

Nationaal verkeerskundecongres 2018

Obstakelvrije zone of geleiderails langs autosnelwegen?

Robert Louwerse)
(SWOV)

Jan Hendrik van Petegem
(SWOV)

Samenvatting

Om het aantal verkeersdoden op rijkswegen te verminderen wil Rijkswaterstaat de veiligheid van de bermen langs autosnelwegen verbeteren. De Richtlijnen voor het Ontwerp van Autosnelwegen – Veilige inrichting van bermen (ROA-VIB) beschrijft twee basisopties om een berm veilig in te richten. De eerste is de inrichting van een voldoende ruime obstakelvrije zone, de tweede optie is het plaatsen van geleiderails langs de weg.

Uit dit onderzoek blijkt dat zowel een goed uitgevoerde obstakelvrije zone als een flexibele afschermingsconstructie de kans op ernstige ongevallen aanmerkelijk vermindert. En hoewel de aanwezigheid van een geleiderail in de buitenberm wordt geassocieerd met een hoger aantal meervoudige ongevallen, lijkt het effect op ernstige meervoudige ongevallen als gevolg van terugkaatsing, beperkt.

De vraag van Rijkswaterstaat of een van beide varianten veiliger is kan op basis van dit onderzoek niet worden beantwoord. Ook ontbreekt evidentie voor de huidige voorkeur voor de obstakelvrije zone.

Trefwoorden

Berm, verkeersveiligheid, obstakelvrij, geleiderail, autosnelweg.

1. Inleiding

Rijkswaterstaat heeft een uitvoeringsplan opgesteld om het aantal dodelijke verkeersslachtoffers op rijkswegen te verminderen. Een aanzienlijk deel van deze verkeersdoden valt bij enkelvoudige of eenzijdige ongevallen (zoals een auto die van de weg raakt en tegen een boom aan rijdt of over de kop slaat). Dit is ook gebleken uit recent SWOV onderzoek naar doden op rijkswegen.¹ De ernst en de afloop van dit soort ongevallen worden mede bepaald door de wijze waarop de berm langs de weg is ingericht. Daarom wil Rijkswaterstaat in kaart brengen hoe onveilige bermen ‘vergevingsgezind’ kunnen worden gemaakt.

Een berm die zo is ingericht dat de kans op een ernstige afloop van een bermongeval wordt geminimaliseerd, noemen we een ‘vergevingsgezinde’ berm. In de *Richtlijnen voor het Ontwerp van Autosnelwegen – Veilige inrichting van bermen (ROA-VIB)*² staat dat deze bij voorkeur is voorzien van een obstakelvrije zone.

In de ROA-VIB wordt de obstakelvrije zone als volgt gedefinieerd:

”Het gebied langs het deel van de verkeersbaan waarin geen obstakels mogen voorkomen”, met als doel “om risico’s voor inzittenden bij aanrijding van obstakels (en als gevolg daarvan grote voertuigvertragingen) te beperken (persoonlijk risico) en anderzijds om risico’s voor tegengestelde en/of onderliggende verkeersstromen te beperken (risico voor derden)”

De obstakelvrije zone moet ervoor zorgen dat bestuurders die van de weg raken voldoende ruimte hebben om te corrigeren en nergens tegenaan botsen. Een alternatief wordt gevormd door het plaatsen van afschermingsconstructies voor obstakels. In de huidige richtlijn gaat de voorkeur uit naar een obstakelvrije zone. Het plaatsen van geleiderails is pas de tweede keuze.

De dienst Water, Verkeer en Leefomgeving (WVL) van Rijkswaterstaat heeft SWOV gevraagd om te onderzoeken welke inrichtingsvariant veiliger is, of deze voorkeur nog steeds aansluit bij de kennis van nu, en om een advies uit te brengen over de mogelijkheden om onveilige bermen vergevingsgezind te maken. De uitkomsten zijn gebaseerd op literatuuronderzoek uit binnen- en buitenland. In dit paper bespreken we kort de belangrijkste resultaten daarvan. Een uitgebreidere verantwoording is te vinden in de onderzoeksrapportages.^{3, 4}

¹ Stipdonk, H.L., et al. (2016). *De stijging in het aantal verkeersdoden op rijkswegen in 2015*. R-2016-9. SWOV, Den Haag.

