

CONSULT t.b.v. Dienst Verkeerskunde van de Rijkswaterstaat

DECELERATIELENGTEN BIJ UITVOEGSTROKEN IN ENKELBAANSAUTOWEGEN
BUITEN DE BEBOUWDE KOM

Een discussiebijdrage

Herziene versie

R-77-38

Ir. S.T.M.C. Janssen

Voorburg, 1977

Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV

SAMENVATTING

Ten behoeve van de Commissie Richtlijnen Ontwerp Niet-Autosnelwegen (RONA) van de Rijkswaterstaat, heeft de SWOV een discussiebijdrage geleverd inzake de lengte van uitvoegstroken bij niet met verkeerslichten geregelde kruispunten in enkelbaansautowegen buiten de bebouwde kom.

In een probleemanalyse worden de invloedsgrootheden genoemd die een rol spelen bij de bepaling van de uitvoegstrooklengte. Bijzondere aandacht wordt geschonken aan de informatieverschaffing aan de weggebruiker.

Er is onderscheid gemaakt in informatie over de grootte van respectievelijk de beschikbare en de benodigde bewegingsruimte.

Voor zes kritische condities zijn lengten van uitvoegstroken berekend. Daarmee is aangegeven hoe groot verschillen in lengten kunnen worden onder verschillende reële aannamen; de lengte varieert van 89 m tot 145 m.

Geconcludeerd wordt dat voor een duidelijke keuze m.b.t. de normering van lengte van uitvoegstroken, er behoefte is aan gegevens omtrent het gedrag van de weggebruiker in de gegeven verkeerssituatie, met name over de plaatsen waar uitgevoegd wordt en de vertraging begint, de uitvoegsnelheid en de grootte van de vertraging.

INHOUD

1. Inleiding
2. Doelstelling
3. Probleemanalyse
 - 3.1. De uitvoegstrook als onderdeel van het kruispunt
 - 3.2. Invloedsgrootheden voor bepaling van lengten van uitvoegstroken
4. Informatieverschaffing
 - 4.1. Algemeen
 - 4.2. Informatie m.b.t. grootte van beschikbare bewegingsruimte
 - 4.3. Informatie m.b.t. grootte van benodigde bewegingsruimte
5. Uitgangspunten voor berekening van lengten van uitvoegstroken
 - 5.1. Uitgangspunten m.b.t. grootte van beschikbare bewegingsruimte
 - 5.2. Uitgangspunten m.b.t. grootte van benodigde bewegingsruimte
6. Berekening van lengten van uitvoegstroken
 - 6.1. Algemeen
 - 6.2. Critische condities
7. Conclusies

Literatuur

Tabellen en Afbeeldingen

1. INLEIDING

Binnen de Werkgroep "Kruispunten" van de Commissie RONA (Richtlijnen Ontwerp Niet-Autosnelwegen) is een discussie gaande over de toe te passen deceleratielengten bij uitvoegstroken van niet met verkeerslichten geregelde kruispunten in enkelbaansautowegen buiten de bebouwde kom.

Aangezien de werkgroep niet tot een unaniem standpunt komt over de te hanteren uitgangspunten, heeft de SWOV aangeboden een bijdrage aan deze discussie te leveren. Vooreerst is gedacht deze bijdrage te baseren op bestaande kennis over het onderhavige probleem.

Deze discussiebijdrage is opgesteld door ir. S.T.M.C. Janssen (Afdeling Pre-crash onderzoek SWOV).

2. DOELSTELLING

De bijdrage aan de discussie betreffende lengten van uitvoegstroken bij genoemde kruispunten zal bestaan uit het formuleren en zo mogelijk kwantificeren van invloedsgrootheden die bij een normstelling ten aanzien van de deceleratielengten een belangrijke rol spelen. Deze grootheden hebben betrekking op de geometrie van de verkeerssituatie, de verkeerskenmerken, het gedrag van de voertuigbestuurder en van de wegdek- en voertuigeigenschappen.

Uitdrukkelijk wordt vermeld dat de besluitvorming ten aanzien van de onderhavige problematiek en de normstelling zelf buiten het doel van deze discussiebijdrage liggen.

3. PROBLEEMANALYSE

3.1. De uitvoegstrook als onderdeel van het kruispunt

De enkelbaansautoweg buiten de bebouwde kom heeft een hoogwaardige verkeersfunctie, hetgeen betekent dat ook bij de niet met verkeerslichten geregelde kruispunten een vlotte verkeersafwikkeling moet worden nagestreefd. Verondersteld wordt dat zowel de veiligheid als de doorstroming gebaat is bij een scheiding van het afslaande en vertragende verkeer ten opzichte van het rechtdoorgaande en snelrijdende verkeer. Deze scheiding kan worden bereikt door de aanleg van uitvoegstroken, resp. voor het links- en rechtsafslaande verkeer.

Een Frans onderzoek (SETRA, 1976) concludeert dat de kans op ongevallen op kruispunten samenhangt met de intensiteiten op de betreffende zijwegen. Dit betekent dat er een relatie bestaat tussen het aantal afslaande en kruisende bewegingen op een kruispunt en de ongevallen die op het kruispunt plaatsvinden.

Bovendien vermeldt het rapport dat de aanwezigheid van een linksafstrook een reducerend effect heeft op het aantal ongevallen waarbij linksafslaande en rechtdoorgaande voertuigen zijn betrokken.

Een Engels onderzoek (Older & Spicer, 1976) stelt dat 30% van het aantal geregistreeerde "ernstige conflicten" op kruispunten met gescheiden rijbanen betrekking heeft op kruisende voertuigen die, waarschijnlijk omdat het uitzicht wordt belemmerd door rechtsafslaand verkeer, in conflict komen met een doorgaand voertuig dat het afslaande voertuig inhaalt. (Het onderzoek betreft een beperkt aantal kruispunten; een "ernstig conflict" varieert in dit onderzoek van een bijna-botsing tot een botsing).

