op- en afrit van type 85

Deze tabel geeft de hoogte (Y-coördinaat) in elke fase X van de sinuslijn van de op- en afrit.

Ditzelfde type van tabel bestaat voor de profielen van type 120, 190 en 380 in de besluiten.

De volgende toleranties worden toegestaan in de realisatie van de verschillende types van verkeersplateaus:

- ◆ op de lengte S van de op- en afrit S: +/- 5%
- ◆ op de lengte P van het bovendvlak: geen tolerantie
- ◆ op de hoogte Y:
 - +/- 2 cm voor een individueel meetpunt
 - +/- 1 cm voor het gemiddelde van het lengteprofiel
- ◆ de beginrand A: +/- 0,5 cm maximum

8.2.1.4.2. Materialen

De keuze van de materialen varieert in functie van:

- ◆ de veiligheid: zichtbaarheid, lichte kleur, gladheid,
- ◆ de kwaliteit en de duurzaamheid van de bestrating,
- ◆ de aard van de bodem,
- ◆ de andere aanwezige bestratingmaterialen,
- ◆ het karakter van de wijk en het type van verkeer,
- ◆ ...

De aard van de materialen en de toepassing ervan zijn criteria die een rol kunnen spelen in de geluidshinder die wordt vastgesteld in de buurt van de verhoogde inrichtingen. Hoewel de geluidshinder bij lage snelheden hoofdzakelijk toe te schrijven is aan mechanische geluiden, kan een lawaaierige bestrating, zoals van kasseien, hinderlijk blijken. Het effect van de bestrating op de geluidsniveaus wordt verder uitgewerkt in fiche 7. Elke onvolkomenheid kan overigens leiden tot bijkomende plaatselijke geluidshinder; het is dan ook belangrijk regelmatig onderhouds- en renovatiewerken te voorzien.

Volgens de wet, moeten de verhogingen in het wegdek zodanig aangelegd zijn dat ze zich duidelijk van de wegbedekking van de rijweg onderscheiden.

Het gebruik van andere materialen dan die van de rijweg en het voetpad verbetert de perceptie van de verhoogde inrichting, maar kan aansluitingsproblemen meebrengen. Indien andere materialen worden gebruikt, moet dus een bijzondere aandacht worden besteed aan de aansluitingen.

In het algemeen moet de fundering van de inrichting worden versterkt met een mager beton, met daarop stabiliserend zand om het risico van verzakkingen te vermijden.

Bovendien wordt de inrichting afgeboord door een kantstrook over de hele lengte van de zijkanten ervan.

Aangezien een verhoging van de rijweg een insnijding in de waterafvoer meebrengt, moeten de straatkolken in voldoende aantal en op de juiste plaats aangebracht zijn.

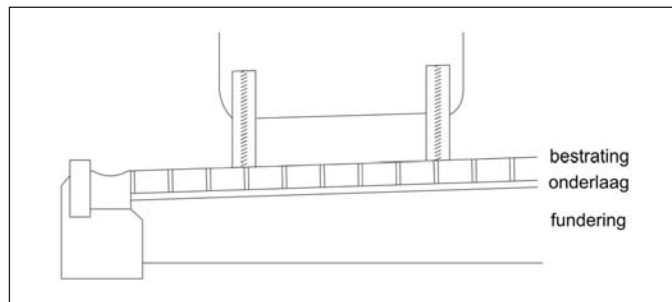
Het is eveneens aanbevolen vorstvaste materialen te gebruiken om complicaties door vorst en ontdooiing te voorkomen.

A. DE BESTRATING

De straatkeien zorgen voor een goed contrast met de bestrating van de rijweg. Het kleurassortiment is gevarieerd. De witte lijnen kunnen worden uitgevoerd met straatkeien in een andere kleur, zodat schilderen niet nodig is en de kleuren niet slijten met de jaren.

Omdat straatkeien als wegdek relatief lawaaiërig zijn, kan de bestrating de oorzaak vormen van geluidshinder in de nabije omgeving.

Voor het bovenvlak van de verkeersplateaus kunnen de straatkeien worden gebruikt op wegen waarvan het verkeer beperkt is tot 3.000 voertuigen en 300 vrachtwagens per dag. Deze aantallen moeten beperkt zijn tot 500 voertuigen en 40 vrachtwagens per dag voor de op- en afritten en de sinusoidale verkeersdremfels.



typedoorsnede van een verhoogde inrichting uitgevoerd in straatkeien

De **problemen** die de kop opsteken in het geval van een inrichting uitgevoerd in straatkeien, kunnen toe te schrijven zijn aan:

- ◆ het klimaat:
 - afwatering en plasvorming: er moeten voldoende straatkolken worden voorzien die ook correct worden geplaatst;
 - doorsijpeling van water: door de open structuur die het water laat doorsijpelen, wordt het stilstaan van water en dus plasvorming vermeden, en dus ook ijzelplekken. Aan de andere kant kan de doorsijpeling van water leiden tot stabiliteitsproblemen in een vochtige omgeving en waterverzadiging in de straatlaag;
 - vorst en ontdooiing: deze cycli kunnen vervormingen van de lagen meebrengen.
- ◆ het verkeer:
 - trillingen: ze kunnen doorsijpelingen tussen de lagen meebrengen;
 - verticale belasting: deze moet worden verdeeld om vervormingen en een verspreiding van de straatlaag te beperken;
 - horizontale belasting: deze kan verplaatsingen van de straatkeien meebrengen: wegglijden, vergroten van de voegwijdte, kantelen enz.,

Wat het **ontwerp** en de **uitvoering** betreft, moet aandacht worden besteed aan de verschillende lagen:

- ◆ Bestrating: om de stabiliteit van de straatkeien en de maximale doordringbaarheid van deze eerste laag te garanderen en problemen door de doorsijpeling van water te vermijden, is het aan te raden:
 - een transversale helling $\geq 2,5\%$ te voorzien, met afvoer van het hemelwater;
 - een dikte van de straatkeien van 10 en 13 cm, afhankelijk van het verkeer;
 - dunne voegen van ± 3 mm, goed gevuld met een hoekig en slijtvast materiaal (kiezelaarde, kwarts, zandsteen, porfier,...), om te vermijden dat de voeg uiteengaet en erodeert;

- in elkaar grijpend breukverband, om de belasting zo goed mogelijk te verdelen;
- waterafstoting van de bestrating, om ze zo doordringbaar mogelijk te maken.
- ◆ **Straatlaag:** om stabiel te zijn, ook in aanwezigheid van water, en doordringbaar om te vermijden dat water blijft staan, moet het volgende worden voorzien:
 - een granulometrie 0/7, met voldoende dikke elementen om een goede bestandheid tegen trillingen en belasting te garanderen, zelfs in een vochtige omgeving;
 - hoekige, slijtvaste materialen, in het ideale geval vorstvrij om het risico van opzwellen te voorkomen;
 - geen met cement gestabiliseerde materialen, om het risico van structuurverlies van de straatlaag te beperken;
 - een constante dikte van maximum 4 cm.
- ◆ **Fundering:** bestand tegen waterindringing en tegen vorst, en moet bestand zijn tegen zware belastingen. Het volgende is dan ook aanbevolen:
 - vorstvrije materialen die geen water vasthouden;
 - een stabiele fundering, bestand tegen hameren en spoorvorming, die in het ideale geval ook een drainerende werking heeft.

Het is overigens belangrijk dat de volgende acties geoptimaliseerd worden:

- ◆ **Drainering:** nuttig om het doorgesijpelde water af te voeren, om een waterverzadiging van de straatlaag te vermijden en zo vervormingen en stabiliteitsproblemen door de aanwezigheid van water in de materialen te vermijden. De drainering gebeurt langs de straatlaag. Een drainering beperkt ook de problemen bij vorst.
- ◆ **Verankering en vastklemming:** om de belasting over te brengen en te verspreiden, om verplaatsing van de straatkeien te vermijden of te beperken, moet de bestrating goed vastgeklemd zijn. Naast de dunne en goed gevulde voegen moet de inrichting ook worden vastgezet door kantstenen (kantopsluitingen) rondom. Dit is niet nodig tussen oppervlakken met dezelfde bestrating.



Verkeersplateau in straatkeien - Laken

Wat de uitvoering betreft, moet aandacht worden besteed aan de naleving van de voorschriften en aan de verdichting van de materialen, en moet de plaatsing verzorgd gebeuren.

Een slecht uitgevoerde bestrating heeft gevolgen op het vlak van het geluid, onder andere;

Het Brussels Gewest weert dit type van materialen voor de verhoogde inrichtingen op zijn wegen.

B. ELEMENTEN IN PREFABBTETON

Om het kantelen van de elementen en het risico van doorsijpelend water tegen te gaan, moet de fundering perfect vlak, hard en erosievast zijn.

De elementen in prefabbeton worden verankerd in de fundering of vastgezet met een ankerpen. Ze mogen niet te smal zijn, met het oog op de stabiliteit en de beperking van het aantal voegen, die regelmatig problemen veroorzaken.

De voegen moeten immers waterdicht zijn om doorsijpeling van water te vermijden, en soepel zodat ze kunnen uitzetten, omdat het beton anders zou kunnen barsten.



Op- en afritten in prefabbeton

Prefabbeton is een van de materialen die door het Brussels Hoofdstedelijk Gewest naar voor worden geschoven voor de uitvoering van de verhoogde inrichtingen.

C. BITUMINEUZE MENGSELS

Bitumineuze mengsels worden veel gebruikt als wegverharding, en ook voor de aanleg van verkeersdrempels en verkeersplateaus.

Voor dit type van inrichting vertoont het bitumineus mengsel dezelfde voordelen als voor een wegverharding. Het is een zeer duurzaam materiaal. Bovendien hoeft men, wanneer het opnieuw uitgevoerd moet worden, alleen de bovenste laag aan te pakken.

De werken worden gewoonlijk goed uitgevoerd, omdat het een klassieke verharding is die dus goed gekend is door de aannemers.

Wat de geluidsimpact betreft, hebben de bitumineuze mengsels het voordeel dat ze tot de minst lawaaierige verhardingen behoren.

In tegenstelling tot straatkeien stellen de bitumineuze mengsels, net als de andere gestorte bestratingen, geen problemen door het draaien van voertuigen, met name ter hoogte van de verkeersplateaus die op de kruispunten gelegen zijn. De beweging van de wielen heeft immers soms het effect dat de straatkeien los komen te zitten.

Net als op gewone wegen gaan de bitumineuze mengsels echter soms spoorvorming vertonen door de belasting die een vervorming van de bitumineuze laag of de fundering meebrengt. Het bitumineuze mengsel moet voldoende sterk zijn en ook de fundering moet hard en sterk zijn.

De bitumineuze mengsels vertonen ook het risico dat de bitumineuze lagen op elkaar of op de fundering wegglijden. Een hechtlaag tussen de lagen doet dit risico afnemen.

Aangezien de inrichting duidelijk te onderscheiden moet zijn van de rijweg, moet het bitumineuze mengsel gekleurd zijn in de massa of een oppervlaktebehandeling ondergaan. In dit geval moet het oppervlak regelmatig opnieuw worden geschilderd.



Verkeersplateau in asfalt in Sint-Lambrechts-Woluwe

Het Brussels Gewest beveelt eveneens het gebruik van asfalt aan voor dit type van inrichting.

D. TER PLAATSE GESTORT BETON

Het ter plaatse gestort beton vertoont dezelfde voordelen als de bitumineuze mengsels. Omdat ze nog maar weinig worden gebruikt, is er echter weinig geweten over hun duurzaamheid.

Anderzijds kan het ter plaatse gestort beton het risico van scheurvorming vertonen ter hoogte van de aansluitingen, door de uitzetting van het materiaal. Er moeten dus krimpvoegen worden voorzien, vooral op het bovenvlak in het geval van een verkeersplateau of onderaan de op- en afritten, indien er een aansluiting is op een betondek.

E. AANSLUITING TUSSEN VERSCHILLENDE MATERIALEN

Aangezien de afbuiging van de materialen verschilt volgens hun soepelheid, is ook hun gedrag onder de belasting van de voertuigen anders. In het geval van een aansluiting tussen verschillende materialen moet deze op geometrisch en technisch vlak worden verzorgd.

De verticale dynamische belasting kan worden verminderd door te grote hoogteverschillen (in millimeter) te vermijden. Daarnaast wordt ook afgeraden bruusk over te gaan van een soepele structuur op een harde structuur, zonder overgang.

Wat de aansluitingen betreft, zijn er pathologieën voor:

- ◆ straatkeien/ bitumineus mengsel: scheuren aan de aansluiting en beweging van de straatkeien. Aangezien de asfaltlaag minder dicht is ter hoogte van de aansluiting, omdat ze manueel is aangebracht, kan ze gemakkelijk "verspringen", wat scheuren meebrengt. Ook de rand die de inrichting afboordt kan dan bewegen.



Detail aansluiting tussen straatkeien en bitumineus mengsel

- ◆ straatkeien/monolitisch beton: de uitzetting van het beton duwt tegen de straatkeien die zo worden verplaatst. Er moeten uitzettingsvoegen worden voorzien aan weerszijden van de inrichting en over de volledige breedte van de verkeersdrempel.

F. ONDERHOUD EN RENOVATIE

Naast de uitvoering, spelen ook het onderhoud en de renovatie van de inrichting een rol op het vlak van de geluidseffecten die een beschadigde inrichting kan hebben.

Welke onderhouds- en renovatiewerken de verhoogde inrichtingen behoeven, hangt af van de gekozen materialen en van de uitvoering. Ze hebben een niet te verwaarlozen invloed op het geluid dat de overrijdende voertuigen voortbrengen.

Indien de witte strepen worden aangebracht met verf, moeten ze regelmatig opnieuw worden geschilderd. Dergelijk onderhoud is niet nodig wanneer in de massa geverfde straatkeien worden gebruikt.

De belasting kan problemen van verzakking, spoorvorming, verschuiving veroorzaken. Deze worden beïnvloed door de vorm, het materiaal en de uitvoering van de inrichting.

De aansluitingen tussen de verschillende materialen kunnen eveneens voor complicaties zorgen. Beschadigde aansluitingen vormen vaak een bron van bijkomende geluidshinder.



Detail: Herstelling van een aansluiting

De problemen die voor elke materiaalsoort in detail worden beschreven, kunnen optreden op alle inrichtingen en vereisen dus een renovatie opdat deze doeltreffend zouden blijven, en tegelijk de veiligheid zouden garanderen en de plaatselijke geluidshinder beperken.

8.2.1.5. Aanleg en signalisatie

De vereisten voor de aanleg van verhoogde inrichtingen op de openbare weg en de bijzondere plaatsingsvoorwaarden van de verkeersborden zijn vastgelegd door de besluiten die dateren van 9 oktober 1998 en 3 mei 2002.

De plaats van de inrichtingen heeft weinig rechtstreekse invloed op het geluid. Ze moeten echter zowel 's nachts als overdag zichtbaar zijn en verwacht worden, wat:

- leidt tot een betere efficiëntie in termen van de snelheidsvermindering in het invloedsgebied van de inrichting en dus tot een betere efficiëntie in termen van vermindering van het algemene geluid (cfr. hoger).
- het risico van "agressief" rijgedrag vermindert (bruusk remmen, enz.), en dus ook de plaatselijke geluidshinder.

De signalisatie en de wegmarkering spelen een rol in de zichtbaarheid en de duidelijkheid van elke inrichting.

8.2.1.5.1. Aanlegvereisten

Reglementair moeten de verhoogde inrichtingen gelegen zijn:

- ◆ hetzij binnen een bebouwde kom,
 - ◆ hetzij buiten een bebouwde kom op plaatsen waar zich woningen of door het publiek bezochte gebouwen bevinden, of op plaatsen waar gewoonlijk veel voetgangers of fietsers komen, op voorwaarde dat er een snelheidsbeperking van toepassing is van 50 km/u, opgelegd door middel van het verkeersbord C43 (witte cirkel omgeven door een rode strook, met in het midden 50 in het zwart),.... behalve wanneer de verhoogde inrichting is aangebracht voor een kruispunt, in een rijstrook bestemd voor het rechtsafslaand verkeer en fysiek gescheiden van de andere rijstroken,
- De weg moet zodanige verkeersomstandigheden bieden dat een aanzienlijke vermindering van de snelheid van de voertuigen van een aard is om de veiligheid, voornamelijk van voetgangers en fietsers, te verhogen.

Om zinvol te zijn, moet de verhoogde inrichting op redelijke wijze worden gekozen, met oog voor de plaatselijke omstandigheden van de weg. Verhoogde inrichtingen in te grote hoeveelheden en op verkeerde plaatsen verliezen hun geloofwaardigheid en hun efficiëntie.

Bovendien moet deze maatregel zichtbaar en voorspelbaar zijn voor de automobilist. Ze mogen niet in een te lange rechte lijn worden geplaatst, waar de snelheid hoog kan zijn, of op het einde van een bocht, zij het op een weg of op een kruispunt. Indien een dergelijke inrichting op een slechte plaats is aangelegd, kan dit de automobilist verrassen en schade veroorzaken aan de voertuigen die niet tijdig konden vertragen, of zelfs ongevallen veroorzaken. Het streefdoel veiligheid werd dan niet bereikt.

Artikel 2 van het besluit uit 1998 en artikel 3 van het besluit uit 2002 verbieden overigens de aanleg van een verhoogde inrichting in een bocht, wat de verkeersdrempels betreft. De verkeersplateaus moeten op zodanige wijze worden aangelegd dat de op- en afritten buiten de bochten liggen en van op voldoende afstand zichtbaar zijn.

Bovendien moeten de verhoogde inrichtingen volgens deze zelfde artikelen gelegen zijn:

- ◆ buiten de kruispunten en op een minimumafstand van 15 meter ervan,
- ◆ op een minimumafstand van ongeveer 75 meter van een andere verhoogde inrichting, behoudens bijzondere plaatselijke omstandigheden,
- ◆ wanneer op een hellende weg het percentage van de helling van de weg en van de inrichting samen niet groter is dan 15%.

In het ideale geval zijn de wegverhogingen gelegen op kruispunten en in de onmiddellijke omgeving van scholen, recreatiedomeinen, parken, sportterreinen, ... ofwel aan weerszijden van een ingang die veel voetgangers en fietsers aantrekt. Een verlichting van de aangelegde inrichtingen moet de zichtbaarheid van het verschil met het wegprofiel verbeteren.

Wat de plaatsbepaling van verhoogde inrichtingen betreft, zijn er verschillen tussen de verkeersdrempels en de verkeersplateaus.

Verkeersdrempels:

De verkeersdrempel kan niet op alle wegen worden aangelegd. Gelet op de fysieke kenmerken ervan is deze sterk dwingende inrichting niet geschikt voor zeer drukke wegen of wegen die regelmatig worden gebruikt door bussen en vrachtwagens.

Hij kan dus niet wettelijk worden aangelegd op een weg die wordt gebruikt door een lijn van het openbaar vervoer, noch op een weg die regelmatig wordt gebruikt door voertuigen van de hulpdiensten.

Dit type van maatregel is hoofdzakelijk voorbehouden voor lokale wegen met een beperkt verkeer.

Verkeersplateaus:

Naast de klassieke plaatsen van verhoogde inrichtingen kan het verkeersplateau ook worden aangelegd:

- ◆ ter hoogte van kruispunten. Een verkeersplateau is heel nuttig op een kruispunt dat wordt gevormd door twee verkeersaders van hetzelfde hiërarchische niveau (bijvoorbeeld twee interwijkenwegen). Andere beheerswijzen kunnen eraan worden toegevoegd (voorrang van rechts, voorrang verlenen, stopgebod, verkeerslichten, ...);
- ◆ om het oversteken te vergemakkelijken en de veiligheid te verbeteren. Aangezien een verkeersplateau vlak is, kan er een gemarkeerde oversteekplaats voor voetgangers of fietsers op worden aangebracht;
- ◆ op de heel drukke plaatsen van winkelstraten, daar waar de overheersende verkeersstroom van de voetgangers oversteekt;
- ◆ op de kruising van een traject dat veel wordt gebruikt door zachte weggebruikers;
- ◆ om de openbare ruimte te markeren en tot zijn recht te laten komen. De verhoging van een hele plaats markeert het statuut van openbare ruimte ervan en wijst erop dat een snelheidsvermindering aangegeven is.

In specifieke omstandigheden, zoals een hellende straat, is het mogelijk dat het verkeersplateau slechts één helling telt.

8.2.1.5.2. Signalisaties – Markering

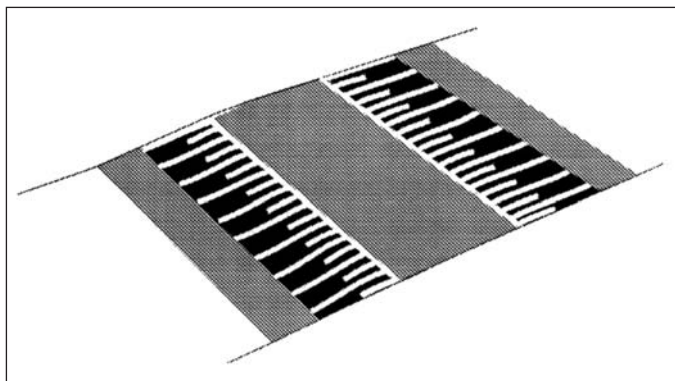
De inrichtingen bestaan enerzijds uit een wegmarkering en zijn anderzijds voorzien van een specifieke signalisatie van de wegcode.

Bovendien moeten, volgens de wet, de verhogingen in het wegdek zodanig aangelegd zijn dat ze zich duidelijk van de wegbedekking van de rijbaan onderscheiden.

Voor de verhoogde inrichtingen worden witte strepen op een donkere achtergrond aangebracht op het meest schuine gedeelte van elke helling en over gans hun breedte. Deze strepen zijn evenwijdig met de aslijn van de rijbaan en zijn afwisselend lang en kort, loodrecht op een witte dwarsstreep.

Wanneer een verkeersplateau slechts één helling heeft, moet het denkbeeldig afgebakend worden door deze strepen daar waar geen helling is.

Deze strepen zijn niet noodzakelijk geleverd. Het kan bijvoorbeeld ook gaan om witte straatkeien afgewisseld met donkere straatkeien.



Verkeersdrempel (Bron: KB 09/10/1998)

Volgens het besluit moeten deze strepen de volgende afmetingen hebben:

- ◆ de witte langsstrepen hebben een breedte van ongeveer 0,10 m;
- ◆ de lange strepen hebben een lengte van ongeveer 1 m;
- ◆ de korte strepen hebben een lengte van ongeveer 0,40 m;
- ◆ de tussenafstand tussen twee strepen bedraagt ongeveer 0,20 m ;
- ◆ de witte dwarsstreep heeft een breedte van ongeveer 0,20 m.

Wanneer om technische redenen de bovenvermelde afmetingen niet kunnen worden toegepast, moet de verhouding tussen de gebruikte afmetingen constant blijven.

Wat de verticale signalisatie betreft, moeten de verhoogde inrichtingen op de openbare wegen worden aangekondigd:

- ◆ ofwel door de verkeersborden A 14 opwaarts geplaatst (op minimum 150 m van de inrichting)



om de inrichting aan te kondigen,

en F87

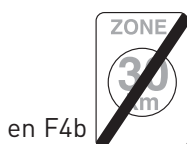
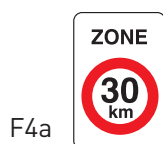


, geplaatst ter hoogte van de inrichting ;

Indien de afstand stroomopwaarts van minimum 150 m niet kan worden nageleefd voor het verkeersbord A14, moet een bijkomend verkeersbord A 14 worden geplaatst met vermelding van de afstand (witte letters op blauwe achtergrond).

- ◆ ofwel alleen door het verkeersbord A14 indien het verkeersplateau op een kruispunt is aangelegd.

De verhoging moet niet worden aangekondigd indien ze is aangelegd in een zone 30 die is begrensd door verkeersborden



, noch op woonerven of erven die worden begrensd door de

verkeersborden F12a



en F12b



Indien verschillende verkeersdrempels elkaar opvolgen, wordt het verkeersbord A14 alleen voor de eerste verkeersdrempel gezet, met het bijkomende verkeersbord van type II



De afmetingen van de verkeersborden zijn vastgelegd in het reglement van de beheerder.

8.2.1.6. Voor- en nadelen

Naast de voor- en nadelen op het vlak van het geluid die we kunnen afleiden uit wat voorafgaat, is het ook interessant de voor- en nadelen van de verhoogde inrichtingen op basis van andere criteria te kennen (veiligheid, enz.).

8.2.1.6.1. Voordelen van de verhoogde inrichtingen

De verhoogde inrichting:

- ◆ vermindert op efficiënte wijze de snelheid van alle voertuigen en zorgt zo voor een algemene vermindering van het geluid in haar invloedsgebied, op beperkte of grotere schaal, afhankelijk van de toegepaste snelheidsvermindering.
- ◆ respecteert de traditionele ruimtelijke organisatie van de straat;
- ◆ kan gemakkelijk worden geïntegreerd in een geheel van maatregelen die een sterkere vermindering van de snelheid en het geluid bevorderen.

A. SPECIFIEKE VOORDELEN VAN DE VERKEERSDREMPELS

De specifieke voordelen van de verkeersdrempels zijn hoofdzakelijk toe te schrijven aan hun sinusoidale profiel. De verkeersdrempel:

- ◆ brengt een geringe wijziging van de infrastructuur mee;
- ◆ kan zonder ongemak worden overreden tegen een lage snelheid, dankzij de sinusoidale vorm;
- ◆ vermindert het ongemak van voertuigen met een slechte vering, zoals tweewielers;
- ◆ vermijdt dat de trappers van de tweewielers blijven haken;
- ◆ leidt tot een beperkte vermindering van het aantal parkeerplaatsen;
- ◆ is niet zo duur in aanleg en onderhoud, in het geval van een goede uitvoering;
- ◆ beperkt de fysieke vervorming van de inrichting in de loop der tijd, dankzij zijn vorm;
- ◆ bestaat in prefabelementen, voor een snelle plaatsing en zodat tests kunnen worden uitgevoerd vóór de definitieve plaatsing van een dergelijke maatregel;
- ◆ zorgt voor een in het algemeen sterkere algemene vermindering van het geluid dan het verkeersplateau.

B. SPECIFIEKE VOORDELEN VAN DE VERKEERSPLATEAUS

Het verkeersplateau heeft de volgende kenmerken:

- ◆ een grote aanpasbaarheid op het vlak van plaats en afmetingen, afhankelijk van de kenmerken van de plaats;
- ◆ geschikt voor het kruispunt, dat een natuurlijke plaats is om te vertragen;
- ◆ verenigbaar met oversteekplaatsen voor voetgangers en fietsers;
- ◆ het verbetert het comfort en de veiligheid van de voetgangersoversteekplaatsen, met name voor mensen met een beperkte mobiliteit, omdat er geen hoge trottoirband is tussen het voetpad en de weg;
- ◆ het geeft een duidelijker zicht op de oversteekplaatsen en op de ruimte voor de automobilisten;
- ◆ het kan passen in de totale heraanleg van de openbare ruimte en bijdragen tot het imago van de straat, wat leidt tot een esthetische meerwaarde bovenop de verbetering van de veiligheid doordat de belangrikheid van de plaats wordt benadrukt;
- ◆ het leidt niet tot een vermindering van het aantal parkeerplaatsen wanneer het op een kruispunt is aangelegd;
- ◆ parkeren in normaalprofiel kan worden toegestaan door een plaatselijke reglementering, indien het een lengte heeft van minimum 10 m ;
- ◆ het brengt minder grote hinder voort voor het openbaar vervoer en vrachtwagens dan de verkeersdrempels;
- ◆ het brengt een sterkere verticale versnelling mee dan die van het sinusoidale profiel, wat eveneens een ongemak kan vormen;
- ◆ wanneer er lichte voertuigen over rijden, lijkt het plaatselijk efficiënter op het vlak van de geluidsvermindering dan de verkeersdrempel.

8.2.1.6.2. Nadelen van de verhoogde inrichtingen

De verhoogde inrichting daarentegen:

- ◆ is een gerichte maatregel die een invloed heeft op de plaatselijk beperkte snelheid, indien het een alleenstaande maatregel is,
- ◆ is oncomfortabel voor tweewielers ;
- ◆ leidt tot een grote verscheidenheid van de gebruikte snelheden;
- ◆ leidt vaak tot veranderingen van het motortoerental (vertragen – optrekken) die een agressief of nerveus rijgedrag kunnen veroorzaken en geluidshinder kunnen meebrengen voor de omwonenden (verkeersdrempel en verkeersplateau in normaalprofiel);
- ◆ kan geluidshinder teweegbrengen (geluidsoverschrijding en tonale overschrijding), met name wanneer er vrachtwagens en bussen over rijden en wanneer ze slecht onderhouden zijn.

A. SPECIFIEKE NADELEN VAN DE VERKEERSDREMPELS

De verkeersdrempel:

- ◆ is heel oncomfortabel voor autocars en vrachtwagens ;
- ◆ is verboden op regelmatige lijnen van het openbaar vervoer ;
- ◆ is ongeschikt voor straten met een sterke helling;
- ◆ is moeilijk te onderhouden;
- ◆ kan trillingen veroorzaken in de omliggende woningen (die evenwel worden verzacht door de sinusoidale vorm).

B. SPECIFIEKE NADELEN VAN DE VERKEERSPLATEAUS

- ◆ vermindert, voor de voetgangers, het fysieke verschil tussen het voetpad en de weg, wat de perceptie van de zones doet afnemen, hoofdzakelijk voor kinderen en slechtzienden;
- ◆ houdt het verlies van een aantal parkeerplaatsen op de weg in, buiten de kruispunten of elke specifieke reglementering over dit onderwerp;
- ◆ vergemakkelijkt het ongeoorloofd parkeren omdat er geen kantsteen is;
- ◆ brengt vrij hoge uitvoerings- en onderhoudskosten mee;
- ◆ vereist een soms grote aanpassing van het waterafvoersysteem.

8.2.1.7. Aanbevelingen

A. AANBEVELING OP HET VLAK VAN HET GELUID

De literatuur is niet uitgebreid, maar voldoende rijk aan observaties om een aantal aanbevelingen te doen, teneinde te beslissen over het nut van de aanleg van verhoogde inrichtingen, het juiste type van verhoogde inrichting te kiezen en bepaalde soorten van geluidshinder te vermijden, en dit in functie van de beoogde plaats. Zoals hoger al werd aangestipt, moet vóór de aanleg van een verhoogde inrichting een specifieke aandacht worden besteed aan de volgende criteria:

Materialen

Gelet op de snelheden waarmee over de inrichtingen wordt gereden, is het geluid veelal mechanisch van aard. Zoals eerder reeds gezegd, moet een bestrating uit straatkeien worden verboden in het geval men het geluid tot een minimum wil beperken. Aan de andere kant zijn regelmatige onderhouds- en renovatiewerken aangewezen om onregelmatigheden te vermijden, die een bron zijn van geluidshinder.

Voor meer details verwijzen wij naar fiche 7 van dit werk.

Samenstelling van het verkeer:

Zoals blijkt uit de studie van het Laboratorium TRL is het van het grootste belang dat de installatie van een verhoogde inrichting wordt gepland rekening houdend met de verkeerssamenstelling in de betrokken straat of wijk. De aanleg van dergelijke inrichtingen (verkeersdrempels en verkeersplateaus) wordt afgeraden op wegen waar regelmatig voertuigen van het openbaar vervoer en/of van de hulpdiensten doorrijden. Het doel is een verhoging van de geluidsniveaus te vermijden, die een bron van geluidshinder kunnen vormen voor de omwonenden van de inrichting.

Tussenafstand tussen de inrichtingen, zichtbaarheid en andere maatregelen:

indien de verschillende snelheidsbeperkende voorzieningen met een correcte tussenafstand worden aangelegd, kan snel en progressief optrekken bij het verlaten van de verhoogde inrichtingen worden vermeden, en kunnen dus ook grote variaties in het plaatselijke geluid worden vermeden. Met betrekking tot de verkeersplateaus en de verkeersdrempels heeft de ervaring aangetoond dat een tussenruimte van meer dan 100 m het optrekken tussen de inrichtingen aanmoedigt. Een minimumafstand tussen de snelheidsbeperkende voorzieningen leidt overigens ook tot een betere efficiëntie in termen van snelheidsvermindering in het invloedsgebied, en bijgevolg ook tot een efficiëntere vermindering van het algemene geluid. Deze efficiëntie wordt overigens versterkt wanneer alles in het werk wordt gesteld om de zichtbaarheid van de verhoogde inrichting te garanderen en wanneer aanvullende snelheidsverminderende maatregelen de inrichting begeleiden (wegversmalling, enz.).

Context

Zoals hierboven gepreciseerd, is het belangrijk de inrichting te situeren in een context van snelheidsverminderende maatregelen (wegversmalling, enz.). De participatie van de burger aan de uitwerking van wegverbeteringsprojecten verdient eveneens aanbeveling, aangezien dit kan leiden tot een betere aanvaarding door de omwonenden.

8.2.1.7.2. Aanbevelingen voor een goed gebruik (veiligheid, enz.)

We wijzen erop dat voor elke regel die een verplichting, een verbod of een beperking oplegt aan de weggebruikers, een aanvullend reglement betreffende het wegverkeer moet worden aangenomen door de gemeenteraad en goedgekeurd door de toezichthoudende instanties.

De verhoging van de rijweg moet goed zichtbaar zijn, zowel overdag als 's nachts, en verlicht indien nodig. De verlichting en het contrast van de bestrating is belangrijk om de perceptie van de inrichting te verbeteren. De wijziging van het profiel van de weg moet immers merkbaar zijn en worden aangekondigd indien nodig, zodat de automobilist weet wat hem te wachten staat en hij er niet door wordt overvallen.

In het geval van een verkeersplateau met voetgangersoversteekplaats, is verlichting gerechtvaardigd om de veiligheid van de voetgangers te verbeteren.

Artikel 8 (Titel 7, afdeling 3) van de Gewestelijke Stedenbouwkundige Verordening van het Brussels Gewest, herhaalt enkele principes op het vlak van de plaatsbepaling, de kwaliteit en de integratie van de "snelheidsbeperkende voorzieningen". Deze voorzieningen zijn vrijgesteld van een stedenbouwkundige vergunning (behalve indien ze, door hun grote aantal, hun minder belangrijke karakter verliezen).

- ◆ De snelheidsbeperkende voorzieningen worden geplaatst in functie van de architecturale en stedenbouwkundige omgeving en van de veiligheid van alle weggebruikers, en meer bepaald van de voetgangers en fietsers.
- ◆ De snelheidsbeperkende voorzieningen passen in de bebouwde en onbebouwde omgeving:
 - de gebruikte materialen en kleuren passen bij de omgeving,
 - de verlichting en de wegbebakening zorgen voor voldoende zichtbaarheid, zowel overdag als 's nachts,
 - de afvoer van water is verzekerd.



Verkeersdrempel gecombineerd met een wegversmalling
– Sint-Pieters-Woluwe

De verhoogde inrichtingen en de verkeersplateaus in het bijzonder moeten worden bestudeerd in direct verband met de plaats, zodat ze kunnen worden aangewend om de openbare ruimte te markeren: een plein, belangrijke gebouwen, paden en oversteekplaatsen voor voetgangers. De plaats van een dergelijke voorziening moet niet alleen voldoen aan een technische logica, maar ook aan een logica van integratie en opwaardering van de omliggende ruimte.

Logischerwijze moet de verhoging worden aangelegd stroomafwaarts van de bestaande straatkolken om plasvorming te vermijden. Indien dit niet gebeurt, moet de waterafvoer worden aangepast aan de plaats van de inrichting.

8.2.1.7.3. Aanbevelingen voor alle weggebruikers

De verhoogde inrichtingen zijn er hoofdzakelijk op gericht de snelheid van de voertuigen te verminderen, en zijn dus in wezen ontworpen voor de voertuigen. De andere weggebruikers ondervinden echter eveneens de gevolgen van deze wijziging van het profiel van de rijweg en worden soms gehinderd door deze inrichting.

A. VOETGANGERS

Een vermindering van de snelheid verbetert onvermijdelijk de snelheid van de voetgangers.

De verkeersdrempel heeft geen invloed op het gedrag van de voetgangers, noch op dat van de voertuigen ten opzichte van de voetganger.

Het verkeersplateau daarentegen laat toe ook de andere weggebruikers te beïnvloeden. Hoewel het immers nog altijd bedoeld is voor de voertuigen, wordt het ook heel toegankelijk voor voetgangers omdat het aangepast is en toegelaten in het reglement.

Een verkeersplateau dat is aangelegd ter hoogte van een oversteekplaats of een kruispunt ligt hoofdzakelijk op dezelfde hoogte als de voetpaden, of er toch dichterbij. Het biedt dan ook het voordeel van comfort voor de voetgangers die de trottoirband niet meer moeten op- en afstappen; het nadeel is dat de veiligheid in het gedrang komt. Wanneer het hoogteverschil tussen het voetpad en het verkeersplateau wegvalt,ervaagt immers ook het onderscheid tussen voetpad en rijweg voor de voetganger. Slechtzienenden en kinderen, met name, hebben nood aan merktekens en markeringen die het onderscheid tussen de verschillende zones duidelijk maken. De ruimten kunnen worden begrensd met waarschuwingstegels.

Mensen met een beperkte mobiliteit ondervinden evenwel voordeel bij deze "nivellering" ter hoogte van de oversteekplaatsen, waar ze gemakkelijker over kunnen met rolstoelen, caddies, wandelwagentjes, enz.

De afwezigheid van een trottoirband werkt ook het ongeoorloofd parkeren in de hand, omdat het voetpad dan gemakkelijk kan worden ingepalmd door automobilisten.