² Rijkswaterstaat (2017). *Richtlijn Ontwerp Autosnelwegen: Veilige inrichting van bermen. ROA-VIB*. Rijkswaterstaat, Grote Projecten en Onderhoud.

³ Petegem, J.W.H. van, et al. (2017). *Berminrichting langs autosnelwegen*. R-2017-16A. SWOV, Den Haag.

⁴ Petegem, J.W.H. van, et al. (2017). *Veilige bermen langs autosnelwegen: obstakelvrije zone, geleiderails of beide?*. R-2017-16. SWOV, Den Haag.

2. Literatuuronderzoek

De voorkeur voor een obstakelvrije zone zoals genoemd in de ROA-VIB is voor een belangrijk deel gebaseerd op ouder onderzoek uit de Verenigde Staten van Hutchinson & Kennedy.⁵ Uit dat onderzoek is afgeleid dat 80% à 90% van de uit koers geraakte voertuigen die de berm doorschrijden, niet verder komen dan 10 m bij een snelheid van ongeveer 100 km/uur. Onder de aanname dat daarmee ook 80% à 90% van de bermongevallen wordt voorkomen, zijn deze bevindingen in de huidige ROA-VIB vertaald naar een obstakelvrije zone van 10 m voor 100/km-wegen en 13 m voor 120km/uur-wegen. Deze resultaten werden in grote lijnen onderbouwd in een herhalingsonderzoek in 1980⁶.

SWOV heeft onderzoek gedaan naar recentere literatuur uit binnen- en buitenland, wat tot onderstaande conclusies heeft geleid.

Conclusies met betrekking tot de obstakelvrije zone

- De obstakelvrije zone heeft een duidelijk positief effect op de kans op een ernstig ongeval, als maatregel tegen obstakelongevallen in de gevarenzone.
- Een belangrijk deel van de populatie van bermdoorschrijdingen heeft duidelijk baat bij de obstakelvrije zone. Voertuigen die de berm doorschrijden onder een beperkte inrijhoek en zonder te slippen, hebben een goede kans om tijdig te corrigeren en de auto veilig tot stilstand of weer terug richting de rijbaan te brengen.
- Hoewel de obstakelvrije zone de kans op een bermongeval vermindert, wijzen verschillende analyses erop dat dit effect wordt overschat. Een ander belangrijk deel van de bermongevallen vindt namelijk plaats op de rand of voorbij de obstakelvrije zone.
- De afstand van het obstakel tot aan de weg heeft volgens de literatuur slechts beperkt invloed op de afloop van een obstakelongeval. Er werd geen significant verband gevonden tussen de obstakelafstand en de letselernst gegeven een obstakelongeval.

Geleiderails

Een alternatief voor de obstakelvrije zone is de geleiderail. De geleiderail dient om voertuigen op te vangen die van de weg zijn geraakt en deze te beschermen tegen obstakels verderop in de berm. De geleiderail is ook bedoeld om personen te beschermen die zich achter de geleiderail bevinden. Geleiderails vormen echter ook een object in de berm waardoor bij aanrijding ook (dodelijk) letsel kan ontstaan. De literatuurstudie naar effecten van geleiderails op enkelvoudige en meervoudige ongevallen leverde onderstaande uiteenlopende bevindingen op.

⁵ Hutchinson, J.W. & Kennedy, T.W. (1966). *Medians of divided highways-frequency and nature of vehicle encroachment*. In: University of Illinois Bulletin, vol. 63, nr. 123.

⁶ Cooper, P. (1980). Analysis of roadside encroachments – single-vehicle runoff-road accident data analysis for five provinces. B.C. Research, Vancouver, Canada, zoals beschreven in Mak, K.K. & Sicking, D.L. (2003). Roadside Safety Analysis Program (RSAP): engineer's manual. NCHRP Report 492. TRB, Washington D.C., en Mak, K.K., et al. (2010). Identification of vehicular impact conditions associated with serious ran-off-road crashes. NCHRP Report 665. TRB, Washington, D.C.

