

Veilig verkeersgedrag bij beweegbare bruggen

Jouke Rypkema MSc, Eleonora Caprari MSc & ir. Alfred van Wincoop
rypikema@intergo.nl
INTERGO | International centre for Safety, Ergonomics & Human Factors
Snouckaertlaan 42, 3811 MB Amersfoort
+31 30 6778700

Samenvatting

Het ontwerp van een brug en zijn omgeving draagt bij aan het (on)veilige gedrag van weggebruikers. Belangrijk is dat ontwerpkeuzes zorgvuldig worden gemaakt en het gedragseffect wordt getoetst. De gemeente Zaanstad onderzocht samen met Intergo het gedragseffect van nudging, een vorm van onbewuste gedragssturing. Op het brugdek werd een geel-zwarte markering aangebracht, zodat het gevaarlijke deel van de brug duidelijker zichtbaar werd. De markering bleek een positief effect te hebben op het verkeersgedrag: de roodlichtnegatie en het aantal passanten dat tussen de slagbomen terecht kwam tijdens de bediening nam significant af, met name bij voetgangers. Daarbij zorgde de gele markering ervoor dat bedienaars de weggebruikers beter konden zien op de camerabeelden, hoewel dit ook bedienrisico's met zicht meebrengt. We concluderen dat de markering als nudge op positieve wijze bijdraagt aan het veilige gedrag van weggebruikers. We bevelen aan om nudges en andere gedragsbeïnvloedende maatregelen op structurele wijze te bepalen en bovenal het effect te onderzoeken voordat deze grootschalig worden toegepast. Daarbij bevelen we aan om veiligheid en maatregelen integraal te beschouwen, waarbij naast de weggebruiker ook aandacht is voor het perspectief van de brugbedienaar en vaarweggebruiker.

Inleiding

Nederland kent naar schatting meer dan duizend beweegbare bruggen, lokaal of centraal bediend. Bij elke brugbeweging zijn er veiligheidsrisico's voor weggebruikers. In 2015 deed zich een dodelijk ongeval voor bij de Den Uylbrug in de Zaanstad. De Onderzoeksraad Voor de Veiligheid (OVV, 2016) onderzocht het ongeval. Een belangrijke conclusie was dat het ongeval niet beschouwd mag worden als een uitzonderlijke situatie met veiligheidsrisico's bij de bediening van kunstwerken en dus ook op andere plaatsen kan voorkomen. Een van de vele aanbevelingen was om de herkenbaarheid van het beweegbare deel van de brug voor het langzaam verkeer te vergroten ten opzichte van het veilige gebied op de brug. De gemeente Zaanstad besloot daarom het beweegbare deel van de fiets- en voetgangersbrug bij de dr. J.M. den Uylbrug van een gele kleur te voorzien.

Veiligheid en (on)bewust gedrag

Om de veiligheid te maximaliseren willen we veilig gedrag zoveel mogelijk vergroten en onveilig gedrag zoveel mogelijk voorkomen. Veilig en onveilig gedrag wordt bewust of onbewust getoond. De onderstaande tabel beschrijft de verschillende mogelijkheden.

Gedrag	Veilig	Onveilig
Bewust	Weggebruiker herkent de naderende gevaarlijke situatie en past bewust het gedrag daarop aan. Bijvoorbeeld, weggebruiker ziet de signalering, weet dat de brug gaat openen en wacht voor de stopstreep.	Weggebruiker is zich bewust van gevaarlijke situatie, maar vertoont bewust onveilig gedrag, vaak vanwege een ander belang. Bijvoorbeeld, door de wachttijd kom de weggebruiker te laat op de plek van bestemming en neemt risico's om dit te voorkomen.
Onbewust	Weggebruiker vertoont veilig gedrag bij gevaarlijke situatie, maar doet dat onbewust. Bijvoorbeeld, de kleur van het brugdek is niet uitnodigend om op stil te blijven staan?	Weggebruiker gedraagt zich onveilig, maar is zich daar niet van bewust. Bijvoorbeeld, weggebruiker bevindt zich op brugdek, hoort/ziet signalering niet en blijft op brugdek staan.