Verkeersplateau met doorgang voor voetgangers en paaltjes – Neder-Over-Heembeek

De aanwezigheid van paaltjes en schamppalen kan het ongeoorloofd parkeren verhinderen en tegelijk de voor voetgangers en voertuigen bestemde zones bebakenen. Deze maatregel moet mondjesmaat worden gebruikt om "paaltjesbossen" en te vermijden en om de openbare ruimte niet onbruikbaar te maken. Verbaliseren blijft een begeleidende maatregel om ongeoorloofd parkeren te beperken.

B. TWEEWIELERS

Een wijziging van het lengteprofiel van de weg is oncomfortabel voor de fietsers. Aangezien de snelheid van de tweewielers niet moet worden verminderd, betekenen de verhoogde inrichtingen voor hen alleen maar een ongemak. Een verkeersplateau stoort echter veel minder dan een verkeersdrempel.

De aanleg van een ruimte aan de zijanten die op hetzelfde niveau blijft, kan een oplossing vormen zodat ze niet over de verkeersdrempel heen moeten. De wet bepaalt echter dat de inrichting moet worden aangelegd over de hele breedte van de rijweg, behalve wanneer de rijrichtingen op een rijbaan van elkaar gescheiden

zijn anders dan door wegmarkeringen, mag de breedte van de verkeersdrempel beperkt zijn tot het gedeelte van de rijweg bestemd voor één rijrichting (KB 3/05/2002). Aangezien de fietser in dezelfde richting rijdt als voertuigen druist een dergelijke maatregel in tegen de wet, behalve wanneer de verschillende weggebruikers over duidelijk onderscheiden zones beschikken.

Een ruimte aan de zijkanten, die niet toegelaten is, is niet verenigbaar met een verkeersplateau op een oversteekplaats omdat er dan conflicten zouden kunnen optreden tussen de twee zachte vervoerswijzen.

C. OPENBAAR VERVOER

Elke vervorming van de rijweg is onaangenaam voor de gebruikers van het openbaar vervoer, met name omdat de snelheidsvermindering a priori geen betrekking heeft op de bussen.

De verkeersdrempel met sinusoidaal profiel is verboden voor wegen met regelmatige busverbindingen. De trajecten van het openbaar vervoer moeten dus in aanmerking worden genomen.

Een verkeersplateau daarentegen is toegelaten. Volgens een studie van de SRWT kunnen enkele voorzorgsmaatregelen het comfort van de reizigers die over dergelijke voorziening rijden, verbeteren:

- ◆ de trapezoidale oprit is aangenamer dan de sinusoidale oprit. De sinuslijnen hebben een bruusker effect;
- ◆ De lengte van het bovenzvlak van het verkeersplateau verbetert het comfort, dat nog toeneemt met de afstand. Het is evenwel niet nodig de lengte te verhogen tot 15 m voor de gelede voertuigen, aangezien deze een correct rijgedrag vertonen, ongeacht de lengte van de inrichting.
- ◆ De ideale helling is 3 tot 4%, de hoogte 12 cm,
- ◆ de aanvaardbare snelheid is beperkt tot 30 km/u, voor het verkeer over een verkeersplateau van 8 meter lang; het moet langer zijn dan de wielbasis van het voertuig (door het besluit vooropgestelde ruimte). Op een verkeersplateau van 4 meter lang, moet de snelheid van de bussen worden beperkt tot 20 km/u.

De buschauffeur moet een "zacht" rijgedrag aannemen bij het naderen van het verkeersplateau en bij het overrijden ervan, om ongemakken voor zijn passagiers te voorkomen.

Wanneer een verkeersplateau gecombineerd wordt met een halte, markeert het ook de aanwezigheid van de andere gebruikers.



Verkeersplateau gecombineerd met een bushalte – Anderlecht

D. VRACHTWAGENS

Voor de vrachtwagens vertoont een verhoging van de rijweg dezelfde nadelen als voor de bussen van het openbaar vervoer. Het is bijzonder oncomfortabel. Hoewel het niet verboden is door de wet, wordt afgeraden een dergelijke inrichting aan te leggen op een weg die veel vrachtverkeer telt. De trajecten van de vrachtwagens, opgenomen in het GewOP, bepalen de wegen die toegankelijk moeten zijn voor alle vrachtwagens. De trajecten van de bijzondere transporten vermelden ook de assen die voldoende grote afmetingen moeten vertonen om vrachtwagens met bijzonder grote afmetingen te onthalen.

De aanwezigheid van verhoogde inrichtingen kan een invloed hebben op het doorgaand verkeer, dat wordt aangetrokken door andere, minder onaangename wegen.

E. VOERTUIGEN VAN DE HULPDIENTEN

De verhogingen van de rijweg zijn niet ideaal voor de voertuigen van de hulpdiensten, en in het bijzonder voor de ziekenwagens die gewonden vervoeren. Het verkeersplateau is evenwel minder onaangenaam dan de verkeersdrempel.

Wat de afmetingen betreft, lijken de voertuigen van de hulpdiensten geen eisen te stellen. Het wordt evenwel afgeraden verhoogde inrichtingen aan te leggen op de hoofdtoegangswegen van ziekenhuizen en brandweerkazernes.

8.2.2. Verhoging: het rijbaankussen

Het rijbaankussen werd voor het eerst gebruikt in Berlijn. Vandaar de veel gebruikte naam "Berlijns kussen". De doelstellingen en kenmerken van het rijbaankussen liggen dicht bij die van de verkeersdrempel, maar beide hebben een verschillende breedte. Het Berlijns kussen heeft immers de bijzondere eigenschap dat het niet de volledige breedte van de rijbaan dekt. Het is dan ook minder belastend voor de voertuigen waarvan de wielen verder uit elkaar staan.

8.2.2.1. Doel

Het hoofddoel van het rijbaankussen is de snelheid van de voertuigen te verminderen, zonder te veel hinder te creëren voor de andere weggebruikers, en met name de fietsers, de gemotoriseerde tweewielers, het openbaar vervoer en de vrachtwagens, omdat ze in tegenstelling van de verhoogde inrichtingen niet over de volledige breedte van de rijweg worden aangelegd.

Volgens de definitie van de ministeriële omzendbrief van 3 mei 2002^{xiii} bestaat het rijbaankussen met name uit een verhoging van de rijbaan die zich, in tegenstelling tot de verhoogde inrichtingen, niet uitstrekt over de volledige breedte van de rijbaan. De verhoogde inrichtingen zijn gereguleerd (koninklijk besluit van 3 mei 2002^{xiv}) en beogen de snelheid tot 30 km/u te matigen. Het doel van het rijbaankussen is de snelheid te minderen, maar niet noodzakelijk tot 30 km/u, wat het onderscheidt van de andere verhoogde inrichtingen. Het kan evenwel als maatregel worden gebruikt in zones 30.

8.2.2.2. Principe

Het rijbaankussen heeft de vorm van een afgeknotte vierkante piramide. Dit middendeel is iets verhoogd, en laat dus een deel van de rijbaan op nulniveau. De vorm en de afmetingen van het kussen zijn zo ontworpen dat een gewoon voertuig met ten minste één wiel over de verhoging moet. Dit volstaat om een ongemak bij het overschrijden te creëren, evenwel rekening houdend met de hoogte van de voertuigen, om te vermijden dat ze worden beschadigd.

De breedte van de inrichting is evenwel zo ontworpen dat de bussen er zonder al te grote hinder over kunnen. Ze moeten wel hun snelheid minderen om over het verhoogde middendeel te rijden zonder het met hun wielen te raken. Deze inrichting heeft dus ook een vertragend effect voor de andere voertuigen, die vertragen om op de rand van het kussen te mikken, om zoveel mogelijk te vermijden dat ze over de inrichting moeten rijden.

Tweewielers kunnen langs de rijbaankussens heen rijden en toch op het niveau van de rijweg blijven.

Het rijbaankussen vermindert de snelheid van alle voertuigen, zonder dat het onaanvaardbare ongemakken creëert voor autobussen en vrachtwagens, ondanks de verplichting te vertragen.



Berlijns kussen (Bron: IREC, Le temps des rues, 1990)

Een rijbaankussen kan met zijn aanwezigheid ook een poorteffect creëren.

8.2.2.3. Geluidsimpact

8.2.2.3.1. Inleiding

Door de wijziging van het rijgedrag die het meebrengt (afremmen, veranderingen van het motortoerental, optrekken) wijzigt het rijbaankussen uiteraard ook de geluidsomgeving, en dit op twee niveaus: plaatselijk en algemeen. We herhalen dat de plaatselijke impact betrekking heeft op het hele gebied nabij de inrichting en dat de algemene impact zich uitstrekt over het geografische gebied waarop de door de verkeersvertragende inrichting gecreëerde snelheidsvermindering betrekking heeft (stroomopwaarts en stroomafwaarts van de inrichting).

Bij het opstellen van dit werk waren er nog niet veel studies gewijd aan de geluidsimpact van de Berlijnse kussens. Het laboratorium TRL, dat al studies had gewijd aan de verkeersdrempels en de verkeersplateaus (cfr hoger), heeft zich eveneens gebogen over de Berlijnse kussens. In België zijn geen geluidsgegevens beschikbaar, omwille van het beperkte gebruik van deze inrichtingen.

8.2.2.3.2. Algemene impact

De algemene vermindering van het geluid dat verband houdt met de aanleg van een Berlijns kussen, die op dezelfde manier wordt geraamd als voor de verhoogde inrichtingen, ziet er uit als volgt:

Verhoogde inrichtingen	$\bar{V}_{FR}$ (km/u)	Algemene geluidsimpact (dB[A])		
		$V_{85} = 30$ km/u	$V_{85} = 50$ km/u	$V_{85} = 70$ km/u
Berlijns kussen	15	0	2,4	3,8

CEDIA

Volgens de ramingen van de CEDIA lijkt het Berlijns kussen een algemene geluidsvermindering tot gevolg te hebben die kan oplopen tot 4 dB[A] wanneer het is aangelegd in een zone waar snelheden van 70 km/u kunnen worden waargenomen.

Het is belangrijk te melden dat de in aanmerking genomen snelheden bij het overrijden, vastgelegd werden op basis van de literatuur. Deze snelheden kunnen echter sterk variëren omdat ze worden beïnvloed door verschillende factoren (zichtbaarheid van de inrichting, afmetingen, andere begeleidende snelheidsverminderende maatregelen, rijgedrag, voertuigen, enz.). Het is dan ook essentieel dat deze resultaten niet worden veralgemeend en eerder worden beschouwd als representatief voor een trend op het vlak van geluidsgedrag.

Deze ramingen die verband houden met de snelheidsvermindering kunnen uiteraard worden aangevuld met een vermindering van de geluidsniveaus die verband houdt met de ontrading van het doorgaand verkeer, dat minder belangrijk of belangrijker kan zijn afhankelijk van het aantal en het type van de voertuigen die hun traject wijzigen. We herinneren eraan dat het verkeer met de helft moet minderen om een daling van het geluidsniveau met 3 dB[A] te bereiken.

8.2.2.3.3. Plaatselijke geluidsimpact

De plaatselijke geluidsimpact van de Berlijnse kussens, die word bestudeerd door het laboratorium TRL, wordt hierna verder uitgewerkt.

Net als bij de verhoogde inrichtingen spreekt het voor zich dat de resultaten, die sterk worden beïnvloed door tal van parameters die eigen zijn aan de uitgevoerde studie, niet mogen worden veralgemeend. Alleen de trends en de aanbevelingen mogen eruit worden afgeleid en in overweging worden genomen door de wegbeheerders wanneer ze beslissen dergelijke inrichtingen aan te leggen.

Enkele van de parameters die de resultaten van de studie kunnen beïnvloeden:

- de methodologie die wordt gevolgd bij de metingen: naleving of overschrijding van de snelheden door de chauffeur, snelheid bij het overrijden van de inrichting, type van voertuig, enz.
- de afmetingen en de materialen waaruit de bestudeerde inrichtingen bestaan, hun staat van beschadiging, de bestrating, enz.

Het lijkt dan ook belangrijk een beschrijving te geven van de gebruikte methodologie en van de technische kenmerken van de rijbaankussens, om een kritische kijk te krijgen op de resultaten.

A. METHODOLOGIE VAN DE BEOORDELING VAN DE IMPACT

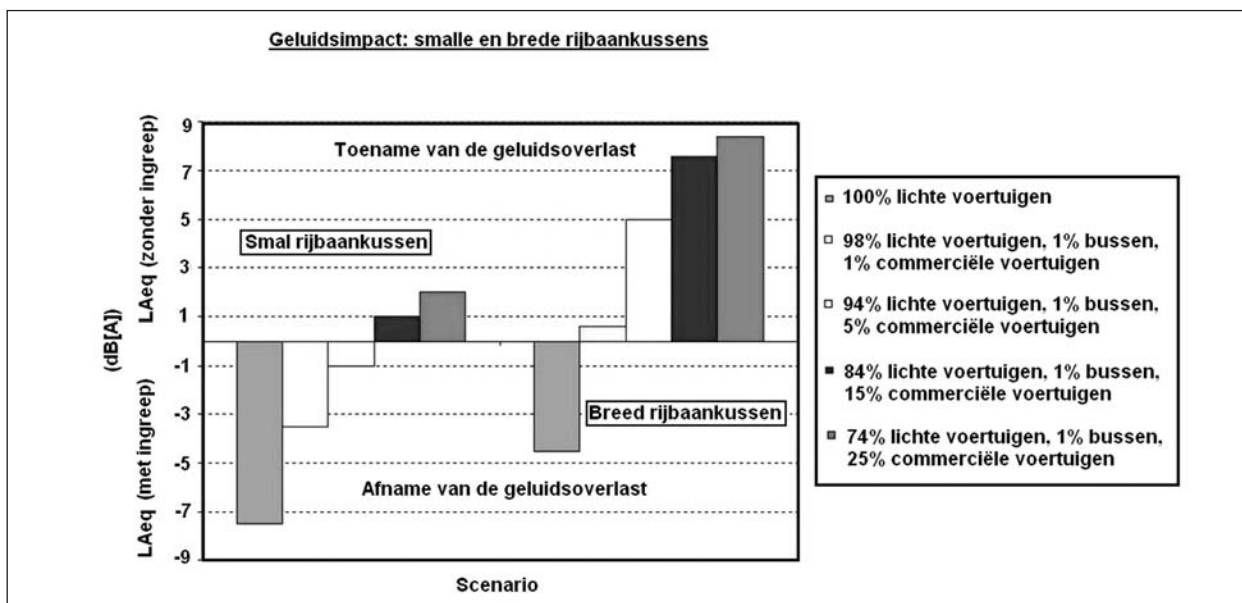
Tot nog toe werden niet veel studies gewijd aan de plaatselijke geluidsimpact van de Berlijnse kussens. Het laboratorium "Transport Research Laboratory" (TRL) uit het Verenigd Koninkrijk heeft dit type van verhoging bestudeerd, op dezelfde manier als de verkeersdrempels en de verkeersplateaus (cfr hoger).

B. PLAATSELIJKE GELUIDSIMPACT VAN DE BERLIJNSE KUSSENS

De onderstaande tabel geeft een overzicht van de kenmerken van de bestudeerde rijbaankussens, evenals van de snelheden van de voertuigen die in aanmerking werden genomen bij de raming van de geluidsimpact.

	TRL	
Geometrische kenmerken van de inrichtingen		
	"Smalle" kussens	"Brede" kussens
Breedte (m)	1,5 tot 1,6 m	1,88 tot 1,9 m
Lengte (m)	2 tot 3,5 m	1,95 tot 2,38 m
Hoogte(mm)	60 tot 75 mm	75 tot 80 mm
Testvoertuigen		
Naderingssnelheid of snelheid vóór aanleg van de inrichting (km/u)	Lichte voertuigen: 45 km/u bussen en commerciële voertuigen: 38 km/u	
	"Smalle" kussens	"Brede" kussens
Snelheid bij het overrijden (km/u)	Lichte voertuigen: 30 km/u bussen en commerciële voertuigen: 34 km/u	Lichte voertuigen: 22 km/u bussen en commerciële voertuigen: 24 km/u

Het laboratorium TRL maakt een onderscheid tussen smalle en brede Berlijnse kussens, die blijkbaar een ander geluidsgedrag meebrengen, vooral wanneer er veel verkeer is van commerciële voertuigen. Indien het verkeer alleen bestaat uit lichte voertuigen kan in beide gevallen een vermindering van het geluidsniveau LAeq te belope van 5 tot 6 dB[A] worden opgetekend, waarbij een maximum wordt verwacht voor de brede kussens. Zodra het verkeer wordt aangevuld met 1% commerciële voertuigen en 1% bussen, dragen deze brede kussens evenwel bij tot een verhoging van de geluidsniveaus. Zo kan een verhoging met bijna 9 dB[A] worden vastgesteld wanneer 25% van het verkeer bestaat uit commerciële voertuigen. De smalle kussens zijn minder ongunstig vanuit akoestisch oogpunt omdat pas bij 10% commerciële voertuigen (en 1% bussen) een verhoging van de geluidsniveaus kan worden vastgesteld. Deze verhoging is gering en bedraagt slechts 2 dB[A] wanneer het verkeer bestaat uit 25% commerciële voertuigen.



Raming van de wijzigingen van de geluidsniveaus die verband houden met het verkeer na de aanleg van Berlijnse kussens, voor verschillende verkeerssamenstellingsscenario's – Laboratorium TRL

De interpretatie van deze resultaten geeft te denken dat de kussens, waarvan de afmetingen vastgelegd zijn in de Belgische omzendbrief (cfr. lager), aan de basis kunnen liggen van een verhoging van het plaatselijke geluid wanneer ze worden aangelegd op een weg met veel openbaar vervoer en vrachtverkeer. Hierover wordt echter geen enkele zekerheid gegeven. Het is dus aanbevolen rekening te houden met dit risico en dus **te kijken naar de verkeerssamenstelling** bij de aanleg van een dergelijke inrichting.

Op basis van geluidsmetingen in de stad Gloucester, waar "smalle" Berlijnse kussens zijn aangelegd, heeft ditzelfde laboratorium vastgesteld dat het L_{Amax} -niveau afnam met 5 dB[A] na de aanleg van de inrichting, bij het overrijden door een licht voertuig. In tegenstelling tot bij het verkeersplateau (cfr. hoger) veroorzaakten de vrachtwagens hier geen verhoging van het L_{Amax} -niveau.

8.2.2.3.4. Conclusie

We kunnen de wegbeheerder die bekommerd is om de geluidsproblematiek dus meteen al wijzen op:

- het belang van de verkeerssamenstelling op de betreffende weg;
- de geometrie van het Berlijns kussen (vooral de breedte).

Bovendien werd aangetoond dat hoe beter het kussen zijn rol van snelheidsbeperker vervult, hoe beter het het algemene geluid in zijn invloedsgebied kan verminderen.

Zo kan de beheerder dus van meet af letten op plaatsen die een efficiënte snelheidsvermindering vergemakkelijken (goede zichtbaarheid, begeleiding van de inrichting met andere snelheidsverminderende maatregelen zoals wegversmallingen, enz.)

In het licht van deze opmerkingen kan worden gesteld dat **een grondige kennis van de geometrie en de aanlegvereisten** nuttig blijkt om in de richting van een kleinere geluidsimpact van het straatlawaaï te gaan. Deze elementen worden hieronder verder uitgewerkt.

Uit wat voorafgaat blijkt dat de snelheidsvermindering die wordt veroorzaakt door de verhoogde inrichtingen in het algemeen een efficiënt middel is om het plaatselijke geluid te verminderen. Uitzonderingen konden evenwel worden vastgesteld: wanneer een groot deel van het verkeer bestaat uit zware voertuigen (openbaar vervoer en vrachtwagens), vooral wanneer het kussen op z'n breedst is.

De meeste overwegingen met betrekking tot de geluidshinder van de verkeersplateaus en de verkeersdrempels gelden ook in het geval van het Berlijns kussen (veranderlijkheid van het geluid en context), behalve dat geen tonale overschrijding meer wordt vastgesteld wanneer vrachtwagens over het verkeersplateau rijden.

8.2.2.4. Technische kenmerken

De ministeriële omzendbrief van 3 mei 2002 betreffende de verhoogde inrichtingen, bestemd om de snelheid te beperken tot 30 km/u en de rijbaankussens, wil met name de geometrische kenmerken vastleggen.

Wat de rijbaankussens betreft is deze omzendbrief een eerste stap in de richting van reglementaire bepalingen in dit kader. De vermelde richtlijnen moeten dus in overweging worden genomen bij het ontwerpen van toekomstige inrichtingen.

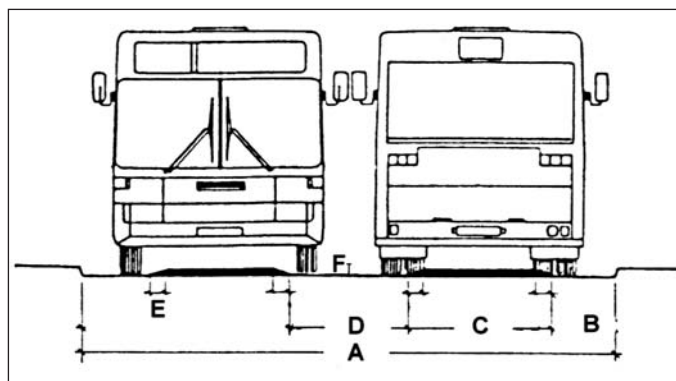
8.2.2.4.1. Geometrie

Het principe van het rijbaankussen is gebaseerd op de afmetingen van de voertuigen.

Bij een wagen van "klassiek" formaat bedraagt de afstand tussen de wielassen 1,40m.

Voor de bussen van het Brussels Gewest^{xv} gelden de volgende afmetingen:

- ◆ ter hoogte van de spoorbreedte vooraan (afstand tussen de assen van de voorwielen)
= 1,95 tot 2,07 m
- ◆ ter hoogte van de spoorbreedte achteraan (afstand tussen de assen van de achterwielen)
= tussen 1,85 en 1,89m



Verkeer van autobussen over de rijbaankussens (Bron: IBSR 1992)

De in acht te nemen geometrische kenmerken zijn:

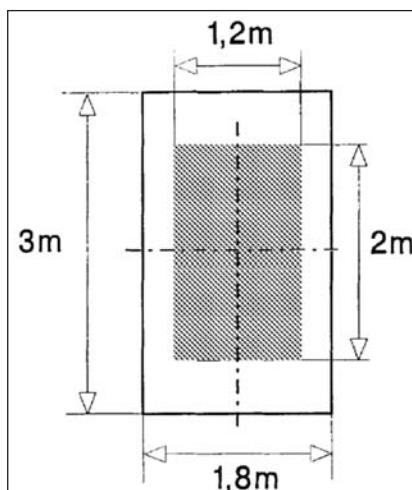
Buitenafmeting van de inrichting		
Lengte	3 tot 4 m	In een zone 30 mag de lengte teruggebracht worden tot 1,70 m
Hoogte	6 tot 7 cm	7 cm is de maximumhoogte. Inrichtingen met een hoogte van minder dan 6 cm moeten vermeden worden omdat het obstakel dan elke doeltreffendheid op het vlak van snelheidsvermindering mist (en alleen geluidshinder voortbrengt).
Breedte	1,75 en 1,90 m	De breedte wordt teruggebracht tot 1,75 m indien de rijbaan regelmatig wordt gebruikt door vrachtwagens: bussen, auto-cars of vrachtwagens.
Afmetingen van het vlakke gedeelte		
Breedte	1,15 m tot 1,25 m	
Lengte	2 m tot 3,10 m	Niet gepreciseerd in de omzendbrief
Afmetingen van de afgeschuinde zijden (hellingen)		
Breedte van de zijhellingen	30 tot 35 cm	
Breedte van de hellingen vooraan en achteraan	45 tot 50 cm	Deze breedte kan worden teruggebracht tot 30 cm in een zone 30.

Afmetingen van de kussens (Bron: Ministeriële omzendbrief van 3 mei 2002)

De breedte van het kussen heeft een aanzienlijke invloed op het geluid:

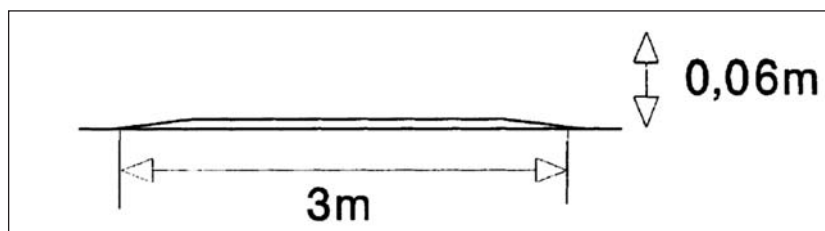
- hoe breder het rijbaankussen, hoe groter de ontrading om snel te rijden in het invloedsgebied, en hoe meer het algemeen geluid wordt verminderd.
- hoe breder het rijbaankussen, hoe meer het een ongemak wordt voor het openbaar vervoer en het vrachtverkeer. In dit geval kan het plaatselijke geluid sterker blijken dan wanneer er geen snelheidsverminderende maatregel zou zijn (cfr hoger).

Het planzicht van het rijbaankussen:



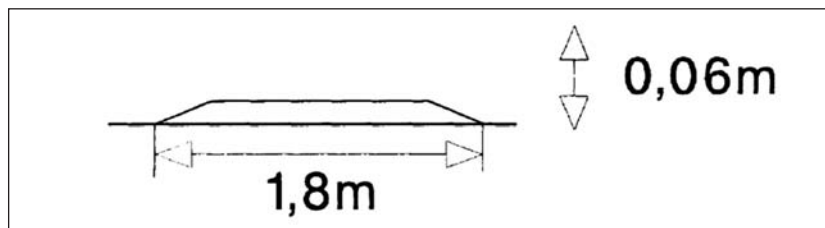
Planzicht van een standaard rijbaankussen (Bron: Ministeriële Omzendbrief van 3 mei 2002)

Het standaard lengteprofiel, in de rijrichting, is het volgende:



Lengteprofiel (Bron: Ministeriële Omzendbrief van 3 mei 2002)

Het standaard dwarsprofiel, loodrecht op de rijrichting, is het volgende:



Dwarsprofiel (Bron: Ministeriële Omzendbrief van 3 mei 2002)

Om veiligheidsredenen moeten de schuine kanten naar behoren worden uitgevoerd. Het hoogteverschil bij het begin moet minder dan 0,5 cm, net als bij de verhoogde inrichtingen.

Aangezien de omzendbrief vrij recent is en het rijbaankussen nog wordt getest, zijn er op dit moment nog maar weinig voorbeelden van conforme rijbaankussens in het Brussels Gewest. In het Waalse Gewest worden de eerste momenteel aangelegd.



Rijbaankussen in een eenrichtingsstraat in Etterbeek

8.2.2.4.2. Materialen

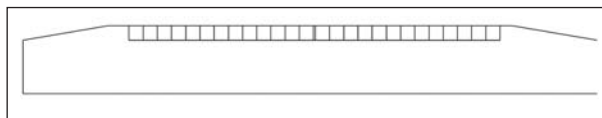
De aard van de materialen en de toepassing ervan zijn criteria die een rol kunnen spelen in de geluidshinder die wordt vastgesteld in de buurt van de rijbaankussens. Hoewel de geluidshinder bij lage snelheden hoofdzakelijk toe te schrijven is aan mechanische geluiden, kan een lawaaierige bestrating, zoals van kasseien, hinderlijk blijken. Het effect van de bestrating op de geluidsniveaus wordt verder uitgewerkt in fiche 7. Elke onvolkomenheid kan overigens leiden tot bijkomende plaatselijke geluidshinder; het is dan ook belangrijk regelmatig onderhouds- en renovatiewerken uit te voeren.

Net als bij de verhoogde inrichtingen verbetert het gebruik van andere materialen dan die van de rijweg en het voetpad de perceptie van het rijbaankussen, maar kan het aansluitingsproblemen meebrengen.

Op dit moment worden rijbaankussens vervaardigd in prefabbeton dat op de bestaande rijbaan wordt geplaatst. Gerecycleerd beton is eveneens een mogelijkheid.

A. PREFABBETON^{xvi}

Een betonnen vloerplaat wordt vooraf vervaardigd in de fabriek. De kasseien of betonstraatstenen worden hierop samengevoegd op het moment van de voormontage. Deze elementen zijn bestand tegen de voorzijne belasting.



Typedoorsnede van een rijbaankussen in prefabbeton met straatkeien

De kasseien worden opgevoegd na het wegnemen van de bekisting. De betonstraatstenen worden "boord aan boord" gelegd, zonder voeg. Het beton kan geleverd zijn.

De prefabelementen worden ofwel op de bestaande fundering gelegd, ofwel op een fundering in mager beton van minimum 20 cm dik. De drukweerstand komt overeen met die van de voetpaden en de verkeersgeleiders. De inrichting en de rijbaan moeten goed met elkaar verbonden zijn.

Op de nieuwe inrichting is geen verkeer toegelaten gedurende de eerste 7 dagen na de uitvoering ervan.

B. GERECYCLEERD RUBBER

Het gerecycleerd rubber wordt verstevigd met metalen beslag. De plaatsing, door mechanische bevestiging, is gemakkelijk en snel.

De kleur kan variëren, zodat het uitzicht geverifieerd moet worden. Het is echter vanzelfsprekend dat het verschil tussen de verhardingen duidelijk wordt gemarkeerd.

Dit materiaal kan echter geen hoogteverschil bij het begin van minder dan 0,5 cm garanderen, wat in strijd is met de omzendbrief. De rijbaankussens van dit type blijven nuttig om gedurende een welomschreven periode de aanleg op een bepaalde plaats te testen.

C. ONDERHOUD, RENOVATIE

De kussens vragen geen speciaal onderhoud. Zoals alle inrichtingen moeten ze gerenoveerd worden wanneer beschadigingen worden vastgesteld.

Aangezien er nog niet veel kussens werden aangelegd, is er nog maar weinig kennis over de duurzaamheid ervan.

8.2.2.5. Aanleg en signalisatie

De Ministeriële Omzendbrief van 3 mei 2002 betreffende de verhoogde inrichtingen, bestemd om de snelheid te beperken tot 30 km/u en de rijbaankussens, beoogt tevens de aanlegcriteria en -wijzen van de inrichtingen die "rijbaankussens" worden genoemd te definiëren, evenals de signalisatie en de andere middelen die kunnen worden ingezet om de chauffeurs op hun aanwezigheid te wijzen.

De plaats van de Berlijnse kussens heeft weinig rechtstreekse invloed op het geluid. Ze moeten echter zowel 's nachts als overdag zichtbaar zijn en verwacht worden, wat:

- leidt tot een betere efficiëntie in termen van de snelheidsvermindering in het invloedsgebied van de inrichting en dus tot een betere efficiëntie in termen van vermindering van het algemene geluid (cfr. hoger).
- het risico van "agressief" rijgedrag vermindert (bruusk remmen, enz.), en dus ook de plaatselijke geluidshinder.

8.2.2.5.1. Aanlegvereisten

De aanlegvereisten worden gedefinieerd door de ministeriële omzendbrief.

Omwille van de veiligheid moet de aanleg van rijbaankussens worden beperkt tot wegen waarop een snelheidsbeperking van 50 km/u geldt.

Bovendien worden de kussens in het ideale geval aangelegd:

- ◆ op een afstand van minstens 100 m na het begin van de beperking van 50 km/u, rekening houdend met de plaatselijke omstandigheden;
- ◆ op minstens 15 m van een kruispunt ;
- ◆ op +/- 75 m van elkaar indien meerdere inrichtingen opeenvolgend worden aangelegd.

Met het oog op de veiligheid en de zichtbaarheid mogen de kussens niet worden aangelegd:

- ◆ in bochten;
- ◆ op of in kunstwerken;
- ◆ op openbare wegen waar de helling 6% of meer bedraagt;
- ◆ ze mogen niet doorsneden worden door een oversteekplaats voor voetgangers, maar deze wel flankeren.

Op plaatselijk niveau, en nog steeds volgens de omzendbrief, moet de overlangse aslijn van de inrichting evenwijdig zijn met de aslijn van de rijbaan.

Aangezien de breedte van het rijbaankussen beperkt is tot de breedte van de assen van de vrachtwagens, moet één kussen per rijstrook worden aangelegd wanneer de rijbaan twee rijstroken omvat. Een dergelijke maatregel vermijdt dat de bestuurder op de andere rijstrook gaat rijden om de op zijn rijstrook geplaatste inrichting te omzeilen. Indien de rijrichtingen over een voldoende afstand fysiek gescheiden zijn, bestaat de mogelijkheid slechts in één rijrichting een kussen aan te leggen.

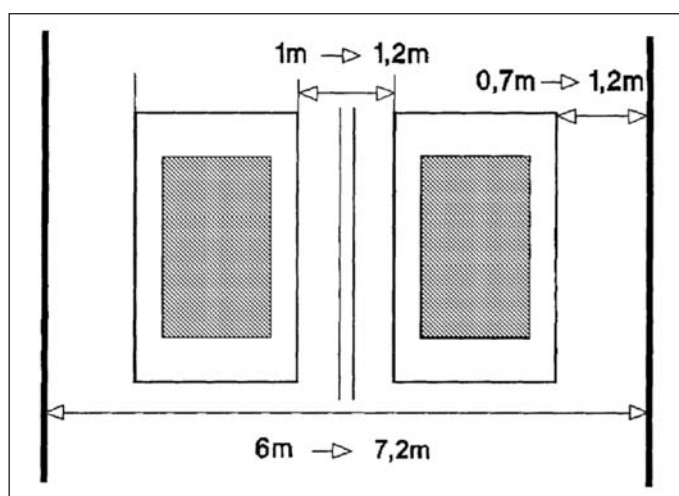
Het wordt evenwel afgeraden rijbaankussens van dit type aan te leggen op wegen met meer dan twee rijstroken.

A. PLAATS VAN DE KUSSENS OP DE WEG

Omwille van de afmetingen worden geen rijbaankussens naast elkaar aangelegd wanneer de rijbaanbreedte lager is dan 6 m.

A.1. Rijbaan smaller dan 7,20 m

Op wegen tot 7,20 m breed moeten de rijrichtingen in het algemeen gescheiden worden door een volle witte lijn langer dan of gelijk aan 10 m. We herinneren eraan dat het overschrijden van deze witte lijn een zware overtreding vormt.



Rijbaankussens op een weg van 6 tot 7,2 m breed
[Bron: Ministeriële Omzendbrief van 3 mei 2002]

De rijbaankussens respecteren de geometrische afmetingen die eveneens zijn vastgelegd door de omzendbrief en in het volgende punt worden besproken.



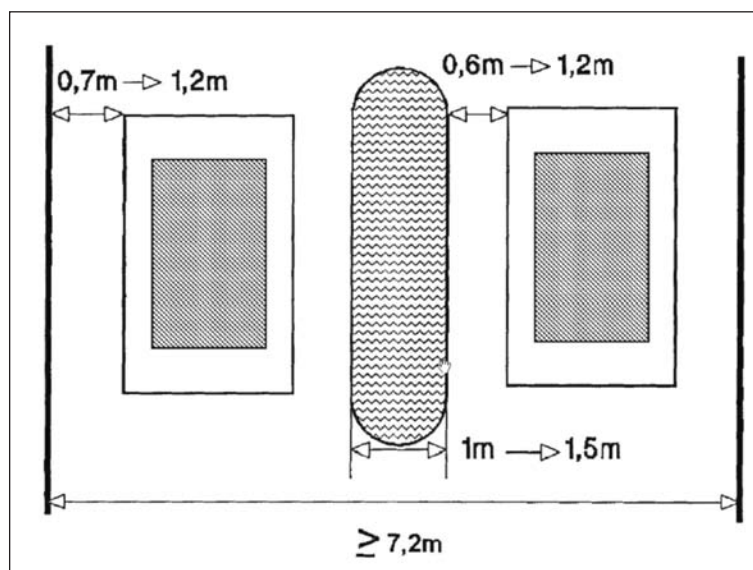
Rijbaankussens op een rijweg van 6 tot 7,40 m
(Bron: Certu, Guide des coussins et plateaux, 2000)

In het algemeen moet worden vermeden dat de ruimte tussen twee rijbaankussens de bestuurder de mogelijkheid laat er tussendoor te rijden en zo de door de inrichting opgelegde verplichting te omzeilen.

Bij wijze van voorbeeld stelt de omzendbrief andere plaatsen voor, afhankelijk van de breedte van de weg.

A.2. Weg breder dan 7,20 m

Indien de rijweg breder is dan 7,20 m, worden de rijrichtingen van elkaar gescheiden door een vluchtheuvel.



Rijbaankussens met een breedte $\geq 7,20$ m
(Bron: Ministeriële Omzendbrief van 3 mei 2002)

Het is altijd mogelijk een rijbaankussen slechts in één rijrichting aan te leggen, die dan over een voldoende afstand fysiek moet worden gescheiden van de andere rijrichting om te vermijden dat de automobilisten op de andere rijstrook gaan rijden om de inrichting te ontlopen, wat de efficiëntie niet ten goede zou komen en zou kunnen aansporen tot gevaarlijke manoeuvres.



Rijbaankussens op een weg breder dan 7,40 m
(Bron: Certu, Guide des coussins et plateaux, 2000)

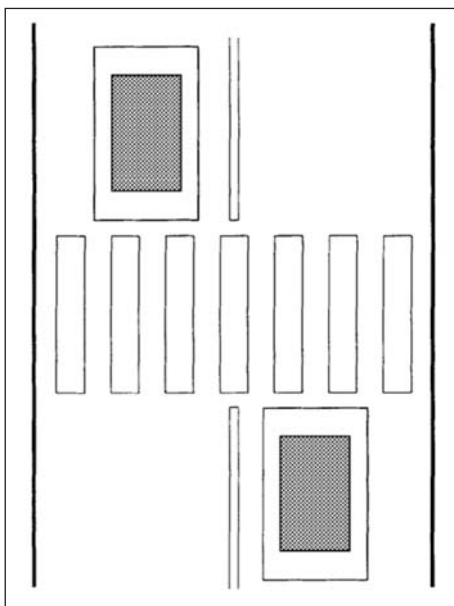
In het algemeen moeten de rijbaankussens op logische wijze worden aangelegd, om te vermijden dat de automobilist wordt aangemoedigd tot manoeuvres die de veiligheid in het gedrang brengen, of zelfs om een overtreding te begaan.