Eén en ander leidt tot de hypothese dat het aanbrenge van uitvoegstroken op kruispunten in enkelbaansautowegen buiten de bebouwde kom (hetzij voor links-, hetzij voor rechtsafslaand verkeer) leidt tot een vermindering van het aantal ongevallen. Toetsing van deze hypothese vereist een onderzoek waarbij aandacht besteed dient te

worden aan de invloed van de aanwezigheid van verkeersvoorzieningen (ook andere dan uitvoegstroken) en van verkeersintensiteiten (gedifferentieerd naar afslaand en rechtdoorgaand) op de verandering van het totale aantal ongevallen op niet-met-verkeerslichten-geregelde kruispunten in enkelbaansautowegen buiten de bebouwde kom. Indien de wenselijkheid van de aanleg van uitvoegstroken aangetoond is, kan de vraag aan de orde komen welke lengte moet worden aangehouden voor deze uitvoegstroken. Vooruitlopend hierop worden invloedsgrootheden genoemd die bij de vaststelling van lengten van uitvoegstroken meegenomen kunnen worden.

3.2. Invloedsgrootheden voor bepaling van lengten van uitvoegstroken

De invloedsgrootheden laten zich in het algemeen indelen in grootheden die de beschikbare, resp. de benodigde bewegingsruimte beïnvloeden en meer in het bijzonder, grootheden die betrekking hebben op de informatieverzorging over de grootte van beide bewegingsruimten.

Een algemeen kader waaraan deze indeling van de invloedsgrootheden is ontleend, vormt het SWOV-onderzoekproject "Analyse rijtaak", zoals beschreven door Griep (1970/1971).

De beschikbare bewegingsruimte is de ruimte waarbinnen een manoeuvre kan worden uitgevoerd. Deze objectieve grootheid wordt bepaald door:

- a. de geometrie van de verkeerssituatie; in dit geval betreft dit de vormgeving van het kruispunt, met name de lengte en breedte van de uitvoegstrook; de breedte van de uitvoegstrook staat hier niet ter discussie, ook de obstakelvrije zones in de omgeving van de uitvoegstrook blijven buiten beschouwing;
- b. de bewegingskenmerken van de aanwezige voertuigen; d.w.z. aantallen, posities en positieveranderingen, zoals snelheden, versnellingen, volgafstanden e.d.

De benodigde bewegingsruimte is de ruimte die voor het uitvoeren van de manoeuvre minimaal benodigd is. Deze ruimte wordt bepaald door:

- a. de eigenschappen van de voertuigbestuurder; d.w.z. de mogelijkheden van de mens in het proces van waarnemen en verwerken van informatie, de reactiecapaciteit en de eisen m.b.t. verplaatsings-snelheid en -comfort;
- b. de eigenschappen van het voertuig; d.w.z. het acceleratie- en deceleratievermogen, wendbaarheid, koersstabiliteit en snelheids-mogelijkheden;
- c. de eigenschappen van het wegdek; d.w.z. de stroefheid en vlakheid van het verhardingsoppervlak.

In deze discussiebijdrage wordt de lengte van de uitvoegstrook in een specifieke verkeerssituatie nader beschouwd in relatie tot de verkeersonveiligheid.

Het uitgangspunt bij deze beschouwing is het gedrag van de weggebruiker. Dit rijgedrag wordt gedefinieerd in termen van taken.

Allereerst de taken die betrekking hebben op de routekeuze en ten tweede de taken die betrekking hebben op de manoeuvrekeuze.

De weggebruiker is in zijn beslissingsproces voor het uitvoeren van de manoeuvres sterk aangewezen op de informatie die hem wordt aangeboden m.b.t. de route en de aanwezige verkeersruimte, alsmede de beschikbare en de benodigde bewegingsruimte. Vandaar de bijzondere aandacht voor de informatieverschaffing.

4. INFORMATIEVERSCHAFFING

4.1. Algemeen

In het algemeen zal op basis van de aangeboden informatie en de ervaring met bepaalde verkeerssituaties, de voertuigbestuurder een schatting maken van zowel de benodigde als de beschikbare bewegingsruimte, gevolgd door een manoeuvrekeuze. Men mag er van uitgaan dat het gedrag van de bestuurder vooral m.b.t. met name de manoeuvrekeuze er op gericht is de benodigde ruimte kleiner te maken dan de beschikbare ruimte. Een ongeval kan het gevolg zijn van een foutieve voorspelling van de benodigde en/of beschikbare bewegingsruimte of gelegen zijn aan een onjuiste manoeuvrekeuze.

De voorspelde bewegingsruimten zullen meer overeenstemmen met de werkelijke bewegingsruimten naarmate de informatie meer uniform wordt aangeboden en de ervaring met de betreffende verkeerssituatie groter is.

Dit pleit voor een beperkt aantal categorieën van verkeerssituaties (verkeersgedrag) en binnen elke categorie geringe variatie in wegenverkeerskenmerken met gemiddelde waarden afgestemd op het verkeersgedrag, d.w.z. op de beperkingen en de mogelijkheden van de verkeersdeelnemers. Dit toegepast op het probleem van uitvoegstroken op enkelbaansautowegen betekent dat ernaar gestreefd moet worden de uitvoeringsvorm van deze uitvoegstroken te uniformeren voor alle enkelbaansautowegen (buiten de bebouwde kom) waarvoor eenzelfde verkeersgedrag geldt.

Het is denkbaar dat verkeerssituaties onderscheiden worden naar intensiteitsklassen, omdat de intensiteit zowel invloed heeft op de gereden snelheden als op de volgafstanden en daarmee op de keuze van de plaats waar uitgevoegd wordt, de snelheid waarmee uitgevoegd wordt en de remvertraging die gehanteerd wordt. Bovendien is de benodigde opstelruimte afhankelijk van de intensiteiten van het afslaande verkeer en ook van het doorgaande verkeer voor wat de linksafstroken betreft. Verondersteld wordt dat in de besproken situaties de normen voor het aanbrengen van een verkeerslichtenregeling niet overschreden worden.

