



**Vlaanderen**  
is wegen en verkeer

© Agentschap Wegen en Verkeer, fotografie: Kris van De Sande

# Vademecum weginfrastructuur (VWI) deel Europese hoofdwegen

AGENTSCHAP  
WEGEN & VERKEER





<b>Uitgegeven door</b>	Agentschap Wegen en Verkeer (AWV)
<b>Informatie</b>	Team Veiligheid en Ontwerp Afdeling Verkeer, Wegsystemen en Telematica Agentschap Wegen en Verkeer  wegenverkeer.be teamverkeersveiligheid.wvt@mow.vlaanderen.be
<b>Datum</b>	19 januari 2023
<b>Status</b>	Finale versie
<b>Versienummer</b>	2.1
<b>Stuurgroep</b>	Veerle Schoutteet (Verkeer, Wegsystemen en Telematica, AWV) Niels Janssen (Verkeer, Wegsystemen en Telematica, AWV) Kristof Mollu (Verkeer, Wegsystemen en Telematica, AWV) Liessa Iliaens (Verkeer, Wegsystemen en Telematica, AWV)
<b>Goedgekeurd door</b>	Stuurgroep Expertise Opbouwen en Adviseren (16/12/2022) Directieraad AWV (19/01/2023)
<b>Layout</b>	inktvis
<b>Depotnummer</b>	D/2023/3241/039





Colofon.....	3
Inhoud.....	5
Lijst figuren.....	11
Lijst tabellen.....	13
Voorwoord.....	15
<b>1 Inleiding - Vademecum en beleid.....</b>	<b>17</b>
1.1 Opbouw van het vademecum.....	17
1.2 Visie op dit vademecum.....	18
1.3 Belangrijkste wijzigingen.....	18
<b>2 Wegennetwerk.....</b>	<b>21</b>
2.1 Selectie hoofdwegen.....	21
2.2 Inrichtingsprincipes hoofdwegen.....	22
2.2.1 Europese hoofdwegen.....	22
2.2.1.1 Basisprincipes van Europese hoofdwegen.....	22
2.2.1.2 Ambities van Europese hoofdwegen.....	23
2.2.2 Vlaamse hoofdwegen.....	23
2.3 Trans-European Transport Network.....	24
<b>3 Traject.....</b>	<b>25</b>
3.1 Ontwerpsnelheid.....	25
3.1.1 Definities.....	25
3.1.1.1 $V_{85}$ -snelheid.....	25
3.1.1.2 Ontwerpsnelheid.....	25
3.1.1.3 Toegelaten snelheid.....	25
3.1.2 Toepassing van ontwerpsnelheden.....	26
3.1.2.1 Standaardwaarden ontwerpsnelheid hoofdbanen.....	26
3.1.2.2 Standaardwaarden ontwerpsnelheid niet-hoofdbanen.....	26
<b>4 Tracé.....</b>	<b>29</b>
4.1 Rijbaantypes.....	29
4.2 Knooppunten.....	31
4.2.1 Afweging knooppuntvorm.....	31
4.2.2 Vierarmige knooppunten.....	32
4.2.2.1 Standaardconfiguraties.....	32
4.2.2.2 Onvolledige knooppuntvormen.....	35
4.2.3 Driearmige knooppunten.....	35
4.2.3.1 Standaardconfiguraties.....	35
4.2.3.2 Onvolledige knooppuntvormen.....	37
4.2.4 Knooppunt nabij een aansluitingscomplex.....	37
4.3 Aansluitingscomplexen.....	38
4.3.1 Configuraties aansluitingscomplexen.....	38
4.3.1.1 Hollands complex.....	39

4.3.1.2	Halfklaverbladaansluiting.....	39
4.3.1.3	Volledige klaverbladaansluiting.....	40
4.3.1.4	Gecombineerde oplossingen.....	40
4.3.2	Configuratie van de gelijkvloerse kruispunten met het onderliggende wegennet.....	41
4.3.2.1	Aansluiting via Hollands complex.....	41
4.3.2.2	Aansluiting via halfklaverbladaansluiting.....	42
4.3.3	Structuur van de kruisende wegen.....	43
4.3.3.1	Zicht.....	44
4.3.3.2	Acceleratie en deceleratie.....	44
4.3.3.3	Wegbeeld.....	44
4.3.4	Afwikkeling op de aansluiting.....	44
4.3.4.1	Structuur van de aansluiting (ligging op- en afritten).....	44
4.3.4.2	Vormgeving van de gelijkvloerse kruispunten met het onderliggende wegennet.....	44
4.3.4.3	Ontwerp van de op- en afritten.....	45
4.3.4.4	Lengte van de afrit.....	45
4.3.4.5	Het voorzien van voorsorteerstroken.....	45
4.3.5	Inpassing van de aansluiting.....	45
4.3.5.1	Ruimtelijke inpasbaarheid.....	45
4.3.5.2	Inpasbaarheid in lengterichting.....	46
4.3.6	Ontwerpprincipes ter preventie van spookrijden.....	46
4.4	Parallelstructuur.....	48
4.5	Capaciteit.....	49
4.5.1	Capaciteitsgrootheden.....	49
4.5.1.1	Intensiteit.....	49
4.5.1.2	Capaciteit.....	49
4.5.1.3	Personenauto-equivalent.....	50
4.5.1.4	I/C-verhouding.....	50
4.5.2	Capaciteit van een rijstrook.....	51
4.5.3	Capaciteit van discontinuïteiten.....	51
4.5.3.1	Invoeging.....	51
4.5.3.2	Uitvoeging.....	52
4.5.3.3	Samenvoeging.....	53
4.5.3.4	Splitsing.....	55
4.5.3.5	Weefvak.....	57
4.5.3.6	Rijstrookbeëindiging.....	58
4.5.3.7	Rijstrookvermeerdering.....	59
<b>5</b>	<b>Wegvak.....</b>	<b>61</b>
5.1	Zicht.....	61
5.1.1	Zichtcriteria.....	62
5.1.1.1	Zichtlengte.....	62
5.1.1.2	Opbouw zichtlengte.....	63
5.1.2	Anticipatiezicht.....	63
5.1.2.1	Definitie.....	63
5.1.2.2	Opbouw zichtlengte.....	63
5.1.2.3	Maatgevende situatie.....	65
5.1.2.4	Minimale zichtlengte.....	65
5.1.3	Wegverloopzicht.....	65
5.1.3.1	Definitie.....	65
5.1.3.2	Opbouw zichtlengte.....	66
5.1.3.3	Maatgevende situatie.....	66
5.1.3.4	Minimale zichtlengte.....	66
5.1.4	Stopzicht.....	67

5.1.4.1	Definitie.....	67
5.1.4.2	Opbouw zichtlengte.....	67
5.1.4.3	Maatgevende situatie.....	67
5.1.4.4	Minimale zichtlengte.....	68
5.1.5	Waarnemen, inschatten en herkennen van horizontale bogen.....	69
5.1.5.1	Zicht op invoegend of wevend verkeer.....	72
5.1.5.2	Zicht op een rijstrookbeëindiging.....	73
5.2	Horizontaal alignement.....	74
5.2.1	Horizontale rechtstand.....	74
5.2.1.1	Functie.....	74
5.2.1.2	Ontwerpparameters.....	74
5.2.2	Horizontale boog.....	75
5.2.2.1	Functie.....	75
5.2.2.2	Ontwerpparameters.....	75
5.2.2.3	Minimale booglengte.....	75
5.2.2.4	Minimale boogstralen hoofdbanen.....	75
5.2.2.5	Minimale boogstralen niet-hoofdbanen.....	76
5.2.3	Overgangsboog.....	80
5.2.3.1	Functies.....	80
5.2.3.2	Ontwerpparameters.....	80
5.2.3.3	Toepassing.....	81
5.2.3.4	Ontwerpeisen.....	82
5.3	Verticaal alignement.....	84
5.3.1	Verticale rechtstand.....	84
5.3.1.1	Functies.....	84
5.3.1.2	Ontwerpparameters.....	84
5.3.2	Topboog.....	86
5.3.2.1	Functies.....	86
5.3.2.2	Ontwerpparameters.....	86
5.3.3	Voetboog.....	87
5.3.3.1	Functies.....	87
5.3.3.2	Standaardwaarden voetboog.....	87
5.4	Dwarsprofiel.....	89
5.4.1	Openbaar domein.....	89
5.4.2	Indeling en maatvoering dwarsprofiel.....	89
5.4.2.1	Profiel van minimumruimte.....	90
5.4.2.2	Profiel van vrije ruimte.....	91
5.4.3	Rijbaan.....	93
5.4.3.1	Rijstrook.....	93
5.4.3.2	Rijstrook- en langsmarkeringen.....	95
5.4.3.3	Bochtverbreding.....	95
5.4.4	Verharde zijstrook.....	96
5.4.4.1	Redresseerstrook.....	96
5.4.4.2	Pechstrook.....	97
5.4.5	Vergevingsgezindheid.....	97
5.4.5.1	Concept vergevingsgezindheid.....	97
5.4.5.2	Veiligheidsstrook algemeen.....	98
5.4.5.3	Dimensionering veiligheidsstrook.....	98
5.4.6	Wegberm.....	99
5.4.6.1	Middenberm.....	99
5.4.6.2	Buitenberm.....	100
5.4.6.3	Tussenberm.....	101
5.4.7	Talud.....	101

5.4.7.1	Neergaand talud .....	102
5.4.7.2	Opgaand talud .....	103
5.4.7.3	Waterpartijen (grachten, vijvers ..) .....	104
5.4.8	Andere voorwerpen versus vergevingsgezindheid .....	104
5.4.9	Spitsstrook.....	104
5.4.10	Bijzondere Overrijdbare Bedding.....	105
5.4.11	Pechhaven.....	106
5.4.11.1	Pechhaven algemeen.....	106
5.4.11.2	Pechhaven langs een spitsstrook.....	106
5.4.11.3	Pechhaven langs een BOB.....	107
5.4.12	Dwarshelling, ruimtelijke helling en afwatering.....	107
5.4.12.1	Standaard dwarshelling.....	108
5.4.12.2	Verkanting.....	108
5.4.12.3	Verkantingsovergang.....	109
5.4.12.4	Ruimtelijke helling.....	113
5.4.12.5	Afwatering.....	113
5.4.13	Wegbeeld .....	115
5.4.13.1	Voetbogen bij onsamenvangend wegbeeld.....	116
5.4.13.2	Ruimtelijk alignement.....	117
5.4.13.3	Fouten in het ruimtelijk alignement .....	120
<b>6</b>	<b>Discontinuïteiten .....</b>	<b>125</b>
6.1	Algemene ontwerpparameters discontinuïteiten .....	126
6.1.1	Acceleratielengte .....	126
6.1.1.1	Situering acceleratielengte.....	126
6.1.1.2	Berekening acceleratielengte.....	127
6.1.1.3	Acceleratielengte bij groot aandeel vrachtverkeer .....	127
6.1.2	Deceleratielengte.....	128
6.1.2.1	Situering deceleratielengte.....	128
6.1.2.2	Berekening deceleratielengte.....	128
6.1.2.3	Aandachtspunt afwatering.....	129
6.1.3	Puntstuk.....	130
6.1.4	Gaping.....	131
6.1.5.1	Eisen aan wegontwerp binnen de turbulentielengte.....	132
6.1.5	Turbulentieafstanden en turbulentielengtes.....	132
6.1.5.2	Afleiding gecombineerde turbulentielengte.....	133
6.2	Invoeging.....	134
6.2.1	Onderdelen.....	134
6.2.1.1	Toeleidende rijbaan.....	134
6.2.1.2	Puntstuk.....	134
6.2.1.3	Invoegstrook.....	134
6.2.2	Standaardoplossingen.....	135
6.2.3	Invoeging gecombineerd met BOB .....	135
6.2.4	Invoeging met doorlopende streep links .....	135
6.3	Uitvoeging.....	137
6.3.1	Onderdelen.....	137
6.3.1.1	Uitvoegstrook.....	137
6.3.1.2	Puntstuk.....	137
6.3.1.3	Afbuigende rijbaan.....	137
6.3.2	Standaardoplossingen.....	138
6.3.3	Uitvoeging gecombineerd met BOB .....	140
6.4	Samenvoeging.....	141
6.4.1	Samenvoeging met een gelijkblijvend aantal rijstroken.....	141

6.4.2	Samenvoeging met afnemend aantal rijstroken.....	142
6.5	Splitsing.....	143
6.5.1	Splitsing met een gelijkblijvend aantal rijstroken.....	143
6.5.2	Splitsingen met een toenemend aantal rijstroken.....	144
6.6	Weefvak.....	146
6.6.1	Gelijkwaardigheid van de verkeersstromen.....	146
6.6.2	Standaardoplossingen.....	147
6.7	Rijstrookbeëindiging.....	150
6.8	Rijstrookvermeerdering.....	152
<b>7</b>	<b>Wegaanhorigheden.....</b>	<b>153</b>
7.1	Afscherpende constructies.....	153
7.2	Bewegwijzering, bebording en bebakening.....	154
7.2.1	Bewegwijzering.....	154
7.2.1.1	Functies.....	154
7.2.1.2	Aspecten.....	154
7.2.2	Bebording.....	155
7.2.2.1	Functies.....	155
7.2.2.2	Aspecten.....	155
7.2.3	Bebakening.....	155
7.2.3.1	Horizontale bebakening.....	156
7.2.3.2	Verticale bebakening.....	156
7.2.4	Signaleren van bochten.....	156
7.3	Openbare verlichting.....	157
7.3.1	Aspecten.....	157
7.4	Dynamische signalisatievoorzieningen.....	158
7.4.1	Functies.....	158
7.4.2	Aspecten.....	158
7.4.3	Spitsstrooksignalisatie.....	158
7.5	Geluidswerende constructies.....	159
7.5.1	Functies.....	159
7.5.2	Aspecten.....	159
<b>8</b>	<b>Tunnels.....</b>	<b>161</b>
8.1	Verschillen tussen tunnels en standaard open wegvakken.....	162
8.1.1	Brandveiligheid en kans op filevorming.....	162
8.1.2	Dwarsprofiel.....	162
8.1.2.1	Aparte tunnelkokers.....	162
8.1.2.2	Rijstrook.....	162
8.1.2.3	Pechstrook of alternatieve ruimtereservering ten behoeve van de vlotte doorgang van prioritaire voertuigen.....	163
8.1.2.4	Veiligheidsstrook.....	164
8.1.2.5	Redresseerstrook.....	164
8.1.2.6	Pechhaven.....	164
8.1.2.7	Ruimtereservering voor personen die hun voertuig verlaten bij pech en bij brand.....	164
8.1.2.8	Calamiteitendoorgang in middenberm.....	166
8.1.3	Verticaal profiel van vrije ruimte.....	166
8.1.4	Zichtlengte.....	166
8.1.5	Horizontaal alignement.....	167
8.1.5.1	Horizontale rechtstand.....	167
8.1.5.2	Horizontale bogen.....	167
8.1.6	Verticaal alignement.....	169



8.1.6.1 Verticale bogen.....	169
8.1.6.2 Langshelling en verticale rechtstand.....	170
8.1.7 Convergentie- en divergentiepunten.....	171
8.2 Wegbeeld.....	172
8.2.1 De samengestelde boog.....	172
8.2.2 Overgang van de open naar de gesloten situatie.....	172
8.2.3 Omgeving van de tunnelingang en -uitgang.....	172
<b>Begrippenlijst.....</b>	<b>175</b>
<b>Afkortingenlijst.....</b>	<b>179</b>
<b>Referentielijst.....</b>	<b>181</b>

## Lijst figuren

figuur 1: Benadering wegontwerp van grof naar fijn.....	17
figuur 2: TEN-T Vlaanderen (versie 2014).....	24
figuur 3: Overzicht rijbaantypes.....	29
figuur 4: Overzicht type verbindingswegen in knooppunten.....	31
figuur 5: Standaard vierarmige knooppuntconfiguraties.....	34
figuur 6: Voorbeeld van een onvolledige vierarmige configuratie.....	35
figuur 7: Standaard driearmige knooppuntconfiguraties.....	36
figuur 8: Onvolledige driearmige configuratie.....	37
figuur 9: Hollands complex (links) en halfklaverbladaansluiting (rechts).....	38
figuur 10: Hollands complex.....	39
figuur 11: Halfklaverbladaansluiting.....	39
figuur 12: Gecombineerde oplossing.....	40
figuur 13: Aansluiting met een grote rotonde.....	41
figuur 14: Aansluiting met een kluifrotonde.....	41
figuur 15: Aansluiting met verkeerslichtengeregeld kruispunt.....	42
figuur 16: Aansluiting met een gevlochten Hollands complex.....	42
figuur 17: Aansluiting met twee rotondes.....	42
figuur 18: Aansluiting met een kluifrotonde.....	43
figuur 19: Aansluiting met een verkeerslichtengeregeld kruispunt.....	43
figuur 20: Vormgeving afrit t.h.v. onderliggende weg.....	46
figuur 21: Basisprincipes ontwerp aansluitingscomplex.....	47
figuur 22: Principeschets invoeging.....	51
figuur 23: Principeschets invoeging met tweestrookse toeleidende rijbaan (indien tweestrookse toeleidende rijbaan niet nodig is vanuit capaciteitsoverwegingen).....	52
figuur 24: Principeschets uitvoeging.....	52
figuur 25: Principeschets tweestrookse uitvoeging (boven) en uitvoegende taper (onder).....	53
figuur 26: Principeschets standaard (zuivere) samenvoeging.....	54
figuur 27: Principeschets samenvoeging met rijstrookbeëindiging voor convergentiepunt.....	54
figuur 28: Principeschets samenvoeging met rijstrookbeëindiging na convergentiepunt.....	54
figuur 29: Principeschets standaard splitsing.....	55
figuur 30: Principeschets splitsing met toenemend aantal rijstroken.....	56
figuur 31: Principeschets splitsing naar 1+2 rijstroken.....	56
figuur 32: Schematisering weefvak.....	57
figuur 33: Zichtafstanden in horizontale bogen met zichtbelemmerend voorwerp.....	64
figuur 34: Schematisering zichtlengte wegverloopzicht.....	66
figuur 35: Schematisering zichtlengte stopzicht.....	67
figuur 36: Schematiseringen voor bepaling stopzicht in horizontale bogen met een zichtbelemmerend voorwerp.....	71
figuur 37: Schematisering zicht op invoegend verkeer.....	72
figuur 38: Toelaatbare stralen bij opeenvolgende gelijkgerichte horizontale bogen in niet-hoofdbanen (rijrichting van $R_1$ naar $R_2$ ).....	78
figuur 39: Standaard clothoïde.....	80
figuur 40: Overgangsbogen in verschillende situaties.....	81
figuur 41: Langshelling, hellingspercentage, hellinglengte.....	84
figuur 42: Opbouw dwarsprofiel.....	90
figuur 43: Objectafstanden.....	93
figuur 44: Rijstrookbreedtes.....	94
figuur 45: Geleidelijke opbouw bochtverbreding in overgangsboog.....	96
figuur 46: Veiligheidsstrook.....	98
figuur 47: Buitenberm zonder obstakels in de veiligheidsstrook.....	101
figuur 48: Neergaand talud (geen obstakel).....	102
figuur 49: Neergaand talud tussen 12,5% en 25%.....	102
figuur 50: Neergaand talud als obstakel.....	103
figuur 51: Opgaand talud (geen obstakel).....	103
figuur 52: Opgaand talud als obstakel.....	104
figuur 53: Dwarsprofiel twee rijstroken + spitsstrook.....	105
figuur 54: Dwarsprofiel BOB.....	106

figuur 55: Pechhavens naast pechstrook op autosnelwegen.....	106
figuur 56: Pechhavens langs spitsstrook op autosnelwegen.....	107
figuur 57: Pechhavens langs BOB op autosnelwegen.....	107
figuur 58: Cirkelvormige verkantingsfiguur (geschematiseerd).....	109
figuur 59: Verkantingsovergang met illustratie van gebruikte symbolen en begrippen.....	112
figuur 60: Situering kolken.....	115
figuur 61: Horizontale knik.....	121
figuur 62: Verticale knik.....	121
figuur 63: Horizontale S-vorm.....	122
figuur 64: Verticale S-vorm met langshelling $\geq 0,5\%$ .....	122
figuur 65: Dubbele horizontale S-vorm.....	123
figuur 66: Dubbele verticale S-vorm.....	123
figuur 67: Acceleratielengte.....	126
figuur 68: Deceleratielengte.....	128
figuur 69: Dimensionering puntstuk.....	131
figuur 70: Gaping.....	131
figuur 71: Visualisatie afleiding turbulentielengte voor opeenvolging invoeging – invoeging en opeenvolging invoeging - uitvoeging.....	133
figuur 72: Standaard invoeging.....	134
figuur 73: Oplossing met tweestrookse toeleidende rijbaan (ontwerpsnelheid toeleidende rijbaan 90 km/h).....	135
figuur 74: Invoeging gecombineerd met BOB.....	135
figuur 75: Invoeging met doorlopende streep links.....	136
figuur 76: Standaardoplossingen éénstrookse uitvoeging.....	139
figuur 77: Tweestrookse uitvoeging.....	140
figuur 78: Uitvoeging gecombineerd met BOB.....	140
figuur 79: Samenvoeging gelijkblijvend aantal rijstroken.....	141
figuur 80: Samenvoeging met afnemend aantal rijstroken (De afmetingen in de afbeelding zijn gebaseerd op een ontwerpsnelheid van 120 km/h voor alle rijbanen).....	142
figuur 81: Splitsingen met een gelijkblijvend aantal rijstroken.....	143
figuur 82: Splitsingen met een toenemend aantal rijstroken.....	144
figuur 83: Enkele schematische voorbeelden weefvak.....	146
figuur 84: Standaardoplossing rijstrookbeëindiging bij ontwerpsnelheid $> 50$ km/h.....	150
figuur 85: Standaardoplossing rijstrookvermeerdering.....	152
figuur 86: Visualisatie minimale nuttige kokerbreedte $K_{\min}$ voor een tunnel van twee rijstroken voor vrachtverkeer.....	164
figuur 87: Niet verhoogde wachtzone aan rechterzijde tunnel.....	165
figuur 88: Niet verhoogd vluchtpad aan linkerzijde tunnel.....	165
figuur 89: Verhoogde opstelstrook voor inzittenden bij pech.....	166
figuur 90: Verhoogd vluchtpad aan linkerzijde indien geen middentunnelkanaal voorzien is.....	166
figuur 91: Zichtbeperking (stopzicht) in horizontale boog in een tunnel.....	167
figuur 92: Schematiseringen voor bepaling anticipatiezicht.....	168
figuur 93: Schematiseringen voor bepaling wegverloopzicht.....	168
figuur 94: Schematiseringen voor bepaling stopzicht.....	168
figuur 95: Schematisering zichtlengte (stopzicht) in voetboog.....	169
figuur 96: Schematisering zichtlengte (stopzicht) in voetboog met kleine booglengte.....	170

## Lijst tabellen

tabel 1: Ontwerpsnelheid hoofdbanen EHW en VHW ingericht als snelweg.....	26
tabel 2: Ontwerpsnelheid parallelbaan en rangeerbaan.....	27
tabel 3: Ontwerpsnelheid verbindingswegen.....	27
tabel 4: Overzicht maatgevende zichtlengte per zichtcriterium bij hellingspercentage van 0%.....	62
tabel 5: Minimale zichtlengte anticipatiezicht.....	65
tabel 6: Minimale zichtlengte wegverloopzicht.....	67
tabel 7: Minimale zichtlengte stopzicht bij een langshellingspercentage van 0%.....	68
tabel 8: Minimale zichtlengte (m) stopzicht (niet afgeronde waardes) bij verschillende standaardwaardes van hellingspercentages.....	68
tabel 9: Standaardwaardes voor zicht op een krappe horizontale boog.....	70
tabel 10: Minimale horizontale boogstralen bij kans op zichtproblemen.....	71
tabel 11: Standaardwaardes zichtlengte ten behoeve van zicht op invoegend of wevend verkeer.....	73
tabel 12: Standaardwaardes voor zicht op een rijstrookbeëindiging.....	73
tabel 13: Minimale en maximale lengte horizontale rechtstand.....	74
tabel 14: Minimale booglengte.....	75
tabel 15: Minimale horizontale boogstraal in hoofdbanen.....	76
tabel 16: Dwarswrijvingscoëfficiënten $f_d$ .....	76
tabel 17: Minimale horizontale boogstraal niet-hoofdbanen in relatie tot de verkanting.....	77
tabel 18: Bovengrenzen toepassing overgangsboog.....	81
tabel 19: Richtwaarden clothoïdeparameter A.....	82
tabel 20: $C_{\text{toelaatbaar}}$ .....	82
tabel 21: Richtwaarden maximale hellingspercentages en hellingslengtes bij verticale rechtstand.....	86
tabel 22: Waarden van parameters voor topbogen.....	86
tabel 23: Minimale boogstralen topboog.....	87
tabel 24: Gewenste en minimale waarden voetboog.....	87
tabel 25: Minimale waarden voetboog in onderdoorgangen op basis van comfort.....	88
tabel 26: Horizontale minimumruimte.....	91
tabel 27: Verticale minimumruimte.....	91
tabel 28: Horizontale objectafstanden.....	92
tabel 29: Verticaal profiel van vrije ruimte.....	92
tabel 30: Standaard rijstrookbreedte.....	94
tabel 31: Standaard rijstrookbreedtes invoegstrook, uitvoegstrook, weefstrook.....	95
tabel 32: Breedte langsmarkering.....	95
tabel 33: Minimale bochtverbreding per rijstrook.....	96
tabel 34: Minimum breedte veiligheidsstrook ter hoogte van de middenberm.....	99
tabel 35: Minimum breedte veiligheidsstrook buitenberm op doorgaande wegvakken.....	100
tabel 36: Standaard dwarshelling.....	108
tabel 37: Grenswaarden horizontale boogstralen waaronder verkanting noodzakelijk is.....	108
tabel 38: Maximale verkanting in bogen.....	109
tabel 39: Ondergrens relatieve helling.....	111
tabel 40: Bovengrens relatieve helling.....	111
tabel 41: Grenswaarden ruimtelijke helling (de waarden voor de ondergrens van de ruimtelijke helling zijn niet van toepassing binnen verkantingsovergangen).....	113
tabel 42: Grenswaarden ruimtelijke helling afhankelijk van de langshelling.....	114
tabel 43: Voetbogen hoofdbanen ter voorkoming van knik in wegbeeld.....	117
tabel 44: Toepassingen van gecombineerd horizontaal en verticaal alignement.....	118
tabel 45: Acceleratielengtes bij verschillend hellingspercentage.....	127
tabel 46: Deceleratielengte $L_{d1}$ bij verschillend hellingspercentage (scenario 1).....	129
tabel 47: Deceleratielengte $L_{d2}$ bij verschillend hellingspercentage (scenario 2).....	129
tabel 48: Turbulentielengtes (Bij de discontinuïteit 'rijstrookvermeerdering' is geen sprake van relevante turbulentie)132	132
tabel 49: Lengtes van invoegstrook.....	134
tabel 50: Standaardlengtes van éénstrooks uitvoeging.....	139
tabel 51: Standaardlengtes van tweestrookse uitvoeging met verbreding aan rechterzijde (de lengte van de overgangscurve wordt 2x toegepast bij een tweestrookse uitvoeging met verbreding aan de rechterzijde) ( <a href="#">zie figuur 77a</a> ).....	139
tabel 52: Standaardlengtes van tweestrookse uitvoeging met taperende linkse uitvoegstrook ( <a href="#">zie figuur 77c</a> ).....	140

tabel 53: Eisen aan dimensionering samenvoeging.....	141
tabel 54: Standaardlengtes van splitsingen met een gelijkblijvend aantal rijstroken.....	143
tabel 55: Standaardlengtes van splitsingen met toenemend aantal rijstroken.....	145
tabel 56: Indicatieve weefvaklengte bij 15% vrachtverkeer per ontwerpsnelheid.....	148
tabel 57: Minimumlengtes asymmetrische weefvakken per ontwerpsnelheid.....	149
tabel 58: Dimensionering rijstrookbeëindiging.....	150
tabel 59: Dimensionering verbreding met rijstrookvermeerdering.....	152
tabel 60: Standaard maatgevende parameters voor de bepaling van horizontale boogstralen.....	168
tabel 61: Aanbevolen maximale hellingslengte bij verticale rechtstand, afhankelijk van het hellingspercentage.....	171





## Voorwoord

Het Agentschap Wegen en Verkeer (AWV) staat in voor het beheer, het onderhoud en de optimalisatie van circa 7 000 km gewestwegen en autosnelwegen in Vlaanderen. Een veilige, vlotte en duurzame mobiliteit voor alle weggebruikers staat hierin centraal, reeds van in het begin van het ontwerpproces.

De richtlijnen uit dit vademecum zijn van toepassing op alle Europese hoofdwegen of Vlaamse hoofdwegen die als Europese hoofdweg ontworpen worden.

Dit vademecum legt een hoge norm op voor het ontwerp. Op deze manier worden maximale vrijheidsgraden voor de toekomst gehanteerd om een robuust en veerkrachtig netwerk in stand te houden.

**Dit is de tweede versie van het vademecum. Een eerste versie werd in 2018 uitgegeven en kwam tot stand met de medewerking van MINT-INFRANEA en KPMD. In de toekomst zullen regelmatig updates gepubliceerd worden. Opmerkingen en vragen kunnen in tussentijd via mail bezorgd worden aan de afdeling Verkeer, Wegsystemen en Telematica van het Agentschap Wegen en Verkeer ([verkeerwegsystemen.telematica@mowvlaanderen.be](mailto:verkeerwegsystemen.telematica@mowvlaanderen.be)).**



# 1 Inleiding - Vademecum en beleid

Het doel van dit vademecum is het verzamelen van alle ontwerprichtlijnen voor het geometrisch ontwerp van Europese hoofdwegen en Vlaamse hoofdwegen die als Europese hoofdweg worden ontworpen in Vlaanderen.

Het dient als bindend document tussen de wegbeheerder/opdrachtgever en een (ontwerp) opdrachtnemer voor het ontwerp binnen verschillende contractvormen. Om die reden moet het vademecum duidelijk en ondubbelzinnig zijn en is een standaardmaatvoering gekozen voor alle ontwerpcomponenten. Het toepassen van deze standaardmaatvoering voor de verschillende ontwerpcomponenten moet leiden tot een integraal en kwalitatief wegontwerp dat in zijn geheel voldoet aan de gewenste basiskwaliteit. De achterliggende theorieën en onderbouwingen worden weergegeven voor zover nodig geacht om dit vademecum efficiënt te gebruiken en zonder in te gaan op de theoretische onderbouwing van formules.

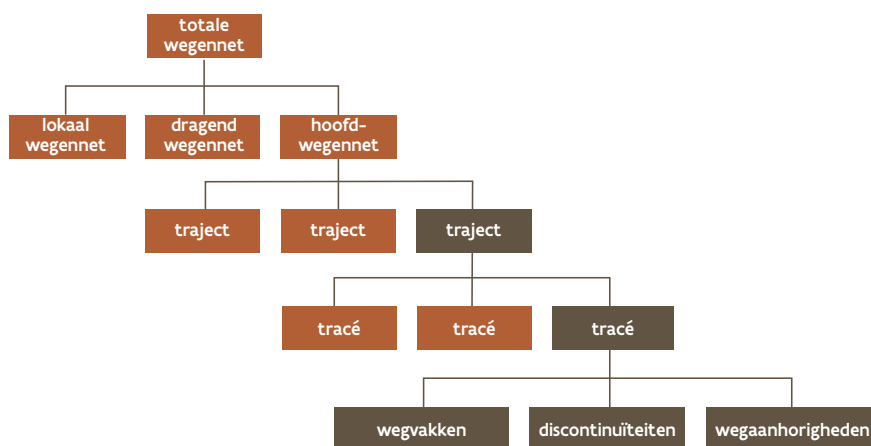
Bij het opstellen van dit vademecum is gekozen voor een beleidsneutraal vademecum, geoptimaliseerd vanuit de speerpunten verkeersveiligheid, doorstroming en leesbaarheid van de weg.

## 1.1 Opbouw van het vademecum

Zowel in de ontwikkelingsfase als in de realisatiefase van nieuw aan te leggen infrastructuur hebben de functies, aspecten en elementen van een project onderlinge relaties. Deze worden bepaald en omschreven van grof naar fijn, zoals weergegeven in volgende benadering:

- het totale wegennetwerk;
- het hoofdwegennet als onderdeel van het totale wegennet;
- een traject: een weg als onderdeel van het hoofdwegennet;
- een tracé: een deel van het traject als onderdeel van het totale traject;
- een wegvak: een deel van het tracé als onderdeel van het totale tracé;
- een discontinuïteit: het raakvlak tussen verschillende wegvakken;
- de wegaanhorigheden.

Een schematische weergave van deze benadering is weergegeven in onderstaande figuur.



figuur 1: Benadering wegontwerp van grof naar fijn

De indeling in hoofdstukken van dit vademecum is opgevat in overeenstemming met hoger vermelde benadering van grof naar fijn.

- Wegennetwerk
- Traject
- Tracé
- Wegvak
- Discontinuïteiten
- Wegaanhorigheden
- Tunnels

## 1.2 Visie op dit vademecum

Het uitgangspunt bij het opstellen van dit vademecum is het voorschrijven van een basiskwaliteit. Om deze basiskwaliteit te realiseren is een ontwerp nodig dat de volgende aspecten waarborgt:

- Gewenste verkeersveiligheid
- Gewenste doorstroming
- Gewenste leesbaarheid van de weg

Het vademecum heeft diverse doelgroepen en moet ten dienste staan van beleidsmakers, verkeerskundigen, opdrachtgevers, wegontwerpers en verkeersveiligheidsauditors. Voor beleidsmakers biedt het vademecum een ondersteuning en vormt het een referentiekader als beleidskeuzes gemaakt moeten worden. Aan verkeerskundigen verschaft dit vademecum inzicht in de relatie tussen verkeersveiligheid en doorstroming enerzijds en de geometrie van de weg anderzijds. Voor opdrachtgevers, wegontwerpers en verkeersveiligheidsauditors is dit vademecum een gemeenschappelijk referentiewerk.

Inhoudelijk vormt het vademecum een bindende richtlijn waarin alle ontwerpcomponenten aan bod komen in verhouding tot hun complexiteit en belang. De ondergrens van de technische basiskwaliteit wordt helder vastgelegd zodat enerzijds de ontwerpvrijheid van de ontwerper niet onnodig wordt beperkt en anderzijds geen vrije interpretatie ontstaat van de ontwerpvoorschriften. Bij concrete situaties, waar standaardmaatvoering onmogelijk is, geeft het vademecum de afwijkingmarges aan. Het vademecum fungeert ook als maatstaf voor het verifiëren van het ontwerp en voor de validatie ervan.

## 1.3 Belangrijkste wijzigingen

De volgende wijzigingen zijn ten opzichte van het VWI deel autosnelwegen (2018) in deze versie opgenomen:

- Afstemming met de nieuwe versie (versie 1.1, dd. 12/1/22) van de Nederlandse ["Richtlijn Ontwerp Autosnelwegen"](#) (ROA 2019) van Rijkswaterstaat.
- Bepaalde onderdelen zijn op basis van de ontvangen feedback verduidelijkt of aangepast.
- Er is rekening gehouden met de nieuwe wegcategorisering en de brochure ["Basisprincipes inrichting robuust wegnet: Europese hoofdwegen & Vlaamse hoofdwegen"](#).
- Er is rekening gehouden met de nieuwste versie (2020) van het ["Vademecum vergevingsgezinde wegen \(VVG\) deel gemotoriseerd verkeer"](#).
- Er is rekening gehouden met bepalingen uit het ["Vademecum weginfrastructuur \(VWI\) deel natuurtechniek"](#).
- De maximale lengte bij een verticale rechtstand en de minimale en gewenste waarden van top- en voetbogen zijn aangepast (hoofdstuk verticaal alignement).
- De noodzaak en mate van bochtverbreding is aangepast.
- De richtlijnen voor het ombouwen van een pechstrook tot een spitsstrook zijn aangepast.
- De richtlijnen voor een Bijzonder Overrijdbare Bedding zijn aangepast.
- De lengte van een uitvoegende taper is aangepast alsook de maximale lengte van een weefvak.

- De richtlijnen voor het berekenen van turbulentielengtes zijn aangepast.
- De richtlijnen met betrekking tot maatregelen ter preventie van spookrijden zijn uitgebreid.
- Het hoofdstuk over tunnels is aangepast.





## 2 Wegennetwerk

De Vlaamse Regering besloot in het Regeerakkoord 2019-2024 om een nieuwe wegencategorisering in te voeren. Het nieuwe netwerkconcept gaat uit van een multimodale benadering en is robuust, vlot in alle omstandigheden, meer samenhangend en werkt met eenvoudige benamingen. Voor de hoofdwegen en dragende wegen wordt er afgestapt van een boomstructuur maar wordt er gewerkt met raster en mazen.

Binnen de nieuwe wegencategorisering wordt er een onderscheid gemaakt in drie hiërarchische lagen:

- Hoofdwegennet: Europese hoofdwegen (EHW) & Vlaamse hoofdwegen (VHW)

De Europese hoofdwegen vormen een zelfstandig grofmazig raster van verbindingswegen. De Europese hoofdwegen zijn drager van internationaal verkeer en verbinden de internationale knooppunten met het buitenland. De Europese hoofdwegen behoren tot het Europese TEN-T-netwerk. De Vlaamse hoofdwegen zijn verbindingen tussen de Europese hoofdwegen. Ze vormen op zich geen zelfstandig netwerk, maar verfijnen samen met de Europese hoofdwegen een raster van hoofdwegen. Vlaamse hoofdwegen kunnen deel uitmaken van het Europese TEN-T-netwerk.

- Dragend wegennet: Regionale wegen (RW) & Interlokale wegen (IW)

Het dragende netwerk kan bij capaciteitsproblemen van het hoofdwegennet ingeschakeld worden om het hoofdwegennet te ondersteunen, waarbij de lokale wegen vrij van doorgaand verkeer blijven. De regionale wegen vormen verbindingen tussen gemeenten onderling en het hoofdwegennet enerzijds en tussen het hoofdwegennet en de regionale logistieke knopen anderzijds. De interlokale wegen verbinden niet-aanpalende gemeenten. Ze ontsluiten belangrijke recreatieve en economische attractiepolen.

- Lokaal wegennet: Lokale ontsluitingswegen (OW) & Lokale erftoegangswegen (EW)

De lokale wegen hebben geen verbindingfunctie. Ze ontsluiten aanpalende gemeenten voor elkaar. Ze ontsluiten het gebied tussen de wegen die de Vlaamse Regering selecteert binnen de hoofdwegen of het dragend net, of functioneren als erftoegangswegen. De lokale wegen vormen boomstructuren.

### 2.1 Selectie hoofdwegen

Voor elke wegencategorie heeft één overheidsniveau de formele taak de selectie te bepalen. Een andere overheid heeft steeds een adviserende rol. Voor de Europese en Vlaamse hoofdwegen maakt de Vlaamse Regering een voorstel op en legt ze de uiteindelijke indeling vast. De gemeenten hebben via de vervoerregio's enkel een adviserende rol.

Bij de opmaak van dit vademecum ligt er een ontwerp van hoofdwegennet, met daarbij een opsplitsing in Europese en Vlaamse hoofdwegen, op tafel maar dit is nog niet bekrachtigd via een Besluit van de Vlaamse Regering.

## 2.2 Inrichtingsprincipes hoofdwegen

De brochure "[Basisprincipes inrichting robuust wegennet: Europese hoofdwegen & Vlaamse hoofdwegen](#)" fungeert als een visiedocument voor de inrichting van het robuust wegennet met betrekking tot de Europese en de Vlaamse hoofdwegen. In het document worden de basisprincipes en ambities vastgelegd voor de inrichting van het hoofdwegennet.

### 2.2.1. Europese hoofdwegen

#### 2.2.1.1. Basisprincipes van Europese hoofdwegen

- Europese hoofdwegen worden ingericht als een autosnelweg met gescheiden rijrichtingen en met een pechstrook en pechhavens.  
Een EHW is een openbare weg waarop aanpalende eigendommen geen uitweg hebben (cfr. Europees verdrag inzake wegverkeer) en waarbij de rijrichtingen via een voldoende brede middenberm of fysiek van elkaar gescheiden zijn. Omwille van veiligheidsredenen en de herkenbaarheid, wordt een EHW uitgerust met een pechstrook en met pechhavens.
- Europese hoofdwegen zijn ontworpen voor gemotoriseerd verkeer.  
Een EHW is een openbare weg die speciaal is ontworpen voor het verkeer met motorvoertuigen (zijnde vrachtverkeer, autoverkeer en motorrijders).
- Het aantal aansluitingen op Europese hoofdwegen blijft beperkt.  
De hoofdbaan van een EHW staat in voor een goede doorstroming en homogeniteit van het doorgaand verkeer. Het ontwerp moet daarom voorzien in een zo groot mogelijke continuïteit. De uitwisseling van het verkeer op de hoofdbaan met het onderliggende wegennet of met andere EHW leidt tot turbulentie in de verkeersstroom en mogelijks tot snelheidsverschillen. Om de doelstellingen te garanderen wordt het aantal aansluitingen beperkt gehouden waarbij een tussenafstand van minimaal ca. 10 km de streefwaarde is.
- Kruispunten op Europese hoofdwegen zijn uitsluitend ongelijkvloers.  
De kruising van een EHW met een andere weg gebeurt uitsluitend ongelijkvloers. De uitwisseling van stromen gebeurt:
  - ofwel via een knooppunt of een verkeerswisselaar (dit is een ongelijkvloers kruispunt van twee verschillende autosnelwegen waartussen uitwisseling mogelijk is);
  - ofwel via een aansluitingscomplex of een op- en afrittencomplex.
- De ontwerpsnelheid op hoofdbanen van Europese hoofdwegen bedraagt 120 km/h.  
De ontwerpsnelheid ( $v_0$ ) van hoofdbanen op de EHW bedraagt 120 km/h. Deze ontwerpsnelheid van 120 km/h laat toe dat de maximale vrijheidsgraden voor de toekomst gegarandeerd blijven en zorgt voor een uniform wegbeeld binnen een traject. Zeer uitzonderlijk kan van deze ontwerpsnelheid van 120 km/h afgeweken worden. Afwijkingen moeten grondig gemotiveerd worden aan de hand van een risicoanalyse en een Maatschappelijke Kosten-Batenanalyse (MKBA).
- Langs Europese hoofdwegen wordt een bouwvrije strook voorzien.  
De creatie van een bouwvrije strook van 30 m langs een EHW (gemeten vanaf de grens van het domein van de autosnelweg) laat door het bundelen van de infrastructuur een efficiënt ruimtegebruik toe. Bijkomend garandeert het ook de bereikbaarheid en/of leefbaarheid door o.a. aanpassingen en eventueel uitbreidingen van de weg. Voor de EHW die op basis van de wet van 12 juli 1956 tot vaststelling van het statuut der autosnelwegen bij de categorie autosnelwegen werden ingedeeld, geldt er een wettelijke bouwvrije strook. Wat in die bouwvrije stroken ondanks het principiële bouwverbod kan of moet worden toegestaan in het kader van een vergunningsaanvraag van een aangelande, wordt geregeld in het Besluit van de Vlaamse Regering betreffende de vrije stroken langs autosnelwegen van 25 januari 2019. Dit BVR is een direct werkende norm waarop AWW zich in haar advies kan baseren, en waarmee de vergunningverlener rekening moet houden.

### 2.2.1.2. Ambities van Europese hoofdwegen

- Europese Hoofdwegen worden ontworpen rekening houdend met de kwaliteit van de omgeving.  
Bij het ontwerp van EHW worden de 10 kernkwaliteiten van de strategische visie van het [Beleidsplan Ruimte Vlaanderen](#) toegepast. Op die manier wordt bijgedragen aan de kwaliteit van de omgeving. De 10 kernkwaliteiten kunnen telkens gebiedsgericht voor elk ontwerp vertaald worden door ambities of uitdagingen te formuleren. De omgeving waarin men ontwerpt zal hierbij een bepalende factor zijn. Enkele relevante kernkwaliteiten (niet exhaustief) zijn:
  - Gezondheid: bij het ontwerp moet maximaal getracht worden om emissies (geluid en lucht) aan de bron te beperken en moet getracht worden om overdracht van emissies naar de omgeving te beperken. Dit kan bijvoorbeeld door o.a. toepassing van een stille wegverharding, een aangepaste (lagere) snelheid, aanleg van geluidsbermen, geluidschermen, gerichte ondertunneling/overkapping (hierbij moet rekening gehouden worden met de locatie van de tunnelmonden i.f.v. luchtkwaliteit en geluid) en de inplanting van het traject (voldoende afstand tot woningen en andere gevoelige functies ...).
  - Waardering van erfgoed en de karakteristieken van het landschap: het ontwerp gebeurt met respect voor het onroerend erfgoed, de karakteristieken van het landschap en de cultuurhistorische waarden.
  - Biodiversiteit, ecologische samenhang en bodemkwaliteit: het ontwerp dient rekening te houden met biodiversiteit, ecologische samenhang en bodemkwaliteit. Dit kan bijvoorbeeld door het voorzien in behoud van ecologisch functioneren zoals ecoducten en ontsnipperende maatregelen.
- Er is een vlotte doorstroming van het openbaar vervoer op Europese hoofdwegen.  
Het ontwerp ambieert voor het kernnet een vlotte doorstroming van het openbaar vervoer om een hoge betrouwbaarheid en efficiënte dienstverlening aan de reiziger aan te bieden.
- De filekans op Europese hoofdwegen is beperkt.  
Naast een ontwerpsnelheid, wat omwille van veiligheidsredenen bepalend is, wordt er een ambitieniveau opgenomen voor wat betreft de filekans. Op EHW wordt gestreefd naar een gemiddelde afwikkelingssnelheid van 70 km/h tijdens de ochtendspits en een reistijdverhouding van maximaal 1.5 (dit is de verhouding tussen de freeflowreistijd en de gemiddelde reistijd tijdens de ochtendspits). Het ambitieniveau op EHW die deel uitmaken van de R0, R1 of R2 is een reistijdverhouding van maximaal 2 tijdens de ochtendspits.

### 2.2.2. Vlaamse hoofdwegen

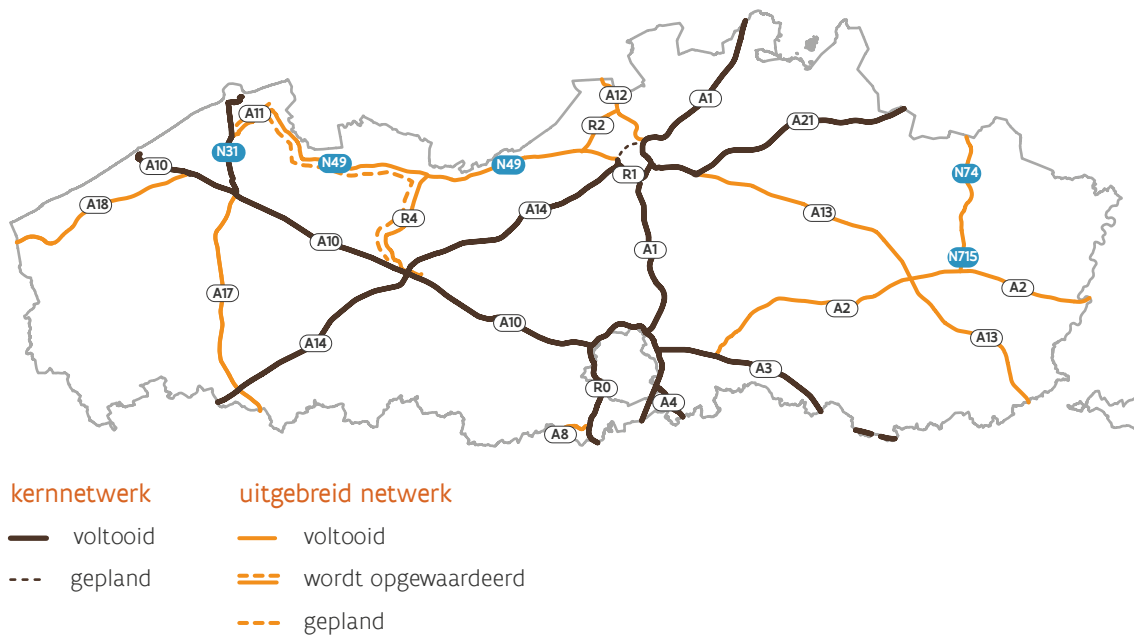
Voor de inrichting van een Vlaamse hoofdweg kan er gekozen worden om deze in te richten als een Europese hoofdweg en dan zijn de inrichtingsprincipes uit [hoofdstuk "2.2.1. Europese hoofdwegen"](#) van toepassing en voorliggend vademecum, of er kan voor gekozen worden om onderstaande inrichtingsprincipes en ambities toe te passen:

- Basisprincipes van Vlaamse hoofdwegen:
  - Vlaamse hoofdwegen worden ingericht als een weg met gescheiden rijrichtingen zonder toegang tot aanpalende eigendommen en met een passeermogelijkheid i.g.v. calamiteiten.
  - Vlaamse hoofdwegen zijn ontworpen voor gemotoriseerd verkeer.
  - Het aantal aansluitingen op Vlaamse hoofdwegen blijft beperkt.
  - Kruispunten op Vlaamse hoofdwegen zijn ongelijkvloers, verkeerslichtengeregeld of ontworpen als een rotonde.
  - De ontwerpsnelheid op hoofdbanen van Vlaamse hoofdwegen bedraagt 90 km/h.
  - Langs Vlaamse hoofdwegen wordt een bouwvrije strook voorzien.
- Ambities van Vlaamse hoofdwegen:
  - Vlaamse hoofdwegen worden ontworpen rekening houdend met de kwaliteit van de omgeving.
  - Er is een vlotte doorstroming van het openbaar vervoer op Vlaamse hoofdwegen.
  - De filekans op Vlaamse hoofdwegen is beperkt.

Meer informatie over de inrichting van Vlaamse hoofdwegen kan worden teruggevonden in de brochure [“Basisprincipes inrichting robuust wegennet: Europese hoofdwegen & Vlaamse hoofdwegen”](#) en in het Vademecum weginfrastructuur (VWI) deel Vlaamse hoofdwegen ([in opmaak](#)).

## 2.3 Trans-European Transport Network

Een aantal hoofdwegen zijn onderdeel van het TEN-T (Trans-European Network for Transport). Met dit netwerk wil de Europese Unie (EU) ervoor zorgen dat goederen en personen zich eenvoudig van het ene EU-land naar het andere kunnen verplaatsen. De hoofdwegen opgenomen in het TEN-T zijn weergegeven in [figuur 2](#).



figuur 2: TEN-T Vlaanderen (versie 2014)



## 3 Traject

Een traject is een weg binnen het totale wegennetwerk of een combinatie van enkele delen van meerdere wegen. Het hoofdwegennetwerk kan verdeeld worden in verschillende trajecten. Bij die verdeling wordt rekening gehouden met de (grote) doorgaande stromen zodat een traject een belangrijke doorgaande route voor grote aandelen verkeer omvat. Een traject komt meestal overeen met één routenummer, bijvoorbeeld de autosnelweg A17 tussen Kortrijk en Brugge.

De keuzes op netwerkniveau gelden als randvoorwaarden voor het trajectniveau. Het trajectniveau is het meest gedetailleerde beleidsniveau en geldt daarmee als basis voor het ontwerpproces dat van toepassing is op het onderliggende detailniveau, met name het tracéniveau. De belangrijkste (beleids)variabelen op trajectniveau zijn:

- Ontwerpsnelheid
- (Locatie van) aansluitingen op het onderliggende wegennet

Het is van belang om op trajectniveau na te denken over de ontwerpimplicaties van beleidsmatige keuzes voor een traject.

### 3.1 Ontwerpsnelheid

#### 3.1.1 Definities

##### 3.1.1.1 $v_{85}$ -snelheid

De  $v_{85}$ -snelheid komt overeen met de 85-percentiel snelheid. Dit is de daadwerkelijke snelheid die door 85% van de bestuurders niet wordt overschreden in normale weersomstandigheden. Ze weerspiegelt de snelheid die een ruime meerderheid (85%) van bestuurders als redelijk en veilig beschouwt in ideale omstandigheden.

##### 3.1.1.2 Ontwerpsnelheid

De ontwerpsnelheid ( $v_o$ ) is de gekozen voertuigsnelheid die maatgevend is voor de dimensionering van de weg en de ontwerpelementen. De ontwerpsnelheid moet een afspiegeling zijn van de snelheid die de meeste bestuurders bij een bepaald wegontwerp van nature kiezen, met name de  $v_{85}$ -snelheid.

##### 3.1.1.3 Toegelaten snelheid

De toegelaten snelheid of maximumsnelheid ( $v_{max}$ ) is de hoogste snelheid die op een wegvak of op een bepaald gedeelte van een wegvak is toegestaan. De toegelaten snelheid kan lager ingesteld worden dan de ontwerpsnelheid. Dit kan bijvoorbeeld wenselijk zijn vanwege omgevingsaspecten (stedelijk gebied, milieu) en/of op locaties met veel turbulenties in de verkeersstroom of veel vrachtverkeer.

Er sprake is van een verkeersveilig ontwerp indien het verschil tussen de toegelaten snelheid en de  $v_{85}$  niet meer dan 10 km/h bedraagt. Dit verschil van 10 km/h is de bovengrens.

### 3.1.2 Toepassing van ontwerpsnelheden

Voor de ontwerpsnelheid van hoofdwegen wordt onderscheid gemaakt in hoofdbanen enerzijds en rangeerbanen, parallelbanen en verbindingswegen anderzijds.

De volgende ontwerpsnelheden worden onderscheiden:

- 120 km/h
- 100 km/h
- 90 km/h
- 70 km/h
- 50 km/h

De toepassing van de verschillende ontwerpsnelheden is afhankelijk van:

- Functionaliteit, homogeniteit, vergevingsgezindheid en herkenbaarheid
- Functie/belang van het traject of knooppunt in het nationale en internationale wegennet

#### 3.1.2.1 Standaardwaarden ontwerpsnelheid hoofdbanen

De ontwerpsnelheid in Vlaanderen van hoofdbanen van Europese hoofdwegen of van Vlaamse hoofdwegen ingericht als autosnelweg is 120 km/h ([zie tabel 1](#)). Deze ontwerpsnelheid van 120 km/h laat toe dat de maximale vrijheidsgraden voor de toekomst gegarandeerd blijven en zorgen voor een uniform wegbeeld binnen een traject.

ontwerpsnelheid hoofdbanen (km/h)
120

tabel 1: Ontwerpsnelheid hoofdbanen EHW en VHW ingericht als snelweg

Zeer uitzonderlijk kan van deze snelheid van 120 km/h afgeweken worden. Afwijkingen moeten grondig gemotiveerd worden aan de hand van een risicoanalyse en een Maatschappelijke Kosten-Batenanalyse (MKBA). Binnen een traject kan maximaal één keer een deel van een traject met een verlaagde ontwerpsnelheid toegepast worden. Er wordt immers gestreefd naar een zo uniform mogelijk wegbeeld binnen één traject. De locaties van deze afwijking dienen zo gekozen te worden dat deze logisch zijn binnen het wegbeeld.

#### 3.1.2.2 Standaardwaarden ontwerpsnelheid niet-hoofdbanen

De categorie niet-hoofdbanen omvat rangeerbanen, parallelbanen, verbindingswegen en op- en afritten ([zie hoofdstuk "4.1 Rijbaantypes"](#)). Deze rijbanen van een Europese hoofdweg worden allen vormgegeven als autosnelweg.

De ontwerpsnelheid van parallelbanen is afhankelijk van de functie van deze rijbanen in het netwerk. Deze banen vervullen de functie van uitwisseling tussen verschillende type rijbanen en worden voornamelijk gebruikt door korte afstandsverkeer. De ontwerpsnelheid ligt maximaal 30 km/h lager dan op de hoofdbaan. Indien de parallelbaan een belangrijke functie voor het langeafstandsverkeer vervult, heeft deze rijbaan een ontwerpsnelheid gelijk aan de hoofdbaan. Bij een lengte van meer dan 5 km moet afgewogen worden of de ontwerpsnelheid van de hoofdbaan ook op de parallelbaan toegepast moet worden, aangezien de parallelbaan boven deze lengte steeds belangrijker wordt voor lange afstandsverkeer. Bovendien ervaart de weggebruiker een dergelijke lange parallelstructuur niet meer als lagere categorie maar als gelijkwaardig aan de hoofdbaan, waardoor hij zijn snelheid hierop zal aanpassen.

De ontwerpsnelheid van rangeerbanen is één stap lager dan de ontwerpsnelheid van de hoofdbaan, dus 100 of 90 km/h ([zie tabel 2](#)).

type rijbaan	ontwerpsnelheid	
	parallelbaan (km/h)	rangeerbaan (km/h)
niet-hoofdbaan langs doorgaande hoofdbaan	120 / 100 / 90	100 / 90

tabel 2: Ontwerpsnelheid parallelbaan en rangeerbaan

De ontwerpsnelheid van verbindingswegen is afhankelijk van het type verbindingsweg ([zie hoofdstuk “4.2 Knooppunten”](#)). Voor directe verbindingswegen geldt een standaard ontwerpsnelheid van 90 km/h of in zeer uitzonderlijke gevallen 70 km/h.

Voor semidirecte verbindingswegen geldt een standaard- en tevens minimumwaarde van 70 km/h. Voor indirecte verbindingswegen wordt een ontwerpsnelheid van minimaal 50 km/h toegepast (tevens de standaard waarde). De lagere ontwerpsnelheid laat toe dat de weggebruiker na een uitvoeging en vóór een invoeging de voertuigsnelheid geleidelijk kan aanpassen en zo het risico van kop-staartbotsingen wordt verminderd.

type verbindingsweg	ontwerpsnelheid (km/h)
directe verbindingsweg	90 (standaard) 70 (in zeer uitzonderlijke gevallen)
semidirecte verbindingsweg	70 (standaard en minimum)
indirecte verbindingsweg	50 (standaard en minimum)

tabel 3: Ontwerpsnelheid verbindingswegen

De ontwerpsnelheid van een oprit en een afrit bedraagt in functie van de specifieke situatie 100, 90, 70 of 50 km/h. De ontwerpsnelheden van 70 km/h en 50 km/h sluiten goed aan bij het alignement en ondersteunen de inpasbaarheid van compacte knooppuntoplossingen in een dichtbebouwde omgeving. Het geeft de weggebruiker na de uitvoeging en voor de invoeging de mogelijkheid om de voertuigsnelheid geleidelijk aan te passen en het risico van kop-staartbotsingen wordt verminderd. Voor de ontwerpsnelheden van op- en afritten wordt verwezen naar de stappentheorie ([zie hoofdstuk “5.2.2.5 Minimale boogstralen niet-hoofdbanen”](#)).



## 4 Tracé

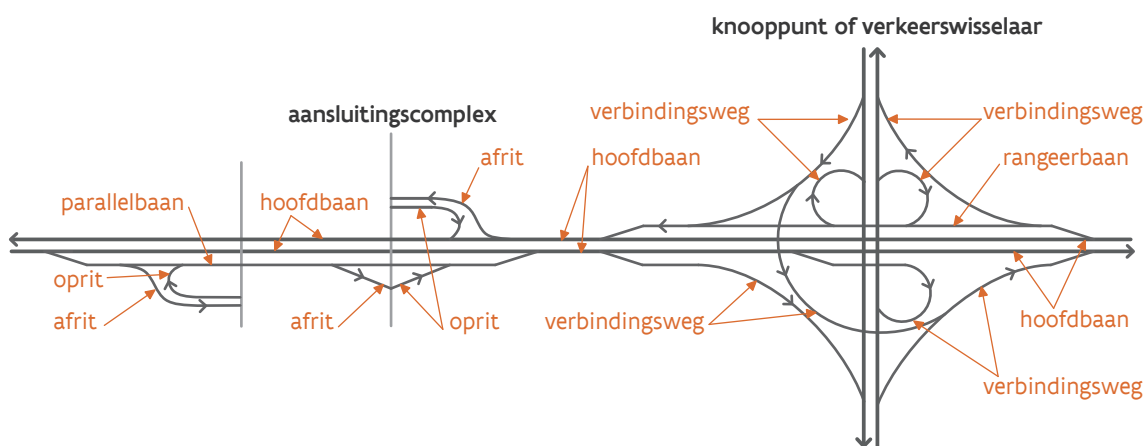
Een traject is opgebouwd uit tracés. Een tracé is een verzameling wegvakken en aansluitingen die binnen het netwerk een duidelijke eenheid vormen, meestal begrensd door knooppunten.

Dit hoofdstuk omvat een omschrijving van de verschillende types (rijbanen binnen de) wegvakken, knooppunten en aansluitingen en van het ontwerp op hoofdlijnen van knooppunten en aansluitingen. De noodzaak voor het al dan niet toepassen van een parallelstructuur tussen deze aansluitingen onderling en/of knooppunten wordt gemaakt op tracéniveau en wordt eveneens in dit hoofdstuk beschreven. Tot slot volgt een beschouwing van de capaciteiten van de verschillende types rijbanen aangezien de verschillende onderdelen van het tracé qua capaciteit op elkaar afgestemd moeten worden. Binnen een tracé is doorgaans een vergelijkbare verkeersbelasting herkenbaar.

### 4.1 Rijbaantypes

Binnen een tracé zijn verschillende rijbaantypes te onderscheiden, zoals weergegeven in [figuur 3](#). De te onderscheiden rijbanen bij autosnelwegen zijn:

- Een hoofdbaan is een rijbaan voor doorgaand verkeer die voor continuïteit zorgt van de belangrijkste, meestal rechtdoor gaande verkeersstromen.
- Een rangeerbaan is een rijbaan gelegen binnen een knooppunt of aansluiting, evenwijdig aan een hoofdbaan en beginnend en eindigend op die hoofdbaan. Een rangeerbaan is bedoeld voor het in- en uitvoegen van verkeer en voor weefbewegingen, waarbij grote snelheidsverschillen kunnen optreden. Een rangeerbaan beperkt zich tot één knooppunt of aansluiting en heeft als voornaamste functie weefbewegingen mogelijk te maken.
- Een parallelbaan is een rangeerbaan evenwijdig aan een hoofdbaan die zich uitstrekt over twee of meer knooppunten en/of aansluitingen. Relatief grote hoeveelheden verkeer worden uitgewisseld tussen het autosnelwegennet en het onderliggend wegennet. Een parallelbaan is vooral aangewezen wanneer het regionaal verkeer tussen opeenvolgende knooppunten of aansluitingen relatief belangrijk is, onder voorbehoud van het lange afstandsverkeer op de hoofdbaan van de autosnelweg.
- Een verbindingsweg is een rijbaan, uitgezonderd een hoofdbaan, rangeerbaan of parallelbaan, die in een knooppunt of bij niet-samenkomende wegen de verbinding vormt tussen twee rijbanen. Een verbindingsweg start bij een discontinuïteit en start rechts ten opzichte van de hoofdbaan.
- Een oprit of afrit is een verbindingsweg die een verbinding vormt tussen de autosnelweg en het onderliggend wegennet.



figuur 3: Overzicht rijbaantypes

Een hoofdbaan staat in voor een goede doorstroming en homogeniteit van het doorgaand verkeer. Het ontwerp moet voorzien in een zo groot mogelijke continuïteit. De uitwisseling van het verkeer op de hoofdbaan met het onderliggende wegennet of met andere autosnelwegen leidt tot turbulentie in de verkeersstroom en mogelijk tot snelheidsverschillen. Indien er veel verstoringen op een korte afstand zijn, is het aangewezen een deel van de functies van de hoofdbaan te verplaatsen naar rangeer- of parallelbanen. Dit zorgt voor een meer continu verkeersbeeld op de hoofdbaan.

Ten behoeve van de continuïteit van de hoofdstroom moet verkeer op een doorgaande route met dezelfde ontwerpsnelheid en zonder in- en uitvoegen kunnen doorrijden. Wat de doorgaande route is, volgt uit de netwerkvisie. Doorgaans gaat het om de route met hetzelfde E-nummer of A-nummer. Indien overgangen in ontwerpsnelheden toch noodzakelijk zijn, moeten deze duidelijk herkenbaar zijn. De overgang gebeurt bij voorkeur in een knooppunt. Een aanpassing van de ontwerpsnelheid moet voor de weggebruiker altijd tot uiting komen in het ontwerp en de inrichting van de weg, bijvoorbeeld in de boogstralen en de lengte van de in- en uitvoegstroken.

Knooppunten en (in mindere mate) aansluitingen vormen de verbindingen tussen de verschillende tracés. Deze onderdelen zijn beeldbepalend in het ontwerp van een Europese hoofdweg en moeten zodanig ontworpen worden dat iedere verkeersstroom een passende verkeersafwikkeling krijgt. De [“European Agreement on Main International Traffic Arteries”](#) (AGR) vereist dat knooppunten ongelijkvloers zijn.

Discontinuïteiten zijn overgangen tussen de verschillende types rijbanen. Zij vormen een belangrijk aandachtspunt in het ontwerp van een Europese hoofdweg omdat ze een grote invloed hebben op de doorstroming. In de praktijk geldt dat convergerende discontinuïteiten vaak werken als een bottleneck. Dit moet in het ontwerp zoveel mogelijk voorkomen worden door de toepassing van de juiste vormgeving en dimensionering.

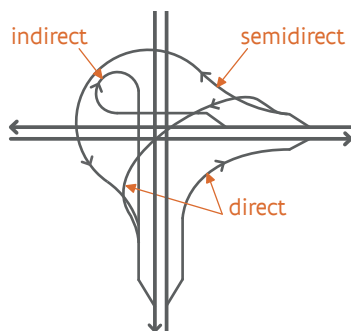
## 4.2 Knooppunten

Een knooppunt of verkeerswisselaar is een ongelijkvloers kruispunt van twee verschillende autosnelwegen waartussen uitwisseling mogelijk is. De twee kruisende autosnelwegen hoeven niet altijd tot dezelfde wegcategorie te behoren. Een knooppunt maakt volledig deel uit van het autosnelwegennet.

De kruisende autosnelwegen worden onderling met elkaar verbonden door verbindingswegen. Er worden drie types verbindingswegen onderscheiden:

- Directe verbindingswegen zijn verbindingswegen met een kwartdraai voorlangs de ongelijkvloerse kruising.
- Semidirecte verbindingswegen zijn verbindingswegen met een kwartdraai achterlangs de ongelijkvloerse kruising.
- Indirecte (lusvormige) verbindingswegen zijn verbindingswegen met een krappere boog en een driekwart (indirecte) draai.

De verschillende types verbindingswegen in de knooppunten zijn weergegeven in [figuur 4](#). Het type verbindingsweg is afhankelijk van de knooppuntvorm. De afweging en uitwerking van de knooppuntvorm komen hierna aan bod.



figuur 4: Overzicht type verbindingswegen in knooppunten

Een indirecte verbindingsweg (lus) is het minst hoogwaardige type verbindingsweg. Een indirecte verbindingsweg kan worden toegepast wanneer een hoogwaardigere verbindingsweg niet nodig blijkt. Een indirecte verbindingsweg als 'einde' van een rangeerbaan mag niet toegepast worden aangezien de lus onverwacht komt. Een dergelijke lus kan toegepast worden in een klaverturbine.

### 4.2.1 Afweging knooppuntvorm

Bij de afweging van de knooppuntvorm en de daaraan gerelateerde vormgeving van de verbindingswegen (type en dimensionering) moeten volgende aspecten in rekening worden gebracht:

- Functie in het netwerk: de tracés die in een knooppunt samenkomen, hebben als onderdeel van een traject een bepaalde functie binnen het netwerk. Hieruit vloeit een bepaald gewenst kwaliteitsniveau, in hoofdzaak gerelateerd aan de verkeersbelasting. Een hoger gewenst kwaliteitsniveau voor bepaalde relaties binnen een knooppunt vereist een hoogwaardige(re) knooppuntvorm.
- Robuustheid: in relatie met de bovenbeschreven functie van een verbinding in het netwerk kan een verbinding ook een functie vervullen in de robuustheid van het netwerk. Een robuust netwerk is immers minder vatbaar voor verstoringen. In dergelijke gevallen kan er behoefte zijn aan een hoogwaardige(re) knooppuntvorm terwijl dit vanuit de andere aspecten niet noodzakelijk blijkt.