Conclusies met betrekking tot de geleiderail

- De kans op een dodelijke of ernstige afloop door aanrijding met een geleiderail is beduidend lager dan de kans op een dodelijke of ernstige afloop als gevolg van een aanrijding met een obstakel.
- De kans op een dodelijke afloop of letsel is bij een aanrijding met een geleiderail lager voor flexibele geleideconstructies dan voor starre geleideconstructies.
- Ook bij aanrijdingen met geleiderails – al dan niet flexibel – blijft de kans op een ernstige of fatale afloop aanwezig.
- Uit de analyse van ongevallen blijkt dat de kans op een dodelijk ongeval met een geleiderail kleiner is wanneer de geleiderail verder van de kantstreep staat.
- Het aantal aanrijdingen per voertuigkilometer met een geleiderail is lager naarmate de geleiderail verder van de weg staat.
- Het totaal aantal meervoudige ongevallen op wegen met een geleiderail in de buitenberm, is hoger dan op wegen zonder geleiderails in de buitenberm. Een dergelijk verband werd echter niet gevonden voor ernstige meervoudige ongevallen.
- Slechts een klein deel (paar procent) van de aanrijdingen met een geleiderail op wegvakken met een bovengemiddeld aantal enkelvoudige ongevallen leidde tot een meervoudig ongeval.
- Slechts een zeer klein deel (minder dan een procent) van de geregistreerde (meervoudige) flankongevallen in 2009 bleek het gevolg van een aanrijding met een geleiderail.

Een uitgebreidere verantwoording van de in dit hoofdstuk beschreven analyse is te vinden in het achtergrondrapport van dit onderzoek.⁷

⁷ Petegem, J.W.H. van, et al. (2017). *Berminrichting langs autosnelwegen*. R-2017-16A. SWOV, Den Haag.

3. Advies

Het SWOV-literatuuronderzoek bevestigt dat een obstakelvrije berm en flexibele afschermingsconstructies beide belangrijke componenten zijn voor een vergevingsgezinde inrichting van de berm. Op basis van de geanalyseerde literatuur is echter geen antwoord gevonden op de vraag wat veiliger is: een obstakelvrije berminrichting of een berminrichting met afschermingsconstructies. De reden hiervoor is dat een goede vergelijking van de obstakelvrije zone en het gebruik van afschermingsconstructies in de literatuur ontbreekt. Wel heeft het onderzoek naar voren gebracht dat beide oplossingen het risico op een ernstig ongeval niet helemaal kunnen wegnemen.

Het advies van SWOV aan Rijkswaterstaat is daarom de eenzijdige voorkeur voor een obstakelvrije berminrichting te heroverwegen en maatwerk toe te passen bij een systematische aanpak van onveilige bermen langs autosnelwegen. Een vergevingsgezinde berm kan daarbij gerealiseerd worden met zowel een obstakelvrije zone als een flexibele afschermingsconstructie (vaak geleiderail).

Een programma om onveilige bermen vergevingsgezin te maken, is een van de speerpunten bij het terugdringen van het aantal dodelijke ongevallen op rijkswegen.⁸ Als het binnen zo'n programma gaat om de keuze voor een obstakelvrije zone of een flexibele geleiderail, adviseert SWOV om de nadruk te leggen op de haalbaarheid en kosteneffectiviteit van maatregelen die op korte termijn mogelijk zijn. De haalbaarheid van deze inrichtingsvarianten is afhankelijk van de situatie.

In een scenario met obstakels in de berm en met (landbouw)grond zonder obstakels buiten de voorgeschreven obstakelvrije zone, heeft een obstakelvrije zone de voorkeur. Wanneer zich continue obstakels in de berm bevinden die niet zijn te verleggen (kanaal) of die zich tot ver buiten de voorgeschreven obstakelvrije zone uitstrekken (bos), is een flexibele afschermingsconstructie met vluchtzone een logische keuze. Sanering van obstakels in de vluchtzone is dan nog wel nodig. Wanneer de obstakelvrije zone solitaire obstakels of kleine groepjes obstakels bevat en zich op de rand van de obstakelvrije zone continue obstakels bevinden, gaat de voorkeur uit naar het saneren van de obstakels binnen de obstakelvrije zone en het plaatsen van een flexibele afschermingsconstructie aan de rand van de obstakelvrije zone. Deze combinatie van maatregelen levert naar verwachting een optimale veiligheid van de berm op.