B. AANLEG VAN RIJBAANKUSSENS GECOMBINEERD MET EEN OVERSTEEKPLAATS VOOR VOETGANGERS

B.1. Wegen smaller dan 7,20 m

Oversteekplaatsen voor voetgangers mogen niet worden gemarkeerd op rijbaankussens. De mogelijkheid bestaat wel deze vertragende inrichtingen op enige afstand van elkaar aan te leggen, zodat de oversteekplaats ertussen kan worden aangelegd.

Op een rijweg van 6 m breed wordt de scheiding tussen de twee rijrichtingen gemarkeerd door een volle witte lijn van minimum 10 m lang.

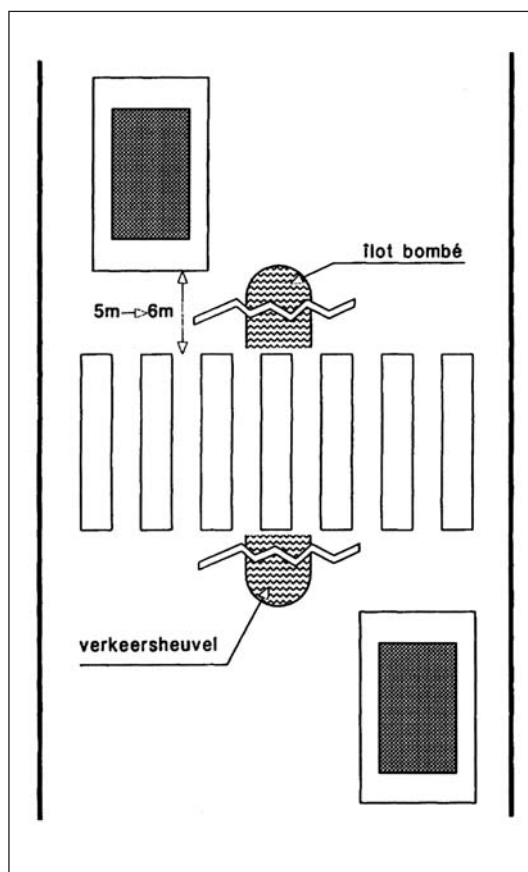


Weg ≥ 6 m met oversteekplaats voor voetgangers
(Bron: Ministeriële Omzendbrief van 3 mei 2002)

Indien de weg voldoende breed is, dient een fysieke scheiding te worden aangebracht tussen de rijstroken om te vermijden dat de automobilisten gaan slalommen tussen de rijbaankussens, wat in strijd zou zijn met de doelstelling van een betere veiligheid van de voetgangers.

B.2. Wegen breder dan 7,20 m met een oversteekplaats voor voetgangers

De omzendbrief geeft een voorbeeld voor een weg van meer dan 7,20 m breed.



Rijweg $\geq 7,20$ m met oversteekplaats voor voetgangers en vluchtheuvel (Bron: Ministeriële Omzendbrief van 3 mei 2002)



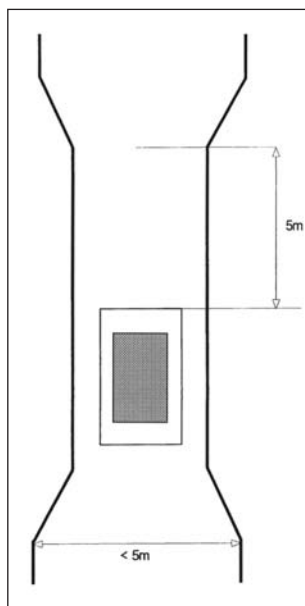
Rijbaankussens en oversteekplaatsen voor voetgangers op een rijweg breder dan 7,40 m in Sint-Pieters-Woluwe

C. AANLEG VAN RIJBAANKUSSEN(S) GECOMBINEERD MET EEN WEGVERSMALLING

C.1. Weg met eenrichtingsverkeer

Het rijbaankussen kan ook worden gecombineerd met een wegversmalling, met name in het geval van een eenrichtingsweg. De omzendbrief preciseert dat dit type van inrichting slechts gebruikt mag worden in gevallen waarin er de facto snelheidsvermindering is, zoals in de zones 30.

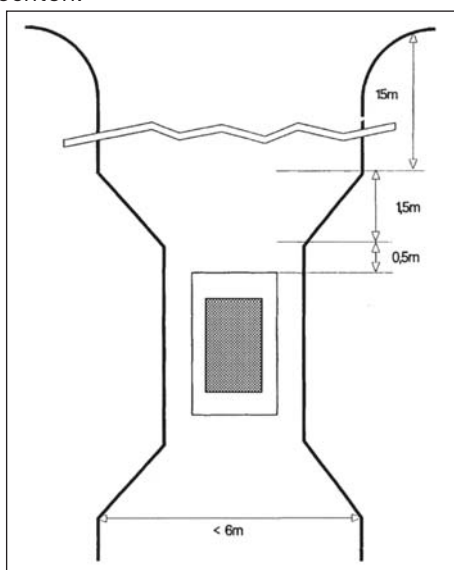
De omzendbrief stelt het geval voor van een weg met eenrichtingsverkeer die smaller is dan 5 m.



Rijbaankussen met wegversmalling op een rijweg met eenrichtingsverkeer < 5 m [Bron: Ministeriële Omzendbrief van 3 mei 2002]

C.2. Weg met tweerichtingsverkeer

Deze bepaling is eveneens interessant in het geval van een weg met tweerichtingsverkeer die smaller is dan 6 m. De doorgang wordt dan beurtelings verleend. Voorrang wordt altijd verleend aan het verkeer dat de bebouwde kom verlaat, zodat vooral het verkeer dat de bebouwde kom binnenkomt wordt vertraagd. Verkeersborden, die de voorrangsregel verduidelijken, kunnen worden geplaatst om de eventuele conflicten te beslechten.



Rijbaankussen met wegversmalling
[Bron: Ministeriële Omzendbrief van 3 mei 2002]

De wegversmalling, die niet gedefinieerd is, moet voldoende smal zijn om bij de automobilisten alle twijfel weg te nemen over de mogelijkheid met twee tegelijk door de doorgang te rijden.

Om veiligheidsredenen moet er ook voldoende zichtbaarheid zijn tussen de twee ingangen.

Indien het rijbaankussen samen met een oversteekplaats voor voetgangers wordt aangebracht, moet het vóór deze oversteekplaats worden aangelegd.

Naast de principes die worden voorgesteld door de omzendbrief, moet bij de aanleg van een rijbaankussen rekening worden gehouden met de omgeving, moet het uitzicht van de plaats worden gerespecteerd, moet het zich integreren in de bestaande ruimte en moet geluidshinder worden vermeden.

8.2.2.5.2. Signalisatie – Markering

Een verticale signalisatie is niet verplicht. Volgens de ministeriële omzendbrief kan dit in bepaalde gevallen evenwel nuttig blijven, met het oog op de duidelijkheid en de veiligheid. Zo kan worden vermeden dat de automobilist wordt verrast, op rechte wegen bijvoorbeeld, en kan dus ook de geluidshinder worden verminderd.



De inrichting wordt dan aangeduid met het gevaarsbord A51

aangevuld met een bijkomend verkeersbord van type III dat de aard van het gevaar vermeld, namelijk "snelheidsremmer" in het wit op een blauwe achtergrond.

De inrichting moet niet worden aangekondigd indien ze gelegen is in een zone 30, die wordt begrensd met de verkeersborden



In het geval van een wegversmalling met beurtelingsse doorgang kan de inrichting worden aangevuld met de verkeersborden



B19 en B21

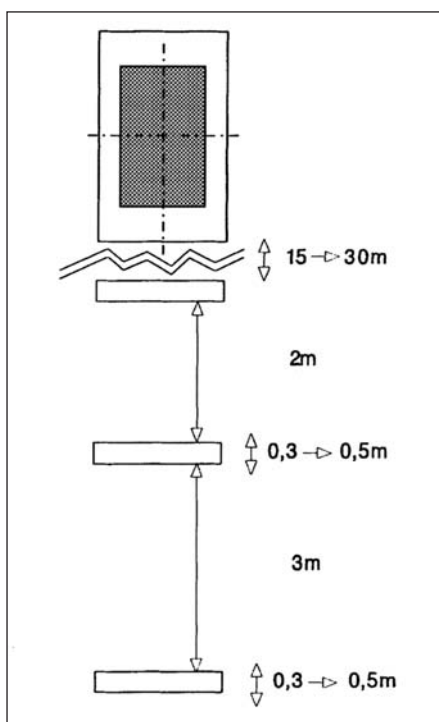


, die wijzen op een smalle doorgang en preciseren welke verkeersrichting voorrang heeft. Deze borden mogen slechts voor een smalle doorgang met beurtelings verkeer worden geplaatst indien de zichtbaarheid tussen beide uiteinden van de doorgang gegarandeerd is.

De afmetingen van de verkeersborden zijn vastgelegd in het reglement van de beheerder.

Wat de markering betreft, stelt de ministeriële omzendbrief voor dat het afgeschuinde gedeelte van het rijbaankussen wordt uitgevoerd in het wit, met het oog op de zichtbaarheid.

Het mag worden voorafgegaan door drie dwarsstrepen die witte banden vormen, volgens het onderstaande schema, om het nog beter te doen uitkomen.



Dwarsstrepen die het rijbaankussen voorafgaan
(Bron: Ministeriële Omzendbrief van 3 mei 2002)

8.2.2.6. Voor- en nadelen

Naast de voor- en nadelen op het vlak van het geluid die we kunnen afleiden uit wat voorafgaat, is het ook interessant de voor- en nadelen van de verhoogde inrichtingen op basis van andere criteria te kennen (veiligheid, enz.).

8.2.2.6.1. Voordelen van het rijbaankussen

Het rijbaankussen heeft de volgende voordelen:

- ◆ het is een snelheidsbeperker voor voertuigen die bijdraagt tot een betere algemene geluidsomgeving;
- ◆ het beperkt eveneens de snelheid van de bussen en de vrachtwagens, evenwel zonder te veel ongemakken te creëren;
- ◆ het risico dat het een tonale overschrijding veroorzaakt bij het voorbijkomen van vrachtwagens is kleiner;
- ◆ geen hinder voor tweewielers ;
- ◆ het hindert de afwatering van de weg niet, zodat er geen bijkomende maatregelen moeten worden getroffen om het water goed te doen aflopen;
- ◆ het is minder duur dan een verkeersplateau of een verkeersdrempel ;
- ◆ door zijn geringe hoogte blijft er niets achter haken;
- ◆ kan een poorteffect creëren.

8.2.2.6.2. Nadelen van het rijbaankussen

Het rijbaankussen heeft de volgende nadelen:

- ◆ de gemotoriseerde tweewielers moeten hun snelheid niet matigen;
- ◆ het kan een bron van plaatselijke geluidshinder vormen indien het de verkeerde afmetingen heeft en vaak wordt gebruikt door bussen en vrachtwagens;
- ◆ het kan niet worden gebruikt als oversteekplaats voor voetgangers;
- ◆ het vereist gewoonlijk een bijkomende inrichting om de efficiëntie ervan te garanderen en onaangepast rijgedrag te vermijden: vluchtheuvel, wegversmalling, wegverlegging, ...

8.2.2.7. Aanbevelingen

8.2.2.7.1. Aanbevelingen op het vlak van het geluid

De aanbevelingen die werden gedaan in het geval van de verkeersdrempels en de verkeersplateaus gelden eveneens in het geval van de Berlijnse kussens (zie hoger).

Daarnaast moet men er op toezien dat het rijbaankussen de juiste afmetingen krijgt (niet te breed), vooral in het geval van wegen die veel worden gebruikt door zwaar verkeer.

8.2.2.7.2. Aanbevelingen voor een goed gebruik (veiligheid, enz.)

Het rijbaankussen moet deel uitmaken van de openbare ruimte en afgestemd zijn op de omgeving en de kenmerken ervan.

De plaats en de bijkomende voorzieningen moeten zo worden gekozen dat ongepaste en ongeoorloofde gedragingen die gevaarlijk kunnen blijken, worden vermeden, zoals het snel slalommen tussen de kussens. De inrichting moet veilig blijven en zo zijn opgevat dat ze kleine fouten van de bestuurders niet meteen afstraft.

Om doeltreffend te zijn en gerespecteerd te worden, wordt deze inrichting vaak aangevuld met andere snelheidsverminderende inrichtingen: vluchtheuvel, wegversmalling, ...

De perceptie van de inrichting in verhouding tot de rijweg en de ruimte wordt versterkt, met name door het verschil in kleur en materialen tussen de inrichting en de rijweg. De zichtbaarheid moet zowel 's nachts als overdag gegarandeerd zijn; een straatverlichting kan nodig blijken. Deze markeert dan de plaats.

Zoals vermeld in de ministeriële omzendbrief is het altijd zinvol de omwonenden te raadplegen en het advies in te winnen van de maatschappijen voor gemeenschappelijk vervoer en van de diensten voor drin-

gende hulpverlening, indien hun voertuigen regelmatig van deze weg gebruik maken. Een wegverbetering wordt altijd beter onthaald indien er overleg is geweest met en raadpleging van de mensen die er van nabij bij betrokken zijn.

8.2.2.7.3. Aanbevelingen voor alle weggebruikers

A. VOETGANGERS

Een rijbaankussen is een heel andere inrichting dan een voetpad. Het mag met name niet doorsneden worden door een oversteekplaats voor voetgangers.

Wanneer het stroomopwaarts van een oversteekplaats is aangebracht, kan het een versterkend effect hebben op de verplichting van de automobilist om zijn snelheid te minderen ter hoogte van de oversteekplaats, wat de veiligheid van de voetgangers ten goede komt.



Voorbeeld in Zurich

In dit voorbeeld werd het rijbaankussen gecombineerd met een wegversmalling. Het is echter te betreuren dat het onvoldoende werd afgestemd op het gebouw, een school.

B. TWEEWIELERS

Het rijbaankussen heeft, vergeleken met de andere verhoogde inrichtingen, een niet te verwaarlozen voordeel voor tweewielers. De fietsers zijn fysiek immers niet verplicht om over de inrichting te rijden, omdat de zijstroken op wegniveau blijven. Ze moeten alleen zorgen dat ze binnen de strook van 70 cm tot 1,20 m blijven, afhankelijk van het geval. Ook voor de gemotoriseerde tweewielers is er geen echte verplichting.

Afgeschuinde zijden die niet deugdelijk zijn uitgevoerd, kunnen echter bijzonder gevaarlijk zijn voor de fietsers en andere tweewielers. Een verticaal en te groot niveauverschil bij het begin, bijvoorbeeld, ...

C. OPENBAAR VERVOER

Volgens de aanvullende studie van de SRWT^{xvii} over de verkeersdrempels past het rijbaankussen een mouw aan het belangrijkste nadeel van de verhoogde inrichtingen, namelijk het ongemak voor de bussen die er overheen rijden. Dit type van inrichting betekent een aanzienlijke verbetering van het comfort van de busgebruikers doordat het de bussen er toch toe verplicht hun snelheid te minderen, omdat ze goed moeten sturen om over het rijbaankussen te rijden.

De SRWT raadt de aanleg van rijbaankussens ter hoogte van bushaltes af.

D. VRACHTWAGENS

Voor vrachtwagens heeft het rijbaankussen dezelfde voordelen als voor de bussen, vergeleken met de verhoogde inrichtingen over de hele breedte van de rijweg.

E. VOERTUIGEN VAN DE HULPDIENTEN

Aangezien de afmetingen van de voertuigen van de hulpdiensten verschillen afhankelijk van het type, kunnen de kussens in meer of mindere mate hinderen. Deze inrichting vereist echter dat in alle gevallen vaart wordt geminderd, zodat ze niet echt geschikt is op wegen met veel verkeer van voertuigen van de hulpdiensten.

8.3. HORIZONTALE INRICHTINGEN

De term horizontale inrichtingen verwijst naar een wijziging van het dwarsprofiel van de weg, waarbij gewoonlijk de aan de auto toegekende ruimte wordt verkleind.

De horizontale inrichtingen kunnen twee vormen aannemen:

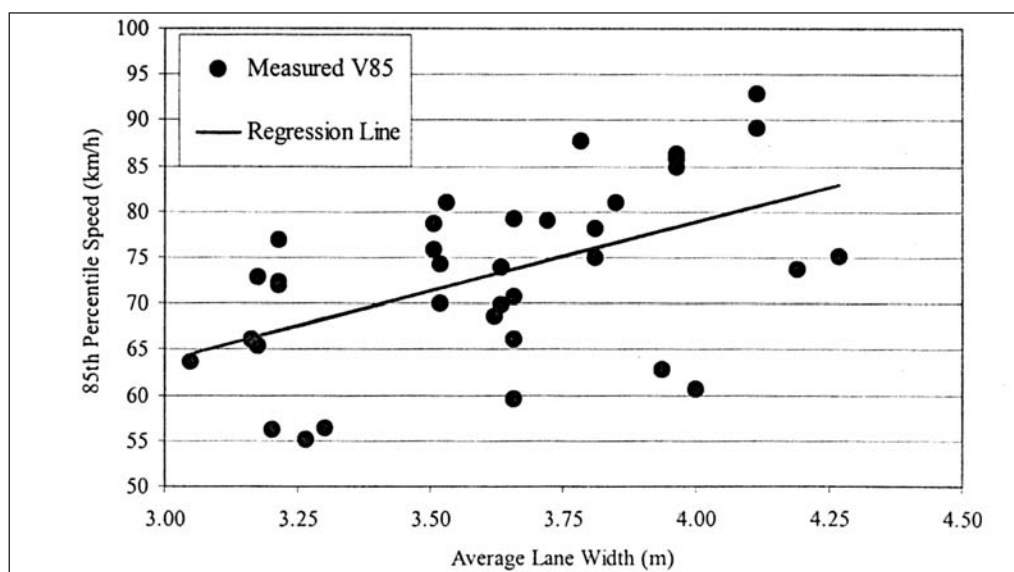
- ◆ de wegversmallingen: de weg wordt versmald zonder wijziging van het traject van de voertuigen, dat rechtlijnig blijft,
- ◆ de wegverleggingen: het traject van de voertuigen wordt gewijzigd.

Deze twee types van inrichting kunnen eveneens gecombineerd worden.

8.3.1. Wegversmalling

8.3.1.1. Doel

Het hoofddoel van de horizontale inrichtingen, zoals wegversmallingen, is de snelheid te doen afnemen, door plaatselijk of over een zekere afstand de breedte van de weg aan te passen. Het doel van de wegversmalling is de automobilist een indruk van smalheid te geven, die hem instinctief zijn snelheid doet matigen. Dit effect van kleinere afmetingen kan worden gecreëerd door een fysieke wegversmalling gecombineerd met visuele maatregelen in bepaalde gevallen. Door in te werken op het perspectief en het visuele aspect wordt een psychologisch effect gecreëerd dat de automobilist ertoe aanzet zijn snelheid te minderen en zijn rijgedrag aan te passen aan de plaatselijke omstandigheden.



Verband tussen de snelheid en de breedte van een rijstrook (Bron:?)

De wegversmallingen kunnen ook worden ingevoerd met het doel de aan de wagen toegekende ruimte te verminderen, in het voordeel van de openbare ruimte en de andere weggebruikers, zoals met name de voetgangers. Verbredingen van het voetpad, bijvoorbeeld, hebben het gevolg dat de veiligheid van de voetgangers erop vooruitgaat.

De wegversmallingen kunnen eveneens de overgang tussen twee ruimten markeren doordat ze een poort-effect creëren.

8.3.1.2. Principe

De wegversmalling kan inhouden dat de breedte van de rijweg wordt verminderd:

- ◆ ofwel aan beide zijden van de rijstroken,
- ◆ ofwel in het midden van de weg.

De breedte van de rijstroken wordt dan tot een minimum herleid om de snelheid te beïnvloeden en het geluid te verminderen.

De wegversmalling kan:

- ◆ sterk (vermindering van het aantal rijstroken) of matig (vermindering van de breedte van de rijstroken) zijn,
- ◆ bruusk of geleidelijk zijn, een wegversmalling per baanvak is mogelijk (trechtersvorm).

De wegversmallingen kunnen op verschillende manieren vaste vorm krijgen, van een eenvoudige grondmarkering tot een volledige heraanleg van de weg.

De versmalling van de weg kan worden bereikt door:

- ◆ een fysieke wegversmalling:
 - grondmarkering, in strepen of met verschillende kleuren;
 - de creatie van zijstroken met een andere verharding, straatkeien, grastegels, ... die de mogelijkheid laten dat er over wordt gereden;
 - algemene vermindering van de breedte van de rijstroken;
 - een visuele of fysieke scheiding van de twee verkeersrichtingen, zodat eventueel een vluchtheuvel kan worden aangelegd voor de voetgangers die willen oversteken;
 - aanleg van een verkeersgeleider;
 - aanleg van een rijstrook voor de andere weggebruikers, zoals:
 - verbreding van het voetpad, een maatregel die de voetgangers ten goede komt;
 - een fietspad of fietssuggestiestroken, met name in het kader van een straat met "beperkt eenrichtingsverkeer";
 - een rijstrook voor het openbaar vervoer;
 - een centrale halte voor het openbaar vervoer;
 - een parkeerstrook;
- ◆ een visuele wegversmalling:
 - de aanplanting van bomen op het voetpad of in plantenbakken;
 - de uitlijning van lantaarnpalen, die het versmallende effect 's nachts nog versterken;
 - het boordeffect dat de chauffeur psychologisch beïnvloedt en hem zijn snelheid doet matigen wanneer de kantsteen niet wordt gescheiden van de rijstrook door een straatgoot.

De wegversmallingen kunnen, afhankelijk van het geval, plaatselijk zijn of een langere afstand beslaan.

De wegversmallingen kunnen gemakkelijk worden uitgevoerd dankzij het verkeerseiland dat verschillende vormen kan aannemen:

- ◆ grondmarkering: witte strepen of verschillende kleuren,
- ◆ overrijdbaar verkeerseiland: hoewel het niet aangenaam is erover te rijden, is het overrijdbaar wanneer nodig en tegen lage snelheid. Het zorgt ervoor dat vrachtwagens door kunnen.
- ◆ opgehoogd verkeerseiland: dit is harder, het is niet mogelijk erover te rijden. Veiligheidsvoorzieningen moeten worden getroffen om te vermijden dat pogingen worden gedaan om erover te rijden. Het kan ook worden beplant.



Verkeerseiland in Bosvoorde

De wegversmalling kan het volgende inhouden:

- ◆ een aantal gelijke stroken, met de noodzaak de kruising van de voertuigen te voorzien,
- ◆ een vermindering van het aantal rijstroken tot 2x1 rijstrook. Wegversmallingen op meer dan 2x1 rijstrook zijn minder doeltreffend.
- ◆ één enkele rijstrook met beurtelings verkeer, waarbij de voertuigen vaak volledig tot stilstand moeten komen.

8.3.1.3. Geluidsimpact

8.3.1.3.1. Inleiding

Door de wijziging van het rijgedrag die ze meebrengt, wijzigt de wegversmalling de geluidsomgeving op twee niveaus, plaatselijk en algemeen. We herinneren eraan dat de plaatselijke impact betrekking heeft op het gebied vlakbij de inrichting en de algemene impact zich uitstrekt over het geografische gebied waarop de door de snelheidsverminderende inrichting gecreëerde snelheidsvermindering betrekking heeft (stroomopwaarts en stroomafwaarts van de inrichting).

8.3.1.3.2. Algemene impact

De algemene vermindering van het geluid die verband houdt met een wegversmalling wordt door de CEDIA op dezelfde manier berekend als de vermindering door de verhoogde inrichtingen (cf. hoger), en ziet er uit als volgt:

Type van wegversmalling	$\bar{V}_{FR}$ (km/u)	Algemene geluidsimpact (dB[A])		
		$V_{85} = 30$ km/u	$V_{85} = 50$ km/u	$V_{85} = 70$ km/u
In normaalprofiel	30	0	1,4	2,7

Volgens de ramingen van de CEDIA lijkt de wegversmalling minder efficiënt dan de verticale inrichtingen om het algemene geluid te verminderen, omdat de snelheid bij het overrijden hoger ligt. Deze laatste werd vastgelegd op basis van de literatuur en is niet representatief voor alle gevallen. Deze resultaten mogen dus niet veralgemeend worden.

De verwachte snelheidsvermindering wanneer men een wegversmalling plant, en dus de vermindering van het algemene geluid, is afhankelijk van verschillende parameters die verschillen van geval tot geval, zoals:

- ◆ het type van wegversmalling en het bijhorende verkeer:
 - bij een wegversmalling tot 2x1 rijstrook blijkt de maatregel efficiënter wanneer een wagen geconfronteerd wordt met verkeer uit de tegengestelde richting. Wanneer twee wagens elkaar moeten kruisen, vertragen de automobilisten immers voorzichtigheidshalve om te vermijden dat ze elkaar raken. Indien er geen verkeer is, is een wegversmalling op een tweerichtingsweg weinig efficiënt.
 - Een wegversmalling tot één enkele rijstrook heeft het sterkste effect omdat de weg zoveel mogelijk versmald is. De voertuigen moeten dus hun snelheid aanpassen om erdoor te rijden.
- ◆ de breedte van de rijstrook ;
- ◆ de aan- of afwezigheid van begeleidende maatregelen (verhoogde inrichtingen, enz.).
- ◆ enz.

8.3.1.3.3. Plaatselijke impact

Het is zeer waarschijnlijk dat de plaatselijke aanleg van een wegversmalling het plaatselijke geluid vermindert door de afgeleide snelheidsdaling, zonder dat ze overigens een duidelijke bron van geluidshinder vormt. Over dergelijke hinder werden overigens geen klachten ingediend in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest, in tegenstelling tot over de verhoogde inrichtingen.

Dit kan worden verklaard door het veel minder uitgesproken variabele karakter van het geluid, omdat de wegversmalling in het algemeen geen grote snelheidsvermindering oplegt. De eventuele problemen van geluidsoverschrijding, wanneer vrachtwagens over de verhoogde inrichtingen rijden, werden overigens niet aangetroffen.

Er bestaan evenwel situaties die plaatselijk hinderlijk kunnen zijn, met name in het geval van een wegversmalling tot één rijstrook. Hoewel dit type van wegversmalling het efficiëntst is in termen van vermindering van het algemene geluid, kan ze plaatselijk leiden tot bruusk en lawaaiig gedrag. Het systeem van de beurtelingse doorgang houdt immers in dat wanneer voertuigen uit beide richtingen komen, een van de voertuigen moet stoppen om het andere door te laten en vervolgens weer moet optrekken, wat voor geluidshinder kan zorgen, vooral in rustige periodes. Het gebeurt ook dat een van beide automobilisten bij het zien van zijn tegenligger plots gas geeft om als eerste door de doorgang te glippen.

8.3.1.4. Technische kenmerken

Op dit moment is er geen wet over de horizontale inrichtingen. De uitvoeringsprincipes moeten dan ook getuigen van logisch inzicht en gezond verstand, aangevuld met de ervaring die werd opgedaan bij de bestaande realisaties.

8.3.1.4.1. Geometrie

Uit wat voorafgaat blijkt duidelijk dat de geometrie en het type van wegversmalling een grote invloed gaan hebben op het geluid.

De geometrie van de wegversmallingen is afhankelijk van het type van weg, de gewenste snelheid en het verkeer dat deze weg gebruikt, in dit geval de aanwezigheid van vrachtwagens, bussen, dienstvoertuigen, ...

De genormaliseerde breedte van de voertuigen, in rechte lijn, is voor:

- ◆ de wagen: 1,80 m
- ◆ de Brusselse bussen: 2,35 tot 2,50 m
- ◆ de vrachtwagens: 2,55 m
- ◆ de gelede voertuigen: 2,55 m
- ◆ de motorfietsen en fietsen: 0,75 m (nodige ruimte) en 1 m met aanhangwagen

De voertuigen van de hulpdiensten vereisen 4 m vrije ruimte (dus boven de kantsteen). Ze hebben eveneens een binnenste draaicirkel van 11 m en een buitenste draaicirkel van 15 m, waarmee met name rekening moet worden gehouden bij wegversmallingen op kruispunten.

De wegversmallingen moeten toegankelijk blijven voor vrachtwagens, de afmetingen moeten eraan worden aangepast. De maatregel is dus dwingender voor wagens dan voor vrachtwagens, hoewel een dergelijke maatregel eerder voor de eerste bestemd is.

De wegversmalling kan bestaan uit overrijdbare elementen die wanneer nodig kunnen worden betreden, ook door vrachtwagens bijvoorbeeld. Het voordeel is dat de ruimte zoveel mogelijk kan worden beperkt en toch toegankelijk blijft, zodat deze maatregel een zekere soepelheid behoudt. Het overrijdbaar verkeers-eiland is beperkt tot 15 cm hoogte.

Het overrijden van een verkeers-eiland kan evenwel een bron zijn van geluid, wat hoofdzakelijk afhankelijk is van de gebruikte materialen en het gedrag van de chauffeur.



Overrijdbaar verkeers-eiland in Evere

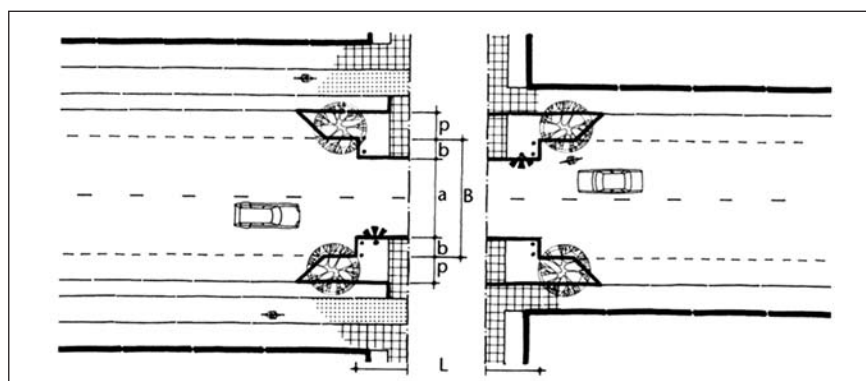
Een opgehoogd verkeerseiland kan schade veroorzaken aan de voertuigen als de afmetingen ervan slecht gekozen zijn.

De minimale breedtes die worden uiteengezet in het handboek van de Brusselse openbare ruimte voor rijstroken⁶ hangen af van de gewenste snelheden:

- ◆ gewone rijwegen – 30 km/u:
 - met eenrichtingsverkeer: 3 m (vlotte kruising van een fietser vanaf 3,25 m)
 - met tweerichtingsverkeer: 4,50 m (moeilijke kruising van vrachtwagens)
- ◆ drukke rijwegen – 50 km/u:
 - met eenrichtingsverkeer: 4 m
 - met tweerichtingsverkeer:
 - 5,90 m voor een voorzichtige kruising van bussen en vrachtwagens
 - 6,25 m voor een gemakkelijke kruising van bussen en vrachtwagens
 - 6,40 m is de breedte die de MIVB oplegt op haar trajecten⁷
- ◆ brede rijwegen – 50 km/u – twee rijstroken per verkeersrichting met een scheiding tussen de twee richtingen:
 - rechterrijstrook: 3 m
 - linkerrijstrook: 2,20 m (niet-reglementaire afmeting) tot 2,75 m (vrachtwagens kunnen elkaar niet passeren)
 - totale breedte van de twee rijstroken: 5,20 m tot 5,75 m

Nederland gaat drastischer te werk in het domein van de wegversmallingen. De minimumafmetingen voor een plaatselijke wegversmalling zijn:

- ◆ Doorgang met 2 rijstroken, die varieert volgens de drukte en de samenstelling van het verkeer, breedte "a" schommelt tussen:
 - 4,30 m en 5 m⁸,
 - 5 m en 6 m⁹, indien veel verkeer van bussen, vrachtwagens en fietsen (zonder specifieke voorzieningen). Deze afmetingen kunnen alleen zeer plaatselijk dalen onder de 6 m wanneer de weg wordt gebruikt door een buslijn,
 - breedte b die overeenkomt met het versmalde deel is hoger dan of gelijk aan 1,50 m,
 - breedte p komt overeen met de parkeerstrook,
 - de lengte L van de wegversmalling bedraagt 5 tot 10 m.



Wegversmalling met twee rijstroken¹⁰ (Bron: Crow, ASVV 1996)

- ◆ Doorgang met 1 rijstrook, breedte a schommelt tussen:
 - 2,75 m en 3,25 m, (kan mogelijk worden verminderd tot 2,50 m in specifieke plaatselijke omstandigheden), het verkeersreglement vraagt minimum 3 m,
 - 3,25 m tot 3,5 m, indien veel tweewielers deel uitmaken van het verkeer,
 - breedte b, die overeenkomt met het versmalde deel, is hoger dan of gelijk aan 1,50 m,
 - breedte p komt overeen met de parkeerstrook,
 - lengte L van de wegversmalling bedraagt 5 tot 10 m,
 - de vrije ruimte die nodig is voor de voertuigen van de hulpdiensten bedraagt 4 m.

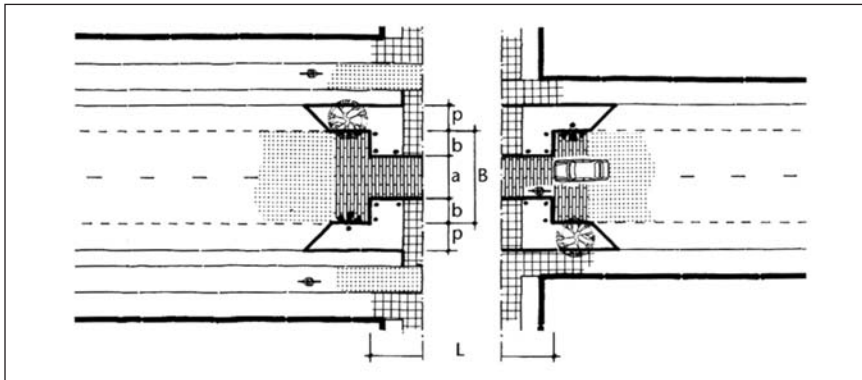
⁶ Het Waalse Ministère de l'Équipement et des Transports legt strengere afmetingen op.

⁷ Ter informatie: het MET van Verviers legt 5,50 m op voor vrachtwagens die boomstammen vervoeren.

⁸ Het Reglement van de Beheerder voorziet 3 meter per rijstrook.

⁹ Het openbaar vervoer vraagt 6,40 m in het Brussels Gewest.

¹⁰ Bij ons moeten de hoeken soepeler worden (grondmarkering, ...) om veiligheidsredenen.



Wegversmalling tot één rijstrook (Bron: Crow, ASVV 1996)

De afmetingen mogen geen twijfel laten bestaan over de mogelijkheid met twee voertuigen tegelijk door de doorgang te rijden. De verkeerssituatie moet duidelijk zijn. Het systeem van de beurtelingse doorgang houdt in dat de voertuigen die pas als tweede mogen doorrijden, eerst volledig tot stilstand moeten komen en vervolgens weer moeten optrekken. Deze tempoveranderingen kunnen geluidshinder meebrengen.

Voor volledig lokale wegen kan een variant bestaan uit lange wegversmallingen, tot 50 m lang, zodat er een visueel contact blijft tussen de automobilisten. De weg is dan een rijstrook met plaatselijke overbreedtes, een soort van sleuven waardoor kruisingen mogelijk zijn. Dit is eveneens een alternatief voor het invoeren van eenrichtingsverkeer, omdat de toegankelijkheid van de omwonenden gegarandeerd blijft en tegelijk de ongemakken van eenrichtingsstraten, zoals snelheid, transit, ... worden beperkt.

8.3.1.4.2. Materialen

A. ONTWERP

De keuze van materialen is zeer variabel in functie van het type van wegversmalling en de gewenste inrichting.

De weg zelf is niet gewijzigd. Het kan gaan om elementen die de bestaande infrastructuur aanvullen. De wegversmalling kan ook passen in een grondige heraanleg van de weg. Om een duidelijker verschil met de rijweg te markeren, kan de markering worden uitgevoerd in een andere kleur, die wordt bekomen door het verven van de rijweg in de massa, ofwel door een bijkomend product.

De overrijdbare verkeerseilanden worden gewoonlijk uitgevoerd in betonklinkers of kasseien. Een te vlak oppervlak zou te aangenaam zijn voor de automobilisten en de verkeerseilanden zouden minder gerespecteerd worden. Aan de andere kant brengt een hardere bestrating meer geluidshinder voort dan een gladde bestrating, wanneer er voertuigen overrijden.

De andere overbreedtes volgen dezelfde logica.

De niet-overrijdbare verkeerseilanden worden, net als de voetpaden, gewoonlijk niet onderworpen aan een specifieke belasting. De gebruikte materialen zijn beton, straatkeien of tegels. De verkeerseilanden kunnen ook beplant worden.

De plantenbakken vormen een oplossing die weinig materialen eist en die tijdelijk kan zijn, en worden vaak gebruikt om de afmetingen van de rijweg te verminderen. De inrichting moet goed worden afgewerkt indien deze maatregel blijvend wordt uitgevoerd. Het Brussels Gewest verbiedt dit type van "meubilair".

Bij elke inrichting moet de waterafvoer worden geïntegreerd, zodat deze gegarandeerd is.

B. ONDERHOUD, RENOVATIE

Het onderhoud en de renovatie van de voorziening zijn afhankelijk van wat werd aangelegd. Verf vraagt effectief een regelmatig onderhoud.

De overrijdbare verkeerseilanden moeten worden onderhouden en hersteld wanneer nodig, zodat een oppervlak wordt verkregen dat te allen tijde kan worden overreden zonder bijkomende hinder te veroorzaken, vooral op het vlak van het geluid.

De verkeerseilanden moeten in het algemeen worden hersteld in het geval van schade, die eventueel werd toegebracht door de auto's.