Invloedsfactoren verkeersgedrag

Voor de weggebruiker zijn er vier omgevingsfactoren bij objecten die invloed hebben op het bewuste of onbewuste gedrag en de uitvoering van de rijtaak (Rijkswaterstaat, 2016):

Wegontwerp

Het wegontwerp heeft betrekking op de infrastructurele vorm van de weg op en rond het object. Bijvoorbeeld, is het langzame verkeer gescheiden van het snellere verkeer, of is er een kruising aanwezig nabij het object.

Daarnaast zijn de indeling van het dwarsprofiel, de ontwerpsnelheid, veranderingen in het horizontale of verticale alignement en het profiel van vrije ruimte van invloed op de uitvoering van de rijtaak nabij het object.

Weginrichting

Met de weginrichting bedoelen we alles wat er bij de weg is aangebracht ter ondersteuning van het gewenste rijgedrag. Denk daarbij bijvoorbeeld aan bewegwijzering, markering, bebording, signalering. De weginrichting moet goed worden afgestemd op de informatiebehoefte van de weggebruiker.

Wegomgeving

De wegomgeving heeft betrekking op (elementen van) de wegomgeving die effect kunnen hebben op het rijgedrag, bijvoorbeeld omdat ze zorgen voor afleiding of het zicht op de weg en weginrichting belemmeren. Denk daarbij aan gebouwen, overspanningen, beplanting, informatieborden, reclamezuilen, etc.

Verkeerssituatie

De verkeerssituatie heeft betrekking op het aanwezige wegverkeer en de verkeersbewegingen. Denk daarbij aan verkeersintensiteit, percentage vrachtverkeer, voetgangers, fietsers, verhouding intensiteit en capaciteit, etc.

Een sub-optimale toestand van bovenstaande factoren kan leiden tot onveilig gedrag. We kunnen de factoren ook gebruiken als 'knoppen' om veilig gedrag positief te beïnvloeden, bijvoorbeeld door de weggebruikers bewust te maken van de gevaarlijke situatie, of onbewust te verleiden tot het gewenste gedrag. Een middel om onbewust veilig gedrag te stimuleren is het toepassen van nudging.

Nudging

Nudging staat voor het geven van een subtiel duwtje in de goede richting, zonder hierbij vrijheden in te perken of verplichtingen op te leggen (Thaler & Sunstein, 2008). Een nudge maakt gebruik van ons snelle, onbewuste beslissysteem, in tegenstelling tot het trage, bewuste systeem: Systeem 1 versus Systeem 2 (Kahneman, 2011). Volgens Kahneman nemen we de meeste beslissingen met behulp van het snelle, onbewuste Systeem 1.

Het geel maken van het beweegbare deel van de fiets- en voetgangersbrug is een aanpassing van de weginrichting en kan worden beschouwd als nudging (zie fig. 1). In de kleurkeuze hebben we ons laten leiden door de kleuren die formeel bij weginrichting worden gebruikt. Het gele brugdek valt op en de kleur geel wordt vaker gebruikt om aandacht te trekken, zoals bij tijdelijke verkeerssituaties. Daarnaast creëert geel genoeg contrast met het rood en het zwart van het brugdek. Ook is de kleur zichtbaar voor rood-groen kleurenblinden. Geel-blauw kleurenblindheid komt zelden voor (<0,01%).

De aanname is dat de gele kleur ervoor zorgt dat passanten zich op de brug onbewust beter kunnen oriënteren en sneller beslissen om voor de streep te wachten of het brugdek te verlaten als de brug gaat sluiten.



se

Figuur 1: het oorspronkelijke ontwerp van het gele vlak met geel geschilderd beweegbare deel van de dr. J.M. den Uylbrug.