Starre betonnen barriers en starre geleiderails hebben een minder gunstig effect op de afloop van een aanrijding met de afschermingsconstructie en worden niet gezien als vergevingsgezin. Bij het toepassen van een afschermingsconstructie moet daarom rekening worden gehouden met de werkingsruimte van een flexibele afschermingsconstructie. Daar moet voldoende ruimte voor aanwezig zijn of gecreëerd worden; iets wat ook moet worden meegenomen bij de keuze tussen een obstakelvrije zone en een afschermingsconstructie. In de nieuwe ROA-VIB⁹ wordt uitgegaan van een een gegarandeerde vluchtzone van ten minste vluchtstrook + vluchtruimte (3,7 m + 2,5 m = 6,2 m). Tevens geldt voldoende

⁸ Stipdonk, H.L., et al. (2016). *De stijging in het aantal verkeersdoden op rijkswegen in 2015*. R-2016-9. SWOV, Den Haag.

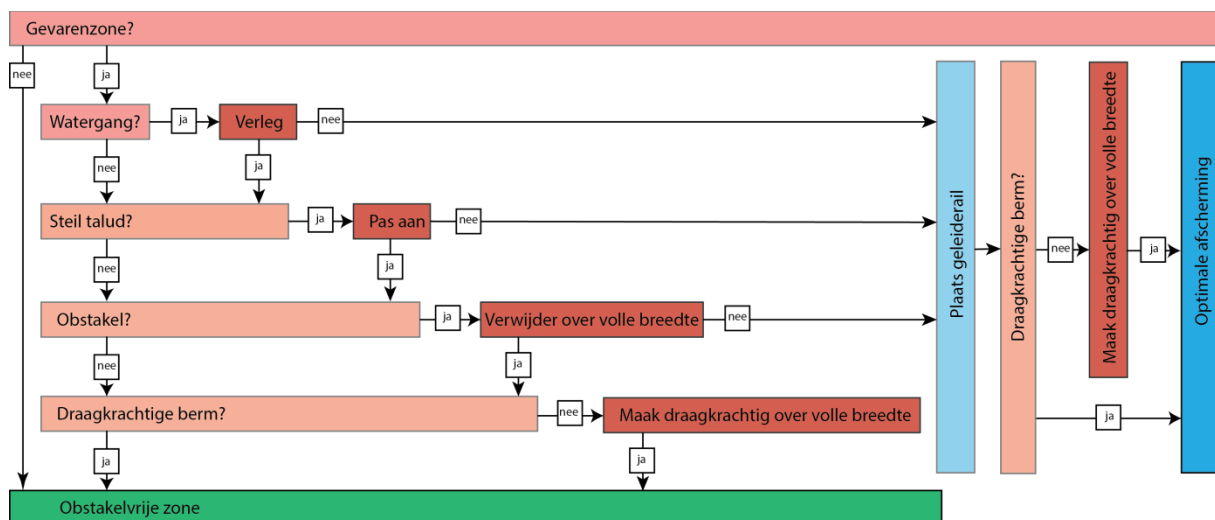
⁹ Rijkswaterstaat (2017). *Richtlijn Ontwerp Autosnelwegen: Veilige inrichting van bermen*. ROA-VIB. Rijkswaterstaat, Grote Projecten en Onderhoud.

draagkracht als basiseis voor een veilige, vergevingsgezinde berminrichting. Een voldoende draagkrachtige berm biedt immers de benodigde weerstand om te kunnen remmen en de koers te kunnen wijzigen zonder dat de wielen in de berm wegzakken, waardoor het voertuig over de kop kan slaan.

Ten slotte bepleit SWOV een norm voor de obstakelvrije zone van wegen met een limiet van 130 km/uur. In de huidige richtlijnen^{30, 10} ontbreekt hiervoor een specifieke norm. Voor het behoud van het veiligheidsniveau is het belangrijk dat de obstakelvrije zone langs wegen met een limiet van 130 km/uur breder is dan de norm die daarvoor geldt bij een limiet van 120 km/uur. We stellen hier een pragmatische benadering voor waarbij de obstakelvrije ruimte wordt verruimd met stappen van 1,5 m bij elke 10 km/uur verhoging van de limiet. Deze zelfde benadering is eerder gehanteerd bij de richtlijn voor de obstakelvrije zone van wegen met een limiet van 120 km/uur ten opzichte van die van 100 km/uur.¹¹ Deze benadering resulteert in een obstakelvrije ruimte van 14,5 m voor 130km/uur-wegen.