In het geval er beplantingen en plantenbakken zijn, moeten deze regelmatig worden onderhouden om te vermijden dat ze een triest aanzicht bieden.

8.3.1.5. Aanleg en signalisatie

8.3.1.5.1. Aanlegvereisten

De aanlegvereisten variëren volgens het type en de afmetingen van de wegversmalling in kwestie. Omgekeerd worden de kenmerken van de wegversmalling beïnvloed door de plaats en door het verkeer dat er langskomt.

Op wegen met snel verkeer is de wegversmalling hoofdzakelijk visueel om veiligheidsredenen. De aanleg van een fysieke wegversmalling moet worden vermeden omdat de toegelaten of werkelijk gereden gemiddelde snelheid hoger is dan 50 km/u. De verschillende rijstroken kunnen altijd verschillen in de breedte.

Een fysieke wegversmalling is voorbehouden voor wegen met een snelheidsbeperking van 50 km/u. Voor de wegversmallingen met één rijstrook ligt het verkeer per uur bij voorkeur lager dan 600 voertuigen per uur. De versmalling kan worden aangebracht over enkele tientallen meters indien de weg minder dan 200 voertuigen/uur telt en er geen regelmatige lijn van het openbaar vervoer is. Tussen de twee ingangen moet er een goede zichtbaarheid zijn om conflicten te vermijden.

De volgende plaatsen genieten de voorkeur:

- ◆ bij het begin van een bebouwde kom;
- ◆ ter hoogte van een veel gebruikte oversteekplaats voor voetgangers of fietsers, om de ruimte te markeren en de veiligheid van de zachte weggebruikers te verbeteren;
- ◆ in de omgeving van scholen, sportcentra, recreatiecentra,... ;
- ◆ bij het binnenrijden van een wijk, waar een poorteffect wordt gecreëerd;
- ◆ aan een versmalling van de straatruimte;
- ◆ aan het begin van een brug;
- ◆ aan een bus- of tramhalte, waar de gewonnen ruimte kan worden aangewend in het voordeel van de gebruikers van het openbaar vervoer.



Oversteekplaats met wegversmalling voor een school in Jette

Om verrassingen te vermijden die tot ongewenste scenario's kunnen leiden, zoals met name geluidshinder, moet de wegversmalling zo worden aangelegd dat hij zichtbaar is en wordt verwacht, zowel overdag als 's nachts.

In het geval van een wegversmalling die beperkt is tot één rijstrook, moet de uitgang duidelijk zichtbaar zijn, om te vermijden dat twee voertuigen er tegelijk door rijden.

Een alleenstaande wegversmalling heeft een beperkt effect op de snelheid en dus ook op het geluid. Het is dan ook interessant bijkomende maatregelen te voorzien (verkeersplateau, enz.). Bovendien wordt ze gewoonlijk aangelegd in het midden van de weg, om te vermijden dat de "voorrang" naar een van beide verkeersrichtingen zou lijken uit te gaan. Het is mogelijk voorrang te verlenen aan één rijrichting met het oog op het beheer van de verkeersstromen.

8.3.1.5.2. Signalisatie – Markering

Hoewel de inrichting in het ideale geval duidelijk en coherent is, is signalisatie niet nodig. Een goed zichtbare inrichting moedigt een rijgedrag aan dat is afgestemd op de gewenste snelheden, die een geluidsvermindering en een aangename omgeving nastreven.

In het geval van twijfel kan de wegversmalling met een van volgende verkeersborden worden gemarkeerd:

- ♦ Het verkeersbord A7  kondigt een rijbaanversmalling aan van minstens 1 m die gevaarlijk is voor het verkeer, volgens het verkeersreglement en het reglement van de beheerder. De wegversmallingen die werden gecreëerd met het doel de snelheid te verminderen, met het oog op de veiligheid, moeten zodanig worden ontworpen dat ze veilig zijn.
- ♦ het verkeersbord A51 , dat eveneens wordt aanbevolen voor andere verkeersvertragingen- de voorzieningen, moet ter hoogte van de inrichting worden geplaatst om verrassingen te voorkomen.
- ♦ verkeersborden van het type D1 , die preciseren langs welke kant men ergens voorbij moet rijden.

In het geval van een wegversmalling met beurtelingse doorgang kan de inrichting indien nodig worden

aangevuld met het verkeersbord B19 , dat verplicht voorrang te verlenen en B21, , dat voorrang geeft ten opzichte van de bestuurders die uit de andere richting komen. De zichtbaarheid tussen beide uiteinden van de doorgang is gegarandeerd.

De voorrang wordt bij voorkeur gegeven aan de rijrichting die de wegversmalling verlaat, om de snelheid in de binnenrijdende richting zoveel mogelijk te beperken. Een dergelijke signalisatie vermindert het aantal conflicten, maar kan leiden tot hogere snelheden in de verkeersrichting die voorrang heeft.

Indien de wegversmalling beperkend is, vermeldt het verbodsbord C27  de maximum toegelaten breedte. Deze moet worden aangekondigd stroomopwaarts indien er geen mogelijkheid is de inrichting te vermijden zonder manoeuvres uit te voeren.

De afmetingen van de verkeersborden zijn vastgelegd in het reglement van de beheerder.

Wat de markering betreft, kunnen grondmarkeringen de automobilist naar de wegversmalling leiden. Deze maatregel verbetert de zichtbaarheid van de inrichting, maar vermindert de doeltreffendheid ervan, doordat het naderen ervan wordt vergemakkelijkt.

De visuele perceptie van de wegversmalling kan eveneens worden verbeterd door streken stroomopwaarts die de aandacht van de automobilist trekken.

Om voor de hand liggende redenen van veiligheid moet de inrichting zowel overdag als 's nachts zichtbaar zijn.

8.3.1.6. Voor- en nadelen

Naast de voor- en nadelen op het vlak van het geluid die we kunnen afleiden uit wat voorafging, is het eveneens interessant de voor- en nadelen van de wegversmallingen op basis van andere criteria (veiligheid, enz.) te kennen.

8.3.1.6.1. Voordelen van de wegversmalling

De wegversmalling:

- ◆ vermindert de snelheid van de voertuigen en dus het geluid;
- ◆ geeft de voetgangers veiligheid, doordat een bijkomende afstand wordt gecreëerd tussen voetgangers en wagens;
- ◆ maakt de oversteekplaats van voetgangers korter en maakt het veiliger om over te steken doordat de zichtbaarheidsdriehoek tussen voetganger en automobilist wordt verbeterd, indien de wegversmalling wordt gecombineerd met een voetgangersoversteekplaats;
- ◆ vermindert het barrière-effect dat de weg kan creëren;
- ◆ kan, door de uitspringende voetpaden, plaats bieden aan straatmeubilair: verlichting, planten,...
- ◆ er kunnen parkeerplaatsen bebakend worden;
- ◆ maakt de openbare ruimte in het algemeen aangenamer;
- ◆ kan een poorteffect creëren;
- ◆ kan worden uitgevoerd tegen een zeer lage kostprijs;
- ◆ kan tijdelijk worden uitgevoerd.

Ter hoogte van de kruispunten:

- ◆ vermindert ze de snelheid doordat de bocht wordt versterkt;
- ◆ verbetert ze de duidelijkheid en de zichtbaarheid van het kruispunt;
- ◆ maakt ze de oversteek van voetgangers korter en veiliger.

De middengeleider heeft het voordeel dat hij:

- ◆ de rijweg fysiek versmalt;
- ◆ de verkeersstromen scheidt;
- ◆ de voetgangers in staat stelt in twee keer over te steken, wat hun veiligheid ten goede komt;
- ◆ een wandeffect creëert;
- ◆ de visuele perspectieven vermindert, indien er planten of lantaarnpalen op zijn aangebracht.

8.3.1.6.2. Nadelen van de wegversmalling

De wegversmalling:

- ◆ kan bepaalde voertuigen hinderen indien ze slecht is ontworpen of indien de afmetingen niet aangepast zijn aan de situatie;
- ◆ is een maatregel die minder effect heeft op de snelheid en dus op het algemene geluid;
- ◆ ligt gewoonlijk niet aan de bron van plaatselijke geluidshinder;
- ◆ kan onveilige situaties doen ontstaan indien er twijfel is bij beurtelingse doorgangen;
- ◆ heeft een beperkt effect voor automobilisten die er regelmatig langskomen,
- ◆ vermindert het aantal parkeerplaatsen, afhankelijk van de lengte;
- ◆ kan, indien ze over een langere afstand wordt uitgevoerd, lastig zijn indien een voertuig van de hulpdiensten wil passeren, omdat de voertuigen minder plaats hebben om opzij te gaan staan.

8.3.1.7. Aanbevelingen

8.3.1.7.1. Aanbevelingen op het vlak van het geluid

De meeste aanbevelingen die worden gedaan in het kader van de horizontale inrichtingen gelden eveneens in het geval van de wegversmallingen (materialen, onderhoud, renovatie, ruimte tussen de verkeersvertragende inrichtingen, zichtbaarheid, andere begeleidende maatregelen en context).

In het geval van een wegversmalling tot twee rijstroken is het nodig rekening te houden met de frequentie van de voertuigen die door de versmalling rijden in de twee richtingen. In het geval van een groot onevenwicht heeft de wegversmalling immers niet het gewenste effect.

In het geval van een wegversmalling tot één enkele rijstrook moet men er op toezien dat de beurtelingse doorgang op een gepaste manier kan gebeuren (vermijden dat auto's gaan optrekken om er als eerste door te glippen).

8.3.1.7.2. Aanbevelingen voor een goed gebruik (veiligheid, enz.)

De aanleg moet goed worden doordacht omdat een slecht ontworpen inrichting kan leiden tot conflicten en schade. Ze vallen beter op indien ze op logische wijze worden geplaatst. Hierbij moet rekening worden gehouden met de hiërarchische opbouw van de weg en met het verkeer dat deze weg gebruikt: openbaar vervoer, vrachtwagens, voertuigen van de hulpdiensten, uitzonderlijke transporten, ...

De perceptie en de efficiëntie van de wegversmalling kunnen worden verbeterd door verticale inrichtingen, zoals beplantingen, verlichting, ...

De inrichting moet zowel overdag als 's nachts zichtbaar zijn, vooral indien ze niet overrijdbaar is. Hiervoor moet ze gecontrasteerd zijn en misschien worden aangekondigd door verkeersborden of een grondmarkering. Ze kan eventueel worden aangekondigd door een overrijdbaar verkeerseiland.

Verlichting, reflectoren, het gebruik van reflecterende verf ... dit alles garandeert de zichtbaarheid van de wegversmalling 's nachts^{xxi}. Wanneer de inrichting op de goede manier worden genaderd, wordt de geluidshinder verminderd doordat onaangepast gedrag en te hoge snelheden worden vermeden.

De efficiëntie van de verkeerseilanden is afhankelijk van hun ontwerp:

	Geleiding	Perceptie	Snelheidsvermindering
Vlak verkeerseiland	Goed indien contrasten	Goed indien contrasten	Gering
Opgehoogd verkeerseiland met afgeschuinde kantstenen	Goed indien contrasten	Gemiddeld	Goed
Overrijdbaar verkeerseiland	Goed indien contrasten	Goed indien contrasten	Goed
Beplant verkeerseiland	Goed	Goed	Goed
Opgehoogd verkeerseiland met hoge kantstenen	Goed	Goed indien contrasten	Goed

Efficiëntie van de verkeerseilanden (Bron: IBSR, De la route à la rue, 1998)

De weggebruiker moet de manier waarop de inrichting werkt goed kunnen inschatten. Men moet dus met name vermijden dat de twee automobilisten op hun gaspedaal gaan staan om als eerste door de versmalling te glippen, wat indruist tegen de doelstellingen van de maatregel en bovendien, zoals hoger reeds werd aangehaald, onnodige geluidshinder voortbrengt.

Anderzijds hebben de visuele en psychologische wegversmallingen hun beperkingen. Ze verliezen immers hun efficiëntie, vooral bij de regelmatige automobilisten die vertrouwd zijn met de verkeerssituatie.

De waterafvoer moet altijd gegarandeerd zijn.

Zoals alle alleenstaande maatregelen kan de wegversmalling gepaard gaan met aanvullende maatregelen om de efficiëntie, de perceptie en de integratie te verbeteren. Voorzieningen zoals verkeersdrempels, verkeersplateaus, Berlijnse kussens ... vormen een efficiënte aanvulling voor de wegversmallingen.

8.3.1.7.3. Aanbevelingen voor alle weggebruikers

De wegversmallingen hebben niet alleen gevolgen voor de wagens.

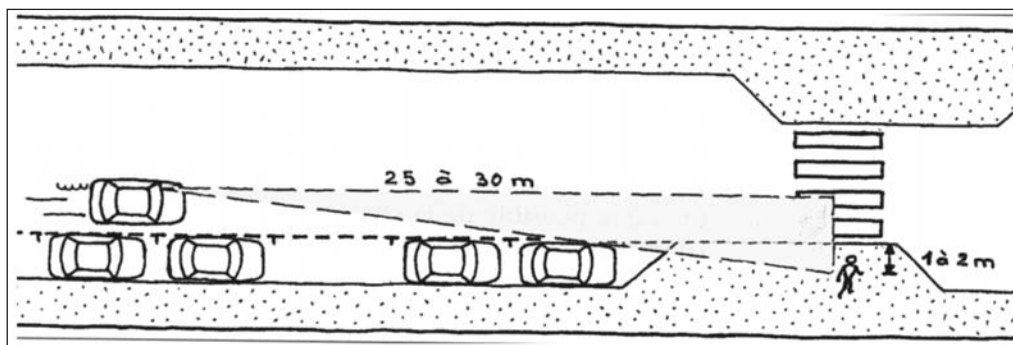
A. VOETGANGERS

De voetgangers kunnen profiteren van de wegversmallingen.

In het geval van een versmalling van de rijweg door een verbreding van de voetpaden, is het een overduidelijk voordeel voor de voetganger, die meer ruimte tot zijn beschikking krijgt.

Ter hoogte van de voetgangersoversteekplaatsen biedt de verbreding van het voetpad, gecombineerd met de versmalling van de rijweg, de voetgangers heel wat voordelen:

- ◆ vermindering van de snelheid van de voertuigen en verbetering van hun veiligheid,
- ◆ vermindering van de lengte van de oversteekplaats,
- ◆ verbetering van de zichtbaarheid tussen voetganger en automobilist, aangezien de voetganger aan de rand van de weg staat en niet langer wordt verborgen achter geparkeerde voertuigen. De voetgangers bevindt zich dus eerder in de zichtbaarheidsdriehoek van de automobilist.



Zichtbaarheidsdriehoek (Bron: Certu, Carrefours urbains, guide, 1999)

Op de kruispunten verbeteren de uitspringende voetpadverbredingen ter hoogte van de oversteekplaatsen de veiligheid van de voetgangers.

In het Brussels Gewest specificeert de Gewestelijke Stedenbouwkundige Verordening (titel 7, afdeling 2, artikel 6) dat het trottoir wordt verbreed ter hoogte van de zebrapaden wanneer op de rijbaan een permanente parkeerstrook langs het trottoir ligt. De GSV beperkt de verbredingen van de trottoirs echter tot 1,70 m in geval van parkeren in de lengte. Wanneer een afvoergoot gelegen is tussen de parkeerstrook en de rijbaan, dan kan het trottoir worden verbreed tot aan de afvoergoot.



Verbreding van de voetpaden ter hoogte van een voetgangersoversteekplaats in Oudergem

Wanneer de wegversmalling wordt uitgevoerd door de aanleg van een middengeleider, dan blijft dit een voordeel voor de voetganger die dankzij de zo ontstane vluchtheuvel in twee keer kan oversteken.

Het gebruik van plantenbakken moet worden beperkt en doordacht om de chauffeurs en de voetgangers een goede wederzijdse zichtbaarheid te garanderen. Aangezien de bakken hoog zijn over een aanzienlijke breedte, kunnen ze personen "verbergen".

B. TWEEWIELERS

De wegversmalling die wordt opgelegd aan de voertuigen, kan ook dwingend zijn voor de tweewielers. Aangezien deze maatregel niet voor hen bestemd is, kunnen voorzieningen worden getroffen om de hinder voor hen te beperken.

Een doorgang van minimum 1 m buiten de markering, die is uitgespaard aan de zijkant, voorkomt dat de fietsers de door de wegversmalling opgelegde omweg moeten volgen en dat ze worden platgedrukt door de voertuigen en vooral door de vrachtwagens. Over de invoeging van de fietsers na de wegversmalling moet goed worden nagedacht.

In het geval van een wegversmalling die het verkeer beperkt tot één rijrichting tegelijk, kan een dergelijke maatregel voorkomen dat de fietsers net als de voertuigen hun beurt moet afwachten.

Over grotere lengtes kan de weg worden versmald door de aanleg van een fietssuggestiestrook of een fietsspad. De algemene breedte van de rijstrook voor de fietsers moet juist zijn, om de veiligheid van de fietsers te garanderen.



Aanleg van een fietspad in Neder-Over-Heembeek

In het kader van een Beperkt eenrichtingsverkeer is de aanbevolen minimumbreedte 4 m, om veiligheidsredenen.

C. OPENBAAR VERVOER

Om te vermijden dat het openbaar vervoer te veel ongemakken ondervindt, moet bij de aanleg van een wegversmalling rekening worden gehouden met de regelmatige dienstverlening van het openbaar vervoer. In het geval van brede rijwegen kan de wegversmalling worden ingevoerd door een speciale rijstrook voor het openbaar vervoer te voorzien, zodat dit geen hinder ondervindt en zijn snelheid zelfs kan verhogen.

Ter hoogte van de haltes plukken de gebruikers van het openbaar vervoer de vruchten van de wegversmallingen omdat hun comfort en veiligheid erop vooruit gaan.

Indien de wegversmalling gecombineerd wordt met een bushalte op de weg, wordt de aanwezigheid van het openbaar vervoer versterkt. De mogelijkheid bestaat dan ook om een groene golf in te voeren. Wanneer een bus of een tram kort halt houdt aan een bushalte, houdt ze immers de achter haar rijdende voertuigen op. Wanneer ze weer vertrekt, heeft ze dan de weg vrij om door te rijden.



Overrijdbaar middeneiland ter hoogte van een bushalte in Ukkel

D. VRACHTWAGENS

Bij het bepalen van de breedte van de wegversmallingen moet rekening worden gehouden met de aanwezigheid van vrachtwagens. Indien er veel vrachtwagens zijn, moeten andere voorzieningen worden overwogen om de snelheid te verminderen.

De overrijdbare verkeerseilanden zorgen voor een zekere soepelheid voor de voorbijrijdende vrachtwagens. Wanneer ze aan de kant van de rijweg zijn aangelegd, worden ze echter soms ingenomen door fout-parkeerders zodat hun nut afneemt.

De hinderlijke wegversmallingen hebben soms het effect dat ze vrachtwagenchauffeurs aanzetten om een andere weg te kiezen.

E. VOERTUIGEN VAN DE HULPDIENTEN

De voertuigen van de hulpdiensten vereisen een vrije ruimte van 4 m, die moet worden nageleefd bij het ontwerp van elke wegversmalling. De overrijdbare verkeerseilanden kunnen eveneens de doorgang van dit type van voertuig vergemakkelijken in dringende gevallen.

8.3.2. Wegverlegging

De wegverlegging is een inrichting in het dwarsprofiel van de weg die de automobilist ertoe verplicht zijn traject te wijzigen.

8.3.2.1. Doel

Net als de wegversmalling bestaat het hoofddoel van de wegverlegging erin de snelheid te verminderen, om de veiligheid van de weggebruikers te verbeteren doordat het rijgedrag van de automobilisten wordt beïnvloed. Ze zorgt tevens voor een herkwalificatie van de openbare ruimte.

Door de hinder die ze veroorzaakt, kan ze ook bijdragen tot een vermindering van het doorgaand verkeer.

8.3.2.2. Principe

De wegverleggingen beïnvloeden de snelheid door een vermindering van de afmetingen van de rijweg, gecombineerd met een wijziging van het rechte lijnige traject.

De verschuiving van de as van de rijstroken en van de rijweg creëert een optische breuk die erop gericht is de snelheid te verminderen. Aangezien het perspectief in de diepte wordt gebroken, wordt de ruimte immers in verschillende sequenties verdeeld, een soort van optisch afgebakende subruimten.



Voorbeeld van wegverleggingen in Sint-Pieters-Woluwe

De snelheid wordt ook verminderd door de fysieke noodzaak te vertragen om een bocht te nemen.

De horizontale inrichtingen kunnen verschillende vormen aannemen, van een eenvoudige grondmarkering tot een volledige heraanleg van de weg. De teruggewonnen ruimte kan worden aangewend in het voordeel van de publieke ruimte.

Aangezien het principe erin bestaat het verkeer te kanaliseren en de verkeersstromen te sturen, over de gewenste afstand, kunnen de wegverleggingen worden gecreëerd door:

- ◆ verkeersgeleiders, die mogelijk zijn in verschillende vormen:
 - gemarkeerde verkeerseilanden,
 - overrijdbare verkeerseilanden,
 - opgehoogde verkeerseilanden in harde materialen, eventueel met plantengroei.

Het middeneiland wordt bij voorkeur aangelegd in het midden van de weg, om de wegverlegging in de twee rijrichtingen te creëren.

- ◆ groene ruimtes, aanplantingen en bloemenbakken,
- ◆ uitspringende voetpaden,
- ◆ aanleg van plaatsen voor beurtelings parkeren,
- ◆ paaltjes en palen.

De wegverlegging kan bestaan uit:

- ◆ een aantal gelijke rijstroken, waarbij ervoor moet worden gezorgd dat auto's elkaar kunnen kruisen,
- ◆ een enkele rijstrook met beurtelings verkeer, waarbij voertuigen soms volledig tot stilstand moeten komen.

De snelheidsvermindering varieert afhankelijk van de ruimte waarover het voertuig beschikt, de diepte van de inrichtingen en, in voorkomend geval, de ruimte tussen twee verkeersvertragende maatregelen.

Terwijl de doorgang van vrachtwagens en voertuigen van de hulpdiensten gegarandeerd moet blijven, gebeurt de aanleg geval per geval, afhankelijk van de situatie in functie van de nagestreefte doelstellingen.

8.3.2.3. Geluidsimpact

8.3.2.3.1. Inleiding

Door de wijziging van het rijgedrag die ze meebrengt, wijzigt de wegverlegging de geluidsomgeving en dit op twee niveaus: plaatselijk en algemeen.

8.3.2.3.2. Algemene impact

De algemene vermindering van het geluid die verband houdt met een wegverlegging wordt door de CEDIA op dezelfde manier berekend als de vermindering door de verhoogde inrichtingen (cf. hoger), en ziet er uit als volgt:

Type van wegversmalling	$\bar{V}_{FR}$ (km/u)	Algemene geluidsimpact (dB[A])		
		$V_{85} = 30$ km/u	$V_{85} = 50$ km/u	$V_{85} = 70$ km/u
In normaalprofiel	30	0	1,4	2,7

Volgens de ramingen van de CEDIA lijkt de wegverlegging, net als de wegversmalling, minder efficiënt dan de verticale inrichtingen om het algemene geluid te verminderen, omdat de snelheid bij het overrijden hoger ligt. Deze laatste werd vastgelegd op basis van de literatuur en is niet representatief voor elk geval. Deze resultaten mogen dus niet veralgemeend worden.

De verwachte snelheidsvermindering wanneer men een wegverlegging plant, en dus de vermindering van het algemene geluid, is afhankelijk van verschillende parameters die verschillen van geval tot geval, zoals:

- ◆ het type van wegversmalling en het bijhorende verkeer:

Bij een wegverlegging tot 2x1 rijstrook bijvoorbeeld blijkt de maatregel efficiënter wanneer een wagen geconfronteerd wordt met verkeer uit de tegengestelde richting. Wanneer twee wagens elkaar moeten kruisen, vertragen de automobilisten immers voorzichtigheidshalve om te vermijden dat ze elkaar raken. Indien er geen verkeer is, is een wegversmalling op een tweerichtingsweg weinig efficiënt.

- ◆ de strengheid van de wegverlegging (breedte van de rijweg, diepte, breedte en lengte van de wegverlegging – zie geometrie);
- ◆ de aan- of afwezigheid van begeleidende maatregelen (verhoogde inrichtingen, enz.).
- ◆ enz.

8.3.2.3.3. Plaatselijke impact

Het is zeer waarschijnlijk dat de plaatselijke aanleg van een wegverlegging het plaatselijke geluid vermindert door de afgeleide snelheidsdaling, zonder dat ze overigens een duidelijke bron van geluidshinder vormt. Er is echter meer kans op geluidshinder dan in het geval van een wegversmalling, omwille van de meer uitgesproken snelheidswijzigingen. De eventuele problemen van geluidsoverschrijding, wanneer vrachtwagens over de verhoogde inrichtingen rijden, werden niet waargenomen.

De situaties die hinderlijk kunnen zijn, zijn gelijk aan degene die worden aangetroffen bij de aanleg van een wegversmalling, namelijk door het systeem van beurtelingse doorgang in de onmiddellijke nabijheid van de omwonenden met:

- Stoppen en weer starten van het verkeer uit één rijrichting;
- Soms agressief rijgedrag (van chauffeurs die er als eerste willen doorglippen) bij beurtelingse doorgang;

8.3.2.4. Technische kenmerken

8.3.2.4.1. Geometrie

De wegverleggingen zijn minder of meer uitgesproken, afhankelijk van de werkelijk gereden snelheid op de weg en de gewenste snelheid. Het spreekt voor zich dat de diepere inrichtingen efficiënter zijn en een sterkere vermindering van het algemene geluid mogelijk maken.

De afmetingen van de wegverleggingen schommelen afhankelijk van het type van rijweg, het type van verkeer en de drukte. De draaicirkels die nodig zijn voor de voertuigen van de hulpdiensten moeten in acht worden genomen.

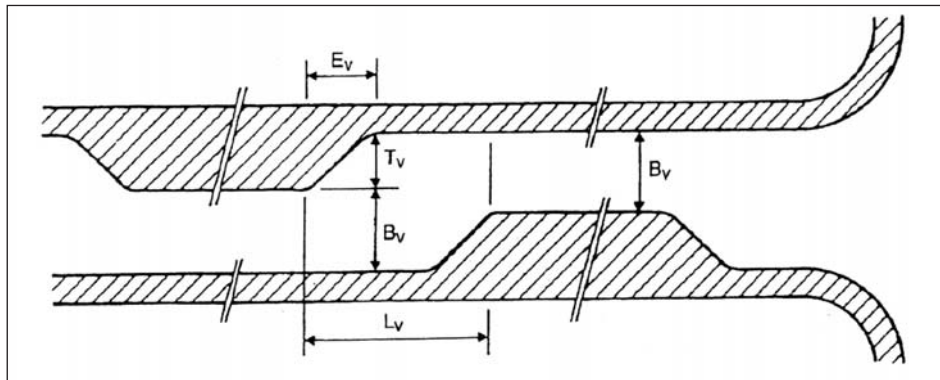
Bij wijze van informatie: de afmetingen van een wegverlegging met een systeem van beurtelingse doorgang (een rijstrook) zijn:

	Hoofdweg		Interwijkenweg		Wijkennet
Verkeersstelsel (aan weerszijden van de wegverlegging)	2 richtingen	1 richting	2 richtingen	1 richting	2 richtingen
Breedte van de rijweg (Bv) – beurtelingse doorgang	≥ 5 m	≥ 4 m	≥ 4 m	≥ 3,5 m	≥ 3 m
Basissnelheid	40 km/u		≤ 40 km/u		≤ 30 km/u
Voertuigen die de geometrie bepalen	Vrachtwagens (+ aanpassing voor specifieke afmetingen)		Vrachtwagens		Bestelwagens, auto's
Bepalende gevallen van kruising	Vrachtwagens / Auto's (behalve specifieke wegversmalling)		Auto's/auto's (behalve specifieke kruisingspunten)		Auto's/Moto's
Stopafstand	≥ 40 m		≥ 20 m		≥ 10 m

Principe van aanleg van inrichtingen (Bron: Transitec, opleiding tot mobiliteitsadviseur)

In dit geval houdt de breedte van de rijweg (B_v) in dat de voertuigen elkaar niet kunnen kruisen. De doorgang dient dus beurtelings te gebeuren als het een tweerichtingsweg is, waarbij de voertuigen moeten wachten vóór de wegverlegging.

Het standaardschema van een wegverlegging met beurtelingsse doorgang ziet eruit als volgt:



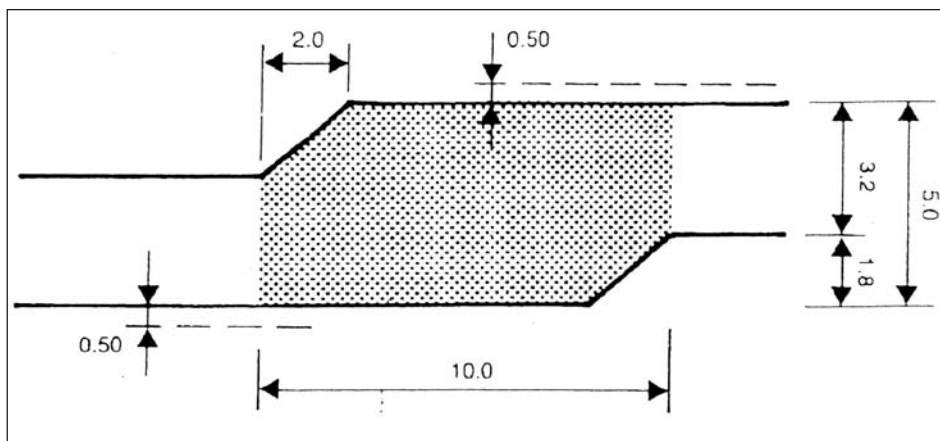
Horizontale inrichtingen (Bron: Transitec, opleiding tot mobiliteitsadviseur)

De afmetingen die een wegverlegging bepalen, zijn:

- ◆ B_v : breedte van de rijweg,
- ◆ T_v : breedte van de wegverlegging, m.a.w. de inrichting,
- ◆ E_v : lengte van de wegverlegging,
- ◆ L_v : totale lengte van de wegverlegging.

Het type van inrichting wordt gedefinieerd door de verhouding tussen de totale breedte van de rijweg die wordt gebruikt voor de inrichting (breedte rijweg + breedte verhoging) en de lengte van de inrichting.

Bijvoorbeeld, een wegverlegging van het type 5/10 heeft een totale breedte van 5 m over een lengte van 10 m. Dit type van inrichtingen is aangepast aan de plaatselijke wegen.



Wegverlegging van type 5/10 (Bron: Transitec, formation de conseiller en mobilité)

Het doel van de afmetingen die worden voorgesteld voor verschillende types van standaard wegverleggingen is de snelheden sterk te doen afnemen.

Type van inrichting (Bv + Tv)/Lv*	Bv in m Breedte 1 strook	Tv in m Breedte van de wegverlegging	Lv in m Totale lengte van de wegverlegging	Ev in m Lengte van de wegverlegging	Betrokken strook
5/10	3,20	1,80	10	2	Plaatselijke weg
6/9	3,50	2,50	9	4	Plaatselijk: 2 richtingen Interwijken: 1 richting
7/10	3,50	3,50	10	4	
8/11	3,50	4,50	11	4,50	
9/12	3,50	5,50	12	5,50	
6/5	4	2	5	2	Interwijken: 2 richting Hoofdweg: 1 richting
7/6	4	3	6	3	
9/9	4	5	9	5	
10/9	4	6	9	6	
9/5	5	4	5	4	Alles
10/6	5	5	6	3	

Standaardafmetingen (Bron: Transitec, opleiding tot mobiliteitsadviseur)

* Bv = breedte van de rijweg

* Tv = breedte van de wegverlegging, m.a.w. de inrichting

* Lv = totale lengte van de wegverlegging

Er zijn verschillende wegverleggingen mogelijk, afhankelijk van de situatie.

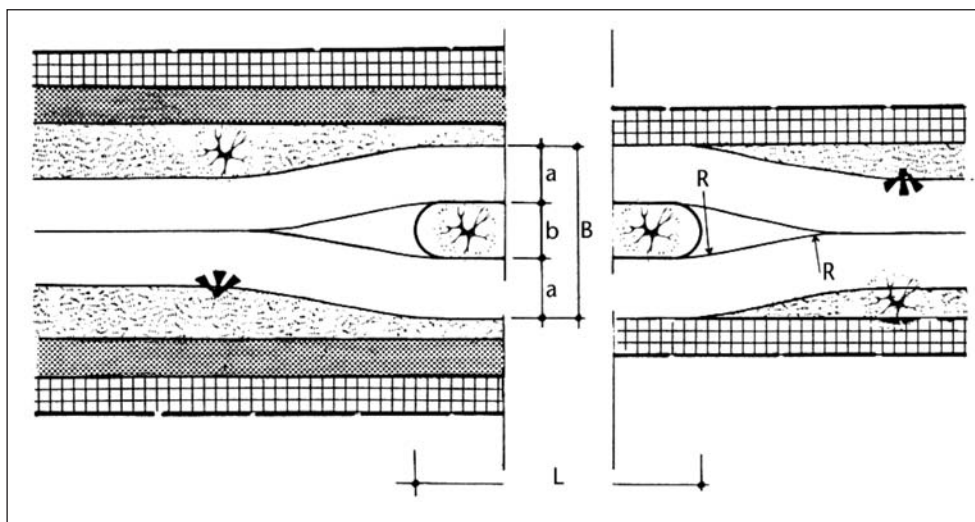
A. VOORBEELDE VAN WEGVERLEGGINGEN

In de rechterschets worden fietsers opgenomen in het verkeer. Links omvat de aanleg een gescheiden fietspad, in het geval van een grote vraag vanwege de tweewielers.

De vrije breedte moet altijd 4 m zijn, om de voertuigen van de hulpdiensten door te laten.

A.1. Wegverlegging door een middeneiland

Deze wegverlegging, die wordt gecreëerd door een middeneiland, is symmetrisch en wordt uitgevoerd in de twee richtingen. De lengte L en de breedte l van de wegverlegging verschillend afhankelijk van de situatie.



Wegverlegging door een middeneiland (Bron: Crow, ASVV 1996)

Breedte "a" varieert van:

- ◆ 2,75 tot 3,25 m indien het fietspad gescheiden is,
- ◆ 3,25 tot 3,50 m indien de fietsers deel uitmaken van het verkeer,

De kromtestraal R is 30 tot 40 m, afhankelijk van de nodige manoeuvreerruimte, die wordt bepaald door het type van verkeer.

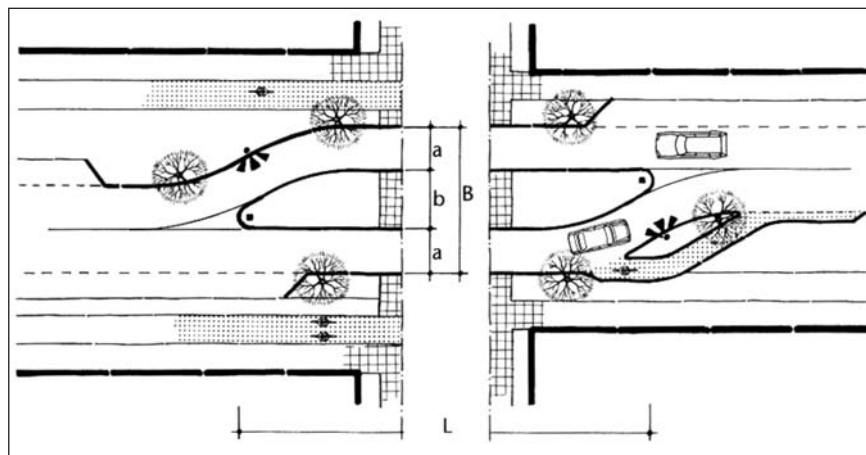


Wegverlegging door een middeneiland – Sint-Pieters-Woluwe

Indien de bochten hoekiger zijn, wordt de breedte van de strook verhoogd met 3,25 tot 3,50 m, ongeacht de voorzieningen die worden getroffen voor de fietsers.

A.2. Wegverlegging door een middeneiland met verlegging van de as van de rijweg

In dit voorbeeld wordt de as van de rijweg verlegd na de wegverlegging. Ze kan worden gecombineerd met parkeermaatregelen.



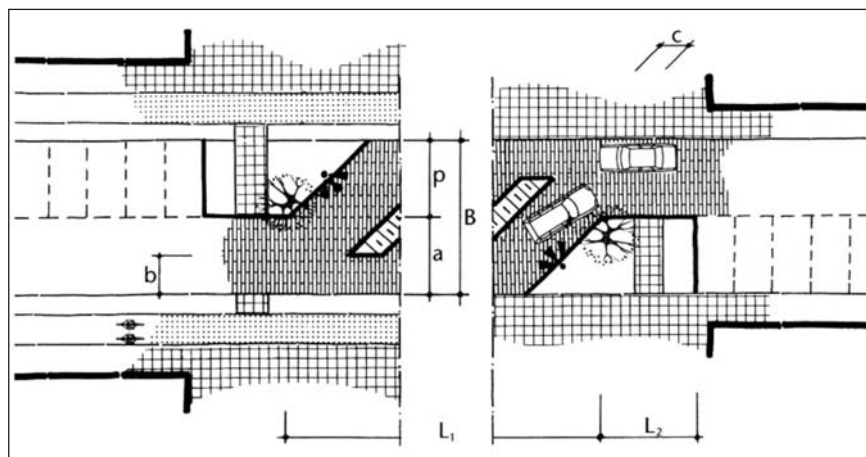
Wegverlegging door een middeneiland met wijziging van de as van de rijweg
(Bron: Crow, ASVV 1996)

De breedte a van de rijstroken in een rechte lijn bedraagt:

- ◆ 2,75 tot 3,25 m indien het fietspad gescheiden is,
- ◆ 3,25 tot 3,50 m indien de fietsers deel uitmaken van het verkeer.

