



RWS INFORMATIE



Richtlijn Ontwerp Autosnelwegen

Veilige Inrichting van Bermen

Datum	31 mei 2017
Status	definitief

Colofon

Uitgegeven door	Rijkswaterstaat Grote Projecten en Onderhoud
Informatie	Steunpunt Bermbeveiliging
Telefoon	088 - 798 25 00
E-mail	bermbeveiliging@rws.nl
Uitgevoerd door	Tim Olsthoorn
Opmaak	
Datum	31 mei 2017
Status	definitief
Versienummer	10

Inhoud

1	Inleiding	7
1.1	Aanleiding herziening Richtlijn Ontwerp Autosnelwegen VIB	7
1.2	Toepassingsgebied Richtlijn Ontwerp Autosnelwegen VIB	8
1.3	Bewustwording en expliciete risico-onderbouwing	8
1.4	Leeswijzer en stroomschema	9
2	Veilige bermen	12
2.1	Algemeen	12
2.1.1	Ongevallen en risico's	12
2.1.2	Functie van de berm	13
2.1.3	Bermtypes	13
2.2	Gevarenzones	13
2.3	Veiligheidszones	15
2.3.1	Obstakelvrije zone	16
2.3.2	Versoberde veiligheidszones	26
2.4	Eisen aan opbouw en geometrie van bermen	28
2.4.1	Aansluiting van berm op verharding	29
2.4.2	Draagkracht en wrijving van de berm	30
2.4.3	Taluds	31
3	Compenserende maatregelen	35
3.1	Functionele eisen afschermingsvoorzieningen	35
3.2	Aspecteisen (non-functionele eisen)	36
3.2.1	Geleideconstructies	36
3.2.2	Obstakelbeveiligers	39
3.2.3	Botsveilige objecten	41
3.3	Toepassing van afschermingsvoorzieningen	43
3.3.1	Algemeen	43
3.3.2	Plaatsing van afschermingsvoorzieningen	44
3.3.3	Motorfietsvriendelijke geleiderail (MVG)	54
3.4	Discontinuïteiten in voertuigkeringen	57
3.4.1	Begin- en eindpunt	57
3.4.2	Knik bij verandering dwarsprofiel	60
3.4.3	Onderbrekingen en doorsteken	61
3.4.4	Overgangen	62
Bijlage 1: Literatuur		66
Bijlage 2: Begrippen		68
Bijlage 3: De draagkracht van de berm		71
Bijlage 4: NEN-EN 12767; Passieve veiligheid van constructies voor weguitrusting		73
Bijlage 5: NEN-EN 1317-2; afschermende constructies voor wegen – deel 2		76
Bijlage 6: NEN-EN 1317-3; afschermende constructies voor wegen - deel 3		78

Bijlage 7: NEN-EN 1317-7; Ontw. en Afschermende constructies voor wegen - deel 7
80

Bijlage 8: Overwegingen bij de keuze van een afschermingsvoorziening **82**

Bijlage 9: Handleiding tabelgebruik §3.3.2 'Toepassing van
afschermingsvoorzieningen' bij afschermingsvoorziening conform NEN
5190/ 5191 **88**

1 Inleiding

Het aandeel geregistreerde ernstige enkelvoudige ongevallen (ongevallen met een dodelijke afloop of opname in het ziekenhuis) op nationale stroomwegen is aanzienlijk (28% over de periode 2008-2010). Absoluut gezien betreft het gemiddeld bijna 270 ongevallen per jaar. Elke aanrijding van een vast voorwerp, van welke aard dan ook, wordt gezien als een enkelvoudig ongeval. De enkelvoudige ongevallen komen verspreid over het netwerk voor, met vaak (kleine) concentraties van ongevallen in relatief krappe horizontale bogen. Hierbij is de kans op dodelijke afloop of ernstig letsel bij aanrijding van een star obstakel gemiddeld tweemaal zo groot als bij een aanrijding van een voertuigkering. Naast enkelvoudige (berm)ongevallen onderscheiden we meervoudige bermongevallen. Dit zijn ongevallen waarbij ook derden zijn betrokken.

Een proactieve aanpak van deze verkeersonveiligheid heeft sterk de voorkeur boven een reactieve aanpak. Dit betekent dat enkelvoudige ongevallen in eerste instantie bij de bron worden bestreden, waarbij de maatregelen ter bestrijding van enkelvoudige ongevallen zoveel mogelijk gericht zijn op de achterliggende oorzaken van de ongevallen. Daarbij zijn naar prioriteit de volgende ontwerpbeginselen te onderscheiden:

- 1 het voorkomen dat bestuurders ongewild of onbewust uit de eigen rijstrook en vervolgens van de weg raken;
- 2 het creëren van veilige vergevingsgezinde bermen en weg-omgevingen waardoor de bestuurder de kans krijgt om zijn fout te herstellen dan wel buiten de verkeersstromen veilig kan stoppen;
- 3 het afschermen van gevarenczones die bij het aan- of inrijden een grotere letselkans voor derden of de inzittenden opleveren dan bij het aanrijden van een afschermingsvoorziening.

Voor punt 1 is een veilig wegontwerp van belang; hiervoor wordt verwezen naar de Richtlijnen voor het Ontwerpen van Autosnelwegen (ROA, januari 2015). Voorliggende herziene Richtlijn Ontwerp Autosnelwegen Veilige inrichting van bermen (ROA-VIB) gaat hoofdzakelijk in op punten 2 en 3.

1.1 Aanleiding herziening Richtlijn Ontwerp Autosnelwegen VIB

Veranderingen in normen, regelgeving en contractvormen maken het noodzakelijk de 'Richtlijnen voor het Ontwerpen van Autosnelwegen (ROA), Veilige inrichting van bermen' (mei 1999) te actualiseren. De richtlijn uit 1999 blijkt onvoldoende aansluiting te vinden bij de nieuwe contractvormen en is daarmee onvoldoende afgestemd op de werkwijze van Rijkswaterstaat om de marktpartijen goed richting te kunnen geven. De richtlijnen moeten helder en toetsbaar zijn zonder dat daarbij concrete oplossingen of oplossingsrichtingen worden geboden, om binnen de uitgangspunten maximale ontwerp vrijheid aan de markt te laten. De herziening van de richtlijn uit 1999 bevat naast een actualisatie een verbreding van de richtlijn van 1999. Daarnaast heeft bij de herziening afstemming plaatsgevonden met overige relevante (herziene) richtlijnen.

1.2 Toepassingsgebied Richtlijn Ontwerp Autosnelwegen VIB

Deze richtlijn is uitsluitend van toepassing op de veilige inrichting van bermen van nationale stroomwegen (autosnelwegen) en vervangt de richtlijn 'Veilige inrichting van bermen' (CROW publicatie 705, mei 1999). Conform de Uitvoeringsvoorschriften Besluit Administratieve Bepalingen inzake Wegverkeer (BABW) mag aan een weg de status van nationale stroomweg worden gegeven wanneer:

- de lengte van het als nationale stroomweg aangeduide weggedeelte minimaal 2,5 km bedraagt;
- de weg gelegen is buiten de bebouwde kom en de doorgaande rijbaan is aangewezen als voorrangsweg;
- de weg ongelijkvloerse kruisingen, gescheiden rijbanen en vloeiend verlopende toe- en afritten heeft.

Deze ROA-VIB maakt deel uit van de ROA en is van toepassing:

- bij de aanleg van nieuwe en reconstructie van bestaande nationale stroomwegen¹;
- voor hoofd-, parallel- en rangeerbanen en verbindingswegen in knooppunten en aansluitingen van nationale stroomwegen;
- voor permanente situaties;
- op tijdelijke situaties die één jaar of langer functioneel zijn;
- bij vervanging van bestaande afschermingsvoorzieningen in het kader van beheer en onderhoud, met dien verstande dat reparaties naar aanleiding van aanrijdingen hier buiten vallen;
- voor tijdelijke situaties voor zover de vigerende richtlijnen aangaande maatregelen ten tijde van wegwerkzaamheden op rijkswegen en aanverwante CROW-richtlijnen daarin niet voorziet.

Deze richtlijn omvat de invulling van de overgebleven maatvoering in het dwarsprofiel, welke is ontstaan aan de hand van de keuzes die zijn gemaakt in het dwarsprofiel op basis van de ROA 2014. De richtlijn kent om deze reden vooral functionele eisen voor vergevingsgezinde bermen. De richtlijn is van toepassing gedurende het volledige ontwerpproces van nationale stroomwegen: verkenning, planuitwerking en realisatie.

Voor veilige inrichting van bermen langs autosnelwegen met een spitsstrook wordt verwezen naar de richtlijn 'Veiligheid spitsstroken' (Rijkswaterstaat, april 2013).

Voor wegen die deel uitmaken van het E-wegennet is de European Agreement on Main International Traffic Arteries (AGR, 1975) van toepassing. Wanneer het ontwerp en de inrichting van bermen in overeenstemming is met deze ROA-VIB, wordt aan de AGR voldaan.

1.3 Bewustwording en expliciete risico-onderbouwing

Een belangrijk aspect van verkeersveilig ontwerp is bewustwording / bewustzijn van de context van een ontwerp. Omdat elke situatie uniek is, is het niet mogelijk om voor elke denkbare situatie een richtwaarde op te nemen in deze richtlijn.

¹ Voor regionale stroomwegen wordt verwezen naar het 'Handboek Veilige inrichting van bermen, Niet-autosnelwegen buiten de bebouwde kom'

Een veilig ontwerp kan alleen verkregen worden op het moment dat de ontwerper zich bewust is van deze unieke kenmerken en omstandigheden van zijn ontwerp / project, en deze op verantwoorde wijze betreft in zijn ontwerp.

In deze richtlijn zijn op enkele plekken grijze kaders met aanvullende toelichting of (achtergrond)informatie opgenomen. Deze grijze kaders hebben geen status als richtwaarde, maar hebben tot doel de ontwerper enkele denkrichtingen aan te reiken om de bewustwording van de bredere context te bevorderen.

De stap die volgt op bewustwording/ bewustzijn, is het expliciet rapporteren over de (veiligheids)risico's en de afwegingen en keuzes waartoe dat heeft geleid. In een markt waarin marktpartijen steeds vaker een leidende rol krijgen en opdrachtgevers vaker toetsen op proces, is een projectspecifieke expliciete risico-onderbouwing inclusief beoordeling van mogelijke risicoconsequenties onontbeerlijk om goede besluitvorming mogelijk te maken.

1.4 Leeswijzer en stroomschema

Zoals in het voorgaande beschreven, gaat de proactieve aanpak voor veilige inrichting van bermen uit van de volgende hiërarchie in werkwijze:

1. het creëren van veilige vergevingsgezinde bermen en wegomgevingen waardoor de bestuurder de kans krijgt om zijn fout te herstellen dan wel buiten de verkeersstromen veilig kan stoppen;
2. het afschermen van wegsituaties die bij het aan- of inrijden een grotere letselkans voor derden of de inzittenden opleveren dan bij het aanrijden van een afschermingsvoorziening.

Dit betekent dat eerst wordt ingezet op veilige bermen, en pas in tweede instantie op het (veilig) toepassen van compenserende maatregelen in de vorm van afschermingsvoorzieningen. In onderstaand schema is deze gedachtegang weergegeven.

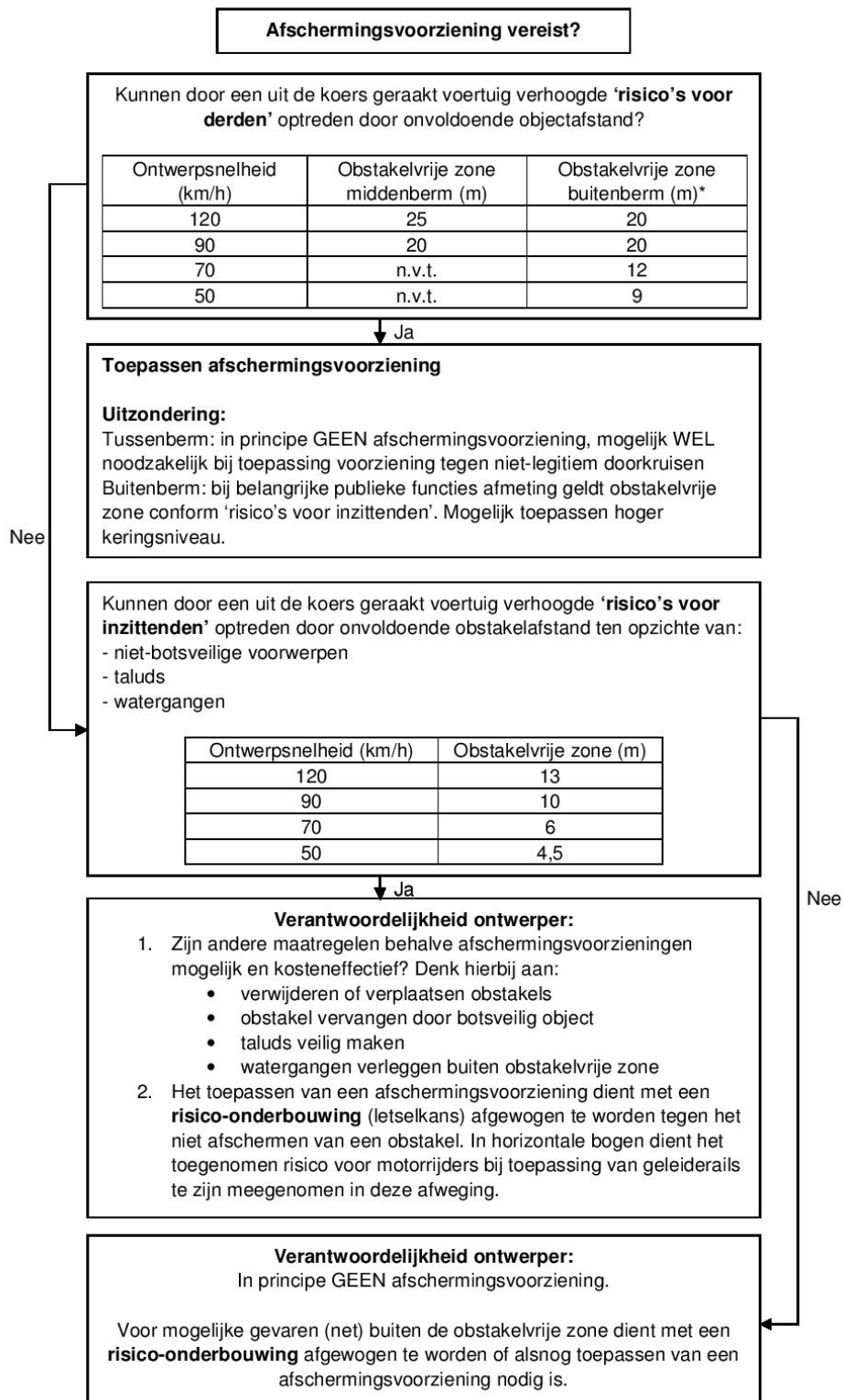
De opbouw van deze richtlijn is gebaseerd op deze hiërarchie:

- hoofdstuk 2 gaat in op hoe bermen veilig vormgegeven kunnen worden;
- hoofdstuk 3 gaat in op (eisen aan) afschermingsvoorzieningen.

In de bijlagen van deze richtlijn is het volgende opgenomen (voor zover hieronder naar richtlijnen wordt verwezen, zijn alleen de voor deze richtlijn relevante gedeelten als bijlage opgenomen):

- bijlage 1: overzicht van relevante literatuur;
- bijlage 2: overzicht van de begrippen met omschrijvingen;
- bijlage 3: draagkracht van de berm;
- bijlage 4: NEN-EN 12767, passieve veiligheid van constructies voor weguitrustingseisen en beproevingsmethoden (november 2007);
- bijlage 5: NEN-EN 1317-2, afschermende constructies voor wegen – deel 2: prestatieklassen, botsproef-beoordelingscriteria en beproevingsmethoden voor vangrails en voertuiggeleiding (mei 1998, juni 2006);
- bijlage 6: NEN-EN 1317-3, afschermende constructies voor wegen – deel 3: prestatieklassen, beoordelingscriteria voor botsproeven en beproevingsmethoden voor obstakelbeveiligers (juni 2000);
- bijlage 7: NVN-ENV 1317-4: prestatieklassen, aanvaardingscriteria voor botsproeven en beproevingsmethoden voor uiteinde van vangrails;

- bijlage 8: Overwegingen bij de keuze van een afschermingsvoorziening;
- bijlage 9: Handleiding tabelgebruik §3.3 'Toepassing van afschermingsvoorzieningen'.



2 Veilige bermen

2.1 Algemeen

Ondanks preventieve maatregelen komt het voor dat voertuigen, om welke reden dan ook, uit koers raken en in de berm terecht komen. In die situaties is het van belang de berm zodanig veilig in te richten dat de kans op (ernstig) letsel minimaal is: de vergevingsgezinde berm.

De berm is het gedeelte van de weg tussen verharde rijbanen of tussen een buitenste verharde rijbaan en de naastgelegen weggrens. Veilige bermen zijn een belangrijk ontwerpelement dat een standaard onderdeel is van het dwarsprofiel. Een veilige berm is een obstakelvrije draagkrachtige berm, die met een klein hoogteverschil aansluit op de verharding.

2.1.1 Ongevallen en risico's

Wanneer een voertuig uit koers raakt, in de berm terecht komt en zonder letsel aan inzittenden of derden, en zonder schade aan het eigen voertuig, andere voertuigen of vaste voorwerpen op de rijbaan kan terugkeren, is er geen sprake van een ongeval maar van een (berm)incident. Er is pas sprake van een (berm)ongeval wanneer het voertuig bijvoorbeeld ergens tegenaan rijdt, over de kop gaat of in een sloot terecht komt. Bij veel bermongevallen is slechts één rijdend voertuig betrokken, de zogenaamde enkelvoudige ongevallen. Deze enkelvoudige ongevallen zijn te onderscheiden in:

- *vastvoorwerp-ongevallen*: ongevallen waarbij het voertuig in aanraking komt met een vast voorwerp (elk voorwerp dat op de grond is geplaatst of in de grond is bevestigd, zoals afschermingsvoorzieningen, verkeersborden, wegwijzers, (licht)masten, bomen of overig wegmeubilair);
- *eenzijdige ongevallen*: ongevallen waarbij geen botsing met een andere weggebruiker of met een vast voorwerp plaatsvindt, bijvoorbeeld voertuigen die in de sloot terecht komen of het talud afrollen. Ongevallen waarbij het voertuig bijvoorbeeld over de kop slaat maar wel op de rijbaan blijft, worden eveneens tot de eenzijdige ongevallen gerekend.

Een voertuig dat uit koers raakt, levert twee verschillende vormen van risico's op:

- risico's voor derden: de risico's die optreden voor de overige weggebruikers, personen of voorzieningen op de naastliggende hoofdrijbaan, op onderliggende wegen, spoorbaan of waterweg of in de directe omgeving van de weg waar grote milieuproblemen kunnen ontstaan of waar verstoringen van maatschappelijk belangrijke verbindingen of inrichtingen kunnen optreden. Onderscheid kan worden gemaakt tussen:
 - primaire risico's voor derden: het voertuig dat uit de koers is geraakt, komt direct in botsing met een medeweggebruiker;
 - secundaire risico's voor derden: het voertuig dat uit de koers is geraakt, botst bijvoorbeeld tegen een lichtmast. De lichtmast breekt af en komt op een naastliggende rijbaan terecht waardoor een tweede ongeval ontstaat;
- risico's voor inzittenden: de persoonlijke risico's voor inzittenden van dit voertuig wanneer dit voertuig ergens tegen aan botst, in een watergang terecht komt of over de kop slaat.

Aan risico's voor derden moet in beginsel een (veel) zwaarder gewicht worden toegekend dan aan de risico's voor inzittenden.

2.1.2 *Functie van de berm*

De berm dient voor het veilig opvangen van voertuigen die ook van de weg zijn geraakt:

- om te redresseren of te stoppen en uit te stappen zonder daarbij op naastgelegen rijbanen te komen;
- om het voertuig dat wegens storing of om andere redenen (tijdelijk) niet meer aan het verkeer kan deelnemen, buiten de eigen en overige verkeersstromen te plaatsen en eventueel te bergen.

Daarnaast moet het voertuig de berm weer veilig kunnen verlaten en veilig kunnen terugkeren naar de rijbaan zonder daarbij andere weggebruikers in gevaar te brengen. De berm dient daartoe een vlakke, draagkrachtige en obstakelvrije zone te zijn met een bepaalde breedte, die afhankelijk is van de ontwerpsnelheid.

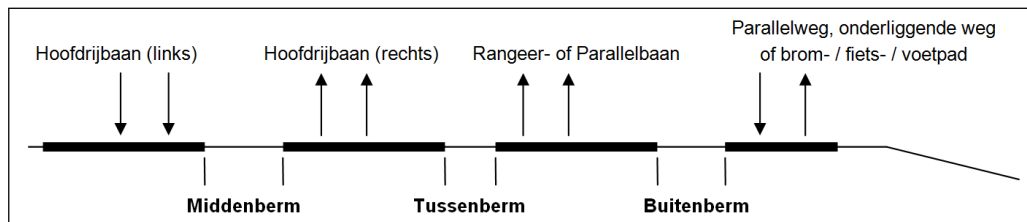
2.1.3 *Bermtypes*

De nationale stroomweg of autosnelweg kent 3 bermtypen (figuur 2-1):

- middenberm: gedeelte van de weg tussen twee hoofdbanen met tegengestelde rijrichtingen;
- tussenberm: gedeelte van de weg tussen een hoofdrijbaan en een parallel- of rangeerbaan met gelijke rijrichtingen;
- buitenberm: gedeelte van de weg naast de buitenste hoofd-, rangeer- of parallelrijbaan.

De ruimte tussen een hoofd-, parallel- of rangeerbaan én een parallelle weg of pad van lagere orde wordt in deze richtlijn niet als tussenberm aangemerkt maar als buitenberm, omdat deze richtlijn redeneert vanuit de autosnelweg.

De berm wordt gemeten vanaf de buitenzijde van de verharding.



Figuur 2-1 – Overzicht van bermtypen

2.2 **Gevarenzones**

Een gevaarzone omvat de constructie van het bermoppervlak (draagkracht, wrijvingscoëfficiënt), botsonveilige voorwerpen in de berm, en het geometrische ontwerp van hoogteverschillen in de berm, die bij berijden onaanvaardbare risico's voor de inzittenden opleveren. Daarbij kan worden gedacht aan:

- hoogteverschillen tussen het verhardings- en bermoppervlak;
- te geringe draagkracht en wrijving van het bermoppervlak;
- hoogteverschillen ten gevolge van ophogingen en ingravingen;
- obstakels, sloten, beken en overige watergangen.

Bij een watergang bestaat het persoonlijk risico uit verdrinkingsgevaar en grote voertuigvertragingen. Een brede watergang / waterweg met een waterdiepte van circa 1,00 m of meer moet, onafhankelijk van de geometrie, altijd als een gevarenczone worden aangemerkt in verband met verdrinkingsgevaar.

Voor watergangen parallel aan de rijbaan met een waterdiepte < 1,00 m is de geometrie bepalend voor de optredende voertuigvertragingen. Diepte, breedte en taludhellingen zijn daarbij doorslaggevend. Zolang niet aan de voorwaarden van neergaande en opgaande taluds wordt voldaan, moet de watergang als een gevarenczone worden aangemerkt. In de praktijk betekent dit dat bijna alle sloten en beken binnen de obstakelvrije zone een gevarenczone vormen. Open watergangen die loodrecht op de rijbaan staan en binnen de obstakelvrije zone liggen, leveren altijd grote voertuigvertragingen op en zijn dus een gevarenczone.

(On)veilige voorwerpen

In het vervolg van dit document worden twee al dan niet botsveilige voorwerpen onderscheiden.:

- vast voorwerp, op te delen in;
 - object;
 - obstakel.

Een vast voorwerp is elk voorwerp dat in de grond is bevestigd, zoals wegwijzers, lichtmasten, portalen, afschermingsvoorzieningen, bomen en dergelijke. De kans op (ernstig) letsel aan de inzittenden bij aanrijding is vooral afhankelijk van:

- de botssnelheid;
- de mate waarin het vaste voorwerp voertuigvertragingen veroorzaakt.

Een obstakel betreft een vast voorwerp dat bij aanrijding aanzienlijke voertuigvertragingen oplevert, grote schade aan het voertuig veroorzaakt en een aanzienlijke kans op (dodelijk) letsel aan de inzittenden veroorzaakt.

Een vast voorwerp is een obstakel als:

- er geen praktijkproeven conform NEN-EN 12767 op hebben plaatsgevonden en ook niet aangetoond kan worden dat ze vallen binnen de deemed to comply criteria of andere geclassificeerde families;
- door middel van praktijkproeven conform NEN-EN 12767 is aangetoond dat niet wordt voldaan aan de criteria in één van de onderscheiden veiligheidsniveaus voor inzittenden in die norm;
- door middel van praktijkproeven conform NEN-EN 12767 voor bepaalde producten is aangetoond dat niet wordt voldaan aan de specifiek vereiste classificatie;
- het voorwerp 'groeit' en in volwassen toestand niet meer voldoet aan de deemed to comply criteria volgens de NEN-EN 12767 (annex F).

Een object is een vast voorwerp dat bij aanrijding slechts beperkte voertuigvertragingen oplevert, geen grote schade aan het voertuig veroorzaakt en een kleine kans op (dodelijk) letsel aan inzittenden oplevert (zie ook § 2.3.2).

Een vast voorwerp is een object indien:

- door middel van praktijkproeven conform NEN-EN 12767 is aangetoond dat wordt voldaan aan de criteria in één van de onderscheiden veiligheidsniveaus voor inzittenden in die norm;
- aantoonbaar/aannemelijk kan worden gemaakt dat het vaste voorwerp voldoet aan de deemed to comply criteria volgens de NEN-EN 12767 (annex F) of ondergeschikt is aan een ander getest item met een klasse.

Een vast voorwerp dat voldoet aan de criteria van een 'object' wordt in de praktijk vaak benoemd als een 'botsveilig object'. Hierbij moet worden benadrukt dat een object dan wel zodanig is geplaatst, dat wordt voldaan aan de testcondities. Zo kan een botsveilige lichtmast voor een geleiderail toch botsonveilig zijn, wanneer de testcondities uitgaan van een vrij veld (zie ook 'Bundelen van obstakels en gevarenszone' in § 3.2.3).

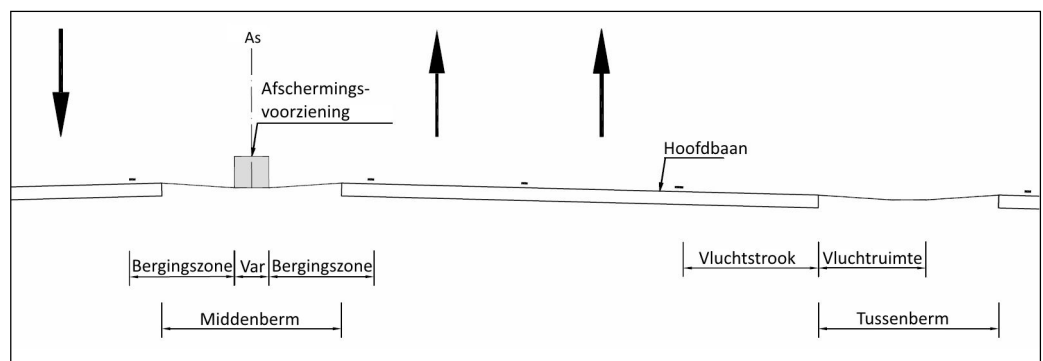
2.3 Veiligheidszones

Ten behoeve van de verkeersveiligheid dient de kans dat een voertuig in aanraking komt met een gevarenszone geminimaliseerd te worden. Daarom worden veilige bermen gerealiseerd, die zijn opgebouwd uit diverse veiligheidszones. Een veiligheidszone is een gebied langs een rijbaan waarin geen of uitsluitend botsveilige objecten en verkeersveilige geometrische ontwerpelementen van de berm voorkomen en dat ruimte biedt aan gestrande voertuigen en voertuigen van hulp- en onderhoudsdiensten.

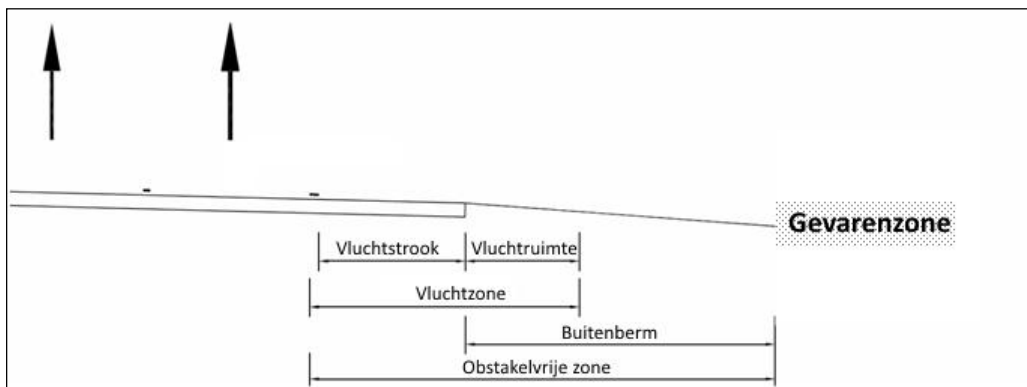
De volgende veiligheidszones worden onderscheiden (zie ook figuren 2-2a-c):

- obstakelvrije zone;
- bergingszone;
- vluchtstrook (geen onderdeel van de berm);
- vluchtruimte;
- vluchtzone.

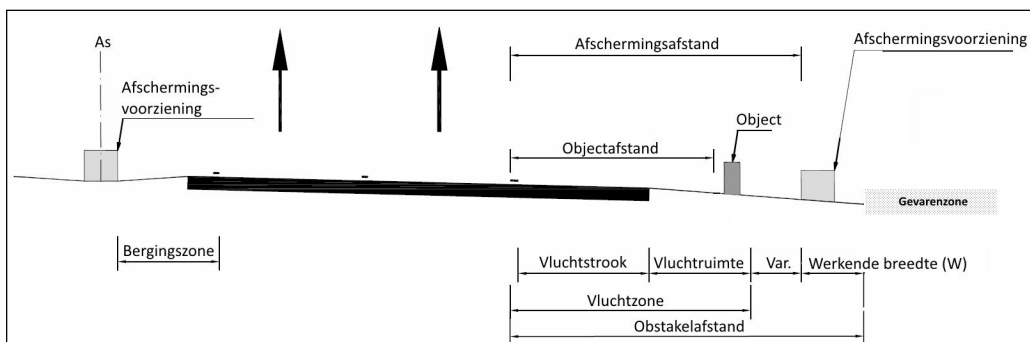
In het wegontwerp wordt gestreefd naar obstakelvrije zones. Alleen indien dit om zwaarwegende redenen niet mogelijk is, worden in elk geval versoberde veiligheidszones in combinatie met afschermingsvoorzieningen toegepast. In het navolgende van deze paragraaf is dit nader toegelicht.



Figuur 2-2a – Overzicht van bermen met standaard veiligheidszones (midden- en tussenberm)



Figuur 2-2b – Overzicht van bermen met standaard veiligheidszones (zijberm)



Figuur 2-2c – Overzicht van objecten, obstakels, gevarenzones en afstanden

Een botsvriendelijk object kan zich vóór een afschermingsvoorziening bevinden, mits deze bij aanrijding geen secundaire risico's met zich meebrengt.

2.3.1 Obstakelvrije zone

De obstakelvrije zone (OZ) is de ruimte links of rechts van een rijbaan waarbinnen geen obstakels of gevarenzones voorkomen die bij aan- of inrijden risico's voor de inzittenden van het voertuig opleveren. De obstakelvrije zone dient om de risico's voor inzittenden van het voertuig dat uit de koers is geraakt, te beperken dan wel te voorkomen. De obstakelafstand (OA) is de horizontale, kortste afstand tussen de binnenkant van de kantstreep en een obstakel of gevarenzone.