Keuzediagram

Om de vraag te beantwoorden in welke situaties het gebruik van een geleiderail dan wel een obstakelvrije zone wordt aanbevolen, kan gebruik gemaakt worden van onderstaand stroomdiagram voor de inrichting van vergevingsgezinde bermen in *Figuur 1*.



Figuur 1. Stroomdiagram voor veilige inrichting van vergevingsgezinde bermen van 100-, 120- en 130km/uur-wegen.

De roze stappen van het stroomdiagram in *Figuur 1* betreffen inventarisaties van gevarenzones. De rode stappen betreffen de maatregelen om de geïdentificeerde gevarenzones aan te pakken. Haalbaarheid en kosteneffectiviteit zijn in belangrijke mate bepalend voor de te kiezen maatregelen en het doorlopen van het keuzediagram.

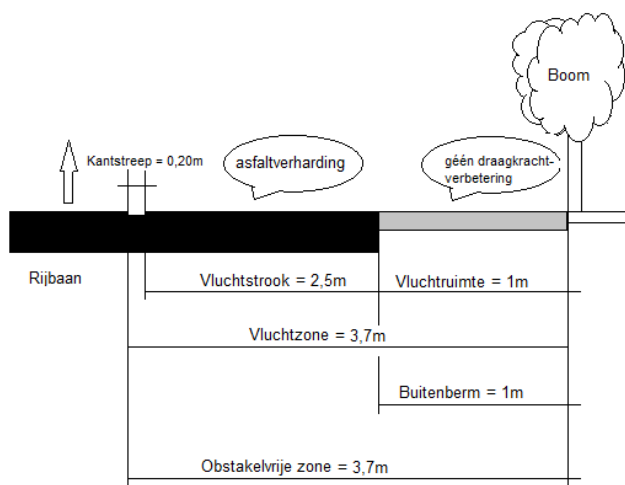
¹⁰ Rijkswaterstaat (2015). *Richtlijn Ontwerp Autosnelwegen 2014*. Rijkswaterstaat, Grote Projecten en Onderhoud.

¹¹ Rijkswaterstaat (2007). *NOA Nieuwe Ontwerprichtlijn Autosnelwegen*. Rijkswaterstaat, AVV, Rotterdam. Zie voor een nadere toelichting de bijlage van het achtergrondrapport Petegem, J.W.H. van, et al. (2017). *Berminrichting langs autosnelwegen*. R-2017-16A. SWOV, Den Haag.

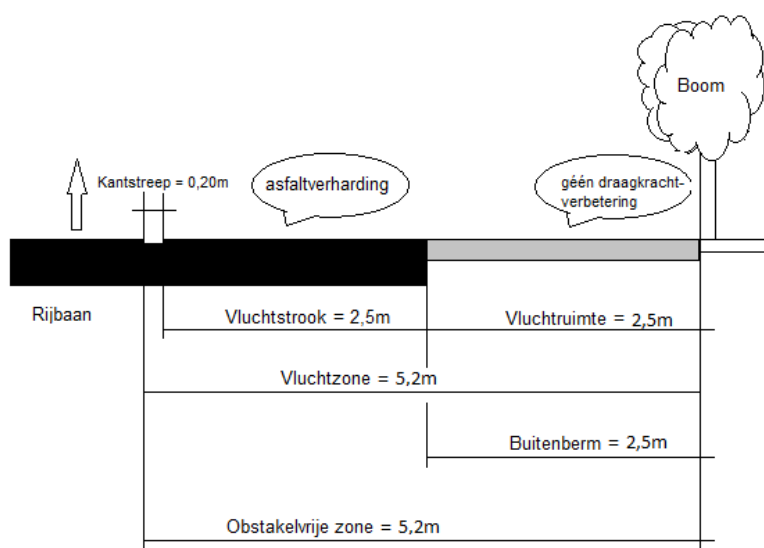
4. Saneringsopties van niet-vergeevingsgezinde bermen

In de voorgaande hoofdstukken zagen we dat er geen pasklaar antwoord is te geven op de vraag wat veiliger is: een obstakelvrije zone of een afschermingsconstructie. Wel is duidelijk dat beide maatregelen een goede oplossing zijn om een onveilige berm vergeevingsgezind te maken.