A.3. Wegverlegging met beurtelings parkeren

De wegverlegging kan gepaard gaan met en gecreëerd worden met een systeem van beurtelings parkeren in de lengte, schuin of loodrecht op de rijweg, afhankelijk van de breedte van de weg en de behoefte aan parkeerplaatsen.



Wegverlegging met beurtelings schuin parkeren (Bron: Crow, ASVV 1996)

Doordat dit type van wegverlegging heel wat hinder meebrengt, moet het worden beperkt tot wegen met een snelheid onder de 50 km/u en een verkeersdruk van 400 tot 600 pe/uur.

De minimumafmetingen zijn:

- ◆ breedte a van de twee rijstroken ≥ 6 m
- ◆ breedte b van een strook ongeveer 2,50 m
- ◆ breedte c van het middeneiland ongeveer 1,50 m
- ◆ diepte p van de wegverlegging 4,50 m
- ◆ lengte L_1 van de wegverlegging hangt af van de benodigde manoeuvreerruimte
- ◆ lengte L_2 tussen de wegverlegging en de parkeerzone van 5 tot 6 m

De wegverlegging moet minimum 2 m bedragen om efficiënt te zijn en worden herhaald over de hele rijweg indien er niet veel verkeer is. In zones met traag verkeer, zoals de zones 30, is het overigens beter de rijweg te versmallen tot een rijstrook zodat een beurtelingse doorgang wordt opgelegd. Dan kan er ook geen twijfel bestaan over de mogelijkheid dat twee auto's elkaar kunnen kruisen.

Aangezien vrachtwagens door moeten kunnen, bestaat de mogelijkheid overrijdbare overbreedtes te voorzien, om te vermijden dat te brede afmetingen worden voorgesteld die geen enkele invloed zouden hebben op de automobilist.

8.3.2.4.2. Materialen

A. ONTWERP

Net als de wegversmallingen kunnen wegverleggingen worden:

- ◆ gemarkeerd met verf,
- ◆ geschilderd in verschillende kleuren,
- ◆ gesuggereerd met paaltjes en palen,
- ◆ bebakend door overrijdbare, opgehoogde of beplante eilanden,
- ◆ omgeven door aanplantingen of plantenbakken,
- ◆ geïntegreerd in een volledige heraanleg van de weg.

Net als bij de wegversmallingen kan de geluidshinder, in het geval van overrijdbare eilanden, sterker zijn op het moment van het overrijden en in functie van de aard van de materialen.



Wegverlegging met paaltjes en parkeerplaatsen in Molenbeek

Deze wegverlegging wordt uitgevoerd met plastic paaltjes die ook de parkeerplaatsen markeren. Dit is niet de duidelijkste oplossing.

B. ONDERHOUD, RENOVATIE

Het onderhoud en de renovatie variëren sterk afhankelijk van de uitgevoerde inrichting.

In het geval van gemarkeerde eilanden moet alleen de verf worden onderhouden.

Indien er beplantingen zijn, moeten gras, planten en bomen worden onderhouden.

De infrastructuur moet worden gerenoveerd volgens de vastgestelde beschadigingen. De overrijdbare zones moeten in goede staat blijven om hinder door schade te vermijden, zowel wat de veiligheid betreft als op het vlak van het geluid. Uitgetrokken of omvergestoten paaltjes en andere lichte aanrijdingen, vormen eveneens redenen voor renovatie.

8.3.2.5. Aanleg en signalisatie

8.3.2.5.1. Aanlegvereisten

Er is geen wet van toepassing op de aanleg van de wegverleggingen.

Het is evenwel aangewezen zich te beperken tot wegen met een werkelijk gereden gemiddelde snelheid van maximum 50 km/u (of $V_{85}^{11} \geq 50$ km/u).

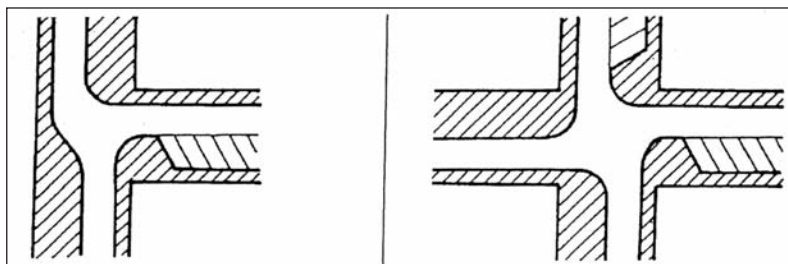
De verkeerslast per uur ziet er in het ideale geval uit als volgt

- ◆ maximum 800 voertuigen/uur voor een kruispunt,
- ◆ maximum 400 voertuigen/uur voor een rijweg die beperkt is tot één rijstrook op de plaats van de wegverlegging.

De rijwegen waarop wegverleggingen zijn uitgevoerd, moeten een zekere vlotte doorstroming behouden, afhankelijk van de nagestreefde snelheid.

De volgende plaatsen genieten de voorkeur:

- ◆ Aan weerszijden van druk bezochte plaatsen, rekening houdend met de zichtbaarheid tussen de weggebruikers,
- ◆ Op een kruispunt, met heel lage snelheid,



Voorbeeld van een wegverlegging op een kruispunt
(Bron: Transitec, opleiding tot mobiliteitsadviseur)

¹¹ V_{85} = snelheid gehanteerd door 85 % van de automobilisten

- ◆ Afgestemd op gebouwde inrichtingen,
- ◆ Aan een bushalte.

Wanneer ze zigzagsgewijs zijn aangelegd maken de wegverleggingen de ruimte luchtiger, met name voor de voetganger.

De afstand tussen de horizontale inrichtingen bedraagt in het ideale geval:

- ◆ Meer dan 70 m voor hoofdwegen,
- ◆ Tussen 30 en 50 m voor interwijkenwegen,
- ◆ Van 10 tot 30 m voor de plaatselijke wegen van het wijkennet.

Om veiligheidsredenen moet de inrichting goed zichtbaar zijn, zowel overdag als 's nachts, en mag ze niet verrassen. Op dit manier kan ook alle plaatselijke geluidshinder worden beperkt en kan een minder sterk algemeen geluid worden bereikt.

De wegverlegging moet ook voldoende duidelijk zijn opdat de automobilisten de situatie goed kunnen inschatten en elkaar kruisen zonder gevaar.

8.3.2.5.2. Signalisatie – Markering

Doordat er geen wet voorzien is, geldt er geen verplichting tot signalisatie.

Met het oog op de veiligheid is het in bepaalde gevallen echter wel aangewezen verkeersborden aan te brengen om te voorkomen dat de automobilist wordt verrast. Een goede perceptie van de inrichting brengt tevens een beter aangepast gedrag mee, zodat met name de geluidshinder kan worden beperkt.

Met de gebodsborden van het type D1, zoals bijvoorbeeld D1c  of D1d  kan de te volgende richting worden aangeduid doordat dat de trajectwijziging wordt gemarkeerd.

Ook met verkeersborden van het type 1 , 2  en 5  kan de inrichting worden gemarkeerd.



Groteprijzenlaan in Sint-Pieters-Woluwe

Om de automobilist eerder attent te maken op de inrichting, kan ze worden aangekondigd met het



gevaarsbord A51, dat wordt aangeraden voor andere inrichtingen die erop gericht zijn de snelheid te matigen.

In het geval van een wegverlegging met beurtelingse doorgang, kan de inrichting worden aangevuld met



de verkeersborden B19 en B21, die een versmalde doorgang aankondigen en preciseren welke rijrichting voorrang heeft. Het eerste bord, B19, gebiedt voorrang te verlenen. Het tweede bord B21 geeft voorrang op de automobilisten die uit de andere richting komen. Deze verkeersborden mogen alleen voor een wegverlegging met beurtelingse doorgang worden geplaatst indien de zichtbaarheid tussen de twee uiteinden van de doorgang gegarandeerd is.

De afmetingen van de verkeersborden zijn vastgelegd in het reglement van de beheerder.

De markering in de bocht kan de wegverlegging aankondigen en de situatie verduidelijken voor de automobilist, maar dit type van markering blijft beperkt tot de weg en vermindert het vertragingseffect omdat de automobilist door de verlegging wordt geleid en de breuk minder sterk is.

8.3.2.6. Voor- en nadelen

Naast de voor- en nadelen op het vlak van het geluid die we kunnen afleiden uit wat voorafging, is het eveneens interessant de voor- en nadelen van de wegverleggingen op basis van andere criteria (veiligheid, enz.) te kennen.

8.3.2.6.1. Voordelen van de wegverlegging

De wegverlegging:

- ◆ vermindert de snelheid en dus het geluid;
- ◆ kan het perspectief korter maken en breken met de rechte lijn van de straat;
- ◆ vermindert de ernst van de ongevallen;
- ◆ kan worden afgestemd op elke situatie omdat de afmetingen veranderlijk zijn;
- ◆ kan worden aangelegd met parkeerplaatsen;
- ◆ kan bypasswegen omvatten voor het openbaar vervoer;
- ◆ kan worden uitgevoerd tegen een lage prijs en als testopstelling;
- ◆ kan tegen een lage prijs worden uitgevoerd indien wordt gewerkt met een grondmarkering en een beheer van de parkeersituatie.

8.3.2.6.2. Nadelen van de wegverlegging

De wegverlegging heeft evenwel ook nadelen:

- ◆ ze is gewoonlijk minder efficiënt dan de verhoogde inrichtingen op het vlak van de snelheidsvermindering, en dus op het vlak van de vermindering van het algemene geluid;
- ◆ heeft een beperkte efficiëntie indien ze geïsoleerd wordt toegepast, zodat er meerdere moeten worden aangelegd of ze moet worden gecombineerd met aanvullende maatregelen om een resultaat te bekomen (veiligheid en geluid);
- ◆ heeft een geringe impact op het aantal conflicten;
- ◆ is onaangenaam voor de voetganger indien ook hij de zigzagdoorgang moet volgen;

- ◆ kan gevaarlijk zijn voor fietsers indien ze vast komen te zitten tussen de inrichting en een auto;
- ◆ kan het aantal parkeerplaatsen verminderen;
- ◆ brengt een risico van foutparkeren tussen de zigzagdoorgangen mee;
- ◆ beperkt de perceptie op het kruispunt, met name wat het verlenen van voorrang betreft;
- ◆ breekt het perspectief;
- ◆ kan in strijd zijn met het beeld van de traditionele straat en moeilijk worden geïntegreerd in bepaalde wijken met een klassieke stedenbouw;
- ◆ kan een testterrein worden voor automobilisten die op zoek zijn naar "kicks" en hen aanzetten tot een sportief en lawaaiërig rijgedrag.

8.3.2.7. Aanbevelingen

8.3.2.7.1. Aanbevelingen op het vlak van het geluid

De meeste aanbevelingen die worden gedaan in het kader van de horizontale inrichtingen gelden eveneens in het geval van de wegverleggingen (materialen, onderhoud, renovatie, ruimte tussen de verkeersvertragende inrichtingen, zichtbaarheid, andere begeleidende maatregelen en context).

In het geval van een wegverlegging met twee rijstroken is het nodig rekening te houden met de verkeersfrequentie in de twee richtingen. In het geval van een groot onevenwicht heeft de wegverlegging immers niet het gewenste effect.

In het geval van een wegverlegging met één enkele rijstrook moet men er op toezien dat de beurtelingse doorgang op een gepaste manier kan gebeuren (vermijden dat auto's gaan optrekken om er als eerste door te glippen).

8.3.2.7.2. Aanbevelingen voor een goed gebruik (veiligheid, enz.)

Een eenvoudige grondmarkering heeft weinig invloed op de snelheid. Ze kan worden gecombineerd met een systeem van beurtelings parkeren. De maatregel is dan slechts doeltreffend wanneer er voertuigen geparkeerd staan.

In het geval van een inrichting in harde materialen, moeten de infrastructuur goed zichtbaar zijn, zowel overdag als 's nachts, omdat andere gevaarlijke situaties kunnen ontstaan.

Voor een betere zichtbaarheid en duidelijkheid kunnen de inrichtingen worden gemarkeerd:

- ◆ door de kantstenen te benadrukken en te markeren (breedte, kleur, hoogte),
- ◆ door ze te laten contrasteren met de rijweg,
- ◆ door de beplantingen af te wisselen,
- ◆ door de as of de dwarslijnen te markeren op de weg,
- ◆ door een andere bestrating voor te stellen ter hoogte van de wegverlegging,...

Voor een betere verstaanbaarheid van de ruimte, moeten de contrasten gemarkeerd worden: van de rijweg ten opzichte van de zigzagdoorgang, van de omtrek van de zigzagdoorgang ten opzichte van de omtrek van de weg, ...

De eentonigheid van een te regelmatige zigzagweg moet worden vermeden.

De wegverleggingen kunnen worden gecreëerd door middeneilanden, die geschikt zijn voor brede wegen en een verlegend effect hebben in de twee richtingen. Ze kunnen worden gecombineerd met een voetgangersoversteekplaats en de voetgangers een vluchtheuvel bieden.



Wegverlegging door een middeneiland in Sint-Pieters-Woluwe

Een klein overrijdbaar middeneiland dat goed gemarkeerd is in de twee rijrichtingen verhoogt de hinder doordat de twee rijrichtingen gescheiden zijn. Aan de andere kant veroorzaakt het geluid wanneer erover wordt gereden.

Het is mogelijk de horizontale inrichtingen te combineren met verschillende soorten van parkeersysteem, afhankelijk van de breedte van de inrichting en van de rijweg, van parkeren in de lengte tot parkeren op 90°. Loodrecht op de weg parkeren moet echter worden vermeden als er veel verkeer is, omdat de automobilist dan moeilijk zijn parkeerplaats zal kunnen verlaten. Aan de andere kant moet foutparkeren worden vermeden en bestreden, op de verkeerseilanden bijvoorbeeld.

De inrichting mag niet te strak zijn, zodat de ruimte een zekere polyvalentie kan behouden. Op het vlak van de wegverleggingen zorgen scherpe hoeken voor een betere markering van de breuk dan "krommingen" in de weg. De krommingen moeten goed afgestemd zijn op de snelheid, omdat andere veiligheidsproblemen de kop kunnen opsteken.

Op de plaatselijke wegen met een snelheidsbeperking van 30 km/u volstaat de inrichting niet, omdat de hinder met name altijd wordt beperkt door de noodzaak vrachtwagens door te laten. Aanvullende maatregelen zijn nodig om goede resultaten te bekomen.

De wegverleggingen kunnen altijd passen in een algemene beschouwing over de aanleg van de weg en deel uitmaken van een geheel van maatregelen.

De teruggewonnen ruimte kan worden aangewend in het voordeel van de publieke ruimte en de andere weggebruikers.

8.3.2.7.3. Aanbevelingen voor alle weggebruikers

A. VOETGANGERS

Aangezien de voetgangersruimte gescheiden is van de weg, moeten inrichtingen op de voetgangerstrajecten worden vermeden en moet bij voorkeur worden gezorgd voor rechtlijnige trajecten.

De voetgangers kunnen profiteren van de wegverleggingen wanneer deze gecombineerd worden met een oversteekplaats: een uitspringend voetpad dat hun oversteek korter maakt, een middeneiland dat als vluchtheuvel kan worden gebruikt...



Wegverlegging door een middeneiland met voetgangersoversteekplaats in Vorst

Het systeem van beurtelings parkeren kan de voetgangersruimte luchtiger maken omdat de lange, schijnbaar eindeloze parkeerstrook in de lengte wegvalt.

B. TWEEWIELERS

Ook voor de fietsers is het beter rechtlijnige trajecten te voorzien. Een doorgang aan de kant van de weg is altijd mogelijk, rekening houdend met de invoeging van de fietsers in het verkeer. De doorgang van minimum 1 m breed vermijdt dat de tweewielers te veel worden vertraagd door de voertuigen of vrachtwagens die de zigzagbeweging moeten maken. Een dergelijke voorziening is minder noodzakelijk in een verblijfszone, ten minste vanuit het oogpunt van de veiligheid.



Voorziene doorgang voor fietsers, het paaltje is overbodig - Etterbeek

In dit voorbeeld wordt de wegverlegging uitgevoerd door een verkeersgeleider en begeleid met een bord "Vorrang verlenen".

Zonder bevoorrecht traject moet een voldoende breedte worden voorzien, opdat de fietsers niet worden geplet tussen het voertuig en de inrichting.

C. TRANSPORT EN COMMUN

De wegverleggingen zijn niet echt comfortabel voor de bussen. De afmetingen moeten aangepast worden voor een dergelijke maatregel, maar de hinder voor de wagens zou dan eveneens kunnen afnemen. Een dergelijke maatregel wordt afgeraden op de wegen met een regelmatige dienstverlening van het openbaar vervoer. Er kunnen evenwel voorzieningen worden getroffen voor het openbaar vervoer, zoals een bypass die hen in staat stelt de inrichtingen te omzeilen en tijd en comfort te winnen.

De wegverlegging kan vóór en/of na een halte van het openbaar vervoer worden aangelegd. Ze vertoont dan niet veel ongemakken voor de bussen.

Ter hoogte van de tramhaltes kan een wegverlegging het comfort en de veiligheid van de gebruikers verbeteren.



Tramhalte in Schaarbeek

D. VRACHTWAGENS

De hinder van de wegverlegging is groter voor vrachtwagens dan voor wagens. Ze moeten vertragen tot 20 km/u minder dan de lichte voertuigen.

De uitvoerbare overbreedte van de andere bestrating geeft de vrachtwagens de mogelijkheid er over te rijden, terwijl toch een visuele wegverlegging wordt behouden.

8.4. DE KRUISPUNTEN

8.4.1. Inleiding

De term "kruispunt" duidt op de plaats waar twee of meer openbare wegen samenkomen¹².

Buiten het verkeersreglement en het reglement van de wegbeheerder die de verkeerstekens, de markering en het afgeleide rijgedrag definiëren, is er geen specifieke wetgeving voor de kruispunten. In tegenstelling tot de eerder ontwikkelde voorzieningen zijn de kruispunten er niet in de eerste plaats op gericht de snelheid te verminderen (behalve eventueel de rotondes).

Het type en het beheer van de kruispunten varieert tussen de kruisingen onderling, volgens verschillende kenmerken zoals de hiërarchie en het type van weg, de complexiteit van het kruispunt, de stromen en bewegingen van de voertuigen, de bestemming van de kruising enz.

De typologie van een kruispunt kan gaan van een eenvoudig kruispunt zonder specifieke beheerswijze tot een complexe rotonde via alle vormen van voorrang en aanleg, zoals verkeerslichten.

De kruispunten kunnen worden onderverdeeld in drie duidelijke categorieën, die hierna worden bestudeerd:

- ◆ De "eenvoudige" kruispunten,
- ◆ De kruispunten met verkeerslichten,
- ◆ De rotondes.

De geometrie en de beheerswijze van het kruispunt hebben een onvermijdelijke invloed op de geluidshinder, die heel anders is dan op de wegen in normaalprofiel. Alvorens elk van deze types van kruispunt te behandelen, lijkt het interessant de algemene bijzonderheden van het kruispunt in termen van geluidsimpact nader te bekijken.

8.4.2. Specifieke geluidsimpact van de kruispunten

De geluidsemissie in de directe omgeving van de kruispunten kan, afhankelijk van de beheerswijze, het tijdstip van de dag en de plaats, het resultaat zijn van een **doorstroming van voertuigen** van het type:

- ◆ doorlopend vlot: in een dergelijke verkeersstroom hebben de voertuigen een gevoelig constante snelheid op het bestudeerde wegvak. Zoals we later zullen zien, is dit type van doorstroming bijvoorbeeld kenmerkend voor de "groene golven" die worden gecreëerd door een synchronisatie van de verkeerslichten op de kruispunten.
- ◆ Stroef niet gedifferentieerd: het gaat om voertuigen die rijden met een tijdelijk tempo (versneld of vertraagd), zonder dat groepen van voertuigen gedifferentieerd kunnen worden die rijden aan een van beide tempo's. Het gaat bijvoorbeeld om kruispunten waarvan het verkeer op de wegen wordt verstoord door dubbelparkeren.
- ◆ Stroef versneld of vertraagd: het gaat om een doorstroming waarin alle voertuigen onderworpen zijn aan een stroef tempo (versneld stroomopwaarts en vertraagd stroomafwaarts). Dit is bijvoorbeeld het geval op verkeersaders met een STOP-teken.

Zoals wordt aangetoond door de onderstaande grafiek en zoals wordt behandeld in fiche 4, varieert het uitgestoten lawaai sterk afhankelijk van het type van doorstroming. Tegen een snelheid van 50 km/u¹³, bijvoorbeeld, ligt een doorstroming van het type stroef versneld aan de bron van een lawaai (vertegenwoordigd door een equivalent niveau LAeq) ongeveer 3 dB[A] hoger dan een doorstroming van het type doorlopend vlot (voor eenzelfde verkeerssamenstelling).

We merken nu al op dat het de voorkeur lijkt te genieten, vanuit een akoestisch oogpunt, dat kruispunten en beheerswijzen die zoveel mogelijk voor een doorlopend vlot verkeer zorgen, de voorkeur genieten, en dat een versneld of niet-gedifferentieerd stroef tempo zoveel mogelijk wordt vermeden. Uiteraard is het

¹² Definitie uit het Algemeen Reglement op de politie van het wegverkeer, artikel 2.9.

¹³ Voor de doorlopende vlotte doorstroming gaat het om de gemiddelde snelheid van de voertuigenstroom / Voor de niet gedifferentieerde stroef doorstroming gaat het om de gemiddelde snelheid van de voertuigenstroom over het hele bronsegment / Voor de doorstroming van het type versneld of vertraagd stroef gaat het respectievelijk om de maximumsnelheid van de stroom en de snelheid vanaf dewelke wordt vertraagd).

vrijwel onmogelijk op regelmatige en doorlopende wijze te zorgen voor een vlot verkeer bij het naderen van de kruispunten, gelet op de vele bewegingen die hierbij komen kijken (rechts afslaan, links afslaan, overstekende voertuigen, overstekende voetgangers, enz).

Zoals werd vastgesteld in de gevallen van de andere bestudeerde types van wegverbetering, is er overigens meer geluidshinder dan bij geluid van doorlopend vlot verkeer, ook als de amplitude in dit laatste geval hoger is.

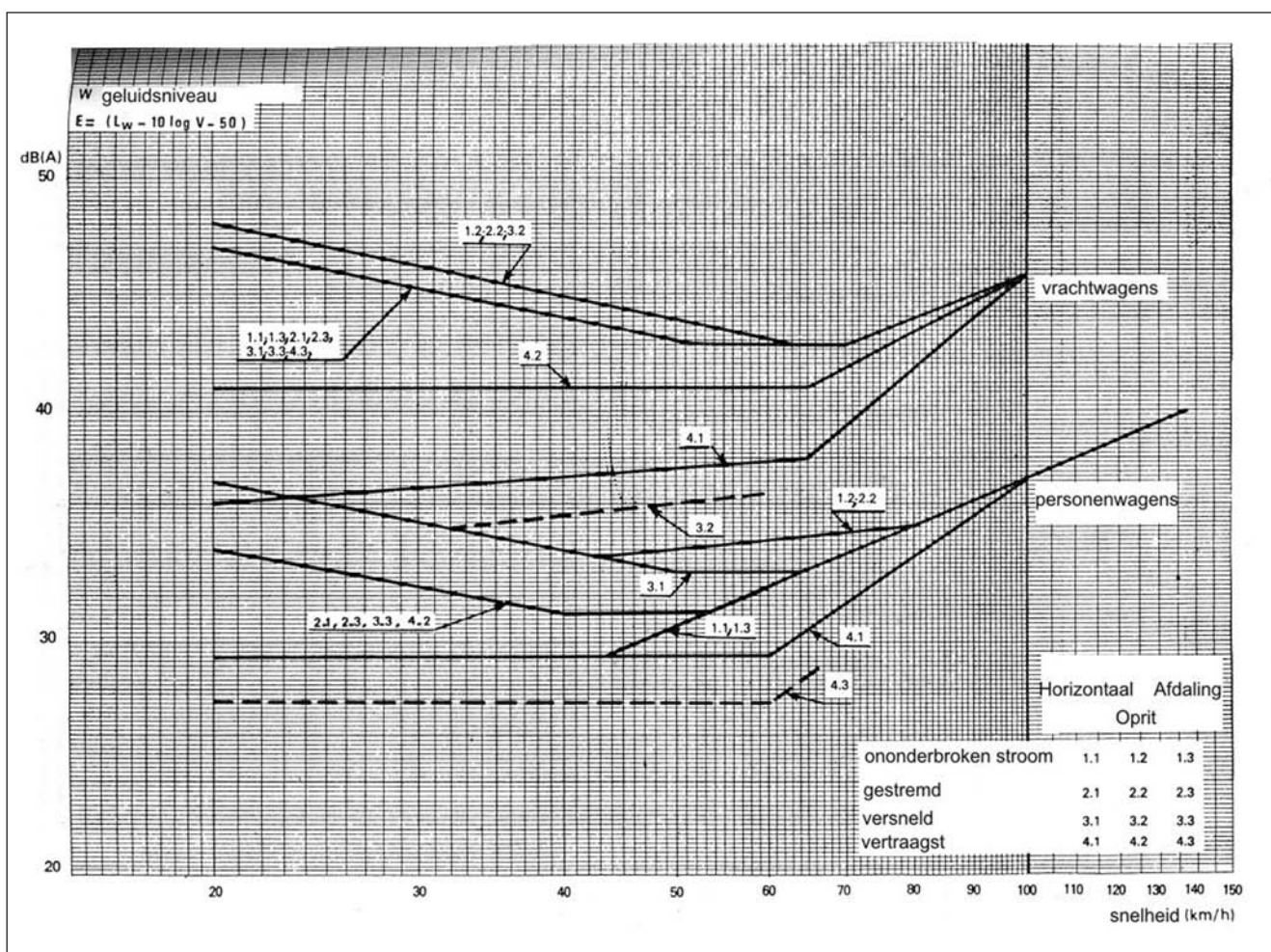
Bovendien houdt een kruispunt, dat een discontinuïteit creëert in de geometrie van het stadsweefsel (zie fiche 10), **specifieke voortplantingsomstandigheden** in, die verschillen van die op een straat in "U"-vorm (zie fiche 4) bijvoorbeeld.

Tot slot is het lawaai bij de immissie in een van de verkeersaders van het kruispunt, in tegenstelling tot bij een weg in normaalprofiel, het resultaat van de **cumulatie van de geluidsenergie** uitgestoten door de door deze straat rijdende voertuigen, maar ook van geluidsenergie uitgestoten op de andere armen van het kruispunt.

Door deze drie bijzondere eigenschappen (type van doorstroming, voortplantingsomstandigheden, cumulatie van geluidsenergie) kan het kruispunt een relatief uitgestrekte geluidsimpact hebben (tot op ongeveer 200 meter van het middenpunt van het kruispunt).

Het doel van deze fiche is niet te bepalen welke geluidsniveaus worden aangetroffen in de omgeving van de kruispunten, maar wel aan te duiden in welke zin welk type van kruispunt de voorkeur geniet op een bepaalde plaats, en de elementen aan te stippen waaraan een bijzondere aandacht moet worden besteed om elke geluidshinder te verminderen of te vermijden.

Het is evenwel mogelijk om, op basis van de verkeersgegevens (snelheid, type van doorstroming, drukte enz.) en het type van stadsvorm, de geluidsniveaus bij immissie te voorspellen, in de omgeving van de kruispunten. Wij verwijzen de geïnteresseerde lezer naar de Guide du Bruit des Transports Terrestres (gids van het lawaai van het vervoer over land).



Grafiek van de geluidsemissie E, gedefinieerd door de "Guide du bruit des transports terrestres", met geluidsniveau LAeq op 30 m van de rand van het platform (in open gebied, op 10 m hoogte en in afwezigheid van obstakels, voor een weerspiegelende grond), bij het voorbijrijden van een voertuig per uur¹⁴.

¹⁴ Om hetzelfde geluidsniveau E te komen voor het voorbijrijden van Q voertuigen/uur moet de term $(10 * \log Q)$ worden toegevoegd aan de geluidsemissie E van een voertuig.

8.4.3. De eenvoudige kruispunten

De "eenvoudige" kruispunten zijn kruispunten:

- ◆ zonder specifieke beheerswijze, waarop de voorrang van rechts geldt als voorrangsregel,
- ◆ met een eenvoudige beheerswijze zoals een gebod tot "voorrang verlenen" of een "STOP"-gebod, wat impliceert dat een van de wegen van het kruispunt een voorrangsweg is.

8.4.3.1. Doel

Deze kruispunten worden op zo eenvoudig mogelijke wijze beheerd, afhankelijk van de plaats en de verkeersstromen.

Op een kruispunt zonder specifieke beheerswijze gebeurt de kruising van het verkeer afhankelijk van de vraag, aangezien de verschillende wegen op gelijke voet staan. De invoering van een signalisatie die een voorrangsweg aanduidt, beantwoordt in het algemeen aan veiligheidscriteria of aan een verlangen een minimum aan hiërarchie in te voeren tussen de wegen onderling.

Deze keuzes zijn met name afhankelijk van de configuratie van de plaats.

8.4.3.2. Principe

Deze kruispunten vereisen geen specifieke inrichting, alleen het voorrangstype varieert. Ze hebben evenwel een beheerswijze die op elk moment kan worden toegepast, die niet verschilt in de tijd en niet onmiddellijk kan worden aangepast. Deze kruispunten werken volgens de stromen op een van de armen. Verschillende voorrangssystemen kunnen worden toegepast op de eenvoudige kruispunten:

- ◆ Voorrang van rechts, de facto van toepassing op elk kruispunt waarop geen specifieke voorrangsregel is aangeduid; dit systeem vertraagt het verkeer.



Sint-Agatha-Berchem

- ◆ "Voorrang verlenen", waarbij het verkeer op de belangrijkste weg voorrang krijgt;
- ◆ Het "STOP"-bord, dat de voertuigen op een weg verplicht te stoppen om voorrang te verlenen.

De keuze van het voorrangstype is afhankelijk van verschillende criteria, zoals de hiërarchie van de wegen, de configuratie van de plaats, de zichtbaarheidsgraad en de bestemming van het kruispunt.

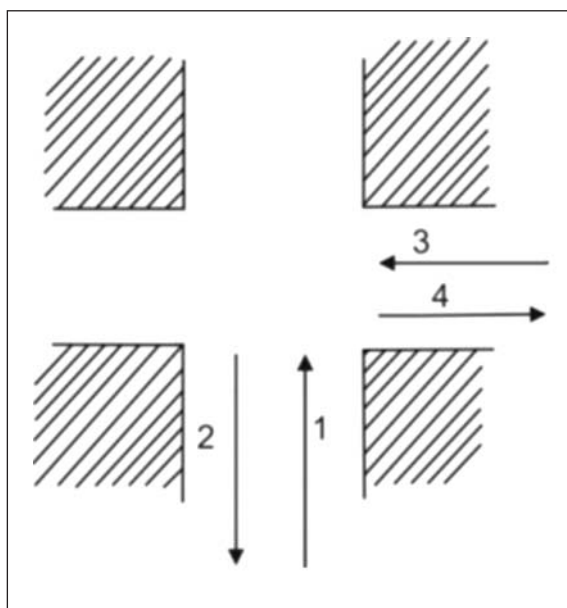
8.4.3.3. Geluidsimpact

Het eenvoudig kruispunt heeft, afhankelijk van zijn beheerswijze, een andere impact op het geluidsniveau. Deze impact is moeilijk in zijn geheel te beoordelen, omdat hij afhankelijk is van verschillende factoren (drukke van het verkeer op elk van de verkeersaders, verkeersdoorstroming, snelheden, bebouwde omgeving enz.). Elk geval moet apart worden geanalyseerd.

Een kruispunt met voorrang van rechts leidt gewoonlijk tot doorstromingen van het type stroef vertraagd stroomopwaarts en stroef versneld in de buurt en stroomafwaarts van het kruispunt. Zoals hoger werd gesteld, veroorzaakt de versnelde stroeve doorstroming lawaai in dezelfde orde van grootte als doorlopend lawaai (zelfs minder bij een snelheid hoger dan 45 km/u), en de versnelde stroeve doorstroming brengt meer lawaai voort (3 dB[A] meer dan bij een doorlopend vlotte doorstroming).

Op een kruispunt met een "voorrang verlenen"- of "STOP"-gebod blijft het verkeer doorlopend vlot op de hoofdweg en is het stroef op de secundaire weg. Het gebod om voorrang te verlenen, dat de voertuigen niet verplicht volledig te stoppen, laat een minder uitgesproken stroeve doorstroming toe, die op de weg dan ook minder hinderlijk is dan een "STOP"-gebod.

Het volgende cijfervoorbeeld illustreert de geluidsimpact van de eenvoudige kruispunten. We kijken naar het akoestisch gedrag van een kruispunt met "STOP"-gebod op twee hoofdwegen, met voorrang en zonder voorrang. In het eerste geval is het verkeer doorlopend vlot, in het tweede geval is het stroef.



Stroom 1: Doorlopend vlotte doorstroming
100 lichte voertuigen/u
snelheid: 50 km/u

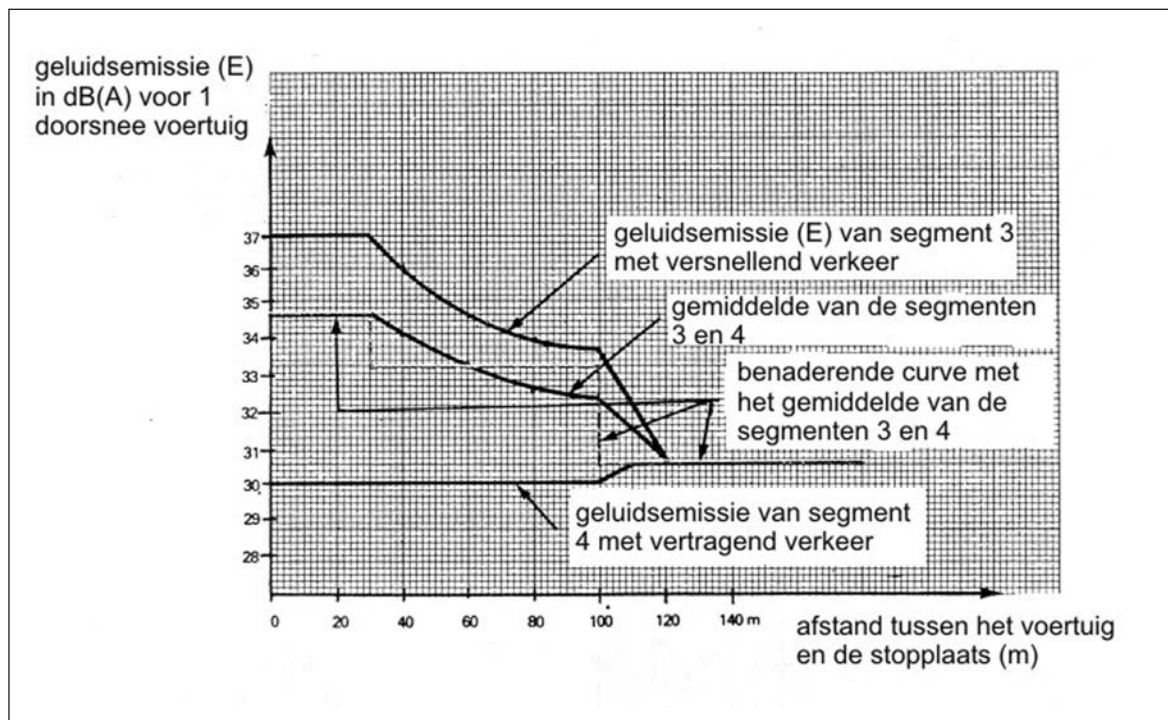
Stroom 2: Doorlopend vlotte doorstroming
100 lichte voertuigen/u
snelheid: 50 km/u

Stroom 3: Vertraagde stroeve doorstroming
100 lichte voertuigen/u
snelheid: 50 km/u

Stroom 4: Versnelde stroeve doorstroming
100 lichte voertuigen/u
snelheid: 50 km/u

De gegevens van de bovenstaande grafiek en de formule: $L_{Aeq} (Q \text{ voertuigen/u}) = L_{Aeq} (1 \text{ voertuig/u}) + 10 \log Q$, geven het resultaat dat het geluid dat wordt uitgestoten door de hoofdweg, ongeacht de afstand tot het kruispunt, 53 dB[A] bedraagt.

In het geval van een niet-voorrangsweg, die wordt gekenmerkt door een stroef verkeer, geeft de toepassing van de onderstaande grafiek op elke afstand x van het kruispunt het niveau dat wordt uitgestoten door een verkeer van 1 voertuig/u op dezelfde weg voor elk van de afstanden¹⁵:



Toepassing van de formule: $L_{Aeq} (Q \text{ voertuigen/u}) = L_{Aeq} (1 \text{ voertuig/u}) + 10 \log Q$ levert dus 3 verschillende zones op:

- ◆ van 0 tot 30 m van het kruispunt: $L_{Aeq} = 57,5 \text{ dB[A]}$
- ◆ van 30 tot 100 m van het kruispunt: $L_{Aeq} = 56 \text{ dB[A]}$
- ◆ meer dan 100 m van het kruispunt: $L_{Aeq} = 53 \text{ dB[A]}$

In dit geval kan worden vastgesteld dat de invloed van het kruispunt reikt tot 10 meter op de niet-voorrangsweg.

We stellen vast dat de niet-voorrangsweg van het kruispunt, bij dezelfde verkeersomstandigheden (druk- te en snelheid), meer lawaai uitstoot (+ 4,5 dB[A] tot 30 m van het kruispunt en + 3 dB[A] tussen 30 en 100 m van het kruispunt) dan de hoofdweg.

Op basis van deze resultaten is het mogelijk op een precieze plaats het totale geluid dat wordt waargenomen door een omwonende te evalueren (rekening houdend met de cumulatie van de geluidsenergie en met het stadsweefsel waarvan de invloed hierboven reeds werd aangehaald). We verwijzen naar de "Guide du Bruit des Transports Terrestres".