4.2. Informatie m.b.t. grootte van beschikbare bewegingsruimte

De informatieverschaffing m.b.t. route- en manoeuvrekeuze moet steeds juiste en tijdige beslissingen van de bestuurder mogelijk maken. Daarbij is vooral van belang de waarneembaarheid van de route-aanduiding en andere weg- en verkeerskenmerken die verband houden met de route- en/of manoeuvrekeuzen. Waarneembaar wil zeggen: zichtbaar, localiseerbaar, herkenbaar en opvallend.

Verondersteld wordt dat een bestuurder bij het naderen van een kruispunt achtereenvolgens informatie ontvangt omtrent de volgende punten:

1. De aanwezigheid van een kruispunt en de routemogelijkheden op dat kruispunt.
2. De geometrie van het kruispunt.
3. De aanwezigheid en bewegingskenmerken van het overige verkeer.

Hierbij kunnen nog de volgende opmerkingen worden gemaakt.

Dat de aanwezigheid van een te naderen kruispunt en de routemogelijkheden op dat kruispunt bekend zijn is van belang voor o.a. de keuze van een manoeuvre (uitstel van inhalen of accelereren), de noodzaak om op korte termijn te beslissen over routekeuze en rijstrookpositie. Onder de geometrie van een kruispunt wordt hier verstaan de indeling in en begrenzing van rijstroken. De aanduiding gebeurt doorgaans in twee vormen, namelijk op het wegdek en op borden langs het wegdek. De aanduidingen op het wegdek falen onder verscheidene omstandigheden (regen, sneeuw, hoge verkeersintensiteit), terwijl borden vaak weinig opvallend zijn.

Ook de aanwezigheid en de bewegingskenmerken van het overige verkeer dienen bekend te zijn. Het afslaande verkeer op de hoofdweg dient tijdig te worden geïnformeerd over de aanwezigheid van andere voertuigen op de uitvoegstrook, zeker als er één of meer stil staan aan het eind van de uitvoegstrook. Het doorgaande verkeer op de hoofdweg behoeft informatie omtrent het dwarsverkeer, ook al heeft men daarop voorrang. Omgekeerd dient ook dwarsverkeer te worden geïnformeerd omtrent het verkeer op de hoofdweg. Uitzichtbelemmering door afslaand verkeer kan beter worden beïnvloed door de totale kruispunt-

vormgeving dan door eisen te stellen aan de lengte van de uitvoegstrook.

Behalve een successieve aanbieding van informatie van verschillende aard kan ook per soort de informatie meer gedetailleerd worden verschaft: de geometrie van een kruispunt kan al grofweg worden aangeduid bij de presentatie van de routhemogelijkheden.

Omdat aanduidingssystemen niet onder alle omstandigheden kunnen functioneren is gelijktijdig gebruik van meerdere systemen (zowel aanduidingen op, naast als boven de weg, zowel links als rechts) en van herhalingen gewenst.

De informatie betreffende de aanwezigheid van een kruispunt en de routhemogelijkheden op dat kruispunt dient op een zodanige afstand voor het kruispunt aan de weggebruiker te worden aangeboden, dat deze voldoende verwerkingstijd heeft alvorens met de informatie omtrent de kruispuntgeometrie te worden geconfronteerd. Deze meer gedetailleerde informatie omtrent de rijstrookindeling kan wat nauwkeuriger gelocaliseerd worden (zie Afbeelding 1).

Stel de afstand tussen deze informatieaanduiding en de kruisende weg op L m. Deze afstand L is opgebouwd uit een eventuele opstelruimte voor het afslaande verkeer, vermeerderd met de deceleratielengte en de afstand die wordt afgelegd in de reactietijd van bestuurder en voertuig na kennisname van de aangeboden informatie en vermindert met de afstand CD . De afstand CD heeft een lengte $s \cdot \cotg \alpha$, waarin:

s = de laterale afstand tussen het verkeersteken en de as van de weg [m]

α = de hoek waaronder het verkeersteken uit het gezichtsveld verdwijnt.

Een nadere bespreking van één en ander geeft het rapport "Verkeers-tekens op borden" (SWOV, 1970).

De plaats van de informatieaanduiding dient bovendien zodanig te worden gekozen dat:

- de aanduiding leesbaar is op een afstand CE, die is opgebouwd uit de door het voertuig afgelegde weg in de benodigde leestijd en de afstand CD, waarbij D het punt is waar het teken uit het gezichtsveld verdwijnt;
 - vanaf het punt D het begin van de uitvoegstrook kan worden waargenomen evenals het eind ervan dan wel de achterzijde van het laatste opgestelde voertuig. Eén en ander teneinde tijdig informatie te krijgen omtrent de beschikbare bewegingsruimte.
- Herhaling van de rijstrookindeling kan gebeuren m.b.v. aanduidingen op de weg (pijlen, plaatsnamen) of er boven (portalen).

4.3. Informatie m.b.t. grootte van benodigde bewegingsruimte

Bij het bespreken van de bewegingsruimte die nodig is om een voertuig zodanig te vertragen dat aan het einde van de deceleratielengte een afslaan beweging kan worden gemaakt dan wel achter de reeds opgestelde voertuigen kan worden aangesloten, spelen de volgende beperkingen een rol. Deze beperkingen zijn van drieërlei aard.

1. De beperkingen van de bestuurder: de nog juist door hem als comfortabel ervaren remvertraging, en de daarmee verband houdende beslissingen t.a.v.

- de keuze van de uitvoegsnelheid bij een gegeven snelheidsgedrag vóór de uitvoegstrook;

- de keuze van de plaats van uitvoegen;

- de keuze van de plaats waar de vertraging begint; deze kan op de rijstrook of op de uitvoegstrook gelegen zijn;

2. De beperkingen van het voertuig: de effectiviteit van het remstelsel en de bandeigenschappen, zoals bandtype, profiel diepte, die van invloed zijn op de remkrachtcoëfficiënt;

3. De beperkingen van het wegdek: de wegdekkenmerken die direct of indirect van invloed zijn op de remkrachtcoëfficiënt zoals de micro- en macrottextuur, de langs- en dwarshelling, de langsvlakheid, de aanwezigheid van rijsporen etc.