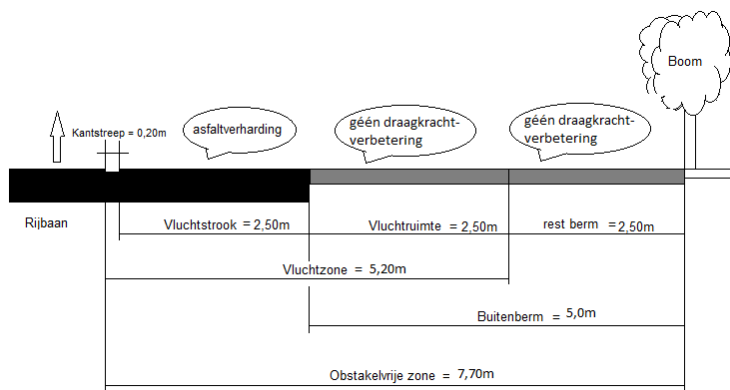
Op dit moment is ongeveer 45% van de Nederlandse snelwegen voorzien van een geleiderail. Van de wegen zonder geleiderail voldoet ongeveer 70% niet aan de richtlijnen voor een obstakelvrije inrichting. Op basis van onderzoek naar de huidige inrichting van de bermen zijn vier prototypen van dwarsprofielen van berminrichting uitgewerkt. De vier prototypen zien er dan uit zoals in *Figuur 2*, *Figuur 3*, *Figuur 4* en *Figuur 5*.



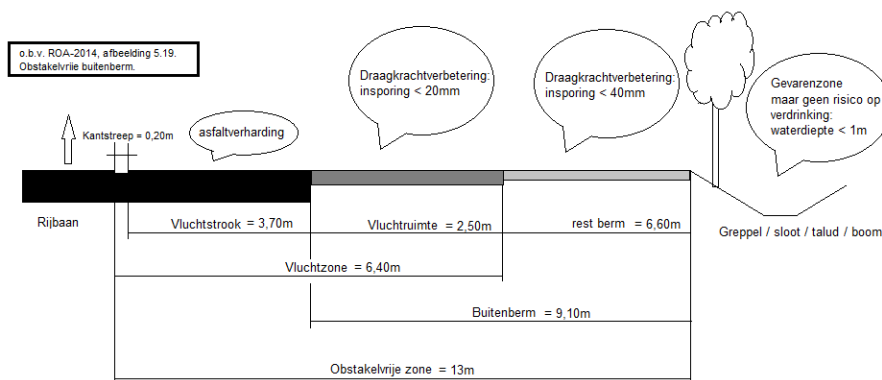
Figuur 2. Prototype 1, vluchtstrook met zeer smalle berm en een gevarenzone binnen 4 m van de kantstreep.



Figuur 3. Prototype 2, vluchtstrook met smalle berm en een gevarenzone binnen 6 m van de kantstreep.



Figuur 4. Prototype 3, vluchtstrook met ruime berm en een gevarezone binnen 10 m van de kantstreep.



Figuur 5. Prototype 4, vluchtstrook met ruime berm tot een gevarezone op 13 m van de kantstreep.

Aan de hand van een steekproef uit de wegkenmerkdatabase die is samengesteld voor de ongevallenstudies¹² van Hengeveld en Nägele (2013; 2014) en de weglengte van autosnelwegen uit het Nationaal Wegen Bestand (NWB) is een poging gedaan om te bepalen hoeveel kilometer berm er van elk prototype aanwezig is. Tabel 1 laat zien dat er in totaal circa 1.680 km berm langs autosnelwegen ligt waarvan de obstakelvrijruimte minder is dan 10 m. Dit zijn de bermen die niet voldoen aan de oude richtlijn (die uitging van een obstakelvrije ruimte van 10 m). De prototypen 1 (circa 150 km), 2 (circa 580 km) en 3 (circa 950 km) vallen in deze categorie. Er is circa 1.900 km berm die niet voldoet aan de huidige richtlijn van 13 m (Rijkswaterstaat, 2015)¹³. Hiervan heeft circa 200 km een obstakelvrije zone tussen de 10 en 13 m. Van circa 750 km voldoet de obstakelvrije zone wel aan de huidige eis van 13 m en komt overeen met prototype 4.

