Verlichten van vrijliggende zebrapaden



OVLNL.NL
OPENBARE VERLICHTING NEDERLAND

Auteurs

Deze publicatie is gemaakt door en voor OVLNL in samenspraak met de NSVV.
Met speciale dank aan alle personen en organisaties die op een of andere wijze hebben meegewerkt aan deze publicatie.

Toine Adams

Toine Adams Advies
tel: +31 (0)6 83 23 65 01
mail: toine@toineadams.nl

Roger van Ratingen

Raticos BV
tel: +31 (0)6 39 35 39 73
mail: rogervanratingen@raticos.nl

Als je wilt reageren kun je mailen naar info@ovlnl.nl.
Wij stellen je reactie zeer op prijs.

Opdrachtgever van deze publicatie is OVLNL.

Dit rapport is te verkrijgen in de OVLNL-bibliotheek en bij de NSVV
https://ovlnl.nl/bibliotheek

Disclaimer

OVLNL en degenen die aan deze publicatie hebben meegewerkt, hebben de hierin opgenomen gegevens zorgvuldig verzameld. Ondanks dit is het mogelijk dat de informatie die hier wordt gepubliceerd onvolledig of onjuist is of fouten kan bevatten. Hoewel OVLNL haar best doet om alle informatie, diensten en producten zo goed en foutloos mogelijk aan te bieden, kan het niet verantwoordelijk gesteld worden voor eventuele fouten of andere beschadigde consequenties, voortkomend uit het gebruik van deze publicatie en de gegevens. Gebruikers aanvaarden het risico daarvan. OVLNL ziet derhalve, mede ten behoeve van degenen die aan deze publicatie hebben meegewerkt, af van welke aansprakelijkheid dan ook. OVLNL heeft in dit document gebruik gemaakt van afbeeldingen en heeft haar uiterste best gedaan voor het gebruik hiervan toestemming van de maker te krijgen. Ook kunnen afbeeldingen verkrijgbaar via het interne gebruikt zijn. Hoewel OVLNL afbeeldingen zorgvuldig heeft gekozen, waarbij zo mogelijk gelet is op het auteursrecht, wordt verzocht om contact op te nemen met OVLNL indien gebruik onverhoopt onrechtmatig is.

Copyright © november 2026 OVLNL www.ovlnl.nl

Voorwoord

Veilig kunnen oversteken is een essentiële voorwaarde voor een toegankelijke, bruikbare en verkeersveilige openbare ruimte. Tijdens de donkere uren vraagt dit bijzondere aandacht. Niet alleen de hoeveelheid licht is daarbij van belang, maar ook de lichtverdeling, het contrast met de omgeving en de zichtbaarheid van personen die zich op of nabij de oversteekplaats bevinden.

Deze rapportage beschrijft de uitgangspunten voor het verlichten van vrijliggende zebrapaden en biedt handvatten voor ontwerp, beoordeling en beheer. Dat wil zeggen zebrapaden op wegvakken **tussen** kruispunten. Bestaande uitgangspunten worden aangevuld met inzichten uit onderzoek, praktijkervaringen en voortschrijdend vakinhoudelijk inzicht. Daarbij staat de zichtbaarheid van de voetganger centraal, met bijzondere aandacht voor kwetsbare verkeersdeelnemers zoals kinderen, ouderen en personen met een beperking.

Een veilige oversteekplaats ontstaat door een samenhangende afweging van locatie-keuze, verkeerskundige inrichting en verlichting. Verlichting kan de zichtbaarheid van voetgangers verbeteren, maar kan een ongeschikte locatie of onveilige inrichting niet compenseren. Deze rapportage benadrukt daarom het belang van een integrale benadering waarin verkeerskunde en verlichting elkaar versterken. Het doel is helder: wachtende en overstekende voetgangers tijdig zichtbaar maken en daarmee bijdragen aan veilige, herkenbare en toegankelijke oversteekplaatsen.

Inhoud

Voorwoord **3**

1. Doel van dit document **7**
1.1. Leeswijzer 8

2. Verkeerskundige uitgangspunten voor zebrapaden **10**
2.1. Locatie en zichtbaarheid 10
2.2. Herkenbaarheid 10
2.3. Wettelijk eisen aan zebrapaden 11
2.4. Oversteekafstand en oversteekbaarheid 12
2.5. Aanvullende attentie verhogende voorzieningen 13

3. Verlichting van vrijliggende zebrapaden **14**
3.1. Doel van verlichting bij zebrapaden 14
3.2. Zichtbaarheid van voetgangers 15
3.3. Verticale verlichtingssterkte als ontwerpuitgangspunt 15
3.4. Nieuwe inzichten uit onderzoek en praktijk 16

4. Update van het technisch dossier **18**
4.1. Uitgangspunten die behouden blijven 18
4.2. Nieuwe inzichten 18
4.2.1. Van absolute lichtniveaus naar contrast 18
4.2.2. Relatie tussen wegverlichting en zebrapad-verlichting 19
4.2.3. Vergroting van de wachtruimte 19
4.2.4. Symmetrische versus asymmetrische verlichting 20
4.3. Samenvatting 21

5. Verlichten van verschillende inrichtingen van vrijliggende zebrapaden **22**
5.1. Zebrapad zonder middeneiland 23
5.2. Zebrapad met middeneiland of middenberm 24
5.3. Zebrapad op een plateau 26
5.4. Zebrapad met trottoiruitstulpingen of wegversmalling 27
5.5. Zebrapad met vrijliggende fietspaden 27
5.6. Versprongen oversteek via een middeneiland 28
5.7. Samenvatting 28

6. Lichttechnische eisen en beoordeling **29**
6.1. Uitgangspunten 29
6.2. Verlichtingsklassen voor vrijliggende zebrapaden 29
6.2.1. Algemeen 29
6.2.2. VOM-klassen 30
6.2.3. VOP-klassen 30

6.3. Vaststelling van de verticale verlichtingssterkte 31
6.3.1. Algemeen 31
6.3.2. Rekenpunten op het zebrapad 31
6.3.3. Rekenpunten in de wachtruimten 31
6.3.4. Waarnemingsrichting 32
6.4. Beoordelingsgebied 33
6.4.1. Zebrapad 33
6.4.2. Wachtruimte 33
6.5. Lichttechnische beoordeling 33
6.5.1. Gemiddelde verticale verlichtingssterkte 33
6.5.2. Wachtruimte 33
6.5.3. Lichtberekeningen 33
6.5.4. Uniformiteit van de verticale verlichtingssterkte 34
6.5.5. Verblinding 34

7. Toepassing in de praktijk 37
7.1. Beoordeling van bestaande vrijliggende voetgangersoversteekplaatsen 37
7.1.1. Beoordeling bestaande situatie 37
7.1.2. Mogelijke verbetermaatregelen 38
7.2. Beoordeling van nieuwe vrijliggende voetgangersoversteekplaatsen 38
7.2.1. Ontwerpaanbevelingen 38
7.2.2. Veel voorkomende ontwerpfouten 39
7.2.3. Oplevering en verificatie 39

8. Beheer, onderhoud en evaluatie 40
8.1. Beheer en onderhoud 40
8.2. Periodieke beoordeling 40
8.3. Evaluatie van gerealiseerde projecten 40
8.4. Wanneer opnieuw beoordelen? 41
8.5. Belangrijkste aanbevelingen 41

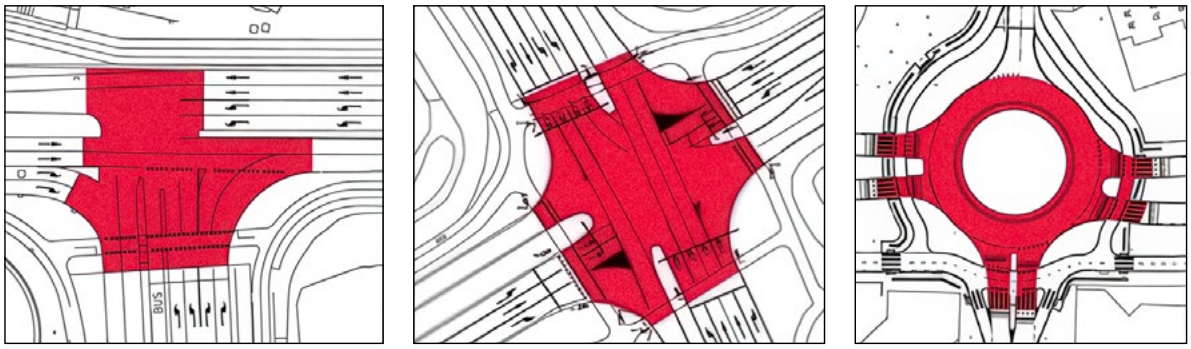
9. Bronvermeldingen 42

1. Doel van dit document

Een **v**oetgangers**o**versteek**p**laats (**VOP**) is een verkeerskundige voorziening waarmee voetgangers een rijbaan kunnen oversteken. Onder de verzamelnaam VOP vallen verschillende typen oversteekplaatsen, zoals oversteekplaatsen met verkeerslichten, verhoogde oversteekplaatsen, oversteekplaatsen met een middeneiland en zebrapaden. Een zebrapad is daarmee een specifieke vorm van een voetgangersoversteekplaats en onderscheidt zich door de wettelijke voorrangsregeling, de markering met witte dwarsstrepen en de bijbehorende verkeerstekens.

Dit document richt zich uitsluitend op de verlichting van **vrijliggende zebrapaden**, dat wil zeggen zebrapaden die zijn gelegen op een wegvak tussen twee kruispunten. Voor deze locaties worden aanbevelingen gegeven voor de wijze waarop verlichting kan bijdragen aan een betere zichtbaarheid van voetgangers, een grotere herkenbaarheid van het zebrapad en daarmee een hogere verkeersveiligheid.

De in dit document beschreven verlichtingsprincipes zijn specifiek uitgewerkt voor vrijliggende zebrapaden omdat hierbij sprake is van een duidelijke en eenduidige verkeerssituatie.
Op kruispunten, rotondes en met verkeerslichten geregelde oversteek-plaatsen spelen aanvullende verkeerskundige factoren een rol. Voor de keuze van de verlichtingsklasse op dergelijke locaties wordt verwezen naar de NPR 13201 en de daarbij behorende richtlijnen.



Figuur 1: Voorbeeld verkeerskundige conflictzones overgenomen uit NPR 13201+A1: 2018

Hoewel dit document zich beperkt tot vrijliggende zebrapaden, zijn veel van de beschreven verlichtingsprincipes ook toepasbaar op andere typen voetgangersoversteekplaatsen. Met name de aandacht voor de zichtbaarheid van wachtende en overstekende voetgangers, de toepassing van verticale verlichtingssterkte en het creëren van voldoende contrast met de omgeving kunnen ook bij andere VOP's bijdragen aan een veilige verkeerssituatie. De uiteindelijke toepassing vraagt daarbij altijd om een beoordeling van de lokale verkeerskundige omstandigheden.



Figuur 2: Voorbeeld zebrapad verlichting

1.1. Leeswijzer

Dit document is opgesteld voor een brede groep lezers.

- Beleidsmakers en wegbeheerders kunnen zich vooral richten op hoofdstuk 2, 4 en 8.
- Verkeerskundigen vinden de belangrijkste uitgangspunten in hoofdstuk 2 en 7.
- Lichtontwerpers en adviseurs zullen met name hoofdstuk 3, 4, 5 en 6 gebruiken.
- Beheerders en onderhoudspartijen vinden de relevante informatie in hoofdstuk 7 en 8.

De hoofdstukken zijn als volgt opgebouwd:

Hoofdstuk 2 – Verkeerskundige uitgangspunten voor zebrapaden
Beschrijft de voorwaarden waaronder een zebrapad verkeerskundig verantwoord kan worden toegepast. Aan bod komen onder andere herkenbaarheid, locatiekeuze, oversteekbaarheid, wettelijke eisen en de rol van aanvullende attentie verhogende voorzieningen.