¹⁵ Dit wordt uitgevoerd op basis van kenmerkende snelheidsprofielen van het versneld en vertraagd stroef verkeer, vastgesteld op basis van tal van experimenten (cf. Guide du Bruit des Transports Terrestres, CERTU).

8.4.3.4. Technische kenmerken

De eenvoudige kruispunten vragen geen of slechts weinig infrastructuur.

8.4.3.4.1. Geometrie

Het kruispunt bestaat uit doorlopende rijstroken en eventueel voorsorteerstroken, die de capaciteit van het kruispunt vergroten. Dit zijn rangeerstroken voor bewegingen zoals rechts afslaan of links afslaan. Het kunnen ook stroken zijn die zijn voorbehouden voor het openbaar vervoer, bijvoorbeeld.

In de agglomeratie is een strook 3 m breed, met een vrije breedte van 4 m voor de voertuigen van hulpdiensten.

In lagesnelheidsgebieden zoals "zone 30" kan deze maat worden versmald tot 2,5 meter bij het naderen van een kruispunt, teneinde het aantal stroken te verhogen en voorsorteerstroken te creëren. De weg kan dan niet worden gebruikt door de regelmatige diensten van het openbaar vervoer. De smallere rijstroken sporen ook aan tot een lagere snelheid, zodat ook het geluidsniveau afneemt. Aan de andere kant vergroot de toename van het aantal rijstroken bij het naderen van het kruispunt de capaciteit van het kruispunt en dus van de verkeersstromen, met meer lawaai tot gevolg (zie fiche 4).

De keuze van de breedte van de rijstroken is afhankelijk van verschillende criteria:

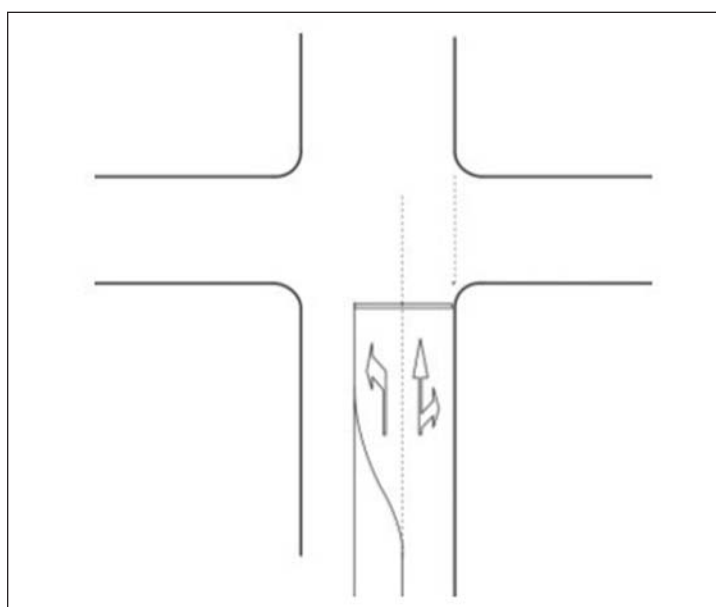
- ◆ de gewenste snelheid,
- ◆ de aanwezigheid van openbaar vervoer, vrachtwagens en dienstvoertuigen,
- ◆ de aanwezigheid van suggestiestroken of fietspaden,
- ◆ de hoogte van de stoepranden en de randen van de verkeersgeleiders,
- ◆ de kromtestralen (verbindingsstraal tussen twee stroken).

Het aantal rijstroken en hun specificiteit hangt af van:

- ◆ de hiërarchie van de weg;
- ◆ de grootte van de verkeersstroom,
- ◆ de uitgevoerde en aan te moedigen bewegingen.

De oversteekstroken zijn, indien mogelijk, uitgelijnd tijdens het oversteken van het kruispunt. Ze kunnen worden gebruikt door alle verkeersstromen, ongeacht de beweging die ze maken. Er kunnen ook verschillende rijstroken zijn afhankelijk van de gewenste richting: deze worden dan voorsorteerstroken genoemd.

Een voorsorteerstrook die voorbehouden is voor een bepaalde richting blijkt nuttig wanneer het om grote stromen gaat, bijvoorbeeld op structurerende wegen.



Voorbeeld van voorsorteerstrook voor links afslaan

Rechts afslaan is een eenvoudige beweging waarbij gewoonlijk geen conflicten komen kijken. Conflictsituaties kunnen zich evenwel voordoen wanneer er grote voetgangersstromen zijn op de oversteekpunten.

Een beperkte kromtestraal beperkt de snelheid van de voertuigen, met name ten voordele van de voetgangers die oversteken op de aansluitende weg en van de geluidsimpact.

De kromtestraal van de verbinding tussen de twee wegen is:

- ◆ 4 m minimum,
- ◆ 6 tot 8 m in een stadsomgeving met weinig vrachtwagenverkeer,
- ◆ 8 tot 12 m in een stadsomgeving met vrachtwagenverkeer.

Naar links afslaan is complexer. Een voorsorteerstrook wordt aangelegd wanneer er veel naar links wordt afgeslagen en deze verkeersstroom te veel wordt gehinderd door de andere stromen. De voertuigen die moeilijkheden ondervinden om naar links af te slaan, kunnen hinder veroorzaken voor de voertuigen die rechtdoor willen rijden of naar rechts willen afslaan. Een voorsorteerstrook helpt het verkeer vlot houden, wat een gunstig heeft op het vlak van de geluidshinder. Het kan echter ook leiden tot een verhoging van de snelheid.



Voorbeeld van links afslaand verkeer op de Waterlooosesteenweg - Ukkel

Afhankelijk van het geanalyseerde verkeer en de afmetingen van het kruispunt kan de rijstrook voor het links afslaand verkeer een breedte hebben van:

- ◆ 3 m indien er veel bus- en vrachtwagenverkeer is op deze strook,
- ◆ 2,75 m indien er geen bussen of vrachtwagens zijn,
- ◆ 2,50 m in specifieke gevallen.

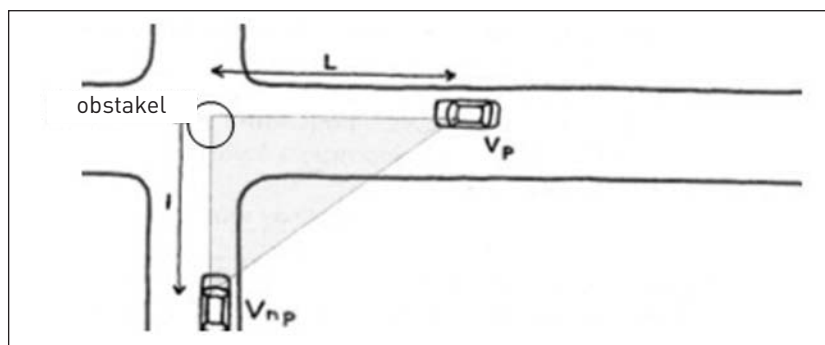
De verkeersgeleiders dragen bij tot het sturen van de verkeersstromen en tot de duidelijkheid van het kruispunt.

De veiligheid van het kruispunt begint bij de zichtbaarheid tussen de automobilisten. Om problemen te vermijden, moet de "zichtbaarheidsdriehoek" worden gerespecteerd. Deze is afhankelijk van de snelheid van de voertuigen en van het voorrangssysteem dat geldt op het kruispunt.

Door de afmetingen van de zichtbaarheidsdriehoek te respecteren, kan de veiligheid van de gebruikers van het kruispunt worden gegarandeerd en kan te bruusk manoeuvreren, versnellen en remmen worden beperkt, wat ook gevolgen zou hebben vanuit akoestisch oogpunt.

Voorrang van rechts

In het geval van de voorrang van rechts wordt de zichtbaarheidsdriehoek bepaald door:



Zichtbaarheidsdriehoek voor de voorrang van rechts
(Bron: Certu, Guide des carrefours urbains, 1999)

In dit schema,

- ◆ l = stopafstand voor voertuig zonder voorrang V_{np}
- ◆ L = minimale afstand van het zijdelingse zicht die nodig is voor het voertuig zonder voorrang V_{np} om het kruispunt in alle veiligheid op te rijden,

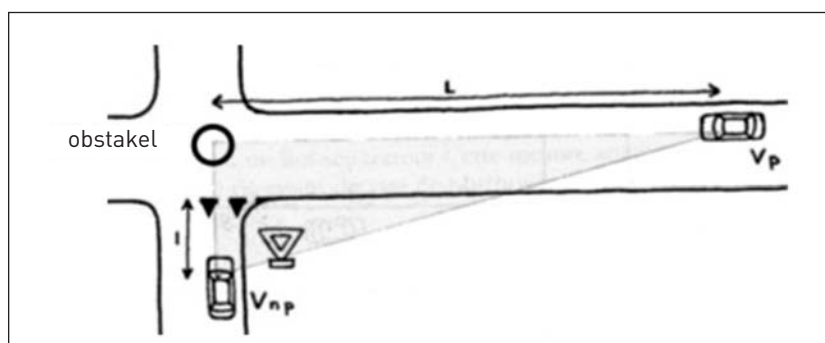
Rekening houdend met de vertraging van het voertuig en ervan uitgaande dat de automobilist aandachtig is, zijn de afmetingen van de zichtbaarheidsdriehoek, afhankelijk van snelheid en omgeving:

Reglementaire snelheid	l – afstand tussen voertuig zonder voorrang en conflictpunt	L – afstand tussen conflictpunt en voertuig met voorrang
In een stadsomgeving		
30km/u	9 m	13 m
50 km/u toegelaten met een naderingssnelheid van 40 km/u	15 m	20 m
In een stadsrandmilieu		
50 km/u	20 m	30 m

Afmetingen van de zichtbaarheidsdriehoek voor de voorrang van rechts (Bron: Certu, Guide des carrefours urbains, 1999)

Vorrang verlenen

In het geval van de verplichting "vorrang verlenen" wordt de zichtbaarheidsdriehoek gedefinieerd met betrekking tot de stopstreep.



Zichtbaarheidsdriehoek voor het "verlenen van voorrang"
(Bron: Certu, Guide des carrefours urbains, 1999)

In dit geval:

- ◆ l = afstand tussen de bestuurder van het voertuig zonder voorrang V_{np} en de streep voor het "voorrang verlenen",
- ◆ L = afstand van het zijdelingse zicht voor het voertuig zonder voorrang V_{np} op het voertuig met voorrang V_p , ofwel de afstand die nodig is om het voertuig zonder voorrang V_{np} de tijd te geven om het kruispunt over te steken.

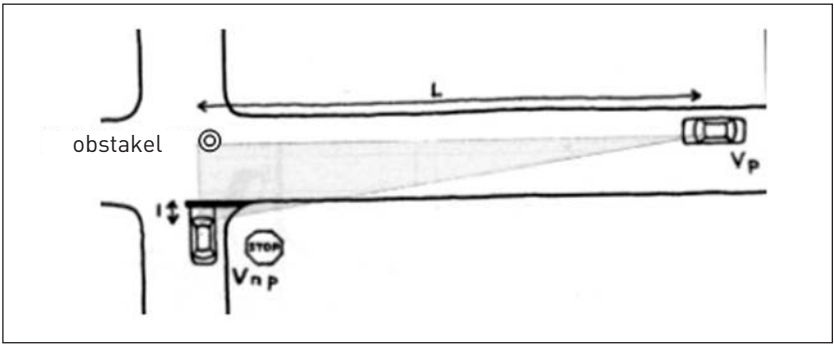
De afmetingen worden bepaald volgens de gehanteerde snelheden.

Reglementaire snelheid	l – afstand tussen de bestuurder van het voertuig zonder voorrang en de streep voor het "voorrang verlenen"	L – afstand tussen het conflictpunt en de bestuurder van het voertuig met voorrang
30km/u	7 m	20 m
50 km/u	7 of 10 m afhankelijk van de omgeving	45 m
50 km/u	10 m	70 m

Afmetingen van de zichtbaarheidsdriehoek voor het voorrang verlenen (Bron: Certu, Guide des carrefours urbains, 1999)

STOP

In het geval van een STOP-teken ziet de zichtbaarheidsdriehoek er iets anders uit.



Zichtbaarheidsdriehoek voor de Stop (Bron: Certu, Guide des carrefours urbains, 1999)

In dit geval:

- ◆ l = afstand tussen de bestuurder van het voertuig zonder voorrang V_{np} en de stopstreep, die gewoonlijk 3 m bedraagt,
- ◆ L = afstand van het zijdelingse zicht voor het voertuig zonder voorrang V_{np} op het voertuig met voorrang V_p , ofwel de afstand die nodig is om het voertuig zonder voorrang V_{np} de tijd te geven om het kruispunt over te steken. Deze afstand is vergelijkbaar met de afstand L van het "voorrang verlenen".

Reglementaire snelheid	l – afstand tussen de bestuurder van het voertuig zonder voorrang en de streep voor het "voorrang verlenen"	L – afstand tussen het conflictpunt en de bestuurder van het voertuig met voorrang
30km/h	3 m	20 m
50 km/h	3 m	45 m
50 km/h	3 m	70 m

Afmetingen van de zichtbaarheidsdriehoek voor de Stop (Bron: Certu, Guide des carrefours urbains, 1999)

8.4.3.4.2. Materialen

A. ONTWERP

Een dergelijk beheer vraagt alleen verf en verkeersborden.

Er kunnen ook verkeersgeleiders worden geplaatst om de bewegingen te kanaliseren.

Voor het links afslaand verkeer kan een strook worden geschilderd op de grond, met een verkeersgeleider.

B. ONDERHOUD, RENOVATIE

Het onderhoud en de renovatie van deze kruispunten hangt af van de inrichting van de plaats.

Mogelijk zijn ze niet nodig in het kader van een kruising met voorrang van rechts zonder aanvullende maatregelen. Ze kunnen beperkt zijn tot het schilderen en het vervangen van verkeersborden wanneer er een verticale signalisatie is en een markering op de grond.

Ze kunnen belangrijker zijn wanneer het beheer van het kruispunt gecombineerd is met uitspringende voetpaden, verkeersgeleiders of andere maatregelen die de perceptie van het kruispunt en de veiligheid van de gebruikers ervan verbeteren.

In alle gevallen is het belangrijk regelmatig onderhoudswerken uit te voeren en de bekleding te vernieuwen wanneer grote onvolkomenheden worden vastgesteld. Dit leidt tot een betere kwaliteit van de geluids-omgeving.

8.4.3.5. Aanleg en signalisatie

8.4.3.5.1. Plaatsingsvoorwaarden

Het beheer van de eenvoudige kruispunten heeft hoofdzakelijk betrekking op de kruisingen:

- ◆ in het interwijkenet,
- ◆ van een wijkweg met een interwijkenweg,
- ◆ van interwijkenwegen,
- ◆ van een interwijkenweg met een belangrijkere weg.

De kruising mag niet dicht bij een bocht liggen, om problemen van zichtbaarheid te vermijden.

De keuze van aanleg van een of ander type van eenvoudig kruispunt (voorrang van rechts, voorrang verlenen en STOP) moet met name gebeuren door de verkeersstromen correct te analyseren, om naar een zo vlot mogelijke doorstroming toe te evolueren en dus naar een minimale geluidsimpact.

Voorrang van rechts

Dit voorrangssysteem is vooral aangewezen voor lokale wegen. De straten die de kruising vormen, zijn gewoonlijk even belangrijk, met bescheiden afmetingen en vrij van doorgaand verkeer.

Voor dit beheerstype is het totale verkeer op het kruispunt beperkt tot 900 pe/u^{16xxiv}.

Voorrang verlenen

De verplichting tot "voorrang verlenen" is gewoonlijk van toepassing op kruisingen met één straat die belangrijker is, en in sommige gevallen ook op kruisingen met straten die even belangrijk zijn. Deze beheerswijze veronderstelt een hiërarchie tussen de wegen.

Dit type van voorrangsverlening, dat het voertuig zonder voorrang niet verplicht volledig tot stilstand te komen, geldt op kruispunten met een voldoende zichtbaarheid.

Voor de kruisingen met een rechte hoek ligt het totale verkeer van het kruispunt gewoonlijk niet hoger dan 1.200 Pe/u.

¹⁶ Pe/u= equivalent voertuig per uur. Dit is een eenheid die alle voertuigen omzet in een standaardvoertuig. 1 vrachtwagen = 2 evp, 1 moto= 1/2 evp.

STOP

Het "stop"-bord wordt geplaatst op kruisingen waar de voertuigen omwille van de minder goede zichtbaarheid volledig tot stilstand moeten komen, om veiligheidsredenen. Het bord geldt dus voor "gevoelige" kruispunten. In het geval van een echt slechte zichtbaarheid worden ook spiegels geplaatst, zodat men het verkeer ziet aankomen.

Dit beheerstype veronderstelt eveneens een hiërarchie van de wegen.

8.4.3.5.2. Signalisatie – Markering

De signalisatie en de markering op de grond variëren afhankelijk van het voorrangstype. Op kruispunten zonder signalisatie geldt de voorrang van rechts.

Conform het verkeersreglement^{xxv} en het reglement van de wegbeheerder worden de voorrangsborden rechts van de weg geplaatst. Ze kunnen eveneens worden herhaald boven of links van de weg.

De afmetingen van de borden en de kenmerken van de grondmarkering worden bepaald in het reglement van de beheerder.

Zoals geldt voor alle wegverbeteringen draagt een goede signalisatie bij tot een correcte zichtbaarheid van het kruispunt, zodat een bruusk en lawaaiig rijgedrag kan worden vermeden.

Vorrang van rechts

De voorrang van rechts is van toepassing wanneer er geen signalisatie is die de beheerswijze van het kruispunt preciseert.

Een specifieke signalisatie kan dit voorrangstype echter wel herhalen, indien nodig. Zo wordt het



verkeersbord B17, in de nabijheid van het kruispunt met voorrang van rechts geplaatst.

Dit verkeersteken, dat doorgaans Sint-Andrieskruis wordt genoemd, moet worden geplaatst in bepaalde situaties die worden gedefinieerd in het verkeersreglement.

Geen enkele markering op de grond voltooit de signalisatie van de voorrang van rechts.

Vorrang verlenen en STOP



Het verkeersbord B1, voorrang verlenen, wordt geplaatst op de plaats waar de automobilisten deze regel moeten toepassen.



Het verkeersbord B5 verplicht tot stoppen en voorrang verlenen. Het wordt geplaatst in de onmiddellijke nabijheid van de plaats waar de automobilisten moeten stoppen of voorrang verlenen, en alleen indien:

- ◆ Het gebrek aan zichtbaarheid op deze plaats noodzaakt dat de voertuigen stoppen,
- ◆ Het vervangt bij wijze van uitzondering de verkeerslichten op de zijwegen wanneer deze
 - geplaatst zijn om een vóór een kruispunt gelegen oversteekplaats voor voetgangers te beschermen,
 - geplaatst zijn ter hoogte van een kruispunt in de onmiddellijke nabijheid van een ander kruispunt dat uitgerust is met driekleurige verkeerslichten.



Tegelijkertijd moet het verkeersbord B9, voorrangsweg, of het verkeersbord B15, voorrang, worden geplaatst op de voorrangsweg, behalve indien:



- ◆ De niet-voorrangsweg een aardeweg of een pad is,
- ◆ Het de automobilist die voorrang heeft kan misleiden over het voorrangssysteem van het volgende kruispunt,
- ◆ Het gebod tot "voorrang verlenen" of het STOP-bord slechts geldt voor tweewielers,
- ◆ Het gebod tot "voorrang verlenen" of het STOP-bord staat op een punt waar men een woongebied dat wordt afgebakend met de borden F12a en F12b verlaat.



De verkeersborden B9, voorrangsweg, en B15, voorrang, mogen niet tegelijk aanwezig zijn. Bovendien mag B9 alleen langs lange voorrangswegen worden geplaatst. Indien deze weg begint onmiddellijk na een kruispunt met voorrang van rechts, dan moet het verkeersbord B17, het Sint-Andrieskruis, altijd vóór dit kruispunt worden geplaatst.

De verkeersborden B1 of B5 moeten worden herhaald aan de linkerkant van de eenrichtingswegen indien verschillende files mogelijk zijn. Het aantal borden is beperkt tot twee voor dezelfde uitweg. De verkeersborden mogen niet worden herhaald langs links wanneer verwarring mogelijk is met een andere weg, zoals in het geval van wegen die een te scherpe hoek vormen.

Voor het "voorrang verlenen" bestaat de markering op de grond uit driehoekjes op een lijn die het einde van de niet-voorrangsweg markeren en waarvan de afmetingen zijn vastgelegd in het reglement van de beheerder.

Voor het STOP-gebod wordt de verticale signalisatie aangevuld met een stopstreep op de niet-voorrangsweg die de plaats aanduidt waar de automobilist moet stoppen en voorrang verlenen. Deze streep is gedefinieerd in het reglement van de beheerder en moet over de volledige breedte lopen van alle rijstroken waarop het STOP-gebod betrekking heeft.

8.4.3.6. Voor- en nadelen

8.4.3.6.1. Voordelen

Dit type van kruispunt heeft de volgende voordelen:

- ◆ vermeden of beperkte kosten van aanleg en beheer;
- ◆ vermeden of beperkte kosten van onderhoud en renovatie van het kruispunt;
- ◆ vermindering van de snelheid voor de verkeersstromen die geen voorrang hebben.

8.4.3.6.2. Nadelen

Dit type van kruispunt heeft de volgende nadelen:

- ◆ bevordering van de snelheid van de verkeersstromen die voorrang hebben;
- ◆ geen voorrangsmatregelen voor de andere weggebruikers.

8.4.3.7. Aanbevelingen

8.4.3.7.1. Aanbevelingen op het vlak van de geluidshinder

Het spreekt voor zich dat het criterium geluidshinder niet het eerste criterium is dat de wegbeheerder gaat leiden in zijn keuze van een beheerstijpe voor het kruispunt. Criteria als zichtbaarheid, veiligheid van het verkeer zijn doorslaggevend. Bij een goede zichtbaarheid ziet de automobilist het kruispunt aankomen en kan hij zijn rijgedrag pas op het laatste moment aanpassen, wat een bron van geluidshinder kan vormen.

De vlotte doorstroming van het verkeer moet, zoals hoger al werd gesteld, eveneens worden bevorderd vanuit een akoestisch oogpunt.

De volgende acties werken eveneens naar een gezondere geluidsomgeving toe:

- ◆ smallere rijstroken ;
- ◆ minimale kromtestraal;
- ◆ voorsorteerstrook om naar links af te slaan wanneer er veel verkeer is;
- ◆ onderhoud en renovatie van het wegdek;

8.4.3.7.2. Aanbevelingen voor een goed gebruik (veiligheid enz.)

In het algemeen moeten de eenvoudige kruispunten zowel overdag als 's nachts de zichtbaarheid en de waarneming garanderen.

Zo moet elk element dat de zichtbaarheidsdriehoek kan verstoren, worden vermeden: geparkeerde wagens, hinderend stadsmobilier, slecht geplaatste beplanting, ...

Anderzijds moet de beheerswijze juist worden begrepen en moet de werkwijze van het kruispunt duidelijk zijn. Verkeersgeleiders kunnen de verkeersstromen sturen en de duidelijkheid van het kruispunt vergroten. Ze mogen echter niet in te grote getale worden gebruikt, omdat het kruispunt dan onduidelijk zou worden en heel wat signalisatie zou vereisen opdat de automobilisten het nog zouden begrijpen.

Om veiligheidsredenen moet de voorrang van rechts hoofdzakelijk worden toegepast op kruisingen van lokale wegen.

Wanneer de signalisatie een hiërarchie van de wegen inhoudt, is het wenselijk dat dit onderscheid ook wordt weerspiegeld in de aanleg.

Omwillen van de naleving van de voorrangsregels moeten de te directe trajecten worden vermeden voor de verkeersstromen die geen voorrang hebben. Dit is bijvoorbeeld het geval van de Y-kruispunten.

8.4.3.7.3. Aanbevelingen voor alle weggebruikers

A. VOETGANGERS

Aangezien de voorrang van rechts gewoonlijk voorbehouden is voor de lokale wegen, heeft de verblijfs-functie de overhand. Het ontbreken van oversteekplaatsen stelt de voetgangers in dit geval in staat om over te steken op de beste plaats, zonder dat ze een omweg moeten maken. Het kruispunt en de voetgangersoversteekplaatsen kunnen worden aangeduid door andere maatregelen.

Op een kruispunt dat wordt beheerd door een gebod tot "voorrang verlenen" of een STOP-bord hoeft de voetgangersoversteekplaats niet gemarkeerd te worden indien het verkeer beperkt is. Dit stelt de voetgangers in staat over te steken:

- ◆ In een rechte lijn wanneer er geen wagens zijn,
- ◆ Achter het voertuig dat stilstaat aan de stopstreep.

In het geval een gemarkeerde oversteekplaats voor voetgangers nodig blijkt, is het aanbevolen een afstand van ongeveer 1,50 tot 2 meter tot de voorrangsmarkering of de STOP-streep te respecteren. Deze afstand is met name afhankelijk van de breedte van de voetpaden. De aanwezigheid van parkeerplaatsen in de lengte op de hoofdweg en de verbreding van het voetpad bieden de voetgangers een oversteekplaats in hun lijn, maar toch op enige afstand van de overheersende stromen.

In het geval van lange oversteekplaatsen bevorderen uitspringende voetpaden en vluchtheuvels de veiligheid van de voetgangers.

De GSV bepaalt dat zebrapaden worden aangelegd in het verlengde van de vrije voetgangerswegen, om omwegen voor de voetganger te vermijden.

B. TWEEWIELERS

Aangezien fietspaden gewoonlijk niet nodig zijn op lokale wegen, gelden de voorzieningen die moeten worden getroffen voor de tweewielers hoofdzakelijk voor de hoofdwegen.

Het garanderen van de zichtbaarheid van de tweewielers is van het grootste belang. Een eerste maatregel is dat ervoor wordt gezorgd dat het einde van de parkeerplaatsen voldoende stroomopwaarts ligt (10 meter). Een andere maatregel is dat de aanwezigheid van de fietser op het kruispunt wordt gemarkeerd.

De volgende mogelijkheden bestaan:

- ◆ de fietssuggestiestrook kan gemarkeerd worden ter hoogte van de kruising,



Fietssuggestiestrook ter hoogte van een plaats waar men voorrang moet verlenen

- ◆ het fietspad mag verhoogd blijven ter hoogte van de oversteekplaats van de secundaire weg. Deze oplossing, die zeer geschikt is aan wegen met weinig verkeer, heeft eveneens een invloed op de snelheid van de voertuigen die een manoeuvre uitvoeren.

C. OPENBAAR VERVOER

Elke maatregel die een snelheidsvermindering inhoudt, beknót onvermijdelijk de commerciële snelheid van het openbaar vervoer, die uiterst belangrijk is voor de goede ontwikkeling ervan.

In de mate van het mogelijke moet men vermijden beheerswijzen te kiezen voor de kruispunten die een verlies van voorrang meebrengen voor de voertuigen van het openbaar vervoer.

D. VRACHTWAGENS

Men moet rekening houden met de tijd die een vrachtwagen nodig heeft om zich op het kruispunt te begeven. De traagheid van de vrachtwagens mag geen te laattijdige verrassingen creëren.

E. VOERTUIGEN VAN DE HULPDIENTEN

De draaicirkel van de voertuigen van de hulpdiensten bedraagt:

- ◆ 11 m aan de binnenkant,
- ◆ 15 m aan de buitenkant.

8.4.4. De kruispunten met verkeerslichten

De kruispunten kunnen worden aangevuld met verkeerslichten die preciseren op welk moment en gedurende welke tijd de voertuigen het kruispunt mogen betreden.

8.4.4.1. Doel

De belangrijkste doelstellingen van een kruispunt met verkeerslichten zijn:

- ◆ het beheren en regelen van de verkeersstromen
- ◆ het controleren van het verkeer en het verminderen van het aantal conflictpunten
- ◆ het oplossen van zichtbaarheidsproblemen,
- ◆ het beïnvloeden van de snelheden,
- ◆ het beveiligen van de zebrapaden.

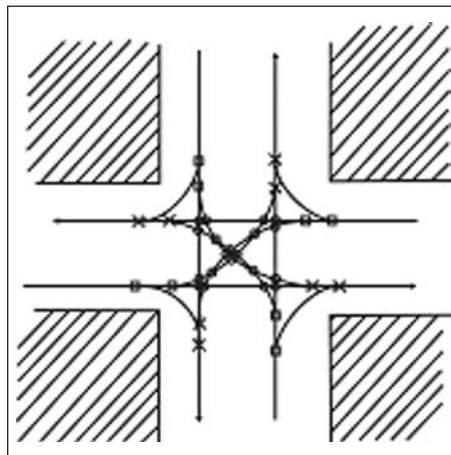
Door verkeerslichten te plaatsen kunnen conflicten tussen de verschillende gebruikers worden opgelost, met name bij druk verkeer en een groot aantal bewegingen.

8.4.4.2. Principe

Verkeerslichten worden gewoonlijk geplaatst op kruispunten die zonder verkeerslichten niet voor een veilige en regelmatige doorstroming van alle verkeersstromen zouden kunnen zorgen.

De verkeerslichten scheiden de meeste conflictbewegingen immers in de tijd, aangezien de verkeersstromen worden gekanaliseerd en slechts gedurende een beperkte tijd op het kruispunt aanwezig mogen zijn. Het aantal conflictpunten wordt dan ook aanzienlijk verminderd.

Zonder specifiek beheer ligt het aantal conflictpunten effectief hoog, en zijn er 3 verschillende types.

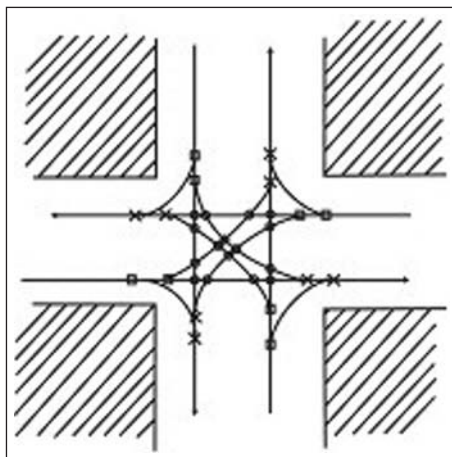


Conflictpunten in het kader van een kruispunt met 4 armen zonder verkeerslichten en met voorrang van rechts

Op de 36 punten in totaal zijn er verschillende types van conflicten:

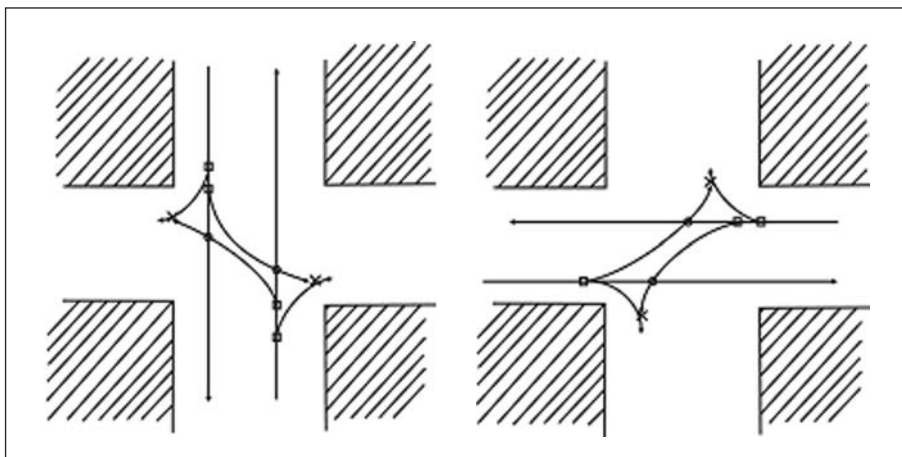
- ◆ O : 20 conflictpunten door het kruisen, de meest problematische en de gevaarlijkste,
- ◆ □ : 8 conflictpunten door divergentie, weinig problematisch,
- ◆ X : 8 conflictpunten door convergentie.

De geometrie van het kruispunt met "Indonesische" bochten (links afslaan zonder dat de wagens elkaar kruisen) doet het aantal conflictpunten afnemen, aangezien de conflictpunten met betrekking tot het kruisen worden beperkt tot 16. Het feit dat het zicht wordt belemmerd door de voertuigen die staan te wachten om links af te slaan, kan evenwel veiligheidsproblemen meebrengen.



Conflictpunten op een "Indonesisch" kruispunt zonder verkeerslichten

Door verkeerslichten te plaatsen kunnen al deze bewegingen worden opgesplitst in twee fasen. In elke fase kunnen bepaalde bewegingen worden uitgevoerd.



Beheer van het kruispunt met verkeerslichten in twee fasen

Het aantal conflictpunten is dan beperkt tot:

- ◆ 2 voor de conflicten door het kruisen,
- ◆ 4 voor de conflicten door divergentie,
- ◆ 2 voor de conflicten door convergentie.

Hierbij moeten uiteraard nog de voetgangersstromen worden gevoegd.

Het aantal armen van het kruispunt en de hoeveelheid bewegingen die mogelijk zijn, hebben een directe invloed op het aantal en het type van conflicten van een kruispunt, en bepalen zo ook de complexiteit ervan.

De geometrie van het kruispunt en de faseringen van de verkeerslichten zijn aangepast aan het type en het aantal van de bewegingen. De fasering van de verkeerslichten is eveneens afhankelijk van de geometrie van het kruispunt.

De capaciteit van een kruispunt kan gaan tot 1.000 pe/uur per rijstrook op een voorrangsweg¹⁷.

¹⁷ Bron: Certu, guide des carrefours urbains

8.4.4.3. Geluidsimpact

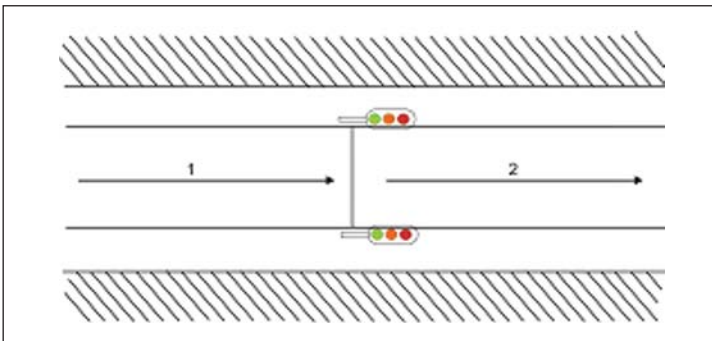
Een kruispunt met verkeerslichten leidt gewoonlijk tot doorstromingen van het type vertraagd en versneld stroef. Zoals hoger gesteld, veroorzaakt de vertraagde stroeve doorstroming lawaai in dezelfde orde van grootte als doorlopend lawaai (zelfs minder bij een snelheid hoger dan 45 km/u) en de versnelde stroeve doorstroming brengt meer lawaai voort (3 dB[A] meer dan bij een doorlopend vlotte doorstroming).

De geluidsimpact van het kruispunt in de omgeving ervan is afhankelijk van de verkeersomstandigheden (drukke, snelheid enz.), maar ook van de fasen van de verkeerslichten. Het eenvoudige voorbeeld hieronder, uit de Guide du Bruit des Transports Terrestres, illustreert het belang van de fasen van de verkeerslichten.

In het volgende eenvoudige geval:

een eenrichtingsweg met een rood licht, met een doorstroming van 200 lichte voertuigen/u, tegen een snelheid van 50 km/u (snelheid voor het vertragen stroomopwaarts van het verkeerslicht en na het vertragen stroomafwaarts van het verkeerslicht).

We overwegen de twee denkbeeldige situaties:



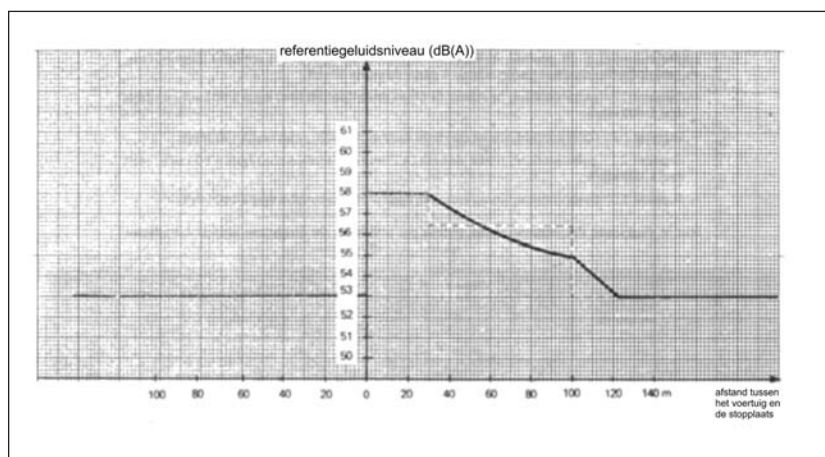
Geval nr. 1: "in een gegeven periode doet het rode licht de helft van de voertuigen stoppen, terwijl de andere helft van de voertuigen zonder te stoppen kan doorrijden in de groene fase"

Geval nr. 2: "in dezelfde periode als in geval 1 moeten alle voertuigen stoppen of vertragen door de rode fase ofwel door de wachtrij die hierdoor ontstaat»

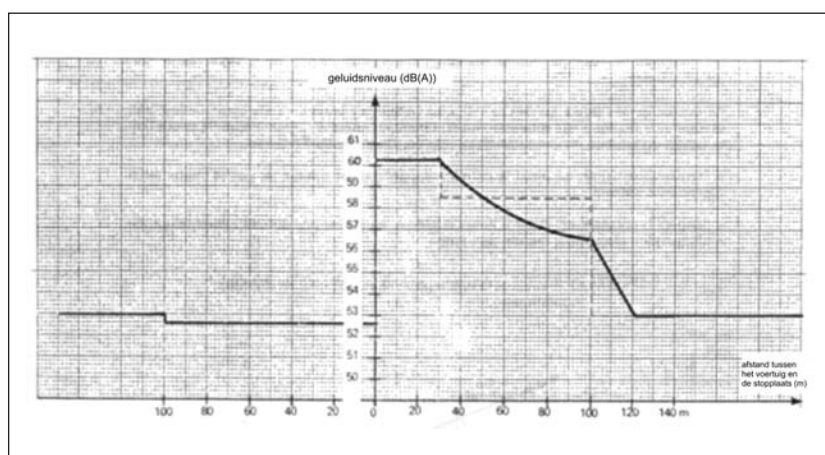
Cyclus van het verkeerslicht	Geval nr. 1	Geval nr. 2
Groene fase	40 sec	20 sec
Oranjegele fase	5 sec	5 sec
Rode fase	20 sec	40 sec

In dit laatste geval wordt de helft van de voertuigen onderworpen aan een stroef tempo (vertraagd stroef op baanvak a en versneld stroef of baanvak b), terwijl de andere helft een doorlopend vlot tempo kan aanhouden (op de twee baanvakken). In geval nr. 2 zijn alle voertuigen onderworpen aan het stroeve tempo.