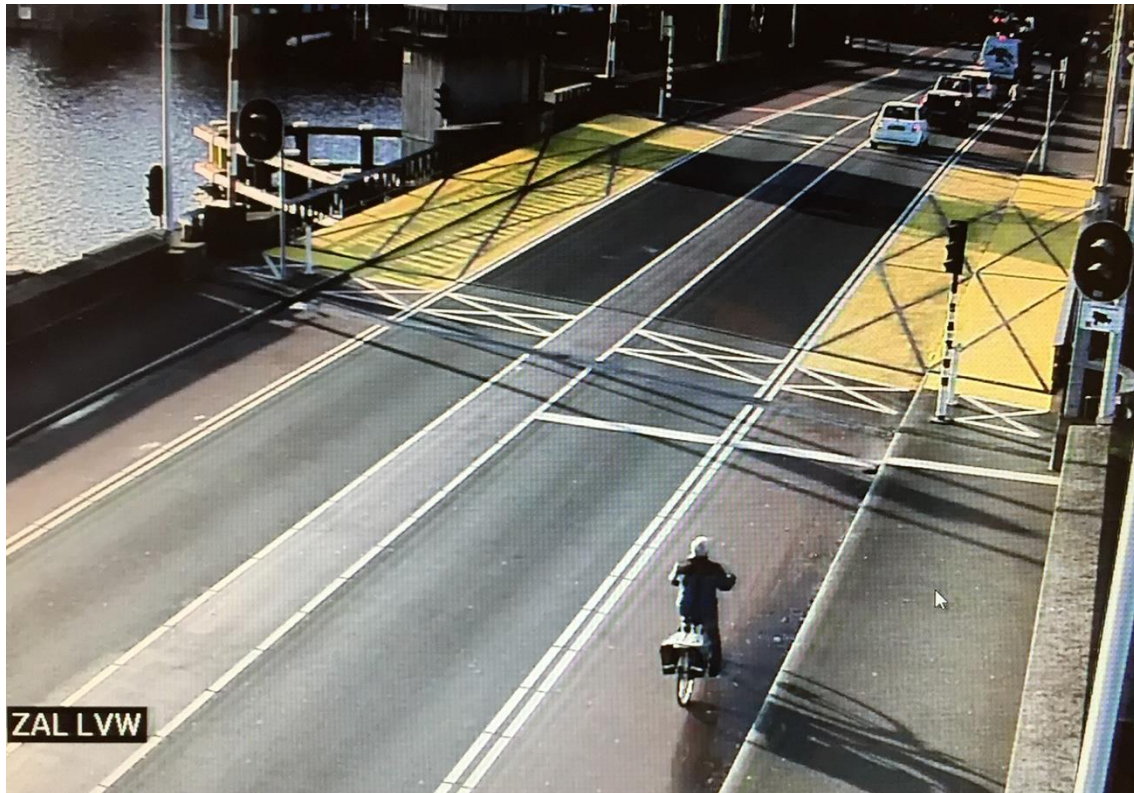
Verkennde evaluatie

De gemeente Zaanstad overwoog om het geel geschilderde vlak als maatregel ook toe te passen bij andere bruggen. Daarvoor wilde de gemeente eerst het effect kennen van de maatregel op de Den Uylbrug. Omdat gegevens van voor de maatregel ontbraken is er een verkennende evaluatie uitgevoerd door middel van het interviewen van passanten en bedienaren.

De resultaten lieten zien dat passanten de functie van het gele vlak herkenden. Ze beschouwden het als een mogelijke positieve bijdrage aan de veiligheid. Aanvullend ervaren bedienaren dat passanten op het gele vlak op de camerabeelden beter zichtbaar waren, vooral in het donker. Bedienaren stelden daarom voor om het *hele* gebied tussen de afsluitbomen (het gevaarlijke gebied) geel te markeren en niet alleen het beweegbare deel van de brug zoals oorspronkelijk het geval was.