De mate waarin een uit de koers geraakt voertuig de berm indringt, is vooral afhankelijk van:

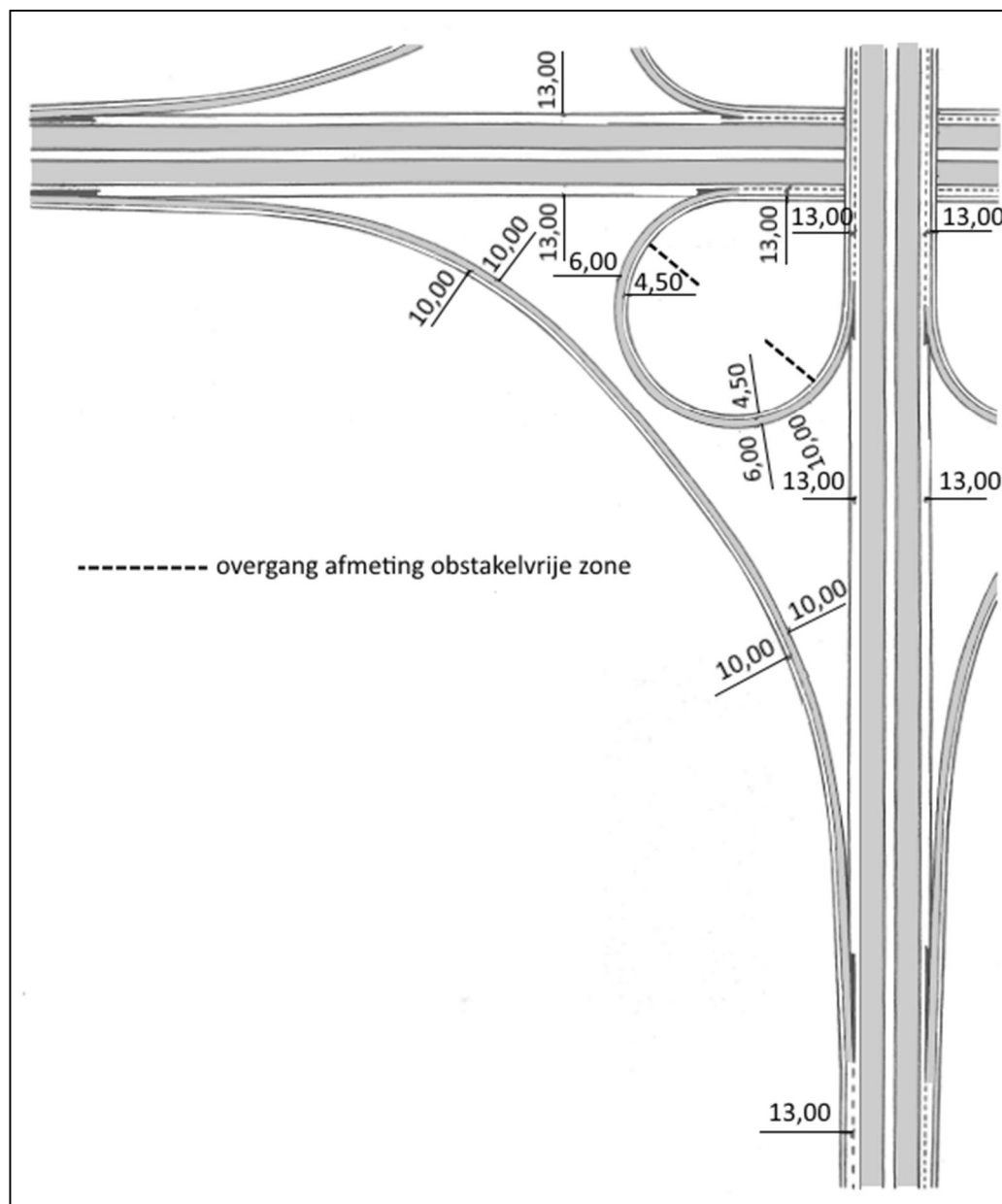
- de hoek waaronder de rijbaan wordt verlaten;
- de snelheid van het voertuig;
- het ontwerp en de conditie van de berm.

Obstakelvrije zone bij risico inzittenden

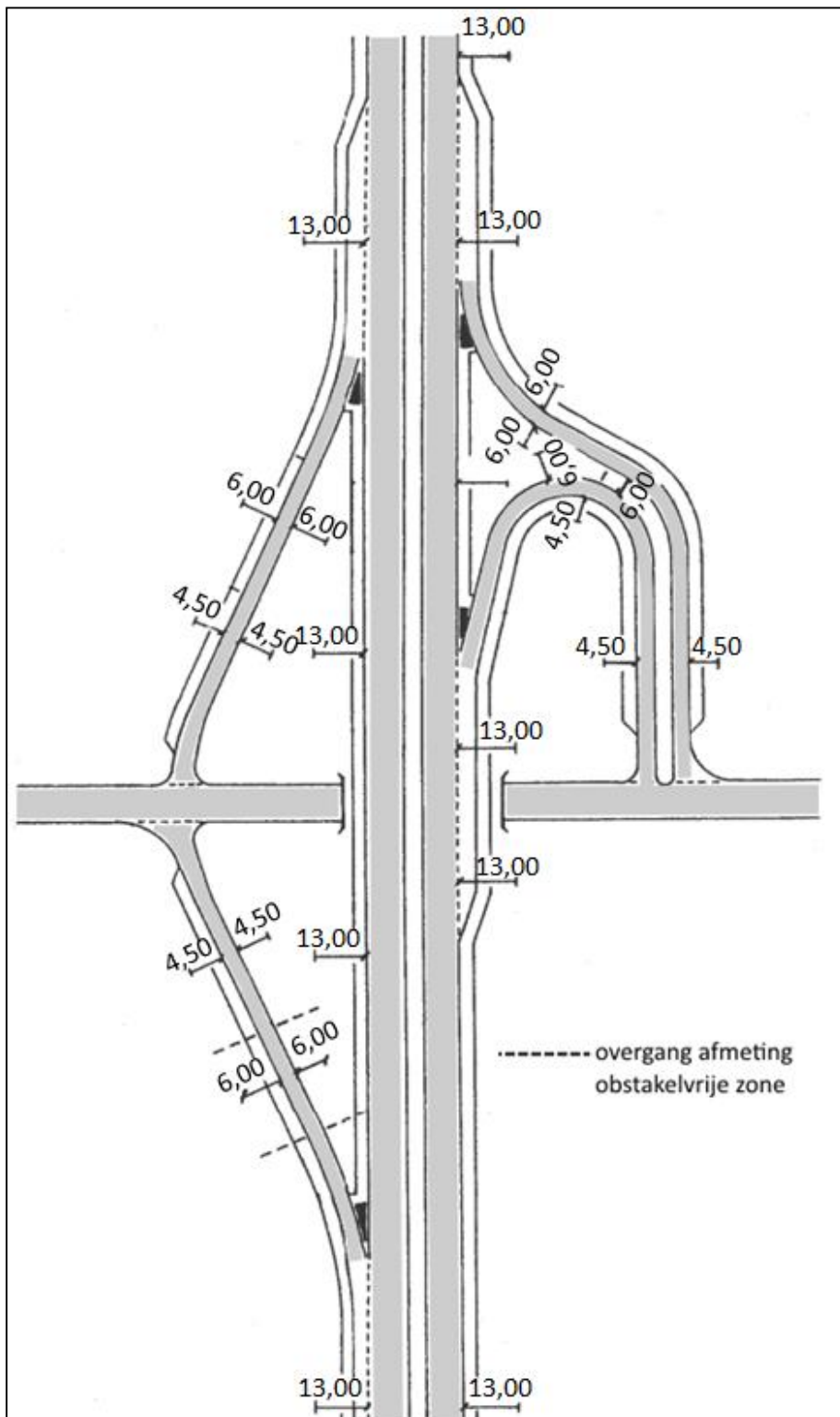
De obstakelvrije zone is zo breed dat een uit de koers geraakt voertuig op een vlakke, draagkrachtige berm (helling/afschot 1:6 of flauwer) binnen die zone blijft door te redresseren of te stoppen. Hiervoor dienen de maten conform tabel 2-1 aangehouden te worden.

Ontwerpsnelheid (km/h)	Obstakelvrije zone (m)
120	13
90	10
70	6
50	4,5

Tabel 2-1 - Minimum afmetingen obstakelvrije zone bij risico's inzittenden



Figuur 2-3a – Overgangen in obstakelvrije zones – knooppunt



Figuur 2-3b – Overgangen in obstakelvrije zones – aansluiting

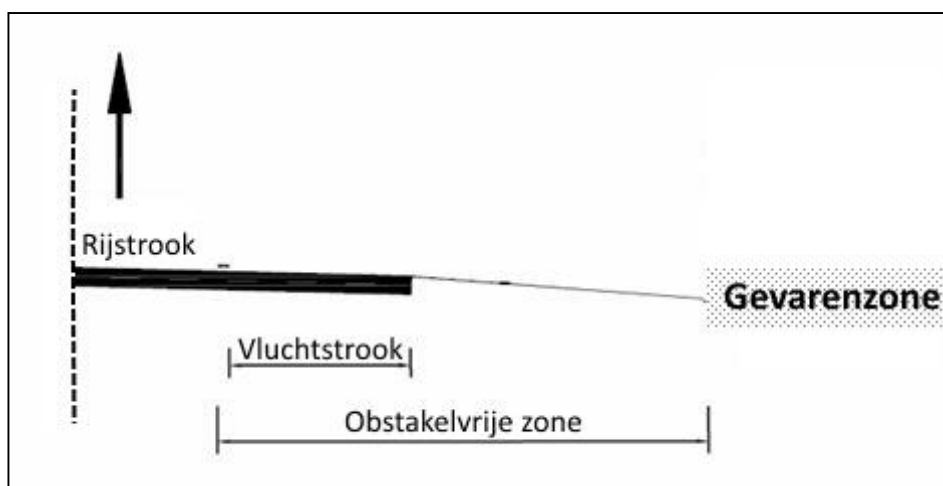
De benodigde breedte van de obstakelvrije zone is gebaseerd op onderzoekresultaten, waaruit blijkt dat bij een maximumsnelheid van 90 à 100 km/h globaal 80 à 90 procent van de uit de koers geraakte voertuigen niet verder dan 10 meter de berm indringt. Bij een vertaling naar een hogere of lagere ontwerpsnelheid tot 80 km/h is per snelheidsvermeerdering of -vermindering van 10 km/h de laterale afstand globaal 1,50 meter groter respectievelijk kleiner. Concreet betekent dit dat bij een ontwerpsnelheid van 120 km/h de grootste veiligheidswinst te behalen is met een breedte van 13 m of meer.

De obstakelvrije zone wordt gemeten uit de binnenkant van:

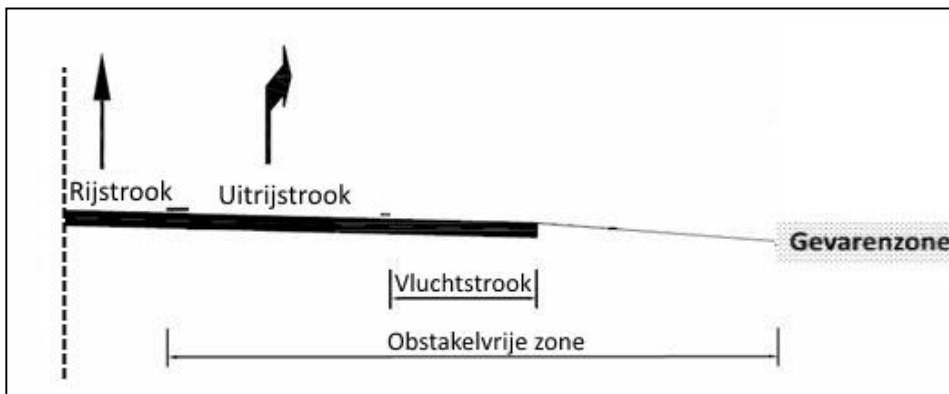
- de kantstreep in het standaard dwarsprofiel (figuur 2-4a);
- de kantstreep ter hoogte van splitsingen en samenvoegingen (figuur 2-4a);
- de kantstreep bij een eenstrooks weefvak indien de lengte groter is dan 500 m (figuur 2-4a);
- de kantstreep bij een meerstrooks weefvak (figuur 2-4a);
- de blokmarkering bij een eenstrooks invoegstrook en bij een eenstrooks uitrijstrook en bij een eenstrooks weefvak indien de lengte van het weefvak kleiner is dan 500 m (figuur 2-4b);
- de deelstreep bij een tweestrooks invoeging of bij een tweestrooks uitvoeging, waaronder tapers (figuur 2-4c).

Wanneer de obstakelafstand gelijk is aan de obstakelvrije zone in een vlakke, horizontale berm is er in beginsel sprake van een vergevingsgezinde berm. Toepassing van een dergelijke obstakelvrije zone heeft uit het oogpunt van verkeersveiligheid veruit de voorkeur boven het afschermen van obstakels of gevarenczones. Een afschermingsvoorziening geeft immers bij een aanrijding ook een zeker risico op letsel.

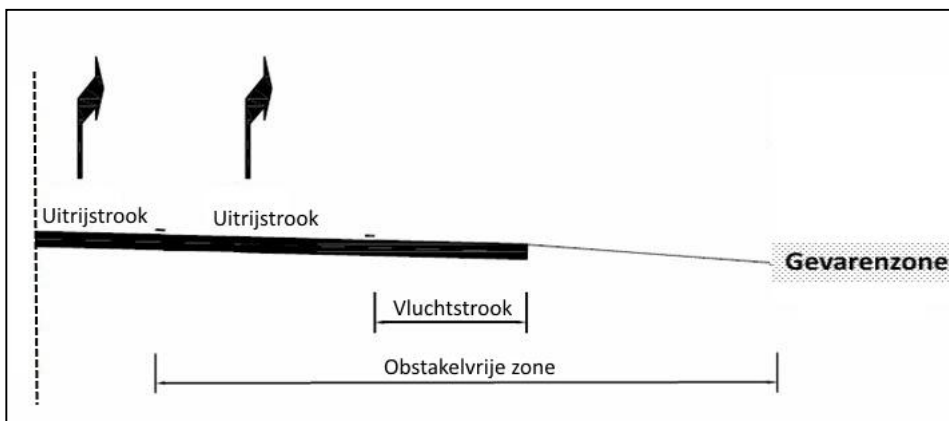
In paragraaf 2.4 staat nader toegelicht welke eisen aan de opbouw en geometrie van obstakelvrije zones wordt gesteld. Hier staat ook beschreven hoe wordt omgegaan met taluds en insteken van waterwegen wordt omgegaan.



Figuur 2-4a – Meetpunten van de obstakelvrije zone



Figuur 2-4b – Meetpunten van de obstakelvrije zone

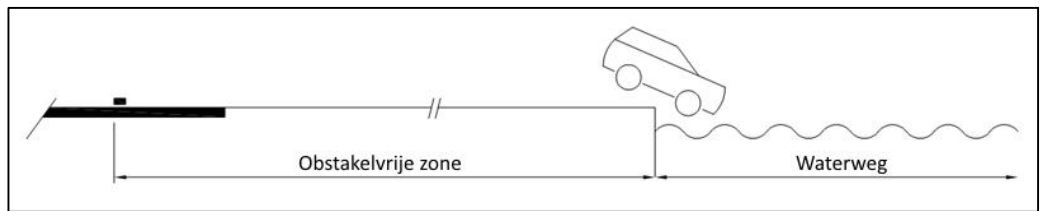


Figuur 2-4c – Meetpunten van de obstakelvrije zone

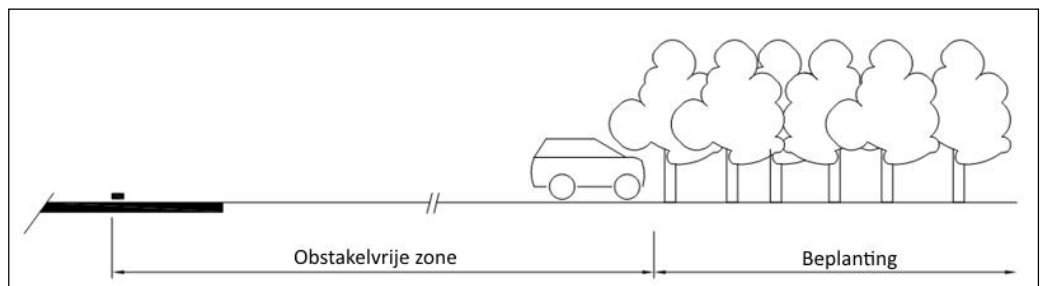
De voornoemde maatvoering van de obstakelafstand moet altijd in samenhang met de aard van het obstakel en/of de wegomstandigheden worden beschouwd. Een belangrijk aspect hierbij is de verantwoordelijkheid van de ontwerper. De ontwerper moet zich altijd bewust zijn van mogelijke gevaren die zich aansluitend op de obstakelvrije zone bevinden. In het navolgende staan ter illustratie enkele voorbeelden van deze verantwoordelijkheid.

Het is niet mogelijk alle combinaties van omstandigheden te beschrijven. Aan de hand van drie voorbeelden, zonder volledig te kunnen zijn, zijn mogelijke situaties verduidelijkt:

- een diep kanaal op een obstakelafstand van 13 m vanaf de hoofdrijbaan dient te worden afgeschermd, terwijl voor een bomenrij op dezelfde afstand een afscherming niet nodig is;
- een solitair obstakel op een afstand van 11 m in een horizontale binnenboog hoeft niet te worden afgeschermd terwijl dit obstakel in de buitenboog wel moet worden afgeschermd;
- ter plaatse van krappe horizontale bogen (boogstraal van 300m of minder) moet in samenhang met de ontwerpsnelheid eerder tot afscherming van obstakels en gevarenczones worden overgegaan dan in rechtstanden. Daarnaast moet in dergelijke situaties de afmeting van de obstakelvrije zone in buitenbogen kritisch worden beschouwd, zie ter illustratie hiervan afbeelding 2-3a en 2-3b.
- een middenberm tussen twee verbindingswegen van een halfklaverblad-oplossing hoeft in de rechtstand nabij de aansluiting op het onderliggend wegennet in de regel niet als gevarenczone te worden opgevat, vanwege de lage snelheid.



Figuur 2-5a Obstakelvrije zone met aansluitende waterweg



Figuur 2-5b Obstakelvrije zone met aansluitende beplanting

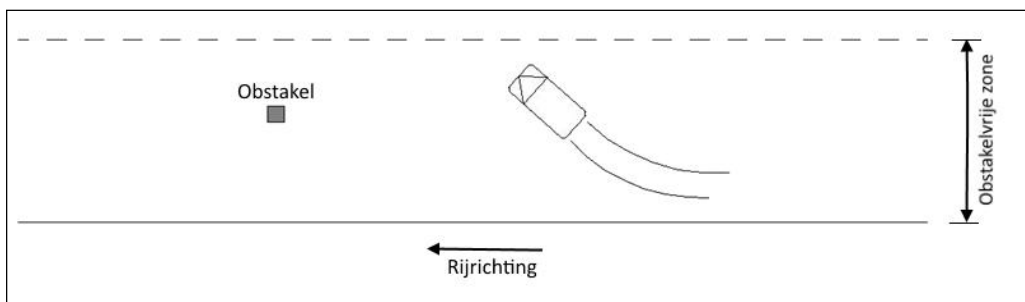
Figuur 2-5a - De waterweg is dieper dan 1 meter en valt net buiten de vereiste obstakelvrije zone. Een voertuig nadert het einde van de obstakelvrije zone met een snelheid van 5 km/h.

Ondanks het kunnen voldoen aan de gewenste obstakelvrije zone blijft de gevarenzone (waterweg) aanwezig. De inzittenden van het voertuig kunnen verdrinken (risico voor inzittende). In deze situatie wordt van de ontwerper gevraagd dergelijke gevaren in te schatten en alsnog te kiezen voor een afschermingsvoorziening. Bij het plaatsen van een afschermingsvoorziening in een dergelijke situatie moet de constructie zo dicht mogelijk bij de waterweg worden geplaatst. Daarbij moet wel rekening worden gehouden met de benodigde uitbuigingsruimte van de afschermingsvoorziening: de werkende breedte mag niet overlappen met de gevarenzone.

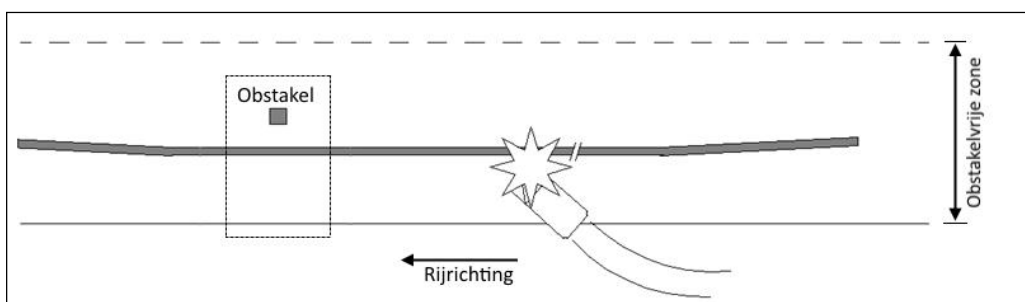
Figuur 2-5b – Dezelfde situatie, echter de waterweg is vervangen door bijvoorbeeld beplantingen, bosrand, betonnen muur etc. In deze situatie zullen de inzittenden na het 'verlaten' van de obstakelvrije zone tegen het obstakel rijden mogelijk zonder ernstige letselkansen. De ontwerper kan in dergelijke gevallen een afschermingsvoorziening achterwege laten conform de richtlijn.

Anderzijds kan een wegontwerper in het kader van de verkeersveiligheid tot op zekere hoogte de voorkeur geven aan het niet afschermen van een obstakel in de obstakelvrije zone, omdat de kans op letsel bij het aanrijden van de afschermingsvoorziening een grotere letselkans oplevert dan het inrijden van het obstakel (figuur 2-6a/b). Uiteraard is deze vrijstelling alleen toepasbaar bij incidentele obstakels die aan de buitenrand van de obstakelvrije zone staan.

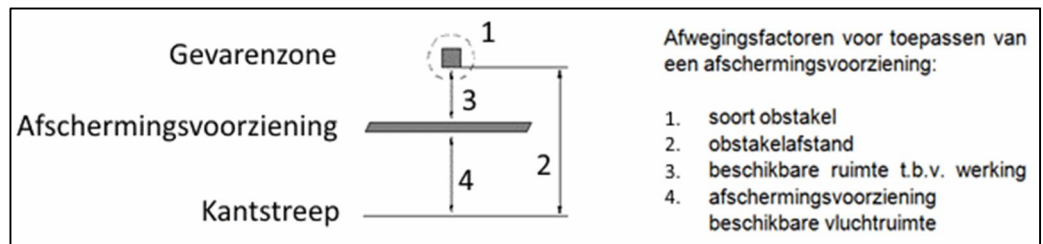
In de gevallen waarbij afwijking van de richtlijn voor een ontwerper in het licht van de verkeersveiligheid gerechtvaardigd lijkt, moet dit ontwerp inclusief onderbouwing / risicoafweging altijd vóór uitvoering aan de opdrachtgever ter acceptatie worden overlegd.



Figuur 2-6a Obstakelvrije zone met obstakel zonder afschermingsvoorziening



Figuur 2-6b Obstakelvrije zone met obstakel met afschermingsvoorziening



Figuur 2-6c Afwegingsfactoren voor de ontwerper

Eén obstakel in de obstakelvrije zone vormt direct een risico. Afhankelijk van de wegkenmerken ter plaatse (verkeersintensiteit, snelheid, alignement, etc.) kan de ontwerper besluiten om het obstakel niet af te schermen.

Door het niet toepassen van een afschermingsvoorziening heeft de weggebruiker nog mogelijkheden om correcties uit te voeren (figuur 2-6a).

Door toepassing van een afschermingsvoorziening is de kans op letsel (aanrijding van afschermingsvoorziening) groter dan wanneer deze achterwege wordt gelaten (aanrijding obstakel) (figuur 2-6b).

Bij het toepassen van een afschermingsvoorziening moet de wegontwerper altijd rekening houden met factoren die bepalend zijn voor de uiteindelijke keuze voor het toepassen van een afschermingsvoorziening. In figuur 2-6c zijn de meest voorkomende factoren benoemd.

Voor het verkrijgen van een obstakelvrije zone in bestaande situaties zijn, in volgorde van afnemende prioriteit, de volgende maatregelen mogelijk:

- de obstakelafstand te vergroten conform de obstakelvrije zone door het verplaatsen of verwijderen van de obstakels of gevaarzones;
- de obstakels of gevaarzones binnen de obstakelvrije zone te vervangen of aan te passen met botsveilige objecten (bijvoorbeeld een niet-botsveilige lichtmast vervangen door een botsveilige lichtmast);
- het toepassen van vergevingsgezinde ontwerpelementen (bijvoorbeeld een steil talud vervangen door een flauwer talud).

Obstakelvrije zone bij risico's derden

Aan het voorkomen van risico's voor derden moet een hogere prioriteit worden toegekend dan aan risico's voor inzittenden. Risico's voor derden treden op bij tegengesteld verkeer, verkeerstromen waarvan de massa's en/of snelheden sterk verschillen en bij belangrijke publieke functies nabij de weg.

In dergelijke situaties worden, aanvullend op bovenstaande eisen aan obstakelvrije zones bij risico's voor inzittenden, strengere eisen gesteld aan de inrichting van de berm. Voor de obstakelvrije zone geeft dit conform tabel 2-3 afwijkende maten bij (tabel 2-2 / figuur 2-7a/b):

- middenbermen: twee gelijkwaardige rijbanen (beiden stroomweg) op gelijke hoogte met tegengesteld verkeer; de obstakelvrije zone (middenrijbaanafstand) wordt gemeten vanuit de binnenkant van de kantstrepen van de aanliggende rijstroken;
- buitenbermen, wanneer er sprake is van twee ongelijkwaardige rijbanen (autosnelweg en onderliggende weg) op gelijke hoogte met verkeer dat sterk verschilt in massa en/of snelheid (kwetsbare verkeersdeelnemers); de obstakelvrije zone gemeten vanuit de binnenkant van de kantstreep van de aanliggende rijstrook, of als de kantstreep ontbreekt de rand van de verharding (buitenbermafstand).

In buitenbermen waar sprake is van belangrijke publieke functies nabij de weg, worden de maten conform tabel 2-1 (pag. 17, risico's inzittenden) toegepast. In het kader van de bewustwording kan echter eerder worden overwogen om een afschermingsvoorziening toe te passen (of als er al een afschermingsvoorziening nodig is, een hoger keringsniveau).

Breedte van de verkeersvrije zone (gemeten tussen de binnenkanten van de kantstrepen van beide rijbanen).	Het toepassen van een afschermingsvoorziening in de verkeersvrije zone (tussenberm) van een hoofdbaan van een autosnelweg met een...		
	rijbaan van een autosnelweg (bijv. rangeerbaan)		parallelweg of pad van lagere orde
	middenberm	tussenberm	buitenberm
> 25 m	nee	nee	nee
13 - 25 m	ja	nee	ja *)
< 13 m	ja	nee	ja

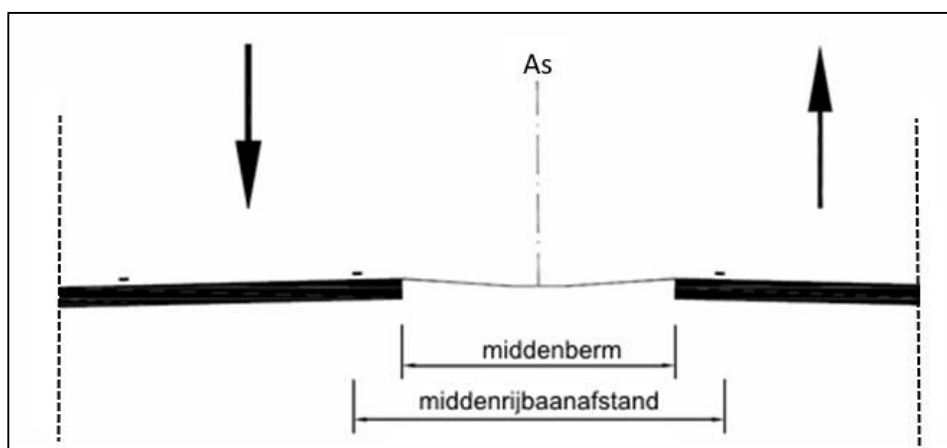
*) De afschermingsvoorziening kan achterwege blijven indien de intensiteit van de parallelweg, (brom)fietspad of voetpad gering is.

Tabel 2-2 - Risico voor inzittenden

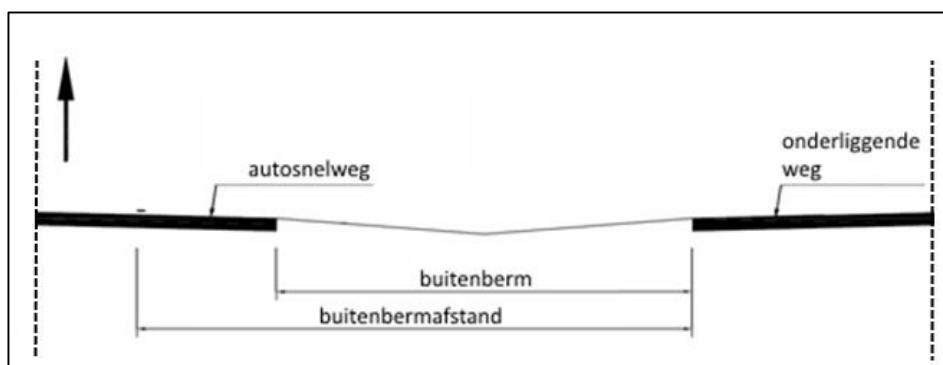
Ontwerpsnelheid (km/h)	Obstakelvrije zone middenberm (m)	Obstakelvrije zone buitenberm (m)*
120	25	20
90	20	20
70	n.v.t.	12
50	n.v.t.	9

Tabel 2-3 - Minimum afmetingen obstakelvrije zone bij risico's derden

* Toe te passen in buitenbermen bij parallelvoorzieningen met een belangrijke verkeersfunctie.



Figuur 2-7a - Obstakelvrije zone in middenberm van stroomweg



Figuur 2-7b - Obstakelvrije zone in buitenberm tussen stroomweg en onderliggende weg

Vanwege het ruimtebeslag is het vaak niet mogelijk om ten behoeve van beperking van risico's voor derden de middenberm obstakelvrij in te richten. Om die reden mag in het standaard profiel worden uitgegaan van een doorgaande afschermingsvoorziening met aan weerszijden hiervan een bergingszone (zie § 2.3.2 'bergingszone'). De middenberm inclusief bergingszone moet dusdanig ruim gedimensioneerd worden, dat een flexibele constructie overal (dus ook bij obstakels) mogelijk is.

Ook voor buitenbermen met een parallelle weg of pad is de standaardbreedte van de obstakelvrije zone niet altijd te realiseren. Daarnaast moet vaak om civieltechnische redenen in de buitenberm een sloot worden aangelegd. Wanneer deze fysieke scheiding buiten de obstakelvrije zone van de stroomweg kan worden gerealiseerd, is een afschermingsvoorziening vanwege risico's voor derden niet meer nodig.