Hoewel nog weinig onderzoek verricht is naar de wijze waarop de bestuurder zich informatie verschafft over bovengenoemde beperkingen kunnen ze voorlopig als invloedsgrontheden worden aangemerkt.

Bij de berekening van de norm voor de lengte van uitvoegstroken zullen aannamen gedaan moeten worden die betrekking hebben op de genoemde grootheden. Daarbij kunnen critische condities worden gedefinieerd in termen van gekwantificeerde invloedsgrontheden. Relatief veel kwantitatieve gegevens zijn aanwezig waarmee de beperkingen van het voertuig en van het wegdek aangegeven kunnen worden. Helaas is er weinig kennis beschikbaar over de beperkingen van de bestuurder. Het gestelde probleem is derhalve niet bevredigend op te lossen.

In de volgende paragrafen zijn enkele voorbeelden gegeven van berekeningen uitgaande van mogelijke critische condities. Deze voorbeelden hebben slechts ten doel aan te geven hoe groot verschillen in lengten van uitvoegstroken kunnen worden onder verschillende reële aannamen.

5. UITGANGSPUNTEN VOOR BEREKENING VAN LENGTEN VAN UITVOEGSTROKEN

5.1. Uitgangspunten m.b.t. grootte van beschikbare bewegingsruimte

Voor de hierna onderscheiden kritische condities zijn de volgende veronderstellingen m.b.t. de grootte van de beschikbare bewegingsruimte gemeenschappelijk:

1. Er wordt verondersteld dat de uitvoegstroken (zowel voor links- als voor rechtsafslaand verkeer) waarvan de lengte vastgesteld moet worden, gelegen zijn bij kruisingen buiten de bebouwde kom zonder verkeerslichtenregeling in enkelbaansautowegen met een snelheidslimiet van 100 km/uur.
2. De aanwezigheid van uitvoegstroken op dergelijke kruisingen wordt wenselijk geacht uit overwegingen betreffende doorstroming en veiligheid. Dit is evenwel nog niet vastgesteld.
3. Met betrekking tot de informatie ten behoeve van het afslaande en rechtdoorgaande verkeer wordt verondersteld dat zij tijdig en duidelijk is aangebracht.
4. De breedte van de uitvoegstroken als kenmerk van de beschikbare bewegingsruimte, wordt als voldoende beschouwd en verder niet in rekening gebracht als invloeds-grootte bij de bepaling van de lengte van de uitvoegstroken.
5. Er wordt verondersteld dat in de directe omgeving van de uitvoegstroken geen obstakels aanwezig zijn die invloed hebben op het verkeersgedrag. In de lengteberekening worden dus alleen pre-crash overwegingen opgenomen, d.w.z. betrekking hebbend op het voorkómen van ongevallen.
6. Ter bepaling van het snelheidsgedrag op enkelbaansautoweg buiten de bebouwde kom is gebruik gemaakt van snelheidsmetingen die in 1976 (voor- en najaar) door de Dienst Verkeerskunde van de Rijkswaterstaat gehouden zijn op zeven wegvakken (buiten de kruisingen) van dergelijke wegen (zie Afbeelding 2). De daaruit afgeleide snelheidsverdelingen voor het personenautoverkeer en het vrachtautoverkeer zijn als maatgevend aangenomen voor het snelheidsgedrag op enkelbaansautowegen buiten de bebouwde kom.
7. De verkeersintensiteiten worden verondersteld van dien aard te

zijn dat het in punt 6 genoemde snelheidsgedrag en de bijbehorende volgafstanden van toepassing zijn.

8. De lengte van de opstelruimte (zie Afbeelding 1) wordt buiten beschouwing gelaten; deze lengte is o.a. afhankelijk van de spitsuurintensiteiten.

Bovengenoemde aannamen betreffen de grootheden die de beschikbare bewegingsruimte beïnvloeden. Aangezien in de hierna te noemen kritische condities uitgegaan wordt van dezelfde waarden voor deze invloedsgrontheden is dus voor de verschillende condities de beschikbare bewegingsruimte (behoudens de lengte van de uitvoegstrook) steeds gelijk.

5.2. Uitgangspunten m.b.t. grootte van benodigde bewegingsruimte

De benodigde bewegingsruimte wordt bepaald verondersteld door reële aannamen voor de volgende grootheden:

1. De plaats van uitvoegen en de plaats waar de vertraging begint worden verondersteld samen te vallen, nl. aan het begin van de uitvoegstrook (zie Afbeelding 1).
2. De uitvoegsnelheid in kilometers per uur. Uitgaande van gemeten snelheidsgedrag (zie Afbeelding 2) zijn de volgende waarden gekozen:
 - de 90ste percentielwaarde;
voor personenauto's: 110 km/uur
voor vrachtauto's : 90 km/uur;
 - de 75ste percentielwaarde; resp. 100 en 85 km/uur;
 - 3/4 van de ontwerpsnelheid; voor de onderhavige wegen geldt een ontwerpnorm van 100 km/uur, derhalve zal de uitvoegsnelheid, onafhankelijk van voertuigsoort, de waarde 75 km/uur aannemen;
 - 3/4 van de limietsnelheid; voor de onderhavige wegen geldt een snelheidslimiet van 100 km/uur voor personenauto's en 80 km/uur voor vrachtauto's, derhalve zijn de uitvoegsnelheden resp. 75 en 60 km/uur.

De laatste twee aannamen zijn reeds in de RONA-Werkgroep "Kruispunten" genoemd.