- Verkeersveiligheid binnen een knooppunt: binnen een knooppunt moet de menging van langzaam en snel rijdend verkeer worden vermeden. Een hoofdbaan in combinatie met een weefvak en indirecte verbindingbogen (lussen) met een lage ontwerpsnelheid (50 km/h), zoals bijvoorbeeld bij een klaverblad, kent een risico voor de verkeersveiligheid. In knooppuntconfiguraties met een indirecte verbindingsweg wordt daarom altijd een rangeerbaan toegepast waar de indirecte verbindingsweg op aansluit. Er moet hierbij rekening gehouden worden met het feit dat een rangeerbaan niet kan eindigen in een indirecte verbindingsweg. Een indirecte verbindingsweg kan alleen met een discontinuïteit aansluiten op een rangeerbaan. Mogelijk is een andere knooppuntvorm dan een oplossing.
- Gewenste kwaliteit van de verkeersafwikkeling per richting: voor een intensief gebruikte route (route waarvoor twee of meer rijstroken nodig zijn) worden hogere eisen gesteld aan het kwaliteitsniveau van de verkeersafwikkeling dan voor routes waarvoor maar één rijstrook nodig is. In het geval van één rijstrook kan vanuit het oogpunt van verkeersafwikkeling een lus met een lage ontwerpsnelheid ontstaan. Bij twee of meer rijstroken moet een hoogwaardigere verbinding worden toegepast: een semidirecte boog of een directe boog met een hoge ontwerpsnelheid.
- Beschikbare ruimte: de knooppuntvorm bepaalt welke ruimtelijke elementen op welke locatie worden toegepast. Afhankelijk van ruimtelijke dwangpunten kan een bepaalde knooppuntvorm meer of minder geschikt zijn.

## **4.2.2 Vierarmige knooppunten**

Vierarmige knooppunten zijn knooppunten waar twee doorgaande Europese hoofdwegen of autosnelwegen elkaar kruisen. Voor vierarmige knooppunten wordt het volgende onderscheid gemaakt:

- Standaardconfiguraties met doorgaande hoofdbanen onder een hoek van 45° tot 90°;
- Onvolledige knooppunten waarbij niet alle potentiële verkeersbewegingen mogelijk worden gemaakt.

### **4.2.2.1 Standaardconfiguraties**

De meeste vierarmige knooppunten hebben een standaardconfiguratie waarbij de hoofdbanen elkaar kruisen onder een hoek van 45° tot 90°. De meest toegepaste standaardvormen staan schematisch weergegeven in [figuur 5](#). In de figuur is een onderscheid gemaakt in het belang van de afbuigende relaties en het toepassen van directe of semidirecte verbindingswegen.

De verschillende standaardconfiguraties van knooppunten hebben hun specifieke voor- en nadelen waarvan hierna enkele kort vermeld zijn.

#### **Klaverblad**

Een klaverblad is de minst hoogwaardige knooppuntvorm. Een klaverblad wordt de laatste jaren steeds minder toegepast door de beperkte capaciteit van de verbindingsweg (lage snelheid door kleine boogstraal), de beperkte capaciteit van de weefvakken en het indirecte links afslaan. Indien er geen rangeerbanen worden gebruikt, kunnen er grote snelheidsverschillen ontstaan tussen het doorgaande en het uit- en invoegende verkeer. Een klaverblad is niet volledig conflictvrij door de vele weefvakken. Een klaverblad is relatief goedkoop om aan te leggen omdat er slechts één kunstwerk nodig is. Bovendien zijn keerbewegingen mogelijk, wat bij wegenwerken of calamiteiten een voordeel kan zijn.

#### **Klaverturbine**

Een klaverturbine is een variant op een klaverblad waarbij weefvakken vermeden worden door het bouwen van één of meerdere bijkomende kunstwerken. Een klaverturbine heeft geen keermogelijkheden. De snelheidsverschillen tussen de gebruikers van de verschillende verbindingsslussen zijn minder groot, behalve bij de kleinere lussen. Een klaverturbine moet zo ontworpen worden dat de grootste lussen de grootste verkeersstromen bevatten.



## **Turbine**

Een turbine heeft grotere boogstralen dan een klaverblad en een klaverturbine. Het verkeer kan door die grotere boogstralen van richting veranderen zonder veel snelheid te verliezen. Dit type knooppunt neemt veel ruimte in beslag en vraagt veel kunstwerken. Wanneer niet alle richtingen even belangrijk of druk zijn, kan gekozen worden voor een (goedkopere) klaverturbine.

## **Sterknooppunt**

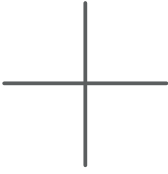
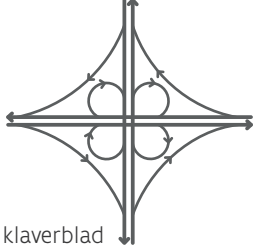
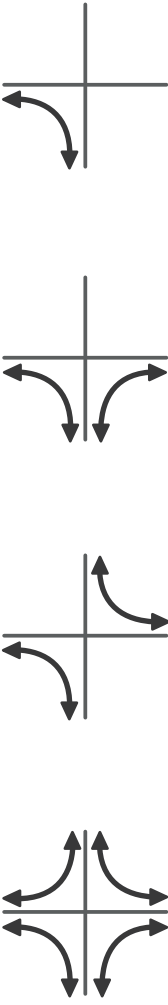
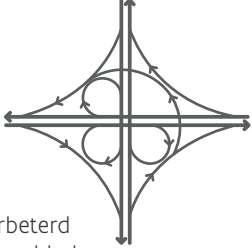
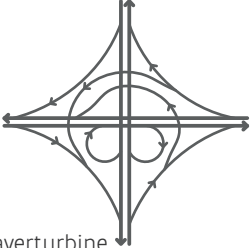
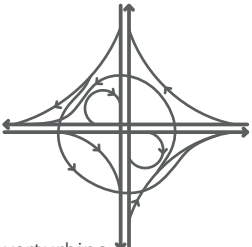
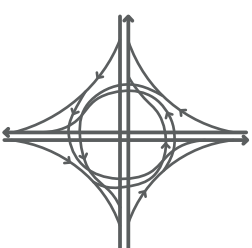
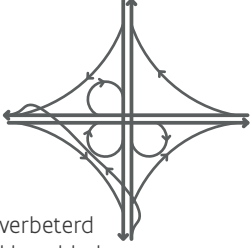
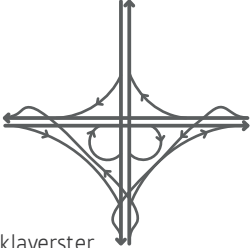
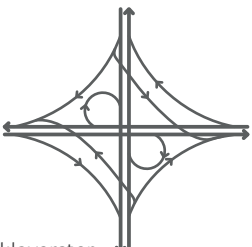
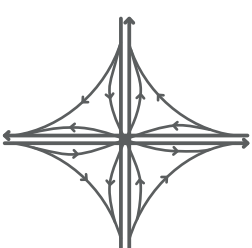
Het sterknooppunt is van alle ongelijkvloerse knooppunten het duurste alternatief maar heeft wel de hoogste afvoercapaciteit. Alle verbindingslussen hebben een grote boogstraal waardoor het verkeer met een vrij hoge snelheid de bochten kan nemen. De hoge kostprijs is vooral te wijten aan de hoge viaducten en fly-overs die zich in verschillende lagen boven elkaar bevinden.

## **Sterturbine**

Een sterturbine is een variant op een sterknooppunt, waarbij een of meer richtingen als turbineboog zijn uitgevoerd.

belangrijkste  
afbuigende  
relaties

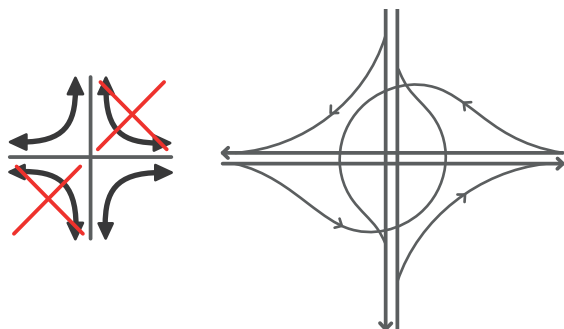
geschikte configuraties

	 <p>klaverblad</p>	
	<p>semirecte verbindingswegen</p>  <p>verbeterd klaverblad</p>  <p>klaverturbine</p>  <p>klaverturbine</p>  <p>turbine</p>	<p>directe verbindingswegen</p>  <p>verbeterd klaverblad</p>  <p>klaverster</p>  <p>klaverster</p>  <p>sterknooppunt</p>

figuur 5: Standaard vierarmige knooppuntconfiguraties

#### 4.2.2 Onvolledige knooppuntvormen

Het uitgangspunt bij de keuze voor een knooppuntvorm is een volledig knooppunt. Er kan echter vanuit het beleid aanleiding zijn om een onvolledig knooppunt toe te passen, mits dit aansluit op de netwerkvisie. In dergelijke situaties kunnen de standaardknooppunten toegepast worden en kunnen de verbindingswegen, die onwenselijke relaties faciliteren, weggelaten worden (zie figuur 6). De configuratie van de resterende verbindingswegen kan vervolgens geoptimaliseerd worden.



figuur 6: Voorbeeld van een onvolledige vierarmige configuratie

Het toepassen van een onvolledig knooppunt heeft de volgende nadelen:

- Risico van sluipverkeer op onderliggend wegennet
- Onduidelijkheid voor weggebruikers (de algemene verwachting van een weggebruiker is dat een knooppunt volledig is)
- Kans op extra reistijd op bepaalde routes
- Verminderde netwerkrobuustheid (bij calamiteiten)

Bij het toepassen van een onvolledig knooppunt moet rekening gehouden worden met compenserende maatregelen om de nadelige gevolgen te beperken.

#### 4.2.3 Driearmige knooppunten

Driearmige knooppunten zijn knooppunten waar een beginnende/eindigende hoofdweg aansluit op een doorgaande hoofdweg. Voor driearmige knooppunten wordt het volgende onderscheid gemaakt (of een combinatie):

- Standaardconfiguraties waarbij de doorgaande rijbaan in een (nagenoeg) rechte lijn ligt
- (Tijdelijke) configuraties waarop in de toekomst een vierde tak kan worden aangesloten
- Onvolledige knooppunten waarbij niet alle potentiële verkeersbewegingen worden gefaciliteerd

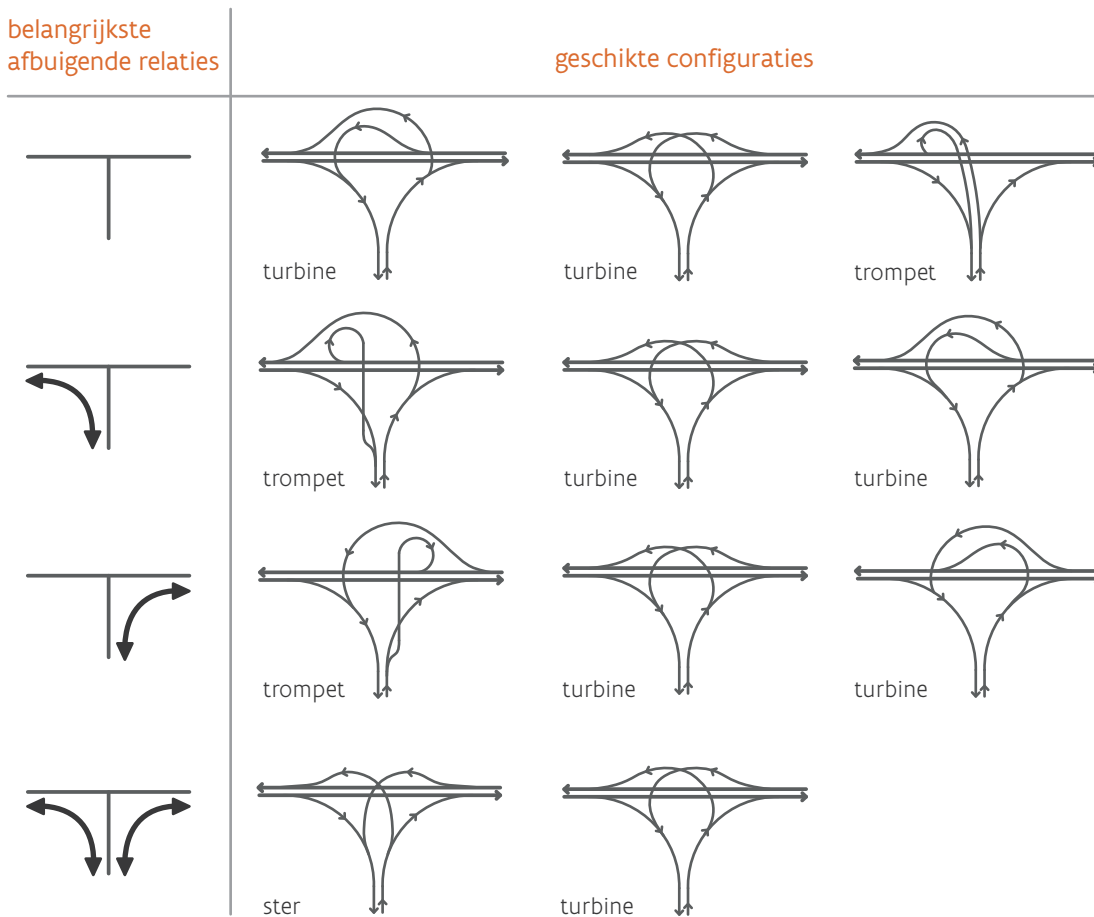
In de praktijk blijkt dat de verkeersveiligheid van dergelijke oplossingen problemen geeft. Een verbindingsweg met een ontwerpsnelheid van 50 km/h aan het begin van een hoofdweg is minder een probleem omdat deze nadrukkelijker wordt ingeleid door middel van blokmarkering (uitvoeging of splitsing). Eenzelfde overweging geldt voor krappe linksdraaiende verbindingswegen, zoals in (krappe) turbineknooppunten.

##### 4.2.3.1 Standaardconfiguraties

Binnen de standaardcategorie zijn drie basisvormen te onderscheiden:

- Trompetvormen
- Turbinevormen
- Stervormen

In [figuur 7](#) staan de verschillende configuraties op volgorde van voorkeur weergegeven. De voorkeur is gebaseerd op het belang van de afbuigende relaties. Hierbij kan gekozen worden voor de toepassing van een indirecte verbindingsweg (lus) wanneer een hoogwaardigere verbindingsweg niet nodig is. Op die manier is een trompet de minst hoogwaardige knooppuntvorm. Aan de andere kant van het spectrum staat het hoogwaardige sterknoppunt dat, indien gewenst vanuit de netwerkvisie, volledig met een ontwerpsnelheid van 120 km/h ontworpen kan worden.



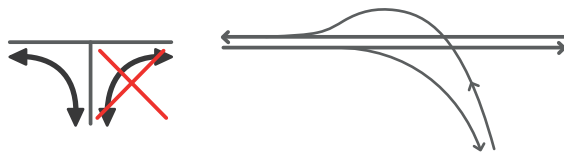
figuur 7: Standaard driearmige knooppuntconfiguraties

Bij het bepalen van de ontwerpsnelheid van verbindingswegen in driearmige knooppunten moet de functie van de verbindingsweg in het netwerk worden beschouwd. Indien een niet-doorgaande relaties van groot belang is in het netwerk, is het mogelijk deze relatie op 120 km/h te ontwerpen. Een (gebogen) trompetknooppunt is hiervoor een geschikte configuratie indien de andere niet-doorgaande relatie duidelijk ondergeschikt is. De inpassing wordt eenvoudiger naarmate de hoek tussen de takken kleiner is.

Een sterknoppunt biedt de mogelijkheid om alle relaties op 120 km/h te ontwerpen.

#### 4.2.3.2 Onvolledige knooppuntvormen

Het uitgangspunt bij de keuze voor een knooppuntvorm is een volledig knooppunt. Er kan echter vanuit het beleid aanleiding zijn om een onvolledig knooppunt toe te passen, mits dit aansluit op de netwerkvisie. In dergelijke situaties kunnen de standaardknooppunten toegepast worden en kunnen de onwenselijke verbindingswegen weggelaten worden. Een voorbeeld hiervan is weergegeven in [figuur 8](#). De configuratie van de resterende verbindingswegen kan vervolgens geoptimaliseerd worden. De hoofdrijbaan die in- of samenvoegt met de andere hoofdrijbaan verdient extra aandacht omdat deze niet als verbindingsweg kan worden beschouwd, maar een hoofdrijbaan blijft.



figuur 8: Onvolledige driearmige configuratie

#### 4.2.4 Knooppunt nabij een aansluitingscomplex

In de onmiddellijke omgeving van een knooppunt kan ook een aansluitingscomplex met het onderliggend wegennet aanwezig zijn of gerealiseerd worden. In functie van verkeersveiligheid worden deze wel uit elkaar getrokken zodat er geen discontinuïteiten in de verbindingswegen van het knooppunt voorkomen.

## 4.3 Aansluitingscomplexen

De uitwisseling van stromen gebeurt tussen een Europese hoofdweg (of een autosnelweg) en het onderliggend wegennet via een aansluitingscomplex of een op- en afrittencomplex. Dit zijn ongelijkvloerse kruispunten waarbij de uitwisseling mogelijk gemaakt wordt via op- en afritten op het onderliggend wegennet.

De ontwerpsnelheid voor een aansluitingscomplex hangt af van verschillende parameters, zoals de beschikbare ruimte en de uitvoering van de gekozen kruispuntypologie. Het wegontwerp moet ervoor zorgen dat de weggebruiker zijn snelheid comfortabel en gecontroleerd kan aanpassen.

Een standaard aansluitingscomplex is onder te verdelen in:

- In- en uitvoegstroken als aansluiting op de autosnelweg
- Op- en afritten als verbinding tussen de autosnelweg en het onderliggende wegennet
- Gelijkvloerse kruispunt(en) als aansluiting op het onderliggende wegennet

Een aansluitingscomplex maakt uitwisseling in alle richtingen mogelijk. Onvolledige aansluitingscomplexen worden niet toegepast, tenzij in uitzonderlijke situaties waar dit een logische keuze is vanuit de regionale netwerkvisie.

Bij het ontwerpen van een aansluitingscomplex moet rekening gehouden worden met de mogelijkheid van spookrijden. Om de kans hierop te reduceren, moet de verkeerssituatie op de gelijkvloerse kruising(en) met het onderliggende wegennet juist en overzichtelijk ontworpen zijn. Hiervoor wordt verwezen naar [hoofdstuk "4.3.6. Ontwerpprincipes ter preventie van spookrijden"](#).

In dit hoofdstuk worden de volgende facetten van aansluitingen beschreven:

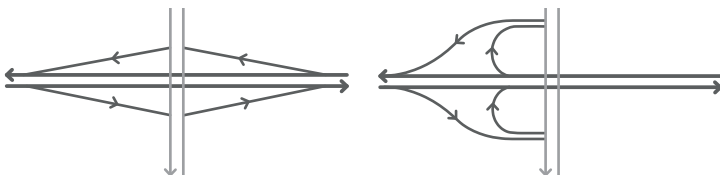
- Configuraties aansluitingscomplexen
- Configuratie van de gelijkvloerse kruispunten met het onderliggende wegennet
- Structuur van de kruisende wegen
- Afwikkeling op de aansluiting
- Inpassing van de aansluiting

### 4.3.1 Configuraties aansluitingscomplexen

Voor de structuur van aansluitingscomplexen worden twee standaardvormen onderscheiden:

- Hollands complex (of Hollandse aansluiting)
- Halfklaverbladaansluiting

Beide oplossingen zijn weergegeven in [figuur 9](#). In principe is het Hollands complex het meest intuïtief. Per situatie moet echter de afweging gemaakt worden welke vorm wenselijk is.



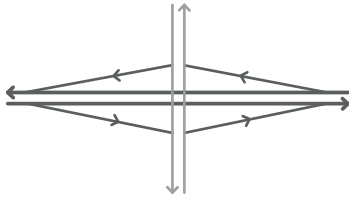
figuur 9: Hollands complex (links) en halfklaverbladaansluiting (rechts)

Naast de standaardconfiguraties zijn volgende aansluitingscomplexen mogelijk:

- Volledige klaverbladaansluiting
- Gecombineerde oplossingen

#### 4.3.1.1 Hollands complex

Een Hollands complex of Haarlemmermeeraansluiting is een klassieke oplossing voor een kruising van een hoofdweg met het onderliggende wegennetwerk. Het complex kenmerkt zich door op- en afritten die in de stroomrichting van de autosnelweg liggen.



figuur 10: Hollands complex

Een Hollands complex biedt de volgende voordelen:

- Logica: de ligging van de op- en afritten komt overeen met de gewenste rijrichting.
- Goede berijdbaarheid: er is geen sprake van krappe bogen in de op- en afritten.
- Gering ruimtebeslag: het ruimtebeslag in de breedte is minimaal.
- Overzichtelijkheid: men heeft goed zicht op het stroomafwaartse verkeer en wegverloop. Hierdoor is er ook geen reden om in het ontwerp van een afrit van een Hollands complex rekening te houden met de stappen-theorie ([zie hoofdstuk "5.2.2.5 Minimale boogstralen niet-hoofdbanen"](#)), tenzij er sprake is van een duidelijke S-boog.

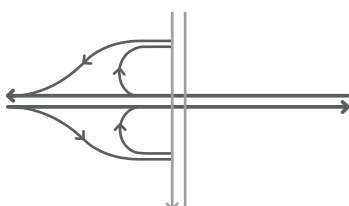
Een Hollands complex heeft echter de volgende nadelen:

- Beperkt remmende werking: bij gestrekte afritten moet rekening gehouden worden met de vaak hoge snelheid van het verkeer dat op de afrit het kruispunt met het onderliggende wegennet nadert. Dit wordt vermeden door een stijgend alignement en/of een rotonde aan het einde toe te passen.
- Doorstroming onderliggend wegennet: door de beperkte (opstel)afstand tussen de twee gelijkvloerse kruispunten met het onderliggende wegennet moeten deze in onderling verband beschouwd worden.
- Gevoelig voor fileontduiking: aangezien de op- en afrit in elkaars verlengde liggen, is het eenvoudig om via deze verbindingswegen de file te ontwijken.
- Conflict zwakke weggebruiker: er moet specifieke aandacht gaan naar een mogelijk conflict van het verkeer op de afrit met de zwakke weggebruiker.
- Zichtbaarheid: Wanneer het complex hoger ligt dan de hoofdweg (en de afrit dus omhoog gaat), is het verkeer op de onderliggende weg mogelijk moeilijk zichtbaar voor voertuigen op de afrit.

Indien de weg van lagere orde eindigt bij een Europese hoofdweg of autosnelweg ontstaat een T-aansluiting. Bij toepassing van een Hollands complex wordt deze T-aansluiting duidelijk geaccentueerd. Het nadeel is echter dat de beide links afslaande verkeersstromen aan het einde van de weg een conflict met elkaar hebben en dat hierbij onduidelijke voorrangssituaties kunnen ontstaan.

#### 4.3.1.2 Halfklaverbladaansluiting

Een halfklaverbladaansluiting wordt vaak toegepast wanneer een Hollands complex niet mogelijk is, bijvoorbeeld bij ruimtelijke beperkingen. Een halfklaverbladaansluiting heeft twee kwadranten met een op- en afrit en twee lege kwadranten. Deze kwadranten kunnen ofwel diametraal ofwel aanliggend gelegen zijn ten opzichte van de kruisende wegen.



figuur 11: Halfklaverbladaansluiting

Een halfklaverbladaansluiting biedt de volgende voordelen:

- Flexibel ruimtebeslag: de op- en afritten kunnen zodanig worden geprojecteerd dat ruimtelijke knelpunten worden vermeden, bijvoorbeeld bij bebouwing of langs een spoor of kanaal.
- Doorstroming onderliggende wegennet: de afstand tussen de twee gelijkvloerse kruispunten met het onderliggende wegennet is groter waardoor er minder kans is op problemen als gevolg van beperkte opstelruimte.

Een halfklaverbladaansluiting heeft echter de volgende nadelen vanwege de indirecte verbindingswegen:

- Er is een grotere deceleratie nodig op de afrit, en de bogen kunnen misleidend zijn. Daarom worden indirecte verbindingswegen met een krappe boogstraal bij voorkeur niet toegepast.
- Er is een groot snelheidsverschil tussen het verkeer op de hoofdbaan en de invoegende verkeersstroom. Dit leidt tot onveiligheid en een slechtere doorstroming.
- Indirecte verbindingswegen zijn minder comfortabel berijdbaar.
- De initiële rijrichting is niet altijd intuïtief, waardoor er kans op spookrijden bestaat (in het bijzonder bij het links afslaan).

Indien de weg van lagere orde eindigt bij een Europese hoofdweg of autosnelweg ontstaat een T-aansluiting. De toepassing van een halfklaverbladaansluiting biedt in dergelijke situaties het voordeel dat het verkeer elkaar aan het einde van de weg van lagere orde niet hoeft te kruisen. Wel bestaat het gevaar dat de T-aansluiting als overgang naar een lagere wegcategorie minder goed wordt herkend. Bovendien bestaat er een risico op onbedoeld spookrijden wanneer de oprit en afrit naast elkaar zijn gelegen. Het is daarom van belang om de aansluiting goed vorm te geven ([zie hoofdstuk "4.3.6. Ontwerpprincipes ter preventie van spookrijden"](#)).

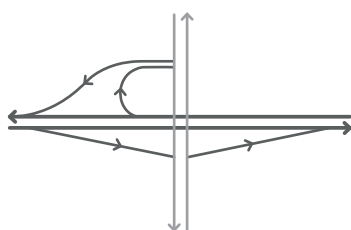
#### 4.3.1.3 Volledige klaverbladaansluiting

Een volledige klaverbladaansluiting heeft dezelfde configuratie als die van een volledig klaverbladknooppunt maar langs de onderliggende weg komt meestal geen rangeerbaan voor. De rangeerbaan is vervangen door een weefstrook.

Het voordeel van een volledige klaverbladaansluiting ten opzichte van een halfklaverbladaansluiting is dat alle uitwisselingen voorzien zijn zonder dat een dwarsing van de onderliggende weg nodig is. Verder zijn de voor- en nadelen van dit type aansluiting vergelijkbaar met die van een halfklaverbladaansluiting.

#### 4.3.1.4 Gecombineerde oplossingen

Bepaalde situaties kunnen aanleiding geven om de voordelen van bovenbeschreven standaardoplossingen te combineren. Aan de ene zijde van de autosnelweg wordt dan een halve Hollandse aansluiting toegepast en aan de andere zijde een kwartklaverbladaansluiting, zoals in [figuur 12](#).



figuur 12: Gecombineerde oplossing



## 4.3.2 Configuratie van de gelijkvloerse kruispunten met het onderliggende wegennet

Er zijn veel varianten voor de vormgeving van gelijkvloerse kruispunten op het onderliggende wegennet bij een aansluiting op een Europese hoofdweg of op een autosnelweg. De keuze voor een variant is sterk gerelateerd aan de (grootte van de) verkeersbewegingen. Bovendien bepaalt deze keuze ook in belangrijke mate het risico op filevorming op de afrit en mogelijks ook op de uitvoegstrook langs de hoofdbaan van de autosnelweg.

Voor alle kruispunten is het van belang dat:

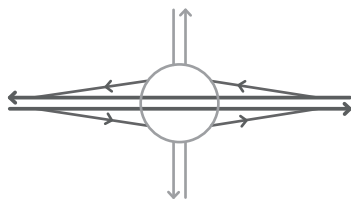
- de weggebruiker die van de Europese hoofdweg of autosnelweg afkomt, nadrukkelijk wordt geconfronteerd met het feit dat hij van de Europese hoofdweg of autosnelweg af is;
- de weggebruiker die de Europese hoofdweg of autosnelweg op wil rijden, duidelijk het onderscheid kan maken tussen de oprit en de afrit.

### 4.3.2.1 Aansluiting via Hollands complex

#### Aansluiting met een grote rotonde

Een eerste type is een aansluiting met een grote rotonde. Deze oplossing vereist twee afzonderlijke smalle kunstwerken en neemt bovendien veel ruimte in beslag. Door de grote boogstralen kan het vrachtverkeer de rotonde gemakkelijk oprijden.

Bij het ontwerp van deze typologie moet extra aandacht gaan naar de zichtbaarheid op het verkeer dat zich reeds op de rotonde bevindt. Brugleuningen, afschermende constructies ... kunnen het zicht beperken voor het verkeer dat de rotonde oprijdt. Ook de capaciteit van de rotonde vormt een aandachtspunt.

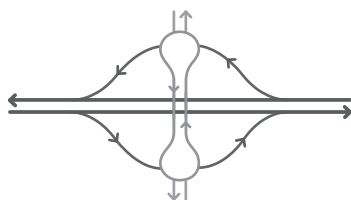


figuur 13: Aansluiting met een grote rotonde

#### Aansluiting met een kluifrotonde

Een tweede type is een aansluiting met een kluifrotonde. Het aantal conflicten is vergelijkbaar met het aantal conflicten bij een aansluiting met een grote rotonde. Er is slechts één breed kunstwerk nodig voor de aansluiting met een kluifrotonde. Bij kleinere boogstralen is deze uitvoering minder geschikt bij een grote hoeveelheid vrachtverkeer. De capaciteit van de kluifrotonde vormt een aandachtspunt bij het ontwerp.

Ook de zichtbaarheid ter hoogte van de rotonde vormt een belangrijk aandachtspunt bij het ontwerp. Een aansluiting met een kluifrotonde kent standaard wel een betere zichtbaarheid dan een aansluiting met een grote rotonde.

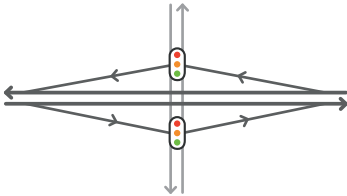


figuur 14: Aansluiting met een kluifrotonde

### Aansluiting met een verkeerslichtengeregeld kruispunt

Een derde type is een aansluiting met een verkeerslichtengeregeld kruispunt. De conflicten worden geregeld met verkeerslichten. Het voordeel van verkeerslichten is dat de verkeersafwikkeling gestuurd kan worden.

De afwikkeling van het verkeer op de twee kruispunten moet goed op elkaar worden afgestemd omdat de twee kruispunten op een beperkte afstand van elkaar liggen. De benodigde afstand tussen de kruispunten moet bekeken worden in functie van de nodige opstelruimte en ruimte voor eventuele wachtrijen.

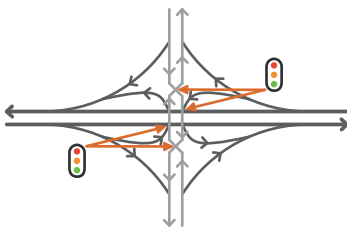


figuur 15: Aansluiting met verkeerslichtengeregeld kruispunt

### Aansluiting door middel van een gevlochten Hollands complex (Diverging Diamond Interchange)

Enkele voordelen van een gevlochten Hollands complex zijn een vermindering van het aantal conflictpunten en, afhankelijk van de lokale situatie en verkeersstromen, een verhoogde afwikkelingscapaciteit ten opzichte van bijvoorbeeld een meer klassieke inrichting zoals een rotonde of klassiek Hollands complex.

Een aandachtspunt bij het ontwerp is dat het verkeer op de onderliggende weg links moet rijden, wat voor verwarring kan zorgen bij de weggebruikers. Daarnaast is het voor fietsers en voetgangers een erg complex type kruispunt waarbij extra oversteekbewegingen nodig zijn. Het gevlochten Hollands complex kan dan ook enkel toegepast worden indien fietsers en voetgangers (bijna) volledig vrij van het op- en afrittencomplex afgewikkeld worden, bijvoorbeeld door middel van een aparte brug.

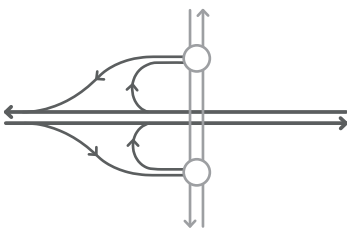


figuur 16: Aansluiting met een gevlochten Hollands complex

#### 4.3.2.2 Aansluiting via halfklaverbladaansluiting

##### Aansluiting met twee rotondes

Een eerste type is een aansluiting met twee rotondes. Er is slechts één kunstwerk nodig, maar er wordt ingeboet op flexibiliteit, bijvoorbeeld indien er plots grotere intensiteiten verwerkt moeten worden. Deze uitvoering is bij kleinere boogstralen minder geschikt bij een grote hoeveelheid vrachtverkeer.

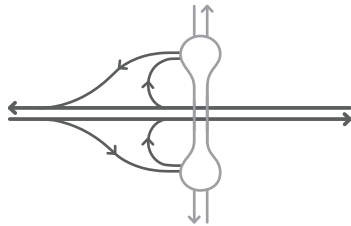


figuur 17: Aansluiting met twee rotondes

### Aansluiting met een kluifrotonde

Een tweede type is een aansluiting met een kluifrotonde. Het aantal conflicten is vergelijkbaar met het aantal conflicten bij een aansluiting met een grote rotonde. Er is slechts één breed kunstwerk nodig voor de aansluiting met een kluifrotonde. Bij kleinere boogstralen is deze uitvoering minder geschikt bij een grote hoeveelheid vrachtverkeer.

De zichtbaarheid van het autoverkeer dat de rotonde oprijdt, vormt een belangrijk aandachtspunt bij het ontwerp. Een aansluiting met een kluifrotonde kent standaard wel een betere zichtbaarheid dan een aansluiting met een grote rotonde. Ook de capaciteit van de rotonde vormt een aandachtspunt bij het ontwerp.

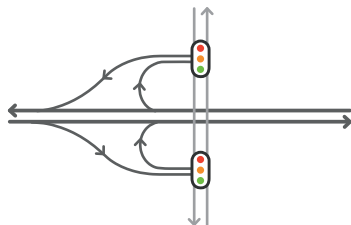


figuur 18: Aansluiting met een kluifrotonde

### Aansluiting met een verkeerslichtengeregeld kruispunt

Een derde type is een aansluiting met een verkeerslichtengeregeld kruispunt. De conflicten worden geregeld met verkeerslichten. Het voordeel van verkeerslichten is dat de verkeersafwikkeling gestuurd kan worden.

De afwikkeling van het verkeer op de twee kruispunten moet goed op elkaar worden afgestemd omdat de twee kruispunten op een beperkte afstand van elkaar liggen. De benodigde afstand tussen de kruispunten moet bekeken worden in functie van de nodige opstelruimte en ruimte voor eventuele wachtrijen.



figuur 19: Aansluiting met een verkeerslichtengeregeld kruispunt

### 4.3.3 Structuur van de kruisende wegen

Voor de structuur van kruisende wegen kan het volgende onderscheid gemaakt worden:

- Hoogliggende Europese hoofweg
- Laagliggende Europese hoofweg

Waar de omstandigheden het toelaten, gaat de voorkeur naar een laagliggende Europese hoofweg (autosnelweg). De keuze voor één van deze opties heeft invloed op drie aspecten waarmee rekening gehouden moet worden in het wegontwerp:

- Zicht
- Acceleratie en deceleratie
- Wegbeeld

#### 4.3.3.1 Zicht

Bij een laagliggende Europese hoofdweg is de benodigde zichtlengte op een afrit doorgaans geen probleem. Er kan dan alleen een zichtprobleem optreden bij een halfklaverbladoplossing wanneer het kunstwerk van de hoog kruisende weg van lagere orde het zicht op de afrit ontnemt. Daarnaast moet eventueel wachtend verkeer vóór het kruispunt stilstaan op een helling.

Bij een hoogliggende Europese hoofdweg hebben de afritten een dalend verloop waardoor extra aandacht besteed moet worden aan het waarborgen van het benodigde zicht op het verloop van de afrit. Een dalende afrit biedt wel voordelen voor het zicht op het gelijkvloerse kruispunt met het onderliggende wegennet.

#### 4.3.3.2 Acceleratie en deceleratie

Bij een hoogliggende Europese hoofdweg is er voor de op- en afritten meer acceleratie- en deceleratielengte nodig. Dit kan een reden zijn om de Europese hoofdweg laagliggend te ontwerpen.

#### 4.3.3.3 Wegbeeld

Bij de combinatie van een horizontale en verticale boog kan het wegbeeld misleidend zijn. Een (krappe) horizontale boog kan in combinatie met een verticale voetboog ruimer lijken en omgekeerd. Hiermee moet in het wegontwerp rekening gehouden worden.

### 4.3.4 Afwikkeling op de aansluiting

De configuratie moet zodanig ontworpen worden dat de verkeersbewegingen niet leiden tot afwikkelingsproblemen. Terugslag vanaf het onderliggende wegennet naar de Europese hoofdweg moet vermeden worden. Er is bijgevolg inzicht nodig in de te verwachten verkeersbewegingen op de aansluiting.

De verkeersbewegingen beïnvloeden verschillende aspecten van het wegontwerp:

- Structuur van de aansluiting (ligging op- en afritten)
- Vormgeving van de gelijkvloerse kruispunten met het onderliggende wegennet
- Ontwerp van de op- en afritten
- Lengte van de uitvoegstrook
- Voorzien van voorsorteerstroken

#### 4.3.4.1 Structuur van de aansluiting (ligging op- en afritten)

De configuratie van de aansluiting moet afgestemd worden op de verwachte verkeersbewegingen. De verkeersbewegingen waarvoor meer dan één rijstrook nodig is, worden bij voorkeur niet voorzien van indirecte verbindingswegen. Daarnaast wordt de afwikkeling bevorderd door de op- en afritten zo te structureren dat de grootste verkeersstromen afgewikkeld worden met rechts afslaande bewegingen op de gelijkvloerse kruispunten met het onderliggende wegennet. Dit geldt in hoofdzaak bij hoge vrachtverkeerintensiteiten. Rechtsaf bewegingen hebben de minste conflicten met de overige verkeersbewegingen op een kruispunt en belasten de capaciteit van het kruispunt minimaal. Links afslaande bewegingen hebben daarentegen een grote invloed op de belasting van het kruispunt.

Een aansluiting op het onderliggend wegennet kan gecombineerd worden met een afrit voor een verzorgingsplaats. Dit is alleen acceptabel als het gaat om éénstrooks afritten. Voor de vormgeving van de opeenvolgende convergentie- en divergentiepunten is geen voorkeur aan te geven.

#### 4.3.4.2 Vormgeving van de gelijkvloerse kruispunten met het onderliggende wegennet

Er zijn veel varianten voor de vormgeving van de gelijkvloerse kruispunten met het onderliggende wegennet bij een aansluiting met een autosnelweg ([zie hoofdstuk "4.3.2 Configuratie van de gelijkvloerse kruispunten met het onderliggende wegennet"](#)). Zoals eerder aangehaald is de keuze voor de variant sterk gerelateerd aan de (grootte van de) verkeersbeweging.

#### 4.3.4.3 Ontwerp van de op- en afritten

De dimensionering van de op- en afritten heeft invloed op de verkeersafwikkeling van een aansluiting door de grootte van de boogstralen en het aantal rijstroken. De totale capaciteit van een aansluiting wordt echter voornamelijk bepaald door de dimensionering van de kruispuntelementen van het onderliggende wegennet en de wijze van invoegen, samenvoegen op en met de doorgaande rijbaan van de Europese hoofdweg of autosnelweg.

#### 4.3.4.4 Lengte van de afrit

Voor het bepalen van de lengte van een afrit zijn de maatgevende deceleratielengte en de stappentheorie ([zie hoofdstuk "6.1.2 Deceleratielengte"](#) en ["5.2.2.2 Ontwerpparameters"](#)) van toepassing. Deze richtlijnen worden gebruikt om voldoende lengte te realiseren voor het op een verkeersveilige wijze decelereren van voertuigen. Hiervoor geldt een hoge beginsnelheid, afhankelijk van het snelheidsregime op de doorgaande Europese hoofdweg of autosnelweg, en een eindsnelheid afhankelijk van het type kruising met het onderliggende wegennet. Het maatgevende punt waarvoor de eindsnelheid van 0 km/h geldt, is afhankelijk van de benodigde opstelruimte voor het verkeer vóór het gelijkvloerse kruispunt. Het uitgangspunt is dat het verkeer vanaf de afrit stil moet kunnen staan voordat de wachtrij begint. Voor de berekening van de benodigde opstellengte geldt dat in minimaal 90% van de gevallen de wachtrij korter moet zijn dan de berekende opstellengte.

#### 4.3.4.5 Het voorzien van voorsorteerstroken

Omwille van de verschillende uitstroombelangen van het links afslaand, het rechtdoor rijdend en rechts afslaand verkeer vanuit de afrit, is het van belang om net vóór het kruispunt met de wegen van het onderliggend net voldoende en voldoende lange voorsorteerstroken te voorzien op de afrit. Indien één van deze verkeersstromen aanleiding geeft tot filevorming op de afrit, bijvoorbeeld het links afslaand en rechtdoor rijdend verkeer, dan zal de wachtrij die hierdoor ontstaat bij afwezigheid van voorsorteerstroken of in geval van te korte voorsorteerstroken, ook het andere verkeer op de afrit ophouden (in dit voorbeeld het rechts afslaand verkeer). Om die reden hebben de specifieke maatregelen op het kruispunt met de wegen van het onderliggend net ten behoeve van het rechts afslaand verkeer enkel zin mits er voldoende en voldoende lange voorsorteerstroken aanwezig zijn.

Vooronderzoek met betrekking tot voorsorteerstroken moet meerdere aspecten belichten:

- Enerzijds moet worden nagegaan of er voorsorteerstroken kunnen worden gerealiseerd en of bestaande kunnen worden verlengd. Op afritten waar er een pechstrook ligt, kan het aantal en/of de lengte van de voorsorteerstroken worden aangepast door het in gebruik nemen van de pechstrook als voorsorteerstrook.
- Anderzijds moet worden nagegaan of voorsorteerstroken nodig zijn voor alle richtingen (linksaf, rechtdoor, rechtsaf) en in welke aantallen. Hiervoor is inzicht nodig in de bestemming van het verkeer op de afrit (aandeel van de verschillende afslagbewegingen).

### 4.3.5 Inpassing van de aansluiting

De keuze voor een aansluitingsvorm heeft invloed op het ruimtebeslag. Randvoorwaarden vanuit de omgeving kunnen eisen stellen aan de structuur van een aansluiting. De relatie tussen structuur en inpasbaarheid speelt zich voornamelijk af op de volgende twee vlakken:

- Ruimtelijke inpasbaarheid
- Inpasbaarheid in lengterichting

#### 4.3.5.1 Ruimtelijke inpasbaarheid

De ruimtelijke inpasbaarheid kan leiden tot eisen aan de structuur van een aansluiting. De ligging van de op- en afritten bepaalt immers de mogelijkheden om de aansluiting fysiek in te passen. Om de ruimtelijke aantasting minimaal te houden, kan het noodzakelijk zijn de op- en/of afritten om te klappen naar een kwadrant.

### 4.3.5.2 Inpasbaarheid in lengterichting

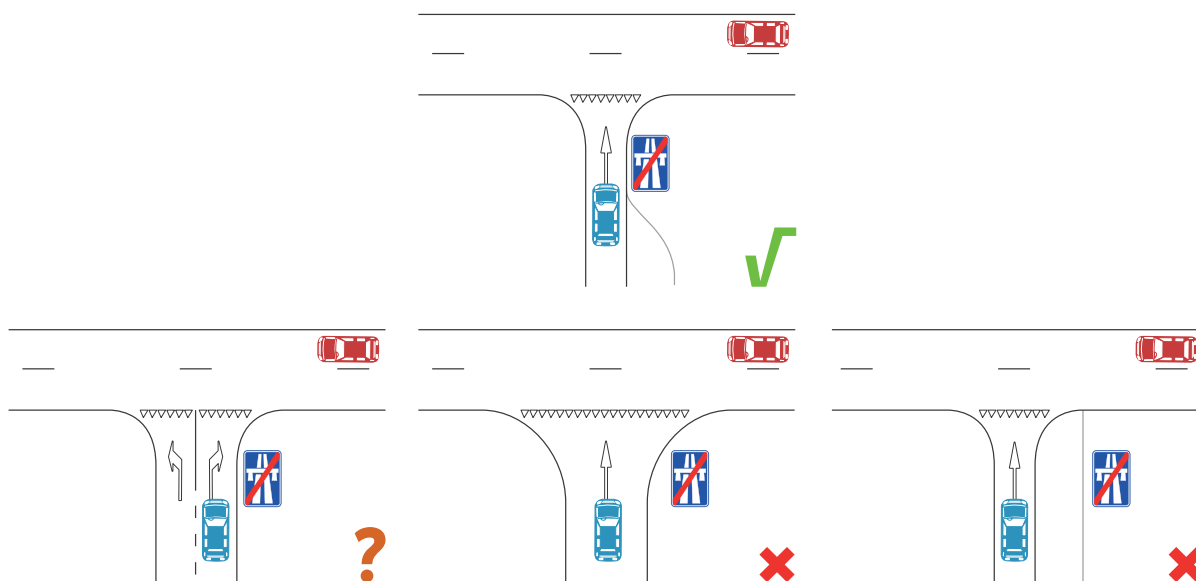
De structuur van de op- en afritten heeft een directe invloed op de convergentie- en divergentiepunten op de Europese hoofdweg of autosnelweg. Door een wijziging van de structuur verschuiven deze punten in de lengterichting van de Europese hoofdweg of autosnelweg. Dwangpunten in de lengterichting van de Europese hoofdweg of autosnelweg kunnen bijgevolg leiden tot eisen aan de structuur van de aansluiting.

### 4.3.6 Ontwerpprincipes ter preventie van spookrijden

Linksaf bewegingen zijn met name gevoelig voor spookrijden. Het is daarom belangrijk om ongewenste afslagbewegingen te beperken en verwarring tussen oprit en afrit te vermijden.

De oprit moet benadrukt worden, de afrit wordt zo smal mogelijk gehouden. Let daarbij op:

- De rijstrookbreedte op de afrit wordt beperkt tot de standaardbreedte.
- Het breed uitlopen van de afrit (i.f.v. draaicirkels) wordt zo veel mogelijk beperkt. Waar dit niet mogelijk is, kan een strook in ander, moeilijker overrijdbaar materiaal worden aangebracht om tegemoet te komen aan de grotere draaicirkels van zwaar vervoer (bijvoorbeeld in printbeton).
- Ter hoogte van het aansluitingscomplex worden pechstroken aan de afrit verwijderd. Wanneer de verkeersintensiteit daardoor het aanrijden van hulpdiensten bemoeilijkt, is het aangewezen om een verdrijvingsvlak aan te brengen over een afstand van enkele voertuiglengtes ter hoogte van het kruispunt of een strook te voorzien in een ander materiaal.
- Het aantal rijstroken op de afrit wordt beperkt tot één, tenzij intensiteiten dit niet toelaten.



figuur 20: Vormgeving afrit t.h.v. onderliggende weg

Bij voorkeur worden oprit en afrit niet naast elkaar geplaatst. Indien dit toch nodig is, moeten ze fysiek worden gescheiden. In volgorde van wenselijkheid:

1. Op- en afrit niet naast elkaar plaatsen.
2. Op- en afrit scheiden door middel van een (brede) verhoogde middenberm.
  - Uitvoering in een materiaal verschillend van het wegdek.
  - Minimumbreedte 1,5 m.
  - Verhoogde rand.
3. Op- en afrit scheiden door middel van een afschermende constructie
4. Op- en afrit scheiden door middel van een scheidingsband/boardsteen
  - Scheidingsband, aan weerszijden met witte doorlopende markering aangeduid (tussenafstand min 0,50 m; specificaties in dienstorder "[MOW/AWV/2020/12 Maatregelen ter preventie van spookrijden](#)").

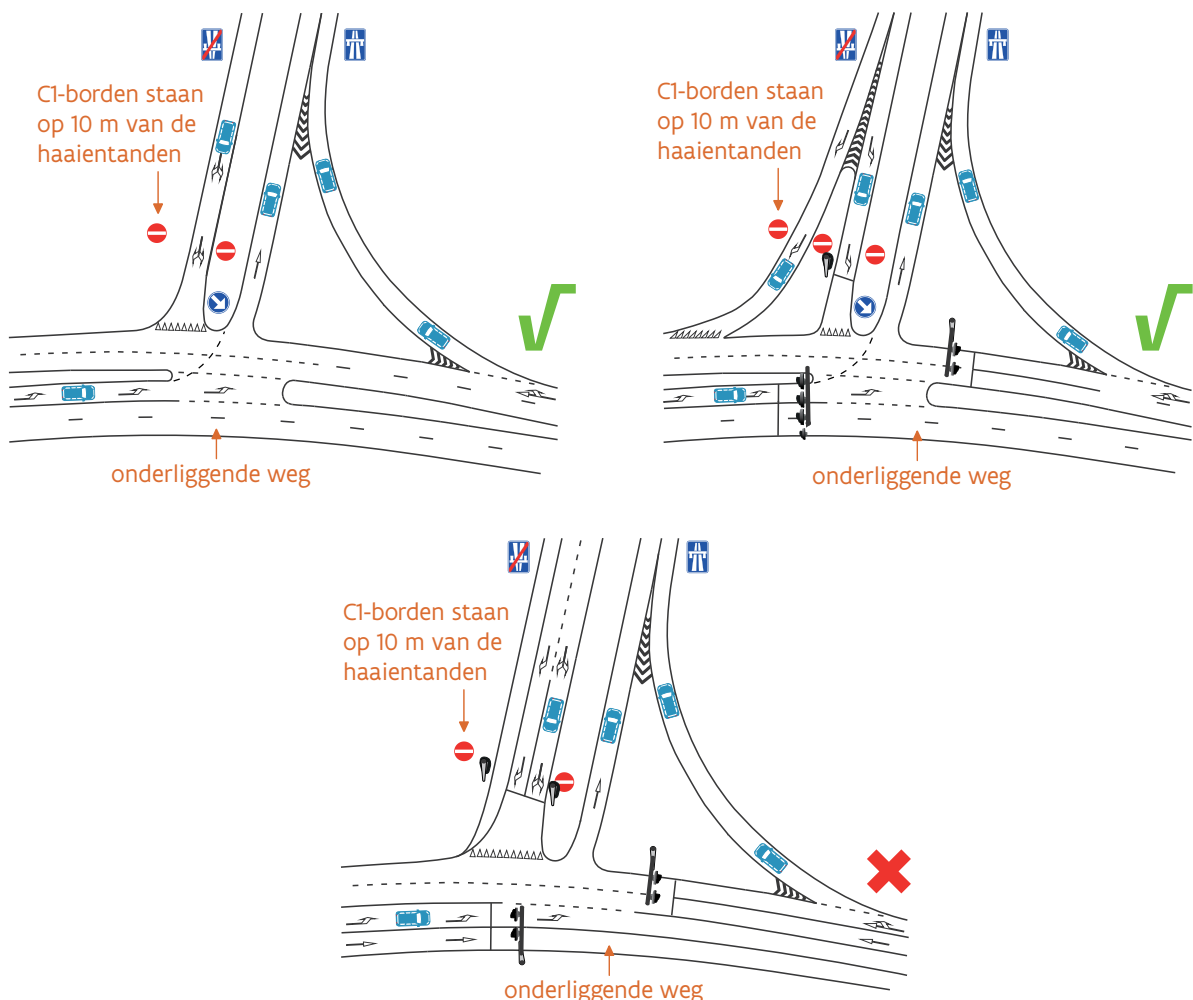
Binnen een oprit of afrit zijn meerdere rijbanen niet toegestaan:

- In de oprit mag geen verkeersgeleider aanwezig zijn, met uitzondering van een bypass die rechts afslaand verkeer voldoende ver uit het kruisingsvlak brengt.
- In de afrit mogen eveneens geen verkeersgeleiders aanwezig zijn. Er wordt een uitzondering gemaakt voor een bypass voor rechtsafslaand verkeer. Dit is echter op voorwaarde dat deze buiten het kruispunt aansluit op de onderliggende weg.

Bovenstaande schikkingen zorgen ervoor dat wanneer een op- en afrit naast elkaar liggen, de weggebruiker ten hoogste twee "openingen" ziet, waarvan de rechtse de oprit is.

Om het voor de weggebruiker moeilijk te maken om vanop de onderliggende weg naar de afrit te rijden, is een middenberm op de onderliggende weg aangeraden. Waar mogelijk wordt de opening in de middenberm op de onderliggende weg zo veel mogelijk beperkt en gepositioneerd zodat de weggebruiker die linksaf de oprit op wil rijden, enkel zicht heeft op de oprit en niet op de afrit. Het afslagpunt wordt geplaatst voorbij het midden van de rijstrook van de afrit en de binnenbocht wordt gemarkeerd met een onderbroken streep ter geleiding van de linksaf beweging.

Indien een middenberm op de onderliggende weg niet mogelijk is, wordt een witte doorlopende lijn voorzien langs de aslijn ter hoogte van de afrit.



figuur 21: Basisprincipes ontwerp aansluitingscomplex

Vaak stelt zwaar vervoer eisen aan het ontwerp op vlak van draaicirkels. Hierdoor kan het moeilijk zijn om bovenstaande algemene principes toe te passen. In die gevallen kan bijvoorbeeld (een gedeelte van) de (midden)berm worden voorzien in een overrijdbare strook in een ander materiaal.

## 4.4 Parallelstructuur

Ter hoogte van discontinuïteiten in een rijbaan treden rijstrookwisselingen op die tot turbulentie in de verkeersstroom kunnen leiden. Dit heeft een nadelig effect op de capaciteit van een rijbaan en kan leiden tot snelheidsverschillen en verkeersonveiligheid. In situaties waar meerdere knooppunten en/of aansluitingen zich op korte afstand van elkaar bevinden, kan de resulterende turbulentie leiden tot (structurele) problemen met verkeersveiligheid en doorstroming.

In dergelijke situaties kan een parallelstructuur langs de hoofdbaan toegepast worden. Het verkeer dat de doorgaande hoofdbaan wil verlaten of bereiken en dat de turbulentie veroorzaakt, wordt bij een parallelstructuur over een grotere lengte gescheiden van het doorgaande verkeer. De turbulentie verschuift naar de parallelstructuur maar omwille van de lagere ontwerpsnelheid zijn er andere turbulentielengtes van toepassing. Op de hoofdbaan ontstaat een meer continue verkeersstroom en treedt er slechts turbulentie op ter hoogte van de convergentie- en divergentiepunten van de hoofdbaan met de parallelstructuur. De vormgeving en locatie van deze punten kunnen geoptimaliseerd worden.

Een parallelstructuur heeft de volgende functies:

- Faciliteren van invoegend verkeer
- Faciliteren van uitvoegend verkeer
- Faciliteren van wevend verkeer

De toepassing van een parallelstructuur is afhankelijk van de functie en het belang van het tracé binnen het netwerk. Op hoofdverbindingssassen wordt, omwille van economische belangen, een hogere kwaliteitsondergrens van de verkeersafwikkeling (reistijd en reistijdbetrouwbaarheid) nagestreefd, waardoor het toepassen van een parallelstructuur gewenst is. Een parallelstructuur kan bestaan uit rangeerbanen en/of parallelbanen ([zie hoofdstuk "4.1 Rijbaantypes"](#)).

Een parallelstructuur ligt aan de buitenzijde van de weg om de uitwisseling van de autosnelweg met het onderliggende wegennet en met andere rijbanen van autosnelwegen efficiënt te laten plaatsvinden. De verbindingswegen tussen het onderliggend wegennet en de autosnelweg zijn op die manier eenvoudiger inpasbaar. Op de parallelstructuur vindt ook de afwikkeling van eventueel regionaal verkeer plaats.

Het divergentiepunt van een parallelbaan moet duidelijk en helder zijn voor de weggebruiker zodat de kans op een verkeerde routekeuze beperkt blijft. Het kan immers voorkomen dat er vóór de daadwerkelijke afrit uitgevoegd moet worden naar de parallelbaan.

Een parallelstructuur begint en eindigt op dezelfde hoofdrijbaan. Een parallelstructuur kan dus niet overgaan in een verbindingsweg.



## 4.5 Capaciteit

De capaciteit van een wegvak is de maximale verkeersintensiteit die een weg kan verwerken. Nauwkeurige kennis van de capaciteit van elke oplossing is om diverse redenen noodzakelijk:

- Om bij een gegeven verkeersbehoefte de juiste vormgevingsoplossing te kiezen en daarbij de afwikkelingskwaliteit te kunnen bepalen
- Om zo efficiënt mogelijk te kunnen ontwerpen zonder de afwikkelingskwaliteit negatief te beïnvloeden
- Ten behoeve van een goede besluitvorming (beleidsmatig)
- Ter ondersteuning van het ontwerp van verkeersbeheersingsmaatregelen

De capaciteit wordt in hoofdzaak bepaald door het aantal beschikbare rijstroken en de aard van de toegepaste discontinuïteiten. In wat volgt worden enkele algemene capaciteitsgrootheden verduidelijkt en wordt de capaciteit van een rijstrook en van discontinuïteiten behandeld.

Voor de meest recente beschrijving van de capaciteitswaarden voor infrastructuur van autosnelwegen wordt verwezen naar het "[Handboek Capaciteitswaarden Infrastructuur Autosnelwegen](#)" (CIA) van Rijkswaterstaat.

### 4.5.1 Capaciteitsgrootheden

Om uitspraken te kunnen doen over de (gewenste) capaciteit van een tracé, wegvak of discontinuïteit worden de volgende grootheden geïntroduceerd:

- Intensiteit
- Capaciteit
- Personenauto-equivalent (pae)
- Intensiteit/capaciteit-verhouding (I/C-verhouding)

#### 4.5.1.1 Intensiteit

De intensiteit is het aantal voertuigen dat per uur of per etmaal een bepaalde wegdoorsnede passeert. De afdeling Beleid van het departement Mobiliteit en Openbare Werken beschikt over de nodige modellen om de (geprognosticeerde) intensiteiten te bepalen. De modelresultaten zijn verkeerscijfers die bestaan uit intensiteiten voor personenwagens en vrachtverkeer over de verschillende wegvakken, verdeeld over verschillende perioden van de dag. Op basis van deze intensiteiten kan worden ingeschat welke maatregelen er nodig zijn om de doorstroming te verbeteren.

#### 4.5.1.2 Capaciteit

Capaciteit is de maximale intensiteit die verwerkt kan worden. Capaciteit is geen statische waarde aangezien ze beïnvloed wordt door verschillende factoren zoals de gereden snelheid van de voertuigen, weersomstandigheden, het rijgedrag van bestuurders, het aandeel vrachtverkeer, het percentage wevend verkeer, het ontwerp van de weg, hellingen ... Verder is de capaciteit per rijstrook in zekere mate afhankelijk van het aantal en de lengte van de rijstroken en van de verdeling van het verkeer over de rijstroken.

Capaciteit is het maximaal aantal voertuigen per tijdseenheid (meestal uitgedrukt in pae per uur ([zie hoofdstuk "4.5.1.3 Personenauto-equivalent"](#))) dat een doorsnede van een rijstrook kan passeren gedurende een bepaalde tijdsperiode onder de heersende weg-, verkeers- en beheercondities.

Onder optimale omstandigheden wordt voor een Europese hoofdweg of een autosnelweg uitgegaan van een standaard capaciteitswaarde van 2 200 pae/rijstrook/h. De belangrijkste uitgangspunten hierbij zijn:

- Wegvak met een ongestoorde verkeersafwikkeling
- Werkdagverkeer (regelmatige weggebruikers)
- Ontwerp conform dit vademecum
- Rijstrookbreedtes van 3,50 m
- Geen verstoringen in het verticale alignement (hellingen)

- Geen capaciteitsrestricties boven- of benedenstrooms
- Goede weersomstandigheden
- Goede staat van het wegdek
- Daglicht
- Afwezigheid van verkeersmanagementmaatregelen (met uitzondering van signalisatie)

De standaard capaciteitswaarde kan niet zonder meer worden toegepast in situaties met meerdere opeenvolgende discontinuïteiten waarvan de bijbehorende turbulentieafstanden op elkaar aansluiten en waar de I/C-verhouding  $\geq 0,8$  is.

De capaciteit onder niet-optimale omstandigheden kan bepaald worden met behulp van correctiefactoren zoals beschreven in het "[Handboek CIA](#)". De vraag is of deze gedetailleerde benadering betekenisvol is aangezien de aannames in de modellen met betrekking tot het te verwachten verkeer en de daaraan gekoppelde resultaten, slechts een benadering zijn van de werkelijkheid. In complexere situaties kan de doorstroming bepaald worden met een verkeerssimulatiemodel (microsimulatie).

#### 4.5.1.3 Personenauto-equivalent

De personenauto-equivalent (pae) is een rekeneenheid waartoe motorvoertuigen worden herleid om de onderlinge vergelijking met betrekking tot verkeersintensiteiten (en dus ook capaciteiten) mogelijk te maken, onafhankelijk van het percentage vrachtverkeer.

Concreet betekent dit dat elke vrachtwagen met een pae-factor van 2 vermenigvuldigd moet worden. Deze heeft dus het equivalent van 2 personenwagens. Dit geldt zowel voor ongelede vrachtwagens (voertuig tussen 6,9 m en 12 m elektrische lengte) als voor gelede vrachtwagens (voertuig langer dan 12 m elektrische lengte).

De elektrische lengte van een voertuig betreft de lengte van het metalen gedeelte van het voertuig. Er wordt immers met inductielussen als meetinstrument gewerkt. Hierdoor wordt enkel het metalen gedeelte van voertuigen gemeten, wat niet exact overeen stemt met hun werkelijke lengte (bijvoorbeeld plastic bumpers of onvoldoende metalen uitsteeksels worden niet gedetecteerd).

De relatie tussen personenauto-equivalent en motorvoertuigen per uur is als volgt:

$$C_{mvt} = \frac{C_{pae}}{1 + (f_{pae} - 1) * \frac{a_v}{100}} \quad \text{of} \quad C_{pae} = C_{mvt} * [1 + (f_{pae} - 1) * \frac{a_v}{100}]$$

Hierin is:

- $C_{mvt}$  : capaciteit in motorvoertuigen per uur (mvt/h)
- $C_{pae}$  : capaciteit in personenauto-equivalent per uur (pae/h)
- $f_{pae}$  : pae-factor
- $a_v$  : aandeel vrachtverkeer (%)

#### 4.5.1.4 I/C-verhouding

De verhouding tussen de intensiteit (I) en de capaciteit (C) is een indicator voor de kwaliteit van de verkeersafwikkeling van een weggedeelte. De situatie tijdens de drukste spits is maatgevend. De intensiteit geeft hierbij de verkeersvraag weer. Bijvoorbeeld de verkeersvraag uit een verkeersmodel. Verkeersmetingen daarentegen geven enkel de verkeersvraag weer in geval van een ongehinderde doorstroming (geen filevorming ingevolge een stroomafwaarts knelpunt, geen dosering door een stroomopwaarts knelpunt). Zo zal bij filevorming de intensiteit in de metingen dalen terwijl de verkeersvraag niet verandert. Wanneer de I/C-verhouding zich ruim onder de 1 bevindt, is er geen afwikkelingsprobleem te verwachten. Onder 0,8 treedt er vrijwel geen congestie op. Nadert de I/C-verhouding de 1 dan treedt onder ongunstige omstandigheden congestie op. Boven de 1 is de congestie structureel.

Het uitgangspunt is dat bij een I/C-verhouding  $< 0,8$  de capaciteit voldoende reserve heeft, bij een verhouding van 0,9 zit men in het overgangsgebied. Het uitgangspunt voor het ontwerpen van autosnelwegen is dat de I/C-verhouding altijd kleiner dan of gelijk aan 0,8 moet zijn.

Voor een nadere toelichting wordt verwezen naar het ["Handboek CIA"](#).

#### **4.5.2 Capaciteit van een rijstrook**

De capaciteit van een éénstrooks rijbaan (verbindingsweg) neemt af met de lengte omdat langzame voertuigen gaten laten vallen in de verkeersstroom die niet meer kunnen worden opgevuld. De reductie verloopt gradueel met de lengte van de rijbaan. Om capaciteitsverlies door clustering van voertuigen tegen te gaan, kan het gewenst zijn om twee rijstroken toe te passen op een verbindingsweg, ook wanneer dit voor de verkeersintensiteit niet nodig is. Het voorkomt de clustering van voertuigen waardoor invoegen op een (hoofd)rijbaan soepeler verloopt.

Het toepassen van twee rijstroken in indirecte verbindingswegen (lussen) is niet gewenst omdat:

- De toegevoegde capaciteit van een rijstrookvermeerdering zeer beperkt is
- Er onveiligheid ontstaat als gevolg van (onverwachte) snelheidsverschillen door het verschil in risico-acceptatie van bestuurders

In nieuwbouwsituaties is het daarom aangewezen geen tweestrookse lussen te ontwerpen. Indien omwille van de capaciteit één rijstrook onvoldoende is, wordt bij voorkeur een (semi)directe verbindingsweg toegepast.

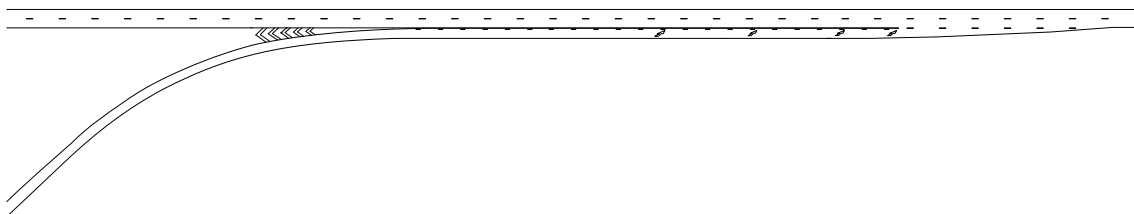
Voor bestaande situaties moet onderscheid gemaakt worden naar drietaks- en viertaksknooppunten:

- Bij drietaksknooppunten wordt de tweestrookse rijbaan, omwille van de verkeersveiligheid, bij voorkeur stroomopwaarts van de lus afgestreepd naar één rijstrook. Indien dit vanwege de doorstroming niet gewenst is, kan een tweestrookse lus worden toegepast mits de stroomopwaarts en stroomafwaarts gelegen discontinuïteiten voldoende capaciteit hebben (I/C-verhouding kleiner dan 0,8).
- Bij viertaksknooppunten (klaverbladen) worden meerstrookse lussen niet toegepast.

#### **4.5.3 Capaciteit van discontinuïteiten**

##### **4.5.3.1 Invoeging**

Een invoeging bestaat uit een convergentiepunt waar verkeer vanaf een toeleidende rijbaan (parallelbaan, rangeerbaan, verbindingsweg, oprit) via een invoegstrook invoegt in een doorgaande verkeersstroom. Deze invoeging bevindt zich altijd aan de rechterzijde van de doorgaande rijbaan. De doorgaande rijbaan heeft na de invoeging evenveel rijstroken als ervoor. Een principeschets is weergegeven in [figuur 22](#). De richtlijnen die gelden voor de dimensionering van een invoeging zijn beschreven in [hoofdstuk "6.2 Invoeging"](#).

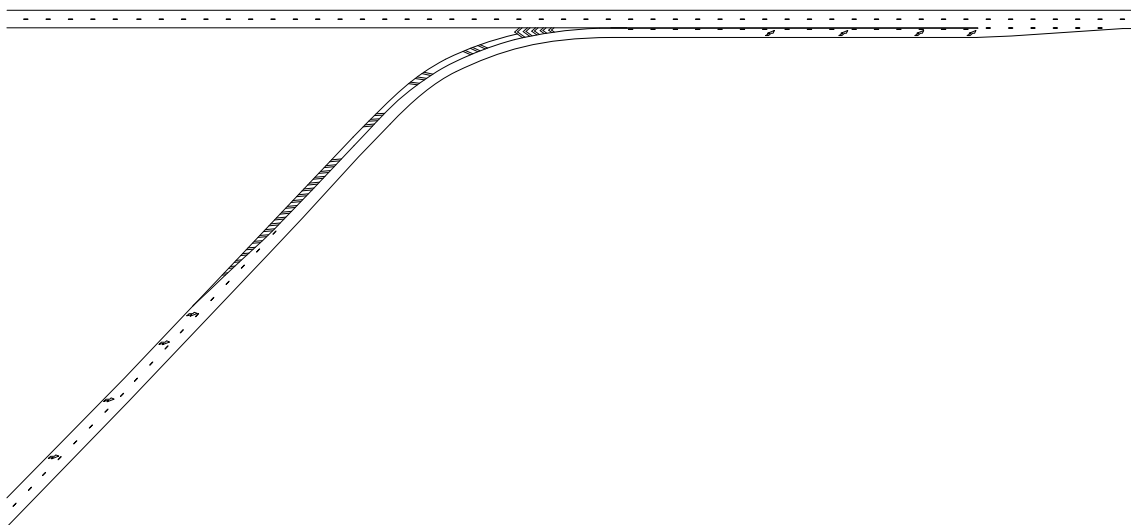


figuur 22: Principeschets invoeging

Een standaard invoeging bestaat uit één invoegstrook die wordt voorafgegaan door een toeleidende rijbaan met één rijstrook.