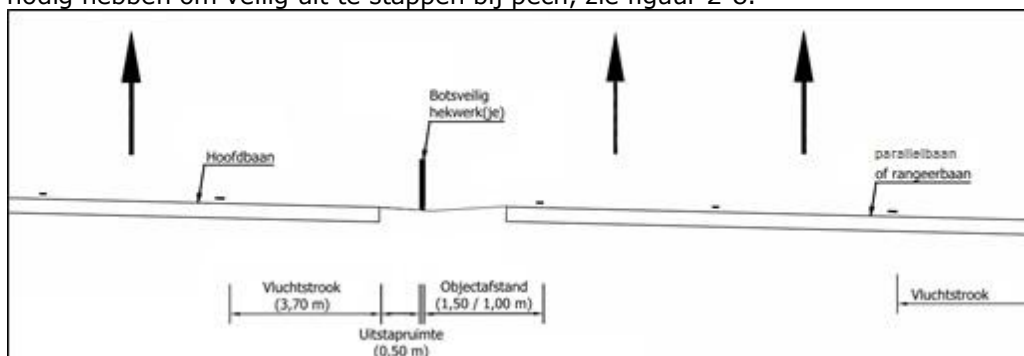
Obstakelvrije zones bij tussenbermen

Een tussenberm is gesitueerd tussen twee rijbanen of wegen met dezelfde rijrichting. Een tussenberm kenmerkt zich door de volgende twee functies:

- scheiden van rijbanen;
- onderhoudsruimte.

Net als buitenbermen en middenbermen kennen tussenbermen risico's voor derden en dienen in beginsel als obstakelvrij te worden ingericht.

Indien tussenbermen zonder obstakels zijn ingericht en de intensiteitsverhouding tussen de hoofdbaan en parallelbaan proportioneel is, is het risico voor derden echter zeer beperkt en is er geen obstakelvrije zone benodigd. Hierbij gaat wel aandacht uit naar de ruimte die weggebruikers op de hoofdrijbaan (linkse rijbaan) nodig hebben om veilig uit te stappen bij pech, zie figuur 2-8.

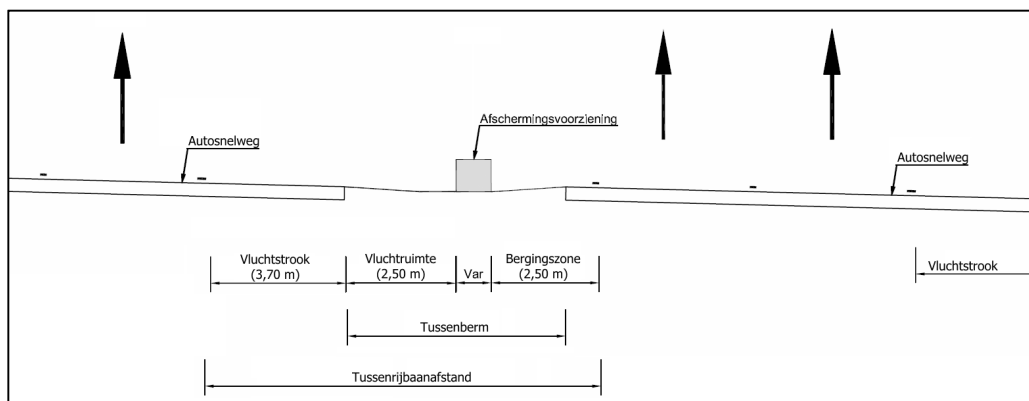


Figuur 2-8 - Minimale inrichting obstakelvrije tussenberm

Wanneer echter het risico aanwezig is dat weggebruikers de tussenberm niet-legitiem doorkruisen om van rijbaan te wisselen, dient een voorziening getroffen te worden die dit onmogelijk maakt. Als een dergelijke voorziening de introductie van een (af te schermen) gevarenszone betekent, wordt vanaf dat moment de tussenberm ingericht volgens het volgende principe (zie figuur 2-9):

- een buitenberm voor de binnenste rijbaan, en
- een middenberm voor de buitenste rijbaan.

Er gelden bij niet-obstakelvrije tussenbermen daarom dezelfde randvoorwaarden voor de bergingszone, vluchtzone en uitbuigingsruimte als bij de midden- of buitenberm, zie § 2.3.2.



Figuur 2-9 - Inrichting niet-obstakelvrije tussenberm volgens principes van middenberm en zijberm

2.3.2 Versoernde veiligheidszones

In situaties waar obstakelvrije zones niet toepasbaar zijn, kan (onderbouwd) worden afgeweken door toepassing van 'versoernde veiligheidszones' in combinatie met afschermingsvoorzieningen.

Ten aanzien van versoernde veiligheidszones geldt dat (onvermijdbare) obstakels in de midden- en tussenberm en objecten die qua 'gedrag' bij aanrijdingen risico's opleveren voor derden vanaf beide rijbanen moeten worden afgeschermd. Hierbij moet ook worden gedacht aan de plaats van neerkomen van het object, eventueel loskomende onderdelen en de risico's van het vallend object voor de inzittenden van de auto.

Bergingszone

De bergingszone is het deel van de rijbaan (redresseerstrook en kantstreep) en wegberm naast de linkse rijstrook. De bergingszone is bestemd voor (tegen de afschermingsvoorziening) gestrande voertuigen in het geval dat een vluchtstrook niet aanwezig is. Hierdoor hebben gestrande voertuigen een minder negatieve invloed op de verkeersafwikkeling en de capaciteit.

De bergingszone is een standaard onderdeel van het dwarsprofiel van rijbanen met een ontwerpsnelheid van 120 km/h (hoofdbanen en parallelbanen met een belangrijke netwerkfunctie) en tevens van niet-hoofdbanen met meer dan 2 rijstroken. Dit geldt ook op en onder kunstwerken.

Langs overige rijbanen is toepassing van een bergingszone een pre vanwege verkeersveiligheid en netwerkkrobuustheid.

De benodigde breedte bedraagt 2,50 m (afgerond). Deze breedte is als volgt opgebouwd:

- kantstreep van 0,20 m;
- ontwerpvoertuigbreedte van 1,77 m;
- uitstapbreedte van 0,50 m.

In de bergingszone mogen geen objecten voorkomen. Wel mogen incidentele botsveilige objecten worden geplaatst, mits buiten het profiel van vrije ruimte. Het verticale profiel van vrije ruimte, ofwel doorrijdhoogte, in de bergingszone bedraagt 4,60 m.

Het plaatsen van botsveilige objecten binnen de bergingszone maakt het mogelijk een beginnende of eindigende geleideconstructie onder een horizontale hoek (1:20) weg te laten lopen, hetgeen gewenst is vanuit verkeersveiligheid. De weglappende geleideconstructie kan dan een lijn van botsveilige lichtmasten kruisen, zonder dat er een knik in deze lijn hoeft aangebracht te worden.

Gezien de functie van de bergingszone worden aan de inrichting van deze zone bijzondere eisen gesteld ten aanzien van draagkracht, stroefheid en hoogteverschil.

Een vrachtwagenchauffeur zal zijn (beladen) vrachtauto niet in een berm parkeren. De draagkracht van de bermen laat dat in de regel niet toe. Daarom is de bergingszone op de dimensies van een personenauto afgestemd.

Vluchtruime

De vluchtruimte is de onverharde ruimte naast de vluchtstrook en direct grenzend aan de rechterzijde van de verharding. Het is een standaardonderdeel van het totale dwarsprofiel. De vluchtruimte is bestemd voor gestrande voertuigen om de vluchtstrook vrij te kunnen houden, waardoor de kans op ongelukken op de vluchtstrook kleiner wordt. In combinatie met de vluchtstrook en de kantstreep vormt deze ruimte de vluchtzone.

De vluchtruimte is gedimensioneerd op de afmetingen van een personenauto. Een chauffeur van een vrachtauto zal niet of nauwelijks gebruik maken van een onverharde berm in verband met de (onbekende) draagkracht van de berm. De benodigde breedte bedraagt 2,50 m (afgerond). Deze breedte is als volgt opgebouwd:

- ontwerpvoertuigbreedte van 1,77 m;
- uitstapbreedte van 0,50 m;
- restbreedte van 0,20 m (zodat vluchtruimte en bergingszone even breed zijn).

In de vluchtruimte mogen in langsrichting geen objecten voorkomen. Wel mogen incidentele botsveilige objecten worden geplaatst, mits buiten het profiel van vrije ruimte. Het verticale profiel van vrije ruimte binnen de vluchtruimte bedraagt 4,60 m.

Objectafstand

Wanneer om zwaarwegende redenen de bergingszone lokaal niet inpasbaar is, wordt de objectafstand als ondergrens gehanteerd.

De objectafstand is de horizontale, kortste afstand tussen de binnenkant van de kantstreep en het botsveilige object (doorgaans de afschermingsvoorziening).

De objectafstand is afhankelijk van de ontwerpsnelheid in onderstaande tabel weergegeven. De objectafstand wordt gemeten vanuit de binnenkant van de kantstreep van de naastliggende rijstrook.

Ontwerpsnelheid V_o (km/h)	Objectafstand (m)
120	1,50
90	1,00
70	1,00
50	0,50

Tabel 2-4 - Objectafstand per ontwerpsnelheid

Bij het hanteren van de objectafstand als maat tussen binnenzijde kantstreep en afschermingsvoorziening gaat aandacht uit naar de obstakelvrees. Obstakelvrees is van invloed op de positie van de bestuurder in het dwarsprofiel, en daardoor op de verkeersveiligheid en de capaciteit van de weg.

Op of onder kunstwerken is het uit kostenoverwegingen en/of om redenen van ruimtebeslag mogelijk om bij een ontwerpsnelheid van 120 km/h de objectafstand te beperken tot 1,00 m. De objectafstand mag alleen in uitzonderingsgevallen over een lengte van maximaal 50 m worden gereduceerd tot 1,00 m. Hiervoor is een weloverwogen beslissing noodzakelijk waarin alle belangen integraal worden afgewogen. Deze afweging dient te worden verantwoord in de ontwerpnota. Een van de aspecten is de breedte van de naastgelegen rijstrook; in bestaande situaties kan deze afwijken van de standaardmaat van 3,50 m. Een stapeling van minima is sterk ongewenst. Voor (objectafstanden in) tunnels wordt verwezen naar de Landelijke Tunnelstandaard.

Bepaalde vaste voorwerpen kunnen vanwege hun functie niet ver van de hoofdrijbaan worden geplaatst. Hierbij valt te denken aan wegmeubilair dat dient ter regeling, waarschuwing en informatie voor de weggebruiker zoals verkeersborden, reflectorpalen, wegwijzers en lichtmasten. Wanneer deze vaste voorwerpen te dicht op de rijbaan worden geplaatst, zijn ze van invloed op de positie van de bestuurder in het dwarsprofiel (obstakelvrees), de verkeersveiligheid en de capaciteit van de weg. Bomen, kolommen, ondersteuning van portalen, nabije afschermingsvoorzieningen en kunstwerken veroorzaken vanwege de omvang en de starheid in sterkere mate obstakelvrees. De afstand die bestuurders aanhouden (veiligheidsmarge) in verband met object- en obstakelvrees is vooral afhankelijk van de ontwerpsnelheid van de weg.

2.4 Eisen aan opbouw en geometrie van berm

Om gevarenczones te voorkomen, moet de opbouw / constructie en het geometrisch ontwerp van wegbermen aan bepaalde eisen voldoen, opdat het rendement van de obstakelvrije zone, bergingszone en vluchtruimte voldoende is. Bestuurders die een (nood)stop moeten maken of die om welke reden dan ook van de weg raken, moeten hun voertuig veilig in de berm tot stilstand kunnen brengen en/of moeten veilig naar de rijbaan kunnen terugkeren.

De veiligheidseisen ten aanzien van de inrichting van de berm zijn (zie ook de betreffende eisen aan de berm in "Eisen Berm"):

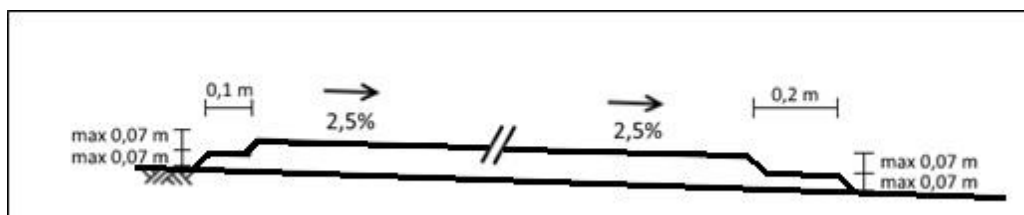
- 1 toepassing van standaard veiligheidszones conform § 2.3 (dus inclusief bergingszone en vluchtruimte met standaardbreedte 2,50 m);
- 2 het bermoppervlak moet op de juiste hoogte aansluiten op het verhardingsoppervlak;
- 3 de (natte) berm moet vooral in de bergingszone en vluchtruimte maar ook in de obstakelvrije zone voldoende draagkracht hebben;
- 4 het bermoppervlak moet ook onder vochtige omstandigheden voldoende wrijving tussen band en bermoppervlak bieden;
- 5 de helling (afschot) is 1:6 of flauwer;
- 6 het beheer en onderhoud van verharding en berm moet veilig kunnen blijven plaatsvinden;
- 7 het uiterlijk of het aanzien van de berm moet 'groen' zijn om te voorkomen dat het als extra verhardingsbreedte zou kunnen worden gezien.
- 8 De berm dient vrij te zijn van bodemvreemde elementen, zoals grind, puin en bouwafval.

Uiteraard betreft het realiseren van een berm een integrale opgave. Daarom kunnen naast de verkeerskundige eisen bijvoorbeeld ook wegbouwkundige, milieukundige (lucht/geluid), waterhuishoudkundige, landschappelijke en ecologische functies eisen stellen aan de opbouw en geometrie van de berm. Deze functies kunnen in strijd zijn met de verkeerskundige functies, hetgeen een transparante en integrale afweging(srapportage) noodzakelijk maakt.

2.4.1 Aansluiting van berm op verharding

Het hoogteverschil tussen het oppervlak van de verharding en de berm bedraagt maximaal 40 mm (dicht asfalt) tot 70 mm (open asfalt), conform "Eisen Berm". Bij een hoogteverschil van 50 mm of groter, wordt dit onder een helling van 1:3 of flauwer afgeschuind. Ook gootconstructies of kantopsluitingen ten behoeve van de afwatering dienen aan deze eisen te voldoen, net als schampkanten van kunstwerken. In de nabijheid van afschermingsvoorzieningen geldt bovendien de aanvullende eis dat het functioneren van de afschermingsvoorziening niet negatief beïnvloed mag worden door hoogteverschil of helling (aansluitend op full-scale tests).

Een deklaag van ZOAB moet aan de zijkant kunnen uitwateren, hetgeen een hoogteverschil vereist dat gelijk is aan de laagdikte van de ZOAB-laag. Bij hoogteverschillen groter dan 70 mm moet het hoogteverschil getrapt (per laag) worden overwonnen. De breedte van deze trap bedraagt 0,20 m aan de afwateringszijde en 0,10 m aan de andere zijde, zie figuur 2-10.



Figuur 2-10 – Veilig ontwerp hoogteverschil bij deklagen

De berm moet op nagenoeg gelijke hoogte aansluiten op de verharding, zodat geen onverwachte krachten op de wielen van het voertuig kunnen aangrijpen bij de pogingen om het voertuig te redresseren. Bij een groot (abrupt) hoogteverschil blijft het voorwiel als het ware achter de opstaande rand 'haken' en schiet door overstuur dan plotseling de verharding op (ook wel aangeduid met wegkantongevallen). Voor berijders van motorfietsen is het extra van belang dat de berm op de juiste hoogte aansluit.

Aan de andere kant moet er voldoende hoogteverschil zijn tussen de berm en de verharding om te voorkomen dat vuil en zand zich op de rijbaan ophopen en er grasingroei optreedt. In situaties zonder ZOAB wordt het oppervlak van de berm daarom bij aanleg circa 20 mm lager aangelegd dan de verharding. Vuil en zand op de verharding worden dan door passerende voertuigen naar de berm geblazen. De berm komt hierdoor na verloop van tijd ten opzichte van de verharding hoger te liggen, waardoor de waterafvoer niet meer mogelijk is en er waterplassen ontstaan. De berm zal in de regel na enkele jaren (afhankelijk van de locale omstandigheden) moeten worden verlaagd, wederom met een hoogteverschil van maximaal 20 mm onder het oppervlak van de verharding.

Bij ZOAB geldt bovendien dat de verharding moet kunnen uitwateren naar de berm. Hiervoor mag de berm niet hoger liggen dan de bovenkant van de hoogstgelegen dichte verhardingslaag.

2.4.2 Draagkracht en wrijving van de berm

De draagkracht van bermen staat in directe relatie tot verkeersveiligheid en rationeel wegbeheer. De draagkracht is bepalend voor het wegzakken in of de insporing van de berm en daarmee voor de veiligheid van de inzittenden van het voertuig. Daarnaast mag het noodzakelijke onderhoud aan de rijbaan en de berm met de gebruikelijke machines geen problemen opleveren. Bij het ontwerpproces, bij reconstructies en bij beheer en onderhoud van de autosnelwegen moet met de draagkracht van de berm dan ook terdege rekening worden gehouden. Voor uitgebreide informatie over dit onderwerp wordt verwezen naar bijlage 3.

De draagkracht van de berm is afhankelijk van een aantal parameters zoals grondsoort, verdichting, opbouw van het bodemprofiel, waterhuishouding en vegetatie. Daarom is in de "Eisen Berm" een toplaag geëist welke in staat is om aan de diverse bovengenoemde eisen te voldoen. Uit het oogpunt van verkeersveiligheid zijn de minimum eisen:

- in de bergingszone en de vluchtruimte dient de insporing van een personenauto (massa 1.500 kg) op een waterverzadigde berm niet meer dan 20 mm te bedragen;
- buiten de vluchtruimte (maar binnen de obstakelvrije zone) dient de insporing van een personenauto (massa 1.500 kg) op een waterverzadigde berm niet meer dan 40 mm te bedragen;
- er dient geen blijvende zichtbare insporing over de gehele breedte van de berm op te treden; bij hinderlijke insporing moeten maatregelen worden genomen.

In de berm kunnen alleen rem- en/of stuurmanoeuvres worden uitgevoerd op een draagkrachtige berm waar de autobanden voldoende wrijving ondervinden. Maatregelen ter verhoging van de draagkracht en wrijving zijn het meest effectief direct aansluitend op de rijbaan. De effectiviteit van gestabiliseerde bermen is het hoogst tot een breedte van circa 3,00 m gemeten uit de kantstreep. Bermen met een open verharding zijn op hun beurt effectiever dan gestabiliseerde bermen.

2.4.3 Taluds

De helling van bermen (afschot) binnen de bergingszone of obstakelvrije zone bedraagt standaard 1:20. De maximale helling van een vlakke berm binnen de obstakelvrije zone bedraagt 1:6. Hoogteverschillen die niet met deze helling kunnen worden overwonnen, dienen middels een talud te worden vormgegeven. Deze vlakheidseisen gelden voor:

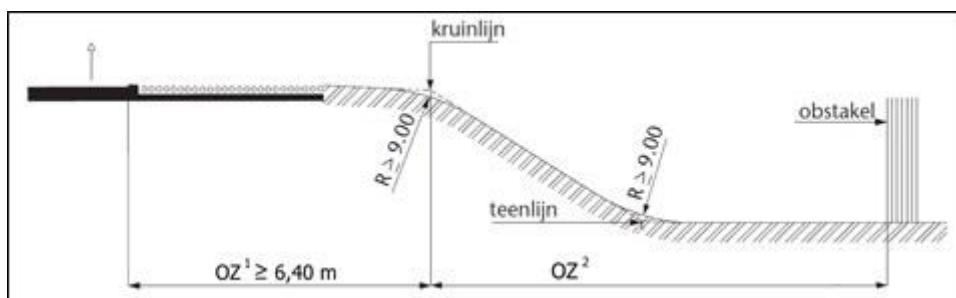
- de gehele obstakelvrije zone;
- in situaties met een afschermingsvoorziening over de afschermingsafstand en de werkende breedte van de toe te passen afschermingsvoorziening.

Neergaand talud

De extra te stellen eisen aan neergaande taluds binnen de obstakelvrije zone zijn (figuur 2-11):

- helling 1:3 of flauwer;
- straal van boven- en onderafronding minimaal $R = 9 \text{ m}$.

De kans op ongevallen met een ernstige afloop is kleiner naarmate de taludhelling flauwer is dan 1:3. De breedte van de bovenberm bedraagt conform de vluchtruimte ten minste 2,50 m, gemeten tot aan de snijlijn van bovenberm en talud.



Figuur 2-11 - Eisen neergaand talud binnen de obstakelvrije zone

Bij het ontwerp van neergaande taluds is het van belang dat de personenauto contact houdt met de ondergrond. Zonder afronding gaat de kruin als "springschans" werken. Taluds met een helling 1:6 of steiler dienen te allen tijde te zijn voorzien van afrondingen.

De plaats waar de personenauto na het passeren van de kruinlijn terechtkomt, is maatgevend voor de te doorstane vertragingen voor de inzittenden. Een landing op de taludhelling levert minder vertragingen op dan een landing op de onderberm. Een talud met een klein hoogteverschil is daardoor ongunstiger dan een groot hoogteverschil.

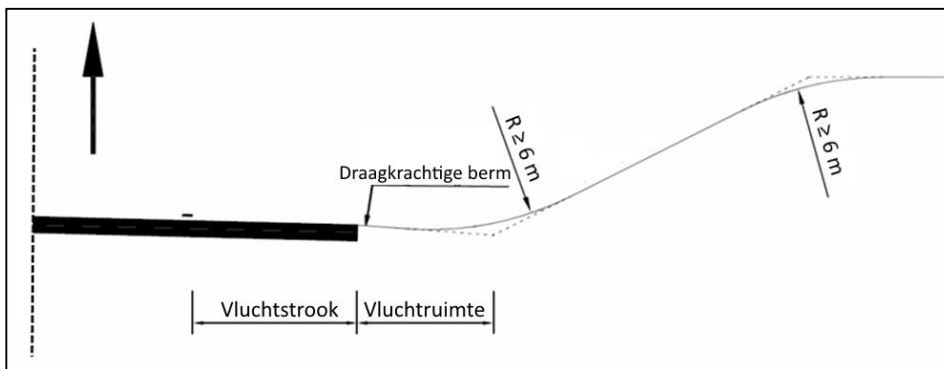
Het botsveilige, geometrische ontwerp van het neergaande talud zoals weergegeven in figuur 2-11 is uitsluitend gebaseerd op het gedrag van personenauto's. Vrachtauto's en bussen zullen op deze helling omslaan. Hierbij moet worden opgemerkt dat het aandeel vrachtauto's en bussen bij enkelvoudige ongevallen beperkt is (ca. 11 %). Bij wegen met een hoger percentage zwaar verkeer ($> 15\%$) wordt een talud van 1:3 in de obstakelvrije zone afgeraden.

Naarmate de helling van het talud steiler is, neemt de kans op een ongeval voor alle voertuigtypen toe (de zogenaamde "turn over" of "roll over" ongevallen). Dit is vooral het geval als de bestuurder rem- en/of stuurmanoeuvres uitvoert.

Opgaand talud

De te stellen eisen aan botsveilige, opgaande taluds binnen de obstakelvrije zone zijn (figuur 2-12):

- helling 1:2 of flauwer;
- straal van onder- en bovenafronding minimaal $R = 6$ m.



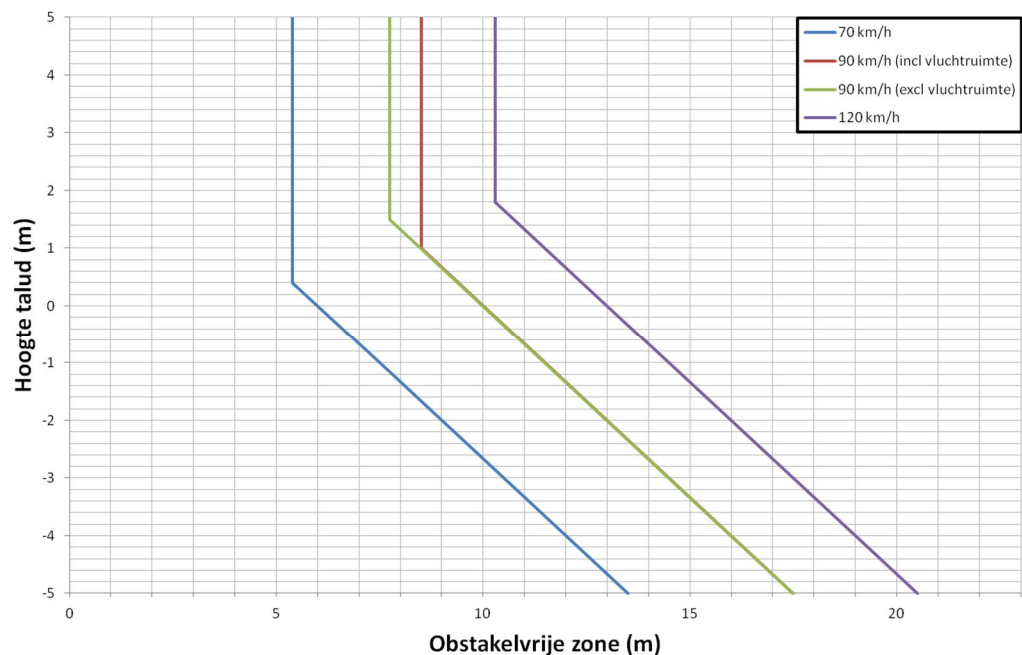
Figuur 2-12 - Eisen opgaand talud binnen de obstakelvrije zone

Een opgaand talud dat aan de eisen voldoet zoals in figuur 2-12 is weergegeven, kan in de obstakelvrije zone worden opgenomen. Ook hier geldt dat een dergelijk opgaand talud alleen botsveilig is voor personenauto's.

Een opgaand talud is met het oog op de verkeersveiligheid gunstiger dan een neergaand talud. Het effect van opgaande taluds is vergelijkbaar met de positieve verkanting in een horizontale boog: het helpt bestuurders om de juiste koers te houden.

Effect taluds op obstakelvrije zone

De obstakelvrije zone dient bij neergaande taluds te worden verbreed. Bij opgaande taluds kan deze worden gereduceerd, mits wordt voldaan aan de eisen vanuit andere veiligheidszones (vluchtruimte, bergingszone). In figuur 2-13 is dit verband geschetst.



Figuur 2-13 – Effecten van neergaande en opgaande taluds op de breedte van de standaard obstakelvrije zone

Ter verduidelijking van figuur 2-14 twee voorbeeldsituaties:

- 1) Het betreft een neergaand talud, $V_0=120$ km/h en een (negatief) hoogteverschil van 4 meter. Een obstakelvrije zone van minimaal 19 meter is vereist. Hiervan wordt minimaal 6,40 m als bovenberm gerealiseerd; het restant wordt aan de onderzijde van het talud gerealiseerd.*
- 2) Het betreft een opgaand talud, $V_0=120$ km/h en een (positief) hoogteverschil van 3 meter. Een obstakelvrije zone van minimaal 10,30 meter is vereist. Hiervan wordt 6,40 m als benedenberm gerealiseerd; in het restant (3,90 m) wordt een talud 1:2 gerealiseerd, zodat aan de rand van de obstakelvrije zone een hoogteverschil van 1,80 m is bereikt. Vanaf dit punt kan het resterende hoogteverschil (1,20 m) met elke gewenste helling worden overwonnen, omdat dit buiten de obstakelvrije zone valt.*

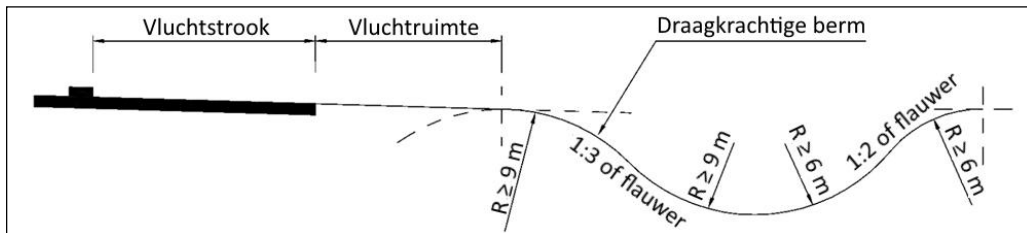
Grondwallen en sloten

Een grondwal kan een alternatief zijn voor een afschermingsvoorziening. Een dergelijke grondwal is geen afschermingsvoorziening conform de NEN-EN1317. Alleen ter voorkoming van illegale doorsteken kan een grondwal een alternatief zijn voor een afschermingsvoorziening. Een grondwal heeft daarnaast als voordeel dat het een visueel geleidende werking heeft, hetgeen wenselijk kan zijn ter ondersteuning van bijvoorbeeld (onverwachte / krappe) horizontale bogen.

De geometrie van een grondwal binnen de obstakelvrije zone dient overeen te komen met opgaande taluds. Hierbij zijn twee opmerkingen op zijn plaats:

- de grondwal is geen botsveilige voorziening voor vrachtauto's, bussen en motorfietsen. In situaties met een hoog percentage vrachtverkeer (> 15%) wordt een grondwal afgeraden;
- een grondwal tussen 2 rijbanen dient aan beide zijden een talud van 1:3 of flauwer te hebben om als botsveilig object te functioneren.

Ook sloten en greppels die de meeste tijd droog staan (totaal minimaal 50 weken) en aan de voornoemde eisen aan taluds voldoen (figuur 2-14), mogen deel uitmaken van de obstakelvrije zone. Anders vormgegeven sloten en greppels moeten worden afgeschermd of buiten de obstakelvrije zone worden gerealiseerd, ook als er geen sprake van verdrinkingsgevaar is.



Figuur 2-14 - Eisen aan een greppel binnen de obstakelvrije zone

In verband met de drooglegging van het weglichaam zijn veelal aan weerszijden van de weg greppels noodzakelijk. Deze greppels worden meestal onder een helling van 1:1,5 gegraven. Dergelijke greppels moeten als botsonveilig worden aangemerkt en leveren na bomen het hoogste aandeel ernstige ongevallen op.

Het in figuur 2-14 weergegeven profiel is alleen botsveilig indien de greppel over een belangrijk deel van het jaar nagenoeg droog staat (totaal minimaal 50 weken), en de waterdiepte nooit meer bedraagt dan 1,0 m in verband met verdrinkingsgevaar (zie § 2.2 'gevaarzone'). Ook als een vergevingsgezinde watergang maar incidenteel water voert, moet worden bedacht dat dit de draagkracht van de berm in de obstakelvrije zone ernstig negatief kan beïnvloeden. De frequentie waarmee een greppel water voert en verschillende omgevingsfactoren zoals grondsoort bepalen of een greppel binnen de obstakelvrije zone kan worden geaccepteerd. Als dergelijke factoren ertoe leiden dat de greppel regelmatig een verhoogd risico meebrengt voor de veiligheid van de weggebruiker, moet er voor worden gekozen de greppel af te schermen of buiten de obstakelvrije zone te plaatsen.

3 Compenserende maatregelen

Toepassing van een obstakelvrije zone heeft uit het oogpunt van verkeersveiligheid veruit de voorkeur boven het afschermen van obstakels of gevarenczones. Het toepassen van een afschermingsvoorziening voor het beperken van 'risico's voor derden' of 'risico's voor inzittenden' moet als een compenserende maatregel worden gezien. Een afschermingsvoorziening geeft immers bij een aanrijding ook een zeker risico op letsel.

In de gevallen dat een obstakelvrije zone niet realiseerbaar is, dient het ontwerp in heroverweging te worden genomen, waarbij eventueel compenserende maatregelen kunnen worden doorgevoerd (zo ver mogelijk bij de rijbaan vandaan). Deze afweging dient te worden aangegeven in de ontwerpopgave of te worden verantwoord in de ontwerpnota. Het afschermen van obstakels en gevarenczones is alleen zinvol als de risico's bij het aanrijden van het obstakel of de gevarenczone groter zijn dan de risico's van het botsen tegen een afschermingsvoorziening. Hierbij moet tevens rekening worden gehouden met het feit dat door de werkende breedte de voorziening dichter op de rijbaan staat dan het obstakel.