Hoofdstuk 3 – Verlichting van vrijliggende zebrapaden
Gaat in op het doel van verlichting, de zichtbaarheid van voetgangers, de betekenis van verticale verlichtingssterkte en recente inzichten uit onderzoek en praktijk.
Dit hoofdstuk vormt de inhoudelijke basis voor de verdere lichttechnische uitwerking.

Hoofdstuk 4 – Update van het technisch dossier
Beschrijft welke uitgangspunten uit eerdere richtlijnen behouden blijven en welke nieuwe inzichten aanleiding geven tot een aangepaste benadering. Hierbij wordt onder meer aandacht besteed aan contrastwerking, de relatie tussen wegverlichting en verlichting op zebrapaden, de omvang van de wachtruimte en het gebruik van asymmetrische verlichting.

Hoodstuk 5 – Verlichting van vrijliggende zebrapaden
Beschrijft hoe verschillende inrichtingen van vrijliggende zebrapaden van invloed zijn op de verlichting die nodig is om overstekende voetgangers tijdig zichtbaar te maken voor naderend verkeer.

Hoofdstuk 6 – Lichttechnische eisen en beoordeling
Bevat de normatieve eisen voor de verlichting van vrijliggende voetgangersoversteekplaatsen. Hier worden de VOM- en VOP-klassen geïntroduceerd, de beoordelingsgebieden vastgelegd en de methode voor berekening, meting en beoordeling van de verticale verlichtingssterkte beschreven.

Hoofdstuk 7 – Toepassing in de praktijk
Geeft handvatten voor het ontwerpen, beoordelen en verbeteren van bestaande en nieuwe installaties. Ook worden veel voorkomende ontwerpfouten besproken en aanbevelingen gegeven voor oplevering en verificatie.

Hoofdstuk 8 – Beheer, onderhoud en evaluatie
Behandelt de aspecten beheer, onderhoud, periodieke beoordeling en evaluatie van gerealiseerde projecten. Daarnaast wordt aangegeven wanneer een herbeoordeling van de verlichting wenselijk is.

2. Verkeerskundige uitgangspunten voor zebrapaden

2.1. Locatie en zichtbaarheid

De locatie en zichtbaarheid van een zebrapad is allesbepalend voor de verkeers-veiligheid. Een goed verlicht zebrapad op een ongeschikte locatie blijft een onveilig zebrapad. Daarom moet de geschiktheid van een locatie altijd eerst verkeerskundig worden beoordeeld voordat een verlichtingsontwerp wordt opgesteld. Voor het verlichten van een zebrapad zijn goede zichtlijnen tussen voetganger en bestuurder van belang**:** Een veilig zebrapad vereist niet alleen dat bestuurders de voetganger tijdig kunnen waarnemen, maar ook dat voetgangers voldoende zicht hebben op naderend verkeer.

Bij de locatiekeuze van een zebrapad moet ook rekening worden gehouden met objecten die het zicht kunnen beperken. Geparkeerde voertuigen, beplanting, reclameobjecten, verkeersborden, straatmeubilair, lichtmasten en andere obstakels mogen de zichtlijn tussen bestuurder en voetganger niet verstoren. Want in dergelijk voorkomende gevallen kan een goede verlichting bij een zebrapad zelfs leiden tot schijnveiligheid: Voetgangers wanen zich veilig door de aangebrachte verlichting bij het zebrapad, maar zijn in de praktijk te laat zichtbaar voor bestuurder door met alle gevolgen van dien.

Verlichting **kan** de zichtbaarheid van voetgangers verbeteren, maar kan een ongeschikte locatie of een verkeerskundig onveilige inrichting **niet** compenseren. De beoordeling van een vrijliggende voetgangersoversteekplaats begint daarom altijd met een verkeerskundige analyse en pas daarna met een lichttechnische uitwerking.

2.2. Herkenbaarheid

Een zebrapad moet voor zowel voetgangers als bestuurders direct herkenbaar zijn als een locatie waar voetgangers de rijbaan kunnen oversteken. Bestuurders moeten tijdig kunnen herkennen dat sprake is van een voorrangsregeling voor voetgangers en voldoende gelegenheid hebben om hun snelheid aan te passen of te stoppen. Voetgangers moeten de verkeerssituatie eenvoudig kunnen begrijpen en voldoende zicht hebben op naderend verkeer.

Een consistente en herkenbare inrichting van zebrapaden draagt meer bij aan de verkeersveiligheid dan een opeenstapeling van opvallende maatregelen. Vergelijkbare zebrapaden dienen daarom zoveel mogelijk op dezelfde wijze te worden ingericht. Hierdoor ontstaat een herkenbaar en voorspelbaar verkeersbeeld voor alle

weggebruikers. De herkenbaarheid van een zebrapad wordt bepaald door een logische locatiekeuze, een uniforme inrichting, duidelijke markering en correcte bebording. Verlichting ondersteunt deze herkenbaarheid, maar vormt geen vervanging voor een goede verkeerskundige inrichting.

De belangrijkste bijdrage van verlichting aan een zebrapad is het zichtbaar maken van de mens en niet het extra zichtbaar maken van de markering. Een zebrapad met lichtmasten die de nadruk leggen op het verlichten van de voetganger draagt eraan bij dat wachtende en overstekende voetgangers tijdig kunnen worden waargenomen door naderende bestuurders. Daarbij spelen verticale verlichtingssterkte, contrastwerking en de verlichting van de wachtruimte een belangrijke rol.

2.3. Wettelijk eisen aan zebrapaden

Een zebrapad is een wettelijk geregelde voorrangsvoorziening. Het toepassen van een zebrapad brengt daarom een grotere verantwoordelijkheid met zich mee dan het realiseren van een reguliere oversteekplaats zonder voorrangsregeling.

De herkenbaarheid en uniforme uitvoering van zebrapaden worden geborgd door de ontwerprichtlijnen van CROW[1] en de voorschriften uit het BABW[2]. Hierin zijn onder meer eisen opgenomen voor de locatie, vormgeving, markering en bebording van voetgangersoversteekplaatsen.

Een zebrapad wordt uitsluitend toegepast:
- binnen de bebouwde kom op wegen met een maximumsnelheid van 30 km/h of 50 km/h;
- buiten de bebouwde kom op wegen met een maximumsnelheid van 80 km/h, mits de naderingssnelheid van minimaal 85% van de motorvoertuigen lager is dan 50 km/h.

Een zebrapad bestaat uit witte dwarsstrepen die haaks op de rijrichting zijn aangebracht. De markering heeft een minimale breedte van 4 meter en een tussenliggende afstand van 0,4 tot 0,6 meter. Ter plaatse van het zebrapad wordt verkeersteken L2 geplaatst, tenzij de oversteek onderdeel uitmaakt van een met verkeerslichten geregelde kruising. Indien de zichtbaarheid op grotere afstand onvoldoende is, kan aanvullend waarschuwingsbord J22 worden toegepast.

De wettelijke markering en bebording zijn bedoeld om weggebruikers eenduidig te informeren over de aanwezigheid van een voetgangersoversteekplaats en de daarbij behorende voorrangsregeling. Verlichting ondersteunt deze herkenbaarheid, maar vervangt de verkeerskundige functie van markering en bebording niet.

1 Verkenning zebrapaden – Aanbevelingen voor toepassing en inrichting
2 Besluit administratieve bepalingen inzake het wegverkeer (BABW)



Figuur 3 RVV bord L2



Figuur 4 RVV bord J22

2.4. Oversteekafstand en oversteekbaarheid

Een zebrapad moet zodanig zijn ingericht dat voetgangers de oversteek in een normaal wandeltempo kunnen uitvoeren. Een veilige oversteekplaats biedt voldoende tijd en overzicht om de verkeerssituatie te beoordelen en de rijbaan zonder tijdsdruk over te steken. Een voetganger mag nooit het gevoel hebben te moeten rennen om veilig de overzijde te bereiken.

Naarmate de breedte van de rijbaan toeneemt, neemt ook de complexiteit van de oversteek toe. Voetgangers moeten niet alleen beoordelen of er voldoende afstand is tot naderende voertuigen, maar ook inschatten hoeveel tijd nodig is om de volledige rijbaan over te steken. Deze inschatting is niet voor iedere gebruiker gelijk. Bij de beoordeling van de veiligheid van een oversteekplaats moet rekening worden gehouden met de langzaamste en meest kwetsbare gebruikers. Dit betreft onder meer kinderen, ouderen, rolstoelgebruikers en personen met een visuele beperking.

De verlichting bij het zebrapad dient over de volledige breedte overstekende voetgangers goed te verlichten. Bij de keuze van lichtmasthoogte en armatuur dient daarmee rekening te worden gehouden. Daarnaast dient een voetganger altijd verlicht te zijn voor aankomend verkeer. Een oversteek van een enkele rijbaan (en dus 1 rijrichting) vereist dus een andere verlichting dan een oversteek van meerdere rijbanen over 2 rijrichtingen.

Behalve op het zebrapad moeten aanlopende of wachtende voetgangers ook zichtbaar zijn voordat ze (mogelijk) oversteken. De wachtruimte – ruimte direct voor en na het zebrapad – moet daarom overzichtelijk, obstakelvrij, toegankelijk en verlicht zijn. Vanuit het oogpunt van verlichting vormt de wachtruimte een belangrijk onderdeel van de totale oversteekvoorziening.

2.5. Aanvullende attentie verhogende voorzieningen

In de praktijk worden bij zebrapaden regelmatig aanvullende attentieverhogende voorzieningen toegepast, zoals knipperende lampen, verlichte bebording, afwijkende masten, gekleurde verlichting, lichtaccenten in het wegdek of andere opvallende objecten.

Hoewel dergelijke voorzieningen zijn bedoeld om extra aandacht te vragen voor de oversteekplaats, is het effect op de verkeersveiligheid niet vanzelfsprekend positief. Een overdaad aan visuele prikkels kan leiden tot afleiding, visuele onrust en een verminderde aandacht voor datgene waar het daadwerkelijk om gaat: de tijdige herkenning van de voetganger.

Daarnaast ontstaat het risico dat weggebruikers verschillende verwachtingen ontwikkelen bij verschillende zebrapaden. Wanneer sommige oversteekplaatsen opvallend worden uitgevoerd en andere niet, kan onduidelijkheid ontstaan over de betekenis van deze verschillen. Dit vermindert de uniformiteit en voorspelbaarheid van de verkeersomgeving.

Het uitgangspunt van een veilige openbare ruimte is dat vergelijkbare verkeerssituaties zoveel mogelijk op dezelfde wijze worden ingericht. Een zebrapad moet daarom veilig functioneren op basis van een goede locatiekeuze, een logische inrichting, voldoende zichtlijnen en passende verlichting. Aanvullende attentie verhogende voorzieningen behoren geen noodzakelijke voorwaarde te zijn voor een veilige oversteek. Wanneer een zebrapad uitsluitend veilig lijkt te functioneren dankzij extra waarschuwingsmiddelen, is het raadzaam eerst te onderzoeken of de locatie, inrichting, zichtbaarheid of verlichting van de oversteekplaats kan worden verbeterd.

3. Verlichting van vrijliggende zebrapaden

3.1. Doel van verlichting bij zebrapaden

Een zebrapad is een verkeerskundige voorziening waarmee voetgangers veilig een rijbaan kunnen oversteken. Overdag wordt de zichtbaarheid van voetgangers grotendeels bepaald door daglicht en het contrast met de omgeving. Tijdens de donkere uren neemt deze natuurlijke zichtbaarheid af en wordt kunstmatige verlichting een belangrijke factor voor de verkeersveiligheid.

Een goed verlicht zebrapad draagt bij aan:
- de tijdige herkenning van voetgangers;
- een betere inschatting van de verkeerssituatie;
- een grotere verkeersveiligheid;
- een uniforme en herkenbare inrichting van de openbare ruimte.

Verlichting vormt daarmee een ondersteunende maatregel binnen het totale verkeerskundige ontwerp van een zebrapad.