In deze omstandigheden zijn de resultaten afhankelijk van de afstand van de verkeerslichten de volgende:



1^{ste} geval – geluidsemissieniveau van het verkeer van 100 lichte voertuigen/u, snelheid van 50 km/u, fase van de verkeerslichten: 40 sec groen, 5 sec oranjegeel, 20 sec rood (bron: CERTU)



2^{de} geval - geluidsemissieniveau van het verkeer van 100 lichte voertuigen/u, snelheid van 50 km/u, fase van de verkeerslichten: 20 sec groen, 5 sec oranjegeel, 40 sec rood (bron: CERTU)

Volgens de berekeningen zijn de geluidsemissies in de twee gevallen vrijwel gelijk stroomopwaarts van de verkeerslichten. Stroomafwaarts, daarentegen, liggen de emissies 2 dB(A) lager wanneer de groene fase van de verkeerslichten het langst is. De reden is dat een deel van het verkeer op de weg doorlopend vlot is.

De literatuur over de geluidsimpact van de kruispunten met verkeerslichten is vrij beperkt. Bij wijze van voorbeeld verwijzen we naar een Amerikaanse studie die, door met name metingen uit te voeren op een kruispunt voor en na de installatie van verkeerslichten, heeft getracht de geluidsimpact van dergelijke inrichtingen te ramen. De resultaten (zie onderstaande figuur) tonen een lichte, weinig betekenende verhoging van de geluidsniveaus ten gevolge van deze aanpassing. We mogen echter niet te snel besluiten dat de installatie van verkeerslichten geen hinder zou veroorzaken. Zoals we reeds eerder hebben gesteld, kunnen de verkeerslichten immers een aanzienlijke hinder veroorzaken doordat ze versneld/vertraagd stroef verkeer veroorzaken, en dus een sterk variabele geluidshinder.

TABLE 5 CHANGE IN NOISE LEVEL AFTER INSTALLATION OF A TRAFFIC SIGNAL				
INTERSECTION NUMBER	AVERAGE L_{10} NOISE LEVEL		AVERAGE L_{eq} NOISE LEVEL	
	BEFORE	AFTER	BEFORE	AFTER
14 ^a	81.5	80.9	76.5	77.8
15 ^b	76.5	77.3	72.8	73.1
^a Data were taken from 100 feet (30.5 m) to 2,500 feet (762 m) from the signal. ^b Data were taken from 50 feet (15.2 m) to 2,000 feet (610 m) from the signal.				

Verandering van de geluidsniveaus na de installatie van verkeerslichten

De groene golf (synchronisatie van verkeerslichten zodat de voertuigenstroom zich verplaatst tegen een gelijke snelheid), die verder in dit document nog aan bod komt, leidt gewoonlijk tot een betere geluidskwaliteit van de omgeving. We mogen echter niet uit het oog verliezen dat de groene golf ervoor zorgt dat meer voertuigen kunnen doorstromen gedurende een bepaalde periode, en hierdoor de oorzaak kan zijn van een lichte verhoging van de geluidsniveaus gedurende deze periode.

8.4.4.4. Technische kenmerken

Het kruispunt met verkeerslichten wordt gekenmerkt door zijn geometrie en zijn fasering. Deze worden gedefinieerd na een analyse van de verkeersstromen en de bewegingen, waaronder het links afslaan (bewegingen zonder voorrang).



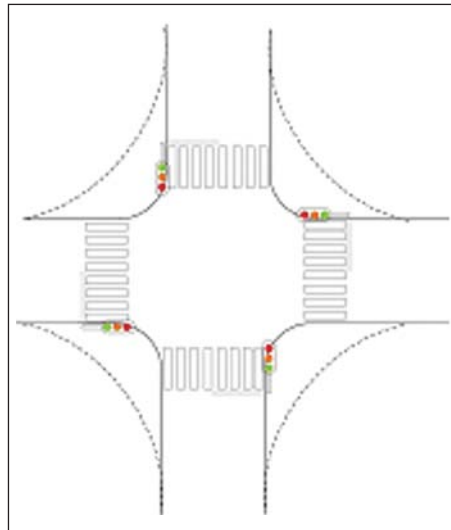
Kruispunt met verkeerslichten in Sint-Lambrechts-Woluwe

De voorwaarden voor de uitvoering van kruispunten met verkeerslichten worden beschreven in het verkeersreglement en het reglement van de beheerder.

8.4.4.4.1. Geometrie

Het kruispunt moet geometrisch aangepast zijn om te worden beheerd door een signalisatie met verkeerslichten. De geometrie van het kruispunt is namelijk van het grootste belang voor de goede werking van het kruispunt, waarbij de zone waarin conflicten kunnen voordoen zo klein mogelijk moet worden gehouden.

Het spreekt voor zich dat een geometrie in de zin van een minimalisering van de breedte van de rijstroken en de draaicirkel een gunstige impact zal hebben in termen van geluidshinder. Hierbij moet evenwel rekening worden gehouden met de eisen die de bewegingen stellen.



Geometrie van een kruispunt met verkeerslichten

De geometrie van het kruispunt moet rekening houden met:

- ◆ de draaicirkel van de lastigste voertuigen. Het doel is de kleinste draaicirkel te kiezen om:
 - de conflictzone te beperken,
 - de snelheid van de draaiende voertuigen te beïnvloeden en de veiligheid van de voetgangers te verbeteren,
 - de lengte van de zebapaden te verminderen,
- ◆ de breedte van de wegen. In een stadsomgeving is de gebruikelijke breedte 3 m voor de berijdbare zone van een lokale weg. Deze kan variëren afhankelijk van het type van verkeersstroom.
 - tot 3,50 m, in het geval van veel openbaar vervoer en vrachtwagens,
 - 2,50 tot 3 m, afhankelijk van de plaatselijke omstandigheden, indien er meerdere wegen zijn en voor de stroken voor het links afslaand verkeer,
 - minder dan 2,50m in zeer uitzonderlijke gevallen.
 - De vrije breedte (boven de rand van het voetpad) moet 4 m bedragen voor de voertuigen van de hulpdiensten.
- ◆ de toewijzing van de wegen, indien nodig. De toewijzing van de wegen is essentieel wanneer voor bepaalde richtingen een specifieke fasering wordt toegepast. Ze gebeurt onder invloed van de verkeersstromen en de bewegingen, op elk moment van de dag. De toewijzing van de wegen moet logisch en duidelijk zijn.
- ◆ de mogelijkheid van invoegen bij het verlaten van het kruispunt, wanneer het aantal rijstroken wordt verminderd na het kruispunt. In een stadsomgeving gebeurt dit invoegen over een afstand van 25 meter, conflictzone inbegrepen.
- ◆ de lengte van de voorsorteerstroken (rechtdoor gaand, rechts afslaand, links afslaand), dat varieert afhankelijk van het aantal voertuigen dat zich aandient in elke cyclus, die alle fasen van de verkeerslichten omvat. Voor een strook is dit aantal (g) gelijk aan het debiet in pe/u van het drukste uur voor de betreffende beweging gedeeld door het aantal cycli per uur. Aangezien de gemiddelde lengte van een voertuig 5 m is, beantwoordt de lengte van de voorsorteerstrook aan de formule:

$$\text{Lengte van de voorsorteerstrook in m} \geq 5 (g + 1,7 \sqrt{g})$$

Het aantal en het type van de voorsorteerstroken kan worden bepaald volgens de gewenste doorstroming en de bevoorrechte bewegingen. De integratie van een strook voor het links afslaand verkeer kan nodig blijken, en het beheer ervan kan dan worden gekoppeld aan de fasering.

8.4.4.4.2. Fasering van de verkeerslichten

Hoger kon u lezen in welke mate de fasering van de verkeerslichten de geluidshinder op de verkeersaders in de nabijheid van de kruispunten kan beïnvloeden. Het is dan ook interessant dit concept verder uit te diepen.

De fasering van de verkeerslichten bepaalt de volgorde waarin en de tijd gedurende dewelke elke weg wordt opengesteld. Het eenvoudigste schema omvat twee fasen, waarbij een fase de tijd is die wordt toe-

gekend aan bepaalde verkeersstromen. De fasering wordt complexer naarmate het aantal wegen en de hoeveelheid bewegingen toenemen, met bijvoorbeeld de problematiek van het links afslaan. De eenvoudigste werking die mogelijk is, met een minimaal aantal fasen, houdt de situatie begrijpelijk voor de automobilisten.

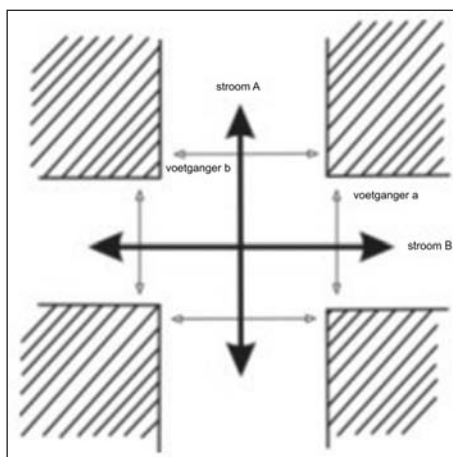
Bovendien vermijdt een beperkt aantal fasen tijdsverlies door:

- ♦ het opstarten, dat varieert afhankelijk van de reactietijd van de automobilisten en de lengte van de file (invloed van de acceleratietijd van de voertuigen in de file). Een gemiddelde van 2 seconden per voertuig wordt gehanteerd.
- ♦ de oranjegele fase. De duur van de oranjegele fase is bepaald op 3 seconden indien ze volgt op de groene fase. Ze wordt verlengd met 5 seconden indien ze volgt op een oranjegeel knipperlicht.
- ♦ de lengte van de integrale rode fase die nodig is om alle voertuigen te verwijderen van het kruispunt. De tijdsduur van de integrale rode fase wordt geval per geval berekend rekening houdend met de snelheid van de verschillende vervoersmiddelen (voetgangers, fietsers, trams of wagens) en de relatieve afstanden tot de conflictpunten.

Gedurende deze tijd is het debiet van het kruispunt nihil. Het kruispunt met twee fasen is dus optimaal. Vanaf 3 fasen neemt de verloren tijd toe.

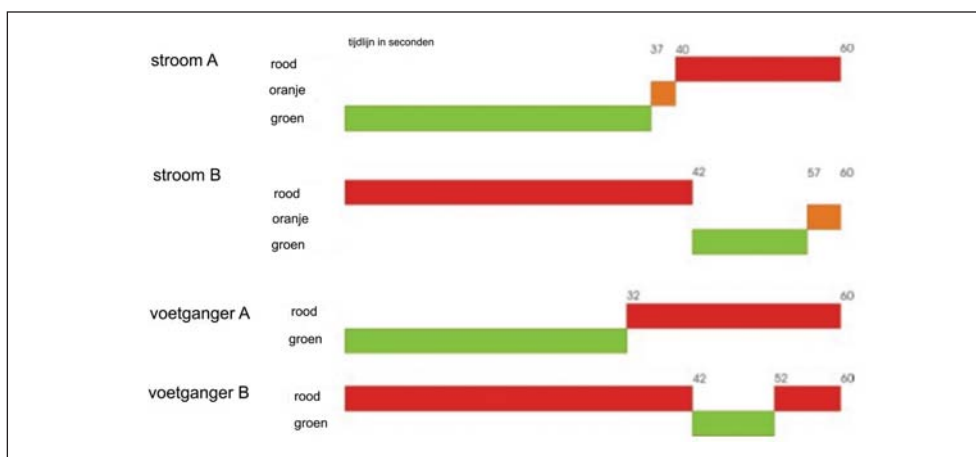
Een klassieke cyclus schommelt tussen 60 en 120 seconden. De lengte van de cyclus verhoogt de capaciteit van het kruispunt.

Bijvoorbeeld: de fasering van een kruispunt waarvan de "A"-stroom belangrijker is dan de "B"-stroom stelt 2 fasen voor.



Fasering van een standaardkruispunt

Fase A laat de voertuigenstroom A en de voetgangersstroom a door. Fase B laat vervolgens de voertuigenstroom B en de voetgangersstroom b door.



Voorbeeld van fasering voor een cyclus van 60 seconden

Stroom 'A' heeft dus een groene fase van 37 seconden, gevolgd door een oranjegele fase van 3 seconden, terwijl de voetgangers 'a' 32 seconden hebben om oversteken met een veiligheid van 10 seconden om de doorgang vrij te maken.

Vervolgens wordt een integrale rode fase van 2 seconden in acht genomen zodat het kruispunt volledig kan worden ontruimd. De voertuigenstroom 'B' kan dan oversteken gedurende 15 seconden, gevolgd door 3 seconden oranjegeel. De voetgangers 'b' kunnen eveneens oversteken gedurende 10 seconden, met een bijkomende tijd van 8 seconden om de weg te verlaten¹⁸. Ook het fietsverkeer kan worden opgenomen in de fasering.

Een speciale fase voor het links afslaand verkeer kan worden opgenomen indien de geometrie van het kruispunt een voorsorteerstrook voorziet voor deze bewegingen. Deze moet worden gekozen in functie van de mogelijkheden om links af te slaan:

- ◆ doorgang van de voertuigen, volgens de hiervoor gelaten kansen, doorheen de verkeersstromen die voorrang genieten (en die uit de andere richting komen),
- ◆ doorgang tijdens de integrale rode fase,
- ◆ specifieke fase voor het links afslaand verkeer, die dan het beheer van het kruispunt beïnvloedt.

Het beheer van het links afslaand verkeer hangt eveneens af van de verkeersstromen¹⁹:

- ◆ $< 150 \text{ pe}^{20}/\text{u}$ – links afslaan zou geen problemen mogen stellen,
- ◆ $> 150 \text{ Pe}/\text{u}$ en $< 250 \text{ Pe}/\text{u}$ – grondige analyse van de situatie, een lichte verschuiving van het rood kan volstaan,
- ◆ $> 250 \text{ Pe}/\text{u}$ – een specifieke behandeling van het links afslaand verkeer moet worden overwogen om opstopingen te vermijden.

De fasering kan variëren in de tijd. Verschillende fasen zijn mogelijk afhankelijk van de uurschijven.

Anderzijds kunnen de fasen verschillen afhankelijk van de momentane debieten. Zo is het mogelijk detectoren te plaatsen, in de buurt van de verkeerslichten, die de cyclus van de verkeerslichten beïnvloeden afhankelijk van de op het terrein vastgestelde verkeersstromen. Een dergelijke maatregel maakt een zekere flexibiliteit mogelijk.

Ook in het geval van een kruispunt met een bijzonder zwakke stroom maakt de aanwezigheid van detectoren het mogelijk de fase te starten voor de minst voorkomende stromen wanneer een voertuig zich aanbiedt aan de verkeerslichten.

In het algemeen moet de fasering rekening houden met alle weggebruikers. Er kunnen ook speciale fasen zijn voor de voertuigen van de hulpdiensten, het openbaar vervoer, ... Deze speciale fasen worden dan in werking gezet door detectoren.

Indien verschillende kruispunten met verkeerslichten elkaar opvolgen, kunnen deze worden beheerd rekening houdend met elkaar. Bijvoorbeeld, de groene fase kan op elk van deze kruispunten zo worden afgesteld dat de voertuigen zonder te moeten stoppen en tegen een bepaalde snelheid kunnen doorrijden. Dit wordt de groene golf genoemd. Ze versterkt een hoofdverkeersstroom over een langere afstand door de vlotheid en het debiet ervan te verbeteren.

8.4.4.4.3. Materialen

A. ONTWERP

De geometrie van het kruispunt moet, indien nodig, worden aangepast aan de beheerswijze ervan. De oppervlakte waarover de voertuigen beschikken en de draaicirkels worden gewoonlijk begrensd door de voetpaden. De fasering gebeurt door verkeerslichten.

B. B. ONDERHOUD, RENOVATIE

Het onderhoud op dit type van kruispunt houdt in dat lampen worden vervangen en dat de verf van de grondmarkering wordt onderhouden. Het is eveneens belangrijk dat het wegdek in goede staat is.

¹⁸ Zie de publicatie van het Belgisch Instituut voor de Verkeersveiligheid, Oversteekvoorzieningen, aanbevelingen voor voetgangersvriendelijke infrastructuur, maart 1999.

¹⁹ Bron: Certu: guide des carrefours urbains, France, 1999

²⁰ Pe/u = personenwagen-equivalent per uur, dat overeenkomt met een aantal "klassieke" voertuigen

Wanneer een lichtinstallatie defect is, gaan alle lichten uit of gaat het "oranjegeel knipperlicht" aan. In dit geval geldt de regel van de voorrang van rechts, tenzij een andere beheerswijze wordt gespecificeerd door signalisatie. In het geval de lichtinstallatie defect is, moet ze worden hersteld door een gespecialiseerd persoon.

8.4.4.5. Aanleg en signalisatie

8.4.4.5.1. Plaatsingsvoorwaarden

Volgens het reglement van de beheerder^{xxvii}, mogen de verkeerslichten slechts worden geplaatst indien het volume van het voertuigenverkeer en/of van de voetgangers, de soort en het aantal ongevallen, het zicht, de snelheid van de voertuigen, de moeilijkheid die bij het oversteken van de rijbaan wordt ondervonden vanwege het verkeer, de plaatsgesteldheid of de verkeersvoorwaarden, dit rechtvaardigen.

Indien het verkeersvolume het criterium is voor de plaatsing, dan moet de verkeersdruk voldoende groot zijn (10.000 voertuigen/dag).

Wat de ongevallen betreft, zijn er conflicten tussen:

- ◆ voertuigen die uit richtingen komen die elkaar snijden,
- ◆ voertuigen en voetgangers die uit richtingen komen die elkaar snijden,
- ◆ voertuigen die rechtdoor rijden en links afslaande voertuigen.

Het beheer van een kruispunt door verkeerslichten, die weinig plaats innemen, is een goede oplossing voor een klassiek orthogonaal kruispunt, met name in een stadsomgeving.

Het aantal rijstroken, per rijrichting, laat toe de capaciteit van het kruispunt te vergroten, een variant die evenwel beperkt wordt door de mogelijke plaatsinname, die vaak smal is in een stadsomgeving. Een orde van grootte van de capaciteit van een rijstrook is immers 1.800 pe²¹/ uur groen/strook, wat neerkomt op ongeveer 1.000 Pe/uur/voorrangstrook.

In het ideale geval moet het beheer door verkeerslichten worden beperkt tot kruispunten met 4 armen.

8.4.4.5.2. Signalisatie – Markering

Volgens de voorschriften van het verkeersreglement worden de verkeerslichten aan de rechterkant van de weg geplaatst. Ze kunnen worden herhaald langs links of boven de weg indien de situatie dit rechtvaardigt. Het "Handboek van de openbare ruimten in het Brussels Gewest" pleit voor een beperking van het aantal signalisatiepalen.

De regels over de lichtsignalen worden uiteengezet in het algemeen reglement op de politie van het wegverkeer en het reglement van de beheerder. De codes en afmetingen gelden specifiek voor voetgangers, fietsers,...

Wat de markering op de grond betreft, duidt een stopstreep de plaats aan waar het voertuig moet stoppen wanneer het licht op rood staat. Indien er geen grondmarkering is, moeten de voertuigen het signaal in acht nemen.

De afmetingen van de stopstreep en voorsorteerpijlen worden vastgelegd in het "reglement van de beheerder", afhankelijk van de toegelaten snelheid.

Zoals geldt voor alle wegverbeteringen draagt een goede signalisatie bij tot een correcte zichtbaarheid van het kruispunt, zodat een bruusk en lawaaijer rijgedrag kan worden vermeden.

8.4.4.6. Voor- en nadelen

8.4.4.6.1. Voordelen

Het kruispunt met verkeerslichten heeft de volgende voordelen:

- ◆ De verkeersstromen worden beheerd, met de mogelijkheid van variaties in de tijd;
- ◆ Het aantal conflictpunten is beperkt, en dus ook het aantal ongevallen en hun ernst;
- ◆ Het vereist niet veel plaats;

²¹ Pe = personenwagen-equivalent

- ◆ Zebrapaden zijn mogelijk en voetgangers kunnen worden bevoordeeld;
- ◆ Het is mogelijk de andere gebruikers, zoals het openbaar vervoer, te bevoordelen;
- ◆ Het is mogelijk de bewegingen te beïnvloeden, indien men bijvoorbeeld verkeer in een bepaalde richting wil ontraden;
- ◆ De ontwikkeling van files kan worden gecontroleerd indien detectoren geïnstalleerd zijn;
- ◆ Het is mogelijk een groene golf in te voeren die de snelheid van de voertuigen tussen verschillende kruispunten beïnvloedt.

8.4.4.6.2. Nadelen

Het kruispunt met verkeerslichten heeft de volgende nadelen:

- ◆ De snelheid in groene richting wordt niet verminderd, want het kruispunt heeft geen controle over de naderingssnelheid die afhangt van de fase;
- ◆ Het is niet aangepast aan alle situaties en voldoet mogelijk niet aan de realiteit van de verkeersstromen; beperkte gevolgen behalve in het geval van een detector van verkeersstromen;
- ◆ Het beperkt het aantal achteraanrijdingen niet, die nog altijd mogelijk zijn en ernstigere gevolgen kunnen hebben.
- ◆ Het verhoogt de ernst van de ongevallen wanneer de verkeerslichten genegeerd worden.

8.4.4.7. Aanbevelingen voor een goed gebruik en voor alle weggebruikers

8.4.4.7.1. Aanbevelingen op het vlak van de geluidshinder

De aanbevelingen die werden gedaan in het geval van de eenvoudige kruispunten gelden ook voor de kruispunten met verkeerslichten, namelijk:

- ◆ maximaal en in de mate van het mogelijke: een vlotte doorstroming (creatie van groene golven);
- ◆ goede zichtbaarheid,
- ◆ smallere rijstroken;
- ◆ minimale kromtestraal;
- ◆ voorsorteerstrook voor links afslaande voertuigen indien er veel verkeer is;
- ◆ onderhoud en renovatie van het wegdek.

8.4.4.7.2. Aanbevelingen voor een goed gebruik

De geometrie van het kruispunt en de fasering van de verkeerslichten moeten eenvoudig en duidelijk zijn zodat de automobilisten de situatie juist kunnen inschatten. De "Indonesische" bochten die het aantal conflictpunten verminderen moeten eveneens goed worden begrepen door de automobilist. Een kruispunt met 4 armen en twee fasen is het eenvoudigst.

Ondanks de kenmerken van de weg die de geometrie van het kruispunt beïnvloeden (aantal rijstroken, voorsorteerstrook zodat de weg breder moet worden bij het naderen van het kruispunt,...), mag de aanleg van de kruising de ruimte niet verminken en moet het kruispunt aangepast blijven aan de omliggende bebouwde omgeving.

De fasering, die de bewegingen beïnvloedt, kan worden gebruikt om het kiezen van bepaalde trajecten aan te moedigen of te ontraden.

Anderzijds kan, in het geval van verschillende kruispunten met verkeerslichten na elkaar, het creëren van een groene golf de snelheid beïnvloeden en bijvoorbeeld een snelheid van 50 km/u aanmoedigen. Een groene golf in beide rijrichtingen is niet mogelijk, zodat de rijrichting moet worden gekozen waarin het grootste aantal voertuigen moet doorstromen. Door zijn voordelen trekt de groene golf auto's aan, zodat de verkeersdrukke toeneemt en ook de geluidsomgeving wordt beïnvloed.

De analyse van een kruispunt mag niet worden beperkt tot de piekuren, met name voor het kiezen van de fasering die evenwel variabel kan zijn en voor de toewijzing van de rijstroken.

8.4.4.7.3. Aanbevelingen voor alle weggebruikers

A. VOETGANGERS

Aangezien de theoretische gemiddelde snelheid van een voetganger 1,5 m/sec bedraagt, moet de oversteeftijd die wordt toegekend aan de voetgangers volstaan om hen – in de mate van het mogelijke – rustig en in één keer de weg te laten oversteken. In de praktijk moet 1,2 m/sec worden geteld voor een voetgangerstempo.

De bezettijd, of het groene voetgangerslicht, duurt minimum 6 seconden. De ontruimingstijd (tussen de overgang op rood en het moment waarop het verkeerslicht voor de auto's groen wordt) wordt berekend op basis van 1 m/seconde. In de nabijheid van plaatsen waar personen mogelijk trager zijn, zoals in de buurt van scholen en ziekenhuizen, wordt de ontruimingstijd berekend op basis van 0,80 m/seconde in theorie en 1 m/seconde in de praktijk.

De wachttijd voor het groen licht bedraagt maximum 60 seconden op ontsluitingswegen, en tot 90 seconden op belangrijke wegen. Het is immers niet de bedoeling dat de voetgangers hun geduld verliezen en risico's gaan nemen door over te steken bij rood licht.

Indien de overstek niet in één keer kan gebeuren, moet een vluchtheuvel worden voorzien voor de voetganger. Deze moet minimum 1,50 m breed zijn. De afmetingen van deze vluchtheuvel moeten aangepast zijn aan de grootte van de voetgangersstroom. Een dergelijke maatregel heeft een geruststellend effect op wegen met veel rijstroken (4 rijstroken).

De voetgangersoversteekplaats ligt, indien mogelijk:

- ◆ niet te dicht bij het kruispunt, omdat de wagens het kruispunt niet kunnen ontruimen en vaak doorrijden zonder voorrang te verlenen aan de voetgangers,
- ◆ niet te ver, omdat de voetganger dan een omweg moet maken.

De GSV van het Brussels Hoofdstedelijk Gewest bepaalt, in artikel 6 van titel 7, dat een *zebrapad in het verlengde van de vrije voetgangerswegen wordt aangelegd*. Bovendien is het zo dat, *wanneer op de rijweg een permanente parkeerstrook langs het trottoir ligt, het trottoir wordt verbreed ter hoogte van de zebrapaden*.

Het handboek van de Brusselse groene ruimten bepaalt eveneens dat de zebrapaden in het verlengde van de voetgangerswegen wordt aangelegd. De brede trottoirs voldoen aan deze verschillende verplichtingen.

B. TWEEWIELERS

De fietsers moeten zichtbaar zijn en in aanmerking worden genomen in het beheer van het kruispunt door:

- ◆ een gekleurde fietsstrook;



Gekleurde strook voor fietsers - Oudergem

- ◆ een strook voorbehouden voor fietsers die van richting willen veranderen;
- ◆ een voorziening voor links afslaande tweewielers: fietsstrook, opstelstrook, indirecte oversteek langs een andere strook,... ,
- ◆ vooruitgeschoven zones voor fietsers zodat ze als eerste kunnen vertrekken.



Vooruitgeschoven zones voor fietsers - Evere

De Gewestelijke Stedenbouwkundige Verordening van het Brussels Hoofdstedelijk Gewest bepaalt, in artikel 10, dat aan alle kruispunten vooruitgeschoven zones voor lichte tweewielers worden aangelegd op de rijwegen van het gewestelijk en interwijkenet die verdeeld zijn in meerdere rijstroken.

De fietsers kunnen ook worden geïntegreerd in de fasering en een specifieke oversteektijd toegekend krijgen.

C. OPENBAAR VERVOER

De geometrie van het kruispunt en een specifieke fase kunnen de voertuigen van het openbaar vervoer voorrang geven.

Verschillende types van voorrang kunnen aan het openbaar vervoer worden toegekend:

- ◆ Eerder groen op een speciale strook,
- ◆ Detectie van voertuigen van het openbaar vervoer aan de verkeerslichten,
- ◆ Detectie stroomopwaarts van voertuigen van het openbaar vervoer, zodat ze zeker voorrang krijgen.

Wat de haltes betreft, moet afhankelijk van de typologie van de plaats worden bepaald of ze voor of na het kruispunt worden aangelegd. Indien de halte vóór het kruispunt ligt, kan bij de afstelling van de verkeerslichten moeilijk rekening worden gehouden met het openbaar vervoer. Indien de halte voorbij het kruispunt ligt, moet deze plaats duidelijk worden aangeduid. Deze laatste situatie geniet gewoonlijk de voorkeur.

Los van de signalisatie van het verkeersreglement geldt een andere lichtsignalisatie voor de "regelmatige dienstverlening van het openbaar vervoer", met andere woorden voor de bussen en trams in eigen bedding.

D. VRACHTWAGENS

De vrachtwagens moeten in aanmerking worden genomen in de geometrie van het kruispunt. Ze hebben immers een draaicirkel waar rekening mee moet worden gehouden. Deze draaicirkel hangt af van het type van vrachtwagen dat wordt verwacht. Voor uitzonderlijke transporten, bijvoorbeeld, begint de buitenste draaicirkel bij 22,5 meter²².

E. VOERTUIGEN VAN DE HULPDIENTEN

De voertuigen van de hulpdiensten beïnvloeden eveneens de geometrie van het kruispunt, hoofdzakelijk op het niveau van de kromtestralen. De draaicirkel van brandweerwagens bedraagt 11 m aan de binnenkant en 15 aan de buitenkant van de beweging.

²² Zie de brochure 'Weginrichting en uitzonderlijk vervoer' van het Ministerie van Communicatie en Infrastructuur van het Belgisch Instituut voor de Verkeersveiligheid, 2000

8.4.5. De rotondes

Een kruispunt kan eveneens worden beheerd door een rotonde, waar de automobilisten ronddraaien om de door hen gewenste weg te bereiken. Dit wordt ook een verkeersplein genoemd.

Het verkeersreglement definieert de term rotonde sinds kort als weg waarop het verkeer in één richting geschiedt rond een aangelegd middeneiland en gesignaleerd met verkeersborden

D5



en waarvan de toegangswegen voorzien zijn van verkeersborden B1



of B5



8.4.5.1. Doel

De belangrijkste doelstellingen van de rotonde bestaan erin een kruispunt te beheren op zodanige manier dat de verkeersstromen vlotter worden en tegelijk de veiligheid bij het oversteken wordt verbeterd door dat de snelheid van het verkeer daalt en het aantal conflictpunten afneemt.

Er kunnen andere doelstellingen zijn, zoals:

- ◆ het verhogen van de capaciteit van het kruispunt en het verkorten van de wachttijden,
- ◆ het vereenvoudigen van de kruising,
- ◆ het vergemakkelijken van bepaalde bewegingen, zoals rechtsomkeer maken en links afslaan,
- ◆ het markeren van een plaats, een overgang,
- ◆ het creëren van een poorteffect,...

Door de snelheden te verminderen, de verkeersstromen vlotter te maken en de gedragingen te beïnvloeden, kan de rotonde bijdragen tot een vermindering van het geluidsniveau.

8.4.5.2. Principe

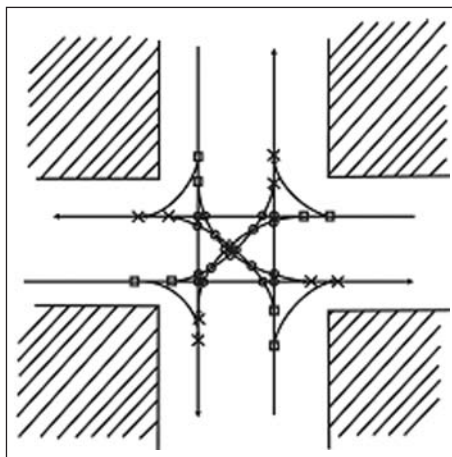
Op een kruispunt dat bestaat uit meerdere straten kanaliseert de rotonde de verkeersstromen om ze in één richting rond een middeneiland te doen rijden. Het legt de voertuigen een trajectwijziging op door een visuele en fysieke breuk van de weg en het perspectief te creëren.

Een rotonde vereenvoudigt het kruispunt, en de keuze voor een rotonde wordt gemaakt op basis van criteria:

- ◆ van veiligheid,
- ◆ van werking,
- ◆ van verkeersstromen,
- ◆ van plaatsinname en typologie van de plaats.

De verkeersstromen rijden het verkeersplein op en weer af zonder enig probleem. De rotonde wijzigt immers het aantal en het type van de conflicten.

We herinneren eraan dat een kruispunt met 4 armen zonder specifieke beheerswijze een groot aantal conflictpunten inhoudt.



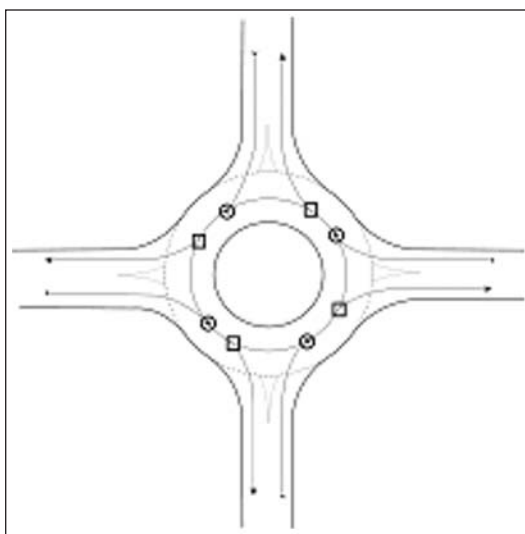
Kruispunt met 4 armen

Op 36 punten in totaal zijn er verschillende types van conflicten:

- ◆ O : 20 conflictpunten door het kruisen, de meest problematische en de gevaarlijkste,
- ◆ □ : 8 conflictpunten door divergentie, weinig problematisch,
- ◆ X : 8 conflictpunten door convergentie.

Door de aanleg van een rotonde verdwijnen de kruisingsconflicten en kunnen de twee andere types worden verminderd tot:

- ◆ 4 voor de convergentieconflicten,
- ◆ 4 voor de divergentieconflicten.



Kruispunt met rotonde

Volgens het verkeersreglement hebben de voertuigen die op de ring rondrijden voorrang op de als zodanig bewegwijzerde rotondes. De voertuigen hebben dus voorrang om de rotonde te verlaten, vóór degene ze willen oprijden. Dit reglement vermindert enerzijds het risico van ongevallen, omdat ze het verkeer sterker doet vertragen en het aantal conflicten doet dalen, en verhindert anderzijds versperringen van de rotonde indien het al druk bezet is, wat voorkomt dat het verkeer op de ring vast komt te zitten.

Het verkeerseiland in het midden van het kruispunt is, afhankelijk van de situatie:

- ◆ overrijdbaar,
- ◆ deels overrijdbaar,
- ◆ niet overrijdbaar.

8.4.5.3. Geluidsimpact

De geluidsimpact van een rotonde kan moeilijk in het algemeen worden beoordeeld omdat er een aantal factoren bij komt kijken (aantal toegangswegen, breedte van de rijstroken en draaicirkel, verkeersdruk, snelheden enz.). Een analyse moet geval per geval worden uitgevoerd.

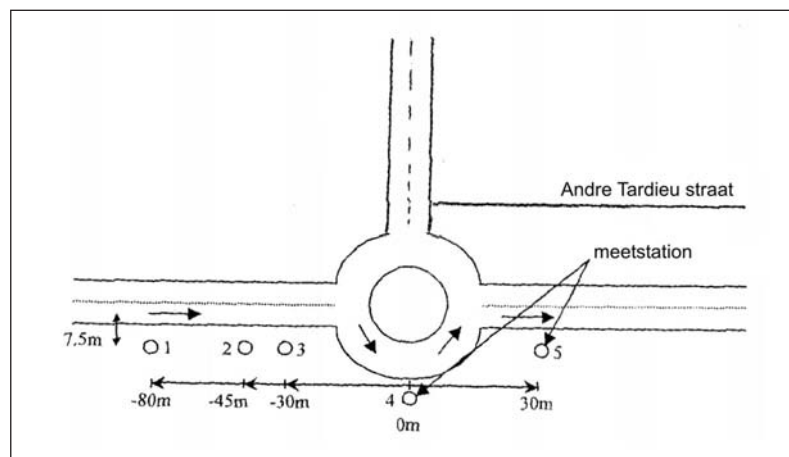
In het algemeen kan de rotonde, door zijn ontwerp, bogen op een goede doeltreffendheid in termen van vermindering van de naderingssnelheid. Deze snelheidsvermindering is bovendien van toepassing op alle armen, in tegenstelling tot bijvoorbeeld bij een kruispunt met verkeerslichten. De doeltreffendheid in termen van vermindering van het totale lawaai is dus beter.

De rotonde legt, net als de regel van de voorrang van rechts, gedragingen op het van het type vertraagd stroef bij het naderen en versneld stroef bij het verlaten van de rotonde. Deze doorstromingen zijn minder uitgesproken en brengen dus minder geluidshinder voort (geen verplichting om te stoppen en weer op te trekken) dan een STOP-gebod of een kruispunt met verkeerslichten.