Op basis van deze verkenning besloot de gemeente Zaanstad om de maatregel aan te passen. Het gele vlak werd uitgebreid tot de afsluitbomen zoals de bedienaren hadden aangegeven. Aanvullend zijn zwarte kruizen op het gele beweegbare deel aangebracht om dit deel nog duidelijker te onderscheiden van de rest van het geel gemarkeerde gevaarlijke gebied (zie figuur 2).

Vervolgens hebben we het effect van de maatregel op het gedrag van de weggebruikers met een nul- en effectmetingen onderzocht bij drie bruggen in Zaanstad.



Figuur.2: het herontwerp van het oorspronkelijke gele vlak op de Alexanderbrug. De markering is uitgebreid tot de bomen en het beweegbare deel is gemarkeerd door zwarte kruizen. Deze brug kent twee delen die openen.

Aanpak effectmeting

We onderzochten het effect van de geel-zwarte markering van het brugdek op het gedrag van langzaam verkeer tijdens de bediening van de bruggen. Concreet verwachtten we de volgende gedragseffecten:

1. Minder passanten die tussen de slagbomen opgesloten raken tijdens de brugbediening;
2. Een afname van roodlichtnegatie voor het sluiten van de slagbomen;
3. Sneller verlaten van het val met gele vlak door passanten na roodlichtnegatie en wanneer iemand toch tussen de dalende slagbomen terechtkomt.

De metingen zijn uitgevoerd bij drie bruggen in de gemeente: de Alexanderbrug, Bernardbrug en Zaanbrug. De volgende informatie werd genoteerd tijdens de analyses van de camerabeelden om het gedrag van de passanten op deze bruggen door middel van observaties van camerabeelden te analyseren:

- 1) Kenmerken van de passanten:
 - Type passant (voetganger, fietser, brommer).
 - Individueel of deel van een groep (om eventueel peer pressure effect te kunnen zien).
- 2) Gedrag van de passanten (afhankelijke variabelen):
 - Roodlichtnegatie: % mensen dat rood licht (of dalende / gresloten slagbomen) negeert.
 - Versnellend gedrag: gemiddelde snelheid waarmee passanten het brugdek verlaten na roodlichtnegatie.
 - Passanten tussen slagbomen: % mensen dat opgesloten raakt tussen de slagbomen.

De nulmetingen betroffen brugopeningen in november 2019, voordat het gele vlak is aangebracht. De effectmeting heeft plaatsgevonden in januari en februari 2020. In beide gevallen zijn observaties gedaan bij alle weeromstandigheden en tijd van de dag, inclusief donkere uren.

Resultaten

In totaal werden 926 passanten bij de nulmetingen geobserveerd en 1378 bij de effectmetingen (zie tabel 1 voor de details). De uitkomsten van de observaties zijn statistisch getoetst (chi-kwadraat toets). De gevallen waar er een significant resultaat is vastgesteld, zijn in groen gemarkeerd in tabel 2.

Tabel 1. Passanten per brug

Passanten	Alexanderbrug		Bernardbrug		Zaanbrug		Totaal	
	Voor	Na	Voor	Na	Voor	Na	Voor	Na
Voetganger	32	81	44	124	126	111	202	316
Fiets	128	334	174	292	352	334	654	960
Bromfiets	31	48	27	39	12	15	70	102
Totaal	191	463	245	455	490	460	926	1378

Tabel 2. Resultaten statistische analyse

	Totalen			
	Voetgangers	Fietzers	Bromfietzers	Alle passanten
Roodlichnegatie				
Versnellend gedrag				
Passanten tussen slagbomen				

	Alexanderbrug			
	Voetgangers	Fietzers	Bromfietzers	Alle passanten
Roodlichnegatie				
Versnellend gedrag				
Passanten tussen slagbomen				