¹² Hengeveld, J. & Nägele, R. (2013). *Kwantificering letselrisico door berminrichting*. Rijkswaterstaat, DVS, Delft.

¹³ Een deel van deze populatie is gerealiseerd conform de oude richtlijn voor de obstakelvrije zone, waarin lagere eisen werden gesteld dan in de huidige richtlijn en de richtlijn uit 2004. Hoewel deze wegen volgens de huidige richtlijn niet voldoen, plaatst dit de verdeling van de populatie wel in perspectief.

Tabel 1. Schatting van de lengte per bermtype op basis van een steekproef van de database voor Hengeveld en Nägele (2013; 2014) en de weglengtes van autosnelwegen in het NWB. (* Weglengte ASW (autosnelwegen) op basis van lengte gescheiden rijbanen in NWB, 2013)

	Steekproef RHDHV- database	Aandeel	Weglengte ASW* (km)	Lengte berm aan 2 zijden (km)
Totaal	270	100%	2520	5040
Met geleiderail rechts	122	45%	1139	2277
Zonder geleiderail rechts	140	52%	1307	2613
Obstakelafstand tot 4 m: Prototype 1	8	3%	75	149
Obstakelafstand 4-6 m: Prototype 2	31	11%	289	579
Obstakelafstand 6-10 m: Prototype 3	51	19%	476	952
Obstakelafstand 10-13 m: Prototype 4	10	4%	93	187
Obstakelafstand meer dan 13 m	40	15%	373	747

5. Kosteninschatting

SWOV heeft een schatting gemaakt van de kosten van maatregelen om deze bermen veiliger in te richten¹⁴: de draagkracht van de berm verbeteren, het plaatsen van een starre geleiderail, het plaatsen van een flexibele geleiderail met voldoende vluchtruimte en het vergroten van de obstakelafstand tot 13 meter. Deze varianten zijn vergeleken met een nulvariant waarbij enkel onderhoud van de huidige situatie wordt uitgevoerd. Een belangrijke kanttekening is dat een starre geleiderail *niet* als vergevingsgezinde oplossing wordt gezien, gelet op het hoge risico op (ernstig) letsel in vergelijking met flexibele geleiderails. Alleen door een obstakelvrije zone of flexibele geleiderails inclusief de verbetering van de draagkracht van de onverharde berm, wordt dus een vergevingsgezinde berm gerealiseerd.

De geschatte kosten per maatregelvariant staan in het overzicht hieronder.

Prototype en variant	Projectkosten per km (hoog)	Lengte berm	Projectkosten totaal	Index projectkosten totaal
Bermen met obstakelafstand < 10 m				
Alleen onderhoud	€ 196.702	1680 km	€ 0,3 mld.	1
Verbeteren draagkracht	€ 292.235	1680 km	€ 0,5 mld.	1,4
Starre geleiderail + draagkrachtverbetering	€ 592.089	1680 km	€ 1,0 mld.	3,0
Vluchtruimte + flexibele geleiderail + draagkrachtverbetering	€ 500.834	1680 km	€ 0,7 mld.	2,2
Obstakelafstand vergroten tot 13 m + draagkrachtverbetering	€ 703.470	1680 km	€ 1,0 mld.	3,2
Bermen met obstakelafstand > 10 m				
Alleen onderhoud	€ 214.786	933 km	€ 0,2 mld.	1
Verbeteren draagkracht	€ 363.949	933 km	€ 0,3 mld.	1,7
Flexibele geleiderail + draagkrachtverbetering	€ 494.042	933 km	€ 0,5 mld.	2,3

Het verbeteren van de draagkracht van de onverharde berm en het plaatsen van een flexibele geleiderail langs berm met een obstakelvrije zone van kleiner dan 10 meter, kost circa € 0,7 miljard. De obstakelvrije afstand van al deze berm met vergroten tot 13 meter in combinatie met het verbeteren van de draagkracht, kost circa € 1,0 miljard. Het verbeteren van de draagkracht bij berm die nu al een obstakelvrije zone hebben van meer dan 10 meter kost circa € 0,3 miljard. Het plaatsen van flexibele afschermingsconstructies op een afstand van meer dan 10 meter langs deze berm, zou nog eens € 0,2 miljard kosten.