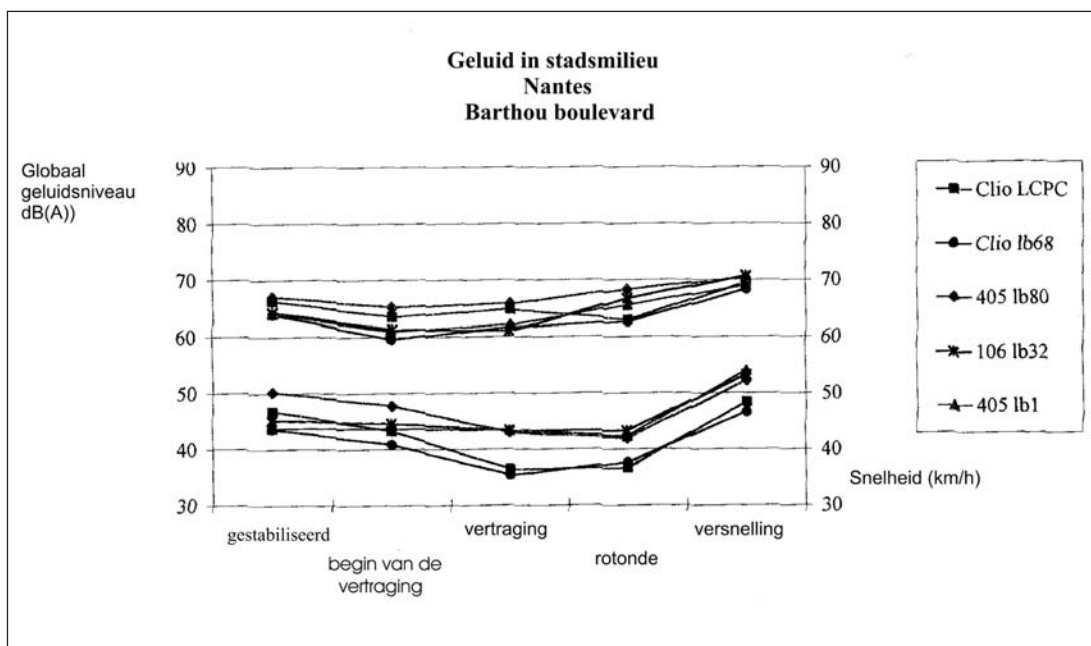
Uit een in Nantes uitgevoerde studie blijkt dat de heraanleg van een kruispunt met verkeerslichten als verkeersplein een winst opleverde van 3 dB[A]. Deze vaststelling werd gedaan door geluidsmetingen voor en na de ingebruikname van de rotonde.

Andere maatregelen die in de stad Nantes werden uitgevoerd volgens het onderstaande schema, hebben geleid tot de volgende vaststellingen:

- ◆ Vermindering van de algemene geluidsniveaus (dB[A]) bij het naderen van de rotonde en sterke verhoging bij het verlaten van de rotonde (zie grafiek hieronder).
- ◆ Verschil tussen matige en extreme rijwijzen (motorsnelheden): 2,5 dB[A] ter hoogte van de rotonde.



schema van de plaats van de meetposten en van het traject van de voertuigen
(bron: Centre d'Etudes Techniques de l'Équipement Normandie Centre)



Gemiddelde van de snelheden in km/u en van de bijhorende niveaus in dB[A] voor voertuigen die doorrijden in derde versnelling.

8.4.5.4. Technische kenmerken

8.4.5.4.1. Geometrie

De afmetingen van een rotonde variëren volgens verschillende parameters zoals:

- ◆ de drukte van de verkeersstromen,
- ◆ het type van verkeer, en met name de aanwezigheid van uitzonderlijke transporten,
- ◆ de configuratie van de plaats,
- ◆ de afmetingen van de wegen,
- ◆ de bewegwijzering van de rotonde,...

Al deze elementen beïnvloeden uiteraard de geluidshinder.

Enkele principes moeten worden nageleefd opdat de rotonde zijn doelstellingen zou halen:

- ◆ het middenpunt van het verkeerseiland in het midden van de rotonde komt idealiter overeen met het snijpunt van de as van alle armen;
- ◆ de wegen moeten zo radiaal mogelijk op de rotonde uitkomen. Te tangentiële hoeken leiden tot te hoge snelheden en niet-naleving van de voorrangsregels.
- ◆ De afstand tussen conflictpunten, dus tussen de af- en de oprijstrook van dezelfde arm, wordt bepaald op basis van de grootte van de verkeersstromen, de gehanteerde snelheden, de afmetingen van de ring en de beschikbare plaats.
- ◆ Het middeneiland moet voldoende groot zijn om te rechtlijnige trajecten te vermijden,
- ◆ De op- en afritten moeten regelmatig verdeeld zijn, zodat de toegangen rondom de ring evenwichtig zijn.
- ◆ De opritten, hoofdzakelijk, en de afritten bestaan bij voorkeur uit één strook, om het aantal conflictpunten niet te doen toenemen. Het aantal op- en afrijstroken schommelt in het algemeen afhankelijk van het gewenste debiet.

De ronde vorm, die veel wordt gebruikt voor het middeneiland van de rotonde, is niet verplicht; een andere vorm kan worden gekozen op voorwaarde dat de kromtestralen die nodig zijn voor de voertuigen worden gerespecteerd. Een ovale vorm kan, afhankelijk van de lengte ervan, tot hogere snelheden leiden.

Voor voertuigen met grotere afmetingen kunnen overrijdbare zones worden voorzien.

De afmetingen van een rotonde variëren afhankelijk van het type:

Type	Kenmerken	Buitendiameter in m
Minirotonde	Overrijdbaar middeneiland	$14 < D < 20$ m
	Deels overrijdbaar middeneiland	$18 < D < 24$ m
Compacte rotonde	Met een of twee rijstroken	$22 < D < 35$ m
Grote rotonde		$D > 32/40$ m

(Bron: Guide suisse des giratoires)

De benodigde afmetingen worden met name berekend op basis van de verkeersstromen en de capaciteit die nodig is, het type van voertuigen, de stedelijke omgeving, de beschikbare plaats.

We vermelden vier referentiewerken over het ontwerp en de dimensionering van een rotonde:

- ◆ de "guide suisse des giratoires", uitgegeven door het département de Génie Civil de l'école polytechnique fédérale de Lausanne (heruitgave 1997) ;
- ◆ het "vade-mecum pour le conception des carrefours giratoires", uitgegeven door het Ministère Wallon de l'équipement et des transports (1999) ;
- ◆ de "guide des carrefours urbains" (1999), uitgegeven door Certu, tevens uitgever van de "guide des mini-giratoires" (1998) ;
- ◆ de ASVV 1996, uitgegeven door CROW.

In het algemeen moeten de afmetingen van de rotonde aangepast zijn aan de configuratie van de plaats en rekening houden met de vereisten op het vlak van verkeer, duidelijkheid, waarneming, veiligheid en structureren van de ruimte, die essentieel zijn voor de goede werking van dit type van kruispunt.

Een rotonde met grotere afmetingen heeft een hogere capaciteit zodat de voertuigen hogere snelheden hanteren, wat een invloed kan hebben op de geluidsomgeving.

8.4.5.4.2. Materialen

A. ONTWERP

De materialen die nodig zijn voor de aanleg van een rotonde, kunnen gaan van een eenvoudige markering op de grond tot een middeneiland in hard materiaal, met daarnaast nog alle overrijdbare vormen.

De overrijdbare zones, die bedoeld zijn voor omvangrijke voertuigen, worden bij voorkeur uitgevoerd in een verharding die voor de voertuigen met "klassieke" afmetingen onaangenaam is om over te rijden. Kasseien of klinkers genieten de voorkeur voor deze zones. Deze verhardingen hebben gewoonlijk ook een effect op het geluid wanneer er over wordt gereden.

Het midden van de ring kan op verschillende manieren worden aangelegd, met sterk uiteenlopende materialen die eerder voldoen aan criteria van duurzaamheid, vormgeving.

B. ONDERHOUD, RENOVATIE

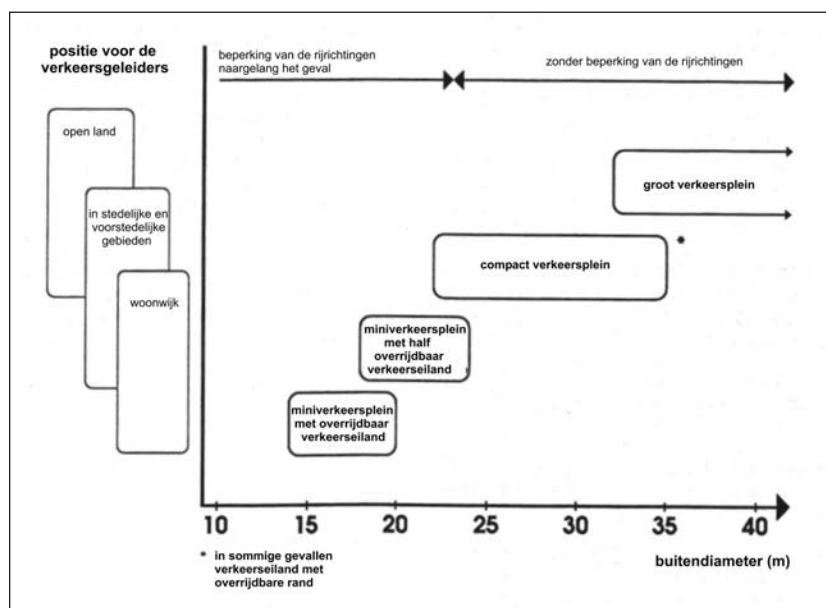
Het onderhoud van een rotonde is in de eerste plaats afhankelijk van de uitvoering ervan. Het kan worden beperkt tot het onderhoud van de verf in het geval van markeringen op de grond.

In het geval van overrijdbare zones is het onderhoud van de verharding noodzakelijk om de kwaliteit ervan te garanderen. Renovaties kunnen eveneens nuttig blijken om onvolkomenheden in de uitvoering van de inrichting te verhelpen en de eventuele hinder, en met name de geluidshinder, door een defecte inrichting te verminderen.

De manier waarop het middeneiland wordt aangelegd, heeft eveneens een invloed op het onderhoud ervan. Het middeneiland kan eveneens beschadigd worden door ongevallen, zodat het gerenoveerd moet worden.

8.4.5.5. Aanleg en signalisatie

Het type van rotonde is met name afhankelijk van de plaats ervan, de bewegingen, het type van verkeer en de afmetingen.



Toepassingsveld van de rotondes (Bron: Guide suisse des giratoires)

8.4.4.5.1. Plaatsingsvoorwaarden

Gelet op de verscheidenheid van rotondes die mogelijk is, kunnen ze worden aangelegd op heel wat kruispunten. Maar met uitzondering van de plaatselijke overrijdbare kleine rotondes, vereist een rotonde meer ruimte dan een traditioneel kruispunt.

De kleine rotondes zijn aangewezen voor wijkkruispunten, die met name weinig worden gebruikt door omvangrijke voertuigen. De grotere rotondes zijn beter aangepast aan de grote structurerende wegen.

Bepaalde gevallen moeten worden vermeden:

- ◆ indien de verkeersstromen van de verschillende wegen te verschillend zijn, omdat de rotonde dan zijn nut verliest en de kleinere verkeersstromen de rotonde moeilijk zouden kunnen oprijden (onevenwicht tussen de betredende verkeersstromen);
- ◆ indien een weg voorrang moet krijgen op een andere, omdat de rotonde geen voorrang geeft aan een specifieke verkeersstroom;
- ◆ indien een goed ontwerp onmogelijk is door de typologie van de plaats, omdat een slecht geplaatste rotonde voor ongewenste gevolgen kan zorgen,
- ◆ wanneer de hellingen te sterk zijn.

8.4.4.5.2. Signalisatie – Markering



De rotonde wordt aangeduid door verkeersbord D5, "verplicht rondgaand verkeer". Volgens het verkeersreglement en het reglement van de beheerder mag dit verkeersbord slechts geplaatst worden indien alle bestuurders die zich op het kruispunt begeven de inrichting bestemd om het verkeer te leiden aan hun linkerhand moeten laten (en voor zover de bestuurders van alle voertuigen er kunnen omheen rijden). Dit verkeersbord kan worden geplaatst aan de aan de oprit van de rotonde of op het middeneiland.



Verkeersborden aan de oprit van de rotonde - Bosvoorde

Het verkeersbord B1,  of indien nodig het verkeersbord B5,  moet worden geplaatst aan alle toegangswegen van het verkeersplein, om te wijzen op de verplichting voorrang te verlenen aan de voertuigen die zich reeds op de rotonde bevinden (of te stoppen). Deze verkeersborden moeten niet

worden voorafgegaan door verkeersborden van het type B3  of B7,  die de afstand aankondigen tot de plaats waar voorrang moet worden verleend of gestopt.

De rotonde heeft een beperkte verticale signalisatie.

D5  Het wordt voorgesteld als een verkeersgeleider.

Wat de markeringen op de grond betreft, wordt het verkeersbord "Vorrang verlenen",

 B1, op de toegangswegen tot de rotonde aangevuld met geschilderde driehoeken zoals gedefinieerd in het reglement van de beheerder.

Zoals geldt voor alle wegverbeteringen draagt een goede signalisatie bij tot een correcte zichtbaarheid van de rotonde, zodat een bruusk en lawaaiig rijgedrag kan worden vermeden.

8.4.5.6. Voor- en nadelen

8.4.5.6.1. Voordelen

Rotondes hebben de volgende voordelen:

- ◆ de verkeersstromen worden vlotter;
- ◆ de snelheid wordt beperkt en gehomogeniseerd;

- ◆ de veiligheid van de automobilisten wordt verbeterd door een vermindering van het aantal conflictpunten en een vermindering van de snelheid;
- ◆ de wachttijd ter hoogte van de toeritten wordt verkort en de soms nutteloze wachttijden voor verkeerslichten worden vermeden;
- ◆ ze hebben een grote capaciteit en beheren het verkeer op een groot aantal "armen";
- ◆ verschillende bewegingen worden gemakkelijker gemaakt: links afslaan, rechtsomkeer maken voor een laatste halte bijvoorbeeld, verkeersomleidingen, ...
- ◆ ze markeren de ruimte en kunnen een merkpunt of een signaal vormen;
- ◆ ze laten toe het perspectief te verkleinen wanneer ze gepaard gaan met verticale elementen;
- ◆ ze kunnen voorlopig worden aangelegd om de maatregel aan een test te onderwerpen.

8.4.5.6.2. Nadelen

Rotondes hebben de volgende nadelen:

- ◆ geen enkele beweging wordt bevoordeeld;
- ◆ er kunnen files ontstaan op bepaalde armen indien de verkeersstromen onevenredig zijn;
- ◆ grote rotondes leggen de voetgangers langere trajecten op en verminderen hun veiligheid, of ten minste hun subjectieve veiligheid;
- ◆ kleine rotondes kunnen moeilijkheden opleveren voor vrachtwagens;
- ◆ ze kunnen 's nachts een obstakel blijken;
- ◆ bij heel druk verkeer kunnen ze automobilisten aansporen tot risicovol gedrag om zich erop te begeven;
- ◆ te kleine of slecht aangepaste rotondes creëren problemen van duidelijkheid;
- ◆ ze nemen veel ruimte in creëren gewoonlijk een verloren ruimte in het midden;
- ◆ ze zijn niet geschikt voor heuvelachtige of hellende topografieën;
- ◆ ze kunnen gevaarlijk zijn voor fietsers in het geval van overdreven snelheden.

8.4.5.7. Aanbevelingen

De rotonde kan eenvoudig en volledig aangepast zijn aan de ruimte waarin hij wordt aangelegd. Hij wordt ontworpen in functie van alle vereisten van de plaats en de gebruikers, zowel automobilisten als het openbaar vervoer, vrachtwagens, voertuigen van de hulpdiensten of zachte weggebruikers.

8.4.5.7.1. Aanbevelingen op het vlak van de geluidshinder

De aanbevelingen die worden gedaan in het geval van de eenvoudige kruispunten gelden eveneens in het geval van de kruispunten met verkeerslichten, namelijk hoofdzakelijk:

- ◆ maximaal en in de mate van het mogelijke: een vlotte doorstroming (creatie van groene golven);
- ◆ goede zichtbaarheid,
- ◆ smallere rijstroken;
- ◆ minimale kromtestraal;
- ◆ onderhoud en renovatie van het wegdek;

8.4.5.7.2. Aanbevelingen voor een goed gebruik (veiligheid enz.)

Zoals elke begeleidende maatregel moet de rotonde een maatregel zijn die als dusdanig waarneembaar is en zowel overdag als 's nachts duidelijk en zichtbaar is. Verlichting kan nodig blijken om de inrichting duidelijk te markeren en te vermijden dat ze een obstakel wordt wanneer het donker is.

Verschillende benaderingen zijn mogelijk:

- ◆ verlichting in het midden, wat eveneens bijdraagt tot de positiebepaling,
- ◆ verlichting rond de ring, om het contrast te benadrukken en de duidelijkheid van de plaats te bevorderen,
- ◆ indirecte verlichting van de bouwlijn in het geval deze de ruimte structureert.

Het "vade-mecum sur le Programme Lumière de la Région wallonne" doet aanbevelingen voor de verlichting van rotondes²³.

De rotonde kan eveneens gemarkeerd of benadrukt worden door een specifieke aanleg die de plaats en haar betekenis doet uitkomen: groen, beplanting, kunstwerk, verlichting, ... zonder evenwel de veiligheid van de voetgangers in het gedrang te brengen.



rotonde met fontein – Sint-Lambrechts-Woluwe

Hoewel de rotonde een overgang mogelijk maakt, een poorteffect creëert of de locatie markeert, mag deze maatregel niet overmatig worden gebruikt, want dan zou hij al zijn nut kunnen verliezen.

De integratie en de dimensionering zijn criteria die bepalend zijn voor de kwaliteit van een rotonde.

8.4.5.7.3. Aanbevelingen voor alle weggebruikers

A. VOETGANGERS

De rotonde is niet ontworpen voor voetgangers. Zij kunnen evenwel profiteren van de snelheidsvermindering. Met uitzondering van de kleine wijkrotondes die de configuratie van een kruispunt niet fundamenteel veranderen, leggen rotondes de voetgangers een omweg op, en dus een langer en minder direct traject. Bovendien verhoogt de automobilist vaak zijn snelheid bij het verlaten van de rotonde en besteed hij niet altijd aandacht aan een zebrapad voorbij de rotonde. De hinder die de voetgangers ondervinden is groter op grotere rotondes.

De rotonde kan worden voorzien van verkeersgeleiders die de toe- en uitritten van een arm scheiden en de voetgangers een vluchtheuvel bieden. In dit geval is een minimale breedte van 1,50 m vereist, om de veiligheid van de voetgangers te garanderen. Anderzijds bedraagt, op een grote rotonde, de aanbevolen afstand tussen de voetgangersoversteekplaats en de streep waar voertuigen indien nodig moeten stoppen om voorrang te verlenen 4 m, om de voetgangers de mogelijkheid te geven over te steken achter het voertuig dat staat te wachten om de rotonde te betreden.

²³ Site internet: <http://www.lema.ulg.ac.be/tools/eclairage/SomVademecum.asp>

We merken evenwel op dat de GSV²⁴ in strijd is met deze bepalingen, omdat hierin wordt bepaald dat zebra-paden in het verlengde van de vrije voetgangerswegen worden aangelegd.

De regels voor zichtbaarheid van de voetganger, die met name de parkeersituatie beïnvloeden, zijn van toepassing ter hoogte van de rotonde.

Door de aanleg van een centrale vluchtheuvel kan worden vermeden dat de voetganger de hele ring moet afleggen om van de ene kant naar de andere te gaan, behalve indien hiervoor voorzieningen werden getroffen.



Rotonde met zebra-pad door het centrale gedeelte – Jette

B. TWEEWIELERS

De meningen over hoe fietsers geïntegreerd moeten worden op een rotonde, zijn verdeeld.

In het algemeen wordt afgeraden het fietspad te markeren op de rotondes, behalve indien dit aansluit op een algemeen fietspadennet. Een gemengd verkeer is immers veiliger.

In het geval van grote rotondes kunnen verschillende maatregelen worden getroffen ten behoeve van de fietsers, zoals:

- ◆ een fietspad dat los staat van de rotonde,
- ◆ een fietspad aan de rand van de ring. De fietsers hebben dan voorrang en de conflicten tussen tweewielers en voertuigen zijn aanzienlijk. Indien geen bijkomende maatregelen worden getroffen om conflicten te beperken, wordt deze voorziening gewoonlijk afgeraden.



Rotonde met fietspad – Neder-over-Heembeek

²⁴ GSV: Titel 7, sectie 2, artikel 6

- ◆ een fietspad nabij de ring, waarbij voorzieningen moeten worden getroffen voor de invoeging ervan.
- ◆ een fietspad buiten de ring. De fietser heeft geen voorrang, de vlotte doorstroming op zijn traject is in gevaar, maar zijn veiligheid is beter. De fietsers houden niet zo van deze oplossing omdat ze in hun vaart worden gehinderd. Dit type van voorziening vereist ruimte en is niet echt geschikt voor een agglomeratie.

Indien de omwegen te lang en te omslachtig zijn, zijn de fietsers soms geneigd zich samen met de andere voertuigen op de rotonde te begeven.

C. OPENBAAR VERVOER

De voorzieningen om het openbaar vervoer te bevorderen, zijn moeilijk te integreren op een rotonde. Het is evenwel mogelijk trams over de rotonde te laten rijden.



Tram die recht door een rotonde rijdt - Etterbeek

De duidelijkheid van een dergelijke inrichting is belangrijk in het beheer van conflicten, die onverwacht kunnen optreden. Een onduidelijke situatie op een rotonde kan immers slechte manoeuvres tot gevolg hebben. Op deze rotonde, bijvoorbeeld, kan de automobilist geneigd zijn rechtdoor te rijden, aangezien hij op de as van de tramdoorgang zit.



Rotonde met tram door het midden – Sint-Agatha-Berchem

Voor de bussen houdt deze maatregel een verlies in van de definitie van de rotonde in de zin van het verkeersreglement ("... alle bestuurders die zich op het kruispunt begeven de inrichting bestemd om het verkeer te leiden aan hun linkerhand moeten laten ...", de trams zijn niet opgenomen in het verkeersreglement).

Om redenen van comfort en beperking van de hinder wordt afgeraden middeneilanden met een doorgang voor bussen aan te leggen.

In het geval er voldoende plaats is, kan een by-passweg worden aangelegd buiten de rotonde.

D. VRACHTWAGENS

In het geval van druk vrachtverkeer moet de rotonde dienovereenkomstig worden aangelegd.

Op wegen met weinig vrachtverkeer kunnen overrijdbare verkeerseilanden worden voorzien, zodat de afmetingen van de rotonde beperkt kunnen worden gehouden en ze indien nodig toch toegankelijk zijn voor vrachtwagens.



Deels overrijdbare rotonde - Oudergem

De overrijdbare zones kunnen eveneens gelegen zijn in de buitenste straal van de rotonde.

Voor de rotondes die zijn aangelegd op een traject dat wordt gebruikt voor uitzonderlijke transporten, zijn de afmetingen vastgelegd in:

- ◆ de technische informatiebrochure over de weginrichting en uitzonderlijk vervoer, uitgegeven ten behoeve van de beheerders van wegen, door het Federale Ministerie van Communicatie en Infrastructuur en het Belgisch Instituut voor Verkeersveiligheid;
- ◆ het "vade-mecum pour la conception des carrefours giratoires", uitgegeven door het Waalse Gewest.

E. VOERTUIGEN VAN DE HULPDIENTEN

Voor de voertuigen van de hulpdiensten zijn de volgende draaicirkels vereist:

- ◆ 11 meter voor de binnenstraal, of de binnenkant van de beweging,
- ◆ 15 meter voor de buitenstraal, of de buitenkant van de beweging.

Indien er weinig plaats is kan een overrijdbare rotonde deze afmetingen respecteren.

De aanleg van overrijdbare ronde punten op de hoofdtoegangswegen van ziekenhuizen wordt echter afgeraden.

8.5. ALLE GEBRUIKERS

De vermindering van de geluidshinder door specifieke inrichtingen kan ook anders worden aangepakt, door maatregelen in te voeren die gericht zijn op andere weggebruikers dan de automobilisten. De voorzieningen voor voetgangers, fietsers en openbaar vervoer kunnen immers het autoverkeer beïnvloeden: vermindering van de snelheid, beperking van de verkeersstromen, verandering van het rijgedrag, enz. Deze inrichtingen worden eveneens vermeld in de voorzieningen voor voertuigen. Hieronder volgt een kort overzicht.

8.5.1. De voetgangers

Met de term voetgangers wordt in het verkeersreglement verwezen naar een persoon die zich te voet verplaatst. De personen met een handicap die een voertuig besturen dat zichzelf voortbeweegt of dat uitgerust is met een motor waarmee niet sneller dan stapvoets kan worden gereden, de personen die een fiets, een tweewielige bromfiets, een kruiwagen, een kinderwagen, een ziekenwagen of een wagen voor personen met een handicap, of enig ander voertuig zonder motor dat geen bredere dan de voor voetgangers noodzakelijke ruimte nodig heeft, aan de hand leiden, worden gelijkgesteld met de voetgangers.

Gunstige inrichtingen voor voetgangers zijn:

- ◆ In normaalprofiel:
 - brede voetpaden, die de breedte van de weg verminderen en dus de snelheid beïnvloeden,
 - oversteekplaatsen, die hen voorrang geven, omwegen vermijden, de snelheid van de voertuigen verminderen en dus ook het lawaai in het algemeen.
- ◆ Ter hoogte van de oversteekplaatsen
 - de verkeersplateaus op de kruispunten die meer comfort en veiligheid bieden doordat ze de snelheid van de voertuigen verminderen,
 - uitspringende voetpaden (beperkt tot 1,70 m door de GSV), die een wegversmalling creëren en dus leiden tot een snelheidsvermindering,
 - de verkeersgeleiders die door de voetgangers kunnen worden gebruikt als vluchtheuvel en die tegelijk de snelheid beïnvloeden en het verkeer kanaliseren,...
 - de drukknoppen ter hoogte van de zebrapaden met verkeerslichten, zodat de voetgangers het rood licht voor de voertuigen kunnen aanvragen,
 - ...



Oversteekplaats met middengeleider – Watermaal-Bosvoorde

In het algemeen kan worden gesteld dat voetgangers omwegen vermijden en soms risico's nemen om de kortste weg te nemen. De inrichtingen moeten dus worden ontworpen met oog voor hun veiligheid. Daarnaast moet men maatregelen vermijden die de voetgangers verplichtingen opleggen en hun natuurlijke traject onderbreken: slecht geplaatst straatmeubilair, op een slechte plaats geplante bomen, ...

8.5.2. De tweewielers

Voor de fietsers zijn de inrichtingen die een invloed hebben op het autoverkeer:

- ◆ Fietsstroken en –paden, die de wegen smaller maken en de snelheid verminderen,



Fietsstrook - Anderlecht

- ◆ Het Beperkt eenrichtingsverkeer²⁵ dat de aandacht van de automobilist opeist,



Einde van een Beperkt eenrichtingsverkeer – Sint-Lambrechts-Woluwe

- ◆ De vooruitgeschoven zones voor fietsers (opstelstroken) ter hoogte van de kruispunten met verkeerslichten, die de fietsers in staat stellen als eerste te vertrekken en de voertuigen verplichten rustiger te vertrekken.

In het algemeen dient te worden vermeden dat fietsers omwegen moeten maken en moeten speciale fietsersdoorgangen en kortere wegen worden voorzien. Daarnaast moeten alle objecten worden verwijderd die het fietsverkeer zouden kunnen hinderen: straatmeubilair, paaltjes, planten, enz.

De materialen die de voorkeur van de fietsers genieten, zijn zo glad mogelijk en hebben dus geen effect op de geluidshinder wanneer er wagens overrijden.

²⁵ "Beperkt eenrichtingsverkeer" is een verkeersbord uit het verkeersreglement dat fietsers de toelating geeft een eenrichtingsstraat tegen de richting in te gebruiken.

8.5.3. Het openbaar vervoer

Wat het openbaar vervoer betreft, zijn er verschillende maatregelen die de impact van de wagen ten voordele van bus en tram kunnen verminderen:

- ♦ eigen bedding op de weg, al dan niet overrijdbaar,



Overrijdbare eigen bedding – Etterbeek

- ♦ voorbehouden stroken, in dezelfde richting om opstoppen te vermijden of in omgekeerde richting. Er bestaan maatregelen om te vermijden dat deze stroken worden ingepalmd door de klassieke voertuigen.



Eenrichtingsverkeer, behalve voor bussen, met een voorziening om klassieke voertuigen te weren

Deze voorzieningen kunnen een invloed hebben op het geluidsniveau, omdat ze zorgen voor een vermindering van de snelheid en de capaciteit verminderen, en dus ook de voertuigenstromen in het voordeel van het openbaar vervoer.

Anderzijds kunnen de overrijdbare eigen beddingen een bron van geluidshinder vormen wanneer erover wordt gereden. Gewoonlijk worden immers materialen gekozen die de automobilist die er over rijdt ongemak bezorgen, om te vermijden dat dit zou gebeuren en om de snelheden te verminderen; het nadeel is dat ze lawaaiërig zijn.

8.6. REFERENTIES

8.6.1. Algemene referenties

- ◆ Brussels Hoofdstedelijk Gewest, Handboek van de Brusselse openbare ruimten, Brussel, 1995
- ◆ RRU, <http://www.rru.irisnet.be>.
- ◆ Ministerie van het Brussels Hoofdstedelijk Gewest, Bestuur Uitrusting en Vervoer, Opleiding van Mobiliteitsadviseurs door Transitec, 2002.
- ◆ Belgisch Instituut voor de Verkeersveiligheid, Dispositifs destinés à modérer la circulation en agglomération, ontwerp van publicatie, 2de voorlopige versie, augustus 2002.
- ◆ Belgisch Instituut voor de Verkeersveiligheid, Evaluation d'aménagements réalisés sur voiries communales en Région wallonne, Op aanvraag van de Minister van Binnenlandse Zaken en van Openbaar Ambt van het Waalse Gewest en van de direction générale des pouvoirs locaux, April 1997.
- ◆ Belgisch Instituut voor de Verkeersveiligheid en Fondation Rurale de Wallonie, De la route à la rue en milieu rural, Mobilité et sécurité routière, april 1998
- ◆ Belgisch Instituut voor de Verkeersveiligheid, Coup d'œil sur les voiries wallonnes, aperçu d'aménagements, 2000
- ◆ Institut de Recherche sur l'Environnement Construit, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, Groupe-Conseil Romand pour la modération de la circulation, Le temps des rues, vers un nouvel aménagement de l'espace rue, Lausanne, 1990,
- ◆ Société Régionale Wallonne du Transport, Direction technique, Ir. J.P. Etienne, Les ralentisseurs: essais de franchissement, Namen, 1996
- ◆ Ir. M. Thijs, Opzoekingscentrum voor de wegenbouw, Contrôle de la géométrie des dispositifs surélevés sur la voie publique, ralentisseurs et plateaux, Brussel, januari 1999
- ◆ Koninklijk besluit van 9 oktober 1998 tot wijziging van het ministerieel besluit van 11 oktober 1976 waarbij de minimumafmetingen en de bijzondere plaatsingsvoorwaarden van de verkeerstekens worden bepaald en tot wijziging van het ministerieel besluit van 1 december 1975 tot vaststelling van de kenmerken van bepaalde schijven, bebakeningen, platen en aanduidingen.
- ◆ Federale Overheidsdienst Mobiliteit en Vervoer, Koninklijk besluit van 4 april 2003 tot wijziging van het koninklijk besluit van 1 december 1975 houdende het algemeen reglement op de politie van het wegverkeer
- ◆ Guide du Bruit des Transports Terrestres, Prévision des niveaux sonores, CETUR, november 1980.
- ◆ Certu, Carrefour urbain, guide, Frankrijk, januari 1999
- ◆ Guide suisse des giratoires, Département du Génie Civil, februari 1991, heruitgave Lausanne 1997.
- ◆ Ministère de l'équipement et des transports, Vademecum pour la conception des carrefours giratoires, Namur, 1999.
- ◆ Algemeen reglement op de politie van het wegverkeer, Koninklijk besluit van 1 december 1975
- ◆ Certu, Guide des coussins et plateaux, Lyon, 2000
- ◆ Certu, Ville plus sûre, quartiers sans accidents, réalisations, évaluations, Frankrijk, juli 1994
- ◆ Centrum voor Regelgeving en Onderzoek in de Grond, Water- en Wegenbouw en de Verkeerstechniek, ASVV 1996, Nederland, oktober 1996
- ◆ Belgisch Instituut voor de Verkeersveiligheid, Recommandations pour une infrastructure à la mesure des cyclistes, Brussel, juni 1996

8.6.2. In de tekst vermelde referenties

- i Ministerie van Communicatie en Infrastructuur, Koninklijk Besluit van 1 december 1975 houdende algemeen reglement op de politie van het wegverkeer, gewijzigd door koninklijke besluiten tot 18 december 2002.
- ii Ministerie van Communicatie en Infrastructuur, Koninklijk besluit van 9 oktober 1998 tot bepaling van de vereisten voor de aanleg van verhoogde inrichtingen op de openbare weg en van de technische voorschriften waaraan ze moeten voldoen.
- iii Ministerie van Communicatie en Infrastructuur, Koninklijk besluit van 3 mei 2002 tot wijziging van het koninklijk besluit van 9 oktober 1998 tot bepaling van de vereisten voor de aanleg van verhoogde inrichtingen op de openbare weg en van de technische voorschriften waaraan die moeten voldoen.
- iv P G Abbott & R E Layfield, The change in traffic noise levels following the installation of speed control cushions and road humps, Transport Research Laboratory (TRL), Crowthorne, UK, 1996.
- v <http://www.roads.dft.gov.uk/roadnetwork/ditm/tal/traffic>
- vi CEDIA, BIM, Les aménagements locaux de voirie, rapport 97/3189 van 22 oktober 1997.
- vii T. Berge, Experience with noise and traffic calming in Norway, SINTEF Telecom and Informatics, jaar?
- viii Inter-Environnement Bruxelles, Bruit du trafic routier: Evaluation de la perception par les riverains de l'impact d'aménagements locaux de voirie, januari 1997.
- ix Ministerie van Communicatie en Infrastructuur, Koninklijk besluit van 3 mei 2002 tot wijziging van het koninklijk besluit van 9 oktober 1998 tot bepaling van de vereisten voor de aanleg van verhoogde inrichtingen op de openbare weg en van de technische voorschriften waaraan die moeten voldoen. Erratum.
- x Société Régionale Wallonne du Transport, Direction technique, Ir. J.P. Etienne, Les ralentisseurs: essais de franchissement, Namen, 1996.
- xi Ministerie van Communicatie en Infrastructuur, Ministerieel besluit tot wijziging van het ministerieel besluit van 11 oktober 1976 waarbij de minimumafmetingen en de bijzondere plaatsingsvoorwaarden van de verkeerstekens worden bepaald en tot wijziging van het ministerieel besluit van 1 december 1975 tot vaststelling van de kenmerken van bepaalde schijven, bebakeningen, platen en aanduidingen.
- xii Gewestelijke Stedenbouwkundige Verordening, Brussels Hoofdstedelijk Gewest,
- xiii Ministerie van Communicatie en Infrastructuur, Ministeriële Omzendbrief van 3 mei 2002 betreffende de verhoogde inrichtingen, bestemd om de snelheid te beperken tot 30 km/u, en de rijbaankussens.
- xiv Ministerie van Communicatie en Infrastructuur, Koninklijk besluit van 3 mei 2002 tot wijziging van het koninklijk besluit van 9 oktober 1998 tot bepaling van de vereisten voor de aanleg van verhoogde inrichtingen op de openbare weg en van de technische voorschriften waaraan die moeten voldoen.
- xv MIVB, april 2003
- xvi Bron: Entreprise PREFER, projet de prescription pour cahier des charges en Région wallonne
- xvii Société Régionale Wallonne du Transport, Ir. J-P. Etienne, les ralentisseurs de vitesse, complément de l'étude d'avril 1996, Jambes, november 1996.
- xviii Brussels Hoofdstedelijk Gewest, Handboek van de Brusselse openbare ruimten, pagina 39, Brussel, 1995
- xix Centrum voor Regelgeving en Onderzoek in de Grond, Water- en Wegenbouw en de Verkeerstechniek, ASVV 1996, Nederland, oktober 1996
- xx Belgisch Instituut voor de Verkeersveiligheid, Dispositifs destinés à modérer la circulation en agglomération, ontwerp van publicatie, 2de voorlopige versie, augustus 2002.
- xxi Te bekijken: Vade-mecum sur l'éclairage, dans les outils de spécification et de suivi du Programme Lumière de la Région wallonne (www.lemma.ulg.ac.be/tools/eclairage/SomVademecum.asp)
- xxii Transitec, MET, Opleiding tot mobiliteitsadviseur
- xxiii Belgisch Instituut voor de Verkeersveiligheid, Recommandations pour une infrastructure à la mesure des cyclistes, Brussel, juni 1996
- xxiv Bron: Certu, Carrefours urbains, guide, Lyon, janvier 1999.
- xxv Koninklijk besluit van 1 december 1975 houdende algemeen reglement op de politie van het wegverkeer, gewijzigd door verschillende koninklijke besluiten.
- xxvi Bron: Certu, Carrefours urbains, guide, Lyon, janvier 1999.
- xxvii Ministerieel besluit van 11 oktober 1976 waarbij de minimum afmetingen en de bijzondere plaatsingsvoorwaarden van de verkeerstekens worden bepaald, gewijzigd door verschillende besluiten.
- xxviii L'impact sonore de divers aménagements à Nantes, R. Bélouard & al, Revue générale des routes et des aérodromes (RGRA), n°739, april 1996.
- xxix Bruit en milieu urbain, modélisation des sources et influence de la morphologie urbaine, fiche n°2.71.41.0, B., Centre d'Etudes Techniques de l'Equipement Normandie Centre, Laboratoire Régional des Ponts et Chaussées de Blois, Meriel, JC Gendre, februari 2001.