Er kan onderscheid gemaakt worden tussen de volgende compenserende maatregelen:

- geleideconstructies: (motorveilige) geleiderailconstructies, geleidebarriers of voertuigkerende leuningen);
- obstakelbeveiligers.

Dit hoofdstuk gaat allereerst in op de functionele eisen en aspecteisen van geleideconstructies en obstakelbeveiligers. Daarna volgt een toelichting hoe afschermingsvoorzieningen en discontinuïteiten in afschermingsvoorzieningen op veilige wijze kunnen worden toegepast. De eisen en richtwaarden in dit hoofdstuk zijn zowel van toepassing voor nieuwbouwsituaties, als voor situaties met vervanging/ reconstructie.

3.1 Functionele eisen afschermingsvoorzieningen

Conform NEN-EN 1317 worden aan afschermingsvoorzieningen twee primaire eisen (hoofdeisen) gesteld:

- de voorziening moet het (ontwerp)voertuig kunnen keren. Het botsende voertuig mag niet kantelen, door de constructie breken, er overheen rijden dan wel onder de constructie doorschieten. Tevens moet de voorziening het botsende voertuig zodanig geleiden dat het niet onder een grote hoek in de eigen of tegemoetkomende verkeersstroom wordt teruggekaatst;
- de voorziening moet zodanig zijn ontworpen dat een aanrijding ervan geen (ernstig) letsel aan de inzittenden van het (ontwerp)voertuig oplevert (voertuigvertragingen reduceren). Van de constructie mogen geen onderdelen losschieten die een gevaar voor derden of inzittenden opleveren.

Naast de primaire eisen zijn er enkele aanvullende eisen te benoemen:

- de omvang van de schade aan de voorziening en aan het botsende voertuig dient zo gering mogelijk te zijn, waarbij de voorziening snel en eenvoudig moet kunnen worden gerepareerd;

- de voorziening moet na een aanrijding zijn kerende functie zoveel mogelijk behouden;
- scherpe eventueel uitstekende onderdelen dienen te worden vermeden;
- de milieubelasting (materiaal, conservering, hergebruik) dient zo gering mogelijk te zijn;
- uit het oogpunt van landschap of esthetica kan het gewenst zijn de voorziening zo goed mogelijk in de omgeving in te passen, de visuele barrière te beperken en versnippering van faunagebieden te voorkomen.

Een afschermingsvoorziening is een zichtbelemmerend object. In relatie met andere ontwerpelementen moet voorkomen worden dat er een tekort aan zichtlengte ontstaat. Het voorzien in voldoende zichtlengte is in beginsel echter geen eis aan (alleen) de afschermingsvoorziening, maar aan een wegontwerp als geheel.

3.2 Aspecteisen (non-functionele eisen)

Op de markt in binnen- en buitenland worden tal van afschermingsvoorzieningen aangeboden, die conform NEN-EN 1317 full scale zijn getest in een bepaalde klasse. Deze afschermingsvoorzieningen verschillen sterk qua materiaal, constructie, afmetingen, prestaties en levensduur. Bij de keuze van een afschermingsvoorziening voor een ontwerp is het van belang dat de ontwerper (opdrachtnemer) te allen tijde rekening houdt met alle resultaten van de uitgevoerde full-scale tests volgens NEN-EN 1317.

In Nederland worden ook voorzieningen toegepast (als gevolg van projectspecifieke omstandigheden) die niet zijn gecertificeerd, maar die op basis van ervaringen/ berekening naar volle tevredenheid functioneren. Om het arsenaal van afschermingsvoorzieningen op het gebied van beheer en onderhoud beheersbaar te houden, mogen alleen voorzieningen worden toegepast die door Rijkswaterstaat zijn geaccepteerd. Eventuele aanvullende eisen of randvoorwaarden ten opzichte van de Europese richtlijnen kunnen zijn opgenomen bij dit acceptatieproces.

3.2.1 Geleideconstructies

Een geleideconstructie is een constructie voor fysieke geleiding van motorvoertuigen die uit de koers zijn geraakt, ter afscherming van een gevarezone en ter beperking van de letselkans van de inzittenden van betrokken voertuig(en) en derden. Er wordt onderscheid gemaakt tussen geleiderailconstructies, geleidebarriers en leuning. Er zijn diverse constructies op de markt, die uiteenlopend presteren. Voor een indeling naar prestatieklassen wordt onderscheid gemaakt naar de volgende variabelen:

- keringsniveau of kerend vermogen of absorptie;
- werkende breedte (W);
- ASI-waarde.

Van de toe te passen geleideconstructies moet door middel van praktijkproeven conform NEN-EN 1317-2 worden aangetoond dat aan de voorgeschreven eisen met betrekking tot het vereiste keringsniveau, bijvoorbeeld H2 of H4b, wordt voldaan.

De kans is groot dat zware vrachtauto's door deze H2-constructie breken. Op plaatsen waar de gevolgschade van een ongeval met een doorgebroken vrachtwagen onacceptabel hoog is (risico's derden), is het noodzakelijk om een geleideconstructie te plaatsen met een hoger keringsniveau, namelijk geleideconstructies in de klasse H4b.

Voorbeelden van situaties binnen een afstand van 25 m waar een hoger afschermingsniveau noodzakelijk kan zijn, zijn:

- terreinen met chemische installaties waar de kans op ontploffingen groot is;
- druk bezochte manifestatie- of recreatieterreinen;
- verzorgingsplaatsen, zowel een eventueel brandstofverkooppunt als de rest van de verzorgingsplaats;
- belangrijke (hogesnelheids)spoorlijnen;
- bebouwing met instortgevaar;
- op viaducten over spoorlijnen of andere snelwegen (in knooppunten);
- bruggen over drukbevaren waterwegen;
- langs kwesbare ophangconstructies van grote bruggen zoals tuikabels en hangers;
- bij steunpunten van kunstwerken die niet aanrijdbestendig zijn.

Afschermingsconstructies met voorgespannen stalen kabels (cable barriers) zijn op wegen in beheer en onderhoud van Rijkswaterstaat niet toegestaan.

De hoogte van de ASI-waarde (schokindex) geeft indirect de kans op letsel aan de inzittenden van een voertuig weer. Hoe lager deze waarde, hoe kleiner de kans op letselongevallen. Bij de keuze van een afschermingsvoorziening is het uitgangspunt een ASI-waarde in de klasse A.

Bij toepassing van geleideconstructies is het uitgangspunt om ongeacht het keringsniveau altijd de werkende breedte (behorende bij de test van het zwaarste voertuig) in combinatie met de laagst mogelijke ASI-waarde, conform de NEN-EN 1317-2 testen, aan te houden.

Testrapporten bevatten normatieve criteria die rechtstreeks volgen uit de full-scale testen en informatieve criteria. De informatieve criteria betreffen geen bepalende maar min of meer subjectieve criteria, die van belang kunnen zijn voor de wegbeheerder en/of de wegontwerper. Voor de ontwerper is het van belang om te weten dat:

- de minimale lengte van de te plaatsen geleideconstructie minimaal overeen komt met de testlengte;
- bij het plaatsen van de geleideconstructie de constructieopbouw en de omstandigheden waaronder de geleideconstructie is getest (samenstelling ondergrond, wel/geen verankering en dergelijke) moeten worden nageleefd dan wel hiermee vergelijkbaar moet zijn. De vergelijkbaarheid dient door de opdrachtnemer aangetoond te worden.

De ontwerper dient rekening te houden met de condities waarmee een geleideconstructie is getest. De hoogte van een geleideconstructie ten opzichte van het maaiveld/verharding is één van deze condities. In de praktijk kunnen afwijkende omstandigheden (verkanting van de weg, bermafwerking, taluds en dergelijke) voorkomen, waardoor de hoogte van een geleideconstructie ten opzichte van het maaiveld/verharding niet overeenkomt met de oorspronkelijke testcondities. De ontwerper dient zich ervan bewust te zijn, dat door het afwijken van de testcondities de functionaliteit van een geleideconstructie in het geding kan komen.

Een voorbeeld is de constructiehoogte van een geleideconstructie na overlaging. Wanneer de voorzijde van de constructie meer dan 1,0 m uit de verharding staat, kan doorgaans worden volstaan met het aanvullen van de berm om de functionaliteit te behouden. Bij kleinere afstanden moet de constructie op hoogte worden gesteld.

De motorveilige geleiderail dient te zijn getest en te voldoen aan de eisen zoals gesteld in de NEN-TS1317-8. De motorveilige geleiderail dient in ieder geval te worden voorzien van een bijbehorend begin- en eindpunt. Zie verder § 3.3.3.

Voorwerpen die aan, op of in geleideconstructies worden gemonteerd zoals leuningen, antiverblindingschermen, geluidsschermen (op barrier), verkeersborden, reflectoren, overstapconstructies en dergelijke behoren niet tot de functionele vereisten van de geleideconstructie. De aan de geleideconstructie aangebrachte voorwerpen, die niet tot de functionele constructie behoren, mogen de primaire functie niet nadelig beïnvloeden. Bovendien mogen dergelijke voorwerpen tijdens en na de aanrijding geen risico's voor derden of inzittenden opleveren. Bij toepassing ervan moet men altijd vóór uitvoering aan de opdrachtgever schriftelijk een goed onderbouwde kwalitatieve beredenering ondersteund met constructieberekeningen ter goedkeuring overleggen.

Wanneer extra risico's niet kunnen worden uitgesloten, is een praktijkproef van het gehele systeem conform NEN-EN 1317 noodzakelijk. Bij geringe wijzigingen kan worden volstaan met een uitspraak van een daartoe bevoegde instantie.

Extra voorzieningen die bijdragen aan de werking van de totale constructie, moeten als één systeem conform NEN-EN 1317 worden getest.

Op randen van kunstwerken kunnen leuningen als onderdeel van de geleideconstructie worden toegepast, veelal op geringe afstand achter deze constructie. Leuningen kunnen in beginsel ook als zelfstandige geleideconstructie worden ingezet. Ook in die gevallen is de norm NEN-EN 1317-2 van toepassing. Wanneer de leuning uitsluitend een kerende functie heeft voor voetgangers en fietsers is het Bouwbesluit van toepassing. In de geest van het bouwbesluit dienen aan deze leuningen de volgende eisen te worden gesteld:

- de leuning is noodzakelijk indien de breedte van de berm tussen de geleiderail en de parallelvoorziening minder dan 2,00 m bedraagt;
- de hoogte bedraagt, gemeten vanaf de vloer, ten minste 1,00 m;
- als de vloer hoger dan 13,00 m is gelegen boven een aangrenzende vloer of boven een aansluitend terrein of water, wordt de hoogte van de leuning vergroot tot ten minste 1,20 m;
- in de leuning bevinden zich beneden 0,70 m boven de vloer geen openingen breder dan 0,10 m;
- in de leuning bevinden zich tussen 0,20 en 0,70 m boven de vloer geen opstapmogelijkheden;

- een eventuele kier tussen leuning en constructie is horizontaal gemeten niet breder dan 0,05 m.

3.2.2 Obstakelbeveiligers

De obstakelbeveiligers is geschikt voor de afscherming van een solitair obstakel (risico's voor inzittenden) met beperkte afmetingen zoals masten en kolommen, in situaties:

- waar er geen risico's voor derden op een naast- of onderliggende rijbaan aanwezig zijn;
- waar er geen sprake is van korte opeenvolging van obstakels waarbij het uit de koers geraakte voertuig achterlangs de obstakelbeveiligers kan rijden en een tweede obstakel of gevarenczone kan bereiken (zie ook § 3.4.3 'Opeenvolging van obstakels of gevarenczones').

In dergelijke situaties kan een obstakelbeveiligers in plaats van een geleideconstructie worden toegepast, met name bij een korte afstand tussen rijbaan en afschermingsvoorziening met relatief hoge kans op frontale aanrijdingen. Voor de afweging tussen beide typen afschermingsvoorzieningen wordt verwezen naar bijlage 8, waar ter informatie een globale schets van enkele afwegingsaspecten is gegeven, met als doel de ontwerper bewust te maken van overwegingen die mogelijk een rol spelen.

De aan obstakelbeveiligers te stellen eisen zijn opgenomen in NEN-EN 1317-3. In samenhang met de ontwerpsnelheid en/of de maximumsnelheid mogen uitsluitend 'redirective' obstakelbeveiligers worden toegepast (tabel 3-1). De obstakelbeveiligers moet niet alleen de krachten die vrijkomen bij frontale botsingen kunnen opvangen, maar ook voertuigen weer veilig in de juiste richting geleiden bij een aanrijding in de flank.

Snelheid V_0 (km/h)	50(R)	80(R)	100(R)	110(R)
≤ 50	X			
70		X		
90			X	
120				X

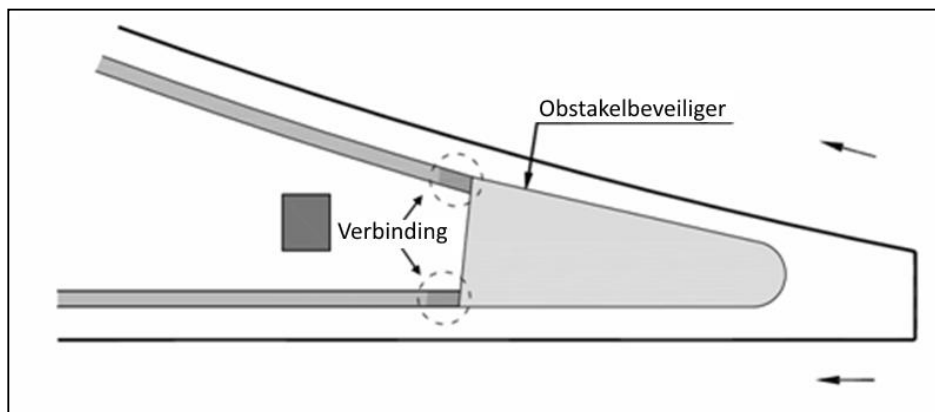
Tabel 3-1 - Toepassing van keringsniveau obstakelbeveiligers naar snelheidsniveau

Net als voor geleideconstructies geldt dat de ontwerper bij toepassing van obstakelbeveiligers rekening dient te houden met de condities waarmee deze is getest. De hoogte van een obstakelbeveiligers ten opzichte van het maaiveld/verharding is één van deze condities, als ook de verbinding tussen obstakelbeveiligers en geleideconstructie. In de praktijk kunnen afwijkende omstandigheden (verkanting van de weg, bermafwerking en dergelijke) voorkomen, waardoor de hoogte van een obstakelbeveiligers ten opzichte van het maaiveld/verharding niet overeenkomt met de oorspronkelijke testcondities. De ontwerper dient zich ervan bewust te zijn, dat door het afwijken van de testcondities de functionaliteit van een obstakelbeveiligers in het geding kan komen.

Voor de afscherming van een solitair obstakel in de buitenberm wordt de obstakelbeveiligers aan de verkeerszijde parallel aan de rijbaan geplaatst. Eventuele eisen ten aanzien van verplaatsingen moeten op basis van de lokale omstandigheden worden bepaald. De obstakelbeveiligers dient niet over de

kantstreep van de naastliggende rijstroken uit te buigen. Voor informatie over de zijdelingse verplaatsing wordt verwezen naar de desbetreffende testrapporten.

Belangrijk is dat de obstakelbeveiliger en de aansluitende geleideconstructie op een zodanige manier met elkaar zijn verbonden, dat de functionele eigenschappen van beide afschermingsvoorzieningen elkaar niet negatief beïnvloeden. Onder die voorwaarde kan de obstakelbeveiliger als verankering van het beginpunt van een geleideconstructie dienen. In dat geval moet de verbinding tussen beide voorzieningen de trekkrachten kunnen opnemen (figuur 3-1a).

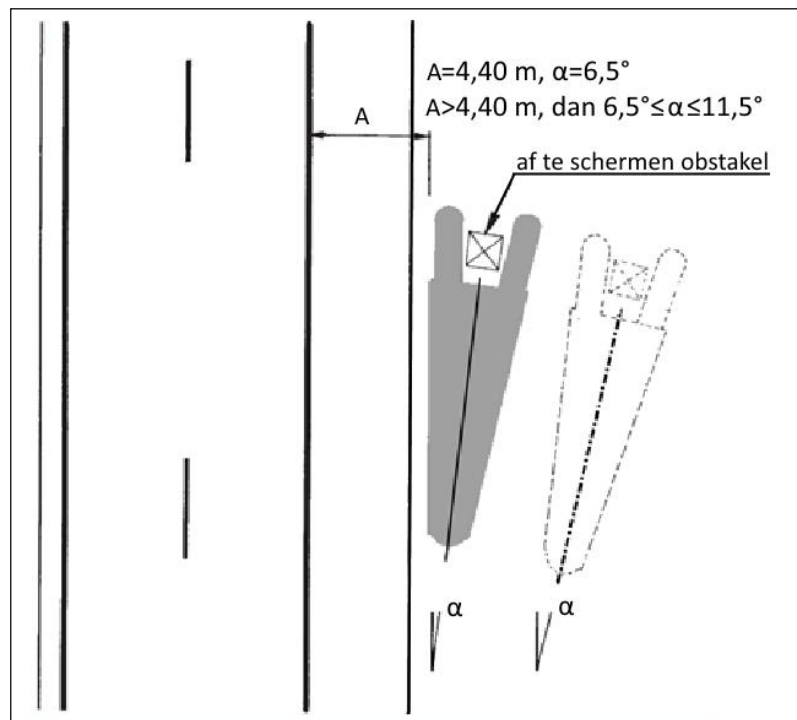


Figuur 3-1a - Principe van een obstakelbeveiliger achter het puntstuk

Bij de plaatsbepaling van de obstakelbeveiliger in het dwarsprofiel van een wegvak zijn de volgende punten van belang (figuur 3-1b):

- overeenkomstig de plaatsingscriteria voor afschermingsvoorzieningen dienen de vluchtruimte en objectafstand te worden gerespecteerd (paragraaf 2.3);
- de flank dient evenwijdig aan de hoofdrijbaan te worden geplaatst, tenzij de obstakelbeveiliger meer dan 4,40 m uit de kantstreep staat;
- in tussenbermen wordt de obstakelbeveiliger centrisch geplaatst, tenzij de intensiteit op de hoofdrijbaan aanmerkelijk hoger is dan die op de uitvoeging, rangeer- of parallelrijbaan.

De ontwerper dient rekening te houden met de condities waarmee een obstakelbeveiliger is getest. De hoogte van een obstakelbeveiliger ten opzichte van het maaiveld/verharding is één van deze condities. In de praktijk kunnen afwijkende omstandigheden (verkanting van de weg, bermafwerking en dergelijke) voorkomen, waardoor de hoogte van een obstakelbeveiliger ten opzichte van het maaiveld/verharding niet overeenkomt met de oorspronkelijke testcondities. De ontwerper dient zich ervan bewust te zijn, dat door het afwijken van de testcondities de functionaliteit van een obstakelbeveiliger in het geding kan komen.



Figuur 3-1b – Plaatsingscriteria obstakelbeveiliger in de zijberm

Op de voorzijde ('neus') van een obstakelbeveiliger bij splitsingspunten en uitvoegingen, stroomopwaarts van het UIT-bord, wordt een markeringsschild met groen-witte chevronmarkering toegepast. Indien de obstakelbeveiliger na het UIT-bord staat, wordt geen markeringsschild toegepast.

Bij tijdelijke situaties wordt rood-witte markering toegepast. Indien verkeer langs één zijde van de obstakelbeveiliger rijdt, dient dit rood-witte geleidebakenmarkering te zijn waarbij de strepen schuin aflopend in de richting van het langsrijdende verkeer wijzen.

3.2.3 Botsveilige objecten

Vaste voorwerpen die zijn onderworpen aan praktijkproeven conform NEN-EN 12767 en voldoen aan de criteria in één van de veiligheidsniveaus voor inzittenden van deze norm zijn botsveilig. Een dergelijk vast voorwerp kan worden geclassificeerd als (botsveilig) object.

Hieronder worden de eisen voor zowel de lichtmasten als de ondersteuningsconstructies aangegeven.

- lichtmasten en éénpotige ondersteuning binnen de obstakelvrije zone dienen te voldoen aan het veiligheidsniveau 100,NE,3. In situaties waarin een risico bestaat op een secundair ongeval na aanrijding van een botsveilige lichtmast, moet de lichtmast voldoen aan de klasse 100,HE,3;
- botsveilige lichtmasten en éénpotige ondersteuning dienen minimaal 1,50 m uit de kant van de verharding te worden geplaatst;
- voor meerpotige constructies geldt dat ze moeten voldoen aan één van de klassen 100,NE,3 of 100,NE,2 of 100,LE,3 of 100,HE,3; in deze volgorde van prioriteit wanneer er geen kans op secundair ongeval bestaat, of in omgekeerde volgorde wanneer dat wel het geval is.

Het aantal geregistreerde ongevallen met (onafgeschermd) lichtmasten op autosnelwegen is aanzienlijk (gemiddeld 470 per jaar in de periode 2000 – 2004). Uit de analyses blijkt verder dat bij de aan vaste voorwerpen (inclusief lichtmasten) te stellen eisen, rekening dient te worden gehouden met het feit dat een aanzienlijk deel van de voertuigen het voorwerp zijwaarts en niet frontaal aanrijdt. Vanwege de hogere kwetsbaarheid van inzittenden bij een zijwaartse aanrijding, is in bovenstaande eisen klasse 3 (100,NE,3) voorgeschreven.

Het standaard veiligheidsniveau 100,NE,3 is gebaseerd op hoofd-, rangeer- of parallelbanen (zie ook bijlage 4). Bij (verbindings)wegen waar de ontwerpsnelheid en de gereden snelheid lager zijn, is het toegestaan om de veiligheidsniveaus aan te passen aan de gekozen ontwerpsnelheid of de gereden snelheid (tabel 3-2). Bijvoorbeeld indien de snelheid 70 km/h bedraagt, kunnen 70,NE,3-masten worden toegepast.

Een secundair ongeval kan ontstaan doordat de botsveilige mast of éénpotige ondersteuning zich als een projectiel gedraagt.

Het is van belang dat de classificaties voor objecten richtingsongevoelig zijn, in het bijzonder waar breek- of afschuifconstructies (veelal NE3) worden toegepast. De aanrijdhoeken in de praktijk kunnen immers afwijken van de aangenomen testhoek (bijvoorbeeld langs gebogen rijbanen).

Ontwerpsnelheid V_0 (km/h)	Veiligheidsniveaus
≤ 50	50
70	70
90	100
120	100

Tabel 3-2 - Standaard veiligheidsniveaus voor inzittenden per ontwerpsnelheid (V_0)

De botsveilige objecten dienen in de praktijk te worden geplaatst in een ondergrond die qua samenstelling en verdichtingsgraad overeenkomt met de testopstelling (of hieraan minimaal gelijkwaardig is). De opdrachtnemer moet aantonen dat de ondergrond binnen de scope van het project overeenkomt met de testcondities.

Wegmeubilair zoals portalen, lichtmasten, bewegwijzering, praatpalen en verkeersborden dienen achter al aanwezige geleideconstructies te worden geplaatst. Indien naar het oordeel van de ontwerper het meubilair hierdoor te ver van de rijbaan komt te staan, kunnen botsveilige objecten vóór de geleideconstructie worden geplaatst, mits het botsveilig functioneren van het object en/of de afschermingsvoorziening hierdoor niet negatief worden beïnvloed. Het is niet toegestaan een bestaande geleideconstructie dicht naar de rijbaan te verplaatsen of de werkende breedte van de geleideconstructie aan te passen ten behoeve van het plaatsen van niet-botsveilig wegmeubilair. In die gevallen waarbij het naar de stand van de techniek niet mogelijk is de berm op deze manier in te richten, moet de opdrachtnemer het ontwerp inclusief onderbouwing / risicoafweging altijd vóór uitvoering aan de opdrachtgever ter acceptatie overleggen.

3.3 Toepassing van afschermingsvoorzieningen

Bij overweging om een afschermingsvoorziening toe te passen, dient eerst te worden onderzocht of toepassing voorkomen kan worden, bijvoorbeeld door:

- het verwijderen van obstakels of deze buiten de obstakelvrije zone te plaatsen;
- het constructief aanpassen van het obstakel op een zodanige wijze dat wordt voldaan aan één van de veiligheidsniveaus voor inzittenden conform NEN-EN 12767;
- het herprofilen van de berm opdat deze conform de eisen in hoofdstuk 2 geen gevarenzone meer vormt;
- de sloten te herprofilen of te vervangen door bijvoorbeeld drainagesystemen.

Indien dit niet mogelijk is, is het van belang om de afschermingsvoorziening op veilige wijze toe te passen. Deze paragraaf gaat daar nader op in. De paragraaf is zowel van toepassing voor nieuwbouwsituaties, als voor situaties met vervanging / reconstructie.

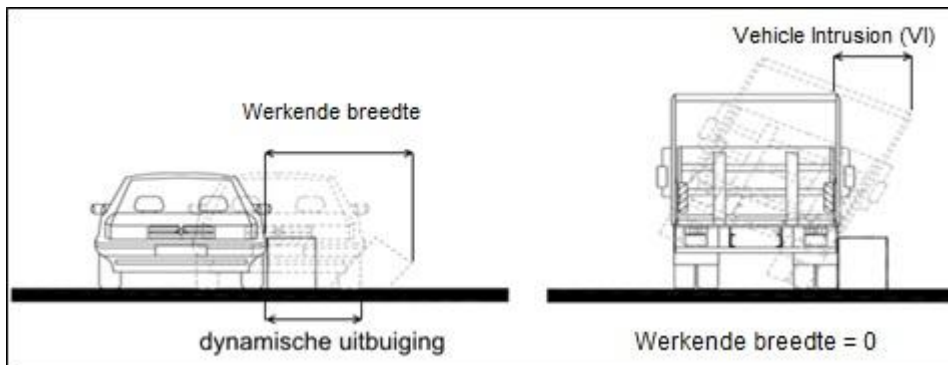
Afschermingsvoorzieningen worden niet geplaatst uitsluitend voor visuele geleiding van het verkeer. Afschermingsvoorzieningen dragen immers in beperkte mate bij tot de visuele geleiding van het verkeer op rechte en gebogen wegvakken met ruime horizontale boogstralen. Daarnaast kan bij plaatsing van afschermingsvoorzieningen in gebogen wegvakken en nabij invoegingen zichtbelemmering optreden.

3.3.1 Algemeen

Een belangrijk aspect bij toepassing van afschermingsvoorzieningen is de afschermingsafstand. Dit is de horizontale, kortste afstand gemeten uit de binnenkant van de kantstreep en de voorzijde van de afschermingsvoorziening. In alle gevallen dient onafhankelijk van het bermtypen gestreefd te worden naar een zo groot mogelijke afschermingsafstand, om de kans op aanrijding van de afschermingsvoorziening en daarmee het risico voor inzittenden te verkleinen. Hierdoor komt de afschermingsafstand in principe overeen met de obstakelafstand minus de werkende breedte van de afschermingsvoorziening.

Aan de andere zijde van de afschermingsvoorziening ('achterkant') wordt bij aanwezigheid van risico's voor derden ook een afstand aangehouden. De grootte van deze afstand is afhankelijk van de ernst van de gevarenzone.

De benodigde breedte in het dwarsprofiel voor het plaatsen (nieuwbouw en vervanging / reconstructie) van een afschermingsvoorziening bestaat uit de breedte van de constructie in het dwarsprofiel en de dynamische uitbuiging van die constructie ten gevolge van de aanrijding in een bepaald keringsniveau conform NEN-EN 1317-2 (figuur 3-2). De uitbuigingsruimte voor constructies wordt bepaald door de zwaarste test van het betreffende keringsniveau. Bij de plaatsing moet voorkomen worden dat bij aanrijding van de afschermingsvoorziening verkeer op de naastliggende rijbaan wordt gehinderd door een kleinere afschermingsafstand.



Figuur 3-2 - Dynamische uitbuiging en werkende breedte (W)

Wanneer voorwerpen in de afschermingsvoorziening worden geïntegreerd, gaat aandacht uit naar de vehicle intrusion als onderdeel van de werkende breedte. Als voorbeeld een geluidsscherm geïntegreerd in een barrier: door een tegen de barrier kantelende vrachtauto kan het geluidsscherm beschadigen. Wanneer de schermelementen geen verkeergeleidende werking hebben, rijdt de vrachtauto zich stuk op de kolommen van het scherm. In dit geval stelt de wens tot integratie dus eisen aan het ontwerp van het geluidsscherm, om te voorkomen dat het een (verkeersonveilig) obstakel wordt.

Indien een afschermingsvoorziening op een kunstwerk wordt geplaatst, dient in samenhang met de vereiste prestatieklasse het kunstwerk de (aanrijd)krachten op deze voorziening volgens artikel 4.7.3.2(2) van NEN-EN 1991-2 (Eurocode verkeersbelastingen op bruggen) te kunnen opnemen. Het bezwijkpunt van de voorziening dient daarbij buiten het kunstwerk te liggen, zodat de kans op schade aan het kunstwerk klein is. Tevens dient de werkende breedte binnen de draagconstructie van het kunstwerk te liggen. Hierbij dient te worden uitgegaan van een ruimte van minimaal 0,50 m achter de afschermingsvoorziening voor gebruik als inspectiepad.

3.3.2 Plaatsing van afschermingsvoorzieningen

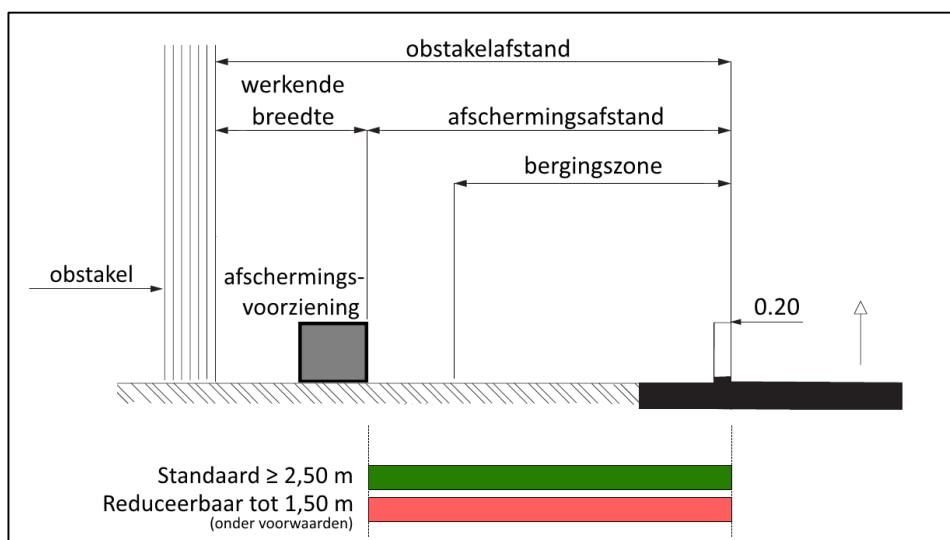
Prioriteitsgewijze benadering

In nieuwbouwsituaties en grootschalige reconstructies geldt dat voldaan moet worden aan de standaard afmetingen conform hoofdstuk 2 en de ROA, zowel op aardebanen als op kunstwerken. Wanneer hier niet aan voldaan kan worden (reconstructie bestaande situaties), is een prioriteitsgewijze benadering van toepassing. Bij elke afwijking van de standaard is het steeds van belang een goede onderbouwing / risicoafweging ter goedkeuring aan de opdrachtgever te overleggen.

Altijd dient gestreefd te worden naar een zo groot mogelijke afschermingsafstand. Wanneer in het ongewenste geval de afschermingsafstand kleiner wordt dan de breedte van de bergingszone of de vluchtzone, dient te worden nagegaan of een afschermingsvoorziening met een kleinere werkende breedte kan worden toegepast, om zo de afschermingsafstand zo groot mogelijk te houden. Voorkomen moet worden dat de werkende breedte van de afschermingsvoorziening groter is dan de som van de constructiebreedte en beschikbare uitbuigingsruimte. Deze benadering staat in het onderstaande nader gespecificeerd per berm.