Wanneer een standaard invoeging onvoldoende capaciteit biedt, kan de toeleidende rijbaan uit twee rijstroken bestaan. Er wordt dan een samenvoeging toegepast ([zie hoofdstuk "4.5.3.3 Samenvoeging"](#)) van deze twee rijstroken met de doorgaande rijbaan.

Indien de toeleidende rijbaan uit andere dan capaciteitsoverwegingen tweestrooks is, zoals bijvoorbeeld bij een verkeerslichtengeregeld kruispunt of na een samenvoeging van twee rijbanen, wordt de linkerrijstrook van de toeleidende rijbaan vóór de invoeging door middel van een rijstrookvermindering beëindigd (zie [figuur 23](#)).



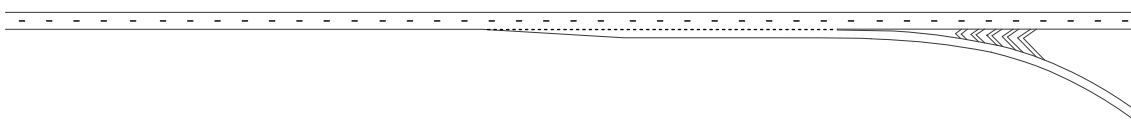
figuur 23: Principeschets invoeging met tweestrookse toeleidende rijbaan (indien tweestrookse toeleidende rijbaan niet nodig is vanuit capaciteitsoverwegingen)

De dichtheid van het verkeer op de hoofdbaan neemt ter hoogte van een invoeging toe door het invoegende verkeer. Ongeacht de dichtheid van de doorgaande verkeersstroom kan het voorkomen dat de doorgaande stroom ruimte moet geven aan de invoegende stroom, wat een negatief effect heeft op de doorstroming. De daling van de verkeersafwikkeling is afhankelijk van de intensiteit van de doorgaande stroom, de intensiteit van de invoegende stroom, de verhouding tussen deze intensiteiten, het aandeel vrachtverkeer en het snelheidsregime. Als de intensiteit van het invoegende verkeer laag is ten opzichte van de doorgaande stroom, zal de invloed van de invoeging beperkt zijn.

De capaciteit van een invoeging wordt benaderd door de capaciteit van het stroomafwaarts gelegen wegvak. Als uitgangspunt kan worden aangehouden dat de verhouding tussen de som van de intensiteiten van de samenvoegende verkeersstromen en de capaciteit van de doorgaande rijbaan voor het prognosejaar niet groter mag zijn dan 0,8. Wanneer de I/C-verhouding in het prognosejaar groter is dan 0,7 moet de doorstroming aangetoond worden met een verkeerssimulatiemodel.

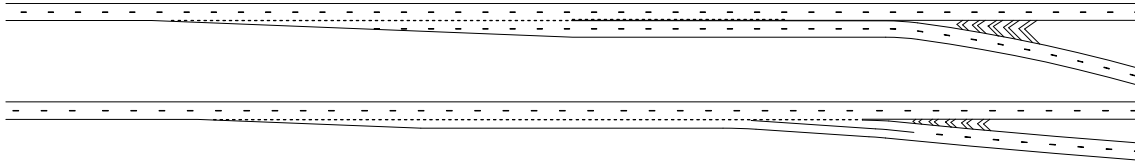
#### 4.5.3.2 Uitvoeging

Een uitvoeging bestaat uit een divergentiepunt waar verkeer vanaf een doorgaande rijbaan via een uitvoegstrook uitvoegt naar een afbuigende rijbaan (afrit, parallelbaan, rangeerbaan of verbindingsweg). Een uitvoeging bevindt zich altijd aan de rechterzijde van de doorgaande rijbaan. De doorgaande rijbaan heeft na de uitvoeging evenveel rijstroken als ervoor. Een principeschets is weergegeven in [figuur 24](#). De richtlijnen die gelden voor de dimensionering van een uitvoeging zijn beschreven in [hoofdstuk "6.3 Uitvoeging"](#).



figuur 24: Principeschets uitvoeging

Een standaard uitvoeging heeft één uitvoegstrook die wordt gevolgd door een afbuigende rijbaan met één rijstrook. Indien uit capaciteitsoverwegingen meerdere rijstroken nodig zijn, kan een meerstrookse uitvoeging worden toegepast. Mogelijke oplossingen zijn weergegeven in [figuur 25](#).



figuur 25: Principeschets tweestrookse uitvoeging (boven) en uitvoegende taper (onder)

Bij het ontwerp of de aanpassing van uitvoegingen op Europese hoofdweggen of autosnelweggen kan een tweestrookse uitvoeging of een uitvoegende taper worden toegepast. Microsimulaties kunnen de geschikte oplossing onderbouwen.

De tweestrookse uitvoeging mag altijd worden toegepast en verkiest de voorkeur indien dit nodig is voor de capaciteit van de uitvoeging. In tweede instantie kan ook een uitvoegende taper toegepast worden. Er dient voldoende lengte en zicht te zijn op het kruispunt of de discontinuïteit stroomafwaarts.

Bij een uitvoeging blijft het aantal rijstroken op de doorgaande rijbaan gelijk en wordt de intensiteit als gevolg van het uitvoegende verkeer lager. Er is bijgevolg geen reden om aan te nemen dat de capaciteit wordt beperkt. Men kan echter wel aannemen dat de capaciteit van een uitvoegstrook lager is dan de capaciteit van een doorgaande rijstrook door de uitvoegbewegingen en de lagere snelheid als gevolg van deceleratie op de uitvoegstrook.

In geval van filevorming op de uitvoegstrook (door fileterugslag vanwege een bottleneck onderaan de afrit, zoals verkeerslichten) wordt de capaciteit van de uitvoegstrook niet bepaald door de uitvoegstrook zelf maar door de (lagere) capaciteit van de stroomafwaartse bottleneck.

Wanneer een (zeer) groot aandeel verkeer gebruik maakt van de uitvoeging kan stroomopwaarts van de uitvoeging de intensiteit op de rechterrijstrook toenemen door voorsorteerbewegingen met een snelheidsdaling of mogelijks zelfs filevorming tot gevolg. Hierdoor daalt de capaciteit van de hoofdbaan stroomopwaarts van de uitvoeging (maar blijft de capaciteit van de uitvoeging zelf hetzelfde).

Dit kan zich voordoen bij eenstrooks uitvoegingen maar evenzeer bij meerstrookse uitvoegingen. Bij meerstrookse uitvoegingen moet altijd (aanvullende) bebording en/of bewegwijzering aangebracht worden die de meerstrookse uitvoeging aankondigt.

#### 4.5.3.3 Samenvoeging

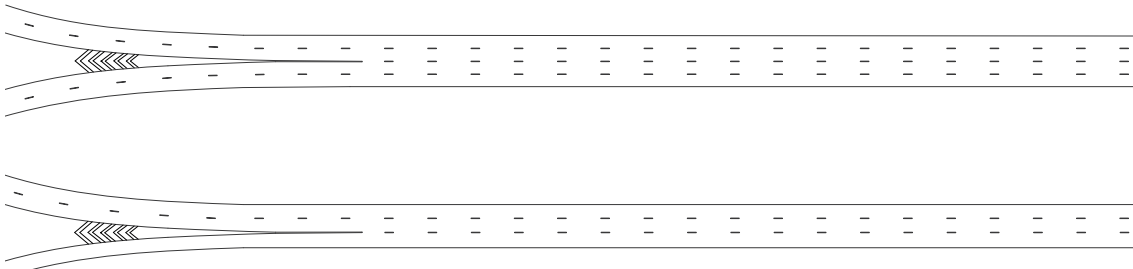
Een samenvoeging is een convergentiepunt waar verkeersstromen van twee rijbanen samenkomen onder een flauwe hoek. De doorgaande rijbaan heeft na de samenvoeging een aantal rijstroken dat in standaardsituaties gelijk is aan de som van de samenvoegende rijstroken stroomopwaarts van het convergentiepunt.

Een samenvoeging moet aan minimaal één van de volgende twee voorwaarden voldoen:

- De toeleidende rijbaan wordt om capaciteitsredenen meerstrooks uitgevoerd.
- De samenvoegende rijbanen zijn gelijkwaardig als gevolg van:
  - Dezelfde ontwerpsnelheid
  - Een samenvoeging van een hoofdbaan-hoofdbaan, parallelbaan-parallelbaan of verbindingsweg-verbindingsweg

Een samenvoeging wordt niet toegepast bij een convergentie met een invoeging tenzij deze invoeging om redenen van capaciteit meerstrooks is uitgevoerd. Bij een drukke eenstrooks invoeging wordt bij voorkeur een stroomopwaartse verbreding op de autosnelweg in combinatie met een invoeging toegepast (in plaats van eenstrooks samenvoeging), zodat vrachtverkeer geen rijstrookwisselingen hoeft uit te voeren. De richtlijnen die gelden voor de dimensionering van een samenvoeging zijn beschreven in [hoofdstuk "6.4 Samenvoeging"](#).

Een samenvoeging leidt tot rijstrookwisselingen voor vrachtverkeer. Het vrachtverkeer dat vanaf de linkse rijbaan komt, moet na de samenvoeging één of meer rijstroken wisselen om op de rechterrajstrook te komen. Door het snelheidsverschil tussen vrachtverkeer en personenwagens is dit nadelig voor de doorstroming en de verkeersveiligheid. Situaties waarbij samenvoegingen na enige afstand worden gevolgd door een splitsing, moeten dus zoveel mogelijk vermeden worden tenzij dit duidelijk aangegeven is met markering en bebording (asymmetrisch weefvak).



figuur 26: Principeschets standaard (zuivere) samenvoeging

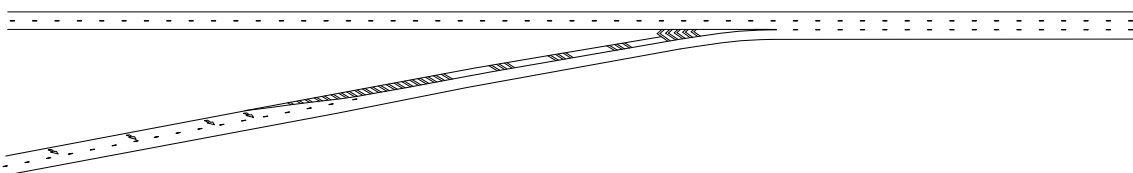
Een samenvoeging heeft nauwelijks gevolgen voor de capaciteit wanneer het aantal rijstroken vóór en na de samenvoeging gelijk is (zuivere samenvoeging). De invloed van rijstrookwisselingen als gevolg van de herschikking van de voertuigtypen over de rijstroken, is beperkt.

Naast de standaard (zuivere) samenvoeging kan het aantal rijstroken afnemen bij een samenvoeging. In dergelijke situaties is er wel sprake van een capaciteitsreductie. Wanneer de I/C-verhouding op één van de toeleidende rijbanen of de samengevoegde rijbaan groter is dan 0,7 dan moet de doorstroming voor dit type samenvoeging aangetoond worden met een microsimulatie.

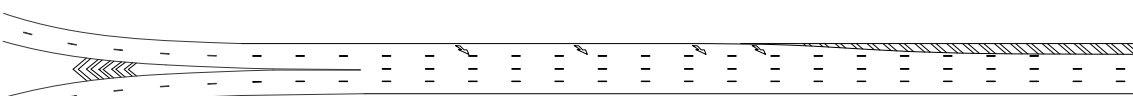
In de meeste gevallen zal, uit het oogpunt van capaciteit, de som van het benodigd aantal rijstroken stroomafwaarts van het convergentiepunt kleiner zijn dan stroomopwaarts van het convergentiepunt. Dit kan leiden tot twee situaties, in volgorde van voorkeur:

- Terugbrengen van het aantal rijstroken op de linker of rechter toeleidende rijbaan vóór de samenvoeging (figuur 27)
- Terugbrengen van het aantal rijstroken op de doorgaande rijbaan na de samenvoeging (figuur 28)

Het terugbrengen van het aantal rijstroken ter hoogte van het convergentiepunt met een tapsamenvoeging is niet toegestaan.



figuur 27: Principeschets samenvoeging met rijstrookbeëindiging voor convergentiepunt



figuur 28: Principeschets samenvoeging met rijstrookbeëindiging na convergentiepunt

Een onzuivere samenvoeging is een samenvoeging waarbij een rijstrookvermindering stroomopwaarts van het convergentiepunt wordt toegepast. Het verminderen van het aantal rijstroken op de rechter rijbaan heeft als voordeel dat het vrachtverkeer vanaf de linker rijbaan een rijstrook minder hoeft te wisselen. Dit heeft een positieve invloed op de capaciteit.

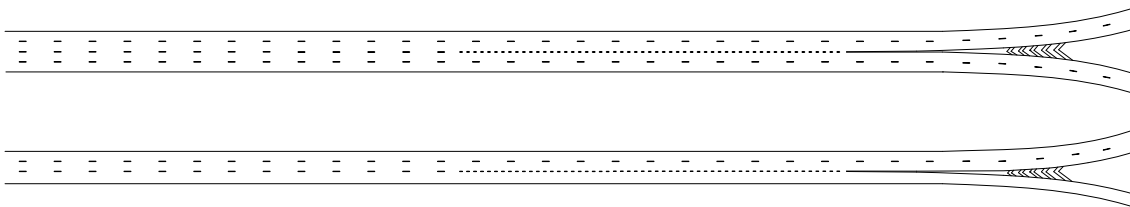
Indien het, uit het oogpunt van capaciteit, niet mogelijk is om vóór de samenvoeging een rijstrookvermindering toe te passen, wordt een standaard samenvoeging gevolgd door een rijstrookbeëindiging waarbij de linkerrijstrook komt te vervallen. Het nadeel van deze oplossing ten opzichte van een rijstrookvermindering vóór de samenvoeging is het extra ruimtebeslag:

- In de lengterichting over een langere lengte invloed op het ontwerp vanwege de turbulentielenktes
- Extra ruimtebeslag in de breedte vanwege het grotere verhardingsoppervlak

Het zoeken naar de meest geschikte oplossing hangt onder meer af van de relatieve intensiteit van het vrachtverkeer op de samenkomende rijbanen. De weefbewegingen van het vrachtverkeer moeten zo veel mogelijk beperkt te worden. De keuze van de meest geschikte oplossing kan gebeuren op basis van een microsимулатie.

#### 4.5.3.4 Splitsing

Een splitsing is een divergentiepunt waar één rijbaan overgaat in twee rijbanen met dezelfde ontwerpsnelheid. In standaard situaties is de som van de rijstroken over de rijbanen vóór en na de splitsing gelijk. Een schematische weergave van de standaardoplossing is weergegeven in [figuur 29](#). De richtlijnen die gelden voor de dimensionering van een splitsing zijn beschreven in [hoofdstuk "6.5 Splitsing"](#).



figuur 29: Principeschets standaard splitsing

Een splitsing wordt alleen toegepast indien aan de volgende voorwaarden wordt voldaan:

- De splitsende rijbanen zijn gelijkwaardig als gevolg van:
  - Dezelfde ontwerpsnelheid
  - Een splitsing naar een hoofdbaan-hoofdbaan, parallelbaan-parallelbaan, of verbindingsweg-verbindingsweg
- Voor de gesplitste rijbanen zijn stroomafwaarts van het divergentiepunt, uit het oogpunt van capaciteit, per rijbaan minder rijstroken nodig dan het totaal aantal rijstroken stroomopwaarts van het divergentiepunt.
- Er is sprake van een beëindiging van een hoofdbaan (T-knooppunt).

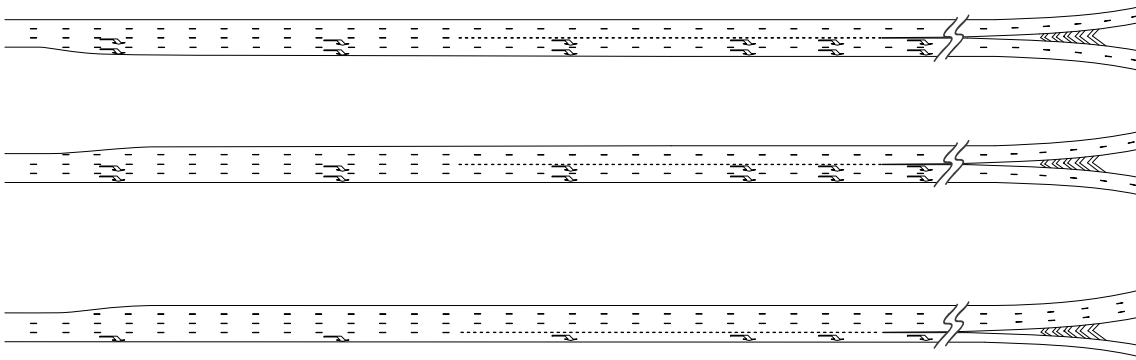
Naast bovengenoemde splitsingen van gelijkwaardige rijbanen met gelijke ontwerpsnelheden, kan een rijbaan bij een groot aandeel afbuigend verkeer ook gesplitst worden bij het naderen van een parallelbaan (die al dan niet een lagere ontwerpsnelheid heeft) of een rangeerbaan. De vormgeving van een splitsing moet het aantal rijstrookwisselingen voor doorgaand (vracht)verkeer en daarmee de turbulentie bij dergelijke splitsingen, beperken. De keuze voor het type verbreding moet gebaseerd worden op het aandeel vrachtverkeer op beide stroomafwaartse rijbanen.

Ten opzichte van een uitvoeging heeft een splitsing het nadeel dat er meer turbulentie (en daarmee capaciteitsverlies) optreedt als gevolg van vroegtijdige rijstrookwisselingen van vrachtverkeer. In het geval van dynamisch opengestelde rijstroken (bijvoorbeeld spitsstroken) kan in de ene situatie (spitsstrook gesloten) sprake zijn van een uitvoeging, die in de andere situatie (spitsstrook open) dan een splitsing wordt.

Indien de som van het aantal rijstroken, uit het oogpunt van capaciteit, na de splitsing groter moet zijn dan ervoor, dan moet voor de inrichting de volgende volgorde aangehouden worden:

- Toevoeging van een rijstrook aan de rechterzijde van de rijbaan
- Toevoeging van een rijstrook aan de linkerzijde van de rijbaan

In [figuur 30](#) zijn de bovengenoemde oplossingen schematisch weergegeven in respectievelijke volgorde.



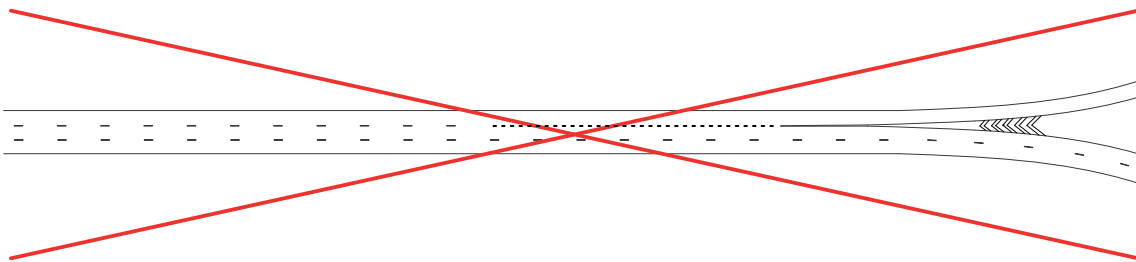
figuur 30: Principeschets splitsing met toenemend aantal rijstroken

Verbreedingen aan de linkerzijde worden doorgaans beter benut dan verbredingen aan de rechterzijde. Een nadeel van een verbreding aan de linkerzijde is echter dat het vrachtverkeer meerdere rijstrookwisselingen moet uitvoeren om op de linker rijbaan te komen. Een toevoeging van een rijstrook aan de linkerzijde wordt alleen toegepast indien de uitvoegende rijstrook omwille van capaciteit uit minimaal twee rijstroken bestaat. Als dit niet het geval is, wordt een uitvoeging in plaats van een splitsing toegepast.

Wanneer het totaal aantal rijstroken stroomafwaarts van de splitsing gelijk is aan het aantal rijstroken stroomopwaarts van de splitsing, is de capaciteitsreductie beperkt, tenzij de splitsingsfracties erg ongelijk zijn en/of er relatief veel vrachtverkeer naar de linkse afbuigende rijbaan moet. Wanneer de I/C-verhouding op de toeleidende rijbaan of één van de gesplitste rijbanen groter is dan 0,7 dan moet de doorstroming van de splitsing aangetoond worden met een microsimulatie.

### Splitsing naar 1+2 rijstroken

Een splitsing naar 1+2 rijstroken wordt ervaren als een uitvoeging aan de linkerkant. Deze oplossing heeft nooit de voorkeur boven een splitsing naar 2+1 rijstroken en wordt niet toegepast op doorgaande hoofdbanen. Een splitsing naar 1+2 geeft immers al ruim stroomopwaarts van het divergentiepunt een turbulente verkeersstroom en sluit bovendien niet aan bij de verwachting van de weggebruiker om aan de rechterzijde de hoofdstroom te verlaten.



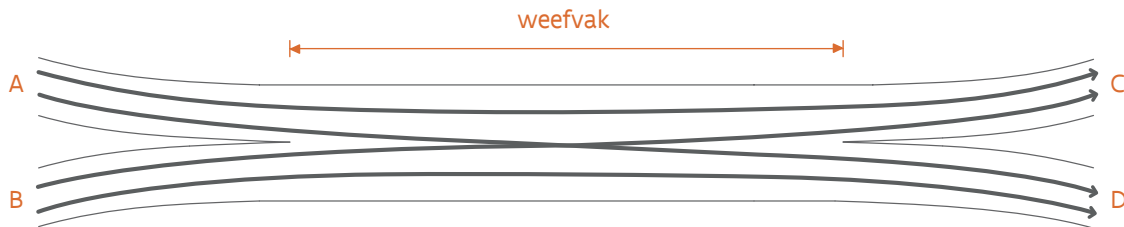
figuur 31: Principeschets splitsing naar 1+2 rijstroken

Een splitsing naar 1+2 rijstroken is enkel acceptabel op parallel- en rangeerbanen en in uitzonderingsgevallen bij de beëindiging van hoofdbanen. Deze rijbanen zijn namelijk bedoeld voor het afwikkelen van een turbulente verkeersstroom en weggebruikers zijn alert om de benodigde manoeuvres uit te voeren. De toegepaste bewegwijzering moet wel voldoende duidelijke informatie bieden aan de weggebruiker zodat hij op de hoogte is van de naderende discontinuïteit (met name bij het einde van een hoofdbaan).



#### 4.5.3.5 Weefvak

Een weefvak is een wegvak waar twee verkeersstromen samenkomen en weer uit elkaar gaan met een beperkte afstand tussen het convergentiepunt en divergentiepunt. Op een weefvak ontstaat veel turbulentie en capaciteitsverlies omdat er tegelijkertijd in- en uitvoegbewegingen plaatsvinden. Bij het ontwerp van een weefvak vormt de capaciteit een belangrijk aandachtspunt. De bij het ontwerp gekozen configuratie moet onderbouwd worden met een microsimulatie. De richtlijnen die gelden voor de dimensionering van een weefvak zijn beschreven in [hoofdstuk "6.6 Weefvak"](#).



figuur 32: Schematisering weefvak

De capaciteit van een weefvak is afhankelijk van volgende factoren:

- Wegfactoren:
  - Aantal rijstroken per voertuigstroom
  - Weefvakconfiguratie
  - Weefvaklengte
- Verkeersstroomfactoren:
  - Verkeersstromen
  - Verkeerssamenstelling
  - Snelheid op de toeleidende rijbanen

Voor het bepalen van de capaciteit van een weefvak als functie van bovenstaande invloedsfactoren wordt verwezen naar het ["handboek CIA"](#). In wat volgt zijn de invloedsfactoren kort toegelicht.

#### Aantal rijstroken

De omvang van de stromen op een weefvak is bepalend voor het aantal rijstroken dat er in totaal en per bestemming nodig is. Dit bepaalt ook het benodigd aantal rijstroken stroomafwaarts van het weefvak.

#### Weefvakconfiguratie

De weefvakconfiguratie wordt gebaseerd op de onderlinge verhouding van de vier deelstromen binnen de totale stroom. Er zijn volgende mogelijkheden:

- De doorgaande stromen (A naar C, B naar D) zijn het grootst.
- De kruisende stromen (A naar D, B naar C) zijn het grootst.
- Eén van de kruisende stromen is het grootst.

Wanneer beide doorgaande stromen of beide kruisende stromen het grootst zijn, ligt de keuze voor een symmetrisch weefvak veelal voor de hand. Het totaal aantal rijstroken van de samenkomende rijbanen is in dat geval gelijk aan dat van de uit elkaar gaande rijbanen. Bovendien liggen het convergentie- en divergentiepunt in het verlengde van dezelfde markeringslijn. Bij kruisende stromen moet onderzocht worden of de toeleidende of wegleidende rijbanen elkaar stroomopwaarts respectievelijk stroomafwaarts van het weefvak ongelijkvloers kunnen kruisen, opdat het aantal weefbewegingen geminimaliseerd wordt.

Bij één grote kruisende stroom wordt eerder gekozen voor een asymmetrisch weefvak. Bestuurders in de grote kruisende stroom zijn dan niet genooddaakt van rijstrook te wisselen waardoor de turbulentie gereduceerd wordt. Bestuurders in de kleine kruisende stroom moeten daarentegen minimaal tweemaal van rijstrook wisselen. Voor weefvakken met grote verkeersstromen is altijd verkeerskundig onderzoek nodig om te bepalen wat de gewenste configuratie is.

## Weefvaklengte

De weefvaklengte is de benodigde lengte om een geschikt hiaat te vinden voor een wevende beweging en de daadwerkelijke weefbeweging uit te voeren. Hoe langer de weefvaklengte, hoe hoger de rijsnelheid waarbij het weven kan plaatsvinden. Dit resulteert in een beperktere turbulentie, wat een positieve invloed op de weefvakcapaciteit heeft. De capaciteitstoename bij een grotere weefvaklengte geldt slechts tot een bepaalde weefvaklengte omdat bestuurders geneigd zijn hun weefbeweging in de eerste honderden meters van het weefvak uit te voeren. Te lange weefvakken zijn echter ongewenst, vanwege het optreden van ongewenst verkeersgedrag.

## Verkeersstromen

De capaciteit van een weefvak is sterk afhankelijk van:

- Welke verkeersstroom welke rijstrook gebruikt
- Hoe de doorgaande en kruisende stromen zich qua omvang tot elkaar verhouden

In extreme gevallen functioneert een weefvak als een 'gewone' in- of uitvoeging, met name bij symmetrische weefvakken. Voertuigen die een doorgaande stroom verlaten, laten in dat geval geschikte hiaten achter voor voertuigen die in deze stroom willen invoegen. Een weefvak waarvan één van de kruisende stromen duidelijk groter is dan de andere kruisende stroom heeft het grootste negatieve effect op de capaciteit.

## Verkeerssamenstelling

De verkeerssamenstelling beïnvloedt de capaciteit door de snelheid waarmee weefbewegingen kunnen plaatsvinden. Voertuigen met een lager acceleratievermogen en/of grotere voertuiglengte beïnvloeden de capaciteit negatief omdat de hiaatacceptatie aanzienlijk lager ligt. Concreet betekent dit dat bij het ontwerp van een weefvak rekening moet gehouden worden met het aandeel vrachtverkeer.

## Snelheid op toeleidende rijbanen

De snelheid op de toeleidende rijbanen wordt beïnvloed bij aanzienlijke snelheidsverschillen tussen de toeleidende rijbanen. Indien de snelheid van de wevende stromen daalt tot beneden de snelheid waarbij normaal gesproken de capaciteit wordt gehaald, ontstaat capaciteitsverlies. Dit komt voor bij ongelijkwaardige weefvakken zoals tussen een in- en een uitvoeging ([zie hoofdstuk "6.6.1 Gelijkwaardigheid van de verkeersstromen"](#)).

### 4.5.3.6 Rijstrookbeëindiging

De capaciteit van een weefvak met rijstrookbeëindiging is gelijk aan de capaciteit van het aantal rijstroken stroomafwaarts van de rijstrookbeëindiging. De richtlijnen die gelden voor de dimensionering van een rijstrookbeëindiging zijn beschreven in [hoofdstuk "6.7 Rijstrookbeëindiging"](#).

Een rijstrookbeëindiging kan toegepast worden zodra een reductie van het aantal rijstroken uit het oogpunt van capaciteit mogelijk is. Dit kan het geval zijn:

- Stroomopwaarts van een tweestrookse invoeging: op een tweestrookse invoeging wordt altijd een rijstrookbeëindiging toegepast op de invoeging zelf en dit stroomopwaarts van de invoeging (linkerrijstrook valt weg).
- Stroomopwaarts van een samenvoeging: waar dit uit het oogpunt van capaciteit mogelijk is wordt stroomopwaarts van de samenvoeging op de rijbanen een rijstrookbeëindiging toegepast ([zie ook hoofdstuk "4.5.3.3 Samenvoeging"](#)).
- Stroomafwaarts van een samenvoeging: het is mogelijk dat na samenvoeging de som van het aantal rijstroken die vóór het convergentiepunt aanwezig waren, na het convergentiepunt niet meer nodig zijn uit het oogpunt van capaciteit ([zie ook hoofdstuk "4.5.3.3 Samenvoeging"](#)).
- Stroomafwaarts van een splitsing of uitvoeging: na afsplitsing of uitvoeging van een deel van de verkeersstroom kan een rijstrook worden afgestreept indien dit uit het oogpunt van capaciteit mogelijk is.

- Bij de beëindiging van een lange en/of steile verticale opgaande helling kan de extra (inhaal)strook, die ten gevolge van de grote snelheidsverschillen bij een lange en/of steile verticale rechtstand werd toegevoegd, worden beëindigd zodra de snelheidsterugval van het vrachtverkeer weer kleiner is dan 20 km/h.

Een rijbaanversmalling kan noodzakelijk zijn ten gevolge van een dwangpunt. Rijstrookbeëindigingen worden niet toegepast in weefvakken.

#### **4.5.3.7 Rijstrookvermeerdering**

De capaciteit van een situatie met een rijstrookvermeerdering is gelijk aan de capaciteit van het aantal rijstroken stroomopwaarts van de rijstrookvermeerdering. De richtlijnen die gelden voor de dimensionering van het begin van een rijstrookvermeerdering zijn beschreven in [hoofdstuk "6.8 Rijstrookvermeerdering"](#).

De extra capaciteit wordt vaak alleen gebruikt wanneer er sprake is van lange, opgaande hellingen. In de overige gevallen is het maximale verkeersaanbod ter plaatse beperkt door de capaciteit van het aantal rijstroken stroomopwaarts van de rijstrookvermeerdering. Deze capaciteit is per definitie lager dan de capaciteit direct stroomafwaarts van de rijstrookvermeerdering.

Een rijstrook kan een bepaald aantal voertuigen per tijdseenheid verwerken. Het aantal rijstroken moet daarom afgestemd worden op het (verwachte) verkeersaanbod. Op basis daarvan kan er nood zijn aan een rijstrookvermeerdering. Extra capaciteit in de vorm van een rijstrookvermeerdering kan nodig zijn in volgende situaties:

- Stroomafwaarts van een invoeging
- Stroomopwaarts van een splitsing
- Stroomopwaarts van en gedurende een lange en/of steile verticale opgaande helling

#### **Stroomafwaarts van een invoeging**

Bij een invoeging neemt het verkeersaanbod toe en kan er behoefte zijn aan een rijstrookvermeerdering. Om de ongelijkwaardigheid van de toeleidende rijbaan van niet-autosnelwegen ten opzichte van de doorgaande rijbaan in stand te houden, worden bij aansluitingen geen samenvoegingen toegepast. Bovendien moet het doorgaande vrachtverkeer, als dit vooral vertegenwoordigd is op de doorgaande rijbaan, bij een samenvoeging een rijstrookwisseling uitvoeren. Een samenvoeging wordt alleen toegepast bij gelijkwaardige samenkomende wegen.

#### **Stroomopwaarts van een splitsing**

Bij splitsingen kan het noodzakelijk zijn dat de som van het benodigd aantal rijstroken van de afbuigende rijbanen, uit het oogpunt van capaciteit, stroomafwaarts van het divergentiepunt groter is dan stroomopwaarts van het divergentiepunt. Om het wegvak stroomopwaarts van het divergentiepunt aan te laten sluiten op de beide rijbanen, wordt stroomopwaarts van het divergentiepunt een rijstrookvermeerdering toegepast.

#### **Stroomopwaarts van een lange en/of steile verticale helling**

Stroomopwaarts van een lange en/of steile verticale opgaande helling kan een extra (inhaal)strook wenselijk zijn ter compensatie van het capaciteitsverlies dat ontstaat als gevolg van de optredende snelheidsverschillen.



## 5 Wegvak

Een wegvak is een gedeelte van de hoofdweg binnen een tracé dat in de lengterichting wordt begrensd door een aansluiting, een knooppunt of een discontinuïteit.

Een wegvak is een samenstelling van een alignement en een dwarsprofiel voor één rijrichting, met als randvoorwaarden de zichtlengte en eisen vanuit het wegbeeld. Het wegvak vormt een geheel waarbinnen een continu wegontwerp aanwezig is. In dit hoofdstuk zijn de volgende relevante onderwerpen voor het ontwerp van een wegvak belicht:

- Zicht
- Alignement
- Dwarsprofiel
- Ruimtelijke helling
- Wegbeeld

Het uitgangspunt van de richtwaarden in dit hoofdstuk is een verkeersveilig ontwerp.

Zicht heeft betrekking op het gehele wegvak en is in alle situaties relevant. Eisen vanuit zicht liggen ten grondslag van de dimensionering van veel ontwerpelementen. Zicht is om die reden aan het begin van dit hoofdstuk beschreven. Wegbeeld heeft betrekking op gecombineerde elementen. Eisen vanuit wegbeeld hebben tot doel een verkeersveilig en duidelijk wegontwerp te waarborgen wanneer de verschillende ontwerpelementen worden samengesteld tot één ontwerp. Deze randvoorwaarden worden gebruikt als een (iteratieve) toetsing achteraf en zijn daarom aan het einde van dit hoofdstuk beschreven.

### 5.1 Zicht

Een bestuurder moet zicht hebben op het verloop van de weg om de dwarspositie van het voertuig te kunnen beheersen en om veilig en comfortabel te kunnen inspelen op gebeurtenissen in de lengterichting van de weg. Veiligheid heeft betrekking op het tijdig identificeren van onverwachte gebeurtenissen, zoals stilstaande voertuigen en voorwerpen op de weg. Comfort heeft betrekking op zicht op het verloop van de weg om tijdig en comfortabel de nodige manoeuvres uit te kunnen voeren. Hiervoor moet enerzijds de langsmarkering van de rijbaan over voldoende afstand zichtbaar zijn en anderzijds moeten veranderingen in het alignement, zoals bogen of rijstrookbeëindigingen, tijdig geïdentificeerd kunnen worden.

Het hoofdstuk "Zicht" is onder te verdelen in zicht bij continue situaties en zicht bij discontinue situaties. Binnen continue situaties blijft het aantal rijstroken gelijk. Daar waar het aantal rijstroken wijzigt (als gevolg van een discontinuïteit) wordt gesproken over discontinue situaties. Dit hoofdstuk beperkt zich tot zicht in continue situaties. Discontinue situaties hebben betrekking op gecombineerde elementen en worden besproken bij het wegbeeld. De richtlijnen met betrekking tot wegbeeld zijn beschreven in [hoofdstuk "5.4.13 Wegbeeld"](#).

Zowel voor continue als discontinue situaties moet worden nagegaan of het ontwerp nood heeft aan een visuele wegbeeldanalyse. Een dergelijke controle op basis van een driedimensionale visualisatie van de weg is nodig wanneer op voorhand niet duidelijk is of de visuele kwaliteit voldoende is.

## 5.1.1 Zichtcriteria

De zichtcriteria die op alle weggedeelten betrekking hebben, zijn:

- Anticipatiezicht: zicht op het samenspel van elementen die bepalend zijn voor de herkenning van het verloop van de weg.
- Wegverloopzicht: zicht op het verloop van de weg in continue situaties.
- Stopzicht: zicht op stilstaand verkeer stroomafwaarts.

### 5.1.1.1 Zichtlengte

De maatgevende factor voor zicht is de zichtlengte. Zichtlengte is de afstand waarover de bestuurder het direct voor hem liggende deel van de weg kan overzien. Dit is de afstand tussen het waarneempunt en het zichtpunt:

- Een waarneempunt is het punt waar het oog van de bestuurder zich bevindt.
- Een zichtpunt is het punt waar de bestuurder naar kijkt.

Het waarneempunt in horizontale bogen bevindt zich in alle gevallen op de binnenste rijstrook van de boog. Een vrachtwagen is niet maatgevend omdat die een lagere (maximum)snelheid heeft en een grotere ooghoogte (2,50 m). Hierdoor wordt veelal over een zichtbelemmerend voorwerp heen gekeken. De ooghoogte van een autobestuurder is 1,10 m en is maatgevend. Op basis van personenwagens en een rijstrookbreedte van 3,50 m bevindt het waarneempunt zich:

- Bij een linkse bocht: 1,25 m uit de randlijn links
- Bij een rechtse bocht: 2,25 m uit de randlijn rechts

Het zichtpunt verschilt per zichtcriterium. Hierop wordt ingegaan in de volgende hoofdstukken. De zichtlengte wordt sterk beïnvloed door de snelheid:

- Hoe hoger de snelheid, hoe verder de bestuurder naar voren kijkt (rijzicht)
- Hoe hoger de snelheid, hoe kleiner de waarnemingshoek (gezichtsveld)

Een overzicht van de maatgevende zichtlengtes per zichtcriterium is opgenomen in [tabel 4](#). Hierbij geldt dat altijd voldaan moet worden aan de eisen voor wegverloopzicht en stopzicht. Een goed wegontwerp voldoet ook aan de eisen voor anticipatiezicht, maar bij uitzondering mag hiervan onderbouwd worden afgeweken. In de hoofdstukken "[5.1.2 Anticipatiezicht](#)" tot en met "[5.1.4 Stopzicht](#)" zijn deze zichtlengtes nader toegelicht.

ontwerpsnelheid (km/h)	zichtlengte (m) (afgeronde waardes)		
	anticipatiezicht	wegverloopzicht	stopzicht
120	335	165	260
100	265	135	170
90	230	120	135
70	165	80	80
50	110	40	40

tabel 4: Overzicht maatgevende zichtlengte per zichtcriterium bij hellingspercentage van 0%

### 5.1.1.2 Opbouw zichtlengte

Voor alle zichtcriteria geldt dat de maatgevende zichtlengtes zijn opgebouwd uit de volgende drie onderdelen:

- Herkenningslengte: de lengte waarover de bestuurder vooruit moet kunnen kijken om een gebeurtenis of object bij ongunstige omstandigheden zoals regen, duister of mist eenduidig te kunnen herkennen.
- Perceptie-reactietijd (prt-lengte): de lengte die wordt afgelegd tijdens de perceptie-reactietijd (prt).
- Operationele taak: de lengte die volgt uit de tijd die nodig is voor een operationele taak.

De herkenningslengte is dat deel van het wegvak dat de bestuurder moet kunnen waarnemen om de situatie te kunnen herkennen en in te schatten.

De perceptie-reactietijd (prt) is de tijdsduur die nodig is om achtereenvolgens een waarneming te doen, de waarneming te verwerken en een eventueel noodzakelijke handeling te bepalen. De prt is sterk afhankelijk van de wijze waarop de bestuurder op een bepaald moment zijn rijtaak uitvoert. Naarmate de rijsnelheid hoger wordt, wordt de prt langer omdat de bestuurder dan zijn blik meer op de horizon richt. Hierdoor wordt zijn gezichtsveld smaller en is hij minder gevoelig voor prikkels rondom hem.

De operationele taak is de tijd die nodig is om de benodigde handeling uit te voeren. Deze tijd varieert voor elk type handeling. Hierdoor zijn ook de mogelijkheden voor corrigerende acties per handeling verschillend.

#### Aandachtspunt

Het dimensioneren van horizontale en verticale bogen met [tabel 4](#) leidt niet per se tot de kleinst toepasbare boogstraal. Hierin spelen zichtbelemmerende voorwerpen in de binnenboog, zoals de afscherpende constructies, ook een rol. Een inschatting van deze maat is weergegeven in [figuur 33](#). Voor de berekening van deze maat wordt verwezen naar [hoofdstuk "5.1.5 Waarnemen, inschatten en herkennen van horizontale \(krappe\) bogen"](#).

## 5.1.2 Anticipatiezicht

### 5.1.2.1 Definitie

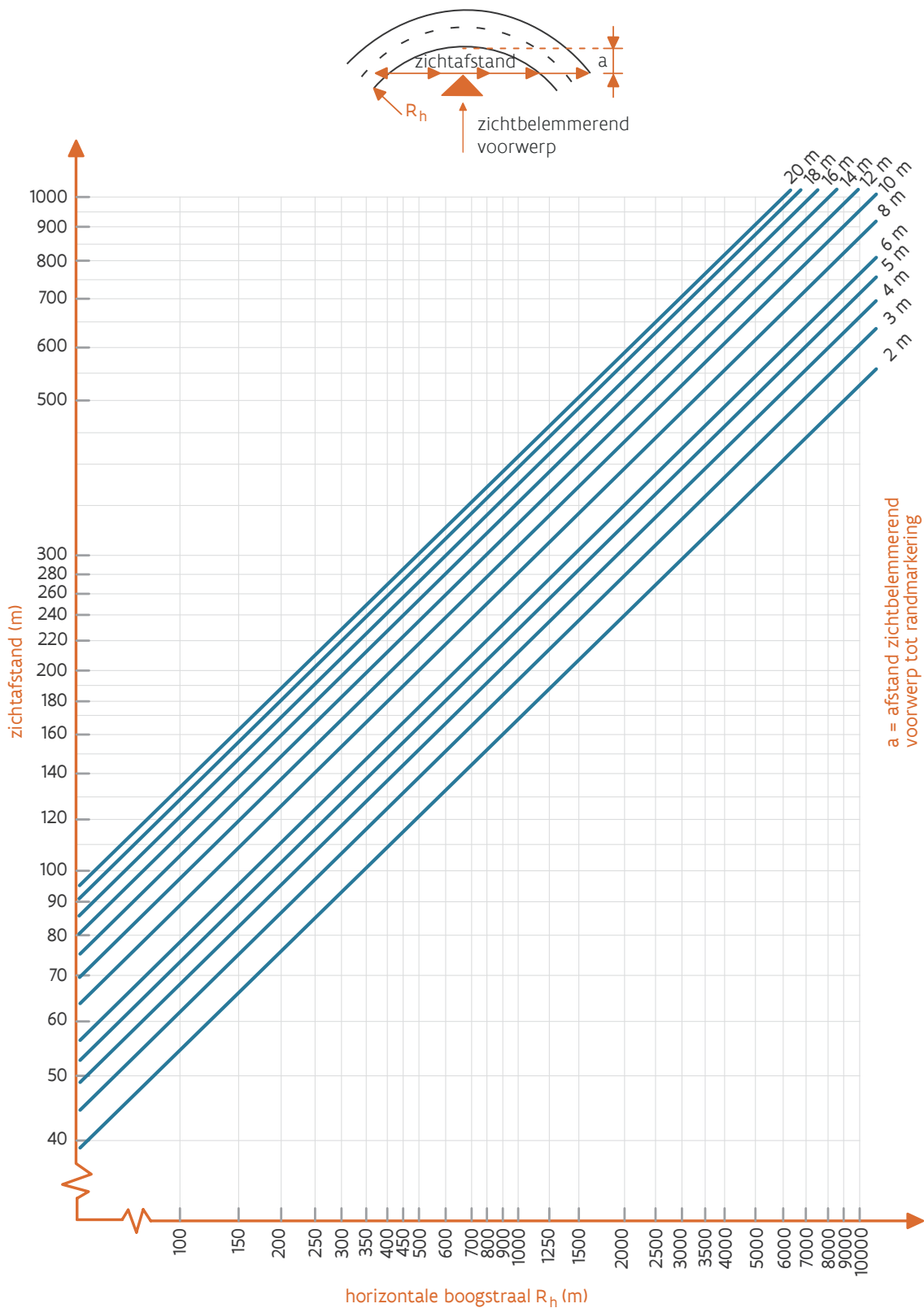
Anticipatiezicht is het zicht op het samenspel van elementen die bepalend zijn voor de herkenning van het verloop van de weg. De zichtlengte is de benodigde lengte waarover een bestuurder deze elementen moet kunnen waarnemen om deze informatie comfortabel te kunnen verwerken en indien nodig hierop te reageren. Bij onvoldoende anticipatiezicht heeft de bestuurder niet voldoende tijd om een potentieel gevaar te kunnen waarnemen en herkennen. De bestuurder wordt dan onzeker over het wegverloop en zal onverwacht en onveilig rijgedrag vertonen.

### 5.1.2.2 Opbouw zichtlengte

De zichtlengte voor anticipatiezicht is als volgt opgebouwd:

- Herkenningslengte: deze lengte moet als zichtbare lengte aanwezig zijn.
- Prt-lengte: is niet van toepassing.
- Operationele taak: is niet van toepassing, de laterale regeltaak en het inspelen op gebeurtenissen in de lengterichting van de weg vinden plaats binnen de herkenningslengte.

Het zichtpunt moet zichtbaar zijn over de som van deze lengtes.



figuur 33: Zichtafstanden in horizontale bogen met zichtbelemmerend voorwerp



### 5.1.2.3 Maatgevende situatie

Uitgangspunten bij het bepalen van de zichtlengte voor anticipatiezicht zijn:

- Waarneempunt:
  - Bij een linkse bocht: 1,25 m uit de randlijn links
  - Bij een rechtse bocht: 2,25 m uit de randlijn rechts
  - 1,10 m boven de verharding (ooghoogte)
- Zichtpunt: wegmarkering of elk continu herhalend element met een hoogte groter dan 0,5 m ten opzichte van de dichtstbijzijnde kant verharding van de betreffende rijbaan:
  - Bij één of twee rijstroken: randlijn buitenbocht
  - Bij meer dan twee rijstroken: de tweede rijstrookmarkering (gezien vanaf eigen rijstrook)
  - Afscherpende constructies
  - Openbare verlichting
  - Signalisatie
  - Bewegwijzering
  - Begroeiing hoger dan 1,0 m
  - Geluidswerende voorzieningen
  - Tunnelwand
  - ...

Indien een bestuurder minimaal één van de bovenstaande elementen binnen zijn zichtlengte kan herkennen, herkent hij hiermee het verloop van de weg en kan hij indien nodig hierop anticiperen.

### 5.1.2.4 Minimale zichtlengte

De minimale zichtlengtes voor anticipatiezicht zijn per ontwerpsnelheid weergegeven in [tabel 5](#).

ontwerpsnelheid (km/h)	herkennings- lengte		prt		operationele taak		maatgevende zichtlengte (m) anticipatiezicht (afgeronde waardes)
	tijd (s)	lengte (m)	tijd (s)	lengte (m)	tijd (s)	lengte (m)	
120	10,00	333	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	335
100	9,50	264	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	265
90	9,20	230	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	230
70	8,60	167	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	165
50	8,00	111	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	110

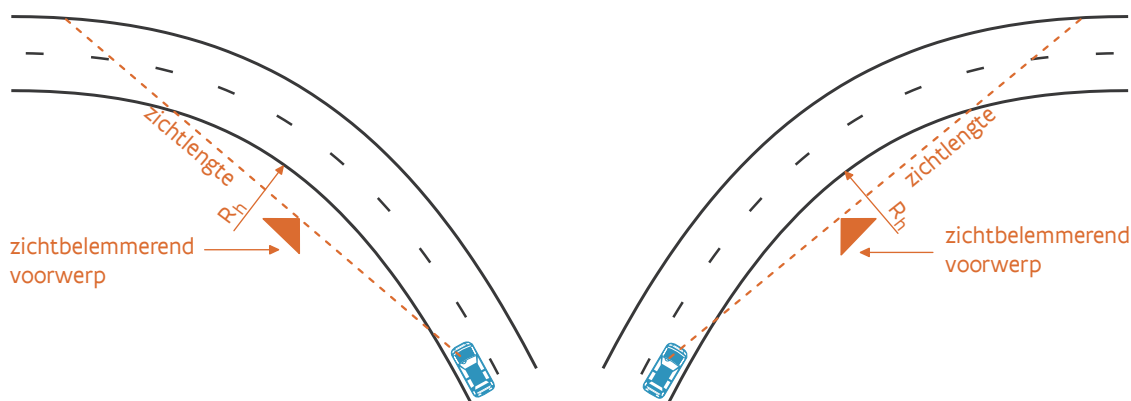
tabel 5: Minimale zichtlengte anticipatiezicht

## 5.1.3 Wegverloopzicht

### 5.1.3.1 Definitie

De zichtlengte op het verloop van de weg in continue situaties (wegverloopzicht) is de benodigde lengte waarover een bestuurder de weg moet kunnen overzien om zijn rijtaak veilig en comfortabel uit te voeren. Wegverloopzicht is noodzakelijk om:

- De dwarspositie van het voertuig te kunnen beheersen
- Veilig en comfortabel te kunnen inspelen op gebeurtenissen in de lengterichting van de weg



figuur 34: Schematisering zichtlengte wegverloopzicht

### 5.1.3.2 Opbouw zichtlengte

De zichtlengte voor wegverloopzicht is als volgt opgebouwd:

- Herkenningslengte: deze lengte moet als zichtbare lengte aanwezig zijn.
- Prt-lengte: deze lengte moet als zichtbare lengte aanwezig zijn.
- Operationele taak: niet van toepassing, de laterale regeltaak en het inspelen op gebeurtenissen in de lengterichting van de weg vinden plaats binnen de herkenningslengte.

Het zichtpunt moet zichtbaar zijn over de som van deze lengtes.

### 5.1.3.3 Maatgevende situatie

Uitgangspunten bij het bepalen van de zichtlengte voor wegverloopzicht zijn:

- De maatgevende situatie is zicht op een gecombineerde horizontale boog in een verticale boog.
- Waarneempunt:
  - Bij een linkse bocht: 1,25 m uit de randlijn links
  - Bij een rechtse bocht: 2,25 m uit de randlijn rechts
  - 1,10 m boven de verharding (ooghoogte)
- Zichtpunt:
  - Bij één of twee rijstroken: randlijn buitenbocht moet over de volledige zichtlengte volledig en continu zichtbaar zijn.
  - Bij meer dan twee rijstroken: de tweede langsmarkering aan de buitenboogzijde (gezien vanaf eigen rijstrook) moet over de volledige zichtlengte volledig en continu zichtbaar zijn.
- Onderbreking: bij uitzondering incidenteel gedurende 2 rijseconden, bijvoorbeeld als gevolg van een seinbrug.

Een voertuig op de linkerrijstrook in een boog naar links is maatgevend omdat de bestuurder links in de auto zit en zich bijgevolg het dichtst bij de randlijn bevindt. Deze situatie heeft de meeste kans op zichtbelemmering door zichtbelemmerende voorwerpen naast de rijbaan. Het zien van de eigen rijstrook en de eventuele naastgelegen rijstrook biedt dan voldoende wegverloopzicht om de rijtaak veilig en comfortabel uit te kunnen voeren.

### 5.1.3.4 Minimale zichtlengte

De minimale zichtlengtes voor wegverloopzicht zijn per ontwerpsnelheid weergegeven in [tabel 6](#). Deze waarden zijn van toepassing op situaties met een constante ontwerpsnelheid.

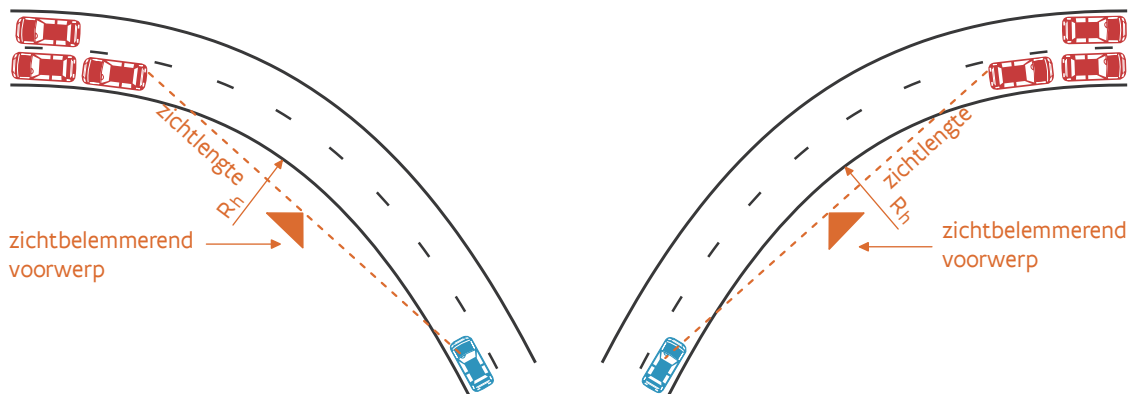
ontwerpsnelheid (km/h)	herkennings- lengte		prt		operationele taak		maatgevende zichtlengte (m) wegverloopzicht (afgeronde waarden)
	tijd (s)	lengte (m)	tijd (s)	lengte (m)	tijd (s)	lengte (m)	
120	3,00	100	2,00	67	n.v.t.	n.v.t.	165
100	3,00	83	1,85	51	n.v.t.	n.v.t.	135
90	3,00	75	1,75	44	n.v.t.	n.v.t.	120
70	2,50	49	1,50	29	n.v.t.	n.v.t.	80
50	2,00	28	1,00	14	n.v.t.	n.v.t.	40

tabel 6: Minimale zichtlengte wegverloopzicht

## 5.1.4 Stopzicht

### 5.1.4.1 Definitie

Het stopzicht of de zichtlengte op stilstaand verkeer stroomafwaarts is de afstand waarover een bestuurder de weg moet kunnen overzien om een eventueel aanwezige file (over de volledige rijbaan) te kunnen waarnemen, te herkennen en tijdig zijn voertuig tot stilstand te brengen.



figuur 35: Schematisering zichtlengte stopzicht

### 5.1.4.2 Opbouw zichtlengte

De zichtlengte voor stopzicht is als volgt opgebouwd:

- Herkenningslengte: is verwaarloosbaar.
- Prt-lengte: deze lengte moet als zichtbare lengte aanwezig zijn.
- Operationele taak: de lengte benodigd voor de comfortabele remhandeling tot stilstand moet als zichtbare lengte aanwezig te zijn.

Het achterlicht van het voorgaande voertuig moet zichtbaar zijn over de som van deze lengtes.

### 5.1.4.3 Maatgevende situatie

Uitgangspunten bij het bepalen van de zichtlengte voor stopzicht zijn:

- Waarneempunt:
  - Bij een linkse bocht: 1,25 m uit de randlijn links
  - Bij een rechtse bocht: 2,25 m uit de randlijn rechts
  - 1,10 m boven de verharding (ooghoogte)
- Zichtpunt: gehele buitenste achterlicht (0,2 m x 0,2 m) op de binnenste rijstrook, onderzijde op 0,50 m boven het wegdek en buitenzijde op 2,30 m uit binnenkant randlijn (gebaseerd op een rijstrookbreedte van 3,50 m)
- Daglicht

- Comfortabele vertraging
- Prt: gebaseerd op onverwachte gebeurtenis
- Verwaarloosbaar effect ten gevolge van reductie langswrijving in horizontale bogen
- Voor het berekenen van de benodigde remweg wordt een langswrijvingscoëfficiënt gehanteerd, die uitgaat van net niet geblokkeerde wielen (85% wielslip) bij nat wegdek, gecorrigeerd met een veiligheidsfactor. De gehanteerde waarden voor de langswrijvingscoëfficiënt zijn vermeld in [tabel 7](#).

#### 5.1.4.4 Minimale zichtlengte

Vermits de herkenninglengte verwaarloosbaar is, is de stopzichtlengte gelijk aan de som van de prt-lengte en de operationele taak-lengte. De minimum zichtlengte voor stopzicht wordt berekend met onderstaande formule.

$$\text{Stopzichtlengte} = \left[ \text{prt} * \frac{v_0}{3,6} \right] + \left[ \left( \frac{v_0}{3,6} \right)^2 * \frac{1}{2g \left( f_1 + \frac{p}{100} \right)} \right]$$

Hierin is:

- prt : perceptie-reactietijd (s);
- $v_0$  : ontwerpsnelheid (km/h);
- g : zwaartekrachtversnelling (9,8 m/s<sup>2</sup>);
- $f_1$  : gemiddelde wrijvingscoëfficiënt in langsricting;
- p : percentage van de langshelling (negatief bij daling, positief bij stijging).

In [tabel 7](#) zijn de minimale stopzichtlengtes gegeven bij een langshellingspercentage van 0%.

ontwerpsnelheid (km/h)	herkenning- lengte		prt		operationele taak		wrijvings- coëfficiënt $f_1$	maatgevende zichtlengte (m) stopzicht (afgeronde waardes)
	tijd (s)	lengte (m)	tijd (s)	lengte (m)	tijd (s)	lengte (m)		
120	n.v.t.	n.v.t.	2,50	83	11,00	177	0,32	260
100	n.v.t.	n.v.t.	2,25	63	8,00	109	0,36	170
90	n.v.t.	n.v.t.	2,00	50	7,00	84	0,38	135
70	n.v.t.	n.v.t.	1,75	34	5,00	44	0,44	80
50	n.v.t.	n.v.t.	1,50	21	3,00	20	0,48	40

tabel 7: Minimale zichtlengte stopzicht bij een langshellingspercentage van 0%

In [tabel 8](#) zijn de minimale stopzichtlengtes vermeld, berekend met bovenstaande formule, wanneer de rijbaan een langshelling heeft. Het aan te houden hellingspercentage moet minimaal het gemiddelde hellingspercentage tussen het zichtpunt en het waarneempunt zijn. Dit gemiddelde percentage mag niet te veel afwijken van het maximum hellingspercentage bij het zichtpunt of het waarneempunt aangezien een voertuig tijdig tot stilstand moet kunnen komen.

ontwerpsnelheid (km/h)	percentage langshelling (p)														
	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
120			293	286	279	272	266	260	255	250	245	241	237		
100			189	185	182	178	175	172	169	166	163	161	157		
90			147	144	141	138	136	134	132	130	128	126	124		
70		85	83	82	81	80	79	78	77	76	75	74	73	73	
50	45	44	44	43	43	42	42	41	41	40	40	40	39	39	39

tabel 8: Minimale zichtlengte (m) stopzicht (niet afgeronde waardes) bij verschillende standaardwaardes van hellingspercentages

### **5.1.5 Waarnemen, inschatten en herkennen van horizontale bogen**

Om een horizontale (krappe) boog goed in te bedden in het samengestelde ontwerp moet het zicht op drie plaatsen worden gecontroleerd:

- Voorafgaand aan de boog
- In de boog
- Bij het eind van de boog

Het voorgaande weggedeelte moet voldoende zicht bieden om de horizontale boog te kunnen waarnemen en herkennen. Een juiste inschatting van de boog kan worden belemmerd door onvoldoende zicht op de boog door een onjuiste combinatie met het verticale alignment of doordat de boog niet past in het verwachtingspatroon van de bestuurder. In een horizontale boog moet een bestuurder voldoende zicht hebben om te kunnen reageren op situaties die zich stroomafwaarts voordoen. Tijdige waarneming van het einde van de horizontale boog en het opvolgende ruimtelijke element is noodzakelijk.

#### **Zicht op de boog voorafgaand aan de boog**

Bij het naderen van een boog moet er voldoende zichtlengte aanwezig zijn om de boog te kunnen waarnemen en inschatten. Omdat een bestuurder voldoende zicht op bogen moet hebben, moeten bogen:

- Binnen het centrale deel van het gezichtsveld beginnen (problemen kunnen ontstaan bij een krappe boog ingeleid door een lange overgangsboog)
- Niet direct voor of na een kunstwerk beginnen
- Niet direct na een verticale topboog beginnen

Bij bogen waarvan de ontwerpsnelheid lager is dan de ontwerpsnelheid van het voorliggende wegvak en snelheidsaanpassing bijgevolg noodzakelijk is, hebben bestuurders voldoende zichtlengte nodig om de benodigde handelingen tijdig te kunnen verrichten. Het maatgevende zichtcriterium voor dergelijke bogen is wegverloopzicht waarbij de randlijn van de buitenbocht over de volledige zichtlengte volledig en continu zichtbaar moet zijn. In tegenstelling tot continue situaties ([zie hoofdstuk "5.1.3 Wegverloopzicht"](#)) is er echter wel sprake van lengte voor de operationele taak.

Uitgangspunten bij de bepaling van de zichtlengte ten behoeve van zicht op een krappe horizontale boog zijn:

- Prt: verlaagde prt gebaseerd op alertere rijhouding op verbindingswegen
- Remvertraging van 2,0 m/s<sup>2</sup>
- Langshelling van 0%

In [tabel 9](#) staan de maatgevende zichtlengtes voor zicht op een krappe horizontale boog per ontwerpsnelheid weergegeven. Bij een afrit bedraagt de lengte van de afrit minimaal de lengte voor de operationele taak.

ontwerpsnelheid (km/h)		herkenningslengte		afstand afgelegd tijdens prt		operationele taak (vertraging)		totale zichtlengte (m) (afgerond)
voor boog	in boog	tijd (s)	lengte (m)	tijd (s)	lengte (m)	tijd (s)	lengte (m)	
120	100	3,0	100	2,0	67	2,8	84	250
120	90	3,0	100	2,0	67	4,1	121	285
120	70	3,0	100	2,0	67	6,9	182	350
120	50	3,0	100	2,0	67	9,7	228	395
100	90	3,0	83	1,5	42	1,4	36	160
100	70	3,0	83	1,5	42	4,1	98	225
100	50	3,0	83	1,5	42	6,9	144	270
90	70	3,0	75	1,0	25	2,8	61	160
90	50	3,0	75	1,0	25	5,5	107	205
70	50	2,5	49	1,0	19	2,8	46	115

tabel 9: Standaardwaarden voor zicht op een krappe horizontale boog

Horizontale bogen met een ontwerpsnelheid die lager is dan de ontwerpsnelheid van het voorgaande wegvak, moeten bovendien worden geaccentueerd om een betere boogherkenning te krijgen. Herkenning van bogen is te verbeteren door:

- Het wegverloop te verduidelijken door het aanbrengen van verticale elementen of achtergrondinformatie aan de buitenkant van de boog (in de berm).
- Een grotere verkanting toe te passen dan voertuigdynamisch gezien noodzakelijk is.
- Bebakening te voorzien van reflectoren.

### Zicht in de boog

Zicht in de horizontale boog is noodzakelijk om het verloop van de boog juist in te schatten. Het zicht op het verloop van de randlijn van de binnenboog is daarbij bepalend. Bij kans op het 'wegduiken' van de randlijn in verkantingsovergangen is het aangewezen de randlijn van de binnenboog als wentelingsas voor de verkantingsovergang te kiezen. Een wentelingsas meer naar het midden van de rijbaan kan ervoor zorgen dat de randlijn van de binnenboog plaatselijk niet zichtbaar is ([zie ook hoofdstuk "5.4.12.3 Verkantingsovergang"](#)). Dit is niet acceptabel.

Naast zichtproblemen als gevolg van het alignement, kunnen er ook zichtproblemen ontstaan als gevolg van zichtbelemmerende voorwerpen naast de rijbaan. Voor zichtbelemmerende voorwerpen geldt een minimale afstand tussen de binnenkant van de randlijn en het element. Deze afstand is bedoeld om voldoende zichtlengte in de boog te verkrijgen en is gerelateerd aan de boogstraal. De minimale boogstraal behorende bij de afstand tussen de binnenkant van de randlijn en het zichtbelemmerend voorwerp wordt bepaald met onderstaande formule.

$$\text{Minimale boogstraal} = \frac{L_z^2}{2 * (\sqrt{d_z + d_w} + \sqrt{d_z + d_c})^2}$$

Hierin is:

- $L_z$  : zichtlengte (m), [zie hoofdstuk "5.1.1.1 Zichtlengte"](#)
- $d_z$  : afstand tussen binnenkant randlijn en zichtbelemmerend voorwerp (m)
- $d_w$  : afstand tussen binnenkant randlijn en waarneempunt bestuurder (m)
- $d_c$  : afstand tussen binnenkant randlijn en controleobject (m)

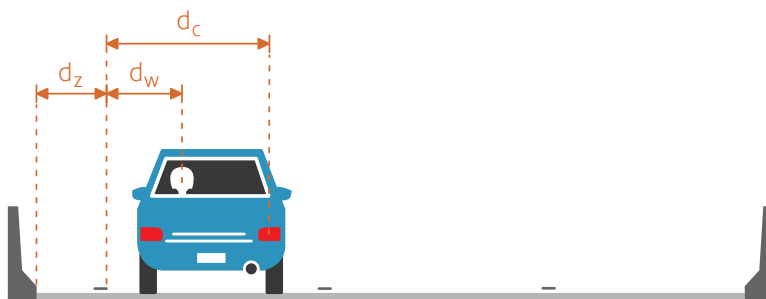
De resultaten van de berekening voor standaardsituaties staan weergegeven in [tabel 10](#). In [figuur 36](#) staat de maatgevende situatie afgebeeld. Hierbij zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- In standaardsituaties conform [tabel 10](#) en [figuur 36](#) is stopzicht maatgevend boven wegverloopzicht. Anticipatiezicht kan afhankelijk van de situatie grotere boogstralen vereisen. Dit moet per situatie onderzocht worden.
  - De gegeven waarden voor stopzicht gelden bij een langshelling van 0%. Bij een neergaande langshelling geldt een grotere zichtlengte en daarmee een grotere minimale boogstraal.
  - Bij de bepaling van de afstand tussen de binnenkant van de randlijn en het zichtbelemmerend voorwerp ( $d_z$ ) is de afschermende constructie als maatgevend zichtbeperkend element aangemerkt. Er is van uitgegaan dat de situatie aan de (standaard) middenbermzijde maatgevend is vanwege de smallere berm en het feit dat de bestuurder links in de auto zit. In afwijkende situaties moet een berekening met een andere waarde voor  $d_z$  worden verricht.
  - De afstand tussen de binnenkant van de randlijn en het waarneempunt (bestuurder) ( $d_w$ ) is op basis van een rijstrookbreedte van 3,50 m bepaald. Een afwijkende rijstrookbreedte heeft een lineair effect op de grootte van  $d_w$ .

afstand	$d_z$ (m)	$d_w$ (m)	$d_c$ (m)	boogstraal (m) (afgerond)				
				120 km/h	100 km/h	90 km/h	70 km/h	50 km/h
<b>stopzicht (bij 0% langshellingspercentage)</b>	1,05	1,25	2,30	3 050	1 300	850	290	80

tabel 10: Minimale horizontale boogstralen bij kans op zichtproblemen

Wanneer de waarden uit [tabel 10](#) worden aangehouden bij linksdraaiende bogen, wordt een extra zekerheid geboden dat de boog voldoende zichtlengte biedt voor stopzicht. Voor een uitgebreidere beschrijving van het bepalen van horizontale boogstralen bij kans op zichtproblemen wordt verwezen naar [hoofdstuk "8 Tunnels"](#).



figuur 36: Schematisering voor bepaling stopzicht in horizontale bogen met een zichtbelemmerend voorwerp

Om de afstand tussen de binnenkant van de randlijn tot het zichtbelemmerend voorwerp ( $d_z$ ) te benaderen op basis van stopzicht kan onderstaande formule gebruikt worden. Deze formule is niet toepasbaar voor toetsing op anticipatie- en wegverloopzicht. Deze formule heeft een benadering van +/- 10 cm.

$$d_z = R_h - \sqrt{R_h^2 - \left(\frac{L_z}{2}\right)^2} - \frac{d_c + d_w}{2}$$

Hierin is:

- $R_h$  : horizontale boogstraal (m)
- $L_z$  : zichtlengte (m), [zie hoofdstuk "5.1.4.2 Opbouw zichtlengte"](#)
- $d_z$  : afstand tussen binnenkant randlijn en zichtbelemmerend voorwerp (m)
- $d_w$  : afstand tussen binnenkant randlijn en waarneempunt bestuurder (m)
- $d_c$  : afstand tussen binnenkant randlijn en controleobject (m)

## Zicht op het eind van de boog

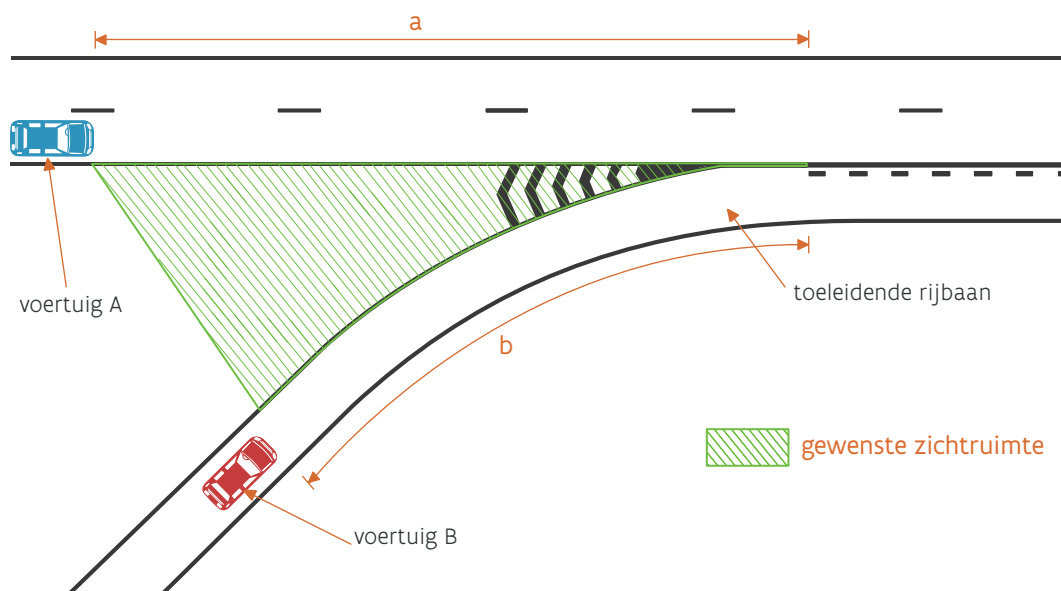
In een horizontale boog moet het eind van de boog zichtbaar zijn om de booghoek juist in te schatten en de verkeerssituatie stroomafwaarts tijdig te herkennen. Bij grotere booghoeken wordt de boogstraal te ruim ingeschat waardoor de kans bestaat dat de boog met een te hoge snelheid wordt bereden. Een bestuurder moet voldoende zicht hebben om te kunnen reageren op situaties die zich stroomafwaarts voordoen, zoals gelijkvloerse kruisingen en eventuele wachtrijen.