Figuur 5: Slechte zichtbaarheid voetganger

3.2. Zichtbaarheid van voetgangers

Voor de verkeersveiligheid is niet de zichtbaarheid van het zebrapad zelf bepalend, maar de zichtbaarheid van de mens die gebruik maakt van het zebrapad.

Een bestuurder moet een voetganger tijdig kunnen herkennen als mens, kunnen vaststellen waar deze zich bevindt en kunnen inschatten of deze voornemens is de rijbaan over te steken. Deze waarneming wordt beïnvloed door meerdere factoren, waaronder de hoeveelheid licht op de voetganger, de helderheid van de omgeving, de achtergrond waartegen de voetganger wordt gezien en de afstand tussen bestuurder en voetganger.

De zichtbaarheid van een voetganger wordt daarom niet uitsluitend bepaald door de hoeveelheid licht die op de voetganger valt. Minstens zo belangrijk is het contrast tussen de voetganger en de omgeving [2]. Een voldoende verlichte voetganger die duidelijk afsteekt tegen zijn achtergrond wordt sneller herkend dan een voetganger die zich bevindt in een omgeving met weinig contrast.

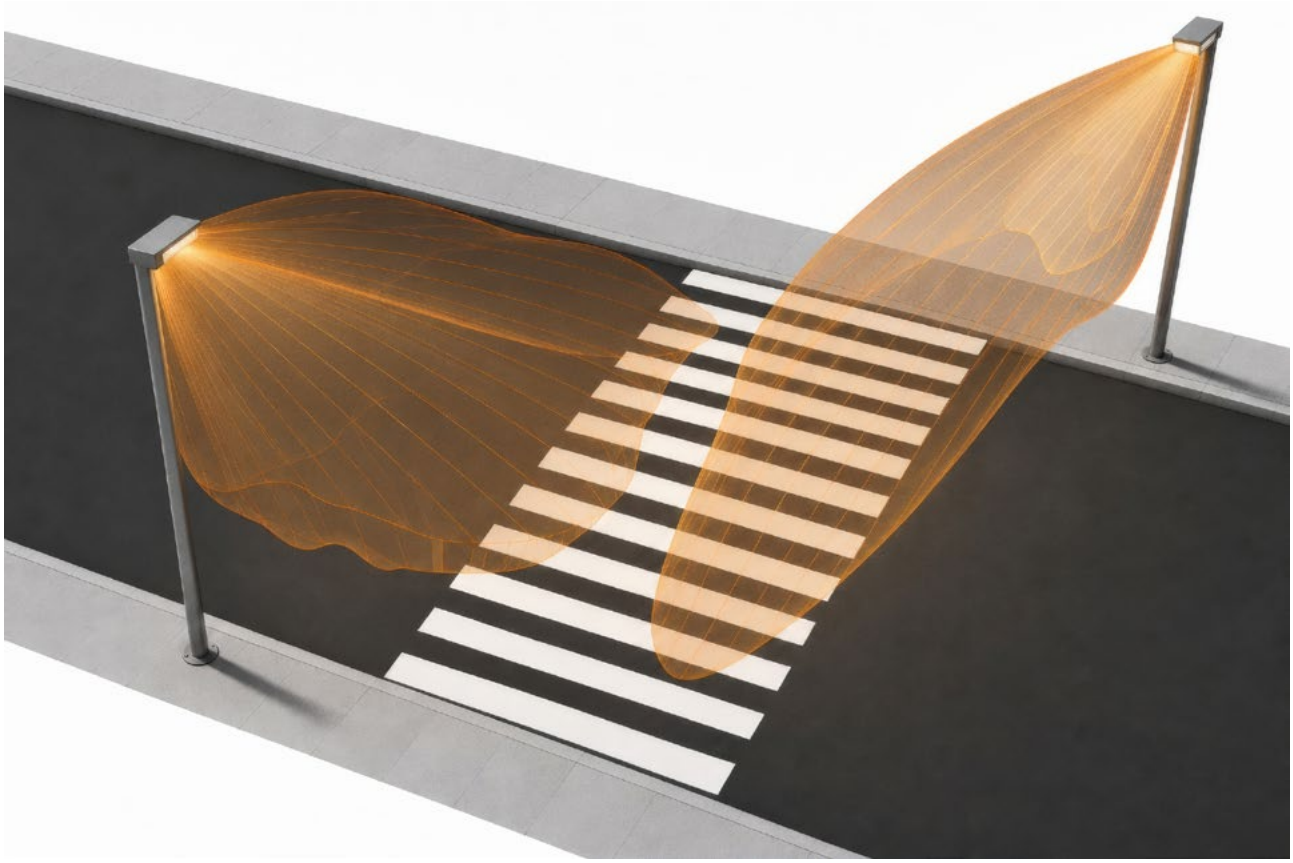
Bij vrijliggende zebrapaden moet, behalve aan de zichtbaarheid van de voetganger op de oversteekplaats, ook aandacht worden besteed aan de zichtbaarheid van personen die zich bevinden in de wachtruimte direct naast de rijbaan. Voetgangers moeten immers zichtbaar zijn voordat zij de rijbaan betreden.

3.3. Verticale verlichtingssterkte als ontwerpuitgangspunt

Bij wegverlichting wordt traditioneel veel aandacht besteed aan de verlichting van het wegdek. Dit is hoofdzakelijk in het *horizontale* vlak. De gemiddelde horizontale verlichtingssterkte, wegdekluminantie en gelijkmatigheid zijn voor het ontwerpen van openbare verlichting veel gebruikte grootheden. Voor de zichtbaarheid van voetgangers op en nabij zebrapaden komt er echter iets bij. Een overstekend persoon, of een persoon met de intentie om over te steken, moet vooral worden verlicht in het *verticale* vlak. Hierbij moet worden voorkomen dat de automobilist op de andere rijbaan verblind wordt.

Dat vlak vormt namelijk hoofdzakelijk het zichtbare deel van een voetganger voor bestuurders. De verticale verlichtingssterkte de best passende lichttechnische grootheid om te bepalen hoeveel licht er op het gestalte van een voetganger valt. Omdat het belangrijk is dat een voetganger zowel op het zebrapad als op het trottoir vlakbij het zebrapad goed zichtbaar is moet zowel de oversteekplaats als de aangrenzende wachtruimte voldoende worden verlicht.

De Nederlandse Stichting voor Verlichtingskunde (NSVV) heeft in 2020 het technisch dossier *Veilig oversteken op het zebrapad* gepubliceerd [1]. Hierin wordt aanbevolen om voetgangers vanuit beide rijrichtingen zichtbaar te maken door toepassing van extra lichtmasten voorzien van armaturen met een asymmetrische lichtverdeling. Deze armaturen zijn specifiek gericht op het verlichten van de voetganger en de wachtruimte.



Figuur 6: Vrijliggende voetgangersoversteekplaats met 2 extra lichtmasten voorzien van asymmetrische optiek

Hoewel deze uitgangspunten nog steeds een belangrijke basis vormen voor het ontwerp van vrijliggende zebrapaden, hebben praktijkervaringen en recent onderzoek geleid tot aanvullende inzichten ten aanzien van de benodigde verlichtingssterkte en de omvang van de wachtruimte.

3.4. Nieuwe inzichten uit onderzoek en praktijk

In de afgelopen jaren is in binnen- en buitenland onderzoek uitgevoerd naar de zichtbaarheid van voetgangers op oversteekplaatsen. Daarnaast zijn in diverse Nederlandse gemeenten vrijliggende zebrapaden gerealiseerd volgens de aanbevelingen uit het technisch dossier.

Deze onderzoeken laten zien dat de zichtbaarheid van een voetganger niet uitsluitend wordt bepaald door de grootte van de verticale verlichtingssterkte. De waarneming van een bestuurder wordt namelijk sterk beïnvloed door de helderheid van de omgeving waaraan het menselijk oog is geadapteerd.

Op wegen met een hoge verlichtingsklasse is een hogere verticale verlichtingssterkte nodig om voldoende contrast te creëren tussen de voetganger en de omgeving. Op wegen met een lagere verlichtingsklasse kan vaak worden volstaan met een lagere verticale verlichtingssterkte, mits de voetganger voldoende contrasteert met de achtergrond. Uit onderzoek blijkt daarmee dat het realiseren van een zo hoog mogelijk verlichtingsniveau niet automatisch leidt tot een betere zichtbaarheid. Het creëren van een goed helderheidscontrast blijkt belangrijker dan het realiseren van een maximaal lichtniveau.

Deze inzichten vormen de basis voor een meer gedifferentieerde benadering van de verlichting van vrijliggende zebrapaden, waarbij de benodigde verlichtingssterkte wordt afgestemd op de verlichtingsklasse van de aangrenzende weg en de kenmerken van de omgeving.

Samenvatting

Het doel van verlichting bij vrijliggende zebrapaden is niet het zo sterk mogelijk verlichten van de markering of de rijbaan, maar het tijdig zichtbaar maken van wachtende en overstekende voetgangers. Daarbij zijn drie aspecten van belang:

- voldoende verticale verlichtingssterkte op het zebrapad en in de wachtruimte;
- voldoende contrast tussen voetganger en omgeving;
- voldoende verlichting van de wachtruimte.

Onderzoeken tonen aan dat de benodigde verlichtingssterkte samenhangt met het lichtniveau van de aangrenzende weg. Hierdoor ontstaat een meer gedifferentieerde benadering waarbij de verlichting van het zebrapad wordt afgestemd op de verlichtingsklasse van de omgeving. De vertaling van deze uitgangspunten naar concrete verlichtingsklassen en ontwerpeisen wordt beschreven in hoofdstuk 4 en hoofdstuk 5.

4. Update van het technisch dossier

4.1. Uitgangspunten die behouden blijven

De aanbevelingen uit het NSVV-technisch dossier Veilig oversteken op het zebrapad vormen nog steeds een belangrijke basis voor de verlichting van vrijliggende zebrapaden. Praktijkervaringen laten zien dat het gericht verlichten van voetgangers effectiever is dan uitsluitend het verhogen van het lichtniveau van de rijbaan[3]. Daarom blijft het uitgangspunt gehandhaafd dat vrijliggende zebrapaden worden voorzien van aanvullende verlichting die specifiek is gericht op de zichtbaarheid van wachtende en overstekende voetgangers. In de praktijk wordt dit veelal gerealiseerd door toepassing van twee extra lichtmasten voorzien van armaturen met een asymmetrische lichtverdeling (zie figuur 6). Deze armaturen worden zodanig gepositioneerd dat voetgangers vanuit beide rijrichtingen tijdig zichtbaar zijn voor naderende bestuurders.

Ook blijft het uitgangspunt behouden dat niet alleen de oversteekplaats zelf, maar ook de directe omgeving van de oversteekplaats voldoende moet worden verlicht. Voetgangers moeten immers zichtbaar zijn voordat zij de rijbaan betreden. De in dit document voorgestelde wijzigingen vormen daarom geen vervanging van het technisch dossier, maar een verdere verfijning op basis van nieuwe onderzoeksresultaten, praktijkervaringen en voortschrijdend inzicht.

4.2. Nieuwe inzichten

4.2.1. Van absolute lichtniveaus naar contrast

Het oorspronkelijke technisch dossier gaat uit van vaste minimale waarden voor de verticale verlichtingssterkte op vrijliggende zebrapaden. Onderzoeken die gedaan zijn in de afgelopen jaren laten echter zien dat de zichtbaarheid van voetgangers niet uitsluitend wordt bepaald door de hoeveelheid licht die op de voetganger valt[4]. De herkenbaarheid van een voetganger hangt in belangrijke mate samen met het contrast tussen de voetganger en de omgeving.