¹⁴ Dit zijn de geschatte kosten berekend op basis van een investeringshorizon van 100 jaar. Daarbij is geen rekening gehouden met directe en indirecte kosten van schade aan de geleiders omdat deze grotendeels niet voor rekening van Rijkswaterstaat komen. Zie ook Petegem, J.W.H. van, et al. (2017). *Berminrichting langs autosnelwegen*. R-2017-16A. SWOV, Den Haag.

6. Discussie: een obstakelvrije zone met geleiderail?

Een vergevingsgezinde berm is naar verwachting nog veiliger te maken door aan de rand van een (volgens de richtlijn vormgegeven) obstakelvrije zone een geleiderail te plaatsen. Deze kan voorkomen dat voertuigen bijvoorbeeld alsnog tegen bomen botsen of in een kanaal terechtkomen. Over zowel de effectiviteit als de kosten van dit alternatief, is onvoldoende bekend voor een sluitend advies. Wel is een richting voor een advies aan te duiden.

Door de afscherming verder weg te plaatsen, ontstaat er meer correctieruimte voor voertuigen die de berm in schieten. Naarmate de afscherming verder van de weg staat neemt de kans op een aanrijding met de geleiderail dus af. Tegelijkertijd neemt daardoor de kans op een over-de-kop-ongeval juist toe. Dit kan echter worden voorkomen door de draagkracht van de berm te verbeteren. Voor voertuigen die zo ver doorschieten dat ze toch tegen de geleiderail aan rijden, wordt de 'impacthoek' naar verwachting wel groter en daarmee ongunstiger, wat de kans op letsel mogelijk vergroot. Dat zou er dan weer voor spreken om de geleiderail juist dichterbij de plaatsen. Een Nederlandse ongevallenstudie¹⁵ toont echter dat de kans op een dodelijke afloop van een botsing met een geleiderail kleiner is wanneer de geleiderail op grotere afstand van de kantstreep staat. Een Amerikaanse studie¹⁶ vond daarnaast slechts een beperkt verschil in risico op letsel bij aanrijding van een afschermingsconstructie dichtbij (5 m) of ver van de rijstrook (13 m).

Naast een effect op ongevallen heeft de plaatsing van een geleiderail ook effect op de doorstroming van het verkeer. Naarmate een geleiderail verder van de weg wordt geplaatst, neemt de kans af dat een voertuig terugkaatst de weg op of dicht langs de weg tot stilstand komt. De ruimte voor hulpdiensten naast de weg neemt juist toe, waarmee ook de verstoring op het overige verkeer afneemt.

Deze resultaten pleiten voor een combinatie van een ruime obstakelvrije zone en een flexibele afschermingsconstructies. Hiermee zouden immers de voordelen van beide maatregelen kunnen worden gecombineerd. Naast de effectiviteit van afschermingsconstructies op grotere plaatsingsafstand, moet onderzoek de voor- en nadelen, de optimale plaatsingsafstand en ook de kosten ervan duidelijk in kaart brengen.

¹⁵ Hengeveld, J. & Nägele, R. (2013). *Kwantificering letselrisico door berminrichting*. Rijkswaterstaat, DVS, Delft.

¹⁶ Zou et al., (2014). *Effectiveness of cable barriers, guardrails, and concrete barrier walls in reducing the risk of injury*. In: *Accident Analysis & Prevention*, vol. 72, p. 55-65.

7. Meer informatie

Achtergrondrapport

Petegem, J.W.H. van, Louwense, W.J.R. & Commandeur, J.J.F. (2017). *Berminrichting langs autosnelwegen; Literatuurstudie en advies voor vergevingsgezinde bermen*. R-2017-16A. SWOV, Den Haag.

Glossy samenvatting

Petegem, J.W.H. van, Louwense, W.J.R. & Commandeur, J.J.F. (2017). *Veilige bermen langs autosnelwegen: obstakelvrije zone, geleiderails of beide?*. R-2017-16. SWOV, Den Haag