Het zicht op het einde van een horizontale boog is te verbeteren door:

- Lussen en krappe horizontale bogen in op- en afritten aan de binnenzijde open te houden door beplanting, afschermende constructies of andere zichtbelemmerende voorwerpen zoveel mogelijk te vermijden
- Het weghalen of afschermen van eventuele misleidende voorwerpen (voorkeursmateriaal bij een afschermende constructie is groenblijvende beplanting)

### 5.1.5.1 Zicht op invoegend of wevend verkeer

De zichtlengte op invoegend of wevend verkeer is de afstand waarover een bestuurder de weg en de (andere) toeleidende weg moet kunnen overzien om de juiste relatieve positie en snelheid te kiezen om het invoegen of weven vlot te laten verlopen.



figuur 37: Schematisering zicht op invoegend verkeer

Een schematische voorstelling van een invoegsituatie is weergegeven in [figuur 37](#). In theorie zijn de afstanden a en b op te delen in twee delen waarbinnen de bestuurder de tijd krijgt om de situatie waar te nemen en hier vervolgens op te anticiperen. Het eerste deel dient om waar te nemen of er voertuigen op de andere rijbaan rijden. Het tweede deel dient om de snelheid van het waargenomen voertuig in te schatten en hierop te anticiperen. Als uitgangspunt wordt gehanteerd dat beide voertuigen A en B aan 3 rijseconden voldoende hebben om waar te nemen en te anticiperen. De 3 rijseconden worden gebaseerd op de ontwerpsnelheid van de doorgaande rijbaan. De snelheid op de toeleidende rijbaan bedraagt nagenoeg 75% van deze waarde en is in [tabel 11](#) afgerond.

In [tabel 11](#) staan de maatgevende zichtlengtes ten behoeve van zicht op invoegend of wevend verkeer per ontwerpsnelheid weergegeven. De totale zichtlengte is de afstand stroomopwaarts van de spitse punt van het puntstuk waarbinnen verkeer op de toeleidende rijbanen elkaar moet kunnen zien.



ontwerpsnelheid (km/h)		zicht		
doorgaande rijbaan	toeleidende rijbaan	tijd (s)	lengte a (m) (afgerond)	lengte b (m) (afgerond)
120	90	3,0	100	75
100	70	3,0	85	60
90	70	3,0	75	60
70	50	3,0	60	40

tabel 11: Standaardwaarden zichtlengte ten behoeve van zicht op invoegend of wevend verkeer

### 5.1.5.2 Zicht op een rijstrookbeëindiging

Een rijstrookbeëindiging is een beëindiging van de linker rijstrook. Het uitgangspunt is dat de bestuurder tijdig anticipeert op de bebording en de rijstrookverminderingsspijlen die de rijstrookbeëindiging aankondigen. Mocht de bestuurder om welke reden dan ook hierop niet (tijdig) anticiperen, moet voorkomen worden dat de daadwerkelijke rijstrookbeëindiging (verdrijvingsvlak) onverwacht komt. De bestuurder moet de aanzet van het verdrijvingsvlak zodanig goed kunnen overzien (gegeven het alignment en de inrichting en uitrusting van de weg), dat hij aan het begin van het verdrijvingsvlak tot stilstand kan komen op de eindigende rijstrook. Om dit te waarborgen, is een zichtlengte voorgeschreven. Uitgangspunten bij de bepaling van de zichtlengte ten behoeve van zicht op een rijstrookbeëindiging zijn:

- Zichtpunt: aanzet van de verdrijvingsvlakken bestaande uit de eerste 50 m van de afstreping
- Daglicht
- Herkenningslengte: deze lengte dient als zichtbare lengte aanwezig te zijn
- Prt: verlengde prt van 2,0 s vanwege het onverwachte karakter van deze discontinuïteit
- Operationele taak: deceleratie tot stilstand voor personenwagen (conform berekening stopzicht, [zie hoofdstuk "5.1.4 Stopzicht"](#))

Het zichtpunt moet continu en volledig zichtbaar zijn over de som van deze lengtes. In [tabel 12](#) staan de maatgevende zichtlengtes voor zicht op een rijstrookbeëindiging per ontwerpsnelheid weergegeven.

ontwerpsnelheid (km/h)	herkenningslengte		prt		operationele taak		totale zichtlengte (m) (afgerond)
	tijd (s)	lengte (m)	tijd (s)	lengte (m)	tijd (s)	lengte (m)	
120	3,0	100	2,0	67	11,0	177	345
100	3,0	83	2,0	56	8,0	109	250
90	3,0	75	2,0	50	7,0	84	210
70	3,0	58	2,0	39	5,0	45	140
50	3,0	42	2,0	28	2,0	21	90

tabel 12: Standaardwaarden voor zicht op een rijstrookbeëindiging

## 5.2 Horizontaal alignement

Het horizontale alignement is het horizontale verloop van de weg in grondplan. Het horizontale alignement is opgebouwd uit de volgende elementen:

- Horizontale rechtstand
- Horizontale (cirkel)boog
- Overgangsboog

De ontwerpsnelheid bepaalt in eerste instantie de maatvoering van deze ontwerpelementen.

### 5.2.1 Horizontale rechtstand

De horizontale rechtstand is een rechte lijn in het horizontale alignement.

#### 5.2.1.1 Functie

De horizontale rechtstand verbindt twee horizontale bogen.

#### 5.2.1.2 Ontwerpparameters

Horizontale rechtstanden worden in het horizontale alignement hoofdzakelijk toegepast bij knooppunten en aansluitingen of bij een bundeling met andere infrastructuur als spoorwegen of kanalen. In overige wegvakken worden geen horizontale rechtstanden toegepast. Een bestuurder fixeert zijn blik bij lange rechtstanden eerder op de horizon en is daardoor minder alert op prikkels vanuit het wegbeeld rondom hem. Bovendien is er bij een horizontale rechtstand in combinatie met een verticale rechtstand zonder helling, slecht zicht op het verkeer stroomafwaarts. Lange rechtstanden worden daarom vervangen door ruime bogen met boogstralen groter of gelijk aan 40 000 m.

Waar rechtstanden toch worden toegepast, moet gestreefd worden naar een beperkte lengte. Als richtlijn geldt voor een maximumlengte van de rechtstand in meters: 20 keer de ontwerpsnelheid in km/h. Aan de andere kant mag de horizontale rechtstand ook niet te kort zijn opdat deze wordt herkend als zelfstandig element en opdat er geen fouten (knikken) in het wegbeeld ontstaan. De minimale lengte van de rechtstand bedraagt 4 keer de ontwerpsnelheid in km/h tussen gelijkgerichte bogen en 2 keer de ontwerpsnelheid in km/h tussen tegengesteld gerichte bogen. Korte rechtstanden tussen twee gelijkgerichte bogen zijn te vermijden ([zie ook hoofdstuk "5.4.13.3 Fouten in het ruimtelijk alignement"](#)).

ontwerpsnelheid (km/h)	minimale lengte (m)		maximale lengte (m)
	tussen gelijkgerichte bogen	tussen tegengesteld gerichte bogen	
120	480	240	2 400
100	400	200	2 000
90	360	180	1 800
70	280	140	1 400
50	200	100	1 000

tabel 13: Minimale en maximale lengte horizontale rechtstand

## 5.2.2 Horizontale boog

De horizontale boog is een cirkelboog met een bepaalde straal in het horizontale alignement.

### 5.2.2.1 Functie

De horizontale boog heeft meerdere functies:

- Faciliteren van een verandering in horizontale richting
- Verbinden van wegen met verschillende richtingen
- Bieden van een afwisselend wegbeeld ter verhoging van de concentratie op de rijtaak
- Bieden van een verbeterd zicht op het verkeer stroomafwaarts

### 5.2.2.2 Ontwerpparameters

De belangrijkste parameters bij het toepassen van een horizontale boog zijn de lengte van de boog (de booglengte) en de straal van de boog (de boogstraal).

De keuze voor een boogstraal moet voldoen aan eisen met betrekking tot comfort en zicht. Daarnaast moet rekening gehouden worden met boogdetectie, inschatting van bogen en consistentie van het wegbeeld ([zie hoofdstuk "5.4.13 Wegbeeld"](#)). Voor de boogstralen wordt onderscheid gemaakt tussen bogen in hoofdbanen en bogen in niet-hoofdbanen.

### 5.2.2.3 Minimale booglengte

Er wordt een minimale booglengte voorgeschreven op basis van 3 rijseconden om de horizontale boog als zelfstandig element te kunnen herkennen. Bij de keuze van de booglengte moet bovendien voldaan worden aan de eisen met betrekking tot het wegbeeld ([zie hoofdstuk "5.4.13 Wegbeeld"](#)).

ontwerpsnelheid (km/h)	minimale booglengte (m)
120	100
100	85
90	75
70	60
50	40

tabel 14: Minimale booglengte

### 5.2.2.4 Minimale boogstralen hoofdbanen

De horizontale boogstraal op een hoofdbaan wordt gemeten in de wegas. In principe ligt de wegas op de linker randlijn maar het staat de ontwerper vrij om een gepaste afwijkende ligging te kiezen.

De minimale boogstralen op hoofdbanen zijn weergegeven in [tabel 15](#). Voor gebogen tracégedeelten wordt onderscheid gemaakt in bogen met en zonder verkanting. In hoofdbanen is de verkanting van een boog gelijk aan de benodigde standaard dwarshelling waarbij het water afstroomt van de buitenzijde naar de binnenzijde van de boog. Deze verkanting bedraagt 2,5%. De richtlijnen voor verkanting en standaard dwarshelling zijn beschreven in [hoofdstuk "5.4.12 Dwarshelling, ruimtelijke helling en afwatering"](#).

	minimale boogstraal (m)
<b>rechte tracégedeelten</b>	
toe te passen ter vervanging van rechtstanden	40 000
<b>gebogen tracégedeelten</b>	
tegenverkanting	4 000
standaard dwarshelling (2,5%)	1 500
<b>bij knooppunten en aansluitingen</b>	
toe te passen ter vervanging van rechtstanden	40 000
ter voorkoming parallax bij waarneming informatie boven rijbaan (zie hoofdstuk "5.4.13.3 Fouten in het ruimtelijk alignement")	3 000
oprit of afrit bij linksdraaiende boog ten behoeve van overzichtelijkheid en spiegelgebruik en ter voorkoming van misleiding	4 000
oprit of afrit bij rechtsdraaiende boog ten behoeve van overzichtelijkheid en spiegelgebruik en ter voorkoming van misleiding	3 000

tabel 15: Minimale horizontale boogstraal in hoofdbanen

### 5.2.2.5 Minimale boogstralen niet-hoofdbanen

De horizontale boogstraal op niet-hoofdbanen wordt gemeten in de binnenkant van de boog, aan de buitenzijde van de randlijn.

De minimale boogstralen voor gebogen tracégedeelten op niet-hoofdbanen zijn berekend met onderstaande formule en zijn weergegeven in [tabel 17](#).

$$R_{\min} = \frac{v_0^2}{127 * (n * f_d + \frac{i}{100})}$$

Hierin is:

- $R_{\min}$  : de minimum horizontale boogstraal (m)
- $v_0$  : ontwerpsnelheid (km/h)
- $f_d$  : dwarswrijvingscoëfficiënt
- $n$  : reductiefactor
- $i$  : verkanting in %

Voor de berekening van de toe te passen minimale horizontale boogstralen wordt uitgegaan van de volgende dwarswrijvingscoëfficiënten  $f_d$  gebaseerd op comfort.

$v_0$ (km/h)	120	100	90	70	50
$f_d$	0,10	0,12	0,13	0,16	0,18

tabel 16: Dwarswrijvingscoëfficiënten  $f_d$

Uit verkeersveiligheidsoogpunt wordt in de berekening van  $R_{\min}$  op deze wrijvingscoëfficiënten bijkomend een reductiefactor  $n$  toegepast. Deze reductiefactor varieert van ongeveer 0,50 (bij tegenverkanting en bij de standaard dwarshelling van 2,5%) tot 1,00 (bij een verkanting van 5% en hoger).

De ervaring leert dat boogstralen kleiner dan 300 m onvoldoende vergevingsgezindheid hebben om de gevolgen van een foutieve inschatting door de weggebruiker te beperken. Om de herkenbaarheid voor de weggebruiker te vergroten, moeten bogen met een straal kleiner dan 300 m voorzien worden van een minimale verkanting van 5,0%. Boogstralen in het tussengebied ( $R < 300$  m, verkanting  $< 5,0\%$ ) worden niet toegepast.

Bij toepassing van krappere bogen dan de standaard boogstralen zoals in [tabel 15](#) gaat ook aandacht uit naar zicht op en in de boog. Samen met andere wegbeeldeisen staat dit beschreven in [hoofdstuk "5.4.13 Wegbeeld"](#).

situatie dwarshelling	minimale boogstraal per ontwerpsnelheid voor niet-hoofdbanen (m)				
	120 km/h *	100 km/h	90 km/h	70 km/h	50 km/h
-2,5% (tegenverkanting)	4 000	2 700	n.v.t. ***	n.v.t. ***	n.v.t. ***
2,5% verkanting	1 500	960	700	350	n.v.t. **
3,0% verkanting	1 350	870	630	315	n.v.t. **
3,5% verkanting	1 200	770	560	n.v.t. **	n.v.t. **
4,0% verkanting	1 050	680	490	n.v.t. **	n.v.t. **
4,5% verkanting	900	580	420	n.v.t. **	n.v.t. **
5,0% verkanting	750	480	350	180	85
5,5% verkanting		460	340	175	85
6,0% verkanting		440	330	170	85
6,5% verkanting				165	80
7,0% verkanting				160	80

\* Ontwerpsnelheid 120 km/h alleen van toepassing op parallelbanen met groot aandeel lange-afstandsverkeer die daardoor een belangrijke rol in het netwerk vervullen.

\*\* Voor bogen met een straal kleiner dan 300 m geldt een minimale verkanting van 5,0%.

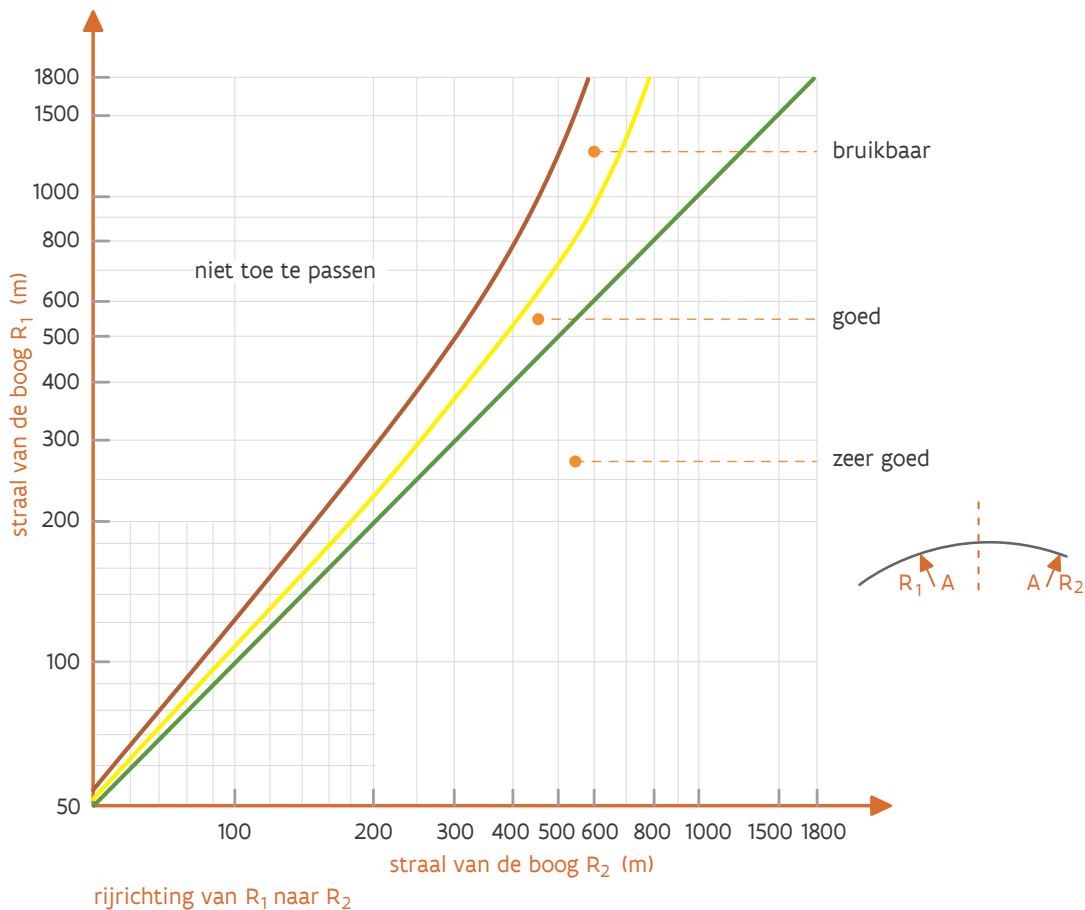
\*\*\* Theoretisch kan een tegenverkanting ook worden toegepast bij een ontwerpsnelheid van 90 km/h ( $R \geq 2000$  m), 70 km/h ( $R \geq 800$  m) en 50 km/h ( $R \geq 300$  m) maar weggebruikers schatten deze tegenverkanting niet correct in. Omwille van het zelfverklarend wegbeeld wordt dit in principe dan ook niet toegelaten (tenzij bijvoorbeeld in uitzonderlijke situaties zoals een werksituatie waar de aandacht hoger is).

tabel 17: Minimale horizontale boogstraal niet-hoofdbanen in relatie tot de verkanting

### Samengestelde gelijkgerichte bogen

Bij onevenwichtige verhoudingen tussen opeenvolgende afnemende gelijkgerichte boogstralen, neemt de onveiligheid aanzienlijk toe omdat de overgang tussen de bogen voor bestuurders dan zeer moeilijk te detecteren is. Om dit te voorkomen, worden de boogstralen van opeenvolgende gelijkgerichte horizontale bogen op elkaar afgestemd zoals weergegeven in [figuur 38](#).

Niet alleen de straal van de horizontale boog maar ook de hoekverdraaiing (en dus de lengte van de horizontale boog als resultante) is hierbij van belang. Bij een geringe hoekverdraaiing in de eerste horizontale boog is er namelijk nog geen sprake van een introductie van het bogenstelsel.



figuur 38: Toelaatbare stralen bij opeenvolgende gelijkgerichte horizontale bogen in niet-hoofdbanen (rijrichting van  $R_1$  naar  $R_2$ )

## Stappentheorie

De stappentheorie ondersteunt een natuurlijke snelheidsafbouw op uitvoeringen door de ontwerpsnelheid van de opeenvolgende ontwerpcomponenten stapsgewijs af te bouwen. De samenhang van de opeenvolgende bogen is nodig om de snelheidsvermindering geleidelijk en beheerst te laten verlopen en een duidelijk wegbeeld te creëren. De stappentheorie is een aanvulling op de toelaatbare stralen in [figuur 38](#).

Bij opeenvolgende horizontale bogen met afnemende boogstralen in uitvoeringen gaat extra aandacht uit naar de samenhang van de opeenvolgende bogen. De benodigde deceleratie dient op een verkeersveilige manier te worden afgedwongen door een duidelijk wegbeeld waarin misleiding wordt voorkomen. Hiertoe dient in het ontwerp rekening gehouden te worden met de stappentheorie. De stappentheorie houdt in dat de ontwerpsnelheid van opeenvolgende ontwerpelementen in uitvoeringen stapsgewijs afneemt.

De stappentheorie is voornamelijk van toepassing op:

- Uitvoeringen in aansluitingen die zijn voorzien van een S-boog
- Indirecte uitvoeringen (richtingsverandering circa  $180^\circ$ )

De stappentheorie is niet van toepassing op:

- Uitvoeringen in een Hollands complex
- Verbindingswegen tussen autosnelwegen

De stappentheorie kan wel toegepast worden op uitvoeringen in een Hollands complex wanneer een duidelijke S-boog aanwezig is (S-boog is niet nodig vanuit verkeersveiligheid). Verkeer op verbindingswegen heeft niet tot doel te decelereren. Om aan te sluiten bij de verwachting van de weggebruikers heeft de eerste boog van de verbindingsweg de krapste boogstraal. Hiermee wordt voorkomen dat de weggebruiker tussen opeenvolgende bogen verder moet decelereren en hierbij als gevolg van zijn verwachtingspatroon uit de bocht vliegt.

De standaard ontwerpcomponenten in de stappentheorie zijn horizontale bogen en uitvoeringen. Bij een uitvoering geldt de uitvoegstrook als eerste stap zodat bij het puntstuk een ontwerpsnelheid van 90 km/h gehanteerd kan worden voor de eerste horizontale boog. Bij eventueel volgende horizontale bogen wordt de ontwerpsnelheid verder stapsgewijs afgebouwd naar 70 km/h en vervolgens 50 km/h. Indien de overgang één stap betreft, kan de overgang naar een andere ontwerpsnelheid plaatsvinden zonder extra voorzieningen, uitgezonderd een eventueel benodigde overgangsboog. De weggebruiker wordt dan 'vanzelf' tot een geleidelijk lagere snelheid gestimuleerd. De stap moet wel goed herkenbaar zijn: een boog met een kleine booglengte/hoekverdraaiing wordt niet herkend als een stap en zal daarom de volgende boog onvoldoende introduceren (zie minimale booglengte).

In voornoemde standaard situaties volgen de bogen elkaar op totdat de gewenste ontwerpsnelheid van de uitvoering is bereikt. De locatie van de eerste horizontale boog is vrij aangezien die geen grote deceleratie vereist. De locatie van de vervolgbogen vraagt wel extra aandacht. Mogelijke knelpunten zijn:

- Een te hoge aanvangssnelheid bij de opvolgende horizontale boog door een grote afstand met een te royaal alignement tussen de beide horizontale bogen
- Een te allen tijde te voorkomen nabochteffect veroorzaakt door twee gelijkgerichte horizontale bogen die direct op elkaar aansluiten en waarbij de straal van de eerste horizontale boog groter is dan de straal van de tweede horizontale boog ([zie figuur 38](#))
- Slecht zicht op de opvolgende horizontale boog door het horizontale en/of verticale alignement

Vanuit verkeersveiligheid ligt de optimale stapgrootte voor S-bogen tussen 20 km/h en 30 km/h. Dit sluit aan bij de stapgrootte in de verdeling van ontwerpsnelheden. Een kleinere of grotere stapgrootte leidt tot een significant hoger ongevalsrisico als gevolg van onderschatting door enerzijds onvoldoende introductie en anderzijds een onjuiste verwachting. Bij indirecte uitvoeringen is het hogere ongevalsrisico alleen geconstateerd bij een grotere stapgrootte aangezien deze uitvoeringen vanwege de vorm geen introductie nodig hebben. Zeer krappe lussen die volgen op een rechtstand zijn daarmee inherent onveilig. Voor aanvullende informatie wordt verwezen naar "The Step Theory - a valid vision on traffic safety or just a myth?".

Het kan voorkomen dat een stapsgewijze afname van de ontwerpsnelheid niet mogelijk is. Bij één of meer horizontale bogen heeft de eerste horizontale boog in dat geval noodzakelijk de meest kritische straal. Deze straal kan een veel lagere ontwerpsnelheid hebben dan het voorafgaande wegvak waardoor een of twee stappen worden overgeslagen. De volgende situaties zijn hierbij te onderscheiden:

- Deceleratie van 120 km/h naar 70 km/h
- Deceleratie van 120 km/h naar 50 km/h
- Deceleratie van 90 km/h naar 50 km/h

De geleidelijke snelheidsafname vindt in deze afwijkende situaties plaats vóór de eerste horizontale boog, wat eisen stelt aan de benodigde deceleratielengte ([zie hoofdstuk "6.1.2 Deceleratielengte"](#)). De eerste horizontale boog moet zichtbaar en herkenbaar gesitueerd zijn in het totale ontwerp. Dat kan door:

- Extra aandacht voor bebakening, verlichting, achtergrond (berminrichting) en landschappelijke inpassing
- Een goed herkenbare situering van de horizontale boog in het wegbeeld door toepassing van een verkanting van minimaal 5% en toepassing van een minimale clothoïdeparameter

Deze maatregelen compenseren de verminderde verkeersveiligheid van de boog maar het is geen volledige compensatie voor het overslaan van een stap. De verkeersveiligheid van de boog is lager met een verhoogd ongevalsrisico.

### 5.2.3 Overgangsboog

De overgangsboog is een geleidelijke overgang tussen een horizontale rechtstand en een horizontale boog of tussen twee horizontale bogen.

#### 5.2.3.1 Functies

Een overgangsboog heeft de volgende functies:

- Mogelijkheid bieden voor geleidelijke stuurverdraaiing
- Vloeiend verbinden horizontale bogen met horizontale rechtstanden en/of horizontale bogen
- Beheersbaar houden zijdelingse voertuigkrachten
- Vloeiende vormgeving van het wegontwerp in bogen zodat bestuurders de situatie beter kunnen inschatten en zodat knikken in het wegbeeld voorkomen worden
- Plaats bieden aan de verkantingsovergang
- Geleidelijk aanbrengen van de benodigde bochtverbreeding

#### 5.2.3.2 Ontwerpparameters

Als overgangsboog wordt de clothoïde toegepast. Deze kromme is de baan die wordt doorlopen indien de snelheid van het voertuig en de snelheid waarmee het stuur wordt gedraaid, constant zijn. Hiermee ontstaat een vloeiende overgang tussen twee ontwerpcomponenten. De clothoïde wordt gekenmerkt door de clothoïdeparameter A.

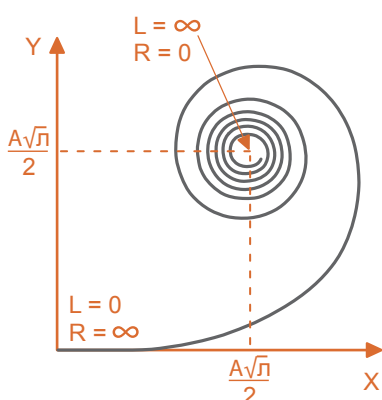
De clothoïde is een spiraal waarvan de boogstraal R omgekeerd evenredig is met de lengte gerekend vanaf het nulpunt (waar geldt dat R = oneindig). Dit wordt weergegeven door de volgende formule:

$$A^2 = R_x * L_x$$

Hierin is:

- A : clothoïdeparameter (m)
- $R_x$  : straal van clothoïde op punt x (m)
- $L_x$  : lengte clothoïde tussen punt x en nulpunt (R = oneindig) (m)

Deze formule is grafisch weergegeven op [figuur 39](#). Van de clothoïde wordt slechts een klein deel gebruikt.



figuur 39: Standaard clothoïde



### 5.2.3.3 Toepassing

Een overgangsboog wordt toegepast in de volgende gevallen:

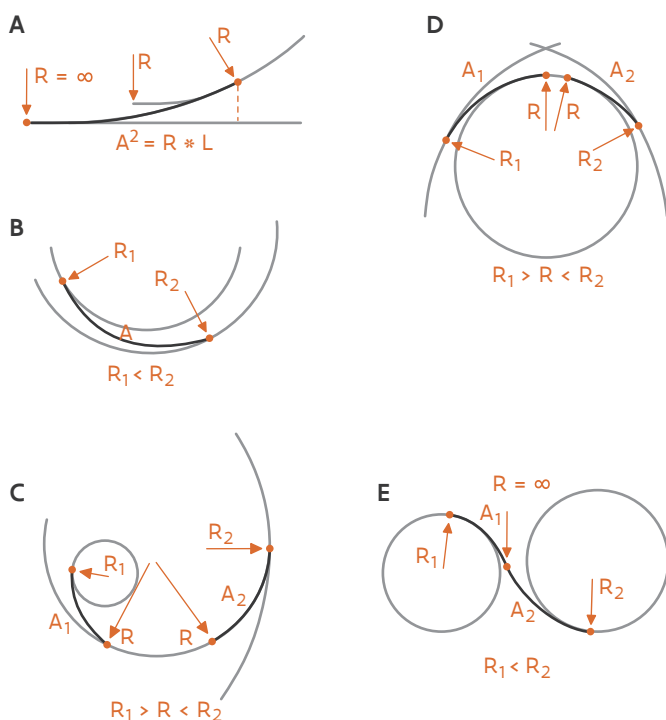
- Tussen een rechtstand en een cirkelboog: toepassen als de horizontale boogstraal ( $R$ ) kleiner is dan de waarden genoemd in [tabel 18](#) (zie [figuur 40 A](#)).
- Tussen twee gelijkgerichte bogen (met stralen  $R_1$  en  $R_2$ ): voor de keuze van parameter  $A$  is de kleinste aangrenzende boogstraal ( $R_1$ ) maatgevend boven de straal van de grotere boog ( $R_2$ ). De overgangsboog verloopt dan van  $R_1$  naar  $R_2$ , waarmee het gedeelte van  $R_2$  tot  $R = \infty$  komt te vervallen (zie [figuur 40 B en C](#)). Aaneensluiting van overgangsbogen waarbij de lengte van de cirkelbogen in de top tot nul gereduceerd wordt, moet vermeden worden in verband met knikken in het wegbeeld. In geval dat een cirkelboog is gelegen tussen twee overgangsbogen, moet de minimale booglengte gehanteerd worden (zie [tabel 18](#) en [figuur 40 D](#)).
- Tussen twee tegengesteld gerichte cirkelbogen (met stralen  $R_1$  en  $R_2$ ): hierbij is in het punt van de overgang van de ene naar de andere overgangsboog geen kromming aanwezig en zijn, afhankelijk van de aansluitende boogstralen, twee tegengesteld gerichte overgangsbogen vereist (zie [figuur 40 E](#)). In deze situatie kunnen bijgevolg dezelfde stappen worden gevolgd als bij een overgangsboog tussen een rechtstand en een cirkelboog.

Een overgangsboog wordt niet toegepast indien:

- Een rechtstand aansluit op een cirkelboog met een boogstraal boven de waarden van [tabel 18](#).
- Beide aansluitende horizontale bogen een boogstraal hebben die boven de waarden van [tabel 18](#) ligt.

ontwerpsnelheid (km/h)	overgangsboog (m) noodzakelijk indien
120	$R_{1,2} < 4\ 000$
100	$R_{1,2} < 2\ 700$
90	$R_{1,2} < 2\ 000$
70	$R_{1,2} < 800$
50	$R_{1,2} < 300$

tabel 18: Bovengrenzen toepassing overgangsboog



figuur 40: Overgangsbogen in verschillende situaties

### 5.2.3.4 Ontwerpeisen

Aan de clothoïdeparameter A worden de volgende eisen gesteld:

- Eisen vanuit zicht
- Eisen vanuit comfort
- Eisen vanuit wegbeeld
- Eisen vanuit dynamica
- Eisen vanuit afwatering

De waarden die volgen uit deze eisen staan samengevat in [tabel 19](#). De hoogste waarde is maatgevend voor de minimale waarde voor A.

ontwerpsnelheid (km/h)	ondergrens clothoïdeparameter A		bovengrens
	zichtbaarheid	comfort (m)	
120	1/3 R <sub>1</sub>	270	R <sub>1</sub>
100	1/3 R <sub>1</sub>	205	
90	1/3 R <sub>1</sub>	175	
70	1/3 R <sub>1</sub>	95	
50	1/3 R <sub>1</sub>	60	

tabel 19: Richtwaarden clothoïdeparameter A

#### Eisen vanuit zicht

De clothoïdeparameter A moet zo klein mogelijk zijn omwille van de boogherkenning. Volgende grenswaarden worden daarbij aangehouden:

- Waar zicht op de boog nodig is in verband met snelheidsaanpassing, moet een deel van de cirkelboog binnen het functionele gezichtsveld liggen ( $A \leq R$ ).
- De overgangsboog moet de richtingsverandering duidelijk inleiden. Hiervoor is een hoekverdraaiing van minimaal 3,5° gewenst ( $A \geq 1/3 R$ ).

#### Eisen vanuit comfort

Vanuit het oogpunt van comfort moet de toename van de zijdelingse krachten bij het doorrijden van de overgangsboog beperkt worden. De minimale waarden voor clothoïdeparameter A worden bekomen via onderstaande formule en zijn opgenomen in [tabel 20](#).

$$A_{\min} = 0,146 \sqrt{\frac{v_0^3}{C_{\text{toelaatbaar}}}}$$

Hierin is:

- $v_0$  : ontwerpsnelheid (km/h)
- $C_{\text{toelaatbaar}}$  : factor voor de toelaatbare verandering van de versnelling in zijdelingse richting (m/s<sup>3</sup>)

ontwerpsnelheid (km/h)	$C_{\text{toelaatbaar}}$ (m/s <sup>3</sup> )	$A_{\min, \text{comfort}}$ (m)
120	0,5	270
100	0,5	205
90	0,5	175
70	0,8	95
50	0,8	60

tabel 20:  $C_{\text{toelaatbaar}}$

Omwille van comforteisen (zie "[Standaardbestek 250](#)") dient bij een opeenvolging van verticale bogen op wegvakken waar de ontwerpsnelheid 70 km/h of hoger is, voldaan te zijn aan een minimale koordlengte van 40 m. Deze eis is niet van toepassing bij onderdoorgangen.

### **Eisen vanuit wegbeeld**

Het toepassen van de clothoïdeformule  $A^2 = R_x * L_x$  levert een vloeiende vormgeving op die niet misleidend of hinderlijk is. Vanuit wegbeeld zijn er geen aanvullende eisen voor de clothoïdeparameter.

Bij een boogstraal met een lagere ontwerpsnelheid dan het voorgaande weggedeelte wordt de richtingsverandering geaccentueerd middels een zo klein mogelijke clothoïdeparameter ( $A = 1/3 R$ ).

### **Eisen vanuit dynamica**

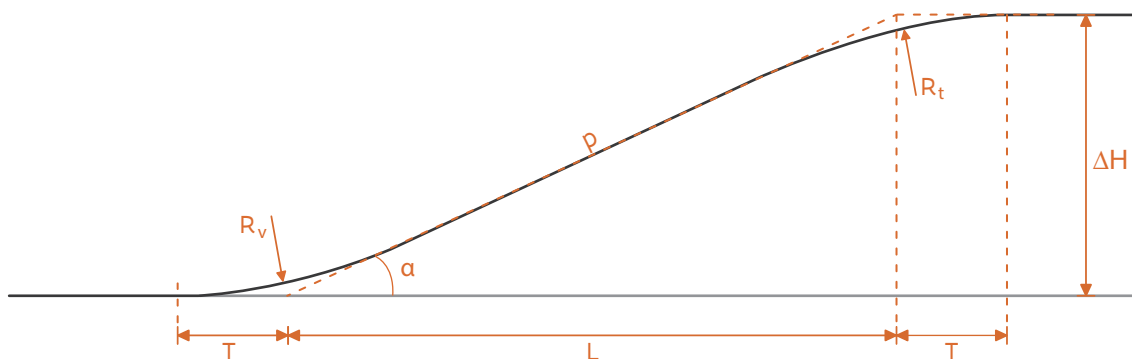
Wanneer in elk punt van de verkantingsovergang is voldaan aan de clothoïdeformule  $A^2 = R_x * L_x$ , levert de zijdelingse wrijvingsweerstand geen problemen op (dynamische evenwichtseis).

### **Eisen vanuit afwatering**

Een eventuele verkantingsovergang in functie van afwatering moet bij voorkeur binnen de clothoïde plaatsvinden. De minimumlengte van de clothoïde kan daarom worden bepaald door de lengte van de eventuele verkantingsovergang.

## 5.3 Verticaal alignement

Het verticale alignement is een verticale doorsnede langs de ontwikkelde wegas van een weg en bepaalt de wijze waarop hoogteverschillen worden overwonnen. In het verticale alignement worden verticale rechtstanden en verticale cirkelbogen toegepast. De bogen zijn hetzij topbogen hetzij voetbogen. De algemene eigenschappen van de verticale rechtstanden en cirkelbogen zijn weergegeven in [figuur 41](#).



figuur 41: Langshelling, hellingspercentage, hellingslengte

- $\Delta H$  : hoogteverschil
- $P$  : hellingspercentage ( $\Delta H/L * 100$ )
- $\alpha$  : hellingshoek
- $R_v$  : verticale straal voetboog
- $R_t$  : verticale straal topboog
- $T$  : 1/2 tangenslengte
- $L$  : hellingslengte

### 5.3.1 Verticale rechtstand

De verticale rechtstand is een rechte lijn in het verticale alignement.

#### 5.3.1.1 Functies

Een verticale rechtstand heeft de volgende functies:

- Verbinden van twee verticale bogen
- Overwinnen hoogteverschillen (ondergeschikte functie voor de Vlaamse situatie)

#### 5.3.1.2 Ontwerpparameters

De verticale rechtstand wordt gekenmerkt door de volgende ontwerpparameters:

- Hellingspercentage: verhouding tussen het hoogteverschil en de hellingslengte
- Hellingshoek: hoek tussen de as van de weg en de horizontaal. De langshelling is de tangens (tan) van deze hoek. De langshelling is eigenlijk dezelfde grootte als het hellingspercentage maar is uitgedrukt in een andere eenheid.
- Hellingslengte: horizontale afstand tussen de snijpunten van de raaklijnen aan onder- en bovenafrondingen

In het ontwerp van een verticaal alignement voor een hoofdbaan worden hoogteverschillen bij voorkeur overbrugd door een voetboog direct aan te sluiten op een topboog, dus zonder tussenkomst van een verticale rechtstand. Dit bevordert een vloeiend verloop van de weg en vermindert de kans op fouten in het wegbeeld (zie hoofdstuk "5.4.13.3 Fouten in het ruimtelijk alignement"). In deze voorkeursituatie wordt het maximale hellingspercentage met de volgende benaderingsformule berekend:

$$p = \frac{2 * \Delta H}{\sqrt{2 * \Delta H * (R_v + R_t)}} * 100$$

Hierin is:

- p : maximaal hellingspercentage (%)
- $\Delta H$  : te overbruggen hoogteverschil (m)
- $R_v$  : verticale straal voetboog (m)
- $R_t$  : verticale straal topboog (m)

Er zijn echter ook situaties waarbij een verticale rechtstand toegepast moet worden tussen de voet- en topboog:

- Wanneer een voet- en topboog samen te weinig hoogteverschil genereren:
  - Voor hoofdbanen geldt dat rechtstanden pas worden toegepast bij hoogteverschillen van 12 m of meer om fouten in het wegbeeld te voorkomen.
  - Voor niet-hoofdbanen kunnen verticale rechtstanden algemeen worden toegepast, negatieve gevolgen voor het wegbeeld zijn hier niet te verwachten.
- Bij een lange helling

Het snelheidsverloop van voertuigen op hellingen heeft invloed op de verkeersafwikkeling, de verkeersveiligheid en het brandstofverbruik. Het gewenste hellingspercentage moet in samenhang met verschillende andere wegkenmerken en verkeerskenmerken worden bepaald. De ontwerpsnelheid, de lengte van de helling, het horizontale verloop, de ligging ten opzichte van aansluitingen of knooppunten, de kosten, de verkeerssamenstelling en de verkeersintensiteit kunnen van invloed zijn op het te kiezen hellingspercentage.

De combinatie van hellingspercentage en hellingslengte heeft invloed op de snelheid van het verkeer en in het bijzonder het vrachtverkeer. Bij toenemende helling(lengte) van een opgaande helling valt de snelheid van vrachtverkeer terug. Bij toenemende helling(lengte) van een neergaande helling nemen de snelheid en de remweg toe. Dit heeft een negatief effect op de verkeersafwikkeling en de verkeersveiligheid. Beide aspecten spelen ook een rol bij in- en uitvoeringen en bij opstelvakken. Hiervoor wordt verwezen naar [hoofdstuk "4.5.3.1 Invoeging"](#) en [hoofdstuk "4.5.3.2 Uitvoeging"](#).

Wanneer bij het ontwerpen een langshelling wordt toegepast, geldt dat de snelheidsterugval van vrachtverkeer als gevolg van de langshelling maximaal 20 km/h mag bedragen. Wanneer een langshelling resulteert in een snelheidsterugval van minder dan 20 km/h dan voldoet de langshelling. Wanneer de helling niet voldoet, moet de helling aangepast worden of moeten compenserende maatregelen getroffen worden zoals het toepassen van een extra rijstrook of kruipstrook (zie hoofdstuk "6.8 Rijstrookvermeerdering").

Als richtlijn voor maximale hellingspercentages en maximale hellingslengtes voor verschillende ontwerpsnelheden, kunnen de waarden worden aangehouden die zijn weergegeven in [tabel 21](#). Bij grote kunstwerken mogen grotere hellingspercentages worden toegepast, om zo op kunstwerk lengte en daarmee kosten te besparen. Indien men onder de waarden uit de tabel blijft, is de snelheidsterugval aanvaardbaar. Indien men toch afwijkt van de waarden, dient de resulterende snelheidsterugval gecontroleerd te worden met een geëigend softwarepakket.

ontwerpsnelheid (km/h)	standaardwaarden		bij grote kunstwerken	
	maximaal hellings- percentage (%)	maximale lengte (m)	maximaal hellings- percentage (%)	maximale lengte (m)
120	3	1 000	5	450
100				
90				
70	4	600	6	300
50			7	200

tabel 21: Richtwaarden maximale hellingspercentages en hellingslengtes bij verticale rechtstand

### 5.3.2 Topboog

Een topboog (bolle boog) is een cirkelvormige bovenafronding in het verticale alignment. Bij hoogteverschillen kleiner dan 12 m wordt de topboog zonder tussenkomst van een verticale rechtstand direct op de voetboog aangesloten, tenzij dit leidt tot een te groot hellingspercentage rond het overgangspunt tussen beide bogen.

#### 5.3.2.1 Functies

Een topboog heeft de volgende functies:

- Overwinnen hoogteverschil
- Faciliteren geleidelijke hellingwijziging verkeer
- Beperken van de verticale versnelling (comfort) van voertuigen

#### 5.3.2.2 Ontwerpparameters

Bij topbogen is de zichtlengte het maatgevende criterium voor de dimensionering. Het vereiste comfort bij het berijden van een topboog is in autosnelwegsituaties niet maatgevend.

De verticale boogstraal wordt berekend met volgende formule:

$$R_{\text{top,min}} = \frac{L_z^2}{2 * (\sqrt{h_o} + \sqrt{h_n})^2}$$

Hierin is:

- $R_{\text{top,min}}$ : verticale boogstraal (m)
- $L_z$ : maatgevende zichtlengte (m)
- $h_o$ : ooghoogte van de bestuurder
- $h_n$ : hoogte van het waar te nemen voorwerp (m)

De waarden voor de parameters  $L_z$ ,  $h_o$  en  $h_n$  in deze formule zijn, voor verschillende ontwerpsnelheden, weergegeven in [tabel 22](#).

ontwerpsnelheid (km/h)	$L_z$ anticipatiezicht (m)	$L_z$ wegverloopzicht (m)	$L_z$ stopzicht (m)
120	335	165	260
100	265	135	170
90	230	120	135
70	165	80	80
50	110	40	40
ooghoogte $h_o$	1,1	1,1	1,1
objecthoogte $h_n$	variabel	0	0,5

tabel 22: Waarden van parameters voor topbogen

Uit bovenstaande formule vloeien de minimale boogstralen voor verticale topbogen voort ([tabel 23](#)). De vermelde waarden zijn van toepassing bij wegverloopzicht. Echter, het wegverloopzicht is slechts onder voorwaarden maatgevend. Per situatie moet er, op basis van de rond de weg aanwezige zichtpunten, geanalyseerd worden of anticipatiezicht niet maatgevend is boven het wegverloopzicht. Dit is afhankelijk van de objecthoogte van het voor anticipatiezicht maatgevende zichtpunt ([zie hoofdstuk "5.1.2 Anticipatiezicht"](#)).

ontwerpsnelheid (km/h)	minimale straal (m) topboog (afgerond)	maatgevend zichtcriterium	maatgevende zichtlengte (m)
120	12 400	wegverloopzicht	165
100	8 300	wegverloopzicht	135
90	6 600	wegverloopzicht	120
70	3 000	wegverloopzicht	80
50	750	wegverloopzicht	40

tabel 23: Minimale boogstralen topboog

Het kan voorkomen dat bij geringe hoogteverschillen en/of zeer flauwe hellingen de zichtlengte groter is dan de totale lengte van de boog. In dat geval mag een kleinere verticale boogstraal worden toegepast. Bij een dergelijke aaneenschakeling van verticale ontwerpcomponenten wordt de bepaling van de zichtlengte grafisch (met gebruik van software) gedaan, waarna de minimale verticale boogstraal van de topboog te bepalen is.

### 5.3.3 Voetboog

Een voetboog (holle boog) is een cirkelvormige onderafronding in het verticale alignement. Bij hoogteverschillen kleiner dan 12 m wordt de voetboog zonder tussenkomst van een verticale rechtstand direct op de topboog aangesloten, tenzij dit leidt tot een te hoog hellingspercentage rond het overgangspunt tussen beide bogen.

#### 5.3.3.1 Functies

Een voetboog heeft volgende functies:

- Overwinnen hoogteverschil
- Faciliteren geleidelijke hellingwijziging verkeer
- Beperken van de verticale versnelling (comfort) van voertuigen

#### 5.3.3.2 Standaardwaarden voetboog

Het gewenste criterium voor de dimensionering van voetbogen is de duidelijkheid van het wegbeeld zodat de indruk van tegenbogen of knikken vermeden wordt. Hiertoe is het meestal voldoende om uit te gaan van een boogstraal van  $R_{\text{voet}} = 2 * R_{\text{top}}$ , [zie ook hoofdstuk "5.4.13.1 Voetbogen bij onsamenhangend wegbeeld"](#). Indien dit niet mogelijk blijkt, wordt minimaal voldaan aan  $R_{\text{voet}} \text{ min} \geq 1/2 R_{\text{top}}$ .

ontwerpsnelheid (km/h)	straal voetboog (m)	
	gewenste waarden	minimale waarden
120	24 800	6 200
100	16 600	4 150
90	13 200	3 300
70	6 000	1 500
50	1 500	375

tabel 24: Gewenste en minimale waarden voetboog

### 5.3.3.3 Voetboog in onderdoorgangen

Het wegbeeld is niet maatgevend in onderdoorgangen en aquaducten waar de wegas zich onder het maaiveld bevindt. In dat geval geldt dat de toename van de verticale versnelling niet meer dan  $1,0 \text{ m/s}^2$  mag bedragen. De minimaal toepasbare boogstralen op basis van deze eis zijn weergegeven in [tabel 25](#).

ontwerpsnelheid (km/h)	minimale straal (m) voetboog
120	1 200
100	850
90	700
70	400
50	200

tabel 25: Minimale waarden voetboog in onderdoorgangen op basis van comfort

Aandachtspunt bij het ontwerpen van voetbogen in onderdoorgangen is de zichtbelemmering door het plafond van de onderdoorgang in combinatie met eventuele voorwerpen als signalisatie, bewegwijzering en installaties. Een kleine boogstraal voor de voetboog in combinatie met een lage plafondhoogte kan leiden tot problemen met betrekking tot wegverloopzicht en stopzicht voor het vrachtverkeer. In dit geval is niet comfort maar zicht maatgevend. Voor de zichteisen met betrekking tot het verticale alignement in tunnels en onderdoorgangen wordt verwezen naar het [hoofdstuk "8 Tunnels"](#).



## 5.4 Dwarsprofiel

### 5.4.1 Openbaar domein

Het dwarsprofiel van de Vlaamse autosnelwegen reikt verder dan de scheidingslijn tussen het openbaar domein en het private domein. Het domein van de autosnelweg bevat niet enkel de rijstroken, de pechstroken en de op- en afritten maar ook heel het openbaar domein aan beide zijden van de weg, dat met het oog op de behoeften en de dienstverlening van de autosnelweg is ingericht. Dit openbaar domein omvat ook de taluds, zelfs wanneer deze verschillende meters breed zijn, de lussen van de op- en afrittencomplexen, de grachten en eventueel een naastgelegen strook grond. Afscherpende constructies, geluidsschermen en andere voorzieningen bevinden zich doorgaans binnen het openbaar domein van de autosnelweg.

De grens van het domein van de autosnelweg is de scheidingslijn tussen het domein van de overheid en het private domein. Dit is het vertrekpunt van respectievelijk de 10 m en de 30 m zone waarvan sprake in het [Besluit van de Vlaamse Regering betreffende de vrije stroken langs autosnelwegen van 25 januari 2019](#). Deze grens wordt als volgt bepaald:

- bij een autosnelweg in ophoging: de buitenkant van de gracht plus 1 m;
- bij een autosnelweg in uitgraving: de bovenkant van het talud plus 1 m;
- bij een autosnelweg op maaiveldhoogte: de buitenkant van de gracht plus 1 m;
- bij een autosnelweg gelegen op een viaduct: de verticale projectie van de rand van het viaduct.

Voor de Europese hoofdwegen die op basis van de [wet van 12 juli 1956 tot vaststelling van het statuut der autosnelwegen](#) bij de categorie autosnelwegen werden ingedeeld, geldt er een wettelijke bouwvrije strook. Wat in die bouwvrije stroken ondanks het principiële bouwverbod kan of moet worden toegestaan in het kader van een vergunningsaanvraag van een aangelande, wordt geregeld in het [Besluit van de Vlaamse Regering betreffende de vrije stroken langs autosnelwegen van 25 januari 2019](#).

Binnen de zone van 30 m vanaf de grens van het autosnelwegdomein gelden bepaalde beperkingen op het eigendomsrecht van de aangelanden, dit loodrecht gemeten op de as van de weg ([Autosnelwegenwet van 12 juli 1956](#)). De beperkingen zijn bepaald met het oog op de instandhouding en verbetering van de weg en de mogelijkheid om de weg te verbreden.

Binnen de zone van 30 m wordt bijkomend een specifiek regime opgelegd voor de zone van 10 m vanaf de grens van het autosnelwegdomein. In deze zone gelden striktere regels dan in de zone van 10 m tot 30 m vanaf de grens.

### 5.4.2 Indeling en maatvoering dwarsprofiel

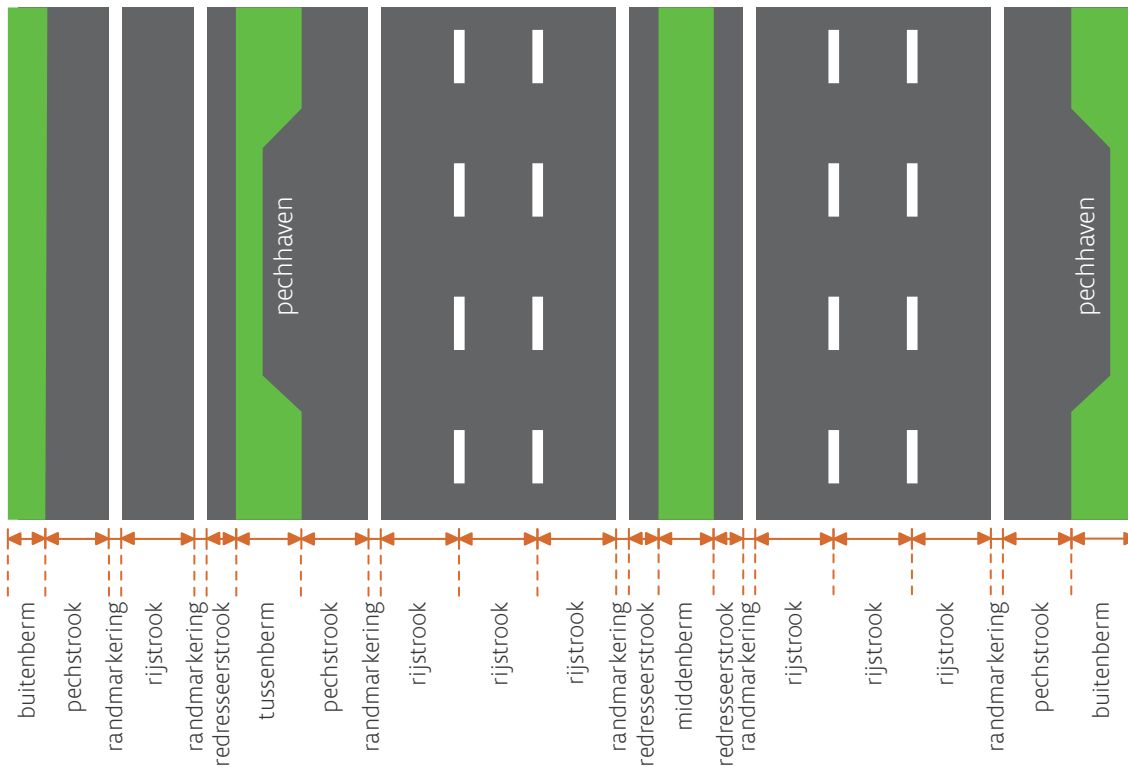
Een dwarsprofiel is de verticale doorsnede loodrecht op de as van de weg. Het dwarsprofiel geeft de inrichting van de weg in dwarsrichting, bestaande uit de afmeting, hoogteligging en dwarsligging van de dwarsprofielonderdelen.

Het dwarsprofiel van een Europese hoofdweg wordt opgebouwd uit de volgende onderdelen:

- Rijbaan:
  - Rijstrook
  - Markering
  - Bochtverbreding
- Verharde zijstrook:
  - Redresseerstrook
  - Pechstrook

- Wegberm:
  - Middenberm
  - Buitenberm
  - tussenberm
- Taluds

De plaats van bovengenoemde begrippen in het dwarsprofiel is weergegeven in [figuur 42](#).



figuur 42: Opbouw dwarsprofiel

De maatvoering van de verschillende onderdelen binnen het dwarsprofiel is gebaseerd op de profielen van ruimte van de verschillende ontwerpvoertuigen en de daarbij behorende veiligheidsmarges. De ontwerper moet altijd nagaan welk ontwerpvoertuig maatgevend is. De profielen van ruimte strekken zich uit in de breedte en in de hoogte en zijn op te splitsen in:

- Profielen van minimumruimte
- Profielen van vrije ruimte

#### 5.4.2.1 Profiel van minimumruimte

Het profiel van minimumruimte in het dwarsprofiel is noodzakelijk voor de bestuurder van een rijdend voertuig voor het uitvoeren van zijn rijtaak. Het profiel van minimumruimte wordt verkregen door de som van:

- De ruimte die het maatgevende ontwerpvoertuig vanwege zijn afmetingen in beslag neemt.
- De ruimte die het maatgevende ontwerpvoertuig nodig heeft voor de horizontale en verticale bewegingen tijdens het rijden.

#### Horizontale bewegingen

De horizontale bewegingen van een voertuig staan ook bekend onder de term vetergang. De vetergang wordt veroorzaakt door versturende aspecten als zijwind en koerscorrecties en is afhankelijk van de ontwerpsnelheid en de restbreedte die bovenop de voertuigbreedte beschikbaar is:

- Bij een hogere ontwerpsnelheid neemt de vetergang toe aangezien een stuurafwijking bij een hogere snelheid tot een grotere koersafwijking leidt.
- Bij een afnemende restbreedte neemt de vetergang toe als gevolg van krampachtige stuurbewegingen.
- Bij een toenemende restbreedte neemt de vetergang toe als gevolg van een lager attentieniveau en hogere rijnsnelheden.

Om de vetergang te beperken, moeten brede of smalle restbreedte vermeden worden. De standaardafmetingen van dwarsprofiel-elementen waarbij de vetergang beperkt blijft, zijn weergegeven in [tabel 26](#).

ontwerpsnelheid (km/h)	ontwerpvoertuig	minimumruimte stilstaande voertuigen (breedte ontwerpvoertuig) (m)	minimumruimte rijdende voertuigen (breedte ontwerpvoertuig + restbreedte) (m)
120	personenwagen	1,90	2,90
100	personenwagen	1,90	2,90
90	personenwagen	1,90	2,90
	vrachtwagen	2,55	3,05
70	personenwagen	1,90	2,65
	vrachtwagen	2,55	3,05
50	personenwagen	1,90	2,40
	vrachtwagen	2,55	2,80

tabel 26: Horizontale minimumruimte

### Verticale bewegingen

De verticale bewegingen van een voertuig worden veroorzaakt door oneffenheden in de verharding in combinatie met het veersysteem van een voertuig. Deze bewegingen zijn onafhankelijk van de ontwerpsnelheid. De vrachtwagen is het maatgevende ontwerpvoertuig.

ontwerpsnelheid (km/h)	ontwerpvoertuig	minimumruimte (m) stilstaande voertuigen	minimumruimte (m) rijdende voertuigen
120	personenwagen	4,00	4,20
100	personenwagen		
90	personenwagen		
	vrachtwagen		
70	personenwagen		
	vrachtwagen		
50	personenwagen		
	vrachtwagen		

tabel 27: Verticale minimumruimte

#### 5.4.2.2 Profiel van vrije ruimte

Het profiel van vrije ruimte is de ruimte binnen het dwarsprofiel waar geen obstakels mogen voorkomen. Het is samengesteld uit het horizontale en het verticale profiel van vrije ruimte.

#### Horizontaal profiel van vrije ruimte

Het horizontale profiel van vrije ruimte wordt verkregen door aan het horizontale profiel van minimumruimte tijdens het rijden de horizontale objectafstand toe te voegen. De objectafstand is de afstand die bestuurders aanhouden tot voorwerpen langs de eigen rijstrook.

Het horizontale profiel van vrije ruimte wordt bepaald op basis van de veiligheidsmarge die bestuurders van voertuigen aanhouden ten opzichte van te passeren obstakels. Bij het ontwerp van het dwarsprofiel moet daarom in relatie met de ontwerpsnelheid, rekening gehouden worden met een vrije ruimte in functie van de gewenste plaats van voertuigen op de weg. Op die manier kan een veilig en ongehinderd passeermanoeuvre gefaciliteerd worden. Hierbij zijn twee maatgevende situaties denkbaar:

- Vrije en ongehinderde verkeersafwikkeling: maatgevend is het inhaalmanoeuvre waarbij een vrachtwagen wordt ingehaald door een personenwagen. De benodigde ruimte bij een inhaalmanoeuvre tussen vrachtwagens is kleiner omdat een dergelijke inhaalmanoeuvre plaatsvindt bij lagere snelheden, kleinere snelheidsverschillen en door meer ervaren bestuurders. Tussen twee personenwagens is eveneens minder ruimte nodig vanwege de geringere voertuigbreedtes.
- Eén of meer voertuigen op de pechstrook.

ontwerpsnelheid (km/h)	ontwerpvoertuig	passeermanoeuvre stilstaande voorwerpen (m)	inhaalmanoeuvre rijdende voorwerpen (m) *
120	personenwagen	1,50	1,80
100	personenwagen	1,50	1,80
90	personenwagen	1,00	1,50
	vrachtwagen	1,00	1,00
70	personenwagen	1,00	1,00
	vrachtwagen	1,00	1,00
50	personenwagen	0,50	0,50
	vrachtwagen	0,50	0,50

\* Een rijdend voorwerp is een voorwerp met vergelijkbare massa en snelheid.

tabel 28: Horizontale objectafstanden

### Verticaal profiel van vrije ruimte

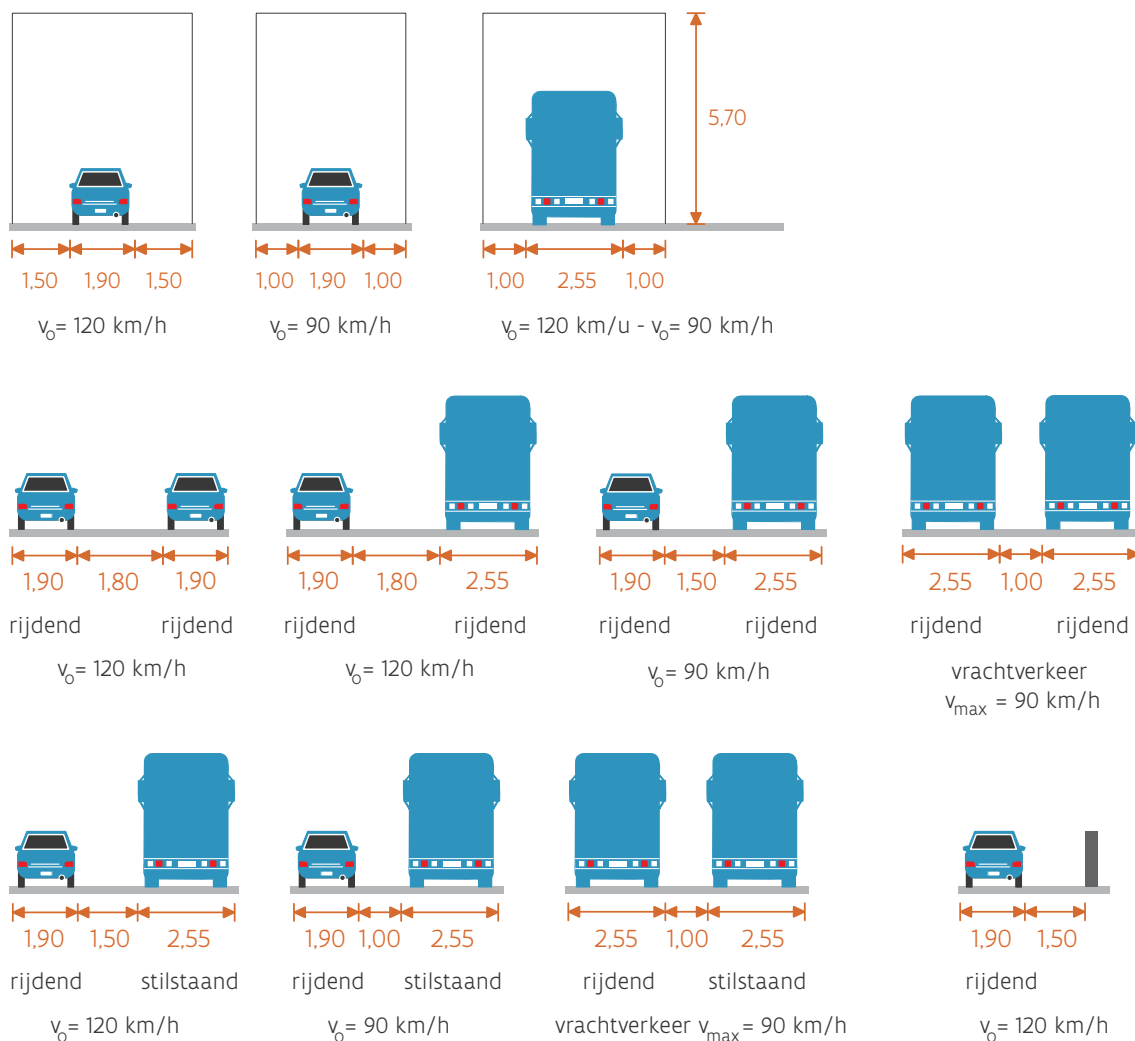
Op de Vlaamse gewestwegen wordt het uitzonderlijk transport als maatgevend beschouwd voor het bepalen van de vrije hoogte. Het verticale profiel van vrije ruimte bij aanleg bedraagt 5,70 m. Enkel in samenspraak met het team Zwaar Vervoer van de afdeling Verkeer, Wegsystemen en Telematica ([zwaarvervoer@mow.vlaanderen.be](mailto:zwaarvervoer@mow.vlaanderen.be)) kan afgeweken worden van de waarde van 5,70 m. Voor het verticale profiel van vrije ruimte onder seinbruggen, galgpalen ... wordt verwezen naar het "[Standaardbestek 270, hoofdstuk 51](#)".

ontwerpvoertuig	minimumruimte (m) stilstaand voertuig	marge (m)	verticaal profiel van vrije ruimte (m)
vrachtwagen	5,50	0,20	5,70

tabel 29: Verticaal profiel van vrije ruimte

Op alle locaties waar een maatgevend voertuig kan komen, moet het verticaal profiel van vrije ruimte beschikbaar zijn. Waar geen afscherpende constructie aanwezig is, betekent dit de volledige breedte van de veiligheidsstrook. Op locaties waar er wel een afscherpende constructie aanwezig is, moet het verticaal profiel van vrije ruimte aanwezig zijn over de volledige breedte van de afscherpende constructie, inclusief zijn werkingsbreedte. Daarnaast moet, indien van toepassing, rekening gehouden worden met de voertuigoverhellingsindex (VI). Het opleggen van eisen voor de VI is vooral van belang als er net buiten de werkingsbreedte obstakels staan die hoger zijn dan 1,5 m. Wanneer een dergelijk obstakel zich achter de afscherpende constructie bevindt (brugpijler, geluidsscherm, ...) kan deze immers door de cabine of oplegger van een (hellende) vrachtwagen geraakt worden. Voor details hierover wordt verwezen naar het "[Vademecum vergevingsgezinde wegen](#), deel gemotoriseerd verkeer".

Als het maatgevend voertuig een trein of tram is, moeten de betreffende vervoersmaatschappijen gecontacteerd worden voor het bepalen van de vrije hoogte.



figuur 43: Objectafstanden

### 5.4.3 Rijbaan

Een rijbaan is een verhard gedeelte van de kruin bestemd voor het verkeer van voertuigen en omvat een rijstrook, langsmarkeringen en een eventuele bochtverbreeding.

#### 5.4.3.1 Rijstrook

Een rijstrook is een strook van de rijbaan die voldoende breed is voor het verkeer van één rij voertuigen. Een rijstrook kan voorbehouden worden voor bepaalde weggebruikers of voor een bijzondere bestemming (bijvoorbeeld Bijzonder Overrijdbare Bedding (BOB)) en als zodanig worden aangeduid. Een rijstrook heeft als functie het afwikkelen van rijdend verkeer op de rijbaan.

#### Standaard rijstrookbreedtes

In functie van een constant en herkenbaar wegbeeld, het scheppen van duidelijkheid en het minimaliseren van fouten in het ontwerp, wordt een breedte van 3,50 m voorgeschreven voor alle Europese hoofdwegen en/of autosnelwegen en dit voor alle ontwerpsheden (zie tabel 30).