De waarneming van een bestuurder wordt beïnvloed door de helderheid van de omgeving waaraan het menselijk oog is geadapteerd. Hierdoor kan dezelfde verticale verlichtingssterkte in de ene situatie leiden tot een goede zichtbaarheid en in een andere situatie tot een minder goed waarneembare voetganger. Op een relatief donker wegvak kan een voetganger al voldoende zichtbaar zijn bij een

3 Tomczuk, P. (2013). *Assessment of the state of pedestrian crossing lighting on the basis of field measurements of luminance*
4 Tomczuk, P. (2012). *Assessment model of luminance contrast of pedestrian figure against background on pedestrian crossing*

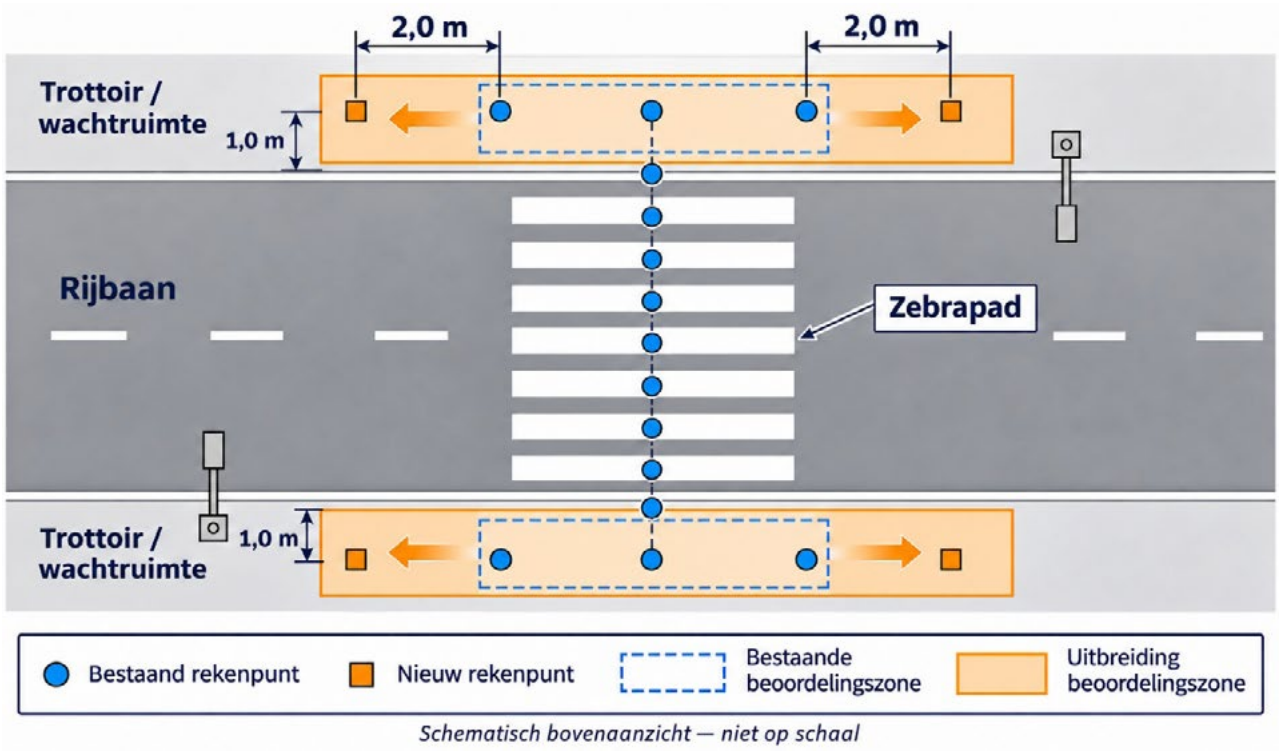
lagere verticale verlichtingssterkte. Op een helder verlichte weg is juist een hogere verticale verlichtingssterkte nodig om voldoende contrast met de omgeving te realiseren. Hieruit volgt dat één uniforme verlichtingssterkte voor alle vrijliggende zebrapaden niet noodzakelijk leidt tot de beste zichtbaarheid. Een goede afstemming tussen de verlichting van de rijbaan en de verlichting van de oversteekplaats is daarom essentieel.

4.2.2. Relatie tussen wegverlichting en zebrapad-verlichting

De nieuwe inzichten maken duidelijk dat de benodigde verlichting van een vrijliggend zebrapad niet los kan worden gezien van het verlichtingsniveau van de aangrenzende weg [6]. Naarmate de verlichtingsklasse van de weg hoger is, neemt ook de benodigde verticale verlichtingssterkte op het zebrapad toe. Om deze relatie expliciet te maken wordt in dit document een afzonderlijke classificatie voorgesteld voor vrijliggende zebrapaden. Hiermee ontstaat een directe koppeling tussen de verlichtingsklasse van de rijbaan volgens de NPR 13201 en de vereiste verticale verlichtingssterkte op het zebrapad en wachtruimte. Deze benadering sluit beter aan bij de wijze waarop het menselijk oog de omgeving waarneemt en voorkomt dat op relatief donkere wegen onnodig hoge lichtniveaus worden toegepast of dat op helder verlichte wegen juist onvoldoende contrast ontstaat.

4.2.3. Vergroting van de wachtruimte

In het technisch dossier wordt de wachtruimte direct grenzend aan de rijbaan beoordeeld tot een afstand van circa één meter vanaf de wegzijde. In de praktijk blijkt echter dat een voetganger deze afstand veelal binnen één seconde kan afleggen. Hierdoor kan een voetganger vanuit een relatief donkere omgeving vrijwel direct de rijbaan betreden, terwijl de beschikbare waarneemtijd voor bestuurders beperkt blijft. Om de zichtbaarheid van voetgangers verder te verbeteren wordt de wachtruimte vergroot. Hierdoor worden voetgangers al eerder aangelicht voordat zij daadwerkelijk de rijbaan betreden. Dit vergroot de herkenbaarheid van wachtende en naderende voetgangers en draagt bij aan een langere beschikbare reactietijd voor bestuurders. De uitbreiding van de wachtruimte maakt het mogelijk om voetgangers gedurende een groter deel van hun verplaatsing zichtbaar te maken, zonder dat hiervoor noodzakelijkerwijs hogere lichtniveaus op de oversteekplaats zelf nodig zijn. Figuur 7 geeft schematisch de positie van rekenpunten en de uitbreiding van de wachtruimte weer.



Figuur 7: Bovenaanzicht van de vaste rekenposities voor bepaling van de gemiddelde verticale verlichtingssterkte in de wachtruimte

4.2.4. Symmetrische versus asymmetrische verlichting

Bij de verlichting van vrijliggende voetgangersoversteekplaatsen wordt regelmatig de vraag gesteld waarom aanvullende zebrapadverlichting noodzakelijk is wanneer reeds openbare verlichting aanwezig is. Het antwoord ligt in het verschil tussen het verlichten van het wegoppervlak en het zichtbaar maken van de voetganger.

Bij toepassing van uitsluitend wegverlichting met symmetrische armaturen wordt een belangrijk deel van het licht verdeeld over het wegdek en de directe omgeving. Hierdoor kan de verticale verlichtingssterkte op een wachtende of overstekende voetganger relatief beperkt zijn, terwijl tegelijkertijd het wegdek wel aan de gestelde verlichtingseisen voldoet.

Asymmetrische armaturen zijn specifiek ontwikkeld om licht gericht in één voorkeursrichting uit te stralen. Hierdoor kan meer licht op de voetganger en de wachtruimte worden gebracht zonder dat het totale geïnstalleerde vermogen of het lichtniveau op de rijbaan sterk hoeft toe te nemen. Het resultaat is een hogere verticale verlichtingssterkte en een beter contrast tussen de voetganger en de omgeving.

Dit betekent niet dat symmetrische verlichting per definitie ongeschikt is voor voetgangersoversteekplaatsen. In situaties met lage snelheden, beperkte wegbreedtes of relatief lage verlichtingseisen kan de aanwezige openbare verlichting voldoende zijn om de vereiste verticale verlichtingssterkte te realiseren. De geschiktheid van een verlichtingsinstallatie moet daarom altijd worden beoordeeld op basis van de daadwerkelijk gerealiseerde verticale verlichtingssterkte en niet uitsluitend op basis van het toegepaste armatuurtype.

Het uitgangspunt van dit document blijft dat niet het armatuurtype, maar de zichtbaarheid van de voetganger bepalend is. Asymmetrische armaturen vormen daarbij in veel situaties een effectief hulpmiddel om de vereiste verticale verlichtingssterkte op de oversteekplaats en in de wachtruimte te realiseren.



Figuur 8: VOP zonder zebrapadverlichting met asymmetrische optiek



Figuur 9: VOP met zebrapadverlichting en asymmetrische optiek

4.3. Samenvatting

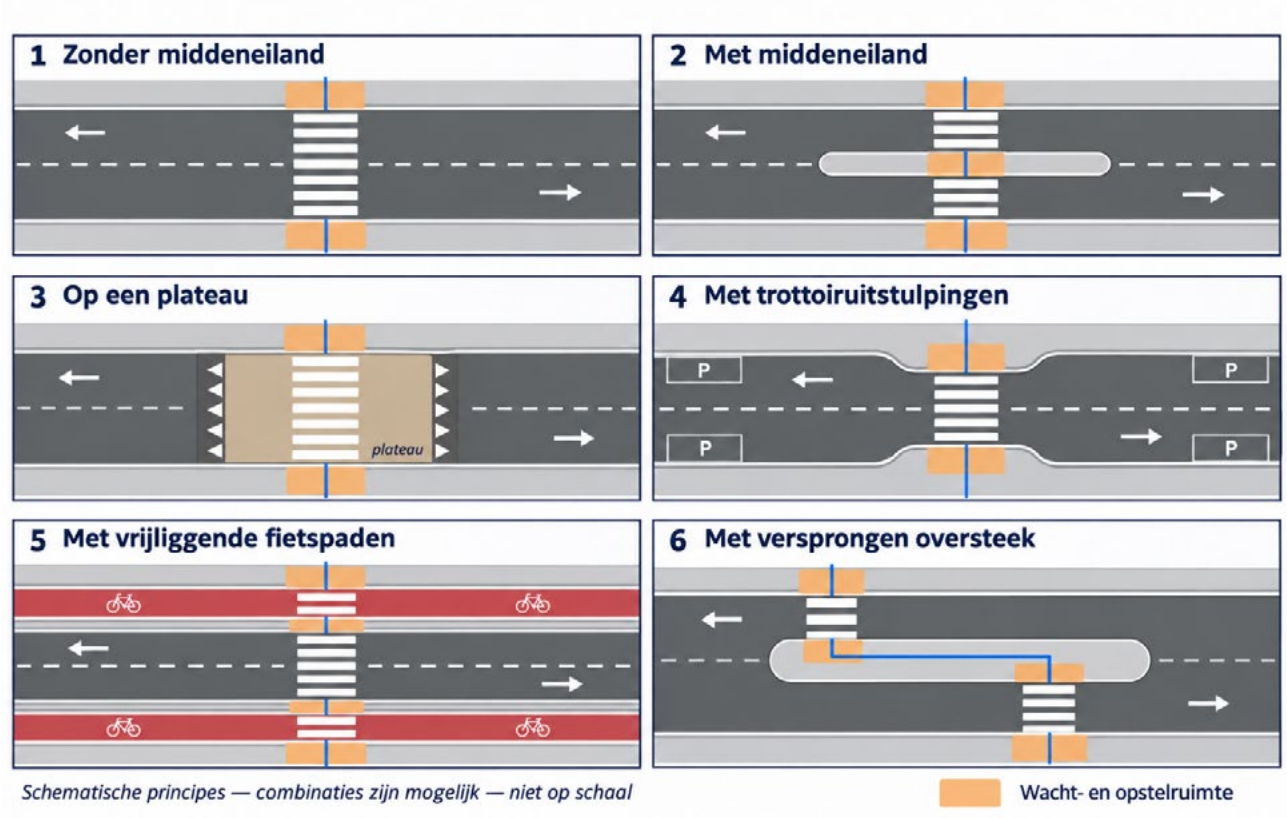
De aanbevelingen uit het technisch dossier blijven de basis vormen voor de verlichting van vrijliggende zebrapaden. Nieuwe inzichten laten echter zien dat niet één vaste verticale verlichtingssterkte bepalend is voor een goede zichtbaarheid van voetgangers. De benodigde verlichtingssterkte hangt samen met het verlichtingsniveau van de aangrenzende weg en het contrast tussen de voetganger en de omgeving.