	Bernhardbrug			
	Voetgangers	Fietzers	Bromfietzers	Alle passanten
Roodlichnegatie				
Versnellend gedrag				
Passanten tussen slagbomen				

	Zaanbrug			
	Voetgangers	Fietzers	Bromfietzers	Alle passanten
Roodlichtnegatie				
Versnellend gedrag				
Passanten tussen slagbomen				

Significant positief effect
 Geen significant effect

Resultaten over alle bruggen

Over alle bruggen genomen is er een positief effect op de roodlichtnegatie en het aantal passanten dat tussen de slagbomen terecht komt. Per type passant is dit effect alleen significant voor voetgangers. Qua snelheid van verlaten van de brug zijn er geen significante verschillen te zien.

Resultaten per brug

Bij geen van de individuele bruggen was er een significant positief effect van het gele vlak op het aantal passanten tussen de slagbomen. Dit kan te maken hebben met het kleine aantal observaties per afzonderlijke brug (zie nulmetingen Alexander- en Bernardbrug). Soms waren groepen namelijk te klein om statistisch een effect aan te kunnen tonen.

Alleen bij de Zaanbrug is bij alle type passanten een positief effect op de roodlichtnegatie te zien. Bij de Bernhardbrug was er alleen bij de bromfietzers een afname van de roodlichtnegatie.

Het valt ook op dat er bij de Zaanbrug een positief effect op het versnellend gedrag bij de voetgangers en gemiddeld over alle passanten was.

Voor alle bruggen is er een analyse gedaan ten aanzien van de invloed van medeweggebruikers op het gedrag (groepsgedrag). Hiervoor hebben we per brugdraai de groepsgrootte onderzocht die door rood gaat. Uit deze analyse was geen verschil te zien tussen nul- en effectmetingen.

Discussie effectmeting

De resultaten laten zien dat het gele vlak in sommige gevallen een bijdrage levert in het voorkomen van roodlichtnegaties en het opgesloten raken van passanten tussen de afsluitbomen.

Het effect verschilt per brug. Dit kan, naast de mogelijk te kleine steekproeven voor statistisch betrouwbare uitspraken, ook te maken hebben met de brugconfiguratie. Bij de Bernhardbrug is het langzaam verkeer geheel gescheiden van het snelverkeer. Er zijn daar twee verkeersstroken voor het langzaam verkeer waarbij de