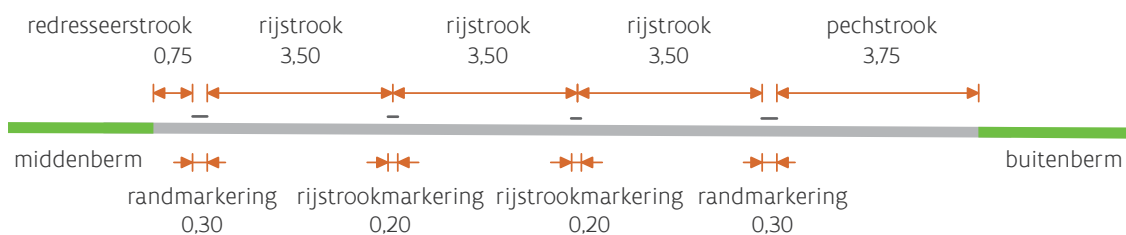
ontwerpsnelheid (km/h)	breedte (m)
120	3,50
100	
90	
70	
50	

tabel 30: Standaard rijstrookbreedte

De rijstrookbreedte wordt gemeten:

- Exclusief randlijn
- Inclusief de helft van eventuele naderingsmarkering, spitsstrookmarkering, rijstrookmarkering

Een nadere toelichting op de standaard rijstrookbreedte is weergegeven in [figuur 44](#).



figuur 44: Rijstrookbreedtes

Voor rangeer- en parallelbanen met een ontwerpsnelheid van 100 km/h of lager wordt een rijstrookbreedte van 3,30 m voorgeschreven. De lagere ontwerpsnelheid dient immers herkenbaar te zijn in het wegbeeld. Deze rijstrookbreedte wordt ook doorgevoerd op de verbindingswegen die starten op de rangeer- en parallelbanen.

### Invoegstrook, uitvoegstrook, weefstrook

Invoegstroken, uitvoegstroken en weefstroken zijn bijzondere rijstroken met een beperkte lengte. Ze dienen als overgang op locaties waar verschillende rijbanen op elkaar aansluiten en grenzen aan een doorgaande rijstrook.

Een invoegstrook heeft de volgende functies:

- Afwikkelen van rijdend verkeer in functie van het invoegen naar de hoofdbaan
- Ruimte bieden aan verkeer om een hiaat te vinden alvorens de doorgaande rijbaan op te gaan

Een uitvoegstrook heeft de volgende functies:

- Afwikkelen van rijdend verkeer in functie van het uitvoegen van de hoofdbaan
- Bieden van de benodigde lengte voor comfortabele deceleratie (gas loslaten: circa  $1,5 \text{ m/s}^2$ ) naar de ontwerpsnelheid van de afbuigende rijbaan

Een weefstrook heeft de volgende functies:

- Afwikkelen en uitwisselen van rijdend verkeer met gelijke snelheid afkomstig van verschillende rijbanen en gaande naar verschillende rijbanen
- Bij ongelijkwaardige verkeersstromen: bieden van de benodigde lengte voor comfortabele deceleratie (gas loslaten: circa  $1,5 \text{ m/s}^2$ ) naar de ontwerpsnelheid van de afbuigende rijbaan
- Ruimte bieden aan verkeer om een hiaat te vinden alvorens de andere rijbaan op te gaan

Voor de dimensionering van invoegstroken, uitrijstroken en weefstroken gelden dezelfde eisen als voor standaard rijstroken. De breedte van een invoegstrook, uitvoegstrook of weefstrook wordt gemeten as op as, exclusief randlijn. Bij toeleidende en/of afbuigende rijbanen die uit twee of meer rijstroken bestaan, worden de rijstrookbreedtes gemeten inclusief (de helft van) de rijstrookmarkering. De standaardbreedtes voor invoegstroken, uitrijstroken en weefstroken zijn weergegeven in [tabel 31](#).

ontwerpsnelheid (km/h)	breedte (m) invoegstroken, uitvoegstroken en weefstroken die starten op de hoofdrijbaan	breedte (m) invoegstroken, uitvoegstroken en weefstroken die starten op de rangeer- en parallelbanen
120	3,50	3,50
100		3,30
90		
70		
50		

tabel 31: Standaard rijstrookbreedtes invoegstrook, uitvoegstrook, weefstrook

### 5.4.3.2 Rijstrook- en langsmarkeringen

Een langsmarkering is een doorlopende of onderbroken lijn die op of in het oppervlak van de verharding is aangebracht.

Een langsmarkering zorgt in eerste instantie voor een afbakening van de rijstroken of duidt de rand van de rijbaan aan. Samen met bebording en bebakening zorgt een langsmarkering voor een verkeersveilige geleiding van het verkeer.

Er zijn verschillende soorten langsmarkeringen op autosnelwegen:

- Randmarkering
- Onderbroken streep/rijstrookmarkering
- Naderingsmarkering
- Naast elkaar getrokken doorlopende en onderbroken streep
- Spitsstrookmarkering
- Afbakening van de BOB

element	breedte (m)
randmarkering	0,30
rijstrookmarkering	0,20
naderingsmarkering	0,20 / 0,30

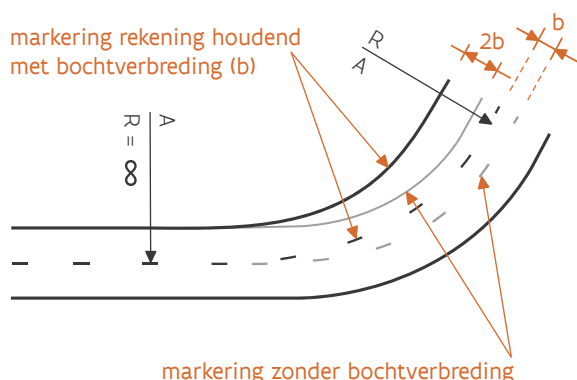
tabel 32: Breedte langsmarkering

Voor aanvullende richtlijnen wordt verwezen naar de [Dienstorder MOW/AWV/2022/08 "Algemene omzendbrief nopens de wegsignalisatie"](#).

### 5.4.3.3 Bochtverbreding

Een bochtverbreding is het verbrede gedeelte van een rijstrook in een horizontale boog. Een bochtverbreding wordt toegepast in krappe horizontale bogen, voornamelijk omdat de achterwielen van een voertuig bij het doorlopen van de boog een meer naar binnen gelegen baan beschrijven dan de voorwielen. Bij krappe horizontale bogen (boogstraal 300 m of minder), die veelal worden toegepast in verbindingswegen of bij in- en uitvoeringen, is het verschil tussen de boogstraal van de voor- en achterwielen significant.

De bochtverbreiding vindt geleidelijk plaats in de overgangsboog zodat bij het begin van de horizontale boog de benodigde breedte volledig aanwezig is (zie figuur 45). Na de horizontale boog moet de bochtverbreiding geleidelijk aan worden afgebouwd in de overgangsboog. De bochtverbreiding mag zowel aan de binnenzijde als buitenzijde van de boog of symmetrisch worden gerealiseerd, visueel is dit niet te onderscheiden.



figuur 45: Geleidelijke opbouw bochtverbreiding in overgangsboog

Een bochtverbreiding is nodig bij boogstralen kleiner of gelijk aan 90 m. Bij grotere boogstralen wordt het verschil tussen de andere baan van de voor- en achterwielen opgevangen binnen de rijstrookbreedte van 3,50 m.

De nodige bochtverbreiding per rijstrook is weergegeven in [tabel 33](#).

horizontale boogstraal binnenboog (m)	bochtverbreiding b (m) per rijstrook
80	0,20
90	0,10
≥100	0,00

tabel 33: Minimale bochtverbreiding per rijstrook

#### 5.4.4 Verharde zijstrook

Een verharde zijstrook is een speciaal verhard deel van de kruin dat aansluit tegen de rijbaan.

Men onderscheidt:

- Redresseerstrook
- Pechstrook

##### 5.4.4.1 Redresseerstrook

Een redresseerstrook is een verharde strook van beperkte breedte, naast de rijbaanbreedte, bedoeld om weggebruikers gelegenheid te geven hun koers te corrigeren. Dit betekent dat de redresseerstrook absoluut vrij dient te zijn van obstakels en dat er eisen worden gesteld aan het niveauverschil t.o.v. de aanliggende wegverharding. Op autosnelwegen en in tunnels wordt de redresseerstrook best geaccentueerd met een geprofileerde markering (ribbelmarkering of gestructureerde markering) die de bestuurder er op attendeert dat hij van zijn rijstrook afwijkt. Vanuit geluidsoverwegingen is dit echter niet altijd en overal wenselijk is.

Een redresseerstrook moet minimaal 75 cm breed zijn voor Europese hoofdwegen en autosnelwegen, gemeten vanaf de buitenzijde van de randlijn. Daar waar er aan de rechterzijde een pechstrook aanwezig is, doet deze dienst als redresseerstrook. Een detailomschrijving van de redresseerstrook is terug te vinden in het [Vademecum vergevingsgezinde wegen](#), deel gemotoriseerd verkeer.



#### 5.4.4.2 Pechstrook

Een pechstrook is een verharde strook rechts van de rijbaan waarop uitsluitend in bijzondere gevallen of in geval van nood mag worden gereden of kortstondig gestopt.

Een pechstrook heeft de volgende functies:

- Gelegenheid voor koerscorrectie: op autosnelwegen doet de pechstrook dienst als redresseerstrook.
- Vlucht- en bergingsplaats voor gestrande voertuigen.
- Eventuele ruimtereservering door extra verhardingsbreedte, bijvoorbeeld ten behoeve van tijdelijke (onderhouds)situaties.
- Herkenbaarheid van de autosnelweg als type weg, wat leidt tot voorspelbaar gebruik van de autosnelweg.

Een pechstrook wordt toegepast langs alle wegvakken van de autosnelweg, ook langs verbindingswegen, op- en afritten, parallelbanen en rangeerbanen:

- Oprit: de pechstrook is aanwezig zodra de kruising met het onderliggend wegennet is verlaten.
- Afrit: de pechstrook voorzien tot het einde van de afrit is ongewenst vanwege het risico op bocht-afsnijding en spookrijden, conform de richtlijnen van [dienstorder MOW/AWV/2022/08 "Algemene omzendbrief nopens de wegsignalisatie"](#) en [dienstorder MOW/AWV/2020/12 "Maatregelen ter preventie van spookrijden"](#). Daarom wordt de pechstrook beëindigd net vóór de kruising met het onderliggend wegennet of op het punt waar een voorsorteerstrook aan de rechterzijde van de afrit begint.
- Verbindingsweg, parallelbaan en rangeerbaan: pechstrook langs volledige wegvak

#### Standaard pechstrookbreedte

De standaard pechstrookbreedte bedraagt 3,75 m (excl. randlijn). Een eventuele goot mag deel uitmaken van de pechstrook indien deze aan de rand van de verharding wordt voorzien.

Een bredere pechstrook op autosnelwegen geeft de mogelijkheid om de pechstrook later om te vormen tot een spitsstrook of BOB. Voor richtlijnen omtrent de BOB of spitsstrook wordt verwezen naar de betreffende onderdelen ([zie hoofdstuk 5.4.9 "Spitsstrook"](#) en [5.4.10 "Bijzondere overrijdbare bedding"](#)). Omwille van het vooruitzicht voor het gebruik van de pechstrook als spitsstrook of in het kader van toekomstige ontwikkelingen is het ten zeerste aan te bevelen een breedte van 4,25 m toe te passen, exclusief goot (aangezien deze bij het toekomstig gebruik anders in de redresseerstrook zou komen te liggen).

### 5.4.5 Vergevingsgezindheid

#### 5.4.5.1 Concept vergevingsgezindheid

Het dwarsprofiel moet ontworpen worden volgens de filosofie van zelfverklarende wegen waarbij ongevallen in eerste instantie zoveel mogelijk worden voorkomen. Vervolgens is een vergevingsgezinde weg een weg die zodanig wordt ontworpen dat door de bestuurder gemaakte fouten 'vergeven' worden. Dit concept is er op gericht om de voertuigen die van de rijstrook zijn afgeraakt, op een veilige wijze:

- Hetzij terug op de rijstrook te brengen door middel van een gecontroleerde stuurcorrectie op de redresseerstrook
- Hetzij gecontroleerd te laten stoppen door het voorzien van een veiligheidsstrook die voldoende breed is

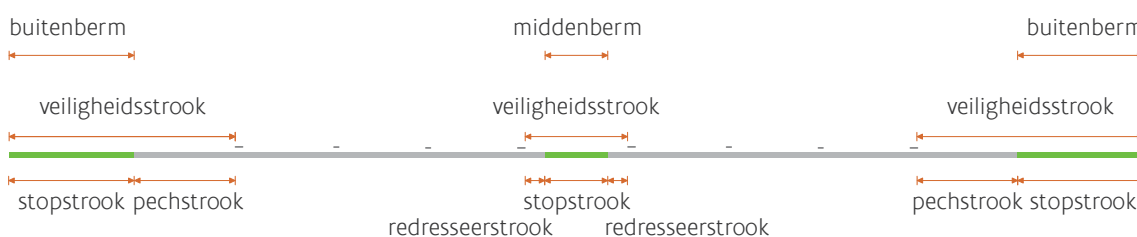
Voor details over de principes en realisatie van vergevingsgezinde wegen wordt verwezen naar het "[Vademecum vergevingsgezinde wegen](#), deel gemotoriseerd verkeer". In de rubrieken hierna zijn de belangrijkste vereisten met betrekking tot het dwarsprofiel uit dit vademecum opgenomen.

### 5.4.5.2 Veiligheidsstrook algemeen

Een veiligheidsstrook is een zone waarin een voertuig dat van de rijbaan is geraakt, gecontroleerd tot stilstand kan komen. De veiligheidsstrook bestaat uit de redresseerstrook en de stopstrook.

De redresseerstrook is beschreven in [hoofdstuk "5.4.4.1 Redresseerstrook"](#).

De stopstrook is een (onverhard) gedeelte van de wegberm naast de redresseerstrook. In deze strook zal de bestuurder zich niet meer kunnen corrigeren maar zal hij toch zonder al te veel risico's gecontroleerd tot stilstand kunnen komen. Indien de berm onverhard is, moet deze de nodige draagkracht hebben om de kans op kantelen of rollen te verkleinen. Er moet getracht worden deze strook zoveel mogelijk obstakelvrij te houden. Wanneer dit niet mogelijk is, moeten maatregelen genomen worden om de gevolgen van een eventueel ongeval te beperken.



figuur 46: Veiligheidsstrook

Een obstakel is een vast voorwerp dat voor uit koers geraakte voertuigen bij aanrijding aanzienlijke voertuigvertragingen oplevert en daardoor ernstige schade aan het voertuig en/of een grotere kans op ernstig (dodelijk) letsel aan de inzittenden of derden kan veroorzaken.

Het begrip "obstakel" moet hier in zijn ruimste betekenis in relatie met het begrip "schade" beschouwd worden als:

- obstakels die zich op minimum 10 cm boven het normale maaiveld bevinden (bijvoorbeeld brugpijlers, steunen van seinbruggen, allerhande andere zware steunpalen van constructies ...);
- obstakels die zich onder het normale maaiveld bevinden (bijvoorbeeld kopmuren in grachten);
- alles wat een risico van afvallen (bijvoorbeeld brugrand) of van kantelen (bijvoorbeeld steile talud, grachten...) inhoudt.

In de veiligheidsstrook mogen geen obstakels voorkomen. Wel mogen voorwerpen worden geplaatst, mits deze buiten het profiel van vrije ruimte voorkomen en mits deze botsvriendelijk zijn. Indien het voorwerp niet botsvriendelijk kan worden gemaakt, moet het worden beveiligd met een afschermdende constructie.

### 5.4.5.3 Dimensionering veiligheidsstrook

De breedte van de veiligheidsstrook is afhankelijk van de hierna volgende factoren.

- Snelheid:
  - Voor bestaande wegen wordt de effectief gereden snelheid  $v_{85}$  als basis genomen.
  - Voor nieuwe projecten wordt de ontwerpsnelheid als basis genomen.
- Situering in het dwarsprofiel (buitenberm, middenberm, tussenberm):
  - De breedte van de veiligheidsstrook wordt bepaald op basis van de kans om een obstakel aan te rijden.
  - In Vlaanderen wordt, ter hoogte van de buitenberm op doorgaande wegvakken, een theoretische kans van 20% als aanvaardbaar beschouwd. Indien de gevolgen van een ongeval groot kunnen zijn (bijvoorbeeld verdrinking ...) dient men goed te overwegen om deze 20% kans dat een voertuig toch het obstakel bereikt te verkleinen en er dus te voorzien in een bredere veiligheidsstrook.
  - Omdat de gevolgen van ongevallen ter hoogte van de middenberm zeer groot kunnen zijn, wordt voor de middenberm een theoretische kans op een aanrijding met een obstakel aanvaard van 0%.

- Aanwezigheid van bogen:
  - Hoe kleiner de kromtestraal van een boog, hoe groter de kans dat een auto verder van de rijbaan tot stilstand zal komen.
  - De breedte van de veiligheidsstrook wordt bepaald door een verhogingsfactor toe te passen op de breedtes afgeleid voor doorgaande wegvakken.
- Aanwezigheid van taluds:
  - Hoe steiler het talud, hoe strenger de eisen.
  - Naargelang de grootte van de helling van het talud wordt al dan niet een verhogingsfactor toegepast.

Voor details over de bepaling van de breedte van de veiligheidsstrook en het toepassen van verhogingsfactoren wordt verwezen naar het "[Vademecum vergevingsgezinde wegen](#), deel gemotoriseerd verkeer".

## 5.4.6 Wegberm

De wegberm is het gedeelte van het wegplatform dat buiten de rijbaan ligt. Een wegberm kan grachten en bijzonder ingerichte onderdelen bevatten.

Er zijn drie types wegbermen:

- Middenberm
- Buitenberm
- Tussenberm

### 5.4.6.1 Middenberm

Een middenberm bevindt zich tussen twee rijbanen met een tegengestelde rijrichting. De middenberm bevindt zich ter hoogte van de veiligheidsstrook tussen beide rijbanen, die bestaat uit de stop- en redresseerstroken.

Een middenberm heeft volgende functies:

- Scheiden hoofdbanen
- Reduceren ongevalsrisico
- Ruimte voor voorwerpen of afgeschermd obstakels (onder andere seinbruggen, bebording, beplanting...)

#### Obstakelvrije middenberm

Middenbermen vormen een specifiek aandachtspunt op het vlak van vergevingsgezindheid. De risico's op secundaire ongevallen zijn namelijk veel groter. Bij een doorschrijding van de middenberm komt het voertuig op de andere rijrichting terecht en kan het ook daar een ongeval veroorzaken. De breedte van de middenberm kiezen in functie van de breedte van de veiligheidsstrook langs één kant van de weg, zou bijgevolg een onderschatting van de gevolgen inhouden.

Voor de middenberm van autosnelwegen wordt daarom uitgegaan van een theoretische kans op een aanrijding van 0%. Op basis van deze aanname is de minimum breedte van de veiligheidsstrook ter hoogte van de middenberm weergegeven in [tabel 34](#). Indien hieraan niet kan voldaan worden, moeten de principes van de vergevingsgezinde wegen gevolgd worden. Voor details hierover wordt verwezen naar het "[Vademecum vergevingsgezinde wegen](#), deel gemotoriseerd verkeer".

ontwerpsnelheid (km/h)	breedte (m)
120	29
100	20
90	16
70	10
50	5

tabel 34: Minimum breedte veiligheidsstrook ter hoogte van de middenberm

## Standaard middenberm

De realisatie van een obstakelvrije middenberm, overeenkomstig de uitgangsprincipes van vergevingsgezinde wegen, heeft uit het oogpunt van verkeersveiligheid de voorkeur boven het afschermen van obstakels. Een afschermende constructie geeft immers bij een aanrijding ook een zeker risico op letsel. Vanwege het ruimtebeslag is het in standaard situaties echter vaak niet mogelijk om in middenbermen de minimum breedte van de veiligheidsstrook te realiseren. De breedte mag dan gereduceerd worden door een doorgaande afschermende constructie aan te brengen met aan weerszijden een redresseerstrook.

De breedte van de standaard middenberm is afhankelijk van de (werkings)breedte van de afschermende constructies en de breedte van eventuele obstakels binnen de afschermende constructies. Voor de richtlijnen met betrekking tot afschermende constructies wordt verwezen naar het "[Vademecum vergevingsgezinde wegen](#), deel gemotoriseerd verkeer"

### 5.4.6.2 Buitenberm

Een buitenberm is een wegberm gelegen tussen de grens van het wegplatform en de buitenzijde van de verharde zijstrook, of van de rijbaan als er geen verharde zijstrook is.

Bij het inrichten van een buitenberm kan worden gekozen voor een obstakelvrije inrichting of voor een inrichting met een afschermende constructie. Uit het oogpunt van verkeersveiligheid heeft het realiseren van een obstakelvrije buitenberm de voorkeur boven het afschermen van obstakels met afschermende constructies.

Een buitenberm heeft volgende functies:

- Realisatie van de stopstrook
- Ruimte voor voorwerpen (onder andere seinbruggen en bebording)
- Geleidelijke overgang naar wegomgeving
- Infiltratie van hemelwater
- Onderhoudsruimte

### Obstakelvrije buitenberm

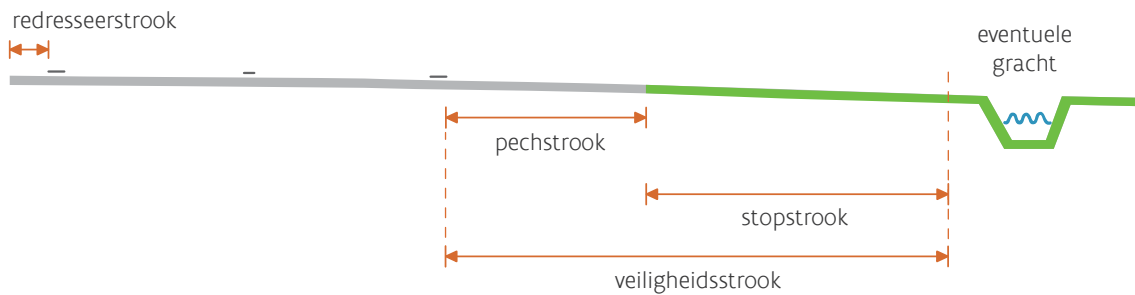
De obstakelvrije buitenberm dient om de risico's voor derden en voor inzittenden van het voertuig dat uit koers is geraakt, te beperken dan wel te voorkomen. In [hoofdstuk "5.4.7 Talud"](#) is toegelicht waaraan de berm moet voldoen om bij aanwezigheid van een talud als onderdeel van de veiligheidsstrook te kunnen worden beschouwd.

Voor de buitenberm op rechte vakken van autosnelwegen wordt uitgegaan van een theoretische kans op een aanrijding van 20%. Op basis hiervan worden de minimumwaarden van de veiligheidsstrook bepaald zoals vermeld in [tabel 35](#).

$v_{85}$ of $v_{\text{ontwerp}}$ (km/h)	minimale breedte (m) veiligheidsstrook
120	8,6
100	6,0
90	4,9
70	3,0
50	1,5

tabel 35: Minimum breedte veiligheidsstrook buitenberm op doorgaande wegvakken

De veiligheidsstrook (obstakelvrije zone) wordt gemeten vanaf de buitenkant van de randlijn.



figuur 47: Buitenberm zonder obstakels in de veiligheidsstrook

### Buitenberm met obstakels

Wanneer een obstakel binnen de veiligheidsstrook niet kan worden vermeden, moet dit botsvriendelijk uitgevoerd worden. Indien dit onmogelijk is, moet het worden beveiligd met een afscherpende constructie. Voor de richtlijnen met betrekking tot afscherpende constructies wordt verwezen naar het "[Vademecum vergevingsgezinde wegen](#), deel gemotoriseerd verkeer".

#### 5.4.6.3 Tussenberm

Een tussenberm is gelegen tussen twee rijbanen of wegen met dezelfde rijrichting. Een tussenberm heeft de volgende functies:

- Scheiden rijbanen
- Onderhoudsruimte

Bij een parallelbaan of rangeerbaan die door middel van een tussenberm wordt gescheiden van de hoofdbaan, is geen sprake van aanvullende risico's voor derden. De situatie is voor vlak naast elkaar gelegen rijbanen van een autosnelweg met verkeer in dezelfde richting, in feite vergelijkbaar met twee naast elkaar gelegen rijstroken. Een afscherpende constructie is, ongeacht de breedte van de tussenberm, niet nodig tenzij er obstakels in de tussenberm staan.

Er gelden bij niet-obstakelvrije tussenbermen dezelfde randvoorwaarden voor de veiligheidsstrook en eventuele afscherpende constructies als bij de midden- of buitenberm.

Omwille van de leesbaarheid of verkeerd gebruik kan het echter toch aangewezen zijn om een fysieke scheiding tussen de parallelbaan of rangeerbaan en de hoofdbaan te voorzien. Deze scheiding moet altijd vergevingsgezinnd uitgevoerd worden.

### 5.4.7 Talud

Een talud is een hellend vlak van een ingraving of ophoging. Taluds kunnen op drie manieren voorkomen:

- Neergaand talud
- Opgaand talud
- Grachten en beken

Een talud heeft de volgende functies:

- Overwinnen hoogteverschil tussen weg en omgeving
- Afvoeren van hemelwater
- Inpassing weg(lichaam) in landschap

Tussen de rand van de pechstrookverharding en het begin van een talud is standaard een afwaarts hellende berm voorzien ten behoeve van de afwatering. Deze berm is minimum 1,00 m breed, heeft een dwarshellingspercentage van 5% en ligt binnen de veiligheidsstrook.

Als de helling van een talud te groot is, ontstaat er kantelgevaar voor een uit koers geraakt voertuig. Wanneer een talud binnen de veiligheidsstrook gelegen is, gelden er daarom specifieke eisen voor de hellingen en de taludaf rondingen waardoor het talud al dan niet geclassificeerd hoeft te worden als obstakel.

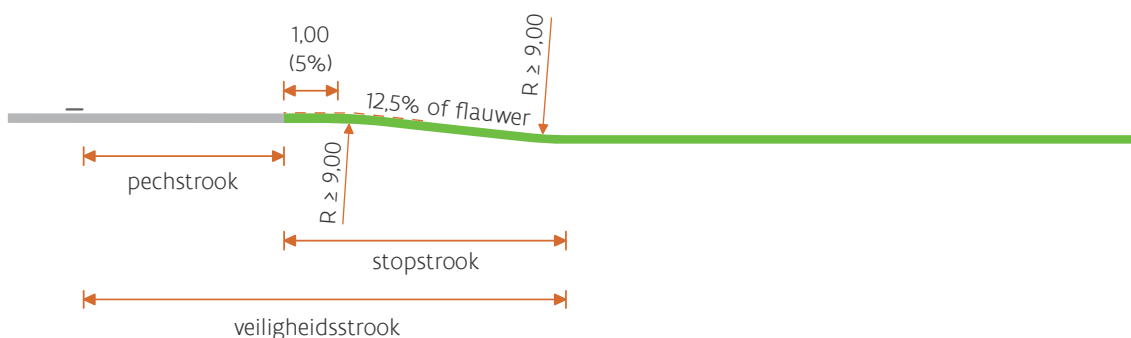
Er bestaat ook kantelgevaar voor het materieel voor groenbeheer op een talud waarvan de helling te groot is. Voor het ontwerpen van een talud dat goed beheerd kan worden en met aandacht voor de (natuurlijke) omgeving wordt verwezen naar 'Fiche 1 Inrichting van bermen' van het [Vademecum weginfrastructuur, deel Natuurtechniek](#).

Indien een talud onvoldoende draagkrachtig is, wordt deze altijd als obstakel beschouwd.

### 5.4.7.1 Neergaand talud

Een neergaand talud wordt niet als obstakel beschouwd indien aan volgende eisen wordt voldaan:

- Een dwarshellingspercentage van 12,5% of flauwer
- Een straal van de boven- en onderafronding van minimum 9 m



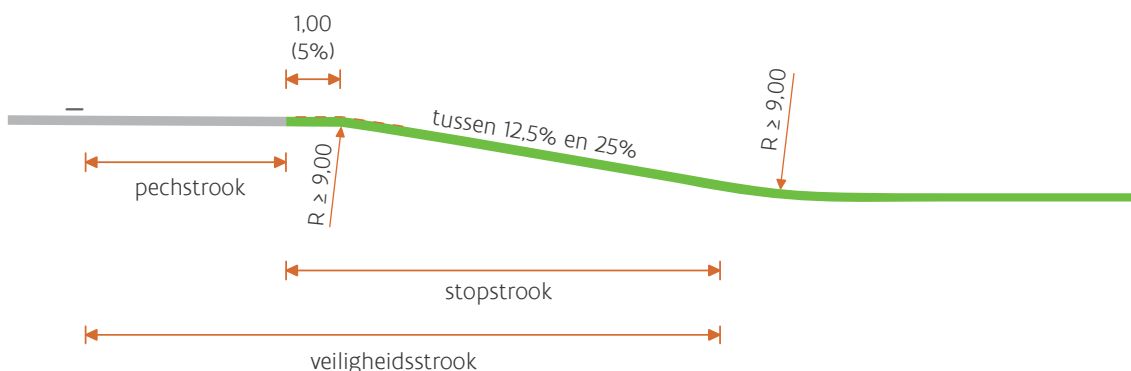
figuur 48: Neergaand talud (geen obstakel)

Voorbeeld

- Doorgaande hoofdweg met een ontwerpsnelheid van 120 km/h
- Pechstrookbreedte: 3,75 m
- Eerste deel talud: 1 m breed, 5% dwarshelling
- Tweede deel talud: 10% dwarshelling

Voor een vlakke berm is een breedte van de veiligheidsstrook van 8,6 m nodig. Deze 8,6 m bevat reeds 3,75 m van de pechstrook, en 1 m van het eerste deel van het talud. Er is dus nog een strook nodig van 3,85 m in het tweede deel van het talud dat een dwarshelling van 10% heeft. De totale breedte in deze omstandigheden voor de veiligheidsstrook bedraagt de normale 8,6 m en is samengesteld uit 3,75 m pechstrook + 1,00 m talud aan 5% + 3,85 m talud aan 10%.

Bij neergaande taluds steiler dan 12,5% en minder steil dan 25% wordt bij het vastleggen van de nodige breedte van de veiligheidsstrook het gedeelte van de veiligheidsstrook steiler dan 12,5% met een factor 2 vermenigvuldigd. Dit betekent in feite dat de vertraging van een uit koers geraakt voertuig slechts half zo groot wordt geacht voor deze strook. Speciale aandacht dient ook hier te gaan naar de overgangsbogen tussen een vlak stuk en een talud (of een gracht). Voor een aflopende talud dient deze in principe een minimale straal te hebben van 9 m.



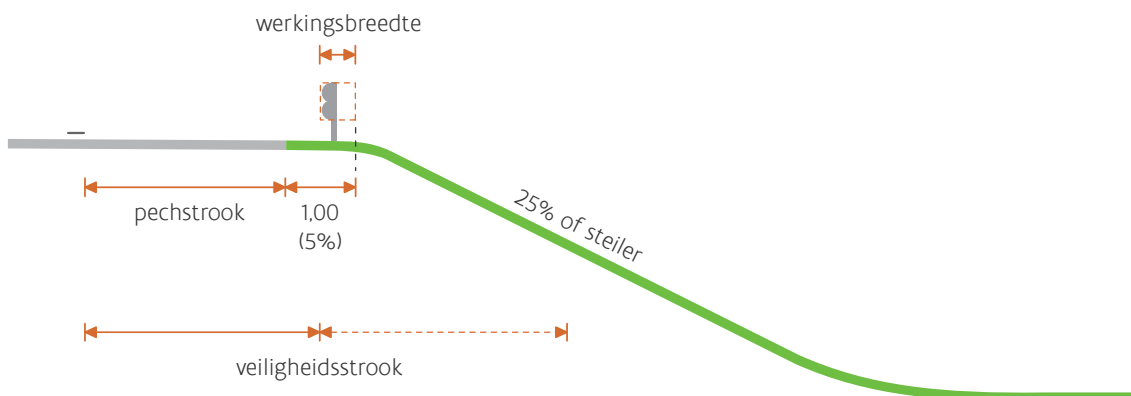
figuur 49: Neergaand talud tussen 12,5% en 25%

#### Voorbeeld

- Doorgaande hoofdweg met een ontwerpssnelheid van 120 km/h
- Pechstrookbreedte: 3,75 m
- Eerste deel talud: 1 m breed, 5% dwarshelling
- Tweede deel talud: 20% dwarshelling

Voor een vlakke berm is een breedte van de veiligheidsstrook van 8,6 m nodig. Deze 8,6 m bevat reeds 3,75 m van de pechstrook, en 1 m van het eerste deel van het talud. Er is nog een strook nodig van 3,85 m, maar omdat de dwarshelling zich bevindt tussen 12,5% en 25% moet deze breedte van 3,85 m voor een vlakke berm verdubbeld worden. De totale breedte in deze omstandigheden voor de veiligheidsstrook bedraagt:  $3,75 \text{ m} + 1,00 \text{ m} + (2 * 3,85 \text{ m}) = 12,45 \text{ m}$ .

Neergaande taluds steiler dan 25% worden als obstakel beschouwd. Indien het talud onvoldoende draagkrachtig is, worden taluds reeds vanaf een helling van 12,5% als obstakel beschouwd.



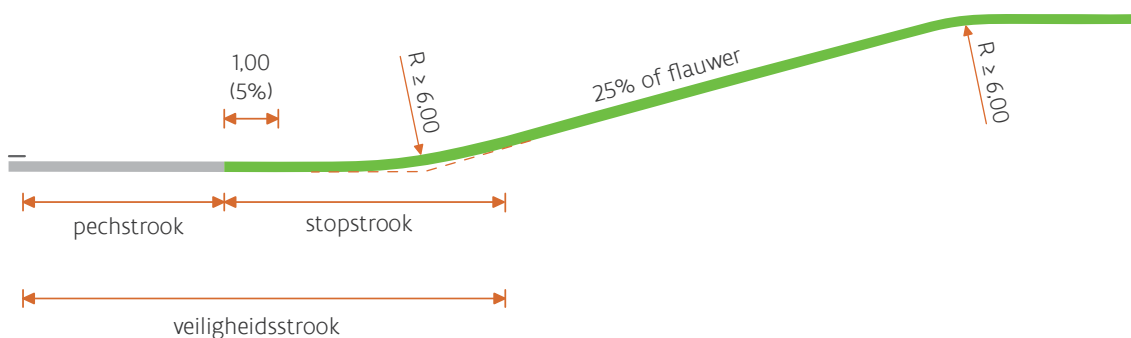
figuur 50: Neergaand talud als obstakel

Voor aanvullende richtlijnen over neergaande taluds wordt verwezen naar het "[Vademecum vergevingsgezinde wegen](#), deel gemotoriseerd verkeer".

#### 5.4.7.2 Opgaand talud

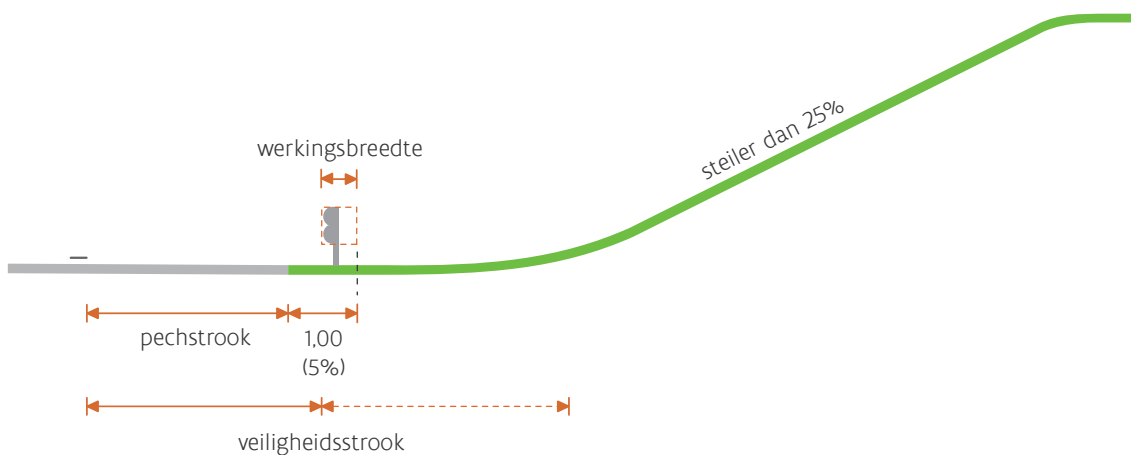
Een opgaand talud, gelegen binnen de veiligheidsstrook, wordt niet als obstakel beschouwd indien aan volgende eisen wordt voldaan:

- Een helling van 25% of flauwer
- Een straal van de onder- en bovenafronding van minimum 6 m



figuur 51: Opgaand talud (geen obstakel)

Indien aan hogervermelde eisen voor een opgaand talud niet is voldaan, moet het talud als obstakel worden beschouwd overeenkomstig de bepalingen voor taludhellingen in het "[Vademecum vergevingsgezinde wegen](#), deel gemotoriseerd verkeer".



figuur 52: Opgaand talud als obstakel

### 5.4.7.3 Waterpartijen (grachten, vijvers ...)

Waterpartijen vormen een risico als ze diep zijn (verdrinking), te steile hellingen hebben (kantelen van het voertuig) of als ze niet aangepaste kopmuren bevatten.

Waterpartijen met een verwachte maximale waterdiepte groter dan 1 m worden altijd als obstakel beschouwd en dit onafhankelijk van de geometrie. Men dient in dit geval goed te overwegen of de aangenomen 20% kans dat een voertuig toch de waterpartij bereikt voldoende veilig is, of dat een verruimde veiligheidsstrook gedefinieerd moet worden wegens het risico op verdrinking.

Bij waterpartijen met een kleinere waterdiepte en parallel aan de rijbaan is de geometrie wel belangrijk. Diepte, breedte en taludhellingen zijn daarbij doorslaggevend. De taluds horen te voldoen aan de eerder vermelde criteria van om kantelen te vermijden, zo niet moet de waterpartij als een gevarezone worden aangestipt. In de praktijk betekent dit dat de meeste sloten, kopmuren, grachten en beken binnen de veiligheidsstrook een obstakel vormen. Zo zijn ook open watergangen loodrecht op de rijbaan en binnen de veiligheidsstrook als een obstakel te beschouwen.

Waterpartijen kunnen een meerwaarde betekenen voor de biodiversiteit. Hiervoor wordt verwezen naar 'Fiche 2 Waterbeheer' van het [Vademecum weginfrastructuur, deel Natuurtechniek](#).

### 5.4.8 Andere voorwerpen versus vergevingsgezindheid

Afhankelijk van de omstandigheden kunnen andere voorwerpen obstakels zijn:

- bruggen
- steunpalen (verlichtingsmasten, palen en verkeersborden ...)
- bomen - groen (zie ook 'Fiche 1 Inrichting van berm' van het [Vademecum weginfrastructuur, deel Natuurtechniek](#)).
- geluidswerende constructies en andere verticale doorlopende voorwerpen van een zekere hoogte
- elektrische installaties
- afscherpende constructies

Hoe met dergelijke obstakels moet worden omgegaan binnen het concept van vergevingsgezindheid, wordt nader toegelicht in het "[Vademecum vergevingsgezinde wegen](#), deel gemotoriseerd verkeer".

### 5.4.9 Spitsstrook

Om de capaciteit van een bepaald wegvak te verhogen, kan de pechstrook ingericht worden als spitsstrook. In die situatie gelden er specifieke eisen en voorwaarden voor pechhavens aansluitend op de pechstrook. Deze richtlijnen zijn opgenomen in [hoofdstuk "5.4.11.2 Pechhavens langs een spitsstrook"](#).



Het openstellen van de pechstrook als spitsstrook gebeurt door dynamische rijstrooksignalisatie. Bij een groene pijl is de pechstrook beschikbaar als spitsstrook, bij een rood kruis is er enkel sprake van een pechstrook. Bij vlot verkeer geeft het gebruik van een spitsstrook namelijk geen voordelen. Dynamische rijstrooksignalisatie biedt de mogelijkheid om de spitsstrook open te stellen bij incidenten zoals defecte voertuigen of ongevallen.

De ontwerpsnelheid van de spitsstrook is 120 km/h, net zoals de naastgelegen rijstroken, al is het werkelijke snelheidsregime variabel en wordt het dynamisch gestuurd in functie van de verkeersdrukke. Wanneer er een lagere snelheidslimiet geldt dan het standaard snelheidsregime op het betrokken wegdeel, wordt dit in functie van de verkeerssituatie (bijvoorbeeld na de opritten) via de dynamische borden boven de spitsstrook weergegeven. De spitsstrook wordt beschouwd als een normale rijstrook met een standaardbreedte van 3,5 m.

Spitsstroken worden in de meeste gevallen aangelegd binnen de breedte van het bestaande dwarsprofiel waardoor de bestaande verhardingsbreedte herverdeeld moet worden. De voorkeur gaat in dat geval naar het verbreden van de meest rechtse rijstroken (dus inclusief de spitsstrook/pechstrook) omdat de vrachtwagen het ontwerpvoertuig is. Naast de spitsstrook moet een voldoende brede veiligheidsstrook (redresseerstrook en stopstrook) voorzien worden ([zie hoofdstuk "5.4.5.3 Dimensionering veiligheidsstrook"](#)). De breedte van de totale veiligheidsstrook moet voldoen aan de principes van vergevingsgezinde wegen.

Richtlijnen met betrekking tot de verlichting en signalisatie van een spitsstrook zijn opgenomen in [hoofdstuk "7.2 Bewegwijzering, bebording en bebakening"](#) en [hoofdstuk "7.3 Openbare verlichting"](#).

Het standaard dwarsprofiel is opgenomen in [figuur 53](#). De markeringen worden uitgevoerd zoals beschreven in de [dienstorder MOW/AWV/2022/08 "Algemene omzendbrief nopens de wegsignalisatie"](#).



figuur 53: Dwarsprofiel twee rijstroken + spitsstrook

#### 5.4.10 Bijzondere Overrijdbare Bedding

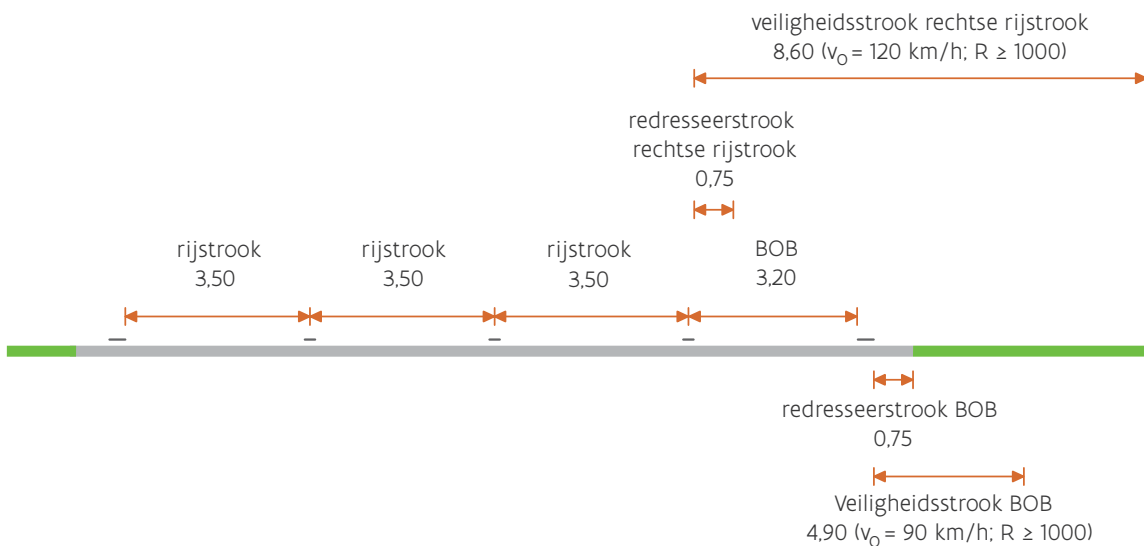
Een Bijzondere Overrijdbare Bedding (BOB) is een deel van de openbare weg dat voor gemeenschappelijk vervoer is voorbehouden door middel van wegmarkeringen. De BOB maakt geen deel uit van de rijbaan.

De standaardbreedte voor een BOB op Europese hoofdwegen en autosnelwegen bedraagt 3,20 m. Deze breedte gaat uit van een ontwerpsnelheid van 90 km/h voor de BOB. Via een dynamische snelheidsbeperking dient het snelheidsverschil beperkt te worden tot een maximaal snelheidsverschil van 20 km/h ten opzichte van de naastliggende rijstrook. Indien er gebruik gemaakt wordt van een statische snelheidsbeperking voor de BOB bedraagt de snelheidsbeperking 50 km/h. Dit om het snelheidsverschil te beperken tussen de BOB en de filevorming.

Er moet een voldoende brede veiligheidsstrook (redresseerstrook en stopstrook) voorzien worden, zowel voor het verkeer op de rechterrijstrook als voor het verkeer op de BOB. De rechterrijstrook en de BOB hebben een verschillende ontwerpsnelheid en hiermee dient rekening gehouden te worden bij het bepalen van de breedte van de veiligheidsstrook.

Voorbeeld

De rechter rijstrook heeft een ontwerpsnelheid van 120 km/h. Dit vraagt bij doorgaande rijbanen een veiligheidsstrook van minimaal 8,60 m. De BOB heeft een ontwerpsnelheid van 90 km/h. De BOB moet een minimale veiligheidsstrook van 4,90 m hebben, waarvan 0,75 m rechts van de BOB dienst doet als redresseerstrook.



figuur 54: Dwarsprofiel BOB

## 5.4.11 Pechhaven

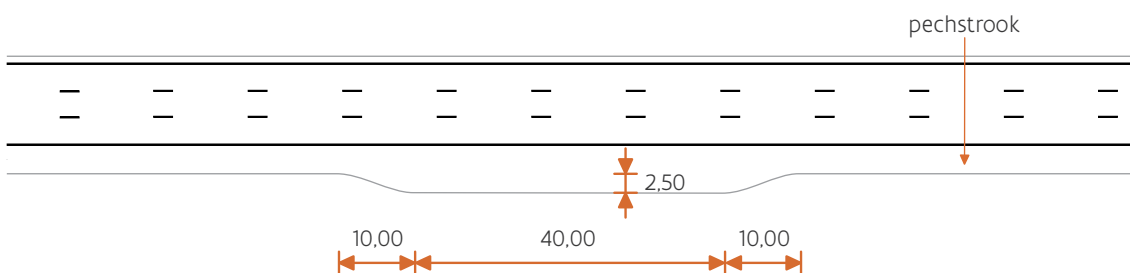
### 5.4.11.1 Pechhaven algemeen

Het stilstaan op een pechstrook van een autosnelweg is zeer gevaarlijk, zowel voor weggebruikers (bij autopech of bij een noodgeval) als voor wegenwerkers en aannemers bij inspecties of kortstondige ingrepen. Om die reden worden op Vlaamse autosnelwegen ook pechhavens voorzien.

Pechhavens bevinden zich standaard op 2 000 m van elkaar. Voor de locatie van de pechhavens moet wel rekening gehouden worden met specifieke locaties in functie van beheer, onderhoud of bediening zoals bijvoorbeeld ter hoogte van seinbruggen, landhoofden, duikers ...

De volgende afmetingen gelden voor een pechhaven:

- breedte: 2,5 m (vanaf de rechter rand van de pechstrook);
- lengte: 60 m (10 m overgangscurve als inleiding + 40 m parallel aan de rijbaan + 10 m overgangscurve als uitleiding).



figuur 55: Pechhavens naast pechstrook op autosnelwegen

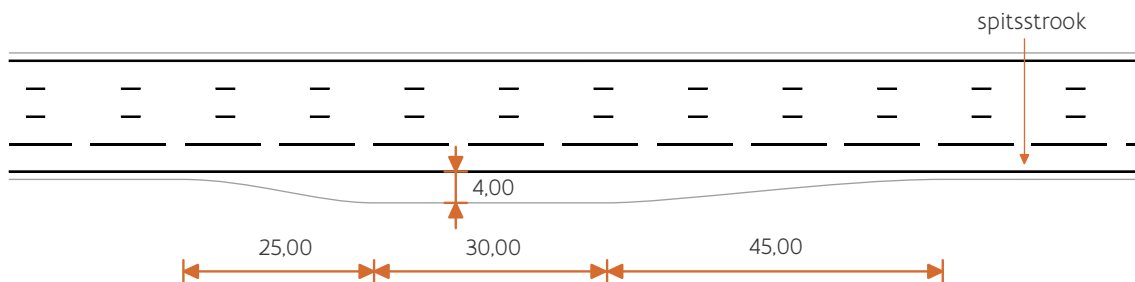
### 5.4.11.2 Pechhaven langs een spitsstrook

Wanneer de pechstrook als spitsstrook in gebruik is, wordt de normale pechstrook ingenomen door vlot doorrijdend verkeer. Door het ontbreken van een pechstrook moeten pechhavens aan andere specifieke eisen en voorwaarden voldoen. Voertuigen moeten rechtstreeks vanuit de pechhaven kunnen invoegen in het doorgaand verkeer en er is minder tussenruimte tussen een stilstaand voertuig op de pechhaven en het doorgaand verkeer.

Pechhavens langs de spitsstrook worden om de 500 m voorzien, rekening houdend met specifieke locaties in functie van beheer, onderhoud of bediening zoals bijvoorbeeld ter hoogte van seinbruggen, landhoofden ...

De volgende afmetingen gelden voor een pechhaven naast een spitsstrook:

- breedte: 4 m (vanaf de buitenzijde van de randlijn van de spitsstrook);
- lengte: 100 m (25 m overgangscurve als inleiding + 30 m parallel aan de rijbaan + 45 m overgangscurve als uitleiding).



figuur 56: Pechhavens langs spitsstrook op autosnelwegen

Richtlijnen met betrekking tot een spitsstrook zijn opgenomen in [hoofdstuk "5.4.9 Spitsstrook"](#).

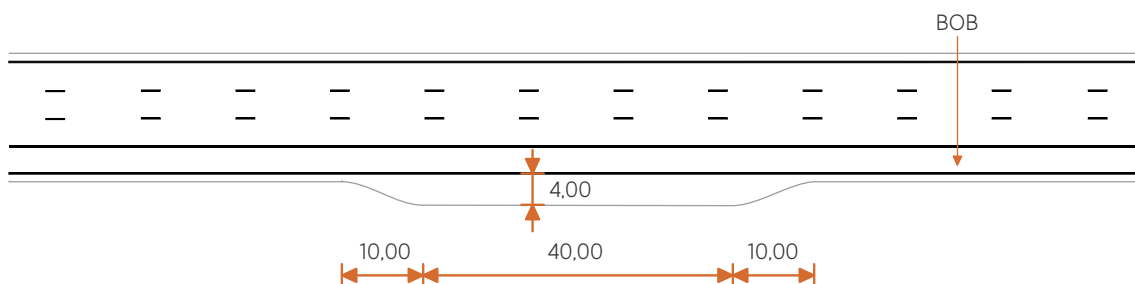
### 5.4.11.3 Pechhaven langs een BOB

Een pechstrook kan ingericht zijn als een BOB waardoor de normale pechstrook ingenomen wordt door het busverkeer. Door het ontbreken van een pechstrook moeten deze pechhavens aan andere specifieke eisen en voorwaarden voldoen.

Pechhavens langs een BOB worden om de 1 000 m voorzien, rekening houdend met specifieke locaties in functie van beheer, onderhoud of bediening zoals bijvoorbeeld ter hoogte van seinbruggen, landhoofden ...

De volgende afmetingen gelden voor een pechhaven naast een BOB:

- breedte: 4 m (vanaf de buitenzijde van de rand van de BOB);
- lengte: 60 m (10 m overgangscurve als inleiding + 40 m parallel aan de rijbaan + 10 m overgangscurve als uitleiding).



figuur 57: Pechhavens langs BOB op autosnelwegen

### 5.4.12 Dwarshelling, ruimtelijke helling en afwatering

De dwarshelling is de helling van een rijbaan loodrecht op de rijrichting. De dwarshelling vormt in combinatie met de langshelling de ruimtelijke helling. Binnen de dwarshelling is onderscheid te maken in een standaard dwarshelling en verkanting. Al deze aspecten hebben invloed op de afwatering (zie ook 'Fiche 2 Waterbeheer' van het [Vademecum weginfrastructuur, deel Natuurtechniek](#)).

### 5.4.12.1 Standaard dwarshelling

De standaard dwarshelling van het oppervlak van de verharding of wegberm is de dwarshelling die voorzien wordt ten behoeve van de afvoer van hemelwater. Voor een goede waterafvoer is een standaard dwarshelling van minimaal 2,5% nodig. De standaard dwarshelling van de wegberm bedraagt 5% (minstens 1 m), onafhankelijk van de dwarshelling van de verharding. De berm moet niet naar de weg toe afwateren.

Bij een verhardingsbreedte groter dan 18 m per rijbaan (dit komt ongeveer overeen met 4 rijstroken + pechstrook) moet een gesplitst profiel voor de afwatering voorzien worden. Een gesplitst profiel heeft voorzieningen voor waterafvoer langs beide zijden van de rijbaan. De linkse stroken wateren af naar de linkerzijde, de rechtse stroken wateren af naar de rechterzijde.

ontwerpsnelheid (km/h)	standaard dwarshelling (%)	
	verharding	wegberm
120	2,5	5,0
100		
90		
70		
50		

tabel 36: Standaard dwarshelling

### 5.4.12.2 Verkanting

Verkanting is de verhoogde dwarshelling van het oppervlak van de verharding die voorzien wordt als compensatie voor de middelpuntvliedende kracht op rijdende voertuigen in horizontale bogen. Verkanting wordt toegepast indien de horizontale boogstraal onder een bepaalde grenswaarde komt. Naarmate de horizontale boogstraal kleiner wordt, wordt een grotere verkanting toegepast om de weggebruiker te ondersteunen bij het uitvoeren van zijn rijtaak. Het oppervlak van de verharding heeft een oplopende hoogte naar de buitenzijde van de boog.

Daarnaast vervult de verkanting ook een functie in het wegbeeld door de zichtbaarheid van een boog te verbeteren. De verkanting bevordert de continuïteit van het wegbeeld door bij een gekozen ontwerpsnelheid aan een krappere boog een evenredig grotere verkanting te geven. Op die manier wordt de inschatting van de boog ondersteund.

De verkanting neemt de waterafvoerende functie van de standaard dwarshelling over, waardoor de ondergrens voor de verkanting 2,5% bedraagt. Voor ruimere bogen dan de waarden zoals weergegeven in [tabel 37](#) hoeft geen verkanting te worden toegepast. De standaard dwarshelling mag in die situaties ook aflopen naar de buitenzijde van de boog. Dit wordt ook wel tegenverkanting genoemd.

ontwerpsnelheid (km/h)	minimale boogstraal (m)
120	4 000
100	n.v.t.*
90	n.v.t.*
70	n.v.t.*
50	n.v.t.*

\* Voor bogen met een ontwerpsnelheid van 100 km/h, 90 km/h, 70 km/h en 50 km/h wordt geen tegenverkanting toegepast.

tabel 37: Grenswaarden horizontale boogstralen waaronder verkanting noodzakelijk is

Op hoofdbanen bedraagt de maximale verkanting 2,5%. De verkanting in horizontale bogen kan op niet-hoofdbanen naar maximaal 7,0% verhoogd worden. Voor meer details over de relatie tussen horizontale bogen en verkanting wordt verwezen naar [hoofdstuk “5.2.2 Horizontale boog”](#).

rijbaan	verkanting (%)
hoofdbaan	2,5
niet-hoofdbaan	7,0

tabel 38: Maximale verkanting in bogen

### 5.4.12.3 Verkantingsovergang

Een verkantingsovergang is het gedeelte van de rijbaan waar de dwarshelling (verkanting) verandert. Bij een gelijkgerichte verkantingsovergang wordt de helling vergroot of verkleind zonder dat de afwateringsrichting verandert. Bij een wentelende verkantingsovergang vindt er een richtingsverandering van de verkanting plaats.

#### Verkantingsfiguren

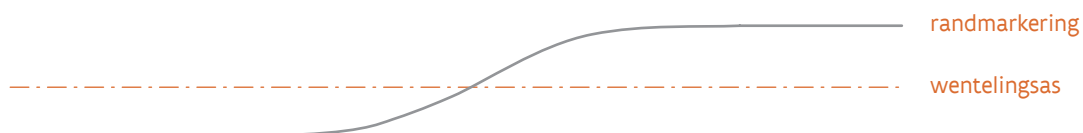
Voor de vormgeving van de verkantingsovergang kan onderscheid gemaakt worden tussen de rechte lijnige en cirkelvormige verkantingsfiguur.

Bij een rechte lijnige verkantingsfiguur is het verticale alignement van de randlijn recht, waardoor de dwarshelling lineair verandert. Aangezien in de overgangsboog de verandering van de boogstraal ook lineair verloopt, is er steeds een lineair verband tussen de straal in het horizontale alignement en de verkanting in een bepaald punt van de verkantingsovergang.

Een cirkelvormige verkantingsfiguur is opgebouwd uit twee cirkelsegmenten waardoor een vloeiende verkantingsovergang ontstaat. De randlijn doorloopt daarbij twee tegengesteld gerichte cirkelbogen. Er bestaat geen lineair verband tussen de verandering van de straal in het horizontale alignement en de verkanting in een bepaald punt van de verkantingsovergang. Een cirkelvormige verkantingsfiguur biedt voordelen ten opzichte van een rechte lijnige:

- Afwatering: de cirkelvormige verkantingsfiguur heeft ter plaatse van het verkantingsnulpunt een grotere relatieve langshelling.
- Esthetiek: een rechte lijnige en een cirkelvormige verkantingsfiguur met dezelfde wentelingslengte hebben nagenoeg dezelfde visuele kwaliteit. Voor een vergelijkbare prestatie wat betreft waterafvoer moet de rechte lijnige verkantingsfiguur echter de helft korter zijn dan een cirkelvormige verkantingsfiguur.

Comfort is niet maatgevend bij verkantingsovergangen. Metingen hebben aangetoond dat de verticale versnelling als gevolg van de verkantingsovergang wegvalt tegen verticale versnellingen door oneffenheden in de weg en trillingen in het chassis van het voertuig.



figuur 58: Cirkelvormige verkantingsfiguur (geschematiseerd)

Voor het ontwerp van autosnelwegen worden cirkelvormige verkantingsfiguren toegepast. De ontwerper moet hierbij altijd waarborgen dat de weg(markering) zichtbaar blijft.

## Locatie wentelingsas

De locatie van de wentelingsas moet afhankelijk van de situatie geoptimaliseerd worden. Hierbij spelen de volgende aspecten mee:

- Wegbeeld:
  - Wegverloopzicht en inschatting van horizontale bogen
  - Fraaiheid (knikken)
- Afwatering

De volgende overwegingen spelen bij deze aspecten een rol:

- Wenteling om de randlijn van de binnenboog biedt voordelen wanneer de boog aansluit op een (nagenoeg) recht wegvak. De boog is dan goed te overzien omdat de randlijn van de binnenboog niet 'wegduikt'. Het verloop van de horizontale boog is zo beter in te schatten.
- In gebogen tracés wordt vaak de rijbaanas als wentelingsas gekozen (S-bogen).
- Bij een verkantingsovergang in combinatie met een verticale boog zal bij wenteling om de randlijn van de binnenboog vooral gelet moeten worden op het verloop van de randlijn van de buitenboog in het wegbeeld. Naarmate de wentelingsas meer naar de rijbaanas verschoven wordt, ontstaat er meer kans op een afwijkende vorm van de randlijn van de binnenboog (knikken). Deze kan zo ver wegduiken dat hij plaatselijk aan het zicht onttrokken wordt, wat niet acceptabel is. De uiteindelijke locatie van de wentelingsas is situatieafhankelijk en moet daarom per situatie geoptimaliseerd te worden.
- Wenteling om de randlijn van de binnenboog kan voordelen bieden in verband met de drainage van het weglichaam en afwatering van het wegdek bij hoge grondwaterstanden.
- De zijkant van de verharding is geen gewenste locatie van de wentelingsas vanwege de grotere kans op fouten in het wegbeeld.

Bij vijf of meer rijstroken moet geschoven worden met de omwentelingsas zodat aan één zijde van de as maximaal vier rijstroken behouden blijven.

## Lengte verkantingsovergang

In het geval van een wentelende verkantingsovergang kunnen er afwateringsproblemen optreden. Bijzondere aandacht is nodig bij een langshelling tussen -2,0% en 2,0%. Ergens in de verkantingsovergang zal een dwarsdoorsnede voorkomen waar de dwarshelling nul is (het verkantingsnulpunt). Afhankelijk van de ruimtelijke helling leidt dit tot een afwateringsprobleem. Waterafvoerproblemen treden niet op indien de langshelling groter is dan 1%. De relatief grote stroomsnelheid van het water zorgt dan voor een beperking van de waterlaagdikte.

Om afwateringsproblemen te minimaliseren, moet een maximum opgelegd worden aan de lengte voor de verkantingsovergang. De maximale lengte voor de verkantingsovergang wordt berekend met de volgende formule:

$$L_{v,max} = 2 * \frac{i_e - i_b}{\Delta S_{min}} * B$$

Hierin is:

- $L_{v,max}$ : maximale lengte (m) van de verkantingsovergang met het oog op afwatering
- $i_e$ : verkanting aan het eind van de verkantingsovergang (%)
- $i_b$ : verkanting aan het begin van de verkantingsovergang (%)
- $\Delta S_{min}$ : ondergrens relatieve helling (%), af te lezen uit [tabel 39](#)
- $B$ : rijbaanbreedte tussen de randlijnen (m)

ontwerpsnelheid (km/h)	ondergrens relatieve helling ( $\Delta S_{\min}$ ) (%) *			
	1 rijstrook	2 rijstroken	3 rijstroken	4 rijstroken
120	0,50	1,00	1,80	2,60
100				
90				
70				
50				

\* Bij meer dan 4 rijstroken dient geschoven te worden met de omwentelingsas, zodat aan één zijde van de as maximaal vier rijstroken resteren.

\*\* Wenteling om de binnenboog is niet altijd mogelijk/inpasbaar, met name rond discontinuïteiten.

tabel 39: Ondergrens relatieve helling

De minimale lengte voor de verkantingsovergang wordt bepaald op basis van wegverloopzicht aangezien de rijbaanmarkering zichtbaar moet blijven tijdens de verkantingsovergang. Hierbij moet onderscheid gemaakt worden tussen de wentelingsas op de linkerrijstrook en de wentelingsas op de rechterrijstrook, met name bij enkelvoudige bogen. De minimale lengte voor de verkantingsovergang wordt berekend met volgende formule:

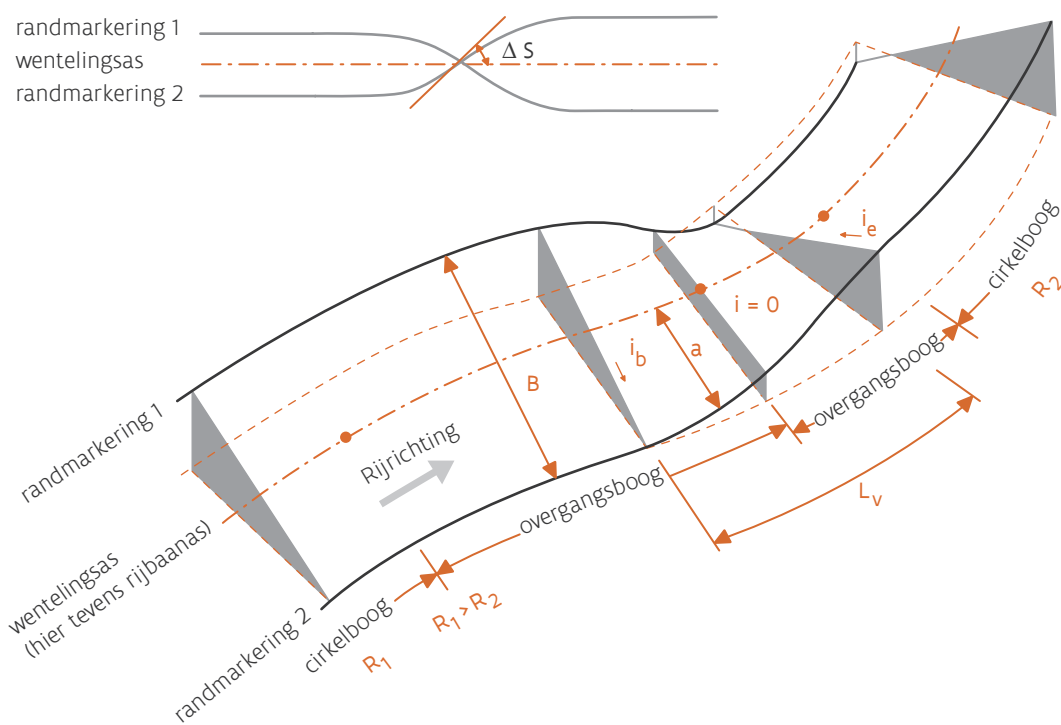
$$L_{v,\min} = 2 * \frac{i_e - i_b}{\Delta S_{\max}} * a$$

Hierin is:

- $L_{v,\min}$ : minimale lengte (m) van de verkantingsovergang met het oog op wegverloopzicht
- $i_e$ : verkanting aan het eind van de verkantingsovergang(%)
- $i_b$ : verkanting aan het begin van de verkantingsovergang(%)
- $\Delta S_{\max}$ : bovengrens relatieve helling (%), af te lezen uit [tabel 40](#)
- $a$ : afstand tussen de wentelingsas en de verst gelegen randlijn met een maximum van 3 rijstroken (m)

ontwerpsnelheid (km/h)	bovengrens relatieve helling ( $\Delta S_{\max}$ ) (%)
120	1,50
100	1,75
90	2,00
70	2,50
50	3,00

tabel 40: Bovengrens relatieve helling



figuur 59: Verkantingsovergang met illustratie van gebruikte symbolen en begrippen

Het is aanbevolen de lengte van de verkantingsovergang ruimer te ontwerpen dan het vereiste minimum zonder hierbij het maximum voor de waterafvoer te overschrijden, met name bij 3 of meer rijstroken. Dit leidt tot een fraaier wegbeeld.

Indien een krappe boog in een verbindingsweg of uitvoering geaccentueerd moet worden, zal juist een kleine lengte voordelen bieden. Met een dergelijke 'geforceerd' opgebouwde overgang wordt de bestuurder immers indringend met de boog geconfronteerd zodat deze zijn rijdsnelheid voldoende zal reduceren. Hierbij is het van belang dat de rijbaan omhoog komt (en niet wegduikt). Dit is mogelijk door de wentelingsas op de randlijn van de binnenboog te leggen.

### Locatie verkantingsovergang

Een verkantingsovergang is vereist tussen twee aansluitende rijbanen met een verschillende verkanting of standaard dwarshelling. Verkantingsovergangen moeten zodanig geplaatst worden dat in de horizontale boog de benodigde verkanting volledig aanwezig is. Hiervoor wordt de overgangsboog gebruikt.

Indien de benodigde lengte voor de verkantingsovergang kleiner is dan de lengte van de overgangsboog gelden de volgende eisen:

- Indien de boog geaccentueerd moet worden, wordt de verkantingsovergang voorin de overgangsboog aangebracht.
- Indien de boog niet geaccentueerd hoeft te worden, is het wegbeeld maatgevend. De verkantingsfiguur begint dan stroomafwaarts in de overgangsboog, maar zodanig dat de lengte tussen het begin van de overgangsboog en het begin van de verkantingsovergang kleiner is dan 25% van de lengte van de overgangsboog. Bij wenteling om de randlijn aan de binnenzijde moet de aandacht uitgaan naar het wegbeeld omdat dan in overgangsbogen naar een rechtstand in de buitenste randlijn een verzakking kan ontstaan.



Indien de benodigde lengte voor de verkantingsovergang groter is dan de lengte van de overgangsboog, gelden de volgende eisen:

- Bij een aansluiting van een rechtstand op een stroomafwaartse boog begint de verkantingsovergang vóór de aanvang van de overgangsboog.
- Bij een aansluiting van twee tegengesteld gerichte bogen wordt de overgangsboog verlengd (of worden de overgangsbogen verlengd).

Met een driedimensionale wegbeeldanalyse kan worden beoordeeld of er als gevolg van de verkantingsovergang geen fouten in het wegbeeld optreden.

#### 5.4.12.4 Ruimtelijke helling

De ruimtelijke helling is de resultante van de langs- en de dwarshelling van de weg en heeft zodoende geen specifieke functie (anders dan de functie van de verkanting en de langshelling). De optredende ruimtelijke helling is te berekenen met de formule:

$$\text{Ruimtelijke helling} = \sqrt{i_1^2 + i_2^2}$$

Hierin is:

- $i_1$  : dwarshelling (verkanting of standaard dwarshelling) (%)
- $i_2$  : langshelling (%)

Bij de keuze van een boogstraal met bijbehorende verkanting moet overschrijding van de maximale ruimtelijke helling vermeden worden om bij gladheid van de verharding het afglijden van voertuigen te voorkomen. Bij de combinatie van horizontale bogen met verticale hellingen (maar ook horizontale rechtstanden in hellingen) moet op deze relatie gecontroleerd worden.