Vrijliggende zebrapaden komen in verschillende inrichtingsvormen voor. De inrichting kan van invloed zijn op de verlichting die nodig is om overstekende voetgangers tijdig en duidelijk zichtbaar te maken voor naderend verkeer. Dit wordt nader uitgewerkt in hoofdstuk 5.

5. Verlichten van verschillende inrichtingen van vrijliggende zebrapaden

De inrichting van een vrijliggend zebrapad omvat meer dan alleen de zebramarkering. Ook factoren zoals naderingssnelheid, oversteeklengte, zichtlijnen, toegankelijkheid en beschikbare wachtruimte zijn van invloed op de veiligheid van overstekende voetgangers. Een vrijliggend zebrapad moet daarom worden beoordeeld als onderdeel van de totale weginrichting.

Vrijliggende zebrapaden komen in verschillende uitvoeringsvormen voor. Deze kunnen ook in combinatie voorkomen. Zo kan een zebrapad bijvoorbeeld op een plateau liggen, voorzien zijn van een middeneiland en aansluiten op vrijliggende fietspaden. Figuur 10 geeft zes basisvormen weer. In de volgende paragrafen wordt per basisvorm beschreven welke aandachtspunten gelden voor de inrichting van de verlichting.



Figuur 10: Zes schematische uitvoeringsvormen. Oranje vlakken geven wacht- en opstelruimten aan. De afbeelding toont ontwerpprincipes en is geen maatvoeringstekening.

5.1. Zebrapad zonder middeneiland

Bij een zebrapad zonder middeneiland steken voetgangers de rijbaan in één doorgaande beweging over. De wachtruimten bevinden zich aan weerszijden van de rijbaan. Deze uitvoering is ruimtelijk eenvoudig, maar biedt de voetganger tijdens het oversteken geen beschermd rustpunt.

Bij een weg met verkeer in twee richtingen moet de voetganger rekening houden met verkeer uit beide richtingen. Naarmate de rijbaan breder is, neemt ook de tijd toe waarin de voetganger zich op de rijbaan bevindt. Een compacte inrichting, goede zichtlijnen en een lage naderingssnelheid zijn daarom van belang voor een veilige oversteek.

Voor de verlichting zijn zowel de volledige oversteek als de wachtruimten aan weerszijden van de rijbaan relevant. Een voetganger moet vóór het betreden van de rijbaan al tijdig en duidelijk zichtbaar zijn voor naderend verkeer.

Voor de inrichting van de verlichting worden twee hoofdvarianten onderscheiden:

1. Zebrapad over één rijrichting
   Wanneer het zebrapad één rijrichting overbrugt, kan in beginsel worden volstaan met één lichtmast met een armatuur met asymmetrische lichtverdeling.
   De lichtmast wordt vóór de oversteek, gezien vanuit de rijrichting, geplaatst.
   Voorwaarde is dat zowel de volledige oversteek als de wachtruimten aan beide zijden voldoende worden verlicht.
2. Zebrapad over twee rijrichtingen
   Wanneer het zebrapad twee rijrichtingen overbrugt, wordt geadviseerd de oversteek te verlichten met twee lichtmasten, waarbij voor iedere rijrichting vóór de oversteek een lichtmast wordt geplaatst. De benodigde masthoogte is onder meer afhankelijk van de rijbaanbreedte, de positie van de lichtmasten en de toegepaste lichtverdeling. In de meeste situaties kan worden volstaan met lichtmasten met een hoogte tot en met 6 m. De definitieve masthoogte en armatuurkeuze worden bepaald op basis van de vereiste lichtverdeling en de lichttechnische berekening.



Figuur 11: Voorbeeld: zebrapad zonder middeneiland

5.2. Zebrapad met middeneiland of middenberm

Een middeneiland of middenberm verdeelt de oversteek in twee afzonderlijke delen. Voetgangers kunnen in de middenruimte wachten voordat zij het volgende deel van de rijbaan oversteken. Hierdoor kunnen zij hun aandacht per deeloversteek richten op een beperkter aantal verkeersstromen.

De middenruimte moet voldoende groot en bruikbaar zijn als wachtruimte. Daarbij moet rekening worden gehouden met verschillende gebruikers, waaronder voetgangers met een rollator, rolstoel, kinderwagen of scootmobiel. Verkeersborden, lichtmasten en andere objecten mogen de vrije doorgang en de noodzakelijke zichtlijnen niet belemmeren.

Voor de inrichting van de verlichting worden twee situaties onderscheiden:

1. Middeneiland of middenberm tot en met 3 m breed
   Bij een middeneiland of middenberm met een breedte tot en met 3 m kan de oversteek doorgaans op vergelijkbare wijze worden verlicht als een zebrapad zonder middeneiland. Afhankelijk van de totale profielbreedte en de benodigde lichtverdeling kan daarbij een masthoogte tot en met 8 m nodig zijn. De uiteindelijke masthoogte en armatuurkeuze worden bepaald op basis van de lichttechnische berekening.



Figuur 12: Voorbeeld: zebrapad met middeneiland kleiner dan 3 meter

2. Middeneiland of middenberm breder dan 3 m
   Bij een middeneiland of middenberm breder dan 3 m neemt de totale profielbreedte zodanig toe dat doorgaans niet kan worden volstaan met uitsluitend twee lichtmasten aan de buitenzijden van de oversteek. Voor het lichtontwerp wordt de situatie daarom beschouwd als afzonderlijke deeloversteken met drie relevante wachtgebieden: de wachtruimten aan beide buitenzijden en de middenruimte. Een voldoende verlichte eerste deeloversteek betekent niet automatisch dat een voetganger in de middenruimte vanuit beide rijrichtingen voldoende zichtbaar is. Aanvullende verlichting ter plaatse van het middeneiland of de middenberm kan daarom noodzakelijk zijn. Iedere deeloversteek wordt in de lichttechnische berekening als een afzonderlijk rekenveld beoordeeld.
   Door aanvullende verlichting in de middenruimte toe te passen, kan de benodigde masthoogte aan de buitenzijden doorgaans worden beperkt. In veel situaties kan daarbij worden uitgegaan van lichtmasten met een hoogte van 4 of 6 m, waarbij de definitieve configuratie wordt bepaald op basis van de lichttechnische berekening.



Figuur 13: Voorbeeld: zebrapad met middeneiland groter dan 3 meter

5.3. Zebrapad op een plateau

Bij een plateau ligt de oversteek verhoogd ten opzichte van de aansluitende rijbaan. Het hoogteverschil werkt snelheidsremmend en kan de aansluiting op de trottoirs verbeteren. De werking is afhankelijk van het hoogteverloop en de inrichting van de aanrijroutes. Alleen een afwijkende kleur of bestrating heeft niet dezelfde snelheidsremmende werking als een verhoogd plateau.

Een plateau kan al dan niet worden gecombineerd met een middeneiland of middenberm.

De aanwezigheid van een plateau heeft doorgaans geen directe gevolgen voor het gekozen verlichtingsprincipe. Voor een zebrapad op een plateau zonder middeneiland of middenberm gelden de uitgangspunten uit paragraaf 5.1. Wanneer het plateau is voorzien van een middeneiland of middenberm, gelden de uitgangspunten uit paragraaf 5.2. De definitieve inrichting van de verlichting wordt bepaald op basis van de specifieke situatie en de lichttechnische berekening.

5.4. Zebrapad met trottoiruitstulpingen of wegversmalling

Bij trottoiruitstulpingen wordt het trottoir plaatselijk richting de rijbaan verbreed. Hierdoor wordt de oversteeklengte verkort en komt de wachtende voetganger beter in het zicht van naderend verkeer. Deze oplossing is vooral relevant op locaties waar langs de rijbaan wordt geparkeerd. Parkeervakken, bomen, straatmeubilair en andere objecten moeten zodanig worden geplaatst dat de noodzakelijke zichtlijnen tussen voetgangers en naderend verkeer behouden blijven.

Een wegversmalling kan daarnaast bijdragen aan het verlagen van de naderings-snelheid. Wanneer fietsers gebruikmaken van de rijbaan, moet bij de inrichting rekening worden gehouden met hun positie en beschikbare ruimte.

Voor de inrichting van de verlichting kan een zebrapad met trottoiruitstulpingen of een wegversmalling doorgaans worden beschouwd als een zebrapad zonder middeneiland of middenberm. Hiervoor gelden de uitgangspunten uit paragraaf 5.1.

5.5. Zebrapad met vrijliggende fietspaden

Bij wegen met vrijliggende fietspaden bestaat de oversteek uit meerdere deel-oversteken. Een voetganger kruist achtereenvolgens het fietspad, eventueel een tussenliggende wachtruimte, de rijbaan en aan de overzijde opnieuw een fietspad. Daarbij vormen ook fietsers een verkeersstroom waarmee rekening moet worden gehouden. De markering en inrichting moeten gezamenlijk zorgen voor een duidelijke en logisch herkenbare oversteekroute.

Wanneer tussen het fietspad en de rijbaan een afzonderlijke wachtruimte aanwezig is, moet deze voldoende ruimte bieden aan de te verwachten gebruikers en vrij blijven van obstakels die de doorgang of noodzakelijke zichtlijnen belemmeren.

Voor het lichtontwerp worden de deeloversteken en tussenliggende wachtruimten afzonderlijk beoordeeld. Daarbij moet rekening worden gehouden met zowel de naderingsrichtingen van het gemotoriseerde verkeer als die van fietsers.

Door de grotere totale profielbreedte kunnen voor het verlichten van de rijbaan-oversteek lichtmasten met een hoogte tot en met 8 m en armaturen met een geschikte asymmetrische lichtverdeling nodig zijn. Aanvullende verlichting kan nodig zijn om de tussenliggende wachtruimten en de oversteken van de fietspaden voldoende te verlichten. Hiervoor kunnen bijvoorbeeld paaltoparmaturen worden toegepast. De uiteindelijke mastposities, masthoogten en lichtverdelingen worden bepaald op basis van de lichttechnische berekening.

5.6. Versprongen oversteek via een middeneiland

Bij een versprongen oversteek liggen de twee deeloversteken niet in elkaars verlengde. De voetganger volgt op het middeneiland een korte zijwaartse route voordat de tweede rijbaanhelft wordt overgestoken. Deze uitvoering wordt ook wel een bajonetoversteek genoemd.

De versprongen inrichting kan de twee afzonderlijke oversteken duidelijker van elkaar scheiden, maar vraagt voldoende ruimte en een zorgvuldige geleiding van voetgangers. De looproute mag geen onnodige belemmeringen opleveren voor mensen met een mobiliteits- of visuele beperking. Eventuele geleidehekken en andere objecten mogen de vrije doorgang en de noodzakelijke zichtlijnen niet belemmeren.

Voor het lichtontwerp is met name van belang dat sprake is van meerdere loop-, kijk- en naderingsrichtingen. De deeloversteken en de vertrek- en wachtruimten op het middeneiland worden daarom afzonderlijk beoordeeld.

Bij een middeneiland breder dan 3 m kan aanvullende verlichting op het middeneiland nodig zijn om de voetganger vanuit de relevante naderingsrichtingen voldoende zichtbaar te maken. Hiervoor gelden tevens de uitgangspunten uit paragraaf 5.2.

5.7. Samenvatting

De inrichting van een vrijliggend zebrapad is mede bepalend voor de inrichting van de verlichting. Daarbij moet niet alleen worden gekeken naar de zichtbaarheid van overstekende en wachtende voetgangers, maar ook naar het beperken van verblinding en andere visuele hinder voor naderend verkeer.

Het toevoegen van extra licht is alleen zinvol wanneer de positie van de lichtmasten, de lichtverdeling en het verlichtingsniveau gezamenlijk bijdragen aan een goede zichtbaarheid van de voetganger. Bij samengestelde oversteken moeten de afzonderlijke deeloversteken en wachtruimten vanuit de relevante naderingsrichtingen worden beoordeeld.