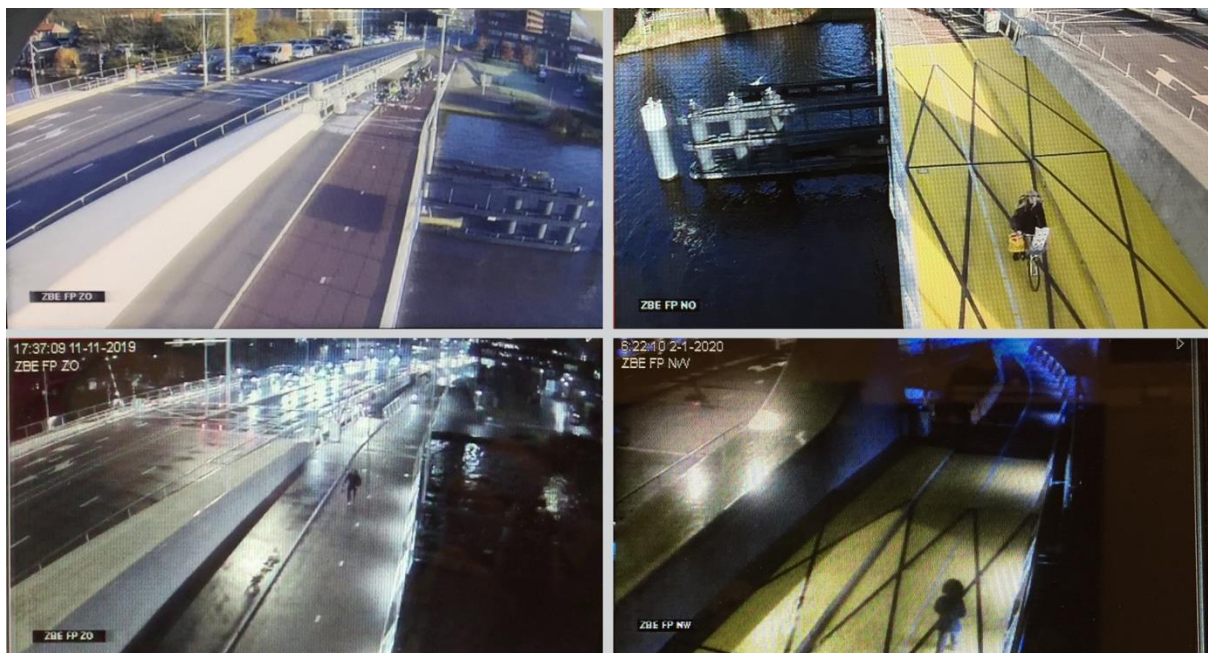
passanten van elk deel elkaar niet kunnen zien. Wellicht heeft hier sociale controle invloed. De aanname hierbij is dat weggebruikers sneller geneigd zijn tot het vertonen van ongewenst gedrag indien sprake is van minder (ervaren) sociale controle. Bij de Zaanbrug komen veel meer passanten tussen de slagbomen terecht dan bij de andere bruggen. Dat kan met de lengte van het beweegbare deel van de brug (het val) te maken hebben: het korte val van de Zaanbrug kan men snel 'nog even' willen oversteken, waardoor gemakkelijker roodlichtnegatie optreedt en daarmee ook de kans om opgesloten te raken tussen de slagbomen.

Mogelijke consequenties voor de bedienaren

Zoals aangegeven heeft het gele vlak invloed op het werk van de bedienaren. Volgens hun ervaring, worden passanten makkelijker waarneembaar op de camerabeelden door het verbeterde contrast met de achtergrond, vooral in het donker. In de foto's van fig. 3 is een vergelijking te zien van de situatie voor en na de toepassing van de maatregel. Het contrast is groter en de grenzen met het onveilige gebied lijken scherper. Echter, als er iemand een lichtgekleurde jas draagt, wordt dit effect kleiner.

Een mogelijk risico is dat het gele vlak afleidend werkt voor de bedienaar. Het vlak markeert qua veiligheid het meest kritische brugdeel en vergemakkelijkt het waarnemen en herkennen van passanten op het brugdeel (verlaging van de werkbelasting). Dit 'gemak' kan maken dat andere visuele controlepunten worden genegeerd. De operators moeten ervan bewust zijn dat dit effect kan optreden.

Voor de evaluatie had idealiter een onveilige situatie onderdeel geweest van de observaties bijv. in dit geval het gedrag van mensen tussen de gesloten slagbomen. De hoeveelheid van mensen die tussen de slagbomen kwamen was eigenlijk te beperkt om conclusie uit te kunnen trekken.



Figuur 3: Het verschil tussen de camerabeelden van de Bernardbrug in de situatie voor en na implementatie van het gele vlak, in licht en donker situatie.

Reflectie op de aanpak

De keuze van het gele vlak is gebaseerd op *expert judgement* van de betrokken medewerkers van de gemeente Zaanstad en human factors specialisten. Voor de ontwikkeling van effectieve *nudges* is een structurele aanpak echter van belang. Lindhout en Reniers (2017) presenteren een systematische aanpak voor de ontwikkeling van nudges in het kader van veiligheidsmanagement binnen een professionele sector. De gedachte daarbij is dat nudges geen veiligheidsmaatregel kunnen vervangen, maar wel het naleven van regels kunnen verbeteren. Ook kunnen zij niet-geregelde situaties ondersteunen, waar veiligheidsmaatregelen ontbreken.