3. De remvertraging in meters per seconde kwadraat. De keuze van de

remvertraging t.b.v. de rekenvoorbeelden levert wel enige problemen op. Er wordt aangenomen dat een gemiddelde remvertraging van $2,5 \text{ m/s}^2$ door het merendeel der weggebruikers nog als comfortabel ervaren wordt. Op een nat wegdek (definitie nat: 0,5 mm water op het wegdek) is de remkrachtcoëfficiënt, die een maat is voor de krachten die tussen band en wegdek overgebracht kunnen worden, afhankelijk van de voertuigsnelheid. Metingen van het Laboratorium voor Voertuigtechniek van de TH-Delft geven bij snelheden van 50-100 km/uur maximale remkrachtcoëfficiënten van bijna 0,8 voor personenauto's. Bij een remeffectiviteit van 80% resulteert dit in een maximale gemiddelde remvertraging van ruim 6 m/s^2 . Voor vrachtauto's (maximale remkrachtcoëfficiënt bij snelheden van 500-100 km/uur: 0,55-0,60; remeffectiviteit minimaal 60%) lijkt een maximale gemiddelde remvertraging van $3,5 \text{ m/s}^2$ reëel. Voor meer informatie wordt verwezen naar Schlösser (1976) en Dijks (1974).

Onder ongunstige omstandigheden, bijvoorbeeld bij een grote verhardingsbreedte, onvoldoende helling van het verhardingsoppervlak en/of bij aanwezigheid van rijsporen, kunnen bij regen zodanige waterlaagdikten voorkomen dat een reductie t.o.v. de remkrachtcoëfficiënten bij het als nat gedefinieerde wegdek van 50% tot de mogelijkheden behoort voor zover het personenauto's betreft. Voor vrachtauto's zal deze reductie beperkter van omvang zijn.

De wettelijk vereiste minimum vertragingen bij droog wegdek zijn voor personenauto's $5,8 \text{ m/s}^2$ en voor vrachtauto's $4,4 \text{ m/s}^2$. Deze waarden zijn hier echter niet van belang, omdat ongunstige omstandigheden en comfort in dit geval maatgevende criteria moeten zijn. In de rekenvoorbeelden worden de volgende remvertragingen gehanteerd:

- voor een noodstop onder gunstige omstandigheden kan worden uitgegaan van een remvertraging voor personenauto's met een waarde van $6,0 \text{ m/s}^2$, en voor vrachtauto's $3,5 \text{ m/s}^2$;
 - voor een noodstop onder ongunstige omstandigheden worden de waarden voor de remvertraging resp. $3,0$ en $2,0 \text{ m/s}^2$;
 - als er geen sprake is van een noodstop zijn de waarden voor comfortabele remvertragingen te hanteren, die liggen bij personenauto's tussen de $4,0$ en $2,5 \text{ m/s}^2$ en bij vrachtauto's tussen $2,5$ en $1,5 \text{ m/s}^2$.
- Een overzicht van de variabele grootheden, die gebruikt worden bij

de berekening van lengte van uitvoegstroken onder verschillende critische condities, is gegeven in Tabel 1.

6. BEREKENINGEN VAN LENGTEN VAN UITVOEGSTROKEN

6.1. Algemeen

Gezien de aannamen bij paragraaf 4.1. is de lengte van de uitvoegstrook gelijk gesteld aan de deceleratielengte die berekend wordt aan de hand van de formule $s = \frac{1}{2} v^2 \cdot \frac{1}{a}$, waarin:
s = deceleratielengte (d.i. lengte uitvoegstrook)
v = beginsnelheid in m/s (d.i. uitvoegsnelheid)
a = vertraging in m/s² (d.i. remvertraging).

In het onderstaande zijn zes berekeningen gegeven van de lengte van uitvoegstroken onder kritisch veronderstelde condities. De met een sterretje aangegeven waarden zijn maatgevend onder de genoemde condities (zie ook Tabel 2 en Afbeelding 3).

6.2. Critische condities

Conditie A: Uitgaande van een hoge uitvoegsnelheid - de 90ste percentielwaarde - en een noodstop onder gunstige omstandigheden, wordt de lengte van de uitvoegstrook:

$$\text{voor personenauto's: } s = \frac{1}{2} \left(\frac{110}{3,6} \right)^2 \cdot \frac{1}{6,0} = 78 \text{ m}$$

$$\text{voor vrachtauto's : } s = \frac{1}{2} \left(\frac{90}{3,6} \right)^2 \cdot \frac{1}{3,5} = 89 \text{ m}^*$$

Conditie B: Uitgaande van een middelhoge uitvoegsnelheid - de 75ste percentielwaarde - en een noodstop onder ongunstige omstandigheden, wordt de lengte van de uitvoegstrook:

$$\text{voor personenauto's: } s = \frac{1}{2} \left(\frac{100}{3,6} \right)^2 \cdot \frac{1}{3,0} = 129 \text{ m}$$

$$\text{voor vrachtauto's : } s = \frac{1}{2} \left(\frac{85}{3,6} \right)^2 \cdot \frac{1}{2,0} = 139 \text{ m}^*$$

Conditie C: Uitgaande van een hoge uitvoegsnelheid - de 90ste percentielwaarde - , een maximale comfortwaarde voor de remvertraging en gunstige omstandigheden wordt de lengte van de uitvoegstrook:

$$\text{voor personenauto's: } s = \frac{1}{2} \left(\frac{110}{3,6} \right)^2 \cdot \frac{1}{4,0} = 117 \text{ m}$$

$$\text{voor vrachtauto's : } s = \frac{1}{2} \left(\frac{90}{3,6} \right)^2 \cdot \frac{1}{2,5} = 125 \text{ m}^*$$

Conditie D: Uitgaande van een middelhoge uitvoegsnelheid - de 75ste percentielwaarde - en een gemiddelde comfortwaarde wordt de lengte van de uitvoegstrook:

$$\text{voor personenauto's: } s = \frac{1}{2} \left(\frac{100}{3,6} \right)^2 \cdot \frac{1}{3,25} = 119 \text{ m}$$

$$\text{voor vrachtauto's : } s = \frac{1}{2} \left(\frac{85}{3,6} \right)^2 \cdot \frac{1}{2,0} = 139 \text{ m}^*$$

Conditie E: Uitgaande van een uitvoegsnelheid gelijk aan driekwart van de ontwerpsnelheid en een minimale comfortwaarde, voor personenauto's en vrachtauto's gelijk ($1,5 \text{ m/s}^2$), wordt de lengte van de uitvoegstrook:

$$s = \frac{1}{2} \left(\frac{75}{3,6} \right)^2 \cdot \frac{1}{1,5} = 145 \text{ m}^*$$

Deze conditie komt overeen met een eerste voorstel van de RONA-Werkgroep "Kruispunten".