Voor de midden- en tussenberm geldt de volgende prioriteitsgewijze benadering:

- De afschermingsafstand wordt gemaximaliseerd en bedraagt minimaal 2,50 m (bergingszone). De ASI-waarde van de afschermingsvoorziening is hierbij zo laag mogelijk, doch maximaal 1,4.
- In overleg met de opdrachtgever kan de afschermingsafstand bij uitzondering worden teruggebracht naar het absolute minimum van 1,50 m (objectafstand); deze ondergrens is expliciet ook van toepassing op kunstwerken. De ASI-waarde van de afschermingsvoorziening is hierbij zo laag mogelijk, doch maximaal 1,4. Met een risico-onderbouwing wordt aangetoond waarom de verminderde verkeersveiligheid acceptabel is en met welke compenserende maatregelen.



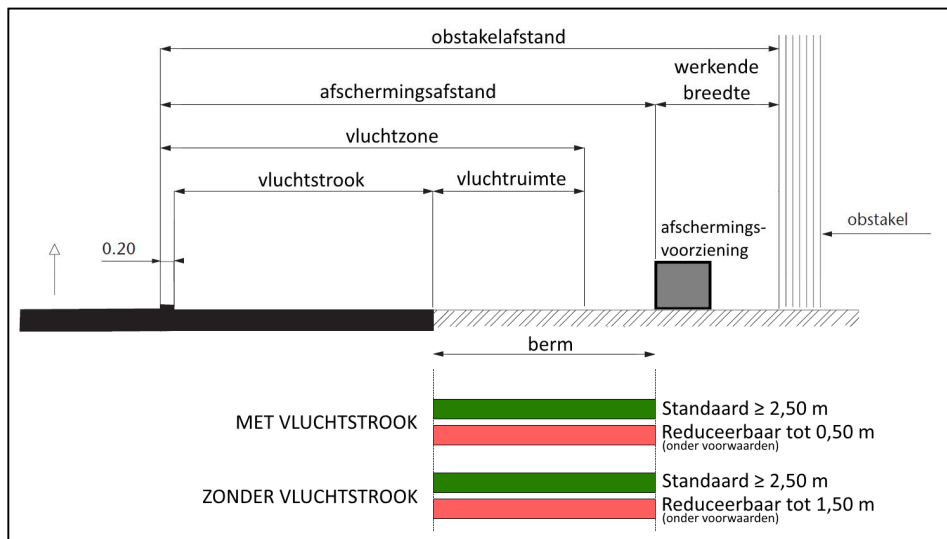
Figuur 3-4 - Principe van de prioriteitwijzer afschermingsvoorzieningen links van de rijbaan (midden- en tussenberm)

Voor de buitenberm, rechts van de rijbaan, geldt de volgende prioriteitsgewijze benadering:

- Met vluchtstrook:
 - De afschermingsafstand wordt gemaximaliseerd en bedraagt minimaal 6,40 m (vluchtzone). De ASI-waarde van de afschermingsvoorziening is maximaal 0,8.
 - In overleg met de opdrachtgever kan de bermbreedte bij uitzondering worden teruggebracht naar het absolute minimum van 0,50 m (uitstapbreedte) naast de vluchtstrook van 3,70 m; deze ondergrens is expliciet ook van toepassing op kunstwerken. De ASI-waarde van de afschermingsvoorziening is hierbij zo laag mogelijk, doch maximaal 1,4. Met een risico-onderbouwing wordt aangetoond waarom de verminderde verkeersveiligheid acceptabel is en met welke compenserende maatregelen.
- Zonder vluchtstrook²:
 - De afschermingsafstand wordt gemaximaliseerd en bedraagt minimaal 2,50 m (vluchtruimte = vluchtzone). De ASI-waarde van de afschermingsvoorziening is hierbij zo laag mogelijk, doch maximaal 1,4.
 - In overleg met de opdrachtgever kan de afschermingsafstand bij uitzondering worden teruggebracht naar het absolute minimum van 1,50 m

² Situatie zonder vluchtstrook is ongewenst en alleen van toepassing voor bestaande situaties, na goedkeuring van de opdrachtgever. Bij nieuwbouw is de vluchtstrook een standaard onderdeel van het dwarsprofiel.

(objectafstand); deze ondergrens is expliciet ook van toepassing op kunstwerken. De ASI-waarde van de afschermingsvoorziening is hierbij zo laag mogelijk, doch maximaal 1,4. Met een risico-onderbouwing wordt aangetoond waarom de verminderde verkeersveiligheid acceptabel is en met welke compenserende maatregelen.



Figuur 3-3 - Principe van de prioriteitwijzer afschermingsvoorzieningen rechts van de rijbaan (buitenberm)

Plaatsingstabellen

Wanneer het toepassen van afschermingsvoorzieningen niet kan worden vermeden, zijn in tabel 3-3 en tabel 3-4 en tabel 3-5 afhankelijk van de beschikbare ruimte de afstandseisen voor de te plaatsen afschermingsvoorzieningen per ontwerpsnelheid aangegeven. De systematiek van de tabellen vloeit voort uit bovenstaande prioriteitsgewijze benadering:

- de afschermingsafstand moet altijd zo groot mogelijk zijn;
- de bovenste tabelregel is leidend; er mag alleen in de tabel worden afgedaald wanneer de bovenliggende tabelregels beargumenteerd niet inpasbaar zijn, daarbij aangevuld met een risico-onderbouwing waarom de verminderde verkeersveiligheid acceptabel is;
- overschrijding van de minimale waarde uit de tabel is niet toelaatbaar, in dat geval is aanpassing van het dwarsprofiel noodzakelijk.

Aan de hand van de figuren bij onderstaande tabellen kunnen ook andere praktijksituaties worden afgeleid. In de tabellen zijn de volgende afkortingen gebruikt:

- A = afschermingsafstand
- V = vluchtstrook
- W = werkende breedte

In bijlage 9 staat een uitwerking weergegeven voor hoe de tabellen gebruikt kunnen worden bij toepassing van afschermingsvoorzieningen conform NEN 5190/ 5191. De toepassing van deze constructies is slechts één van de mogelijkheden waarmee de voertuigkeringszone kan worden ingevuld. Invulling van de voertuigkeringszone bij andere constructies werkt op eenzelfde wijze, waarbij wel aangetoond dient te

worden dat aan dezelfde prestatie-eisen wordt voldaan als bij toepassing van NEN 5190/ 5191.

$V_o = 120 \text{ km/h}$

A (m)	W (m)	Keringsniveau
$A \geq 2,50$	$ASI \leq 0,8$	H2
	$ASI \leq 1,0$	H2
	$ASI \leq 1,2$	H2
	$ASI \leq 1,4$	H2
$A \geq 1,50$	$ASI \leq 0,8$	H2
	$ASI \leq 1,0$	H2
	$ASI \leq 1,2$	H2
	$ASI \leq 1,4$	H2

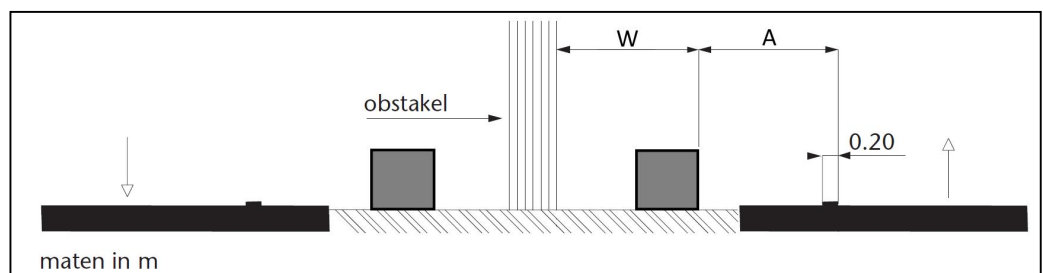
$V_o = 90 \text{ km/h}$

A (m)	W (m)	Keringsniveau
$A \geq 2,50$	$ASI \leq 0,8$	H2
	$ASI \leq 1,0$	H2
	$ASI \leq 1,2$	H2
	$ASI \leq 1,4$	H2
$A \geq 1,00$	$ASI \leq 0,8$	H2
	$ASI \leq 1,0$	H2
	$ASI \leq 1,2$	H2
	$ASI \leq 1,4$	H2

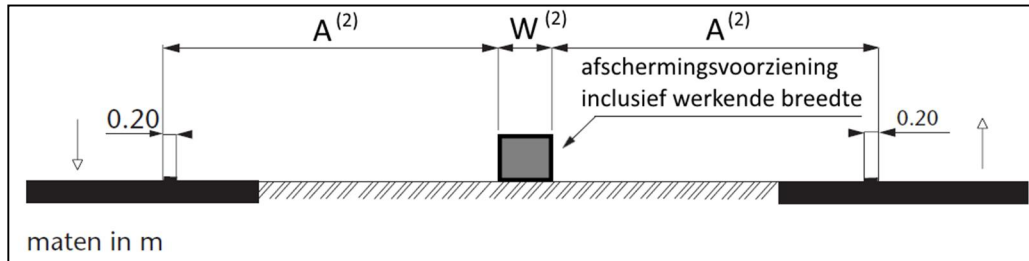
$V_o = 70 \text{ km/h}$

A (m)	W (m)	Keringsniveau
$A \geq 2,50$	$ASI \leq 0,8$	H2
	$ASI \leq 1,0$	H2
	$ASI \leq 1,2$	H2
	$ASI \leq 1,4$	H2
$A \geq 1,00$	$ASI \leq 0,8$	H2
	$ASI \leq 1,0$	H2
	$ASI \leq 1,2$	H2
	$ASI \leq 1,4$	H2

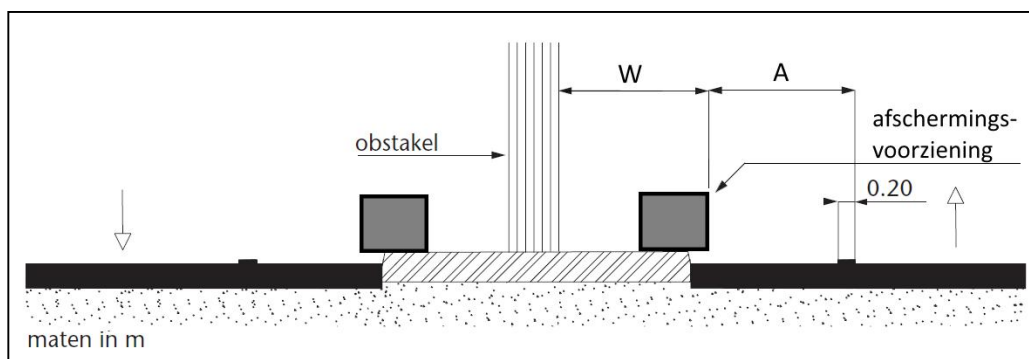
Tabel 3-3 Plaatsing afschermingsvoorziening in midden- en tussenberm



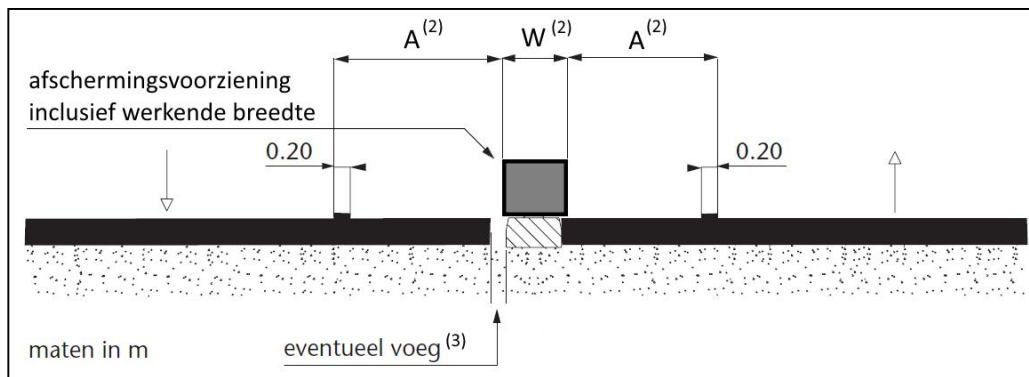
Figuur 3-5a - Middenberm in aardebaan met obstakels tussen hoofdrijbanen



Figuur 3-5b - Middenberm in aardebaan zonder obstakels



Figuur 3-5c - Middenberm op kunstwerk met obstakels



Figuur 3-5d - Middenberm tussen hoofdrijbanen op kunstwerk zonder obstakels

2) Indien een afschermingsvoorziening van twee zijden aangereden kan worden, dient afgewogen te worden of een grotere afschermingsafstand moet worden toegepast, zodat bij aanrijding altijd voldoende objectafstand beschikbaar blijft. In praktijk is er langs de rijbaan met een vluchtstrook altijd voldoende objectafstand aanwezig; langs de nevenbaan kan er echter een tekort ontstaan.

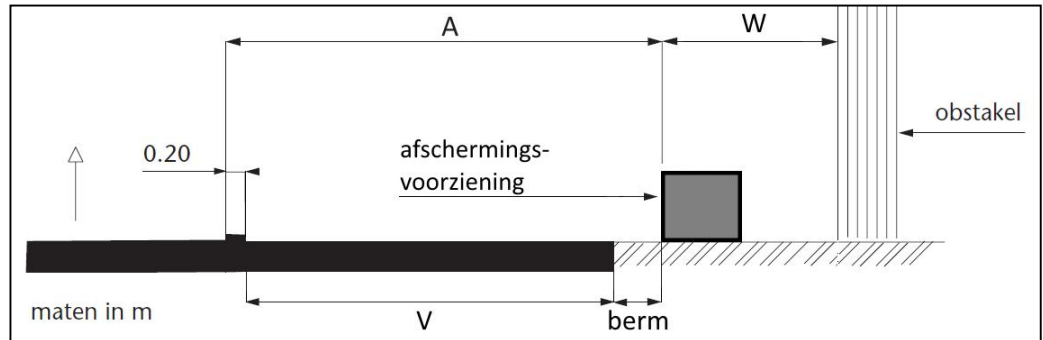
3) De opening tussen kunstwerken mag maximaal 0,05 m bedragen. Bij een grotere ruimte tussen de kunstwerken is een afdichting nodig.

$v_o = 120 \text{ km/h, } 90 \text{ km/h, } 70 \text{ km/h}$

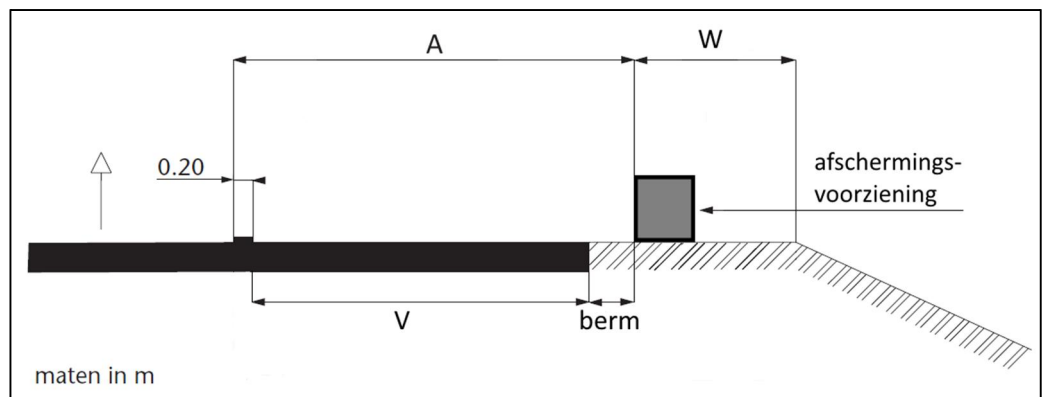
A (m)	V (m)	berm (m)	W (m)	Keringsniveau ¹
$A \geq 6,40$	3,70	$\geq 2,50$	$ASI \leq 0,8$	H2
$A \geq 4,40$	3,70	$\geq 0,50$	$ASI \leq 0,8$	H2
	3,70	$\geq 0,50$	$ASI \leq 1,0$	H2
	3,70	$\geq 0,50$	$ASI \leq 1,2$	H2
	3,70	$\geq 0,50$	$ASI \leq 1,4$	H2

Tabel 3-4 Plaatsing afschermingsvoorziening in buitenberm en tussenberm met vluchtstrook

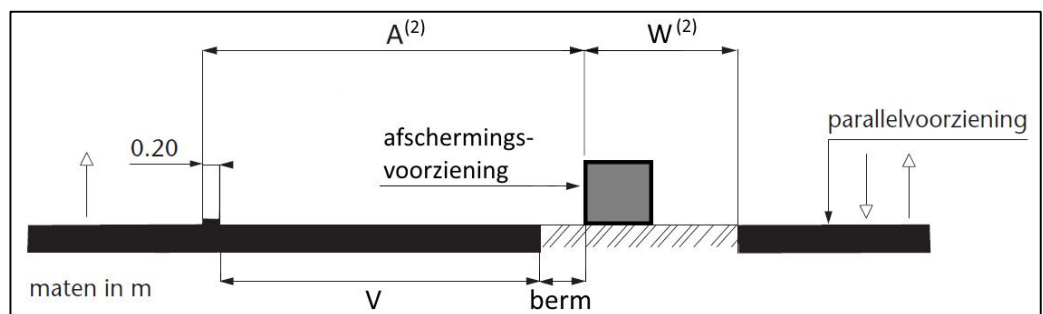
1) Aan risico's voor derden moet in beginsel een zwaarder gewicht worden toegekend dan aan de risico's voor inzittenden. Dit kan aanleiding zijn om een zwaarder keringsniveau (H4b) toe te passen.



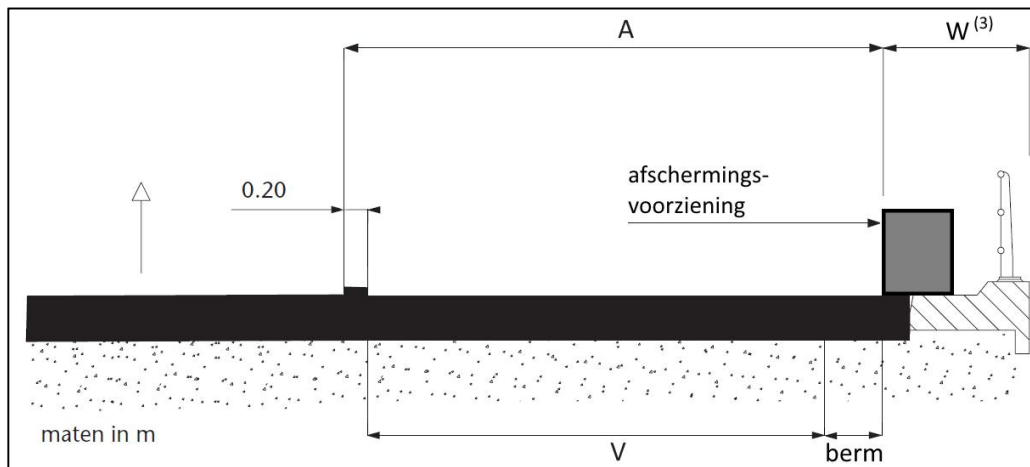
Figuur 3-6a - Buitenberm in aardebaan met obstakels



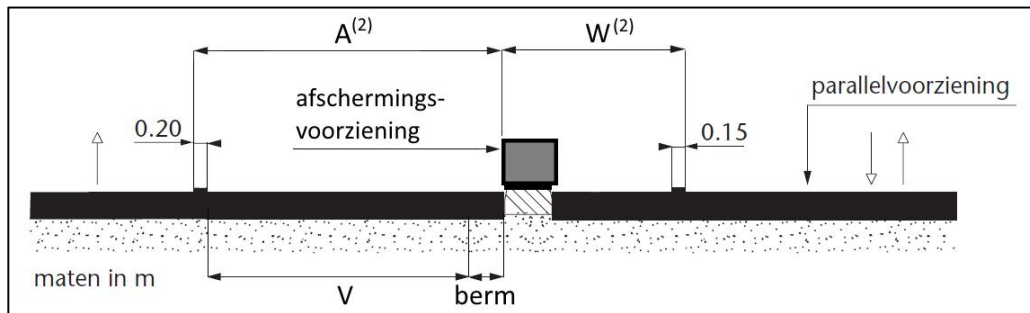
Figuur 3-6b - Buitenberm in aardebaan met aflopend talud



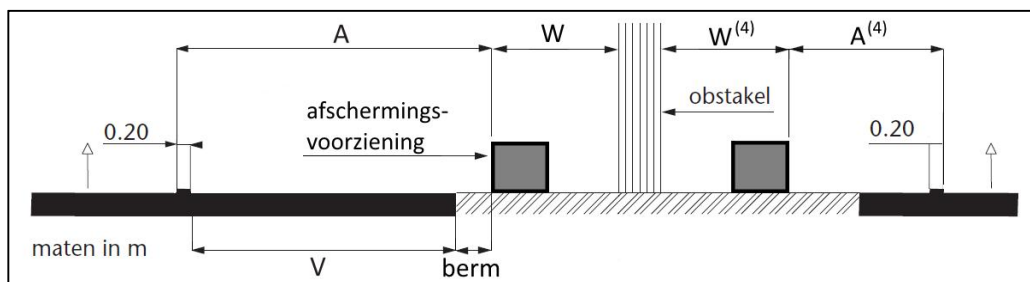
Figuur 3-6c - Buitenberm in aardebaan zonder obstakels met parallelvoorziening



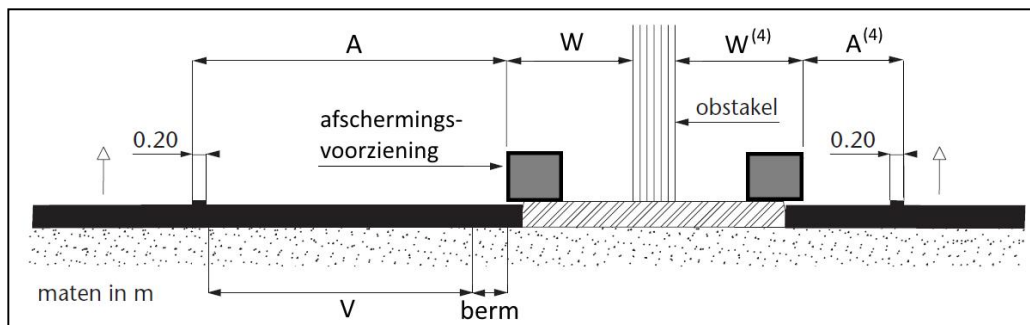
Figuur 3-6d - Buitenberm op kunstwerk met/zonder obstakel



Figuur 3-6e - Buitenberm op kunstwerk zonder obstakels met parallelvoorziening



Figuur 3-6f - Tussenberm in aardebaan met obstakels



Figuur 3-6g - Tussenberm op kunstwerk met obstakels

2) Indien een afschermingsvoorziening van twee zijden aangereden kan worden, dient afgewogen te worden of een grotere afschermingsafstand moet worden toegepast, zodat bij

aanrijding altijd voldoende objectafstand beschikbaar blijft. In praktijk is er langs de rijbaan met een vluchtstrook altijd voldoende objectafstand aanwezig; langs de nevenbaan kan er echter een tekort ontstaan.

3) Indien de leuning achter de geleideconstructie geen kerende functie heeft als onderdeel van de totale afschermingsvoorziening, dient de werkende breedte van de geleideconstructie voor de leuning te eindigen.

4) Voor de tussenbermen geldt dat de linkse berm van de rechtse rijbaan wordt ingericht als een middenberm (zie tabel 3-3).

$V_o = 120 \text{ km/h}$

A (m)	V (m)	W (m)	Keringsniveau¹
$A \geq 2,50$	n.v.t.	$ASI \leq 0,8$	H2
	n.v.t.	$ASI \leq 1,0$	H2
	n.v.t.	$ASI \leq 1,2$	H2
	n.v.t.	$ASI \leq 1,4$	H2
$A \geq 1,50$	n.v.t.	$ASI \leq 0,8$	H2
	n.v.t.	$ASI \leq 1,0$	H2
	n.v.t.	$ASI \leq 1,2$	H2
	n.v.t.	$ASI \leq 1,4$	H2

$V_o = 90 \text{ km/h}$

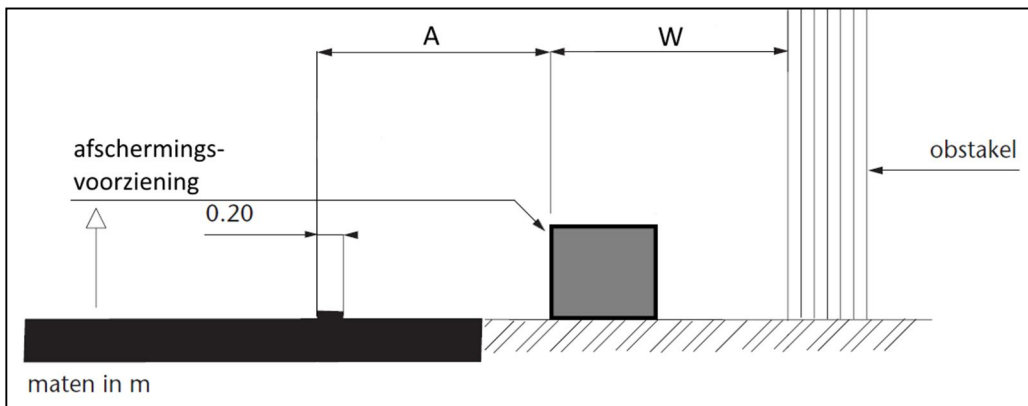
A (m)	V (m)	W (m)	Keringsniveau¹
$A \geq 2,50$	n.v.t.	$ASI \leq 0,8$	H2
	n.v.t.	$ASI \leq 1,0$	H2
	n.v.t.	$ASI \leq 1,2$	H2
	n.v.t.	$ASI \leq 1,4$	H2
$A \geq 1,00$	n.v.t.	$ASI \leq 0,8$	H2
	n.v.t.	$ASI \leq 1,0$	H2
	n.v.t.	$ASI \leq 1,2$	H2
	n.v.t.	$ASI \leq 1,4$	H2

$V_o = 70 \text{ km/h}$

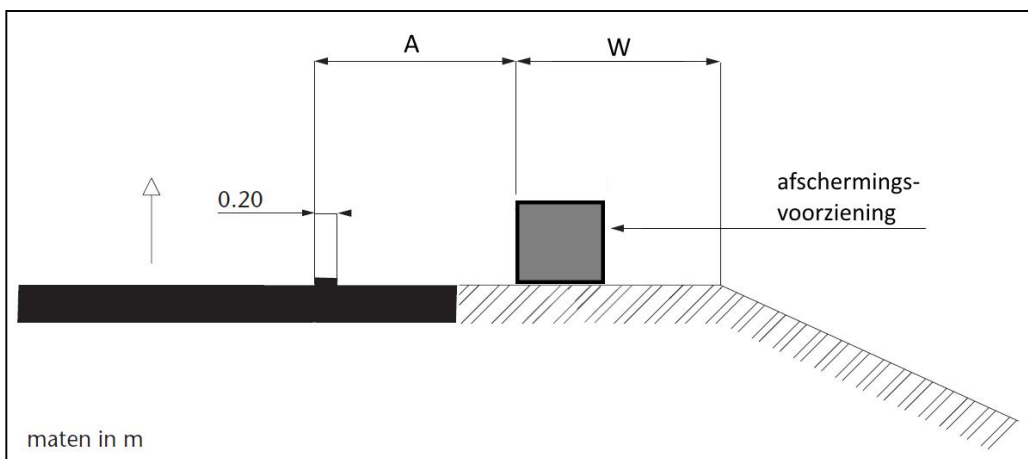
A (m)	V (m)	W (m)	Keringsniveau¹
$A \geq 2,50$	n.v.t.	$ASI \leq 0,8$	H2
	n.v.t.	$ASI \leq 1,0$	H2
	n.v.t.	$ASI \leq 1,2$	H2
	n.v.t.	$ASI \leq 1,4$	H2
$A \geq 1,00$	n.v.t.	$ASI \leq 0,8$	H2
	n.v.t.	$ASI \leq 1,0$	H2
	n.v.t.	$ASI \leq 1,2$	H2
	n.v.t.	$ASI \leq 1,4$	H2

Tabel 3-5 Plaatsing afschermingsvoorziening in buitenberm zonder vluchtstrook

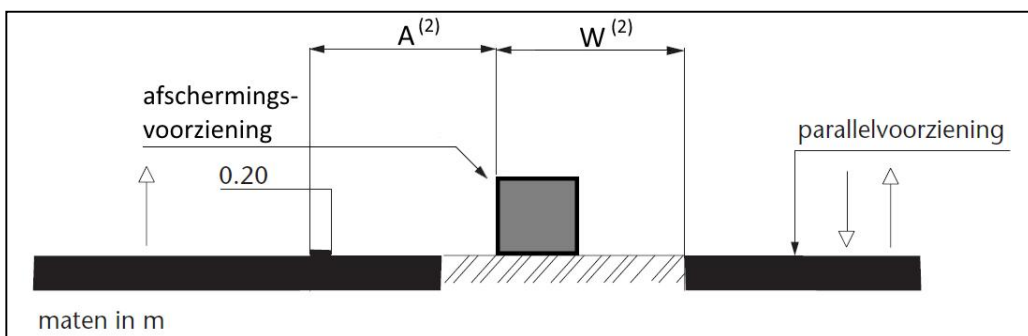
1) Aan risico's voor derden moet in beginsel een zwaarder gewicht worden toegekend dan aan de risico's voor inzittenden. Dit kan aanleiding zijn om een zwaarder keringsniveau (H4b) toe te passen.