De keuze van rekenvlakken, beoordelingsrichtingen en toetswaarden wordt afgestemd op de specifieke weginrichting en vastgelegd in het lichtontwerp.

6. Lichttechnische eisen en beoordeling

6.1. Uitgangspunten

De verlichting van een vrijliggende zebrapaden heeft als doel wachtende en overstekende voetgangers tijdig zichtbaar te maken voor naderende bestuurders. Daarbij staat niet de verlichting van het wegdek of de markering centraal, maar de zichtbaarheid van de mens.

De beoordeling van een zebrapad vindt daarom plaats op basis van de verticale verlichtingssterkte op de voetganger. Daarbij worden zowel de oversteekplaats als de aangrenzende wachtruimte beoordeeld.

De vereiste verticale verlichtingssterkte hangt samen met het verlichtingsniveau van de aangrenzende weg. Naarmate de omgeving helderder wordt verlicht, neemt ook de benodigde verticale verlichtingssterkte op de voetgangersoversteekplaats toe om voldoende contrast tussen voetganger en omgeving te behouden.

Als uitgangspunt gelden de volgende ontwerpprincipes:
- de voetganger staat centraal;
- verticale verlichtingssterkte is leidend;
- de zichtbaarheid van de voetganger is belangrijker dan de zichtbaarheid van de markering;
- zowel de oversteekplaats als de wachtruimte moeten worden beoordeeld;
- de vereiste verticale verlichtingssterkte is gekoppeld aan de verlichtingsklasse van de aangrenzende weg;
- asymmetrische verlichting is vaak een effectieve oplossing, maar niet verplicht;
- bepalend is het bereikte resultaat en niet het toegepaste armatuurtype.

6.2. Verlichtingsklassen voor vrijliggende zebrapaden

6.2.1. Algemeen

Voor vrijliggende zebrapaden wordt onderscheid gemaakt tussen:
- VOM-klassen voor wegen die worden verlicht volgens een M-klasse;
- VOP-klassen voor wegen die worden verlicht volgens een P-klasse.

De basis van deze klassen is te vinden in onderzoek van Tomczuk[5]

De vereiste klasse van hert zebrapad wordt rechtstreeks afgeleid van de verlichtings-klasse van de aangrenzende weg. Hierdoor ontstaat een directe relatie tussen het lichtniveau van de weg en de vereiste zichtbaarheid van de voetganger.

5 Tomczuk, P. (2019). Lighting requirements for pedestrian crossings – positive contrast

6.2.2. VOM-klassen

Voor wegen met een M-verlichtingsklasse gelden de in tabel 1 opgenomen eisen.

Tabel 1: Verlichtingsklasse zebrapad gebaseerd op M-klasse wegen.

Verlichtingsklasse zebrapad	Verlichtingsklasse op de rijbaan		Zebrapad	Wachtruimte
	NPR 13201	$\overline{L}$ cd/m²	$\overline{E_v}$ lx	$E_{v\text{-}min}$ lx
VOM2	M2	1,5	75	5,0
VOM3	M3	1,0	50	4,0
VOM4	M4	0,75	35	4,0
VOM5	M5	0,50	25	3,0
VOM6	M6	0,30	15	2,0

6.2.3. VOP-klassen

Voor wegen met een P-verlichtingsklasse gelden de in tabel 2 opgenomen eisen.

Tabel 2: Verlichtingsklasse zebrapad gebaseerd op P-klasse wegen.

Verlichtingsklasse zebrapad	Verlichtingsklasse op de rijbaan		Zebrapad	Wachtruimte
	NPR 13201	$\overline{E}$ lx	$\overline{E_v}$ lx	$E_{v\text{-}min}$ lx
VOP1	P1	15,0	50	5,0
VOP2	P2	10,0	35	4,0
VOP3	P3	7,5	25	4,0
VOP4	P4	5,0	20	3,0
VOP5	P5	3,0	10	2,0

Opmerking bij tabellen 1 en 2:

1. De in de tabellen opgenomen verticale verlichtingssterkte is bepaald op basis van Q0 = 0,06. Als de werkelijke Q0 waarde afwijkt dient de vereiste verticale verlichtingssterkte opnieuw te worden bepaald. Hierbij moet een contrastwaarde van minimaal C = 2 tussen voetganger en achtergrond worden aangehouden.
2. Bij de afleiding van de waarden in tabel 1 en tabel 2 is uitgegaan van een reflectiefactor van **ρ = 0,20 (20%)** voor de voetganger. Deze waarde vertegenwoordigt een relatief donker object en vormt daarmee een conservatief uitgangspunt voor de bepaling van de vereiste verticale verlichtingssterkte.
   In de praktijk kunnen de reflectie-eigenschappen van kleding en andere objecten variëren. Bij hogere reflectiefactoren kan dezelfde zichtbaarheid worden bereikt met een lagere verticale verlichtingssterkte.
3. De berekende vereiste verticale verlichtingssterkte mag niet hoger zijn dan de waarde die behoort bij de eerstvolgende hogere VOM- of VOP-klasse.

6.3. Vaststelling van de verticale verlichtingssterkte

6.3.1. Algemeen

De verticale verlichtingssterkte wordt bepaald op 1,0 m boven het wegoppervlak. Deze beoordelingshoogte representeert de positie van een voetganger en wordt gebruikt om te beoordelen of overstekende en wachtende voetgangers voldoende zichtbaar zijn voor naderende bestuurders.

6.3.2. Rekenpunten op het zebrapad

De gemiddelde verticale verlichtingssterkte op het zebrapad en de bijbehorende wachtruimten wordt bepaald aan de hand van vaste rekenpunten. De rekenpunten op het zebrapad liggen op de hartlijn van de oversteek.

Bij een weg met twee rijstroken en een onderbroken asmarkering wordt het centrale rekenpunt bepaald door het snijpunt van:

- de hartlijn van het zebrapad; en
- de middenlijn van de rijbaan.

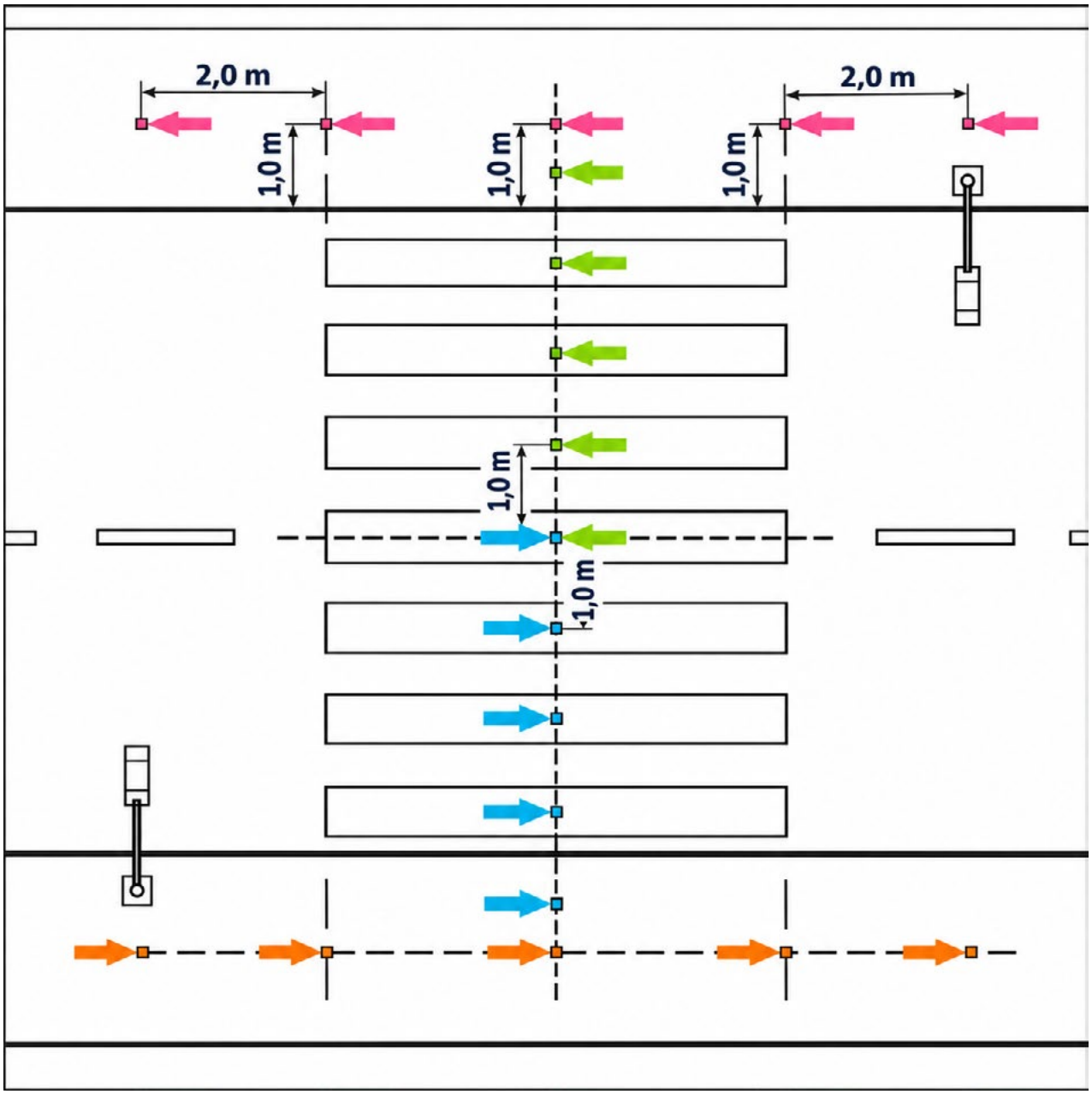
Vanaf dit centrale punt worden in beide richtingen langs de hartlijn van het zebrapad rekenpunten uitgezet met een onderlinge afstand van 1,0 m. De reeks wordt voortgezet tot en met de wachtruimten aan weerszijden van de rijbaan, waarbij het laatste rekenpunt zich op het trottoir bevindt.

Bij een middenberm, middeneiland of gescheiden rijbanen wordt voor iedere afzonderlijke deeloversteek een eigen centraal punt bepaald.

6.3.3. Rekenpunten in de wachtruimten

Voor de wachtruimten worden aanvullende rekenpunten toegepast. Deze worden verdeeld over het gebied waarin voetgangers zich vóór het oversteken kunnen bevinden. Hiermee wordt beoordeeld of voetgangers ook vóór het betreden van de rijbaan voldoende zichtbaar zijn voor naderende bestuurders.

De exacte ligging en verdeling van de rekenpunten op het zebrapad en in de wachtruimten zijn weergegeven in figuur 14.



Figuur 14: Illustratie van de verticale verlichtingssterkte op het hart van een vrijliggende oversteekplaats. De vaste posities vormen een raster over het zebrapad en het trottoir. Alle rekenpunten liggen op een hoogte van 1 meter boven het wegdek. De pijlen illustreren de richting waarin de lichtberekening of lichtmeting moet worden gedaan

6.3.4. Waarnemingsrichting

De verticale verlichtingssterkte wordt bepaald op vastgestelde beoordelingspunten die zijn georiënteerd op de relevante rijrichting van het verkeer (zie figuur 14). In afwijking van de methodiek die Tomczuk hanteert wordt de verlichtingssterkte alleen bepaald in de rijrichting.

6.4. Beoordelingsgebied

6.4.1. Zebrapad

De verticale verlichtingssterkte wordt beoordeeld over de volledige oversteekroute van de voetganger. Hieronder vallen:

- de gemarkeerde oversteek;
- de rijstroken die door de voetganger worden gekruist;

eventuele middeneilanden, middenbermen of verkeersgeleiders die onderdeel uitmaken van de oversteek.
De verlichting moet zodanig zijn ingericht dat voetgangers gedurende de volledige oversteek voldoende zichtbaar zijn voor naderende bestuurders.