Daarnaast moet voorkomen worden dat er als gevolg van een te kleine ruimtelijke helling water op de rijbaan blijft staan. Dit kan optreden bij wentelende verkantingsovergangen. Op deze locaties bedraagt de dwarshelling 0%, wat wil zeggen dat er een minimale langshelling moet voorzien worden van 2,5%.

rijbaan	bovengrens (%)	ondergrens (%)
hoofdbaan	9,0	2,5
niet-hoofdbaan	9,0	2,5

tabel 41: Grenswaarden ruimtelijke helling (de waarden voor de ondergrens van de ruimtelijke helling zijn niet van toepassing bin- nen verkantingsovergangen)

#### 5.4.12.5 Afwatering

Indien ten gevolge van een verkantingsovergang (lokaal) niet aan de standaard dwarshelling in het dwarsprofiel voldaan kan worden, moet de langshelling zorg dragen voor voldoende ruimtelijke helling en daarmee voldoende waterafvoer. Het ontstaan van waterlaagdikten van 2 à 3 mm en meer, moet voorkomen worden omwille van de vermindering van het zicht (voornamelijk ten gevolge van spat- en sproeiwater) en omwille van de geringere wrijving tussen de band en het natte wegdek. De regenintensiteit en regenduur zijn naast andere factoren bepalend voor de optredende waterlaagdikte en de lengte van de plassen op de weg.

Specifiek voor de vormgeving en de dimensionering van de verkantingsovergang is uitgegaan van de hierna volgende waarden. Voor de maatgevende regenintensiteit en regenduur voor het ontwerp van het afwateringssysteem zelf zijn andere waarden van toepassing (zie verder).

- Maatgevende regenintensiteit: 100 l/s/ha
- Maatgevende regenduur: 5 minuten
- Waterlaagdikte: maximaal 2 à 3 mm
- Plaslengte: maximaal circa 10 m in één van de rijsporen

De volgende ontwerpaspecten zijn van belang bij de toetsing aan deze uitgangspunten:

- Relatieve langshelling  $\Delta S$  in het verkantingsnulpunt
- Verticaal alignement
- Keuze van de wentelingsas
- Verhardingsbreedte (aantal rijstroken)
- Ruimtelijke helling
- Concept van het afwateringssysteem

### Relatieve langshelling $\Delta S$

De relatieve langshelling  $\Delta S$  in het verkantingsnulpunt bepaalt de lengte van de verkantingsovergang. Het verband tussen de lengte van de verkantingsovergang en de hoeveelheid water op de verharding is lineair.

### Langshelling en ruimtelijke helling

Bij een toenemende langshelling (gemeten ter plaatse van de wentelingsas) neemt de omvang van de waterlagen dikker dan 2,5 mm af. Bij welk hellingspercentage deze vermindering optreedt, is afhankelijk van de situatie.

langshelling	ruimtelijke helling (%)	
	ingående overgangsboog	uitgaande overgangsboog
stijgend	$\geq + 1,5$	$\geq + 2,0$
dalend	$\leq - 2,0$	$\leq - 1,5$

tabel 42: Grenswaarden ruimtelijke helling afhankelijk van de langshelling

In situaties met een ruimtelijke helling zoals in [tabel 42](#), blijkt een aanzienlijke reductie van de waterlaagdikte op te treden. Er moet vermeden worden dat de verkantingsovergang onderaan een voetboog wordt gesitueerd.

De verhouding tussen de langshelling en de dwarsshelling (verkanting) in elk punt bepaalt de stroomrichting van het water. De waterlaagdikte en de stroomrichting van het water bij verkantingsovergangen moet gecontroleerd worden door middel van een geëigend softwarepakket.

Bij horizontale bogen met toepassing van (grotere) verkanting, wordt op eenzelfde verhardingsbreedte de relatieve langshelling van de weg vergroot om zo de verdeling van de hoeveelheid water over de weg gelijk te houden (behoud van dezelfde stroomlijnen). Het doel hiervan is te waarborgen dat een vermindering van de hoeveelheid water op de ene locatie niet tot een grotere (te grote) waterlaagdikte op een andere locatie leidt.

### Keuze van de wentelingsas

Bij de keuze van de wentelingsas moet het zadelpunt altijd buiten de verharding liggen. Het zadelpunt is het punt op een gekromd vlak dat in de ene richting (langsrichting of dwarsrichting) een maximum en in de andere een minimum heeft.

De verplaatsing van de wentelingsas is pas van invloed wanneer deze buiten de verharding wordt gekozen. Om enig resultaat te verwachten, moet de wentelingsas over grote afstanden verschoven worden (15 m of meer). Een dergelijke verschuiving leidt in het algemeen tot praktische bezwaren bij het wegontwerp waardoor deze optie meestal niet toepasbaar is.

## Verhardingsbreedte

Hoe groter de verhardingsbreedte, des te langer zal het water op de weg aanwezig zijn. Om de hoeveelheid water op de weg te beperken, zal de stroomsnelheid moeten worden verhoogd. Dit kan door de relatieve langshelling  $\Delta S$  van de wentelingsas te vergroten zodat de lengte van de verkantingsovergang kleiner wordt.

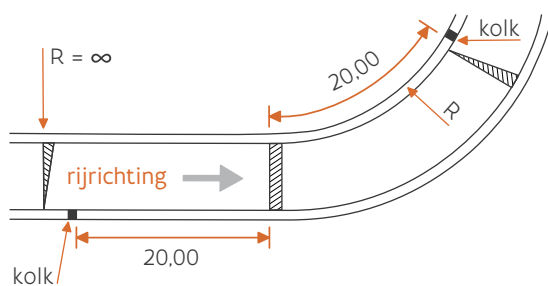
## Afwateringssysteem

Na de afwatering van de rijbaan moet het water verder afgevoerd worden. Bij voorkeur gebeurt de afwatering door middel van berinfiltratie of door middel van vrije afvoer over de bermen naar de bermgracht. De afvoer kan ook plaatsvinden via goten en kolken met aansluitleidingen of taludgoten rechtstreeks op de bermgrachten. Een dergelijk afwateringssysteem zal echter niet altijd mogelijk zijn, bijvoorbeeld wanneer de rijbaan naar een niet-obstakelvrije middenberm afwatert. In dergelijke situaties moet een afwateringssysteem gerealiseerd worden bestaande uit langsgoten, kolken en rioleringen. Het ontwerp van het afwateringssysteem moet gemaakt worden op basis van de ["Code van goede praktijk voor het ontwerp, de aanleg en het onderhoud van rioleringsystemen"](#).

## Plaatsing kolken en kolkafstanden

De kolken worden gedimensioneerd aan de hand van de Belgische norm NBN B 52-011. De maximale kolkafstand bedraagt 40 m voor open wegvakken en 25 m in gesloten tunneldelen. Bij het gekozen gootprofiel kan de kolkafstand bij een gegeven zijdelings invoerdebiet per m weglengte en een gegeven langshelling worden bepaald. Het profiel van de goot wordt door de ontwerper vastgesteld en is onder andere afhankelijk van de situatie, de beschikbare ruimte en de verkeersveiligheid. Hiervoor wordt verwezen naar de gespecialiseerde vakliteratuur.

De plaats van de goten en kolken bij een verkantingsovergang kan worden bepaald uit een stromingsbeeld dat tijdens het ontwerp is aangemaakt. Hierbij moet ook rekening worden gehouden met andere factoren zoals wind en verspreiding van het water in de rijrichting van het verkeer. Met het oog hierop wordt een bijkomende lengte van 20 m goot, inclusief een kolk voorzien zoals schematisch is weergegeven op [figuur 60](#). De locatie van de kolk is afhankelijk van de langshelling. Bij hellingen moet worden voorkomen dat water voorbij de kolken stroomt.



figuur 60: Situering kolken

## 5.4.13 Wegbeeld

Na het ontwerpen van de verschillende individuele ontwerpcomponenten moet de samenhang van de (gecombineerde) elementen gecontroleerd worden op basis van overkoepelende randvoorwaarden. De weggebruiker herkent en anticipeert namelijk op het verloop van de weg op basis van vooral visuele waarnemingen en ervaring. Bij het bepalen van de vorm van de weg speelt, naast de rijtechnische eisen, bijgevolg ook het wegbeeld een rol.

Eventuele gebreken aan het ontwerp worden aangepast door de maatvoering van bepaalde individuele elementen te wijzigen. Na het doorvoeren van aanpassingen wordt het ontwerp opnieuw gecontroleerd.

Een goed wegbeeld ofwel goede visuele kwaliteit betekent dat de beeldelementen goed op elkaar aansluiten. Dit komt tot uiting in een rustig wegbeeld met voldoende rijcomfort zodat de weggebruiker voldoende tijd heeft om de beelden op te nemen en te verwerken. De visuele kwaliteit heeft betrekking op het gehele wegbeeld van de weg met omgeving. Daarnaast heeft (de visuele kwaliteit van) het wegbeeld betrekking op een tijdige waarneming en inschatting van veranderingen in het alignement zoals horizontale en verticale bogen.

Een goed wegbeeld is niet te verkrijgen door het strikt toepassen van ontwerprichtlijnen. Er moet daarom altijd worden nagegaan of het ontwerp een controle door middel van visuele wegbeeldanalyse behoeft. Een dergelijke controle op basis van een driedimensionale visualisatie van de weg is nodig wanneer op voorhand niet duidelijk is of de visuele kwaliteit voldoende is. Voor een goede visualisatie moeten in ieder geval de volgende onderdelen gevisualiseerd worden:

- Wegontwerp inclusief weguitrusting:
  - Rijbaan met markering
  - Afscherpende constructies
  - Verlichting
  - Bewegwijzering, bebording, bebakening
  - Dynamische verkeersmanagementvoorzieningen (DVM-voorzieningen)
  - Geluidswerende voorzieningen
  - Beplanting
- Omgeving

Gebreken die in het ontwerp kunnen optreden, zijn:

- Een niet vloeiend verloop van de weg
- Misleiding in het wegbeeld
- Te druk of saai wegbeeld
- Onvoldoende waarneming en/of consistentie van horizontale bogen
- Onvoldoende zicht op verkeerssituatie stroomafwaarts

Wegbeeldaspecten die bijzondere aandacht vragen, zijn:

- Voetbogen bij grotere hoogteverschillen ( $\Delta h > 3$  m)
- Ruimtelijk alignement
- Waarneming, inschatting en herkenning van horizontale bogen
- Zicht op invoegend of wevend verkeer
- Zicht op een rijstrookbeëindiging

#### **5.4.13.1 Voetbogen bij onsamenvangend wegbeeld**

Omwillen van de visuele kwaliteit van het wegbeeld is zicht over de minimale zichtlengte niet altijd voldoende. Bij meerdere aaneensluitende verticale bogen is het aangewezen dat de bestuurder bij het bereiken van de top van de topboog volledig zicht heeft op het voorliggende wegvak. Bij de dimensionering van de straal van de voetboog moet hiervoor rekening gehouden worden met het hoogteverschil want bij een te kleine straal ontstaat er een knik in het wegbeeld. Dit is echter niet wenselijk voor hoofdbanen. Om die reden worden aanvullende eisen gesteld aan de straal van de voetboog in hoofdbanen, op basis van het te overbruggen hoogteverschil ([zie tabel 43](#)).

ontwerpsnelheid (km/h)	$\Delta h \leq 3,0$ m	$\Delta h = 4,5$ m	$\Delta h = 6,0$ m	$\Delta h = 7,5$ m	$\Delta h \geq 9,0$ m
120	2 * R <sub>top</sub>	3 * R <sub>top</sub>	4,5 * R <sub>top</sub>	6 * R <sub>top</sub>	7 * R <sub>top</sub>
100					
90					
70					
50					

tabel 43: Voetbogen hoofdbanen ter voorkoming van knik in wegbeeld

### 5.4.13.2 Ruimtelijk alignement

Het ruimtelijke alignement is de samenstelling van het horizontale en verticale alignement van de autosnelweg. Een harmonisch rustig wegbeeld waarbij alle beeldelementen goed op elkaar aansluiten en elkaar aanvullen, biedt de weggebruiker de mogelijkheid de beelden op te nemen en te verwerken.

Bij het gelijktijdig toepassen van ontwerpcomponenten moet enerzijds voorkomen worden dat het wegbeeld saai wordt en anderzijds dat het te druk wordt. Een saai wegbeeld leidt tot concentratieverlies bij de weggebruiker en een te druk wegbeeld tot vermoeiing en een verhoogde kans op verkeerde detectie en inschatting van de weg. Het wegbeeld moet vloeiend zijn en misleiding voorkomen.

De volgende randvoorwaarden gelden met betrekking tot drukte in het wegbeeld:

- Saai wegbeelden moeten voorkomen worden door in het wegontwerp minimaal één gekromd element (horizontale boog, overgangsboog, verticale boog) toe te passen.
- Drukke wegbeelden moeten voorkomen worden door in het wegontwerp het aantal gelijktijdig toe te passen ruimtelijke elementen te beperken tot maximaal drie.
- Tangentpunten van horizontale en verticale bogen in hoofdbanen vallen bij voorkeur samen.

In [tabel 44](#) zijn de verschillende mogelijkheden weergegeven voor het toepassen van gecombineerde componenten uit het horizontale en het verticale alignement. In het vervolg van dit hoofdstuk worden de verschillende combinaties nader toegelicht.

situatie	toepasbaarheid					
	horizontale rechtstand	horizontale rechtstand	horizontale rechtstand	horizontale boog	horizontale boog	horizontale boog
	verticale rechtstand	topboog	voetboog	verticale rechtstand	topboog	voetboog
<b>gestrekte tracé-gedeelten</b>	vermijden (tenzij dwangpunten)	bruikbaar (tenzij rijstrook-beëindiging)	vermijden (tenzij onderdoorgang)	goed bruikbaar bij zeer royale bogen	goed bruikbaar	goed bruikbaar
<b>gebogen tracé-gedeelten</b>	vermijden	bruikbaar (tenzij rijstrook-beëindiging)	vermijden (tenzij onderdoorgang)	bruikbaar	goed bruikbaar	goed bruikbaar
<b>hoofdbanen bij knooppunten en aansluitingen</b>	vermijden (tenzij parallax)	vermijden	vermijden	bruikbaar	bruikbaar bij zeer royale bogen	goed bruikbaar bij royale horizontale bogen
<b>op- en afritten op verbindingswegen</b>	bruikbaar	bruikbaar	bruikbaar	vermijden	goed bruikbaar	goed bruikbaar bij royale horizontale bogen

tabel 44: Toepassingen van gecombineerd horizontaal en verticaal alignement

### Ruimtelijke rechtstand

De ruimtelijke rechtstand is een rechte lijn in het horizontale alignement gecombineerd met een rechte lijn zonder langshelling in het verticale alignement. De toepassing van een ruimtelijke rechtstand moet beperkt blijven tot de volgende situaties:

- Een ruimtelijke rechtstand kan noodzakelijk zijn omdat er externe dwangpunten zijn (bijvoorbeeld in de vorm van bundeling van infrastructuur).
- Een ruimtelijke rechtstand kan gewenst zijn in complexe wegsituaties waarbij het gevaar van parallax aanwezig is (bijvoorbeeld bij knooppunten en aansluitingen).

Ruimtelijke rechtstanden moeten niet langer zijn dan voor de twee voorgaande doelen noodzakelijk is omwille van volgende nadelen:

- Bij de toepassing over grote lengtes bestaat het gevaar van monotonie.
- Als gevolg van de gefixeerde achtergrond en het staren in de verte kan de bestuurder sneller vermoeid raken. Hij heeft minder mogelijkheden om zijn aandacht te richten en zal ook een langere perceptie-reactietijd nodig hebben.
- Er is slecht zicht op verkeer stroomafwaarts, met name bij een lagere kwaliteit van de afwikkeling. Dit beperkte zicht draagt bij aan een rijgedrag met veel (te) korte volgafstanden. Stroomafwaarts gegeven waarschuwingen (remlichten) worden namelijk onvoldoende waargenomen en daarom niet goed vertaald in (een correctie van) de volgafstand. Deze situatie is te vergelijken met die bij mist of een nat wegdek waarbij bestuurders dikwijls de snelheden niet aanpassen omdat zij potentieel gevaar niet voldoende onderkennen. Indien een weg wordt ontworpen als een samenstel van flauwe horizontale en verticale bogen, is er geregeld zicht op de voorrijdende verkeersstroom en de waarschuwingssignalen in die stroom. Bestuurders van voertuigen in de stroom kunnen dan tijdig en meer beheerst reageren waardoor het verkeersbeeld rustiger en dus veiliger wordt.

- Bij de aansluiting van andere elementen op een (lange) ruimtelijke rechtstand ontstaan knikken in het wegbeeld.
- De korte ruimtelijke rechtstand heeft als nadeel dat tussen gelijkgerichte horizontale bogen de indruk van een tegenboog wordt gewekt.

### **Horizontale boog in verticale rechtstand**

De horizontale boog in een verticale rechtstand is een combinatie van een boog in het horizontale alignement met een rechte lijn in het verticale alignement (al dan niet onder een langshelling). De horizontale boog is het basiselement van het autosnelwegontwerp. Er zijn drie klassen stralen van horizontale bogen te onderscheiden, elk met een eigen toepassingsgebied:

- Zeer ruime stralen worden toegepast ter vervanging van rechte tracégedeelten.
- Standaard stralen worden toegepast in gebogen tracégedeelten.
- Krappe stralen buiten de hoofd baan worden toegepast ter plaatse van knooppunten en aansluitingen.

Een horizontale boog heeft een aantal voordelen:

- Bogen geven een afwisselend wegbeeld.
- Een royale horizontale boog biedt een goede oriëntatie op de weg en op het verkeer op die weg.
- Een (royale) horizontale boog is goed aan te sluiten op de andere ontwerpcomponenten in de lengte.

Bij afnemende stralen van de horizontale boog ontstaan de volgende nadelen:

- Een horizontale boog met een straal kleiner dan 4 000 m is geen geschikte locatie voor de convergentie- en divergentiepunten van knooppunten en aansluitingen.
- Bij afscherpende constructies, wanden en obstakelbeveiligers in de binnenbocht kunnen problemen ontstaan met betrekking tot benodigde zichtlengtes.

### **Verticale boog in horizontale rechtstand**

De verticale boog in een horizontale rechtstand is een combinatie van een rechte lijn in het horizontale alignement met een voetboog of een topboog in het verticale alignement. Deze combinatie wordt ook wel verticaal gekromde horizontale rechtstand genoemd.

Een topboog is toepasbaar in rechte weggedeelten. In een topboog in een horizontale rechtstand is het zicht op het verloop van de weg gering. De straal van de topboog wordt dan ook bepaald door de minimaal vereiste zichtlengte. Door het beperkte zicht is bij de aansluiting van een discontinuïteit (uitvoeging of rijstrookbeëindiging) of horizontale boog op een topboog veel aandacht vereist tijdens het ontwerpproces.

De voetboog in een horizontale rechtstand is een ruimtelijk element waarbij het zicht op het verloop van de weg zeer goed is. Een nadeel van dit element is dat bij toepassing van stralen kleiner dan 10 000 m, een knik in het wegbeeld ontstaat. Een voetboog in een horizontale rechtstand wordt daarom alleen in onderdoorgangen toegepast. Voor het overwinnen van een hoogteverschil in andere situaties wordt een samengestelde boog toegepast.

### **Verticale boog in horizontale boog (samengestelde boog)**

De verticale boog in een horizontale boog (ook wel de samengestelde boog genoemd) is de combinatie van een top- of voetboog met een horizontale boog. Voor een duidelijk wegbeeld moeten de lengtes van de toegepaste samengestelde horizontale en verticale boog gelijk zijn.

Het toepassen van een topboog in een horizontale boog is mogelijk wanneer de eisen voor de zichtlengte dit toelaten. Als de horizontale boog samenvalt met de topboog, wordt de horizontale boog doorgaans krappere ingeschat dan deze in werkelijkheid is. Tegengesteld draaiende horizontale bogen kunnen niet op de samengestelde topboog worden aangesloten.

De voetboog in een horizontale boog geeft goed zicht op zowel het verloop van de weg als het verkeersbeeld. Als een horizontale boog samenvalt met de voetboog wordt de horizontale boog ruimer ingeschat dan deze in werkelijkheid is, vooral bij toepassing van krappe horizontale bogen. Nadeel is dat een te ruim ingeschatte horizontale boog een te hoge snelheid kan uitlokken en tot onveilige situaties leidt. Om de negatieve gevolgen van de te ruime inschatting van de horizontale boog tegen te gaan, moet de straal van de voetboog ten minste vijfmaal zo groot zijn als die van de horizontale boog. Indien de straal van de voetboog kleiner is dan vijf maal de straal van de horizontale boog, overheerst de voetboog in het wegbeeld. Er is perspectivisch onderzoek van het wegbeeld ter plaatse noodzakelijk als deze verhouding van boogstralen niet haalbaar is. Bij uitvoeringen met een dergelijk samengesteld alignement wordt, om misleiding te voorkomen, een zo kort mogelijke clothoïde toegepast ( $A = R$ ).

Andere ontwerpcomponenten laten zich goed aansluiten op de combinatie van een voetboog in een horizontale boog. Indien in knooppunten en aansluitingen een voetboog nodig is, zal niet dit element maar de aansluitende vlakke horizontale boog het beeld van de bocht moeten bepalen (de voetboog moet dus zo groot mogelijk gekozen worden om niet misleidend te zijn). Deze vlakke horizontale boog levert minder inschattingsproblemen op.

#### **5.4.13.3 Fouten in het ruimtelijk alignement**

Er kunnen fouten in het wegbeeld ontstaan indien de samenhang van de gecombineerde elementen niet wordt gecontroleerd na het ontwerpen van de individuele elementen:

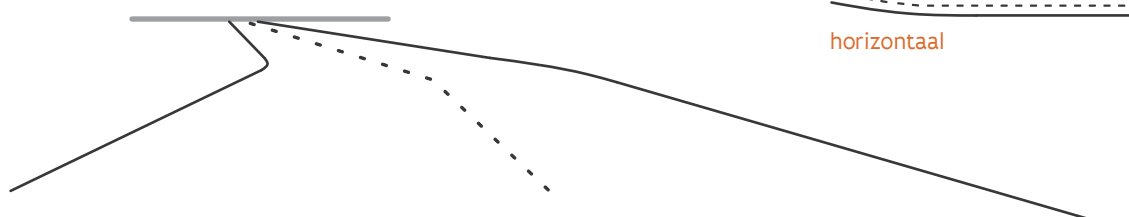
- Geen vloeiend verloop van de weg, veroorzaakt door foute keuzes in het ruimtelijke alignement:
  - Horizontale knik
  - Verticale knik
  - Horizontale S-vorm
  - Verticale S-vorm
  - Dubbele horizontale S-vorm
  - Dubbele verticale S-vorm
- Misleiding in het wegbeeld, veroorzaakt door ongelukkige combinaties van individuele ontwerpcomponenten, zoals de grootte van een richtingsverandering en de aard ervan, waardoor rijgedrag kan ontstaan dat niet overeenkomt met wat de weg toelaat:
  - Overschatting van horizontale bogen in topbogen
  - Onderschatting van horizontale bogen in voetbogen
  - Parallax
  - Verwarring over de richtingsverandering

#### **Horizontale knik**

Een horizontale knik ontstaat bij een geringe horizontale richtingsverandering tussen twee horizontale rechtstanden (minder dan  $6^\circ$ ) of een korte horizontale rechtstand tussen twee gelijkgerichte horizontale bogen. De vervanging van een korte horizontale rechtstand tussen twee gelijkgerichte horizontale bogen door een horizontale boog geeft een fraaier beeld.



horizontale knik bij een geringe horizontale richtingsverandering tussen twee horizontale rechtstanden



horizontale knik bij een korte rechtstand tussen twee gelijkgerichte horizontale bogen

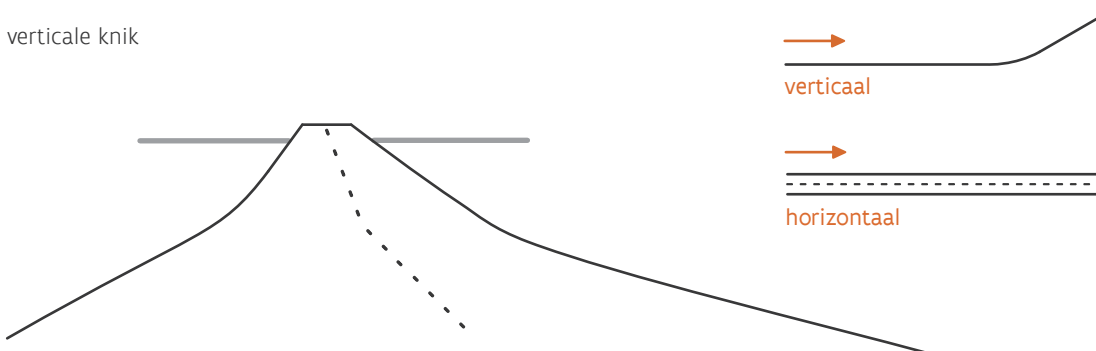


figuur 61: Horizontale knik

### Verticale knik

Een verticale knik ontstaat bij de nadering van een verticale voetboog vanuit een horizontale rechtstand of een zeer flauwe horizontale boog. De knik verdwijnt pas bij toepassing van zeer grote stralen voor de voetboog (minimaal 30 000 m bij een ontwerpsnelheid van 120 km/h). De knik in het wegbeeld kan verminderen als hij in een horizontale boog is gelegen of als een geringe verticale rechtstand vóór de verticale boog wordt toegepast.

verticale knik



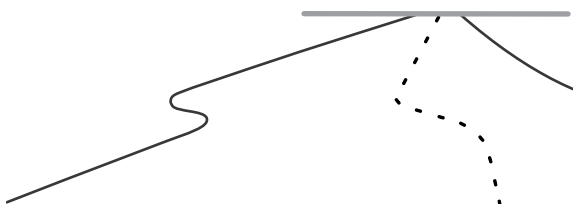
figuur 62: Verticale knik

### Horizontale S-vorm

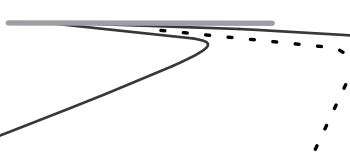
Bij een horizontale verschuiving van de as van een rijbaan worden de stralen zo ruim mogelijk gekozen. Een verschuiving over een geringe lengte geeft een ongeloofwaardig beeld. De verschuiving moet verwerkt worden in een zwak gebogen tracé. Indien dit niet mogelijk is, moeten twee korte horizontale bogen met ruime stralen gecombineerd worden. De boogstraal die hierbij moet aangehouden worden, komt overeen met de boogstraal die wordt toegepast bij tegenverkanting ( $R = 4\ 000\ m$  bij 120 km/h), [zie hoofdstuk "5.4.12.2 Verkanting"](#).

Een verkantingsovergang kan ook storend zichtbaar zijn in de vorm van een horizontale S-boog wanneer de verkantingsovergang direct aan het begin van de overgangsbog wordt gesitueerd. Indien de verkantingsovergang is vormgegeven met twee aansluitende tegengesteld gerichte verticale S-bogen, wordt een eventueel optredende tegenboog verzacht. Bij verhoudingsgewijs kleine stralen kan dit wel een bezwaar geven vanuit voertuigdynamica.

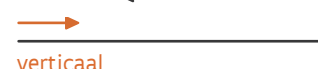
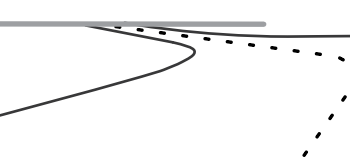
korte horizontale S-vorm waardoor de wegas abrupt verschuift



horizontale S-vorm waarbij de verkanting aan het begin van een boog zichtbaar is als S-boog



horizontale S-vorm waarbij de verkanting aan het einde van een boog zichtbaar is als S-boog

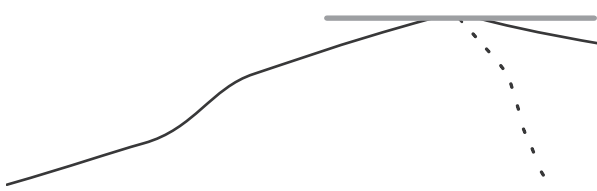


figuur 63: Horizontale S-vorm

**Verticale S-vorm**

Verhogingen of verlagingen rond ooghoogte of iets lager kunnen korte verticale S-vormen veroorzaken waarbij de voetboog niet domineert. Een verticale rechtstand met een helling van circa 0,5% blijkt storend te zijn in het wegbeeld, pas bij 0,1 à 0,2% valt deze niet meer op. Een zo flauw mogelijke verticale rechtstand wordt gerealiseerd door een verticale rechtstand in combinatie met kleine onder- en bovenaf rondingen. Desondanks mag de langshelling niet groter zijn dan de helft van de maximale helling die wordt bereikt wanneer een voetboog en een topboog in elkaar overgaan (overgangspunt voet-top).

een korte S-vorm in het verticale vlak als de weg omhoog gaat

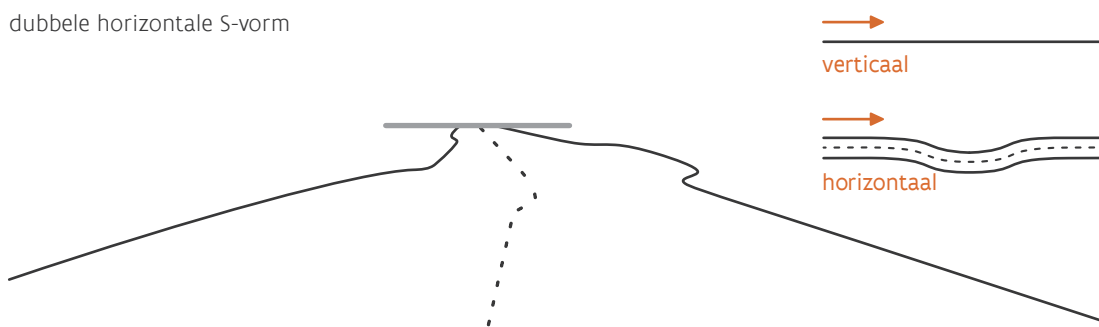


figuur 64: Verticale S-vorm met langshelling ≥ 0.5%

**Dubbele horizontale S-vorm**

Een geringe zijwaartse verschuiving, die binnen de zichtlengte weer hersteld wordt, geeft op betrekkelijk rechte gedeelten een storend beeld, ook al worden voor de verschuiving ruime stralen toegepast. Een dergelijke korte zijwaartse verschuiving moet om die reden opgenomen worden in één duidelijk gebogen gedeelte, bijvoorbeeld door een aaneenschakeling van bogen.

dubbele horizontale S-vorm



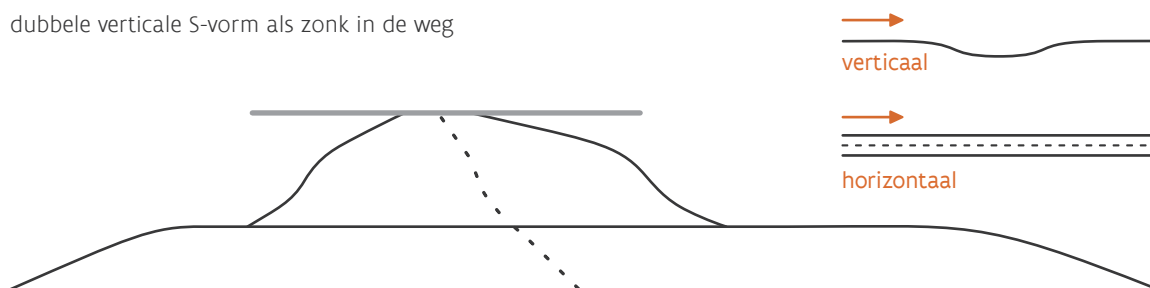
figuur 65: Dubbele horizontale S-vorm

### Dubbele verticale S-vorm

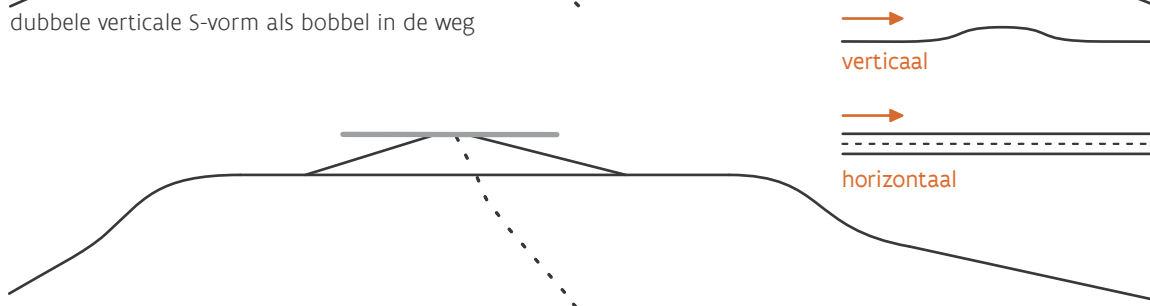
Een kuilvormige plaatselijke verlaging van geringe diepte ( $\leq 1,5$  m) is alleen onder een viaduct toe te passen. Een plaatselijke verlaging van meer dan 1,5 m vraagt om de toepassing van één grote voetboog om een geknikt beeld te voorkomen. Een vergroting van de straal van de bogen verbetert het beeld niet. Een plaatselijke verlaging wordt bij voorkeur vermeden. Een terras (twee niveauverschillen achter elkaar) is eveneens geen acceptabele oplossing.

Een plaatselijke verhoging levert tot 1,5 m een hobbel op in het wegbeeld, die een plaatselijke versmalling kan suggereren. Met name gelegen in horizontale stralen levert dit een knik in het wegbeeld op. Dit valt te compenseren door het toepassen van zeer ruime verticale bogen.

dubbele verticale S-vorm als zink in de weg



dubbele verticale S-vorm als bobbel in de weg



figuur 66: Dubbele verticale S-vorm

### Onderschatting van de horizontale boog

Als de horizontale boog samenvalt met een topboog, schat een bestuurder hem krappere in dan hij in werkelijkheid is. Een krap geschatte horizontale boog blijkt in de praktijk veiliger te zijn dan een horizontale boog in een vlak lengteprofiel en kan daarom zonder bezwaren worden toegepast.

### Overschatting van de horizontale boog

Een bestuurder schat de horizontale bocht ruimer in dan deze in werkelijkheid is wanneer de horizontale boog samenvalt met een voetboog. In een dergelijk geval is het aanbevolen de straal van de voetboog ten minste vijf à tien maal zo groot te kiezen als die van de horizontale boog. Wanneer de verticale boogstraal kleiner is dan vijf keer de waarde van de horizontale boogstraal, overheerst de voetboog in het wegbeeld. In de praktijk blijkt dat een te ruim ingeschatte horizontale boog onveiliger is dan een horizontale boog in een vlak lengteprofiel.

## Parallax

Parallax is het verschijnsel dat de schijnbare positie van een voorwerp ten opzichte van een ander voorwerp en/of de achtergrond varieert als het vanuit verschillende posities bekeken wordt. Wanneer, voorbij het punt waar een horizontale boog eindigt, elementen zichtbaar zijn die bij een parallel lopende rijbaan horen (verlichting, bewegwijzering...) kan de bestuurder die opvatten als behorend tot zijn eigen rijbaan. Indien er geen zicht is op het vervolg van de eigen rijbaan, terwijl er wel zicht is op een 'vreemde' rijbaan in het verlengde van de eigen rijbaan, zal de bestuurder die 'vreemde' rijbaan als het vervolg van zijn eigen baan opvatten. Een bocht wordt dan mogelijk te ruim ingeschat of er wordt een verkeerde richting van de bocht gesuggereerd.

Vegetatie of bomen die een horizontale rechtstand volgen terwijl de weg een bocht volgt, kunnen een bestuurder eveneens misleiden. Dit geldt ook als een spoorweg met verticale elementen erlangs het alignement van de weg volgt, maar de weg en het spoor op een gegeven moment uit elkaar gaan.

Parallax moet altijd worden voorkomen. Met een driedimensionale wegbeeldanalyse is na te gaan of en waardoor er parallax optreedt. Middels aanvullende geleidingselementen ([zie hoofdstuk "7 Wegaanhorigheden"](#)) kan de eigen rijbaan beter geaccentueerd worden waardoor misleiding wordt voorkomen.

## Verwarring over de richtingsverandering

Verwarring over (de aard van) een richtingsverandering kan ontstaan in volgende situaties:

- Wanneer de verkantingsovergang in het begin van een overgangsboog is gesitueerd, kan de indruk van een tegenboog(je) ontstaan (en daarmee een horizontale S-boog). Wanneer het verdere verloop van de weg op dat moment afgeschermd wordt door bijvoorbeeld een kunstwerk of beplanting, kan in uitzonderingsgevallen verwarring ontstaan over de aard van de werkelijke richtingsverandering van de weg. De weggebruiker wordt dan misleid wat betreft het werkelijke boogverloop. Dit moet voorkomen worden met een overgangsboog van voldoende lengte waarin de verkantingsovergang bij voorkeur aan het einde van de overgangsboog wordt gesitueerd.
- Wanneer de tangentialpunten van een horizontale en een verticale boog niet samenvallen kan de indruk van een tegenboog ontstaan. Indien het onvermijdelijk is om een verheffing of verlaging te laten samenvallen met het tangentialpunt van de horizontale boog of op enige afstand van het tangentialpunt van een horizontale boog te beginnen, dan moet het beeld van een tegenboog worden voorkomen. Voor de voetafronding moet dan een aanmerkelijk grotere straal gekozen worden (ter grootte van minimaal vijfmaal de horizontale boogstraal), of er moet een verticale rechtstand met een helling van maximaal 0,2% toegepast worden.
- Wanneer een uitvoeging gesitueerd is in een links draaiende bocht kan verwarring ontstaan, vooral wanneer bij duisternis en/of een nat wegdek de langsmarkering slecht zichtbaar is. Een verwarrend wegbeeld is te vermijden door de uitvoeging een sterk gebogen tracé te geven en het puntstuk een grote hoek te geven.

## 6 Discontinuïteiten

Een discontinuïteit in het wegontwerp is een overgang tussen twee verschillende wegvakken. Dit kan voorkomen waar rijbanen samenkomen of uit elkaar gaan, en bij de vermeerdering of vermindering van het aantal rijstroken. Respectievelijk wordt gesproken over convergentie of divergentie.

Bij het convergeren en divergeren van verkeersstromen ontstaan conflicten tussen deze verkeersstromen. Discontinuïteiten worden daarom zodanig vormgegeven dat de gevolgen voor de doorstroming en de verkeersveiligheid beperkt blijven.

De volgende discontinuïteiten zijn te onderscheiden:

- Invoeging (convergentie)
- Uitvoeging (divergentie)
- Weefvak (convergentie en divergentie)
- Samenvoeging (convergentie)
- Splitsing (divergentie)
- Rijstrookbeëindiging (convergentie)
- Rijstrookvermeerdering (divergentie)

De dimensionering van discontinuïteiten is gebaseerd op algemene eigenschappen van voertuigen en verkeersstromen. Aan de hand van deze eigenschappen zijn de volgende ontwerpparameters te onderscheiden:

- Acceleratielengte
- Deceleratielengte
- Puntstuk
- Gaping
- Turbulentieafstand
- Bewegwijzeringsafstand

Het uitgangspunt is een verkeersveilig ontwerp wanneer discontinuïteiten worden ontworpen volgens de in dit hoofdstuk beschreven richtlijnen.

In de volgende hoofdstukken is eerst een algemene verklarende beschrijving gegeven van de bovenstaande ontwerpparameters. Vervolgens zijn de richtlijnen voor dimensionering van de verschillende discontinuïteiten beschreven en toegelicht. De keuze voor de oplossingsvorm op basis van intensiteit en capaciteit staat beschreven in [hoofdstuk "4.5 Capaciteit"](#).

## 6.1 Algemene ontwerpparameters discontinuïteiten

### 6.1.1 Acceleratielengte

De acceleratielengte is de afstand die nodig is om de snelheid van een voertuig op een comfortabele wijze te verhogen tot een gewenst niveau. Accelereren vindt plaats op de toeleidende rijbaan en de invoegstrook, voorafgaand aan het oprijden van de doorgaande rijbaan. De toeleidende rijbaan en de invoegstrook moeten daarom zodanig worden ontworpen dat accelereren op de doorgaande rijbaan niet nodig is.

Bij het eindpunt van het accelereren moet een voertuig 75% van de ontwerpsnelheid van de doorgaande rijbaan bereikt kunnen hebben om zo verstoringen in de doorgaande verkeersstroom te minimaliseren.

De benodigde acceleratielengte is afhankelijk van de volgende factoren:

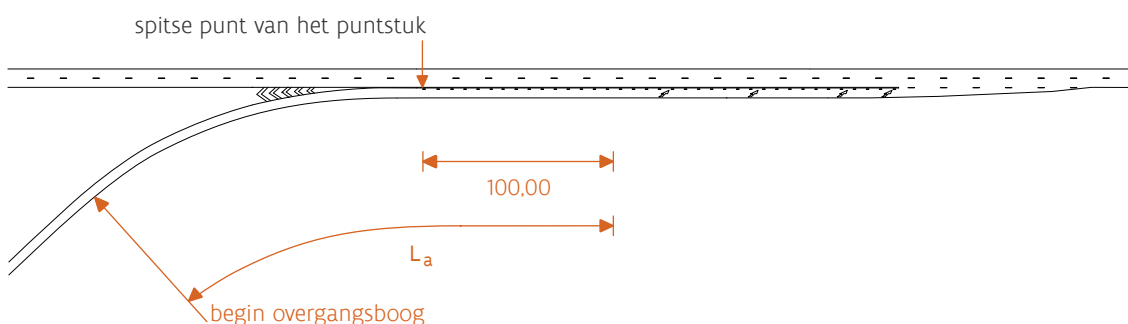
- Snelheid van voertuigen op de doorgaande baan
- Snelheid van het voertuig aan het begin van de acceleratielengte
- Versnelling van het accelererende voertuig
- Gemiddeld hellingspercentage van de toeleidende rijbaan

Naast de bovengenoemde primaire invloedsfactoren zijn er een aantal secundaire factoren die bepalend zijn voor de acceleratielengte. Eén van deze factoren is de wijze van accelereren. Dit kan lineair (constant) zijn maar ook fluctuerend, toenemend of afnemend. Daarnaast zijn ook de acceleratie-eigenschappen van het voertuig van invloed op de acceleratielengte. Hoe groter de verhouding vermogen/gewicht, hoe korter de potentiële acceleratielengte. Uiteraard is hierin ook het rijgedrag van de bestuurder van invloed.

#### 6.1.1.1 Situering acceleratielengte

Bij een invoegende beweging wordt ervan uitgegaan dat de invoegstrook voor acceleratie benut wordt door vrachtverkeer maar niet door personenwagens. Er moet bijgevolg voldoende acceleratielengte worden verwerkt in de toeleidende rijbaan, zoals weergegeven op [figuur 67](#). Indien uit de berekening een grotere acceleratielengte nodig blijkt, bijvoorbeeld door de aanwezigheid van een opgaande helling, moet deze gerealiseerd worden met een verlenging van het acceleratiegedeelte van de toeleidende rijbaan en niet met een langere invoegstrook. Op die manier is de verlenging ook effectief voor verkeer dat meteen na het einde van het puntstuk de hoofdbaan oprijdt.

Het beginpunt van accelereren is het punt waar de horizontale boog in de toeleidende rijbaan overgaat in de overgangsboog of bij het ingaan van de horizontale boog (boogstraal voldoende ruim nemen zodat overgangsboog niet nodig is). Het eindpunt van accelereren ligt 100 m stroomafwaarts van de spitse punt van het puntstuk.



figuur 67: Acceleratielengte

Bij indirecte (stijgende) toeleidende rijbanen moet extra aandacht besteed worden aan de acceleratielengte omdat de snelheid bij de start van het accelereren hier laag ligt. De maatgevende snelheid is afhankelijk van de combinatie van de horizontale boogstraal en de verkanting. Deze snelheid is af te lezen uit [tabel 17](#) in hoofdstuk "5.2.2 Horizontale boog".

Bij zeer gestrekte opritten wordt de acceleratielengte berekend vanaf het kruispunt met het onderliggend wegnnet. De startsnelheid is dan 20 km/h.

### 6.1.1.2 Berekening acceleratielengte

In standaardsituaties wordt uitgegaan van een lineaire acceleratie (constante versnelling) en wordt aangenomen dat er geen afzonderlijke berekening voor vrachtverkeer nodig is. De acceleratielengte wordt berekend met de volgende formule:

$$L_a = \frac{(0,75 * v_0)^2 - v_b^2}{254 * (\frac{a}{g} - \frac{p}{100})}$$

Hierin is:

- $L_a$  : acceleratielengte (m)
- $v_0$  : ontwerpsnelheid van de doorgaande rijbaan (km/h)
- $v_b$  : ontwerpsnelheid aan het begin van de acceleratielengte (km/h)
- $a$  : acceleratie van het voertuig (een comfortabele acceleratie bedraagt 1,0 m/s<sup>2</sup>)
- $g$  : zwaartekrachtversnelling (9,81 m/s<sup>2</sup>)
- $p$  : gemiddeld hellingspercentage van de weg (in %), positief bij stijging

ontwerpsnelheid (km/h)		acceleratielengte (m) bij langshelling (afgerond op dichtste vijftal)								
doorgaand	toeleidend	dalend - 4%	dalend - 3%	dalend - 2%	dalend - 1%	0%	stijgend 1%	stijgend 2%	stijgend 3%	stijgend 4%
120	100	n.v.t.								
120	90	0	0	0	0	0	0	0	0	0
120	70	90	95	105	115	125	135	155	175	205
120	50	155	165	180	195	215	240	270	305	355
100	90	n.v.t.								
100	70	20	20	25	25	30	30	35	40	45
100	50	85	95	100	110	120	135	150	170	200
90	70	n.v.t.								
90	50	55	60	65	70	80	90	100	115	130
70	50	5	10	10	10	10	10	10	15	15

tabel 45: Acceleratielengtes bij verschillend hellingspercentage

### 6.1.1.3 Acceleratielengte bij groot aandeel vrachtverkeer

Indien zwaar vrachtverkeer een aandeel heeft van meer dan 5% bij een maatgevende uurintensiteit, moet de acceleratielengte voor vrachtverkeer afgeleid worden. Het bepalen van de acceleratielengte voor dit vrachtverkeer op hellingen kan met een geschikt simulatiepakket. Voor zwaar vrachtverkeer mag de volledige lengte van de invoegstrook worden meegerekend voor acceleratie naar 75% van de ontwerpsnelheid van vrachtwagens. Bij weefvakken geldt dat op 250 m na het puntstuk deze snelheid dient bereikt te zijn.

## 6.1.2 Deceleratielengte

De deceleratielengte is de afstand die nodig is om de snelheid van een voertuig te verlagen tot een zodanig niveau dat het direct stroomafwaarts gelegen wegvak verkeersveilig bereden kan worden.

Decelereren gebeurt op de uitvoegstrook en de afbuigende rijbaan na het verlaten van de doorgaande rijbaan. De aanwezige deceleratielengte moet zodanig zijn, dat geen deceleratie noodzakelijk is op de doorgaande rijbaan. De lengte van een uitvoeging moet zodanig zijn dat voertuigen vanaf de uitvoeging tot aan de eerste boog van de afrit of de wachtrij voor het kruispunt met het onderliggende wegennet voldoende lengte tot hun beschikking krijgen om te decelereren.

De benodigde deceleratielengte is afhankelijk van de volgende factoren:

- Ontwerpsnelheid van de doorgaande rijbaan
- Ontwerpsnelheid van de afbuigende rijbaan
- Vertraging van het decelererende voertuig
- Gemiddeld hellingspercentage van de afbuigende rijbaan

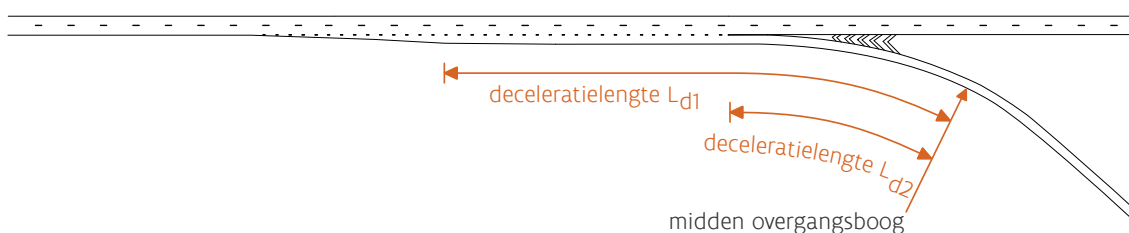
### 6.1.2.1 Situering deceleratielengte

Er moet in twee scenario's voldoende deceleratielengte aanwezig zijn:

- Scenario 1: een voertuig voegt tijdig uit naar de uitvoegstrook en benut deze voor deceleratie ( $L_{d1}$ ).
- Scenario 2: een voertuig voegt op het laatste moment uit, vlak voor het puntstuk, en benut de uitvoegstrook niet maar decelereert met een forse vertraging op het eerste deel van de afbuigende rijbaan ( $L_{d2}$ ).

Voor de situering van de deceleratielengte gelden de volgende uitgangspunten:

- Het begin van de deceleratielengte in het eerste scenario ( $L_{d1}$ ), bij toepassing van een parallel aanliggende strook is het punt waar de strook op zijn breedst is, zie [figuur 68](#).
- Het begin van de deceleratielengte in het tweede scenario ( $L_{d2}$ ) is het puntstuk, zie [figuur 68](#). Bij een uitvoegende taper is de deceleratielengte  $L_{d2}$  maatgevend.
- Het einde van de deceleratielengte is het midden van de overgangsboog van de afbuigende baan.
- Bij zeer gestrekte afritten wordt de deceleratielengte berekend tot het einde van de verwachte wachtrij. De snelheid is hier 0 km/h. Bij zwaar belaste afritten moet de toets of het mogelijk is te decelereren naar de staart van de wachtrij altijd worden uitgevoerd, ook als de ligging niet gestrekt is.



figuur 68: Deceleratielengte

### 6.1.2.2 Berekening deceleratielengte

De benodigde deceleratielengte wordt berekend voor beide scenario's. Beide scenario's moeten in het ontwerp passen. De feitelijke verschillen tussen de twee scenario's zijn:

- Remvertraging: circa  $1,5 \text{ m/s}^2$  (scenario 1: comfortabel, gas loslaten) en  $2,5 \text{ m/s}^2$  (scenario 2: hard, rekening houdend met nat wegdek)
- Start van de beschikbare deceleratielengte (zie [figuur 68](#))

De snelheid aan het begin van de deceleratielengte is gelijk aan de ontwerpsnelheid van de doorgaande rijbaan.



De benodigde deceleratielengte wordt voor beide scenario's berekend met de onderstaande formule:

$$L_d = \frac{v_0^2 - v_a^2}{254 * \left( \frac{d}{g} + \frac{p}{100} \right)}$$

Hierin is:

- $L_d$  : deceleratielengte (m)
- $v_0$  : maatgevende aanvangssnelheid bij het puntstuk (km/h)
- $v_a$  : ontwerpsnelheid van de afbuigende baan (km/h)
- $d$  : vertraging van het voertuig (comfortabel, gas loslaten: circa -1,5 m/s<sup>2</sup>, hard: -2,5 m/s<sup>2</sup>)
- $g$  : zwaartekrachtversnelling (9,81 m/s<sup>2</sup>)
- $p$  : gemiddeld hellingspercentage van de weg (in %), positief bij stijging

ontwerpsnelheid (km/h)		deceleratielengte $L_{d1}$ (m) bij langshelling scenario 1 (afgerond op dichtste vijftal)								
doorgaand	afbuigend	dalend - 4%	dalend - 3%	dalend - 2%	dalend - 1%	0%	stijgend 1%	stijgend 2%	stijgend 3%	stijgend 4%
120	100	155	140	130	120	115	105	100	95	90
120	90	220	200	185	175	160	150	145	135	130
120	70	330	305	280	260	245	230	215	205	195
120	50	415	380	355	330	305	290	270	255	245
100	90	65	60	55	50	50	45	45	40	40
100	70	180	165	150	140	130	125	115	110	105
100	50	260	240	220	205	195	180	170	160	155
90	70	110	105	95	90	80	75	75	70	65
90	50	195	180	165	155	145	135	130	120	115
70	50	85	75	70	65	60	60	55	50	50

tabel 46: Deceleratielengte  $L_{d1}$  bij verschillend hellingspercentage (scenario 1)

ontwerpsnelheid (km/h)		deceleratielengte $L_{d2}$ (m) bij langshelling scenario 2 (afgerond op dichtste vijftal)								
doorgaand	afbuigend	dalend - 4%	dalend - 3%	dalend - 2%	dalend - 1%	0%	stijgend 1%	stijgend 2%	stijgend 3%	stijgend 4%
120	100	80	75	75	70	70	65	65	60	60
120	90	115	110	105	100	95	95	90	85	85
120	70	175	165	160	155	145	140	135	130	125
120	50	220	210	200	190	185	175	170	165	160
100	90	35	35	30	30	30	30	25	25	25
100	70	95	90	85	80	80	75	75	70	70
100	50	135	130	125	120	115	110	105	105	100
90	70	60	55	55	50	50	50	45	45	45
90	50	105	100	95	90	85	85	80	75	75
70	50	45	40	40	40	35	35	35	35	30

tabel 47: Deceleratielengte  $L_{d2}$  bij verschillend hellingspercentage (scenario 2)

### 6.1.2.3 Aandachtspunt afwatering

Een belangrijk aandachtspunt voor een rijbaan waarop deceleratie plaatsvindt, is de afwatering. Plasvorming op de rijbaan heeft immers een sterke negatieve invloed op de vertraging van een voertuig.

### 6.1.3 Puntstuk

Bij het invoegen, samenvoegen, uitvoegen en splitsen is het convergentiepunt respectievelijk het divergentiepunt aangeduid door middel van een puntstuk.

Het puntstuk is een met verdrijvingsstrepen gemarkeerde zone ter aanduiding van een convergentiepunt of divergentiepunt van twee rijbanen en ligt op gelijke hoogte als de aanliggende rijbanen. Tussen de convergerende of divergerende randlijnen wordt een verdrijvingsvlak aangebracht zoals verder beschreven in [Dienstorder MOW/AWV/2022/08 "Algemene omzendbrief nopens de wegsignalisatie"](#) en dienen de principes uit [MOW/AWV/2019/6 "Bebakening op de divergentiepunten van verkeersknooppunten en uitritten"](#) gevolgd te worden.

Het puntstuk is langwerpig van vorm en heeft een verlopende breedte, startend vanaf een 30 cm (breedte randlijn). Aan beide lange zijden wordt het puntstuk begrensd door de aanliggende convergerende of divergerende randlijnen van de rijbanen.

De spitse punt van het puntstuk is het punt waar beide randlijnen elkaar voor het eerst volledig overlappen.

Wanneer een puntstuk van een convergerende discontinuïteit en een puntstuk van een divergerende discontinuïteit dicht bij elkaar liggen mag er geen sprake zijn van een aaneengesloten verharding van de rijbanen om te voorkomen dat er over de puntstukken wordt gereden om oneigenlijk van rijbaan te wisselen.

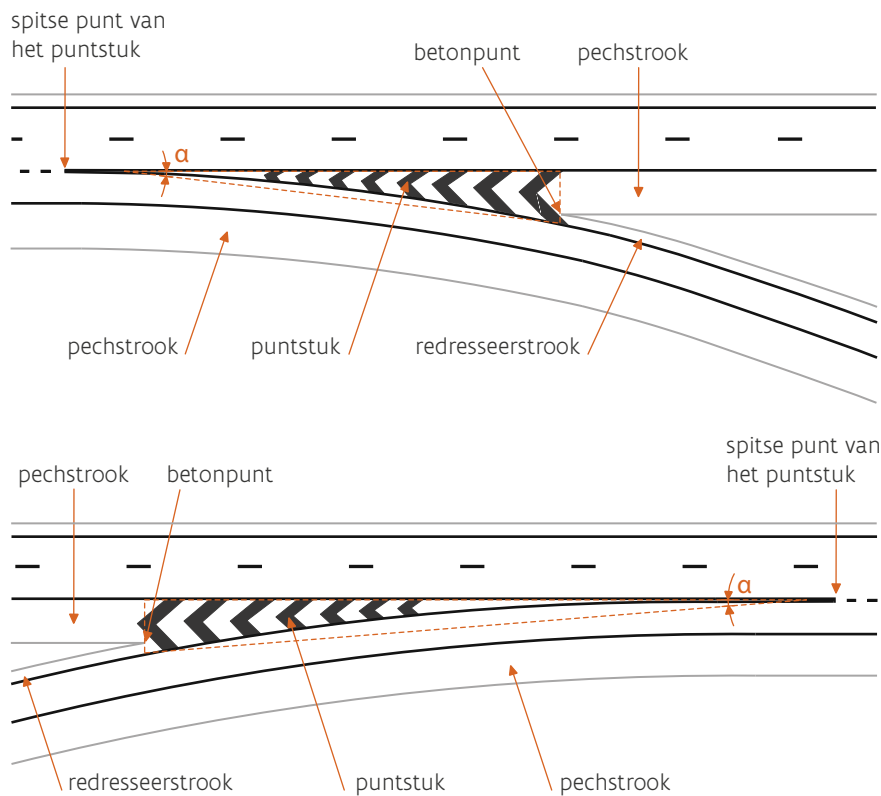
De hoek  $\alpha$  waaronder de twee rijbanen convergeren of divergeren is een belangrijke parameter voor de vormgeving van het punt en is afhankelijk van het type discontinuïteit. Deze hoek  $\alpha$  is de tophoek van een spitse langwerpige rechthoekige driehoek met de volgende begrenzingen ([zie figuur 69](#)):

- De top van de driehoek is het punt waar de randlijnen elkaar ontmoeten.
- De basis van de driehoek wordt gevormd door de snijpunten van de loodrechte op de doorgaande rijbaan met de buitenzijde van de twee randlijnen ter hoogte van het punt waar de verhardingen van de pechstrook en/of redresseerstrook van de rijbanen samenkomen (betonpunt).

Het puntstuk moet redresseermogelijkheden bieden, wat wil zeggen dat bestuurders het puntstuk bij een noodzakelijke koerscorrectie veilig moeten kunnen overrijden. Concreet betekent dit dat de principes van een normale redresseerstrook gelden over de volledige breedte en lengte van het puntstuk.

Een puntstuk heeft dezelfde dwarshelling als de aanliggende (linkse) doorgaande rijbaan. Een eventuele (verdere) overgang van de verkanting vindt plaats:

- Bij een toeleidende rijbaan: stroomopwaarts van het punt waarop de verharding van de toeleidende rijbaan samenkomt met de verharding van de doorgaande rijbaan
- Bij een afbuigende rijbaan: stroomafwaarts van het punt waarop de verharding van de afbuigende rijbaan los is van de verharding van de doorgaande rijbaan



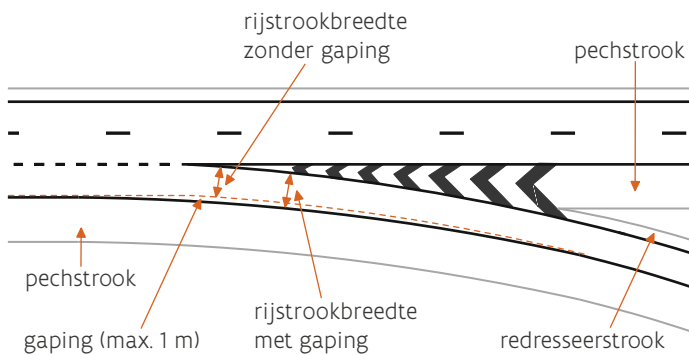
figuur 69: Dimensionering puntstuk

#### 6.1.4 Gaping

Bij uitvoeringen en splitsingen divergeren de rijbanen ter hoogte van de punt van het puntstuk onder een hoek ( $\tan \alpha$ ). Om de opvallendheid van het beslippunt te vergroten, wordt de breedte van de afbuigende rijstrook ter plaatse van de spitse punt van het puntstuk groter genomen dan de standaardbreedte verderop. Dit wordt verwezenlijkt door de rechtse rand van de uitvoegende rijstrook een meer gestrekte afronding te geven dan de afronding van het puntstuk. Deze overbreedte wordt 'gaping' genoemd.

De breedte van gaping is nooit breder dan 1 m om inhalen binnen één rijstrook te voorkomen. De lengte van de gaping bedraagt minimaal 80 m en maximaal 150 m. De pechstrook met standaardbreedte schuift mee met de verschoven randlijn.

Bij een splitsing wordt aan elke zijde van het puntstuk een gaping toegepast.



figuur 70: Gaping

## 6.1.5 Turbulentieafstanden en turbulentielengtes

Turbulentieafstanden zijn de afstanden rondom convergentie- en divergentiepunten waarover het rijgedrag en de afwikkeling worden beïnvloed door deze convergentie- en divergentiepunten. Deze beïnvloeding van het rijgedrag (turbulentie) is, vanwege de verplichte (en eventueel anticiperende) rijstrookwisselingen een direct gevolg en een kenmerk van een discontinuïteit.

Turbulentie uit zich onder meer in afwijkingen in de volgtijd tussen voertuigen en de verdeling van het verkeer over de rijstroken. Bijbehorende rijgedragskenmerken zijn bijvoorbeeld remacties, uitwijkmanoeuvres en verplichte en anticiperende rijstrookwisselingen. Daarnaast zijn bestuurders bezig met allerlei handelingen waardoor men minder openstaat voor abrupt benodigde handelingen. Turbulentie heeft hierdoor negatieve gevolgen voor de doorstroming ([zie hoofdstuk "4.5 Capaciteit"](#)) en de verkeersveiligheid (afwijkende rijgedragskenmerken, alertheid). De lengte waarover turbulentie bij een element voorkomt, is verschillend per discontinuïteit.

Turbulentielengtes zijn een maat om in het ontwerp de goede afstanden tussen discontinuïteiten te verkrijgen met het oog op de verkeersveiligheid en doorstroming. Reeds verschillende jaren worden onderstaande turbulentielengtes gehanteerd in Nederland en in Vlaanderen. [Recent onderzoek](#), gebaseerd op een empirische studie uit 2018 in Nederland, toont aan dat de hoogste mate van turbulentie plaatsvindt in de directe omgeving van de discontinuïteit. Verder stroomopwaarts en stroomafwaarts neemt de verhoogde mate van turbulentie sterk af. Dit leidt er toe dat er in Nederland momenteel andere turbulentielengtes zijn opgesteld. Deze lengtes gaan ook niet meer uit van de ontwerpsnelheid maar er is enkel nog een verschil in lengte tussen hoofdbanen en niet-hoofdbanen. Het is daarom dat er in deze herziening van het VWI nog geen rekening wordt gehouden met deze nieuwe waarden.

ligging wegvak	turbulentielengtes (m)					meetpunt
	120 km/h	100 km/h	90 km/h	70 km/h	50 km/h	
stroomopwaarts van invoeging of weefvak	150	130	110	90	n.v.t.	spitse punt puntstuk
stroomafwaarts van invoeging of weefvak	750	600	550	450	n.v.t.	spitse punt puntstuk
stroomopwaarts van samenvoeging	150	120	110	90	n.v.t.	spitse punt puntstuk
stroomafwaarts van samenvoeging	375	300	275	225	n.v.t.	spitse punt puntstuk
stroomopwaarts van uitvoeging of weefvak	750	600	550	450	n.v.t.	spitse punt puntstuk / taper
stroomafwaarts van uitvoeging of weefvak	150	120	110	90	n.v.t.	spitse punt puntstuk
stroomopwaarts van splitsing	150	120	110	90	n.v.t.	begin naderingsmarkering
stroomafwaarts van splitsing	150	120	110	90	n.v.t.	spitse punt puntstuk
stroomopwaarts van rijstrookbeëindiging	375	300	275	225	n.v.t.	begin overgangscurve
stroomafwaarts van rijstrookbeëindiging	150	120	110	90	n.v.t.	einde overgangscurve

tabel 48: Turbulentielengtes (Bij de discontinuïteit 'rijstrookvermeerdering' is geen sprake van relevante turbulentie)

### 6.1.5.1 Eisen aan wegontwerp binnen de turbulentielengte

Als gevolg van de turbulentie in de verkeersstroom gelden binnen de turbulentielengte van een discontinuïteit aanvullende eisen aan het wegontwerp. Binnen de turbulentielengte mag idealiter geen (turbulentielengte van een) andere discontinuïteit voorkomen om de turbulentie van de verkeersstroom ten gevolge van de discontinuïteit niet te vergroten. Op die manier kunnen de nadelige gevolgen voor de doorstroming en verkeersveiligheid beperkt worden. Recent onderzoek heeft echter aangetoond dat aan de buitenranden van de turbulentieafstanden de verhoging van de mate van turbulentie minimaal is. Daarom zal enige

overlap van turbulentieafstanden van opeenvolgende discontinuïteiten niet direct tot problemen leiden met betrekking tot verkeersveiligheid en doorstroming. Voorwaarde is wel dat er geen andere factoren zijn die een negatief effect hebben (bv. foutief wegbeeld, moeilijke signalisatie, zeer druk verkeer, ...)

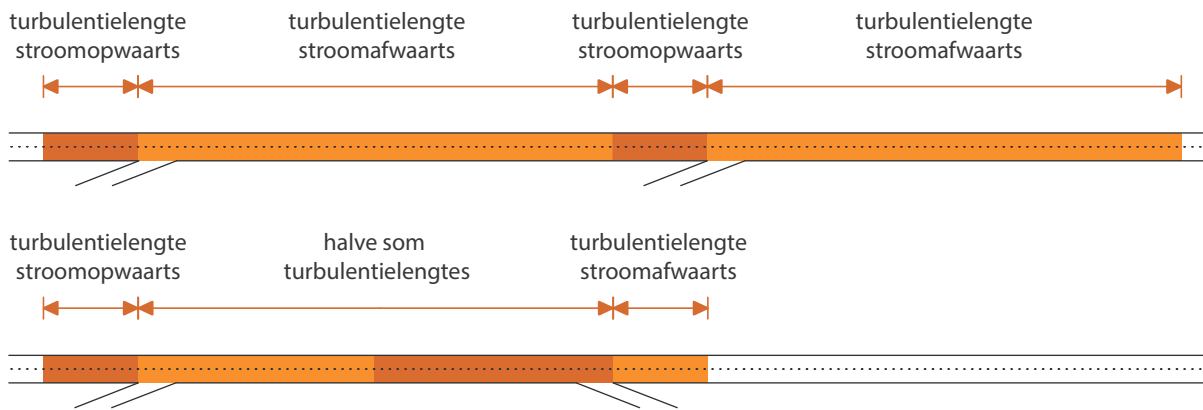
### 6.1.5.2 Afleiding gecombineerde turbulentielengte

Bij opeenvolging van discontinuïteiten mogen de turbulentielengtes elkaar idealiter niet overlappen (zie hoofdstuk "6.1.5.1 Eisen aan wegontwerp binnen de turbulentielengte"). Empirisch onderzoek toont echter aan dat de meeste rijstrookwissels in de onmiddellijke nabijheid van de oprit of afrit gebeuren en dus aan het begin van de invoegstrook of de uitvoegstrook. Daarom is enige overlap aanvaardbaar. De bij turbulentie benodigde minimale lengte van een wegvak tussen twee discontinuïteiten a (stroomopwaarts) en b (stroomafwaarts) is te bepalen door de volgende afstanden te combineren:

- Turbulentielengte stroomafwaarts van element a
- Turbulentielengte stroomopwaarts van element b

De combinatie geschiedt door (zie ook [figuur 71](#)):

- De som van de turbulentielengtes in geval van twee opeenvolgende convergentiepunten (invoeging, samenvoeging, rijstrookbeëindiging)
- De helft van de som van de turbulentielengtes in alle andere gevallen



figuur 71: Visualisatie afleiding turbulentielengte voor opeenvolging invoeging – invoeging en opeenvolging invoeging - uitvoeging

Stroomafwaarts van een convergentiepunt is meer verkeer te verwachten dan stroomopwaarts van dit punt. Daarom gelden bij twee opeenvolgende convergentiepunten hogere minimumwaarden voor de (gecombineerde) turbulentielengte.

## 6.2 Invoeging

Een invoeging bestaat uit een convergentiepunt waar een rijbaan (de toeleidende rijbaan) door middel van een invoegstrook aansluit op de rechterzijde van een andere rijbaan (de doorgaande rijbaan). Hierbij is sprake van ongelijkwaardigheid tussen beide rijbanen. De toeleidende rijbaan is hierin de ondergeschikte tak. De richtlijnen die gelden voor het toepassen van een invoeging zijn beschreven in [hoofdstuk "4.5.3.1 Invoeging"](#).