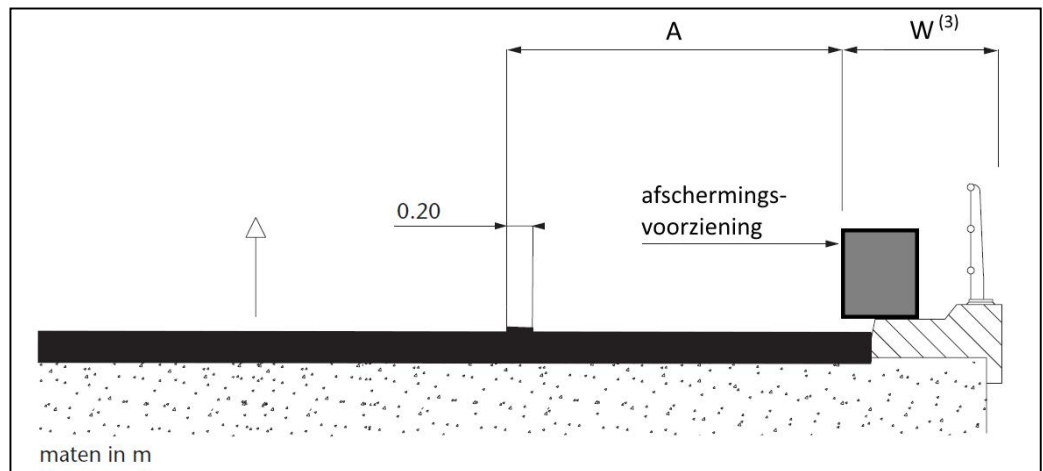
Figuur 3-7a - Buitenberm in aardebaan met obstakels



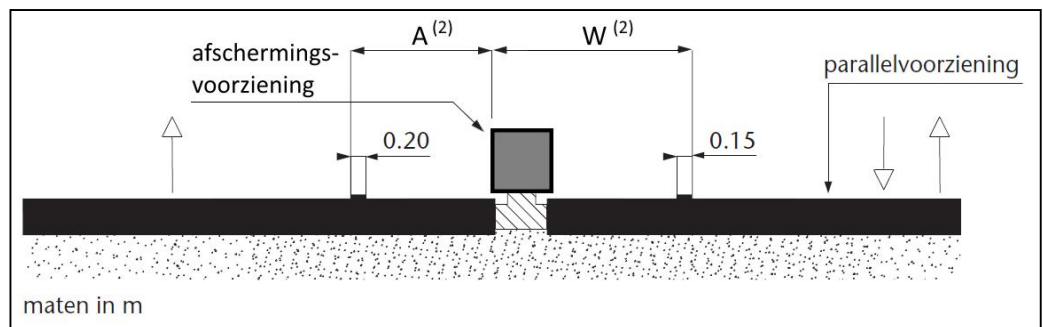
Figuur 3-7b - Buitenberm in aardebaan met aflopend talud



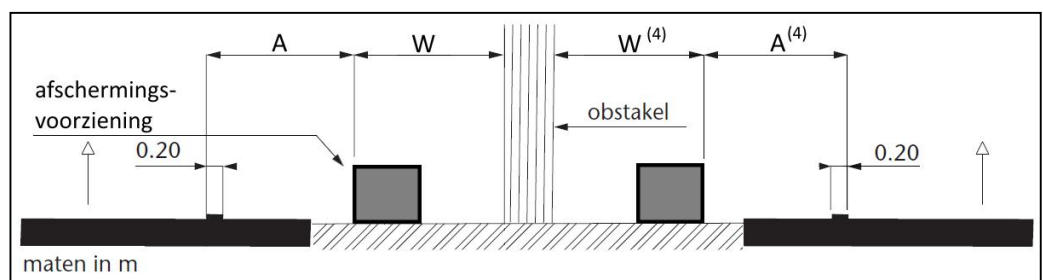
Figuur 3-7c - Buitenberm in aardebaan zonder obstakels met parallelvoorziening



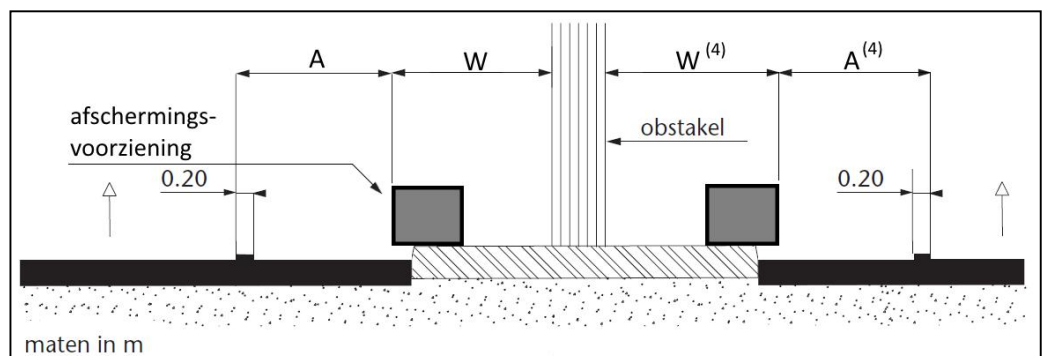
Figuur 3-7d - Buitenberm op kunstwerk met/zonder obstakels



Figuur 3-7e - Buitenberm op kunstwerk zonder obstakels met parallelvoorziening



Figuur 3-7f - Tussenberm in aardebaan met obstakels



Figuur 3-7g - Tussenberm op kunstwerk met obstakels

- 2) Indien een afschermingsvoorziening van twee zijden aangereden kan worden, dient afgewogen te worden of een grotere afschermingsafstand moet worden toegepast, zodat bij aanrijding altijd voldoende objectafstand beschikbaar blijft.
- 3) Indien de leuning achter de geleideconstructie geen kerende functie heeft als onderdeel van de totale afschermingsvoorziening, dient de werkende breedte van de geleideconstructie voor de leuning te eindigen.
- 4) Voor de tussenbermen geldt dat de linkse berm van de rechtse rijbaan wordt ingericht als een middenberm (zie tabel 3-3).

Plaatsing bij hoogteverschil in middenberm

Een hoogteverschil met een gemiddelde helling tussen de verhardingen steiler dan 1:6 wordt gezien als een obstakel. Het hoogteverschil wordt dan aan de boven- en onderzijde afgeschermd. De uitbuigingsruimte wordt hierbij gemaximaliseerd middels toepassing van een zo steil mogelijke taludhelling tussen de geleideconstructies. Indien er geen ruimte is voor een geleiderailconstructie, kan een centrisch geplaatste barri r worden toegepast die het hoogteverschil opvangt.

Bij een gemiddelde helling van 1:6 of flauwer is er geen sprake van een obstakel. Bij een berm breedte groter dan 6,0 m wordt de geleideconstructie op 2,50 m uit de kantstreep van de hooggelegen rijbaan geplaatst. In andere situaties worden bovenstaande plaatsingstabellen aangehouden.

Plaatsing bij kans op tweezijdige aanrijding

Hierbij gaat aandacht uit naar afschermingsvoorzieningen die van 2 zijden aangereden kunnen worden; ook na aanrijding dient de situatie verkeersveilig te zijn. In dat geval dient afgewogen te worden of een grotere afschermingsafstand moet worden toegepast, zodat ook na aanrijding voldoende objectafstand beschikbaar overblijft.

Plaatsing bij risico op zichtbelemmering

Tevens gaat aandacht uit naar afschermingsvoorzieningen in gebogen wegvakken en nabij invoegingen. Toepassing van afschermingsvoorzieningen mag niet leiden tot zichtbelemmering. Afhankelijk van de situatie kan het hierdoor noodzakelijk zijn de plaatsing van afschermingsvoorzieningen in het dwarsprofiel aan te passen.

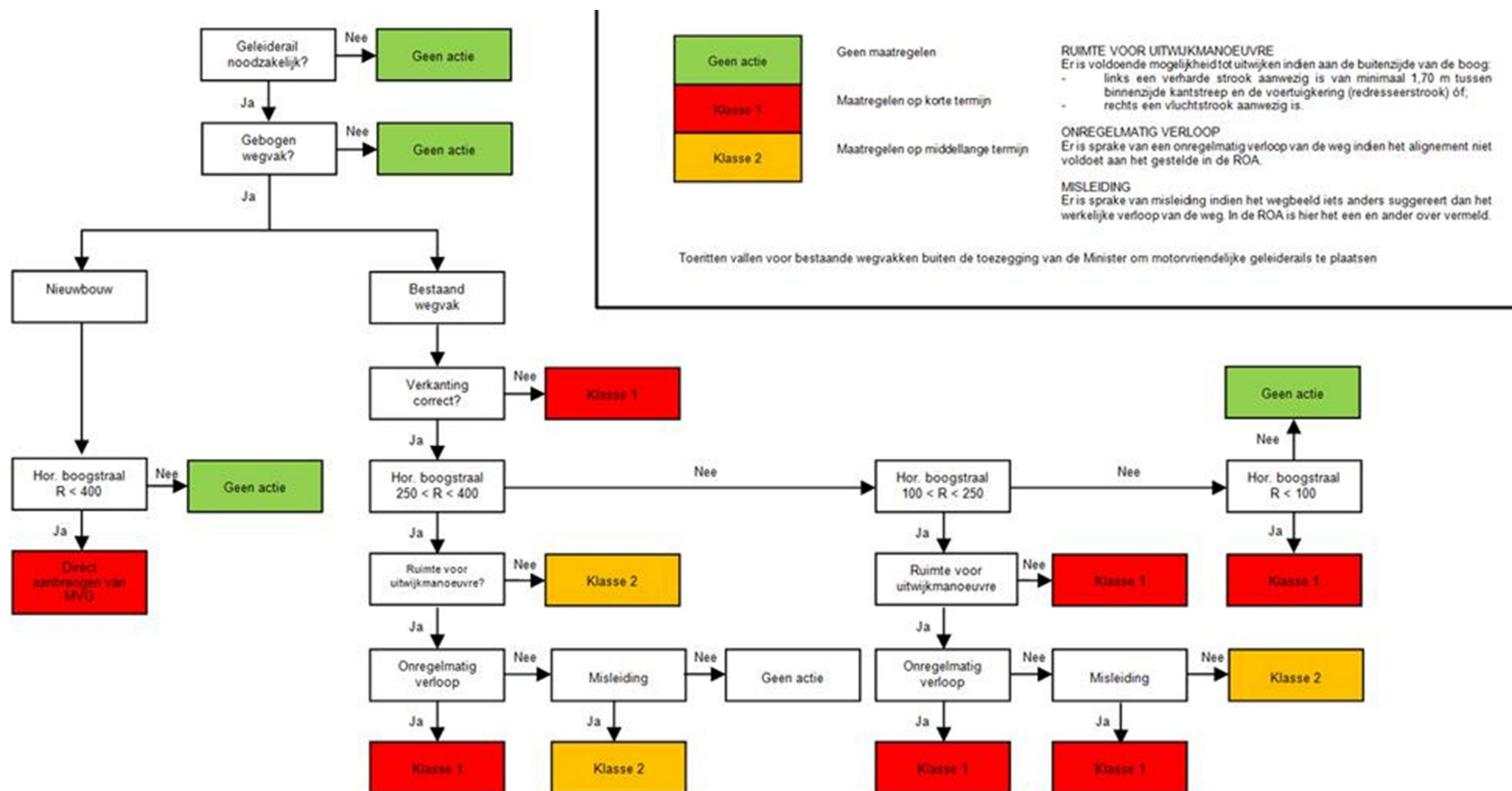
3.3.3 Motorfietsvriendelijke geleiderail (MVG)

Bovenop voornoemde eisen aan afschermingsvoorzieningen / geleiderails, kan het in horizontale bogen noodzakelijk zijn om aanvullende voorzieningen toe te passen voor de veiligheid van motorfietsen. Hiervoor wordt verwezen naar navolgend stroomschema.

Bij het stroomschema motorfietsvriendelijke geleiderailconstructies kan het volgende worden opgemerkt:

- de verkanting (dwarshelling van een rijbaan) moet zijn aangebracht zoals in de ROA staat aangegeven. Indien de verkanting anders of in tegenverkanting (de verkanting is naar de buitenzijde van de horizontale boog gericht) is aangebracht, is er sprake van een incorrecte verkanting;
- de figuur is van toepassing op zowel hoofdrijbanen als parallel-/rangeerbanen en verbindingswegen/ aansluitingen;

- om te bepalen of er sprake is van zichtproblemen is de ROA maatgevend. Indien het ontwerp niet voldoet aan de voorgeschreven zichtlengten moet het ontwerp worden aangepast;
- er is voldoende mogelijkheid tot uitwijken indien de verharding naast de buitenste rijstrook minimaal 1,70 meter doorloopt tussen de binnenkant van de kantstreep en de geleiderail;
- er is sprake van een onregelmatig verloop van de weg indien het alignement niet voldoet aan het gestelde in de ROA.
- er is sprake van misleiding indien het wegbeeld iets anders suggereert dan het werkelijke verloop van die weg (zie ook ROA):
 - *onderschatting van de horizontale boog*. Als de horizontale boog samenvalt met een topboog schat de bestuurder deze boog krapper in dan hij in werkelijkheid is;
 - *overschatting van de horizontale boog*. Als de horizontale boog samenvalt met een voetboog schat de bestuurder deze boog ruimer in dan hij in werkelijkheid is;
 - *parallax* (verticale) elementen langs de rijbaan, zoals lichtmasten en bomen, die een ander verloop volgen dan de bestuurder logischerwijs mag verwachten;
 - verwarring over de richtingsverandering;
 - een te krappe of te ruime overgangsboog, welke niet conform ROA is, leidend tot het onvoldoende kunnen waarnemen van de boog.



Figuur 3-8 - Schema motorfietsvriendelijke geleiderailconstructies

3.4 Discontinuïteiten in voertuigkeringen

Discontinuïteiten in voertuigkeringen zijn overgangen in de voertuigkering. Vanuit verkeersveiligheid is het vereist dat overgangen in de eigenschappen van voertuigkeringen geleidelijk plaatsvinden. De afloop van een botsing van een voertuig ter hoogte van de overgangen wordt hiermee in gunstige zin beïnvloed.

In geleideconstructies kunnen de volgende discontinuïteiten voorkomen:

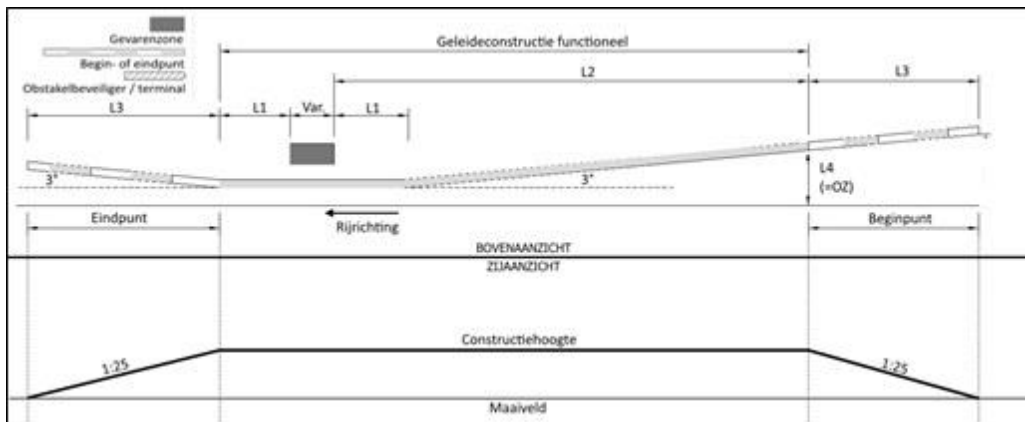
- begin- en eindpunten van geleideconstructies;
- knik bij verandering dwarsprofiel;
- onderbreking of doorsteken: plaatselijke onderbreking van een geleideconstructie;
- overgang: *overgang in of tussen geleideconstructies met verschillende eigenschappen of fabricaat;*
- splitsing: *overgang in lengterichting van één geleideconstructie naar twee geleideconstructies;*
- schuifverbinding of dilatatie: *constructie in een doorgaande geleideconstructie voor het opvangen van krimp, kruip en uitzetting ten gevolge verschillen in temperatuur;*
- stijfheidsovergang: *punt waar twee geleideconstructies uit dezelfde familie met verschillende werkende breedtes op elkaar worden aangesloten.*

Uit het oogpunt van een goede ruimtelijke vormgeving van de weg dient een geleideconstructie een zo vloeiend mogelijk verloop te krijgen. Vermeden moet worden dat minder fraaie punten in de ruimtelijke vormgeving door de geleideconstructie worden geaccentueerd, bijvoorbeeld door het samenvallen met een discontinuïteit in de geleideconstructie.

Het aanbrengen van een splitsing in een geleiderailconstructie ter beveiliging van bijvoorbeeld een obstakel in een middenberm kan in een naar links gebogen wegvak een minder vloeiend verloop van de geleiderail opleveren. Om dit te vermijden, kan onder een flauwere helling dan 1:20 naar de rijbaan worden toegebogen, waarbij de splitsing dan over meer planklengtes wordt uitgevoerd.

3.4.1 Begin- en eindpunt

Begin- en eindpunten (beëindigingen) vormen de overgangen van het begin en het einde van de normale constructie van geleideconstructies.



Figuur 3-9a - Geleideconstructie met begin- en eindpunt ter afscherming van een obstakel of gevarezone

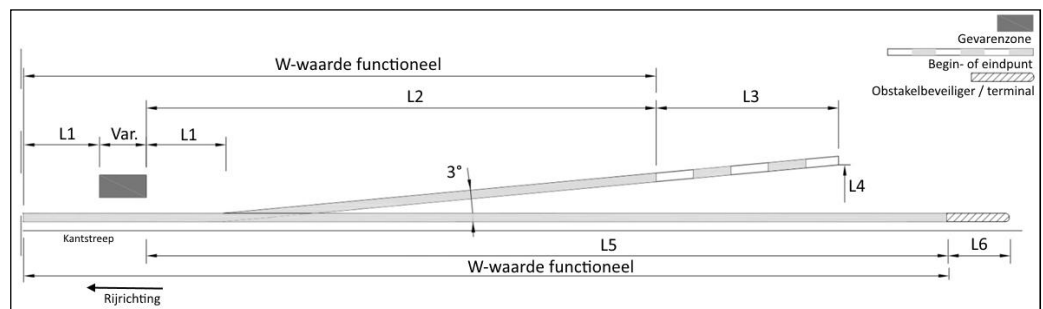
Het beginpunt zoals in figuur 3-9a is weergegeven is met het oog op de afloop van aanrijdingen het meest kritische deel van een geleideconstructie. Om die reden dient het aantal beginpunten niet alleen te worden beperkt, maar dient een beginpunt ook zover mogelijk horizontaal te worden uitgebogen onder een hoek van 1:20 (3°). Door deze horizontale uitbuiging neemt weliswaar de inrijdhoek iets toe, maar de kans op een aanrijding met het beginpunt wordt kleiner en is zwaarder wegend.

De volgende eisen zijn van toepassing (figuur 3-9a/b):

- de geleideconstructie dient een minimale lengte te hebben om de functionaliteit (keringsniveau en werkende breedte) te kunnen waarborgen. De aangegeven minimale lengte in het testrapport is maatgevend;
- de geleideconstructie is in rijrichting gezien minimaal 50 m (L2) vóór het obstakel of de gevarenzone op constructiehoogte, ter voorkoming dat een voertuig op of achter de gevarenzone terecht komt. De functionaliteit van de geleideconstructie dient over deze volledige 50 m aanwezig te zijn;
- de geleideconstructie dient minimaal 8 m vóór en na (L1) het obstakel of de gevarenzone parallel aan de rijbaan te worden aangebracht, in dezelfde vereiste constructie als ter hoogte van het obstakel of de gevarenzone;
- het beginpunt van geleiderailconstructies dient ten behoeve van de verankering ondergronds aan te vangen onder een verticale helling van 1:25 (L3);
- het beginpunt van een barrier dient altijd te worden ingeleid door een geleiderail of eventueel obstakelbeveiliging;
- het eindpunt van een geleiderailconstructie mag op de standaard constructiehoogte worden gehouden, waarbij de constructie over dezelfde lengte doorloopt als het geval zou zijn bij beëindiging onder een verticale helling van 1:25 (L3). Hierbij dient de functionaliteit van de geleideconstructie binnen L3 geborgd te zijn (middels verankering); een geleidebarrier mag direct met een afschuining worden beëindigd;
- het hoogteverschil tussen de geleideconstructie en het maaiveld is conform de testcondities;
- het begin- en eindpunt (L3) van de geleideconstructie dienen horizontaal onder een hoek van 1:20 (3°) te worden uitgebogen;
- de minimale afstand tussen binnenkant kantstreep en daar waar de geleideconstructie op werkende hoogte is, is gelijk aan de ter plaatse geldende obstakelvrije zone (L4). Beginpunten die binnen de obstakelvrije

zone liggen zijn niet botsveilig. Een eindpunt is in beginsel geen gevarenzone.

Wanneer een beginpunt niet buiten de obstakelvrije ruimte geplaatst kan worden, dan is de geleideconstructie in de rijrichting gezien minimaal 76 m vóór het obstakel of de gevarenzone op constructiehoogte ter voorkoming dat een voertuig op of achter de gevarenzone komt. De functionaliteit van de geleideconstructie dient over deze volledige 76 m aanwezig te zijn (L5). Het beginpunt wordt vervangen door een obstakelbeveiliger of terminal (L6).



Figuur 3-9b - Geleideconstructie met begin- en eindpunt ter afscherming van een obstakel of gevarenzone

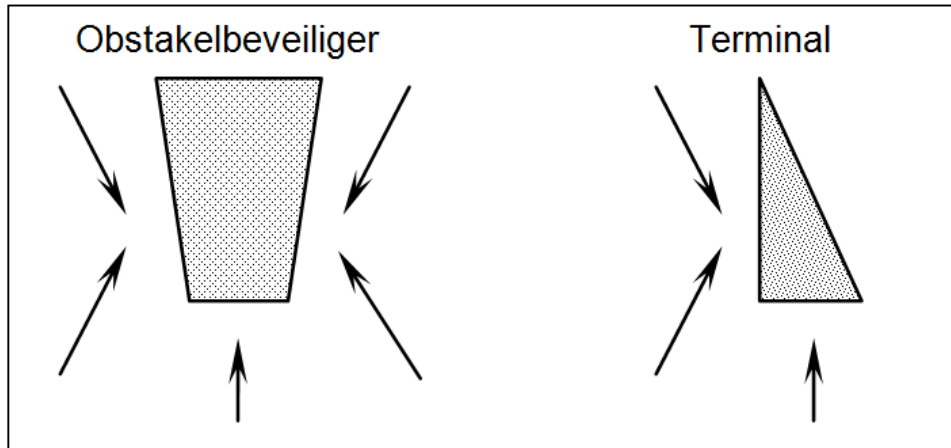
Indien het beginpunt van een geleideconstructie niet buiten de obstakelvrije zone van 13 meter gerealiseerd kan worden dient een afweging te worden gemaakt of de voordelen van een uitgebogen constructie van 1:20 opwegen tegen het toepassen van een terminal, waaraan de voorwaarde is verbonden dat de constructie parallel staat. Hoe meer parallel de constructie staat, hoe groter de kans dat het schuin oplopende gedeelte (benodigd voor het op hoogte brengen van de geleiderail) wordt aangereden met de daaraan gekoppelde risico's in het functioneren van de geleiderail en eventuele gevolgen voor inzittenden en voertuigen. Een terminal kent echter ook risico's, zoals dat deze minder goed is berekend op een zijwaartse aanrijding; buigt niet uit vanwege de starre constructie die benodigd is voor het opvangen van frontale aanrijdingen.

Een beginpunt van een geleideconstructie moet altijd in staat zijn om de ontstane trekkrachten in de constructie te kunnen verwerken wanneer deze op constructiehoogte is. Hiermee wordt voorkomen dat bij een aanrijding in de eerste 20 meter van de geleideconstructie sterke voertuigvertraging door zakvorming en/of overschrijding van de constructie kunnen optreden.

In situaties met beperkte ruimte is voor de verankering van een geleideconstructie de obstakelbeveiliger of terminal een alternatief, mits:

- *de ontstane trekkrachten in de geleideconstructie volledig verwerkt worden;*
- *de aansluitende geleideconstructies op een zodanige manier is verbonden dat de functionele eigenschappen van beide afschermingsvoorzieningen elkaar niet negatief beïnvloeden.*

Een terminal is bedoeld voor die locaties in de zijberm waarbij de ruimte te beperkt is om een standaard beginpunt te realiseren met een uitbuiging van 1:20 (3°). Een terminal mag niet worden toegepast op locaties waarbij deze afschermingsvoorziening aan weerszijden (linker- en rechterzijde) kan worden aangereden (figuur 3-10).



Figuur 3-10 - Toegestane aanrijrichtingen obstakelbeveiligers en terminals

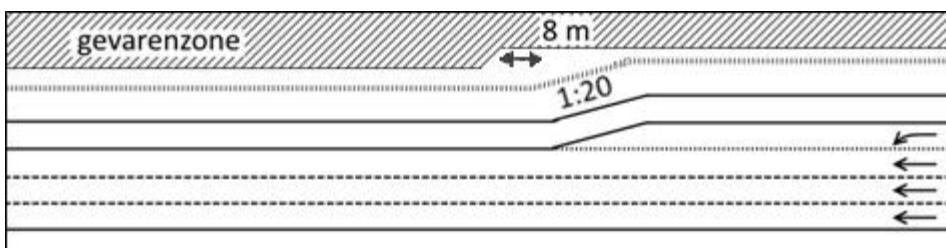
De begin- en eindpunten die voldoen aan gestelde eisen in klasse P4 mogen conform de prEN1317-7 ook worden toegepast. Deze beginpunten kunnen op de normale hoogte van de geleideconstructie beginnen.

Een terminal wordt volgens de prEN 1317-7 getest. Hierdoor is de terminal niet gelijkwaardig aan een obstakelbeveiliger (EN 1317-3). Bij de plaatsing van een terminal dient men rekening te houden met de testresultaten ten aanzien van de statische verplaatsing. Deze mag de beschikbare ruimte niet overschrijden.

3.4.2 Knik bij verandering dwarsprofiel

Bij een wijziging in het dwarsprofiel door bijvoorbeeld een afnemend aantal rijstroken, kan een verspringing in de lijn van de geleideconstructie gewenst zijn. Het is van belang dat deze verspringing op een veilige manier wordt gerealiseerd. De belangrijkste aspecten hierin zijn overeenkomstig begin- en eindpunten:

- geleidelijk verloop onder horizontale hoek van 1:20 (3°), zodat de inrijdhoek niet te groot wordt en de stijfheid rond de knikpunten voldoende is;
- het verlopende gedeelte heeft voldoende afstand tot de gevarezone, standaard 8 m.



Figuur 3-11 - Vormgeving knik in geleideconstructie

In een situatie met een verlopende verticale wand met (geïntegreerde) barri r bepaalt de eis aan de hoek van de geleideconstructie (1:20) eveneens de hoek van de verlopende wand.

3.4.3 Onderbrekingen en doorsteken

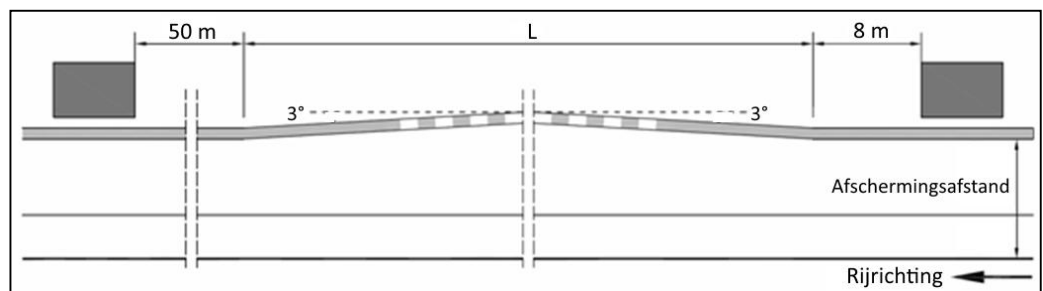
Tussen opeenvolgende obstakels of gevarenczones in de midden-, tussen- of buitenberm waar over een bepaalde lengte geen obstakel of gevarenczone binnen de obstakelvrije zone aanwezig is, wordt de geleideconstructie afhankelijk van de onderlinge afstand tussen de obstakels (L) en afhankelijk van de afschermingsafstand (A) al dan niet doorgezet. Dit heeft als doel te voorkomen dat het uit de koers geraakte voertuig achterlangs de obstakelbeveiliging kan rijden en een tweede obstakel of gevarenczone kan bereiken.

In midden- en tussenbermen worden twee doorgaande, parallelle geleideconstructies geplaatst, indien:

- $A = 1,50 \text{ m}$ en $L \leq 100 \text{ m}$;
- $A > 1,50 \text{ m}$ is en $L \leq 300 \text{ m}$.

In buitenbermen wordt de geleideconstructie tussen opeenvolgende obstakels of gevarenczones doorgezet, indien:

- zonder vluchtstrook³: $A < 2,50 \text{ m}$ en $L < 300 \text{ m}$;
- met vluchtstrook: $A \leq 6,00 \text{ m}$ en $L < 200 \text{ m}$;
- met vluchtstrook: $A > 6,00 \text{ m}$ en $L < 100 \text{ m}$.



Figuur 3-12 - Opeenvolgende obstakels en gevarenczones in buitenberm

Als de geleideconstructie deel uitmaakt van een tunnelwand of een geluidwerende constructie, mogen de daarin voorkomende vluchtdeuren geen discontinuïteit vormen. De deuren moeten dezelfde profilering hebben als de geleideconstructie en daarnaast voldoende stabiel zijn. Daarnaast worden voegen en spleten en met een breedte van 0,05 m gekwalificeerd als een onderbreking.

Op beweegbare bruggen moeten in doorgaande geleideconstructies speciale voorzieningen worden aangebracht. Deze koppelingen mogen in gesloten toestand geen discontinuïteit vormen. Koppelingen moeten dezelfde trekkrachten conform het keringsniveau van de aansluitende afschermingsvoorziening kunnen opvangen. De geleideconstructies overlappen elkaar bij voorkeur; een kier van maximaal 0,05 m is acceptabel.

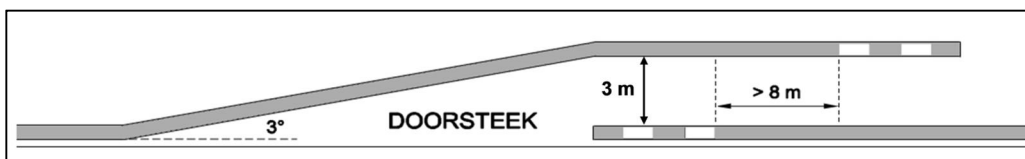
Soms zijn onderbrekingen nodig als doorsteek voor beheer en onderhoud. De meest eenvoudige doorsteek in een doorgaande geleideconstructie ten behoeve van onderhoudswerkzaamheden (maaïen) is de onderbreking door middel van een overlap (figuur 3-13). De doorsteek moet bij aankomst over de snelweg achteruitrijdend worden doorreden. Dit vereist de nodige instructies aan de

³ Situatie zonder vluchtstrook is ongewenst en alleen van toepassing voor bestaande situaties.

gebruikers. Dit betekent ook dat deze oplossing plaatselijk een bredere berm vraagt.

De te stellen eisen aan een onderbreking ten behoeve van beheer en onderhoud zijn:

- de begin- en eindpunten dienen te voldoen aan de gestelde eisen in het begin van deze paragraaf;
- de geleideconstructies overlappen elkaar op constructiehoogte over een lengte van minimaal 8 m;
- de overgang ten behoeve van de overlap dient onder een horizontale hoek van 1:20 (3°) plaats te vinden;
- de minimale doorrijdbreedte bedraagt 3,00 m.



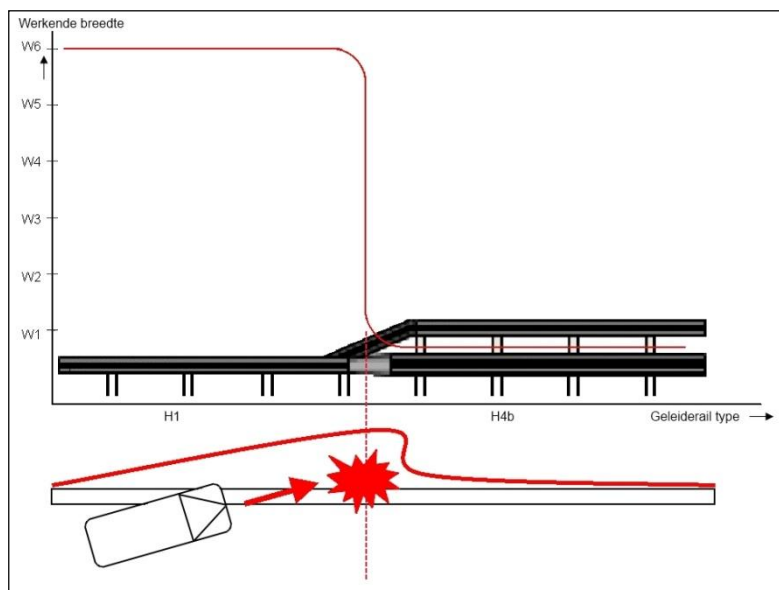
Figuur 3-13 - Onderbreking ten behoeve van beheer en onderhoud

In middenbermen is een dergelijke onderbreking doorgaans niet veilig inpasbaar. In dat geval kan gekozen worden voor het toepassen van een calamiteitendoorsteek (CaDo), zie Handboek calamiteit- en verkeersdoorsteken.