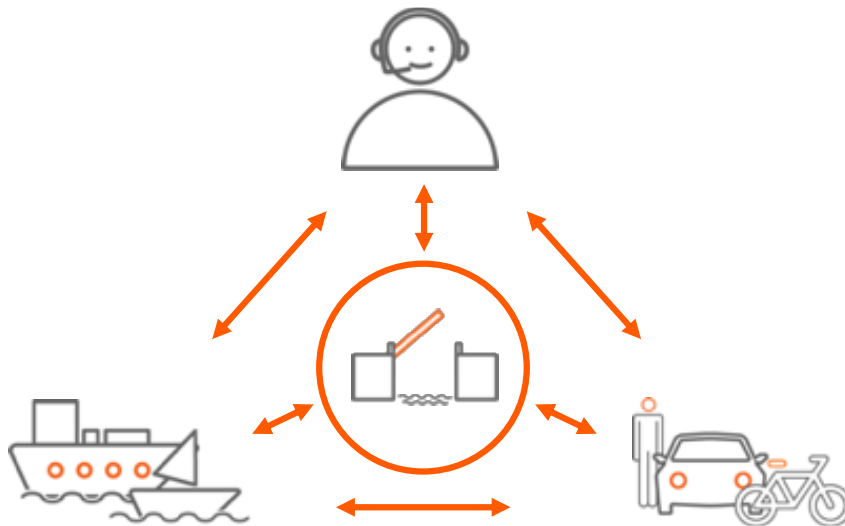
De aanpak voor het ontwikkelen en evalueren van de nudges bestaat uit de volgende 6 stappen:

1. Beoordeling actuele situatie. Analyseer de actuele situatie om het problematische gedrag te identificeren.
2. Specificatie van het gedrag. Het geobserveerde gedrag kan op bewust of onbewust niveau plaatsvinden (Systeem 1 of 2; Kahneman, 2011). Het bewustheidsniveau moet worden vastgesteld, inclusief de belangrijkste psychologische factoren die hierbij een rol kunnen spelen. Deze zijn bijvoorbeeld risico-perceptie, attitude, perceptie van controle, motivatie, biases, sociale invloed, emoties.
3. Nudge-selectie. Selecteer de nudge afhankelijk van de beoordeling en categorisatie uit de stappen 1 en 2. De auteurs geven 9 type nudges aan die geschikt zijn om het geïdentificeerde gedrag te beïnvloeden:
 - Priming: Invloeden door onbewuste signalen die bewustzijn creëren.
 - Defaults: Pre-set opties geven.
 - Social norms: Mensen informeren over wat anderen doen.
 - Commitment: Mensen houden zich aan beloften en wederzijdse daden.
 - Salience: Nieuwe, toegankelijke en eenvoudige aanwijzingen in de omgeving geven.
 - Feedback: Geven onmiddellijk feedback over gedrag.
 - Framing: De presentatie van een issue aan te passen.
 - Emotion: Gebruiken emotionele associaties om acties vorm te geven.
 - Structuring: Veel alternatieven structureren, vooral door peer voorkeuren aan te geven.
4. Nudge-ontwerp. Bij deze stap is er ruimte om nudges te ontwikkelen die aansluiten op de meest geschikte gedragscategorie zoals geselecteerd in stap 3.
5. Pre-test en implementatie. Observeer het gedrag voor implementatie door middel van een pre-test. Voer na implementatie observaties uit, rekening houdend met effect op kort en lang termijn.

6. Evaluatie. Evalueer op structurele wijze het effect van de nudge op het gedrag en het ontwikkelproces zelf.

Bij dit evaluatieproject zijn niet exact deze stappen gevolgd. Het gele vlak als nudge sluit wel aan op de 'saliency' categorie van nudges en past ook bij de context. Het doel van de maatregel was immers om het onveilige gebied duidelijker te markeren en om passanten zich gemakkelijker te laten oriënteren. Per saldo is er dus wel een nuttige nudge ontwikkeld. Maar voor de toekomst bevelen we aan om een structurele aanpak te hanteren, zodat gericht meerdere opties kunnen worden uitgewerkt en getoetst.