6.4.2. Wachtruimte

Naast het zebrapad worden ook de bijbehorende wachtruimten beoordeeld. Onder een wachtruimte wordt verstaan het gedeelte van het trottoir, de berm, het middeneiland of de middenberm waar voetgangers zich kunnen bevinden voordat zij de rijbaan betreden of hun oversteek vervolgen.

De wachtruimte maakt integraal onderdeel uit van de beoordeling, omdat een voetganger al vóór het betreden van de rijbaan voldoende zichtbaar moet zijn voor naderende bestuurders. Hierdoor kan een bestuurder een wachtende voetganger tijdig waarnemen en herkennen als een verkeersdeelnemer die mogelijk gaat oversteken.

De ligging en afmetingen van de te beoordelen wachtruimten zijn schematisch weergegeven in figuur 7.

6.5. Lichttechnische beoordeling

6.5.1. Gemiddelde verticale verlichtingssterkte

De gemiddelde verticale verlichtingssterkte op de oversteekplaats moet voldoen aan de eisen behorend bij de vastgestelde VOM- of VOP-klasse.

6.5.2. Wachtruimte

De gemiddelde verticale verlichtingssterkte in de wachtruimte moet voldoen aan de eisen uit tabel 1 of tabel 2. Hiermee wordt gewaarborgd dat voetgangers zichtbaar zijn voordat zij de rijbaan betreden.

6.5.3. Lichtberekeningen

De beoordeling mag plaatsvinden op basis van een lichtberekening, een lichtmeting of een combinatie van beide. Bij nieuwe installaties wordt aanbevolen de conformiteit vooraf aan te tonen door middel van een lichtberekening. Bij bestaande installaties kan een controlemeting worden uitgevoerd. Voor zowel lichtmeting als lichtberekening van een oversteek dient ook de rijbaanverlichting in een gebied 100 meter vóór en 100 meter na de oversteek te worden meegenomen. Hierbij is het belangrijk dat wordt gecontroleerd dat de rijbaanverlichting past bij de verlichtingsklasse op de rijbaan.

6.5.4. Uniformiteit van de verticale verlichtingssterkte

De in dit document opgenomen eisen voor vrijliggende zebrapaden zijn gebaseerd op de gemiddelde verticale verlichtingssterkte. Het doel hiervan is het waarborgen van een voldoende zichtbaarheid van wachtende en overstekende voetgangers. Voor de beoordeling van de VOM- en VOP-klassen wordt daarom geen minimale uniformiteitseis voorgeschreven. De conformiteit van een installatie wordt uitsluitend vastgesteld op basis van de gemiddelde verticale verlichtingssterkte op de oversteekplaats en in de wachtruimte.

Wel wordt aanbevolen grote verschillen in verticale verlichtingssterkte binnen het beoordelingsgebied te voorkomen. Een gelijkmatige verlichting van de oversteekplaats en de wachtruimte draagt bij aan een consistente zichtbaarheid van voetgangers en voorkomt dat delen van het beoordelingsgebied relatief donker blijven. Bij het ontwerp van een verlichtingsinstallatie verdient het daarom aanbeveling de verticale verlichtingssterkte zo gelijkmatig mogelijk over de oversteekplaats en de wachtruimte te verdelen, zonder dat dit ten koste gaat van het realiseren van de vereiste gemiddelde verticale verlichtingssterkte.

6.5.5. Verblinding

Verlichting bij een voetgangersoversteekplaats moet ervoor zorgen dat naderende bestuurders voetgangers op de oversteek en in de wachtruimte tijdig kunnen herkennen. Tegelijkertijd kan rechtstreeks licht van de armaturen aan de overzijde van de rijbaan hinder of zelfs verblinding veroorzaken. Om te bepalen of asymmetrische armaturen, die het licht gericht over de oversteekplaats verdelen, (verblindend) licht kunnen uitstralen in de richting van de ogen van een bestuurder wordt het risico hierop geschat aan de hand van een berekening.

Voor de risicocalculatie wordt uitgegaan van een auto die een vrijliggend zebrapad nadert met een snelheid van 50 km/h. Met een stoptijd van 2 seconden wordt de mogelijke verblinding (disability glare) uitgerekend op een afstand van 30 meter van het hart van de oversteek. Disability glare betreft een vermindering van het waarnemingsvermogen doordat licht in het oog wordt verstrooid. Hierdoor ontstaat een lichtsluier die het contrast tussen een voetganger en diens achtergrond vermindert. Deze bijdrage wordt beschreven met de equivalente sluierluminantie, ook aangeduid als strooilichtluminantie.

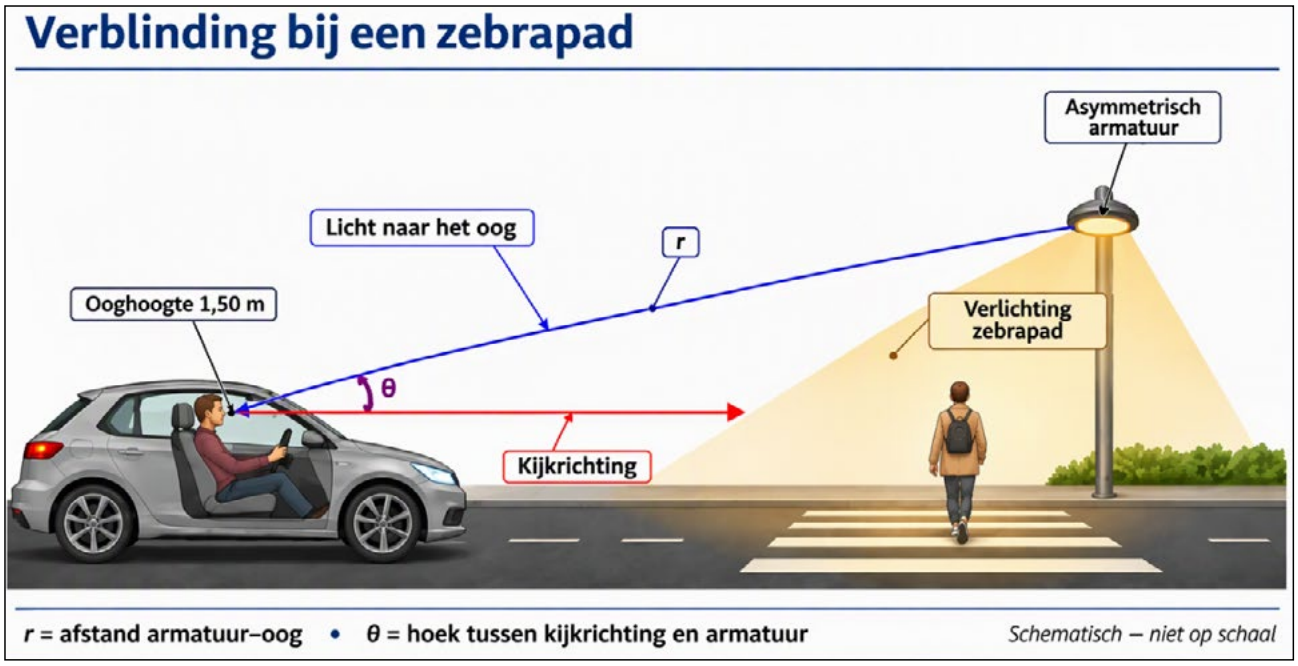
Een bekende benadering voor het berekenen van disability glare is de formule van Stiles–Holladay:

$$L_{sluier} = k * \frac{Eoog}{\theta^2}$$

Hierin is:

- L_{sluier} de equivalente sluierluminantie, uitgedrukt in cd/m²;
- E_{oog} de verlichtingssterkte door de beschouwde verblindingsbron op het oog, bepaald in een vlak loodrecht op de kijkrichting, uitgedrukt in lux;
- θ de ruimtelijke hoek tussen de kijkrichting en de richting van het oog naar het armatuur, uitgedrukt in graden;

- k de strooilichtconstante[6], die onder meer samenhangt met de leeftijd en oogconditie van de bestuurder. Deze constante representeert de verstrooiing van licht in het oog van de waarnemer. Voor de berekening van de equivalente sluierluminantie wordt een strooilichtconstante toegepast. Voor situaties buiten het geldigheidsgebied van deze relatie, of wanneer rekening wordt gehouden met de leeftijd van de waarnemer, wordt een passende formule uit CIE 146:2002 toegepast.



Figuur 15 Verblinding bij een zebrapad

Toelichting:
Een automobilist bevindt zich op 30 meter vóór de hartlijn van de oversteekplaats en kijkt horizontaal vooruit onder een hoek van 1 graad richting het asfalt. De ooghoogte bedraagt 1,50 meter en het beschouwde armatuur hangt op 6,00 meter hoogte. De afstand in de rijrichting tussen het oog en het lichtpunt bedraagt 35 meter.

De hoek naar het armatuur wordt bepaald door zowel het hoogteverschil als de zijdelingse afstand en kan worden uitgerekend. In dit voorbeeld bedraagt de hoek 11,2°. Uit het lichtberekeningsprogramma volgt een verlichtingssterkte op het oog van minder dan 0,1 lx. Onder de aanname dat deze waarde de rechtstreekse bijdrage van het beschouwde armatuur betreft, bepaald in het juiste meetvlak, volgt voor de sluierluminantie de bovengrens:

6 De strooilichtfactor is in de lichttechniek een correctiefactor waarmee rekening wordt gehouden met licht dat buiten het primair beschouwde verlichte vlak terechtkomt of vanuit andere richtingen bijdraagt.

L-sluier < 10 · 0,1 / 11,2² ≈ 0,008 cd/m². Omdat de verlichtingssterkte op het oog van de automobilist lager is dan 0,1 lx, ligt ook de werkelijke berekende sluierluminantie onder deze grens.

De weg is ingericht op verlichtingsklasse M5 en heeft in de beschouwde situatie een gemiddelde wegdekluminantie van 0,65 cd/m². De sluierluminantie bedraagt daarmee minder dan 2% van de gemiddelde wegdekluminantie.

Wanneer de gemiddelde wegdekluminantie als benadering van de achtergrond-luminantie wordt gebruikt, kan het contrastverlies als gevolg van sluierluminantie van het betreffende armatuur worden geschat op ongeveer 1,2%. Bij nadering van de oversteek wordt weliswaar de verlichtingssterkte op het oog groter, maar tevens ook de hoek tussen invallend licht en kijkrichting groter waardoor de sluierluminantie niet verder zal toenemen.

Het berekende resultaat komt overeen met de verwachting dat de verlichting geen verblinding voor aankomend verkeer veroorzaakt. De “piek” in lichtsterkte afkomstig van armaturen met asymmetrische optiek is immers gericht op de oversteekplaats (vaak hoek tussen 40 en 55 graden met de verticaal). De lichtsterkte van deze armaturen onder hoeken van meer dan 60 graden met de verticaal, en mogelijk relevant voor aankomend verkeer, neemt doorgaans sterk af voor verlichting met een asymmetrisch profiel bedoeld voor het verlichten van zebrapaden. Hierdoor is hinder in de vorm van disability glare afkomstig van deze armaturen niet aannemelijk.

Een berekening van de disability glare in het ontwerp voor de verlichting van voet-gangersoversteekplaatsen wordt niet nodig geacht. In gevallen van twijfel kan de mate van disbality glare als maat voor de verblinding worden uitgerekend door middel van een lichtberekening.

7. Toepassing in de praktijk

Bij het ontwerp van een nieuwe vrijliggend zebrapad dient eerst te worden vastgesteld of een zebrapad verkeerskundig de meest geschikte oplossing is. Verlichting kan bijdragen aan de zichtbaarheid van voetgangers, maar kan een ongeschikte locatie of een onveilige inrichting niet compenseren.

Het ontwerp van een vrijliggende zebrapad verloopt bij voorkeur volgens de volgende stappen:

1. Beoordeel de verkeerskundige geschiktheid van de locatie.
2. Bepaal de verlichtingsklasse van de aangrenzende weg.
3. Bereken de actuele verlichtingskwaliteit als profielberekening. Gebruik daarvoor het gebied tussen twee opeenvolgende lichtmasten voor en na het zebrapad. De absolute gelijkmatigheid in dit gebied dient ≥ 0,35 te zijn.
4. Stel de vereiste VOM- of VOP-klasse vast.
5. Ontwerp de verlichtingsinstallatie met behulp van lichttechnische rekensoftware. Opmerking: alleen de Ev van de aanvullende verlichting dient uitgerekend te worden.
6. Verifieer na realisatie of aan de gestelde eisen wordt voldaan.