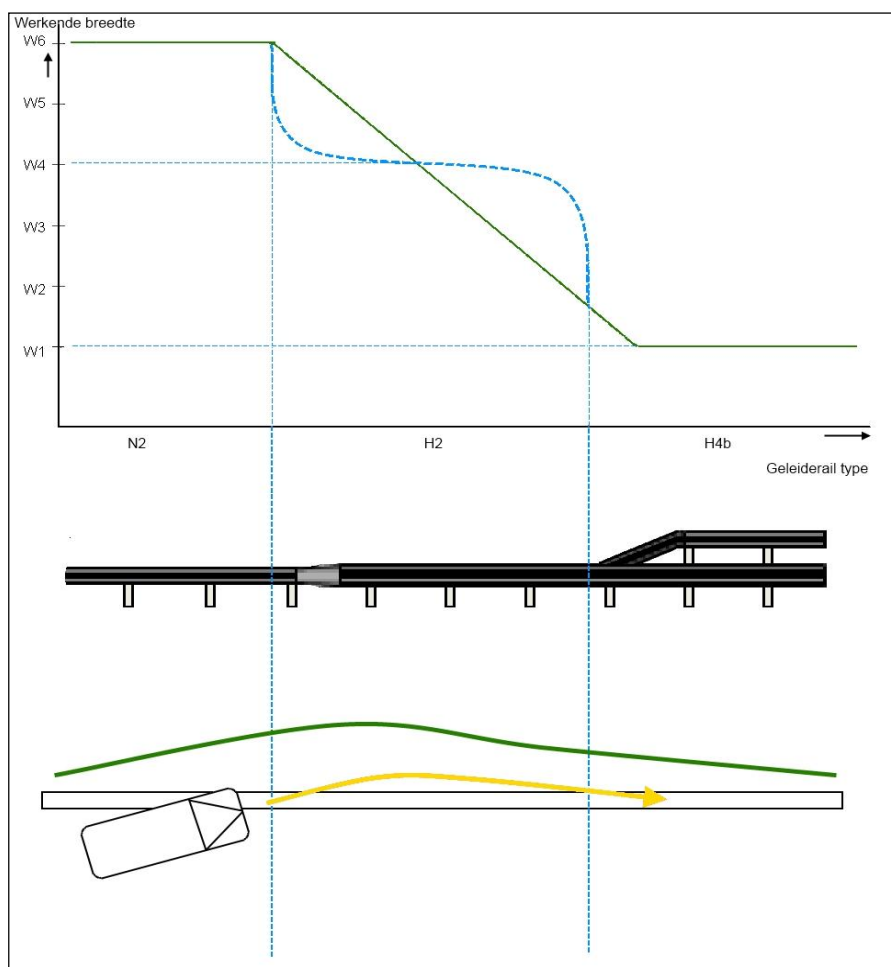
3.4.4 Overgangen

Bij een overgang tussen 2 typen afschermingsvoorzieningen dient een abrupte overgang voorkomen te worden. Een abrupte overgang leidt bij aanrijding immers tot een abrupte sprong in de mate van uitbuiging. Deze schokgolf kan ernstige gevolgen hebben voor inzittenden van een voertuig (risico voor inzittenden) en voor medeweggebruikers (risico voor derden), zie figuur 3-14. Hiervan is vooral sprake bij overgangen van flexibele (grote uitbuigingsruimte) naar starre constructies (kleine/geen uitbuigingsruimte).

Overgangen dienen daarom geleidelijk te verlopen tussen opeenvolgende afschermingsvoorzieningen die qua prestatieklasse, werking of constructie van elkaar verschillen. Door toepassing van een geleidelijke overgang tussen opeenvolgende geleideconstructies wordt het schokgolfeffect sterk verminderd. De ontstane geleidelijke uitbuigingscurve zorgt voor een beter verloop van het botsend voertuig met een afschermingsvoorziening (figuur 3-15).



Figuur 3-14 - Abrupte overgang tussen opeenvolgende geleideconstructies



Figuur 3-15 - Geleidelijke overgang tussen opeenvolgende geleideconstructies (blauw = toe te passen type geleideconstructie; groen = resulterende werkende breedte)

De te stellen eisen aan een overgangsconstructie zijn:

- toepassing van keringsniveaus van de overgangsconstructie in samenhang met de te koppelen afschermingsvoorzieningen, conform tabel 3-6 over een lengte van minimaal 12 m;
- de maximale ASI-waarde van de overgangsconstructie bedraagt het gemiddelde ($\pm 0,2$) van de ASI-waarden van de aansluitende afschermingsvoorzieningen;
- de werkende breedte van de overgangsconstructie is gelijk ($\pm 0,50$ m) aan het gemiddelde van de werkende breedtes van de aansluitende afschermingsvoorzieningen;
- bij verschillende constructiebreedtes dient de overgang onder maximaal een horizontale hoek van 1:20 (3°) plaats te vinden. De overgang in liggerbreedte dient aan de niet-verkeerszijde plaats te vinden. De overgangsconstructie aan de verkeerszijde wordt parallel aan de rijbaan geplaatst;
- de overgang dient in lengterichting gezien minimaal 8 m buiten de gevarenzone plaats te vinden, zodat aan weerszijden van de gevarenzone hetzelfde type geleideconstructie aanwezig is;
- de minimale lengte van een overgangsconstructie dient overeen te komen met de full-scale testresultaten conform EN 1317.

Van \ Naar	N2	H1	H2	H4a/H4b
N2	N2	N2	H1	H2
H1	N2	H1	H1	H2
H2	H1	H1	H2	H2
H4a/H4b	H2	H2	H2	H4a/H4b

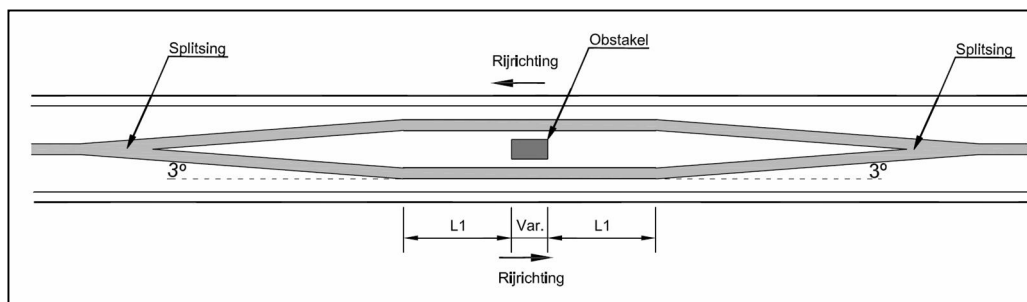
(bron: RPS 2009)

Tabel 3-6 - Keringsniveaus van overgangen

Om verkeersveilige overgangen te kunnen realiseren, gaat de voorkeur uit naar modulaire systemen waarbij de verschillende typen geleideconstructies uit dezelfde onderdelen zijn samengesteld. Niet alle geleideconstructies zijn echter leverbaar als 'familie', waardoor het risico ontstaat dat dergelijke constructies niet goed en veilig aan elkaar en/of aan andere constructies verbonden kunnen worden. Afgeraden wordt om dergelijke constructies toe te passen, zowel gezien vanuit verkeersveiligheid als vanuit beheer.

In midden- en tussenbermen met niet-continu aanwezige obstakels kan in beginsel worden volstaan met één geleideconstructie op de wegvakken zonder obstakels, terwijl ter hoogte van het obstakel (bijvoorbeeld portalen of lichtmasten) een geleideconstructie aan weerszijden noodzakelijk is (figuur 3-16). Aanvullende eisen zijn:

- de overgang naar twee geleideconstructies dient onder een horizontale hoek van 1:20 (3°) plaats te vinden;
- de geleideconstructie dient minimaal 8 m vóór en na het obstakel of de gevarenzone parallel (L1) te worden aangebracht in dezelfde constructie als ter hoogte van het obstakel respectievelijk de gevarenzone.



Figuur 3-16 - Splitsing in geleideconstructie in middenberm met niet-continu aanwezige obstakels

Een geleiderailconstructie dient verplaatsingen en vervormingen als gevolg van temperatuurschommelingen te kunnen opvangen. Voor het opvangen van uitzettingen of verkortingen van brugdekken en geleiderailconstructies ten gevolge van temperatuurwisselingen en eventueel krimp en kruip, zijn de volgende situaties van belang:

- de overgang aardebaan – landhoofd;
- de overgang landhoofd – kunstwerk;
- de dilatatievoegen in een kunstwerk;
- nabij splitsingen;
- geleiderailconstructies van 300 m lengte of meer.

Wanneer er voorzieningen worden toegepast om de hierbij vrijkomende krachten op te vangen, dient aangetoond te worden dat de geleiderailconstructie ondanks deze voorziening blijft functioneren conform de eisen.

Een schuifvoorziening heeft een negatieve uitwerking op het functioneren van de geleiderailconstructie, vanwege de grotere uitbuiging door de schuiflengte waardoor de voorziening kan bezwijken bij inrijden. Dit is in strijd met de eis dat de geleiderail onder alle (meteorologische) omstandigheden moet kunnen functioneren. Om deze reden is toepassing van een schuifvoorziening in doorgaande constructies onwenselijk en dient naar betere oplossingen te worden gezocht. Dit geldt mogelijk ook voor stalen geleiderailconstructies met een lengte van 300 m of meer om "spatten" bij een oplopende temperatuur te voorkomen.

De benodigde schuiflengte is afhankelijk van de afschermingsvoorziening, optredende zettingen, krimp en kruip en de temperatuur bij de montage. Voor schuifverbindingen in geleiderailconstructies volgens de NEN 5190 wordt verwezen naar de NEN 5191.

Voor alle overige geleideconstructies (niet conform NEN 5190) is een gegarandeerd functioniteitsbehoud onder alle (meteorologische) omstandigheden vereist. De opdrachtnemer dient vóór uitvoering aan de opdrachtgever aan te tonen dat het functioniteitsbehoud onder alle (meteorologische) omstandigheden is gewaarborgd.

Bijlage 1: Literatuur

1. Veilige inrichting van bermen. Richtlijnen voor het ontwerpen van autosnelwegen. CROW, mei 1999.
2. Richtlijnen voor het Ontwerpen van Autosnelwegen (ROA). Rijkswaterstaat, januari 2015.
3. Richtlijn botsveilige lichtmasten. Toepassing van botsveilige lichtmasten langs rijkswegen in permanente en tijdelijke situaties, Rijkswaterstaat Dienst Verkeer en Scheepvaart, november 2007.
4. NEN-EN 12767, 2007 Passieve veiligheid van constructies voor weguitrusting - Eisen, classificatie en beproevingsmethoden.
5. NEN-EN 1317-1, 2010, Afschermende constructies voor wegen - Deel 1: Terminologie en algemene criteria voor beproevingsmethoden. Nederlands Normalisatie-instituut, Engels, juli 2010.
6. NEN-EN 1317-2, 2010, Afschermende constructies voor wegen - Deel 2: Prestatieklassen, botsproef-beoordelingscriteria en beproevingsmethoden voor vangrails en voertuiggeleiding. Nederlands Normalisatie-instituut, Engels, juli 2010.
7. NEN-EN 1317-3, 2010, Afschermende constructies voor wegen - Deel 3: Prestatieklassen, beoordelingscriteria voor botsproeven en beproevingsmethoden voor obstakelbeveiligers. Nederlands Normalisatie-instituut, Engels, juli 2010.
8. NEN-EN 1317, 2012 Ontw. Afschermende constructies voor wegen - Deel 7: Prestatieklassen, aanvaardingscriteria voor botsproeven en beproevingsmethoden voor uiteinden van vangrails, juli 2012.
9. NEN-EN 5190, 1995 Geleiderail – Bouwstofeisen, december 1995.
10. NEN-EN 5191, 1995 Geleiderail – Plaatsingsregels, december 1995
11. Richtlinien für passiven Schutz an Strassen durch Fahrzeug-Rückhaltesysteme. Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen. Arbeitsgruppe Verkehrsmanagement. Ausgabe 2009.
12. Milne. D. Designing safer roadsides. A Handbook for Highway Engineers. The Passive Revolution and Traffic Engineering & Control, 2008.
13. NCHRP report 500, guidance for implementation of the AASHTO Strategic Highway Safety Plan:
 - Volume 3: A guide for addressing collisions with trees in hazardous locations.
 - Volume 6: A guide for addressing run-off-road collisions.
 - Volume 7: A guide for reducing collisions on horizontal curves.
 - Volume 8: A guide for reducing collisions involving utility poles.

14. Desining and keeping roadsides safe, Roadside Infrastructure for Safer European Roads (RISER), december 2005.

Bürke H. Anprallversuche mit Motorrädern an passiven Schutzeinrichtungen. Berichte der Bundesanstalt für Strassenwesen. Verkehrstechnik. Heft V90, september 2001.

Bijlage 2: Begrippen

Afschermingsafstand	De horizontale, kortste afstand tussen de rijbaan en de voorzijde van een afschermingsvoorziening, gemeten vanaf binnenzijde kantstreep.
Afschermingsvoorziening	Geleideconstructie (geleiderail, geleidebarrier, leuning) of obstakelbeveiliger of terminals die tot doel heeft obstakels of gevarenczones af te schermen voor uit de koers geraakte voertuigen.
ASI-Waarde	Acceleration severity index: een grootte waarmee de kans op letsel aan inzittenden van voertuigen wordt uitgedrukt.
Bergingszone	De bergingszone is het deel links van de hoofdrijbaan dat ruimte biedt aan gestrande voertuigen wanneer een vluchtstrook niet aanwezig is.
Berm	De berm is het gedeelte van de weg tussen verharde rijbanen of tussen een buitenste verharde rijbaan en de naastgelegen weggrens (platform).
Buitenberm	Wegberm tussen de grens van het platform en de buitengrens van de verharde zijstrook of van de rijbaan, als er geen verharde zijstrook is.
Draagkrachtige berm	Buitenberm met voldoende draagkracht voor een zware personenauto met een maximale insporing van 20 tot 40 mm (zie bijlage 3).
Eenzijdig ongeval	Ongevallen waarbij geen botsing met een andere weggebruiker of met een vast voorwerp plaatsvindt.
Enkelvoudig ongeval	Ongeval met een vast voorwerp of een eenzijdig ongeval.
Geleidebarrier	Constructie ter afscherming van een gevarenczone of ter beperking van de risico's daarin, bestaande uit een geleidingswand van beton, staal of kunststof met een speciale profilering van het aanrijdingvlak.
Geleideconstructie	Geleiderail, geleidebarrier of voertuigkerende leuning ter afscherming van obstakels en gevarenczones. Constructie bedoeld voor fysieke geleiding van voertuigen die uit de koers zijn geraakt.
Geleiderailconstructie	Stalen, lintvormige geleideconstructie samengesteld uit planken, afstandshouders, diagonalen en palen of stijlen.
Gevarenczone	Een gevarenczone omvat de constructie van het bermoppervlak (draagkracht, wrijvingscoëfficiënt) en het geometrische ontwerp van hoogteverschillen in de berm, die bij berijden onaanvaardbare risico's voor de inzittenden kunnen opleveren.

Hoofdrijbaan	Een rijbaan voor doorgaand snelverkeer. Een hoofdrijbaan zorgt voor continuïteit van de belangrijkste, meestal rechtdoor gaande verkeersstromen.
Keringsniveau	Het kerend vermogen van een afschermingsvoorziening bij aanrijding door bepaalde ontwerpvoertuigen onder bepaalde omstandigheden conform NEN-EN 1317.
Middenberm	Berm tussen twee hoofdbanen met tegengestelde rijrichtingen.
Object	Vast voorwerp dat bij aanrijding door een voertuig conform NEN-EN 12767 geen ernstige schade aan het voertuig en/of letsel aan inzittenden veroorzaakt.
Objectafstand	De <i>objectafstand</i> is de horizontale, kortste afstand tussen de binnenkant van de kantstreep, deelstreep of blokmarkering en het object.
Obstakel	Vast voorwerp dat bij aanrijding conform NEN-EN 12767 grote voertuigvertragingen veroorzaakt en daarmee (dodelijk) letsel aan de inzittenden en/of ernstige schade aan het voertuig kan veroorzaken.
Obstakelbeveiliger	Constructie ter afscherming van een obstakel, die botsingsenergie kan absorberen en bij aanrijding voertuigen met zo weinig mogelijk schade van richting doet veranderen of tot stilstand brengt.
Obstakelafstand	De <i>obstakelafstand</i> is de horizontale, kortste afstand tussen de binnenkant van de kantstreep, deelstreep of blokmarkering en het obstakel.
Obstakelvrije zone	Gebied buiten de kantstreep, blokmarkering of verharding waarin geen obstakels mogen voorkomen (gebied zonder gevarenzone).
Open verharding	Een wegdek die uit losse elementen zoals klinkers of tegels opgebouwd wordt. In tegenstelling tot een gesloten verharding heeft een open verharding voegen en is in meer of mindere mate water- en lucht doorlatend.
Overgangen	Begin- en eindpunten van geleideconstructies, belangrijke wijzigingen in de eigenschappen of in plaats in het dwarsprofiel van de afschermingsvoorziening.
Parallelrijbaan	Een rangeerbaan die zich uitstrekt over twee of meer knooppunten en/of aansluitingen.
Rangeerbaan	Een rijbaan ter plaatse van een knooppunt of aansluiting, evenwijdig lopend aan een hoofdrijbaan en beginnend en eindigend op die hoofdrijbaan en waarop invoeg-, uitrij- en weefbewegingen kunnen plaatsvinden. Een rangeerbaan beperkt zich tot één knooppunt of aansluiting.

Redresseerstrook	Een verharde strook van beperkte breedte, gelegen naast de buitenste rijstrook en bedoeld om weggebruikers gelegenheid te geven hun koers te corrigeren.
Rijbaan	Aaneengesloten verhard deel van de totale weg dat bestemd is voor rijdend verkeer en dat begrensd wordt door twee opeenvolgende begrenzingen in de vorm van kantstreep, overgang verharding of overgang verhard/onverhard.
Tussenberm	Wegberm tussen twee rijbanen van de autosnelweg met gelijkgericht verkeer.
Vast voorwerp	Elk object dat in de grond is bevestigd zoals wegwijzers, (licht)masten en bomen.
Veiligheidszone	Het gebied langs een rijbaan waarin geen of uitsluitend botsveilige objecten en verkeersveilige geometrische ontwerpelementen van de berm voorkomen en dat ruimte biedt aan gestrande voertuigen en voertuigen van hulp- en onderhoudsdiensten.
Verbindingsweg	Een rijbaan, niet zijnde een hoofdrijbaan, rangeerbaan of parallelrijbaan, die in een kruispunt of bij niet-samenkomende wegen de verbinding vormt tussen twee rijbanen. Ook toeritten, afritten en lussen zijn verbindingswegen.
Verkeersafstand	De kortste afstand tussen binnenkant kantstreep en een naastliggende rijbaan van het onderliggende wegennet of fiets/bromfietspad; bij afwezigheid van een kantstreep de afstand tussen de kant van de verharding en de naastliggende rijbaan.
Vluchtruimte	Ruimte naast de vluchtstrook en direct grenzend aan de verharding, bestemd voor gestrande voertuigen, om de vluchtstrook zo veel mogelijk te kunnen vrijhouden. Bij ontbreken van een vluchtstrook wordt de vluchtruimte gemeten vanuit binnenkant kantstreep, waardoor deze gelijk is aan de vluchtzone.
Vluchtzone	Gebied naast de rijbaan bestaande uit kantstreep, vluchtstrook en vluchtruimte.
Werkende breedte	De breedte van de afschermingsvoorziening vermeerderd met de dynamische uitbuigingsruimte bij een bepaald prestatieniveau.

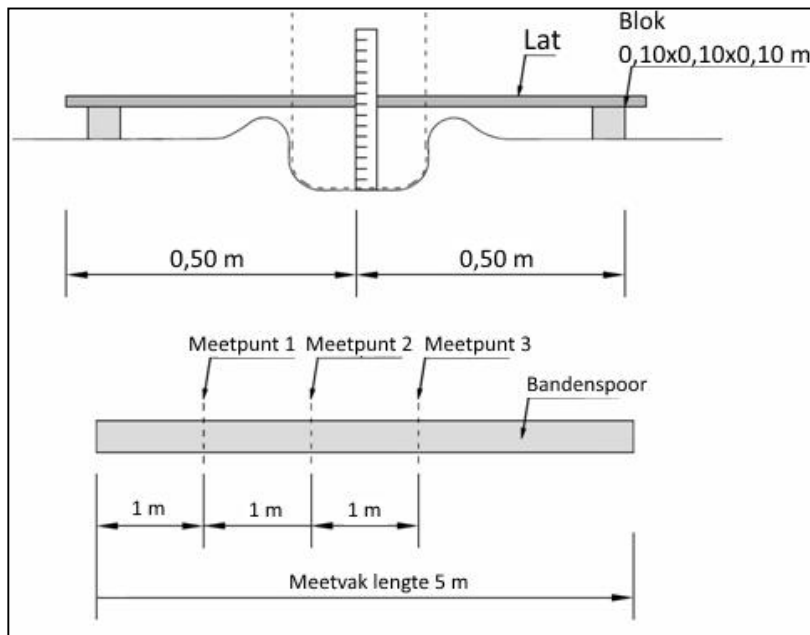
Bijlage 3: De draagkracht van de berm

In de berm kunnen alleen rem- en/of stuurmanoeuvres worden uitgevoerd indien het een draagkrachtige berm betreft waarin de autobanden voldoende wrijving ondervinden. Vooral in bestaande situaties zonder vluchtstrook is de draagkracht en de wrijving van belang, omdat de kans dat een voertuig in de berm terecht komt groter is.

De draagkracht van de berm is afhankelijk van een aantal parameters, zoals grondsoort, verdichting, opbouw van het bodemprofiel, waterhuishouding en vegetatie. Uit het oogpunt van verkeersveiligheid zijn de minimum eisen:

- in de bergingszone en de vluchtruimte dient de insporing van een middelzware personenauto op een waterverzadigde berm niet meer dan 20 mm bedragen;
- buiten de vluchtruimte bedraagt voor het resterende deel van de obstakelvrije zone de insporing van een middelzware personenauto op een waterverzadigde berm maximaal 40 mm;
- er dient geen blijvende zichtbare insporing over de gehele breedte van de berm op te treden; bij hinderlijke insporing moeten maatregelen worden genomen.

De insporing dient met een personenauto te worden bepaald (massa 1.500 kg, bandenspanning 2,0 bar, bandbreedte maximaal 0,22 m, wieldiameter maximaal 0,80 m) op de waterverzadigde berm. Van een waterverzadigde berm is sprake als in de afgelopen 24 uren ten minste 5 mm regen is gevallen. De auto rijdt stapvoets over de waterverzadigde berm. De insporing bedraagt het gemeten verschil in hoogte tussen het hart van de bandafdruk en het gemiddelde van het onverstoorde maaiveld aan beide zijden, gemeten op een afstand van 0,50 m uit het hart van de bandafdruk. Eén meting bestaat uit een strook van 5 m, waarvan de gemeten hoogteverschillen op 1, 2 en 3 m uit het begin van het meettraject worden gemiddeld. Per 250 m berm dient één meting te worden verricht.



Figuur B1-1 – Meting van insporing

Maatregelen ter verhoging van de draagkracht en wrijving zijn het meest effectief direct aansluitend op de rijbaan. De effectiviteit van gestabiliseerde bermen is het hoogst tot een breedte van circa 3,00 m gemeten uit de kantstreep. Bermen met een open verharding zijn op hun beurt effectiever dan gestabiliseerde bermen. Daarnaast is een goede waterdoorlatendheid van de toplaag (0,20 m) alsmede die van de dieper gelegen lagen van belang om de afvoer van het oppervlaktewater te waarborgen. Bij onvoldoende doorlatendheid is een drainage noodzakelijk.

In het kader van beheer en onderhoud van wegen stelt de RAW-Standaard-2015 als eis, dat de wrijvingscoëfficiënt van de natte verharding ten minste 0,38 moet bedragen. Ook de wrijvingscoëfficiënt van het oppervlak binnen de bergingszone en vluchtruimte is van belang. Dit geldt vooral voor situaties waar de vluchtstrook (plaatselijk) ontbreekt (of waar de vluchtstrook gedurende een belangrijk deel van de dag als spitsstrook in gebruik is). De wrijvingscoëfficiënt mag hier onder natte omstandigheden weliswaar lager zijn dan die van de verharding, maar zou beter moeten zijn dan de wrijvingscoëfficiënt van een droge, vlakke en draagkrachtige zandbodem met een arme grasmat. Idealiter zou een semi-verharding, waarmee een hogere wrijvingscoëfficiënt wordt verkregen, moeten worden toegepast.

Bijlage 4: NEN-EN 12767; Passieve veiligheid van constructies voor weguitrusting

Bron: NEN-EN 12767: 2007 Passieve veiligheid van constructies voor weguitrusting - Eisen, classificatie en beproevingsmethoden.

Eisen per veiligheidsniveaus van constructies voor weguitrusting (NEN-EN 12767)

Energie-absorptie-niveau	Veiligheids-niveaus inzittenden	Snelheden			
		Verplichte snelheid 35 km/h		Snelheid 50, 70 of 100 km/h	
		Maximum waarden		Maximum waarden	
		ASI	THIV (km/h)	ASI	THIV (km/h)
HE	1	1,0	27	1,4	44
HE	2	1,0	27	1,2	33
HE	3	1,0	27	1,0	27
LE	1	1,0	27	1,4	44
LE	2	1,0	27	1,2	33
LE	3	1,0	27	1,0	27
NE	1	1,0	27	1,2	33
NE	2	1,0	27	1,0	27
NE	3	0,6	11	0,6	11
NE	4	Geen eisen	Geen eisen	Zie NEN-EN 12767	

Klassen van energie absorptie (NEN-EN 12767)

Botssnelheid (km/h)	50	70	100
	Uittredesnelheid (km/h)		
HE	0	$0 \leq V \leq 5$	$0 \leq V \leq 50$
LE	$0 \leq V \leq 5$	$5 \leq V \leq 30$	$50 \leq V \leq 70$
NE	$5 \leq V \leq 50$	$30 \leq V \leq 70$	$70 \leq V \leq 100$

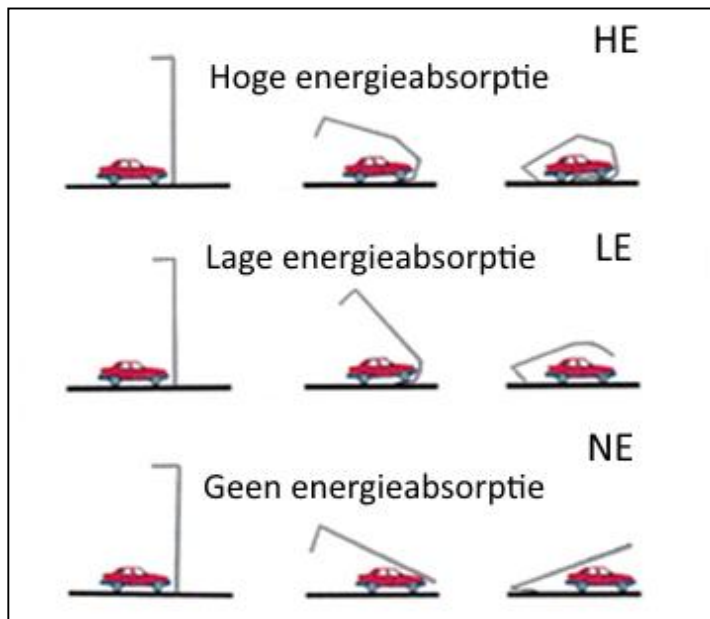
HE = high energy absorption; **LE** = low energy absorption; **NE** = no energy absorption.

ASI (Acceleration Severity Index) is de resultante van in het zwaartepunt van het voertuig gemeten vertragingen in verschillende richtingen (geen dimensie). Een hogere ASI-waarde staat voor grotere voertuigvertragingen.

THIV (Theoretical Head Impact Velocity): de snelheid (km/h) in een richting die zich tijdens de botsing voordoet voor een inzittende.

Bij de testen worden de vertraging van het voertuig en de voertuigsnelheid na de botsing (uittredesnelheid) gemeten. De energieabsorptie is gerelateerd aan de uittredesnelheid en kent drie gradaties, namelijk:

- hoge energieabsorptie (high energy absorption, HE) dat wil zeggen een lage uittredesnelheid van het voertuig;
- lage energieabsorptie (low energy absorption, LE) dat wil zeggen een tamelijk hoge uittredesnelheid;
- geen energieabsorptie (no energy absorption, NE) dat wil zeggen een hoge uittredesnelheid.



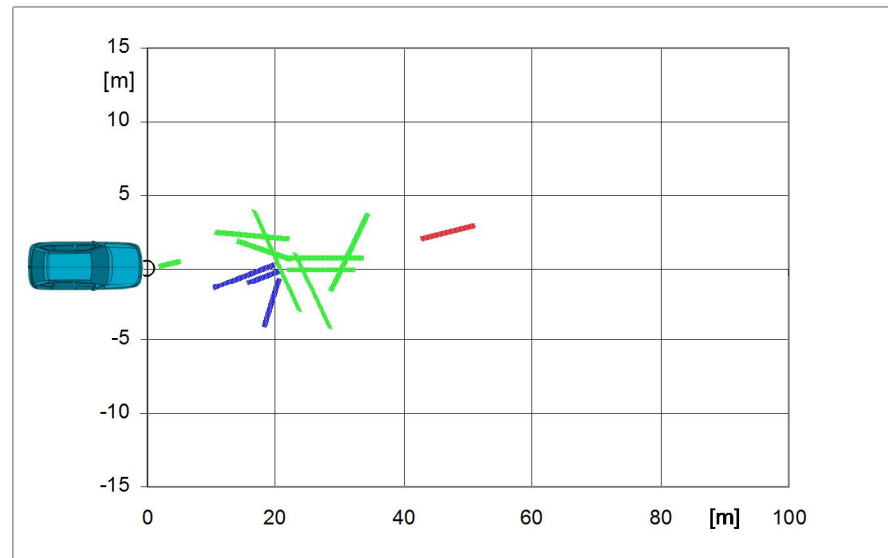
Samen met de energieabsorptie en de ASI- en THIV-waarden kan van het geteste vaste voorwerp het veiligheidsniveau voor inzittenden worden bepaald. De resultaten van de testen worden vastgelegd in een rapport, een fotoreportage en een high speed film, waarmee vervolgens via een Notified Body de classificatie op het CE certificaat kan worden opgenomen.

Het veiligheidsniveau voor inzittenden geeft eigenlijk het gedrag van het vaste voorwerp aan tijdens en na de aanrijding door een personenauto (normatieve criteria). Deze classificatie kan worden betrokken in de beoordeling of het voorwerp in een specifieke situatie gevaar kan opleveren voor de veiligheid van weggebruikers.

Daarnaast zijn er nog informatieve criteria (geen bepalende maar min of meer subjectieve criteria), die van belang zijn voor onder meer de wegbeheerder en/of de wegontwerper. Informatieve criteria omvatten het gedrag van het vaste voorwerp tijdens en na de aanrijding, de plaats van neerkomen van het voorwerp, eventueel loskomende onderdelen, de plaats waar het voertuig tot stilstand komt en de overlevingsruimte voor de inzittenden van het voertuig vanwege een eventuele dakindrukking veroorzaakt door het voorwerp dat op de auto valt.

Vaste voorwerpen met een HE-classificatie veroorzaken een sterke vertraging van het aanrijdende voertuig. Daarom zal het voorwerp na het omver rijden in de regel nabij de oorspronkelijke positie terechtkomen. Echter, het voorwerp kan ook worden meegenomen door het voertuig, bijvoorbeeld als deze uit de grond wordt getrokken en zich om het voertuig 'krult'. In deze gevallen wordt het voertuig doorgaans sterk afgeremd door de verhoogde wrijving tussen wegdek en het voorwerp onder het voertuig.

Objecten met een NE-classificatie kunnen ook nabij de originele positie neervallen indien zij afschuiven of afbreken. Ook kunnen onderdelen van het object los komen, zodat beide een 'eigen leven' gaan leiden. Er moet niet alleen rekening worden gehouden met vallende objecten en doorrijdende voertuigen na de botsing. Ook onderdelen van de objecten die als gevolg van de botsing los komen, kunnen letsel veroorzaken zowel aan inzittenden van de auto als aan andere weggebruikers.