De invoegstrook wordt gezien als een rijstrookvermeerdering van de doorgaande rijbaan en kan, nadat het verkeer heeft ingevoegd, komen te vervallen.

### 6.2.1 Onderdelen

Een invoeging bestaat op hoofdlijnen uit de volgende onderdelen:

- Toeleidende rijbaan
- Puntstuk (convergentiepunt)
- Invoegstrook

#### 6.2.1.1 Toeleidende rijbaan

Een toeleidende rijbaan is een rijbaan die een aansluitende weg verbindt met de betreffende autosnelweg. Voor het deel van de toeleidende rijbaan tussen het begin van de laatste overgangsboog en de punt van het puntstuk geldt een minimale lengte. Deze lengte wordt benut voor het accelereren van voertuigen. De maatgevende acceleratielengte is beschreven in [hoofdstuk "6.1.1 Acceleratielengte"](#).

#### 6.2.1.2 Puntstuk

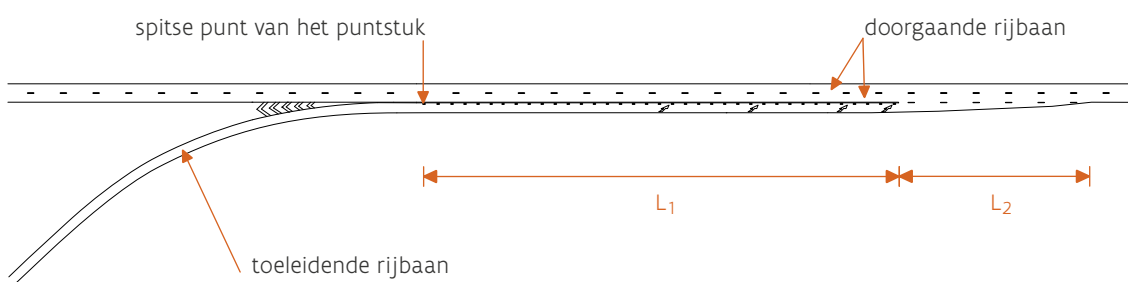
De bepalingen met betrekking tot het puntstuk zijn opgenomen in [hoofdstuk "6.1.3 Puntstuk"](#).

#### 6.2.1.3 Invoegstrook

Een invoegstrook is een rijstrook van een beperkte lengte stroomafwaarts van een convergentiepunt die grenst aan de doorgaande rijbaan. De invoegstrook begint bij de spitse punt van het puntstuk. Om de genoemde functies te vervullen, zijn er eisen aan de dimensionering van de invoegstroken gesteld. De lengte van de invoegstrook is afhankelijk van de ontwerpsnelheid op de doorgaande rijbaan.

ontwerpsnelheid (km/h)	lengte $L_1$ (m) invoegstrook exclusief overgangscurve	lengte $L_2$ (m) overgangscurve
120	250	100
100	200	100
90	190	100
70	150	100
50	n.v.t.	n.v.t.

tabel 49: Lengtes van invoegstrook

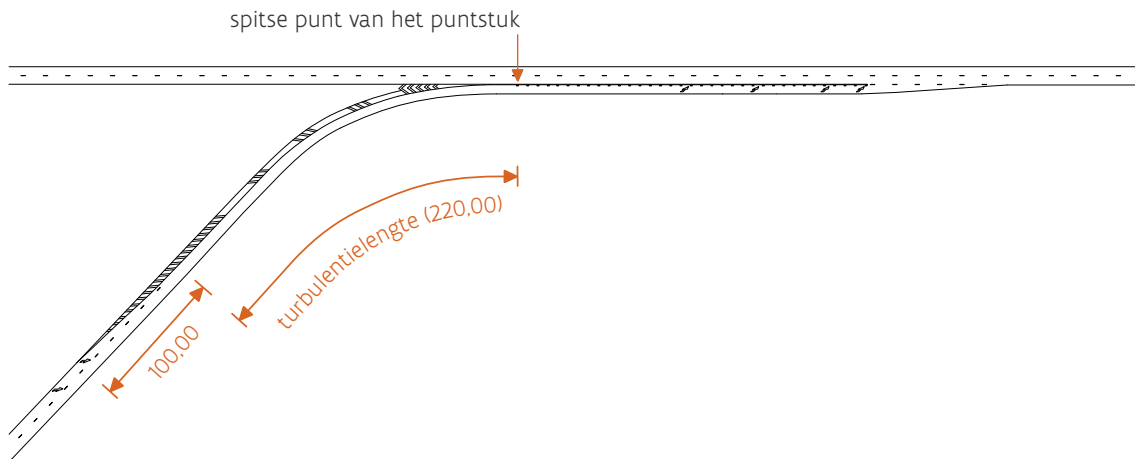


figuur 72: Standaard invoeging

## 6.2.2 Standaardoplossingen

Een voorbeeld van een standaard invoeging is weergegeven in [figuur 72](#).

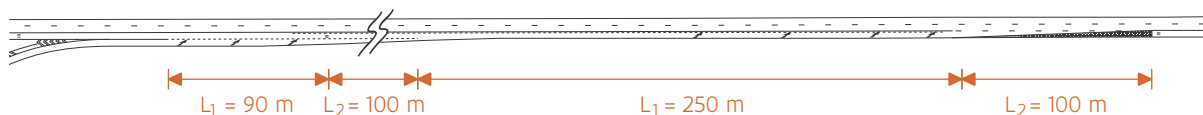
Wanneer de toeleidende rijbaan uit meer dan 1 rijstrook bestaat, wordt deze voor het einde van het puntstuk afgestreept door middel van een verdrijvingsvlak, zie [figuur 73](#). De resterende rijstrook voegt in volgens het bovenbeschreven standaardprincipe. Uitgaande van een toeleidende rijbaan met een ontwerpsnelheid van 90 km/h, wordt de afstropping minimaal 325 m stroomopwaarts van (de spitse punt van) het puntstuk ingezet. Dit is de lengte van de overgangscurve (100 m) en de turbulentielengte stroomafwaarts van een rijstrookbeëindiging (110 m voor een ontwerpsnelheid van 90 km/h) en de turbulentielengte stroomopwaarts van een oprit (110 m voor een ontwerpsnelheid van 90 km/h).



figuur 73: Oplossing met tweestroomse toeleidende rijbaan (ontwerpsnelheid toeleidende rijbaan 90 km/h)

## 6.2.3 Invoeging gecombineerd met BOB

Bij invoegstroken moeten bijzondere maatregelen genomen worden om de kruising tussen de gebruikers van een BOB en het verkeer dat de hoofdrijbaan oprijdt of verlaat, op een veilige manier te laten gebeuren. Deze maatregelen zijn schematisch weergegeven op [figuur 74](#). Richtlijnen met betrekking tot dimensionering van de BOB zijn opgenomen in [hoofdstuk "5.4.10 Bijzonder Overrijdbare Bedding"](#).



figuur 74: Invoeging gecombineerd met BOB

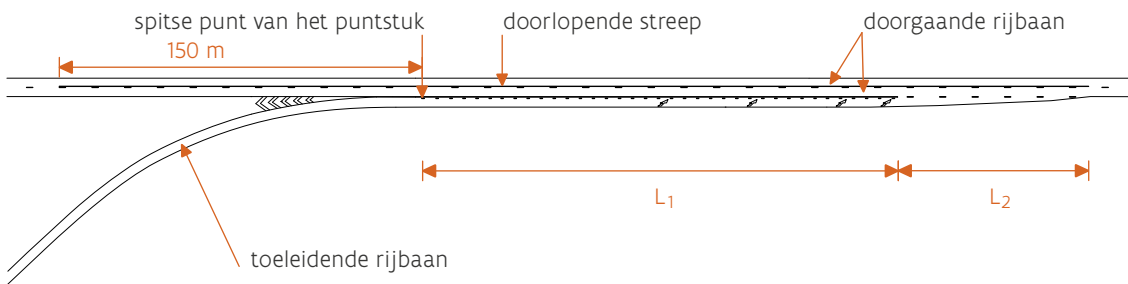
## 6.2.4 Invoeging met doorlopende streep links

Om het invoegen bij drukke momenten op sommige locaties eenvoudiger te laten verlopen, kan ter hoogte van de invoeging een doorlopende streep worden aangebracht tussen de rechter rijstrook en de naastgelegen rijstrook. Hierdoor worden rijstrookwissels van de linker naar de rechter rijstrook vermeden en verhoogt het aantal geschikte hiaten om in te voegen.

Het toepassen van deze maatregel wordt enkel aanbevolen als er gedurende langere tijd druk verkeer is op de rechter rijstrook. De maatregel kan dan ook alleen maar worden toegepast als gedurende 8 uur op een etmaal de I/C-verhouding op de rechtersijstrook, direct stroomafwaarts van het einde van de oprit, gelijk of groter is dan 0,81. De maatregel wordt niet standaard toegepast ter hoogte van elke invoeging en maatwerk is steeds nodig. Volgende vragen moeten bekeken worden om te oordelen of de maatregel nuttig is:

- Vinden er rijstrookwisselingen plaats van de linker- naar de rechter rijstrook ter hoogte van de oprit?
- Verloopt het invoegen op een vloeiende en veilige manier?
- Rijden er voertuigen over het verdrijvingsvlak en/of pechstrook in het verlengde van de oprit?

De maatregel bestaat uit een doorlopende streep links van de rijstrookmarkering van de rechter rijstrook op de hoofdbaan. De doorlopende streep begint 150 meter vóór de spitse punt van het puntstuk van de oprit en eindigt op het einde van de oprit. Door deze maatregelen mag het verkeer dat op de linker strook rijdt niet over de - voor hen - doorgetrokken streep. Het verkeer op de rechter rijstrook mag wel over de - voor hen - onderbroken streep naar de linker rijstrook, maar dus niet weer terug naar rechts.



figuur 75: Invoeging met doorlopende streep links



## 6.3 Uitvoeging

Een uitvoeging is een divergentiepunt waarbij een rijbaan (de afbuigende rijbaan) zich afscheidt van een andere rijbaan (de doorgaande rijbaan) door middel van één of twee uitrijstroken aan de rechterzijde van de doorgaande rijbaan. Hierbij is sprake van ongelijkwaardigheid tussen beide rijbanen. De afbuigende rijbaan is hierin de ondergeschikte tak. De richtlijnen die gelden voor het toepassen van een uitvoeging zijn beschreven in [hoofdstuk "4.5.3.2 Uitvoeging"](#).

Bij een uitvoeging geldt dat de uitrijstro(oc)k(en) als extra rijstro(oc)k(en) aansluit(en) op de rechterzijde van de doorgaande rijbaan. Bij het puntstuk gaan de uitrijstroken over in de afbuigende rijbaan.

### 6.3.1 Onderdelen

Een uitvoeging bestaat op hoofdlijnen uit de volgende onderdelen:

- Uitvoegstrook
- Puntstuk (divergentiepunt)
- Afbuigende rijbaan

#### 6.3.1.1 Uitvoegstrook

De uitvoegstrook is een rijstrook van beperkte lengte ter plaatse van een divergentiepunt die grenst aan een doorgaande rijbaan. Indien dubbele uitrijstroken worden toegepast, grenst slechts de binnenste strook aan een doorgaande rijstrook. De uitvoegstrook eindigt bij de spitse punt van het puntstuk.

Bij voorkeur vormen de minimale lengtes uit de onderstaande tabellen ook de bovengrens. Het verlengen van de uitvoegstrook heeft tot gevolg dat op het eerste gedeelte van deze rijstrook met onverminderde snelheid wordt doorgereden en daarbij voertuigen op de rechterstrook van de doorgaande rijbaan worden ingehaald. Dit kan leiden tot onvoorspelbare situaties en tot ongewenste manoeuvres met negatieve gevolgen voor de verkeersveiligheid.

Bij een linkse boog in de hoofdbaan met een bijpassende (positieve) verkanting wordt de uitvoegstrook in dezelfde verkantingsrichting uitgevoerd omwille van de zichtbaarheid. Bij de volgende verkantingsovergang in de afbuigende rijbaan wordt om dezelfde reden de rechtse randlijn van de rijbaan als wentelingsas gekozen.

#### 6.3.1.2 Puntstuk

De bepalingen met betrekking tot het puntstuk zijn opgenomen in [hoofdstuk "6.1.3 Puntstuk"](#).

#### 6.3.1.3 Afbuigende rijbaan

Een afbuigende rijbaan is het gedeelte van de uitvoeging dat de uitvoegstrook van de betreffende autosnelweg verbindt met een aansluitende weg. Voor het deel van de afbuigende rijbaan tussen de spitse punt van het puntstuk en het midden van de eerste overgangsboog geldt een minimale lengte. Deze lengte is afhankelijk van de benodigde deceleratielengte. Eisen met betrekking tot de benodigde deceleratielengte zijn weergegeven in [hoofdstuk "6.1.2 Deceleratielengte"](#).

Het alignement van de afbuigende rijbaan moet over het eerste gedeelte het alignement van de doorgaande rijbaan volgen. Dit is van belang om de afbuigende rijbaan in te leiden en om een verkantingsovergang mogelijk te maken. Tegenverkanting in afbuigende rijbanen leidt immers veelal tot een verkeersonveilig wegontwerp vanwege de hoge snelheid van het uitvoegende verkeer in combinatie met horizontale bogen in een lager ontwerpsnelheidsregime. Dit stelt de volgende ontwerpeisen aan de eerste tientallen meters van de afbuigende rijbaan:

- Bij een horizontale rechtstand in de hoofdbaan wordt in het eerste gedeelte van de afbuigende rijbaan eveneens een horizontale rechtstand toegepast.
- Bij een horizontale boog in de hoofdbaan wordt in het eerste gedeelte van de afbuigende rijbaan een horizontale boog met dezelfde boogstraal toegepast.

Bij het vervolg van de afbuigende rijbaan moet rekening gehouden worden met de stappentheorie ([zie hoofdstuk "5.2.2.2 Ontwerpparameters"](#)) om te waarborgen dat de snelheidsafname veilig plaats kan vinden.

Indien vlak na het divergentiepunt opnieuw een divergentiepunt gesitueerd is, wordt dit tweede divergentiepunt vormgegeven door middel van een nieuwe uitvoeging. Onafhankelijk van de situatie is een splitsing hier ongewenst omdat:

- De weggebruiker kort na een uitvoeging niet verwacht dat hij een verplichte rijstrookwisseling naar links moet ondernemen en hierdoor in zowel langs- als dwarsrichting onverwachte manoeuvres kan gaan uitvoeren.
- Op korte afstand na het eerste divergentiepunt de linkse rijstrook (inhaalstrook) overgaat in een rijstrook met een eigen bestemming, hetgeen snelheidsverschillen tussen de rijstroken ongewenst maakt.
- Bestuurders die bekend zijn zullen reeds vroegtijdig (voor de naderingsmarkering) voorsorteren, hetgeen tot capaciteitsverlies (onderbenutting rijstroken) en ongewenst gedrag (en dus turbulentie en verkeersonveiligheid) leidt.

### **6.3.2 Standaardoplossingen**

De standaardoplossingen voor een uitvoeging zijn, in volgorde van voorkeur:

- Standaard éénstrooks uitvoeging
- Tweestrookse uitvoeging met verbreding aan de rechterzijde
- Tweestrookse uitvoeging met taperende linkerrijstrook

De te kiezen oplossing is afhankelijk van de geldende verkeersintensiteiten, [zie hoofdstuk "4.5.3.2 Uitvoeging"](#). Daarnaast dient de keuze voor een bepaalde oplossing afgestemd te worden met de bewegwijzering ([zie hoofdstuk "7.2 Bewegwijzering, bebording en bebakening"](#)) en de [Dienstorder MOW/AWV/2022/08 "Algemene omzendbrief nopens de wegsignalisatie"](#).

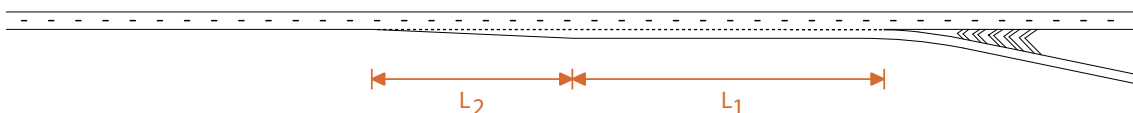
Een uitvoeging met een onderbroken streep tussen de twee rijstroken kan een grotere capaciteit verwerken dan een uitvoeging met een doorlopende streep. Een doorlopende streep verhindert onveilige weefbewegingen. Bij plaatsgebrek kan een enkelvoudige uitrit ontduddeld worden na de uitvoegstrook. Deze variant genereert minder capaciteit.

#### **Eénstrookse uitvoeging**

De richtlijnen met betrekking tot de dimensionering zijn weergegeven in [tabel 50](#) en zijn aangeduid op [figuur 76](#).

ontwerpsnelheid (km/h)	lengte $L_1$ (m) uitvoegstrook exclusief overgangscurve	lengte $L_2$ (m) overgangscurve
120	150	100
100	110	100
90	110	100
70	90	100
50	60	55

tabel 50: Standaardlengtes van éénstrooks uitvoeging



figuur 76: Standaardoplossingen éénstrookse uitvoeging

### Tweestrookse uitvoeging

Een uitvoeging met twee uitvoegende rijstroken wordt standaard uitgevoerd met een verbreding aan de rechterzijde. De uitvoegende taper wordt alleen toegepast indien de voorkeursoplossing fysiek niet inpasbaar is en de verbreding aan de rechterzijde tot onvoldoende benutting leidt. Het is van belang bij de uitvoegende taper dat de weergegeven lengtes onder geen beding onderschreden mogen worden. Voor de markering van de uitvoegende taper wordt verwezen naar de [Dienstorder MOW/AWV/2022/08 "Algemene omzendbrief nopens de wegsignalisatie"](#).

De aansluiting van de uitvoegstroken met de hoofdweg bij een tweestrookse uitvoeging kan op drie verschillende manieren gebeuren:

- Een uitvoegstrook met twee rijstroken en een onderbroken streep heeft een grotere capaciteit dan de twee onderstaande alternatieven ([zie figuur 77a](#)).
- Een uitvoegstrook met twee rijstroken en een doorlopende streep (taperuitvoeging) scheidt de twee uitvoegstroken van elkaar om onveilige weefbewegingen te vermijden ([zie figuur 77b](#)). Er wordt geopteerd voor deze uitvoering als er niet voldoende ruimte is voor twee rijstroken en een onderbroken streep.
- Een uitvoegstrook met één rijstrook die na de uitvoeging over gaat in twee rijstroken is een ruimtebesparend alternatief. Deze uitvoering heeft de uitvoercapaciteit van een enkele uitvoegstrook maar heeft meer opstelcapaciteit om de kans op terugslag van files op het onderliggende wegennet tot op de autosnelweg te verkleinen. Om onveilig gedrag te voorkomen, mag de uitvoegstrook ter hoogte van het splitsingspunt niet breder zijn dan één rijstrook ([zie figuur 77c](#)). De te hanteren standaardlengtes  $L_1$  en  $L_2$  zijn opgenomen in [tabel 51](#).

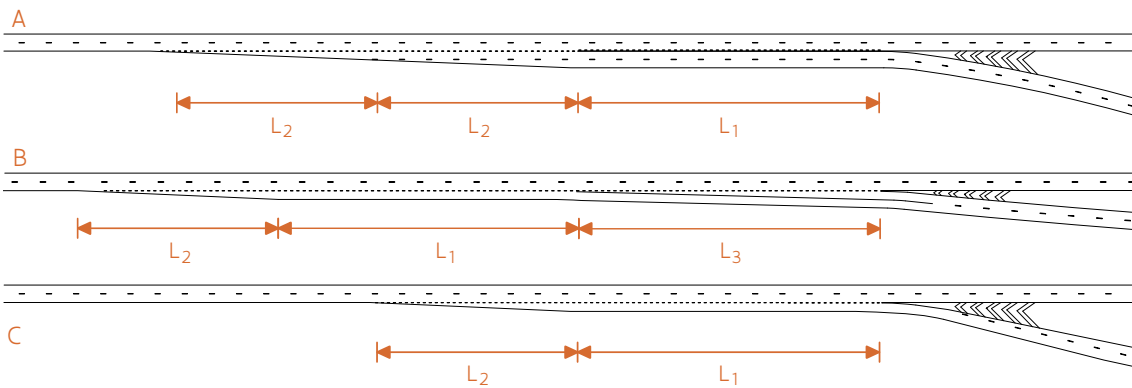
Een enkelvoudige uitvoegstrook die overgaat in twee rijstroken, heeft een kleinere capaciteit dan een uitvoegstrook met twee rijstroken. Ze wordt uitgevoerd als er wegens plaatsgebrek geen andere oplossing is of wanneer dit nodig is voor het functioneren van het kruispunt met het onderliggend wegennet.

ontwerpsnelheid (km/h)	lengte $L_1$ (m) uitvoegstrook exclusief overgangscurve	lengte $L_2$ (m) overgangscurve
120	150	100
100	110	100
90	110	100
70	90	100
50	n.v.t.	n.v.t.

tabel 51: Standaardlengtes van tweestrookse uitvoeging met verbreding aan rechterzijde (de lengte van de overgangscurve wordt 2x toegepast bij een tweestrookse uitvoeging met verbreding aan de rechterzijde) ([zie figuur 77a](#))

ontwerpsnelheid (km/h)	lengte $L_1$ (m) uitvoegstrook exclusief overgangscurve	lengte $L_2$ (m) overgangscurve	lengte $L_3$ (m) uitvoegende taper
120	150	100	150
100	110	100	150
90	110	100	150
70	90	100	150
50	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.

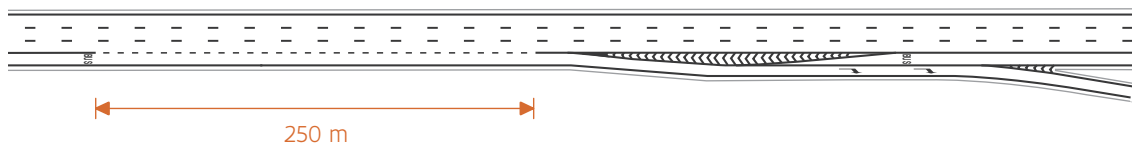
tabel 52: Standaardlengtes van tweestroomse uitvoeging met taperende linkse uitvoegstrook (zie figuur 77c)



figuur 77: Tweestroomse uitvoeging

### 6.3.3 Uitvoeging gecombineerd met BOB

Bij uitvoegstroken moeten bijzondere maatregelen genomen te worden om de kruising tussen de gebruikers van een bijzondere overrijdbare bedding (BOB) en het uitrijdende verkeer op een veilige manier te laten gebeuren. Verdere richtlijnen met betrekking tot een BOB zijn opgenomen in [hoofdstuk "5.4.10 Bijzonder Overrijdbare Bedding"](#).



figuur 78: Uitvoeging gecombineerd met BOB

## 6.4 Samenvoeging

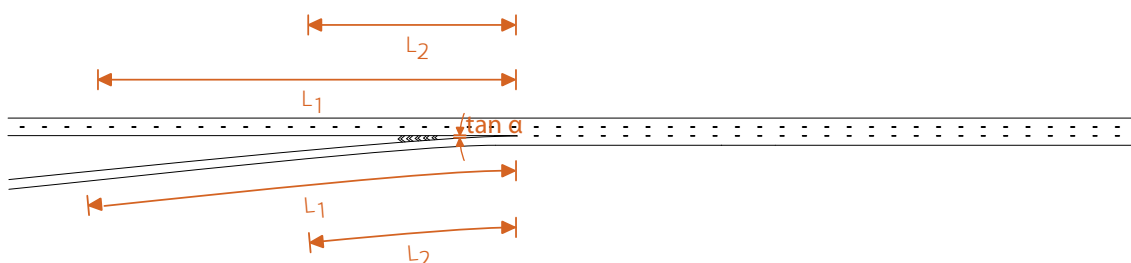
Een samenvoeging is een convergentiepunt van twee rijbanen waarbij van elk van de samenkomende rijbanen ten minste één rijstrook doorloopt. Een samenvoeging wordt toegepast indien op de doorgaande rijbaan, na het convergentiepunt, uit het oogpunt van capaciteit meer rijstroken benodigd zijn dan ervoor. De voorwaarden die gelden voor het toepassen van een samenvoeging zijn beschreven in [hoofdstuk "4.5.3.3 Samenvoeging"](#).

Binnen samenvoegingen wordt onderscheid gemaakt tussen de volgende standaardoplossingen:

- Samenvoegingen met een gelijkblijvend aantal rijstroken
- Samenvoegingen met een afnemend aantal rijstroken

### 6.4.1 Samenvoeging met een gelijkblijvend aantal rijstroken

Bij een standaard samenvoeging is de som van het aantal rijstroken voor en na het convergentiepunt gelijk. De standaardoplossing hiervoor is weergegeven in [figuur 79](#). De maatgevende lengtes zijn vermeld in [tabel 53](#).



figuur 79: Samenvoeging gelijkblijvend aantal rijstroken

Op enige afstand ( $L_1$ ) voor het puntstuk heeft elke rijbaan dezelfde ontwerpsnelheid als na het puntstuk.

In verband met de goede waarneembaarheid van het verkeer op de andere rijbaan, komen de beide rijbanen onder een kleine hoek samen en worden ze over een afstand ( $L_2$ ) recht of nagenoeg recht gehouden en op gelijke hoogte gelegd.

ontwerpsnelheid (km/h)	lengte $L_1$ (m) stroomopwaarts spitse punt puntstuk waarop beide rijbanen dezelfde ontwerpsnelheid hebben	lengte $L_2$ (m) stroomopwaarts spitse punt puntstuk waarover beide rijbanen (nagenoeg) recht en op gelijke hoogte liggen	hoek tussen samenvoegende rijbanen
120	200	100	$\tan \alpha \leq 3\%$
100			
90			
70			
50			

tabel 53: Eisen aan dimensionering samenvoeging

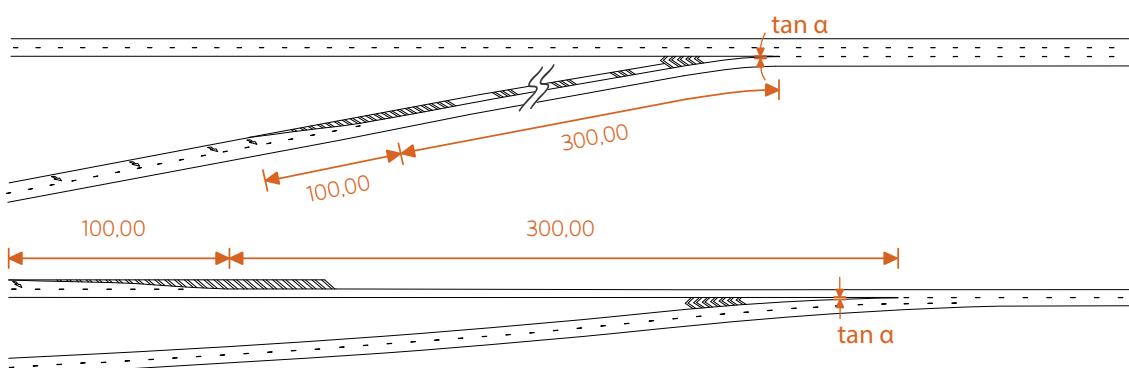
Voor het overige gelden dezelfde eisen aan het puntstuk als bij een invoeging, [zie hoofdstuk "6.2 Invoeging"](#).

## 6.4.2 Samenvoeging met afnemend aantal rijstroken

Voor de inrichting van een samenvoeging met een afnemend aantal rijstroken wordt de volgende volgorde aangehouden:

- Rijstrookbeëindiging op één van de rijbanen stroomopwaarts van de samenvoeging
- Rijstrookbeëindiging op de rijbaan stroomafwaarts van de samenvoeging

De standaardoplossingen voor samenvoegingen met een afnemend aantal rijstroken zijn weergegeven in [figuur 80](#). Voor inrichtingen met een rijstrookbeëindiging gelden eisen met betrekking tot turbulentie (zie [hoofdstuk "6.1.5 Turbulentieafstanden en turbulentielengtes"](#)) en rijrijstrookverminderingen (zie [hoofdstuk "6.7 Rijstrookbeëindiging"](#)). De dimensioneringseisen zijn hetzelfde als bij samenvoegingen met een gelijkblijvend aantal rijstroken ([tabel 53](#)).



figuur 80: Samenvoeging met afnemend aantal rijstroken (De afmetingen in de afbeelding zijn gebaseerd op een ontwerpsnelheid van 120 km/h voor alle rijbanen)

## 6.5 Splitsing

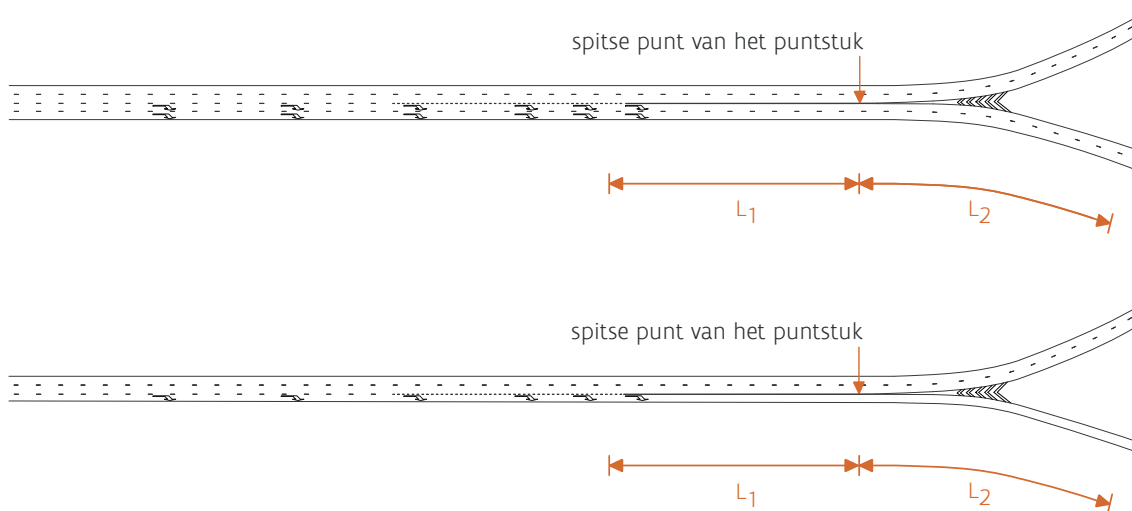
Een splitsing is een divergentiepunt waar een rijbaan overgaat in twee rijbanen met dezelfde ontwerpsnelheid en waarbij beide rijbanen ten minste één rijstrook van de oorspronkelijke rijbaan bevatten. De som van het aantal rijstroken na het divergentiepunt is minimaal even groot als vóór het divergentiepunt. De rechterrijstrook van de rijbaan vóór het divergentiepunt wordt altijd voortgezet in de rechterrijbaan na dat punt. De voorwaarden die gelden voor het toepassen van een splitsing zijn beschreven in [hoofdstuk "4.5.3.4 Splitsing"](#).

Binnen splitsingen wordt onderscheid gemaakt tussen de volgende standaardoplossingen:

- Splitsingen met een gelijkblijvend aantal rijstroken
- Splitsingen met een toenemend aantal rijstroken

### 6.5.1 Splitsing met een gelijkblijvend aantal rijstroken

Bij een standaard splitsing is de som van het aantal rijstroken vóór en na het divergentiepunt gelijk. De standaardoplossing hiervoor is weergegeven in [figuur 81](#). De maatgevende lengtes zijn vermeld in [tabel 54](#).



figuur 81: Splitsingen met een gelijkblijvend aantal rijstroken

ontwerpsnelheid (km/h)	lengte $L_1$ (m) stroomopwaarts spitse punt puntstuk waarover de toeleidende rijbaan nagenoeg recht dient te liggen	lengte $L_2$ (m) stroomafwaarts spitse punt puntstuk waarover beide rijbanen (nagenoeg) recht en op gelijke hoogte liggen	hoek tussen splitsende rijbanen*
120	200	200	$3\% \leq \tan \alpha \leq 4\%$
100	175	175	$3\% \leq \tan \alpha \leq 5\%$
90	150	150	$3\% \leq \tan \alpha \leq 6\%$
70	120	120	$3\% \leq \tan \alpha \leq 8\%$
50	100	100	$3\% \leq \tan \alpha \leq 10\%$

\* voor het overige gelden dezelfde eisen aan het puntstuk als bij een uitvoering. [zie hoofdstuk "6.3 Uitvoering"](#).

tabel 54: Standaardlengtes van splitsingen met een gelijkblijvend aantal rijstroken

Een splitsing heeft geen deceleratielengte nodig omdat de ontwerpsnelheid na het puntstuk wordt doorgezet.

Ter ondersteuning van het onderscheid met een uitvoeging wordt gekozen voor een kleine splitsingshoek die de splitsing een vloeiender verloop geeft. De hoeken van de splitsende rijbanen met de oorspronkelijke rijbaan zijn bij voorkeur gelijk (en daarmee de helft van de totale hoek). Indien dit niet inpasbaar is, wordt één van de rijbanen in het verlengde van de oorspronkelijke rijbaan gelegd.

Voor de enkele dan wel beide afbuigende rijbanen worden de buitenzijden van de rijbanen ter hoogte van het splitsingspunt vormgegeven met horizontale bogen. Ter bevordering van de zichtbaarheid van de splitsing is het gewenst om de enkele dan wel beide afbuigende rijbanen ter hoogte van het begin van het puntstuk te verbreden (gaping) met maximaal 1 m. De gaping wordt geleidelijk opgebouwd en heeft een maximale lengte van 200 m.

Het punt waar de naderingsmarkering ter aankondiging van de splitsing wordt ingezet, wordt in samenhang met de bewegwijzering gekozen.

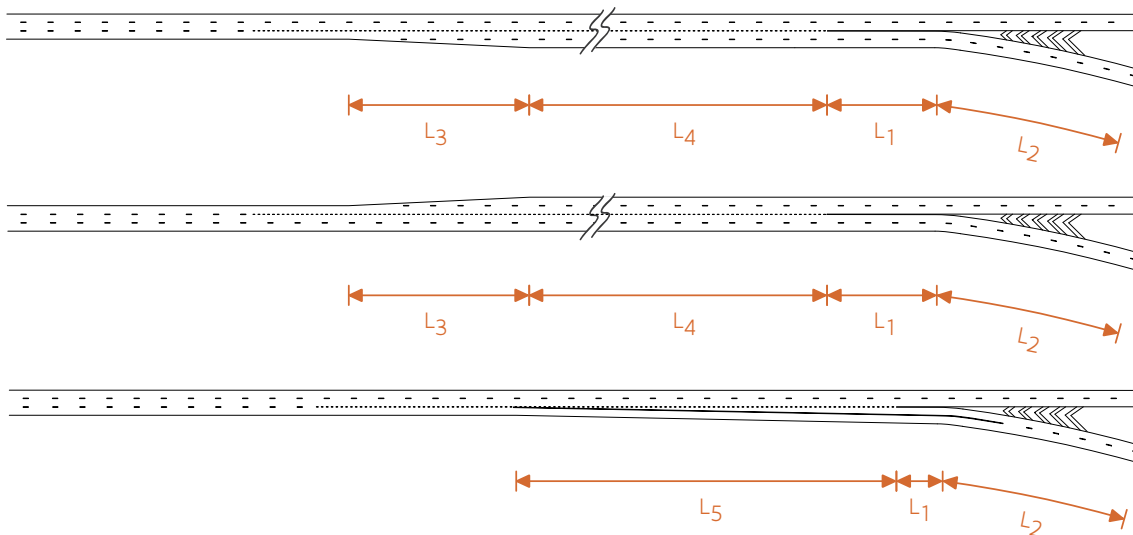
### 6.5.2 Splitsingen met een toenemend aantal rijstroken

Indien de som van het aantal rijstroken na de splitsing groter moet zijn dan ervoor, moet de volgende volgorde aangehouden te worden voor de inrichting (zie figuur 82):

- Toevoeging van een rijstrook aan de rechterzijde van de rijbaan
- Toevoeging van een rijstrook aan de linkerzijde van de rijbaan

Voor de vormgeving van deze splitsingen worden dezelfde richtlijnen gehanteerd als voor splitsingen met een gelijkblijvend aantal rijstroken. Voor de vormgeving van het punt waar een rijstrookvermeerdering wordt toegepast, worden dezelfde uitgangspunten gehanteerd als voor een uitvoeging. Het punt waar de naderingsmarkering ter aankondiging van de splitsing wordt ingezet, wordt in samenhang met de bewegwijzering gekozen.

Indien niet aan de minimale lengte  $L_1$  en  $L_2$  kan worden voldaan, dient er gekozen te worden voor een tapersplitsing. De reden hiervoor is dat een te korte lengte van de bijkomende rijstrook leidt tot onvoldoende vulling van de rechter rijstrook, onduidelijke bewegwijzering en markering.



figuur 82: Splitsingen met een toenemend aantal rijstroken



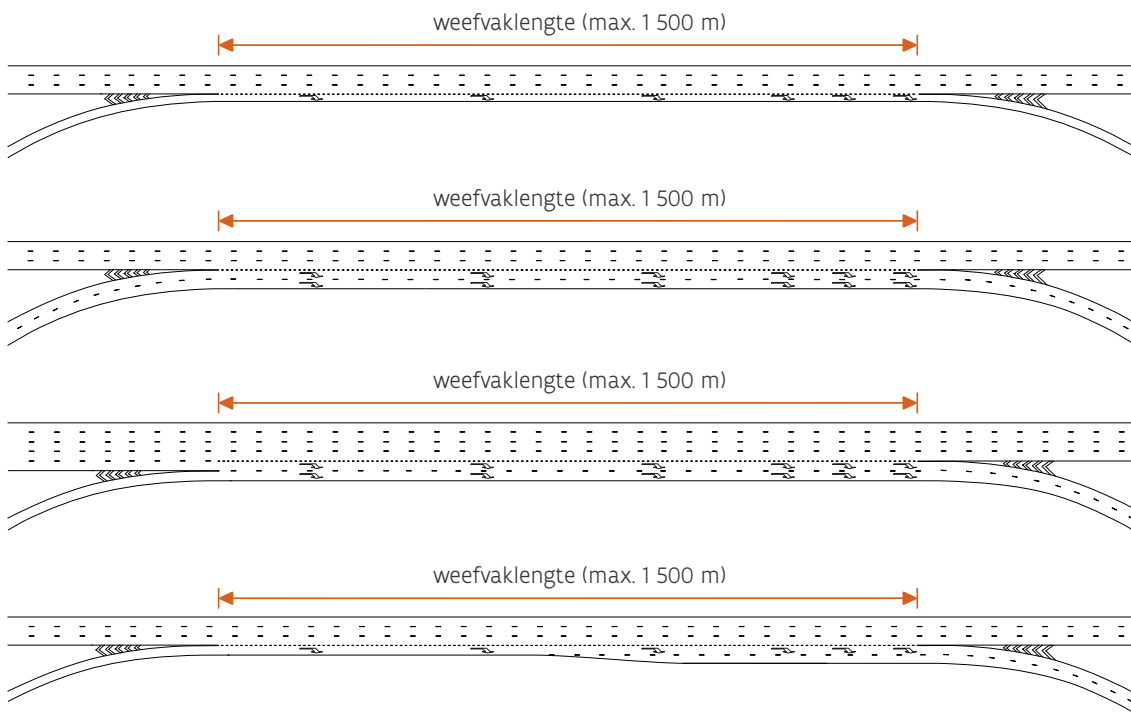
ontwerp- snelheid (km/h)	lengte L <sub>1</sub> (m) stroomopwaarts spitse punt punt- stuk waarover de toeleidende rijbaan (nagenoeg) recht dient te liggen	lengte L <sub>2</sub> (m) stroomafwaarts spitse punt punt- stuk waarover beide rijbanen (nagenoeg) recht en op gelijke hoogte liggen	hoek tussen splitsende rijbanen*	lengte L <sub>3</sub> (m) overgangs- curve	lengte L <sub>4</sub> (m) toevoegende rijstrook excl. overgangs- curve	lengte L <sub>5</sub> (m) tapersplitsing
120	200	200	$3\% \leq \tan \alpha \leq 4\%$	100	450	200
100	175	175	$3\% \leq \tan \alpha \leq 5\%$	100	370	170
90	150	150	$3\% \leq \tan \alpha \leq 6\%$	100	330	150
70	120	120	$3\% \leq \tan \alpha \leq 8\%$	100	270	120
50	100	100	$3\% \leq \tan \alpha \leq 10\%$	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.

\* voor het overige gelden dezelfde eisen aan het puntstuk als bij een uitvoeging, [zie hoofdstuk "6.3 Uitvoeging"](#).

tabel 55: Standaardlengtes van splitsingen met toenemend aantal rijstroken

## 6.6 Weefvak

Een weefvak is een wegvak waarbinnen een invoegende rijbaan en een uitvoegende rijbaan direct met elkaar verbonden zijn door middel van één of meerdere extra rijstroken aan de rechterzijde van de doorgaande rijbaan. Bij een weefvak is er wegvak van beperkte lengte tussen een convergentie- en divergentiepunt dat bedoeld is om te weven. Weven is het onder een zeer kleine hoek en met gering snelheidsverschil kruisen van twee verkeersstromen die zich in dezelfde richting bewegen. Enkele voorbeelden hiervan zijn weergegeven in [figuur 83](#). De afwegingen die ten grondslag liggen aan de keuze van een bepaald weefvak, zijn beschreven in [hoofdstuk "4.5.3.5 Weefvak"](#). Het weefvak wordt gemeten tussen het einde van het convergentiepuntstuk en het begin van het divergentiepuntstuk.



figuur 83: Enkele schematische voorbeelden weefvak

Het belangrijkste criterium voor de dimensionering van weefvakken is de capaciteit als gevolg van het aandeel wevend verkeer. De factoren met betrekking tot dimensionering op basis van capaciteit zijn beschreven in [hoofdstuk "4.5.3.5 Weefvak"](#). Te lange weefvakken (> 1 500 m) zijn ongewenst, vanwege het optreden van ongewenst verkeersgedrag. Bij een grotere lengte wordt een invoeging gevolgd door een uitvoeging toegepast. Indien dit uit het oogpunt van capaciteit niet mogelijk is, wordt een extra rijstrook en een rijstrookbeëindiging op de doorgaande rijbaan toegepast, of wordt een samenvoeging gevolgd door een splitsing toegepast. Een combinatie van beiden is eveneens mogelijk.

Wanneer beide doorgaande stromen of beide kruisende stromen het grootst zijn, ligt de keuze voor een symmetrisch weefvak veelal voor de hand. Bij één grote kruisende stroom wordt eerder gekozen voor een asymmetrisch weefvak.

### 6.6.1 Gelijkwaardigheid van de verkeersstromen

Voor de categorisering van weefvakken wordt onderscheid gemaakt in:

- Weefvakken voor gelijkwaardige verkeersstromen
- Weefvakken voor ongelijkwaardige verkeersstromen
- Weefvakken voor gelijkwaardige en ongelijkwaardige verkeersstromen

### Weefvakken voor gelijkwaardige verkeersstromen

Een weefvak voor gelijkwaardige verkeersstromen is een samenstel van een samenvoeging en een splitsing. Het wordt toegepast wanneer er op basis van de netwerkcategorisering geen hiërarchisch onderscheid gemaakt kan worden tussen de rijbanen. Dit betekent in hoofdzaak dat de convergerende/divergerende rijbanen dezelfde ontwerpsnelheden hebben, bijvoorbeeld wanneer twee (doorgaande) autosnelwegen over enige lengte parallel lopen.

Voor de dimensionering van de puntstukken en van de toeleidende en afbuigende rijbanen worden voor weefvakken met gelijkwaardige verkeersstromen de eisen zoals omschreven onder samenvoeging en splitsing aangehouden.

### Weefvakken voor ongelijkwaardige verkeersstromen

Een weefvak voor ongelijkwaardige verkeersstromen is een samenstel van een invoeging en een uitvoeging. Het wordt toegepast wanneer er op basis van de netwerkcategorisering een hiërarchisch onderscheid gemaakt kan worden tussen de rijbanen. Dit betekent in hoofdzaak dat de convergerende/divergerende rijbanen ongelijke ontwerpsnelheden hebben, bijvoorbeeld wanneer een oprit wordt aangesloten op de stroomafwaarts gelegen uitvoeging.

De rijstrook of rijstroken voor de wevende verkeersstroom zijn gesitueerd aan de rechterzijde van de doorgaande rijbaan. Voor de dimensionering van de puntstukken en van de toeleidende en afbuigende rijbanen worden voor weefvakken met ongelijkwaardige verkeersstromen de eisen zoals omschreven onder invoeging en uitvoeging aangehouden.

### Weefvakken voor gelijkwaardige en ongelijkwaardige verkeersstromen

Een weefvak kan bestaan uit een combinatie van gelijkwaardige en ongelijkwaardige verkeersstromen:

- Weefvakken waarbij de ingaande verkeersstromen (convergentiepunt) gelijkwaardig zijn en de uitgaande verkeersstromen (divergentiepunt) ongelijkwaardig.
- Weefvakken waarbij de ingaande verkeersstromen (convergentiepunt) ongelijkwaardig zijn en de uitgaande verkeersstromen (divergentiepunt) gelijkwaardig.

In deze gevallen worden bij het gelijkwaardige convergentie-/divergentiepunt dezelfde eisen aangehouden als bij weefvakken voor gelijkwaardige verkeersstromen. Bij het ongelijkwaardige convergentie-/divergentiepunt worden dezelfde eisen aangehouden als bij weefvakken voor ongelijkwaardige verkeersstromen.

### 6.6.2 Standaardoplossingen

Voor de dimensionering van weefvakken wordt onderscheid gemaakt tussen:

- Symmetrische weefvakken
- Asymmetrische weefvakken

Het weefvak moet voldoende ruimte bieden voor de meest kritische manoeuvres of rijstrookwisselingen. Vrachtverkeer moet binnen de lengte van meerstrookse weefvakken altijd meer dan één rijstrookwisseling uitvoeren. De vanuit verkeersafwikkeling vereiste lengte van weefvakken is afhankelijk van de configuratie van het weefvak en de combinatie van het percentage wevend verkeer en de verkeersintensiteit, [zie hoofdstuk "4.5.3.5 Weefvak"](#). Een kort weefvak wordt als oncomfortabel ervaren. De combinatie van een kort weefvak en een complex verkeersbeeld, met een beperkte hoeveelheid geschikte hiaten om in te kunnen voegen, kan leiden tot verkeersonveilige situaties en een sterke reductie van de capaciteit. Te lange weefvakken zijn ongewenst, vanwege het optreden van ongewenst verkeersgedrag. Voor alle weefvakconfiguraties geldt een maximale weefvaklengte van 1.500 m.

Aangezien de vereiste minimumlengte uit het oogpunt van verkeersafwikkeling situatieafhankelijk is, is het niet zinvol slechts een overzicht te geven van enkele lengtes. Voor een compleet overzicht wordt daarom verwezen naar het [handboek CIA](#).

## Symmetrisch weefvak

Standaard worden weefvakken ontworpen als symmetrische weefvakken. Dit geldt zowel voor weefvakken met gelijkwaardige stromen als voor weefvakken met ongelijkwaardige verkeersstromen. Symmetrische weefvakken zijn te herkennen aan:

- Het totale aantal rijstroken van de samenkomende rijbanen is gelijk aan dat van de uit elkaar gaande rijbanen.
- Het convergentie- en divergentiepunt liggen in het verlengde van dezelfde markeringslijn.

Om te bepalen of de in [tabel 56](#) weergegeven minimumlengtes ook de gewenste verkeersafwikkeling opleveren, wordt verwezen naar het ["handboek CIA"](#). Ter indicatie zijn enkele standaardlengtes van weefvakken op basis van verkeersafwikkeling gegeven bij een gemiddeld aandeel vrachtverkeer (15%).

aantal rijstroken					minimale weefvaklengte per ontwerpsnelheid (m)				
samenkomende rijbanen		weefvak	uit elkaar gaande rijbanen		120 km/h	100 km/h	90 km/h	70 km/h	50 km/h
links	rechts		links	rechts					
1-strooks	1-strooks	2-strooks	1-strooks	1-strooks	n.v.t.	n.v.t.	250	200	n.v.t.
2-strooks	1-strooks	3-strooks	2-strooks	1-strooks	500	500	500	400	n.v.t.
3-strooks	1-strooks	4-strooks	3-strooks	1-strooks	600	600	600	n.v.t.	n.v.t.
4-strooks	1-strooks	5-strooks	4-strooks	1-strooks	600	600	600	n.v.t.	n.v.t.
5-strooks	1-strooks	6-strooks	5-strooks	1-strooks	650	650	650	n.v.t.	n.v.t.
1-strooks	2-strooks	3-strooks	1-strooks	2-strooks	n.v.t.	n.v.t.	600	450	n.v.t.
2-strooks	2-strooks	4-strooks	2-strooks	2-strooks	600	600	600	500	n.v.t.
3-strooks	2-strooks	5-strooks	3-strooks	2-strooks	700	700	700	n.v.t.	n.v.t.
4-strooks	2-strooks	6-strooks	4-strooks	2-strooks	800	800	800	n.v.t.	n.v.t.
5-strooks	2-strooks	7-strooks	5-strooks	2-strooks	850	850	850	n.v.t.	n.v.t.
3-strooks	3-strooks	6-strooks	3-strooks	3-strooks	800	800	800	n.v.t.	n.v.t.

tabel 56: Indicatieve weefvaklengte bij 15% vrachtverkeer per ontwerpsnelheid

## Asymmetrische weefvak

Asymmetrische weefvakken wijken af van de standaardvormgeving van symmetrische weefvakken. Een asymmetrisch weefvak heeft twee verschijningsvormen:

- Weefvakken waarbij het convergentie- en divergentiepunt niet langs dezelfde markeringslijn ligt.
- Weefvakken met een rijstrookvermeerdering, doordat de twee uit elkaar gaande rijbanen samen uit capaciteitsoverwegingen meer rijstroken nodig hebben dan het weefvak zelf. Dit is een rijstrookvermeerdering over het laatste deel van het weefvak wanneer uit het oogpunt van capaciteit op de splitsende rijbanen meer rijstroken nodig zijn dan op het weefvak. De toegevoegde strook is 450 m stroomafwaarts van het puntstuk op volledige breedte en wordt ingeleid door een overgangscurve van 100 m.

Om te bepalen of de in [tabel 57](#) weergegeven minimumlengtes ook de gewenste verkeersafwikkeling opleveren, wordt verwezen naar het ["handboek CIA"](#).

aantal rijstroken					minimale weefvaklengte per ontwerpsnelheid (m)				
samenkomende rijbanen		weefvak	uit elkaar gaande rijbanen		120 km/h	100 km/h	90 km/h	70 km/h	50 km/h
links	rechts		links	rechts					
1-strooks	2-strooks	3-strooks	2-strooks	1-strooks	700	585	525	400	n.v.t.
2-strooks	1-strooks	3-strooks	1-strooks	2-strooks	1 000	825	750	600	n.v.t.
2-strooks	1-strooks	3-strooks	2-strooks	2-strooks	750	635	575	450	n.v.t.
2-strooks	2-strooks	4-strooks	3-strooks	1-strooks	750	635	575	n.v.t.	n.v.t.
2-strooks	2-strooks	4-strooks	3-strooks	2-strooks	1 000	825	750	n.v.t.	n.v.t.
3-strooks	1-strooks	4-strooks	2-strooks	2-strooks	1 000	825	750	n.v.t.	n.v.t.
3-strooks	1-strooks	4-strooks	3-strooks	2-strooks	1 300	1 085	975	n.v.t.	n.v.t.
3-strooks	2-strooks	5-strooks	4-strooks	1-strooks	1 000	825	750	n.v.t.	n.v.t.
3-strooks	2-strooks	5-strooks	4-strooks	2-strooks	1 300	1 085	975	n.v.t.	n.v.t.
4-strooks	1-strooks	5-strooks	3-strooks	2-strooks	1 300	1 085	975	n.v.t.	n.v.t.
4-strooks	1-strooks	5-strooks	4-strooks	2-strooks	1 300	1 085	975	n.v.t.	n.v.t.
4-strooks	2-strooks	6-strooks	5-strooks	1-strooks	1 300	1 085	975	n.v.t.	n.v.t.
4-strooks	2-strooks	6-strooks	5-strooks	2-strooks	1 300	1 085	975	n.v.t.	n.v.t.
4-strooks	2-strooks	6-strooks	3-strooks	3-strooks	1 300	1 085	975	n.v.t.	n.v.t.
5-strooks	1-strooks	6-strooks	4-strooks	2-strooks	1 300	1 085	975	n.v.t.	n.v.t.
5-strooks	1-strooks	6-strooks	5-strooks	2-strooks	1 300	1 085	975	n.v.t.	n.v.t.

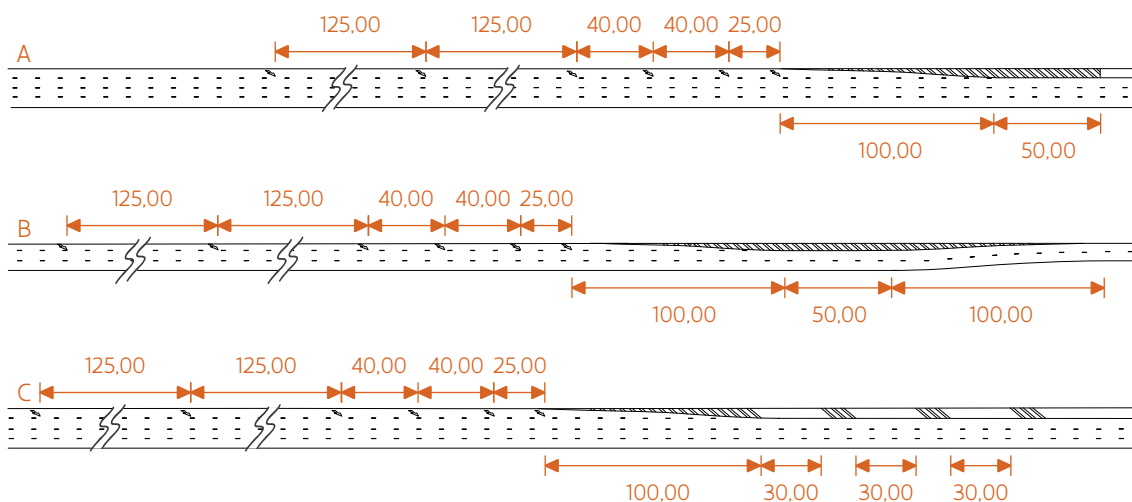
tabel 57: Minimumlengtes asymmetrische weefvakken per ontwerpsnelheid

## 6.7 Rijstrookbeëindiging

Een rijstrookbeëindiging is de reductie van het aantal rijstroken door de meest linkse rijstrook te laten eindigen. Een rijstrookbeëindiging komt enkel voor langs de linkerzijde van de rijbaan. De richtlijnen voor het toepassen van een rijstrookbeëindiging zijn beschreven in [hoofdstuk "4.5.3.6 Rijstrookbeëindiging"](#).

Een rijstrookbeëindiging wordt vormgegeven met een afstreping. Deze afstreping bestaat uit:

- Verkeersborden
- Rijstrookverminderingsspijlen
- Overgangscurve
- Verdrijvingsvlakken



figuur 84: Standaardoplossing rijstrookbeëindiging bij ontwerpssnelheid > 50 km/h

De rijstrookbeëindiging wordt zodanig ontworpen dat:

- Het einde van de afstreping tijdig zichtbaar is, rekening houdend met het alignement en de inrichting en uitrusting van de weg ([zie hoofdstuk "5.1.5.2 Zicht op een rijstrookbeëindiging"](#)).
- De opeenvolgende rijstrookverminderingsspijlen en de aanzet van de afstreping volledig te overzien zijn zodat een zojuist ingezet inhaalmanoeuvre comfortabel voltooid kan worden ([zie hoofdstuk "5.1.5.2 Zicht op een rijstrookbeëindiging"](#)).
- De linkerrijstrook uit veiligheidsoverwegingen ook feitelijk fysiek eindigt om te voorkomen dat bestuurders die met de situatie bekend zijn, over de wegmarkering heen rijden in plaats van op de daartoe bestemde plaats van rijstrook wisselen.

ontwerpsnelheid (km/h)	lengte (m) overgangscurve	lengte (m) verdrijvingsvlakken op volle breedte
120	100	50
100		
90		
70		
50	55	50

tabel 58: Dimensionering rijstrookbeëindiging

De lengte van de overgangscurves bij een rijstrookbeëindiging bedraagt 100 m. Bij één overgangscurve wordt bijkomend op de verharding 50 m als volledig verdrijvingsvlak gemarkeerd ([zie figuur 84A](#)). De (gemarkeerde) tussenafstand tussen de twee overgangscurves in een asverschuiving bedraagt bij een overgang van drie naar twee rijstroken 50 m ([zie figuur 84B](#)). Als de verdreven rijstrook langer dan 50 m voortloopt, worden gearceerde vlakken om de 30 m aangebracht zodat men steeds vanuit het voertuig het volgende blok arceringen kan zien ([zie figuur 84C](#)). Er worden telkens zes rijrijstrookverminderingspijlen aangebracht met tussenafstanden zoals aangeduid op bovenvermelde figuren. Bovendien moet het verkeersbord F97 worden geplaatst ter hoogte van de start van de overgangscurve en wordt er een vooraankondiging van dit bord geplaatst op 250 m.

## 6.8 Rijstrookvermeerdering

Een rijstrookvermeerdering is de uitbreiding van het aantal rijstroken. Extra rijstroken op Europese hoofdwegen worden altijd aan de linkerzijde toegevoegd (ook bij kruipstroken) omdat deze een betere benutting hebben dan extra rijstroken aan de rechterzijde. Een rijstrookvermeerdering aan de rechterzijde is alleen toegelaten:

- Stroomopwaarts van divergentiepunten
- Op éénstrooks rechts toeleidende rijbanen van weefvakken

De richtlijnen die gelden voor het toepassen van een rijstrookvermeerdering zijn beschreven in [hoofdstuk "4.5.3.7 Rijstrookvermeerdering"](#).



figuur 85: Standaardoplossing rijstrookvermeerdering

ontwerpsnelheid (km/h)	lengte (m) overgangscurve
120	100
100	
90	
70	
50	55

tabel 59: Dimensionering verbreding met rijstrookvermeerdering

Het begin van de rijstrookvermeerdering moet zo gesitueerd zijn dat de extra rijstrook voldoende gevuld is op het punt waar de daadwerkelijke capaciteitsuitbreiding noodzakelijk is. De benodigde afstand tot het naderende convergentie- of divergentiepunt is te bepalen op basis van de benodigde bewegwijzeringsafstanden. Bij een rijstrookvermeerdering voorafgaand aan een divergentiepunt is een grote lengte voor goede bewegwijzering nodig.

De rijstrookvermeerdering zelf wordt ontworpen als een standaard rijstrook.



## 7 Wegaanhorigheden

De wegaanhorigheden van de rijbaan zijn het geheel van aanvullende voorzieningen ter bevordering van de verkeersveiligheid, het wegbeeld, het managen van het verkeer en de oriëntatie van de weggebruiker. Per tracé worden, indien van toepassing, zoveel mogelijk vergelijkbare (herkenbare) wegaanhorigheden toegepast. Te onderscheiden zijn:

- Afschermende constructies
- Bewegwijzering, bebording en bebakening
- Openbare verlichting
- Dynamische signalisatievoorzieningen
- Geluidswerende constructies

Het aspect beplanting valt buiten de wegontwerpopgave en wordt daarom in dit document buiten beschouwing gelaten. Het realiseren van eventuele beplanting moet wel in samenhang met het wegontwerp worden uitgevoerd. Andere dan bovengenoemde wegaanhorigheden zijn binnen het dwarsprofiel niet toegestaan.

Wegaanhorigheden kunnen van invloed zijn op de breedte van het benodigde dwarsprofiel en op het ruimtebeslag van de weg. Het is bijgevolg van belang om de wegaanhorigheden al vroeg in het ontwerpproces mee te nemen. Wegaanhorigheden kunnen eveneens van invloed zijn op het wegbeeld en de beschikbare zichtlengte voor bestuurders. De wegaanhorigheid van de weg moet meegenomen worden in de visualisatie om vast te stellen of de beeldkwaliteit voldoende is.

Veel van de bovenstaande wegaanhorigheden hebben ook een relatie met de inpassing van kabels, leidingen en riolering. Bij het ontwerp van het dwarsprofiel moet rekening gehouden worden met de wegaanhorigheden die een directe relatie hebben met de ondergrondse infrastructuur (openbare verlichting, DVM-voorzieningen).

Weguitrusting is een onderdeel van de totale weginrichting. Weginrichting is daarmee een breder begrip dan de wegaanhorigheid omdat het bij de weginrichting ook kan gaan om vormgevingsaspecten van de weg zelf. Weginrichtingsaspecten, niet zijnde wegaanhorigheden, hebben geen directe relatie met het wegontwerp en zijn daarom buiten beschouwing gelaten.

De weg en de aanhorigheden hebben een belangrijk invloed op de (natuurlijke) omgeving. Specifieke richtlijnen om hiermee rekening te houden werden opgenomen in het [Vademecum weginfrastructuur, deel Natuurtechniek](#). In de fiches zijn volgende onderdelen opgenomen:

- Het planproces
- De inrichting van de bermen (fiche 1) met aandacht voor de taluds en groenvoorziening (o.a. bomen)
- Waterbeheer (fiche 2)
- Weguitrusting (fiche 3) over verlichting, geluidschermen en -bermen, stoepranden en straatkolken ...
- Natuurmaatregelen onder de weg (fiches 4 en 5), kleine en grote faunaonderdoorgangen
- Natuurmaatregelen over de weg (fiches 6, 7 en 8), kleine en grote faunamaatregelen over de weg
- Fauna geleidende infrastructuur(fiches 9 en 10) over rasters en landschappelijke geleiding

### 7.1 Afschermende constructies

Een afschermende constructie beschermt voertuigen tegen obstakels naast de rijbaan (die binnen de veiligheidsstrook gelegen zijn) door deze af te schermen. Ze bestaan uit een lijn- of puntvormige constructie langs de weg.

Diverse types zijn te onderscheiden:

- Geleideconstructies, met inbegrip van begin- en eindstukken
- Obstakelbeveiligers
- Overgangsconstructies
- Dilatatie-element bij brugvoegen
- Motorvangplanken

Afscherpende constructies hebben een direct gevolg op de inrichting van de naast de rijbaan gelegen bermen en op het ontwerp van het dwarsprofiel ([zie hoofdstuk "5.4 Dwarsprofiel"](#)). Voor meer informatie over de toepassingsmodaliteiten, types, eisen en plaatsingsvoorschriften wordt verwezen naar het "[Vademecum vergevingsgezinde wegen](#), deel gemotoriseerd verkeer" en het "[Standaardbestek 250](#)".

## 7.2 Bewegwijzering, bebording en bebakening

De onderdelen bewegwijzering, bebording en bebakening zijn geen op zichzelf staande voorzieningen. Om een onsamenhangend geheel te voorkomen, moeten ze in combinatie met markering integraal worden ontworpen.

### 7.2.1 Bewegwijzering

Bewegwijzering is het geheel van visuele middelen dat op, langs of boven de weg is aangebracht om de weggebruikers in staat te stellen hun route te bepalen. Het doel van bewegwijzering is een bestuurder met de grootst mogelijke zekerheid, aan de hand van visuele middelen, naar zijn bestemming te geleiden. Bewegwijzering wordt toegepast ter hoogte van discontinuïteiten waar de bestuurder van rijbaan kan wisselen.

#### 7.2.1.1 Functies

Bewegwijzering heeft de volgende functies:

- Het informeren van weggebruikers over weggebonden bestemmingen
- Het bieden van oriëntatie aan weggebruikers
- Het informeren van weggebruikers over de plaats waar ze zich bevinden

#### 7.2.1.2 Aspecten

De aangeboden informatie moet door de weggebruiker gelezen, verwerkt en in actie omgezet kunnen worden zonder dat hij snelheid hoeft te verminderen. Bij de nadering van een actiepoint heeft de weggebruiker tijd nodig om voor te sorteren. Er worden dan ook meerdere voorwegwijzers vóór de afslaanrichting geplaatst, met een afstands aanduiding tot het actiepoint. Bewegwijzering heeft bijgevolg een sterke relatie met de inpassing in het alignement van een weg.

Voor de eisen vanuit bewegwijzering wordt verwezen naar de "Dienstorder MOW/AWV 2014/2 Aanduiding van verkeersknooppunten en uitritten op autosnelwegen".

Bewegwijzering moet zodanig aangebracht worden dat de bestuurder:

- De aangeboden informatie kan lezen en verwerken zonder dat hij snelheid vermindert.
- Benodigde manoeuvres op een comfortabele manier kan bepalen en uitvoeren.
- De plaats kan bepalen waar hij zich op een gegeven moment bevindt.
- Informatie tot zich kan nemen over weggebonden bestemmingen zoals verzorgingsplaatsen.

De bewegwijzering heeft een sterke relatie met de vormgeving van autosnelwegen. Bewegwijzering moet daarom integraal in het ontwerpproces meegenomen worden.

Om een bewegwijzeringssysteem te laten functioneren, is het noodzakelijk een consequent systeem toe te passen. De vijf hoofdeisen waaraan bewegwijzering moet voldoen zijn:

- Uniformiteit
- Continuïteit
- Leesbaarheid
- Zichtbaarheid
- Begrijpelijkheid

De bewegwijzering ondersteunt een bestuurder bij de beslissing welke rijstrook of rijbaan hij moet kiezen zodat hij voorafgaand aan een divergentiepunt voldoende gelegenheid krijgt om zijn keuze te maken. Bovendien moet hij voldoende ruimte hebben om de daartoe benodigde rijstrookwisselingen en/of snelheidsaanpassingen te kunnen uitvoeren.

Bij de nadering van een actiepunt heeft een bestuurder tijd nodig om voor te sorteren. Daarom worden meerdere borden voor de afslaanrichting geplaatst met een afstands aanduiding tot het actiepunt. Deze borden stellen eisen aan de minimale afstand tussen twee aansluitingen of tussen een aansluiting en een knooppunt.

## **7.2.2 Bebording**

Bebording is het geheel aan verkeersborden zowel de wettelijk voorziene verkeersborden, zoals beschreven in het verkeersreglement en het reglement van de wegbeheerder als de borden van het AWV zoals ze voorkomen in dienstorders en het "[Standaardbestek 250](#)". De wettelijk voorziene borden worden ook in detail beschreven in de "Dienstorder MOW/AWV/2014/12 Algemene Omzendbrief nopens de wegsignalisatie (deel II en deel VII)".

### **7.2.2.1 Functies**

Bebording heeft de volgende functies:

- Markeren van een actiepunt
- Afdwingen van of aandringen tot bepaald rijgedrag
- Informeren over het wegverloop of over de omgeving

### **7.2.2.2 Aspecten**

Bebording wordt zowel in continue situaties als ter hoogte van discontinuïteiten toegepast. Bebording heeft een beperkte relatie met het dwarsprofiel maar een sterke relatie met de inpassing in het alignment. Bij het ontwerp van het alignment moet rekening gehouden worden met de inpassing van de noodzakelijke bebording.

## **7.2.3 Bebakening**

Onder bebakening wordt verstaan het geheel aan tekens en voorwerpen dat op, in, boven en naast de weg, kunstwerk en tunnel is aangebracht om het verkeer te geleiden.

Wegbebakening zorgt ervoor dat de weggebruiker zowel overdag als 's nachts, bij helder weer en vooral ook in slechtere weersomstandigheden, op ononderbroken wijze het verloop van de weg vroegtijdig over een aanzienlijke lengte kan overzien. De bebakening zorgt, aanvullend op de wegmarkeringen, voor geleiding en behoort samen met de wegverlichting tot de aanvullende wegwitruiting.

Indien bepaalde afzonderlijke hindernissen, zoals bijvoorbeeld leuning en borstweringen, pijlers of landhoofden van kunstwerken, bomen en verlichtingspalen, onvoldoende zichtbaar, afgeschermd of beveiligd zijn, dan dienen deze hindernissen duidelijk te worden aangegeven door specifieke bebakening (bv. reflectoren).

De bebakening omvat niet:

- Betonnen of metalen afschermende constructies
- Verticale signalisatie zoals de inwendig verlichte zuilen, retroreflecterende kokers en zuilen
- Wegmarkeringen, namelijk de rijstrookmarkeringen en vooral de overlangse markeringen

Bebakening heeft de volgende functies:

- Verbeteren van de herkenbaarheid van het wegverloop
- Verhogen van het attentieniveau van de weggebruiker.

#### **7.2.3.1 Horizontale bebakening**

De horizontale bebakening omvat wegdekreflectoren als horizontale inrichting op het wegdek.