Conditie F: Uitgaande van een uitvoegsnelheid gelijk aan driekwart van de limietsnelheid en een comfortwaarde van $2,5 \text{ m/s}^2$ voor personenauto's en van $1,5 \text{ m/s}^2$ voor vrachtauto's, wordt de lengte van de uitvoegstrook:

$$\text{voor personenauto's: } s = \frac{1}{2} \left(\frac{75}{3,6} \right)^2 \cdot \frac{1}{2,5} = 72 \text{ m}$$

$$\text{voor vrachtauto's : } s = \frac{1}{2} \left(\frac{60}{3,6} \right)^2 \cdot \frac{1}{1,5} = 93 \text{ m}^*$$

Deze conditie komt overeen met een tweede voorstel van de RONA-Werkgroep.

7. CONCLUSIES

Bij vergelijking van de kritische condities A t/m D en de condities E en F, komende van de RONA-Werkgroep, kan het volgende worden opgemerkt:

1. Conditie A t/m D gaan uit van hogere uitvoegsnelheden dan condities E en F. Hogere snelheden leiden tot langere deceleratielengten. Het lijkt juist de in werkelijkheid gemeten snelheden als basis te nemen in plaats van de ontwerp- of limietsnelheid. Overigens zijn er geen empirisch bepaalde uitvoegsnelheden voor de onderhavige verkeerssituaties bekend.

2. Conditie A t/m D gaan uit van hogere vertragingwaarden dan condities E en F. Hogere vertragingwaarden leiden tot kortere deceleratielengten. De gegeven waarden voor de vertraging onder de gedefinieerde gunstige en ongunstige omstandigheden zijn empirisch vastgesteld. Dat kan niet gezegd worden van de gegeven comfortwaarden.

3. De maatgevende lengte van de uitvoegstrook, $s = 139$ m, voor de condities A t/m D wordt bepaald door de empirische vertragingwaarde van $2,0 \text{ m/s}^2$ voor vrachtauto's met een kritische uitvoegsnelheid van 85 km/uur; zie condities B en D.

De maatgevende lengte van de uitvoegstrook, $s = 145$ m, voor de conditie E wordt bepaald door een (te?) lage comfortwaarde van $1,5 \text{ m/s}^2$ voor vrachtauto's met een (te?) lage uitvoegsnelheid van 75 km/uur. In dit geval zijn de waarden voor de vertraging én de snelheid niet empirisch bepaald.

De hier geformuleerde globale probleemanalyse, alsmede de daaruit voortvloeiende gekwantificeerde invloedsgrootheden, zullen slechts een bijdrage kunnen leveren aan de discussie over de toe te passen deceleratielengten bij uitvoegstroken van niet-met-verkeerslichten-geregelde kruispunten in enkelbaansautowegen buiten de bebouwde kom. Gepoogd is aan te geven dat slechts omtrent een beperkt deel van de ten behoeve van dit probleem te kwantificeren grootheden kennis paraat is. Met deze beschikbare kennis is het gestelde probleem niet bevredigend op te lossen.

Nog afgezien van de wens de in paragraaf 5 gestelde aannamen op hun juistheid te toetsen, wordt geconcludeerd dat er vooral behoefte is aan gegevens omtrent het gedrag van de weggebruikers in de gegeven verkeerssituatie alvorens een duidelijke keuze gedaan kan worden m.b.t. normering van de lengte van uitvoegstroken.

De ontbrekende gegevens betreffen vooral de plaats waar uitgevoerd wordt, de plaats waar de vertraging begint, de uitvoegsnelheid en de grootte van de vertraging, met name de comfortwaarde.

LITERATUUR

Dijks, A. (1974). Multifactor examination of wet skid resistance of car tyres. S.A.E. paper No. 741106.

Griep, D.J. (1971). Analyse van de rijtaak:

1. Systeemanalytische gezichtspunten. Verkeerstechniek 22 (1971) 6: 303-306.

2. Waarnemingsaspecten van het manoeuvregedrag. Verkeerstechniek 22 (1971) 7: 720 (370) - 278 (378).

3. Besliskundige aspecten van het manoeuvregedrag. Verkeerstechniek 22 (1971) 8: 423-427.

4. Routekeuze en -geleiding. Verkeerstechniek 22 (1971) 11: 539-542.

Older, S.J. & Spicer, B.R. (1976). Traffic conflicts; A development in accident research. Human Factors 18 (1976) 4: 335-350.

SETRA (1976). Analyse de la sécurité en carrefour sur les routes interurbaines. Rapport RC 15. Ministère de l'Équipement.

Schlösser, L.H.M. (1976). Tyres and road surfaces. R-76-17. SWOV, Voorburg. Ook in: Skidding Accidents, Ancillary papers. Transportation Research Record 624, pp. 15-26. National Academy of Sciences, Washington, D.C.

SWOV (Drs. D.J. Griep) (1970). Verkeerstekens op borden; Vormgeving en toepassing; Letters, cijfers, leestekens. Rapport 1970-7. SWOV, Voorburg.

TABELLEN EN AFBEELDINGEN

Tabel 1. Overzicht van variabele grootheden t.b.v. berekening van lengten van uitvoegstroken.

Tabel 2. Overzicht van kritische condities met lengten van uitvoegstroken.

Afbeelding 1. De plaats van de informatieaanduiding in relatie tot de beschikbare bewegingsruimte.

Afbeelding 2. Cumulatieve frequentiekromme van door vrachtauto's (1) en personenauto's (2) gereden snelheden op zeven wegvakken (buiten kruisingen) van Rijks-(2-strooks)enkelbaansautowegen in het voorjaar en najaar van 1976. (Bron: Rijkswaterstaat, Dienst Verkeerskunde).