Locaties van NE-masten na botstesten (botssnelheid 100 km/h)

■ Stalen masten
 ■ aluminium masten
 ■ composiet mast

Bijlage 5: NEN-EN 1317-2; afschermende constructies voor wegen – deel 2

Bron: NEN-EN 1317-2, 2010, afschermende constructies voor wegen - deel 2: Keringsniveau, botsproef-beoordelingscriteria en beproevingsmethoden voor vangrails en voertuiggeleiding. Nederlands normalisatie instituut, Engels, juli 2010

Botsproefcondities geleideconstructies

Testcode voertuig	Indicatief voertuigtype	Botssnelheid (km/h)	Inrijdhoek (°)	Massa voertuig (kg)
TB11	personenauto	100	20	900
TB21	personenauto	80	8	1.300
TB22	personenauto	80	15	1.300
TB31	personenauto	80	20	1.500
TB32	personenauto	110	20	1.500
TB41	vrachtauto	70	8	10.000
TB42	vrachtauto	70	15	10.000
TB51	autobus	70	20	13.000
TB61	vrachtauto	80	20	16.000
TB71	vrachtauto	65	20	30.000
TB81	gelede vrachtauto	65	20	38.000

Keringsniveau geleideconstructies (NEN-EN 1317-2)

Omschrijving	Klasse	Testcode voertuigtype
Tijdelijk kerend vermogen	T1	TB21
	T2	TB22
	T3	TB41 en TB21
Normaal kerend vermogen	N1	TB31
	N2	TB32 en TB11
Hoog kerend vermogen	H1	TB42 en TB11
	L1	TB42 en TB32 en TB11
	H2	TB51 en TB11
	L2	TB51 en TB32 en TB11
	H3	TB61 en TB11
	L3	TB61 en TB32 en TB11
Zeer hoog kerend vermogen	H4a	TB71 en TB11
	L4a	TB71 en TB32 en TB11
	H4b	TB81 en TB11
	L4b	TB81 en TB32 en TB11

Criteria per veiligheidsklasse van geleideconstructies (NEN-EN 1317-2)

Veiligheidsklasse	Criteria		
A	$ASI \leq 1,0$	en	$THIV \leq 33 \text{ km/h}$
B	$1,0 < ASI \leq 1,4$		
C	$1,4 < ASI \leq 1,9$		

Werkende breedte per klasse van geleideconstructies (NEN-EN 1317-2)

Klasse	Werkende breedte (m)	Klasse	Werkende breedte (m)
W1	$W_n \leq 0,60$	W5	$W_n \leq 1,70$
W2	$W_n \leq 0,80$	W6	$W_n \leq 2,10$
W3	$W_n \leq 1,00$	W7	$W_n \leq 2,50$
W4	$W_n \leq 1,30$	W8	$W_n \leq 3,50$

Voertuigindringing per klasse van geleideconstructies (NEN-EN 1317-2)

Klasse	Voertuigindringing
VI1	$VIn \leq 0,6 \text{ m}$
VI2	$VIn \leq 0,8 \text{ m}$
VI3	$VIn \leq 1,0 \text{ m}$
VI4	$VIn \leq 1,3 \text{ m}$

ASI (Acceleration Severity Index) is de resultante van in het zwaartepunt van het voertuig gemeten vertragingen in verschillende richtingen (geen dimensie). Een hogere ASI-waarde staat voor grotere voertuigvertragingen.

THIV (Theoretical Head Impact Velocity): de snelheid (km/h) in een richting die zich tijdens de botsing voordoet voor een inzittende.

De werkende breedte (W) van een constructie bestaat uit de breedte van die constructie gemeten in het dwarsprofiel en de statische uitbuigingsruimte in een bepaalde prestatieklasse.

Bijlage 6: NEN-EN 1317-3; afschermende constructies voor wegen - deel 3

Bron: NEN-EN 1317-3; afschermende constructies voor wegen - deel 3: prestatieklassen, beoordelingscriteria voor botsproeven en beproevingsmethoden voor obstakelbeveiligers (juni 2000).

Botsproefcondities obstakelbeveiligers (NEN-EN 1317-3)

Testcode	Aangrijpingspunt	Massa voertuig (kg)	Snelheid (km/h)
TC 1.1.50	frontaal, centrisch	900	50
TC 1.1.80		900	80
TC 1.1.100		900	100
TC 1.2.80		1.300	80
TC 1.2.100			100
TC 1.3.110		1.500	110
TC 2.1.80	frontaal, ¼ voertuig excentrisch	900	80
TC 2.1.100			100
TC 3.2.80	frontaal, centrisch, 15°	1.300	80
TC 3.2.100		1.300	100
TC 3.3.110		1.500	110
TC 4.2.50	flank, 15°	1.300	50
TC 4.2.80		1.300	80
TC 4.2.100		1.300	100
TC 4.3.110		1.500	110
TC 5.2.80	flank, 165°	1.300	80
TC 5.2.100		1.300	100
TC 5.3.110		1.500	110

Prestatieklassen van redigerende obstakelbeveiligers (NEN-EN 1317-3)

Prestatie-klasse	Testcode					
50	TC 1.1.50	--	--	--	TC 4.2.50	--
80/1	--	TC 1.2.80	TC 2.1.80	--	TC 4.2.80	--
80	TC 1.1.80	TC 1.2.80	TC 2.1.80	TC 3.2.80	TC 4.2.80	TC 5.2.80
100	TC 1.1.100	TC 1.2.100	TC 2.1.100	TC 3.2.100	TC 4.2.100	TC 5.2.100
110	TC 1.1.100	TC 1.2.110	TC 2.1.100	TC 3.2.110	TC 4.2.110	TC 5.2.110

Veiligheidsklassen van 'redirective' obstakelbeveiligers (NEN-EN 1317-3)

Veiligheidsklasse	Criteria	
A	ASI ≤ 1,0	THIV < 44 km/h (tests 1, 2 en 3) THIV < 33 km/h (tests 4 en 5)
B	ASI ≤ 1,4	THIV < 44 km/h (tests 1, 2 en 3) THIV < 33 km/h (tests 4 en 5)

ASI (Acceleration Severity Index) is de resultante van in het zwaartepunt van het voertuig gemeten vertragingen in verschillende richtingen (geen dimensie). Een hogere ASI-waarde staat voor grotere voertuigvertragingen.

THIV (Theoretical Head Impact Velocity): de hoogste snelheid (km/h) in een richting die zich tijdens de botsing voordoet voor een inzittende.

Grenswaarden voor de statische verschuiving van de obstakelbeveiliger (NEN-EN 1317-3)

Klasse	Verschuiving	
	Da, zijde hoofdrijbaan (m)	Dd (zijde afsplitsende baan) (m)
D1	0,5	0,5
D2	1,0	1,0
D3	2,0	2,0
D4	3,0	3,0
D5	0,5	≥ 0,5 (test 3)
D6	1,0	≥ 1,0 (test 3)
D7	2,0	≥ 2,0 (test 3)
D8	3,0	≥ 3,0 (test 3)

Bijlage 7: NEN-EN 1317-7; Ontw. en Afschermdende constructies voor wegen - deel 7

Bron: NEN-EN 1317-7: 2012 Ontw. en Afschermdende constructies voor wegen - deel 7: prestatieklassen, aanvaardingscriteria voor botsproeven en beproevingsmethoden voor uiteinde van vangrails.

Botsproefcondities begin- eindconstructies

Prestatie-klasse	Toepassing		Botscondities			
			Aangrijpingspunt	Massa (kg)	Snelheid (km/h)	Testcode
P1	A		frontaal; ¼ voertuig excentrisch (2)	900	80	TT 2.1.80
P2	A	U	frontaal; ¼ voertuig excentrisch (2)	900	80	TT 2.1.80
			Flank; 15°; 2/3 L (4)	1.300	80	TT 4.2.80
		D	Flank; 165°; ½ L (5)	900	80	TT 5.1.80
P3	A	U	frontaal; ¼ voertuig excentrisch (2)	900	100	TT 2.1.100
			Frontaal, centrisch (1)	1.300	100	TT 1.2.100
			Flank; 15°; 2/3 L (4)	1.300	100	TT 4.2.100
		D	Flank; 165°; ½ L (5)	900	100	TT 5.1.100
P4	A	U	frontaal; ¼ voertuig excentrisch (2)	900	100	TT 2.1.100
			Frontaal; centrisch (1)	1.500	110	TT 1.3.110
			Flank; 15°; 2/3 L (4)	1.500	110	TT 4.3.110
		D	Flank; 165°; ½ L (5)	900	100	TT 5.1.100

A: terminal als begin- en eindpunt

U: terminal als beginpunt

D: terminal als eindpunt

L: lengte van het begin- of eindpunt

Begin- en eindconstructies, grenswaarden voor de statische verplaatsing

Klasse		Uitbuiging (m)	
x	1	Da	0,5
	2		1,5
	3		3,0
y	1	Dd	1,0
	2		2,0
	3		3,5
	4		> 3,5

Veiligheidsklassen van begin- en eindconstructies verplaatsing

Veiligheidsklasse	Criteria		
A	ASI ≤ 1,0	THIV < 44 km/h (tests 1 en 2) THIV < 33 km/h (tests 4 en 5)	PHD ≤ 20 g
B	ASI ≤ 1,4	THIV < 44 km/h (tests 1 en 2) THIV < 33 km/h (tests 4 en 5)	PHD ≤ 20 g

ASI (Acceleration Severity Index) is de resultante van in het zwaartepunt van het voertuig gemeten vertragingen in verschillende richtingen (geen dimensie).

THIV (Theoretical Head Impact Velocity): de hoogste snelheid (km/h) in een richting die zich tijdens de botsing voordoet voor een inzittende.

PHD (Post-impact Head Deceleration): de hoogste vertraging (g) na de botsing van de inzittende met het interieur.

Bijlage 8: Overwegingen bij de keuze van een afschermingsvoorziening

In sommige situaties kan ter afscherming van obstakels en gevarenczones zowel een voertuigkering als een obstakelbeveiliger worden toegepast. Bij keuze voor een voertuigkering kan vervolgens onderscheid gemaakt worden tussen (onder andere) een geleiderailconstructie en een geleidebarrier.

Vanuit verkeersveiligheid gezien wordt de keuze tussen deze constructies in de eerste plaats bepaald door het vereiste keringsniveau en de vereiste ASI-waarde. De testrapporten op basis van NEN-EN 1317 bevatten naast deze kerncijfers waardevolle informatie over het gedrag van de voertuigkering, het voertuig en de algemene werking.

Veelal dienen echter meerdere aspecten betrokken te worden in de (integrale) keuze voor een bepaalde constructie. Deze bijlage geeft ter informatie een globale schets van enkele aspecten, met als doel de ontwerper bewust te maken van aspecten die mogelijk een rol spelen. De bijlage is nadrukkelijk geen uitputtende beschrijving van aspecten die een rol (kunnen) spelen.

Keuze tussen geleideconstructie en obstakelbeveiliger

Voor de afscherming van solitaire obstakels van geringe afmetingen zoals portalen en masten, moet een keuze worden gemaakt tussen het toepassen van een geleideconstructie of een obstakelbeveiliger. Er moet echter altijd voor een geleideconstructie worden gekozen indien:

- naast het risico voor inzittenden er tevens sprake is van risico's voor derden op een naast- of onderliggende rijbaan;
- er sprake is van korte opeenvolging van obstakels waarbij het uit de koers geraakte voertuig achterlangs de obstakelbeveiliger kan rijden en een tweede obstakel of gevarenczone kan bereiken, zoals beschreven in § 3.4.3 'Opeenvolging van obstakels of gevarenczones'.

De keuze kan van wegvak tot wegvak verschillen en is afhankelijk van de volgende overwegingen:

- de effecten op de verkeersveiligheid;
- de effecten / consequenties voor het milieu;
- de consequenties voor het beheer en onderhoud en in samenhang daarmee de optredende hinder voor het verkeer;
- de maatschappelijke kosten.

Verkeersveiligheid

Bij toepassing van een geleiderailconstructie moet deze inclusief het begin- en eindpunt over een lengte van ten minste 100 m worden aangebracht (zie § 3.4 'discontinuïteiten'). De lengte van een obstakelbeveiliger bedraagt circa 8 m. Op een wegvak met dezelfde wegkenmerken, verkeerskenmerken en afschermingsafstand is de aanrijdkans van de geleiderailconstructie dus circa 10x hoger dan van de obstakelbeveiliger. In situaties waarin de afschermingsafstand kleiner is dan de afmetingen van de bergingszone of de vluchtruimte, is deze veiligheidszone bij een geleideconstructie over een veel grotere lengte niet aanwezig dan bij eenzelfde situatie met een obstakelbeveiliger.

De standaard tweezijdig uitgebouwde geleiderailconstructie (NEN 5191) heeft een kerend vermogen conform keringsniveau H2. Het is twijfelachtig of een obstakelbeveiliger bij een aanrijding in de flank hetzelfde kerend vermogen heeft.

Een (verankerd) beginpunt van een geleiderailconstructie levert een groter risico op dan een obstakelbeveiliger. Dit geldt zeker wanneer het beginpunt niet kan worden uitgebogen en (te) dicht op de rijbaan ligt. Het voertuig wordt door het beginpunt gelanceerd en de afloop hiervan is onzeker met een grote kans op ernstig letsel. Bij een frontale botsing met een obstakelbeveiliger is de kans op ernstig letsel aan inzittenden van de personenauto kleiner dan bij een aanrijding met een beginpunt van een geleiderailconstructie.

De zijflanken van een obstakelbeveiliger zijn daarentegen in de regel minder flexibel en daarmee onveiliger dan een tweezijdig uitgebouwde, eventueel verstijfde geleiderailconstructie. De kans op letsel (hogere ASI-waarde) neemt toe naarmate de afschermingsvoorziening stijf tot star is. Dit betekent dat de keuze tussen een geleiderailconstructie en een obstakelbeveiliger bij het beginpunt van een afschermingsvoorziening in het licht van de afstand tot de rijbaan gezien moet worden: bij een korte afstand is de kans op een frontale aanrijding groter en verdient een obstakelbeveiliger de voorkeur; bij een grotere afstand is de kans op een flankaanrijding groter.

Milieubelasting

Zowel de geleiderailconstructie als de obstakelbeveiliger is in de regel in staal uitgevoerd. Wat betreft het milieu zijn er weinig verschillen. In beide gevallen is er een milieubelasting door het uitloggen van het zink. Het hergebruik van onderdelen na schaderijdingen of op het eind van de levensduur van de zinklaag is goed mogelijk.

Aanleg, beheer en onderhoud

Het aanbrengen van een obstakelbeveiliger (inclusief verankering) gaat veel sneller dan het aanbrengen van circa 100 m geleiderailconstructie inclusief de verankering van een beginpunt. Bij schade aan de obstakelbeveiliger wordt deze in de regel geheel vervangen en vindt de reparatie en/of het hergebruik van onderdelen bij de leverancier plaats.

Door de beperkte afmetingen van de obstakelbeveiliger levert deze voorziening minder belemmering op bij het onderhoud van de berm dan een geleiderailconstructie over grotere lengte. De berm is daardoor beter toegankelijk voor onderhoudsvoertuigen.

Keuze tussen stalen geleiderailconstructie en betonnen geleidebarrier

De keuze van de geleideconstructie kan van wegvak tot wegvak verschillen en is afhankelijk van de volgende overwegingen:

- de effecten op de verkeersveiligheid;
- de effecten/consequenties voor het milieu;
- de consequenties voor het beheer en onderhoud en in samenhang daarmee de optredende hinder voor het verkeer;
- de maatschappelijke kosten.

Per categorie zijn meerdere subaspecten te onderscheiden (zie onderstaande tabel). De weging van deze aspecten dienen per weg- en verkeerssituatie plaats te vinden, waarbij navolgende toelichting een handvat kan bieden. Daarbij is ervan uitgegaan dat:

- de aanrijdkans van de geleiderailconstructie en de geleidebarrier bij dezelfde verkeerskenmerken, wegkenmerken en afschermingsafstand gelijk zijn;
- er een stalen tweezijdig uitgebouwde geleiderailconstructie conform NEN 5190 en NEN 5191 of een doorgaande prefab betonnen geleidebarrier met het zogenaamde Step-profiel (of vergelijkbaar mits full-scale getest conform NEN-EN 1317) worden toegepast.

Categorie	Aspect
Verkeersveiligheid	Kerend vermogen Secundaire ongevallen (terugkaatsing) Secundaire ongevallen (kerend vermogen) Botsingen met hoge snelheid Letselrisico Aantal rijstroken Intensiteit en samenstelling verkeer Beleving weggebruiker Breedte middenberm
Milieu	Geluid Fauna Landschap Duurzaamheid
Aanleg, beheer en onderhoud	Aanleg Reparaties Begroeiingen / zwervvuil
Maatschappelijke kosten	Aanleg, beheer, onderhoud en ongevallen

Indeling van aspecten naar categorie

Verkeersveiligheid

In het algemeen geldt hoe flexibeler de afschermingsvoorziening is (vloeiende uitbuiging ten gevolge van de botsing), hoe kleiner de kans op letsel aan inzittenden is. Uit praktijkproeven conform NEN-EN 1317 blijkt dat geleidebarriers in de regel een hogere ASI-waarde hebben dan geleiderailconstructies. Een flexibele stalen geleiderailconstructie conform NEN 5190 en NEN 5191 met een lage ASI-waarde heeft om reden van verkeersveiligheid de voorkeur boven een geleidebarrier met veelal een hogere ASI-waarde. De geleidebarrier komt daarom alleen in aanmerking als er weinig ruimte is of bij bepaalde plaatselijke omstandigheden.

Een geleiderailconstructie geeft een redelijk voorspelbaar verloop van aanrijdingen over een groot gebied van inrijdcondities. Bij lichte aanrijdingen is de kans op een letselongeval bij een geleiderailconstructie ongeveer even groot als bij een geleidebarrier. Geleidebarriers functioneren bij minder zware inrijdcondities (snelheden tot 100 km/h en inrijdhoeken van 10 tot 15 graden) even goed als (stijve) geleiderailconstructies. Vooral boven 100 km/h en/of bij inrijdhoeken groter dan 20° heeft een geleidebarrier in de regel een groter letselrisico dan geleiderailconstructies. Met name op autosnelwegen met 2x3 of meer rijstroken is de kans op grote inrijdhoeken groot.

Voor bestuurders van motorfietsen is de letselkans bij een botsing met de geleiderail groter dan bij de geleidebarrier. Bij veel ongevallen met motorfietsen slipt de bestuurder onderuit en glijdt dan onder de ligger tegen de palen of stijlen van de geleiderailconstructie. De letselkans van de geleiderailconstructie voor motorfietsen is hierdoor hoger dan van de gesloten geleidebarrier. Het verschil in letselkans wordt opgeheven als de geleiderailconstructie wordt voorzien van een extra plank onder de ligger (de motorveilige geleiderail).

Het kerend vermogen van (vooral de starre) geleidebarrier is in de regel iets hoger dan het vermogen van een tweezijdig uitgebouwde geleiderailconstructie. Het risico dat zware voertuigen door de geleiderailconstructie heen breken en dan bijvoorbeeld op een rijbaan met tegengesteld verkeer terecht komen is groot.

De werkende breedte (constructiebreedte inclusief de statische uitbuiging ten gevolge van de aanrijding) is van de geleidebarrier veel kleiner dan van een (verstijfde) geleiderailconstructie. In situaties met zeer weinig ruimte komt de geleidebarrier vooral tot zijn recht.

Doordat een geleiderail gemakkelijker uitbuigt dan een geleidebarrier, is de kans op terugkaatsing in de eigen verkeersstroom bij de geleiderail kleiner. Bij een geleidebarrier wordt een belangrijk deel van de kinetische energie omgezet in rotatie-energie, dat het voertuig zelf moet opnemen. Doordat de geleiderail (ofwel ingesnoerd of op oppervlakte geplaatst) te allen tijde een starre kering betreft heeft de geleidebarrier het nadeel dat zware voertuigen met een hoog zwaartepunt over de geleidebarrier heen kunnen kantelen, met name bij een barrierhoogte van 0,90 m of minder. De kans op secundaire ongevallen is daarom bij de geleidebarrier groter dan bij een geleiderailconstructie. Ook kan door kantelen of overhellen een aanrijding met een obstakel of object achter de barrier plaatsvinden.

In het algemeen kan worden gesteld dat bij een toenemende etmaalintensiteit ook de kans op (enkelvoudige) ongevallen toeneemt. Daar het kerend vermogen in samenhang met de werkende breedte van de geleidebarrier in het algemeen gunstiger is dan van de geleiderailconstructie, komt de geleidebarrier in situaties met hoge verkeersintensiteiten en/of relatief veel vrachtverkeer waar een doorschrijding van de constructie ernstige gevolgen heeft, eerder in aanmerking.

Er zijn geen verschillen in obstakelvrees bekend tussen een geleiderailconstructie en een geleidebarrier die op de standaard objectafstand van 1,50 m bij een ontwerpsnelheid van 120 km/h vanuit de binnenkant van de kantstreep zijn geplaatst. De geleidebarrier heeft weliswaar meer massa, maar is aan de bovenzijde smaller en daardoor niet meer bedreigend dan de geleiderail.

Raakvlakken ten aanzien van verkeersveiligheid van de geleidebarrier zijn het faciliteren van vluchtroutes (hoe komen mensen aan de andere kant van de barrier?) en afwatering (water moet kunnen wegstromen en geen plassen op de rijbaan opleveren).

Milieu

In tegenstelling tot een geleiderailconstructie is de geleidebarrier een gesloten wand waarvan de werking gelijk is aan een (niet-absorberend) geluidscherm. De geleidebarrier in de middenberm levert een extra reflectie van geluid, en heeft daardoor mogelijk een hogere geluidbelasting voor de omgeving. Het plaatsen van geleidebarriers kan daardoor een reconstructie in de zin van de Wet Geluidhinder zijn wat mogelijk tot gevolg heeft dat er een akoestisch onderzoek te worden uitgevoerd.

Een (gesloten) geleidebarrier in de middenberm levert in beginsel meer faunaslachtoffers op dan een (open) geleiderailconstructie. Bij een geleiderailconstructie kan de middenberm ook als vluchtplaats dienen. Bij een geleidebarrier dient de omgeving dan ook volledig ontsnippert te worden; naast rasters ook faunapassages onder de weg door. Bij een geleiderailconstructie is een volledige ontsnippering in sterkere mate afhankelijk van de omgeving. Wanneer de (gesloten) geleidebarrier in de buitenberm wordt geplaatst, fungeert deze tevens als wildraster voor kleine dieren. Een geleiderailconstructie in de buitenberm levert geen hindernis voor kleine dieren op.

De landschappelijke inpassing en/of de ruimtelijke kwaliteit van bermen is een integraal onderdeel van het ontwerpproces. Hierbij bepaalt het wegmeubilair in steeds sterkere mate het wegbeeld en de ruimtelijke kwaliteit van de autosnelweg. In een stedelijke omgeving past een dergelijke inrichting beter dan in een landelijke, natuurlijke omgeving. In een natuurlijke omgeving vormt een geleidebarrier een sterkere visuele barrière dan een geleiderailconstructie voor zowel de weggebruiker als voor de omgeving.

De duurzaamheid van bouwmaterialen dient conform de methodiek LCA (Life Cycle Analysis) en/of LCC (Life Cycle Cost) te worden uitgevoerd om een duidelijk beeld over voor- en nadelen te verkrijgen. Wat betreft het hergebruik van materialen zijn er grote verschillen tussen de geleideconstructies. Binnen de levensduur van de materialen kunnen stalen constructies en betonnen prefab geleidebarriers voor 60 tot 90% worden hergebruikt. Hergebruik van ter plaatse gestorte betonnen barriers (slipform barrier) is alleen mogelijk in de vorm van betonpuingranulaat.

Stalen geleiderailconstructies hebben een veel kortere levensduur dan een betonnen geleidebarrier. Uit onderzoek blijkt dat een betonnen barrier ten minste 2x zo lang mee gaat als een stalen constructie. De stalen geleiderailconstructie wordt voorzien van een zinklaag ter voorkoming van roestvorming. Door regenval slinkt de zinklaag met circa 1,5 mg/m² (1,5 µm) per jaar. Deze uitloging van de zinklaag leidt tot milieubelasting en daarnaast uiteindelijk tot roest op de constructie.

Aanleg, beheer en onderhoud

In een bestaande situatie zijn de voorbereidende werkzaamheden bij realisatie van een geleiderailconstructie in de regel geringer dan voor een geleidebarrier. Bij toepassing van een geleidebarrier in een aardebaan is een draagkrachtige fundatie noodzakelijk (detailinformatie hierover is op te vragen bij de betreffende leverancier). De aanlegssnelheid van de slipform geleidebarrier is het hoogst, maar hier moet rekening worden gehouden met een verhardingstijd van het beton. Uit het oogpunt van voorbereidende werkzaamheden en aanlegssnelheid is het plaatsen van stalen geleiderailconstructies licht in het voordeel.

De betonnen geleidebarrier is veel minder schadegevoelig dan de stalen geleiderailconstructie. Reparaties vinden (bij voorkeur) plaats tijdens werkuren (WBU). Alleen schades aan de constructie die direct de verkeersveiligheid beïnvloeden (noodreparaties) zoals doorschrijding van de middenberm, moeten direct worden gerepareerd (reparatie buiten de WBU is in die gevallen wel toegestaan).

Indien het afhandelen van een schade consequenties heeft voor de doorstroming (werkruimte door het afzetten van een rijstrook), dan is de duur van de reparatie ook van belang. Geleiderailconstructies zijn afhankelijk van de lengte van de schade tamelijk snel te repareren. Geleidebarriers van geprefabriceerde elementen kunnen ook snel worden vervangen. In het werk gestorte barriers vergen meer reparatietijd.

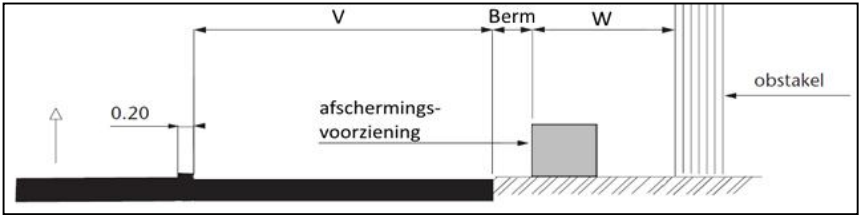
Geleiderailconstructies moeten na verloop van tijd en afhankelijk van de samenstelling van de ondergrond vaak zowel verticaal als horizontaal opnieuw (uit)gericht worden. Daar de (prefab) betonnen geleidebarrier op een fundatie staat is de kans op verzakkingen veel kleiner.

Bij toepassing van een geleiderailconstructie in de middenberm bestaat de ondergrond veelal uit een humusarme bodem waar grassen en planten groeien. De middenberm moet in de regel dan ook 2x per jaar worden gemaaid. Hiervoor moeten dan de nodige verkeersmaatregelen worden getroffen met eventuele consequenties voor de doorstroming. Bij toepassing van een geleidebarrier wordt de middenberm veelal van een eenvoudige, gesloten draagkrachtige verharding voorzien, waardoor begroeiing niet of nauwelijks plaatsvindt.

De geleidebarrier is een gesloten constructie, waardoor zich tegen de geleidebarrier vuil kan ophopen. Bij een geleiderailconstructie kan het vuil onder de constructie doorwaaien. Het zwerfvuil moet bij de geleiderail handmatig worden verwijderd (langdurige afzettingen, tegen hoge kosten), terwijl bij een geleidebarrier dit geheel machinaal kan worden uitgevoerd (kortdurende afzettingen, tegen geringere kosten). Ook eventuele begroeiingen worden weggeveegd.

In perioden van hevige sneeuwval heeft de geleiderailconstructie als voordeel dat sneeuw er deels ondergeschoven kan worden. Bij barriers is de sneeuwberging complexer. Indien er in het dwarsprofiel weinig ruimte is, leidt dit tot verminderde beschikbaarheid van de snelweg.

Bijlage 9: Handleiding tabelgebruik §3.3.2 ‘Toepassing van afschermingsvoorzieningen’ bij afschermingsvoorziening conform NEN 5190/ 5191



Voorbeeldsituatie:
Obstakelafstand: 5,6 meter (2-zijdig)

V₀ = 120 km/h

A (m)	V (m)	berm (m)	ASI	Keringsniveau	FL2M	2Z 267	1Z 267	2Z 133	1Z 133	2ZC 133	1ZC 133
A ≥ 6,40	3,70	≥ 2,50	≤ 0,8	H2	x	x	x	x	x		
A ≥ 4,40	3,70	≥ 0,50	≤ 0,8	H2	x	x	x	x	x	-	-
	3,70	≥ 0,50	≤ 1,0	H2	x	x	x	x	x	-	-
	3,70	≥ 0,50	≤ 1,2	H2	-	-	x	x	x	x	-
	3,70	≥ 0,50	≤ 1,4	H2	-	-	x	x	x	x	x

ASI

W (m)

0,7	0,8	0,7	0,8	0,7	1,2	1,3
1,8	1,6	1,4	1,3	1,1	1,1	0,9

Uitwerking:

De gegeven obstakelafstand is 5,6 m. De standaardsituatie (groen kader) gaat uit van toepassing van een vluchtstrook met vluchtruimte en een afschermingsvoorziening met $ASI \leq 0,8$. Conform NEN 5190 geeft dit (minimaal) het type VLP 2Z 133-80, met een W-waarde van 1,3 m. Hiervoor is een obstakelafstand van $6,4 + 1,3 = 7,7$ m vereist, dus een tekort van 2,1 m.

Nagegaan moet worden op welke wijze deze standaardsituatie alsnog gerealiseerd kan worden, en zo niet middels een risico-onderbouwing op welke wijze zodanig compenserende maatregelen worden getroffen dat een acceptabel niveau van verkeersveiligheid wordt verkregen.

De volgende tabelregel geeft een afschermingsafstand van 4,4 m en een $ASI \leq 0,8$. Er is dan een restruimte van $5,6 - 4,4 = 1,2$ m. Er zijn geen geleideconstructies conform NEN 5190 met een $ASI \leq 0,8$ en een W-waarde $\leq 1,2$. Ditzelfde geldt voor de volgende tabelregel bij een $ASI \leq 1,0$. Pas bij $ASI \leq 1,2$ zijn er geleideconstructies die inpasbaar zijn. Het dwarsprofiel wordt dan als volgt opgebouwd:

- geleideconstructie: VLP 2ZC 133-80 met $ASI \leq 1,2$ en W-waarde 1,1 m
- afschermingsafstand: $5,6 - 1,1 = 4,5$ m (maximaliseren om aanrijdkans te minimaliseren) $\Rightarrow 0,20$ m + 3,70 m + 0,60 m

De uitbuigingsruimte voor constructies wordt bepaald door de zwaarste test van het betreffende keringsniveau. Bij toepassing (nieuwbouw en vervanging / reconstructie) van geleiderailconstructies die voldoen aan de NEN 5190 en 5190 kan de ontwerper gebruik maken van de waarden in onderstaande tabel.

Toe te passen uitbuigingsruimte van geleiderailconstructies (NEN 5190) in aardebaan

Stijfheidsklasse	Tweezijdig uitgebouwd	Eenzijdig uitgebouwd	Uitbuigingsruimte (m)
Flexibel	FL2 M 400-80	---	1,00 - 1,50 ¹
Middelstijf	VLP 2Z 267-80 ² VLP 2Z 133-80	VLP1Z 267-60 ² VLP1Z 133-60	0,75 - 1,00
Stijf	VLP2 ZC 133-80	VLP1ZC 133-60	0,30 - 0,75

¹ Uitbuigingsruimte van 1 m toegestaan bij incidentele obstakels en afwezigheid risico's derden.

² Alleen toegestaan indien de geleiderailconstructie over een grote lengte (>100m) moet worden toegepast om vereiste stijfheid te verkrijgen, of als overgang van een flexibele naar een stijve geleiderailconstructie.