#### **7.2.3.2 Verticale bebakening**

Wegbebakening bestemd voor betonnen of metalen afschermende constructies: de belangrijkste technische functie van een afschermende constructie bestaat erin zoveel mogelijk te voorkomen dat er van de weg wordt afgereden. Zij kunnen eveneens als laterale geleiding dienen.

- Reflectorpalen, ook katafoten en afbakeningspalen genoemd: waar er geen afschermende constructies zijn, kan de geleiding gebeuren door witte reflectorpalen die rechtstreeks voorzien zijn van reflectoren.
- Bebakeningsborden met visgraatmarkering: de hierboven aangehaalde soorten bebakening (bebakening op afschermende constructies en reflectorpaaltjes) kunnen in sommige bochten onvoldoende blijken, hetzij omdat zij te laat worden waargenomen, hetzij omdat hun kromtestraal kleiner is dan normaal of om nog andere redenen. Hiervoor wordt verwezen naar de [dienstorder MOW/AWV/2008/16 "Signaleren van bochten"](#).
- Wegmarkeringen, namelijk de rijstrookmarkeringen en vooral de overlangse markeringen

#### **7.2.4 Signaleren van bochten**

Bij het signaleren van bochten op autosnelwegen wordt uitgegaan van de (minimum) boogstralen bij het begin van de uitrit of over de tak van het verkeersknooppunt, gecombineerd met de mate van overzichtelijkheid van de lus of de uitvoering. Hiervoor wordt verwezen naar het Vademecum bewegwijzering en bebakening, deel autosnelwegen.

## 7.3 Openbare verlichting

Openbare verlichting op de autosnelwegen moet voldoen aan de richtlijnen opgenomen in de [“Lichtvisie op autosnelwegen”](#) van het AWW.

### 7.3.1 Aspecten

De plaatsbepaling van openbare verlichting heeft een sterke relatie met de inrichting van het dwarsprofiel. Bij een plaatsing in de middenberm moet niet alleen ruimte gereserveerd worden voor de verlichtingsvoorzieningen maar ook voor de extra benodigde ruimte voor afschermende constructies. Voor de zijberm gelden soortgelijke afwegingen. Verder moet er ook aandacht zijn voor de inpassing van (rand) aspecten als kabels en leidingen.

De ontwerper moet altijd nut en noodzaak van openbare verlichting op basis van de vigerende richtlijnen onderzoeken. Voor de vormgeving en inrichting wordt verwezen naar de [“Lichtvisie Vlaamse gewestwegen”](#) van het AWW.

## 7.4 Dynamische signalisatievoorzieningen

Dynamische signalisatievoorzieningen zijn alle voorzieningen ten behoeve van wegsignalisatie en wegmonitoring. Enkele voorbeelden van voor het wegontwerp relevante dynamische signalisatievoorzieningen zijn:

- Seinbruggen
- Meetlussen
- VMS-borden (Variable Message Signs)
- RVMS-borden (Roadside Variable Message Signs)
- RSS-borden (Rijstrooksignalisatie)
- AID-camera's (Automatische incidentdetectie)
- Camera's

De exacte locatie van de inplanting van de dynamische signalisatievoorzieningen dient afgestemd te worden met de afdeling Verkeerscentrum van het Agentschap Wegen en Verkeer.

### 7.4.1 Functies

Dynamische signalisatievoorzieningen hebben de volgende functies:

- Beheersen van de verkeersstromen
- Vereenvoudigen van het onderhoud
- Verzamelen van statistische gegevens betreffende het verkeer

### 7.4.2 Aspecten

Dynamische signalisatievoorzieningen hebben een zeer sterke relatie met het ontwerp van het dwarsprofiel en het alignement. De seinbruggen voor verkeerssignalisatie moeten ingepast worden in het dwarsprofiel en er zijn eisen aan de plaatsing van deze portalen in het alignement in relatie tot discontinuïteiten. Verder moet er aandacht zijn voor de inpassing van (rand)aspecten als kabels en leidingen.

### 7.4.3 Spitsstrooksignalisatie

Een spitsstrook wordt voorzien van dynamische rijstrooksignalisatie aan de hand van seinbruggen die boven de autosnelweg zijn aangebracht. Deze dynamische verkeerssignalisatie maakt het mogelijk om het snelheidsregime op elk gewenst moment aan te passen aan de heersende omstandigheden (bij files, calamiteiten, onderhoudswerken, wegenwerken ...).

Voor seinbruggen op spitsstroken gelden enkele specifieke eisen:

- Na elke invoeging: minstens twee seinbruggen (twee keer verdrijfpijl en één rood kruis bij gesloten spitsstrook)
- Vóór elke uitvoeging: één seinbrug om bij een gesloten spitsstrook het begin van de uitvoeging aan te duiden
- Na elke uitvoeging: één seinbrug
- Tussenin: seinbrug elke +/- 750 m (of minder indien de zichtbaarheid dit vereist)

## 7.5 Geluidswerende constructies

Een geluidswerende constructie vormt een obstakel tussen de bron en de ontvanger waardoor geluid afkomstig van wegverkeer zich niet meer vrij kan voortplanten van de bron tot bij de ontvanger.

Er bestaan twee grote groepen:

- Geluidsschermen
- Gronddammen

Geluidsschermen zijn wandvormige constructies. Een niet-gelimiteerd aanbod wordt beschreven in de "[Technische Handleiding voor Geluidswerende Constructies](#)". Gronddammen zijn trapeziumvormige constructies bestaande uit zand, grond en steenachtige materialen.

Meer informatie is terug te vinden in "[Geluidswerende maatregelen: Voorbeeldenboek voor gewestwegen in Vlaanderen](#)".

### 7.5.1 Functies

Geluidswerende constructies verminderen, vlak achter de geluidswerende constructie, het lawaai afkomstig van wegverkeer.

### 7.5.2 Aspecten

Voor de technische bepalingen van geluidswerende constructies wordt verwezen naar de "[Technische Handleiding voor Geluidswerende Constructies](#)".





## 8 Tunnels

Dit hoofdstuk beschrijft het geometrisch wegontwerp van tunnels op Europese hoofdwegen en autosnelwegen. Tenzij anders vermeld, worden de ontwerprichtlijnen met betrekking tot de overeenkomstige ontwerpelementen voor standaard open wegvakken op Europese hoofdwegen en autosnelwegen als ontwerpnorm voor de tunnels aangehouden.

De hier beschreven richtlijnen zijn van toepassing op tunnels met een lengte van het gesloten gedeelte vanaf 250 m. Voor korte gesloten constructies (< 250 m) en 'tunnelachtige objecten', zoals verdiepte wegen en gedeeltelijk gesloten constructies, wordt verwezen naar het "[Kader veiligheidsvoorzieningen verdiepte wegen, korte overkappingen en gedeeltelijk gesloten constructies](#)" van Rijkswaterstaat.

Een tunnel is een speciale omstandigheid met specifieke risico's waardoor bijkomende maatregelen vereist zijn met betrekking tot beveiligingsapparatuur, verkeersbeheer, training van de hulpdiensten en interventieprogramma's. Tunnels zijn bijzondere delen in een wegvak omdat een tunnelingang of -uitgang in de beleving van de weggebruiker een onderbreking in het wegbeeld is. Daarnaast zijn er afwijkingen ten opzichte van:

- Lichtomstandigheden
- Zichtbeperkende voorwerpen
- (Openheid) wegbeeld
- Langshelling

In tunnels is sprake van een hoger verkeersveiligheidsrisico. De volgende aspecten liggen hieraan ten grondslag:

- Weggebruikers ervaren een hogere rijtaakbelasting vanwege de bovengenoemde afwijkingen.
- Er ontstaan (grotere) verschillen in de snelheid door de mogelijke aanwezigheid van verticale hellingen, wat tot een minder homogeen verkeersbeeld (turbulentie) leidt.
- De gevolgen van een incident kunnen, in geval van brand of het vrijkomen van gevaarlijke stoffen, ernstiger zijn door de gesloten constructie.

Het domein van de tunnelveiligheid is er op gericht de extra veiligheidsrisico's voor de weggebruiker ten opzichte van de open weg te beheersen. Elk aanvullend verkeersveiligheidsrisico (als gevolg van het wegontwerp) is zeer ongewenst. Een veilige tunnel begint altijd bij een goede verkeersveiligheid.

Daarom wordt in tunnels voor Europese hoofdwegen en autosnelwegen minimaal een gelijkwaardige inrichting voorgeschreven als voor standaard open wegvakken, zoals beschreven in dit vademecum. Aanvullend worden tal van veiligheidsvoorzieningen aangebracht in een tunnel om de gevolgen van een ongeval zoveel mogelijk te beperken (ventilatie, vluchtdeuren ...).

In wat volgt wordt nader ingegaan op de verschillen tussen tunnels en standaard open wegvakken. In [hoofdstuk "8.2 Wegbeeld"](#) wordt vervolgens aangegeven welke aanvullende aspecten meespelen bij het wegbeeld in en rond tunnels.

## 8.1 Verschillen tussen tunnels en standaard open wegvakken

Voor tunnels zijn volgende aanvullende aandachtspunten van toepassing ten opzichte van standaard open wegvakken:

- Dwarsprofiel: aanvullende/afwijkende eisen voor de maatvoering en inrichting van het dwarsprofiel
- Zichtlengte: strengere eisen aan wegverloopzicht en afwijkende eisen aan anticipatiezicht
- Horizontale bogen: de tunnelwand en/of de afschermende constructie als een continu zichtbeperkend obstakel
- Verticale voetbogen: het tunnelplafond in combinatie met tunneltechnische installaties als een continu zichtbeperkend obstakel
- Langshelling en verticale rechtstand: geen grote hellingspercentages
- Profiel van vrije ruimte: raakvlak met tunneltechnische installaties
- Convergentie- en divergentiepunten: specifieke eisen voor de locatie van convergentie- en divergentiepunten ten opzichte van de tunnelingang en -uitgang
- De tunnel, het dienstgebouw en de toegang tot beiden dienen overal toegankelijk te zijn voor vlot en veilig onderhoud

De aandachtspunten worden hieronder verder toegelicht.

### 8.1.1 Brandveiligheid en kans op filevorming

Het risico bij brand is in tunnels sterk verhoogd in vergelijking met de open weg. In een lange, gesloten ruimte kan de temperatuur en de dichtheid van rookgassen veel sneller oplopen en al gauw leiden tot omgevingscondities die mogelijk fataal zijn voor de aanwezige tunnelgebruikers. Het is onmogelijk om een tunnel te ontwerpen zonder veiligheidsrisico's. De vuistregel hierbij luidt: hoe langer de tunnel, hoe groter de totale menselijke tol in het geval van een zware brand of een calamiteit met gevaarlijke stoffen. Bijgevolg is het belangrijk om hier te allen tijde rekening mee te houden bij het ontwerpen van een tunnel.

Aangezien het gebied stroomafwaarts van een incident met brand niet volledig rookvrij kan gehouden worden, moet een tunnel samen met de omliggende weginfrastructuur zodanig ontworpen worden dat er geen structurele file in de tunnel kan ontstaan. Dit moet grondig bestudeerd worden aan de hand van macrosimulaties (filegevoeligheid van het traject waarop de tunnel ligt) en microsimulaties (invloed van afritten, verkeerslichten, ...).

### 8.1.2 Dwarsprofiel

#### 8.1.2.1 Aparte tunnelkokers

Het Europees hoofdwegennet en autosnelwegennet hebben een gescheiden verkeersafwikkeling waardoor de rijrichtingen bij deze wegen in aparte tunnelkokers worden ondergebracht. In een tunnelkoker op Europese hoofdwegen en autosnelwegen is uitsluitend eenrichtingsverkeer toegestaan.

#### 8.1.2.2 Rijstrook

De breedte van de rijstroken wordt in de tunnels niet aangepast. Ze worden uitgevoerd als rijstroken op open wegvakken. De richtlijnen voor rijstrookbreedte worden beschreven in [hoofdstuk "5.4.3.1 Rijstrook"](#).

Bij het ontwerp van een tunnel moet de ontwerper nagaan in hoeverre er ruimte gereserveerd moet worden voor een toekomstige rijstrookvermeerdering (reserveringsstrook genoemd). Anders dan voor standaard open wegvakken geldt voor tunnels dat een keuze voor een verhardingsbreedte in principe onherroepelijk is. Een reserveringsstrook kan als pechstrook worden gebruikt zolang de reserveringsstrook nog niet als rijstrook in gebruik is genomen.

### 8.1.2.3 Pechstrook of alternatieve ruimtereservering ten behoeve van de vlotte doorgang van prioritaire voertuigen

De pechstrook wordt ter hoogte van de tunnel niet onderbroken. De pechstrook moet een breedte hebben van minimum 3,75 m. Aan de rechterkant van de rijbaan moet in alle tunnels op Europese hoofdwegen en autosnelwegen een pechstrook aanwezig zijn.

De pechstrook aan de rechterkant is noodzakelijk voor de veiligheid, de verkeersafwikkeling, de flexibiliteit en het onderhoud van de weg. De pechstrook kan voor de hulpdiensten ook de bereikbaarheid van een calamiteit bevorderen. Enkel wanneer het niet mogelijk is wegens fysieke, geografische of verkeerstechnische omstandigheden wordt geen pechstrook voorzien. Deze afwijking moet echter gemotiveerd worden binnen het vergunningstraject en bovendien moeten aanvullende maatregelen worden genomen om een gelijkwaardig of hoger veiligheidsniveau te garanderen in samenspraak met de hulpdiensten en de actoren die instaan voor de exploitatie (onderhoud, bewaking, etc.). Indien de tunnel slechts één rijstrook heeft, is het niet toegestaan om af te wijken van de eis om een pechstrook te voorzien. Er is bijkomende aandacht nodig voor zaken als verkeersveiligheid, bereikbaarheid van hulpdiensten en incidentmanagement. De richtlijn voor de uitvoering van pechstroken wordt beschreven in [hoofdstuk "5.4.4.2 Pechstrook"](#).

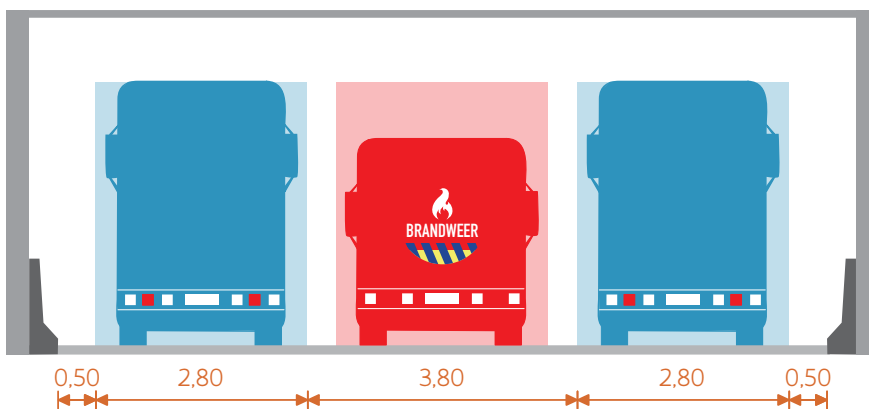
Indien om bovenvermelde reden geen pechstrook wordt voorzien, dient het dwarsprofiel toch zodanig ingericht te worden dat er voldoende ruimte voorzien is voor een vlotte doorgang van prioritaire voertuigen (conform art. 38 van de wegcode - KB 1 december 1975). Hiervoor dient de volgende minimale nuttige kokerbreedte voorzien te worden:

$$K > K_{\min}$$

$$K_{\min} = X * (V+U) + Y * (P+U) + R$$

Hierin is:

- $K$  : Nuttige kokerbreedte, zijnde de breedte van het berijdbare deel van tunnelkoker (inclusief redresseerstroken, pechstrook, randlijnen, overrijdbare goten en nodige verbreding om aan de eisen van zichtlengte te voldoen)
- $K_{\min}$  : Minimale nuttige kokerbreedte nodig voor doorgang prioritaire voertuigen
- $X$  : Aantal rijstroken bedoeld voor vracht- en personenwagens
- $Y$  : Aantal rijstroken enkel bedoeld voor personenwagens
- $V$  : Minimum ruimte rijdende vrachtwagen (50 km/h), [zie tabel 26](#)
- $P$  : Minimum ruimte rijdende personenwagen (50 km/h), [zie tabel 26](#)
- $U$  : Uitwijklimiet (of minimale afstand) tot waarop voertuigen andere voertuigen en/of obstakels in alle veiligheid nog kunnen naderen tijdens een uitwijkmanoeuvre. Deze waarde wordt gelegd op 0,5 m ([zie tabel 28](#)) en voorziet ook ruimte voor voertuigen die vanuit stilstand moeten uitwijken en hierdoor schuin komen te staan.
- $R$  : Breedte van de ruimtereservering voor prioritaire voertuigen, zijnde de vrije ruimte tussen twee voertuigen in een file, die door de prioritaire voertuigen gebruikt kan worden wanneer de aard van hun opdracht het rechtvaardigt (art. 2.70 van de wegcode - KB 1 december 1975). Deze waarde wordt gelegd op 3,8 m, wat overeenkomt met de breedte van een rijdende brandweerwagen met langs beide kanten 0,5 m (zie uitwijklimiet  $U$ ) om een veilig passeermanoeuvre te kunnen uitvoeren ([zie figuur 86](#)).



figuur 86: Visualisatie minimale nuttige kokerbreedte  $K_{min}$  voor een tunnel van twee rijstroken voor vrachtverkeer

Voorbeeld

De minimale nuttige kokerbreedte bedraagt in het geval van een tunnel met twee rijstroken voor vrachtverkeer  $10,40\text{ m}$  ( $2 \cdot (2,80\text{ m} + 0,50\text{ m}) + 0 \cdot (2,40\text{ m} + 0,50\text{ m}) + 3,80\text{ m}$ ) terwijl de standaard breedte voor een koker met twee rijstroken (elk  $3,50\text{ m}$ ), twee randlijnen (elk  $0,30\text{ m}$ ) een pechstrook ( $3,75\text{ m}$ ) en een redresseerstrook aan de linkerkant ( $0,75\text{ m}$ )  $12,10\text{ m}$  bedraagt.

#### 8.1.2.4 Veiligheidsstrook

Volgens het principe van vergevingsgezinde wegen wordt een veiligheidsstrook voorzien langs de rijbaan. De veiligheidsstrook bestaat normaal gezien uit een redresseerstrook en een stopstrook. Omwille van de breedte is het echter economisch niet verantwoord een volwaardige veiligheidsstrook in tunnels te voorzien. Er wordt wel steeds een redresseerstrook in tunnels voorzien.

#### 8.1.2.5 Redresseerstrook

Er wordt aan beide zijden van de rijbaan een redresseerstrook voorzien. De redresseerstrook moet ook in tunnels een breedte hebben van minimum  $0,75\text{ m}$  (zie ook hoofdstuk "5.4.4.1 Redresseerstrook"). Indien een pechstrook aanwezig is, doet deze aan de rechterzijde dienst als redresseerstrook. In tunnels wordt de redresseerstrook steeds geaccentueerd met een geprofileerde markering die de bestuurder waarschuwt dat hij van zijn rijstrook afwijkt.

#### 8.1.2.6 Pechhavens

Artikel 8 van het KB van 6 november 2007 stelt volgende eisen voor tunnels in het TEN-T: "Voor nieuwe tunnels langer dan  $1\ 500\text{ m}$ , met tweerichtingsverkeer en een verkeersintensiteit van meer dan  $2\ 000$  voertuigen per rijstrook en per dag, worden maximaal om de  $1\ 000\text{ m}$  pechhavens aangebracht, indien geen pechstroken worden gepland.

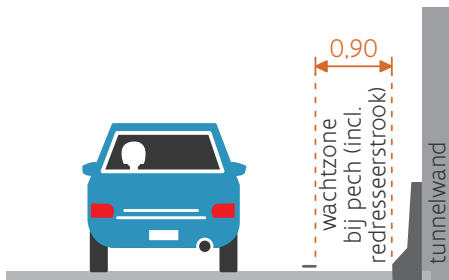
Vermits op Europese hoofdwegen en op autosnelwegen in Vlaanderen geen bidirectioneel verkeer is toegelaten, dienen wettelijk gezien geen pechhavens in de tunnel voorzien te worden.

Indien er geen pechstrook voorzien is, is het raadzaam om vóór elke tunnelingang een pechhaven te voorzien. Op deze plaats wordt vaak gestopt omwille van beheer, onderhoud of bediening.

#### 8.1.2.7 Ruimtereservering voor personen die hun voertuig verlaten bij pech en bij brand

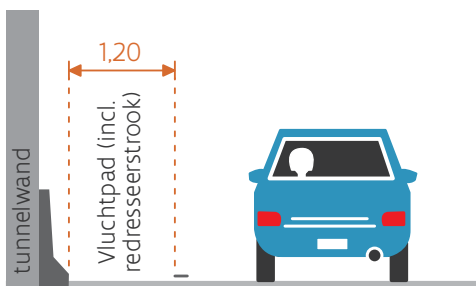
In een tunnel kunnen incidenten en calamiteiten voorkomen die de tunnelgebruiker dwingen het voertuig te verlaten. Voor incidenten wordt een wachtzone voorzien aan de rechterzijde over de gehele lengte van de tunnel. Voor calamiteiten wordt een vluchtpad voorzien aan de linkerkant.

Wanneer er zich een incident (pech of een kleine aanrijding) voordoet en het voertuig de tunnel niet meer kan verlaten, dient de bestuurder het voertuig zo ver mogelijk aan de rechterzijde van de tunnelkoker te plaatsen en het voertuig te verlaten. Aan de rechterzijde van de tunnelkoker wordt een wachtzone voorzien waar personen buiten het voertuig kunnen wachten op hulp. Deze wachtzone is een strook die doorloopt over de gehele lengte van de tunnel. De wachtzone is bij voorkeur niet verhoogd (ten behoeve van mensen met beperkte mobiliteit en personen met een handicap) en dient een minimale vrije ruimte te hebben van minstens 90 cm op eenzelfde niveau. Indien de wachtzone niet verhoogd is, mag de redresseerstrook er deel van uitmaken. Indien de wachtzone verhoogd is, mag de redresseerstrook er geen deel van uitmaken. Een eventuele verbreding ten behoeve van de zichtlengte kan een onderdeel van de wachtzone vormen zolang er zich geen zichtbelemmerende objecten in bevinden. Voor tunnels met pechstrook dient geen aparte wachtzone voorzien te worden.



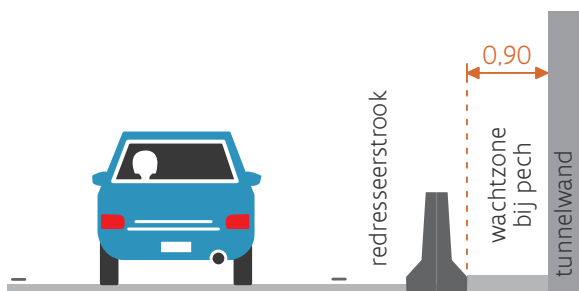
figuur 87: Niet verhoogde wachtzone aan rechterzijde tunnel

Wanneer er zich een calamiteit (brand of gevaarlijke stoffen) voordoet, dienen voorzieningen geïmplementeerd te worden om vluchtende tunnelgebruikers naar een veilige locatie te loodsen. Indien een middentunnelkanaal voorzien is, dienen geen extra voorzieningen geïmplementeerd te worden aan de linkerzijde van de tunnelkoker. Indien geen middentunnelkanaal voorzien is, dient een extra vluchtpad voorzien te worden aan de linkerzijde van de tunnelkoker zodat vluchtende tunnelgebruikers veilig naar de ondersteunende koker kunnen vluchten, zijnde de koker waar zich geen calamiteit voordoet. Het vluchtpad is bij voorkeur niet verhoogd (ten behoeve van mensen met beperkte mobiliteit en personen met een handicap) en dient een minimale vrije ruimte te hebben van minstens 1,20 m op eenzelfde niveau. Indien het vluchtpad niet verhoogd is, mag de redresseerstrook er deel van uitmaken. Indien het vluchtpad verhoogd is, mag de redresseerstrook er geen deel van uitmaken. Een eventuele verbreding ten behoeve van de zichtlengte kan een onderdeel van het vluchtpad vormen, zolang er zich geen zichtbelemmerende objecten in bevinden.

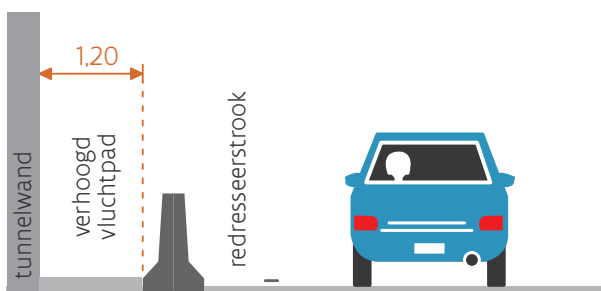


figuur 88: Niet verhoogd vluchtpad aan linkerzijde tunnel

Indien een opstelstrook voor voor inzittenden bij pech of vluchtpad verhoogd is, dient dit van de rijbaan gescheiden te worden door een afschermdende constructie. Het niveau van kerend vermogen is minimaal H2 en de schokindex mag maximaal klasse B zijn. De verhoogde opstelstrook voor inzittenden bij pech of het verhoogd vluchtpad moet buiten de werkingsbreedte van de geleideconstructie liggen. Enkel geleideconstructies met een dynamische deflectie van 0,00 m mogen tot tegen het verhoogde pad geplaatst worden. De onderbreking van de betonnen geleideconstructie mag enkel ter hoogte van de vluchtdeuren voorzien zijn, teneinde de werking van de geleideconstructie te kunnen blijven garanderen. Tussen de vluchtdeuren worden wel om de 50 m telkens trapjes in de geleideconstructie voorzien om voetgangers toe te laten het verhoogde voetpad te bereiken.



figuur 89: Verhoogde opstelstrook voor inzittenden bij pech



figuur 90: Verhoogd vluchtpad aan linkerzijde indien geen middentunnelkanaal voorzien is

### 8.1.2.8 Calamiteitendoorgang in middenberm

Een calamiteitendoorgang is het geheel van maatregelen (verplaatsbare afschermende constructies in de middenberm, verharding op de middenberm ...) die hulpdiensten de mogelijkheid moet geven om de middenberm te kruisen buiten de tunnel. De calamiteitendoorgang maakt deel uit van het wegplatform en is verhard. De doorgang moet minimaal 10 m breed zijn en moet getoetst worden aan de draaicirkel van de voertuigen van de hulpdiensten.

### 8.1.3 Verticaal profiel van vrije ruimte

Op Vlaamse gewestwegen moet een minimale vrije hoogte van 5,70 m worden voorzien. Enkel indien in samenspraak met het team Zwaar Vervoer van de afdeling Verkeer, Wegsystemen en Telematica ([zwaar.vervoer@mowvlaanderen.be](mailto:zwaar.vervoer@mowvlaanderen.be)) een volwaardig alternatieve route voor uitzonderlijk vervoer kan bepaald worden, is het mogelijk de minimale vrije hoogte te verlagen tot minstens 5,10 m.

In tunnels moet boven de vrije hoogte nog ruimte voorzien worden voor eventuele tunneluitrusting zoals verlichting, signalisatie en ventilatoren. Bij een variabele vrije hoogte bevindt het laagste punt zich bij voorkeur zo dicht mogelijk bij de tunnelingang om klemrijden diep in de tunnel te vermijden.

Er wordt met aandrang op gewezen dat de vrije hoogte aanwezig moet zijn voor het volledige gedeelte van de verharding waarover gereden kan worden. Dit is dus inclusief de zone welke dienst doet als redresseerstrook en de pechstrook. Daarnaast moet de vrije hoogte ook aanwezig zijn op de plaats van de afschermende constructie inclusief de werkingsbreedte ervan.

### 8.1.4 Zichtlengte

In tunnels gelden op het gebied van zichtlengte twee afwijkingen ten opzichte van standaard open wegvakken:

- Het wegverloopzicht mag niet onderbroken worden.
- Er hoeft niet voldaan te worden aan anticipatiezicht, behalve bij discontinuïteiten en bij de tunnelportalen.

Bij standaard open wegvakken is het in uitzonderlijke gevallen toegestaan dat het wegverloopzicht gedurende 2 rijseconden afwezig is. In tunnels is dit niet toegestaan.

Bij het wegontwerp in tunnels moet evenals bij standaard open wegvakken voldaan worden aan de minimale lengtes voor stopzicht en wegverloopzicht. Bij voorkeur wordt ook voldaan aan anticipatiezicht, maar behalve buiten bij discontinuïteiten en bij de tunnelportalen is dit geen vereiste. Anticipatiezicht heeft immers meer met comfort te maken. Bovendien is anticipatiezicht in tunnels minder relevant omdat de tunnelconstructie reeds zorgt voor een goede geleiding van de weggebruiker.

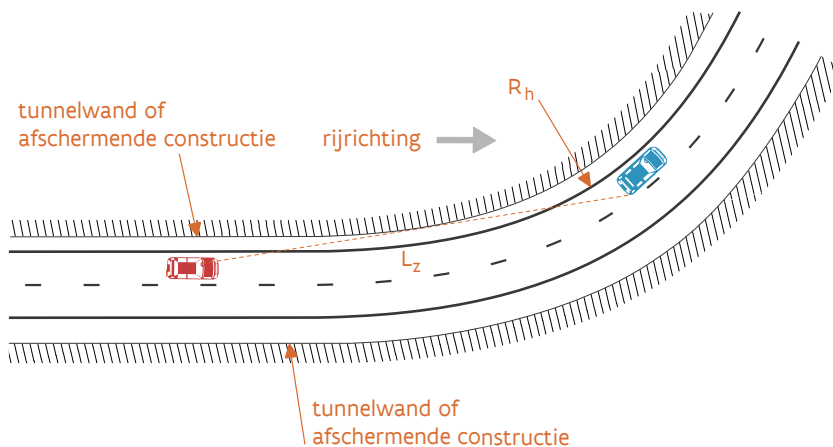
## 8.1.5 Horizontaal alignment

### 8.1.5.1 Horizontale rechtstand

De richtlijnen voor de uitvoering van horizontale rechtstanden op Europese hoofdwegen en autosnelwegen worden beschreven in [hoofdstuk "5.2.1 Horizontale rechtstand"](#). Er moet wel aandacht besteed worden aan de oriëntatie van de portalen een tunnel. Bij oost-westoriëntatie kunnen bestuurders verblind worden door de opkomende en ondergaande zon. Als maatregel kan gewerkt worden met lichtroosters aan het einde van de tunnel of kan het tracé aangepast worden.

### 8.1.5.2 Horizontale bogen

De richtlijnen voor de minimale bochtstraal worden beschreven in [hoofdstuk "5.2.2 Horizontale boog"](#). Bij de bepaling van de minimale horizontale boogstraal in een tunnel gelden dezelfde uitgangspunten voor het zichtpunt en het waarneempunt als bij standaard open wegvakken. In afwijking van standaard open wegvakken moet in een tunnel altijd gecontroleerd worden of de benodigde zichtlengte aanwezig is. De wandconstructie en/of afschermdende constructie vormt namelijk een continu zichtbelemmerend voorwerp ([zie figuur 91](#)). Een vrachtwagen kan daarbij maatgevend zijn boven een personenwagen; zeker bij discontinuïteiten (met lagere snelheden) kan dit relevant zijn.



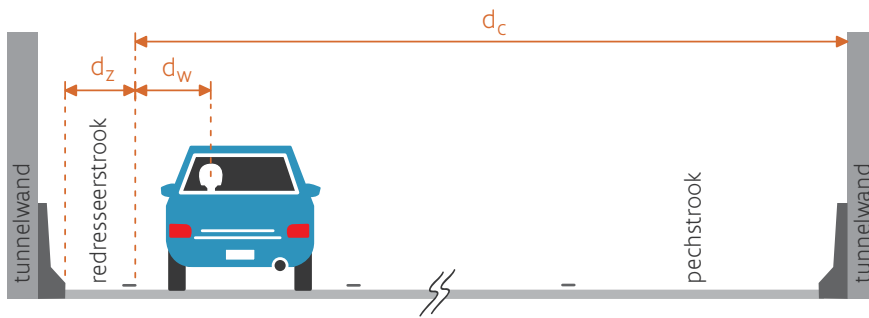
figuur 91: Zichtbeperking (stopzicht) in horizontale boog in een tunnel

De minimale boogstraal wordt als volgt berekend:

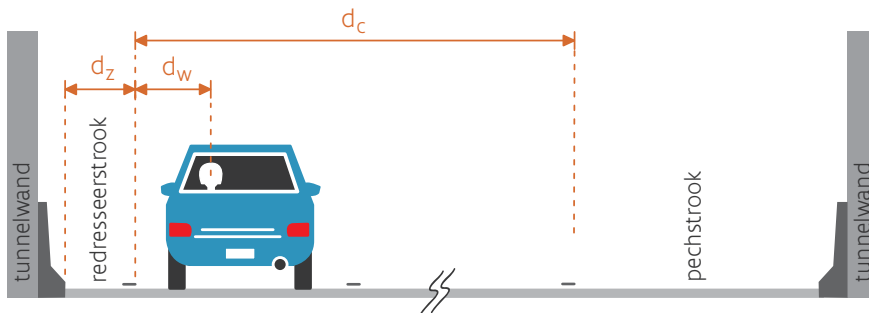
$$R_{h,\min} = \frac{L_z^2}{2 * (\sqrt{d_z + d_w} + \sqrt{d_z + d_c})^2}$$

Hierin is (zie ook [figuur 92](#), [figuur 93](#) en [figuur 94](#)):

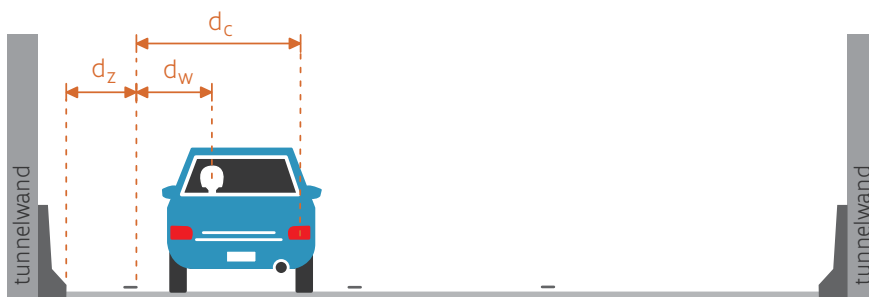
- $L_z$  : zichtlengte (m)
- $R_{h,\min}$  : minimale horizontale boogstraal (m)
- $d_z$  : afstand tussen binnenkant randlijn en zichtbelemmerend voorwerp (m)
- $d_w$  : afstand tussen binnenkant randlijn en waarneempunt bestuurder (m)
- $d_c$  : afstand tussen binnenkant randlijn en controleobject (m)



figuur 92: Schematiseringen voor bepaling anticipatiezicht;



figuur 93: Schematiseringen voor bepaling wegverloopzicht



figuur 94: Schematiseringen voor bepaling stopzicht

type zicht	$d_z$ (m)	$d_w$ (m)	$d_c$ (m)			
			1 rijstrook	2 rijstroken	3 rijstroken	4 rijstroken
anticipatiezicht	1,05	1,25	7,55	11,05	14,45	18,05
wegverloopzicht			3,80	7,30	7,10	7,10
stopzicht			2,30			

tabel 60: Standaard maatgevende parameters voor de bepaling van horizontale boogstralen

Voor de standaard weginrichting in tunnels (zie tabel 60) worden volgende uitgangspunten gehanteerd:

- Bij de bepaling van de afstand tussen de binnenkant van de randlijn en het zichtbelemmerend voorwerp ( $d_z$ ) is de afschermende constructie als maatgevend zichtbeperkend element aangemerkt. De situatie aan de (standaard) middenbermszijde is als maatgevend beschouwd vanwege de smallere berm en het feit dat de bestuurder links in de auto zit. In afwijkende situaties moet een berekening met een andere waarde voor  $d_z$  worden uitgevoerd.
- Een voertuig op de linkerrijstrook in een linksdraaiende boog is maatgevend omdat de bestuurder links in de auto zit en de middenbermszijde smaller is vormgegeven.
- De stopzichtslengete wordt berekend op basis van de wrijvingscoëfficiënt, zoals bij standaard open wegvakken.
- De afstand tussen de binnenkant van de randlijn en het waarneempunt (bestuurder) ( $d_w$ ) is op basis van een rijstrookbreedte van 3,50 m bepaald. Een afwijkende rijstrookbreedte heeft een lineair effect op de grootte van  $d_w$ .



Een andere inrichting van het dwarsprofiel zal resulteren in andere boogstralen. De berekening moet dan uitgevoerd worden met de van toepassing zijnde dimensies. Indien een wegvak in een horizontale boog van een tunnel onvoldoende zichtlengte biedt, moet een ruimere boogstraal worden toegepast. Een alternatief is het vergroten van de afstand tussen het zichtbelemmerend voorwerp en de randlijn door het voorwerp verder van de verharding af te plaatsen of door het dwarsprofiel anders in te delen. Een verlaging van de ontwerpsnelheid is geen optie wanneer dit niet overeenkomt met de aansluitende wegvakken of met de functie van de weg in het netwerk.

Bovenstaande berekeningsprincipes kunnen ook gebruikt worden bij horizontale bogen op of nabij bruggen/viaducten en bij krappe bogen in verbindingswegen met zichtbeperkende elementen.

## 8.1.6 Verticaal alignement

In tunnels gelden specifieke eisen aan voetbogen, verticale rechtstanden en hellingspercentages.

### 8.1.6.1 Verticale bogen

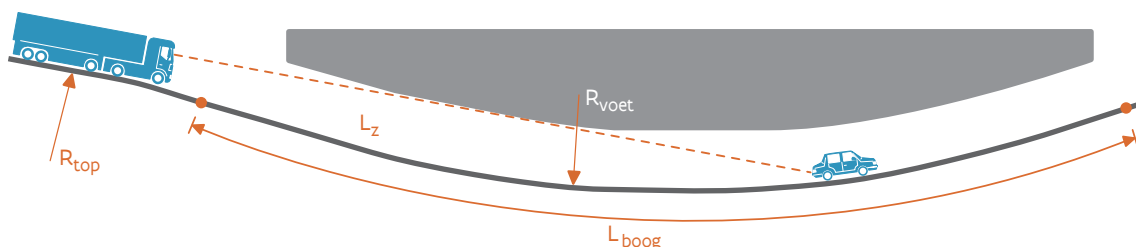
In vergelijking met een open wegvak vergen voetbogen in tunnels bijkomende aandacht. Net zoals bij een topboog wordt de minimale straal van de voetboog ( $R_v$ ) bepaald door de gewenste zichtlengte ( $L_z$ ). De zichtafstand wordt echter beïnvloed door de hoogte van de tunnel en de eventuele signalisatie en installaties. In de meeste situaties zal niet het tunnelplafond maatgevend zijn voor de zichtlengte, maar de zichtbelemmering als gevolg van de tunneltechnische installaties. In [figuur 95](#) en [figuur 96](#) is een vereenvoudigde weergave van die werkelijkheid weergegeven.

Een vrachtwagen is als voertuig maatgevend omdat dit voertuig de grootste ooghoogte heeft. De eigenlijke zichtbaarheid in het verticale vlak is in functie van de ooghoogte van de chauffeur en de objecthoogte. De minimale boogstraal van de voetboog wordt bepaald met behulp van volgende formule:

$$R_{v,\min} = \frac{L_z^2}{2 * (\sqrt{h_t - h_o} + \sqrt{h_t - h_h})^2}$$

Hierin is ([zie figuur 95](#)):

- $L_z$  : zichtlengte (m)
- $R_{v,\min}$  : minimale verticale boogstraal voetboog (m)
- $h_t$  : hoogte van het zichtbelemmerende voorwerp boven het wegdek (m): profiel van vrije ruimte blijft aangehouden omdat zichtbelemmerende voorwerpen hierbuiten toegepast mogen worden.
- $h_o$  : ooghoogte van de vrachtwagenbestuurder (2,50 m)
- $h_h$  : hoogte van het waar te nemen voorwerp = 0,25 m in geval van een obstakel op de weg. Indien er wordt uitgegaan van een stilstaande file, wordt  $h_h = 0,50$  m genomen.

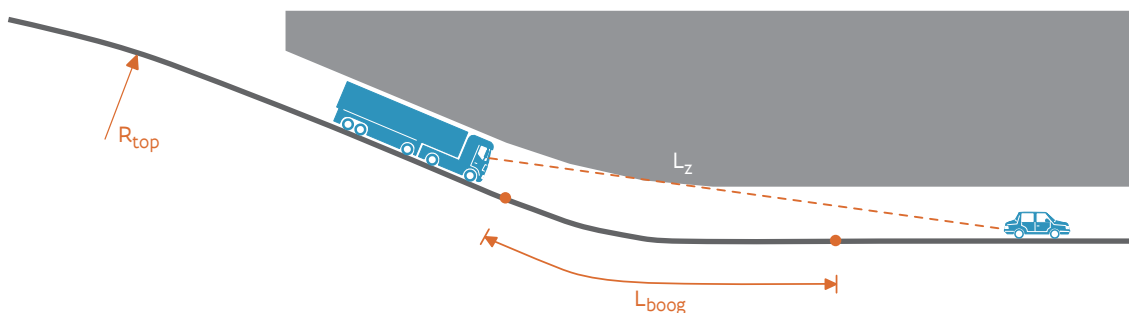


figuur 95: Schematisering zichtlengte (stopzicht) in voetboog

Voor de maatgevende zichtlengte worden de minimaal benodigde lengtes voor stopzicht gebruikt. Wegverloopzicht is in tegenstelling tot bij open wegvakken niet maatgevend. De bovenstaande formule houdt geen rekening met wegbeeldeen. Er moet daarom nagegaan worden of bij de toepassing van deze boogstralen geen onwenselijk wegbeeld ontstaat. Bij het bepalen van voetbogen worden de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- Anticipatiezicht is niet maatgevend bij voetbogen in of nabij tunnels.
- De stopzichtlengte wordt berekend op basis van de wrijvingscoëfficiënt, zoals bij standaard open wegvakken.
- Bij 70 km/h en 50 km/h zijn voor de grootte van de verticale boogstraal de comforteisen maatgevend boven de zichteisen, [zie hoofdstuk "5.3.3 Voetboog"](#).

Bovenstaande formule gaat uit van situaties waarbij de lengte van de voetboog groter is dan de benodigde zichtlengte. Het gaat dan om ondiep gelegen tunnels (landtunnels) bestaande uit een aaneenschakeling van topboog-voetboog-topboog (top-voet-top). Bij diepgelegen tunnels komt er meestal een verticale helling tussen de bogen waardoor de lengte van de voetboog doorgaans kleiner wordt dan de benodigde zichtlengte ([zie figuur 96](#)). Bovenstaande rekenmethode is op dat vlak wel toepasbaar maar leidt tot overgedimensioneerde boogstralen. Om te controleren of er aanzienlijke overdimensionering is, kan de zichtlengte grafisch (met gebruik van software) bepaald worden.



figuur 96: Schematisering zichtlengte (stopzicht) in voetboog met kleine booglengte

### 8.1.6.2 Langshelling en verticale rechtstand

Vanuit veiligheidsoogpunt zijn in tunnels lage hellingspercentages gewenst. Bij het ontwerp van tunnels moet extra aandacht uitgaan naar de capaciteit en de verkeersveiligheid als gevolg van die langshelling.

Artikel 5 van KB van 6 november 2007 stelt volgende eisen voor tunnels langer dan 500 m in het TEN-T: "Hellingen van meer dan 5% zijn in nieuwe tunnels niet toegestaan, tenzij er vanuit geografisch oogpunt geen andere oplossing mogelijk is. In tunnels met hellingen van meer dan 3% worden aanvullende of strengere maatregelen genomen om de veiligheid te verhogen op basis van een risicoanalyse." Dit principe wordt gehanteerd voor alle tunnels gelegen op Europese hoofdwegen en autosnelwegen.

Afhankelijk van het hellingspercentage wordt de hellingslengte ([zie hoofdstuk "5.3.1.2 Ontwerpparameters"](#)) beperkt. Bij toenemende hellingen resulteert een snelheidsreductie in snelheidsverschillen, wat vervolgens tot turbulentie en verkeersonveiligheid leidt. Hellingen tot maximaal 2% kunnen voor onbeperkte lengte worden aangehouden. Een verticale rechtstand met een langshelling groter dan 2% moet beperkt worden in lengte. De aanbevolen maximale waarde voor de hellingslengte, afhankelijk van het hellingspercentage, is weergegeven in [tabel 61](#). De snelheidsterugval van vrachtwagens bedraagt bij deze hellingslengte niet meer dan 20 km/h. Indien men toch afwijkt van deze waarde, dient de resulterende snelheidsterugval gecontroleerd te worden met een geëigend softwarepakket.

hellings- percentage (%)	hellingslengte (m)
<b>tot 2</b>	onbeperkte helling
<b>3</b>	≤ 1000
<b>4</b>	≤ 600
<b>5</b>	≤ 450

tabel 61: Aanbevolen maximale hellingslengte bij verticale rechtstand, afhankelijk van het hellingspercentage

### 8.1.7 Convergentie- en divergentiepunten

Bij het ontwerp van convergentie- en divergentiepunten in en rond tunnels in Vlaanderen moet volgende aanpak gehanteerd worden:

- Ontwerp de discontinuïteit op voldoende afstand buiten het tunnelportaal (dan wel het in- of uitgangsportaal).
- Onderzoek, bij onvoldoende ruimte tussen de discontinuïteit buiten de tunnel en het tunnelportaal, of het ontwerp kan worden aangepast. Indien dit niet mogelijk is, onderzoek of met compenserende maatregelen alsnog een acceptabel veiligheidsniveau verkregen wordt.

Artikel 4 van KB van 6 november 2007 stelt voor tunnels langer dan 500 m in het TEN-T dat afgezien van de pechstrook de weg binnen en buiten de tunnel hetzelfde aantal rijstroken telt. Als het aantal rijstroken verandert, gebeurt dat op voldoende afstand vóór de tunnelingang. Deze afstand is ten minste gelijk aan de afstand die een voertuig bij de toegestane maximumsnelheid in 10 seconden aflegt. Indien dit wegens geografische omstandigheden niet mogelijk is, worden aanvullende en/of strengere maatregelen getroffen om de veiligheid te borgen. Voor alle TEN-T- en niet-TEN-T-tunnels dient voldaan te zijn aan de eisen volgens "Wegontwerp in tunnels Convergentie- en divergentiepunten in en nabij tunnels" uitgegeven door Rijkswaterstaat.

Indien compenserende maatregelen vereist zijn, moet een deskundige beoordelen of en met welke combinatie van maatregelen alsnog een acceptabel ontwerp verkregen kan worden.

## 8.2 Wegbeeld

In tunnels moet bovenop de in [hoofdstuk "5.4.13 Wegbeeld"](#) genoemde wegbeeldaspecten extra aandacht uitgaan naar het volgende:

- Samengestelde boog in de tunnel
- Overgang van de open naar de gesloten situatie
- Omgeving van de tunnelingang en -uitgang

### 8.2.1 De samengestelde boog

Een samengestelde boog is een combinatie van een horizontale en verticale boog. De afzonderlijke minimale bochtstralen kunnen echter niet zonder meer gecombineerd worden. Er moet per situatie een inschatting gemaakt worden of de desbetreffende combinatie al dan niet tot gewenst rijgedrag leidt. De maatgevende zichtlengtes moeten steeds aanwezig zijn. Een deskundige moet aan de hand van een wegbeeldanalyse bepalen of het ontwerp al dan niet voldoet. Hierbij speelt niet enkel het alignement een bepalende rol maar bijvoorbeeld ook de vormgeving van de tunnelingang.

### 8.2.2 Overgang van de open naar de gesloten situatie

Een tunnel is in de beleving van de weggebruiker een onderbreking in het wegbeeld. Om nadelige effecten op het rijgedrag van bestuurders te voorkomen, is aandacht noodzakelijk voor de vormgeving van de overgang van de open naar de gesloten situatie en omgekeerd, en voor de vormgeving van tunnelementen (zoals de tunnelwanden). Het is gunstig als autobestuurders kunnen anticiperen op het binnenrijden van de tunnel. Dit kan door de invoeringen in een ruime horizontale boog te leggen waardoor de afstand tot het tunnelportaal (en voorliggende auto's) goed kan worden ingeschat. De wegontwerper moet per project een inschatting maken van het wegbeeld dat bestuurders zullen ervaren.

### 8.2.3 Omgeving van de tunnelingang en -uitgang

Naast de kenmerken van de weg en de tunnel zelf, is ook de omgeving van de tunnelingang en -uitgang van invloed op het rijgedrag van bestuurders. De wegontwerper moet per project een inschatting maken van het wegbeeld dat de bestuurders zullen ervaren. Bij het ontwerpen moet rekening gehouden worden met de in het landschap aanwezige elementen. Enkele aandachtspunten zijn:

- De omgeving ter hoogte van het uitgangsportaal dient zodanig ontworpen te worden (kruispunten, afritten, kruisingen, etc.) dat geen structurele file terugslaat tot in de tunnel.
- Omgevingselementen, zoals kruisende infrastructuur en beplanting, kunnen voor geleiding of misleiding zorgen. De ingang van de tunnel en het verloop van de weg er naartoe moeten daarom goed opvallen tegen de omgeving.
- Bij het naderen van de ingang van een tunnel en het verlaten van een tunnel moet verblinding door de (laagstaande) zon worden voorkomen, met name bij de overgang van donker naar licht. Het oog moet geleidelijk aan de nieuwe lichtsituatie kunnen wennen.
- Bij lange tunnels moet voorkomen worden dat het uitgangsportaal ruim vóór het uitrijden van de tunnel reeds in zicht is. Bestuurders gaan zich hier anders teveel op fixeren en minder alert reageren op prikkels rondom hen.
- In de buurt van de tunnel dient voldoende ruimte gereserveerd te worden voor het dienstgebouw.
- De tunnel, het dienstgebouw, en de toegang tot beiden dienen overal toegankelijk te zijn voor vlot en veilig onderhoud.
- De tunnel moet vlot bereikbaar zijn voor de hulpdiensten.
- Op voldoende afstand van de tunnelingang dient opstelruimte voor de hulpdiensten, en verzamelruimte voor vluchtende tunnelgebruikers voorzien te worden.

- Tunnels op autosnelwegen dienen voorzien te worden van slagbomen voor de tunnelingang.
- Voor tunnels met ADR-categorie A dienen de slagbomen op minimaal 150 m van het ingangsportaal te staan vanwege de extra risico's buiten de tunnel bij een explosie.
- Bij de inplanting van de tunnel dient mogelijk ook rekening gehouden te worden met de inplanting van rookmuren of het uitspringen van het middentunnelkanaal ten opzichte van de verkeerskokers.
- De afwatering dient afgestemd te worden op de komst van een tunnel.



## Begrippenlijst

<b>begrip</b>	<b>definitie</b>
aansluitingscomplex	ongelijkvloers kruispunt van een autosnelweg en een weg van het onderliggende wegennet, waartussen uitwisseling mogelijk is.
afrit	verbindingsweg die een verbinding vormt tussen de autosnelweg en het onderliggend wegennet.
afschermende constructie	constructie geïnstalleerd langs de weg om een kerend vermogen te bieden aan een dwalend voertuig.
alignement	horizontaal en/of verticaal verloop van een weg, spoorweg of waterweg.
anticipatiezicht	zicht op het samenspel van de elementen die bepalend zijn voor de herkenning van het verloop van de weg
autosnelweg	Europees verdrag inzake wegverkeer: een openbare weg die speciaal is ontworpen voor het verkeer met motorvoertuigen en waarop aanpalende eigendommen geen uitweg hebben en die: <ul style="list-style-type: none"><li>• behalve op bepaalde plaatsen of tijdelijk, is voorzien van gescheiden rijbanen voor de beide verkeersrichtingen, welke rijbanen van elkaar gescheiden zijn hetzij door een berm die niet voor het verkeer is bestemd, hetzij bij uitzondering op andere wijze</li><li>• geen andere openbare weg, spoor- of tramweg of pad voor voetgangers op hetzelfde niveau kruist</li><li>• door verkeersborden speciaal als autoweg is aangeduid.</li></ul> Wegcode: de openbare weg waarvan het begin of de oprit aangeduid is met het verkeersbord F9 en het einde met het verkeersbord F11.
bebakening	geheel aan tekens en voorwerpen dat op, in, boven en naast de weg, kunstwerk en tunnel is aangebracht om het verkeer te geleiden.
bochtverbreding	verbreed gedeelte van de rijbaan in een horizontale boog.
convergentiepunt	punt of gebied waar verkeersstromen met dezelfde rijrichting al dan niet verspreid over meerdere rijbanen onder een kleine hoek samenkomen en overgaan in minder rijbanen dan wel minder rijstroken.
divergentiepunt	punt of gebied waar verkeersstromen met dezelfde rijrichting op een rijbaan onder een kleine hoek uit elkaar gaan en zich verspreiden over meer rijbanen dan wel meer rijstroken.
dwarshelling	tangens van de hoek die de horizontaal in een dwarsprofiel maakt met de lijn tussen de zijkant en de kruin van het verhardingsoppervlak.
dwarsprofiel	verticale doorsnede loodrecht op de as van de weg, spoorweg of waterweg.
hoofdbaai	rijbaan, bestemd voor doorgaand verkeer.
invoeging	convergentiepunt waar een rijbaan door middel van een of meer invoegstroken wordt ingevoerd in de doorgaande rijbaan.
invoegstrook	rijstrook van beperkte lengte ter plaatse van een convergentiepunt, die grenst aan een doorgaande rijstrook van een rijbaan en in rijrichting gezien begint bij de spitse punt van het puntstuk. Een invoegstrook is bedoeld om verkeer afkomstig van een toeleidende rijbaan in de gelegenheid te stellen zijn snelheid te verhogen alvorens de doorgaande rijstrook op te rijden.
knooppunt	ongelijkvloers kruispunt van autosnelwegen, waartussen ongelijkvloerse uitwisseling mogelijk is. (=verkeerswisselaar)

kruijstrook	rijstrook die ter plaatse van een steile helling bergop wordt toegepast als extra rijstrook voor het tragere (vracht)verkeer.
middenberm	wegberm tussen twee hoofdbanen met tegengestelde rijrichtingen.
middentunnelkanaal	aparte koker in tunnel die niet toegankelijk is voor verkeer en die in geval van evacuatie een veilige ruimte biedt aan vluchtende tunnelgebruikers waarin zij verder kunnen vluchten naar de buitenomgeving.
natuurtechniek	maakt gebruik van civiele en ecologische technieken bij het ontwerpen, bouwen en herstellen van infrastructuur met een meerwaarde voor de natuurlijke omgeving.
objectafstand	door bestuurders aangehouden afstand tot voorwerpen langs de eigen rijstrook.
obstakel	vast voorwerp dat voor uit koers geraakte voertuigen bij aanrijding aanzienlijke voertuigvertragingen oplevert, ernstige schade aan het voertuig en/of een grotere kans op ernstig (dodelijk) letsel aan de inzittenden of derden veroorzaakt.
ophoging	gedeelte van de grondconstructie tussen de onderzijde van het zandbed en het oorspronkelijke maaiveld.
oprit	verbindingsweg die een verbinding vormt tussen de autosnelweg en het onderliggend wegennet.
overgangsboog	geleidelijke overgang tussen een rechtstand en een cirkelboog of tussen twee cirkelbogen.
parallax	verschijnsel dat de schijnbare positie van een voorwerp ten opzichte van een ander voorwerp en/of de achtergrond varieert als het vanuit verschillende posities bekeken wordt.
parallelbaan	rangeerbaan die zich uitstrekt over twee of meer knooppunten en/of aansluitingen.
pechhaven	korte, verharde strook langs de rijbaan/pechstrook/BOB/spitsstrook waarop uitsluitend in bijzondere gevallen of in geval van nood mag worden gestopt.
pechstrook	verharde strook langs een rijbaan van een autosnelweg, waarop uitsluitend in bijzondere gevallen of in geval van nood mag worden gereden of gestopt.
puntstuk	wegmarkering ter aanduiding van een convergentiepunt of divergentiepunt.
randlijn	wegmarkering die de rand van de rijbaan aanduidt.
rangeerbaan	rijbaan ter plaatse van een knooppunt of aansluiting, evenwijdig lopend aan een hoofdbaan en beginnend en eindigend op die hoofdbaan, en waarop invoeg-, uitrij- en weefbewegingen kunnen plaatsvinden.
rechtstand	rechte lijn in een alignement. Men onderscheidt horizontale en verticale rechtstanden.
reddingsstrook	een rijstrook op een meerstrookse rijbaan is bedoeld om een voorrangsvoertuig te laten passeren in het geval van langzaam rijdend of stilstaand verkeer. In tegenstelling tot andere soorten rijstroken is de reddingsstrook niet zichtbaar in de wegmarkering.
redresseerstrook	een verharde strook van beperkte breedte, naast de rijbaanbreedte, bedoeld om weggebruikers de gelegenheid te geven hun koers te corrigeren.
reserveringstrook	ruimte die gereserveerd kan worden voor een toekomstige rijstrookvermeerdering in een tunnel.
rijbaan	deel van de openbare weg ingericht voor het voertuigverkeer.
rijbaanbreedte	breedte van de buitenkant van de randlijn tot de buitenkant van de tegenoverliggende randlijn. Bij afwezigheid van een randlijn is de rijbaanbreedte gelijk aan de verhardingsbreedte.



rijstrook	strook van de rijbaan die voldoende breed is voor het verkeer van één rij voertuigen.
rijstrookmarkering	overlangse markeringen die de rijstroken aanduiden zijn wit en kunnen bestaan uit : <ul style="list-style-type: none"> <li>• een doorlopende streep</li> <li>• een onderbroken streep</li> <li>• een naast elkaar getrokken doorlopende en onderbroken streep</li> </ul>
samenvoeging	convergentiepunt van twee rijbanen met ongeveer dezelfde ontwerpsnelheid: van elk van de samenkomende rijbanen loopt ten minste één rijstrook door.
splitsing	divergentiepunt waar een rijbaan overgaat in twee rijbanen met ongeveer dezelfde ontwerpsnelheid: beide rijbanen bevatten ten minste één rijstrook van de oorspronkelijke rijbaan.
standaard dwarshelling	dwarshelling in een dwarsprofiel ten behoeve van de afwatering.
stopstrook	zone naast de redresseerstrook, bijvoorbeeld een (onverharde) berm. In deze strook is het niet meer de bedoeling dat de bestuurder zich nog kan corrigeren, maar zou hij toch gecontroleerd tot stilstand moeten kunnen komen.
stopzicht	afstand waarover een bestuurder de weg moet kunnen overzien om een eventueel aanwezige file (over de volledige rijbaan) te kunnen waarnemen, deze als zodanig te herkennen en om tijdig zijn voertuig tot stilstand te brengen.
tegenverkanting	dwarshelling in de boog van een weg, die afloopt naar de buitenzijde van een boog en die geen compensatie biedt aan de middelpuntvliedende kracht op rijdende voertuigen.
topboog	cirkelvormige bovenafronding in een lengteprofiel.
tracé	verzameling wegvakken en aansluitingen die binnen het netwerk een duidelijke eenheid vormen, veelal begrensd door knooppunten.
traject	(autosnel)weg binnen het totale netwerk, of een combinatie van enkele delen van meerdere (autosnel)wegen.
tussenberm	wegberm tussen evenwijdig lopende rijbanen, niet beide zijnde hoofdbanen.
uitgraving	verdieping van de natuurlijke ondergrond tot op het peil dat nodig is om de weg aan te leggen
uitvoeging	divergentiepunt waar een rijbaan door middel van een of meer uitrijstroken wordt afgeleid van de doorgaande rijbaan. Verbindingsweg vanaf een hoofdweg naar een weg van het onderliggende wegennet.
uitvoegstrook	rijstrook van beperkte lengte ter plaatse van een divergentiepunt, die grenst aan een doorgaande rijstrook van een rijbaan en, in rijrichting gezien, eindigt bij de spitse punt van het puntstuk. Een uitvoegstrook is bedoeld om verkeer afkomstig van de doorgaande rijstrook/rijstroken in de gelegenheid te stellen zijn snelheid te verminderen alvorens de afbuigende rijbaan op te rijden.
$v_{85}$ -snelheid	de $v_{85}$ -snelheid komt overeen met de 85-percentiel snelheid. Dit is de snelheid die door 85% van de bestuurders niet wordt overschreden in normale weersomstandigheden. Ze weerspiegelt de snelheid die een ruime meerderheid (85%) van bestuurders als redelijk en veilig beschouwt in ideale omstandigheden.
veiligheidsstrook	stopstrook + redresseerstrook.
verbindingsweg	rijbaan, niet zijnde een hoofdbaan, rangeerbaan of parallelbaan, die in een ongelijkvloerse kruising van autosnelwegen de verbinding vormt tussen twee rijbanen.

verdrijfpijl	wegmarkering die het verkeer naar een aangrenzende rijstrook geleidt, uitgevoerd als een onder een bepaalde hoek aangebrachte pijl (rijstrookverminderingpijl).
verdrijvingsvlak	deel van de openbare weg dat niet voor het verkeer toegankelijk wordt gemaakt door middel van markeringen
verkanting	dwarshelling in de boog van een weg of spoorweg, die ten doel heeft de middelpuntvliedende kracht van rijdende voertuigen geheel of gedeeltelijk te compenseren.
verkantingsovergang vetergang	gedeelte van de verkeersbaan waar de dwarshelling van richting verandert. van de rechte lijn afwijkende koers van voertuigen ten gevolge van storende krachten en koerscorrecties.
voetboog	cirkelvormige onderafronding in een lengteprofiel.
wachtzone	een strook in een tunnel waar personen, nadat ze het voertuig verlaten hebben, kunnen wachten op hulp.
weefstrook	rijstrook die behoort tot die rijstroken in een weefvak die minimaal vereist zijn om te kunnen weven.
weefvak	rijbaangedeelte van beperkte lengte tussen convergentiepunt en divergentiepunt, dat bedoeld is om te weven.
wegberm	gedeelte van een weg tussen rijbanen of tussen een buitenste rijbaan en de naastgelegen weggrens.
wegmarkering in lengterichting	wegmarkering waarvan de lengterichting in beginsel evenwijdig loopt aan de as van de weg
wegvak	gedeelte van de autosnelweg als onderdeel van een tracé dat in lengterichting wordt begrensd door een aansluiting, een knooppunt of een andere discontinuïteit, bestaande uit een samenstelling van een alignement en een dwarsprofiel voor één rijrichting, met als randvoorwaarden de zichtlengte en eisen vanuit wegbeeld.
wegverloopzicht	benodigde lengte waarover een bestuurder de weg moet kunnen overzien om zijn rijtaak veilig en comfortabel uit te voeren
zichtlengte	afstand waarover de bestuurder het direct voor hem liggende deel van de weg kan overzien.

## Afkortingenlijst

<b>afkorting</b>	<b>betekenis</b>
ADR	Vervoer van gevaarlijke goederen over de weg (Accord européen relatif au transport international de marchandises Dangereuses par Route)
AGR	European Agreement on Main International Traffic Arteries
AID	Automatische incidentdetectie
AWV	Agentschap Wegen en Verkeer
BOB	Bijzonder Overrijdbare Bedding
CIA	Capaciteitswaarden Infrastructuur Autosnelwegen
DVM	Dynamisch Verkeersmanagement
EU	Europese Unie
I/C-verhouding	Intensiteit/capaciteit-verhouding
KB	Koninklijk Besluit
MKBA	Maatschappelijke Kosten-Batenanalyse
mvt	Motorvoertuigen
pae	Personenauto-equivalent
prt-lengte	Perceptiereactietijd-lengte: de lengte die wordt afgelegd tijdens de perceptie-reactietijd
ROA	Richtlijn Ontwerp Autosnelwegen
RSS	Rijstrooksignalisatie
RVMS	Roadside Variable Message Signs
tan	tangens
TEN-T	Trans-European Network for Transport
VI	Voertuigoverhellingsindex
VMS	Variable Message Signs
VRI	Verkeersregelininstallatie





## Referentielijst

Federale Overheid. (12 juli 1956). Wet tot vaststelling van het statuut der autosnelwegen.

Federale Overheid. (KB 4 juni 1958). Koninklijk Besluit betreffende de vrije stroken langs autosnelwegen.

Federale Overheid. (KB 6 november 2007). Koninklijk Besluit betreffende de minimale technische veiligheidsnormen voor tunnels in het trans-Europese wegennet.

Kroon L. (TU Delft), Verspuij J. (Witteveen+Bos), van Loon A. (Rijkswaterstaat). (2012). The Step Theory - a valid vision on traffic safety or just a myth?

Rijkswaterstaat. (2007). Nieuwe Ontwerprichtlijn Autosnelwegen (NOA).

Rijkswaterstaat. (2008). Wegontwerp in tunnels Convergentie- en divergentiepunten in en nabij tunnels

Rijkswaterstaat. (2014). Richtlijn Ontwerp Autosnelwegen (ROA).

Rijkswaterstaat. (2015). Capaciteitswaarden Infrastructuur Autosnelwegen (CIA).

Rijkswaterstaat. (2017). Richtlijn Ontwerp Autosnelwegen (ROA).

Rijkswaterstaat. (2019). Kader veiligheidsvoorzieningen verdiepte wegen, korte overkappingen en gedeeltelijk gesloten constructies.

Rijkswaterstaat. (2019). Richtlijn Ontwerp Autosnelwegen (ROA).

United Nations. Economic Commission for Europe. Inland Transport Committee. (1975). European Agreement on Main International Traffic Arteries (AGR).

Vlaamse Overheid, Agentschap Wegen en Verkeer. (2008). Dienstorder MOW/AWV/2008/24. Verkeerstunnels op het grondgebied van het Vlaams Gewest.

Vlaamse Overheid, Agentschap Wegen en Verkeer. (2010). Geluidswerende maatregelen: Voorbeeldenboek voor gewestwegen in Vlaanderen.

Vlaamse Overheid, Agentschap Wegen en Verkeer. (2014). Dienstorder MOW/AWV/2014/2. Aanduiding verkeersknooppunten en uitritten op autosnelwegen.

Vlaamse Overheid, Agentschap Wegen en Verkeer. (2014). Dienstorder MOW/AWV/2014/6. Plaatsingsvoorwaarden bebakening.

Vlaamse Overheid, Agentschap Wegen en Verkeer. (2015). Technische handleiding voor geluidswerende constructies.

Vlaamse Overheid, Agentschap Wegen en Verkeer. (2017). Standaardbestek 270 (versie 4).

Vlaamse Overheid, Agentschap Wegen en Verkeer. (2019). Lichtvisie op autosnelwegen.

Vlaamse Overheid, Agentschap Wegen en Verkeer. (2020). Basisprincipes inrichting robuust wegennet: Europese hoofdwegen & Vlaamse hoofdwegen

Vlaamse Overheid, Agentschap Wegen en Verkeer. (2020). Dienstorder MOW/AWV/2020/12. Maatregelen ter preventie van spookrijden.

Vlaamse Overheid, Agentschap Wegen en Verkeer. (2020). Standaardbestek 250 voor de wegebouw (versie 4.1).

Vlaamse Overheid, Agentschap Wegen en Verkeer. (2020). Vademecum vergevingsgezinde wegen (VWV), deel gemotoriseerd verkeer.

Vlaamse Overheid, Agentschap Wegen en Verkeer. (2022). Dienstorder MOW/AWV/2022/08. Algemene omzendbrief nopens de wegsignalisatie

Vlaamse Overheid, Agentschap wegen en Verkeer. Vademecum weginfrastructuur (VWI), deel Natuurtechniek.

Vlaamse Overheid, Agentschap wegen en Verkeer. (in opmaak). Vademecum weginfrastructuur (VWI), deel Vlaamse hoofdwegen.

Vlaamse Overheid, Coördinatiecommissie Integraal Waterbeleid. (2012). Code van goede praktijk voor het ontwerp, de aanleg en het onderhoud van rioleringsystemen.

Vlaamse Overheid, Departement Mobiliteit en Openbare Werken. (2003). Ontwerp Mobiliteitsplan Vlaanderen.

Vlaamse Overheid, Verkeerscentrum. (2015). Studierapport Fileproblematiek op afritten snelwegen Vlaanderen 2014-2015.



AGENTSCHAP WEGEN EN VERKEER  
AFDELING VERKEER, WEGSYSTEMEN EN TELEMATICA

Graaf de Ferrarisgebouw  
Koning Albert II-Laan 20 bus 4 - 1000 Brussel  
Tel. 02/553 78 02  
[www.wegenenverkeer.be](http://www.wegenenverkeer.be) - [verkeer.wegsystemen.telematica@mow.vlaanderen.be](mailto:verkeer.wegsystemen.telematica@mow.vlaanderen.be)