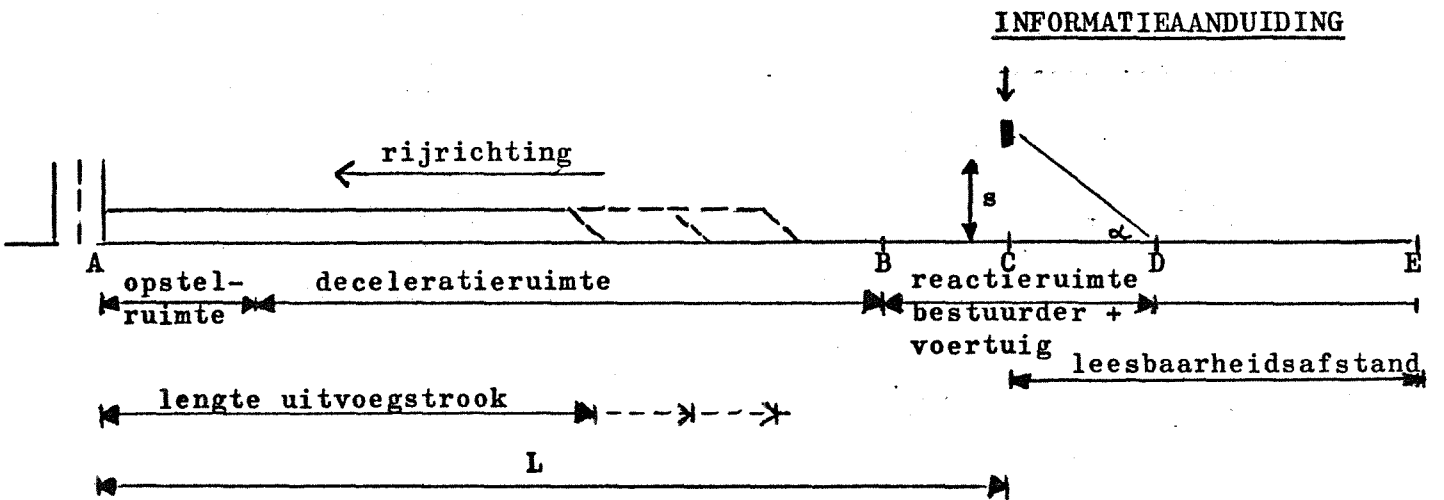
Afbeelding 3. Verband tussen de remvertraging a (m/s^2) en de deceleratielengte s (m) voor verschillende beginsnelheden V_0 (km/h).

Variabele grootheden	Voertuigsoort		
	Personenauto's	Vrachtauto's	
Uitvoegsnelheid (km/uur)	- V 90%	110	90
	- V 75%	100	85
	- 3/4 V ontwerp	75	75
	- 3/4 V limiet	75	60
Remvertraging (m/s ²)	- noodstop onder gunstige omstandigheden	6,0	3,5
	- noodstop onder ongunstige omstandigheden	3,0	2,0
	- comfortwaarde	4,0 - 2,5	2,5 - 1,5

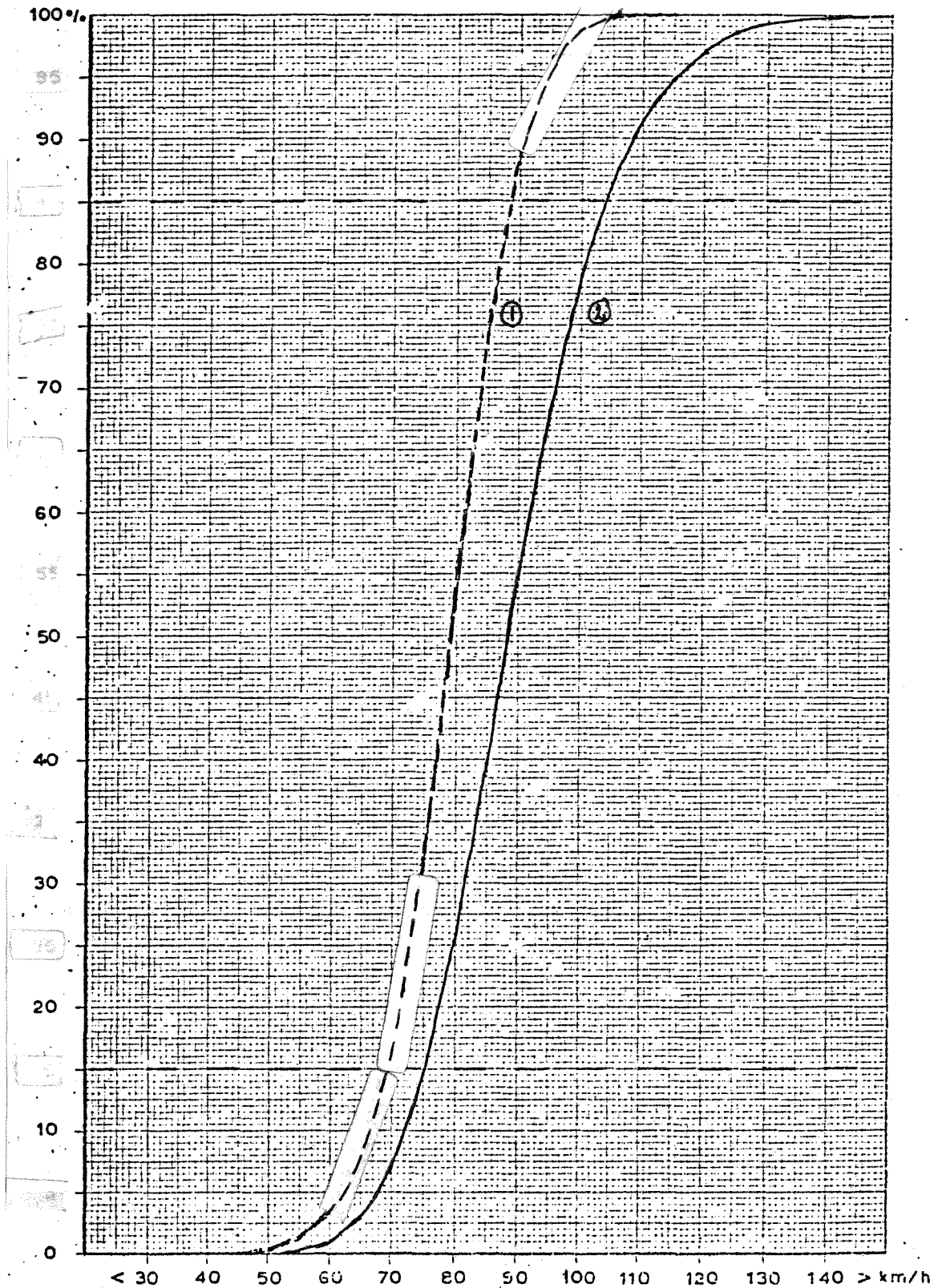
Tabel 1. Overzicht van variabele grootheden t.b.v. berekening van lengten van uitvoegstroken.