De maatregel is ontwikkeld vanuit het perspectief van de weggebruiker. Als bijvangst bleek dat de waarneembaarheid van passanten op de camerabeelden toenam, hoewel het ook mogelijke risico's met zich meebrengt. In bredere zin toont dit aan dat maatregelen ook effect kunnen hebben op anderen dan weggebruikers. We bevelen daarom aan om veiligheidsmaatregelen integraal te ontwikkelen, waarbij ook de scheepvaart en de brugbediening worden meegenomen. Interventies vanuit het ene perspectief kunnen invloed hebben op het andere, positief of negatief. Naar aanleiding van het eerdere genoemde OVV rapport (2016) heeft het platform WOW samen met Intergo (2019) een human factors toetsmethodiek ontwikkeld, waarmee op integrale wijze de veiligheid van beweegbare objecten kan worden beoordeeld en verbeterd (zie figuur 3).



Figuur 4: Integrale aanpak vanuit het perspectief van weggebruiker, vaarweggebruiker en bedienaar.

Conclusies en aanbevelingen

In dit artikel beschreven we ons onderzoek naar het effect van de geel-zwarte markering van het brugdek op het gedrag van passanten op bruggen in Zaandam. Deze maatregel, die bedoeld is om mensen te helpen zich te oriënteren, blijkt een positief effect te hebben op roodlichtnegatie en het aantal passanten dat tussen de

slagbomen terechtkomt, vooral voetgangers. Voor bedienaars is het gele vlak nuttig om passanten beter te kunnen waarnemen, ondanks mogelijke risico's voor afleiding door helderheidsverschillen.

Wij adviseren om een structurele aanpak te hanteren bij het ontwerp en de keuze van nudging. De expliciete toepassing ervan draagt bij aan een meer gerichte aanpak op het gewenste van menselijke gedrag in relatie tot veiligheid, wat leidt tot onderbouwde en afgewogen keuzes.

Daarnaast bevelen we aan om bij het ontwerp van beweegbare objecten en bijgaande maatregelen een integrale aanpak te hanteren. Naast de weggebruiker zijn ook de vaarweggebruiker en de bedienaar belangrijke gebruikers van het object, die niet onafhankelijk van elkaar opereren. Een integrale aanpak versterkt voorkomt dat een veiligheidsmaatregel leidt tot meer onveiligheid vanuit het perspectief van een andere gebruiker.

Referenties

Kahneman D (2011). Thinking Fast and Slow. First published USA: Farrar, Straus and Giroux, 2011. Penguin Books 2012. ISBN 978-0-141-03357-0.

Lindhout, P., & Reniers, G. (2017). What about nudges in the process industry? Exploring a new safety management tool. Journal of Loss Prevention in the Process Industries, 50, 243-256.

Onderzoeksraad voor veiligheid. Ongeval Den Uylbrug Zaandam (2016). Beschikbaar op: <https://www.onderzoeksraad.nl/nl/page/3748/ongeval-den-uylbrug-zaandam> .

Platform WOW (2019). Human factors toetsmethodiek veiligheid beweegbare objecten – versie 1.0. Beschikbaar op: <https://www.platformwow.nl/nieuws/aan-het-werk-met-de-human-factors-toetsmethodiek-veiligheid-beweegbare-objecten-5130>

Rijkswaterstaat (2016). Human Factors voor verkeersveiligheid in het wegontwerp. Handreiking voor Human Factors (Bijlage bij Verkeersveiligheid Op Auto(snel)wegen - VOA).

Thaler, R. H., & Sunstein, C. R. (2008). Nudge: Improving decisions about health, wealth, and happiness. Yale University Press.