Bij het ontwerp staat de zichtbaarheid van de voetganger centraal. Daarbij dienen zowel de oversteekplaats als de wachtruimte voldoende zichtbaar te zijn vanuit de naderingsrichting van het verkeer.

7.1. Beoordeling van bestaande vrijliggende voetgangersoversteekplaatsen

7.1.1. Beoordeling bestaande situatie

Bij bestaande vrijliggende voetgangersoversteekplaatsen verdient het aanbeveling eerst vast te stellen of daadwerkelijk sprake is van een verkeerskundig of licht-technisch probleem. De beoordeling bestaat uit drie onderdelen: de verkeerskundige beoordeling, de lichttechnische beoordeling en de technische beoordeling [5].

Bij een verkeerskundige beoordeling wordt gekeken naar de ligging van het zebrapad, de zichtlijnen voor bestuurders en voetgangers en de aanwezigheid van obstakels. Daarnaast worden de oversteekafstand, de inrichting van de wachtruimte en de toegankelijkheid voor minder mobiele gebruikers beoordeeld.

Bij een lichttechnische beoordeling wordt vastgesteld welke verlichtingsklasse voor de weg geldt en welke VOM- of VOP-klasse van toepassing is. Vervolgens wordt onderzocht welke verticale verlichtingssterkte daadwerkelijk aanwezig is en of de wachtruimte voldoende wordt verlicht. De gemeten en/of berekende waarden worden vergeleken met de waarden in tabel 1 en/of tabel 2 van dit rapport.

Bij een technische beoordeling worden de staat van de masten en armaturen, de positionering van de armaturen en het functioneren van de installatie onderzocht. Ook wordt nagegaan of begroeiing of andere objecten de verlichting afschermen. Als uit de beoordelingen blijkt dat niet aan de gestelde eisen wordt voldaan, worden passende verbetermaatregelen overwogen.

7.1.2. Mogelijke verbetermaatregelen

Wanneer een bestaande installatie onvoldoende presteert, zijn verschillende oplossingen mogelijk. Afhankelijk van de situatie kan worden gekozen voor:

- aanpassen van de lichtverdeling;
- vervangen van armaturen;
- verhogen van de lichtstroom;
- plaatsen van één of meerdere extra lichtmasten en armaturen;
- aanpassen van de positionering van lichtmasten en/of armaturen;
- verwijderen van obstakels die de lichtuitstraling beperken.

De keuze voor een maatregel dient altijd te worden gebaseerd op de oorzaak van het probleem. Het plaatsen van extra verlichting mag geen vervanging zijn voor een noodzakelijke verkeerskundige aanpassing. Tenslotte kan worden overwogen om te controleren of voldaan wordt aan de uitgangspunten voor het verkrijgen van een goede zichtbaarheid van de voetganger. Indien geen van alle maatregelen leidt tot een goed verlicht zebrapad waarbij de voetganger tijdig en voldoende zichtbaar is dient de ligging van het zebrapad te worden heroverwogen.

7.2. Beoordeling van nieuwe vrijliggende voetgangersoversteekplaatsen

7.2.1. Ontwerpaanbevelingen

Bij het ontwerpen van verlichting voor vrijliggende zebrapaden staat de zichtbaarheid van de voetganger centraal. De verlichting moet daarom personen op en nabij de oversteekplaats zichtbaar maken. De wachtruimte vormt een integraal onderdeel van het ontwerp, zodat bestuurders voetgangers al kunnen waarnemen voordat zij de rijbaan betreden (vice versa). Door voetgangers vanuit de naderingsrichting van het verkeer aan te lichten, worden hun lichaamscontouren beter zichtbaar. Daarbij moet hinderlijke verblinding voor bestuurders, fietsers en voetgangers worden voorkomen. Het ontwerp moet aansluiten op de omgeving, waar bomen, beplanting, bushaltes, reclameobjecten, straatmeubilair en geparkeerde voertuigen het lichtbeeld of de zichtlijnen kunnen beïnvloeden. Ook toekomstige ontwikkelingen in de openbare ruimte moeten worden meegewogen, zodat de verlichting haar functie blijft vervullen.

7.2.2. Veel voorkomende ontwerpfouten

Uit praktijkervaring blijkt dat bij vrijliggende zebrapaden regelmatig dezelfde fouten worden gemaakt. Veel voorkomende ontwerpfouten zijn:

- Te veel aandacht voor het zebrapad: De markering wordt sterk verlicht terwijl de voetganger onvoldoende zichtbaar is.
- Wachtruimte vergeten: De oversteekplaats voldoet aan de eisen, maar wachtende voetgangers bevinden zich in een relatief donkere omgeving.
- Verlichting als oplossing voor een verkeerskundig probleem: Extra verlichting wordt toegepast terwijl de werkelijke oorzaak ligt in een ongunstige locatie, onvoldoende zichtlijnen of een te hoge naderingssnelheid.
- Alleen horizontale verlichting beoordelen: De beoordeling wordt uitsluitend gebaseerd op wegdekverlichting terwijl de zichtbaarheid van de voetganger onvoldoende wordt onderzocht.
- Onnodig gebruik van attentieverhogende voorzieningen: Knipperlichten, gekleurde verlichting of andere opvallende voorzieningen worden toegepast terwijl de basisinrichting onvoldoende op orde is.

7.2.3. Oplevering en verificatie

Na realisatie van een nieuwe of aangepaste installatie dient te worden vastgesteld of aan de ontwerpuitgangspunten en verlichtingseisen wordt voldaan.
Dit kan plaatsvinden door middel van:

- een controleberekening;
- een controlemeting;
- een visuele inspectie;
- een combinatie van bovenstaande methoden.

De resultaten dienen te worden vastgelegd zodat deze beschikbaar zijn voor toekomstig beheer en onderhoud.

8. Beheer, onderhoud en evaluatie

8.1. Beheer en onderhoud

Om de zichtbaarheid van voetgangers gedurende de gehele levensduur van de verlichtingsinstallatie te behouden, zijn periodieke inspecties en onderhoud noodzakelijk. Vervuiling van de optische systemen, veroudering van componenten en beschadigingen kunnen de lichtopbrengst en lichtverdeling nadelig beïnvloeden. Ook veranderingen in de omgeving, zoals nieuwe objecten of toenemende begroeiing, kunnen ervoor zorgen dat voetgangers op de oversteekplaats en in de wachtruimte minder goed worden verlicht.

Tijdens inspecties wordt daarom zowel de technische staat van de installatie als de invloed van de omgeving beoordeeld. Door tekortkomingen tijdig te signaleren en waar nodig armaturen te reinigen, onderdelen te vervangen of belemmerende begroeiing te verwijderen, blijft de verlichting haar functie vervullen. Tenslotte moeten inspectieresultaten en uitgevoerde werkzaamheden worden vastgelegd.

8.2. Periodieke beoordeling

Naast technisch onderhoud is het van belang periodiek te beoordelen of een vrijliggend zebrapad nog voldoet aan de uitgangspunten van dit document. Veranderingen in verkeersintensiteit, rijsnelheid of weginrichting kunnen andere eisen stellen aan de zichtbaarheid van wachtende en overstekende voetgangers. Ook gewijzigde gebruiksfuncties in de omgeving kunnen het gebruik van de oversteekplaats beïnvloeden, terwijl nieuwe bebouwing of beplanting de achtergrondhelderheid, het lichtbeeld en de zichtlijnen kan veranderen. Hierdoor kan een verlichtingsinstallatie die bij aanleg voldeed, na verloop van tijd onvoldoende aansluiten op de actuele situatie. Bij de periodieke beoordeling worden daarom de verkeerskundige omstandigheden en de lichttechnische prestaties in samenhang onderzocht, zodat noodzakelijke aanpassingen tijdig kunnen worden vastgesteld en uitgevoerd.

8.3. Evaluatie van gerealiseerde projecten

Na realisatie van een nieuw of aangepast vrijliggende zebrapad is het van belang te evalueren of de beoogde doelstellingen zijn bereikt. Lichtmetingen en controleberekeningen geven inzicht in de gerealiseerde lichttechnische prestaties. Verkeerskundige observaties en onderzoeken laten zien hoe de oversteekplaats in de praktijk wordt gebruikt en of bestuurders en voetgangers tijdig op elkaar (kunnen) reageren. Meldingen en klachten van weggebruikers kunnen daarbij aanvullende aandachtspunten aan het licht brengen. Bij locaties met een verhoogd verkeersveiligheidsrisico kan nader onderzoek naar het gedrag van bestuurders en voetgangers nodig zijn. De bevindingen worden vastgelegd en gebruikt om eventuele verbetermaatregelen te bepalen en ervaringen mee te nemen in toekomstige projecten.

8.4. Wanneer opnieuw beoordelen?

Een nieuwe beoordeling van de verlichting is wenselijk zodra wijzigingen aan de installatie, de weg of de verkeerssituatie invloed kunnen hebben op de zichtbaarheid van voetgangers. Bij vervanging van de verlichtingsinstallatie of wijziging van armaturen moet worden nagegaan of de lichtverdeling en verlichtingssterkte blijven aansluiten op het zebrapad en de wachtruimte. Een wegreconstructie, een andere verlichtingsklasse of een ingrijpende verandering van de verkeerssituatie kan eveneens aanleiding geven om de oorspronkelijke ontwerpuitgangspunten te herzien. Ook structurele klachten of ongevallen waarbij zichtbaarheid mogelijk een rol speelt, vragen om nader onderzoek. Zo kan worden vastgesteld of aanpassingen aan het zebrapad en/of de verlichting nodig zijn

8.5. Belangrijkste aanbevelingen

De belangrijkste aanbevelingen uit dit document zijn:
- Kies eerst een verkeerskundig geschikte locatie.
- Verlicht de voetganger en niet het zebrapad.
- Beoordeel zowel het zebrapad als de wachtruimte.
- Gebruik verticale verlichtingssterkte als belangrijkste beoordelingscriterium.
- Stem de verlichting van de oversteekplaats af op de verlichtingsklasse van de weg.
- Handhaaf bestaande verlichting wanneer aantoonbaar aan de eisen wordt voldaan.
- Voer periodiek inspecties en evaluaties uit.
- Gebruik verlichting als ondersteuning van een goede verkeerskundige inrichting, niet als vervanging daarvan.

9. Bronvermeldingen

1. Tomczuk, P. (2012). *Assessment model of luminance contrast of pedestrian figure against background on pedestrian crossing*. Przegląd Elektrotechniczny, 88(3a), 104–107.
2. Tomczuk, P. (2013). *Assessment of the state of pedestrian crossing lighting on the basis of field measurements of luminance*. Przegląd Elektrotechniczny.
3. Tomczuk, P., Chrzanowicz, M., & Mackun, T. (2017). *Methodology for assessing the lighting of pedestrian crossings based on light intensity parameters*. MATEC Web of Conferences, 122, 01008.
4. Tomczuk, P. (2019). *Lighting requirements for pedestrian crossings – positive contrast*
5. Nederlandse Stichting voor Verlichtingskunde (NSVV). (2020). *Technisch dossier: Veilig oversteken op het zebrapad*. NSVV
6. Tomczuk, P., Chrzanowicz, M., Mackun, T., & Budzyński, M. (2021). *Analysis of the results of the audit of lighting parameters at pedestrian crossings in Warsaw*. Archives of Transport, 59(3), 21–39.
7. Tomczuk, P., Wytrykowska, A., & Chrzanowicz, M. (2023). *Analysis of luminance contrast values at illuminated pedestrian crossings in urban conditions*. Energies, 16(24), 8031.

Hét Openbare Verlichting Kennisplatform van Nederland



OVLNL.NL