Critische conditie	Uitvoegsnelheid [km/uur]		Remvertraging [m/s ²]		Maatgevende lengte van uitvoegstrook in [m]
	personenauto	vrachtauto	personenauto	vrachtauto	
A. V 90%; noodstop onder gunstige omstandigheden	110	90	6,0	3,5	89
B. V 75%; noodstop onder ongunstige omstandigheden	100	85	3,0	2,0	139
C. V 90%; maximale comfortwaarde	110	90	4,0	2,5	125
D. V 75%; gemiddelde comfortwaarde	100	85	3,25	2,0	139
E. 3/4 V ontwerp; minimale comfortwaarde (RONA-1)	75	75	2,0	1,5	145
F. 3/4 V limiet; minimale comfortwaarde voor vrachtauto's (RONA-2)	75	60	2,5	1,5	93

Tabel 2. Overzicht van kritische condities met lengten van uitvoegstroken.

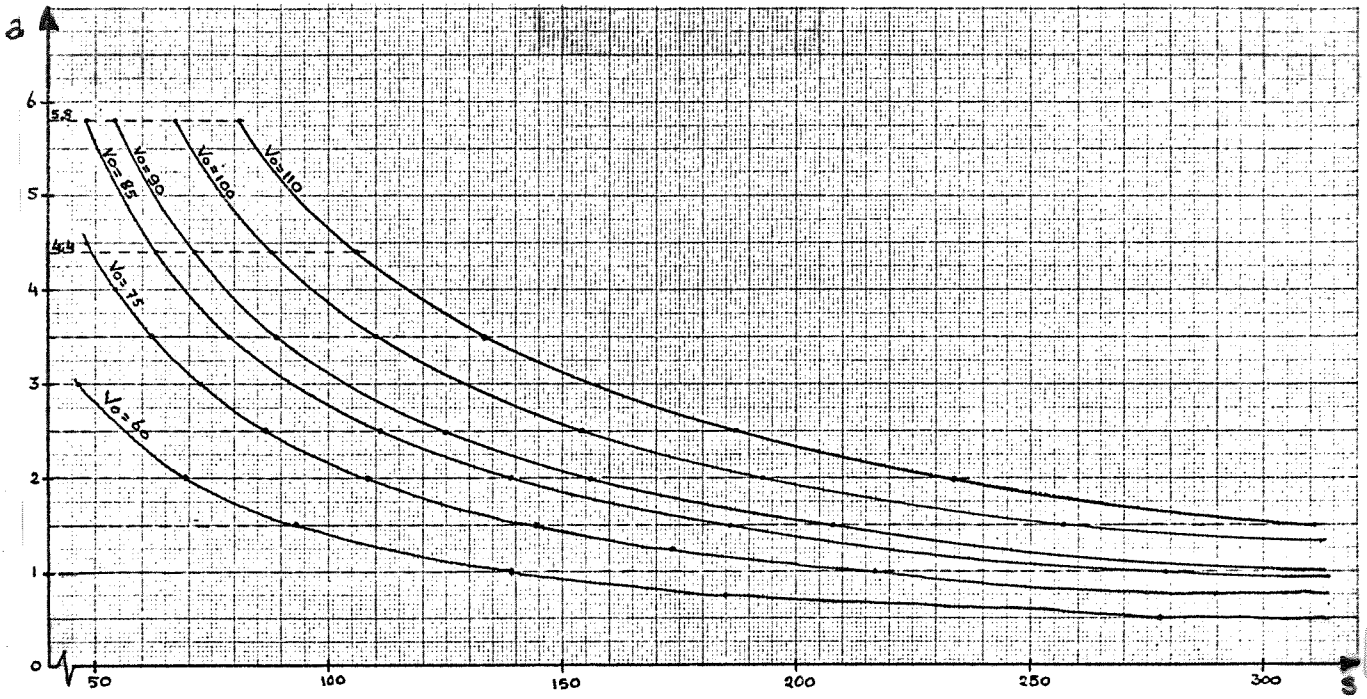


Afbeelding 1. De plaats van de informatieaanduiding in relatie tot de beschikbare bewegingsruimte.



- (1) Vrachtauto's : $n = 2097$; $\bar{v} = 79$ km/h; $\bar{v}_{15\%} = 69$ km/h; $\bar{v}_{85\%} = 89$ km/h
- (2) Personenauto's: $n = 14318$; $\bar{v} = 89$ km/h; $\bar{v}_{15\%} = 75$ km/h; $\bar{v}_{85\%} = 104$ km/h

Afbeelding 2. Cumulatieve frequentiekromme van door vrachtauto's (1) en personenauto's (2) gereden snelheden op zeven wegvakken (buiten kruisingen) van Rijks-(2-strooks)enkelbaansautowegen in het voorjaar en najaar van 1976. (Bron: Rijkswaterstaat, Dienst Verkeerskunde).



Afbeelding 3. Verband tussen de remvertraging a (m/s²) en de deceleratielengte s (m) voor verschillende beginsnelheden V_0 (km/h).